

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Károly Krisztián

**AUTOMATIZÁLT ERŐKÖVETÉSI
KÉPESSÉG MEGVALÓSÍTÁSÁNAK
LEHETŐSÉGEI A MAGYAR HONVÉDSÉG
HÍRADÓ-INFORMATIKAI
RENDSZERÉBEN**

Doktori (PhD) értekezés

Témavezetők:

Dr. Horváth István (Dsc)

Dr. Németh András (PhD)

BUDAPEST, 2019.

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	2
BEVEZETÉS.....	5
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA.....	6
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK	7
KUTATÁSI HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA.....	9
KUTATÁSI MÓDSZEREK	12
1. fejezet A baráti erők automatizált követésének interdiszciplináris háttere.....	13
1.1 Az erőkövetés és alapfogalmai.....	16
1.2 A szabályozói környezet vizsgálata.....	23
1.2.1 Személyek követésének jogszabályi elemzése	25
1.2.2 Polgári célú személy és járműkövető rendszerek nemzetgazdaságból történő bevonhatóságának vizsgálata	29
1.3 Lövészzászlóalj függelmi és információs kapcsolatrendszerének vizsgálata hálózatelemzési eszközökkel	33
1.3.1 Hálózat központú hadviselés	34
1.3.2 A hálózatelemzés matematikai eszközei.....	35
1.3.3 Lövészzászlóalj függelmi kapcsolatrendszerének elemzése	37
1.3.4 Skálafüggetlen felépülés következményei	42
1.3.5 Lövész zászlóalj információs kapcsolatrendszerének elemzése.....	43
1.3.6 Út a modularitás nélküli skálafüggetlenség felé.....	46
1.3.7 A lövész zászlóalj függelmi-, és információs kapcsolati rendszereit hatékonyan kiszolgálni képes távközlési hálózatok.....	48
1.4 Erőkövetés környezetének befolyásoló tényezői	52
Következtetések	55
2. fejezet Az erőkövetés eszközszerete	57
2.1 Erőkövetési rendszerek térinformatikai háttere.....	58
2.2 Globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazása napjaink erőkövetési rendszereiben.....	61
2.2.1 A Globális Navigációs Műholdas Rendszerek általános felépítése.....	62
2.2.2 Az amerikai NAVSTAR GPS rendszer	64
2.3 Rövidhullámú összeköttetésen alapuló erőkövetési megoldások	70
2.3.1 Hullámterjedési sajátosságok a rövidhullámú tartományban	71
2.3.2 Automatikus kapcsolat-felvételi mód	74
2.3.3 3G ALE képes platformok	83
2.3.4 Pozíciójelentő üzenetek felépítése.....	86
2.4 VHF sávú harcászati rádiókon alapuló erőkövetési megoldások	88

2.4.1 Hullámterjedési sajátosságok az ultrarövidhullámú tartományban	89
2.4.2 Digitális üzemmódok.....	92
2.4.3 Korszerű VHF sávú digitális harcászati rádiók	94
2.4.4 A norvég erőkövetési rendszer	97
2.5 TETRA és TETRAPOL rendszereken nyugvó erőkövetési megoldások	100
2.5.1 A TETRA rendszer áttekintése.....	100
2.5.2 Az EDR biztonsága és a rendszer által nyújtott szolgáltatások.....	103
2.5.3 A TETRA AVL keretrendszer megvalósulása a különböző szintű implementációkban	105
2.5.4 A KFTS rendszer	108
2.6 Műholdas összeköttetésen alapuló erőkövetési rendszerek	110
2.6.1 ISAF Force Tracking System bemutatása és a felhasználás tapasztalatai.....	111
2.6.2 Az USA FBCB2 rendszere és a felhasználás tapasztalatai	117
2.6.3 Harcászati rádiók segítségével megvalósuló műholdas megoldások.....	124
Következtetések	125
3. fejezet Automatizált erőkövetési képesség fejlesztési lehetőségei.....	127
3.1 Harcászati rádiókon alapuló erőkövetési rendszerek.....	127
3.2 Erőkövetési rendszerek összekapcsolásának lehetősége	133
3.3 Kismagasságú ballonok alkalmazási lehetőségei az MH távközlési igényeinek támogatására	140
3.4 Globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazási lehetőségei a jövő erőkövetési rendszereiben	144
3.4.1 Az orosz GLONASS rendszer.....	144
3.4.2 Az európai GALILEO rendszer.....	146
3.4.3 A kínai BeiDou rendszer.....	148
3.4.4 Regionális műholdas helymeghatározó rendszerek hatása a honi mérésekre	149
3.4.5 GNSS vevőkkel végzett mérések eredményei.....	151
3.4.6 Navigációs célú GNSS fejlesztési lehetőségek	154
3.5 Az EDR rendszer honvédelmi célú fejlesztési lehetőségei különös tekintettel az erőkövetésre	157
3.6 Szenzorhálózatok adatainak integrálási lehetőségei a perspektivikus erőkövetési rendszerekbe, különös tekintettel az egyéni egészségügyi adatokra	163
3.6.1 Az erőkövetés szempontjából kiemelt szenzorosan monitorozható egészségügyi adatok	164
3.6.2 Zigbee	169
3.6.3 WBAN hálózatok alkalmazási lehetőségei	171
3.6.4 A WBAN képesség javasolt fejlesztési üteme a Magyar Honvédségnél	173

3.7 A honi automatizált erőkövetési képesség kialakítására vonatkozó ajánlások megfogalmazása	174
Következtetések	177
ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK	179
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	181
AJÁNLÁSOK.....	183
TÉMAKÖRBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM.....	184
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	186
ÁBRAJEGYZÉK.....	207
KÉPEK JEGYZÉKE.....	208
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	208
FOGALMAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	209
Függelék.....	217
1.sz. Függelék Kivonat a végrehajtott GNSS kísérletek mérési jegyzőkönyvéből	217

BEVEZETÉS

*„ha ismerjük a földet, és ismerjük az eget,
akkor a győzelmünk tökéletes lesz.”*

(Szun-Ce)

2011 szeptemberében az Afganisztánban feladatot végrehajtó Magyar Honvédség Tartományi Újjáépítési Csoport Hadműveleti Központjába olyan információ futott be, amely szerint az ellenállók házi készítésű robbanóeszközt helyeztek el egy kiemelt fontosságú főútvonal mentén. A magyar katonák a Hatályos Műveleti Utasításoknak megfelelően megkezdték a robbanószerkezet elhárítására való felkészülést. Mindemellett az akkor még csak pár napja működtetett, az amerikai féltől kapott erőkövetési rendszerbe is betáplálták az információt. A térképes felület segítségével pontos helymegjelöléssel és információval látták el a veszélyjelzést, melyet minden, a rendszert használó terminál figyelemmel kísérhetett. Ennek köszönhetően egy, a területen elhaladó amerikai katonai menetoszlop is tudomást szerzett a fenyegetésről. Az információ bevitele és az oszlop megállása között mindössze tíz perc telt el, mely nem lett volna elegendő a hagyományos, több szintet érintő kiértesítésre. A menetoszlop a feltételezett robbanóeszköz előtt állt meg. A helyszínre kiérkező magyar csapatok és az amerikai fél között is e helymeghatározó és jelentő rendszeren keresztül történt meg a kapcsolatfelvétel, majd a tüzserészek sikeresen semlegesítették a robbanóeszközt.

A fenti példa is jól mutatja, hogy napjaink aszimmetrikus hadviselésében milyen fontos szerepet tölt be a harctérről származó információk közel valós idejű nyomon követése, legyen szó saját, szövetséges csapatok mozgásáról, vagy az ellenséges tevékenységről.

Ahogy az afganisztáni példa is mutatta, a műveletek során alkalmazott modern erőkövetési rendszerek lehetőséget biztosítanak a harcászati és magasabb szintű parancsnokoknak, illetve törzseiknek, hogy digitális térképes alapon kövessék a harc helyzetképet, továbbá akár a műveletben részt vevő alegységekkel szöveges üzeneteket válthassanak.

Napjaink műveleteiben is komoly szerepe van a csapatok esetleges baráti tüztől való megóvásának. A harctéri tüztámogatást nagyban segítik ezek az erőkövetési rendszerek, ugyanis így pontos képet kaphatunk a saját csapatok helyzetéről, ezáltal minimálisra csökkentve a baráti tűz kockázatát.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A negyedik ipari forradalom (információs forradalom) [1] fontos vívmánya a pontos helymeghatározás lehetősége helyi, regionális, vagy akár globális léptékben, amelyhez kapcsolódó hálózatalapú szolgáltatásoknak köszönhetően lehetőség nyílt a megfelelő jeladóval felszerelt eszközök, járművek, vagy „okos” készülékekkel (pl. telefon, táblaszámítógép) rendelkező személyek földrajzi helyzetének távfelügyeleti rendszeren keresztül történő lekérdezésére, digitális térképi felületen való megjelenítésére, akár egy számítógép, vagy erre alkalmas mobiltelefon kijelzőjén is a világ bármely pontjáról. Ez természetesen a szolgáltatásban rejlő lehetőségek mellett komoly biztonsági kérdéseket is felvet. Mindazonáltal a közcélú flottakövetésben alkalmazott technológiák és eljárások nem ültethetők át közvetlenül a katonai- és védelmi célú gyakorlatba az eltérő, elsődlegesen biztonsági követelmények miatt.

Nemzeti szinten a saját és szövetséges szárazföldi csapatok nyomon követése napjainkban elsődlegesen papír alapon, nyomtatott térképes felületen kitűzéssel, valamint az írásban, illetve távközlési eszközökön szóban érkező adatok papír alapú és elektronikus dokumentálásával történik. Esetlegesen lehetőség van különböző távközlési rendszerekből származó geolokális információk adott rendszeren belüli megjelenítésére, meghatározott felhasználói körök számára (pl.: Egységes Digitális Rádiórendszer). Szakmai meggyőződésem, hogy a korszerű IT¹ technológiák alkalmazásával hazánkban is szükségeszerű egy automatizált erőkövetési képesség kialakítása, ahol a már működő távközlési rendszereink továbbfejlesztésével, illetve kiegészítő célrendszerek implementálásával megoszthatóak a saját csapatok geolokációs adatai, esetlegesen különböző szenzorhálózatokból származó információkkal kiegészítve. Az így létrejövő automatizált rendszerek összekapcsolása, interoperabilitásának kialakítása tovább fejleszthetné vezetési fölényünk kialakításának lehetőségeit. Természetesen mindezek mellett, továbbra is fontosnak tartom a papír alapú tervezés és dokumentáció fenntartását, az esetleges rendszer meghibásodások vagy ellentevékenység bekövetkezésének esetére. Azonban értelmezésemben a hangsúly átkerülne az elektronikus, automatizált erőkövetési rendszerekre, ahol közel valós időben követhetők a saját és szövetséges csapatok helyzetismeret információi.

Témaválasztásomat alapvetően befolyásolták az afganisztáni és a koszovói műveleti területen szerzett, az erőkövetést érintő gyakorlati tapasztalataim. Szakmai

¹ Információ Technológia

tevékenységem során felismertem, hogy az erőkövetési rendszerek, illetve a harcvezető rendszerek erőkövetési rétegének egyik további kritikus pontja a terminálok vezeték nélküli összekapcsolásának kérdésköre, így rendszerező elemzésemet ezen vezérfonal köré fűzöm fel.

A nemzetközi példák és ajánlások nem ültethetők át maradéktalanul egy nemzeti automatizált erőkövetési képesség kialakítása során, a rendelkezésre álló eszközök képesség és fejlettségi szintje, illetve az eltérő igények miatt. Magyarországnak önállóan kell meghatároznia és fejlesztenie egy ilyen képesség implementálásának stratégiáját, amelyet alapos tudományos igényű kutatómunkának kell megelőznie, illetve szükséges egy átfogó, alapos terminológiai pontosítás, amely kiterjed az erőkövetés és a kapcsolódó fogalmak determinálására.

Kutatásaim előzményeinek tekintem, hogy Gulyás Attila közleményében [2] korábban már foglalkozott a honi különleges műveleti erőknél alkalmazható erőkövetési rendszerekkel, ami jó alapot szolgáltat a harcászati rádiókon alapuló megoldások vizsgálatára. Farkas Tibor doktori értekezésében [3] már megemlítette a NATO² afganisztáni erői számára kialakított IFTS³ rendszer honi alkalmazásának lehetőségét. Németh András doktori tudományos értekezésében [4] szintén hangsúlyozta a flottakövető megoldások alkalmazásának szükségességét a veszélyhelyzeti kommunikáció területén.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Korunk hadviselése a konvencionális szimmetrikus jellegről az aszimmetrikus felé tolódott el, illetve ezek kevert formája a hibrid hadviselés jellemzi. A katonai műveletek meghatározó többsége olyan negyedik generációs művelet [5] [6], mint a felkelők elleni műveletek vagy a migrációs válsághelyzetek. Megfigyelve korunk konfliktusait, mint például az iraki háborút, vagy a 2014-es kijevei tüntetéseket, elmondható, hogy egyre növekvő tényezőként jelentkezik az események média megjelenése és ezek hatása. Ennek folyományaként egy-egy katonai cselekvési hiba akár stratégiai következményekkel is járhat. Ezt felismerve Charles Krulak az Egyesült Államok Tengerészgyalogságának tábornoka megalkotta a „Stratégiai tizedes” koncepcióját [7], melynek lényege, hogy egy rajparancsnok is hozhat tevékenysége során olyan döntéseket, melyeknek következményei lokális szintről elemelkedve stratégiai horderővel is bírhatnak. Ezen események

² North Atlantic Treaty Organisation – Észak-atlanti Szerződés Szervezete

³ ISAF (International and Assistance Forces) Force Tracking System – ISAF Erőkövetési Rendszer

következtében megnövekedett a jelentősége, hogy az alacsonyabb szervezeti szinten elhelyezkedő alegységeket képesnek kell lennünk a magasabb parancsnokságokkal is közvetlenül összekapcsolni. Válaszként megalkották a hálózat központú hadviselés koncepcióját az 1990-es Öböl-háborút követően. A hálózatos modell alkalmazásával az információk terjedése mind horizontális, mind vertikális irányban könnyebbé válik. Ezen komplex hadviselési térben a közel valós idejű helyzetismeret információk biztosításának egyik lehetősége az erőkövetési rendszerek alkalmazása.

Tudományos alapcélkitűzésem a nyílt forrásokból származó hazai és NATO szabályozók és rendszerleírások, valamint szakmai tapasztalatom, elvégzett kutatómunkám, kísérleteim, méréseim alapján az automatizált erőkövetés kialakításának hazai és nemzetközi lehetőségeinek feltárása, a lehetséges honi fejlődési, fejlesztési irányok meghatározása.

- KC 1. Céлом első lépésben az erőkövetés és a kapcsolódó fogalmak meghatározásainak pontosítása, illetve új definíciók megalkotása.
- KC 2. Kutatási céлом meghatározni, hogy az erő- és járműkövetés jogszerű-e, nem ütközik jogszabályokba, továbbá a polgári célú helymeghatározó és jelentő rendszerek a nemzetgazdaságból bevonhatók-e katonai célokra?
- KC 3. A Magyar Honvédség haladva a kor kihívásaival szintén igyekszik kialakítani a maga hálózatközpontú hadviselési képességét. Ezeket az információs technológiákra, valamint tudatosan kialakított vezetési rendszerre kell építeni. Azonban a rendszer kiépítése során vizsgálni kell az azt működtető humán hálózatot, továbbá a kialakítás lépései során időről-időre felül kell vizsgálni hatékonyságát, úgynevezett hálózatelemzést kell végrehajtani. Lehetséges-e olyan rendszer, amely gyorsítani tudja a vezetési fölény kialakítását? Megítélésem szerint a legmodernebb hálózatelemzési módszerekkel kell megvizsgálni a lövész zászlóalj függelmi és informális kapcsolatrendszerét, hogy olyan kommunikációs rendszert tudjunk kialakítani, amely megfelelően hatékonyan képes támogatni a parancsnokokat, törzseiket és a végrehajtókat feladataik során. Ezért kutatómunkám a lövész zászlóalj kapcsolati rendszerének feltárása hálózattudományi eszközökkel.
- KC 4. Céлом a globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazási lehetőségeinek feltárása a közszolgálati flotta- és erőkövetésben, figyelmet fordítva többek között ezen rendszerek működését negatívan befolyásoló tényezőkre. Kutatómunkám eredményeként kívánok javaslatot tenni olyan globális műholdas navigációs

rendszeren nyugvó megoldásokra, amelyek képesek biztosítani a geolokális információkat a közszolgálatot támogató flotta- és erőkövetési rendszerek számára, akár különleges jogrend idején, vagy más, a navigációs infrastruktúrát veszélyeztető szituációban.

- KC 5. Céлом továbbá, az erőkövetési rendszerek adatainak, a Magyar Honvédségben is alkalmazott HF⁴, VHF⁵, UHF⁶ sávokban üzemelő digitális harcászati rádióeszközök, TETRA⁷ terminálok segítségével történő továbbítási lehetőségeinek feltárása. Az interoperabilitás kérdéskörének vizsgálatával többnemzeti környezetben is lehetőség nyílik saját hálózataink összekötésére a szövetséges rendszerekkel.
- KC 6. Empirikus tapasztalataim alapján a műholdas adatkommunikációs útvonallal rendelkező erőkövetési rendszerek rendelkezésre állási mutatóik előnyösebbek a más adatátviteli megoldással támogatott erővetési rendszerekénél. Azonban hazánk korlátozott gazdasági és üripari képességei miatt célszerű alternatív, a műholdas lefedettséget megközelítő technológiák vizsgálata. Kutatási célkitűzésem javaslatot kidolgozni ballonok adatkommunikációs reléként történő alkalmazását illetően.
- KC 7. Az említett korszerű kommunikációs eszközök a geolokális adatokon túlmenően, további információkat is továbbíthatnak. A szenzorosan monitorozható rendszerekből (pl.: anyagi feltöltöttség, egészségi adatok) nyert adatok elemzése fontos kiegészítő információkat nyújthat a minél pontosabb helyzetismeret kialakításában. Céloom feltárni a katona egyéni egészségi állapotellenőrző és – jelentő rendszere által szolgáltatott információk integritási lehetőségeit.

KUTATÁSI HIPOTÉZISEK MEGFOGALMAZÁSA

Széleskörű elméleti és gyakorlati kutatómunkám eredményeként megfogalmazott hipotéziseim:

- H 1. Az automatizált erőkövetési képesség manapság sokkal inkább valamely harcvezető, műveletirányító rendszer beépülő modulja, annak rétegeként definiálható, egyben szükséges és nélkülözhetetlen eleme, továbbá a saját és

⁴ High Frequency – Rövidhullám 3 – 30 MHz

⁵ Very High Frequency – Ultrarövidhullám 30 – 300 MHz

⁶ Ultra High Frequency – Deciméteres hullám 300 MHz – 3 GHz

⁷ Terrestrial Trunked Radio – Földfelszíni Tronkolt Rádiórendszer

szövetséges csapatokról szerzett közel valós idejű információk forrása (elsődlegesen geolokális-, perspektivikusan szenzorhálózatokból szerzett harchelyzet információkkal támogatva). Az automatizált erőkövetési képesség alkalmazása elősegíti a parancsnokok és törzseik döntésének előkészítését objektív információk alapján, a saját információs fölényünk kialakítása érdekében. (KC 1)

- H 2. A honvédelmi célú erő- és járműkövetés jogszerű, nem ütközik hatályos jogszabályokba. (KC 2)
- H 3. A polgári célú helymeghatározó és jelentő rendszerek különleges jogrend idején bevonhatók a nemzetgazdaságból katonai célokra. (KC 2)
- H 4. A vizsgálni kívánt lövész zászlóalj függelmi és információs kapcsolati rendszere moduláris skálafüggetlen hálózat. (KC 3)
- H 5. A jövőben a geolokális adatok előállítására használt GPS⁸ rendszerű vevőberendezések használatáról át kell térni a több globális műholdas navigációs rendszer adatait feldolgozni képes GNSS⁹ alapú eszközök használatára. Katonai alkalmazások esetén alapvető követelmény a GPS és GALILEO¹⁰ rendszerek minősített jeleinek vételére alkalmas eszközök használata. (KC 4)
- H 6. A katonai műveletek során alkalmazott korszerű digitális harcászati rádiórendszerek hang- és adatszolgáltatásaik mellett, ha korlátozottan is, de képesek erőkövetési adatokat szolgáltatni, hálózatba szervezve ezen adataikat megosztani, akár rádióforgalmi rendszereiken kívüli hálózatokkal is. Ezért ezen szolgáltatás képezhetné a honi automatizált erőkövetési képesség egyik pillérét. (KC 5)
- H 7. A közszolgálat számos szegmensében alkalmazott Egységes Digitális Rádiórendszer (EDR) automatikus jármű és személykövető szolgáltatása (TETRA AVL¹¹ és APL¹²) képezhetné a honi automatizált erőkövetési képesség második pillérét, amely békeidőben, és küszöb alatti műveletek során képes biztosítani a kormányzati szervek kritikus kommunikációs és információs igényeit, valamint helyzetinformációit. (KC 5)

⁸ Global Positioning System – Globális Helymeghatározó Rendszer

⁹ Global Navigation Satellite System – Globális Műholdas Navigációs Rendszer

¹⁰ Az Európai Unió globális műholdas navigációs rendszere, nevét Galileo Galilei, neves csillagászról kapta

¹¹ Terrestrial Trunked Radio Automatic Vehicle Location – TETRA alapú erőkövetési platform

¹² Automatic Personal Location – Automatikus Személykövetés (TETRA)

- H 8. Egy nemzeti szintű, a NATO szövetségi rendszerébe is jól illeszkedő, automatizált erőkövetési képesség kialakításához nélkülözhetetlen a nemzetközi szabályzóban, szabványokban, együttműködési rendszerekben megalkotott interoperabilitási ajánlások, szabványok, de facto eljárások implementálása, a honi igények legmagasabb szintű figyelembevételével. (KC 5)
- H 9. Magyarország számára alternatívát jelenthet kötött ballonok rendszeresítése kommunikációs átjátszó pontok (relék) hordozása céljából. A ballonok reléi képesek lennének hatékonyan támogatni az erőkövetési rendszerek terminál – hálózat viszonylatú vezeték nélküli kommunikációs csatornáit. (KC 6)
- H 10. Saját információs fölényünk hatékony megalapozása érdekében elkerülhetetlen az erőkövetésből származó helyzetinformációk kibővítése a szenzorhálózatokból nyert feltöltöttségi-, és az egyes harcosok egészségügyi adataival. (KC 7)

Nem képezték kutatásom tárgyát:

A NATO szövetséges országok erőkövetési rendszereinek összekapcsolhatóságát elősegítő, szabványosított helyzetismeret információk interoperabilitásának programozói, adatbázis kezelői szemléletű elemzése, kutatása.

A javasolt megoldások humán erőforrás és gazdasági vetületének feltárása. A különböző rendszerek, eszközök, bevezetésének, hadrendbe állításának jogszabályi kérdései.

Az általam javasolt megoldások tekintetében csak korlátozott mértékben foglalkoztam azok információvédelmi, információbiztonsági vetületeivel.

A harcvezető rendszerek komplex vizsgálata nem képezi közvetlenül kutatásom tárgyát, azokkal csak a számomra feltétlenül szükséges mélységig foglalkozom. Értekezésemben a tárgyalt harcvezető rendszerek erőkövetési képességeire koncentrálok.

Bár az erőkövetés témájához szorosan kapcsolódik, azonban a terjedelmi megfontolások miatt értekezésemben nem vizsgáltam a harctéri azonosítás területét (CID¹³) illetve az ellenség – barát felismerő megoldásokat (IFF¹⁴).

¹³ Combat Identification – Harctéri Azonosítás

¹⁴ Identification Friend or Foe – Saját – Ellenség Felismerés

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Irodalomkutatást és elemzést folytattam a nyílt forrásból elérhető hazai és NATO szabályzók, szabványok, rendszerdokumentációk tekintetében. Széles körben **tanulmányoztam** a témakört érintő magyar, angol és német nyelven elérhető tudományos szakirodalmakat.

Megvizsgáltam a személyek, járművek nyomkövetésének kérdésköre kapcsán az adatvédelemhez, személyes adatokhoz, különleges személyi adatokhoz fűződő jogszabályi kérdéseket, a kapott eredmények alapján **következtetéseket** vontam le, majd ezen következtetések alapján **javaslatot tettem** lehetséges alkalmazási eljárásokra.

Matematikai és korszerű **hálózatelemzési módszerekkel** vizsgáltam a lövész zászlóalj függelmi és információs kapcsolati rendszerét. **Induktív** (Csermely-féle indukció) és **deduktív** (moduláris skálafüggetlenség bizonyítása a Barabási-Albert kritériumoknak megfelelően) bizonyítási eljárásokkal, mérésekkel, valamint **matematikai módszerekkel** bizonyítottam, hogy a lövész zászlóalj függelmi és információs kapcsolati hálózata moduláris skálafüggetlen tulajdonságokat mutat. A probléma megoldásához olyan matematikai módszereket alkalmaztam, mint a diszkrét matematika, a gráfelmélet, fraktálok, matematikai címkézés.

Kísérleteket, méréseket hajtottam végre a globális műholdas navigációs vevőberendezésekkel, szimulációs szoftverekkel, melyek eredményeiből következtetéseket vontam le.

Analizáltam a globális műholdas navigációs rendszerek összetevőit, majd ezen ismereteim **szintézisével javaslatot tettem** az automatizált erőkövetés geolokációs adatait biztosító vevőberendezésekre, amelyek képesek lefedni a kormányzati felhasználói igények széles spektrumát.

Konzultációt folytattam, **mélyinterjúkat** készítettem a kutatásom partícióit érintő távközlési, informatikai, kommunikációs, jogi, orvosi, matematikai területek hazai és nemzetközi képviselőivel.

Nemzetközi környezetben szerzett ismereteim alapján **elemeztem** a harcvezető rendszerek erőkövetési részelemeit, és feldolgoztam a gyakorlati tapasztalatokat.

1. fejezet A baráti erők automatizált követésének interdiszciplináris háttere

A parancsnokokat és az általuk vezetett katonákat már a történelem kezdetétől fogva foglalkoztatta három fontos kérdés: „*Hol vagyok?*” „*Hol vannak a csapataim és más baráti erők?*” illetve „*Merre van az ellenség, és melyik a legjobb útvonal hozzá?*” [8; p. 1.]. A csaták kimenetele, hadseregek és országok sorsa sokszor függött ezen kérdések minél gyorsabb és biztosabb megválaszolásának képességén. A problémakört egy történelmi példán keresztül szemléltetve kiemelem a II. világháborúban a csendes-óceáni hadszíntéren, Kiska szigetén lezajlott „Operation Cottage” hadműveletet. Az Amerikai Egyesült Államokhoz (USA¹⁵) tartozó 30 km hosszú, 3-10 km széles lakatlan sziget félúton található Alaszka és Japán között. Katonai jelentősége elhanyagolható zord időjárási körülményei, és a lakott területektől való nagy távolsága miatt. Az USA 1942 júniusáig egy tízfős meteorológiai állomást üzemeltetett itt, melyet Japán anektált egy 500 fős tengerészgyalogos különítménnyel. A válaszcsepásra 1943 augusztusában került sor amerikai-kanadai kooperációban, mintegy 34 ezer szövetséges katona és 96 hadihajó részvételével, az akkor 5200 fős japán erők ellen. A szövetséges csapatok a sziget két átellenes felén alakították ki hídfőállásaikat. Az invázió két teljes napon át tartott minimális látótávolság mellett a tejfehér ködben, ahol a szövetségesek átkarolták a japán erődöt. A műveletekben az amerikai-kanadai erőknek közel 300 sebesültjük volt, és 32 (más források szerint 92) katonát, illetve egy csatahajót veszítettek. Ezzel szemben a japánoknak nem voltak veszteségeik, mivel a köd fedezete mellett három héttel korábban kivonták csapataikat a térségből. A sebesültek és halottak a baráti tűz és aknák áldozatai voltak [9] [10]. A fenti példa szemléletesen mutat rá a csapatok baráti tűztől való megóvása érdekében a baráti erők követésének, továbbá a pontos helyzetismeret és közös műveleti kép kialakításának fontosságára, melyekhez napjainkban már modern információtechnológiai (IT) eszközök állnak rendelkezésre.

Az erőkövetési rendszerek hátterének vizsgálata során nem elhanyagolható a korunkat jellemző hadviselés analízisa. E tekintetben meghatározónak tekintem Kis Álmos Péter és Somkuti Bálint negyedik generációs hadviselésről alkotott munkáit [6] [5]. A negyedik generációs hadviselést a Szovjetunió összeomlásától (1991) számítjuk, jellemzői a hálózat alapú hadviselés [11]; kontaktus nélküli háborúk; aszimmetrikus hadviselés és irreguláris erők jelenléte; állami és nem állami szereplők részvétele;

¹⁵ United States of America – Amerikai Egyesült Államok

kulturális, politikai, társadalmi tényezők hatásai; az információs műveletek és a globális terrorista szervezetek jelenléte. A terület meghatározó teoretikusa W.S. Lind [12] [13; pp. 128-131.] [14]. Egyik fő tulajdonsága ezen hadviselési generációnak, hogy a nemzetállamok elveszítik erőszak monopóliumukat, és a globalizáció hatására a nem állami szereplők hatása felértékelődik. A támadások célja a hadseregek helyett sokkal inkább a nem harcoló civilek, a demokratikus és jogi keretek, valamint elsősorban az emberek elméje. Ezen célzott támadásokon keresztül akarják megváltoztatni a politikai döntéshozók álláspontját, elhittetni az emberekkel, hogy stratégiai céljaik nem elérhetők. Jellemző eszközei többek között a felkelés és terrorizmus, melyekből adódik a hadviselés aszimmetrikus jellege is. Hazánk geopolitikai helyzetéből adódóan kiemelten kezelendő a 2014 óta tartó ukrajnai válság, és az ott zajló hibrid műveletek, amelyek során a hadviselő felek a hagyományos és nem hagyományos eszközöket adaptívan, egyidejűleg képesek alkalmazni [15, p. 12.]. Ezen hadviselési módozatnak is szignifikáns összetevőjét képezik az információs műveletek, az információ megszerzésének, birtoklásának, szakszerű feldolgozásának, és felhasználásának képessége.

Napjaink társadalmát, emberi kapcsolatainkat alapjaiban határozzák meg az információs technológiák által kínált szolgáltatások, alkalmazási lehetőségek. A felhasználók, a korábbi lehetőségeknél sokkal egyszerűbben, gyorsabban és a költségek folyamatos csökkenése mellett képesek egyre nagyobb mennyiségű információt továbbítani. Ez a szektor vált a világgazdaság fejlődésének és ezzel együtt a globalizáció egyik legfontosabb mozgatórugójává. A különböző kommunikációs és tartalomszolgáltatások technikai hátterének gyors fejlődése a világon időegység alatt keletkező és továbbított információ mennyiségében drasztikus növekedést generált, amelynek hatására új piaci szegmensek jelentek meg, amik alapjaiban rendezték át többek között a kereskedelmet, a reklámpiacot, illetve a teljes szolgáltatóipart. Azaz az elmúlt évtizedekben az információ jelentősége felértékelődött. A helyes gazdasági döntések meghozatalához egyre nagyobb mennyiségű információt kell feldolgozni, aminek eredményességét nagyban befolyásolja az alkalmazott algoritmusok komplexitása, sebessége. Természetesen ezek a tényezők más szektorok működésére is hatással vannak, és alapjaiban befolyásolják, illetve alakítják napról-napra az emberek mindennapi életét is. Ezért definiálhatjuk napjaink társadalmát többek között információs társadalomként.

Az információs társadalom alapja tehát maga az információ, amely a különböző adatforrásokból származó, meghatározott szempontok szerint strukturált adattömegeből

(adatbázisokból) nyerhető ki megfelelő algoritmusokra épülő alkalmazások segítségével [16; pp. 10-11.].

Természetesen ez a társadalmi átrendeződés a hadviselésre is rányomta bélyegét, melyről Alvin Toffler „*A harmadik hullám*” című könyvében fogalmazta meg gondolatait. A hadviselés első hullámának a feudalizmus korszakát jelöli meg, ahol a hatalom alapja a földtulajdon volt. A harcok célja a föld megszerzésére irányult. A második hullám az ipari forradalom időszakára tehető. A társadalmak, országok egymáshoz való hatalmi viszonyát ipari fejlettségük határozta meg. A nagyobb, komolyabb iparral rendelkező társadalmak többségében győzedelmeskedtek a gyengébb államok fölött. Az ipari termelés tökéletesítése vezetett az anyagháborúhoz. A termelői piacok megszerzése iránti igény robbantotta ki a világháborúkat is [17].

Az információs technológiák fejlődésével, a harmadik hullámban, az információnak a katonai célok elérése érdekében történő megszerzése került a műveletek középpontjába. A korábbi négy dimenzió (szárazföldi, vízi, légi, kozmikus) mellett megjelent egy ötödik, az információs dimenzió is, amely nem elkülönülten, hanem az előbbi négy teret behálózva, azokkal szoros szinergiában fejt ki hatását [18; pp. 9-45].

Az információs térben folyó harctevékenységet információs műveleteknek nevezzük, melynek komponensei a tömegtájékoztatás, a stratégiai kommunikáció, a civil-katonai együttműködés, az információbiztonság, a kibertéri műveletek, a katonai információs támogató műveletek, a hírszerzés, a katonai megtévesztés, a különleges technikai műveletek, a műveleti biztonság, az elektromágneses spektrum műveletei és a kulcsfontosságú vezetőkkel való kapcsolat. Mindezen komponensek közös célja az információs fölény megszerzése. A korszerű katonai műveletekben a szembenálló felek minden támadó és védelmi képességüket felhasználják annak érdekében, hogy saját információs képességeiket kihasználják, az ellenfélét pedig csökkentsék. Az eredmények mértéke szerint beszélhetünk előnyről, fölényről, vagy uralomról, amelyek végeredményben vezetési fölényt eredményezhetnek. A vezetési fölény során a saját döntési ciklusunk az információs technológiák támogatása mellett lecsökken, míg az ellenfél drasztikusan megnő, mindemellett az információs műveletek elemeit kihasználva, a szemben álló felet sújtó információ hiánynak és megtévesztésnek köszönhetően gyakran rossz döntések is születhetnek [18; pp. 9-45 ; 19 p. 180.].

A modern katonai műveletekben a korszerű IT technológiákat alkalmazó felek úgynevezett erőkövetési rendszereket (FTS¹⁶) alkalmazzák a saját csapatok tevékenységének, mozgásának nyomon követésére. A vizsgált rendszerek a vezetés-irányítást támogató C4ISR¹⁷ rendszerek közé sorolhatók, melyeknek célja, hogy a megosztott információk felhasználásával elősegítsék a saját csapatok információs fölényének megszerzését. Az erőkövetési rendszerek napjainkban leggyakrabban valamely harcvezető rendszer (BMS¹⁸) beépülő moduljaként, rétegeként jelenik meg (pl: FBCB2 BFT¹⁹).

1.1 Az erőkövetés és alapfogalmai

A hadviselés történetében a saját, illetve az ellenséges csapatok helyzetének ismerete, a harctérről szerzett friss információk, nagyban hozzájárultak a siker kivívásához. A különböző szintű parancsnokok és törzsek a pontos és időszerű információk birtokában megfelelő döntéseket hozhatnak.

A harctérről szerzett adatok fúziójának első kognitív lépcsője a helyzetismeret (SA²⁰) kialakítása, melyet a Katonai Kislexikon a következőképpen definiál. *„A harctéri környezet elemeire vonatkozó azon ismeretek birtoklását jelenti, amelyek a harcban való hatékony és biztonságos részvételhez szükségesek. A harcászati szintű harctéri környezet elemei közé tartozik például az önmagunk szerepe, tartózkodási hely, a baráti, ellenséges- és semleges erők feladata és szándéka, az erők szerkezeti összetétele, valamint az idő.”* [20] A klasszikus harctéri dimenziók alapvetően térbeliek, melyeket célszerű vizualizálni, mint ahogy azt az 1.1. ábra is mutatja.

A harctérről származó adatokat a modern kor technológiájának köszönhetően képesek vagyunk egy digitális térképi felületen megjeleníteni. Ezek kognitív kivetülése a helyzetismeret. Mint ahogy az ábrából is látható, először egy osztott helyzetismeret alakul ki. Ez a különböző szakterületek sajátosságos helyzetértékelése, mely gyakran nem fedi egymást. Ezek fúziójából alakul ki a parancsnok és a törzs katonai helyzetismerete. Ezzel a folyamattal az itthon alkalmazott katonai döntéshozatali rendszerben (MDMP²¹) is találkozhatunk, amikor a feladatértelmezést követően törzstájékoztatót tartanak, és a

¹⁶ Force Tracking Systems – Erőkövetési Rendszerek

¹⁷ Command and Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance – Vezetés és Irányítás, Kommunikáció, Számítástechnika, Hírszerzés, Megfigyelés, Felderítés

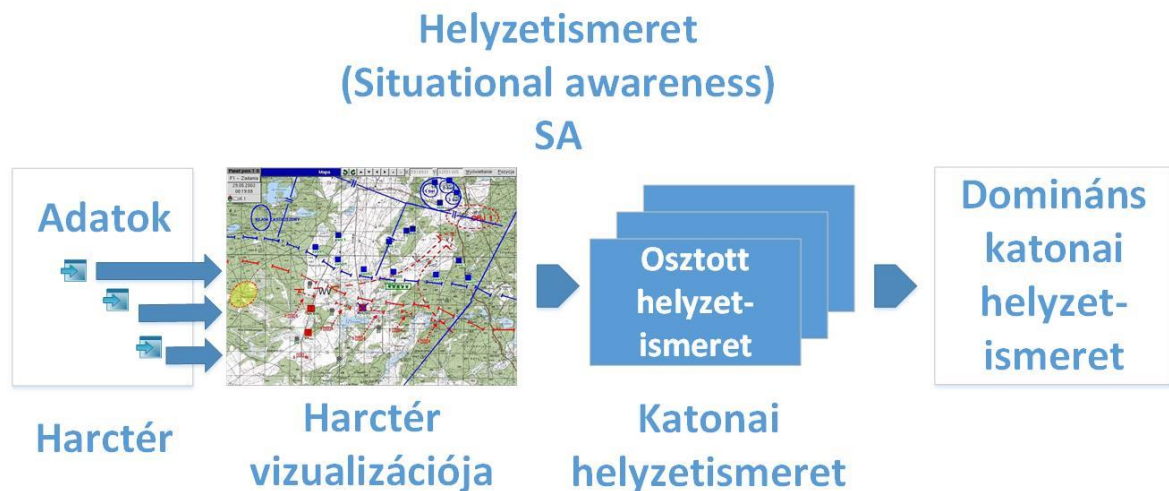
¹⁸ Battle Management System – Harcvezető Rendszer

¹⁹ Force XXI Battle Command Brigade and Below Force Tracking System – XXI. századi Haderő Harcászati Szintű Vezetési Rendszere, Baráti Erők Követése Rendszer

²⁰ Situational Awareness – (Harc)helyzetismeret

²¹ Military Decision Making Process – Katonai Döntéshozatali Rendszer

különböző törzselemek helyzetismeretét összefésülik. Tehát az adott alegység törzsének és parancsnokának a működési környezetről származó információit nevezzük katonai helyzetismeretnek. Ezen katonai helyzetismeret kifejlődhet domináns katonai helyzetismeretté, melynek lényege, hogy a korszerű információgyűjtő- és feldolgozó rendszerekkel, valamint az azokat összekapcsoló hálózatokkal képesek vagyunk az ellenségnél pontosabb információkra szert tenni a folyó műveletekről [21]. A továbbiakban a helyzetismeret, vagy harchelyzet ismeret fogalmat használom.



1.1. ábra. Helyzetismeret értelmezése és elemeinek kapcsolódása (szerkesztette a szerző)

A helyzetismeret azonban még nem elegendő a siker kivívásához, hisz ez még csak egyes csoportok számára elérhető, továbbá a különböző fegyvernemek, együttműködő fegyveres és rendvédelmi szervek, esetlegesen egy békeművelet során az azonos térben tevékenykedő más nemzetek katonái másképpen értelmezik a környezetet, rendelkeznek önálló harchelyzet ismerettel. Ezek egységesítésére megalkották a közös harcászati és hadműveleti helyzetképet, melyet Munk Sándor professzor a következő képen definiál:

„A közös harcászati helyzetkép (CTP²²) egy adott művelettel, az ahhoz meghatározott (had)műveleti körzettel, valamint a műveletet végrehajtó (többnemzetiségű, vagy egy adott nemzeti haderőhöz tartozó) összhaderőnemi alkalmi harci kötelékkel kapcsolatos fogalom. Egy felelősségi körzet közös hadműveleti helyzetképe alapvetően az adott körzet haderőnemi összetevőinek (komponenseinek) azonosított helyzetképei, valamint az adott körzetben végrehajtott (had)műveletek közös harcászati helyzetképei alapján, azokat szükség esetén más forrásokból kiegészítve kerül kialakításra. Hasonlóképpen az egyes haderőnemi, vagy harcászati helyzetképek alacsonyabb szintű

²² Common Tactical Picture – Közös Harcászati Helyzetkép

helyzetképek (pl. lokális légihelyzet-képek, alárendelt csoportosítás harcászati helyzetképei) integrálásával, összehangolásával és kiegészítésével alakulnak ki.” [21]

„A közös hadműveleti helyzetkép (COP²³) egy felelősségi körzettel rendelkező parancsnok számára rendelkezésre álló helyzetinformációk összessége. Az egyes felelősségi körzetek közös hadműveleti helyzetképeit, illetve ezek egyesítését természetesen a magasabb (nemzeti katonai és politikai, vagy szövetségi) vezetési szintek számára is hozzáférhetővé kell tenni, hiszen csak ennek a birtokában képesek ezen szintek a védelmi, biztonságpolitikai céloknak megfelelő katonai feladatok meghatározására, a katonai műveletek, tevékenységek felügyeletére és irányítására.” [21]

Az Észak-atlanti Szerződés Szervezetének vezető országai már az 1990-es években megkezdték a saját erők követési rendszereik fejlesztését (BFT²⁴) [22] [23]. A különböző technológiákon, és szabványokon alapuló rendszerek összekapcsolhatóságának felgyorsítása érdekében, létrehoztak egy interoperabilitási programot (MIP²⁵), [24] [25] melynek eredményeként megalkottak számos olyan szabályzót, amelyek iránymutatást adnak a különböző nemzetek erőkövetési rendszereinek összekapcsolhatósági kérdéseire. Az interoperabilitás elemeinek megértése érdekében célszerű értelmezni az alábbi fogalmakat [2]:

A baráti erők erőkövetési rendszerei (FFTS²⁶) kifejezés, utal a NATO szövetségesek által alkalmazott erőkövetési rendszerek összességére. Mint, ahogy az a 1.2. ábrán is látható, ezek a rendszerek biztosítják a közös műveletekhez szükséges helyzetismereti információkat.

Napjaink műveleteiben gyakran találkozhatunk többnemzeti alegységekkel, ilyenkor azok FFTS rendszerei biztosítják az SA adatokat az előljáró részére. Ezen rendszerek szolgáltatják a baráti csapatokról származó információkat (NFFI²⁷) is. Az NFFI nem összekeverendő az SA adatokkal, mivel minden erőkövetési rendszernek megvan a saját SA információ felhője, melyből nem minden adatot szolgáltat a közös információtárba.

A fent leírt fogalmak kapcsolata az 1.2. ábrán látható. Az erőkövetési rendszerek összekapcsolása során az interoperabilitás kialakítása mellett, az adatok közös hadműveleti képbe való eljuttatásának folyamata számos kihívást jelent még napjainkban is.

²³ Common Operational Picture – Közös Hadműveleti Helyzetkép

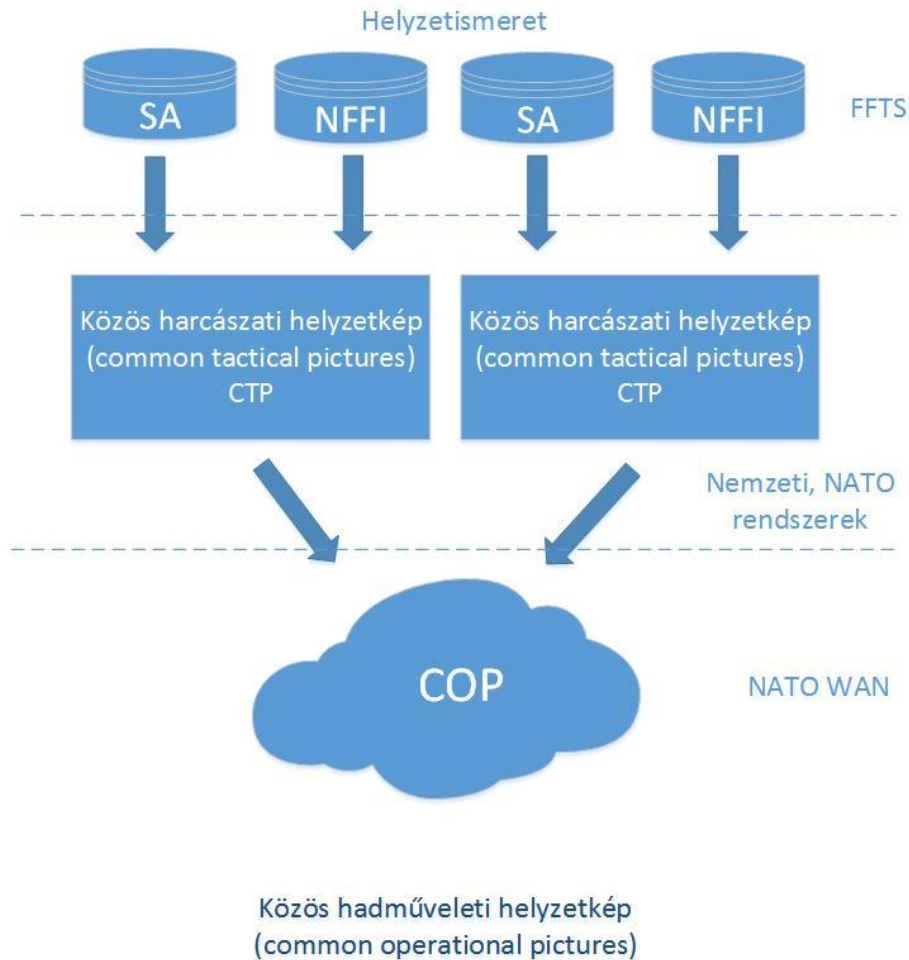
²⁴ Blue Force Tracking – Saját Erők Követése

²⁵ Multilateral Interoperability Program – Többoldalú Interoperabilitási Program

²⁶ Friendly Force Tracking Systems – Baráti Erők Erőkövetési Rendszerei

²⁷ NATO Friendly Forces Information – Baráti Csapatokról Származó Információk

A helyzetismeret információk beszerzésének és a közös hadműveleti helyzetkép megalkotásának egyik kézenfekvő formája, az automatizált erőkövetési rendszerek alkalmazása. Az erőkövetés és flottakövetés terminus technikusok számos áthallást mutatnak, azonban a fogalmak felcserélése nem célravezető. Az erőkövetés és a jóval elterjedtebb flottakövetés fogalmak definiálását célszerű egy összehasonlító szemléletű elemzésben megtenni.



1.2. ábra. A közös hadműveleti helyzetkép „kirajzolódásának” folyamata (szerkesztette a szerző)

Flottakövető rendszernek nevezzük azokat a polgári célú, fejlett műszaki és informatikai megoldásokon alapuló rendszereket, amelyek révén lehetővé válik az adott társadalmi szervezet, gazdasági vállalkozás technikai eszközeinek és személyi állományának nyomon követése. Ennél bővebb fogalom a flottamenedzsment rendszer kifejezés, ami olyan fejlett informatikai és technikai megoldásokon alapuló rendszert takar, amely révén lehetővé válik az adott társadalmi szervezet vagy gazdasági vállalkozás járműparkjának komplex kezelése (pl.: tervezés, irányítás, karbantartás) az erőforrások

hatékony felhasználása (optimalizáció) érdekében [26; p.1.]. Karmazin szerint a flottamenedzsmentet többféleképpen értelmezhetjük: a tágabb értelmezés alapján valamely szervezetnél a járművekkel kapcsolatban felmerülő feladatok kezelése (pl.: vezénylés, beszerzés, adminisztráció, járműkövetés, karbantartás, értékesítés-selejtezés). Szűkebb értelemben a járműparkkal kapcsolatos adminisztratív tevékenységek lebonyolítása. Pénzügyi szempontból a felhasználónál egy összegben elszámolható költségként megjelenő tevékenységek tartoznak ide, amelyet a szolgáltató végez (pl.: komplex járműpark bérlés, és az ezzel kapcsolatos tevékenységek – szerviz, engedélyeztetés, üzemanyag elszámolás). Egy fejlett flottamenedzsment rendszer számos funkcióval rendelkezik, mint a navigáció, a nyomkövetés (mind a jármű földrajzilag, mind a gépjárművezető által végzett tevékenység alapján), védelem gazdasági kár ellen (gépjárműlopás, üzemanyaglopás), duplex kommunikációs csatorna a diszpécser és gépjárművezető között. Ezen felül alkalmas útvonaltervezésre, előzetes kalkulációk elvégzésére (várható fogyasztás, megérkezés), járműpark és gépjárművezetők kontrolljára, gépjárművezető vezetési stílusának javítására, vezető és pihenőidők pontos, valószerű nyilvántartására, jelentések készítésére, riasztási funkciók használatára [26; pp.1-2.]. Napjainkban a technikai fejlődés, valamint a piaci igények változásának hatására már alig találni tisztán flottakövető szolgáltatást nyújtó rendszereket, helyüket átvették a magasabb komplexitású, integrált szolgáltatásokat nyújtó flottamenedzsment rendszerek. Ugyanakkor a piaci szereplők profil-meghatározásait elemezve, a flottamenedzsment szolgáltatást nyújtó vállalatok terminológiailag gyakran egyszerűen a flottakövetés kifejezést használják.

Az elsősorban angolszász katonai szakterminológiából származó erőkövetési rendszerek kifejezés, általánosságban helymeghatározó és jelentő rendszereket takar, amelyek alapvető rendeltetése a csapatok (alegységek, járművek, katonák) aktuális helyzetére vonatkozó geolokális információk megosztása (periodikus frissítéssel) és megjelenítése digitalizált térképi felületeken annak érdekében, hogy a parancsnokok és törzseik felhasználják azokat a teljes helyzetismereti kép kialakítása során. Az ezzel összefüggő folyamatok korszerű információtechnológiai eljárásokra alapozva automatizáltan, az üzemeltető, illetve a kezelő állomány beavatkozása nélkül mennek végbe [S1] [S2; p.5.] [2].

Az erőkövetési rendszer direkt és indirekt úton támogatja:

- a csapatok önvédelmi (FP²⁸) képességét [27; p. 47.];
- a magasabb szintű manőverképességet (harcászati – hadműveleti);
- a logisztikai ellátás megszervezését;
- a csapatok műveleti vezetés-irányítási (C2²⁹) képességét [28].

Felmerülhet a kérdés, hogy a flottakövetés, illetve az erőkövetés fogalma között valóban csak az-e a különbség, hogy a polgári vagy a katonai terminológiát használjuk? Ha figyelmesen tanulmányozzuk a fenti definíciókat, és megértjük a mögöttük húzódó komplex feladatrendszer folyamatait, megállapíthatjuk, hogy bár az alkalmazás célja, valamint az eszközök, és műszaki megoldások tekintetében is nagyon hasonló a két rendszer, tartalmilag mégis alapvető különbségek vannak köztük. Habár mind a kettő alapvetően az „erőforrás-gazdálkodás” hatékonyságának növelése érdekében használatos, polgári megközelítésben a pénzügyi érdekek, míg katonai értelemben az élőerő megóvása, az emberi és technikai veszteségek minimalizálása dominálnak. A flottakövető rendszerek alapvetően logisztikai célokat szolgálnak, míg az erőkövetési rendszerek alkalmazásának vannak logisztikai következményei is (pl. utánpótlás szervezési feladatok). Másik alapvető különbséget a két rendszer alkalmazásának dinamikájában (időtényező) lehet keresni, hiszen a klasszikus flottaszervezési feladatok többnyire jóval előre elvégezhetőek, alkalmazástól függően napi, heti, vagy akár hónapos ciklusokkal, és csak ritkán fordulnak elő „havária” jellegű beavatkozások, míg erőkövetési rendszerek harci alkalmazása során szinte folyamatosan lehet ilyenekre számítani. Végül, de nem utolsósorban a megbízhatóság és a biztonság kérdése is alapvetően különbözik a két rendszer filozófiájában, ami a várható következmények súlya szerint differenciálható, hiszen a „rendellenes” működés következményeként kereskedelmi rendszerek esetén alapvetően anyagi veszteségekkel lehet tervezni, míg ennek katonai vonzata mindezek mellett emberéletekben is mérhető (nem csak a katonák, hanem a műveleti területen tartózkodó polgári lakosság is érintett).

A fentiek alapján tehát a flottakövetés értelmezésében alapvetően polgári/kereskedelmi célú logisztikai fogalom, amíg az erőkövetés a fegyveres és rendvédelmi szervezetek (hónvédség, rendőrség, katasztrófavédelem) „csapaterőinek” vezetését és irányítását támogató megoldás. Ezen utóbbi szervezetekben többek között közös a szigorú hierarchikus rendszerben való tevékenység és a parancsok útján történő vezetés és irányítás

²⁸ Force Protection – Csapatok Megóvása

²⁹ Command and Control – Vezetés és Irányítás

(parancsuralom). Az erőkövetési rendszerek által szolgáltatott információkat az adott szervezet profiljának megfelelően harcvezetési, bevetés irányítási, vagy mentésirányítási rendszer felé továbbítják³⁰, azok ezen rendszerek részelemeit képezhetik. Az információk alapján a megfelelő vezetési szinten lévő parancsnokok döntéseket hoznak, amelyek alapján kiadott parancsokat akár az adott rendszeren keresztül is továbbíthatják az alárendeltek/beosztottak felé. Ilyen helyzetek lehetnek például a katasztrófavédelem területén vonulási, mentési, mentesítési, védekezési, kárelhárítási feladatok végrehajtása, rendvédelmi vonatkozásban bűnüldözési, helyszínbiztosítási tevékenységek, míg katonai értelemben valamilyen támadó, védekező, vagy halogató harcfeladat végrehajtása.

Bár nem kapcsolódik szorosan a terminológiai megközelítéshez, érdemes megjegyezni, hogy a flotta- és erőkövetési rendszerek által szolgáltatott adatok továbbításának módjában, az alkalmazott technikai megoldások tekintetében is fellelhetők alapvető különbségek. Míg a flottakövető rendszerek elsődlegesen mobilhálózati vagy más PMR³¹ platformokon kommunikálnak, addig az erőkövetési rendszerek az adatátviteli megoldások széles spektrumát (pl. RH³² és URH³³ rádióhálózatok, műholdas csatornák, TETRA hálózatok) képesek kihasználni a geolokációs információk továbbítására.

Itt célszerű megjegyezni, hogy kutatásom alapvetően az erőkövetésre fókuszál, amely magában foglalja a geolokális pozíció meghatározását és interaktív térképi felületen történő megjelenítését, valamint a szükséges adatok továbbításának, rendszerintegrációjának lehetőségét, illetve ezek határterületeit. Mint korábban említettem ezek a követő rendszerek, általában valamely menedzsment, vagy vezetés-irányítási rendszerbe integrálódnak, sokszor az erőkövetés mint modulelem jelenik meg ezen rendszerekben. Azonban, mint azt a későbbi példák is mutatják, az erőkövetés modul az alkalmazás során annyira erőteljesen van jelen, hogy a gyakorlati felhasználás során egyszerűen erőkövetési rendszernek nevezik azokat, pl.: BFTS³⁴, KFTS³⁵.

A flotta- és erőkövetési rendszerek felosztását az 1.1. táblázat szemlélteti.

³⁰ A két funkció gyakran integrált rendszerekben modulszerűen kap helyet, amihez kommunikációs platform is kapcsolódik.

³¹ Personal Mobile Radio – Személyi Mobil Rádió

³² Rövidhullám

³³ Ultrarövidhullám

³⁴ Blue Force Tracking System – Baráti Erők Követése rendszer, amely az amerikai FBCB2 BFT rendszerét jelöli.

³⁵ Kosovo Force Tracking System – A NATO koszovói missziójának erőkövetési (és harcvezető) rendszere

FLOTTA- ÉS ERŐKÖVETÉSI RENDSZEREK				
	Polgári célú	Védelmi célú		
Nyomkövetési szint	flottakövetés	erőkövetés		
Vezetés-irányítás szint	flotta menedzsment	mentésirányítás (katasztrófavédelmi)	bevetés irányítás (rendészeti)	harcvezetés (katonai)

1.1. táblázat. A flotta- és erőkövetési rendszerek felosztása (NÉMETH András – KÁROLY Krisztián)

Jelen alfejezetben a terminológiai pontosításon túlmenően bemutattam számos olyan, az erőkövetés környezetét befolyásoló elemet (pl.: asszimmetrikus hadviselés, negyedik generációs hadviselés), melyeket az 1.4. alfejezetben fogok összefoglalni.

Ahhoz, hogy az erőkövetés gyakorlati megvalósításának lehetőségeit vizsgálni lehessen, elengedhetetlenül fontos, hogy a vonatkozó jogszabályi környezet milyen lehetőséget ad az alkalmazó szervezet kezébe.

1.2 A szabályozói környezet vizsgálata

Minden új eljárás, technológia bevezetése előtt vizsgálni kell a vonatkozó jogszabályi hátteret, hogy az harmonizáljon a magyar jogrendszerrel, illetve az esetleges anomáliákat a jogalkotóknak fel kell oldani, biztosítva ezzel a fejlődés útját.

A jogi problémák felkutatása során érdemes az erőkövetés kérdéskörét több szempontból megvizsgálni, egyrészt, hogy béke időszakban vagy különleges jogrend idején kívánjuk-e az erőkövetést végrehajtani? Másrészt célszerű kettébontani azt személy, illetve tárgyi eszközök- (pl.: robotok), járművek követésére. Harmadrészt a követendő személyek jogait célszerű vizsgálni.

A különleges jogrendet Magyarország Alaptörvénye [29; 48-54. cikk] definiálja, az ettől eltérő időszakot nevezzük békeidőszaknak, a honvédelmi törvény alapján [30]. Megítélésem és gyakorlati tapasztalataim alapján a korszerű információs technológiákon alapuló erőkövetést mind békeidőszakban, mind különleges jogrend idején alkalmazhatunk. Különleges jogrend idején az állampolgárok jogai nagyobb mértékben kerülnek korlátozásra, mint békeidőszakban, ezért elsődlegesen a békeidőszaki szabályzókat vizsgálom, ugyanis a már ebben az időszakban érvényes rendelkezések, megtarthatók különleges jogrend idején is, tekintettel az erőkövetés honvédelmi jellegére.

A személyek és tárgyi eszközök, járművek követésének (pl.: gép- és harcjárművek, robotok, pilóta nélküli repülő eszközök, továbbiakban járművek) vizsgálatát az utóbbival

kezdem. Járműkövetésnél elsődlegesen vizsgálni kell, hogy a munkáltatónak, tulajdonosnak van-e joga követni a tulajdonába tartozó gépjárművet? A magántulajdon védelmére vonatkozó passzusok megtalálhatók az Alaptörvényben is: „*Mindenkinek joga van a tulajdonhoz és az örökléshez.*”[29; XIII. cikk (1) pont] továbbá „*Mindenkinek joga van törvényben meghatározottak szerint a személye, illetve a tulajdona ellen intézett vagy az ezeket közvetlenül fenyegető jogtalan támadás elhárításához.*” [29; V. cikk]. Ezek következtében a járműkövető rendszerek lehetőséget biztosítanak a tulajdonos számára a tulajdonukban lévő eszköz ellenőrzésére. Tehát a Magyar Honvédségnek – Honvédelmi Minisztériumnak joga van tárgyi eszközeinek, járműveinek követéséhez.

Bonyolultabb a dolog, ha a járművet egy személy (katona/munkavállaló/alkalmazott) vezeti vagy utazik benne.

Alaphelyzetben a járműkövetés alkalmas lehet annak ellenőrzésére, hogy a munkavállalók a munkaviszonyból származó kötelezettségeiknek megfelelően végzik-e a munkájukat. Tartják-e a forgalmi tervet, nem térnek le az útról, valamint van-e öncélú jogtalan igénybevétel? Ezt a munka törvénykönyve részletesen szabályozza: „*A munkavállaló a munkaviszony fennállása alatt - kivéve, ha erre jogszabály feljogosítja - nem tanúsíthat olyan magatartást, amellyel munkáltatója jogos gazdasági érdekeit veszélyeztetné.*”[31; 8§ (1) pontja] Ugyanakkor a munka törvénykönyve kitér arra is, hogy: „*A munkáltató a munkavállalót csak a munkaviszonnyal összefüggő magatartása körében ellenőrizheti. A munkáltató ellenőrzése és az annak során alkalmazott eszközök, módszerek nem járhatnak az emberi méltóság megsértésével. A munkavállaló magánélete nem ellenőrizhető.*” illetve: „*A munkáltató előzetesen tájékoztatja a munkavállalót azoknak a technikai eszközöknek az alkalmazásáról, amelyek a munkavállaló ellenőrzésére szolgálnak.*” [31; 11§ (1) és (2) pontja]

A modern információs technológiai rendszerek alkalmazásával gyakran jogi probléma merülhet fel, mert a fenti jogszabályok egyidejű alkalmazása anomáliákat okozhat. A járműkövetés mellett ma már lehetőség van személykövetés alkalmazására, melyet leggyakrabban a büntetés végrehajtásban használnak, de egyes esetekben megjelenik civil munkahelyeken is, és komoly lehetőségeket hordoz magában a rendvédelmi és katonai alkalmazások területén is. Ebben az esetben már nagyobb az esélye az egyes alap és személyiségi jogok sérülésének.

Sokszor lehet hallani a médiában³⁶ olyan esetet, amikor a munkáltató a munkavállaló sérelmére magánjellegű adatokhoz jut hozzá. Az elektronikus levelezés ellenőrzésével, az egyes digitális szokások monitorozásával, az okostelefonokba, navigációs valamint járműkövetési rendszerekbe épített GPS vevők adatait továbbító jeladókkal nyomon követhető a személyek geográfia helyzete magánéletük során is. A munkaadó és munkavállaló jogérvényesítése során fellépő anomáliák feloldásához további jogszabáyelemzés szükséges.

1.2.1 Személyek követésének jogszabályi elemzése

Magyarország Alaptörvénye alapján nem csak a katonák, hanem „*Minden magyar állampolgár köteles a haza védelmére.*” [29; XXXI. cikk (1) bekezdés]. Felmerülhet az az eset korunk negyedik generációs hadviselési [5] kihívásai során, hogy adott területen a honvédek [32] mellett rendőrök, katasztrófavédők, esetleg jogilag harcosnak nem minősülő személyek fegyveres harcban védik a nemzeti érdekeket. Továbbá a honvédelmi alkalmazottak [33] illetve egyes állami tulajdonú gazdasági vállalkozások (pl.: HM³⁷ Arzenál, HM EI Zrt.) munkavállalóinak részvétele katonai-, országvédelmi feladatok előkészítésében, esetlegesen műveleti területen is lehetséges. Jó példa erre a HM háttérintézmények munkavállalóinak részvétele az ország déli részén felállított Ideiglenes Biztonsági Határzár megépítésében. Ezért egy a haza védelmét támogató erőkövetési rendszer kialakításánál érdemes arra törekedni, hogy jogszabályi összhang alakuljon ki a személyek geolokális nyomkövetése és egészségügyi adatainak, harcképességének monitorozását illetően. Ezek a jogszabályi feltételek prioritással bírnak az erőkövetési rendszerek hadműveleti műszaki paramétereinek kialakításánál, természetesen a gazdasági racionalitások mellett.

A fent említett problémák megoldásához, valamint a téma katonai aspektusainak elemzéséhez a következő jogszabályokat érdemes összevetni:

- Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.), továbbiakban Alaptörvény.
- 1993. évi XXXI. törvény az emberi jogok és az alapvető szabadságok védelméről szóló, Rómában, 1950. november 4-én kelt Egyezmény és az ahhoz tartozó nyolc kiegészítő jegyzőkönyv kihirdetéséről, továbbiakban alapvető jogokról szóló tv.
- 2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról, továbbiakban adatvédelmi tv.

³⁶ például a TV2 Napló című műsorának 2013.10.20-ai adása

³⁷ Honvédelmi Minisztérium

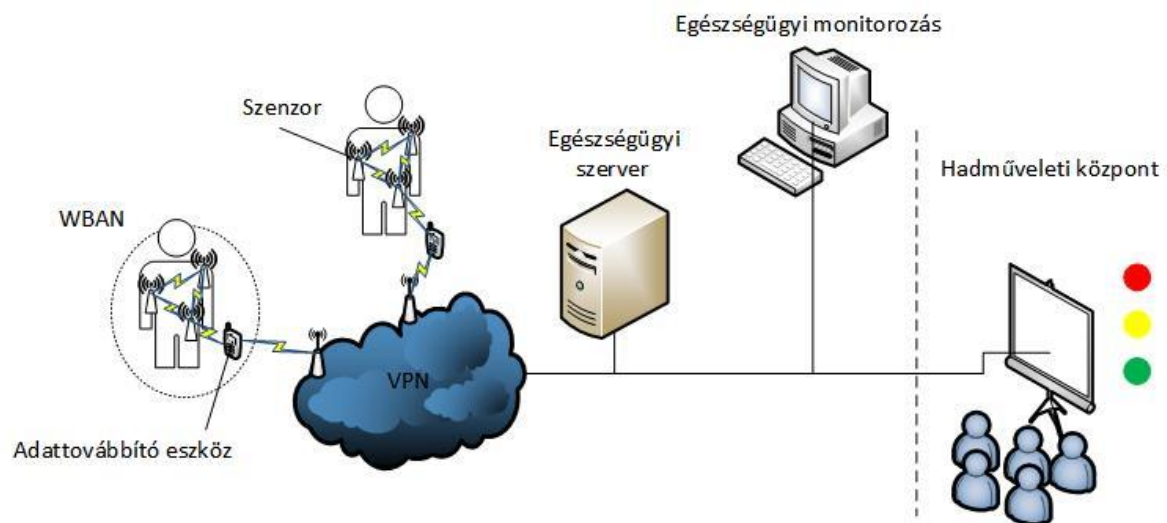
- 2012. évi I. törvény a munka törvénykönyvéről, továbbiakban munka törvénykönyve (Mt.)
- 2012. évi CCV. törvény a honvédek jogállásáról (Hjt.)
- 2018. évi CXIV. törvény a honvédelmi alkalmazottak jogállásáról
- 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről
- 2013. évi XCVII. törvény a honvédségi adatkezelésről, az egyes honvédelmi kötelezettségek teljesítésével kapcsolatos katonai igazgatási feladatokról

Az Alaptörvény a személyiségi jogokkal kapcsolatban a következőképpen fogalmaz: „...*Alapvető jog más alapvető jog érvényesülése vagy valamely alkotmányos érték védelme érdekében, a feltétlenül szükséges mértékben, az elérni kívánt céllal arányosan, az alapvető jog lényeges tartalmának tiszteletben tartásával korlátozható.*” [29; I. cikk (3) pont] továbbá: „*Mindenkinek joga van személyes adatai védelméhez, valamint a közérdekű adatok megismeréséhez és terjesztéséhez.*” [29; VI. cikk (3) pont] Az Alaptörvényből egyértelműen látszik, hogy bizonyos keretek között van lehetőség a személyes adatok védelméhez való jog korlátozásához, ilyenek lehetnek például a büntetés végrehajtásból, vagy honvédelmi feladatból eredő érdekek.

Először is érdemes definiálni, hogy mi az a személyes adat, melyből következik a különleges adat, a hozzájárulás, az adatkezelő és adatkezelés fogalma. Az adatvédelmi törvény alapján személyes adatnak nevezzük az érintettel kapcsolatba hozható adat különösen az érintett neve, azonosító jele, valamint egy vagy több fizikai, fiziológiai, stb. azonosságára jellemző ismeret -, valamint az adatból levonható, az érintettre vonatkozó következtetés. [34; 3§ 2. pont] Ilyenek lehetnek például az érintett személyi száma, TAJ³⁸ száma, kikkel tart kapcsolatot, merre jár szabadidejében, stb. A személyes adat speciális esete a különleges adat, amelyhez tartozik többek között az egészségi állapota vagy a személyek egyedi azonosítását célzó biometrikus adatok. [34; 3§ 3. pont b) és c) bek.] Ez érdekes lehet olyan személykövetési eljárásoknál, amikor a megfigyelt személy egészségügyi adatait is továbbítják. A személyes adat és különleges adat kezelésében lényeges különbségek vannak, a különleges adat kezelésére szigorúbb szabályok vonatkoznak. Tételezzünk fel egy olyan rendszert, ahol a követett személyek geográfiai helyzetén és a katonai-honvédelmi alkalmazásával szorosan összefüggő adatokon túl, az

³⁸ Társadalombiztosítási Azonosító Jel

egészségi állapotára vonatkozó adatokat (különleges adat [34; 3§ 3. pont]) is követni kívánjuk. Ilyenek lehetnek például a pulzusszám, a vérnyomás, az elszenvedett sebesülések, stb. Figyelembe véve a fent felsorolt jogszabályokat, honvédelmi érdekből a követett személyek különleges adatkezeléshez fűződő jogai sérülhetnek. Ilyen eset lehet például, amikor a vezeték nélküli testfelületi hálózatból (WBAN³⁹) nyert szenzor adatokból egy vezetéki ponton nyomon követik, hogy ki harcképes, és ki szorul sürgős egészségügyi beavatkozásra a harctéren, amely információk nagyban növelhetik a katonák túlélőképességét. Azonban az eredeti jogszabályalkotás [34] elveivel összhangban érdemes a következőképpen felépíteni a rendszert. A vezetéki ponton, a hadműveleti központban az operátorok csak annyit látnak a személyek egészségügyi állapotából, hogy harcképes, sérült, feltehetően halott, például zöld, sárga, piros színekkel jelölve. A konkrét adatok pedig egy külön terminálon jelennek meg a vezetéki ponthoz tartozó egészségügyi részlegnél, ahol szakemberek értékelik, elemzik a kapott információkat. Elkerülhető ezáltal, hogy illetéktelenek pontos információkhoz jussanak a követett egyén egészségügyi helyzetével kapcsolatban (pl.: belgyógyászati problémák, magas vérnyomás). A rendszer elgondolását az 1.3. ábra szemlélteti:



1.3. ábra. Az egészségügyi monitorozás kialakítási lehetőségei (szerkesztette a szerző)

Az adatvédelmi törvény értelmében hozzájárulásnak nevezzük, amikor az érintett akaratát önkéntesen és határozottan kinyilvánítja, amely megfelelő tájékoztatáson alapul, és ezzel félreérthetetlen beleegyezését adja a rá vonatkozó személyes adatok kezeléséhez [34; 3§ 7. pont]. A hozzájárulást követően személyes adat akkor kezelhető, ha arra törvényi felhatalmazás van, vagy törvényi felhatalmazású feladat ellátásához nélkülözhetetlen, továbbá „...személyek életét, testi épségét vagy javait fenyegető közvetlen veszély

³⁹ Wireless Body Area Network – Vezeték nélküli Testfelületi Kiterjedésű Hálózat

elhárításához vagy megelőzéséhez szükséges és azzal arányos...”[34; 5§ (1) bek. c) pont], valamint ha azt az érintett nyilvánosságra hozta [34; 5§. (1) bek.]. Ezen passzus értelmében belátható, hogy az erőkövetési rendszerek erők megóvása (FP) képessége egyértelműen az életet, testi épséget fenyegető közvetlen veszély elhárítását célozza. A különleges adatok kezelését már sokkal szigorúbban szabályozzák, azonban itt is megjelenik az előzőleg idézett életet és testi épséget fenyegető veszély elhárítása, továbbá a kérdés honvédelmi érdekből is kezelhető [34; 5§ (2) bek.]. Ugyanakkor szükséges megemlíteni, hogy a honvédelmi adatkezelésről szóló törvény [35], szigorúan szabályozza a kezelhető adatok körét, azokat pontosan megnevezi. Vizsgálva a napjainkban megfigyelhető európai uniós szabályozási trendeket (pl.: EU 2016/679. sz. általános adatvédelmi rendelete, a GDPR⁴⁰), a személyes- és különleges adatok védelmére kiemelt figyelmet fordítanak, és megítélésem szerint a későbbi anomáliák elkerülése érdekében, célszerű egyértelműen megfogalmazni a kezelendő adatok körét, módját, és az egyéb kapcsolódó tevékenységeket. Véleményem szerint erre kiváló lehetőséget biztosítana a már említett honvédelmi adatkezelésről szóló törvény [35] kiegészítése az előzőekben tárgyalt adatok körével.

Fontos definiálni az adatkezelő fogalmát is. A törvény értelmében adatkezelőnek nevezzük azt a természetes vagy jogi személyt (pl. munkáltató), illetve jogi személyiséggel nem rendelkező szervezetet, aki, vagy amely önállóan vagy másokkal együtt az adatok kezelésének célját meghatározza, az adatkezelésre (beleértve a felhasznált eszközt) vonatkozó döntéseket meghozza és végrehajtja, vagy az adatfeldolgozóval végrehajtatja [34; 3§ 9. pont]. Adatkezelésnek nevezzük többek között az alkalmazott eljárástól függetlenül az adatokon végzett bármely műveletet vagy a műveletek összességét, így különösen gyűjtésüket, felvételüket, rögzítésüket, rendszerezésüket, tárolásukat, megváltoztatásukat, felhasználásukat, lekérdezésüket, továbbításukat, nyilvánosságra hozatalukat, összehangolásukat vagy összekapcsolásukat, zárolásukat, törlésüket és megsemmisítésüket, valamint az adatok további felhasználásának megakadályozását [34; 3§ 10. pont]. A fent felsorolt esetek mind felmerülnek egy személy- és járműkövető rendszer üzemeltetése során. Az értelmezett fogalmak alapján megállapítható, hogy a személy- vagy járműkövető rendszerek (katonai szempontból erőkövetési rendszerek) adatkezelést végeznek, ahol az adatkezelő maga a munkáltató, speciális esetekben az egészségügyi személyzet. Az erőkövetés során az érintett személyes adatait (geográfiai

⁴⁰ General Data Protection Regulation

helyzetét), speciális esetekben a különleges adatait is (egészségügyi helyzet) nyomon követik, a munkavállaló hozzájárulása alapján.

A katonák geográfiai helyzetkövetésének egy speciális vetületét, a már korábban említett magánélethez való jog sérülését is érdemes vizsgálni.

Mint korábban említettem a korszerű információs technológiák alkalmazásával oly tökéletesen lekövethető munkaidőben a munkavállaló, hogy elmosódhat a határ a munkaidő és magánélet lekövetése között. Az alapvető jogokról szóló törvény és a munka törvénykönyve [31; 11§ (1) és (2) pontja alapján] egyértelműen kimondja, hogy a munkavállalónak joga van a magánélethez: *„Mindenkinek joga van arra, hogy magán- és családi életét, lakását és levelezését tiszteletben tartsák.”* [36; 8. cikk 1. pont]. Azonban katonai aspektusból ez a jog sérülhet: *„E jog gyakorlásába hatóság csak a törvényben meghatározott, olyan esetekben avatkozhat be, amikor az egy demokratikus társadalomban a nemzetbiztonság, a közbiztonság vagy az ország gazdasági jóléte érdekében, zavargás vagy bűncselekmény megelőzése, a közegészség vagy az erkölcsök védelme, avagy mások jogainak és szabadságainak védelme érdekében szükséges.”* [36; 8. cikk 2. pont]

A fenti jogszabályok elemzése alapján megállapítható, hogy az erőkövetés nem egyértelműen jogszerű cselekmény, tekintettel arra, hogy adatvédelmi szempontból vannak még nyitott kérdések. Hazánk fegyveres és rendvédelmi szerveinek alkalmazottai, és a civil lakosság a témát érintő jogaiban elméletileg korlátozható nemzetbiztonsági, honvédelmi célból, azonban ezt még törvényi szinten [35] pontosan determinálni szükséges. Továbbá az erőkövetési rendszerek technikai-műszaki követelményeinek meghatározásakor jogi oldalról a következőket kell figyelembe venni.

A rendszert célszerű úgy kialakítani, hogy a személyes- és különleges adatokat szétválasztva kezelje. A különleges adatok csak a megfelelő (esetünkben egészségügyi) szakszemélyzet részére legyen elérhető, azonban kivonatok továbbíthatók legyenek a döntéshozók részére anélkül, hogy az személyiségi jogokat sértene.

1.2.2 Polgári célú személy és járműkövető rendszerek nemzetgazdaságból történő bevonhatóságának vizsgálata

Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy a jelenleg legfeljebb 37.650 főt [37] foglalkoztató Magyar Honvédség a méretének megfelelő erőkövetési rendszerek beszerzését követően, hogyan lenne képes egy nagyobb művelet, esetlegesen több tíz vagy százezer főt megmozgató feladat erőkövetési feladatainak kiszolgálására. Továbbá, amíg ez a komplex erőkövetési képesség nem áll készen, a modul képességeket leszámítva

(TETRA AVL, Harris C2PC-CNR⁴¹), hogyan tudná a honvédelembe bevont erőket nyomon követni?

Az ilyen nagyarányú eszközigényre megfelelő választ adhat, ha a nemzetgazdaságból személy- és járműkövető rendszerek kerülnének bevonásra honvédelmi érdekből. Jelenleg Magyarország területén nagy számban található olyan korszerű globális műholdas navigációs rendszereken alapú járműkövető (flottakövető) rendszerek, amelyek kielégíthetnének ilyen igényeket.

Azonban a nemzetgazdaságból történő eszközbevonást az érvényben lévő jogszabályok szigorúan szabályozzák. A lehetőségek feltárásához a következő törvényeket, rendeleteket érdemes áttekinteni:

- 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről;
- 2013. évi XCVII. törvény a honvédségi adatkezelésről, az egyes honvédelmi kötelezettségek teljesítésével kapcsolatos katonai igazgatási feladatokról;
- 290/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről szóló 2011. évi CXIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról;
- 5/2014. (II. 7.) NGM⁴² rendelet a nemzetgazdasági miniszter feladatkörét érintő ágazati honvédelmi feladatokról.

A 290/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet a következőképpen definiálja az igénybevételt: *„az igénybevevő által a honvédelmi érdek kielégítése céljából kijelölt ingatlan, technikai eszköz és más ingóság birtokbavétele, illetve a szolgáltatás használatba vétele”* [38; 1§ c) pont]

A 2011. évi CXIII. törvény alapján: *„A honvédelem nemzeti ügy.”* [30; 1§ (1) bekezdés] továbbá: *„Magyarország a nemzeti és szövetségi védelmi képességének fenntartásában és fejlesztésében a saját erejére: nemzetgazdaságának erőforrásaira, (...) állampolgárainak a haza védelme iránti hazafias elkötelezettségére és áldozatkészségére (...) épít.”* [38; (2) bek.]. Valamint *„A honvédelemre való felkészülésben és a honvédelmi feladatok végrehajtásában e törvényben meghatározott keretek között a törvény alapján létrehozott jogalanyok és minden Magyarországon tartózkodó ember a szolgáltatások, az*

⁴¹ Command and Control Personal Computer-Combat Net Radio – Harcászati rádió alapuló személyi számítógéppel támogatott vezetés-irányítási szoftver

⁴² Nemzetgazdasági Minisztérium

állampolgárok pedig a személyes szolgálat teljesítésével vesznek részt.” és „A honvédelmi kötelezettségek teljesítése az érintettek számára békében nem okozhat aránytalan megterhelést vagy hátrányt.” [30; 1§ (3)-(4) bekezdés]

A törvényi hivatkozásból egyértelműen látszik, hogy a jogszabály szerint honvédelmi érdekből minden magyar és Magyarországon tartózkodó ember bevonható vagy katonai szolgálatra, vagy szolgáltatásra kötelezhető, melyet a törvény a 10. Gazdasági anyagi kötelezettségek fejezetében fejt ki.

„A gazdasági és anyagi szolgáltatási kötelezettség kiterjed meghatározott gazdasági és anyagi szolgáltatás teljesítésére vagy a szolgáltatás igénybevételének tűrésére, (...) az igénybevételhez szükséges előkészületi tevékenységre, az igénybevétel tervezéséhez szükséges adatok közlésére.” [30; 13§ (1) bekezdés a)-d) pontjáig] Ezek a szolgáltatások csak akkor vonhatók be az állampolgároktól és az itt tartózkodóktól, valamint a gazdasági társulásoktól, *„Ha a honvédelem érdeke és a honvédelmi feladatok ellátása más módon nem, vagy nem megfelelő időben, vagy csak aránytalanul nagy ráfordítással elégíthető ki” [30; 13§ (2) bekezdés].* Ennek a bekérésnek célja lehet többek között a honvédség és rendvédelem támogatása [30; 13§ (2) bekezdés a) pont], például személy és járműkövető rendszerekkel történő megerősítése.

A feladatok teljesítése érdekében már a békeidőszakban elrendelhető az adatszolgáltatás, azonban figyelembe kell venni a szolgáltató méltányos érdekeit [30; 13§ (3)-(4) bekezdés]. Az adatszolgáltatás során szerzett információk nyilvántartása, a tervezés, irányítás, felügyelet és ellenőrzés a katonai igazgatási szervek feladata [30; 3§ c) pont].

Az igénybevételt elrendelheti: a kormány, a kormány felhatalmazása alapján a felelős miniszter, a megyei védelmi bizottság elnöke, vagy a polgármester [30; 14§]. Mentés a szolgáltatások alól többek között: a fontosabb állami intézmények, mint a Kúria, Országgyűlés, Nemzeti Bank, stb.; a Honvédség és rendvédelmi szervek, vallási közösségek a vallásgyakorláshoz szükséges mértékben; országgyűlési pártok a képviselőkhöz szükséges mértékben. Ezen felül *„azok a közforgalmú személyszállító, továbbá áru fuvarozó szervezetek - ideértve a légi személyszállítást és légi áru fuvarozást ellátó szervezeteket is -, amelyeket e tevékenység végzésére hoztak létre, vagy amelyek e tevékenységet szerződés alapján végzik, a létfontosságú közlekedés és szállítás fenntartásához szükséges mértékben, valamint a léginavigációs szolgáltatást ellátó szervezet”,* illetve *„a lakosság létfenntartása szempontjából nélkülözhetetlen egyéb termelési és szolgáltatási tevékenységet végzők, ha mentésben részesültek”* és minden

egészségügyi szolgáltatást végző szervezet, akik csak egészségügyi szolgáltatás nyújtására vehetők igénybe [30; 15§ (1) bekezdés a)-i) pontja, és (2) bekezdése].

Itt fontos kiemelni, hogy a létfontosságú közlekedési, fuvarozó szervektől a törvény alapján nem lehet bevonni személy- és járműkövető rendszereiket, amennyiben az számukra kritikus szolgáltatás kiesést okozna.

Az 5/2014. (II. 7.) NGM rendelet alapján a Nemzetgazdasági Miniszter intézkedett, hogy a honvédelmi és nemzetbiztonsági szempontból stratégiai jelentőségű erőforrásokat összegyűjti, azokról nyilvántartást vezet, és ezen adatokat biztosítja a honvédelmi ágazat felé [39; 4§]. Megállapítható, hogy koordináció szükséges azon célból, hogy feltárják melyek azok az anyagi javak, amelyek a honvédelmi ágazatot érdeklik (teherautók, erőgépek, esetleges nyomkövető rendszerek).

A fenti jogszabályok elemzése során megállapítható, hogy a törvényi háttér kielégítő. A nemzetgazdaságból történő bevonás szigorúan szabályozott, mindamellet működőképes rendszert biztosít. Már „csak” ezt a rendszert kell megtölteni tartalommal, mint például összegyűjteni a honvédelmi erőkövetés számára bevonható polgári célú személy- és járműkövető rendszereket, valamint ezen információkat kell folyamatosan naprakészen tartani.

Érthető módon korunk technikai fejlettsége komoly potenciált hordoz a katonai, és rendvédelmi alkalmazás területén. A nem oly távoli jövőben már könnyen megvalósulhat, hogy katonáink bevetés közben geográfiai helyzetüket, feltöltöttségi és egészségügyi adataikat egy adatfúziós központon keresztül a távoli parancsnokok és törzsek számára elérhetővé tegyék, ezzel felgyorsítva a behatások válaszüdejét.

Az ilyen adatgyűjtő és helyzetkövető rendszerek tervezésekor, illetve haditechnikai műszaki követelményeinek meghatározásakor elengedhetetlen, hogy azok jogszabályi kereteit megvizsgáljuk, az esetleges jogi anomáliákat feltárjuk, és azokra megoldást kínáljunk. Eddigi szakmai tapasztalataim alapján, megítélésem szerint kiemelten kezelendő, hogy az erőkövetési rendszerek mind békeidőben mind különleges jogrend idején megfeleljenek a jogszabályi (pl.: adatvédelem) követelményeknek. Ugyanis a katonák felkészítése már békeidőszak alatt megkezdődik, illetve a külföldi katonai szerepvállalások során (pl.: békeműveletek) sem tértünk át különleges jogrendre.

Megállapítottam, hogy Magyarország csak részben rendelkezik azzal a jogszabályi háttérrel, amely szükséges egy honvédelmi célú erőkövetési rendszer bevezetéséhez. Megítélésem szerint az egyre szigorodó adatvédelmi irányelvekkel harmonizálva, az erőkövetéshez szükséges személyes és különleges adatok kezelését a vonatkozó

jogszabályokban pontosítani szükséges. Mindazonáltal fontos kiemelni, hogy a jogharmonizációs anomáliák feloldása nem bízható rá egyetlen személyre – kutatóra, ezért javaslok egy több szakterületet felölelő (jogi – műszaki – IT) munkacsoport felállítását, amely konkrét megoldási javaslatokat dolgoz ki, és ezt terjeszti fel a jogalkotók részére.

Az 1.2. alfejezetben bemutatott szabályozói háttér is az erőkövetés környezetét befolyásoló tényezők közé sorolható, melyeket az 1.4. alfejezetben fogok összefoglalni.

A jogszabályi háttér bemutatását követően célszerű megvizsgálni hálózatelemzési módszerekkel a Magyar Honvédség szárazföldi haderőnemének egyik legfontosabb harcászati alapelemét a lövészászlóalj. Egyrészt azért, mert a zászlóalj szintű szervezeti felépítés magában foglalja az egyes harcostól kezdve a raj – szakasz – század szintű elemeket, másrészt mert a külföldi szerepvállalásokat tekintve (pl.: Koszovó, vagy Afganisztán 2006-2013 között) is a lövészászlóalj a meghatározó szervezeti egység volt a lövészászlóalj. Ezen elemző munka alapján pontosabban behatárolhatók a lövészászlóaljakat hatékonyan kiszolgáló képes infokommunikációs rendszerek, melyek között megjelennek az erőkövetési rendszerek is.

1.3 Lövészászlóalj függelmi és információs kapcsolatrendszerének vizsgálata hálózatelemzési eszközökkel

A korábban tárgyalt negyedik generációs hadviselés, és aszimmetrikus-, valamint hibrid kihívások mellett, korunk katonai gondolkodásában jelen van egy eltérő megközelítésű hadviselési paradigma, amely a hálózat központú hadviselés (NCW⁴³) nevet viseli.

Röviddel az ezredforduló előtt az Egyesült Államok hadseregében megalkották a hálózat központú hadviselés koncepcióját [40; p. 190.] [11]. Felismerve a modern információs technológiákban rejlő lehetőségeket, az alegységeket, parancsnokokat és törzseket, valamint a szenzorokat hálózatszerűen kívánták összekapcsolni. Gyakran emlegetett elvárásként támasztották, hogy az USA elnöke akár a lövészárokból lévő katonával is összekapcsolható legyen, ezáltal lerövidítve a hálózati csomópontok közötti utat, amely nagyfokú robusztusságot biztosít a hálózatnak [41][42].

A Magyar Honvédség válaszolva a kor kihívásaira szintén igyekszik kialakítani a maga hálózat központú hadviselési képességét. Ezeket a már említett információs technológiákra, valamint tudatosan kialakított vezetési rendszerre kell építeni. Azonban a

⁴³ Network Centric Warfare – Hálózat Központú Hadviselés

rendszer kiépítése előtt meg kell vizsgálni a tervezett hálózatot, majd a kialakítás lépései során időről-időre felül kell vizsgálni azt az, úgynevezett hálózatelemzés módszerével.

Az NCW modell megalkotását követően (de attól függetlenül) Barabási Albert-László és munkatársai az 1999-től folyamatosan publikált hálózatelemzési műveikben, alapjaiban változtatták meg a valóságos hálózatokról alkotott képünket. A korábbi Erdős-Rényi modellt [43; p. 20.] figyelmen kívül hagyva bevezették a skálafüggetlen hálózatok fogalmát. Ez új megvilágításba helyezte többek között a különböző társadalmi, szociológiai, gazdasági hálózatokat is.

Ezen ismeretek birtokában érdemes ismét megvizsgálni hálózatelemzési módszerekkel a Magyar Honvédséget érintő hálózat központú hadviselési lehetőségeket. A dolgozat terjedelmi korlátai miatt a vizsgálatot kizárólag a lövész zászlóalj kapcsolati rendszerén keresztül mutatom be.

Kutatómunkám fókuszába azért a lövész zászlóalj került, mert a Magyar Honvédség szárazföldi haderőneme harci erejének alapját ez a szervezeti elem adja, és egyben a harcászati szinttől a stratégiai szintig kivetíthető hatások alapját is ez képezi [44].

1.3.1 Hálózat központú hadviselés

A hálózat központú hadviselés gondolatát először Jay Johnson tengernagy vetette fel 1997-ben egy, az Egyesült Államok Haditengerészeti Intézetében rendezett konferencián, majd azt 1998-ban doktrínába is foglalták [41; p. 190.]. Az elmélet célja, hogy egyszerűsítse a hálózati szenzorok, parancsnokok és lövészek bonyolult hierarchiáját, csökkentse a műveleti szüneteket, növelje a precizitást és lerövidítse a vezetés időszükségletét.

Az NCW modell alaptételei a következők:

1. A robosztus hálózatok elősegítik az információ megosztást.
2. Az információ megosztás elősegíti az együttműködés kialakítását.
3. A harc helyzet ismeret (SA) elősegíti a csapatok műveleteinek összehangolását.
4. Ezek az elemek drasztikus arányban növelik a műveletek sikerességét [41][42].

Az NCW modellel nagyjából egy időben alakult ki az entrópia alapú hadviselés modellje [45][46]. *„Az elv szerint az ellenség rendezetlenségét (az entrópiáját) kell megnövelni a kohéziót biztosító szervezeti elemek (személyek, eszközök, objektumok) kiiktatásával addig a szintig, hogy a személyi állomány már ne legyen képes a szervezett ellenállásra.”* [40; p. 190.]

Felmerülhet az olvasóban a kérdés, hogy ezen alaptételek kimondása után miért fontos a Barabási-féle modell vizsgálata a katonai hálózatokban. A válasz egyszerű, mikor ezek az elméletek születtek, még más volt az általánosan elfogadott kép a valóságos hálózatokról. Barabási és kutatócsoportja a skálafüggetlen hálózatok bevezetésével tudományos, matematikai módszerekkel megalapozott választ adott a valóságos hálózatok viselkedésére, ráadásul a leírt hálózati megoldásokat a korábbinál szélesebb körben tudták alkalmazni. Külön érdekesség, hogy a DARPA⁴⁴ 1999 őszén kiírt pályázatán, amely *„elsődlegesen az új hálózati technológiáknak a fejlesztését tűzte ki célul, amelyek a jövő hálózatai számára lehetővé teszik, hogy a támadások esetén épek maradjanak, és a hálózati szolgáltatásokat fenntartsák”*, a Barabási-féle kutatócsoportot elutasították, mert akkor még nem értették mi különleges van a skálafüggetlen hálózatokban, pedig nem sokkal előtte hozta le felfedezésüket a rangos Nature című tudományos folyóirat. Azóta tudjuk, hogy a skálafüggetlen hálózatok terén elért sikereik komolyan hozzájárultak a robusztusság és a hálózatok támadhatóságának vizsgálatában, matematikai modellezésében [43; p. 126.].

1.3.2 A hálózatelemzés matematikai eszközei

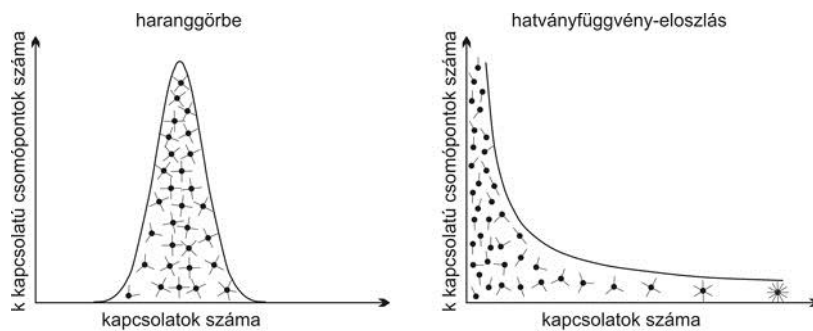
A társadalmi, biológiai, informatikai hálózatok jobb megérthetősége érdekében, célszerű azokat kvantitatív formába önteni, és úgy kezelni. A probléma megoldásához matematikai módszereket hívunk segítségül, mint a diszkrét matematika, a gráfelmélet, fraktálok és a matematikai címkézés.

„A hálózat fogalma a hálózattudományban matematikai, ezen belül gráfelméleti alapokra épül. Ennek megfelelően a hálózat csúcsok/csúcspontok (csomópontok) és az ezeket páronként összekapcsoló élek (kapcsolatok) összessége. Az ezzel lényegében megegyező tartalmú gráf fogalom azonban csak a hálózatok legegyszerűbb változatainak leírására alkalmas.” [47; p. 181.] Továbbá meg lehet különböztetni a hálózatokat azok vonalas elrendeződése (pl.: utak, folyók), vagy a csomópontok és az ezek közötti kapcsolatok alapján (pl.: szociális kapcsolatok) [47; p. 181.]. Esetünkben az utóbbi hálózatokkal foglalkozom.

A hálózatok matematikai leírásával először Leonard Euler foglalkozott a Königsbergi hidak problémáján keresztül 1736-ban. Ebben fontos alapfogalmakat fektetett le a híres matematikus, melyek az évszázadok során dinamikusan fejlődtek. Eleinte csak a

⁴⁴ Defense Advanced Research Projects Agency – Fejlett Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége

szabályos gráfokat vizsgálták a matematikusok, azonban Erdős Pál és Rényi Alfréd munkássága révén a gyakorlati alkalmazás került előtérbe. Az Erdős-Rényi páros a véletlen hálózatokat vizsgálta, ahol feltételezték, hogy a hálózatok véletlenszerűen kapcsolódnak egymáshoz, így azok fokszámeloszlása normál eloszlást mutat (haranggörbét követ). A következő mérföldkő 1999-ben volt, amikor Barabási Albert-László és Albert Réka felfedezték a skálafüggetlen hálózatokat, amelyek fokszámeloszlása hatványfüggvényt követ (1.4. ábra). Ezen elméletek, és az alábbi kutatómunka alaposabb megértése érdekében, célszerű néhány alapfogalmat definiálni.



1.4. ábra. Normál eloszlású és skálafüggetlen hálózatok (hatványfüggvény eloszlású) közötti különbség [44; p. 79.]

A hálózat egymással összekapcsolt elemek összességéből áll. A legtöbb valós hálózat elemei nem egyszerű pontok (mint a hálózatok matematikai leképezéseinek, a gráfoknak az elemei), hanem maguk is bonyolult hálózatok. Ez azt jelenti, hogy a természetben a hálózatok egymásba ágyazottan fordulnak elő [48]. A hálózatok matematikai elemzésével a gráfelmélet foglalkozik.

A gráf objektumok egy halmazának (csomópontok) és az azok között fennálló kapcsolatoknak (élek) egy absztrakt reprezentációja. Jelölése $G(N;k)$, ahol G : a gráf, N : a csomópontok halmaza, és $k \subseteq N \times N$ az élek halmaza. Amennyiben két csúcsot legfeljebb egy él köt össze, egyszerű gráfról beszélünk. Az olyan gráfot, melynek élein haladva bármely csúcsából bármely másik csúcsába eljuthatunk, összefüggő gráfnak nevezzük [49][50].

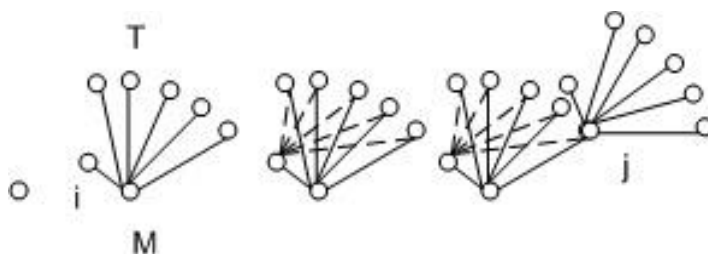
A valós analízis és a topológia megalapozására irányuló vizsgálatok során felfedezték a fraktálokat, melyeknek többféle definícióját is elfogadja a tudományos élet [51]. A következő fogalmak jól körülírják a fraktálokat: A fraktálok olyan önhasonló alakzatok, melyek önhasonló motívumai skálafüggetlen méreteloszlást mutatnak [48]. Egyes megfogalmazások szerint ezek végtelenségig önhasonló alakzatok [51]. Azonban a természetben előforduló fraktálok (pl.: brokkoli vázszerkezete), egyértelműen nem képesek végtelen lépésű önhasonlóságra. Az általam vizsgált társadalmi hálózatok fraktál

szempontból végső pontjai az emberek. A Magyar Honvédség jelenlegi maximális létszáma 37.650 fő [37], az államigazgatásban pedig mintegy 800 ezren dolgoznak, a Föld lakossága jelenleg valamivel több mint 7 milliárd ember. Azaz a hálózat, amely a fraktált alkotja, nem lehet ennél több elemű. A Csermely Péter-féle hálózat értelmezés alapján, a matematikai absztrakció révén, elvonatkoztathatunk a csomópontok valódi alakjától (pl. ember, sejtek), így kialakulhat egy magasabb indukció.

A hálózat központú hadviselés kutatása során nem újszerű gondolat fraktálokat keresni a hadviselést felépítő komplex hálózatokban. Egy 2000-ben megjelent angolszász tanulmány a frontvonalak fraktál tulajdonságait tanulmányozza. A hadtörténeti adatokat feldolgozó kutatás megállapította, hogy a frontvonalak átlagos fraktáldimenziója $D=1,685$ [52] [53].

1.3.3 Lövészászlóalj függelmi kapcsolatrendszerének elemzése

A katonai szervezet erősen hierarchikus szervezeti keretek között működik. A kis csoportok (rajok, részlegek) élén egy szervezetszerű parancsnok áll. A csoportban van továbbá még egy kitüntetett csúcs ez a parancsnokhelyettes, akinek a csoport tagjai ugyanúgy engedelmisséggel tartoznak. Ezt a felépülést a következő gráf mutatja (1.5. ábra).

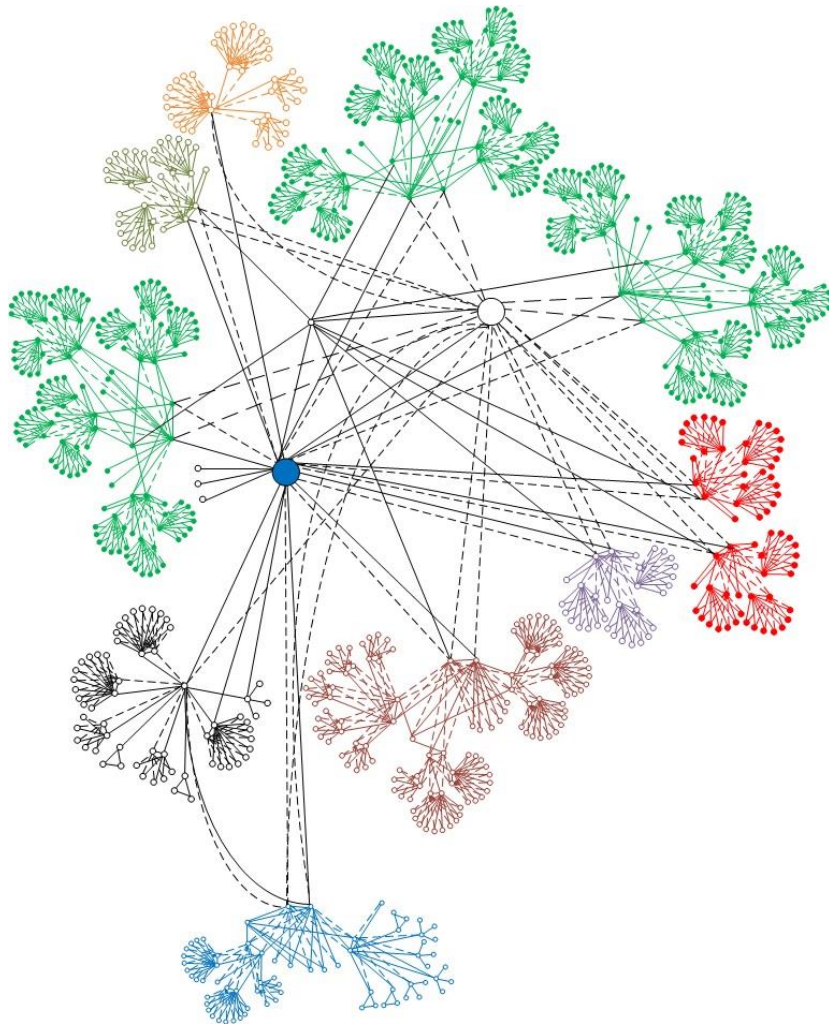


1.5. ábra. Függelmi kapcsolatok kialakulásának önhasonló dinamizmusa (szerkesztette a szerző)

Az ábrán gyakorlatilag egy két csomópontú csillag topológia látható, ahol a parancsnokhelyettes kapcsolatait szaggatott vonallal jelöltem a megkülönböztettség miatt. Ez az elrendeződés a hálózat (zászlóalj) építőköve.

Van egy kiinduló csomópont a gráfban, nevezzük M-nek. M-ből kiindul T számú csomóponthoz ugyanannyi számú él, ahol T az alárendeltek számossága, a hozzájuk tartozó élek pedig a parancsnok-beosztott közötti függelmi viszonyt ábrázolják. Egy i csomópont (parancsnokhelyettes) kitüntetett szerepet kap, és egy-egy éllel kapcsolódik a csoport többi tagjához. Harmadik lépésben egy tetszőleges j csomópont azonosan hasonlóan M-hez további hasonló kapcsolatokat épít ki más csomópontokkal (pl.:

zászlóaljparancsnok – századparancsnokok – szakaszparancsnokok). Ez a folyamat egy lövészzászlóalj függelmi rendszerében a zászlóaljparancsnoktól kezdve a lövész katonáig négy lépésben zajlik le. A fent leírtak alapján belátható, hogy egy önhasonló hálózatról beszélünk, melyet a 1.6. ábra szemléltet.



1.6. ábra. Lövész zászlóalj függelmi kapcsolatai (szerkesztette a szerző)

Azonban ez az önhasonló hálózat önmagában még nem fraktál [51], hisz nem áll fenn, hogy végtelen lépésben önhasonló, de kimondható, hogy fraktál-szerű képződményről beszélünk. A fent említett leírás lehetőséget nyújt, hogy magasabb rendű (Magyar Honvédség, államigazgatás), illetve alacsonyabb rendű (emberi szervezet) hálózatokban hasonló önhasonló tulajdonságot keressünk (Csermely-féle indukció). A fenti leírás alapján belátható, hogy a Magyar Honvédség, és az azt felölelő halmaz a magyar államigazgatás is hasonlóan működik, azaz a zászlóalj önhasonló alakzata egy nagyobb diszkrét elemekből álló önhasonló hálózat (fraktál-szerű képződmény) részeleme. Most nézzük meg, hogy teljesül-e a skálafüggetlen felépülés?

A függelmi kapcsolati rendszer megrajzolásával párhuzamosan felírtam a gráf kapcsolati mátrixát, amely egy közel 700X700-as mátrix. A mátrixban két csomópont közötti élek számát beírom a megfelelő helyre (jelenleg maximum 1), ahol pedig nincs kapcsolat oda 0 kerül. A vizsgált gráf több mint 700 csomóponttal, és megközelítőleg 1400 éllel rendelkezik. Azonban, mivel ez egy ritka gráf, amelyben az élek száma sokkal kisebb, mint a csúcsok számának négyzete ($[k] \ll [N]^2$), azaz a sűrűsége $\ll 0,5$ (számításokat követően ez az érték 0,02), így logikusabb a szomszédsági lista használata, így a mátrix minden egyes csomópontja mellett feltüntetésre kerül a hozzájuk befutó élek száma. Az adatok feldolgozásához Microsoft excel-t használtam.

Következő lépésben vizsgáltam a felírt hálózat skálafüggetlenségét. Barabási Albert-László hálózatkutató munkássága alapján, a skálafüggetlen hálózatoknak a következő alapfeltételeknek kell megfelelnie:

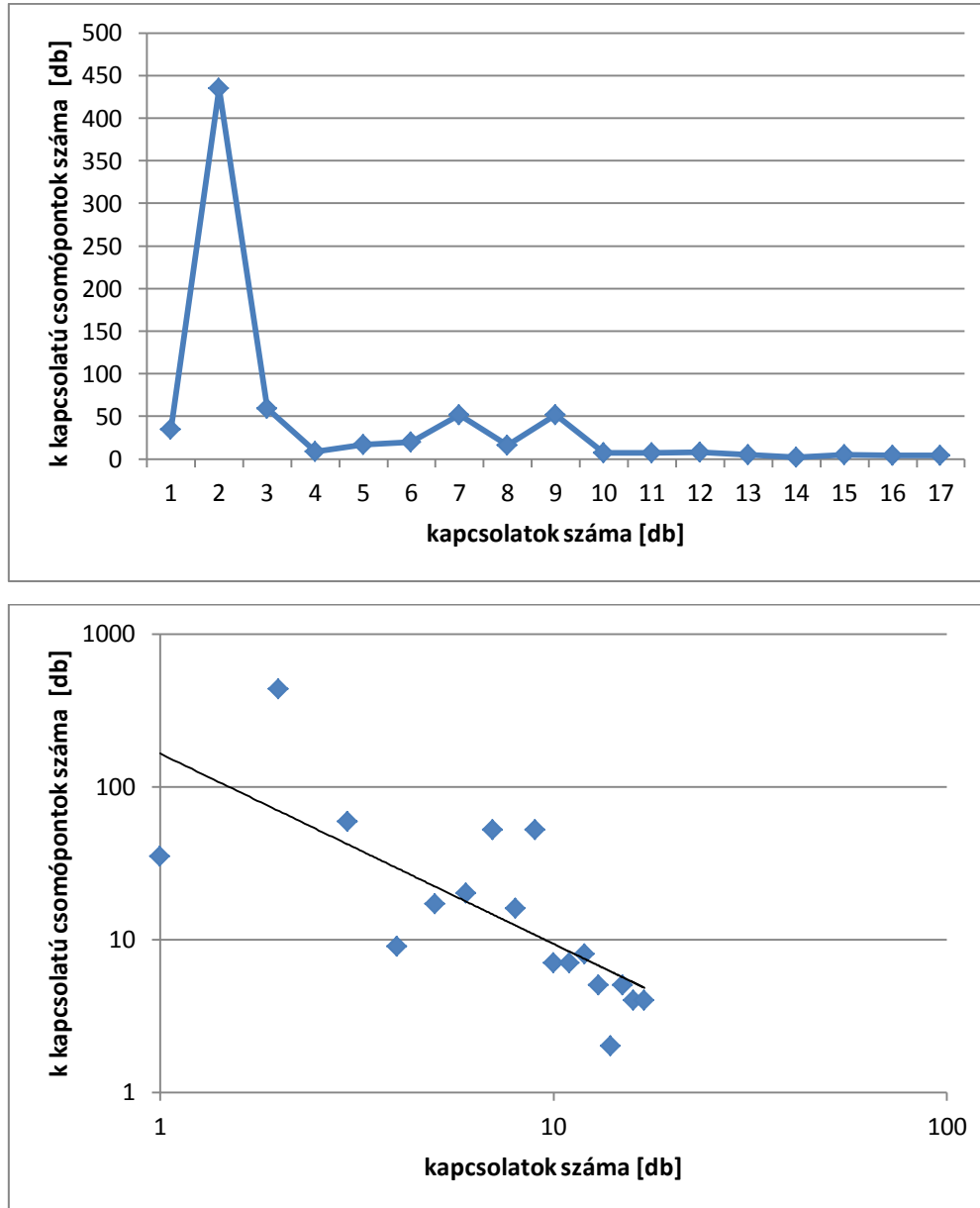
1. Növekedés: A hálózatok állandó változására utaló tétel. Az Erdős-Rényi modellel [43; p. 20.] ellentétben, amely statikus, a valóságos hálózatok állandóan változnak. Ennek az állandó változásnak egy pillanata az 1.6. ábra is. Beosztások jönnek létre, szűnnek meg, esetleg átalakulnak. Az új beosztások mindig egy parancsnokhoz köthetők. Tehát a növekedésként definiált tétel megállja a helyét.
2. Népszerűségi kapcsolódás. Az átalakulás során a csomópontok a függelmi rendszerben egy erősebb csomóponthoz kapcsolódnak (parancsnok).

A skálafüggetlen hálózatok kialakulásához szükséges alapfeltételek teljesültek, azonban a kialakult önhasonló hálózat képét vizsgálva nem látunk sok kapcsolattal rendelkező középpontokat. A skálafüggetlenség kizárásához további méréseket szükséges végrehajtani a hálózaton.

A skálafüggetlen természetű hálózatokban kivétel nélkül megtalálható a Pareto-szabály, más néven a „gazdagabb egyre gazdagabb lesz” [43; pp. 74-90.]. A szabály lényege, hogy az élek 80%-át a gráf csomópontjainak 20%-a birtokolja. Az elvégzett számítások alapján a hálózat 29,5%-át alkotják a sok kapcsolattal rendelkező vezetők, ezek a pontok azonban csak az élek 62,9%-át birtokolják. Tehát kimondható, hogy a vizsgált gráf a 80-20-as Pareto-szabálynak nem, azonban a 70-30-as Pareto-szabálynak már eleget tesz. Itt érdemes megjegyezni, hogy a skálafüggetlen hálózatoknál definiált alapkövetelmények a 80-20-as szabályt alkalmazzák. A jelentkezett eltérésre az alábbiak adhatnak választ.

Következő lépésben két grafikonon vizsgáltam a fokszámok eloszlását. A skálafüggetlen hálózatokra jellemző, hogy hatványfüggvény szerinti eloszlást mutatnak

(lásd 1.4. ábra) [43]. Amennyiben a koordináta rendszer hatványokat megjelenítő koordináta tengelyét dekádos osztással veszem fel, és itt jelenítem meg a függvényt, akkor egy egyenes menti (iránytangens) szórást kell mutatnia, melyet az 1.7. ábrán egy fekete segédegyenes jelez.



1.7. ábra. Zászlóalj függelmi kapcsolati rendszerének fokszám eloszlása (szerző)

Az 1.7.ábrát tanulmányozva a két függvény hatványfüggvény jellegű eloszlást mutatnak, így azok nem feltétlenül elégítik ki a támasztott követelményeket.

Összegezve a fent felsorolt pontokat megállapítható, hogy a lövész zászlóalj kapcsolati rendszere önhasonló hálózat, azonban a skálafüggetlenség bizonyításával gond van. Hasonló problémával küzdöttek a világ vezető hálózatkutatói is 1999 és 2001 között. A megoldás a moduláris hálózat elvében van [43, p. 205.]. Térjünk vissza az 1.5. és a 1.6.

ábrához, ahol a lövész zászlóalj függelmi kapcsolati rendszerét és annak kialakulási dinamikáját ábrázoltam. Ha ezt a hálózatot úgy tekintem, mint modulokból felépülő hálózatot, akkor könnyen belátható, hogy az egyes modulok skálafüggetlenek. Lehetséges, hogy az egész hálózatra közvetlenül nem alkalmazható a 80-20-as törvény, azonban az egyes modulok eleget tesznek a feltételeknek, azaz kimondható, hogy a lövész zászlóalj egy moduláris skálafüggetlen hálózat, továbbá a Csermely-féle megfogalmazás szerint egy skálafüggetlen önhasonló hálózat (fraktál-szerű képződmény). Mint korábban utaltam rá a természeti hálózatok ilyen skálafüggetlen önhasonló fraktálok, melynek jelentősége abban rejlik, hogy azok a szervezetek amelyek ezen természeti tulajdonságot másolják sokkal ellenállóbbak, vallják a modern kutatások ezrei. Ez kedvező eredményeket hozhat az entrópia alapú hadviselési térben.

A moduláris skálafüggetlenség bizonyítását követően vizsgáltam, hogy a hálózat rendelkezik-e a kis világ tulajdonságokkal [43; pp. 48-63.]. A katonai híradásszervezésben nagyon fontos mérőfaktor, hogy hány kézen megy át az információ, mert minden egyes lépés az információ torzulását eredményezi. Hálózatelméleti megközelítésben, minél kevesebb kézfogásra vannak egymástól a csomópontok, annál kevésbé torzul az információ. Természeti modelleket tanulmányozva 2-14 lépés közé teszik a kis világok mérőszámát. Barabási és kutatócsoportja kimutatta, hogy a nagy hálózatokban az átlagos összekapcsoltság logaritmikus emelkedést mutat. Kritérium, hogy a pontonkénti összekapcsoltság 1 körüli legyen. Elfogadva a kis világról alkotott tézist, és figyelembe véve a vizsgált hálózat moduláris skálafüggetlen tulajdonságait, az alábbi összefüggésekkel leírható, és számolható a lövész zászlóalj függelmi kapcsolatrendszerének kis világ tulajdonsága:

$$k^d = N \quad (1.1)$$

$$d = \frac{\lg N}{\lg k} = 5,23 \quad (1.2)$$

Ahol N a csomópontok száma, k egy pont átlagos kapcsolatainak száma, d pedig a szükséges lépések száma (1.1). A számításokat elvégezve 5,23-at kaptam eredményül (1.2), azaz átlagosan 6 lépéssel elérhető egy tetszőleges csomóponttól egy másik csomópont. Ezzel bizonyítottam, hogy kis világ tulajdonságokkal rendelkezik a hálózat, amely pozitív tulajdonság az információtorzulás kiküszöbölésének szempontjából, de ez még nem elegendő. Természetesen függelmi szempontból kevésbé érdekes, hogy két lövész katona a szervezetben milyen távol van egymástól, sokkal érdekesebb, hogy a parancsnokok hány lépésre állnak a beosztottaiktól, és ezt lehet-e csökkenteni? Egy

hatékonyan működő hírendszerben szükséges-e több csomópont (ember) közbeiktatása, vagy lehet közvetlenül az egyénnek feladatot szabni? Az 1.6. ábrát elemezve belátható, hogy a zászlóaljparancsnok maximum 4 lépés távolságra van a lövész katonától, amely nem feltétlenül probléma, hisz nem az ő hatásköre egyes harcos szintre lebontani a harcparancsot, de pozitív tulajdonság az információtorzulás kiküszöböléséhez vezető úton.

Vizsgálva a lövész zászlóalj híradó és informatikai rendszerét, szűkebben a rádióhíradást, látszik, hogy a felépített rendszer leköveti a függelmi kapcsolat rendszert. Előnye, hogy a parancsnok meg tudja valósítani a parancskiadást, akkor is ha fizikailag távol van beosztottjaitól, azonban az információáramlás, a szervezés nehézkes lehet ezeken a csatornákon, többnyire a koordinációra korlátozódik. Hálózatkutatók bizonyították, hogy a csillagpontos munkaszervezés lényegesen lassabb a teljes gráf jellegűnél (mindenki mindenkivel kommunikálhat), adott esetben dupla időbe is kerülhet egy-egy feladat elvégzése. [54] Ez pedig lényegesen lassítja a vezetési főlény kialakításának menetét [55]. Lehetséges-e olyan rendszer, amely gyorsítani tudja a vezetési főlény kialakítását? Ehhez vizsgálnom szükséges a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszereit.

1.3.4 Skálafüggetlen felépülés következményei

Az entrópia alapú hadviselési térben rendkívül fontos adat, hogy a vizsgált hálózat – esetünkben a zászlóalj függelmi kapcsolatrendszere, amely a parancsadási kötelékeket mutatja – milyen hibatűrő képességgel rendelkezik. Fontos kérdés, hogy hány csomópontot kell eltávolítani a hálózatból, ahhoz hogy az darabjaira essen.

Egy hálózat csomópontjainak a meghibásodása a hálózatot könnyen széttördelheti elszigetelt, egymással nem kommunikáló részekre. Nyilvánvaló, hogy minél több csomópontot távolítunk el a hálózatból, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a hálózat darabjaira essen szét. Régóta ismert tény, hogy néhány véletlenszerűen kiválasztott csomópont eltávolítása alig befolyásolja az összekapcsoltságot. Azonban, ha az eltávolítást folytatjuk, egy bizonyos szám után a gráf apró, egymással nem kommunikáló részekre esik szét, melyet kritikus küszöbértéknek nevezünk. A skálafüggetlen hálózatok meghibásodásai során a kritikus küszöbérték alatt a rendszer alig szenved kárt, ezen érték felett azonban a hálózat egyszerűen szétesik. [56]

Tetszőleges skálafüggetlen hálózatokon végrehajtott kísérletek azt mutatták, hogy a hálózatból véletlenszerűen eltávolítható a csomópontok jelentős része anélkül, hogy a hálózat széttöredezne. Azonban, ha tudatosan támadjuk a hálózatot, és a nagy fokszámmal rendelkező csomópontokat, illetve a modulokat összekötő csomópontokat távolítjuk el a

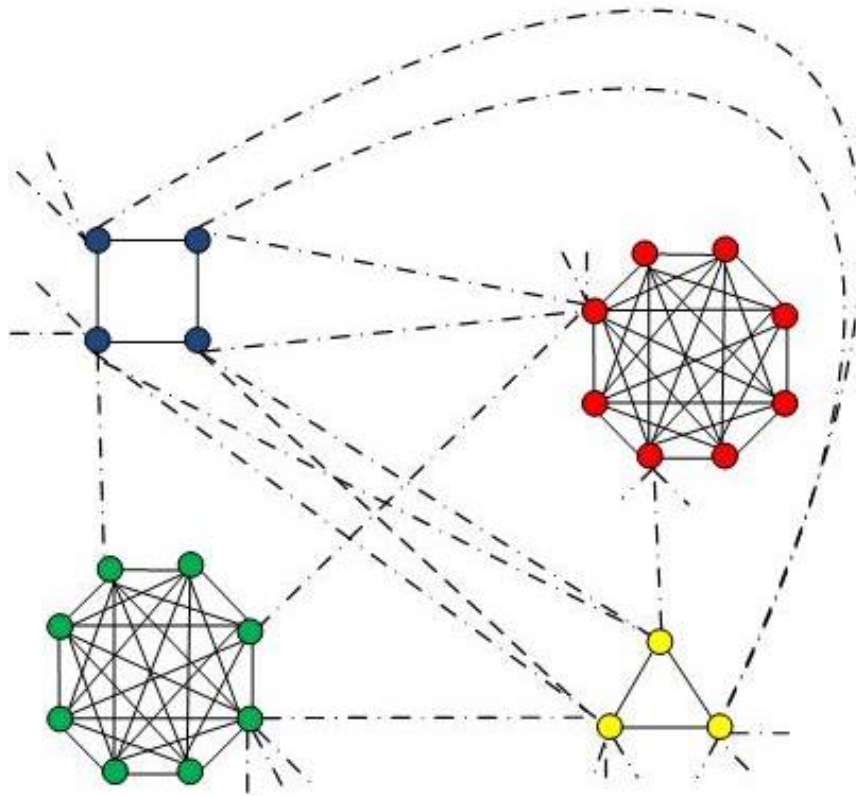
rendszerből a hálózat könnyen fűrtökre (cluster) hullik szét. [43, p. 125] Ez egy régóta ismert tény volt katonai tekintetben, a parancsnokok likvidálásával megnövekszik az alegység entrópiája. A skálafüggetlen hálózatok bevezetésével, azonban megjelent ennek egy matematikai modellezési lehetősége. Ugyanakkor kimutatták azt is, hogy ezen csomópontok javítása (pótlása) során egy bizonyos mértékig fenntartható a hálózat robusztussága, azonban egy másik küszöbérték elérésekor lavinaszerűen omlik össze a hálózat. Gyakorlatban a likvidált parancsnokok helyére a szervezetszerű parancsnokhelyettesek lépnek be. Amikor elfogynak ezek a lehetőségek, és az „utódlás” rendszerében zavar áll be, a hálózat entrópiája drasztikusan megnő, és nem fűrtökre, hanem apró darabokra hullik szét (rajok, kezelőszemélyzetek gyakran vezetés nélkül).

1.3.5 Lövész zászlóalj információs kapcsolatrendszerének elemzése

Első lépésben megpróbáltam létrehozni az információs kapcsolatrendszert leíró gráfot. A felépítéshez alapul vettem a Szervezeti és Működési Szabályzatot, saját híradás szervezési tapasztalataimat, és kérdéses esetekben interjúkat készítettem. A kapott eredményekből felépítettem a szomszédossági listát, melyet összegeztem és így kaptam a csomópontokhoz kapcsolódó élek számát. A csomópontok értéke (N) továbbra is megközelítőleg 700, azonban az élek száma jelentősen megnövekedett: 15030-ra. Egy ilyen robusztus gráf felrajzolása, rengeteg időt venne igénybe, és komplexitása révén kevés vizuális információt hordozna a kutató számára. Így a szemléltetés kedvéért csak rész csoportokat ábrázoltam (1.8. ábra). Már a kvantitatív adatok összesítésénél szembetűnt, hogy a gráf rendelkezik nagy fokszámú csomópontokkal, melyek várhatóan középpontok a hálózaton belül.

Az első és legszembetűnőbb tulajdonsága a gráfnak a Granovetter-csoportok megjelenése [43; p. 48.] [57]. Az egyes kis csoportokon (rajok, részlegek) belül mindennapi munkakapcsolatok alakulnak ki (erős kapcsolatok), ezzel kisméretű teljes részgráfot alakítanak ki a szervezeti egységben, melyet az 1.8. ábrán folytonos vonallal jelöltem. Ezen részgráfok csomópontjai gyenge kapcsolatokkal kötődnek (1.8. ábrán pontozott vonallal jelölt kapcsolatok) a zászlóalj más szervezeti egységeiben lévő csomópontokhoz, így áramoltatva a munkához szükséges információkat. További érdekesség, hogy egyes csoportok csomópontjai gyenge kapcsolatainak a száma átlagosan kettő (pl. lövész rajok), addig más csoportok (részlegek) csomópontjainak gyenge kapcsolatai átlagosan 30 körüliek. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a lövész katonák nem barátkoznak másokkal, hanem a munkájukhoz szükséges információt belülről veszik,

a közvetlen felettesüktől, továbbá információkat kifelé a megfelelő csatornán a vezetőjükön keresztül áramoltatják ki. Addig más csoportok, mint például a logisztikai részleg, a nagyszámú gyenge kapcsolatain keresztül szerzi be a munkájához szükséges információt, amit a csoporton belül feldolgoznak. Ezt a rendszert a 1.8. ábra szemlélteti:



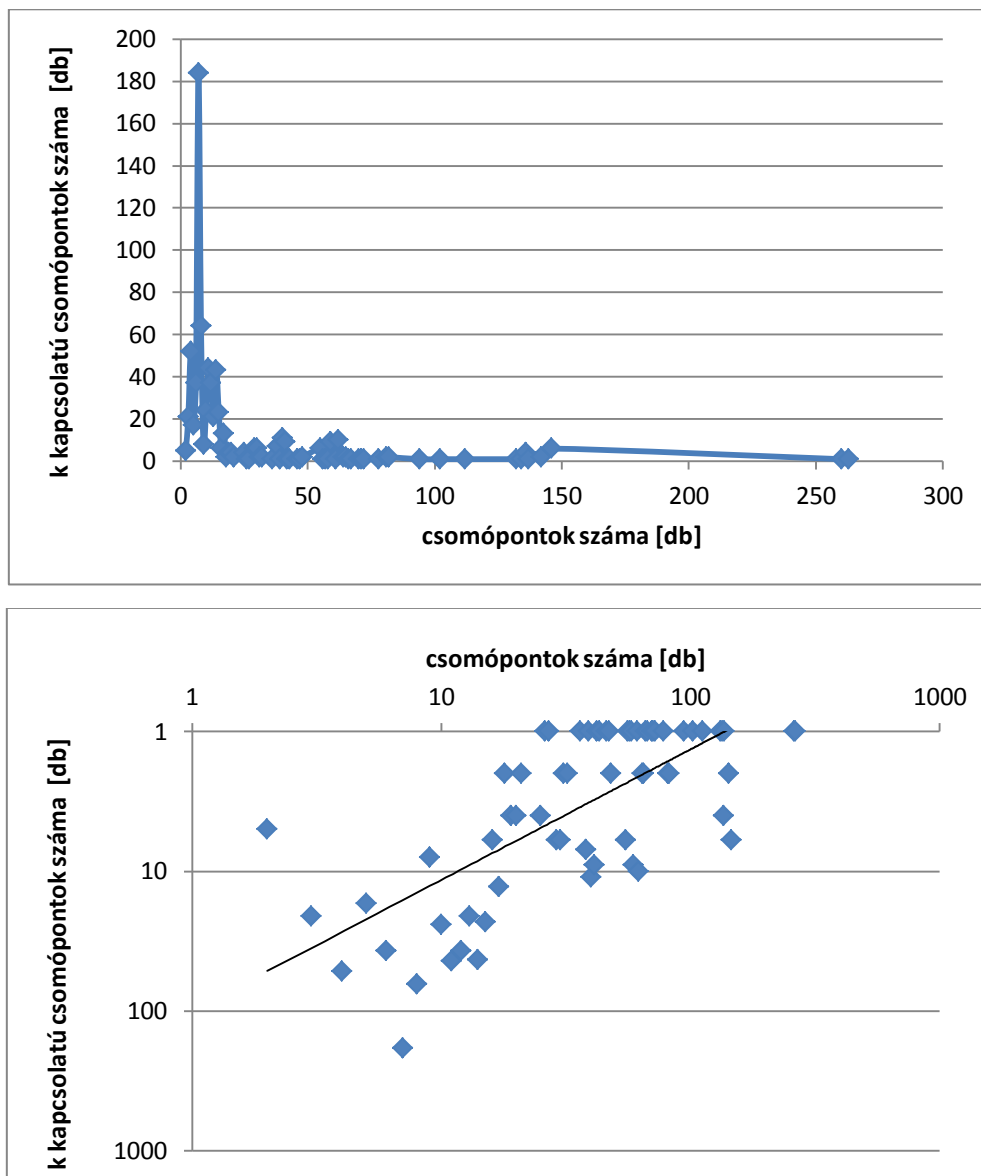
1.8. ábra. Granovetter csoportok gyenge és erős kapcsolatai a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében - részlet (szerkesztette a szerző)

A következő lépésben vizsgálom a hálózat skálafüggetlen tulajdonságait a Barabási-féle kritériumok alapján [44].

1. Növekedés. Belátható, hogy egy feladat tervezése-végrehajtása beindítja az információs csatornákat, újak alakulnak ki, majd a feladat végeztével ezek lecsökkennek, majd újra megsokszorozódnak. Az általam vizsgált állapot csak egy időpillanat volt a hálózatban. Tehát a hálózat dinamikus, kielégíti a feltételt.
2. Népszerűség: A gráfon belül minden csomópontnak van egy értéke, amiért vonzó lehet hozzá kapcsolódni. Ez az érték függ a szervezeten belül elfoglalt szerepétől, ilyen lehet például a logisztikai részleg elektronikai szolgálatvezetője. Neki szükséges megszereznie a zászlóalj elektromos eszközeinek hadrafoghatóságáról szóló információkat, és azok javíttatásáról gondoskodni, ez egy gazdag kapcsolati hálót eredményez számára. Tehát a gráf egyes csomópontjai népszerűbbek más csomópontoknál.

Következő lépésben vizsgáltam a 80/20-as szabály meglétét. Kiszámoltam a zászlóalj létszámának a 20%-át, majd sorba állítottam a csomópontokat fokszámaik alapján. Ezt összevettem a teljes kapcsolatok számával. Az eredmények alapján a gráf csomópontjainak 20%-a uralja az élek 86%-át, mely kielégíti a Pareto-szabályt.

A hálózat fokszámainak alakulását grafikonon vettem össze az előzőekhez hasonló módon.



1.9. ábra. Lövész zászlóalj információs kapcsolatrendszerének fokszám eloszlása (szerkesztette a szerző)

Az 1.9. ábrán a kékekkel jelölt pontok a kapott értékek eloszlása, a fekete vonal pedig a várható értéket jelöli. A fenti ábra alapján a skálafüggetlenség feltétele egyértelműen nem teljesül a teljes szervezetre vonatkozóan.

Alaposan megvizsgálva a hálózatot néhány nagy fokszámmal rendelkező csomópontot, un. középpontokat találunk, amely jó eséllyel mozditja a hálózatot a skálafüggetlen tulajdonság felé. Ugyanakkor megállapítható, hogy a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszere moduláris skálafüggetlen hálózatot alkot.

Az ön hasonlóságot tekintve a hálózat lényegesen gyengébb a függelmi kapcsolatrendszerhez képest. Az egyes lövészszázadok ön hasonlók, azonban a harci támogató, és kiszolgáló alegységek eltérése növekszik a korábbi hálózatokhoz képest, ez a nagy fokszámú csomópontokban mutatkozik meg. A szervezeti egységek különböző csomópontú teljes gráfokat alkotnak. Ezek a részek különböző fokszámmal kapcsolódnak egymáshoz, bár egyes szervezeti elemek (pl. lövész századok) hasonló tulajdonságokat mutatnak. Az eredmények alapján nem egyértelműen megállapítható az ön hasonlóság. Azonban, ha a gráfot modulokra bontjuk (századok, szakaszok, rajok) ismét megbizonyosodhatunk a hálózat moduláris skálafüggetlen tulajdonságáról.

Vizsgáltam továbbá a hálózat kisvilág tulajdonságát, esetünkben $k=20$, így a korábbi képlet (1.1) alapján:

$$d = \frac{\lg N}{\lg k} = 2,2 \quad (1.3)$$

Ez a csomópontok közötti átlagos távolságra kapott érték (1.3) jóval kisebb az előző hálózatban kapottól, tehát átlagosan 3 lépés alatt (fele a függelmi kapcsolati rendszerhez képest) eljut az információ a szervezet egy tetszőleges csomópontjától egy másikba. Ennek óriási szerepe van a működést tekintve. Például az alegység feltöltöttségéről szóló információk kevesebb torzulással jutnak el a logisztikai részleg szakbesztású személyeihez, akik meg tudják tenni a megfelelő intézkedéseket, és segítik a parancsnok döntésének előkészítését.

1.3.6 Út a modularitás nélküli skálafüggetlenség felé

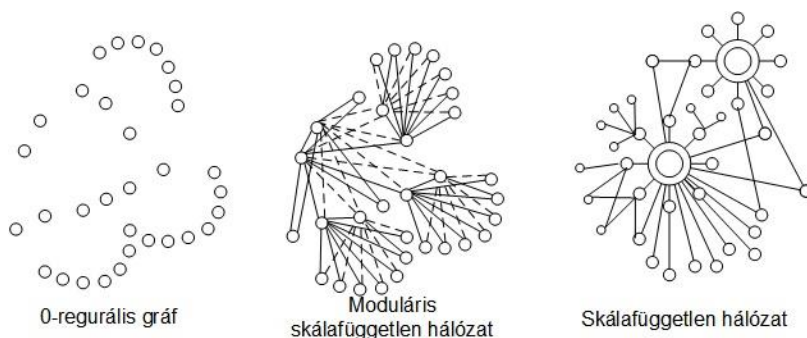
Tudományosan elfogadott tény, hogy a valós társadalmi hálózatok skálafüggetlen tulajdonságokat mutatnak [49] [43] [58].

Ezt a tényt, mint diszciplínát felhasználva, nem vizsgálom a lövész zászlóalj „valós” kapcsolati hálóját, mely alatt az emberek munka-, baráti-, és ismeretségi hálóját értem. Tapasztalatok alapján belátható, hogy a valóságos hálózatban több kapcsolattal rendelkeznek a szervezeti egységen belül a katonák, mint az információs kapcsolati rendszerben.

Saját eddigi kutatási eredményeimet figyelembe véve, ahol moduláris skálafüggetlen hálózatokat találtam, és a valós hálózatok skálafüggetlen tulajdonságát összegezve, a következő kutatási eredményre jutottam, melynek jobb megértése érdekében egy biológiai példát mutatok be.

Biológusok, amikor a sejtek felépítése során skálafüggetlen hálózati topológiára bukkantak a következőképpen magyarázták azt: A sejtet alapvetően nem skálafüggetlennek tervezte a természet, de az evolúció során apróbb évmilliók reprodukciós hibák során skálafüggetlenné alakult [43; pp. 147-161.]. Ezt a tulajdonságot felhasználva a következőképpen magyarázom a lövész zászlóalj hálózati növekedési dinamikáját.

Első lépésben értelmezzük a zászlóaljat egy N csomópontú „0”-reguláris gráfként [59; p. 15.], mely azt jelenti, hogy a csúcsokból kimenő élek száma nulla, tehát a csomópontok nem kapcsolódnak egymáshoz, a zászlóalj tagjai egyes harcosként viselkednek. Ez egy üres gráf, melyet az 1.10. ábra mutat, ekkor a hálózat entrópiája igen magas.



1.10. ábra. Lövészzászlóalj entrópia csökkenési dinamikája (szerző)

Következő lépésben kössük össze a csomópontokat az 1.6. ábrának megfelelően, ekkor a lövész zászlóalj függelmi kapcsolatrendszerét kapjuk. Ezt a növekedést szintén az 1.5. ábra sematikus rajza mutatja. Ezzel a lépéssel gráfelméleti nyelven egy decentralizált hálózatot kapunk. A hálózat entrópiája lecsökkent. Kialakult egy moduláris skálafüggetlen hálózat.

Azonban ez a kapcsolati struktúra valószínűleg nem elegendő ahhoz az információáramláshoz, amit a hálózat tagjai igényként támasztanak. A hiba kijavítására megindulnak a (modularitás nélküli) skálafüggetlenség felé vezető ösvényen (harmadik lépés) és kialakítják a zászlóalj információs kapcsolati rendszerét, hasonlóan a korábban említett biológiai „hibához”. Azonban figyelembe véve a kapott eredményeket, ez a kapcsolati rendszer moduláris skálafüggetlen, amelyen csak a valódi hálózat (zászlóaljon belüli összes emberi kapcsolat) képes továbblépni. A rajon, szakaszon, századon belül

kialakulhat teljes gráf, zászlóaljra történő kiterjesztése szinte lehetetlen azaz, hogy mindenki mindenkit ismerjen.

Felmerül a kérdés, hogy miért alakulnak ki ilyen „hibák” és válnak skálafüggetlenné a hálózatok. A válasz egyszerű. A hálózat igyekszik lecsökkenteni az információ torzulását, így megpróbálja minimalizálni az információ útját. A parancsnokok szeretik első kézből hallani az információkat, és a felesleges túlterhelés csökkentése érdekében a számukra redundáns elemeket terelőútra irányítják, ezáltal kialakítva a hálózati struktúrában a horizontális utakat.

A fent leírt eredmények vajon milyen új feladatokat jelentenek a kommunikáció szervezésével foglalkozó szakemberek számára? A híradó tiszteknek fel kell készülniük olyan hálózatok tervezésére, amelyek egyaránt képesek kiszolgálni az egyszerű decentralizált és a skálafüggetlen hálózati modelleket is. Ilyen kommunikációs modellekre az alábbiakban keresek megoldást.

1.3.7 A lövész zászlóalj függelmi-, és információs kapcsolati rendszereit hatékonyan kiszolgálni képes távközlési hálózatok

Az előzőekben vizsgáltam a lövész zászlóalj különböző kapcsolati rendszereit. Ezen emberi kapcsolati rendszerek kommunikációs támogatását távközlési hálózatok biztosítják. A hadseregben a híradó - informatikai szakcsapatoknak és eszközöknek a rendeltetése ezen feladatok kiszolgálása.

Első lépésben röviden kiemelem a skálafüggetlenség, a Granovetter-csoportok és a fraktál szerűség néhány infokommunikációs következményét. Egy inter-humán skálafüggetlen hálózat (a moduláris is) igényli a skálázható szolgáltatásokat biztosító kommunikációs hálózati szolgáltatásokat, mint például az egyes küldés (unicast), a többes küldés (multicast) vagy szórásos üzenetek (broadcast) lehetőségét. A hálózat fizikai felépülését tekintve célszerű a kritikus csomópontokat többszörözni, például az eszköz duplikációval, párhuzamosan futtatott szolgáltatásokkal, vagy RAID⁴⁵ tömbök kialakításával. Megfelelő IT hálózati háttérrel a Granovetter-csoportok gyenge kötéseit betölthetik hálózat stabilizálási szerepkörüket a robosztus hálózatban. Ugyanakkor ezen csoportok ismerete és a fraktálszerűség segítséget nyújt a számítógépes hálózati rendszerekben az aktív címtár szolgáltatások (pl.: AD⁴⁶ a Microsoft Windows

⁴⁵ Redundant Array of Independent Disks – Független Lemezek Rendundáns Tömbbe Szervezése

⁴⁶ Active Directory (Services) – Aktív Címtár (Szolgáltatás)

rendszereknél) megszervezésénél. A fizikai réteg szintjén az esetleges áteresztőképességi (throughput) anomáliákat lehet segítségükkel előrejelezni.

Második lépésben a vizsgált lövész alegység tekintetében a következő megállapításokra jutottam. A törzs és alegység parancsnoki szintjén tartósan stacioner körülmények között lehetőség van informatikai hálózathoz való kapcsolódásra. A honvédségi STN⁴⁷ tartomány lehetőséget biztosít levelezőszerver és címtár, fájlserverek, adatbázisok működtetésére, ezáltal elektronikus levelezés és fájlmegosztás biztosítására a végfelhasználók között. Ez a hálózat a felhasználói igények szerint dinamikusan változtatható. Az információkat akár nagy mennyiségben lehet broadcastolni, könnyedén lehet létrehozni egymással kommunikáló csoportokat, egy tetszőleges felhasználó egyszerűen válhat nagy foksámú középponttá. A rendszer a normál foksámeloszlású és a skálafüggetlen hálózatokat egyaránt támogatja.

Komoly szerepe van a vizsgált katonai alegységnek az MH KCEHH⁴⁸ telefonhálózatnak. Ez a rendszer biztosítja, hogy a hálózat bármely két pontja között pont-pont kapcsolat épülhessen ki. Hátránya pont az, hogy az információk szórása meglehetősen időigényes (A végpontokat egyesével kellene tárcsázni, az információt átadni, majd bontani a vonalat. Ezen időigényesség miatt nem használják ilyen célra – esetünkben a konferencia hívás lehetőségét annak komplexitása, korlátozottsága, és a résztvevők viszonylag alacsony száma – maximum 8 – miatt nem veszem figyelembe). Előnye, hogy a nagy információtartalommal rendelkező szakmai beszélgetések pont-pont között a hálózat más tagjainak zavarása nélkül le tudnak zajlani.

Tábori körülmények között gyakran találkozhatunk a rádióhíradással. Ezt a típusú kommunikációs módot a mobilitást követelő műveleteknél alkalmazzák. Előnye, hogy az információkat a rádióháló minden tagja hallja, azonban időosztásos (félduplex) természete miatt, csak kevés információ juttatható át rajta, főleg koordinációs célokat szolgál.

Érdemes kitérni a mobiltelefon híradásra is. Bár a vizsgált alegységnek a mobilkommunikációs eszközök 99%-a magántulajdonban van, „sajnos” rengeteg információ ezen keresztül áramlik. Vajon mi lehet a mobilkommunikáció sikerének a titka? Hátránya, hogy ezzel is csak pont-pont kapcsolat hozható létre, azonban mivel a vizsgált alegységnek, minden katona rendelkezik mobiltelefonnal, így a kapcsolódási lehetőségek szempontjából egy teljes gráfot kapunk. Véleményem szerint a magas lefedettség és

⁴⁷ Stacioner Network – Stacioner Hálózat

⁴⁸ Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózat

rendelkezésre állási mutatók mellett ez az egyik igazi sikere a vizsgált hálózatban a mobiltelefonoknak.

Hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek részben a csapatok számára is biztosított EDR készülékek [4; pp. 25-30.]. Ezek a TETRA szabványú eszközök képesek ötvözni a rádiók és mobiltelefonok kedvező tulajdonságait. Egy perspektivikus lövész zászlóaljban, ahol akár minden katona részére képesek lennének biztosítani egy EDR terminált teljes gráfokat alakíthatnánk ki. Az uralkodó irányelvek alapján az eszköz harci alkalmazása korlátozott, azonban a negyedik generációs konfliktusok során szerepük felértékelődhet.

Vizsgálva a civil életben az okostelefonok terjedését megállapítható, hogy a beszédkommunikáció visszaszorult az e-mail-ek és egyéb üzenetküldési szolgáltatások mögé [60]. Ezt a tendenciát figyelembe véve érdemes lenne olyan távközlési megoldást biztosítani, amelyik mobil, a felhasználók (csomópontok) kapcsolódási lehetőségeit tekintve képes teljes gráfot biztosítani, lehet vele egyidejű csoportos- (multicast), szórásos- (broadcast) és pont-pont (unicast) üzeneteket küldeni.

Missziós tapasztalataim által is megerősített álláspontom alapján erre a célra részben ideális választ kínálhatnak az erőkövetési rendszerek. Az utóbbi években komoly fejlődésen mentek keresztül, területi lefedettségük és rendelkezésre állási mutatóik javuló tendenciát mutatnak.

Ezen rendszerek segítségével a felhasználók képesek szöveges üzeneteket küldeni egymásnak hasonlóan az e-mailekhez. Rendszertехnikai paramétereiket tekintve megfelelnek a modern harcmező kihívásainak [S3]. Belátható, hogy egy erőkövetési rendszeren kiválóan lekövethető egy skálafüggetlen hálózat csomópontjainak változása. A közel valós idejű monitorozásnak köszönhetően, egy interaktív térképi felületen jelennek meg a hálózat csomópontjai. A rendszeren keresztül a különböző csomópontok kiesését mindenki látja, ezáltal sokkal gyorsabbá és egyszerűbbé válik a parancsnoki, vagy döntési poszt átvétele.

Ideális esetben, egy perspektivikus hírrendszert tekintve a következőképpen alakulna a lövész zászlóalj infokommunikációs rendszerének logikai topológiája.

Követve a PACE⁴⁹- tervet, amely megtalálható a NATO híradásszervezési elvei között [61], legalább négy különböző rendszerben (elsődleges, másodlagos, kiépített, vészhelyzeti) lennének képesek a zászlóalj elemei kommunikálni egymással. Ez a lehetőség grafikusán ábrázolva rendkívül bonyolult lenne, hisz minden pont-pont között

⁴⁹ Primary, Alternate, Contingency, Emergency – Elsődleges, Másodlagos, Tartalék, Vészélyhelyzeti

négy kapcsolatot kellene kialakítani, ezért a szemléltethetőség kedvéért a kapcsolódási mátrix részletén mutatom be.

$$G(N; k) = G(\sim 700; 2172676) = \begin{pmatrix} 0 & 4 & 4 & \dots & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 0 & 4 & \dots & 4 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 0 & \dots & 4 & 4 & 4 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 4 & 4 & 4 & \dots & 0 & 4 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & \dots & 4 & 0 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & \dots & 4 & 4 & 0 \end{pmatrix} \quad (1.4)$$

A vizsgált gráfban a csomópontok értéke továbbra is N (~700), míg a kapcsolatok száma k=2.172.676, ami komoly robusztusságot jelent a lövész zászlóaljnak (1.4). Egy ilyen rendszerben a következőképpen nézhetne ki a PACE kommunikációs terv (1.2. táblázat).

Primary	Elsődleges	IP alapon, dinamikus csoportokkal szervezett korszerű harcászati rádiórendszer
Alternate	Másodlagos	Erőkövetési rendszerek
Contingency	Tartalék	EDR rendszer (TETRA)
Emergency	Vészhelyzeti	Cellás mobiltelefon hálózat

1.2. táblázat. PACE kommunikációs terv perspektivikus híradó rendszerre (szerző)

Összegzésként megállapítható, hogy a fejlődés, fejlesztés irányát érdemes az EDR rendszer és a modern erőkövetési megoldások irányába terelni.

Számos híradó kollégának szemében merésznek tűnhet ez a kijelentés, ugyanis egy zászlóaljban több száz EDR terminál rendszerbe állítása, illetve erőkövetési rendszerek üzembe helyezése még távolinak tűnhet. Azonban gondoljunk csak arra, hogy 15-20 évvel ezelőtt még csak néhány embernek volt mobiltelefonja, és mára már a vizsgált alegységénél mindenki rendelkezik vele. Az ehhez hasonló technológiai fejlődéssel foglalkozik a Google egykori fejlesztési igazgatója, Ray Kurzweil is „*A szingularitás küszöbén*” című munkájában [62]. Kutatásai alapján megállapította, hogy az emberiség fejlődése hatványfüggvényt követ. Ötödik paradigmája a jól ismert Moore – törvénye, mely szerint: „*az integrált áramkörök összetettsége körülbelül 18 hónaponként megduplázódik*” [63]. Figyelembe véve a hatványfüggvény szerinti fejlődést, várhatóan nemsokára ez az idő csökkenhet. Ilyen fejlődési ütem mellett nem elképzelhetetlen, hogy jelen kutatásomban megfogalmazott technikai ajánlások néhány éven belül reális választási lehetőséggé válhatnak.

Jelen alfejezetben a hálózatelemzésen túlmenően bemutattam olyan, az erőkövetés környezetét befolyásoló elemeket is (pl.: hálózatos hadviselés, entrópia alapú hadviselés), melyeket az 1.4 alfejezetben fogok összefoglalni.

1.4 Erőkövetés környezetének befolyásoló tényezői

Eddigi elemző munkám alapján feltártam az erőkövetés környezetének befolyásoló tényezőit. Csoportosítottam azokat a környezeti tényezőket, amelyek jelentős hatást gyakorolnak a honi IT alapú, automatizált baráti erők követése rendszerek kialakítására, fenntartására. Ezen szempontok:

- Szövetségi rendszerünk
- Gazdasági- és politikai lehetőségek
- Információ technológia
- Szabályozói környezet
- Hadviselés változása
- Vezetés-irányítás

Fontos kiindulási szempont egy honi erőkövetési rendszer megalkotásánál, hogy mely szövetségi rendszer tagja hazánk, milyen paraméterekkel kell integrálni a baráti erők követése rendszerünket. Esetünkben mértékadó a NATO-s és Európai Unió tagságunk.

További meghatározó szempont a gazdasági- és politikai lehetőségek. A finansziális háttér egyértelműen behatárolja a Kutatás+Fejlesztés+Innováció (K+F+I), a rendszerkialakítás, üzembe helyezés és üzemben tartás lehetőségeit. Fontos továbbá az erőkövetési rendszer kialakítása projektet harmonizálni a már meglévő stratégiai fejlesztési irányokkal, ezzel szinergiában a rendszernek illeszkednie kell a meglévő eszközparkhoz és a honi híradó-informatikai infrastruktúrához.

Szignifikáns szerepet töltenek be az erőkövetési rendszerek tervezése, kialakítása, üzemeltetése, továbbfejlesztése során az információ technológiai lehetőségek. Figyelmet kell fordítani a nemzetközi trendekre, elsősorban, hogy milyen erőkövetési rendszereket üzemeltetnek szövetségeseink. Az IT eszközök fejlődése során diszciplínának tekintem a már említett Kurzweil-féle fejlődési paradigmákat [62], amely kiegyensúlyozására kiegészíték azt a káosz törvénnyel [16, p. 59.]. Kurzweil (és paradigmái) szerint civilizációnk hatványfüggvény szerint fejlődik, mely élesen megfigyelhető az információtechnológiai iparban is. Ezt a tendenciát azonban árnyalja a Haig-Várhegyi *Információs műveletek* jegyzetben felvetett káosz-törvény tétel [16, p. 59.]. Az elmélet

kimondja, hogy a rendszerek egy kritikus pontig lineárisan növekednek (a valós adattömegekben egy hatványfüggvény szingularitásáig nehéz megmondani, hogy az exponenciálisan vagy lineárisan emelkedik), a térdgörbét átlépve először exponenciálisan fejlődnek, majd a káosz-törvény szerint alakul [16, p. 59.]. E szerint folytathatják exponenciális ívüket (maga a szingularitás), vagy drasztikus összeomlást követően egy magas entrópiájú szintre lépnek át. Esetünkben a káosz elmélet egy fenyegetettség, figyelmeztetés. Empirikus tapasztalatok bizonyítják, hogy egyelőre a Kurzweil-paradigmák megállják helyüket.

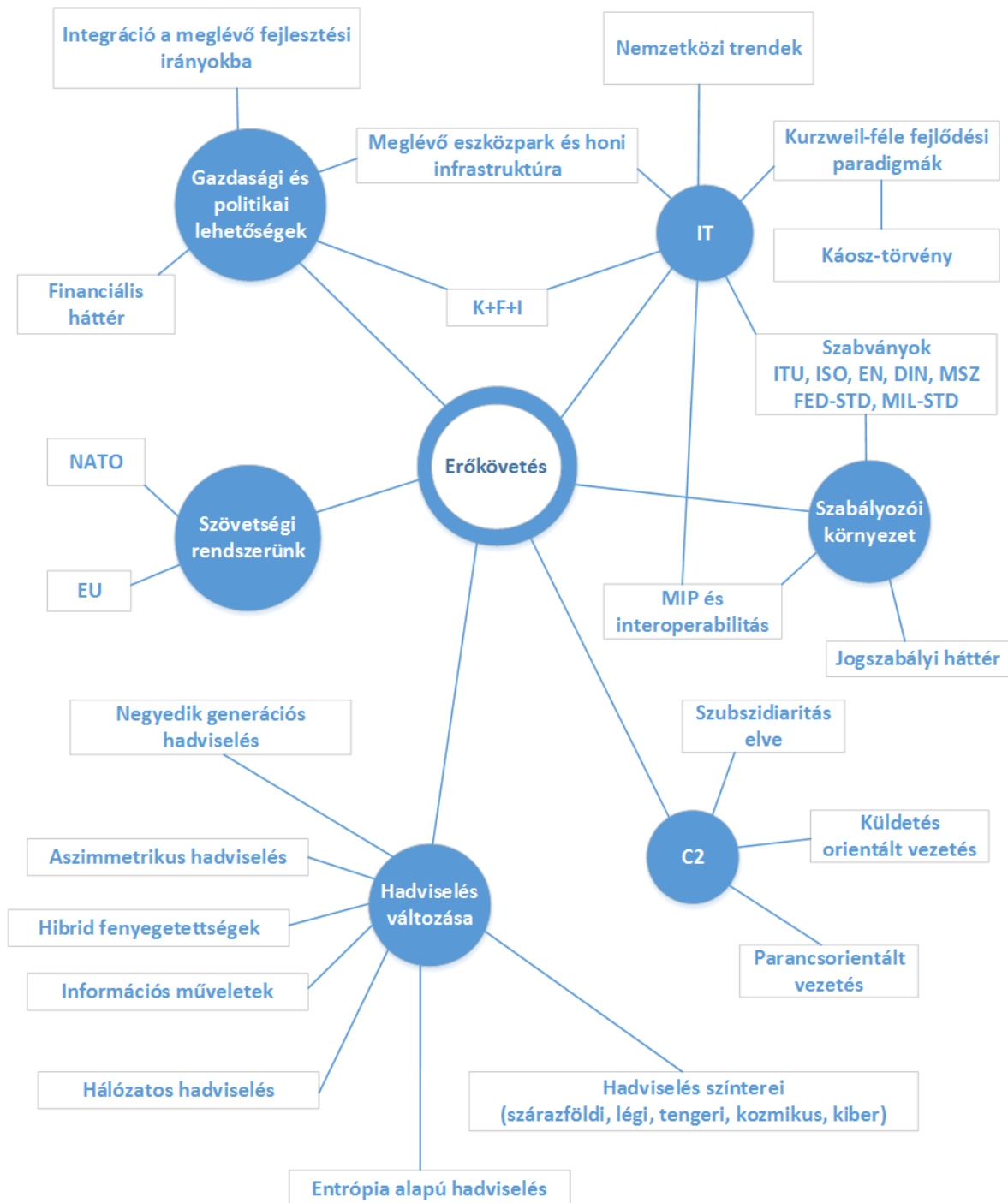
Az információtechnológiai megoldások domináns szerepükből adódóan számos átfedést mutatnak erőkövetés más környezeti elemeivel. A közös halmaz ezen elemei: a K+F+I, a meglévő eszközpark és honi infrastruktúra, a különböző szabványoknak való megfelelés, amelyen belül kiemelem az interoperabilitást és legfőbb szabványát a MIP-et.

A felsorolásban a szabályozói környezet következik. Értekezésemben már részletesen foglalkoztam az erőkövetés jogszerűségével. A jogszabályok elemzése mellett kiemelt szerep jut az interoperabilitás kialakítása érdekében a vonatkozó szabványok alkalmazásának.

A környezeti elemek közül nem elhanyagolható a hadviselés változása. A korábban már kifejtett elemek, mint a negyedik generációs hadviselés, aszimmetrikus műveletek, hibrid fenyegetettségek, információs műveletek, hálózatos hadviselés, entrópia alapú hadviselés, és a hadviselés kibővült színterei, mind-mind alapjaiban határozzák meg a hadszíntéren megjelenő erőkövetési rendszerekkel szemben támasztott követelményeket.

Nem utolsó sorban a baráti erők követési rendszerek egy másik komoly fenyegetettségére szeretném felhívni a figyelmet. Ez a vezetés-irányítási rendszerek által nyújtott szolgáltatások hatékony felhasználásának igénye. A harctérről származó nagyszámú, közel valós idejű információ birtokában az előljárók könnyen elcsúbulhatnak a vezetői mikro menedzsment irányába a távoli vezetési pontokon. Fontos hagyni a szubszidiaritás elvének érvényesülését, melynek értelmében a döntéseket ott kell meghozni ahol, azok hatása legjobban érvényesül, azaz a lehető legalacsonyabb szinten [16, p. 84.]. Ezen ellentétek összecsapásáról ír értekezésében Lippai Péter [64]. Doktori disszertációjában a küldetés-orientált és parancsorientált vezetési szellemet veti össze. Az erőkövetési rendszerek természetükből fakadóan jól támogatják a parancsorientált vezetési módszert, azonban megítélésem szerint, megfelelő oktatással és gyakorlással egy küldetés-orientált vezetési szellemben is alkalmazhatóvá válnának. Csak hagyni kell érvényesülni a baráti erők követése rendszerek alapvető küldetését: a csapatok baráti tűztől való

megóvását, ezzel együtt a tűzkoordináció fejlesztését, a logisztikai utánpótlás optimalizációját, a magasabb szintű manőverező képesség elősegítését. Egy vezetési rendszerben kiváló eszköz lehet a döntési időtényező csökkentése érdekében, hiszen az alárendeltek közel valós időben nyerhetnek tudomást a korábban eltervezett folyamatok pillanatnyi állásáról. Az erőkövetés környezetének összefüggéseit az 1.11. ábra szemlélteti.



1.11. ábra. Az erőkövetés környezetének elemei (szerkesztette a szerző)

Következtetések

A nemzetközi szakirodalom alapján elvégeztem az erőkövetéssel kapcsolatos terminológia analízisét, majd ennek eredményei alapján rendszereztem azokat. A (H1) hipotézisemet bizonyítottam ugyan, ez azonban nem tekinthető új tudományos eredménynek, mivel a vonatkozó szakirodalmak elemző értékelésével a vonatkozó információk könnyen kinyerhetők. Azonban a terminológiai rendszerező munka elengedhetetlen volt az értekezés szilárd fogalmi háttérének megalapozása céljából. Kutatótársaimmal definiáltam az erőkövetés fogalmát, ami ebben a formában újszerű megközelítést jelent, mégsem tekintem önálló tudományos eredménynek.

Magyarország csak részben rendelkezik azzal a jogszabályi háttérrel, amely szükséges egy honvédelmi célú erőkövetési rendszer bevezetéséhez. A kitűzött kutatási céljaimat elértem, bizonyítottam, hogy a katonai személy- és járműkövetés jogszabályi cselekmény, azonban az erőkövetés során keletkező adatok (kiváltképp a személyes és különleges adat) kezelésével kapcsolatosan a jogszabályok pontosítása szükséges. A kutatások során rávilágítottam, az erőkövetési rendszerek műszaki-technikai követelményeinek kidolgozása során célszerű azt úgy kialakítani, hogy a katona különleges adatai ne sérüljenek, azok csak a megfelelő szakszemélyzet számára legyenek elérhetőek (esetünkben egészségügyi szakemberek), megfelelően ezzel a szigorú jogszabályi környezetnek. Javaslatot tettem egy több szakterületet felölelő munkacsoport felállítására, amely a szükséges további vizsgálatokat komplex szempontrendszer (jogi – műszaki – IT) szerint végzi el, és ez alapján megoldási javaslatokat dolgoz ki a jogalkotók számára.

Megállapítottam továbbá, hogy amennyiben nem állna megfelelő mennyiségű eszköz a rendelkezésre, a hiányzó források a hatályos jogszabályok alapján a nemzetgazdaságból is bevonhatók lennének. Érdemes kiemelni, hogy ez komoly előzetes koordinációt igényel, mert nem elegendő a pontos jogszabályi háttér, hanem az abban hivatkozott nyilvántartásokat időben fel kell tölteni a szükséges információkkal, majd ezt követően naprakészen tartásukról gondoskodni kell.

Vizsgáltam egy lövész zászlóalj függelmi kapcsolati rendszerét matematikai módszerekkel. Az elvégzett mérések-számítások összegzéseként megállapítottam, hogy a hálózat moduláris skálafüggetlen tulajdonságokkal rendelkezik. Az irodalomkutatást követően összegeztem a skálafüggetlen hálózatok tulajdonságait rámutatva ezáltal a vizsgált hálózat sebezhetőségi tulajdonságaira. Kutatásaim során a függelmi rendszerben olyan önhasznószerű elemeket találtam, amelyek fraktál-szerű képződmények. Ezen kutatási eredmények megkönnyítik a számítógépes modellezés lehetőségét, és a hálózat

robosztusságának illetve sérülékenységének megértését a hálózat központú és az entrópia alapú hadviselési térben.

Matematikai módszerekkel vizsgáltam egy lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerét, skálafüggetlen hálózatok és fraktál tulajdonságok után kutatva. Megállapítottam, hogy a vizsgált hálózat moduláris skálafüggetlen, továbbá egy általam bemutatott dinamizmus alapján a valódi hálózat skálafüggetlenné válik. A lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében Granovetter csoportokat találtam, amely a korszerű munkaszervezés jeleire utal.

Vizsgálva a lövész zászlóalj által igénybe vehető hírközlő rendszereket, azok sikerességének matematikai alapú okait, olyan megoldásokra tettem javaslatot, amelyek javítják az információcsere lehetőségeit.

Bár nem tűztem ki kutatási célnak, és nem fogalmaztam meg hipotézisként, de analizáló és szintetizáló munkám eredményeként az alap kutatási célkitűzésemből kiindulva értelmeztem az erőkövetés interdiszciplináris környezetét, beazonosítottam az azt befolyásoló tényezőket. Ráműtattam, hogy a hadviselés változása, az információs technológiák exponenciális dinamikájú megújulása, a szabályozói környezet, szövetségi rendszerünk, a gazdasági és politikai lehetőségek, illetve a vezetés-irányítási szemléletek milyen hatással vannak az erőkövetési rendszerekkel szemben támasztott követelményekre.

2. fejezet Az erőkötés eszközrendszere

A harcászati szintű vezetési információs rendszerek fejlesztése a NATO szövetségi oldalon az USA-ban indult meg az FBCB2 rendszerrel a '90-es évek végén. Ezt követte később a kanadai BATTLEWEB és MESHNET, az angol BOWMAN és WAVEL, a francia TACTIS, MESREG, FINDERS és a német HEROS [16; p. 209.]. Ezen rendszerek rakták le a későbbi harcvezetési és erőkötési rendszerek alapjait. Napjaink erőkötési rendszereinek formálódásában domináns szerepet töltött be a NATO szövetségesek balkáni részvétele a '90-es évektől napjainkig, valamint a 2001-2015. közötti afganisztáni háború, illetve a 2003-2011-es iraki háború. Ezen fejlődési út következtében jelenleg az erőkötési rendszerek, illetve harcvezetési rendszerek erőkötési rétegei általánosságban az alábbi modulokkal rendelkeznek, melyek gyakran már integráltan jelennek meg az eszközökben.

A terminálok rendelkeznek egy geolokációs modullal, amely valamely globális műholdas helymeghatározó rendszer (pl.: GPS) segítségével képes meghatározni a terminál pozícióját.

A terminál központi eleme egy számítógép, ami rendelkezik azok főbb elemeivel is pl.: merevlemez, processzor, memória, grafikus megjelenítő egység (monitor, kijelző), beviteli eszköz (billentyűzet, érintőpad). Ezek többnyire a környezeti behatásoktól (por, nedvesség, rázkódás) magasan védett laptopok, táblagépek vagy speciális célszámítógépek (pl.: AN/UYK-128). Feladatuk az erőkötési szoftverek futtatása, a geolokációs adatok és a beérkező harchelyzet ismereti információk rendszerezése, tárolása, feldolgozása, továbbítása, megjelenítése. Esetenként alkalmasak szöveges üzenetek küldésére, fogadására is.

Az adatkapcsolati modul (a vezeték nélküli interfésszel) feladata a vezeték nélküli adatkommunikációs csatornák biztosítása a terminálok részére, az összekapcsolódás lehetőségének megteremtése más terminálokkal, esetleg hálózati központokkal.

Az adatátviteli út alapján, az alábbi módon osztályozhatóak a különböző FTS rendszerek. Ismerünk műholdas csatornán kommunikáló (pl.: IFTS, FBCB2 BFT), vagy földfelszíni trónkölt rádiórendszer alapú megoldásokat (KFTS, TETRA AVL rendszerek), valamint harcászati rádiórendszer alapú erőkötési alkalmazásokat.

Az erőkövetési rendszerek hálózati kialakítása meglehetősen széles palettán mozog, akár kisebb helyi hálózatoktól (LAN⁵⁰) a nagyterjedésű (WAN⁵¹), esetleg világméretű hálózatokig. Részai lehetnek a ráhordó hálózatok, gerinchálózatok. Lehetnek centralizált, vagy decentralizált rendszerek, rendelkezhetnek hálózati központokkal (NOC⁵²), melyek széleskörű informatikai háttérrel biztosítanak a terminálok kiszolgálásához. Kiegészülhetnek levelező szerverrel és címtárral, adattárolókkal, hálózati eszközökkel, hálózat irányító és felügyeleti elemekkel.

Mint már a bevezetésben is írtam, gyakorlati tapasztalataim, és hipotézisem alapján a rendszerek egyik kritikus pontja a terminálok vezeték nélküli összekapcsolásának kérdésköre, így rendszerező elemzésemet ezen vezérfonal köré fűzöm fel. Azonban ezen analízis megalapozásaként célszerű megvizsgálni az erőkövetési rendszerek geoinformációs és geolokális helyzet-meghatározási lehetőségeit.

2.1 Erőkövetési rendszerek térinformatikai háttere

A harcvezetés korszerűsítése elengedhetetlen feltétele a siker kivívásának. A vezetésnek alapvetően nagy mennyiségű, hiteles adatokra és kellően kiértékelt információkra kell támaszkodnia. Napjainkban a helyhez kötött információk jelentős mennyisége miatt azok feldolgozását – a hagyományos, a felhasználó által a térképen kézi felvitelű módszerrel történő követés mellett – számítógépen alapuló információs rendszerekkel célszerű elvégezni. Az automatizált vezetés-irányítási eszközök alkalmazása közel valós idejű információkat biztosít a döntéshozóknak. Ilyen információ lehet a műveletekben résztvevő csapatok geolokációs helyzete, amely megjelenítése digitális térképi felületen is lehetséges. Mindemellett fontos tény, hogy az alárendeltek részére történő feladatszabás és a tőlük érkező jelentések, valamint a csapatok- és törzsek közötti együttműködés mind-mind a térbeli információk ismeretén alapulnak [65; p. 139.].

Az elsősorban térbeli és időbeli állapotváltozások modellezésére alkalmas a térinformatika (GIS⁵³), melyet a következőképpen definiálnak [66; p. 75.]:

„A térinformatika a Föld felszínén és annak közelében elhelyezkedő objektumok és a földrajzi jelenségek, valamint folyamatok hely- és állapot rögzítésére, változásaik és hatásaik időben és térben való nyomon követésére, továbbá a különböző formában és

⁵⁰ Local Area Network – Helyi kiterjedésű Hálózat

⁵¹ Wide Area Network – Nagy Kiterjedésű Hálózat

⁵² Network Operation Centre – Hálózati Központ

⁵³ Geographical Information System – Térinformatikai Rendszer

tartalommal rendelkezésre álló attribútum és kiegészítő adatok befogadására, tárolására, kezelésére, elemzésére, megjelenítésére alkalmas eljárás, eszköz.”

A térinformatika katonai célú alkalmazásaival általánosságban a következő feladatok során találkozhatunk:

- a kialakult és várható harcászati-hadműveleti helyzet értékelése és ábrázolása;
- harcrendek optimális kiválasztása, megtervezése;
- települési körzetek meghatározása;
- állásváltások, átcsoportosítások tervezése;
- menet megtervezése, menetszámvetések elvégzése;
- terepanalízis készítése;
- cselekvési változatok, parancsnoki döntést támogató javaslatok kidolgozása;
- különböző katonai tevékenységek kiképzési céllal történő modellezése, szimulálása [66; p. 78.].

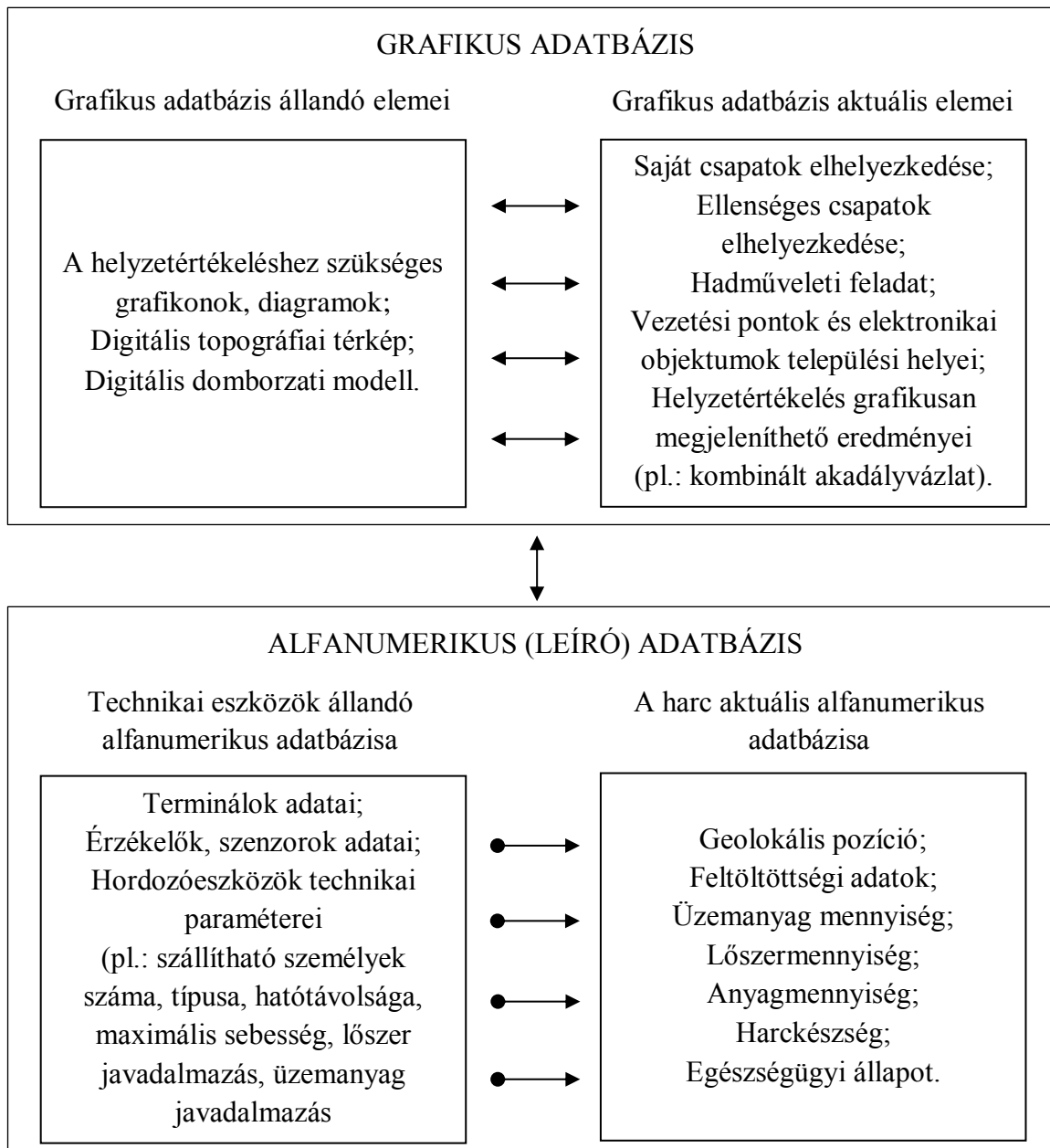
A katonai célú térinformatikai alkalmazások egy kiváló példáját szemlélhetjük meg az USA hadseregében alkalmazott FBCB2 BFT rendszerben. A közkeletű nevén csak „BFTS”-nek nevezett rendszer a 2010-es évekre több tízezres terminál darabszámával rendkívül elterjedtté vált, és megtalálható volt az Egyesült Államok összes hadszínterén. A rendszer képes felvonultatni az összes fent megnevezett funkciót, mindezt magas rendelkezésre állási és lefedettségi mutatók mellett, ezzel jelenleg a világ egyik legprofesszionálisabb ilyen célú rendszerének számít.

A térinformatikai rendszereket térbeli- és alfanumerikus adatok építik fel. A természetes és mesterséges objektumok földrajzi adatait a térbeli adatok tartalmazzák, míg az alfanumerikus adatok ezen objektumok jellemzőiről adnak információt. A térinformatikai alapú automatizált vezetési rendszerek hatékonysága nagyban függ az adatok mennyiségétől, minőségétől és az adatelemzés hatékonyságától. Ez azt jelenti, hogy az adatok tárolása és azok kezelése kiemelt jelentőségű a pontos helyzetértékelés szempontjából. A térinformatikai adatbázis (TIA) egy grafikus adatbázisból, illetve a grafikus adatbázis megfelelő rétegeihez kapcsolódó alfanumerikus (leíró) adatbázisból áll [66; p. 80.].

A grafikus adatbázis alapja a különböző méretarányú digitális térkép és a digitális domborzati modell. A grafikus adatbázisnak egy állandó adatokat, és egy aktuális adatokat tartalmazó részből célszerű állnia, melyet a 2.1. ábra szemléltet. A grafikus adatbázis állandó elemeinek nevezzük azokat, amelyek hosszabb idő viszonylatában nem változnak, mint a digitális térkép és esetlegesen a domborzati modell, továbbá azok a generált

grafikonok, diagramok, melyek a helyzetértékeléshez szükségesek. Az aktuális elemek közé soroljuk az ellenség és a saját csapatok elhelyezkedését, a sávhatárokat, a harcérintkezés vonalát és a hadművelet feladatait, a vezetési pontokat, az elektronikai objektumokat, azok települési helyeit, valamint a helyzetértékelés grafikusan megjeleníthető eredményeit [65; pp. 139-140.] [66; pp. 80-81.].

**KATONAI GEOINFORMÁCIÓS RENDSZEREK
TÉRINFORMATIKAI ADATBÁZISA
(TIA)**



2.1. ábra. Katonai Geoinformációs Rendszerek Térinformatikai Adatbázisa (forrás: [66; pp. 81-83.] alapján szerkesztette a szerző)

A térinformatikai rendszerek lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy a különböző rétegeket be- és kikapcsolják, ezáltal csak a legszükségesebb információkat jelenítik meg a grafikus adatbázisokból és a hozzájuk kapcsolódó leíró adatokból, ezzel is elősegítve egy áttekinthető helyzetismeret kialakulását.

Hasonlóan a grafikus adatbázishoz, az alfanumerikus (leíró) adatbázist is célszerű állandó adatokra és aktuális adatállományra felosztani. A technikai eszközök állandó alfanumerikus adatbázisa tartalmazza az erőkövetési terminálok adatait, a hordozóeszközök technikai paramétereit, mint a hordozóeszköz típusa, hatótávolsága, a szállítható személyek száma, a lőszer javadalmazás, üzemanyag javadalmazása, stb. A harc aktuális alfanumerikus adatbázisa tartalmazza a terminálok geolokációs pozícióját, harcképességet, az érzékelők és szenzorok adatainak szintézisét, mint üzemanyag mennyiség, lőszer mennyiség, aktuális egészségügyi állapot [66; p. 82.].

A felsorolt alfanumerikus adatbázisok mindegyike a grafikus adatbázis megfelelő rétegéhez kapcsolódik, az adott rétegről közösen hordozzák az összes információt. A TIA lehetővé teszi az SQL⁵⁴ nyelv segítségével a helyzetértékelés szempontjai szerint meghatározott szintű és mélységű lekérdezéseket, leválogatásokat, osztályozásokat, elemzéseket. A felvázolt grafikus és alfanumerikus adatbázis megfelelő alapot biztosít a harc térinformatikai elvű vezetéséhez [66; p. 83.].

2.2 Globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazása napjaink erőkövetési rendszereiben

A navigáció segítése érdekében a kezdetekben úti beszámolók és mérések alapján térképeket készítettek. Később az ősi Kínában felfedezték a Föld mágneses tulajdonságait, és ennek felhasználási lehetőségeit a tájékozódásban. Ez a tudás arab közvetítéssel jutott el Európába, ahol felhasználva ezen ismereteket a XIII. és XVI. században Flavio Gioia olasz hajós és Geralmo Cardano olasz fizikus kialakította a mai fogalmainknak megfelelő iránytűt [67; pp. 21-48.], ezzel lehetővé téve a precízebb navigációt. A technika fejlődésével a térképek és navigációs eszközök egyre pontosabbak lettek. A XIX. században az első repülő eszközök megjelenésével, lehetőség nyílt felülnézetből készült fotók alapján pontosítani a földfelszínről alkotott ismereteinket, mely újabb ugrást eredményezett a navigációban. A XX. század derekán a LORAN⁵⁵ rendszer révén, rádiójelek mérésével új megoldásokkal bővült a navigáció eszköztára [68; p. 3.]. A

⁵⁴ Structured Query Language – Strukturált Lekérdezőnyelv

⁵⁵ Long Range Aid to Navigation – Nagytávolságú Navigációs Rendszer

világűrbe jutatott műholdak segítségével pedig ez az infrastruktúra került ki részben a világűrbe. Ilyen a jól ismert amerikai NAVSTAR⁵⁶ GPS rendszer is, melynek vevőberendezései napjainkban millió számra megtalálhatók használati tárgyainkban, eszközeinkben. A globális műholdas navigációs rendszereknek köszönhetően mára már napszaktól és látási viszonyoktól függetlenül, automatizáltan képesek vagyunk saját geolokális pozíciónk nagy pontosságú meghatározására.

2.2.1 A Globális Navigációs Műholdas Rendszerek általános felépítése

Mára már az amerikai NAVSTAR GPS rendszer monopóliumát együttesen megtörte a többi globális műholdas helymeghatározó rendszer, ezért vált szükségessé egy átfogó elnevezés használata, így a műholdas alapú helymeghatározást széles körben jelölő GPS betűszót felváltotta a GNSS megnevezés. Ezen rendszerek közé tartoztak az amerikai NAVSTAR GPS, az orosz GLONASS⁵⁷, a kínai BeiDou⁵⁸, vagy angol nevén COMPASS⁵⁹, és az európai GALILEO. Helymeghatározás szempontjából említésre méltó rendszerek továbbá a regionális műholdas helymeghatározásra képes szolgáltatások, úgymint a japán QZSS⁶⁰ és az indiai IRNSS⁶¹.

A GNSS rendszerek a helymeghatározás és pontos idő szolgáltatás feladatait hivatottak ellátni, ezért is illetik őket a PNT⁶² jelzővel. A helymeghatározás módszere azon alapszik, hogy a műholdak helyzete ismert, azok egy definiált vonatkoztatási rendszerben, adott időpillanatban ismert pontoknak tekinthetők. A műholdakat egy ismert helyzetű földi vezérlő és követőrendszer monitorozza, és meghatározza pályadataikat, amihez szükséges navigációs adatokat maguk a mesterséges holdak sugározzák. A GNSS vevő közvetett módon távolságot határoz meg az észlelt műholdak és a vevő között, ennek következtében a műhold pozíció adatok és a mért távolságok alapján a vevő képes kiszámítani saját pozícióját az adott vonatkoztatási rendszerben. A PNT szolgáltatás következtében, megfelelő szoftveres támogatással a vevő sebessége is számítható, mivel ismert a vevő két geolokális helyzete között eltelt idő és a megtett távolság [69; p. 5.].

⁵⁶ Navigation System with Timing and Ranging – Navigációs Műholdas Idő- és Távolság Meghatározás

⁵⁷ ГЛОБАСС, Globalnaya Navigacionnaya Sputnikovaya Sistema – (orosz) Globális Műholdas Navigációs Rendszer

⁵⁸ 北斗卫星导航系统, a kifejezés a Göncöl székér kínai megnevezésére utal, a rendszer teljes neve: BeiDou Navigation Satellite System (BDS) – (kínai) BeiDou Műholdas Navigációs Rendszer

⁵⁹ Iránytű (angol)

⁶⁰ Quasi-Zenith Satellite System – Kvázi Zenit (elhelyezkedésű) Műholdas Rendszer

⁶¹ Indian Regional Navigation Satellite System – Indiai Regionális Műholdas Helymeghatározó Rendszer

⁶² Positioning, Navigation, Timing Services – Pozíció, Navigáció és Pontosidő szolgáltatások

A GNSS-t többféleképpen értelmezhetjük. Bővebb megfogalmazásban részei az önálló alaprendszerek (pl.: GPS, GLONASS, BeiDou, GALILEO), melyek vezérlő, műholdas és felhasználói szegmensekből állnak, továbbá tartalmaznak műholdas (SBAS⁶³) és földi alapú (GBAS⁶⁴) kiegészítő rendszereket. A szűkebb értelmezés szerint a GNSS csak az alaprendszereket takarja. Ez a szélesebb körben elterjedt megfogalmazás, többek között a 15/2013. (III. 11.) VM rendelet is így definiálja: „GNSS: a globális műholdas helymeghatározó rendszerek (GPS, GLONASS, Galileo, COMPASS) közös elnevezése”[70; 1. § 17. pont].

A GNSS rendszereket támogatják kiegészítő rendszerek is, melyeknek célja a mérés pontosságának növelése. Ilyenek lehetnek például a rendszer-fenntartótól független követő állomások. Ezen állomások a referencia méréseik során nagy pontosságú adatokat állítanak elő, melyeket megosztanak más vevőkkel. Ezeket a rendszer-fenntartó független követő állomásokat és szolgáltatásaikat csoportosíthatjuk a mérés folyamatossága szerint, azaz lehetnek passzív (OGPSH⁶⁵) vagy aktív hálózatok (GNSSnet.hu), illetve az adattovábbítás médiuma szerint műholdas (EGNOS⁶⁶) vagy földi alapú (GNSSnet.hu) rendszerek. Az adattovábbítás metódusa szerint megkülönböztetünk 1. szintű (passzív hálózat, referencia pont), 2. szintű (aktív hálózat, utólagos adatszolgáltatás – mérést követően történik a korreláció), és 3. szintű szolgáltatást (aktív hálózat, valós idejű adatszolgáltatás a mérés közben, pl.: network RTK⁶⁷) [69; pp. 5-9.].

A helymeghatározás célja (pontossága) alapján megkülönböztetünk navigációs (10 m-es), térinformatikai (m-es, elsősorban kód mérésen alapuló), geodéziai (cm-es, fázismérést is alkalmazó) és geológiai (mm pontos) méréseket. Kutatásaim során a navigációs célú vevőket vizsgálom. Mint az a fenti leírásokból is látszik, az egyes alaprendszerek a civil felhasználások esetén nem biztosítanak az egyik vevőnek tíz m-es, a másiknak cm-es pontosságot. Az alaprendszeri információk a vevők számára ugyanolyan „pontatlanok”, ezeket javítják fel a GNSS infrastruktúra által nyújtott különböző szolgáltatásokkal [69; p. 19.].

A mérési eljárás szerint megkülönböztetünk kód mérést (C/A⁶⁸), vivőfázis mérést és Doppler-mérést. A kód mérés a vevő által előállított referencia jel (replika kód) és a műhold

⁶³ Satellite Based Augmentation System – Műholdas Alapú Kiegészítő Rendszer

⁶⁴ Ground Based Augmentation System – Földi Alapú Kiegészítő Rendszer

⁶⁵ Országos GPS Hálózat

⁶⁶ European Geostationary Navigation Overlay Service – Európai Helymeghatározást Javító Geostacionárius Rendszer

⁶⁷ Real Time Kinematic – Valós Idejű Pályakorrekció

⁶⁸ Coarse-acquisition – Durva vétel

által kibocsájtott jel kódelemeinek keresztkorrelációján alapszik. Az eredmény a pszeudotávolság méterben kifejezve. A fázismérés a vevő által előállított referenciajel és a műhold által kibocsájtott jel fázisának keresztkorrelációján (fáziskülönbség mérés) alapszik. A fázismérés eredményében az egész részek az egész periódusok számát jelentik, a tört részek pedig a fázis különbséget ciklus egységben kifejezve. A Doppler-mérés az elektromágneses hullám megváltozott frekvenciájának mérésén alapszik, amelyet a műhold és vevő egymáshoz viszonyított mozgása eredményez. Eredménye az időegység alatt mért Doppler-szám [69; p. 9.].

A mérések végrehajtása szerint, megkülönböztetünk autonóm mérést, ahol egyetlen vevővel végzünk feladatot, illetve relatív helymeghatározást, ahol több vevő adatait hasonlítjuk össze. A relatív helymeghatározás teszi lehetővé a DGPS⁶⁹, vagy újabban DGNSS⁷⁰ szolgáltatást, ahol kódtávolság korrekciókat veszünk igénybe valós időben a mérés során. Navigációs méréseknél leggyakoribb az autonóm mérés, azonban ezek eredményei feljavíthatók a DGNSS szolgáltatásokkal, melyeket az SBAS vagy GBAS rendszerek nyújthatnak.

Fontos megemlíteni, hogy a műholdas navigációs rendszerek fenntartása jelentős költségeket emészt fel, így hazánk számára nem opció saját GNSS rendszer üzemeltetése. Ezért rászorulunk szövetséges, illetve szövetségi rendszerünkön kívüli nagyhatalmak rendszereinek alkalmazására, melyeket a következőkben mutatok be. A későbbiekben részletesebben kifejtem, hogy ezen rendszerek a nagyhatalmak kezében egyben érdekérvényesítő eszközök [71] is lehetnek, mert „egy gombnyomásra” képesek korlátozni az általuk nyújtott szolgáltatásokat

2.2.2 Az amerikai NAVSTAR GPS rendszer

Az Amerikai Egyesült Államok műholdas helymeghatározó rendszere a GPS, amely a témában a legismertebb rövidítés a világon. A rendszer politikai felügyeletét a Védelmi Minisztérium (DoD⁷¹), míg üzemeltetését és fenntartását a Légierő (US Air Force) és a Katonai Térképész Szolgálat (NIMA⁷²) látja el. A GPS-t hivatalosan egy duális katonai és polgári célú rendszernek tekintik. Elsődlegesen katonai célokra fejlesztették ki még a hidegháború idején. Kezdeti szolgáltatásai a '80-as évektől elérhetőek, azonban teljes globális lefedettséget csak 1995 óta képes biztosítani. 2000. május 2-ig a polgári

⁶⁹ Differenciál GPS

⁷⁰ Differenciál GNSS

⁷¹ Department of Defense – USA Védelmi Minisztériuma

⁷² National Imagery and Mapping Agency – Nemzeti Térképész Szolgálat (USA)

felhasználók csak egy mesterségesen lerontott jelet voltak képesek venni. A korlátozás feloldásával a polgári eszközök pontossága is javult a korábbi 100 m-esről 5 m-esre. Mindazonáltal érdemes megemlíteni, hogy a szelektív hozzáférés politikai döntésre bármikor visszakapcsolható, továbbá a Föld egyes területei fölött regionálisan is aktivizálható. Napjainkban is korlátozzák egy bizonyos sebesség (pl.: rakéták, lövedékek), és bizonyos magasság fölött (pl: nagy magasságú repülés) a navigációs jelek feldolgozását.

A GPS rendszer műholdas szegmensének rendeltetése, hogy a Föld bármely pontjából, bármely időpillanatban legalább 4 mérésre alkalmas műhold legyen látható, amely a következő műhold konstellációval a Föld bármely pontján elvileg meg is valósul. Az Egyenlítő síkjával 55 fokos szöget bezáró 6 ellipszispályán, pályánként 4 műhold kering, 12 sziderikus óra keringési idővel, a Földfelszíntől kb. 20200 km magasságban. Teljes kiépítésében ez 24 műholdat jelent.

A GPS rendszer műholdas szegmense folyamatos fejlesztés alatt áll. Az eszközök tervezett és várható élettartama miatt azokat folyamatosan cserélni kell, mely lehetőséget biztosít a fejlesztések implementálására. A rendszer minimum 24 műhoddal képes üzemelni, azonban ennél többet tartanak pályán a redundancia biztosítása érdekében [72].

A NAVSTAR GPS rendszer jelstruktúrája				
Sáv	Csatorna megnevezése	Frekvencia	Sávszélesség	Moduláció
L1	C/A	1575,42 MHz	1023 kHz	BPSK ⁷³
	L1C			TMBOC ⁷⁴
	P(Y) kód= L1P		10230 kHz	BPSK
	M kód		5115 kHz	BOC ⁷⁵
L2	L2C	1227,60 MHz	5115 kHz	BPSK
	P(Y) kód= L2P		10230 kHz	BPSK
	M kód		5115 kHz	BOC
L3	L3	1381,05 MHz		
L4	L4	1379,913 MHz		
L5	L5I	1176,45 MHz	10230 kHz	BPSK
	L5Q			

2.1. táblázat. A NAVSTAR GPS rendszer jelstruktúrája (forrás: [73] [74] és [75] alapján szerkesztette a szerző)

A műholdak által sugárzott jelek tekintetében megkülönböztetünk öt sávot, melyet a 2.1. táblázat szemléltet, ezek az L1, L2, L3, L4 és L5 sávok. Az L3 sáv az USA nukleáris robbanás detektáló rendszerében játszik szerepet, míg az L4 sávon ionoszférikus

⁷³ Binary Phase-Shift Keying – Bináris Fázisbillentyűzés

⁷⁴ Time Multiplexed Binary Offset Carrier Modulation – Időosztásos Bináris Offset Vivős Moduláció

⁷⁵ Binary Offset Carrier Modulation – Bináris Offset Vivős Moduláció

korrekciós méréseket végeznek, a szolgáltatás minőségének javítása érdekében. Ezeken a csatornákon nem valósulnak meg közvetlen navigációs mérések [69; p. 217.] [72; pp. 3-6.].

Az L1 sáv L1C csatornáját felhasználják kód mérés és vivőfázis mérésre egyaránt, melyet sokszor megtévesztően „P”-vel jelölnek. Az L1 sávban elérhető továbbá egy titkosított úgynevezett P(Y) kódú katonai jel is (L1P). Lényege, hogy megfelelő titkosító kulcs birtokában a P(Y) kódú jel visszafejthető. A C/A kódú közcélú jel 1023 kódelem/μs adatot hordoz, míg a katonai célú P(Y) kódú jel ennek tízszeresét, 10230 kódelem/μs-et. Az L2 sáv csatornáin jelenleg már elérhető a C/A és P kód mérés egyaránt (L2C; L2P), valamint vivőfázis mérés is megvalósítható. 2010-től elérhető a közcélú L5 csatorna, amely a repülés részére biztosít egy nemzetközileg szabályozott, interferenciákkal szemben védett szolgáltatást, az L5Q csatornán pilot jelet, az L5I-n adatot sugározva [74].

Létezik továbbá az M⁷⁶ kódú mérés, mely szintén katonai alkalmazások számára elérhető. Visszafejtése lényegesen bonyolultabb, ezáltal védettebb, mint a P(Y) kód. Várhatóan a Block IIIA típusú műholdakkal lesz elérhető a szolgáltatás az L1 és L2 csatornán [69; p. 217.] [72; pp. 3-6.] [74].

A GNSS vételtechnikában a pszeudó-véletlen zaj (PRN⁷⁷) kódszekvenciájú direkt szekvenciális szórt spektrumú (DSSS⁷⁸) jeleket alkalmaznak, melyek a kódosztásos többszörös hozzáférése (CDMA⁷⁹) alapulnak [69; p. 217.].

2017-től a GPS rendszer modernizációjával már négyféle kód mérés érhető el civil felhasználásra (L1C, L2C, L5I, L5Q), és négyféle kód mérés katonai – kormányzati célokra (L1M, L2M, L1P, L2P), továbbá vivőfázis mérés minden csatornán [69; p. 217.] [73; pp. 3-6.] [74].

A fent ismertetett GPS jelstruktúra tükrében szükséges szót ejteni a GPS vevők csatornaszámáról. Szemléltetésképpen egy vevő egy csatornája egyidejűleg egy műhold egyféle kódolású jelét képes fogni (pl. 58-as műhold L1C) [76]. Tehát, ha feltételezünk egy polgári vevőt, amely 5 műholdat lát, képes az L1, L2, L5 frekvenciát fogni C/A kód- és vivőfázis méréssel (és a műhold ezeket sugározza is), akkor $5 \times 3 \times 2 = 30$ csatornára lesz szükség a jelfeldolgozáshoz. Tehát a példa esetében 5 műholdról 30 méréssel történik a helymeghatározás.

Mint korábban említettem a GPS rendszer is rendelkezik földi követő állomásokkal. Egy fő és egy tartalék vezérlő állomás található az USA területén, illetve további 16 követő

⁷⁶ Military – Katonai

⁷⁷ Pseudo Random Noise – Pszeudó Véletlen Zaj

⁷⁸ Direct-sequence Spread Spectrum – Direkt Szekvenciális Szórt Spektrum

⁷⁹ Code Division Multiplexing Acces – Kódosztásos Többszörös Hozzáférés

állomás és 12 távvezérlő pont szerte a világban, közel egyenletesen elosztva, amely a globális szintű műhold követést és vezérlést segíti elő. A monitorállomások feladata az egyes műholdak pályadatainak és órakorrekcióinak előrejelzése, meghatározása, valamint ezen adatok és más navigációs adatok feljuttatása a műholdakra [73; p. 5.] [74].

Az első katonai GPS vevők az Öböl háborúban jelentek meg, melyek még csak az L1C csatornát használták. Pár évvel később jelent meg a PLGR⁸⁰, amely ötcsatornás vevőként képes volt kezelni az L1C és kulcsolt állapotban az L1P frekvenciákat. A különböző PLGR szériás vevők után a következő nagy ugrás a DAGR⁸¹ megjelenése volt 2003-ban, mely egybe esett az USA iraki műveleteinek kezdetével. A DAGR már képes volt 12 csatorna kezelésére az L1C, L1P, L2P frekvenciákon egyaránt [77] [78]. A két eszköztípust az USA sikerrel alkalmazta saját erőkövetési rendszerében az FBCB2 BFTS-ben. A 2000-es évek afganisztáni és iraki műveleteiben is széles körben alkalmazott DAGR készülék a 2.1. képen látható.



2.1. kép. DAGR kulcsolható GPS rendszerű vevő [77]

A katonai kivitelű titkosított jeleket is feldolgozó vevők fő tulajdonsága, hogy gyárilag rendelkeznek a P és M kóddal titkosított jelek vételére és feldolgozására alkalmas

⁸⁰ Precision Lightweight GPS Receiver – Precíziós Pehelykönnyű GPS Vevő

⁸¹ Defense Advanced GPS Receiver – Védelmi célú Továbbfejlesztett GPS Vevő

elektronikával. Azonban ezeket csak egy periodikus időként frissíthető titkosító kulcs birtokában képesek feldolgozni.

A kizárólag GPS jelek vételére alkalmas és a GNSS vevők közötti különbség szemléltetésére elvégeztem egy kísérletet szimulátor programokat alkalmazva. A kísérletből készült kivonat az 1. sz függelék 1. mérésnél megtekinthető. Pontos tartózkodási helyem („álláspontom”) megfelel egy tűzészeti tűzmegfigyelő szolgálati helyének, ahol a magasabb szintű koordináció és a baráti tűz elkerülése érdekében erőkövetési rendszert használnak. A kilátási feltételek korlátozottak, az égbolt 70 fokos szelete ki van takarva. Első mérési változatnál GPS rendszerű vevő kerül telepítésre, amely 24 óra leforgása alatt 4 óra időtartamra nem képes mérési eredményeket biztosítani, mert csak 3 illetve kevesebb műholdat lát a vevő. Ez idő alatt a kulcsolható GPS vevők sem képesek a titkosított jel vételére. A második mérési változatban, ugyanebben az időtartamban egy GPS/GLONASS/BeiDou/GALILEO GNSS vevő átlag 10-12 műholdat lát, a legkedvezőtlenebb fél órás időintervallumban is minimum nyolcat. Ez a mennyiség már elegendő a megfelelő pozicionálásra [79] [80]. A kísérlet alapján megállapítottam, hogy bizonyos igen gyakori peremfeltételek mellett (magas kitakarási szög) a GNSS vevők alkalmazása, még egy felkulcsolt, titkos csatornákon dolgozó GPS vevőnél is előnyösebb lehet, feltéve, hogy működnek a nyíltan hozzáférhető szolgáltatások.

Napjainkban a polgári és közszolgálati (pl.: katonai, rendvédelmi, katasztrófavédelmi) műholdas navigációs megoldásokban a GPS rendszerű vevők alkalmazása a legelterjedtebb. Azonban kockázati tényezőként jelenik meg, hogy amennyiben az Egyesült Államok érdekei úgy kívánják, akár globálisan, akár regionálisan a szelektív hozzáférés visszakapcsolható, ezzel olyan mértékű pontatlanságot előidézve, mellyel ellehetetlenítik a nyomkövetést, navigációt. Ugyanakkor technikai szempontból nézve a szembenálló felek is korlátozhatják a GPS jelek vételét. A jelentős katonai-gazdasági erővel bíró nagyhatalmak képesek rakétákkal, illetve EMP⁸² fegyverekkel károkat okozni a GPS úrszégmensében és földi követő állomásaiban [68].

Technikai szempontból három szándékos zavarási módszert különíthetünk el: Zavarás (elfojtó zavarás), spoofing (megtévesztés), meaconing (visszajátszás) [68; pp. 218-220.] [81]. Zavarásról (jamming) akkor beszélünk, ha megfelelő energiájú és spektrális összetételű jelek kibocsátása interferenciát okoz a vevőberendezésnél. Így a műholdak által kisugárzott jelek a vevők számára értelmezhetetlenné válnak [68]. Észak-Korea például

⁸² Electromagnetic Pulse – Elektromágneses Impulzus (fegyver)

rendszeretlen időközönként zavarjeleket bocsájt ki dél-koreai területek fölé, ezzel akadályozva a repülőforgalmat, illetve megzavarva az amerikai, dél-koreai közös hadgyakorlatokat [68]. Spoofingról beszélünk, ha megfelelő energiájú, az eredetivel megegyező struktúrájú jeleket sugároznak ki a vevőkészülékek megtévesztése céljából. Példa a spoofingra, amikor Irán eltérítette az Egyesült Államok RQ-170 Sentinel pilóta nélküli repülőgépét 2011-ben [68] [82; p. 147.]. Meaconing esetében a műholdak által kisugárzott jeleket rögzítik, majd bizonyos idővel késleltetve, megfelelő energiával újrásugározzák őket, összezavarva ezzel a GPS vevőket [68].

Mint az a fenti példákból is látható a háborús küszöb feletti műveletekben elég kicsi az esély rá, hogy a GPS, vagy más GNSS rendszerek megbízhatóan üzemeljenek. A nagyhatalmak kölcsönös pusztító fegyverei, valamint az elnyomó zavarás következtében a navigációs jelek vétele ellehetetlenülne. Illetve az üzemeltető nemzet korlátozza a működést, pontosságot ld.: NAVSTAR GPS. Azonban „szerencsére” napjaink hadviselését az aszimmetrikus kihívások, hibrid háborúk dominálják [13]. Ezen műveletekben a globális műholdas navigációs rendszerek pusztítására alkalmas katonai erők nyíltan nem konfrontálódnak, az incidenseket gyakran háborús küszöb alatt tartva. Ezen esetekben felértékelődik az improvizált, házilag készített esetleg interneten keresztül rendelt GPS zavaró berendezések használata, továbbá a spoofing és meaconing módszerek alkalmazása. Ezen problémák ellen egy részről lehet védekezni speciális antennák alkalmazásával. Például a nullázós zavarvédelmi eljárással, a NovAtel GAJT antennája képes hat zavaró forrás irányába nullhelyeket illeszteni az antenna iránykarakterisztikájában, adaptív antennarendszer alkalmazásával [82] [83].

Azonban ezen technikai megoldások költségesek, elsődlegesen katonai alkalmazásokban jelennek meg. Másik lehetőség a GPS rendszer használata általi kitettség csökkentésére a GNSS vevők alkalmazása. Kapcsolódva egy korábbi kutatás gondolatmenetéhez [84; p. 158.], [85] azt továbbfejlesztve, a navigációs célú GNSS vevők (GPS/GLONASS, illetve a GPS/GLONASS/BeiDou/GALILEO) alkalmazása a közeljövőben a teljes közszféra számára elérhető és költséghatékony megoldást biztosíthat. Mindazonáltal ezen vevők is zavarhatók, megtéveszthetők, azonban több rendszer alkalmazása révén a redundancia és ezáltal a robusztusság növelhető.

A jelen fejezetben bemutatott erőkövetési rendszerek GPS vevőkből nyert adatokból állítják elő a geolokális információkat.

A GNSS vevők alkalmazásának és fejlesztésének lehetőségeit részletesen a III. fejezetben fejtem ki.

2.3 Rövidhullámú összeköttetésen alapuló erőkötési megoldások

Az ukrajnai orosz katonai intervenciót követő 2014-es walesi NATO csúcson, a tagországok döntöttek egy gyorsreagálású multinacionális kötelék létrehozásáról. Ennek a folyamatnak a keretében, azóta több gyakorlatot is tartottak a kelet-európai tagállamok területén, és dolgoznak egy olyan katonai erő felállításán, amelyben már zászlóalj köteléken belül is többnemzeti századok találhatóak, az egyes tagállamok felajánlása alapján [86]. Ilyen környezetben felértékelődik a híradó és informatikai rendszerek interoperabilitásának kérdése, illetve a döntéstámogatáshoz szükséges helyzetinformációk közel valós idejű megosztásának képessége.

A helyzet-, illetve szükség esetén különböző állapotinformációk, vagy szöveges üzenetek, utasítások valamilyen rádiófrekvenciás platformon keresztül (pl. harcászati rádióháló) egy informatikai alkalmazás segítségével eljuttathatók más terminálok, vagy egy hálózati műveleti központ részére, mint ahogy azt már a fejezet elején tárgyaltam általánosságban.

A harcászati rádiórendszer alapú erőkötési alkalmazások rendszerint a harcászati kisalegységek kommunikációs célú rádióeszközei által, a hangalapú összeköttetések mellett biztosított adatcsatornát veszik igénybe a helyzetinformációk továbbítására.

Az I. világháborút követően, a nagy távolságú hírközlés alapvetően olyan rövidhullámú rádióeszközökre épült, melyek elsődlegesen morze üzemmódban dolgoztak. A híradástechnika fejlődésével azonban rövid időn belül előtérbe került a fónia (beszédátvitel), melynek köszönhetően leegyszerűsödött és felgyorsult az információk továbbítása. A II. világháborút követő hidegháborús időszak lokális fegyveres konfliktusai során már lényegesen kompaktabb, hártyahordozható rövidhullámú harcászati rádióeszközökről (pl.: R-143) is beszélhetünk. Ezek a gépjárművekre telepített nagyteljesítményű rádiókomplexumokkal (pl.: R-140) kiegészítve, a harcászati szinttől egészen a hadászati szint nagytávolságú kommunikációs szükségleteikig képesek voltak kielégíteni a harcvezetés híradó igényeit.

Napjainkra a rövidhullámú hírközlés szerepe lecsökkent, ugyanis az egyre szélesebb körben elérhető műholdas képességek fokozatosan szorították ki a nagytávolságú kommunikációnak ezt a formáját. Ennek fő oka alapvetően az eltérő frekvenciasávok hullámterjedési sajátosságaiból eredő minőségi paraméterekben (pl.: sáv szélesség, megbízhatóság, rendelkezésre állás) fennálló különbségekben gyökerezik. Ugyanakkor a rövidhullámú híradásban rejlő lehetőséget, főleg az eszközparkban az elmúlt évtizedekben bekövetkező látványos fejlődési folyamatoknak (pl. szoftverrádió technológia, modulációs

és kódolási eljárások) köszönhetően, továbbra sem szabad figyelmen kívül hagyni a különböző szakfeladatok tervezése során.

2.3.1 Hullámterjedési sajátosságok a rövidhullámú tartományban

Az elektromágneses spektrum 3 kHz – 300 GHz közötti szegmensét rádióhullámoknak nevezzük, amelyen belül a harcászati rádiók jellemzően az 1,6 MHz – 2,4 GHz közötti sávokban dolgoznak. A 300 kHz – 3 MHz közötti sávot középhullámnak (KH vagy MF⁸³), a 3 – 30 MHz-es sávot rövidhullámnak (RH vagy HF), a 30 – 300 MHz-es sávot ultrarövidhullámnak (URH vagy VHF), míg a 300 MHz – 3 GHz-es sávot deciméteres hullámnak (UHF) nevezzük [18; p. 56.].

Az alkalmazott rövidhullámú harcászati rádiók frekvenciatartománya 1,6-29,9999 MHz közötti tartományban foglal helyet. Ezáltal elméletileg MF-HF sávú eszközökről beszélünk, mivel a tartományok hullámterjedési sajátosságai nem választhatók el élesen a frekvencia szerint, sokkal inkább tapasztalható a tulajdonságokban egy folytonos átmenet. A HF sávú elektromágneses hullámok terjedési tulajdonságaival jelentős hasonlóság figyelhető meg az 1,6 – 3 MHz-es frekvenciájú MF sávú elektromágneses hullámok esetében. [87; pp. 529-569.]. Az egyes frekvenciasávok közötti egyik legfontosabb eltérés, hogy a különböző hullámterjedési módok szerint hogyan oszlik meg a kisugárzott energia. Ez alapján alapvetően felületi- és térhullámú terjedésről beszélhetünk a katonai értelemben vett RH tartományban, ami lehetővé teszi a nagytávolságú összeköttetések kialakítását. A középhullámú tartományon belül a felületi komponens a jelentősebb, azaz a föld felszínét (görbületét) követve terjed az elektromágneses energia, míg a frekvencia növekedésével fokozatosan nő a térhullámok dominanciája a rövidhullámú sávban. Ezáltal lehetőség nyílik az ionszféra magasabb rétegeiről történő reflexiók segítségével akár extrém nagytávolságú összeköttetések létrehozására is. Az ultrarövidhullámú tartomány alsó frekvenciasávján ismét számolhatunk jelentősebb felületi komponenssel, ami a frekvencia további növekedésével fokozatosan szorul vissza a közvetlen hullámterjedéssel szemben, mígnem gyakorlatilag 100 MHz fölött teljesen el is hal. Ennek folyományaként a 60 MHz fölötti rádióhullámok már csak kivételes esetekben terjednek az ionszféra közvetítésével. Azokban a frekvencia tartományokban, ahol ugyanazon földrajzi területekre egyidejűleg több terjedési útvonalon (módon) is megérkezhet a kisugárzott rádiófrekvenciás energia (pl. térhullámok és felületi hullámok formájában), a pillanatnyi energetikai viszonyok és a

⁸³ Medium Frequency – Középhullámú Tartomány

fázis függvényében számolni lehet a kioltás, illetve a fading, azaz vételi térerősség-ingadozás jelenségével, amely elsősorban az analóg rendszerek esetén gyakorolhat hatást az összeköttetésre.

A rövidhullámú tartományú rádióhullámok tehát térhullámok formájában valósítják meg a legnagyobb földrajzi távolságok áthidalását, elsődlegesen az ionoszférából történő visszaverődéssel. A rádióhullámok terjedési sebessége troposzférához képest, az ionoszférában valamivel nagyobb, amely lényegében az alkalmazott frekvenciának és az egyes légrétegek elektronkoncentrációjának a függvénye. A LUF⁸⁴ és a MUF⁸⁵ az az üzemi alsó és felső határfrekvencia, amely esetén még számolhatunk visszavert hullámok által megvalósuló terjedéssel az ionoszféra aktuális állapota függvényében. Az ionoszféra pillanatnyi szerkezete és tulajdonságai folyamatosan kvázi periodikusan változik a napfolttevékenység függvényében [88; pp. 22-27.]. Földünkön a téli hónapokhoz képest, a nyári nappalok hosszabbak és a naptevékenység hatása is intenzívebb, ezért lényegesen magasabb az elektronkoncentráció is. Az éjszakai órákban lecsökken az egyes rétegek ionizációja, majd újra felépül a nappali sugárzás következtében. Az atmoszférában a földfelszínhez legközelebb helyezkedik el a D-réteg, a déli órákban a legmagasabb az ionizációja, amely gyorsan lecsökken nullára napnyugta után. Ez, a csak nappal létező réteg a középhullámú és az alacsony rövidhullámú sávú hullámokat elnyeli, így térhullámú terjedés napközben nem jön létre az 1,81 - 3,8 MHz közötti frekvenciasávban. A nappali ionizáció lényegesen kisebb télen, így az 1,81 - 3,8 MHz közötti frekvenciasávban kisugárzott hullámok eléri az ionoszféra magasabb rétegeit és onnan reflektálódnak, ezért megnőnek a nappal áthidalható távolságok is (a 3-4 MHz-es sávban max. 400 km). Az E-réteg a D-réteg felett helyezkedik el, amely már képes éjszaka is fennmaradni, azonban köszönhetően az alacsonyabb ionizációnak képes reflektálni a 7 MHz körüli hullámokat, míg a 3-4 MHz körülieket elnyeli. Nagy adóteljesítmény mellett akár 1000-2000 km-es hatótávolsággal is lehet számolni 7 MHz-en, mely éjszaka és a napfoltminimumok esetén a leginkább kedvező [88; pp. 22-27.].

Az F-réteg a leglényegesebb a reflexiók terjedés szempontjából, amely az eddig említett ionizációs rétegek közül a legvastagabb, így az ionizáció csökkenésének és növekedésének folyamata is lassabb. Nappal az intenzív besugárzás következtében két (F₁ és F₂) rétegre bomlik. Hullámterjedés szempontjából az F₁ réteg kedvezőtlen hatású, hiszen a magasabban elhelyezkedő F₂ rétegről reflektált hullámokat visszaveri, ezáltal csillapító,

⁸⁴ Lowest Useable Frequency – Legalacsonyabb Használható Frekvencia

⁸⁵ Maximal Useable Frequency – Legmagasabb Használható Frekvencia

elnyelő hatású. A rövidhullámú hírközlésben a legnagyobb áthidalható távolságokat az F-réteg felhasználásával érhetjük el [88; pp. 22-27.].

Rövidhullámú összeköttetések esetén, azon a területen, ahol az adóantennától távolodva a felületi hullámok már elhalnak a föld csillapítása miatt, ugyanakkor még nem jelennek meg az ionoszféráról reflektálódó térhullámok, holtzóna alakul ki, melynek mérete arányosan nő a frekvenciával. Megfelelő frekvencia és adóteljesítmény esetén a rádióhullámok az ionoszféra és a földfelszín között többszörös reflexiók útján terjednek, így a visszaverődések számával arányosan nő a holtzónák száma is. Elsősorban a nappali órákban használják fel interkontinentális összeköttetések létrehozására a 14 MHz környéki frekvenciákat. A holtzónák 1000 km-esre nőhetnek napfoltminimum idején, és 400 km-esre csökkenhetnek napfoltmaximum idején. A holtzónák akár a 4000 km-t is elérhetik az éjszaka folyamán. Kis adóteljesítmények mellett is jól használhatók a 21-22 MHz környéki frekvenciák nappal óriási távolságok áthidalására napfoltmaximum idején, míg legfeljebb rövid időszakokra vehetőek igénybe napfoltminimum idején [88; pp. 22-27.].

A fenti tulajdonságokat és jelenségeket maximálisan figyelembe kell venni az erőkövetési rendszerek vezeték nélküli kommunikációs interfészeinek alkalmazhatóság vizsgálata során. Az ionoszféra állapota előre jelezhető a magaslégköri meteorológiai folyamatok és a naptevékenység ismeretében, illetve tulajdonságai bizonyos periodicitást mutatnak. A frekvenciagazdálkodásra különösen nagy figyelmet kell fordítani a térhullámokon alapuló nagytávolságú összeköttetések tervezése során, az összeköttetések folyamatos fenntarthatósága érdekében.

A terjedésből eredő késleltetés a másik fontos tényező, mellyel számolni kell mind beszédalapú, mind adatkommunikációs rádióháló tervezése esetén, ezért fokozott figyelmet igényel a rendszer időzítéseinek helyes meghatározása.

Megítélésem szerint szükséges megvizsgálni, hogy milyen áthidalandó távolságokkal kell számolnunk egy erőkövetési rendszer által szolgáltatott információk átvitele során. Nagy valószínűséggel nem fordulnak elő 100 km-t meghaladó távolságok a vezetési pont és az alegységek egyes tagállomásai között hagyományos erők alkalmazása esetén, így a tárgyalt közép- és rövidhullámú sávban felületi hullámú összeköttetésekkel kell tervezni. Ebben az esetben a tervezés is lényegesen egyszerűbb, mert a térhullámú terjedésre jellemző anomáliákkal nem kell számolni, így az erőkövetési rendszerek adatainak továbbítására az RH rádióeszközök jó megoldást jelentenek a hagyományos beszédkommunikáció mellett.

Rádióirányban távoli parancsnokságok, vezetési pontok összekapcsolása, vagy rádióhálóban különleges műveleti alkalmazások esetén fordulhatnak elő térhullámú összeköttetések. Ez esetben a rádiócsatorna instabilitása akár komoly problémákat is okozhat az erőkövetési információk továbbítása során, amelyeket sok esetben csak megfelelő gyakorlati tapasztalattal és elméleti felkészültséggel rendelkező szakemberek képesek orvosolni. Ezért célszerű a műholdas megoldás elsődleges platformként történő választása olyan nagytávolságú viszonylatban, ahol az RH sávban már csak térhullámú terjedéssel lehetne számolni, míg a rövidhullámú sávú rádiócsatornára csak tartalékként támaszkodni.

A rendelkezésre álló műszaki megoldások értékelése a másik nagyon fontos feladat a rádiócsatorna tulajdonságainak vizsgálata mellett. Ezek teszik lehetővé az erőkövetési rendszer által szolgáltatott információk továbbítására képes adatkapcsolat felépítését, és stabil fenntartását a rövidhullámú tartományban.

2.3.2 Automatikus kapcsolat-felvételi mód

Amíg korábban egy rövidhullámú analóg beszéd-összeköttetés esetén – a fent ismertetett hullámterjedési tulajdonságok miatt – aránylag gyakran kellett újra be szabályozni a rádiócsatornát, addig a korszerű digitális eszközök ezt már automatikusan, kezelői beavatkozás nélkül képesek végrehajtani. A korábbi analóg szolgáltatásokkal ellentétben a digitális jelfeldolgozás (DSP⁸⁶), a korszerű hibajavító kódolások és automatikus kérésisméltési (ARQ⁸⁷) technológiák nagyobb átviteli sebességet és alacsony bithibaarányú adatkommunikációt biztosítanak a HF tartományban [89; p. 40.].

A sávot jellemző instabilitás okozta anomáliák kiküszöbölésére alkották meg az automatikus kapcsolat-felvételi üzemmódot (ALE⁸⁸), amelynek segítségével a rádió az előre felprogramozott frekvenciakontingensből a kommunikációra legalkalmasabb frekvenciát választja ki.

Az első generációs ALE rendszereket még az 1970-es években fejlesztették ki különböző gyártók közel egy időben, amelynek köszönhetően az első rádióeszközök még komoly interoperabilitási gondokkal küzdöttek. A második generációs ALE-t (2G ALE) 1986-ban foglalták szabványba, katonai célokra a MIL-STD-188-141A „A” mellékletében, civil felhasználásra a US FED-STD-1045-ben. E szabványok terjedtek el később szerte a

⁸⁶ Digital Signal Processing – Digitális Jelfeldolgozás

⁸⁷ Automatic Repeat Request – Automatikus Isméltés Kérés

⁸⁸ Automatic Link Establishment – Automatikus Kapcsolat-felvételi Mód

világban, ami biztosította a berendezések közötti együttműködés lehetőségét. A '90-es évek végén fejlesztették ki a harmadik generációs ALE (3G ALE) technológiát, amely magasabb szolgáltatási szint mellett biztosította felülről a kompatibilitást a 2G ALE rendszerekkel. A 3G ALE szabvány a MIL-STD-188-141B „C” mellékletében, valamint a STANAG 4538-ban került kihirdetésre [90; p. 28.].

A szolgáltatás mechanizmusának megértése érdekében meghatározom az ALE üzemmód elemeinek helyét az OSI⁸⁹ referencia modellben. Mint a 2.2. táblázatból is látható, egy rendkívül komplex eljárásrendszerről van szó, melynek elemeivel a továbbiakban részletesebben is foglalkozom, a fizikai rétegtől kezdve, fölfelé haladva a hierarchiában. Erőkövetési rendszerekben történő alkalmazás szempontjából a 3G+ ALE üzemmód a releváns, így ezen technológiára fókuszálok.

Eljárások/paraméterek/modulok	Alrétegek	Rétegek
rendszerellenőrzés		Megjelenítési és alkalmazási réteg
kiértékelés		
frekvencia-menedzsment		Szállítási és viszony réteg
csatornaellenőrzés		
forgalomszabályozás		Hálózati réteg
protokoll-menedzsment		
terminálok összekapcsolása, hívásfelépítés		
útválasztás		
újratervezés		
ALE protokoll	ALE alréteg	Adatkapcsolati réteg
ALE szavak / dekódolás		
LQA ⁹⁰	Védelmi alréteg	
Kódolás/ dekódolás	Hibajavító alréteg	
Interleaving / deinterleaving		Fizikai réteg
FEC		
modem		
ARQ		
hibajavító kódok		
terjedési sajátosságok		
adó / vevő		
adatsebesség		
frekvencia		
hullámforma		
teljesítmény		
antenna		

2.2. táblázat. Automatikus kapcsolat-felvételi mód (ALE) helye az OSI modellben (forrás: [91; p.7.] alapján szerkesztette a szerző)

⁸⁹ Open Systems Interconnection Reference Model – Nyílt Rendszerek Összekapcsolásának Referencia Modellje

⁹⁰ Link Quality Analysis – Összeköttetés Minőségének Ellenőrzése

A szolgáltatás digitális rádió-berendezésekre értelmezett, így az alapvető feladat lesarkítva, „0”-ákból és „1”-esekből álló bitsorozatok továbbítása az adó és vevő között. Beszédinformáció továbbítása esetén, a mikrofon kimenetén előállított analóg jelet először digitalizálni (mintavételezés, kvantálás, kódolás) kell, míg adatkommunikáció esetén már maga az adatforrás (pl. számítógép) is ilyen jelet szolgáltat. Minél jobb minőségű a rádiócsatorna, annál nagyobb mennyiségű adatot vagyunk képesek időegység alatt átjuttatni rajta, melynek mérésére az adatátviteli sebesség fogalmat használjuk bit/s dimenzióval. Az információtovábbítás közege a levegő, így a bitsorozaton végzett – az adatkapcsolati réteghez tartozó – jelfeldolgozási eljárásokat (pl. csatornakódolás, hibajavító kódolás) követően az adó valamilyen moduláció segítségével rádiófrekvenciás jelet állít elő, ami az antennán keresztül kisugárzásra kerül. A moduláció (hullámforma) típusa alapvetően meghatározza az adatátviteli sebesség elméleti felső határát.

A folytonos periodikus jelek (pl. szinusz) átvinni kívánt információval történő modulálása teszi lehetővé, hogy a vételt követően a kisugárzott jel torzulása ellenére is visszaállítható legyen az eredeti adatsor. A torzulást a jelhez a szabadtéri terjedés során, a „zsúfolt” elektromágneses környezetben hozzáadódó, pillanatról pillanatra változó, általában csak sztochasztikus módszerekkel leírható természetes és mesterséges eredetű, zajok, zavarok, interferenciák okozzák. Az RH tartományban kialakított csatornák minősége – az előző részben összefoglalt jelenségek következtében – jelentősen függ a meteorológiai tényezőktől és a naptevékenységtől, illetve rövid időn belül is jelentősen megváltozhat, melynek következtében az adott frekvencián kisugárzott információ bizonyos időszakokban olyan mértékben torzulhat, hogy a vevő már nem lesz képes azt feldolgozni, visszaállítani. Ennek kiküszöbölésére születtek a már említett digitális eljárások, melyekből a 3G ALE a következőket alkalmazza [89; pp. 40-44.].

A szinkron adatátvitel lehetővé teszi az adó és a vevő „együttlátását”, így csökken a hibás vétel valószínűsége, nő az átvitel megbízhatósága. A szinkronizáció során az adó meghatározott időközönként előre definiált szimbólumsorozatot sugároz ki, amelyhez a vevő be tudja állítani a megfelelő időzítést, és mindig tudni fogja, mikor érkezik hozzá üzenet [89; pp. 40-44.].

A 3G ALE úgynevezett „burst” hullámformákat (BW^{91}), és 8 állapotú PSK⁹² modulációt használ. A vivő 1800 Hz, míg a szimbólumsebesség 2400/s. Ilyen hullámformák használata esetén a rádió nem folytonos rádiófrekvenciás jelet sugároz ki,

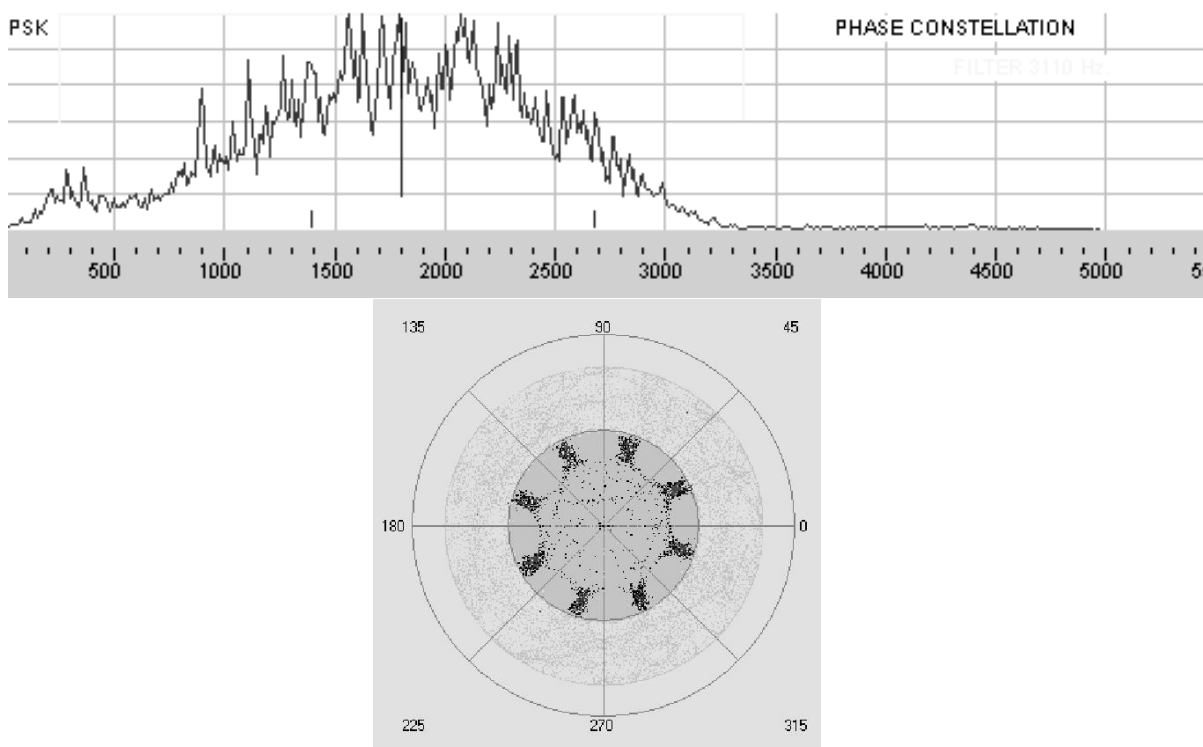
⁹¹ Burst Waveform – „Csomós” Hullámforma

⁹² Phase Shift Keying – Fázisbillentyűzés

hanem meghatározott hosszúságú bitsoporton elvégzett jelfeldolgozást követően, azokat egy-egy csomag (burst) formájában továbbítja, és a csomagok között nem foglalja a csatornát. A különböző típusú csomagok, biteiken végzett műveletekben (pl. hibajavító kódolás, időzítések) eltérnek egymástól. A BW0 szolgál az információs bitek átvitelére, a BW1 a forgalomszabályozást és kapcsolat helyreállítást végzi, míg a BW1, BW2, BW3, BW4 hullámformáknak az ARQ támogatásában van szerepe [90; p. 30.]. A 3G ALE spektrumképe a 2.2. ábrán látható.

Egy burst 613 ms-ig (1472 PSK szimbólum) tart és 24 bites keretből áll (3 fejléc, 21 adat), míg a szinkronizálást szolgáló keretek fejléce 160 ms (384 PSK szimbólum) hosszú [92; pp. 139-140.].

A 2.2. ábrán látható 3 kHz-es sávszélességű csatorna – jel-zaj viszonytól (SNR⁹³) függően – 3600-9600 bit/s elméleti adatátviteli sebességre képes, amely két csatorna használatával maximálisan 19200 bit/s-ig növelhető [89; p. 44.].



2.2. ábra. 3G ALE spektrumképe és a 8PSK jel fáziskonstellációja (forrás: [92; pp. 139-140.]

A 3G ALE, BW0 hullámforma esetén -9 dB-es jel-zaj viszony mellett 50% valószínűséggel, míg -6 dB-es jel-zaj viszony mellett már 95% valószínűséggel képes a szinkron adatátvitelre [91; p. 280.], azaz statisztikailag 100-ból csak 5 burstot nem tud a

⁹³ Signal-Noise Ratio – Jel-zaj Viszony

vevő feldolgozni. Az értékek additív normál eloszlású fehér zajra értendők (AWGN⁹⁴). Összehasonlításképpen, az analóg rendszerekben a gyenge minőségű beszédérthetőséghez [93] 7 dB-es, a jó minőségű beszédérthetőséghez [93] 15 dB-es jel-zaj viszony értékekre van szükség [89; p. 56.]. A matematikai apparátust mellőzve, az analóg rendszerben a gyenge beszédérthetőséghez a vevő bemenetén a hasznos jel teljesítményének legalább ötször akkorának kell lennie, mint a zajnak, míg 3G ALE esetében a vevő bemenetén a 95%-os átvitelhez szükséges -6 dB-es jel-zaj viszony azt jelenti, hogy a hasznos jelhez képest, négyszeres zajszint mellett is létrehozható az összeköttetés. Ez azt eredményezi, hogy a 3G ALE funkció rendkívül kedvezőtlen elektromágneses környezetben, akár az ellenség elektronikai ellentevékenysége (pl.: zavarás) mellett is képes adatkommunikáció lebonyolítására.

Mint a fentiekből látható, az ilyen üzemmódban működő eszközök képesek akár a zajszint alatt is kommunikálni, amelyhez komoly hibajelző, hibajavító és más digitális jelfeldolgozó algoritmusokra van szükség. Ez ugyan jelentős redundanciát okoz az adatfolyamban, ugyanakkor ez teszi lehetővé robusztus csatornák kialakítását. Más rádiófrekvenciás rendszerekhez hasonlóan a 3G ALE is előre irányuló hibajavítást (FEC⁹⁵) alkalmaz, amely nem igényel visszacsatolást, azaz nem terheli a csatornát visszafelé irányuló adatforgalommal. A vezeték nélküli összeköttetéseket veszélyeztető impulzusszerű zavarok, fading jelenségek az átvitt adatfolyamban csomós hibát okozhatnak, azaz egymás mellett egyidejűleg több bit is sérülhet, amelyek javítása már nem lehetséges. Ennek megelőzésére, különböző bitkeverési technikákat alkalmaznak, melyek közül a 3G ALE a bitátszövés (interleaving) módszerével biztosítja, hogy a vevőben a visszaalakítást követően a hibás bitek egymástól a lehető legtávolabb kerüljenek, ezáltal biztosítva a hibajavítás lehetőségét [94].

A hibajavításban nagy szerepet játszik a lágy döntéses dekódolás (SDD)⁹⁶ és az automatikus csatorna kiegyenlítés (ACE)⁹⁷. Lényegük, hogy a detektált hibák alapján, különböző matematikai algoritmusok segítségével megkísérlik „megbecsülni” az eredeti információt [89; p. 46.].

A korszerű rövidhullámú rádiók az ALE protokollnak köszönhetően, a felprogramozott frekvenciakészletből automatikusan választják ki a legjobbat és ezen alakítják ki a kommunikációs csatornát. Ennek alapja egy csatornavizsgálati módszer

⁹⁴ Additive White Gaussian Noise – Additív Normál Eloszlású Fehér Zaj

⁹⁵ Forward Error Correction – Előre Irányuló Hibajavítás

⁹⁶ Soft-Decision Decoding – Lágy-Döntési Dekódolás

⁹⁷ Automatic Channel Equalisation – Automatikus Csatorna Kiegyenlítő

(LQA), melynek során az ALE a mérési eredmények tükrében folyamatosan osztályozza, tárolja és frissíti az üzemi frekvenciák minőségi paramétereit, hogy ezek alapján ki tudja választani a legjobbat.

„Adaptív rövidhullámú rádiórendszernek nevezzük azokat a kommunikációs rendszereket, amelyek képesek érzékelni a kommunikációs környezetüket, és amennyiben szükséges automatikusan beállítják a csatornákat.” [90; p. 23.] A definícióból következik, hogy az ALE üzemű rövidhullámú rádiók is adaptív rádiórendszerek, amelyek valós idejű csatorna kiértékelést (RTCE⁹⁸) végeznek. Az RTCE-t a következő képen definiáljuk: *„A valós idejű csatorna kiértékelés olyan folyamatok összessége, ahol valós idejű mérések kvantitatív eredményeinek összevetése során osztályozzák a csatornákat.”* [90; p. 23.] A rádióba előre programozott frekvenciákat a szoftver folyamatosan kiértékeli, majd egy mátrixban összesíti az eredményeket. Az automatikus csatornaválasztó (ACS) ez alapján dönt az optimális csatorna kijelöléséről. Ez a folyamat az ALE-ban használt összeköttetés minőség ellenőrzésének (LQA) alapja.

A rendszer képes pont-pont összeköttetéseket és pont-multipont összeköttetéseket is létrehozni. A pont-pont összeköttetés hasonlóan működik, mint a telefonhívás, azaz az egyedi címek alapján a rádiók képesek hívást kezdeményezni rádióforgalmi rendszeren belül. Pont-multipont, vagy multicasting esetén az adó által küldött adatcsomagok egyidejűleg minden, a rádióhálóban található tagállomáshoz megérkeznek. Amikor egy terminál éppen nem forgalmaz, a vevők akkor is állandó készenlétben vannak, vizsgálják a frekvenciakészletet, és figyelik a hívásokat [89; p. 49]. 3G ALE üzemmódban egyidejűleg vagy adat, vagy beszédkommunikációra van lehetőség, míg a 3G+ a két típusú forgalmazást paralel is támogatja.

Híváskezdeményezés során a hívó fél kiválasztja az ellenállomás címét, majd a rádió az LQA mátrixból kiválasztja az optimális frekvenciát, és üzenetet küld az ellenállomásnak, hogy ezen vegyék fel egymással a kapcsolatot. A másik rádió a szkennelés során megkapja ezt az üzenetet, és a kiválasztott frekvencián felépül az összeköttetés (handshaking). A hívásbontás tényéről a kommunikáló terminálok tájékoztató üzeneteket küldenek szét a többi tagállomásnak, melynek hatására minden állomás visszatér a szkenneléshez. Amennyiben az összeköttetés nem jön létre az elsődleges (legjobb) frekvencián (pl.: foglaltság esetén), akkor a hívást kezdeményező rádió a második, majd harmadik (stb.) legjobb frekvencián próbálkozik újra. Az állomások

⁹⁸ Real-Time Channel Evaluation – Valós Idejű Csatorna Kiértékelés

közötti LQA értékek megosztására két módszer lehetséges, a „csere” (exchange) és a „szórás” (sound). Előbbinél a két, egymással gyakori forgalmat bonyolító rádió megosztja egymással a paramétert, azaz az információáramlás kétirányú, míg utóbbinál egy broadcasting jellegű (egyirányú) átvitelről beszélhetünk [89; p. 49.].

A 3G protokoll egyik nagy előnye a 2G ALE rendszerekkel szemben, hogy a hívások felépülési ideje csaknem felére csökkent, ami alapvetően a szinkron adatkommunikációnak köszönhető. A 2G rendszerekben a 7 bites ASCII⁹⁹ karakterek start-stop- és paritás bitekkel kerülnek kiegészítésre. Szinkron átvitel esetén start és stop bitekre nincs szükség, ugyanakkor az időszinkronra vonatkozó kritériumok szigorúak [89; p. 52.].

A 2G és 3G ALE rendszerek egyaránt rendelkeznek adatkapcsolati védelemmel (LP¹⁰⁰). Ez nem tartozik sem a COMSEC¹⁰¹, sem a TRANSEC¹⁰² eljárások közé, hanem alapvetően anti-spoofing technika, a rádióállomások címének védelmét biztosítja. A rádiók a korábban említett 24 bites keretekben/szavakban (ALE words) kommunikálnak, mint például: „TO”, „THIS IS”, REPEAT”, „THRU”. Mivel rövidhullámú sávban általában nagytávolságú összeköttetésekről beszélünk, a nagy terjedési idők miatt az ellenség ezeket az ALE szavakat könnyen rögzítheti, majd harmadik adóként bekapcsolódva a kommunikációba, parancsként visszajátszhatja ezeket (pl.: „térj vissza a szkennelésre”). Ilyen és ehhez hasonló módszerekkel olyan mértékben meg lehet zavarni a hírváltást, hogy az akár kommunikáció teljes blokkolásához vezethet. További veszélyt jelenthet, ha a „kalóz adó” a visszajátszás során megszemélyesít egy már létező tagállomást. Ezen anomáliák kivédésére, periodikusan változó titkosító kulcsokat alkalmaz a rendszer. A titkosítás lényege, hogy az információs biteket tartalmazó 24 bites ALE szavakon túl, további szavakat adnak az adatfolyamhoz, amely magát a titkosítást tartalmazza. A védelem mértékétől függően AL0-AL4 szinteket különböztetünk meg, ahol a legalacsonyabb szinten (AL0) 60 másodpercenként, a legmagasabban (AL4) pedig már minden másodpercben történik kulcsváltás SoDark-3, illetve SoDark-6 algoritmusok alapján [91; pp. 231-263.].

A rövidhullámú rádiók segítségével kialakított adatkommunikációs csatornán keresztül képesek vagyunk a rádióhoz csatlakoztatott számítógépen futtatott alkalmazások által szolgáltatott információkat továbbítani, rövid szöveges üzeneteket váltani, chatelni, e-

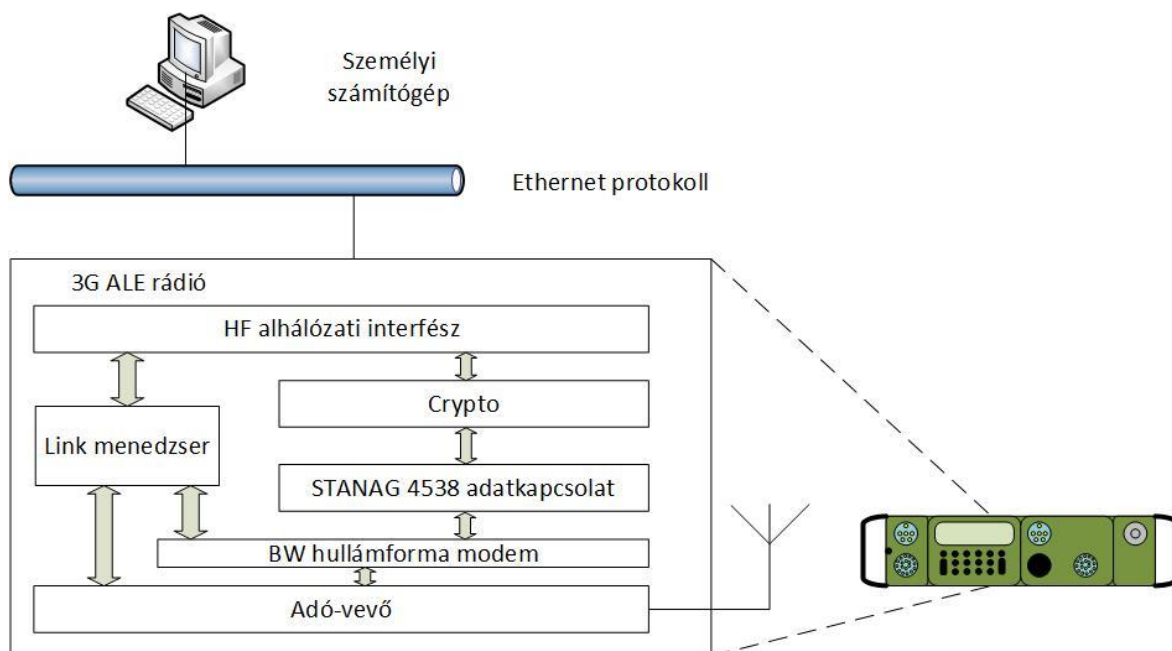
⁹⁹ American Standard Code for Information Interchange – Szabványos Amerikai Kód Információk Cseréjéhez

¹⁰⁰ Link Protection – Adatkapcsolati Védelem

¹⁰¹ Communication Security – Kommunikációs Biztonság

¹⁰² Transmission Security – Átviteli Biztonság

maileket küldeni, harchelyzet ismereti információkat megosztani, és alap IP¹⁰³ forgalmat lebonyolítani. A 3G ALE rádió funkcionális felépítése a 2.3. ábrán látható.



2.3. ábra. 3G ALE rádió blokkdiagramja ([89] alapján szerkesztette a szerző)

Az ALE üzemmód a szűkös HF csatornán az e-mailek elküldéséhez az SMTP¹⁰⁴ protokollt alkalmazza. Az ALE üzemmódok adatkommunikációs megoldásait a STANAG¹⁰⁵ 5066 és STANAG 4538 szabványok determinálják. Adatátvitel során a felhasználó (vagy alkalmazás) által előállított és továbbítani kívánt információt egy számítógépes szoftver olyan formába konvertálja, amelyet a rádió interfésze fogadni képes. Ezt követően, a korábban ismertetett eljárásokkal a rádió az adatfolyamot csomagok formájában kisugározza. A vevő minden megérkezett csomag után visszaigazolást küld, hibás vétel esetén pedig újrakéri az adást. Ez az ARQ lényege. A vevő, a beérkező csomagokból visszaállított adatsort az SMTP, vagy más protokollok (pl.: HDL¹⁰⁶, HDL+, LDL¹⁰⁷, összefoglaló néven xDL) segítségével visszaalakítja a számítógép számára feldolgozható formátumúvá. Ebben a rendszerben a rádiók „hídként” (bridge) funkcionálnak. Az IP címek alapján hálózatba szervezett számítógépek adatátvitelre az ALE hálóba szervezett rádiókat használják. Ezeket a magasabb szintű címeket a rendszer

¹⁰³ Internet Protocol – Internet Protokoll

¹⁰⁴ Simple Mail Transfer Protocol – Egyszerű Levelezési Protokoll

¹⁰⁵ Standardization Agreement for procedures and systems and equipment components – NATO szabvány

¹⁰⁶ High Throughput Data Link Protocol – Nagy Átviteli Képességű Adatkapcsolati Protokoll

¹⁰⁷ Low Latency Data Link Protocol – Alacsony Késleltetésű Adatkapcsolati Protokoll

lefordítja úgynevezett 3G ALE protokoll adategységekké (PDU¹⁰⁸), melyek 11 bites bináris kódok. Az első 5 bit a szkennelési csoport számát, a maradék 6 bit az állomás számát jelenti. Ez az oka annak, hogy egy csoportban maximum 60 tagállomás működhet egyidejűleg.

3G ALE üzemmódban az egy forgalmi csoportban („dwell group”) lévő rádiók szinkronban szkennelik az üzemi frekvenciákat. A beépített időszerver a GPS vevőből olvassa ki a szinkronhoz szükséges hálódőt. Mikor az egyik tagállomás adni kíván, az LQA mátrixa alapján kiválasztott ideális csatornán elküldi a megfelelő ALE üzenetet az ellenállomásnak. Amikor a csoportban szinkronban szkennelő rádiók a kiválasztott frekvenciához érnek, veszik az üzenetet, majd a hívásfelépítéshez (FLSU¹⁰⁹) szükséges ALE keretek cseréje után megtörténik az információt tartalmazó adatsomagok küldése. Az ARQ-nak megfelelően minden egyes csomag után megtörténik a visszaigazolás [89; pp. 59-66.].

Normál esetben egy dwell periódus 5,4 s, amely 6 időrésre (slot) osztható fel, ezek egyenként 900 ms hosszúságúak [90; pp. 32-35.]. A Slot0 tartalmaz egy felvezetési, úgynevezett puffer időszakot, ahol a nagyobb távolságokból eredő esetleges késéseket lehet kompenzálni, továbbá egy csatorna behallgatási időszakot, ahol a vevők a csatorna forgalmát detektálják. A Slot1-et kizárólag hívásokra használják, míg a Slot2-4-et hívásokra és válaszokra egyaránt. Az utolsó slotot az egyéb rendszerüzenetek számára tartják fent. Célszerű megemlíteni, hogy minden slot 87 ms-ot tartalékol a terjedési anomáliákból eredő késések, illetve 200 ms-ot a szinkronizáció devianciájának kompenzálására [90; pp. 32-35.].

COMSEC oldalról hatékony megoldásnak bizonyul a „black side ARQ” titkosítási protokoll. Lényege, hogy az alacsony sáv szélesség miatt, az adatsomagokat egyben titkosítja, majd a titkosított csoportokat felbontva továbbítja. Így kevesebb redundanciát generál, mert nem kell egyesével, minden csomagot külön kulcsokkal ellátni, majd azokat visszafejteni, és ehhez külön hibajavító eljárást alkalmazni [90; p. 67.].

A fenti leírásból látható, hogy a 3G ALE egy valóban rendkívül komplex megoldás, ami a lehetőségekhez (sáv szélességhez) képest nagy adatátviteli sebességet biztosít rossz terjedési viszonyok között is, és adott esetben az elektronikai ellentevékenységnek is képes ellenállni. A különböző protokollok révén, a rövidhullámú rádiókat számítógépekhez, és

¹⁰⁸ Protocol Data Unit – Protokoll Adat Egység

¹⁰⁹ Fast Link Setup – Gyors Hívásfelépítés

átjárókon (gateway) keresztül TCP¹¹⁰/IP alapú számítógépes hálózatokhoz is csatlakozhatjuk. Ezek a tulajdonságok az ilyen képességgel ellátott eszközöket alkalmassá teszik arra, hogy az erőkötési rendszerek adatait nagy megbízhatósággal továbbítsák 3G+ üzemmódban a beszédforgalmazás zavarása nélkül.

A NATO tagországok és más szövetséges államok haderőiben ezt a technológiát széleskörűen alkalmazzák. Egyes becslések alapján több mint egymillió ALE képes rádió üzemelt [90; pp. 2-3.] az ezredfordulón, és a folyamatos fejlesztéseknek, generációváltásoknak köszönhetően ez a szám mára megsokszorozódott. A piacon a Harris gyártmányú eszközök jelentős részesedéssel rendelkeznek. A Magyar Honvédség is ezen gyártmányú eszközökkel szerelte fel új generációs tábori kialakítású rádióállomásait, melyek a századparancsnoki és magasabb szinten képesek nagytávolságú RH kommunikáció kialakítására.

2.3.3 3G ALE képes platformok

A Magyar Honvédségben alkalmazott 3G ALE képes rádiók [95; p. 37.] elsődlegesen az Amerikai Egyesült Államok haderejének kerültek kifejlesztésre, a harcászati és hadműveleti szintű, föld-föld (G/G¹¹¹) és föld-levegő-föld (G/A/G¹¹²) híradás kiszolgálása érdekében. Az eszközök a JTRS¹¹³ koncepció szerinti rádiócsaládokba sorolhatók. A koncepció lényege, hogy a korábbi fejlesztésekkel ellentétben (pl.: SINCGARS¹¹⁴) ezek a szoftver-vezérelt eszközök szélesebb frekvenciatartományt fednek le és többféle „hullámformát”, modulációs módot alkalmaznak, mindezt kisebb, kompaktabb fizikai kialakítás mellett [96; pp. 25-31.] [97].

A legkorábbi 3G ALE-t alkalmazó rádióeszköz a Harris gyártmányú FALCON II. rádiócsaládba tartozó RF-5800H-MP volt. Frekvenciatartományát tekintve képes közép-, rövid-, és ultrarövid hullámú tartományokban is üzemelni (1,6-59,9999 MHz), azonban a tárgyalt üzemmód szempontjából csak az 1,6-29,9999 MHz-es sáv releváns, amelyben 20 W maximális teljesítmény leadására képes. Lehet hozzá GPS rendszerű globális helymeghatározó antennát csatlakoztatni, továbbá megfelelő interfészein (RS-232) keresztül közvetlenül (PPP¹¹⁵) számítógépre csatlakoztatható. Üzem módjait tekintve a

¹¹⁰ Transmission Control Protocol – Átvitelvezérlő Eljárás

¹¹¹ Ground to Ground – Föld-Föld Összeköttetés

¹¹² Ground to Air to Ground – Föld – Levegő – Föld Összeköttetés

¹¹³ Joint Tactical Radio System – Egységes Harcászati Rádiórendszer

¹¹⁴ Single Channel Ground and Airborne Radio System – Egycsatornás Rádiórendszer (föld-föld)

¹¹⁵ Point to Point Protocol – Pont- Pont Összeköttetés

korábban tárgyalt 2. és 3. generációs ALE-n túl, képes analóg üzemmódban (AM¹¹⁶, FM¹¹⁷) és frekvenciaugratásos (FH¹¹⁸) üzemmódban is dolgozni. Üzemeltethető egyenáramú hálózatról (26 VDC), vagy két darab 12 VDC akkumulátorról egyaránt. Rendelkezik ezen túl egy 3,6 VDC „memória” elemmel, így akkumulátorcsere közben sem „felejtí el” a feltöltött rádióháló paramétereit. Robusztus katonai kivitelének köszönhetően tág határok között ellenáll a külső környezeti behatásoknak [98].

Szintén ebbe a rádiócsaládba tartozik az AN/PRC-150(C) típusjelű rádió. Eltérés az előző eszközhöz képest alapvetően a titkosításban rejlik, azaz képes a „NATO TYPE I” titkosító kulcs kezelésére is [99]. Kivitelezés, külső megjelenés tekintetében alig van szemmel látható eltérés. A berendezés részegységei többnyire kompatibilisek más, a családba tartozó hasonló rádiók moduljaival. Felépítésének köszönhetően alacsony meghibásodási rátával rendelkezik, és a felmerülő anomáliák megoldásában jelentős szerepet játszanak az integrált rendszervizsgálati eljárások. Ezek segítségével könnyen meghatározható a meghibásodott részegység kiléte, amelynek köszönhetően lényegesen felgyorsítható, illetve egyszerűsíthető a szerviztevékenységhez szükséges logisztikai (műszaki) anyagutánpótlás/ellátás [97; p. 60.]. A Magyar Honvédségben rendszeresített gép- és harcjárművekbe épített parancsnoki rádiókomplexumok (Pk 1-4) elsődleges rövidhullámú rádiója az AN/PRC-150(C), amely a 2.2. képen látható.



2.2. kép. AN/PRC-150(C) HF-VHF korszerű harcászati rádió (forrás: [100])

¹¹⁶ Amplitúdó Moduláció

¹¹⁷ Frekvencia Moduláció

¹¹⁸ Frequency Hopping – Frekvenciaugratás

A legújabb fejlesztésű, FALCON III. rádiócsaládba tartozó RF-7800H-MP harcászati rádió legtöbb funkcióját tekintve képes együttműködni a fenti platformokkal, ugyanakkor több előnyös tulajdonsággal is rendelkezik elődjeihez képest. Ilyen például a „karcúsított”, könnyebb (hordozhatóbb) kivitel, illetve a csatornák nyalábolásának lehetősége, amelynek segítségével 3-24 kHz-es sávzélesség, valamint akár 120 kbit/s elméleti adatátviteli sebesség is elérhető a harmadik generációs ALE üzemmódban [101].

Célszerű megemlíteni, hogy a rádiók fejlesztési irányait alapjaiban meghatározó JTRS koncepció 2005 márciusában komoly átalakításokon esett át, az ennek keretében megvalósuló projektek egységesítése, és a költségek jelentős csökkentése érdekében. Az USA haderejében használatban lévő, nagyságrendileg 750.000 darab korábbi fejlesztésű rádiókból álló eszközparkot azonban ennek ellenére sem sikerült a tervezett 180.000 darab JTRS rádióval felváltani. Bár a projekt megvalósítása során számos területen sikerült pozitív eredményeket elérni, a teljeskörű interoperabilitás kialakítása mindmáig nem valósulhatott meg [102], elsősorban a különböző gyártóknak és a folyamatosan változó igényeket kiszolgáló fejlesztéseknek köszönhetően. Ezt támasztják alá a rádiók alkalmazása, illetve működésének vizsgálata során szerzett tapasztalataim is, hiszen még az előzőekben tárgyalt azonos típusú eszközök esetében is előfordultak együttműködési problémák, így már a tervezések szakaszában is figyelemmel kellett lenni a firmware-ek¹¹⁹ állapotára, a különböző elemekből felépülő hálózatok (rádiók, hordozható számítógépek, szoftverek) kialakítása során.

A 3G ALE képes rádiók különböző aktív eszközök segítségével hálózatba is integrálhatóak, melynek köszönhetően átjárás biztosítható más rendszerek irányába is (pl.: PSTN¹²⁰, VHF-HF rádióhálóok összekapcsolása). Erre a célra alkalmas eszköz például a szintén FALCON II-es családba tartozó RF-6010 hub, amelyhez lokálisan négy rádió csatlakoztatható (pl.: RF-5800H-MP, vagy AN/PRC-150(C)), továbbá képes négy darab kéthuzalos analóg telefonkészülék fogadására is. Megfelelő interfészeit felhasználva, telefonközponton keresztül biztosítja a PSTN irányba való „kilépést”, illetve WAN/LAN hálózatra való kapcsolódás lehetőségét [103]. A felsorolt eszközök egymáshoz kapcsolásának módja később kerül tárgyalásra.

¹¹⁹ A különböző elektronikai eszközök vezérlését végző kisméretű programok és/vagy adatstruktúra.

¹²⁰ Public Switched Telephone Network – Vonalkapcsolt Közcélú Hálózat

2.3.4 Pozíciójelentő üzenetek felépítése

A vonatkozó szabványokban [91; p. 163.] [104; p. 153.] [105; p. 54.] számos utalást találhatunk a pozíciójelentő üzenetek felépítésére. Ezek az adatok az ALE-ban használt rövid szöveges üzenetek (AMD¹²¹) formájában kerülnek továbbításra. A pozíciójelentő üzenetek sajátossága, hogy egyes kivételektől eltekintve nincsenek szabványosítva, azaz a szabályzók szabad kezet adnak a fejlesztőknek saját pozíciójelentő üzenet formátumaik kialakítására. Mindez természetesen magában hordozza, hogy a különböző rendszerek összekapcsolása során komoly interoperabilitási problémák léphetnek fel.

Az üzenetek felépítésének szemléltetése érdekében, bemutatok három sztenderdizált verziót. Az első egy 24 bites durva közelítésű pozíciójelentő üzenet [105; p. 54.], melynek felépítését az 2.3. táblázat tartalmazza. Ennek használatával alapvetően nagy földrajzi kiterjedésű területek azonosíthatóak 15°-os (szélességi/hosszúsági) léptékben. Összehasonlításképpen ez akár egy Nagy-Britannia méretű területet is lefedhet. Ezt pontosítja a fokperc pontosságú üzenettípus [105; p. 55.] (2.4. táblázat), amely még mindig egy kisvárosnyi területet fed le. Ezek az üzenetek elsődlegesen 2G ALE rendszerekre lettek optimalizálva, és nem elégítik ki a korszerű hadviselési igényeket.

3 bit	7 bit	1 bit	4 bit	1 bit	1 bit	3 bit	4 bit
parancs azonosító	lokáció 1101100	válasz	0001	N	E	Szélességi zóna	Hosszúsági zóna

2.3. táblázat. Durva közelítésű pozíciójelentő üzenet (forrás: [105; p.54.]

A 2.4. táblázatban az első 3 bites szegmens az üzenet/parancs azonosítója, amiből a rendszer visszafejti, hogy a következő bitsorozat pozíciójelentés lesz. A második (7 bit) és negyedik szegmens (4 bit) a rendszer számára hordoz fontos információkat. A válasz szegmens „1”-es állása visszaigazolás-kérést jelent, míg „0”-ás érték esetén nem kérünk választ. Amennyiben az ötödik szegmensben „1”-es szimbólum jelenik meg, a Föld északi féltekén vagyunk (North), „0” esetén pedig a délin (South). A hatodik szegmens hasonlóan működik, az „1” a Föld keleti (East) féltekére, a „0” a nyugati (West) féltekére utal. Az utolsó kettő szegmens a féltekéken belül a 15°-os zónákat azonosítja.

¹²¹ Automatic Message Display – SMS-hez hasonló rövid szöveges üzenet

3 bit	7 bit	1 bit	4 bit	1 bit	1 bit	7 bit
parancs azonosító	lokáció 1101100	válasz	0001	Abn	N	Szélességi fok
adat	E	Hosszúsági fok	Szélességi fokperc	Hosszúsági fokperc		
3 bit	1 bit	8 bit	6 bit	6 bit		

2.4. táblázat. Fokperc pontosságú pozíciójelentő üzenet (forrás: [105; p.55.])

A 2.4. táblázatban látható felosztás szerint a „pontosabb” üzenet bitjei 7 szegmensbe sorolhatóak, és természetes módon alapvetően az előző üzenet bitsorozatjait tartalmazzák. Ezt egészítik ki a fokperc adatokat hordozó szegmensek, továbbá az „Abn bit” (Airborne – légi), amely azonosítja, hogy légi, vagy szárazföldi eszközről beszélünk. Az adatszegmens 3 bitje rendszer-információkat hordoz.

A kutatásom szempontjából szignifikáns 3G ALE rendszerekben alkalmazott pozíciójelentő üzenetek formátuma nyílt forrásból nem elérhető, mert azok a gyártók bizalmas információi, és biztonsági valamint gazdasági érdekből nem adják ki. A formátumok ismeretében ugyanis könnyebben lehetne fejleszteni saját erőkövetési alkalmazást, ezzel csökkenne a gyártók ilyen termékeik iránti kereslet, illetve az ilyen üzenetek a „nem baráti” célú hozzáférését is megkönnyítenék.

Annak érdekében azonban, hogy személetesebbé tegyük az ilyen típusú üzenetek felépítését, bemutatom a nyílt forrású ALE-GPR v1.1 [106] pozíciójelentő üzenetet, melynek leírását az automatikus összeköttetés biztosítást és rövidhullámú interoperabilitást célul kitűző nemzetközi rádióamatőr szervezet (HFLINK) [107] adta ki. Az ALE üzemmódot nem csak katonai, hanem katasztrófavédelmi célokra is használják, és ez a nehezen elérhető területekkel való összeköttetés-felvétel egyik elterjedt formája. A nyílt forrásnak köszönhetően lehetőség van az üzemmóddhoz köthető szolgáltatások polgári fejlesztésére is. Az ALE-GPR v1.1 üzenettípus formája egy példával a 2.5. táblázatban látható.

Szegmens megnevezése	Formátuma	karakterek száma
Üzenet típus	GPR	3 karakter
Hívónév	OBJECT	3-15 karakter
Hosszúsági fok	LAxTITUDE	max. 9 karakter
Szélességi fok	LONyGITUDE	max. 10 karakter
Tengerszint feletti magasság	ALTITUDf	max. 7 karakter
Időpont	YYYYMMDDZhmmss	15 karakter
Megjegyzés		max. 25 karakter

2.5. táblázat. ALE-GPR v1.1 pozíciójelentő üzenettípus (forrás: [106])

Ez alapján egy ilyen üzenet a következőképpen néz ki:

```
GPR*KQ6XA*37N654321*122W987654*000003M*20050821Z135235*EVERYTHING  
FINE
```

Ez a struktúra már kielégíti egy korszerű rendszer által támasztott igényeket és a szervezet honlapján fellelhető információk alapján, ez az üzenettípus akár implementálható a FALCON első generációs korszerű harcászati rádiók esetében is [107]. Érdemes megfigyelni, hogy míg az előző két szabványüzenetnél néhány bit hordozta az érdemi információt (maximum 48 bites üzenetméret), addig itt már ASCII karaktereket tartalmaz a szabvány üzenet, amely méretében többszöröse (maximum 672 bites üzenetméret) az előzőeknek. Ugyanakkor ez a méret még így is elég kicsi ahhoz, hogy lényeges fennakadás nélkül továbbítani lehessen a legalacsonyabb konfigurálható névleges 2400 bit/s adatátviteli sebesség mellett is. Feltehetően a korszerű harcászati rádiókban alkalmazott 3G ALE üzemmódok is hasonló felépítésű AMD üzeneteket használnak a geolokációs adatok továbbítására.

Napjainkban a nagy távolságok áthidalását szolgáló kommunikáció szervezési gyakorlatban, a rövidhullámú frekvenciákon szervezett híradás háttérbe szorult a műholdas híradáshoz képest. Ennek legfőbb okai a jobb rendelkezésre állási mutatók, a kedvezőbb terjedési tulajdonságok, a nagyobb sáv szélesség, illetve a rövidhullámú frekvenciaspektrum szűkössége. Azonban a fejezetben részletezett adaptív megoldásoknak köszönhetően ezen negatívumok nagymértékben javíthatók. A rövidhullámú hírközlés mellett szól a költséghatékonyság, és hogy a rendszer infrastruktúrája kevésbé sebezhető.

Mindazonáltal, megítélésem szerint ez a tendencia várhatóan nem fog változni. Véleményem szerint az RH csatornákon megosztott pozíciójelentések valóban járható útja, ha a meglévő eszközparkban aktivizáljuk az automatizált erőkövetési képességet, és ezt hibrid módon integráljuk egy honi rendszerbe. Ennek megvalósítási lehetőségeit a III. fejezetben tárgyalom.

2.4 VHF sávú harcászati rádiókon alapuló erőkövetési megoldások

Az ultrarövidhullámú korszerű harcászati rádiók alkalmazása korunk hadszínterein meglehetősen népszerű megoldás. Az alegységek analóg és digitális üzemmódokban rádióhálókból, esetleg rádió irányokban a domborzat függvényében maximum néhány tíz km-es hatótávon belül (átlagosan 5-10-50 W adóteljesítménnyel) hatékonyan alkalmazzák ezt a technológiát. Számos sikeres példát láthatunk az afganisztáni és koszovói műveletek során, illetve honi területen gyakorlatok, feladat végrehajtások alkalmával.

Jelen alfejezetben az ultrarövid hullámú tartományban üzemelő korszerű harcászati rádiókon megvalósuló erőkövetési megoldásokat analizálom.

2.4.1 Hullámterjedési sajátosságok az ultrarövidhullámú tartományban

Az ultrarövidhullámú terjedés létrejöhet közvetlen (direkt) módon, földről reflektált módon, troposzférikus szórással, diffrakciós terjedés útján, felületi hullámokkal, esetleg ionoszférikus vagy térhullámok segítségével. Összeköttetés tervezés szempontjából elhanyagolható a felületi hullámú terjedés, mivel minél rövidebb a hullám, annál kisebb a felületi elhajlás mértéke. Bár az alsó URH sávban (~50MHz-ig) rádióamatőr körökben gyakori az ionoszférikus és térhullámú alkalmazása, a katonai gyakorlatban az összeköttetés instabilitása miatt ezeket nem használjuk. A troposzférikus szórás alkalmazása főleg a hidegháborús hírközlő rendszerekben figyelhető meg, napjainkban nem jellemző használatuk [87; pp. 543-550.]. Elsődlegesen direkt és földről reflektált hullámokkal számolunk az ultrarövid hullámok terjedésénél.

Direkt hullámok kialakulásának feltétele, hogy az adó és vevő antennák lássák egymást, a közöttük lévő közegben a terjedés akadálytalanul, szabad térben jöjjön létre. A terjedést akkor tekintjük akadálytalannak, ha a hullámfrontnak a nagyobb energiát szállító része akadálytalanul terjed, amit azonban a gyakorlatban számos tényező befolyásol negatívan (pl. domborzat, növényzet) [87; pp. 543-550.]. A szabadtéri csillapítást (a_0^{dB}) alkalmazzuk a közvetlen hullámterjedés jellemzésére, mely abból adódik, hogy a kisugárzott teljesítmény az antennától távolodva egyre nagyobb felületen (gömb) oszlik el (2.1). (A (2.1) összefüggésben d az összeköttetés távolsága, λ a szabadtéri hullámhossz, G_A^{dB} az adóantenna nyeresége dB-ben, G_V^{dB} a vevőantenna nyeresége dB-ben).

$$a_0^{dB} = 20 \log \frac{4\pi d}{\lambda} - 20 \log \sqrt{G_A G_V} \quad (2.1)$$

A (2.1) összefüggés természetesen ideális, elméleti körülmények között értendő, ahol az optikai horizont akadály- és csillapításmentes, a légkör teljesen átlátszó, a föld vezetőképessége végtelen. Természetesen számos más tényező is befolyásolja a szabadtéri hullámterjedést [87; p. 531.]. Szükséges továbbá figyelembe venni egy másik fontos összefüggést is. A direkt terjedésnél feltételeztük, hogy az adó és vevő antennák látják egymást, azonban a gyakorlati tapasztalatok és a kísérleti eredmények alapján megállapították, hogy az összeköttetés létrejöhet az optikai látóhatáron túl is. Az elméleti

modellben, a fölfelszín felett h magasságban elhelyezett adóantenna d távolságban lenne képes legfeljebb összeköttetés kialakítására, melyet levezetés nélkül a (2.2) összefüggés ad meg:

$$d^{[km]} = 3,56 \times \sqrt{h^{[m]}} \quad (2.2)$$

A meteorológiai frontok hatását figyelmen kívül hagyva, a földlégkör hőmérséklete és nyomása a magassággal csökken, ennek függvényében a légkör rádióhullámokra vonatkoztatott törésmutatója szintén csökken a magasság növekedésével. Ennek következtében egy folyamatos, a magasabb törésmutatójú közeg felé való törést eredményez, melynek révén megnő a rádióhorizont (refrakció – elhajlás). A jelenséget a (2.3) összefüggés írja le, ahol h_1 és h_2 az adó és vevő antenna magassága, a d pedig az áthidalható távolság [87; p. 540.].

$$d^{[km]} = 4,12 \cdot \sqrt{h_1^{[m]}} + \sqrt{h_2^{[m]}} \quad (2.3)$$

Ezen összefüggések meghatározásakor még nem számoltunk a terepakadályok hatásával, és az egyéb járulékos csillapítási tényezőkkel.

A valós összeköttetések tervezésekor figyelembe kell venni a belógó tereptárgyak hatását, amelyek jelentősen módosítják a hullámterjedést. A közvetlen láthatóság hiányában létrejövő összeköttetés magyarázata a hullámoptikában rejlik, amely szerint a hullámfront minden egyes pontja elemi gömbhullámok kiindulópontja. A belógó tereptárgyak csúcsán az energia szóródik, vagyis kisenergiájú gömbhullámok jönnek létre, amin keresztül a kommunikáció megvalósítható, megfelelő vételi teljesítményszint esetén. A modell szerint a benyúló tereptárgyat egy abszorbeáló késéllel (késél diffrakció) helyettesítjük, amely a ráeső rádióhullámokat elnyeli. A levegőben terjedő teljesítmény fele elnyelődik, ha a késél eléri az optikai tengelyt. Az elektromágneses hullámfront pontjainak elemi hullámként való viselkedése azt eredményezi, hogy az összeköttetés akkor is létrejöhet, ha a két antenna nem látja egymást, viszont hatásfoka nagymértékben leromlik, mert a teljesítménynek csak egy töredéke jut el a vevőig. Az akadálymentesség vizsgálatára az úgynevezett Fresnel-zónákat alkalmazzák, amelyek olyan ellipszoidok, amelyek két fókuszpontjában az adó és vevőantenna helyezkedik el. Az energia jelentős része az első Fresnel-zónában terjed, ezért az akadálymentesség feltételének az első ellipszoidon belüli térrész „ürességét” tekintjük. A hullámokat a szabad terjedésben a

Fresnel-zónába benyúló tereptárgyak (hegy, épület) akadályozzák, melyek hatásával a benyúlás mértékének függvényében számolnunk kell [87; pp. 543-550.].

A VHF sávú összeköttetések esetén az elektromágneses hullámok reflexiók útján is terjednek, melyek közül a legjelentősebb általában a talajreflexió. Talajreflexió esetén a vevőantenna helyén mérhető térerősség nemcsak a szabadtéri szakaszcsillapítástól, hanem a második úton érkező jeltől is függ, amelyet az útvonalon bekövetkező reflexió okoz. Tehát a vételi térerősség a közvetlen és a földről reflektált hullámok eredője, ami függ a direkt és indirekt hullám relatív amplitúdójától és fázisától. A vevőantenna magasságának növelésével változtatni tudjuk a közvetlen és reflektált hullámok közötti úthossz különbséget, és ezáltal a fázisviszonyt. A vételi térerősség a magasság függvényében periodikus jelleget mutat. A terepviszonyok függvényében a kiemelkedő tereptárgyokról a kisugárzott jel többféle úton is megérkezhet a vevőantennához, akkor a vétel minősége attól függ, hogy ezek a különböző utakon terjedő jelek egymáshoz képest milyen fázisban összegződnek. Ha erősítik egymást, akkor nagyobb hatótávolság érhető el, ha pedig gyengítik egymást, akkor csökken az áthidalható távolság. A jelenség az analóg rádiókkal ellentétben a korszerű digitális rádióknál már nem jelent problémát, köszönhetően a digitális jelfeldolgozási eljárásoknak, melyek révén képesek a direkt és reflektált hullámokat megkülönböztetni egymástól [89; pp. 543-550.].

A rádióösszeköttetések egyéb járulékos hatásait a vételi teljesítmény szemszögéből a (2.4) összefüggés írja le:

$$P_V^{dB} = P_A^{dB} + G_A^{dB} + G_V^{dB} - a_0^{dB} - a_t^{dB} - a_a^{dB} - a_f^{dB} \quad (2.4)$$

Az adóantenna teljesítménye (P_A^{dB}), antennanyeresége (G_A^{dB}) és a vevőantenna nyeresége (G_V^{dB}) a rendszer belső tulajdonságaiból erednek, a szabadtéri (a_0^{dB}), a tápvonal (a_t^{dB}), az atmoszféra (a_a^{dB}) és a fading csillapítás (a_f^{dB}) mértékét a rendszert befolyásoló külső tényezők határozzák meg (2.4) [89; pp. 543-550.].

Megállapítható, hogy az URH sávú hírközlés a bemutatott terjedési tulajdonságai alapján stabilabb és a Nyquist-Shannon-tétel szerint nagyobb sávszélességet biztosít. Ezek alapján az URH sávú rádióhírközlés korszerű harcászati rádiókra történt implementációi jól alkalmazhatók a közvetlen rálátás biztosításáig (max. 20-30 km) mobil telepítésű katonai távközlési állomásokon.

2.4.2 Digitális üzemmódok

A korábban bemutatott rövidhullámú digitális átvitelrel ellentétben a VHF sávban az üzemmódok, modulációk, és katonai hírközlő platformok széles spektrumából választhatunk. A Magyar Honvédség tábori híradó-informatikai rendszerében a következőkben ismertetett modulációk, üzemmódok, és platformok lelhetőek fel, amelyek képesek erőkövetési szolgáltatásokat biztosítani lokális vagy nagy kiterjedésű hálózatokba kötve.

Átvitel szempontjából megkülönböztetünk keskeny és szélessávú URH hírközlő megoldásokat. A fix frekvenciás üzemmódok kisugárzott jelüket egy keskeny frekvenciasávra koncentrálnak, hogy minél hatékonyabban kihasználják az adott spektrumot, és elegendő teljesítmény mellett megfelelő adatsebességet érjenek el [94; p. 80.]. Előnye, hogy könnyebb a digitális csatornák időszinkronjának kialakítása, illetve a frekvenciagazdálkodás, ugyanakkor elektronikai hadviselés (EW¹²²) szempontjából hátránya, hogy könnyen felderíthetők, és zavarhatók. A szélessávú kommunikációs megoldásokból kiemelkedik a frekvenciaugratásos szórt spektrumú (FHSS¹²³) és közvetlen sorozatú szórt spektrumú vagy más elnevezéssel direkt szekvenciális szórt spektrumú (DSSS) átvitel. FHSS esetén az adó és vevő szinkronban frekvenciáról frekvenciára „ugrál”, sebességét tekintve ezt teheti „gyorsan” (másodpercenként akár több százszor), vagy „lassan” (másodpercenként 1-10-szer). A módszer rendkívül népszerű a katonai híradásban, mivel felderítése és zavarása is nehézkes. A rendszerből eredő robusztusság (frekvencia) jó ellenállást mutat a keskenysávú interferenciával és a többutas jelgyengüléssel szemben [96; p. 80.] [108; p. 50.]. Ilyen FHSS üzemmódok a Harris platformokon Frequency Hopping vagy HAVEQUICK¹²⁴ [108; p. 60.], vagy a Kongsberg platformokon a szintén Frequency Hopping üzemmódok.

Az átvitelbiztonság (TRANSEC) szempontjából az alacsony valószínűséggel felderíthető (LPD¹²⁵) üzemmódok közé tartozik a DSSS. A direkt szekvenciális szórt spektrumú üzemmód egy széles frekvenciasávon teríti szét a jelet, amely nem csak a felderítést nehezíti meg, mivel a természetes zaj egyfajta maszkolással jól álcázza a kommunikációt [108; p. 80.] [109], hanem spektrum kihasználás szempontjából is pozitív, mert lehetséges, hogy ugyanazon a sávon több jel is osztozzon. Ezekhez a jelekhez

¹²² Electronic Warfare – Elektronikai Hadviselés

¹²³ Frequency Hopping Spread Spectrum – Frekvenciaugratásos Szórt Spektrumú

¹²⁴ Speciális frekvenciaugratásos üzemmód a légierő kommunikációs igényeinek támogatásához.

¹²⁵ Low Probability of Detection – Alacsony Valószínűséggel Felderíthető (jelek)

különböző kódokat rendelnek, melyek segítségével visszafejthető az adás, melyet kódosztásos többszörös hozzáférésnek nevezünk (CDMA) [94; p. 80.].

Ezen üzemmódokban a leggyakrabban ASK¹²⁶, WBFSK¹²⁷, és GMSK¹²⁸ modulációkat alkalmaznak [108; p. 60.]. Frekvenciaugratásos és fix frekvenciás rendszerekben egyaránt megtalálható az ASK és WBFSK moduláció. Az amplitúdóbillentyűzés (ASK) esetében két különböző amplitúdót használunk a „0” és „1” állapotok ábrázolására. Az eljárás nem alkalmas kettőnél több állapot ábrázolására. Az amplitúdóban változó jelek (pl.: AM, ASK) kiválóan alkalmasak a légiközlekedés kommunikációs igényeinek kielégítésére, ugyanis a nagy sebességgel közlekedő légi járművekkel való kapcsolattartásból eredő Doppler jelenségeknek jobban ellenállnak, mint a frekvenciában változó jelek (pl.: FM, FSK). A szélessávú frekvenciabillentyűzés (WBFSK) a frekvenciabillentyűzés egyik speciális válfaja, ahol a szimbólumok kifejezésére kettő vagy több frekvencia használatos [94; p. 96.] [108; pp. 53-68.].

A Gauss-eloszlású minimális fáziseltolású moduláció (GMSK) szintén az FSK moduláció egyik továbbfejlesztett változata, melyet előszeretettel alkalmaznak DSSS üzemmódokban, úgymint a mobilkommunikációban, vagy az általunk tárgyalt katonai rendszerekben. A GMSK alapja a minimális fáziseltolású moduláció, ahol a frekvencia megváltozásakor biztosítjuk a folytonos fázisátmenetet, úgy hogy a T szimbólumidő alatt a jel fázisa az elméleti vivő kezdőfázisához képest éppen $\pi/2$ -vel siet, vagy késik. A folytonos fázisátmenet biztosítása érdekében szükséges a két információs jel 180° -os fázissal eltolt alakja is $s_1(t)$ és $s_2(t)$, melyeket az alábbi összefüggések adnak meg, ahol ω_v a vivőfázis, T a szimbólumidő, melyet a (2.5) összefüggés szemléltet.

$$s_1(t) = \cos\left(\omega_v + \frac{\pi}{2T}\right)t \quad s_2(t) = \cos\left(\omega_v - \frac{\pi}{2T}\right)t \quad (2.5)$$

Az MSK következtében tehát a vivőfázisa 90° -os fáziseltolást szenved „bitidőnként”. A GMSK modulációnál a digitális jelet egy aluláteresztő szűrőn (Gauss szűrő) keresztül kapcsoljuk az MSK modulátorhoz. A szűrés egy lágyabb fáziseltolást eredményez, azaz a fázisváltás nem éles, hanem „gömbölyített”, folytonos lesz. Ez az eljárás csökkenti a sáv szélességet azért, hogy a magasabb frekvenciás komponenseket kiszűrjük [110; p. 54.].

¹²⁶ Amplitude Shift Keying – Amplitúdóbillentyűzés

¹²⁷ Wide Band Frequency Shift Keying – Szélessávú Fázisbillentyűzés

¹²⁸ Gaussian Minimum Shift Keying – Gauss-eloszlású Minimális Fáziseltolású Moduláció

Mint ahogy az a fenti leírásból is látható, a tárgyalt üzemmódok és modulációk megfelelnek a kor elektronikai hadviselési kihívásainak, azok komplexitásuk, és robusztusságuk révén jól alkalmazhatók katonai feladatok során. Ezen üzemmódok, speciális terepi kivitelű korszerű harcászati rádiókban kerültek implementálásra, melyek a beszédkommunikáción túlmenően képesek a fenti üzemmódok és modulációk segítségével adatkommunikációs csatornákat biztosítani a felhasználók számára. Ez esetben a rádiókat számítógéphez csatlakoztatva (a rádiókba beépített modemeken keresztül) vezeték nélküli interfésznek alkalmazhatjuk, típustól függően fix frekvenciás, frekvenciaugratásos, és közvetlen sorozatú szórt spektrumú üzemmódokban egyaránt. A számos kapcsolódási lehetőség közül (pl.: X.25), saját tapasztalataim alapján kiemelem a TCP/IP hálózatokhoz való csatlakozás lehetőségét, amely sokoldalúan és könnyen felhasználható kapcsolódási felületet nyújt a felhasználók számára.

2.4.3 Korszerű VHF sávú digitális harcászati rádiók

A katonai alegységek valós idejű vezetés-irányításának elsődleges formája a feladat végrehajtás során a beszédkommunikáció, amely műveleti területen, rövid távolságokon belül, leggyakrabban URH harcászati rádiókon valósul meg. A digitális üzemmódokban felépített csatornákon a beszédkommunikáció mellett lehetőség van geolokális helyzetjelentések megosztására is. A következőkben bemutatott platformok többsége a hozzájuk csatlakoztatott, vagy beépített globális műholdas helymeghatározó rendszerek termináljainak segítségével, képesek a helymeghatározására, és a pozíció adatok automatikus megosztására a szabad időrésekben.

A már korábban bemutatott Harris RF-5800MP, és AN-PRC-150(C) HF-VHF hordozható rádiók képesek fixfrekvenciás és frekvenciaugratásos üzemmódokban nyílt, illetve titkosított összeköttetések létrehozására többek között, a 30-59,9999 MHz ultrarövidhullámú tartományban [98] [99].

A szélessávú hordozható rádiók közé soroljuk a FALCON II generációs AN/PRC-117F (Foxtrot) és FALCON III generációs AN/PRC-117G (Golf) típusú harcászati rádiókat. A Foxtrot rádió üzemi frekvenciatartománya 30-512 MHz-ig terjed, maximum 20 W adóteljesítmény mellett. Üzemmódjait tekintve képes analóg fix, illetve digitális üzemmódokban dolgozni, FM, AM, FSK, ASK modulációk felhasználásával. Digitális

üzemmódjai: fixfrekvenciás, frekvenciaugratásos, HAVEQUICK I/II, és a műholdas kommunikációra használt DAMA¹²⁹, valamint adatkommunikációs célra HPW¹³⁰ [111].

Lehet hozzá GPS (NMEA-183) rendszerű globális helymeghatározó terminált csatlakoztatni, továbbá megfelelő interfészein (RS-232) keresztül közvetlenül számítógépre csatlakoztatható. Tápellátásuk és moduláris felépítésük megegyezik a korábban bemutatott Harris eszközökével. Titkosítás tekintetében képes maximum „NATO Titkos” minősítési szintig adatokat továbbítani [111].

A Falcon III generációs AN/PRC-117G harcászati rádió üzemi frekvenciája 30 MHz-től 2 GHz-ig terjed, maximum (üzemmódtól függően) 10-20 W adóteljesítmény mellett. Üzem módjait tekintve képes analóg fix, illetve digitális üzemmódokban dolgozni, FM, AM, FSK, ASK, PSK, GMSK modulációk felhasználásával. Digitális üzemmódjai: fixfrekvenciás (VULOS¹³¹), frekvenciaugratásos, HAVEQUICK I/II, DAMA, SATURN¹³², APCO P25¹³³, P25 OTAR¹³⁴, SRW¹³⁵, ANW2¹³⁶, ROVER III L-BAND Receive¹³⁷. Titkosítás, tápellátás, és modularitásában tekintetében megegyezik a Foxtrot verzióval. Lehet hozzá GPS (NMEA-183) rendszerű globális helymeghatározó terminált csatlakoztatni, továbbá megfelelő interfészein (USB¹³⁸, RS-232, Ethernet, RS-422) keresztül közvetlenül számítógépre csatlakoztatható [112].

A gyalogos katonák között rendkívül népszerűek a kompakt kivitelű Falcon II szériájú RF-5800M-HH és a Falcon III szériájú AN/PRC-152 kézirádiók. A közel 1 kg tömegű eszközök 5 W adóteljesítmény mellett kielégítik az egyes harcos modern harcászati helyzetből eredő igényeit. Az RF-5800M-HH üzemi frekvenciatartománya 30-512 MHz, üzemmódjai: fixfrekvenciás, frekvencia hopping, HAVEQUICK I/II, Beacon¹³⁹ [97], melyekhez opcionálisan FM, AM, FSK, ASK modulációk állíthatók. Lehet hozzá GPS (NMEA-183) rendszerű globális helymeghatározó terminált csatlakoztatni, továbbá megfelelő interfészein keresztül közvetlenül számítógépre csatlakoztatható. Tápellátásuk és moduláris felépítésük megegyezik a korábban bemutatott Harris eszközökével [113].

¹²⁹ Demand Assigned Multiple Acces – Igény Alapú Többszörös Hozzáférésű Kapcsolat

¹³⁰ High Performace Waveform – adatkapcsolati üzemmód

¹³¹ VHF/UHF Line of Sight – VHF/UHF keskenysávú fixfrekvenciás üzemmód

¹³² Second generation Anti-jam Tactical UHF Radio for NATO – (225-400 MHz PSK)

¹³³ Project 25 – A TETRA rendszerhez hasonló amerikai digitális mobilrádió üzemmód

¹³⁴ Over The Air Keying – Vezeték nélküli Újrakapcsolás

¹³⁵ Soldier Radio Waveform

¹³⁶ Adaptive Networking Wideband Waveform – Adaptív Szélessávú Hálózati Üzemmód

¹³⁷ Ebben az üzemmódban a rádió képes venni a ROVER III UAV-k videostream-jét.

¹³⁸ Universal Serial Bus – Univerzális Soros Busz

¹³⁹ Ellenség-barát felismerő rendszerekben van szerepe, „világítótoronyként” a rádió megjelöli saját pozícióját.

A Falcon III generációs AN/PRC-152 kézirádió számos variációval rendelkezik. Üzem módjai VULOS, HAVEQUICK I/II, HPW, APCO P25, ANDW2, SRW, maximum 5 W adóteljesítmény mellett, illetve altípustól függően DAMA, dedikált műholdas¹⁴⁰, IW Phase¹⁴¹, HPW IP¹⁴², SATCOM¹⁴³ TDMA¹⁴⁴ Capacity maximum 10 W adóteljesítmény mellett. Alkalmazott modulációk AM, FM, FSK, PSK, ASK, GMSK. Egyes altípusok GPS rendszerű globális helymeghatározó terminállal felszereltek, továbbá megfelelő interfészein (USB, RS-232, Ethernet) keresztül közvetlenül számítógépre csatlakoztatható. Titkosítás tekintetében képes maximum „NATO Titkos” minősítési szintig adatokat továbbítani [114].

A fent részletezett Harris gyártmányú harcászati rádiók megtalálhatók a Magyar Honvédség rendszerében. Az eszközök VHF sávú üzem módjaikban (pl: fixfrekvenciás), digitális modulációk mellett (FSK/ ASK/ GMSK) a Situational Awareness/ GPS reporting kiegészítő szolgáltatással, a beszéd- illetve adatforgalmi hálózatokba szervezve képesek egymással automatizáltan megosztani geolokális pozíciójukat. A megosztás történhet előre beállított időközönként, illetve a beszédváltó megnyomását követően a szabad időrésekben. A rádiók (kikapcsolásig) képesek eltárolni a többi tagállomás pozícióját, illetve a már korábban említett interoperabilis harcvezető szoftverek (pl.: C2PC CNR, Falcon Command) számára publikálni azokat [98].

A VHF sávú kommunikációs rendszerekhez sorolható az FBCB2 EPLRS, azonban célszerűbb a műholdas erőkövetési rendszereknél, a nála jóval elterjedtebb FBCB2 BFT-vel együtt tárgyalni.

A Kongsberg gyártmányú gépjárműbe épített (MV 300), háti hordozható (MP 300) és kézirádiók (MH 300) széles körben fellelhetők a Magyar Honvédség tábori híradó rendszerében, többek között beépítésre kerültek a különböző szintű parancsnoki rádiókomplexumokba.

Paramétereiket tekintve a kézirádió maximum kimenő teljesítménye 1 W, míg a hátrádióé 5 W, a gépjárműbe épített változaté 50 W. A rádiók üzem módjai: digitális és analóg fixfrekvenciás, frekvencia hopping, melyekhez FM, GMSK modulációkat használ. Üzemi frekvencia tartománya 30-87,975 MHz. Digitális üzem módjaiban nem kompatibilis a korábban tárgyalt Harris eszközökkel. Moduláris felépítésének köszönhetően az MP és

¹⁴⁰ MIL-STD-188-181B

¹⁴¹¹⁴¹ MIL-STD-188-181C, 183B

¹⁴² High Performance Waveform Internet Protocol

¹⁴³ Satellite Communication – Műholdas Kommunikáció

¹⁴⁴ Time Division Multiplexing Acces – Időosztásos Többszörös Hozzáférés

MV változatok számos részegysége megegyezik, a járműbe épített változat könnyen átalakítható hátrádióvá. Titkosítása „NATO Bizalmas” szintig jó. GPS vevővel nem rendelkezik, globális műholdas navigációs rendszer közvetlenül nem csatlakoztatható a rádióhoz, azonban adatátviteli protokolljait tekintve képes kezelni a GPS NMEA szabványt. Közvetlen beépített nyomkövető/ helyzetmegosztó szolgáltatással nem rendelkezik, csak (mint a következő részben látható) mint harcvezető rendszerek vezeték nélküli interfészeként képes az erőkövetési képességet támogatni [115] [116].

A VHF sávú korszerű digitális rádiókat széles körben alkalmazzák a szárazföld, a légi haderőnemeinél és szakcsapatainál egyaránt. A digitális alapokon nyugvó beszéd- és adatkapcsolatok kiegészítő szolgáltatásaként lehetőség van geolokális helyzetjelentések megosztására két pont között rádiófrekvenciás látóhatáron belül, ahol a hatótávolság átjátszó állomásokkal tovább növelhető.

Komplett, Harris rádiókra méretezett rendszerkialakítási terveket a III. fejezetben mutatok be. A következő alfejezetben bemutatásra kerül egy, a norvég Kongsberg rádiókra alapozott rendszer.

2.4.4 A norvég erőkövetési rendszer

A norvég Védelmi Minisztérium a NORTaC-C2IS¹⁴⁵ projekt keretében azt a célt tűzte ki, hogy a norvég fegyveres erők részére készítsenek egy korszerű harcvezetési rendszert. A Kongsberg cég ennek szellemében megalkotta, a hadosztálytól raj szintig alkalmazható, ComBat rendszert, melyet már 2002-ben teszteltek is, és azóta a norvég erők által Afganisztánban is alkalmazott harcvezetési rendszerré nőtte ki magát.

A fejlesztésnél cél volt - mivel Norvégia elsődlegesen a szövetségeseivel együtt vesz részt műveletekben - hogy a lehető legtöbb együttműködési lehetőséget kell megteremteni a más hasonló programokkal. A ComBat Microsoft Windows operációs rendszeren fut, XML¹⁴⁶ nyelven írt és .NET platformon fejlesztett. Átviteli utak tekintetében kisalegység szinten a Magyar Honvédségben is rendszeresített MRR eszközöket alkalmazza, magasabb egységeknél Link 16-ot használ.

A rendszer nagyban hasonlít a már megismert erőkövetési rendszerekre, a különbség, hogy itt nem az erőkövetés, hanem a harcvezetés került előtérbe. A harcvezetési felület (BMS) a következő alkalmazásokat biztosítja felhasználói részére:

¹⁴⁵ Command and Control Information Systems – Vezetés-Irányítási Információs Rendszer

¹⁴⁶ Extensible Markup Language – Kiterjeszhető Jelölő Nyelv (programozási nyelv)

- SA alkalmazás térképes alapon megjeleníti a baráti- és ellenséges erők helyzetét, képes határvonalakat is megjelölni. Az általa alkalmazott szimbólumok a már ismert APP-6A szabványokon nyugszanak.
- A tervező alkalmazás lehetőséget biztosít a parancsnokoknak, hogy az SA felület segítségével műveleteket tervezzenek, és parancsokat adjanak ki alárendeltjeik részére.
- A felderítő alkalmazás az események, adatok, és jelentések tükrében, részletes felderítő információk közzétételét biztosítja.
- A tűztámogatás alkalmazásban a kijelölt szakszemélyzet tervezheti és vezetheti az alegységek, és tűztámogatók tüzét.
- A fegyverirányítás modul bizonyos komolyabb fegyverek, mint például légvédelmi rakétakomplexumok irányító szoftveréhez is tud közvetlenül kapcsolódni.

A rendszer tervezésénél kiemelt figyelmet fordítottak a baráti tűz elkerülésére, több beépülő modul biztosítja, hogy ezt a kockázatot a minimálisra redukálják [117] [118].

A ComBat rendszert kiegészítése céljából a francia Thales megbízást kapott egy raj-szakasz szintű erőkövetési rendszer megalkotására, melyet 2009 óta alkalmaznak a norvég haderónél.

A NORMANS¹⁴⁷-t a C4I¹⁴⁸ rendszerek közé sorolják, fő felhasználója a gyalogos katona. Nemzetközi, részben civil szabványokon alapul, hogy ezzel is megteremthessék egy későbbi interoperabilitás lehetőségét. Fő funkciói:

- saját erők követése: SA (térképes alapon, a baráti és ellenséges erők megjelenítése);
- navigáció: az egyes harcos tájékozódásának elősegítése;
- kommunikáció: a rajon, szakaszon belüli kommunikáció elősegítése.

Technikai paramétereit tekintve adatkommunikáció során harcászati WLAN-t alkalmaz, a 2,4 GHz-es tartományban, a hangátvitelt pedig URH tartományban biztosítja. Tömege: 150 g (!!!), rajparancsnoki verzió esetén 440 g (a személyi kistrádiót nem számítva, melynek tömege fél kg).

Kialakításánál figyelmet fordítottak arra, hogy vegyvédelmi öltözékben is könnyen használható legyen, továbbá tervezik fegyverirányítási rendszerekkel való összekapcsolás lehetőségét is.

A NORMANS rendszer négy egymásra épülő szintből áll:

¹⁴⁷ Norwegian Modular Network Soldier – Norvég Digitálizált Harcos

¹⁴⁸ Command and Control, Communications, Computer and Intelligence - Vezetés, irányítás, kommunikáció, számítástechnika, felderítés

- egy digitális hang- és adatátvitelre párhuzamosan is képes, kis tömegű személyi rádió, mely a kisalegységes belső kommunikációt szolgálja, speciális zajszűrő fülvédővel;
- GPS (geográfiai helymeghatározás), passzív szenzorok (ellenség-barát felismerő rendszerek), energia ellátás;
- az egyes harcos által alkalmazott könnyű, karon hordozható terminál;
- raj illetve szakaszparancsnoki PDA, mely csatlakozási lehetőséget biztosít aktív szenzorokhoz (ellenség-barát felismerő rendszerek).

A 2.3. ábrán látható, 3. szintet képviselő NORMANS light nem nagyobb egy stopperóránál. Tervezésénél a saját erők követése, a személyi navigáció, és használhatóság került fókuszba. Szolgáltatásai: GPS, útvonaltervezés, előre szerkesztett, szabvány üzenetek küldése, üzenetek fogadása.



2.3. kép. A NORMANS light és advanced (forrás: [119])

A mellette látható NORMANS advanced a raj- és szakaszparancsnokok eszköze. PDA nagyságú, és kezelését tekintve is nagyban hasonlít korunk okostelefonjaira. Szolgáltatásai: grafikus kezelőfelület, saját erők követése, alegységeket jelölő szimbólumok felvitele az SA-ra, üzenetküldés, -fogadás. A NORMANS advanced egyaránt alkalmazható harc közben, és a tervezés fázisaiban.

A NORMANS eszközök a ComBat rendszer gépjárműre telepített BMS felvevőpontjain keresztül beszinkronizálnak a rendszerbe, megteremtve a hadműveleti szinttől egészen az egyes harcos szintig a harcászati helyzet folyamatos követésének lehetőségét.

A NORMANS rendszer jó példája az aszimmetrikus hadviselés kommunikációs kihívásaira adott válaszoknak, gondolva az afganisztáni műveletekre, ahol a harcot szövetséges oldalról többnyire raj-szakasz szintű erők vívták.

2.5 TETRA és TETRAPOL rendszereken nyugvó erőkövetési megoldások

Bár a TETRA és TETRAPOL rendszerek az UHF sávban üzemelnek, azok rendszerspecifikációi miatt érdemes elkülönülten tárgyalni azokat. A '90-es évek elején Európa szerte megjelent az igény olyan főleg kormányzati célú, országos lefedettségű, egymással kooperálni képes virtuális magánhálózatokat is biztosító digitális mobilkommunikációs rendszerek iránt, amelyek képesek felváltani a lassan elavuló félben lévő analóg rendszereket.

A hozzáférés szervezését tekintve a TETRA TDMA, míg a TETRAPOL FDMA¹⁴⁹ rendszer. A TETRAPOL által biztosított szűkebb sávszélesség miatt nagyobb hatótávolság elérését tette lehetővé, mely a „rural¹⁵⁰” felhasználások területén tette előnyösebbé. A TETRA ezzel szemben nagyobb forgalmat képes kiszolgálni és a városi (urban) felhasználásoknál mutatkozik erősebbnek. A 2010-es években a TETRAPOL rendszert 30 ország 64 hálózata, a TETRA rendszert 55 ország 325 hálózata implementálta [120].

Jelen tendenciák alapján a TETRA rendszer jóval elterjedtebbnek mondható, és fejlesztési perspektívái komoly potenciált hordoznak magukban, illetve a honi megvalósítás is TETRA alapú. Azonban elemzésemben be kívánom mutatni a TETRAPOL alapú KFTS rendszert, amely a NATO erők koszovói trónkölt, digitális mobilrádió rendszerén nyugvó erőkövetési rendszer.

2.5.1 A TETRA rendszer áttekintése

A TETRA szabványt 1989-1993. között dolgozta ki az Európai Telekommunikációs Szabványügyi Intézet (ETSI¹⁵¹) olyan digitális személyi mobil rádiórendszerként (dPMR¹⁵²), amely képes kiváltani a nagyobb magánhálózati analóg rádiórendszereket, mint például az európai államok készenléti és rendészeti szerveinél elterjedt analóg URH kommunikációs rendszerek.

Fontos kiemelni, hogy a TETRA szabvány nem köti ki a konkrét rendszerparamétereket, hanem a rendszer által kötelezően nyújtott szolgáltatásokat és külső

¹⁴⁹ Frequency Division Multiplexing Acces – Frekvenciaosztásos Többszörös Hozzáférés

¹⁵⁰ vidéki

¹⁵¹ European Telecommunication Standards Institute - Európai Telekommunikációs Szabványügyi Intézet

¹⁵² digital Personal Mobile Radio – Digitális Személyi Mobil Rádió

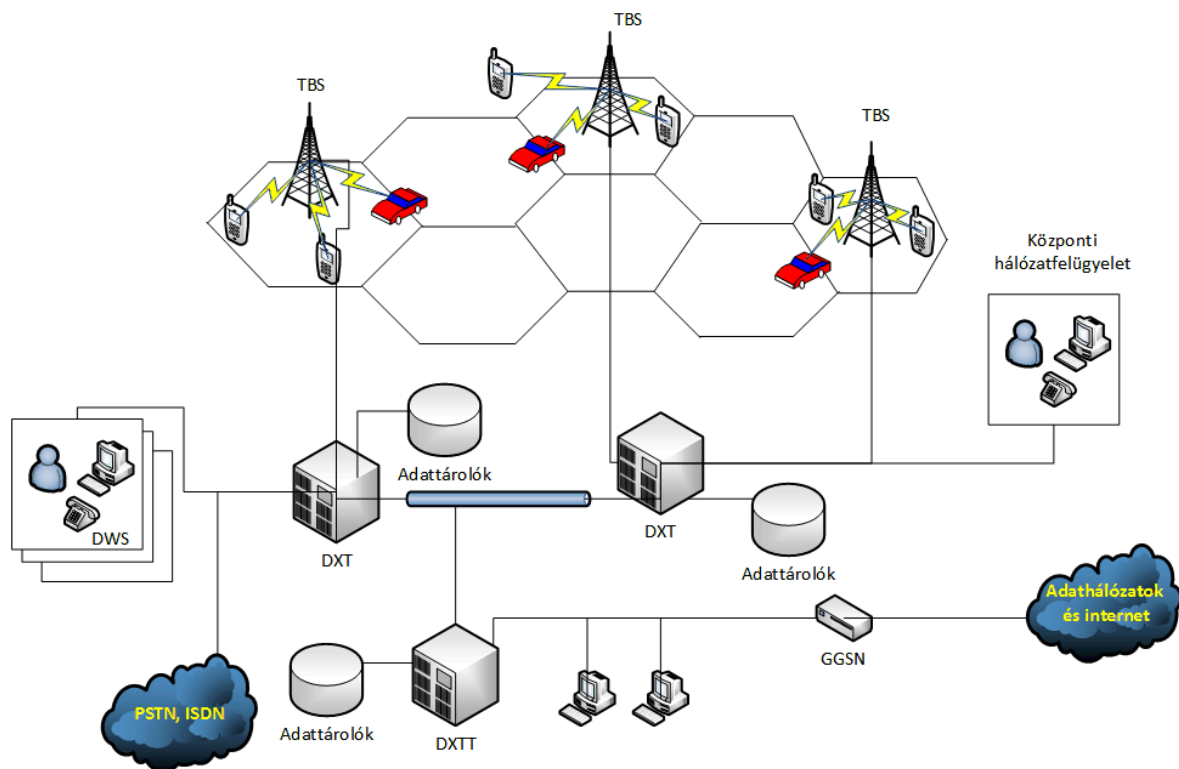
interfészeket tartalmazza. Tehát az egyes országok, gyártók TETRA rendszerei eltérő megoldásokat tartalmazhatnak, mindazonáltal megállapítható, hogy a főbb technikai paraméterek megegyeznek [121].

Magyarországon 2007. február 1-jétől üzemel teljes kiépítettségében a honi TETRA rendszer, melyet Egységes Digitális Rádiótávközlő Rendszernek (EDR) nevezünk. Az EDR 266 stacioner és 5 mobil bázisállomással, az ország területének több mint 90%-os lefedettsége és 99,9%-os rendelkezésre állási mutatók mellett szolgál ki közel 42.000 felhasználót [122]. A 346/2010. (XII. 28.) kormányrendelet alapján az EDR rendszert alkalmazó szervezetek a következők:

- Rendőrség;
- Büntetés végrehajtás;
- Titkosszolgálatok;
- Miniszterelnökség;
- Katasztrófavédelem;
- Magyar Honvédség;
- Országos Mentőszolgálat;
- Vízügyi Igazgatóságok;
- Nemzeti Adó- és Vámhivatal;
- EDR kormányzati célú szolgáltató (Pro-M Zrt.);
- Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság;
- Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal;
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt [123].

Az EDR $\pi/4$ DQPSK¹⁵³ modulációt alkalmaz. Rendszertechnikáját tekintve tartalmaz bázisállomásokat (rádió interfész), átviteli utakat a bázisállomások és a hívások kezelését szolgáló digitális kapcsolóközpontok között, továbbá adatbázisokat és hálózatfelügyeleti rendszert, valamint gatewayeket, amelyek más hálózatokba biztosítanak átjárást. Magyarországon a Nokia TETRA rendszere került kiépítésre, melyet a 2.4. ábra szemléltet [4; p. 26.].

¹⁵³ Differential Quadrature Phase-Shift Keying - Változó Négyállapotú Fázisbillentyűzés



2.4. ábra. Az EDR rendszer felépítése (forrás: [4; p. 24.] alapján szerkesztette a szerző)

Ez egy olyan cellás mobiltelefon hálózat, amely rugalmasan alakítható struktúrával rendelkezik, és képes kiszolgálni a készenléti, rendészeti szervek igényeit. A rendszer részei a bázisállomások (TBS¹⁵⁴), melyek egyenként legfeljebb 32 fizikailag elkülönített csatornát képesek lekezelni. Ezek kapcsolódnak a digitális kapcsolóközpontokhoz, amelyek a felhasználók, diszpécserek összekapcsolását végzik a bázisállomásokon keresztül, illetve ezek a más hálózatokba való átjárás közbenső állomásai.

Hierarchikus központhálózatok esetén szükséges egy olyan primer kapcsolóközpont beiktatása, amely önmagában nem képes a bázisállomások összekapcsolására, azonban összekapcsolja a DXT¹⁵⁵ tranzitközpontokat, és átbocsátóképessége bőven meghaladja azokét.

Az EDR rendszer a GGSN¹⁵⁶ gatewayen keresztül csatlakozik más informatikai hálózatokhoz és az internethez.

Az EDR rendszer felhasználói szervezetenként külön virtuális magánhálózatokra (VPN¹⁵⁷) tagozódik. Az egyes VPN-ek felhasználói szemszögből önálló hálózatoknak tűnnek, így minden VPN-hez külön diszpécser rendszer (DWS¹⁵⁸) tartozik, mely képes a

¹⁵⁴ TETRA Base Station – TETRA Bázisállomás

¹⁵⁵ Digital Exchange for TETRA – TETRA Rendszert Kiszolgáló Digitális Kapcsolóközpont

¹⁵⁶ Gateway GPRS Support Node – Hálózati Csatoló

¹⁵⁷ Virtual Private Network – Virtuális Magánhálózat

¹⁵⁸ Dispatcher Workstation – Diszpécser Munkaállomás

VPN menedzselésére, jogosultságok és szolgáltatások definiálására, a felhasználók nyomon követésére, tevékenységük figyelésére. Ez a lehetőség nagy jelentőséggel bír a tárgyalt téma tekintetében, ugyanis a diszpécser állomások kulcsszerepet játszanak a TETRA AVL szolgáltatások biztosításában.

A teljes hálózat felügyeletét a Pro-M Zrt. a NetAct hálózatfelügyeleti rendszeren keresztül végzi, ideértve a hibakezelést, illetve a hálózati elemek konfigurálását. Az egyes szervek (pl.: Rendőrség, Honvédség, Katasztrófavédelem) csak VPN menedzsment jogosultsággal rendelkeznek [4; p. 26.].

2.5.2 Az EDR biztonsága és a rendszer által nyújtott szolgáltatások

Korábban a rendészeti és készenléti szerveknél alkalmazott analóg rádiórendszerek által nyújtott kommunikációs szolgáltatások biztonsága kérdéses volt. A CTCSS¹⁵⁹ rendszerrel védett, vagy e nélkül alkalmazott csatornák egyszerű rádióamatőr ismeretekkel és némi időráfordítással könnyen lehallgathatók voltak.

Hazánkban a Nokia által szállított TETRA rendszer lehetővé teszi a felhasználók közötti zárt és biztonságos kommunikációt, a csoportkommunikációk egymástól történő biztonságos elkülönítését [124; p. 315.].

A korábbi nyílt minősítésű analóg rendszerekkel ellentétben megakadályozza az illetéktelen hozzáférést, jogosulatlan lehallgatást, a bizalmasság, letagadhatatlanság sérülését, az illegális információ- és adatfelhasználást [124; p. 315.].

A terminálok képesek trónkölt módban a hálózatot kihasználva cellás mobilhálózatként, illetve arról lecsatlakozva szigetenként direkt módban (DMO¹⁶⁰) kommunikálni egymással [125]. A TMO¹⁶¹ mód a rendszer alapértelmezett üzemmódja, segítségével a terminálok képesek a számukra előre definiált forgalmi csoportokban csoporthívást kezdeményezni, amely egy pont-multipont félduplex összeköttetést eredményez, hasonlóan az analóg rádióhíradásban ismert rádióhálókhhoz. A teljes hálózaton akár több száz, egymástól független beszédcsoport is üzemelhet, egymás zavarása nélkül [4; pp. 28-30.]. Lehetőség van dinamikus forgalmi csoportok kialakítására, melyeket távolról a diszpécser menedzsel. Igény alapján a kijelölt felhasználókat egy forgalmi hálóba szervezi, ezáltal a különböző szervektől érkező más-más forgalmi adattal feltöltött terminálok között könnyen rádióhálót lehet kialakítani, függetlenül a végfelhasználók

¹⁵⁹ Continuous Tone Coded Squelch System – Folyamatos Hanggal Kódolt Zajzár

¹⁶⁰ Direct Mode Operation – Direkt Üzemmód

¹⁶¹ Trunked Mode Operation – Trónkölt Mód

technikai szaktudásától (nem kell az eszközt programozni, bonyolult paramétereket beállítani, elegendő egy csatornaváltás néhány gombnyomással).

Továbbá minden terminál rendelkezik egyedi hívószámmal, melyek tárcsázásával a felhasználók képesek más terminállal célhívás formájában felvenni a kapcsolatot, mely egy duplex pont-pont összeköttetést eredményez, hasonlóan a mobiltelefonokon megszokott telefonhívásokhoz. A célhívások függetlenek az aktuális VPN-től, így akár egy a rendőrség állományába tartozó eszköz képes felhívni a honvédség eszközét, bármilyen egyéb beállítás nélkül. A kapcsolóközpontok segítségével lehetőség adódik a kormányzati célú stationer telefonhálózatok irányába kilépni, így az MH KCEHH mellékei is könnyedén elérhetőek, megfelelő előhívószám alkalmazásával.

Az egységes európai szabványnak köszönhetően elméletileg lehetőség van a környező országok TETRA alapú rendszereivel együttműködés kialakítására is, azonban mindeközül az összekapcsolásra nem történtek lépések.

A DMO sziget üzemmódnak köszönhetően a hálózat által lefedetlen területeken is képesek a terminálok együttműködésre rövid (nx100m) hatótávolságon belül, így lehetővé válik használatuk pincékben, barlangokban, illetve egyéb lefedetlen területeken [4; p. 29.].

A rendszer Internet Protokoll (IP) alapú csomagkapcsolt adatátvitelt valósít meg, így egy legfeljebb 7,2 kbit/s sebességű transzparens fizikai csatornát képes kialakítani, amely csak a tényleges forgalom mértékében kerül lefogásra, hasonlóan a második generációs (2G) mobilhálózati adatkapcsolati megoldásokhoz [4; p. 29.] (pl.: GPRS¹⁶²).

A TETRA rendszeren megvalósuló adatkommunikáció során lehetőség nyílik négyféle hosszúságú üzenettípus (16, 32, 64, 2047 bit) továbbítására is, mely rendkívüli rugalmasságot, hatékonyságot és a mobilhálózatokénál megszokottnál magasabb szintű biztonságot nyújt a felhasználók számára [4; p. 30.].

A szabad szöveg átvitelére alkalmas, maximum 160 karakteres rövid adat szolgáltatás (SDS¹⁶³) továbbítása mellett, elérhetőek előre definiált üzenetek, valamint lehetőség van távfelügyeleti, távmérési és helymeghatározási funkciók elérésére is [4; p. 30.].

Az említett adatkommunikációs lehetőségeken valósul meg a TETRA AVL szolgáltatás. A kisméretű szabvány üzenetekben a terminálok elküldik geolokációs és egyéb információikat a szolgáltatást nyújtó szerverek felé, melyek szintetizálják az adatokat, és szórják a megfelelő kliensek részére.

¹⁶² General Packet Radio Service – Alapszintű Csomagkapcsolt Rádiókommunikációs Szolgáltatás

¹⁶³ Short Data Service – Rövid Adat Szolgáltatás

A fent említett meglehetősen alacsony adatsebesség az SDS üzenetek, illetve az erőkövetéshez szükséges adatok átvitelét biztosítja. Egyéb információk (képek, nagyobb szöveges üzenetek) küldése oly mértékben lassítaná az adatátvitelt, hogy az az eredeti funkció veszélyeztetésével is járna.

2.5.3 A TETRA AVL keretrendszer megvalósulása a különböző szintű implementációkban

Jelenleg hazánkban még kezdeti fázisban jár az AVL és APL szolgáltatások kiaknázása. Csak szűk kör részére elérhetők a helyzetinformáció szolgáltatások, amely napjainkban a VPN diszpécserekre korlátozódik. Tanulmányozva a szabvány adta lehetőségeket a rendszer kiépítettségét tekintve a következő szinteket különíthetjük el egymástól.

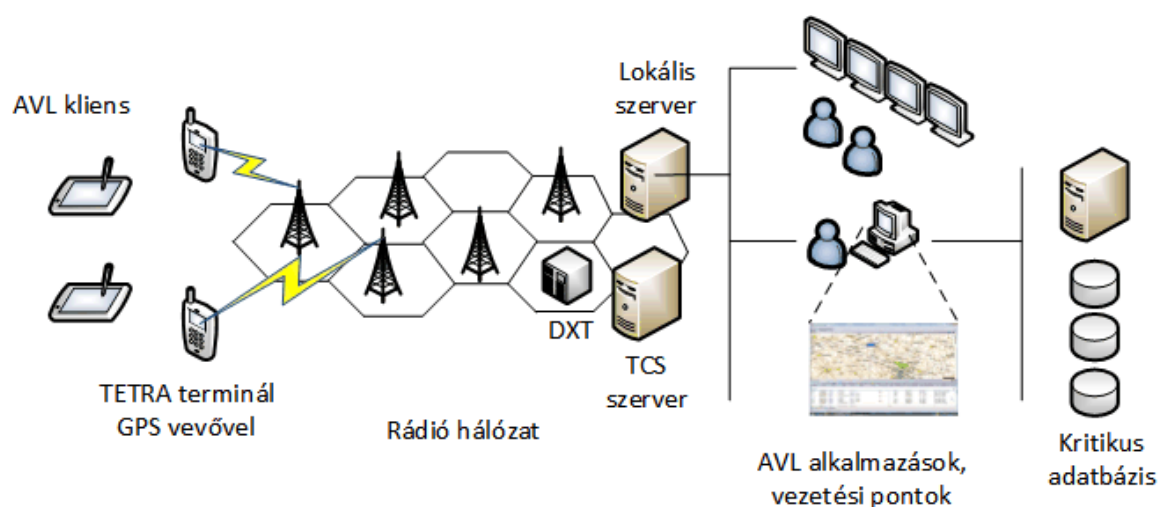
1. TETRA rendszer alapszintű kiépítettségéhez tartozó AVL szolgáltatás, ahol az AVL szerver adatait csak a VPN menedzserek képesek elérni VLAN¹⁶⁴-ba szervezett személyi számítógépeken a diszpécser központokban.
2. Olyan fejlettebb AVL szolgáltatás, ahol az erőkövetési adatbázisok már szélesebb rétegek számára elérhetők, speciális AVL kliens- vagy VLAN-ba szervezett számítógépeken. Gyakori megjelenési területe a különböző szintű vezetési- illetve művelet-irányítási pontokon, ahol nem a VPN diszpécserek vagy rendszeradminisztrátorok, hanem a művelet-irányítók esetleg hadműveleti tisztek hajtják végre a lekérdezéseket és a nyomkövetést.
3. Jelen technikai körülmények között a rendszer legmagasabb szintű kihasználását képező implementáció. A terminálok jelentős része párosított AVL klienssel, így a műveleti területen mozgó végfelhasználók is figyelemmel kísérhetik a többi terminál mozgását, adatokat kérdezhetnek le a rendszerből, a vezetési pontoktól és diszpécserektől függetlenül.

A keretrendszer további ismertetése előtt célszerű az AVL és APL fogalmakat definiálni: AVL alatt értek minden olyan TETRA rendszer alapú helymeghatározó szolgáltatást, amely a terminálok geolokációs adatait biztosítja a felhasználók számára. APL szolgáltatásról akkor beszélünk, ha a terminálokkal (kifejezetten a kézi eszközökkel) személyeket kívánunk követni. Igazodva a nemzetközi gyakorlathoz kutatásaim során az

¹⁶⁴ Virtual Local Area Network – Virtuális Lokális Kiterjedésű Hálózat

AVL kifejezést használom, az APL-t pedig a személykövetés kihangsúlyozására különítem el, főleg az eltérő jogszabályi gyakorlat, illetve a minimális szinten elkülönült technikai háttér és alkalmazási célok, szokások miatt.

A következő példán keresztül bemutatok egy magas szinten kivitelezett TETRA AVL implementációt. A bolgár tűzoltóság a veszélyhelyzet elhárítás magasabb szintű koordinálása érdekében olyan AVL alkalmazást épített ki, amely biztosítja a helyszínrre kivonuló erőknek és műveletirányító elemeknek, hogy valós időben követhessék nyomon a mentésben résztvevő egységeket [126]. A magyarországi rendszerhez hasonlóan szintén EADS alapokon nyugszik a bolgár TETRA hálózat, amelynek AVL szegmensét a 2.5. ábra szemlélteti.



2.5. ábra. A bolgár tűzoltóság TETRA AVL rendszerének vázlata (forrás: [126; p. 5.] alapján szerkesztette a szerző)

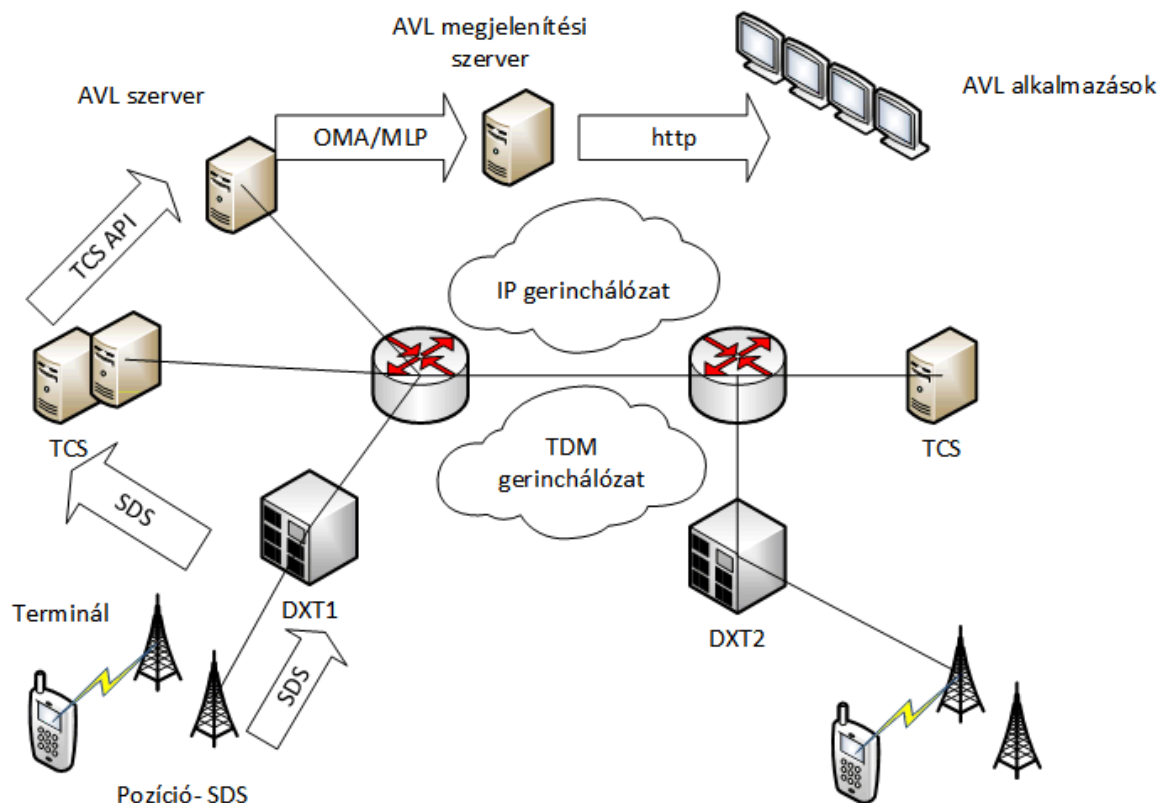
Ahogy az ábrán is látható, a rádióhálózaton keresztül feltöltődik a különböző szerverekre SDS üzenetek formájában a terminálok geolokációs helyzete, továbbá a gépjárművekben elhelyezett AVL kliensek adatokat képesek letölteni onnan, és azokat megjeleníteni. A TETRA hálózat kapcsolóközpontjaihoz (DXT) csatlakoznak a TCS¹⁶⁵ szerverek a TCS API¹⁶⁶ interfészekon keresztül. Az API interfészek feladata, hogy a termináloktól érkező információt feldolgozhatóvá tegyék a TCS és a lokális szerverek részére. A TCS szerverek feladata, hogy kiszolgálják, információkkal lássák el az AVL szervereket, és a lokális szervereket. A lokális szerverek gyűjtik és tárolják a legfrissebb geolokációs adatokat a hálózat adott szegmensében található terminálokról, továbbá információkkal látják el az AVL szervereket és alkalmazásokat, egyúttal interfészként

¹⁶⁵ TETRA Connectivity Server – TETRA Kapcsolódási Szerver

¹⁶⁶ TETRA Connectivity Server Application Programming Interface – Alkalmazás Program Interfész TCS szerverhez

szolgálnak a TCS szerverek és AVL szerverek között. Az AVL alkalmazások olyan térinformatikai (GIS) szolgáltatások, amelyek a felhasználó számára vizualizálják az adatokat, továbbá az SQL adatbázisokban szűréseket hajthatnak végre. Az AVL rendszerben felhalmozott nagy mennyiségű szenzitív információ továbbítódik egy „kritikus adatbázisba”. Hasonlóan a magyar viszonyokhoz a bolgár rendszer is kritikus infrastruktúra, így az ott képződő adatok részei a nemzeti kritikus adatbázisnak [126].

A rendszer architektúráját tekintve a következőképpen épül fel (2.6. ábra):



2.6. ábra. A bolgár tűzoltóság TETRA AVL rendszerének architektúrája (forrás: [126; p. 10.] alapján szerkesztette a szerző)

A 2.6. ábrán egy többszörösen redundáns hálózatot figyelhetünk meg. Az AVL szerver a TCS szerverekről gyűjti és rendszerezi az adatokat, melyek egy kapcsolóközpont (DXT1) csatlakoznak. Biztonsági tartalékként egy fizikailag elkülönült TCS szerver egy másik kapcsolóközpont (DXT2) csatlakozik, amely az IP gerinchálózat (IP network)on éri el az AVL szert. A különböző szerverek a fizikai tartalékolás érdekében tükörbe vannak szervezve, továbbá bizonyos időközönként mentések készülnek a Backup szerverekre [126].

A geolokációs adatok SDS üzenetek formájában jutnak el a terminálokról rádiós úton (AI¹⁶⁷) a kapcsolóközpontokig (DXT), ahonnan változatlan formában továbbítódnak a TCS szerverekre. Itt az API interfészek lefordítják az üzeneteket, melyeket az AVL szerver összegyűjt, rendszerez, tárol, és szükség szerint a felhasználók számára biztosít. Lehetőség van továbbá a VPN-ek számára különböző szervermagok létrehozására, így azok csak a saját eszközeikhez férnek hozzá. Az AVL szerver a felhasználói alkalmazások számára az AVL megjelenítési szerveren¹⁶⁸ keresztül publikálja az adatokat. Itt kétszeres fordítás történik. Az adatok a mobilkommunikációban ismert szabványüzenetekben OMA¹⁶⁹/MLP¹⁷⁰ formátumban publikálódnak a megjelenítési szerver felé, amelyről webes úton érik el az AVL alkalmazások az információkat [126].

2.5.4 A KFTS rendszer

A NATO irányítású békefenntartó erő a KFOR 1999. óta tevékenykedik Koszovóban. A kezdeti közel 50 ezer fős létszám 2016-ra már 5 ezer fő alá csökkent. Hazánk a kezdetektől fogva szerepet vállal a koszovói békefenntartó missziókban, a 2016 évben 366 fővel [127]. A biztonsági helyzetről elmondható, hogy javuló tendenciát mutat, a KFOR erők bevetését igénylő feladatok elsősorban tömegkezelési (CRC¹⁷¹) és járőrözési tevékenységre korlátozódnak.

A KFOR csapatok erőkövetési rendszere a TETRAPOL alapokon nyugvó KFTS. A terminálok felépítését tekintve állnak egy a szoftvert (Imp@ct) futtató szélsőséges körülményeknek ellenálló laptopból, GPS vevőből, az EADS MC 9600 szériás TETRAPOL adatrádióból, kommunikációs és tápkábelekből, TETRAPOL és GPS antennákból.

A rendszer a KFOR TETRAPOL hálózatán belül egy külön virtuális magánhálózatban üzemel, elkülönülten a hangalapú szolgáltatást biztosító VCN¹⁷²-től. A 10887 km² kiterjedésű ország területe erősen tagolt, összefüggő sík területek kiterjedése csekély, a területen több 2000 m-nél magasabb csúcs is található [127; p. 132.]. Ezen a területen helyezkedik el a rendszer állandó telepítésű 12 bázisállomása és két

¹⁶⁷ Air Interface – Vezeték nélküli Interfész, a TETRA rendszer vezetéknélküli rádiós szegmensét jelöli

¹⁶⁸ AVL Display Server – AVL Megjelenítési Szerver

¹⁶⁹ Open Mobile Alliance – Nyílt Forrású Mobilkommunikációs Szabványok

¹⁷⁰ Mobile Location Protocol – Mobilkommunikációs Helymeghatározási Protokoll

¹⁷¹ Crowd and Riot Control – Tömegkezelési (és lázadás elleni) műveletek

¹⁷² VHF Command Network – VHF Parancsnoki Hálózat (érdekesképpen a frekvenciatartomány a370-400MHz, ami UHF sáv)

kapcsolóközpontja, amely 90 %-os lefedettséget biztosít a terminálok számára. A geolokális információkat szolgáltató GPS vevők 20 m pontosságot nyújtanak.

Az Imp@ct szoftver számos hasonlóságot mutat az IFTS-sel. Az alkalmazás Windows 2000 operációs rendszer alatt fut, rendelkezik térképes, biztonsági, üzenetküldő, menedzsment és COP modullal. A biztonsági modul révén a rendszer védett a kompromitálódás ellen, helyben, illetve távolról is lehetséges a terminál zérózása. Az alapvető GIS képességeken túlmenően, lehetséges grafikus harcparancsok kiadása (COP modul) is [128]. Azonban a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy főleg a hálózati kapacitások szűk keresztmetszete miatt, a memória gyorsan megtelik, így a funkció alkalmazása hagy némi kívánnivalót maga után. A rendszer 3 percenként frissíti a helyzetismeret információkat, továbbá hiba esetén 6 illetve 12 perc kiesés után figyelmezteti a többi terminált, hogy GPS vagy kommunikációs kapcsolati hiba van a terminálban (bizonytalan pozíció, összeköttetés hiánya). A hibát követően 1 órával, amennyiben az továbbra is fennáll, kijelentkezett felhasználóként jelenünk meg a térképen utolsó validált pozíciókkal.

A terminálok vezeték nélküli összeköttetéséért elsődlegesen a már említett EADS MC 9600 szériás (pl.: 9610, 9635) TETRAPOL adatrádió felel, melyet 1997-2001 között fejlesztettek ki [129; p. 3]. A másodlagos összeköttetést INMARSAT kommunikációs terminálok biztosíthatják, azonban ez a magas költségek miatt szinte csak bemutató darabokban létezik. A TETRAPOL adatrádió 20 W teljesítménnyel sugároz a 370-400 MHz frekvenciasávban GMSK modulációval, 10 illetve 12,5 kHz sávszélességű csatornákon [129].

A felhasználói tapasztalatok alapján megállapítható, hogy bár közel 10 éves informatikai rendszerről van szó (pl.: Windows 2000 operációs rendszer), az stabilan képes kiszolgálni a nyomkövetés igényeit. A terminál gépjárműves beépítését illetően hasznos tapasztalatokra tettünk szert. A terminálok jól integrálhatók a Mercedes G-270 és G-250-es gépjárműveken alapuló PK-1-4 parancsnoki rádióállomásokba is. A szoftvert futtató laptop konzol segítségével a gépjármű parancsnoki (jobb első ülés) munkahelyre került, ezáltal biztosítva a parancsnok információ igényeit. Hátrányként megemlíthető, hogy ezen pozícióban a légszákot nem lehet használni. Azonban ez a többi parancsnoki rádióállomás kivitelezésénél is elmondható, valamint az US ARMY által alkalmazott HMMWV¹⁷³

¹⁷³ High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle – Magas Mobilitású Többcélú Kerekes Jármű

esetében sincs légszák, bár ott a gépjárművezető és a parancsnok között helyezkedik el a rádió és a terminál.

A TETRAPOL adatrádió a parancsnok ülése mögött került elhelyezésre, a GPS és TETRAPOL antennák a motorháztetőn. Elmondható, hogy lehetőség volt ergonomikusan kialakítani a parancsnoki munkahelyet a gépjárműben.

Összességében a KFTS rendszer egy jó példa az automatizált baráti erők követésének honi kialakítását illetően, azonban közvetlen hazai alkalmazása nem javasolt az egyes IT elemek avultsága okán. Ettől eltekintve számos tulajdonságát érdemes lenne implementálni.

2.6 Műholdas összeköttetésen alapuló erőkövetési rendszerek

Napjaink erőkövetési rendszerei közül empirikus tapasztalataim alapján a legsikeresebbek a műholdas vezeték nélküli kapcsolatokon alapuló megoldások. A műholdas kommunikációs vonalnak köszönhetően a globális lefedettséget biztosító rendszerek magas rendelkezésre állási mutatók mellett képesek a helyzetismeret információk megosztására.

A korábban bemutatott harcászati rádiókon és TETRA rendszereken, a hang alapú átvitel mellett másodlagosan biztosított nyomkövetés szolgáltatással ellentétben, a következőkben bemutatott műholdas összeköttetések alapuló rendszerek (IFTS, BFTS) olyan harcvezető rendszerek, melyek elsődleges feladata a baráti erők nyomon követése. Ez a szemléletbeli különbség realizálódik a rendszerkialakításban is, természetesen a földfelszíni (G/G) és műholdas vonalak (G/S/G¹⁷⁴) közötti különbségen túlmenően.

A technikai és technológiai fejlődés lehetővé tette az egyes felhasználók számára, hogy bármely időpontban, a föld bármely pontján hozzáférjenek mobil műholdas beszéd- és adatátviteli szolgáltatásokhoz (MSS¹⁷⁵), kétirányú pont-pont rendszerekben (SCPC¹⁷⁶), az alkalmazási környezet infrastruktúrájától függetlenül [4; pp. 97-103.].

Ezen SCPC rendszerekről (pl.: Iridium, Inmarsat) általánosságban elmondható, hogy három szegmensből állnak: vezérlő-, űr-, és felhasználói szegmens. Az űrszegmenst többnyire alacsony (LEO¹⁷⁷) vagy közepes (MEO¹⁷⁸), esetleg geoszinkron (GEO¹⁷⁹) pályás

¹⁷⁴ Ground to space to ground – Föld – Világűr Összeköttetés

¹⁷⁵ Mobile Satellite Services – Mobil Műholdas Beszéd- és Adatátviteli Szolgáltatás

¹⁷⁶ Single Channel Per Carrier - Kétirányú Pont-Pont (műholdas kommunikációs) Rendszer

¹⁷⁷ Low Earth Orbital – Alacsony Földkörüli Pálya

¹⁷⁸ Medium Earth Orbital – Közepes Földkörüli Pálya

¹⁷⁹ Geostationary Earth Orbital – Geoszinkron Földkörüli Pálya

műholdak alkotják (2.6. táblázat). A pályamagasságtól függ a szabadtéri csillapítás, a doppler csúszás értéke, a jelterjedésből eredő késleltetési idő, illetve a globális lefedettséghez szükséges műholdak száma [4; p. 100.].

A cellák lehetnek földhöz rögzítettek, vagy mozoghatnak nagy sebességgel a földfelszínhez képest (ez megnöveli a handoverek számát), a területi ellátottság pedig a földi átjáró állomások (gateway) elhelyezkedésétől, illetve a műhold-konstellációtól függ. A műholdak lehetnek átjátszóállomások, vagy végrehajthatnak kapcsolási funkciókat, ezáltal megbízhatóságuk is lényegesen nagyobb, mivel a kommunikációs csatornák függetlenek a földi infrastruktúrától [4; p. 101.].

	Globális lefedettséghez szükséges műholdak száma (db)	Tipikus pályamagasság (km)	Egy ugrás késleltetése (ms)	Maximális doppler csúszás (kHz)
GEO	3	35786	238-278	Nincs
MEO	10-15	5000-13000	60-80	Nx10
LEO	40-60	500-1500	6-8	Nx100

2.6. táblázat. Műhold pályasávok adatai (forrás: [4; p. 100.]

A műholdas összeköttetéseken alapuló erőkövetési rendszerek ismertetését az Afganisztánban már a magyar katonák által is alkalmazott IFTS rendszerrel kezdem.

2.6.1 ISAF Force Tracking System bemutatása és a felhasználás tapasztalatai

Az IFTS rendszer egy olyan, a Nemzetközi Biztonsági Közreműködő Erők (ISAF¹⁸⁰) által fenntartott modern erőkövetési rendszer, amelyet a NATO afganisztáni katonai szerepvállalása során a résztvevő nemzetek számára biztosítottak.

Az IFTS rendszer létrehozásával azt a célt tűzte ki a koalíciós haderő, hogy a felhasználók részére közel valós idejű helyzetismeret információkat biztosítanak digitális térképi felületen a szöveges üzenetküldés lehetőségével [S2].

Az IFTS az MDS¹⁸¹ műholdas rendszeren keresztül kommunikál, melyet az MSV¹⁸² távközlési cég biztosít [130] [131].

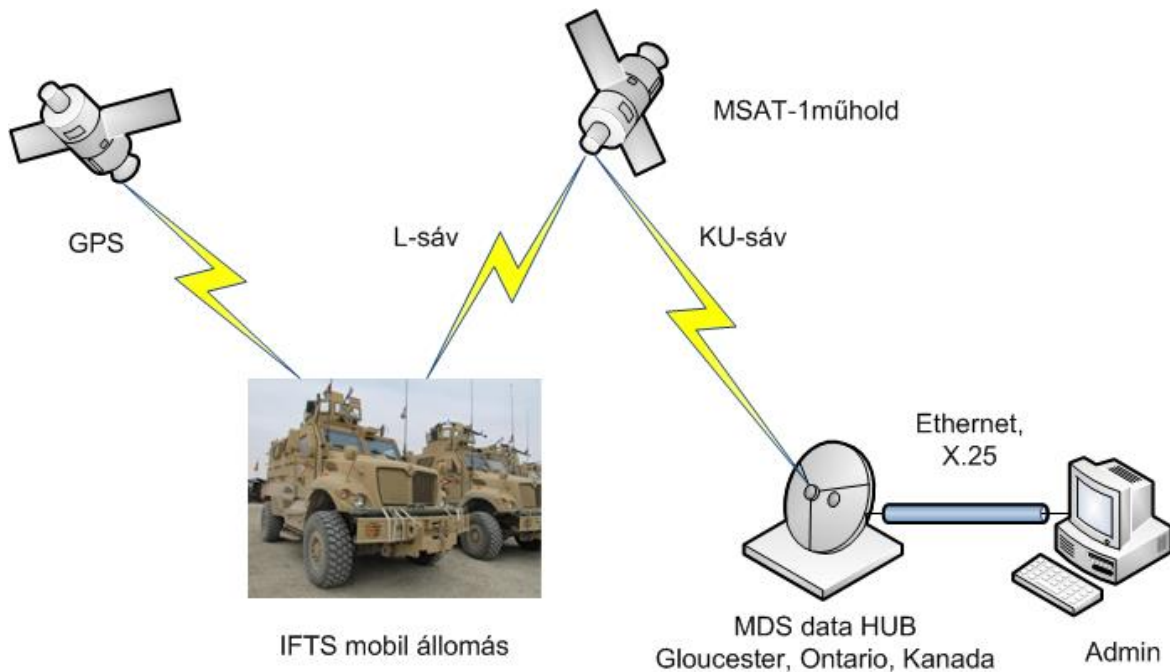
A járművekbe szerelt mobil állomás a helyzet-meghatározás lehetőségének biztosítása érdekében GPS vevővel került ellátásra. A mobil állomások a PDT-100 antenna és adó-vevő segítségével, képesek a műholdas kommunikációra. Az Afganisztánban tartózkodó szövetséges erők az MDS műholdas kommunikációs rendszer részét képező

¹⁸⁰ International Security and Assistant Forces

¹⁸¹ Mobile Data Services – Mobil Adat Szolgáltatás- egy műholdas rendszer elnevezése

¹⁸² Mobile Satellite Ventures – Távközlési cég elnevezése

MSAT-1 geoszinkron pályán mozgó műholdon keresztül képesek kapcsolatot teremteni a rendszer többi elemével. A rendszer felépítése a 2.7. ábrán látható [131].



2.7. ábra. Az IFTS rendszer felépítése (forrás: [131; p. 9.] alapján szerkesztette a szerző)

A rendszer vezérlését Kanadából, az Ontario állambeli Gloucesterből végzik, az ott kiépített „MDS data HUB,” vagyis a hálózatvezérlő központ segítségével. Ez a vezérlőállomás Ku-sávós (10,7-18 GHz) [132] összeköttetést tart fenn a műhoddal, továbbá a teljes IFTS rendszer központi rendszerfelügyeletét képes biztosítani. Az „MDS data HUB” távvezérlése egy független ethernet hálózaton keresztül történik [131].

Lehetőség van továbbá a mobil terminál antennájába épített GSM üzenet interfészen keresztül GSM 07.05 szabvány szerinti üzenetekkel távvezérelni a rendszert. A felhasználó által kezelt IFTS terminálokat három fő típusba sorolhatjuk:

- Mobil Terminál (MT¹⁸³) – gépjárműbe beépített;
- Mobil Harcvezetési Állomás (MCP¹⁸⁴) – előretolt harcállásponton telepített;
- Kézi Hordozható Egység (MDT¹⁸⁵) – járműről leszállva alkalmazható.

A gépjárműbe épített mobil terminál a következő fő részekből áll: PDT-100 antenna, terepi kivitelű laptop, vagy táblagép, áramforrás, és a megfelelő összekötő kábelek [133].

¹⁸³ Mobile Terminal – Mobil Terminál

¹⁸⁴ Mobile Command Post – Mobil Harcvezetési Állomás

¹⁸⁵ Mobile Dismountable Terminal – Kézi Hordozható Egység

A PDT-100 antenna szélsőséges időjárási körülményekre került kialakításra. Az antenna alján elhelyezett erős mágnesszalpák segítségével, bármely fém tetejű járműre rögzíthető. Ebben került elhelyezésre, a geográfiai helyzet-meghatározására alkalmas GPS vevő egység, egy GEO pályás műholddal kommunikálni képes omni antenna, továbbá az L-sávós (1,525 GHz-1,660 GHz) műholdas adó-vevő egység. Az adatforgalmazásra a GPS rendszerből már jól ismert NMEA 0183 protokollt alkalmazza, az átlagos sebessége 9600 bit/s. Az említett értékekből jól látható, hogy ilyen alacsony sebesség mellett csak rövid szöveges üzenetek és az SA adatok átvitele megoldható közel valós időben. Megítélésem szerint a grafikus információk, és nagyobb fájlok (járőrök megfigyelései során készített képek, dokumentumok) átvitele nem ajánlott, mivel ilyen sebesség mellett ez hosszú percekig, órákig eltarthatna, és lefogná a teljes hálózati forgalmat. A járműbe beépített mobil terminálhoz lehetőség van egy úgynevezett kézi hordozható terminált is illeszteni. Ez egy szintén szélsőséges körülményeknek ellenálló, táblagép, amely járműről szállás esetén, a mobil terminált átjátszónak használva képes kommunikálni a többi egységgel. Ez esetben a mobil terminál kiegészítésre kerül egy modemmel és egy körsugárzó antennával [130] [131].

Az ISAF FTS programot futtató számítógép tartalmaz egy titkosító komponenst, egy kommunikációs modult, egy felhasználói interfészt, előre feltöltött térképet, műholdképeket és adatbázist. A rendszer a NATO STANAG 2019 APP-6A [134] szerinti szimbólumrendszert alkalmazza.

Kiemelt szempont volt az IFTS megalkotásánál az interoperabilitás, a más rendszerekkel való együttműködés lehetőségének biztosítása. Ezen a területen a szövetséges csapatok nagy arányú kivonásáig, csak részeredményeket sikerült felmutatni, ugyanis a másik, Afganisztánban széles körben alkalmazott erőkövetési rendszerrel, az amerikai FBCB2-val, csak minimális szinten tud együttműködni. Láttam a másik rendszer azonosítóját és pozícióját, de nem volt képes sem üzenetet küldeni, sem pedig fogadni tőle [135].

A rendszer minősítése ISAF Mission Restrected (bizalmas) volt, mely értelmében a rendszeren közölt információk nem lehetnek e szintnél magasabbak, továbbá az ott közölt adatok, üzenetek, pozíciók is alapvetően ezzel a minősítéssel rendelkeztek [130].

Az IFTS alkalmazása az MH afganisztáni szerepvállalása során

A Magyar Honvédség az IFTS projekt indulásától használta a rendszert Afganisztánban. A program első fázisában (2006. október – 2007. június) még AFTS¹⁸⁶ - nek nevezték, és komoly problémák merültek fel az üzembiztonságot illetően. Az évek során azonban kiküszöbölték a rendszer működési anomáliáit és 2011-re már üzembiztosnak volt mondható a rendszer. [S4]

Afganisztánban több magyar alegység is alkalmazta az ISAF Force Tracking System-et, többek között az MH Tartományi Újjáépítési Csoport (MH PRT¹⁸⁷), és az MH Műveleti Tanácsadó és Összekötő Csoport (MH OMLT¹⁸⁸) is. Az IFTS volt, az amerikai BFTS-t megelőzően, az első erőkövetési rendszer, mely a minősített összeköttetés egyik, gyakran egyetlen módját nyújtotta az alegységek és az előljáró harcvezetési pontok között az ISAF missziókban. A rendszert jól lehetett alkalmazni konvojkövetésre, az MH PRT 11-es váltás után pedig VIP¹⁸⁹ követésre is bevetették. A PRT és OMLT között, pedig az egyik legfontosabb védett összeköttetési módot biztosította.

Az Afganisztánban szolgáló magyar csapatok többször végeztek olyan műveleteket, ahol helyőrségüktől távol foglaltak előretolt műveleti bázist (FOB¹⁹⁰). Ilyenkor az IFTS a minősített kommunikáció egyik alternatíváját nyújtotta elsődleges, vagy másodlagos lehetőségként.

Az MH PRT 11-es váltás híradó és informatikai tisztjeként mélyrehatóan megismerkedhettem az IFTS rendszerrel, problémáival, és azok megoldási lehetőségeivel.

A PDT-100 antennák mágnes talpaik segítségével kiválóan rögzíthetők fém felületekhez, azonban a magyar erők által is alkalmazott amerikai harcjárművek, olyan kompozit anyagból készültek (pl.: MRAP MAXXPRO), melyek amagnetikusak. Megoldásként a járművek tetejére fémlemezt erősítettek, és erre rögzítették az antennákat.

Az eszköz kezelési- és karbantartási utasításában megtalálható ajánlás szerint, az antenna 5 m-es körzetében más sugárzó eszköz nem üzemelhet, azonban ez nehezen volt megoldható, tekintettel a gép- és harcjárműves elhelyezés szűkössege miatt. Az 5 m-en belül működő más kommunikációs eszközök (pl.: Iridium műholdas telefon, 50W-os URH rádió) jellemzően nem zavarták a rendszert [S2] [131].

¹⁸⁶ Afghanistan Force Tracking System – Afganisztáni Erőkövetési Rendszer

¹⁸⁷ Provincial Reconstruction Team – Tartományi Újjáépítési Csoport

¹⁸⁸ Operational Mentoring and Liaison Team – Műveleti Tanácsadó és Összekötő Csoport

¹⁸⁹ Very Important Person – kiemelt, különösen fontos személy

¹⁹⁰ Forward Operational Base – előretolt műveleti bázis

Az eszköz az L-sávban üzemel (1,525 GHz-1,660 GHz) [132]. Bár az aktív zavaró berendezések (jammer) hivatalosan ezt a tartományt nem fogták le, mégis aktív zavarás mellett nem volt alkalmazható az eszköz. A probléma valószínűleg a felharmónikusoknak, vagy a vevő bemenetére eső nagy teljesítménynek volt köszönhető, ugyanis az aktív zavaró eszköz antennája, amely 100 W teljesítménnyel sugárzott, 2 m távolságra helyezkedett el az IFTS antennától, amely letiltott a zavarást érzékelvén. Az általunk elvégzett próbaüzemek során tapasztaltuk, hogy a működő rendszer bekapcsolt aktív zavaróeszköz mellett, a terminál és a műhold közötti kommunikációt visszajelző ikon (Lock) sárgára váltott (nincs kapcsolat a műhoddal), és az eszköz képtelen volt az üzenetküldésre-fogadásra, valamint a többi egység sem látta a pozícióját. Mindezek mellett továbbra is követhető volt a saját és más egységek helyzete a térképen.

A PDT-100 antennának viszonylag nagy látószögére (a vízszinteshez képest 18°-ra) van szüksége az üzembiztos kommunikáció fenntartásához, a GEO pályás műholdak miatt. Ebből eredően a gyakorlati tapasztalat azt mutatta, hogy a szűk völgyekben a kommunikáció nem működött, és a helyzetfrissítés is lassabb volt.

Gyakori hibajelenség volt, hogy a helyi gyorsító tár aránylag gyorsan megtelt. Ekkor a helyi üzemeltetőnek (backadmin, local admin) [136] volt csak jogosultsága a gyorsító tárok ürítésére. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatták, hogy ezt a karbantartást érdemes volt minden kimenetel/ járőr előtt elvégezni, ezáltal jelentősen megnövelve (kb. fél óra) az előkészületre fordítandó időt.

Összességében megállapítható, hogy az IFTS egy megbízható rendszerré fejlődött, azonban a lassú rendszerfelállítás a terminálon (bekapcsolással együtt 15 perc), és a gyakori szervizelési igény, továbbá az aktív zavarással szembeni érzékenysége miatt a katonák és alkalmazók körében alulmaradt a FBCB2 BFTS rendszerrel szemben.

2012 júliusáig az Afganisztánba készülő missziós állomány IFTS célfelkészítése nehezen volt megoldható. Honi területen a Magyar Honvédség nem rendelkezett IFTS terminállal, és elenyésző magyar nyelvű leírás volt elérhető. Az MH 25/88. Könnyű Vegyes Zászlóalj bázisán megrendezésre került OMLT 9. célfelkészítés, és a Kabul Nemzetközi Repülőtér Őr-, és biztosító Kontingens szolnoki részfelkészítése során bevezettük az angol nyelvű segédprogramok használatát, továbbá az elkészített magyar nyelvű segédanyagokat a kiutazó állomány híradó-informatikai szakszemélyzete részére átadtuk.

Az IFTS szakfelkészítés során a következő megállapításokat tettem. Bár a felkészülő állomány nagy része rendelkezik angol alap, illetve középfokú nyelvvizsgálóval,

azonban az idegen nyelvű oktatóprogramok, a szaknyelvi specifikumok miatt nehezen értelmezhetőek.

A probléma megoldásaként a rendelkezésre álló angol nyelvű segédanyagokból, az IFTS Operator Training v2.0 számítógépes program továbbfejlesztésével és kiegészítésével, létrehoztam egy önálló, magyar nyelvű html-es segédprogramot. Az IFTS Kezelői Kursus v2.1 felhasználó centrikus, az operátor által elérhető legfontosabb funkciókra fókuszál, valamint beépítésre kerültek az MH PRT-11 tapasztalatai (2.4. kép).

A számítógépes kurzus teljesítése mintegy 45 percet vesz igénybe, amely egy 34 kérdéses vizsgával zárul. A vizsga teljesítésére 17 perc áll a felhasználó rendelkezésére, és 70%-os eredménytől megfelelő minősítést ad.

Az IFTS rendszerre történő missziós-, és honi területen végrehajtott felkészítések sikeresebb végrehajtása érdekében, a magyar nyelvű segédprogramot, átadtam a missziók híradó-informatikai támogatását, felkészítését végző MH ÖHP¹⁹¹ Híradó, Informatikai, és Információvédelmi Főnökség, Infokommunikációs Műveleti Részlegének.



2.4. kép. Magyar nyelvű IFTS oktatóprogram (szerző)

¹⁹¹ Magyar Honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság

2.6.2 Az USA FBCB2 rendszere és a felhasználás tapasztalatai

Az Amerikai Egyesült Államok kormánya az Öböl-háborút (1991) követően a háborús tapasztalatokból levont következtetések alapján, igényt formált vezetés-irányítási rendszerének korszerűsítésére. Az USA korábbi háborúiban nem volt ritka jelenség a baráti tűz, ahol a távoli tűztámogató alegységek az információk pontatlansága, és kommunikációs torzulások miatt olykor a saját csapataikra vezettek tüzet. A technika fejlődésével (GPS, az informatika robbanásszerű fejlődése) 1997-ben létrehoztak egy fejlesztési ügynökséget (PEO C3T¹⁹²), melynek feladata egy korszerű harcvezetési rendszer megalkotása volt, gyakorlatilag ezzel beindítva a „saját erők követése” (BFT) programot [22].

Az első verziót 1998-ban hazai körülmények között már dandár szinten tesztelték, majd még az évben bevetették a Jugoszláv háborúban is. A Második Sivatagi Vihar hadműveletben, Irakban már a mai formájában mutatkozott be, és 2003-tól Afganisztánban is alkalmazták a rendszert. A fejlesztések azóta is folyamatosak, az általam vizsgált kutatási periódusban a 3.4 és a 3.6-os verziókkal dolgoztak a katonák [22].

A rendszer napjainkban az alábbi két fő részből áll: az FBCB2 BFT, illetve az FBCB2 EPLRS¹⁹³.

A legelterjedtebb az FBCB2 BFT, amely képes maximum bizalmas szintig összeköttetést teremteni műholdas csatornák felhasználásával. Az EPLRS olyan rendszer, mely a földi URH rádiórendszeren keresztül hoz létre minősített (titkos) összeköttetést két állomás között. Missziós területen a köznyelvben az egyszerűség kedvéért az FBCB2 BFT rendszert BFTS-nek, az FBCB2 EPLRS-t, EPLRS-nek nevezik. Szükséges megemlíteni, hogy mára a BFTS kifejezés átfogóan befedi a saját erők követésére szolgáló rendszereket az USA és a szövetséges államok haderejében, azonban az FBCB2 BFT volt az első és legelterjedtebb alkalmazás. Jelenleg is sokak számára a két fogalom ekvivalens.

Az FBCB2 BFT egy Redhat Linux alapú erőkövetési rendszer, ahol az IFTS-hez képest sokkal jobban elkülönülnek az SA és C2-es képességek. A rendszer egy olyan térképet használ, ahol egyszerre láthatók a saját és ellenséges erők, a helyi földrajzi viszonyok, sőt akár helyszín leírásokat, jelentéseket is felvihet a kezelő. Például a terep ABV¹⁹⁴ szennyezettsége, hidak állapota, akadályok, robbanóeszközök helyzete. Emellett

¹⁹² U.S. Army's Program Executive Office – Command Control and Communication Tactical Special Projects Office – Az USA erőkövetési rendszerekért felelős fejlesztési irodája

¹⁹³ Force XXI Battle Command Brigade and Below Enhanced Position Location Reporting System - XXI. századi Haderő Harcászati Szintű Vezetési Rendszere, Megerősített Helyzetjelentő Rendszer

¹⁹⁴ Atom, Biológiai, Vegyi

egy fejlett üzenetkezelési központ is megtalálható. Az üzenetek fontosság szerint rendszerezhetőek, lehetőség van szabad formátumú, illetve sablon üzenetek készítésére is.

A földi, és légi járműbe épített terminálok műholdon keresztül felveszik az összeköttetést a földi átjátszó állomással (Ground Control Station). A 2003-as iraki háborúban a terminálok az Iridium műholdas telefonrendszeren keresztül kommunikáltak a földi átjátszó állomásokkal, mely LEO pályás műholdas összeköttetést biztosított. Ezen műholdak megközelítőleg 781 km-es magasságban keringenek a föld körül, és körülbelül 100 perc alatt kerül meg azt. Ebből kifolyólag több műholdra van szükség, mint GEO pályás rendszerek esetében, és a kommunikáció fenntartásához többszörös műholdas handover-ekre van szükség, mivel az adott műholdat csak rövid ideig látja a terminál. Ennek következtében a terminálok körsugárzó antennákkal kerültek ellátásra, így az összeköttetés minőségére kevésbé hat a terep és a manőver [137].

A földi átjátszó állomás virtuális magánhálózaton (VPN) a fölfelszíni állandó telepítésű hírközlő hálózaton (mikrohullámú vezeték nélküli és optikai szálal vezetékes összeköttetéseken) keresztül, illetve ennek kiesése esetén VSAT¹⁹⁵ rendszeren elküldi az adatokat a rendszer központjába (NOC), mely a globális rendszer központja. Itt feldolgozzák az SA, illetve C2 információkat, majd SA információk esetén broadcastolják a felhasználóknak, C2 (főként szöveges üzenetek, harcparancsok) esetén pedig kézbesítik a címzettnek/címzetteknek. A NOC-ban feldolgozott jelek a már ismert módon visszakerülnek a területi átjátszó állomásokhoz, majd innen műholdon visszajutnak a terminálra (2.8. ábra) [138].

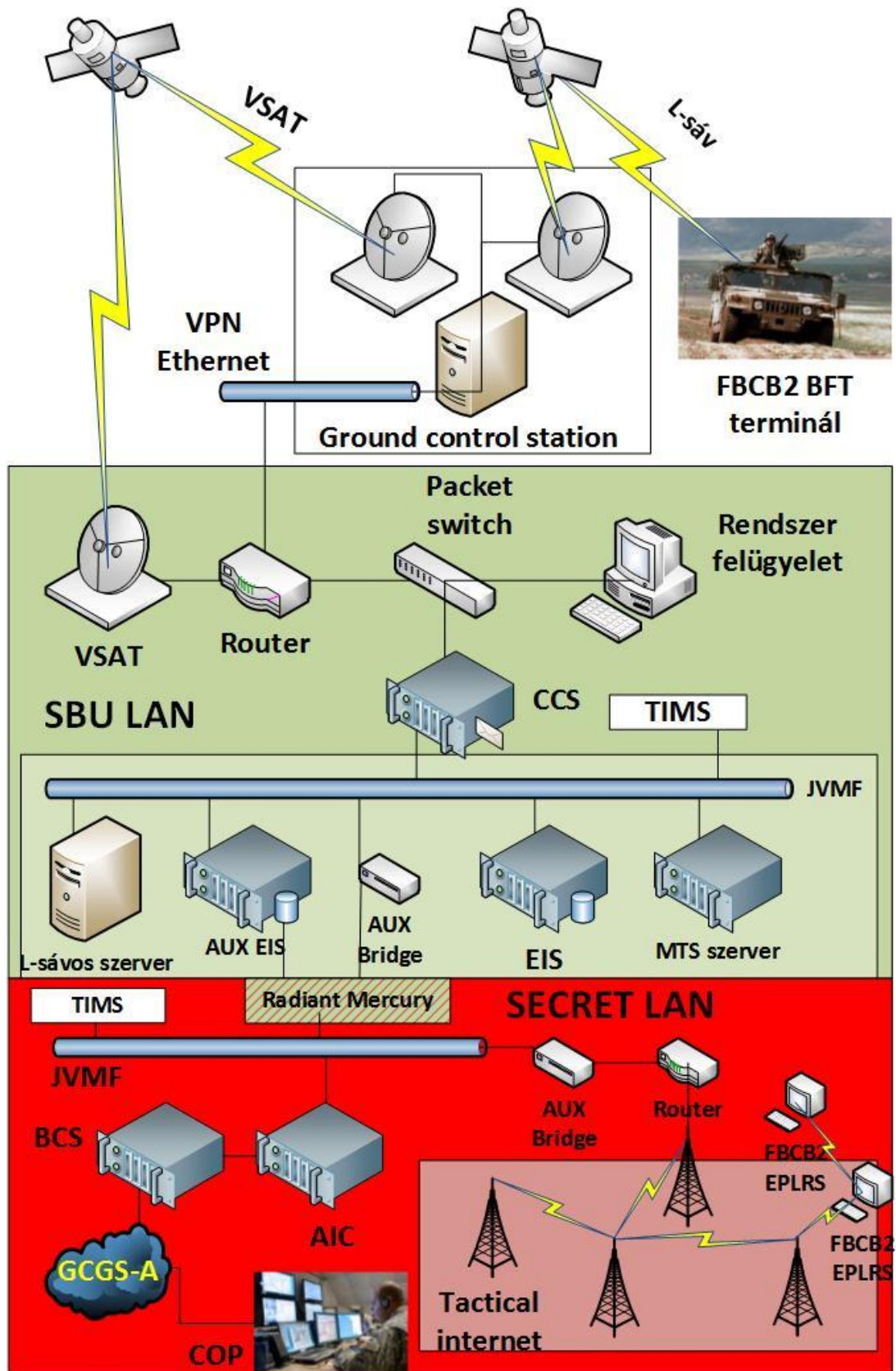
A rendszer gyorsítása érdekében, más eljárás érvényes az ellenséges erők, eszközök jelöléseire, információira. Ezek a területileg illetékes műholdas felvevőpontról azonnal visszaszóródnak az adott cellában tartózkodó felhasználókhöz, miközben természetesen továbbítódnak a NOC-ba is.

A NOC-ba bejövő jel, mint az a 2.8. ábrán látható, egy routeren keresztül a levelezőszerver és címtárba kerül (CCS¹⁹⁶), amely az üzenetkezelést és a töredezettség mentesítést végzi. Innen SA információ esetén az EIS¹⁹⁷ szerverre kerül, ahol tárolják, összeszinkronizálják a bejövő információkat, és bizonyos időnként frissítik a harcászati helyzetképet [138].

¹⁹⁵ Very small aperture terminal – Különösen kis apertúrájú antennával ellátott terminál

¹⁹⁶ Command Center Server – levelező szerver és címtár

¹⁹⁷ Enhanced Information Server – SA információk tárolására szolgáló szerver



2.8. ábra. Az FBCB2 BFT és EPLRS rendszer felépítése (forrás: [138] alapján szerkesztette a szerző)

A NOC-ba bejövő jel, mint az a 2.8. ábrán látható, egy routeren keresztül a levelezőszerver és címtárba kerül (CCS), amely az üzenetkezelést és a töredezettség mentesítést végzi. Innen SA információ esetén az EIS szerverre kerül, ahol tárolják, összeszinkronizálják a bejövő információkat, és bizonyos időnként frissítik a harcászati helyzetképet [138].

A nyílt minősítésű elemek az MTS¹⁹⁸ fájlserveren tárolódnak, azonban a fő szerepet a CCS blokk kapja, mely esetünkben levelezőszerver és címtárként funkcionál. A műholdas rendszer vezérlését a rendszerfelügyelet végzi, innen történik a különböző műholdas csatornák összehangolása, valamint a forgalomszabályozás vezérlése. Az „L-sávú” Inter Brigade szerver érdekeltségi területek szerint szűri, és koordinálja az SA adatokat [138].

Az AUX¹⁹⁹ EIS és az AUX Bridge mögé került beszerzésre a rendszer minősített része. Ide továbbítódnak a minősített levelezések, illetve a különböző csapatmozgás tervezetek. Továbbá az AUX EIS szerver végzi a JVMF²⁰⁰ formátumú üzenetek fordítását ASCII formátumúra [138].

A NOC végzi továbbá a globális rendszerfelügyeletet, a különböző területi műholdas felvevőpontok és átjátszók felügyeletét, összekoordinálását, illetve az egyes terminálok távmenedzselését, mint például kompromitálódás esetén a távoli blokkolást.

A harchelyzet ismeret információinak állapotfrissítése a NATO STANAG 5500-as szabvány szerinti, mely földi eszközre telepített terminál esetén 5 percenként, vagy 800 m-enként történik meg. A légi járműveknél - gyorsabb mozgásuknál fogva – percenként, vagy 2300 m-enként frissül a pozíció [138] [139].

BFTS terminál lehet minden olyan személyi számítógép, laptop, vagy célirányosan erre a feladatra készített számítógép, amely a speciális műholdas eszközök, és program segítségével képes bekapcsolódni a rendszerbe. A leggyakoribb termináltípus a gép- és harcjárművekbe épített változat, melyek száma 2012-re már elérte a 160 ezer darabot [22]. Az FBCB2 BFT rendszert az afganisztáni szerepvállalás során a magyar katonák is széles körben alkalmazták.

A terminál részét képező számítógép kapcsolódik egy DAGR vagy PLGR GPS vevőberendezéshez, továbbá az MT-2011E típusú antennához és adó-vevő egységhez,

¹⁹⁸ Movement Tracking System – Mozgást Követő szerver

¹⁹⁹ aux – esetünkben a kimenetre célzásként használja a rendszerterminológia, pl.: AUX EIS a secret networkbe átmenő SA információk

²⁰⁰ Joint Variable Message Format – Egységes Üzenetformátum

amely a műholdas szegmens adatátviteli kiszolgálását végzi. A terminál része még az áramellátási egység és a különböző kábelek is.

Az FBCB2 EPLRS az átviteli szegmensben tér el a már ismertetett FBCB2 BFT rendszertől. Az FBCB2 EPLRS földfelszíni URH rendszereken kommunikál, a terminál felépítését tekintve a számítógép csatlakozik egy továbbfejlesztett SINCGARS rádióhoz és az EPLRS titkosító berendezéshez. A kisugárzott jel hatótávolsága maximum 5 km, mely több átjátszó ponton keresztül csatlakozik a harcászati internet hálózathoz.

A rendszer titkos minősítésű, így megteremti a kompatibilitás lehetőségét az USA hadseregének szárazföldi vezetés-irányítási rendszerével (ABCS²⁰¹). Az FBCB2 BFT rendszerében felhalmozódó SA és C2 üzenetek a hálózati központra és a Harcászati Internet hálózaton keresztül jutnak el az FBCB2 EPLRS terminálokra és onnan vissza is.

Lehetőség van továbbá az AN/PSC-5 speciális UHF műholdas harcászati rádiót csatlakoztatni a rendszerre, mely dedikált műholdas minősített összeköttetést hoz létre két pont között. Amennyiben az egyik pont egy EPLRS terminál, a másik egy Harcászati Internet felvevőpont, akkor máris növekszik a rendszer hatótávolsága. Azonban ez a lehetőség még az USA hadseregén belül is erősen korlátozott, elsősorban különleges műveleti alegységek alkalmazzák.

A 2.8. ábrán megtekinthetőek az FBCB2 EPLRS és FBCB2 BFT rendszer kapcsolódási pontjai. A NOC zöld alapon jelzett részei a BFTS rendszerét szolgálják ki, mint üzenetkezelés, SA, műholdas átviteli utak koordinációja. A vörös alapon jelzett rész a NOC minősített oldala, amely kapcsolódik az ABCS-hez és itt rajzolódnak ki a COP információk is. A titkos minősítésű hálózatot, a komplex algoritmusokat és protokollokat alkalmazó Radiant Mercury tűzfal védi, amely szabályozza az SA és szöveges üzenetek kilépését a minősített oldalról, feladata a szenzitív információk kompromitálódás elleni védelme. A SECRET LAN-ra közvetlenül kapcsolódik az AIC²⁰² egység, amely publikálja a BCS²⁰³ részére az SA adatokat. A BCS az Egyesült Államok hadseregének harcászati szintű vezetés irányítási rendszere (az ABCS csak az Army-é, azaz a szárazföldi haderőé), innen kerülnek továbbküldésre az Army hadászati szintű C2 rendszerére (GCGS-A²⁰⁴). A GCGS-nek integráns része az MCS²⁰⁵ központ, ahol a hadászati szintű parancsnokok és törzseik végzik a közel valós idejű harctér monitorozást, és a műveletek tervezését. A

²⁰¹ Army Battle Command System – USA Szárazföldi Haderőnem Harcvezetési Rendszere

²⁰² ABCS Information Client – ABCS Információs Kliens

²⁰³ Battle Command Server – Hadászati Harcvezetési Szerver

²⁰⁴ Global Command and Control System – Army – az USA Szárazföldi Haderőnem Hadászati C2 Rendszere

²⁰⁵ Maneuver Control System – Manőver Irányító Rendszer

GCGS-en keresztül magasabb parancsnoki szintről is ellenőrizhetők és koordinálhatóvá válnak a műveletek. A minősített alhálózati oldal egy routeren keresztül kapcsolódik a Tactical Internet felvevőpontjaihoz, melyek továbbítják az adatokat az EPLRS terminálok felé [21] [138].

A BFTS rendszer alkalmazásának tapasztalatai

A Magyar Honvédség Tartományi Újjáépítési Csoport a CONS²⁰⁶ egyezmény alapján, 2011 tavaszán kapta meg az első BFTS terminálok az MRAP MAXXPRO és HMMWV 1151 típusú harcjárművekbe építve. A rendszer teljes körű üzembe helyezésére azonban 2011 szeptemberéig várni kellett.

A misszióban szolgálatot teljesítő állomány részére az FBCB2 FTS egy új rendszer volt, korábban csak néhányan találkoztak a más alapokon nyugvó IFTS rendszerrel. Elsőként a híradó-informatikai szakállomány felkészítése történt meg. A szakemberek átlagosan 6 óra alatt sajátították el a terminálok alapvető karbantartását, kezelését. Ezt követte az Őr- és biztosító század kijelölt állománya, illetve a hadműveleti részleg szolgálatot teljesítő váltásos állomány. A tapasztalatok alapján elmondható, hogy a nem szakállomány felkészítése 2 fős csoportokban (több ember nem fért oda a harcjárművekben az eszközhöz), kb. 50 percet vett igénybe. Ez az oktatás érintette az eszköz ki-be kapcsolását, az SA kezelőfelület bemutatását, az üzenetek küldését-fogadását. Az ismeretek elsajátítását követően 3-4 héttel később haladó foglalkozás került levezetésre a kijelölt hadműveleti és biztosító állománynak.

Következtetésként megállapítható, hogy a rendelkezésre álló, egyelőre csak angol nyelven elérhető segédprogramokat felhasználva, még a hazai felkészítés keretében a híradó-informatikai szakállománynak két napos, az egyéb állománynak egynapos számítógéppel támogatott képzést célszerű megvalósítani, amely főként a program alkalmazásaira irányul. Ehhez szükséges a jelenlegi képzési programok kiegészítése. Az így megszerzett tudásanyag a missziós területre történő kikerkezést követően, a beillesztő foglalkozások során frissítendő. Két-három fős csoportokban mintegy 50 percet vesz igénybe, fókuszálva az eszköz ki-és bekapcsolására, valamint az alapvető karbantartási feladatok elvégzésére. Mindemellett a hadműveleti beosztottak informatikai munkaállomásaira feltelepíthetők a már említett segédprogramok. Ezek az intézkedések

²⁰⁶ Coalition Operation Needs Statement

nagyban könnyítenének a beillesztő tréningek zsúfoltságán, jelentős idő takarítható meg, továbbá hozzájárul az eszközök mind professzionálisabb szintű felhasználásához is.

A BFTS állomások üzemeltetésénél előforduló probléma volt, hogy az egyes felhasználók, többek között akik nem részesültek teljeskörű felkészítésben, nem előírászerűen állították le a terminált. Gyakori volt az áramtalanítással történő leállítás, mely négy-öt alkalom után a Linux operációs rendszer összeomlását eredményezte. Egyes esetekben az informatikai szakállomány vissza tudta állítani az eredeti helyzetet, de sajnos sok esetben csak a merevlemez cseréje jelentett megoldást a problémára. Az ilyen cserék az amerikai fél logisztikai ellátásától függöttek, és 2-6 hét időtartamra voltak tehetőek. A probléma megelőzhető a honi- és missziós területen történő felkészítéssel, ismétlődő foglalkozásokkal, valamint komoly visszatartó erővel rendelkező kontingensparancsnok által kiszabható pénzbírság is. Mindazonáltal a probléma teljes mértékig nem küszöbölhető ki, mert mindig is lesznek alacsony technikai érzékkel rendelkező személyek. Ezek tükrében érdemes tartalék merevlemez meghajtókat igényelni az amerikai féltől, így a technikai meghibásodás esetére sem esnek ki eszközök.

Az MH PRT híradó szakemberei a terminálok átvizsgálása és a felhasználói panaszok során gyakran regisztrálták a külső GPS antennához kapcsolódó, W3R koaxiális kábel szakadását. A vezeték megfelelő szakmai ismeretek, és rendelkezésre álló (civil kereskedésben is kapható) javítóanyag esetén könnyen helyreállíthatók voltak. Mindazonáltal megállapítható, hogy konstrukciós hibáról beszélhetünk. A kábel ellenálló képessége alultervezett.

Nem volt ritka jelenség az antenna és a terminál közötti összeköttetés megszakadása. Ezt a szakszemélyzet a szoftveres „Offline” módban történő karbantartással javította. Legtöbbször elegendő volt az antenna ily módon történő újraindítása.

A PRT táborban a hadműveleti munka gördülékenyebbé tétele érdekében az ott elhelyezett AN/UYK-128 egységet igényeink alapján később felváltották a „TOC kit” készlettel. A Panasonic CF laptop ergonomikusabb felhasználói felülete megkönnyítette a munkát, illetve projektoros kivetítési lehetőséget is biztosított. A harcvezetési központban szolgálatot teljesítő hadműveleti beosztottnak lehetősége volt az üzenetek almenüben előzetes harcintézkedést, harcparancsot, és kiegészítő harcintézkedéseket kiadni az alárendelték részére. Ez hasznosnak bizonyult, amennyiben a csapatok több napig előretolt műveleti bázison tevékenykedtek, és a harcászati helyzet gyors változása megkövetelte az újabb parancsok kiadását.

Bár a terminál a szélsőséges környezeti hatásoknak is ellenáll, azonban a folyó műveletek, az afganisztáni homok, és a felhasználók miatt szükséges volt gyakori nagykarbantartásokkal, és alkatrészcsereikkel számolni. Ezeket az amerikai fél ez idő alatt térítésmentesen nyújtotta, de a feladat kellő koordinációt igényelt. Az amerikai mobil javítócsoporthoz általában két hónapra előre megvolt a javítási tervük. A PRT-s tapasztalatok alapján érdemes volt évente nagykarbantartást leigényelni, valamint tartalék alkatrészeket fenntartani.

További fontos tapasztalat, hogy az üzenet továbbításnál célszerű FLASH üzenetként továbbítani a kívánt információkat. A ROUTINE üzenet továbbítási eljárásnál, gyakori volt az üzenetek késése, nem egy esetben több órával később kerültek kézbesítésre. Ez kielégíti a ROUTINE eljárást, ugyanis 14 óra áll rendelkezésre az üzenet továbbítására. FLASH eljárás esetén, az üzenetnek 10 percen belül el kell jutnia a címzethez. Ez a gyorsaság már kielégítette a harcászati követelményeket is [138].

2.6.3 Harcászati rádiók segítségével megvalósuló műholdas megoldások

Napjaink hadviselési kihívásai során gyakran találkozhatunk műholdképes harcászati rádiókkal felszerelt kisalegységekkel. Míg pár évtizede ez a különleges műveleti erők privilégiumát képezte, mára már számos harcászati kisalegységet felszereltek velük (pl.: lövészek, járőrök, megfigyelők, felderítők). Alkalmazásukra jó példa a távközlési infrastruktúrával gyéren fedett Afganisztán, ahol a magyar katonák is széles körben alkalmazták a műholdas vonalakon kommunikáló harcászati rádióeszközeiket.

Leggyakoribb típusok a már korábban említett AN/PRC 117 Foxtrot és Golf háti rádiók, illetve a műhold képes AN/PRC-152 kézi eszközök. Alkalmazott műholdas üzemmódjaikat tekintve DAMA, HPW és HPW IP, valamint dedikált csatornán üzemelhetnek. Az összeköttetés kiépítésének feltétele a megfelelő Yagi antenna alkalmazása, mellyel geostacionárius műholdakkal veszik fel a kapcsolatot [108; p. 69-76.] [111] [112] [114]. Üzemi frekvenciája felszálló ágon 292,95 – 310,95 MHz, leszálló ágon 250,45 – 269,95 MHz, míg a tagállomások általánosságban 5 – 15 – 25 kHz-es sáv szélességű csatornákon kommunikálnak [108; pp. 70-74.] [140].

Bár a műholdas eszközök felhasználói köre folyamatosan bővül, ez mégis egy igen költséges megoldás és más, korábban említett rendszerekhez képest korlátozott számú felhasználót szolgál ki.

A fent említett eszközök elsődlegesen parancsnoki (manőver) rádióforgalmi rendszerekbe kerülnek szervezésre, és másodlagos formában felhasználhatók harcmező

információk megosztására is. Ekkor célszerű a saját geolokális pozíció megosztását priorizálni, azonban van mód a rádiókon rendkívül korlátozott módon a saját csapatok információinak nyomon követésére is. Természetesen megfelelő harcvezető vagy harc helyzet ismeret szoftvert futtató számítógéphez kapcsolva, már grafikusán is elérhetők a baráti csapatok információi is. Mindazonáltal tapasztalataim alapján a saját geolokális pozíció adatok megosztását és publikálását harcvezető rendszerekben célszerű kiemelten kezelni.

Következtetések

Jelen fejezetben többek között a Magyar Honvédség egyes alakulatainál, illetve komplexumaiban is megtalálható korszerű digitális harcászati rádióeszközök és üzemmódok kommunikációs csatornáin alapuló erőkövetési lehetőségeket, valamint ezek gyakorlati megvalósítását mutattam be. Ezek az eszközök hálózatba integrálva képesek harc helyzet ismereti információkat (elsődlegesen geolokációs adatokat) megosztani egymással, valamint azokat magasabb szintű rendszerekbe fuzionálni.

Megvizsgáltam a NATO szabványok alapján a geolokációs pozíciójelentő üzenetek felépítését, megállapítottam, hogy a szabályozói környezet megengedő jellege miatt komoly problémát okozott és okoz jelenleg is a különböző rendszerek összekapcsolhatósága.

Kutatásom eredményeként megállapítható, hogy a rövidhullámú tartományban tapasztalható környezeti hatásokra a harmadik generációs Automatikus Összeköttetés Biztosítás (ALE 3G) üzemmód jelenleg még kielégítő megoldást kínál azáltal, hogy digitális adatkommunikációt és beszéd összeköttetést képes kvázi párhuzamosan biztosítani. A rendszerben elérhető kisméretű formalizált üzenetek révén automatizálni lehet a pozíció megosztását, ezzel jelentős időablakokhoz juttatva a felhasználókat egyéb információk megosztása céljából. A tagállomásoktól összegyűjtött adatok magasabb szintű rendszerekbe történő fuzionálásával elősegíthető a közös hadműveleti helyzetkép kialakítása, amelynek megléte a korszerű hadviselési módszerek alkalmazásának – akár nemzeti, akár nemzetközi műveletek esetén – elengedhetetlen feltétele. Ezért ezen funkciók kialakítására a Magyar Honvédség vezetési rendszere technikai alrendszerének fejlesztése során kiemelt figyelmet kell fordítani.

Bemutattam a Globális Műholdas Navigációs Rendszerek általános felépítését, melyek közül részletesen ismertettem az amerikai NAVSTAR GPS rendszert. Elemzésemben kitértem a műhold konstellációra, a műholdak által navigációs célból

sugárzott jelstruktúrára, valamint a nyílt és titkosított csatornák vételi lehetőségeire, továbbá különböző interneten elérhető források segítségével (követő rendszerek [79], és emulátor programok [80] segítségével) kísérleteket hajtottam végre, és modelleztem az álláspontom felett elérhető GNSS szolgáltatásokat.

Megállapítható, hogy a flotta- és erőkövetési rendszerek navigációs igényeinek kielégítésére a tisztán GPS alapú rendszer alkalmazása helyett egy több szolgáltatást integráltan nyújtó GNSS vevő igénybevétele lenne a célravezető megoldás, melyet részletesebben a következő fejezetben fejtek ki.

Bemutattam a TETRA AVL technikai alapjait, működési környezetét, továbbá sikeres külföldi példákon keresztül felvázoltam a fejlesztés egy lehetséges irányát, valamint a katonai alkalmazhatóság aspektusait.

Összefoglaltam és értékeltem a NATO műveletekben általam is alkalmazott erőkövetési rendszerekről (FBCB2 BFT, IFTS, KFTS) rendelkezésre álló ismereteket, alkalmazási tapasztalatokat.

3. fejezet Automatizált erőkötési képesség fejlesztési lehetőségei

Értekezésem eddigi fejezeteiben bemutattam az erőkötés fogalmi rendszerét és környezetét, a modern hadviselés rá gyakorolt hatását. Részletesen ismertettem napjaink erőkötésének technikai megoldásait komplex rendszerek bemutatásán keresztül. Ezen ismeretek megalapozzák a honi automatizált erőkötés kialakítását, kapcsolódási lehetőségeit a Magyar Honvédség híradó és informatikai rendszeréhez. Azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni az erőkötés környezeti tényezőinél már megemlített, az információs technológiákra jellemző exponenciális fejlődési ütemet. Bár értekezésemnek nem része az erőkötési rendszerek kialakításának gazdasági szempontú elemzése, bizonyára egy komplex automatizált rendszer üzembe állítása jelentős anyagi ráfordításokat követel majd meg, és időrendileg több évre elhúzódhat. Mindezen ismeretek figyelembe vételével nem szabad eltekinteni a témakört érintő lehetséges fejlődési irányoktól, továbbá az eddigi tapasztalatok alapján megszületett következtetések implementálásától.

Ebben a fejezetben harcászati rádiókon és TETRA hálózatokon alapuló erőkötési rendszerek, és azok fejlesztési lehetőségeiket kívánom bemutatni, továbbá a szövetséges országok rendszereivel történő összekapcsolhatóság, az interoperabilitás kialakíthatóságának kérdéskörét vizsgálni.

3.1 Harcászati rádiókon alapuló erőkötési rendszerek

Napjaink katonai műveleteiben a különböző vezeték nélküli technológiákat felhasználó erőkötési rendszerek csak ritkán válhatnak önálló alkalmazássá. Általában valamely kommunikációs rendszerre épülve, például parancsnoki-, vagy együttműködési rádióháló [141; p. 23.] átviteli csatornáin keresztül kerülnek kialakításra. Ezek elsődlegesen vezetés-irányítási információkat szállítanak, ugyanakkor a rádióeszközök jelentős része alkalmas saját harchelyzet információinak megosztására is, amelyek nagy arányban az erőkötéshez szükséges adatokból (geolokális adatok) tevődnek össze.

A harcászati rádiókon alapuló erőkötési rendszerek általánosságban az alábbiak szerint épülnek fel. A követni kívánt felhasználó, vagy jármű fel van szerelve egy terminállal, amely önállóan képes a geolokális pozíció lehívására a beépített, vagy a külsőleg csatlakoztatott GPS vevőből, majd ennek adattá konvertálását és továbbítását (pozíciójelentő üzenetek) is végre tudja hajtani konfigurációjának megfelelően. Ezek a

terminálok a már korábban tárgyalt korszerű harcászati rádiók, melyekhez számítógépet csatlakoztatva további szolgáltatások érhetők el. A terminálok közötti adatkapcsolat a különböző üzemmódokon belül (pl.: ALE, VULOS) TCP/IP protokollkészleten keresztül valósul meg. Egy teljes hálózati struktúra kialakításához szükséges továbbá egy olyan rádióhoz csatlakoztatott központi számítógép (szerver) is, amely az egyes eszközök által generált adatok összegyűjtését, rendszerezését végzi, és a felhasználók számára értelmezhető formátumra konvertálja, például egy grafikus megjelenítő felületen, digitális térképszelvényen megjeleníti a terminálok pontos helyzetét.

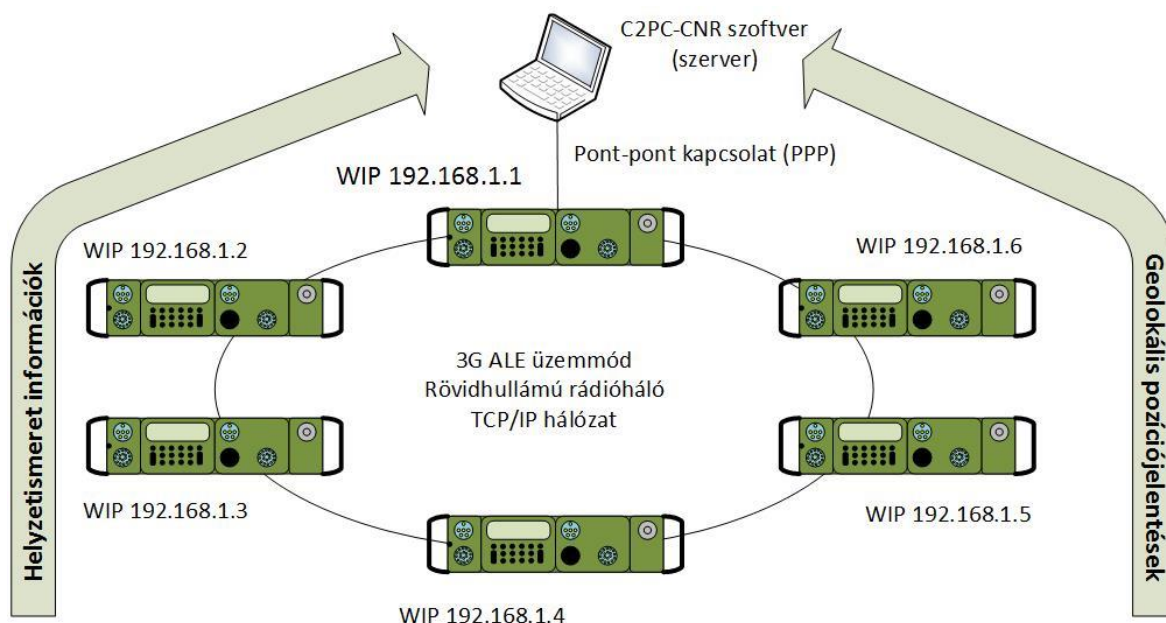
Napjainkban már több erre alkalmas szoftver is elérhető a korábban tárgyalt rádióeszközökhöz, mint például a C2PC-CNR, a Harris Falcon Command, vagy a Harris RF-7800N-BMxxx hC2 szoftvercsalád [142]. Ezek a programok gyakorlatilag a hálózatok „lelkét” alkotják. Az alkalmazások közötti szignifikáns különbség a felhasználói felületen, a kiegészítő szolgáltatásokban, illetve a külső hálózatokhoz (magasabb szintű vezetés-irányítási rendszerek) való csatlakozási lehetőségekben figyelhető meg. A harcászati rádiókon alapuló erőkövetési rendszerek kialakításának, illetve a harcmező ismereti hálózatokba történő becsatornázás lehetőségeit a C2PC-CNR szoftveren alapuló implementáción keresztül mutatom be.

A C2PC szoftver révén képesek vagyunk FALCON II szériájú RH és URH harcászati rádiókat TCP/IP alapú hálózatba szervezni. A szoftver két altípusú erőkövetési rendszer kialakítására képes, a *pozíciójelentő* (PRS²⁰⁷), és bővebb szolgáltatásokat biztosító a *közös hadműveleti képet* támogató (COP) megoldásokat támogatja. A pozíciójelentő hálózatok általában egyszerűbb lokális hálózatok, melyek jól alkalmazhatók az RH és URH tartományban egyaránt, és működésük minimális befolyással bír az adatforgalomra. Ezen felül jól használhatók olyan megoldások esetén, amikor a hálózati elemek pozícióit tovább kell publikálni egy gatewayen keresztül magasabb szintű rendszerekbe. A közös műveleti képet támogató hálózatok ehhez képest olyan többlépcsős megoldások, ahol a geolokációs pozíció megosztásán túl, a különböző szinteken elhelyezkedő felhasználók képesek szabvány üzeneteket (VMF²⁰⁸) küldeni egymásnak, valamint adatokat szolgáltatni és lekérni a magasabb szintű harcvezető rendszerek irányába, illetve irányából (BMS) [143; pp. 11-12.]. A harcmező információk fuzionálása elősegítheti a közös hadműveleti kép kialakítását, amely egyik alappillére a korszerű vezetés-irányítási rendszereknek [11; p. 17.]. A bővített szolgáltatások nagyobb sávszélességet vesznek igénybe, így ezt a

²⁰⁷ Position Reporting System – Pozíciójelentő Rendszer

²⁰⁸ Variable Message Format – Szabvány üzenetformátum a NATO-ban

lehetőséget elsődlegesen URH frekvenciákon érdemes alkalmazni. Egy alap szintű konfigurációkkal kialakított pozíciójelentő hálózatot szemléltet a 3.1. ábra.



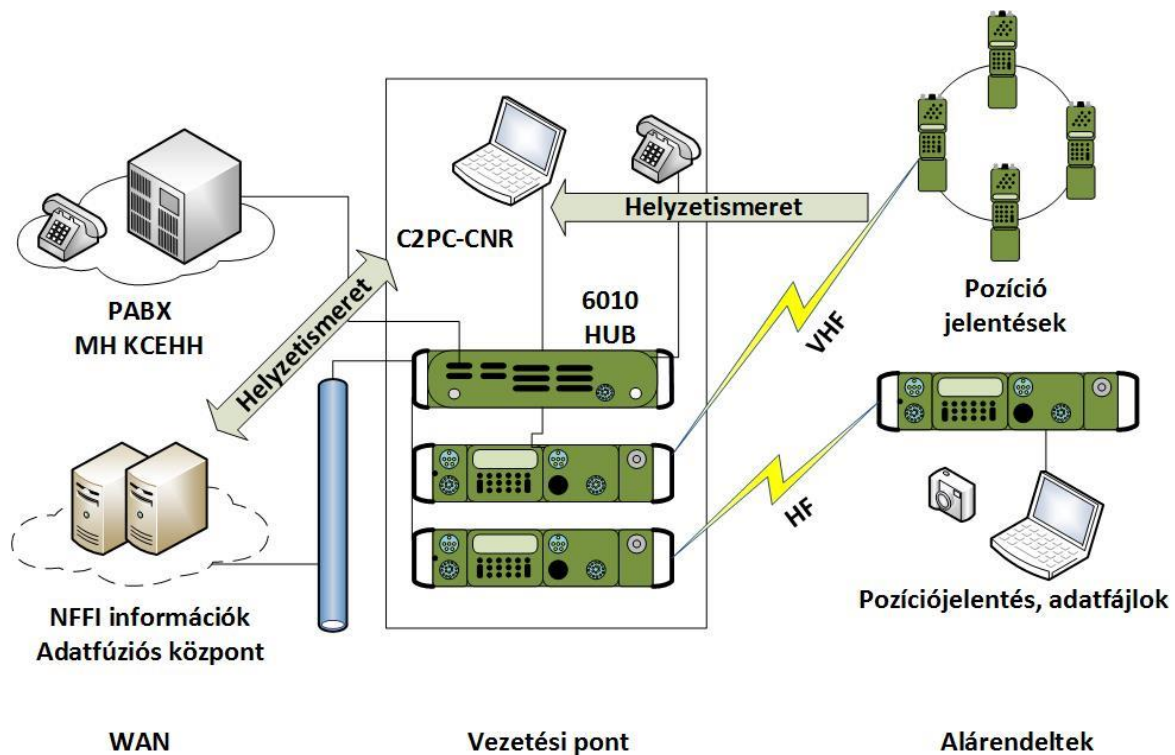
3.1. ábra. TCP/IP alapú pozíciójelentő hálózat felépítése 3G ALE üzemmódban (változat) (forrás: [143 p. 46.] alapján szerkesztette a szerző)

A 3.1. ábrán látható hálózat néhány rövidhullámú 3G ALE üzemmódú tagállomásból áll, amelyek az elsődleges kommunikációs feladataik (a rádióhálóban elrendelt beszéd összeköttetés, AMD szöveges üzenetek továbbítása) mellett a rádiók pozícióinak továbbítását is végzik a C2PC-CNR szoftvert futtató szerver irányába. Ilyen hálózatokban a szervert célszerű a vezető állomásra csatlakoztatni, amelyet többnyire vezetési pontokon telepítenek. Esetünkben a vezető állomás rádiója pont-pont (PPP) kapcsolaton keresztül egy interfészt biztosít a szervernek a 3G ALE rádióhálóhoz. A hálózatban a rádiók automatikusan továbbítják pozíció üzeneteiket a szerver felé, amely összegyűjti, rendszerezi, és egy grafikus térképes felületen a NATO STANAG 2019 APP-6A szabvány szerinti szimbólumokkal megjeleníti azokat. A szemléltetett hálózat jól használható például harcászati szinten egy légiroham/légimobil, gyorsreagálású vagy különleges műveleti alkalmi harci kötelék, esetleg hadműveleti és magasabb harcászati parancsnokságok közvetlen alárendeltjei (pl.: mélységi felderítő, ABV felderítő) tevékenysége során, ahol a statikusan, esetleg gép- vagy harcjárműben (pl.: Pk 1-4 rádióállomások) felállított vezetési ponton automatikusan nyomon követhető az alárendeltek mozgása anélkül, hogy a rádióhálót terhelnék ezen jelentésekkel. Ezáltal értékes időablakokhoz juttathatjuk a parancsnoki rádióháló tagjait a manőver-, a felderítő-, logisztikai-adminisztrációs és tűztevékenység koordinálására. Az alárendelt tagállomások

lehetnek gyalogosan háti hordozható, esetleg gép-vagy harcjárműben (pl.: Pk 1-4 rádióállomások) telepített rádióeszközök egyaránt. A fenti változatban a szerver nem csatlakozik más BMS hálózatra, így a pozíció adatok nem kerülnek továbbításra az előljáró és más, a felelősségi területen áthaladó irányába. A megoldás támogatja az I. fejezetben már említett küldetésorientált vezetési rendszert [64; pp. 13-19.], ahol a harci kötelék vezetője nem oszt meg automatikusan kvázi redundáns információkat felfelé, ezzel nagyobb szabadsághoz juttatva a kötelékparancsnokot. Az előállított információk az adott kötelék szintjén maradnak, az ő információ menedzsment rendszerüket támogatva. Hátránya, hogy a műveleti területen keresztül mozgó egyéb baráti egységek manővereit nem látják, ez szélsőséges esetben akár baráti tűzhöz is vezethet. Ez a veszély azonban korábban erőkövetési rendszerek hiányában is fennállt, a rendelkezésre álló információk valójában minimalizálják a baráti tűz kockázatát, ami az együttműködés szoros megszervezésével tovább csökkenthető.

Természetesen a 3.1. ábrán vizualizált hálózat tovább bővíthető, azonban figyelembe kell venni a rendelkezésre álló korlátozott sávszélesség áteresztőképességét is. Ilyen bővítés lehet például a tagállomások ellátása számítógéppel, amelyek az erőkövetési alkalmazáson keresztül követik egymás manővereit, vagy egyéb fájlokat (pl.: képi felderítési adatok) oszthatnak meg egymással, de elsődlegesen a vezetési pontok irányába.

A hazai viszonyok tekintetében megállapítható, hogy jelenleg indokoltnak tartott szinthez képest kevés eszköz áll a Magyar Honvédség rendelkezésére. Ezen felül célszerű kiemelni, hogy a gyalogos katonák felszerelése a kizárólag ilyen célokra igénybevett eszközök nélkül is meglehetősen súlyos, míg teherbírásuk a végrehajtott manőverek intenzitása és időtartama függvényében is erősen korlátos, ezért kizárólag erőkövetés céljából harcászati rádiókkal ellátni őket nem célszerű. Ezen korlátozó tényezők következtében a kommunikációs rádiórendszerek kiegészítő szolgáltatásaként, azok csatornáit felhasználva alkalmazhatók a gyakorlatban erőkövetési megoldások. Ebben az esetben kizárólag a 3G+ üzemmód, és digitális URH csatornák (pl.: WBFSK moduláció, 25 kHz csatornarszter, 8 kHz FM deviáció) vehetők igénybe, amely egyidejűleg biztosít hang- és adatátviteli lehetőséget. Azonban ezen megoldás hátránya ALE 3G+ üzemmódban, hogy csak kevés felhasználó esetén működik fennakadások nélkül. Ennek oka, hogy csoporthívásoknál minden felhasználót előzetesen tárcsázni szükséges, és csak kiépült link esetén lehet megkezdeni a forgalmazást. A kialakított csatornát folyamatosan fent kell tartani, amely redundáns hívásokat generál és „főlösképpen” terheli a kezelőt.



3.2. ábra. Harchelyzet ismeret megosztása egy alkalmi harci kötelék komplex kommunikációs hálózatában - változat (szerkesztette a szerző)

A 3.2. ábrán egy alkalmi harci kötelék kommunikációs hálózatának egyszerűsített vázlatát látjuk. A fenti megoldás három fő részre tagozódik, a külső központi nagy kiterjedésű hálózatok, az alkalmi harci kötelék vezetési pontja, valamint az alárendeltek. Az alárendeltek rövid- és ultrarövid hullámú digitális rádiórendszereken kommunikálnak a vezetési ponttal, elsődlegesen szóbeli információk átvitelével, de lehetőség van szöveges üzenetek (pl.: tűztámogatás koordinációja), vagy képi információk (esetleg képfeldolgozási eljárásokkal optimalizálva) fájlokban történő továbbítására is [S5; p. 28.]. Ezen eszközök elsődleges feladataik mellett, előre definiált időközönként automatikusan továbbítják geolokális pozíciójukat a vezetési ponton települő számítógép részére. A vezetési ponton a C2PC-CNR szoftvert futtató számítógép egy RF-6010 hubon keresztül csatlakozik az alárendeltek helyzetismeret információkat fogadó rádióeszközeikhez. Mindemellett a hub képes telefonvonalakat biztosítani a WAN irányából (pl.: MH KCEHH hálózatáról, vagy más PABX²⁰⁹ központtól). Jelenleg a Magyar Honvédség hálózatában még nem elérhető, de a NATO gyakorlatban elterjedtek a helyzetismeret és NATO baráti erők harctéri azonosító információit (NFFI) gyűjtő, rendszerező, és szóró adatfúziós rendszerek. A HUB-on keresztül a megfelelő ethernetes protokollon lehetőség volna kapcsolódni ezekhez a hálózatokhoz, amelyre feltölthetők lennének saját adataink, és letölthetők más, a

²⁰⁹ Private Automatic Branch Exchange – Automatikus Telefonközpont

felelősségi területen manőverező kötelékek adatai, a ránk vonatkozó mértékben. Ha további eszközökön, esetleg alacsonyabb szervezeti elemeknél kívánjuk futtatni a C2PC szoftvert (pl.: tüztámogató, vagy logisztikai alegységek), fontos gondosan megtervezni, hogy WAN oldalról milyen külső információkhoz juthatnak hozzá, mert a jelentős információmennyiség túlzott mértékben leterhelheti a rövid- ultrarövid hullámú rádióösszeköttetésen alapuló csatornát.

Említésre került a fejezet elején, hogy a modernebb szoftverek, mint a Harris RF-7800N-BMxxx hC2 szoftvercsalád képes interoperábilis kapcsolatot kialakítani más NATO tagországok helyzetismereti, és NFFI adatfúziós rendszereivel. Ennek alapja a MIP legfrissebb verzióinak (jelenleg v.2; 3.0; 3.1) való megfelelés, amely megteremti az átjárhatóságot például a NATO adatmodell (JC3IEDM²¹⁰) és NFFI információk között. Tehát a MIP szabványú információk biztosítása a harcvezető rendszerek WAN oldali kimenetén lehetőséget biztosít más rendszerekkel való adateserére, így a tárgyalt 3G ALE képes platformok szabvány üzeneteit (pl.: geolokációs helyzetjelentések) egy központi adatbázisba fuzionálják, illetve onnan más rendszerek által biztosított adatokat tölthetnek le.

Megítélésem szerint a Magyar Honvédség kommunikációs rendszereinek jelenleg is zajló fejlesztése során célszerű lényegesen nagyobb hangsúlyt fektetni a geolokációs adatok/ harchelyzet információk gyűjtésére, és meg kell teremteni ezek továbbításának lehetőségét a magyar katonai, illetve NATO adatfúziós rendszerekbe. Ezen képesség kialakítására két cselekvési változatot állítok fel. Az első esetben olyan harcvezető illetve adatfúziós rendszer kialakítása indokolt, amely képes fogadni a MIP szabványokon alapuló pozíció, NFFI, JC3IEDM, JVMF üzeneteket a már tárgyalt alrendszerekből (pl.: Harris RF-7800N-BMxxx hC2). A második cselekvési változat az első megoldás kibővítése, azaz a rendszer kialakítása egy önálló pozíciójelentő üzenet szabvány szerint. A számítógéppel összekötött harcászati rádiók egy saját fejlesztésű pozíciójelentő szabvány üzenetet továbbítanak a szintén honi fejlesztésű erőkövetési hálózat irányába, amely tovább publikálja az adatokat a harcvezető rendszerbe. Ez részben kiváltható, amennyiben a rádiók saját JVMF üzeneteit fejtjük vissza, és arra optimalizáljuk az erőkövetési rendszert. Mindkét esetben komoly fejlesztésről van szó, amelyet gyakorlatilag a Magyar Honvédség és a hazai védelmi ipari képviselőinek szoros együttműködésével lehet hatékonyan megvalósítani. Ezen innovációval optimális esetben jelentős költségek takaríthatók meg

²¹⁰ Joint Command, Control and Consultation Information Exchange Data Model – NATO adatmodell

(komplett rendszerek megvásárlására nincs szükség), ugyanakkor célszerű megvizsgálni, illetve mérlegelni, hogy hosszútávon melyik megoldás lehet előnyösebb a honvédelmi célok megvalósítása során. Az innováció mellett szólhat még a hosszú távú független „terméktámogatás” lehetősége, és a későbbi fejlesztési igények adaptálásának lehetősége. A NATO célja alapvetően ezen a területen az interoperabilitás lehetőségének megteremtése a MIP szabványokon keresztül. Ezeknek a hazai fejlesztéseket is meg lehet, illetve meg kell feleltetni. A már meglévő (kipróbált) rendszerek beszerzése mellett az interoperabilitás garanciája hozható fel fő érvként, ami például alkalmi harci kötelékek idegen csoportosításokba való felajánlásakor (pl.: missziós szerepvállalás, különleges műveleti alkalmi harci kötelékek) nagy előnyt jelenthet a hazai megoldásokkal szemben.

Érdemes továbbá felhívni a figyelmet egy általános jelenségre, miszerint az elmúlt évszázadhoz képest a fejlesztési tendenciák gyökeresen megváltoztak. Amíg korábban a katonai fejlesztések „késleltetett” civil felhasználása volt a jellemző, napjainkra a polgári célú fejlesztések katonai adaptációjára egyre nagyobb hangsúly helyeződik. Ez a jövőben az erőkövetés területére is nagy hatással lehet. Például a nyomkövetés („tracking”) húzóágazatává váltak a közcélú mobil adatkommunikációs eljárásokon alapuló OMA, MLP keretrendszerű flotta-, személykövető megoldások. Ezekkel találkozhatunk az „okostelefonokban”, vagy szállítmányozó cégek logisztikai rendszereiben is. Megfigyelhető továbbá a ma is használatos katonai, rendvédelmi és kormányzati célú rendszereknél egyaránt (pl.: TETRA AVL), hogy azok korábbi mobilkommunikációs megoldások implementálásával születtek. Nem egyedi az az eset sem, amikor nagy védelmi ipari cégek (pl.: Harris, Thales, Northrup-Gruman) termékeinél a már jól bevált polgári technológiákból átemelt megoldások alkalmazásával találkozhatunk. Ezen gondolatmenetet követve nem elképzelhetetlen, hogy a jövő erőkövetési rendszerei egyes elemeiben jelentősen hasonlítani fognak majd akár egy mai mobil applikációra.

3.2 Erőkövetési rendszerek összekapcsolásának lehetősége

A résztvevő felek által egységesen értelmezett harcászati helyzetkép (COP), kirajzolása elengedhetetlen a sikeres több nemzeti együttműködés és feladat végrehajtás érdekében. Ezt felismerve megfogalmazódott a NATO-ban egy széles körben elérhető, FFTS független, az SA illetve az NFFI információk megosztására szolgáló platform.

Ennek szellemében szükséges, az FFTS rendszerek interoperabilitásának megteremtése. A multilaterális együttműködés kialakításának első lépése a haderőnemek –

szárazföld, légierő, haditengerészet – közötti átjárhatóság biztosítása (pl.: C4I, ellenség-barát felismerő rendszerek) [144]

A szárazföldi és légierő haderőnemek kooperációjának egyik alappillére, a következő feltételek teljesülése: A légi járművek fedélzetén működtetni kell harctéri azonosító eszközöket, szabvány üzenetküldési formákat, C2 információszolgáltatásokat (pl.: erőkövetést). Mindezeket meghatározott harcászati adatkapcsolati úton az előljáró irányába biztosítani szükséges. Ezen elvárásokat, a NATO STANAG 5527 szabvány tartalmazza [145].

A harcászati adatkapcsolati rétegnek a Link 16 hálózati formátumot definiálták. A Link 16 a TDL²¹¹ kapcsolati formák családjába tartozik, egy harcászati szintű, adatkommunikációs rádióháló, melyet az Egyesült Államok fejlesztett ki, és adoptálta azt a NATO szövetségesek számára. A Link 16 a haderőnemek közötti, elsődlegesen a légierőtől származó, képi információk (nagy méretű adatok) közel valós idejű átviteléért felel, mind emellett pedig szöveges üzenetküldési, és duplex beszédcsatornát is biztosít (2,4 kbit/s vagy 16 kbit/s átviteli sebességgel) [146][147][2].

A Link 16 TDMA alapú titkosított, zavarvédett, nagy sebességű adatkapcsolati út, üzemi frekvenciái 960 MHz - 1,215 GHz. A Link 16 kapcsolat kialakítható földfelszíni közvetlen rálátású harcászati URH (LOS²¹²) és katonai műholdas (SATCOM) átviteli úton. A kapcsolat során TCP/IP protokollt alkalmaz, és előre definiált, ún. J-sorozatú üzenetekben (TADIL-J²¹³) kommunikál. Kialakítható adatsebességek: 31,6; 57,6; 115,2 kbit/s, de ideális körülmények között nem lehetetlen a 238 kbit/s-os adatsebesség elérése sem, amely a rendszer által biztosított maximális adatátviteli sebesség [146] [147].

A 3.3. ábrán a Link 16 rádióhálózattal kialakított, légierő – FFTS NFFI információcseréjének sematikus vázlatát látható.

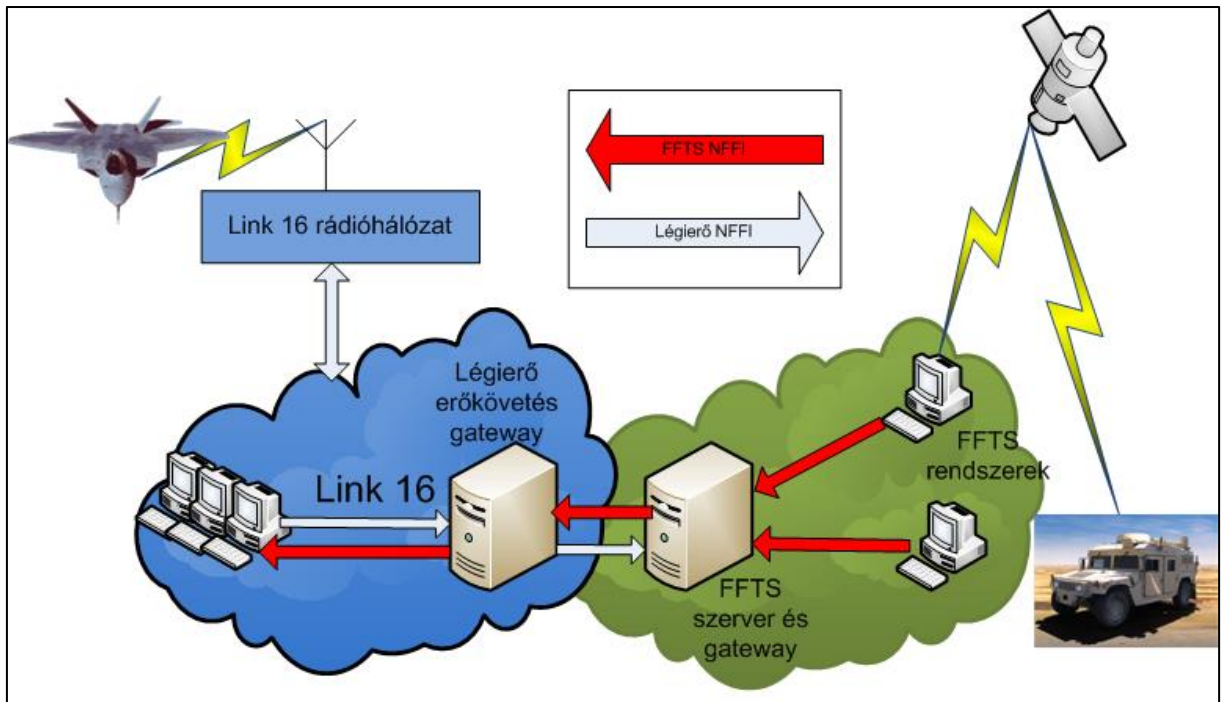
A képen látható piros nyilak a szövetséges erőkövetési rendszerekből származó NFFI információk, amelyek a TADIL-J formátumú üzenetként alakulnak a Link 16 rendszerében, ezek lesznek a J3.5 szárazföldi erők üzenetek/információk [147].

Az FFTS rendszerek felé áramló kék nyilak, számos légierő együttműködési információt hordoznak, mint (J2.2; J2.5; J3.0; J7.0; J7.1; J10.2; J12.0) a légi és szárazföldi résztvevők pontos azonosítása, geográfiai helymeghatározása, referencia pontok, szinkronizálási kérések, stb. [147].

²¹¹ Tactical Data Link – Harcászati Adatkapcsolat

²¹² Line of Sight – Közvetlen Rálátás

²¹³ Tactical Digital Information Link Joint – Harcászati Szintű Együttműködési Digitális Információs Kapcsolat



3.3. ábra. Légierő C2 kapcsolódása FFTS rendszerekhez Link 16 segítségével (forrás: [2; p. 6110-611] alapján szerkesztette a szerző)

A NATO szövetséges országok által közösen értelmezett helyzetkép (COP) kialakításának második lépcsője, a különböző nemzetek C2 rendszereinek összekapcsolása, gondolok itt az erőkövetési rendszereknél magasabb kategóriákra (pl. amerikai ABCS, német FAUST²¹⁴, francia SIR²¹⁵, norvég BMS)

Ezen interoperabilitás kialakításának érdekében, a tagállamok létrehoztak egy már korábban is említett önkéntes programot (MIP), mely alapján vállalják C2IS rendszereik összekapcsolását. Ennek szellemében az évente megrendezésre kerülő többnemzeti gyakorlatokon (pl.: Combined Endeavour, CWIX²¹⁶), melyeken hazánk is képviselteti magát, vizsgálják a tagországok rendszereinek összekapcsolhatóságát, és ennek gyakorlati megvalósítását. Jelenleg még csak a MIP v.2, és MIP v.3 szabványoknak kell megfelelni összekapcsolhatóság tekintetében a C2IS rendszereknek, azonban elfogadás előtt áll a v.4.0 is [144].

A MIP alkalmas rendszerek képesek megosztani egymással SA adataikat (saját csapatok feltöltöttségét, kapacitását, geográfiai helyzetüket, illetve az ellenségről szerzett információkat), a tervezett mozgásokat, műveleteket, illetve az ABV helyzet információit. [144]

²¹⁴ Führungsausstattung Taktisch – Harcászati Vezetéstámogatási Rendszer

²¹⁵ Regimental Information System – Ezredszintű Információs Rendszer

²¹⁶ Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination, eXercise

Az erőkötési rendszerek interoperabilitásának gyakorlati megvalósulása a NATO afganisztáni műveleteiben a következőképpen működik.

A NATO-ban rendelkezésre áll egy tükros minősítési szintig alkalmazható, „need to know” elven alapuló informatikai hálózat, a NATO SECRET (NS). Azonban az új típusú kihívások, elsődlegesen az afganisztáni műveletekben szerzett tapasztalatok rámutattak egy „need to share” elvű minősített hálózat szükségességére, ez az Afgán Műveleti Informatikai Hálózat (AMN²¹⁷) [131; p. 119.]. Az AMN hálózat lehetőséget nyújt a felhasználók számára levelezésre, saját zártcélú honlapok készítésére, és további alkalmazásokkal az SA és NFFI információk térképen való megtekintésére. Az AMN hálózat koncepciója előfutára a Perspektivikus Műveleti Informatikai Hálózat (FMN²¹⁸) koncepciójának, ahol a „need to share” elv alapján kölcsönösen összekapcsolt és illesztett minősített informatikai hálózatok biztosítják a nyílt- és minősített adatok le- és feltöltését, illetve a közös adatbázisokban való keresést [131; p. 119.].

A NATO az interoperabilitás kialakítása érdekében már eddig is komoly informatikai háttérintézményt hozott létre, melynek feladata többrétű. 2012 elején még csak öt olyan rendszer volt az afganisztáni hadszíntéren (amerikai, német, norvég, francia, IFTS), melyek érdemleges NFFI információikat tudtak megosztani a közös harcászati helyzetkép kirajzolásához (COP), mára ez a szám növekvő tendenciát mutat.

Ez az informatikai háttérintézmény természetesen nem egységes. A tagállamok híradó- informatikai elemeiből épül fel. Az afganisztáni példánál maradva a szövetséges országok erőkötési rendszerei az IFTS Control Center felé megküldik az NFFI információikat, amelyek publikálásra kerülnek az AMN hálózat felé [130][148][135], ezzel megvalósítva egyfajta adatfűzít. Ezen struktúrát a 3.4. ábra szemlélteti:

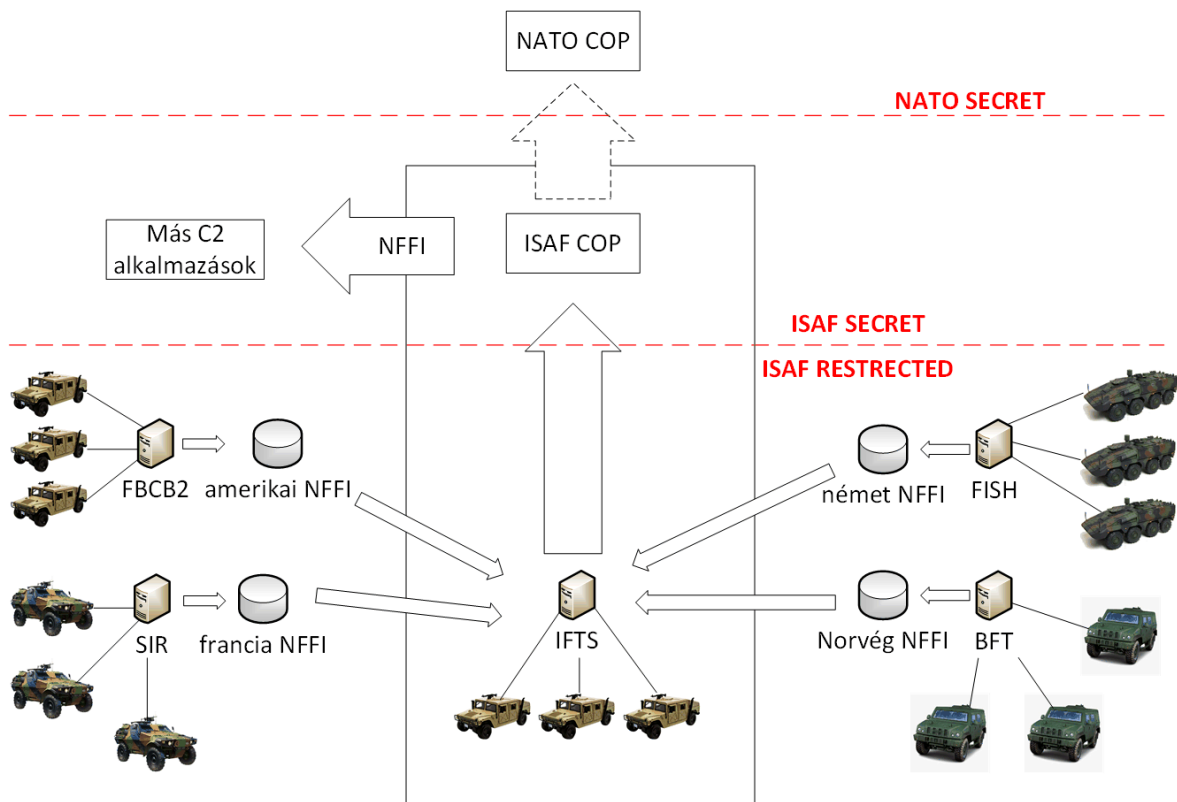
Az IFTS rendszerek összekapcsolása számos műszaki anomáliát vet fel. Példaként az afganisztáni Északi Régió területén járőröző német FISH²¹⁹ terminál elküldi a pozícióját műholdon keresztül az IMC-be, majd innen továbbítják a FISH projekt központi szerverére. Az itt feldolgozott és a NATO számára hozzáférhető NFFI információk továbbításra kerülnek az IFTS Control Center-be, amely összegzi az öt különböző rendszerből kapott SA és NFFI adatokat, és továbbítja az AMN hálózatba. Az AMN

²¹⁷ Afghanistan Mission Network

²¹⁸ Federated Mission Network

²¹⁹ Führung Information System des Heer – Vezetés – Irányítási Rendszer a Német Szárazföldi Haderőnem számára

hálózatban egy térinformatikai (iGeoSIT²²⁰) alkalmazáson keresztül elérhetővé válnak a terminálok helyzetinformációi. [148][135]



3.4. ábra. NFFI információk publikálása az AMN hálózat felé [2; p. 605. alapján szerkesztette a szerző]

Az iGeoSIT alkalmazás az AMN hálózaton elérhető Java alkalmazás, melynek segítségével megjeleníthetők az NFFI és SA információk. A program felhasználói felületén megjelennek az IFTS Control Center-ből kapott információk, illetve az így kialakult SA kezelőfelületre további adatokat lehet felvinni. Az iGeoSIT alkalmazást értelmezhetjük 2,5. lépcsőnek is, az erőkövetési rendszerek interoperabilitásához vezető úton. [135]

Jelenleg is fejlesztések folynak a teljes interoperabilitás kialakítására, mint a szöveges üzenetek küldése és fogadása az iGeoSIT és az FFTS terminálok között. További technikai fejlesztéssel elérhetővé válhat, hogy a különböző FFTS terminálok lássák egymást (harmadik lépcső), illetve szöveges üzeneteket is válthassanak. Ezek a 2012-es rendszerfelépítés mellett a tesztek eredményei alapján megközelítőleg 30 percet vettek igénybe, így a gyakorlati alkalmazás még váratott magára [148]. Számításaim szerint ez az átviteli idő redukálható, azonban a számos hálózati kapcsoló elem és a műholdas kommunikációs utak hop idejei miatt továbbra is nehezen érhető el egy felhasználóbarát szinkronizálási idő. A NATO afganisztáni műveletei intenzitásának csökkenésével ezen

²²⁰ Interim GEO Spatial Intelligence Tool – Ideiglenes Geográfiai Helyzetfelderítő Alkalmazás

kutatások, innovációs folyamatok is áldozatul estek. Az erő-, eszköz- forráskivonás, és a stratégiai súlypontáthelyezés révén, nincs róla érdemi információ, hogy sikerült-e a szinkronizációs időt redukálni.

A Magyar Honvédség feladatai során egyaránt alkalmazza a norvég MRR és az amerikai Harris rádiócsalád korszerű digitális harcászati rádióeszközeit. Értekezésemben bemutattam azon erőkövetési rendszereket, melyek képesek együttműködni a tárgyalt rádióeszközökkel. Megítélésem szerint mindaddig, amíg a haderő nem lesz homogén, azonos gyártó által fejlesztett elemekből felépülő rádiórendszer, addig az interoperabilitás komoly problémákat fog okozni. Ezen homogenitás kialakításának azonban több racionális gátja is van. Egyrészt anyagi, mivel egy teljes mértékben homogén rádiórendszer kialakítása rendkívül komoly terheket róna a költségvetésre, mindazonáltal az egyes gyártók a teljes spektrumot lefedő termékei sem feltétlenül felelnek meg a Magyar Honvédség velük szemben támasztott követelményeinek. Másrészt a szövetséges országok által alkalmazott rádiórendszerek is jelentősen eltérnek egymástól. Ebben a bonyolult térben kiút lehet az eddig is tárgyalt együttműködési szabványok alkalmazása (MIP v2, MIP v3, vagy a JVMF).

Ezen szabványok alkalmazásával a különböző rendszerekben felhalmozott helyzetismereti adatok cseréje megvalósítható lehetne a különböző hálózatok között is, természetesen logikailag egy magasabb szinten elhelyezkedő hálózati központ közbeiktatásával.

A harcászati rádiórendszereken megvalósuló erőkövetés mellett, az elmúlt évek háborús- és békeműveleti tapasztalatai alapján a műholdas és a földfelszíni trónkölt rádiórendszer alkalmazások kerültek előtérbe. Az FBCB2 BFT, IFTS és KFTS rendszereket a NATO sikerrel alkalmazta afganisztáni és koszovói műveletei során. A siker kulcsa többek között a nagy hatótávolság, a jó lefedettség, a magas rendelkezésre állás, illetve a megfelelő darabszám.

Megítélésem szerint, áttekintve a Honvédség feladatrendszerét, egyszerre többféle erőkövetési rendszert lenne célszerű alkalmazni. A különböző feladatokra a megfelelő céleszköz kerülne felhasználásra, és az így kialakuló többsíkúság növelné a rendszer redundanciáját, mellyel megnőne ellenálló képessége. Tételezzük fel, hogy katasztrófa helyzetekben illetve a küszöb alatti műveletekben egy a TETRA AVL rendszerű személy és járműkövető (melyet az EDR rendszer biztosít), továbbá mobilhálózati adatkapcsolati réteggel kiegészített trónkölt földfelszíni rádiórendszer, magas színvonalú szolgáltatásokat lenne képes nyújtani a műveletekhez, anélkül hogy a rendszerek stabilitása, rendelkezésre

állása miatt kellene aggódni. A konfliktushelyzet eszkalálódása, továbbá más magasabb intenzitású művelet, esetlegesen a NATO kötelékében végrehajtott feladat során a műholdas és földfelszíni harcászati rádiórendszerekre épülő helymeghatározó és jelentő rendszereket célszerű alkalmazni.

Megállapítható, hogy országvédelmi feladatok során minden rendelkezésre álló rendszer egyidejű alkalmazása kézenfekvő, ugyanis az egyes rendszerek kiesésével még mindig jelentős tartalék biztosítja a parancsnokok és törzseik számára a helyzetismeret információkat.

Sokakban felvetődhet a kérdés, hogy a műholdas rendszerek (IFTS, FBCB2 BFT) jelenleg nem állnak Magyarország rendelkezésére. Megítélésem szerint a partnerkapcsolatok ez irányú felhasználásával, csatlakozva többek között a NATO IFTS, illetve KFTS programjához, határozott lépéseket tehetnénk a műholdas adatkapcsolati réteggel rendelkező erőkövetési rendszerek irányába.

Erősségünk lehetne továbbá egy Nemzeti Adatfúziós Központ felállítása, mely egy olyan minősített infokommunikációs rendszert biztosítana, amelyen keresztül az összadatforrású felderítési információk rendelkezésre állnának, illetve az erőkövetési adatok cserélődnének (nemzeti szinten) a különböző rendszerek között, gondolok itt a TETRA, földfelszíni harcászati rádióháló, műholdas rendszerek között. Továbbá kiváló lehetőséget biztosítana az NFFI adatok szövetséges országok számára történő biztosítására.

A Magyar Honvédség műveleti koncepciói között prioritást élvez a gyalogos lövészkatona (dismounted soldier) kis alegységekben történő alkalmazása. Ennek érdekében kiemelt figyelmet kell fordítani, az erőkövetési rendszerek gyalogos alkalmazhatóságának vizsgálatára. A fent tárgyalt rendszerek alapján megállapítható, hogy a napjainkban vezető szerepet betöltő erőkövetési rendszerek súlyuk, kiterjedésük, és áramfelvételi igényük alapján egyelőre gép- és harcjárművekhez kötöttek, azonban komoly lehetőségek nyíltak meg a járműről szállt gyalogság tekintetében is (lásd IFTS rendszer).

A gyalogos katonákra optimalizált rendszerek lehetnek a korszerű harcászati rádiókon alapuló erőkövetési rendszerek, mint a fent említett NORMANS és C2PC-CNR rendszerek, valamint a földfelszíni trónkölt rádiórendszereket alkalmazó TETRA APL alapú alkalmazások, melyek harci alkalmazhatósága korlátozott. Célszerű ezen rendszereket járműbe épített társaikkal közös rendszerben alkalmazni, mint ahogy arról fentebb értekeztem.

Ezek alapján megállapítható, hogy jelen technikai feltételek mellett, a kizárólag gyalogos katonákra épített erőkövetési rendszerek alkalmazása erősen korlátozott, a

rendelkezésre álló hatótávolság miatt nem célravezető, érdemes azokat nagyobb hálózatba integrálva, gép- és harcjárműben elhelyezett rendszerekkel együtt alkalmazni.

3.3 Kismagasságú ballonok alkalmazási lehetőségei az MH távközlési igényeinek támogatására

Napjaink katonai műveleteiben elengedhetetlen a saját híradó-informatikai rendszerek redundáns szervezése annak érdekében, hogy információs rendszereink túlélőképességét növeljük. Ennek módja a különböző platformok egyidejű, egymástól elkülönített alkalmazása, például mikrohullámú-, optikai gerinchálózat, műholdas- és bérelt vonalak alkalmazása, esetlegesen internetes VPN-ek használata.

A mikrohullámú és optikai gerinchálózatok nagy sáv szélességet biztosítanak költséghatékony módon, ugyanakkor érzékenyek a környezeti katasztrófákra, és az ellenség is aránylag könnyen pusztíthatja őket. Magyarországon katasztrófavédelmi szempontból az ár-, és belvizek általi elöntéseknek, illetve a szupercellákból lezúduló hirtelen nagy mennyiségű esőnek, villámlásoknak van a legnagyobb esélye. Ezen károk következtében, többek között sérülhet a mikrohullámú adótornyok áramellátása is, leszakadhatnak a felsővezetékek, az áramellátás infrastruktúráját előnthezi a víz. Vagyonbiztonsági szempontból további kockázatot jelentenek a felsővezetékek lopásából eredő károk. Harci cselekmények során a mikrohullámú adótornyok az ellenség illetve terroristák számára fontos célpontok (jól azonosítható, állandó telepítésű, könnyen felismerhető objektumok), illetve a harcoló csapatoknak ideális tájékozódási pontok, ezért pusztításuk szintén kézenfekvő. A több száz km-en át futó optikai vonalak könnyen válhatnak terroristák célpontjaivá, a fontos transzport-hálózati vonalak átvágásával jelentős kieséseket okozhatnak. Az internetes VPN-ek, bérelt vonalak mobilhálózati úton, vagy a már említett mikrohullámú, esetleg vezetékes (réz/optika) vonalakon épülnek ki, veszélyeztetettségük talán még magasabb az információbiztonsági kockázat miatt. Ezen sebezhetőségi kockázat csökkenthető a műholdas összeköttetési módok alkalmazásával, melyeknek hátránya ugyanakkor a magas fenntartási költség.

Korunk egyik legnagyobb információtechnológiai kihívása a földrajzilag tagolt nagy kiterjedésű, illetve elzárt területek közötti információs összeköttetések megvalósítása, ahol nagy területen oszlik el kisszámú felhasználó. Ezen felhasználókat a népszerű cellás, illetve vezetékes megoldásokkal összekapcsolni rendkívül költséges lenne, hiszen a hálózat bővítésének megtérülése a kisszámú felhasználó miatt kérdéses, továbbá a műholdas

terminálok, vonalak fenntartása, bérlése hasonlóan aránytalanul magas költségeket emésztene fel.

Köztes megoldást jelenthetnek a ballonok, melyeket távközlési átjátszóállomásként alkalmazva a kiesett adótornyokat, műholdakat bizonyos körülmények között helyettesíthetik, esetlegesen kiválthatják.

A vizsgált ballonok hasonlóan érzékenyek ugyanakkor a szélsőséges időjárási viszonyokra, azonban a katasztrófák, vagy harci cselekmények következményeként rombolt infrastruktúrájú területeken – könnyű telepíthetőségük, és alacsonyabb költségvonzatuk révén – az újjászervezett távközlési vonalak első hordozói lehetnek.

Az autonóm, robotizált sztratoszférikus léggömbök és léghajók kutatása fejlesztése, valamint üzemeltetése és üzemben tartása Magyarország számára, azok költségvonzatai miatt jelenleg nem tűnik reális alternatívának. Bár egyes kutatások a nagy magasságú platformokon (HAP²²¹) települő kommunikációs átjátszó pontokat tekintik a pilóta nélküli ballonokra telepített relék jövőjének, azok ár/érték aránya egyelőre hazai környezetben nem kedvező.

A kutatásaim alapján általánosan elmondható, hogy a ballonok fejlesztésének és üzemeltetésének költsége magasabb más pilóta nélküli repülőeszközökénél. Nemzetközi kitekintéssel látható (TCOM LP kötött léghajói), hogy a piacon fellelhetők olyan professzionális alacsony és közepes magasságú (LAP²²²) eszközök, amelyek kommunikációs átjátszó pontként a gyakorlatban is alkalmazhatóak akár katonai feladatokra is. Természetesen a nagyhatalmaknak sem kifizetődő a csak reléként történő alkalmazás, ezért e lebegő eszközöket többnyire elsődlegesen ISR platformok hordozására, másodlagosan kommunikációs átjátszó pontként alkalmazzák. Ezek fenntartási költségei bár alacsonyabbak a sztratoszférikus platformokénál, megítélésem szerint Magyarország számára még nem ezek jelenthetik az optimális megoldást. Bár üzemelés közben a lebegő eszközök képesek a repülő eszközöknél hosszabb távon a levegőben maradni, és ellátni feladatukat minimális beavatkozással, az elvárásokkal ellentétben költségeik akár többszörösen meghaladhatják a hagyományos vagy pilóta nélküli merev vagy forgó szárnyas repülő eszközökét.

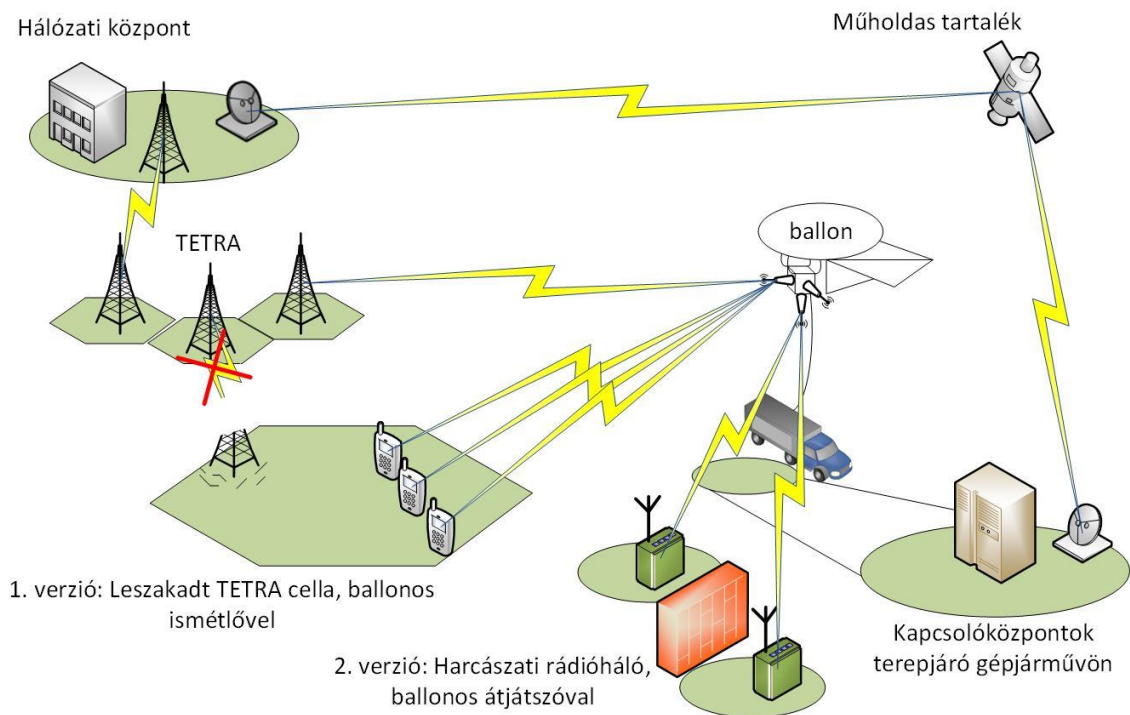
Mint azt egy korábbi kutatásomban [S6] is megállapítottam, a meteorológiai léggömbök alkalmazása reléként nem javasolt, alacsony rendelkezésre állásuk, a visszatérő

²²¹ High Altitude Platform – Nagy Magasságú Platform

²²² Low Altitude Platform – Alacsony Magasságú Platform

modulok sztochasztikus viselkedése és információbiztonsági kihívásai, valamint az időjárás-kötöttségek miatt.

Megítélésem szerint a gyakorlatban alacsony magasságú (30 m – 300 m) kötött ballonok és helikite-ok katonai alkalmazása aszimmetrikus, hibrid [13] [149] [150] és küszöb alatti műveletekben, harcászati szinten, zászlóalj- és dandárok támogatására hordoz magában potenciált. Az elsődleges alkalmazást itt is az ISR platformok hordozása jelentheti, csak másodlagosan érheti meg kommunikációs relékkel történő felszerelésük. Magyar vonatkozásban további opciót jelenthet, kormányzati szinten az EDR bázisállomások antennáinak kiegészítő hordozó eszközeként való alkalmazásuk. A 3.5 ábrán a kis magasságú kötött ballonok lehetséges honi alkalmazásának egy verziója látható.



3.5. ábra. Kis magasságú kötött ballonok alkalmazása kommunikációs átjátszóként, változat (szerkesztette a szerző)

A 3.5. ábrán megfigyelhető, hogy bár a ballon csak kiegészítő megoldás, mégis fontos szerepet tölt be az állandó hírközlő hálózatban történő kiesések kezelése, a tábori híradó hálózat támogatása során. A relé üzemmód mellett természetesen ISR platformokkal (elsődlegesen kamera) is célszerű ellátni a felderítés támogatása érdekében, valamint erőkövetési rendszerek támogatására is megfelelő, illetve a hatókörön kívüli harcászati rádióhálókat is képes összekapcsolni különböző változatokban. A 300 m-es üzemi

magasság nagyobb rádiófrekvenciás rálátást (RLOS²²³) lenne képes biztosítani a terminálok számára, valamint ezen rendszerek alacsony adatsebessége sem igényelne jelentős sávszélességet. Létezik olyan hazai gyártású harcászati adatrádió rendszer, mely ballonos telepítés esetén alkalmas 40-50 km hatótávolságban 10-20 Mbit/s adatátviteli sebességű vezeték nélküli gerinchálózat kiépítésére [151].

Az esetlegesen felmerülő kapcsolástechnikai, illetve átjátszással kapcsolatos áramköri feladatokat a ballon felbocsátási helyén települő terepjáró gépjárműre telepített kapcsolóközpont végezné.

Véleményem szerint érdemes lenne alapos vizsgálat alá vetni a kis magasságú kötött ballonok honi alkalmazásának lehetőségét, hiszen mint a fenti példán is látható, egy többfunkciós platform alacsonyabb fajlagos költségek mellett is megvalósítható lenne, és használatuk komoly előrelépést jelenthet a vizuális felderítés és kommunikációs átjátszás területén egyaránt.

Bár hazánknak még nincs egységes saját katonai erőkövetési rendszere, az értekezésemben felvázolt eddigi paradigmák arra engednek következtetni, hogy rövid időn belül a Magyar Honvédségnél is szükségessé válik majd alkalmazásuk. Az erőkövetési rendszerek egyik komoly dilemmája, hogy a terminálok és hálózati központok közötti vezeték nélküli kapcsolat (AI²²⁴) korántsem tökéletes, melynek főleg fizikai, technológiai korlátai vannak. A földfelszíni cellakapcsolt trónkölt rádiórendszereket alkalmazó megoldások (pl.: KFTS) kommunikációs hálózata ártó szándék esetén blokkolható, pusztítható. A műholdas átviteli utakat alkalmazó rendszerek (pl.: IFTS, FBCB2 BFT) adatátviteli költségei magasak, és a gyakorlati tapasztalatok alapján nem elhanyagolható a szolgáltatás kiesések időaránya a lefedettségi problémák miatt (pl.: mozgó terminálok erősen átszegdelt, vagy beépített területen próbálnak kapcsolatot teremteni GEO pályás műholdakkal, ahol takarás miatt gyakori a kiesés). Ilyen szituációkban az alacsony és közepes magasságokban (300 m – 5 km) operáló ballonokra telepített relék, komoly támogató szerepet játszhatnának. Adott területeken működő terminálok hasonló szögben látnák a ballonokat, mint a műholdakat. A területi lefedettséget és a szolgáltatás minőségét tovább növelné, hogy a lényegesen alacsonyabban működő átjátszók (néhány száz m-es magasság a több száz, esetleg ezer km helyett) nagyobb vételi jelszinteket lennének képesek nyújtani. Ez hatótávolság és szolgáltatás biztonság növekedéssel, valamint a takarásban lévő területek jobb ellátásával járna együtt.

²²³ Radio Line of Sight – Rádiófrekvenciás Közvetlen Rálátás

²²⁴ Air Interface – Vezetéknélküli Interfész

Összességében megállapítható, hogy a ballonok elsődleges alkalmazási módja az ISR platformok hordozása, míg másodlagos a kommunikációs átjátszó állomások hordozása lehet, mely nem zárja ki az egyidejű telepítést és alkalmazást. Napjainkban egyik fő alkalmazási lehetőséget a kis magasságú kötött léghajók jelentik, melyek az erőkövetési rendszerek vezeték nélküli kommunikációs interfészének támogatására is alkalmasak lennének. Fontos kiemelni, hogy egyéb alkalmazott rendszerek támogatására, illetve megerősítésre és nem pedig kiváltására használnák, mert az alacsony adatforgalmi igény esetén a műholdas csatornák bérlése még mindig költséghatékonyabb lehet egy ballonos rendszer üzemeltetésénél.

Megítélésem szerint a ballonos platformokon elhelyezhető adaptív antennarendszerek fejlesztése [152] [153], illetve kis magasságú kötött ballonok alkalmazási lehetőségei a katasztrófavédelmi feladatok [154] [155] [156] kommunikációs igényeinek kiszolgálása során újabb tudományos kutatásokat indukálhatnak.

Magyarország számára, egy lehetséges alternatívát jelenthet alacsony és közepes magasságú kötött ballonok rendszeresítése, amelyet célszerű úgy kialakítani, hogy helyet kapjanak rajta ISR szenzorok (elsődlegesen kamera) és rádió átjátszó pontok egyaránt.

3.4 Globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazási lehetőségei a jövő erőkövetési rendszereiben

Tudományos értekezésem második fejezetében bemutattam a Globális Műholdas Navigációs Rendszerek általános felépítését, melyek közül részletesen ismertettem az amerikai NAVSTAR GPS rendszert. Megállapítható, hogy a flotta- és erőkövetési rendszerek navigációs igényeinek kielégítésére, a GPS rendszer kizárólagos alkalmazása helyett napjainkban már a több szolgáltatást integráltan biztosító GNSS vevő alkalmazása lehet az optimális megoldás. A következő alfejezetben részletesen tárgyalom az orosz GLONASS, az európai GALILEO, és a kínai BeiDou rendszert, illetve feldolgozom kísérleti és mérési tapasztalataimat, melyek alapján ajánlásokat fogalmazok meg.

3.4.1 Az orosz GLONASS rendszer

Az orosz globális műholdas navigációs alrendszer, hasonlóan a GPS-hez egy politikai irányítás alatt álló katonai-polgári kettős rendeltetésű PNT rendszer, és egyben válasznak tekinthető az amerikai kezdeményezésre. A fejlesztések a '70-es években indultak, és a teljes kiépítettséget a GPS-hez hasonlóan 1995-ben érték el. A Szovjetunió szétesésével keletkező gazdasági válság következtében alulfinanszírozottá vált a rendszer,

és elveszítette globális szolgáltató jellegét, amely csak 2012-re állt ismét helyre [73; p. 6.]. Napjainkban a második legnépszerűbb PNT szolgáltatás pontossága 4,5-7,4 m közé tehető, azonban ritkán találni önálló GLONASS vevőt, sokkal elterjedtebbek a GPS+GLONASS kialakítású vevőkészülékek. Jó példa erre, hogy az orosz katonai vevők is ilyen kettős kialakításúak [157].

Felépítését tekintve a GPS-hez hasonlóan 24 műhold jelenti a teljes feltöltöttséget. 2019. február 3-án 26 műhold üzemelt, amelyből három tartalék [158]. A műholdak az egyenlítő síkjával 64,8 fokos szöget bezáró három pályán (pályánként 8 műhold) keringenek a Föld felszínétől 19100 km magasságban [73; p. 6.].

A GLONASS műholdak jelstruktúráját tekintve 2013-ig kizárólag frekvenciaosztásos többszörös hozzáférést (FDMA) használtak, ellentétben a GPS-szel, amely a kódosztásos (CDMA) technológiát alkalmaz. Napjainkban az interoperabilitás biztosítása céljából már kódosztásos jeleket, illetve a GPS rendszerhez hasonlóan direkt szekvenciális szórt spektrumú BPSK modulált jeleket is sugároznak. A GLONASS rendszer jeleit a 3.1. táblázat foglalja össze:

A GLONASS rendszer jelstruktúrája				
	Frekvencia	Bevezetés ideje		
		2014-től (üzemel)	2018-tól (bevezetés alatt)	2025-től (kutatói fázis)
FDMA jelek	1602 MHz + n×562,5 kHz	L1OF, L1SF	L1OF, L1SF	L1OF, L1SF
	1246 MHz + n×437,5 kHz	L2OF, L2SF	L2OF, L2SF	L2OF, L2SF
CDMA jelek	1600,995 MHz		L1OC, L1SC	L1OC, L1SC
	1248,06 MHz		L2OC, L2SC	L2OC, L2SC
	1202,025 MHz	L3OC	L3OC	L3OC, L3SC
Interoperabilis CDMA jelek	1575,42 MHz (= GPS L1C)			L1OCM
	1207,14 MHz (=GALILEO/ BeiDou E5b)			L3OCM
	1176,45 MHz (=GALILEO/ BeiDou E5a)			L5OCM

3.1. táblázat. A GLONASS rendszer jelstruktúrája (forrás: [158] [159] [160] alapján szerkesztette a szerző)

A 3.1. táblázatban a jelek megnevezésénél az „O” a nyílt hozzáférésre utal, míg az „S” a katonai jelekre. Az „M” az interoperabilis csatornákat jelöli. Az FDMA jelek esetén n= -7, -6, -5, ..., 0, ..., 5, 6. 2017. február 5-én végzett kísérletem során álláspontom felett

11 darab L1 és L2 csatornákon sugárzó műhold volt látható, melyekből kettő az L3OC csatornán is üzemelt (1. sz. függelék 3. mérés) [161].

A GLONASS vezérlő alrendszeréből a vezérlő állomás Moszkva mellett települ, amelyet kiegészít 9 követő állomás Oroszország területén, melyet a közeljövőben nyolccal terveznek bővíteni. További követőállomások találhatóak az Antarktiszon, és terveznek Kubába, Vietnámba, Brazíliába és Ausztráliába is [73; p. 10.] [158].

Mivel Oroszország kívül esik hazánk katonai szövetségi rendszerén, így nincs lehetőség az orosz GNSS rendszer kódolt csatornáinak vételére.

3.4.2 Az európai GALILEO rendszer

Az európai GALILEO rendszer globális műholdas navigációs szolgáltatása nehézkes tervezési, és inicializációs tevékenység után indult útjára 2016. december 15-én [162]. A kezdeményezés 1999-ben indult az Európai Unió (EU) és az Európai Űrügynökség (ESA²²⁵) társfinanszírozásával. Kezdetekben komoly reményeket fűztek a magántőke bevonásához, amely azonban elmaradt. 2003-2006 között a kínaiakkal közös műholdas navigációs rendszer jelentette volna a kiutat, melyből Kína később kihátrált (megalkotva saját rendszerét a BeiDou-t). Több komoly gazdasági válságot követően 2011-ben kezdték meg az első „éles” műholdak felbocsájtását²²⁶, melyet 2019-ig 22 darab követett [73; p. 11.] [163].

A rendszer tervezetten 30 műholdból fog állni, melyből egyenlőre kettőnek nincs tervezett felbocsájtási ideje. A harmincből 27 üzemit és három tartalékot terveznek 24.000 km-es magasságban. A műhold-konstellációt úgy tervezték, hogy a skandináv országokban, a GPS-hez képest jobb vételi lehetőséget legyen képes biztosítani a rendszer. A rendszer követőállomásai a tervek szerint közel egyenletesen oszlanának el a Földön. Terveznek Európába, Francia-Guyanába, a Csendes-óceánra, Dél-Koreába, az Indiai-Óceánra és Új-Kaledóniába is. A vezérlőállomásokat Németországba és Olaszországba telepítették. Önálló SBAS alrendszere az EGNOS, mely jelenleg európai lefedettséggel bír [73; p. 13.] [164]. Pontosságát tekintve a polgári felhasználók számára m-es, a titkosított csatornákon cm-es pontosságot biztosít majd a rendszer.

Jelstruktúráját nézve a GALILEO rendszer is direkt szekvenciális szórt spektrumú jeleket sugároz kódosztásos hozzáféréssel (CDMA), melyeket a 3.2. táblázat részletez.

²²⁵ European Space Agency – Európai Űrügynökség

²²⁶ Korábban 2005-ben még csak tesztműholdakat állítottak pályára.

A GALILEO rendszer jelstruktúrája		
Csatorna megnevezése	Frekvencia	Moduláció
E1a	1575,42 MHz	BOC
E1b		CBOC ²²⁷
E1c		
E5a	1191,795 MHz	AltBOC ²²⁸
E5b		
E6a	1278,75 MHz	BOC
E6b		BPSK
E6c		

3.2. táblázat. A GALILEO rendszer jelstruktúrája (forrás: [165] [166] alapján szerkesztette a szerző)

A 3.2. táblázatban az E1, E6 csatornaszám melletti „a” jelölés a védett kormányzati szolgáltatást, a „b” jelölés a nyílt hozzáférésű csatornát, a „c” adathordozás nélküli pilot jelet jelent. Az E5a, E5b kódolású csatorna esetében az adatfolyamot egy kiegészítő jellel látták el, a kódolt szolgáltatás a nyílt hozzáférésű csatornára lett ültetve, és így a két szolgáltatás egyidejűleg fogható. A GALILEO rendszer szolgáltatásai között szerepel a nyílt szolgáltatás, amely bárki számára elérhető lesz, a kereskedelmi szolgáltatás, amely előfizetést követően nyújt nagy pontosságú adatokat például a geodéziai mérésekhez, illetve a védett kormányzati szolgáltatás, melyhez a hozzáférés engedélyhez kötött és titkosított adatfolyamot használ. Továbbá az életvédelmi szolgáltatás, és az életbiztonsági kutató-mentő szolgáltatás, melynek keretében többek között 2018. áprilisától az Európai Unió területén belül az új autókát felszerelik GALILEO képes vevőberendezésekkel, amely integráns része lesz a jármű vészhelyzeti segélyhívó rendszerének, valamint a GALILEO rendszer atomóráin keresztül szuperpontos időszinkronizálási szolgáltatásokat is nyújt az európai kritikus infrastruktúrák számára [73; p. 15] [167].

Kísérletben 2017. február 8-án 24 órás időintervallumban átlagosan 4-6 műhold volt látható, amelyek az E1, E5, E6 frekvencián sugároztak [79] [80].

Fontos megemlíteni, hogy a GALILEO rendszer védett kormányzati szolgáltatása hazánk számára is elérhető, így már a NATO szövetségi rendszer lévén a GPS és az Unió védett szolgáltatásához való hozzáférés is biztosított.

A korábbi szimulátor programos kísérlethez kapcsolódóan vizsgálatokat végeztem egy a GPS/GALILEO titkosított jelek vételére is alkalmas elméleti vevővel a már korábban említett programok segítségével, a GPS L1, L2, GALILEO E1, E5, E6 csatornák elérhetőségét vizsgálva, egy olyan szituációban, amikor csak a rejtjelezett csatornák hozzáférhetőek. A 24 órás időintervallumra kivetített kísérleti eredmények alapján

²²⁷ Composite Binary Offset Carrier – Kompozit Bináris Offset Vivős Moduláció

²²⁸ Alternative Binary Offset Modulation – Alternatív Bináris Offset Vivős Moduláció

álláspontomról átlagosan 6-7 műhold volt elérhető és a legkedvezőtlenebb fél órás időintervallumban is elérhető a pozicionáláshoz minimálisan szükséges 4 műhold [79] [80].

Az elméleti számítások és szimulátor programokkal végrehajtott kísérleteket követően, kutatómunkámban a következő lépésben valódi polgári navigációs célú GPS/GLONASS és GPS/GLONASS/BeiDou/GALILEO GNSS vevőkkel végzek méréseket, illetve ezen eredményeket elemzem.

3.4.3 A kínai BeiDou rendszer

A globális műholdas navigációs rendszerek közül kétség kívül a kínai rendszer büszkélkedhet a legnagyobb fejlődési ütemmel. A forrásokat feldolgozva viszonylagos ellentmondásokat találtam a rendszer felépítését illetően, mely annak köszönhető, hogy akár öt év alatt is történtek szignifikáns változások a műhold konstellációt, vagy jelstruktúráját tekintve.

A rendszer tervezése 1997-ben indult meg, majd rövid időre úgy tűnt, hogy beolvad az európai GALILEO projektbe. A kínai globális műholdas navigációs rendszer első fázisa (2000-2007) a BeiDou-1, második fázisa a BeiDou-2 (2007-2015), harmadik jelenlegi fázisa a BeiDou-3 (2015-). Időközben a második fázisban megváltoztatták a hivatalos megnevezését BDS²²⁹-re. A globális lefedettséget a harmadik fázis végén, körülbelül 2020-ra tervezik elérni. A számos elnevezés közül (BeiDou, BDS, Compass) kutatásaim során a legszélesebb körben elterjedt BeiDou megnevezést használom az egyértelműség kedvéért.

Jelenleg 26 műhold [79] kering a globális lefedettséghez tervezett 35-ből és napjainkban hivatalosan az ázsiai, ausztráliai régióknak biztosít lefedettséget. Műhold konstellációját tekintve 27 műhold kering majd közepes Föld körüli pályán (MEO), 5 műhold geostacionárius pályán az Egyenlítő felett (GEO), és 3 műhold ugyancsak a Föld forgási periódusával szinkronban, azonban az Egyenlítővel 55 fokos szöget bezáró ún. IGSO²³⁰ pályán. Az IGSO pályaelhajlás révén a műhold navigációs jeleit magasabb földrajzi szélességeken is venni tudják [73; p. 16.].

Várhatóan öt nyílt (ingyenes) és öt katonai (titkos) szolgáltatást fog majd a rendszer biztosítani. A tervek szerint a rendszer nyílt szolgáltatásai 1-2 m-es, titkosított szolgáltatásai dm-es pontosságot biztosítanak majd [168] [169].

²²⁹ BeiDou Navigation Satellite System – BeiDou Műholdas Navigációs Rendszer

²³⁰ Inclined Geosynchronous Orbit – Inklinációs Geoszinkron Pálya

Mivel Kína és hazánk nem tartozik közös szövetségi rendszerbe, így a BeiDou titkosított szolgáltatásaihoz nincs hozzáférésünk, azonban a nyílt szolgáltatások hasznosak lehetnek majd hazánk számára. Jelstruktúráját nézve a BeiDou rendszer is direkt szekvenciális szórt spektrumú jeleket sugároz kódosztásos hozzáféréssel (CDMA), melyeket a 3.3. táblázat foglal össze.

A BeiDou rendszer jelstruktúrája			
Jelenlegi megnevezés	Korábbi megnevezés	Frekvencia	Moduláció
E1	B1-2	1589,74 MHz	QPSK ²³¹
E2	B1	1561,1 MHz	QPSK
E6	B3	1268,52 MHz	Q/BPSK
E5a		1176,45 MHz	
E5b	B2	1207,14 MHz	BPSK

3.3. táblázat. A BeiDou rendszer jelstruktúrája (forrás: [170] és [171] alapján szerkesztette a szerző

A 3.3. táblázatból kiemelem az E5a és E5b csatornákat, melyeken az orosz GLONASS rendszer is fog sugározni interoperabilis jeleket. 2017. február 5-én 13:19-kor álláspontom felett 6 darab BeiDou műhold volt látható, 24 órás viszonylatban átlagosan 6-9 műhold volt elérhető [79] [161]. Mint a fenti kísérletből is látható, bár még a rendszer nem érte el a teljes műveleti képességeit (FOC²³²), már a hazánk felett rendelkezésre álló műhold mennyiség is befolyásolhatja a geolokális pozíciót meghatározó mérési eredményeket.

3.4.4 Regionális műholdas helymeghatározó rendszerek hatása a honi mérésekre

Mint azt az előzőekben is tárgyaltam, jelenleg két regionális lefedettséggel bíró rendszer üzemel, a japán QZSS és az indiai IRNSS. A japán rendszer tervezetten 4 műhoddal fog rendelkezni, melyből 3 HEO²³³ pályás és 1 GEO pályás műhold lesz. Jelenleg 1 HEO pályás műhold üzemel. A szimulációk alapján Magyarországról nézve, általában éjszaka pár órára látható a műhold közel a horizonthoz, azonban a méréseim során (melyeket később részletezek) nem észleltem a műholdat, révén a nagyon alacsony láthatósági szögnek [161].

Jelstruktúráját tekintve a GPS rendszerből ismert L1 C/A, L1C, L2C, L5, illetve a GALILEO E6 csatornán fog jeleket sugározni [172] [173]. Ezen interoperabilitás révén

²³¹ Quadrature Phase-Shift Keying – Kvadratúra Fázisbillentyűzés

²³² Full Operational Capability – Teljes Műveleti Képesség

²³³ Highly Elliptical Orbit – Magas Elliptikus Pálya

bármely GPS/GALILEO közcélú vevővel kihasználhatók a rendszer nyílt szolgáltatásai. Bár hazánkban a flotta és erőkövetés során érdemi hatásait nem fogjuk tapasztalni a QZSS rendszernek, azonban a Kelet-Ázsiában, Ausztráliában, Óceániában kiküldetésben lévő magyar közszolgálati funkciót ellátó szervek (katonák, diplomaták, mentőszervezetek) még kihasználhatják a rendszer képességeit. Különösen érdekes ez abból a szempontból, hogy a területen fennáll a lehetősége a GPS szelektív hozzáférés bekapcsolásának (gondoljunk bele, hogy itt javarészt orosz, kínai, észak-koreai területek vannak), ez esetben a szolgáltatás segítség lehet a közcélú GPS vevőkkel rendelkezők számára is.

Az indiai rendszer teljes egészében indiai tulajdonban és irányítás alatt áll, katonai és polgári célú PNT szolgáltatásokat biztosít. Jelstruktúráját tekintve a GPS rendszerből is ismert L5 csatornán, és a műholdas hírközlésben alkalmazott S-sávban (2492,08 MHz) sugároz jeleket. A tervezett 7 műhold mindegyikét felbocsájtották, amelyből 3 GEO pályás műhold további 4 pedig IGSO pályás [174]. A teljes műveleti képességet 2016 szeptemberében érték el [175]. Szimulációim során hazánk területéről 5 műhold volt egyidejűleg látható²³⁴ keleti irányból [79].

Megállapítható, hogy ezen regionális műholdas navigációs rendszerek hatása a honi helymeghatározásra elhanyagolható, ugyanakkor egyes külföldi kiküldetések során ezen regionális rendszerek alkalmazása hasznos lehet. Szimulációkat végeztem (1. sz. függelék 2. mérés) egy GPS/GLONASS/BEIDOU/GALILEO GNSS vevőre (GPS: L1C; GLONASS: L1OF; BeiDou: E2; GALILEO: E1b, E1c) és egy IRNSS (L5 és S-sáv) vevőre afganisztáni és indiai mintavételezési pontokra. Új-Delhiből 24 óra leforgása alatt 38-47 GNSS²³⁵ műhold látszott, melyből 8-9 a műholdas kiegészítő rendszer része (SBAS). Ezzel szemben az IRNSS rendszer 7 műholdat biztosít. Afganisztán, Pol-e-Khomriből (magaslati pontról, pl. OP-West) 24 óra alatt 41-53 GNSS műhold látszott, melyből 8-9 a műholdas kiegészítő rendszer része, nem számítva az IRNSS műholdjait. Megállapítható, hogy a korábban tárgyalt globális rendszerek kielégítik a felhasználói igényeket. A rendszerek lekorlátozása csak rendkívül szélsőséges esetekben valósulhat meg. Ez esetben egyéni cselekvési tervekre, és megoldásokra van szükség. Ilyen lefedettségi adatok mellett nem javaslom az IRNSS technológia implementálását a honi flotta-és erőkövetési rendszerek GNSS moduljaiba. A QZSS rendszer által biztosított nyílt szolgáltatásokat a GPS/GALILEO vevők képesek fogni a helyszínen kiegészítés és módosítás nélkül.

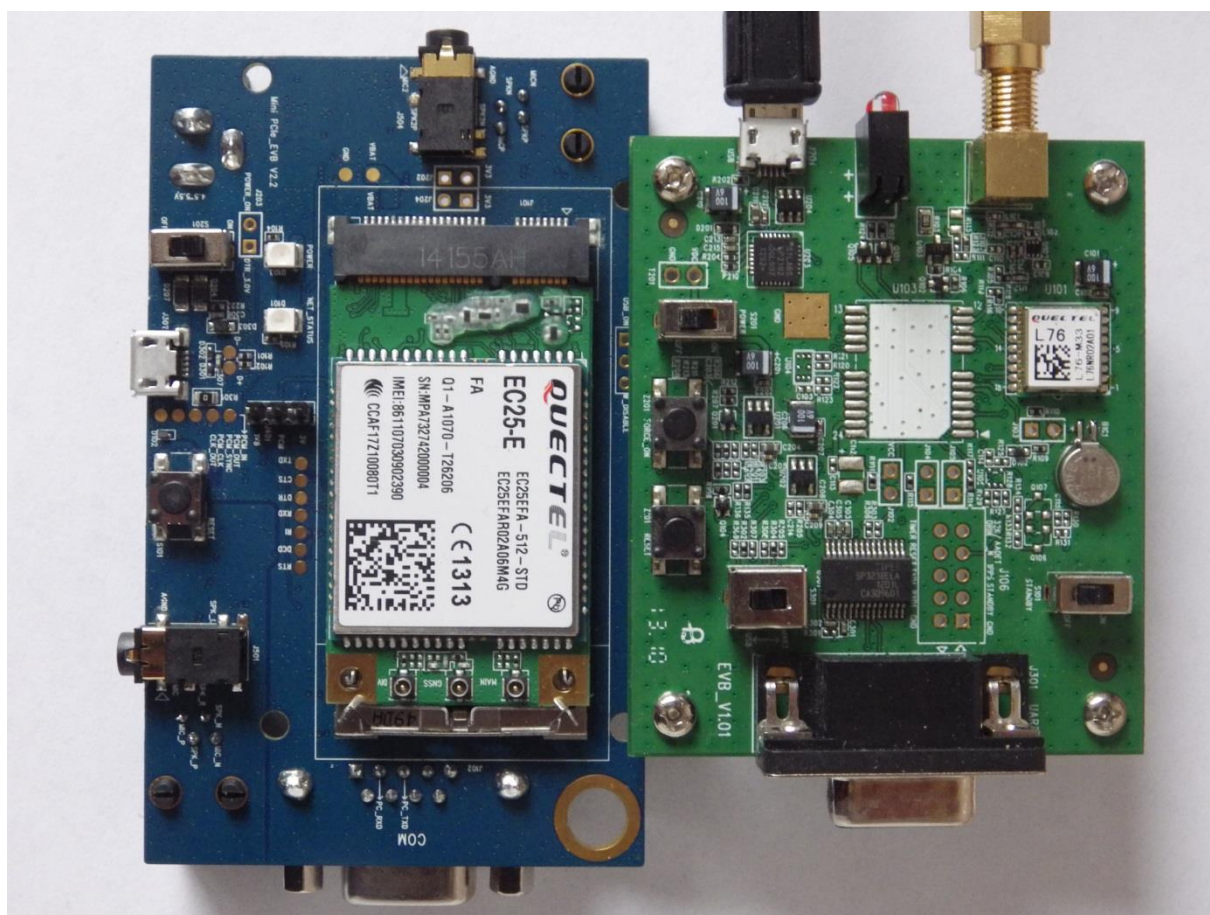
²³⁴ 2017. február 06-án 11:30-kor az 1A, 1B, 1C, 1D, 1F típusjelű műholdak nyalábjai lefedték Magyarországot.

²³⁵ GPS/GLONASS/BEIDOU/GALILEO

3.4.5 GNSS vevőkkel végzett mérések eredményei

A GNSS témakört érintő kutatómunkám eddigi részében az irodalomkutatás és a szimuláció eszköztárából merítettem. Ezen tudományos módszereken továbblépve általam konfigurált kísérleti GNSS vevőket alkalmaztam mérések végrehajtására, hogy eddigi kísérleteimet valós primer mérési eredményekkel egészítsem ki. Négy hónap alatt közel 100.000 automatizált mérést végeztem, különböző időpontokban, helyszíneken és műholdas pályageometriák alatt, 1 Hz-es mintavételi idővel, alkalmanként nagy kitakarási szögű területeken is.

Mérőeszközöim egy Quectel L76 GNSS (GPS+GLONASS+QZSS) navigációs vevő fejlesztői készletbe ültetve (3.1. kép), külső antennával, PowerGPS v.2.3.5 szoftverrel. Az eszköz a navigációs célú vevők területén műszaki tartalom szempontjából gyengébb képességű, azonban kutatása szükségszerű, tekintettel jelentős piaci részesedésére [176].



3.1. kép. EC-25E kommunikációs modul és L76 GNSS vevő fejlesztői készletbe ágyazva (szerző)

Képes a GPS L1 C/A jel, a QZSS L1 C/A jel, és a GLONASS L1OF jelek vételére 1-10 Hz mintavételezési periódussal. 99 csatornát képes figyelni, és 33 csatornán a

műholdakat követni -167 dBm vevőérzékenység mellett. Ezen felül az eszközt interferencia védelemmel, és anti-spoofing technológiákkal látták el a gyártók [177].

Másik mérőeszközöm a navigációs célú vevők területén műszaki tartalom szempontjából komolyabb képességű, u-blox M8N navigációs vevő fejlesztői készletbe ágyazva, patch antennával. A rendszer képes fogni a GPS+GLONASS+BeiDou+GALILEO jeleket, melyekből egyszerre legfeljebb hármat tud kezelni, a GPS L1 C/A, a GLONASS L1OF, a BeiDou E2 (B1), a GALILEO E1b, E1c és a QZSS L1 C/A csatornákon, 1-10 Hz mintavételezési periódussal. A vevő érzékenysége -167 dBm, valamint képes detektálni a spoofingot. A vevőt a hozzá készített u-center v.8.23 szoftverrel használtam. Továbbá képes más hasonló vevőkkel összekötve relatív méréseket végezni, ezáltal esetenként szubméteres- deciméteres mérési pontosságot elérni [178]. Az eszköz a 3.2. képen látható.



3.2. kép. u-blox M8N navigációs vevő fejlesztői készletbe ágyazva (szerző)

Harmadik mérőeszközöm egy Quectel EC-25 LTE²³⁶ mobilkommunikációs modul volt fejlesztői készletbe ültetve. A modul tartalmaz egy GNSS vevőt, mely képes fogni a

²³⁶ Long Term Evolution – negyedik mobilgenerációs megoldás

GPS (L1C), GLONASS (L1OF), BeiDou (E2), QZSS (L1C) szolgáltatásokat 1 Hz-es mintavételi periódussal [179]. Az eszköz a navigációs célú vevők területén műszaki tartalom szempontjából gyengébb képességű, mivel a modul elsődlegesen LTE mobilkommunikációs modul, így a helymeghatározó szolgáltatások csak másodlagos szerepet töltenek be. Azonban a kompakt kivitelnek köszönhetően széles körben alkalmazzák flottakövető és IoT²³⁷ feladatokra. Az eszköz a 3.1. képen látható.

Kísérleteim első fázisában a GNSS műholdak láthatóságát tekintve összevettem a szimulátor szoftverek [79] [161] számított adatait a GNSS vevőim által mért értékekkel. A GNSS vevőket támogató szoftverek segítségével nyomon követhetők a látható, és a mérésben részt vevő műholdak. Elmondható, hogy átlagosan egy műhoddal láttam kevesebbet az előre jelzettnél. Ennek oka feltehetően, hogy mérési helyeimen nem láttam a teljes égboltot, mert a horizont felett benyúló tereptárgyak kitakarták azokat.

Következő lépésben választ kerestem azon kutatási célkitűzéseimre, hogyan publikálhatók legcélszerűbben a flotta- és erőkövetési rendszerek számára a GNSS vevőkből kinyert adatok. A vizsgált GNSS vevők képesek hexadecimális formában (gépi kódban) és NMEA²³⁸ 0183 formátumban kiadni PNT adataikat. Az NMEA 0183 szabvány üzenet a GPS rendszer alapértelmezett formátuma, alkalmazása a navigációban széles körben elterjedt. Fontos kiemelni, hogy nem az NMEA 0183 az alapértelmezett szabványa más GNSS rendszereknek, az orosz GLONASS például eltérő navigációs üzeneteket alkalmaz az L1OC és L3OC jeleknél [180]. Azonban a GPS-től eltérő rendszereknél fellépő egyéb karakterkészlet (ciril betűk, kínai írásjelek), és a GPS rendszer korai elterjedésének köszönhetően de facto módon az NMEA 0183 került előtérbe. Ezt a hatást tovább erősíti, hogy az újonnan piacra dobott eszközök esetében a tervezők előnybe részesítik az interoperabilitás kialakítását az említett szabvánnyal, mivel ez többek között gazdasági érdekük is. Hazánk számára ez pozitív hatással bír, hiszen a jelenlegi GPS dominanciába jól illeszthetők ezen navigációs célú GNSS technológiák. Megállapítható, hogy a honi közszolgálati célú flotta- és erőkövetési rendszereket támogató GNSS rendszereknél célszerű az NMEA 0183 protokoll kialakítása, alkalmazása.

Szemléltetés céljából kiemelek egy 13329 mérésből álló kísérletet (1. sz. függelék 4. mérés), 1 Hz-es mintavételi rátával. A korábbiakban említett gondolkísérlet saját mérési eredményekkel történő alátámasztása érdekében kiválasztottam egy vasbeton épületet, ahol egy feltételezett katonai tüzérségi megfigyelő tevékenykedik, aki GNSS

²³⁷ Internet of Things – „Dolgok Internete”

²³⁸ National Marine Electronics Association – (USA) Nemzeti Tengerészeti Elektronikai Egyesület

vevővel felszerelt erőkövetési rendszerrel került ellátásra a magasabb szintű koordináció, illetve a baráti tűz elkerülése érdekében. A figyelőhelyről az égboltra való kilátás korlátozott, ezért alaphelyzetben a GPS vevőkészülékekkel történő mérés nehézkes lenne.

Mindezen körülmények ellenére az általam alkalmazott GNSS vevő (Quectel L76 GPS+ GLONASS) képes volt helymeghatározásra horizontálisan 32 m x 32 m, vertikálisan 18 m pontossággal. Ez az eredmény köszönhető a két GNSS rendszer korrelált alkalmazásának, valamint a vevőben használt zavarásellenes, és anti-spoofing technológiának. A mérés során a vevő 10 műhold jeleit használta vegyesen GPS/GLONASS/SBAS, illetve az SBAS műholdak révén DGPS szolgáltatást alkalmazott a pályakorrekció kiszámítására.

A kísérleti eredményeket elemezve következtetésként levonható, hogy érdemes lenne olyan GNSS vevőket alkalmazni, amelyek képesek a négy nagy globális műholdas navigációs rendszer nyílt szolgáltatásait elérni, emellett a közsféra szűkebb szegmense számára a GPS/GALILEO rendszerek minősített szolgáltatásainak elérésére.

3.4.6 Navigációs célú GNSS fejlesztési lehetőségek

Bár mérési eredményeim alapján elég jól szerepeltek a GNSS vevők, nem szabad figyelmen kívül hagyni a tényt, hogy a GPS rendszerhez hasonlóan a GNSS vevők is zavarhatók [181; p. 172.] [182; p. 189.]. Ugyanúgy lehet alkalmazni ellenük elnyomó zavarást, spoofingot, meaconingot, azonban a GNSS rendszerek robusztussága révén ez sokkal komplexebb folyamat. Még kevésbé elterjedt, azonban már ezen zavaró rendszereknek is megvannak a képviselői [81] [82].

Kutatásaim során arra a következtetésre jutottam, hogy hazánknak is választ kell adnia a globális műholdas helymeghatározás biztonságát érintő fenyegetettségekre. Az általam elvégzett kutatómunka során megállapítottam, hogy a piacon fellelhető, számunkra elérhető polgári GNSS illetve katonai célú, P(Y) kódok fogadására is képes GPS vevők nem elégítik ki ez irányú igényeinket. Magyarországnak természetesen gazdaságilag nem alternatíva saját globális műholdas navigációs rendszer fenntartása, ehelyett sokkal racionálisabb olyan speciális GNSS vevők alkalmazása (GPS+GLONASS+BeiDou+GALILEO), amelyek egy része képes hozzáférni (szövetségesi rendszerünkől fakadóan) a GPS és GALILEO rendszerek minősített szolgáltatásaihoz.

Az ilyen speciális, honi K+F+I tevékenységből létrejövő GNSS vevők akár a hazai védelmi iparból is kikerülhetnének. Ez egybecseng a Kormány „Irinyi Terv”-ben

megfogalmazott gondolataival [183; pp. 67-69.], és más gazdasági jellegű védelmi ipari kutatásokkal is [184]. A honi fejlesztésű eszközökkel redundáns módon használhatnánk a rendelkezésre álló nyílt és minősített hozzáférésű GNSS infrastruktúrát. Ezen vevőberendezések elsődleges felvevőpiaca a hazai közszféra lehetne, azonban komoly piacot jelenthetnek a szövetséges országok is.

Mivel egy típusú vevőberendezés képtelen lenne lefedni minden piaci igényt, ezért az alábbi javaslatokat fogalmaztam meg egy vevőberendezés család kifejlesztésére:

Az első szintű navigációs GNSS vevő a közszféra szélesebb rétegei számára készülne, elsődlegesen a flottakövetési igények (gazdasági, optimalizálási, vagyonbiztonsági, munkaerő nyilvántartási) kielégítésére. A vevő a GPS+GLONASS+BeiDou+GALILEO+SBAS infrastruktúra nyílt hozzáférésű szolgáltatásait használná. A felhasznált jeleket, csatornaszámot, jelfrissítési ciklust, mérési módot (kód/fázis) úgy kell meghatározni, hogy a létrejövő termék megfelelő ár érték arányt képviseljen, bizonyos szinten versenyképessé váljon a piac más termékeivel szemben. Fő előnyét elsősorban az európai szintű minőségbiztosítási rendszer jelentené az olcsóbb távol-keleti gyengébb műszaki tartalmú termékekkel szemben. Ezt fokozná a zavarvédelem és anti-spoofing kialakítása, melyet a mobiltelefon, és TETRA bázisállomások jeleinek háromszögelési módszerrel történő mérésével támogathatna.

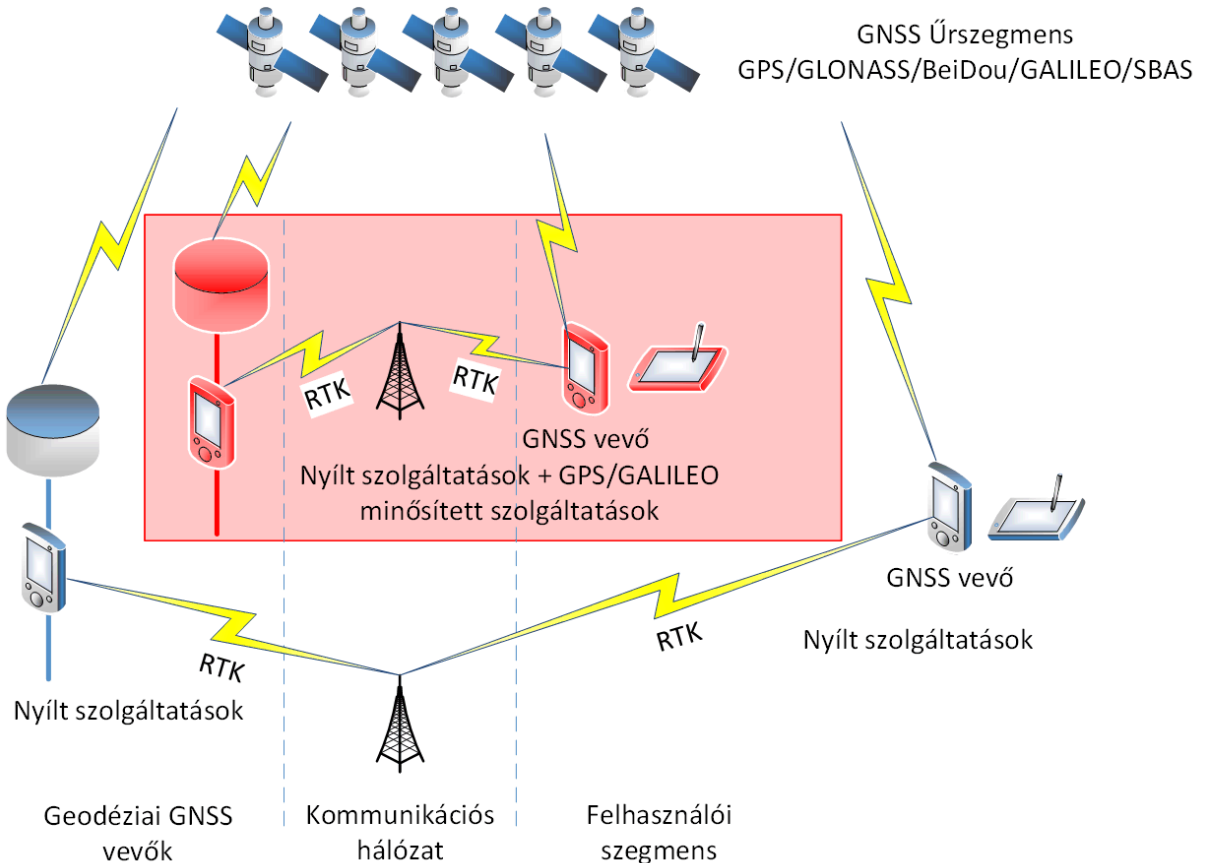
A második szintet, olyan minőségi navigációs GNSS vevők képviselnék, amelyek használnák a GPS+GLONASS+BeiDou+GALILEO+SBAS és megfelelő adatkommunikációs csatornák esetében a GBAS infrastruktúrák nyílt hozzáférésű szolgáltatásait, mely keretében akár hálózatos RTK információkkal lennének képesek pontosítani méréseiket. A vett jeleken alkalmaznák a kód- és fázismérés technológiáját, 1-10 Hz mintavételi frekvenciákon, ezáltal akár szubméteres pontosságot kialakítva. Mindezeket támogatná fejlett elektronikai védelmi képességeik (anti-spoofing, zavarás elleni védelem, adaptív antenna csatlakoztatási lehetőség – modul rendszerű kialakítással [4]). Háromszögelési technológia révén a mobiltelefon és TETRA tornyok segítségével kiegészítő helymeghatározó szolgáltatást biztosítanának, melyet kereszt korrelálnának a globális műholdas navigációs rendszerek adataival. Ezen szegmens célcsoportja a nagy pontosságú navigációs adatokat, illetve minőségi szolgáltatásokat igénylő alkalmazások lennének.

A harmadik szintű navigációs GNSS vevőket két alcsoportra bontom. Az első alcsoport tagjai használnák a GPS+GLONASS+BeiDou+GALILEO+SBAS infrastruktúrák nyílt szolgáltatásait, továbbá a GPS+GALILEO minősített hozzáférésű szolgáltatásait is. A

második alcsoport kiegészül továbbá hozzáféréssel a GBAS infrastruktúrák nyílt hozzáférésű szolgáltatásaihoz, mely keretében akár hálózatos RTK információkkal lennének képesek pontosítani méréseiket. Mindkét alcsoport esetében kód- és fázismérési lehetőséggel, 1-10 Hz mintavételezési periódussal, és fejlett elektronikai védelmi szolgáltatásokkal (anti-spoofing, zavarás elleni védelem, adaptív antennák alkalmazása). Ezen szegmens célcsoportja a fegyveres- és rendvédelmi szervezetek, titkosszolgálatok, és egyéb kiemelt közszolgálati tevékenységet ellátó állami szervezetek.

A negyedik szintet geodéziai GNSS vevők képviselnék, amelyek a geodéziai vevőkkel szemben támasztott követelményeken túlmenően képesek lennének a GPS+GALILEO infrastruktúra minősített hozzáférésű szolgáltatásait is felhasználni. Szerepük a navigációs célú vételtechnikában az RTK adatok biztosítása nyílt és minősített hálózatokban, továbbá PNT szolgáltatások biztosítása a közszolgálat egyéb szervezetei és a kritikus infrastruktúrák számára.

Ezen technológiai innováció révén, olyan zárt rendszerű minősített hálózatokba lehetne kötni a megfelelő szintű flotta- és erőkövetési terminálokat, ahol megvalósulhatna az RTK információk biztosítása a terminálok titkosító kulccsal feltöltött GNSS vevői részére. Az általam elgondolt hálózati kialakítást a 3.6. ábra szemlélteti.



3.6. ábra. RTK információk biztosítása nyílt és minősített hálózatokban (szerkesztette a szerző)

Megítélésem szerint a fenti kialakítású GNSS vevők és relatív mérési hálózatok hatékonyan növelnék a globális műholdas navigációs rendszerek infrastruktúrájának rendelkezésre állását. Ezen fejlesztéssel, illetve az áttéréssel a kizárólag GPS alkalmazásáról a GNSS világába, további menedzsment- és vezetés-irányítási (C2) rendszerek, illetve flotta- és erőkövetési rendszerek hatékonysága lenne javítható.

3.5 Az EDR rendszer honvédelmi célú fejlesztési lehetőségei különös tekintettel az erőkövetésre

A TETRA rendszerek a világ veszélyhelyzeti kommunikációs rendszereiben komoly szerepet foglalnak el. Rendkívül dinamikus a fejlődésük, magas rendelkezésre állási mutatókkal rendelkeznek, illetve a felhasználók igényeinek magas fokú kielégítése révén méltán elismert rendszerek. A pozitív visszacsatolások révén a Magyar Honvédségen túl egyre több európai haderőben alkalmazzák a TETRA rendszert, elsődlegesen katasztrófavédelmi feladatokra, azonban a harcászati rádiók mellett, a katonai alkalmazás során is egyre jobban felértékelődik a szerepük.

Megítélésem szerint érdemes elgondolkodni a rendszer sikere, és a számos pozitív katonai tapasztalat láttán, hogy újabb szerepkörökben tekintsünk az EDR rendszerre, mint a készenlét fokozás, fenntartás egyik kommunikációs eszközére.

Napjainkban a Pajzs webes felületen lehet elérni AVL információkat. A Katasztrófavédelem saját igényei kielégítésére kifejlesztette a Döntéstámogatási Térinformatikai Rendszert (DÖMI), mely a kisebb nehézségek ellenére jól ellátja feladatát. Ezen előrelépés a honi katonai felhasználókat is inspirálhatja saját EDR alapú erőkövetési rendszereinek fejlesztésére.

Komoly kérdést vet fel az AVL széleskörű bevetése során a „need to know” és a „need to share” elvek alkalmazása. Jelenleg a „need to know” érvényesül. A rendszerben működő több tízezer terminál geolokációs adatainak kompromittálódása jelentős kockázatot jelentene. A VPN-ek közötti átjárás nehézkes, a felhasználók honi környezetben nem látják a közeli terminálokat, amely egy lokális probléma kezelése során (nukleáris baleset, árvíz, improvizált robbanó eszköz) fennakadást okozhat. Azonban napjainkban még nincs példa olyan mérnöki pontossággal megalkotott, jól szabályozott „need to share” elv alapján megosztott helyzetképet kezelő AVL alkalmazásra, amely képes lenne kompenzálni az esetleges kompromittálódással járó negatív hatásokat.

Véleményem szerint célszerű lenne olyan fejlesztéseket végrehajtani, amelyek által hasonló szolgáltatások lennének elérhetők, mint a katonai erőkövetési rendszerekben.

Többek között grafikus parancsszabási felületet, ahol a parancsnok például összpontosítási körletet, vagy célmegjelölést tudna eszközölni a digitális térképi felületen, netán improvizált robbanóeszközöket lehetne bejelölni. A veszélyt jelző információk minden VPN-be publikálódnának, így a társszervek szakemberei azonnal értesülnének a veszélyről.

Az előző katonai térinformatikai rendszereket támogató fejezetben részletesen tárgyaltam használhatóságukat. Megítélésem szerint, terepanalízis funkciókkal is célszerű lenne bővíteni az AVL térinformatikai rétegét. Katonai berkekben rendkívül népszerűek a közvetlen rálátás (LOS) és körkörös közvetlen rálátás (CLOS²³⁹) alkalmazások, melyek jó szolgálatot tesznek erő megóvási, felderítési és híradó feladatok tervezése során. További előny, hogy ehhez nem szükséges adatkapcsolat, a térképi adatbázisok előre feltöltésre kerülnek az AVL kliensekre. A frissítéseket pedig rendszeres időközönként a szakállomány közvetlenül a terminálokra hajtáná végre.

Természetesen ezen funkciók kiaknázásához elengedhetetlen az AVL rendszer felhasználói körének kiszélesítése. Minden gépjármű AVL kliensekkel történő ellátása komoly anyagi terheket róna az országra, azonban a nemzetközi példákat tekintve Magyarországhoz hasonló gazdasági potenciálú országok, úgy mint Bulgária vagy Görögország is képesek voltak megteremteni saját korszerű TETRA AVL rendszerüket, gépjárművekbe elhelyezett több száz, sokszor több ezer AVL klienssel. Ez a példa magában hordozza annak üzenetét, hogy hazánk számára is lehet realitás AVL rendszerünk fejlesztése.

Emellett szól a különböző NATO híradó-informatikai rendszerek fejlesztési iránya is, mely a helyzetismeret megosztás, és a közös hadműveleti kép kialakítását célozza.

A felhasználói kör szélesítésének rövid távú lehetőségei között komoly potenciált hordoz magában az OMA és MLP szabványok alkalmazása. A mobilkommunikációban alkalmazott MLP szabványok rendkívül elterjedtek, napjainkban is számos mobil alkalmazás használja azokat. Az elérhető tömeges alkotói háttér révén a fejlesztés lényegesen olcsóbb lehetne a katonai kutatás+fejlesztés+innovációban (K+F+I) megszokottaknál. A Magyar Honvédség számára érdekes fejlesztési lehetőség lenne az AVL szerverről a nyílt forrású OMA keretrendszerben az AVL megjelenítési szerverre publikált MLP adatok alkalmazása. Célszerű lenne kialakítani az STN rendszerben olyan webes alapú kliensalkalmazásokat, amelyek képesek lennének a megjelenítési szerverről

²³⁹ Circular line of sight - Körkörös Közvetlen Rálátás

információkat lekérni. A rendszer kevésbé bonyolult, mivel http²⁴⁰ információátviteli protokollal dolgozik, továbbá az STN rendszer széles körben elérhető, ezáltal a vezetési pontokon megfelelő jogosultsággal rendelkező felhasználók a webes alkalmazásokon, az AVL megjelenítési szerveren keresztül nyomon követhetnék termináljaikat. A rendszer biztonsága nem sérülne, mert csak a megfelelő jogosultságú felhasználók férnének hozzá az adatokhoz.

Másik irány, hogy ezek a terminálok a Tábori Felügyeleti Központokban kerülnének elhelyezésre, és innen kerülnének az információk a műveletirányítókhoz [185; pp. 62-63.].

További indok a TETRA elvű rendszerek mellett, hogy a nemzetközi tendenciák arról árulkodnak, hogy a jelenlegi 2G mobilhálózati alapokon nyugvó rendszerek mellett egyre jobban teret nyerhetnek az LTE (4G) megoldások, amelyek lényegesen nagyobb sávszélességet biztosítanak. Egy negyedik generációs mobilkommunikációs megoldásokon nyugvó TETRA rendszer birtokában, új dimenziók nyílnának a távelérés, távérzékelés területén. Kamerarendszerek, szenzorok képét, adatait lehetne valós időben streamelni távoli vezetési pontokra. Ilyen adatsebesség mellett a komolyabb titkosítási eljárások által igényelt magasabb sávszélesség sem jelentene akadályt. A felderítő tevékenységet vagy éppen egy árvízi helyzet során megfigyelést végző UAV kamera élőképét akár HD²⁴¹ minőségben tekinthetnék meg a szakemberek.

Ilyen sávszélesség mellett nagy mennyiségű adatot, képet lehetne küldeni a terminálok számára, melyeket a megfelelő interfészekon keresztül laptopokra, személyi számítógépekre lehetne irányítani további jelfeldolgozás, értékelés céljából.

TETRA LTE

Az LTE szabványt a 3GPP²⁴² nevű projektársulás adta közre a 3GPP Release 8. dokumentumában, mely dokumentumsorozat jelenleg a 14. kiadásánál tart. Az LTE váltotta a közcélú mobilhálózatokban a harmadik generációs mobilkommunikációs megoldásokat, úgy mint az UMTS²⁴³/HSPA²⁴⁴ hozzáféréseket. A negyedik generációs szolgáltatások Magyarországon 2012. január 1-je óta [186] elérhetők a közcélú mobilhálózatokban. Az LTE-t klasszikusan a nagy sávszélességet igénylő

²⁴⁰ HyperText Transfer Protocol – webböngészéshez használt protokoll

²⁴¹ High Definition – korszerű képfelbontás, mely 1280x730-tól akár 4096x2304-ig is terjedhet 2,6-10 Mbit/s sávszélességek mellett

²⁴² 3rd Generation Partnership Project – 3. (Mobil)Generációs Projekt Társulás

²⁴³ Universal Telecommunication System – 3G (mobil) adatátviteli megoldás

²⁴⁴ High-Speed Packet Access – 3G (mobil) adatátviteli megoldás

adatszolgáltatások elérésére (pl: video streamek) fejlesztették ki, és napjainkra az egyik meghatározó szolgáltatásává nőtte ki magát.

Az egyre növekvő sávszélességnek köszönhetően átalakultak a mobiltelefon használati szokásaink, míg korábban a beszédkommunikáció dominált, jelenleg az adatkapcsolati (jellemzően applikációk futtatása), azonnali üzenetküldési, video streamelési, képmegosztó szolgáltatások dominálnak. Ezen új szokások beépültek a TETRA terminált használó felhasználók mindennapjaiba is. A ROHILL szakemberei megfigyelték, hogy a felhasználók párhuzamosan használták TETRA termináljaikat és okostelefonjaikat adminisztrációs és műveleti feladatokra egyaránt. Részben ez a jelenség inspirálta a veszélyhelyzeti kommunikációval foglalkozó szakembereket, hogy létrehozzanak egy olyan szélessávú, nagy adatkommunikációs kapacitással bíró megoldást, mellyel képesek kiszolgálni a felhasználói igényeket. Mindazonáltal a fejlesztés mellett szól az is, hogy az első körben telepített (2000-2010) TETRA hálózatok lassan elérik tervezett élettartamuk határát, ezáltal javításuk, fenntartásuk már nem biztosítható költséghatékonyan [187].

Kézenfekvő megoldásként jelentkezett, hogy a vezető veszélyhelyzeti kommunikációs szövetségek, gyártók, közösségek megalkossák a szélessávú adatkommunikációs szolgáltatásokat biztosító TETRA LTE szabványt. A TETRA és LTE házasításánál fellépő első problémaként jelentkezett, hogy alaphelyzetben az LTE meglehetősen gyengén támogatja a veszélyhelyzeti híradás beszédkommunikációs igényeit, értem ez alatt a PTT funkciót, az egyes küldés (unicast), többes küldés (multicast) és szórásos (broadcast) funkciókat. Továbbá a különböző beszédkommunikációs szolgáltatásminőségi beállítások (QoS²⁴⁵) is kevésbé finomhangolhatók, mint azt a TETRA hálózatokban megszoktuk, ugyanis a különböző felhasználók prioritizálása elhanyagolható lehetőséget biztosít az LTE keretek fejléceiben, amelyek szerepe különösen a száz, vagy annál nagyobb számú csoporthívásoknál mutatkozik meg [187].

Mindezen problémák kiküszöbölése napjainkban is folyamatban van, ezért még nem beszélhetünk egységes szabványról, azonban a részeredmények, eddig kidolgozott protokollok bizakodásra adnak okot. A TETRA LTE fejlesztőinek (pl.: a gyártók és különböző szervezetek, TCCA²⁴⁶, ETSI, 3GPP) tervezési időrendje alapján 2020-ig várható a szabványcsomag véglegesítése, és 2020-2025 között várható az implementáció a már meglévő, és újonnan kialakítandó TETRA hálózatokba [187].

²⁴⁵ Quality of Service – Szolgáltatás Minőség

²⁴⁶ TETRA + Critical Communication Association – TETRA „Kritikus” Kommunikációs Szövetség

Az LTE rendkívüli teljesítményt nyújt az adatátviteli sebesség és késleltetés területén a korábbi mobilkommunikációs megoldásokhoz képest. A 2x20 MHz sáv szélességet kihasználva a lefelé irányuló kapcsolat (downlink) elérheti a 300 Mbit/s hasznos adatsebességet (throughput) is. De még a szerényebb 2x5 MHz-es spektrumelosztással is 75 Mbit/s érhető el, amely elegendő szimultán 20 nagyfelbontású videó közvetítéséhez. A késleltetés jellemzően 10 és 20 ms között alakul. Mindezen tulajdonságok egy jól skálázható rendszert biztosítanak [187].

A kedvező csatornakialakítás mellett jelenleg még vita tárgyát képezi a frekvencia allokáció kialakítása. Bár 3GHz felett rendelkezésre állnak frekvenciák a TETRA LTE számára, ezek kevésbé alkalmasak nagy területek lefedésére. Viszont a 3 GHz alatti frekvenciák többnyire foglaltak, így egyeztetés van folyamatban egy esetleges újrastrukturálást illetően, hogy kiadhatók legyenek megfelelő sáv szélességű csatornák a TETRA LTE technológia számára [187].

A beszédkommunikációs kihívásokra megfelelő választ adhat a hibrid kialakítás, melynek lényege, hogy az adatkommunikáció LTE csatornákon, míg a beszédátvitel alacsonyabb mobilkommunikációs megoldásokon (jellemzően 3G) valósul meg, hasonlóan mint az LTE hazai bevezetésénél, ahol szintén ezt a módszert alkalmazták. A megoldás egyik előfutára az MCPTT²⁴⁷ [188] és CVDP²⁴⁸ [187] protokollok.

Az MCPTT sikerrel küszöbölte ki az LTE szabványban jelentkező csoport hívási (PTT) problémákat. A CVDP protokoll képes a veszélyhelyzeti hírközlés kritériumait kielégítő prioritási szinteket rendelni a felhasználóhoz a beszédkommunikációs átvitel során, egyes- és többes hívások esetén egyaránt. A csoportszkenelés és a dinamikus csoport újraszervezés az EDR rendszerben már megszokott képességeket biztosít a TETRA LTE szabványcsomagon belül. A szolgáltatás továbbfejlesztéseként, a terminálokon lehetőség adódik telefonkönyv és csoport szinkronizálásra az okos telefonokon megszokott módon. A CVDP protokoll 128 illetve 256 bites AES végponttól-végpontig tartó szinkron titkosítást képes biztosítani.

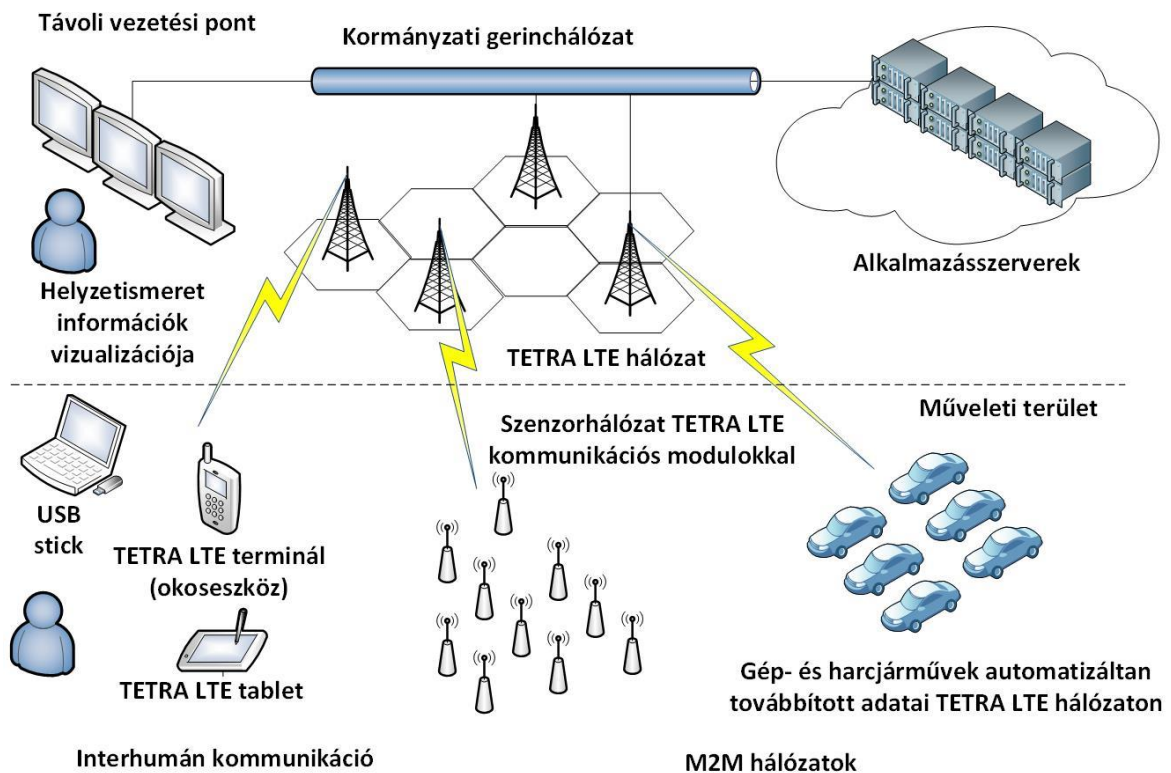
Mint a fenti leírásból is látható a kialakuló TETRA LTE implementálásával képesek leszünk egyesíteni az okos telefonok által biztosított szolgáltatások alkalmazásának lehetőségét magánhálózatokban, esetünkben akár az EDR rendszeren keresztül is [187].

Az erőkövetés szemszögéből a TETRA LTE előrelépést jelenthet az EDR rendszer mostani szolgáltatásaihoz képest. Jelenleg a már bemutatott módon, központi számítógépes

²⁴⁷ Mission Critical Push to Talk

²⁴⁸ Critical Voice and Data Protocol – „Kritikus” Hang és Adat Protokoll

terminálokra követhetők a felhasználók. Egy TETRA LTE rendszerben a terminálokra (melyek lehetnek akár okostelefonok, tabletek, vagy USB stickek személyi számítógépekhez csatlakoztatva) letöltött applikáción nyomon követhető a saját illetve a többi terminál helyzetinformációja. A rendelkezésre álló nagyobb sávszélesség révén, a geolokális helyzetinformációk mellett lehetőség van státuszüzenetek (időbélyeggel), képek, videók, e-mailek megosztására is. Továbbá lehetőség nyílik a PAN és BAN hálózatokból kinyert szenzorhálózati adatok megosztására is. A közszolgálati- és katonai rendszereket támogató „Dolgok Internete” és a „Minden az Interneten” (IoE) M2M²⁴⁹ alkalmazások a jelenleginél lényegesen nagyobb adatforgalmat fognak generálni, melyet a kormányzati célú TETRA LTE hálózatba terelve egy biztonságos, nagy megbízhatóságú adatátviteli utat alakíthatunk ki. Egy TETRA LTE hálózati megoldást a 3.7 ábra szemléltet.



3.7. ábra. TETRA LTE hálózat kibővített képességei a helyzetismeret információk megosztása tükrében (szerkesztette a szerző)

²⁴⁹ Machine to Machine – Eszköz – Eszköz közötti autonóm átvitel

3.6 Szenzorhálózatok adatainak integrálási lehetőségei a perspektivikus erőkövetési rendszerekbe, különös tekintettel az egyéni egészségügyi adatokra

Napjainkban komoly igényként jelentkezik, hogy a nyomon követett személyek, gép- és harcjárművek, robotok geolokációs adatain túl harcképességüket, egészségügyi adataikat, a személy és a technikai eszközök készleteinek feltöltöttségét is közel valós időben nyomon lehessen követni. A jövő erőkövetési hálózataiban várhatóan már megvalósulhat a szenzorhálózatokból kinyert adatok eszköz-eszköz (M2M) közötti automatizált információcseréje. Ezen hálózatok kiterjedésük szerint széles skálán tagozódhatnak, egészen az emberi test felületén kialakított (BAN²⁵⁰) hálózatoktól, a személyes (PAN²⁵¹) és lokális (pl.: egy menetszlop) hálózatokig, melyek az adatok feldolgozását követően az információkat szintén automatizáltan továbbítják egy távoli állomásnak, hálózatnak, esetleg felhőbe, vagy a helyi hálózatban egy személy részére (pl.: egészségügyi szakszemélyzet – egészségügyi adatok, ellátó altiszt – lőszerfogyás). Korunk haladó információtechnológiai megoldásainak köszönhetően ezen rendszerek a tudományos-fantasztikus világból kiemelkedve egyre inkább valóságos formát öltenek. Egy korábbi tudományos kutatás keretében már vizsgálták a katonák harci képességeit növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelések alkalmazási lehetőségeit [189], melyben behatárolásra kerültek a lehetséges monitorozandó képességek, úgy mint ABV, idegen-barát azonosítás, fegyverzet, a felszerelés energiaellátása, egyéni egészségi állapotellenőrzés és –jelentés, stb. Ezen feltárt területeket, mint diszciplínákat kezeltem a szenzorhálózatok kialakítási lehetőségeinek vizsgálata során.

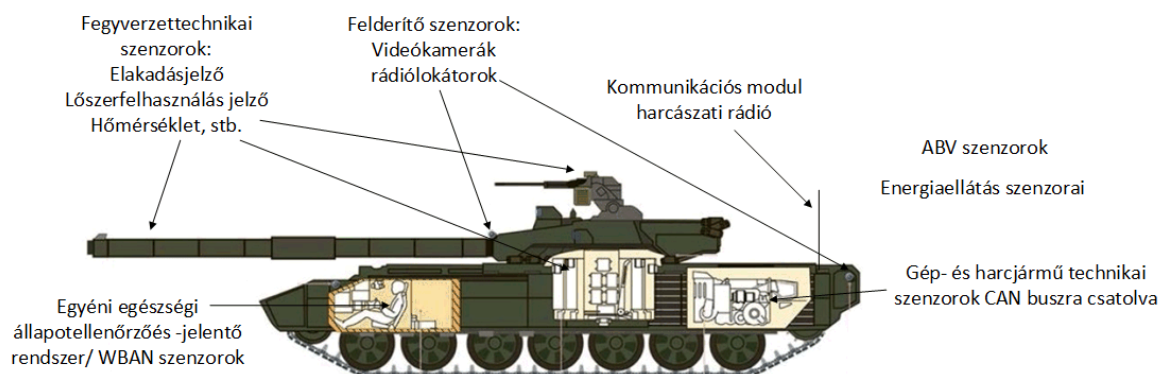
A témában jelentős tudományos munkák alapján [189] [190], a közeljövő menetszlopaiban az oszlopparancsnok, vagy a távoli ellátási pont szakembere képes monitorozni a gép- és harcjárművekben kiépített, egymással automatizáltan kommunikáló szenzorhálózatok segítségével az üzemanyag- és lőszerfogyást, a katonák egyéni felszereléseinek feltöltöttségét. A BAN hálózatoknak köszönhetően a katona harcképességét, egyéni egészségügyi adatait, illetve sebesültellátás során a sérültek triázsolása²⁵² közel valós idejű, objektív mérési adatok támogatásával történhet. Ezen képességet a 3.8 ábra jeleníti meg.

²⁵⁰ Body Area Network – Testfelületi Kiterjedésű Hálózat

²⁵¹ Personal Area Network – Személyi Kiterjedésű Hálózat

²⁵² Rangsorolás

A harci képességet növelő korszerű, hálózatba integrált szenzorrendszer kialakítási lehetőségei



3.8. ábra. A harci képességet növelő korszerű, hálózatba integrált szenzorrendszer kialakítási lehetőségei (szerkesztette a szerző, grafika: Kelsey D. Atherton [191])

A szenzorosan monitorozható rendszerek, tulajdonságok (anyagi feltöltöttség, egészségi adatok) széles spektrumából, a katona egyéni egészségi állapotellenőrzésének és –jelentésének lehetőségét vizsgálom mélyebben.

A BAN és PAN rendszerek kialakítására az esetek többségében vezeték nélküli összeköttetési megoldásokat célszerű alkalmazni. Az IEEE²⁵³ szervezet a 802.15.4 alacsony adatrátájú vezeték nélküli személyi kiterjedésű hálózatok (WPAN) szabványának egyes technológiáit jellemzően az egészségügyi adatok nyomon követésének biztosítására fejlesztették ki. Azonban ahhoz, hogy ezen szenzorhálózatokat kialakítsuk, szükséges behatárolni a monitorozni kívánt egészségügyi adatok körét.

Az adatok egészségügyi monitorozásának jogszabályi kérdéseit az I. fejezetben részletesen vizsgáltam.

3.6.1 Az erőkövetés szempontjából kiemelt szenzorosan monitorozható egészségügyi adatok

Az egyéni egészségi állapotellenőrző és –jelentő rendszer kialakítása során olyan automatizált, szenzorosan mért élettani adatokat szükséges összegyűjteni, melyek kiértékelésével komplex képet kaphatunk a személy harcképességéről. Olyan non-invazív, azaz beavatkozás nélküli eljárásokat célszerű kiválasztani, amelyek alkalmazása során azok ergonomikusan illeszkednek a katona tevékenységéhez. Az invazív eljárással testbe beültetésre kerülő vezeték nélküli szenzorokat nem vizsgálom. Irodalomkutatásom és dr. Joó Péter orvos őrnaggyal végzett mélyinterjúm során, az alábbi eljárásokat határoltam be, mint az egyén egészségi állapotát komplexen megjelenítő mintavételezési módszerek. A

²⁵³ Institute of Eltrical and Electronics Engineers – Villamos és Elektronikai Mérnöki Intézet

személy elektrokardiográfiás (EKG) és elektroencefalográfiás (EEG), plethysmográfiás vizsgálata, továbbá a pulzus, az oxigénszaturáció, a testhőmérséklet és a vérnyomás mérése, a légzés ellenőrzése mozgásszenzorok felhasználásával, illetve a fiziológiai adatok vizsgálata, melyek még egyelőre nehezebben kivitelezhetők (pl. verejték összetételének elemzése) [192] [193].

Az elektrokardiográfia egy olyan non-invazív diagnosztikai eljárás, amely a szív elektromos jelenségeit vizsgálja a szívizom összehúzódásakor keletkező elektromos feszültség regisztrálásával. A szív összehúzódása a szinuszcsonóból induló elektromos inger hatására jön létre. Ez az inger a szív ingerületvezető rostjain keresztül a szívizomsejtekhez jut. Mivel az emberi test elektrolit oldatai jól vezetnek a szívben lejátszódó folyamatokat, ezek az emberi test felszínén is jól érzékelhetőek. A kirajzolódó EKG hullám egyedi sajátosságokkal rendelkező szabályos görbe, melynek elemzésével megállapítható, hogy a szív ritmusosan ver-e, illetve normálisan terjed-e az akciós potenciál. Az EKG hullám kirajzolása a testfelszín meghatározott pontjaira elhelyezett (mellkas, hát, és végtagok) elektromos érzékelők által gyűjtött adatok felhasználásával történik. Az így kinyert adatok alapján megállapítható az egyén halála (asystolia), a szív különböző szegmenseiben fellépő zavarokból (pl.: sinuatrialis-, kamrai-, pitvari tachycardia, bradycardia, fibrillációk) láthatók a harcképesség csökkenés okai, az esetleges elszenvedett sokk hatásai [192] [193]. A szenzorok elhelyezhetők közvetlenül a katona testfelületét borító alsóöltözetében (felső testrész, pl.: póló), illetve a csuklón elhelyezkedő karkötőn és bakancsba építve. Napjainkban, ismereteim szerint még nem rendelkezünk kész termékekkel, azonban intenzív K+F+I tevékenység zajlik ruhaneműkbe épített, hordható szenzorok kialakítását illetően [194].

Az elektroencefalográfia az idegsejtek elektromos aktivitását vizsgálja valós időben. Esetünkben csak a non-invazív diagnosztikai eljárásokat tárgyalom, mivel azok akár harctéren is kivitelezhetők. A vizsgálatok során 31, 61 vagy 123 elektródát helyeznek el négy anatómiai referenciapont körül előre meghatározott elv alapján, a hajás fejbőrön, esetenként az arcon is. A szenzorok a katona egyéni védőeszközében, a sisakban, illetve maszkokban (hővédő, fizikai behatásoktól védő) célszerű elhelyezni. Sisakban történő elhelyezésnél a szenzorok vezetékkel is összeköthetők, így központilag megoldható az energiaellátás. Fontos kritérium, hogy az így kialakított sisak tömege lényegesen ne növekedjen, mert az a katona nyaki izmainak korai fáradását eredményezné. Az EEG vizsgálatok során mindig két elektróda közötti potenciálkülönbséget mérnek. Az EEG

mérés a központi idegrendszer által generált nagy mennyiségű elektrofiziológiás aktivitást méri a koponyára kivetített állapotában.

A megfelelő helyzetkép kialakításához megszakítás nélküli, folytonos mérésekre van szükség, melynek komoly korlátja az akkumulátorok rendelkezésre álló kapacitása. Az EEG 20-30 perces mérési periódusa alapján megállapítható az agyhalál ténye, a kómába esés, az alvás mélysége, minősége, továbbá az éberségi állapotok elemezhetők a különböző kirajzolódó görbék alapján. Az éberségi állapotok, és alvási fázisok (REM, NREM) százalékos eloszlásának meghatározásával objektív mérések alapján hozzávetőleges képet kaphatunk az egyén kifáradásának státuszáról [192] [193]. Az EEG szenzorok harctéri alkalmazhatósága, és felszerelésbe integrálási lehetőségei az EKG szenzorokhoz hasonlóan, még pre-kompetitív kutatások tárgyát képezi.

A katonák harcképességének plethysmográfias vizsgálatait, azaz a térfogatváltozás nyomon követéséből a következő csoportokat emelem ki. Egyrészt a légzés során a tüdő tágulásának és összehúzódásának monitorozása, giroszkópos-mozgásszenzoros kiegészítéssel. Másik oldalról a fotoplethysmográfia (PPG) révén az erek térfogatváltozása figyelhető meg. A PPG eljárás talán egyik legismertebb formája a pulzusmérés.

Napjainkban már számtalan a pulzus mérésére alkalmas szenzor (pl.: sport órák, okoskarkötők) érhető el, amelyek por-, víz-, és rezgés ellenálló képességükkel megközelítik a katonai alkalmazásban használt színvonalat. A bemutatott mérési eljárások közül ez a terület áll a legközelebb, a mindennapokban a harctéren is alkalmazható termék megalkotásához. A pulzus definíció szerint a periférián tapintható szívverések száma, ellentétben az EKG-s mérési eljárással, ahol a szív közvetlen környezetéből nyernek információkat. Gyakori mintavételezési pontok a testen: a csuklón, a nyak oldalán futó verőér kitapintásával, a térdartérián, a karizmon, a combverőeren, a lábfejen. A legelterjedtebb szenzoros megvalósulás jelenleg a csuklón elhelyezett LED alapú, fotós mintavételezés. A vér elnyeli a zöld fényt, és visszaveri a vöröset, így a szenzorokba épített zöld színű LED-ek segítségével a fényérzékeny fotodiódák képesek megállapítani az elnyelt fény mennyiségét. A szív dobbanásakor a csukló artériájában átfolyó véráramlás fokozódik, ezzel együtt a zöld fény elnyelése is. A dobbanások között mérsékeltebb a véráramlás. A szenzorok percenként több száz mintavételezést hajtanak végre, melyből nyomon követhető a pulzus, jellemzően 30-210 szívverés/ perc mintavételezési korlátok között [192] [193].

Az oxigénszaturáció mérésére szolgáló non-invazív fotó alapú pulzoximetria mérés hasonló mérőbázison alapul a PPG eljárással. A szöveteken áthaladó fénynyaláb

intenzitását az artériás pulzáció modulálja. Ezt a nyalábot elektromos jellé alakítva egy meghatározott amplitúdójú pulzáló jelalakot kapunk. A vér oxigéntelítettségétől függ a vér fényelnyelési képessége, és ez az elnyelési képesség generálja a pulzáció amplitúdóját. Két hullámhosszon mérve két pulzáló jelet kapunk, melyeknek amplitúdóinak arányából megállapítható az oxigén telítettség mértéke. Ezen szenzorok segítségével pár százalék hibahatárral megmérhető az oxigenizált hemoglobin szaturációja. Az artériás oxigenizált hemoglobin szaturációjának mérésével diagnosztizálható az esetleges csökkent oxigén ellátottság, azaz hypoxemia. A csökkent oxigén ellátottság diagnosztizálásával következtetni lehet a katona harcképességének csökkenésére [195]. A pulzus- és pulzoximetria mérést célszerű integrált formában, egy komplex kialakítású szenzorral mérni.

A harcos testhőmérsékletének nyomon követésével megállapítható a túlhevülés (hyperthermia) és a kihűlés (hypothermia) ténye, mely alapvetően befolyásolja a katona komfortérzetét, harcképességét, végső soron ezen állapotok sokkot, a szervezet visszafordíthatatlan károsodását, esetleg halált is okozhatnak.

A vérnyomás a keringési rendszerben a vérnek az erek falára kifejtett nyomása [195], a vérpálya központi és környéki része közötti nyomáskülönbség, ami hozzájárul a vérkeringés fenntartásához. A vér felelős a tápanyagok, oxigén, szabályozó anyagok szállításáért a test különböző szerveihez, illetve az anyagcsere termékek elszállításáért. A normális vérnyomás értékek függenek az egyén életkorától, testsúlyától, egy egészséges felnőtt ember kívánatos szisztolés (szív összehúzódása által kifejtett nyomás) vérnyomás értékei 90-119 Hgmm, és diasztolés (szív elernyedése során bekövetkező nyomásérték) vérnyomás értékei 60-79 Hgmm. Alacsony vérnyomásról (hypotenzio) jellemzően 90/60 Hgmm (szisztolés/diasztolés) alatti értékek esetén beszélünk, melyek alapesetben nem okoznak problémát, azonban vezethetnek ájuláshoz, levertséghez, aluszékonysághoz, fáradtsághoz, szédüléshez, tehát a katona harcképtelenségét okozhatják. A magas vérnyomást az alábbiak szerint skálázzuk, a 1. fokozatú hypertónia (140-159/90-99 Hgmm – szisztolés/diasztolés), 2. fokozatú hypertónia (160-179/100-109 Hgmm - szisztolés/diasztolés), illetve a hypertóniás krízis (180/110 Hgmm - szisztolés/diasztolés nyomásértékek felett). A magas vérnyomás, kiemelten a hypertóniás krízis komolyan befolyásolhatja a katona harcképességét. Okozhat többek között fejfájást, émelygést, zavartságot, a szemfenék bevérzését, rosszabb esetben infarktust, tüdőödémát, heveny vesekárosodást, a véréjtek pusztulását. A vérnyomás mérése az orvosi praxisban széles körben alkalmazott diagnosztikai eljárás [196] [197] [198].

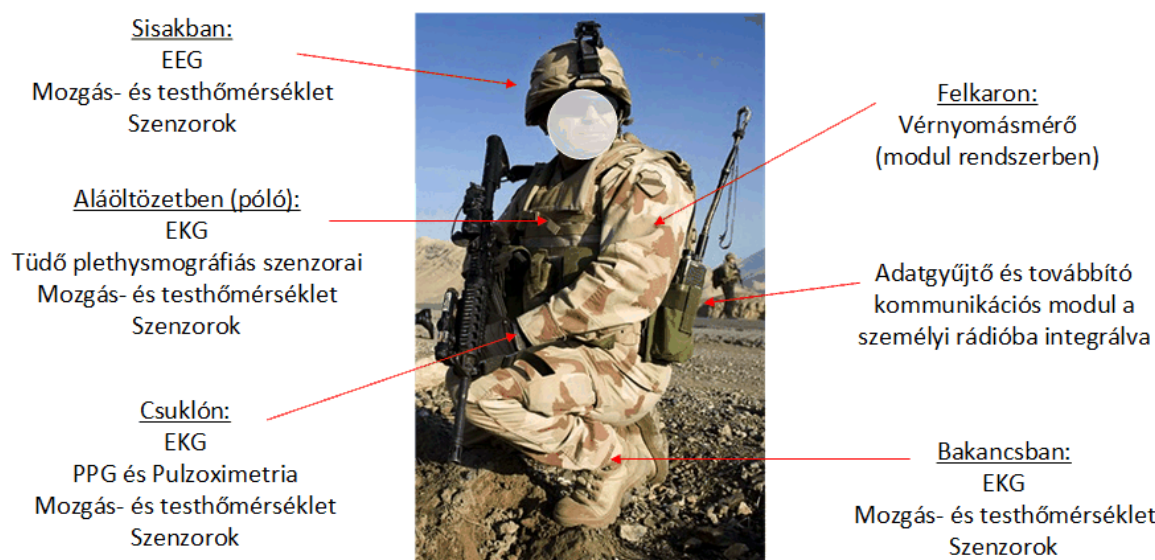
A vérnyomás mérése non-invazív eljárással a vérnyomásmérő műszerrel történik. A mintavételezési pont tekintetében lehet a felkaron, a csuklón elhelyezett vérnyomásmérővel, esetleg a kisujjon a vérvolumen – és áramlásváltozás alapján mérhető meg a vérnyomás. A csuklón történő vérnyomásmérés problematikája, hogy helyes mérési eredmény érdekében a csuklót a szívvel megegyező magasságba kell emelni, különben a hidrosztatikai nyomás 20-30 Hgmm-rel is meghamisíthatja a mérést, azonban ez a napi feladat végrehajtás során rendkívül körülményes. A vérnyomásmérő öt fő részből áll, az érszakaszt körülölelő szövetzsák, az úgynevezett mandzsetta, melynek feladata a pumpa által létrehozott nyomással, az izmok és kötőszövetek nyomásvezetésével az eret a csonthoz szorítja, ezzel elzárva a vér útját. A nyomás megszűnésével a szisztolés vérnyomás során megjelenik a pulzus, majd ismételten eltűnik (diasztolés nyomás). Az ér ismét feltelik vérrel, ezt a nyomásváltozást mérjük meg [196] [197] [198]. A nyomásváltozás sebességének beállítása, a műszer kalibrációját mikroprocesszor vezérli a WBAN hálózatokban alkalmazott modern elektronikus szenzorokban. A diagnosztikai eljárás hátránya, hogy a periodikus időközönként elvégzett mérések diszkomfort érzetet válthatnak ki a katonákból, a fokozott fizikai megterhelés során tovább növelhetjük perifériás vérnyomásukat, esetlegesen a sérülteknél, kifejezetten a roncsolásos, végtagvesztéses, mellkasi sérüléssel esetekben az automatizált vérnyomásmérés irreverzibilis problémákat okozhat. Ezért célszerűbb egy ideiglenes, eltávolítható WBAN szenzorként alkalmazni a vérnyomásmérőt, a korábban bemutatott, akár rendszeresen viselhető, hordható szenzorokkal ellentétben.

A bemutatott élettani tulajdonságokat mérő szenzorokat célszerű rendszerbe integráltan WBAN hálózatba kötve alkalmazni. Egyes szenzorok esetében lehetőség van vezetékkel összekötni azokat (pl.: sisakon belüli EEG elektródák, alálötözetbe helyezett EKG szenzorok) egyazon felszerelési tárgyon belül, amelyek így közös energiaellátásban részesülhetnek. Azonban ezeket az egységeket is vezeték nélküli módon célszerű magasabb szintű hálózatba szervezni.

Megítélésem szerint célszerű a katona személyi felszerelésében egy a szenzorhálózatok által biztosított adatok fogadására, rendszerezésére, első lépcsős feldolgozására, a különböző adatok egymással történő fuzionálására alkalmas személyi egészségügyi szerver elhelyezése. A szerver kialakításra kerülhet komplex módon az egyéni kommunikációs eszközben is a mai okostelefonok analógiájára, ahol a mobilhálózatokhoz történő hozzáférés mellett, az eszköz képes a WPAN hálózatból kinyert adatok feldolgozására, esetleg továbbküldésére távoli rendszerekbe. Egy lehetséges ilyen

eszköz lehet egy TETRA-LTE terminál a megfelelő vezeték nélküli kommunikációs eljárással, és a hozzá tartozó applikációval. Vagy a személyi harcászati rádió ellátása megfelelő interfészekkel, és az adatok feldolgozásához, tárolásához és továbbítására alkalmas technológiákkal.

Egyéni egészségi állapotellenőrző és -jelentő rendszert támogató WBAN szenzorok



3.9. ábra. Egyéni egészségi állapotellenőrző és -jelentő rendszert támogató WBAN szenzorok (szerkesztette a szerző, fotó: Koszticsák Szilárd – MTI [199])

3.6.2 Zigbee

Elvégzett irodalomkutatásaim alapján az IEEE 802.15.4 szabványú kommunikációs eljárások kiváltképp alkalmasak WBAN hálózatok kialakítására. A szabványban felsorolt protokollok közül a Zigbee technológiát vizsgáltam [201] [202] az egyéni egészségi állapotellenőrző és -jelentő rendszer kialakítása szempontjából.

A Zigbee kommunikációs eljárást a Zigbee Alliance fejlesztette ki, melyet 2006-ban szabványosítottak. Elsődleges felhasználási területe az alacsony adatforgalmat bonyolító, azonban energiaellátás szempontjából kritikus (ritkán feltölthető, alacsony fogyasztású) rendszerek.

Zigbee Alliance az OSI modell fizikai rétegétől az alkalmazási rétegig fogalmaz meg ajánlásokat, illetve az IEEE szervezet az 802.15.4 szabványában dolgozta ki a Zigbee fizikai és közeghozzáférés vezérlő (MAC²⁵⁴) rétegeinek működését. A Zigbee rádiós interfésze három különböző frekvenciatartományban működik, a 2,4 GHz-es ISM²⁵⁵ sávban, az amerikai 915 MHz-es ISM sávban, és Európában a 868 MHz-es ISM sávban. A

²⁵⁴ Media Access Control – Közeghozzáférés Vezérlés

²⁵⁵ Industrial, Scientific and Medical – Ipari, Tudományos, Egészségügyi

2,4 GHz-es ISM sávban 2,405 GHz-től 2,480 GHz-ig 5 MHz-enként került felosztásra a 16 csatorna. A fizikai csatorna elméleti átviteli sebessége 20 – 250 kbps-ig terjed, amely maximum 128 kbps valós adatátviteli sebességet jelent. A rendszer direkt szekvenciális spektrumszórást alkalmaz az interferenciák kivédése érdekében. A fizikai réteg elméleti 250 kbps-os átviteli sebességéhez 62,5 ezer szimbólum/másodperc tartozik. A DSSS 1 bitet 4 chip segítségével határoz meg. Az alkalmazott frekvenciák mikrohullámú terjedési tulajdonságot mutatnak. A gyakorlati tapasztalatok alapján maximum 10-20 m hatótávolsággal érdemes számolni, amely WBAN hálózatok esetén kielégítő. A Zigbee frekvenciatartományai a 3.4 táblázatban láthatók [201].

Frekvencia	Sáv	Lefedettség	Adatsebesség (kbps)	Csatornák száma	Chip sebesség	Szimbólum sebesség (ksym/s)	Moduláció
2,4 GHz	ISM	Világ	250	16	2000	62,5	O-QPSK
868 MHz	ISM	Európa	20	1	300	20	BPSK
915 MHz	ISM	Amerika	40	10	600	40	BPSK

3.4. táblázat. IEEE 802.15.4 Zigbee frekvenciatartományai [201]

A Zigbee eszközök ütközés elkerülő, vivő érzékeléses, többszörös hozzáférést kezelő eljárást alkalmaznak (CSMA-CA²⁵⁶). A Zigbee képes kezelni egyedi 64 bites címet, illetve 16 bites hálózati címet, amely révén megközelítőleg 65 ezer cím osztható ki 256 alhálózatban. A 6LoWPAN²⁵⁷ címkompressziós eljárásnak köszönhetően képes IPv6 címek kezelésére is a rendszer [202] [203].

Energiamentesség szempontjából úgy alakították ki a protokollvermet és az alkalmazott protokollokat, hogy a technológia kis energiafelhasználást képes biztosítani, mindezt alacsony gyártási költségek mellett. Az eszközök működését tekintve két állapotot különböztetünk meg, az alvó és aktív állapotot. A szenzorok kommunikációs egységei idejük nagy részét alvó állapotban töltik, és alkalmazásuk mindössze 0,1%-át töltik aktív állapotban.

Hálózatszerzés szempontjából a Zigbee technológia képes mesh hálózatok kialakítására, melyben a kommunikációs egységek három különböző szerepet tölthetnek be. Vannak a végpontok, melyeket a szenzorokhoz érdemes illeszteni. Itt alacsony energia felvétel mellett képes az egység az adatait megosztani a hálózattal. A végpontok routerekhez kapcsolódnak csillag topológiát kialakítva. A routerek szerepe kettős.

²⁵⁶ Carrier-sense multiple access with collision avoidance – Vivő Érzékeléses Többszörös Hozzáférés, Ütközés Elkerüléssel

²⁵⁷ IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network – IPv6 címzéses alacsony energiafelhasználású WPAN hálózat

Egyrészt végzik az alhálózatuk lekérdezését, mely során beacon jelekkel megszólítják a végpontokat, melyek egyenként egy 30 ms-os időrésben válaszolnak. A routerek energiafelhasználása már lényegesen nagyobb a végpontokhoz képest, az eltérő aktivitási idő miatt. A routerek másik feladatköre a csomóponti adatbázis, tranzakciós adatbázis, párosítási tábla kezelése, a hálózat többi forgalomirányítójához való kapcsolódás, és ezáltal a mesh topológia kialakítása. Ezen hálózatoknak van még egy további kitüntetett szereplője az úgynevezett „koordinátor”, amely a mesh topológiába összekapcsolt hálózat koordinálását végzi. A koordinátorok és routerek is csatlakozhatnak szenzorokhoz. A Zigbee technológia lehetőséget nyújt logikai egyenrangú pont-pont (PPP) kapcsolatok létrehozására is. Ez a WBAN hálózatokban, akkor hasznos például, ha két szenzort (szenzorokat) „ÉS” kapcsolatba kötünk egymással.

Biztonsági szempontból a fizikai rétegnél megemlített DSSS révén zavarállóságot, és alacsony felderíthetőséget biztosít [204] [205]. A Zigbee hálózat MAC szintű AES titkosítást alkalmaz. A MAC végzi a biztonsági feldolgozást, amelyhez a biztonsági kulcsot és a kapcsolódó szolgáltatásokat a felsőbb rétegek végzik.

Napjainkban már a Zigbee gyakorlati alkalmazásaival találkozhatunk WBAN hálózatokban, elsődlegesen EKG, pulzoximéter, és vérnyomás szenzorok hálózatba szervezése tekintetében [206] [207].

3.6.3 WBAN hálózatok alkalmazási lehetőségei

Megítélésem szerint a WBAN hálózatok a katonai alkalmazás szempontjából két nagy csoportba oszthatók. Egyfelől a műveletekben résztvevő katonák harcképességének nyomon követésére, melynek célja a fittség, a fiziológiai tulajdonságok alapján objektíven mérhető jó közérzet és a normálistól eltérő egészségi állapot monitorozása (health, wellness, fitness), továbbá a sérülések, harcképtelenné válás diagnosztizálása, és információk szolgáltatása az elsősegélynyújtáshoz. Ez egyedi, a mindennapos felhasználás során alkalmazható, hordható, ergonomikus kialakítású szenzorhálózatot jelent. A WBAN rendszerek másik felhasználási lehetősége a sérültek, harcképtelen személyek nyomon követése az első szakszerű segítségnyújtástól az egészségi kiürítésen (MEDEVAC²⁵⁸, CASEVAC²⁵⁹) keresztül a magasabb szintű egészségügyi ellátásig, rehabilitációig. Ezen célfelhasználás technikai eszközei kiegészíthetik az állandóan használt szenzorhálózatot (pl.: az egészségügyi kiürítés során), vagy fel is válthatják azokat (pl.: rehabilitáció). A

²⁵⁸ Medical Evacuation – Egészségügyi Kiürítés

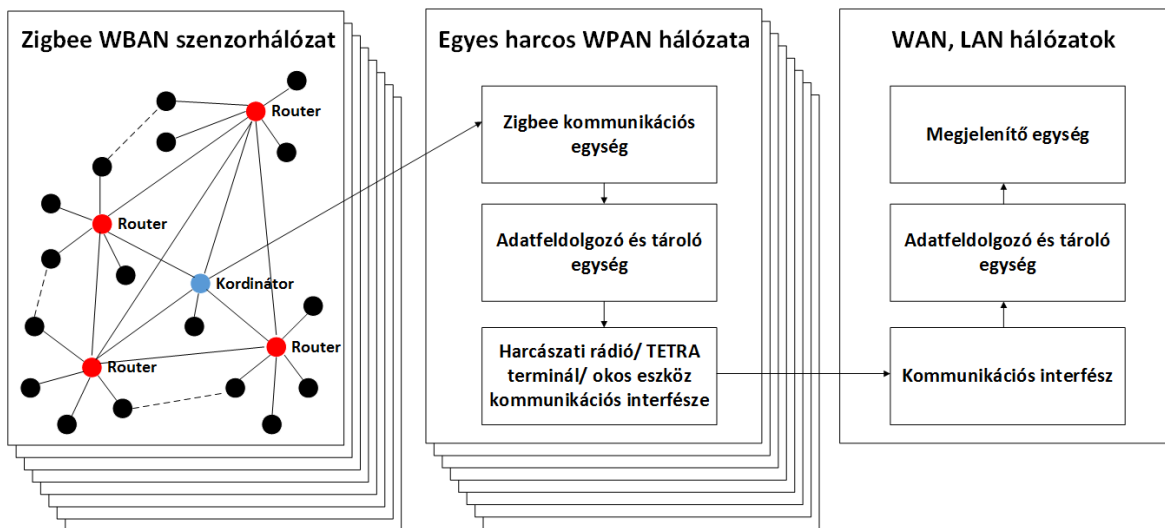
²⁵⁹ Casualty Evacuation – Sérültek Kiürítése

magasabb szintű ellátás és rehabilitáció során a szenzorhálózat kiegészülhet invazív és non-invazív technikákat alkalmazó mintavételezési eljárásokkal.

Egy általam elgondolt Zigbee-t használó WBAN hálózat sematikus rajza a 3.10. ábrán látható.

A 3.10. ábrán egy harcászati kislevegység (raj) egyéni egészségi állapotellenőrző és –jelentő rendszer hálózatának logikai kapcsolódási vázlata látható. A bal oldali hasámban található pontok a testfelületen elhelyezkedő szenzorok kommunikációs egységei. Az egyes harcosok testfelületén kialakított Zigbee WBAN hálózaton keresztül a rendszer összegyűjti az egészségi adatokat. Az ábrán a routerek csillagtopológiában fűzik fel a végpontokat, melyet folyamatos vonallal jelöltem. A logikai topológiában az egyes végpontokat lehetséges összekötni egymással, ezzel akár logikai „ÉS” kapcsolatot alakíthatunk ki a szenzorhálózatunkban (szaggatott vonal). A Zigbee koordinátor az adatokat továbbítja az egyes harcos WPAN hálózatának részét képező adatfeldolgozó és tároló egység Zigbee interfészehez. Ezt a kommunikációs egységet, mint már említettem célszerű a katona magasabb rendű hálózatokba csatlakozó kommunikációs termináljába integrálni (pl.: harcászati rádió, TETRA terminál, stb.).

Szenzorhálózatok adatainak áramlása a különböző hálózati szinteken keresztül



3.10. ábra. Szenzorhálózatok adatainak áramlása a különböző hálózati szinteken keresztül (szerkesztette a szerző)

Ebben a kommunikációs egységben kerülne elhelyezésre a Zigbee interfész, a szenzorhálózatból érkező személyi egészségügyi adatok feldolgozását végző és tároló egység, illetve a magasabb rendű hálózatok elérését biztosító kommunikációs interfész. Ez a rendszer kiegészülhet a személyi egészségügyi adatok megjelenítésére szolgáló modullal (pl.: aktuális pulzus, vérnyomás). Az egyéni egészségi állapotellenőrzés és –jelentés

információkat a WPAN hálózatból lehetőség lenne lokális (pl.: raj-szakasz harcjárművekben elhelyezett szerverek) illetve távoli hálózatokba (pl.: zászlóalj harcvezetési központban elhelyezett szerverek) továbbítani. Ezeken a szinteken több személyre kiterjedően lehet elvégezni az adatok feldolgozását, tárolását, nyomon követését, megjelenítését, szoftverek és esetlegesen mesterséges intelligencia támogatásával az adatokból az egészségügyi szakszemélyzetet, valamint a parancsnokok és törzseiket támogató információkat lehet képezni. Ezen szerverek, kommunikációs és megjelenítő egységek elhelyezésre kerülhetnek szakasz, század szinten gép- és harcjárművekben, ahol a szakasz-, századparancsnokok és felcserek juthatnak fontos információkhoz a személyi állományról. A távoli hálózatokban, például egy zászlóalj-, dandár vezetési pontok, esetlegesen a magasabb egészségügyi ellátást végző kórházakban (ROLE-2, -3) szintén kiértékelhető az állomány egészségi helyzete. A megszerzett közel valós idejű információk jól támogatják az egészségi kiürítés megszervezését, a pihentetéshez, rehabilitációhoz nyújtanak tervezési adatokat, végső soron a saját állományról rendelkezésre álló objektív mérési eredményeken alapuló szenzorhálózatból nyert információk elősegítik a saját információs fölényünk kialakítását.

3.6.4 A WBAN képesség javasolt fejlesztési üteme a Magyar Honvédségnél

Megítélésem szerint első körben szükséges vizsgálni a témakört érintő szabványokat, ajánlásokat, a piacon jelenleg elérhető eszközöket, műszaki megoldásokat. Ezen munkára érdemes lenne egy munkacsoportot felállítani, melybe célszerű lenne meghívni a Honvédelmi Minisztérium háttérintézményeit és a védelmi ipar képviselőit, a Minisztérium részéről a döntéshozók képviselőit, valamint a Magyar Honvédség műszaki, egészségügyi, hadműveleti – harcászati szakembereit.

Ezen alapkutatásokat követően alkalmazott kutatások keretében alapos, többszemponútú döntési mechanizmus alapján kiválasztott kísérleti eszközökkel: szenzorokkal, hálózati eszközökkel a Magyar Honvédség fizikai felkészítése és gyakorlatai során mérésekre, kísérletekre kerülhetne sor. Az így nyert adatokból megalapozható lenne egy egyéni egészségi állapotellenőrző és –jelentő rendszer kialakítását célzó K+F+I tevékenység.

A pre-kompetitív kutatások során megalkotott deszka modelleket a fizikai felkészítés és gyakorlatokon túlmenően a Magyar Honvédség nemzetközi feladataiban is tesztelni lehetne, melynek tapasztalatai nagyban hozzájárulnának a végleges termék

kidolgozásához. Mindezen fejlesztő-kutató munka közben szoros figyelemmel kell kísérni a piacon tapasztalható IoT fejlesztéseket, és azokat beépíteni a kutatásokba.

Az így kialakított terméket a vonatkozó szabályzóknak megfelelően csapatpróbára kell bocsájtani, csak ezt követően kerülhetnek a Magyar Honvédségnél rendszeresítésre [208].

Természetesen ezen rendszeresítéssel még nem áll le folyamat, tekintettel a terület rendkívül gyors fejlődési ütemére, a rendszerbe állított eszközök utánpótlását, illetve naprakészen tartását mindig a legkorszerűbb megoldások integrálásávkell biztosítani, hasonlóan a számítástechnikai eszközknél kialakított módszerrel.

3.7 A honi automatizált erőkövetési képesség kialakítására vonatkozó ajánlások megfogalmazása

Eddigi tapasztalataim és rendszerező munkám alapján, a következő ajánlásokat fogalmazom meg egy honi automatizált erőkövetési képesség kialakítását illetően.

Az erőkövetés egy modul képesség, amely a korszerű harcvezető rendszerek fontos alapeleme, azok integritási fokától (C2-től a C4ISR-ig bezárólag) függetlenül.

Megítélésem szerint, a Magyar Honvédségnek is szükségszerű lesz (reálisan középtávon) saját automatizált baráti erők követő rendszert beszereznie, illetve fejlesztenie, a korábbi fejezetekben részletezett, modern hadviselési kihívásokra adandó válaszként.

Továbbá belátható, hogy az előzőleg bemutatott rendszerek, mind egy-egy nemzet hadseregére (pl.: FBCB2-BFT, JASMINE, FISH) vagy feladat specifikusan (pl.: IFTS, KFTS) kerültek kifejlesztésre. Ebből, és a korábbi elemzéseimből következik, hogy önmagukban egyik rendszer sem képes maradéktalanul kiszolgálni a honi erőkövetési igényeket, az eltérő feladatrendszer, felépítés, a honi adottságok, képességek és lehetőségek miatt. Azonban egyes elemeik, mint modulelemek átemelése racionális döntés lehet.

Belátható, hogy jelen szövetségi rendszerünkben, az információk interoperabilis áramlása érdekében a nemzetközi szabványok alkalmazása (pl.: MIP, JVMF, JC3IEDM) elengedhetetlen, ezt mint rendszerkialakítási vezérelvet célszerű megfogalmazni. Az ily módon nyert interopeabilitási képesség révén, a különböző honi rendszerekbe ágyazott (pl.: harcvezető rendszerek) automatizált erőkövetési modul képesség adaptívan támogatná a hadszíntéren multinacionális környezetben történő szerepvállalást, különös tekintettel az

erők megóvására, a vezetés-irányítási képességre, a magasabb manőverképességre, továbbá a logisztika optimalizálására.

Egy, a szövetségi rendszerünkben megvalósuló FMN alapú hálózattal, a „need to share” elv szem előtt tartásával, minősített vonalakon megoszthatók lennének helyzetinformáció adataink. Ezek alapján javaslom a Magyar Honvédség további részvételét az FMN programban, valamint a MIP programba történő bekapcsolódás előremozdítását.

Fontos kiemelni azonban, hogy az FMN koncepció ideális megvalósulása esetén sem lehet majd mindenkit felszerelni terminálokkal (és nem is célszerű), így szükséges a honi infrastruktúra fejlesztése is. A nemzetközi megvalósulásokat figyelembe véve, „NEMZETI BIZALMAS” hálózat kialakítása javasolt az NFFI információk fuzionálására. Ez további informatikai fejlesztéseket generál. Ebből az információs felhőből kerülnének kicsatolásra nemzetközi irányba NFFI információink, valamint a különböző ráhordó rendszerekbe töltődnének vissza az adatok, természetesen a „need to share” és „need to know” elvek kényes egyensúlyának megtartásával. Ez többek között megvalósítható oly módon, hogy a terminálokon csak az érdekeltségi területükbe tartozó felhasználókat követhetnék nyomon. Ebből is következik, hogy ezt az információs felhőt az EDR rendszer, a csapatok harcászati rádiórendszerei, és egyéb a jövőben megvalósuló erőkövetési modullal rendelkező harcvezető rendszerek adataival töltenék fel. Ehhez szükséges a jelenlegi nemzeti hálózatok fejlesztése, mind felvevő pontok, ráhordó hálózat, gerinc hálózat, mind szerver és alkalmazás oldalon, integráltan egyéb más folyamatban lévő tervezett fejlesztésekkel.

Mint azt a korábbi fejezetekben részleteztem, szükséges a GNSS vevők fejlesztése a geolokális adatok közhiteles meghatározásához. Ez történhet más fejlesztésektől függetlenül, moduláris formában. Az általam kidolgozott fejlesztési változat a 3.4.6. fejezetben található.

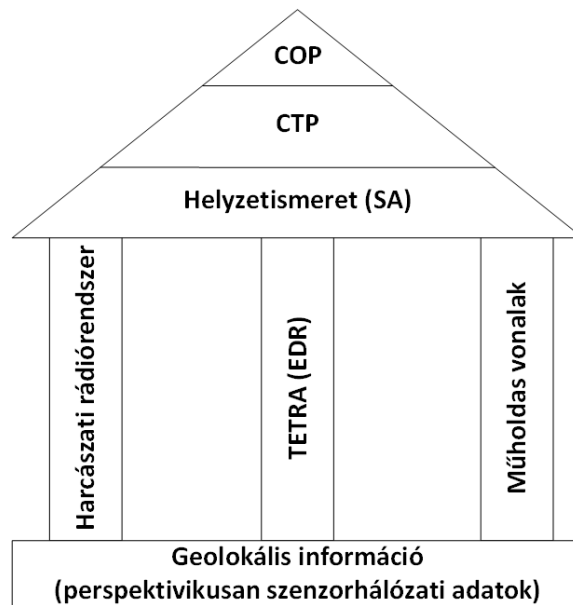
Az új technológiai trendek megjelenésével, lehetőség nyílik a TETRA LTE implementálására az EDR rendszerben, mely fejlesztés szintén megvalósítható modulárisan az automatizált erőkövetési képességtől függetlenül, mégis arra pozitív kihatással. Az EDR rendszer továbbfejlesztését TETRA LTE szintre javaslom és támogatom.

A honi automatizált erőkövetési képességet az átviteli csatornák biztosítása szempontjából három pilléren nyugvó módon javaslom kialakítani.

A katonai műveletek során alkalmazott korszerű digitális harcászati rádiórendszerek, ha korlátozottan is, de képesek erőkövetési adatokat szolgáltatni, hálózatba szervezve ezen adataikat megosztani, akár rádióforgalmi rendszereiken kívüli hálózatokkal is. Ezért ezen szolgáltatás képezhetné a honi automatizált erőkövetési képesség egyik pillérét.

Az Egységes Digitális Rádiórendszer (EDR) automatikus jármű és személykövető szolgáltatása képezhetné a honi automatizált erőkövetési képesség második pillérét, amely békeidőben, és küszöb alatti műveletek során képes biztosítani a kormányzati szervek számára a geolokációs adatokat, valamint helyzetinformációikat.

A műholdas kommunikációs csatornák képezhetnék a honi automatizált erőkövetési képesség harmadik pillérét, melyek a harcászati rádiórendszerek és az EDR rendszer lefedettségi területén kívülről lennének képesek az adatok becsatornázására. Az elgondolást a 3.11. ábra szemlélteti.



3.11. ábra. Honi automatizált erőkövetési rendszer a vezeték nélküli interfészek szemszögéből (szerkesztette a szerző)

Szintén az új technológiai trendeknek köszönhetően a nem túl távoli jövőben a BAN hálózatokból kinyert egészségügyi adatok is becsatornázhatók lesznek kommunikációs hálózatainkba. Az így kinyert adatok összekötése a helyzetismeret információkkal, tovább növelné a személyek, csapatok erő megóvási képességét. A rendszer kialakítása felmenő rendszerben több lépcsőben, folyamatos fejlesztések mellett célszerű.

Mint az előbbi gondolatból is következik, a honi automatizált erőkövetési képesség/modul elem optimálisan nem alakítható ki egylépcsős projekt keretében. A hatványfüggvényt követő technikai fejlődés tükrében szükséges a képesség folyamatos fejlesztése, a projekt nyomon követése, újabb változatok kidolgozása és új megoldások implementálása, az interoperabilis adatsere folyamatos biztosítása érdekében.

Következtetések

Megítélésem szerint a Magyar Honvédség kommunikációs rendszereinek jelenleg is zajló fejlesztése során célszerű lényegesen nagyobb hangsúlyt fektetni a geolokációs adatok és harchelyzet információk gyűjtésére, és meg kell teremteni ezek továbbításának lehetőségét a magyar katonai, illetve NATO adatfúziós rendszerekbe. Ezen képesség kialakítására két cselekvési változatot állítottam fel.

Mintahálózaton keresztül ismertettem a helyzetismereti információk gyűjtésének menetét, valamint rámutattam a MIP szabványok felhasználásának jelentőségére az információk külső rendszerekbe történő publikálásának területén.

Kutatómunkámban átfogó jelleggel bemutattam a globális műholdas navigációs rendszereket és a használatukat fenyegető lehetséges veszélyeket. Szimulációkat, és saját vevőberendezéssel primer méréseket hajtottam végre a GNSS szolgáltatások tanulmányozása céljából. Megállapítottam, hogy a honi közszolgálati célú flotta- és erőkövetési rendszereket támogató GNSS rendszereknél célszerű az NMEA 0183 protokoll kialakítása, alkalmazása, a széleskörű interoperabilitási lehetőségek kihasználása érdekében.

Kutatásaim alapján javaslatot tettem többszintű navigációs GNSS vevőberendezések, kifejlesztésére és alkalmazására. Ezen fejlesztési elképzelések jó mintái lehetnek a hazánkhoz hasonló gazdasági-katonai potenciállal rendelkező szövetséges államoknak.

Javaslatokat fogalmaztam meg a kis- és közepes magasságú ballonok a Magyar Honvédség Híradó – Informatikai rendszerében történő alkalmazására vonatkozóan.

Bemutattam az EDR rendszer perspektivikus fejlesztésének egyik lehetőségét.

Javaslatot tettem a WBAN hálózatok perspektivikus alkalmazási lehetőségeire az erőkövetési adatok megosztását illetően, különös tekintettel az egyéni egészségi állapotellenőrző és –jelentő rendszer által szolgáltatott adatok fuzionálási lehetőségeire.

A feltárt összefüggések, részkövetkeztetések, a kísérletek, mérések eredményei és empirikus tapasztalataim alapján rendszereztem ismereteimet, majd a nemzeti

sajátosságokat is figyelembe véve, javaslatot fogalmaztam meg az automatizált erőkövetési képesség nemzeti katonai híradó és informatikai rendszerbe történő implementálására vonatkozóan.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Kutatómunkám eredményei alapján átfogó terminológiapontosítást hajtottam végre. Elemzésemben **rámutattam**, hogy az automatizált erőkövetési képesség manapság sokkal inkább valamely harcvezető, műveletirányító rendszer beépülő modulja, annak rétegeként definiálható, egyben szükséges és nélkülözhetetlen eleme, és kevésbé alkalmazzák kizárólagosan flotta- vagy erőkövetési rendszerként. Bár a H1 hipotézisemet igazoltam, azonban ezen eredményeimet nem tekintem önálló új tudományos eredménynek.

Megállapítottam, hogy a személy- és járműkövetés jogszerű, azonban a jogszabályok pontosításra szorulnak, továbbá a polgári célú helymeghatározó és jelentő rendszerek, a nemzetgazdaságból bevonhatók katonai célokra különleges jogrend idején. (H2; H3)

Hálózatelemzési módszerekkel **vizsgáltam** egy lövész zászlóalj függelmi és információs kapcsolati rendszerét, skálafüggetlen hálózatok és fraktál tulajdonságok után kutatva. **Megállapítottam**, hogy a vizsgált hálózatok moduláris skálafüggetlenek, továbbá egy általam bemutatott dinamizmus alapján a valódi hálózat skálafüggetlenné válik. A lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében Granovetter csoportokat **találtam**, amely a korszerű munkaszervezés jeleire utal. Kutatásaim során a függelmi rendszerben olyan önhasználó elemeket **analizáltam**, amelyek fraktál-szerű tulajdonságokat mutatnak. (H4)

Elemző munkámban bemutattam, hogy a geolokális adatok kinyerésére használt GPS rendszerű vevőberendezések helyett javasolt a több globális műholdas navigációs rendszer adatait felhasználó GNSS rendszereket alkalmazni. **Javaslatot tettem** olyan globális műholdas navigációs rendszereken nyugvó megoldásokra, amelyek képesek biztosítani a geolokális információkat a közszolgálatot támogató flotta- és erőkövetési rendszerek számára. Ennek gyakorlati megvalósítása érdekében a különböző szintű felhasználói igényekhez igazodó, egyes felhasználói csoportok számára a GPS és GALILEO rendszerek minősített jeleit venni, és feldolgozni képes helymeghatározó eszközcsalád megalkotására tettem javaslatot. (H5)

Összefoglaló elemzésemben **rámutattam**, hogy az erőkövetési adatok megosztásának egyik szűk keresztmetszete a terminálok és a ráhordó hálózatok felvevőpontjai közötti vezeték nélküli interfész átviteli képességei. Több rendszer egyidejű alkalmazásával, az egyes különböző architektúrájú megoldások által kínált lehetőségek kiaknázásával ez a probléma részben orvosolható. (H6)

Tudományos kutatásaim eredményei alapján **javaslatot** tettem, hogy az Egységes Digitális Rádiórendszer TETRA AVL és APL keretrendszere (a szükséges fejlesztéseket követően) képezze a honi automatizált erőkövetési képesség egyik pillérét, amely békeidőben, és küszöb alatti műveletek során az infrastruktúrája rombolásáig képes biztosítani a kormányzati szervek kritikus kommunikációs és információs igényeit. Illetve **bemutattam**, hogy az EDR rendszert miért lenne célszerű egy korszerűbb TETRA LTE rendszerre továbbfejleszteni. (H7)

Ezt második pilléreként kiegészítenék a Magyar Honvédségben alkalmazott és perspektivikusan alkalmazható hálózatba szervezett, korszerű digitális harcászati rádiórendszerek speciális üzemmódjain – a már meglévő hang- és adatszolgáltatások mellett – kialakítható harchelyzet ismeret megosztását célzó erőkövetési szolgáltatások. Mindemellett a nemzetközi példák és ajánlások nem ültethetők át maradéktalanul egy nemzeti automatizált erőkövetési képesség kialakítása során, azt a honi igényekhez kell igazítani. (H6)

Megállapítottam, hogy Magyarország számára egy lehetséges alternatívát jelenthet az alacsony (30 m – 300 m) és közepes (300 m – 5 km) magasságú kötött ballonok rendszeresítése, melyen egyidejűleg települnének ISR platformok és kommunikációs átjáró pontok (relék). Az alacsony és közepes magasságú kötött ballonok reléi tartalék megoldásként képesek lennének hatékonyan kiszolgálni az erőkövetési rendszerek terminál – hálózat viszonylatú vezeték nélküli kommunikációs igényeit. (H9)

Javaslatot tettem a WBAN hálózatok perspektivikus alkalmazási lehetőségeire az erőkövetési adatok megosztását illetően, különös tekintettel az egyéni egészségi és állapotellenőrző és –jelentő rendszer által szolgáltatott adatok fuzionálási lehetőségeire. (H10)

Az interoperabilitás kérdéskörének vizsgálatával feltártam a NATO szövetséges rendszerekkel való együttműködés technikai lehetőségeit, amelyekhez tartozó szabványokat, nemzetközi szabályzókat, de facto eljárásokat feldolgoztam. Továbbá javaslatot tettem a MIP közösséghez való csatlakozásra, egyben a MIP interoperabilitási programban megfogalmazott ajánlások implementálására. (H8)

Tudományos értekezésemben rávilágítottam, hogy hazánknak is szükségszerű egy automatizált erőkövetési képesség kialakítása. **Kijelöltem** a perspektivikus nemzeti fejlesztés egy lehetséges módszerét.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- T 1. **Meghatároztam** az erőkötés környezetét közvetlenül befolyásoló azon interdiszciplináris tényezők körét, amelyeket kizárólag komplexen értékelve és kezelve válik lehetségessé a hatékony honi erőkötési képesség kialakítása. Ennek keretében feltártam azon jogi anomáliák körét, amelyek feloldása elengedhetetlen a honi automatizált erőkötés ellentmondásmentes jogszabályi környezetének kialakítása érdekében. (H2; H3)
- T 2. **Bizonyítottam**, hogy a lövész zászlóalj függelmi- és információs kapcsolati rendszere moduláris skálafüggetlen, továbbá az általam bemutatott dinamizmus alapján a valódi hálózat skálafüggetlenné válik. A lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében Granovetter csoportokat azonosítottam, a függelmi rendszerben pedig olyan önhasonló elemeket analizáltam, amelyek fraktál-szerű tulajdonságokat mutatnak. Ezen új eredmények lehetővé teszik, hogy a Magyar Honvédség vezetés-irányítási rendszerét és erőkötési igényeit hatékonyan kiszolgáló távközlési hálózatokat, rendszereket tervezzünk. (H4)
- T 3. **Kidolgoztam** egy olyan, a különböző globális műholdas navigációs rendszerek által nyújtott helymeghatározó szolgáltatásokon nyugvó eszközcsalád fejlesztésének koncepcióját, amely a közszolgálatot ellátó szervezetek igényeihez igazodva biztonságosan és nagy rendelkezésre állás mellett képes biztosítani a pontos geolokális információkat azok flotta- és erőkötési rendszerei számára. (H5)
- T 4. **Igazoltam**, hogy – elsősorban a katasztrófa-helyzetek kezelésével összefüggő időszakokban, vagy más, a különleges jogrend hatálya alá tartozó esetekben – Magyarország számára alternatívát jelent az alacsony és közepes magasságú kötött ballonok alkalmazása. Ezek – a felderítést támogató platformok mellett – olyan átjátszók hordozására is alkalmasak, amik a földi infrastruktúra rongálódása esetén képesek biztosítani a műveletekben résztvevő szervezetek számára szükséges kommunikációs csatornákat, illetve ezen belül azok flotta- és erőkötési rendszerei működéséhez szükséges összeköttetéseket. (H9)
- T 5. **Kidolgoztam** a három pilléren – mint az Egységes Digitális Rádiórendszer, a különböző harcászati rádiórendszerek, valamint a műholdas rendszerek által biztosított kommunikációs platformokon – nyugvó nemzeti automatizált erőkötési képesség komplex rendszerét, ami a helyzetinformációk mellett a

személyek és eszközök harcértékére, hadrafoghatóságára vonatkozó állapotinformációk automatizált és strukturált megosztásának lehetőségével hatékonyan támogatja a parancsnoki döntéshozatalt a vezetési főlény kialakítása érdekében. (H6; H7; H8; H10)

- T 6. **Meghatároztam** a katonák pillanatnyi egészségi állapotára jellemző azon paraméterek körét, amelyek az egyéni felszerelésbe integrált szenzorrendszerek segítségével non-invazív módszerekkel monitorozhatók. Ezt követően **kidolgoztam** egy Zigbee alapú WBAN szenzorhálózati rendszer logikai felépítését, amely képes kiszolgálni egy egészségi állapotellenőrző és -jelentő rendszer elemeinek kommunikációs igényeit, és biztosítja az általa szolgáltatott információk továbbításának lehetőségét az erőkövetési rendszerek adatátviteli csatornáiba. (H10)

AJÁNLÁSOK

Értekezésemet, kutatási eredményeimet javaslom feldolgozni a Honvédelmi Minisztérium és a Magyar Honvédség különböző vezetési szintjein a harcvezetési- és erőkövetési rendszerek kialakításával, a nemzeti erőkövetési képesség megteremtésével foglalkozó és a kidolgozómunkát végző munkacsoportokban résztvevő szakemberek részére.

Az egyes fejezetekben megfogalmazott következtetések alapján értekezésem további tudományos vizsgálatok, kutatások alapjait képezheti.

Tudományos kutatómunkám egyes területei a nemzeti védelmi ipar pre-kompetitív kutatásaihoz szolgálhat forrásmunkaként.

Az erőkövetést érintő összefoglaló munkásságomat javaslom áttekinteni a Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztkéző Kar szaktanszékein.

Értekezésem felhasználható a Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztkéző Kar szakirányú Bsc, Msc, PhD képzéseiben, kutatások forrásmunkájaként, a kapcsolódó tantárgyak ajánlott irodalmaként.

Budapest, 2019. szeptember 26.

Károly Krisztián

TÉMAKÖRBE KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Lektorált folyóiratban megjelent cikkek

- KÁROLY Krisztián: *Szenzorhálózatok adatainak integrálási lehetőségei a perspektívikus erőkövetési rendszerekbe, különös tekintettel az egyéni egészségügyi adatokra*, In: Hadmérnök, XIV. évf. 1. szám – 2019. március, NKE Budapest, ISSN 1788-1919 DOI 0000-0002-5835-7980 pp. 260-270.
- KÁROLY Krisztián: *Globális Műholdas Navigációs Rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (1.)*, In: Honvédségi Szemle 146. évf. 1. szám (2018.) HU ISSN 2060-1506 pp. 83-97.
- KÁROLY Krisztián: *Globális Műholdas Navigációs Rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (2.)*, In: Honvédségi Szemle 146. évf. 2. szám (2018.) HU ISSN 2060-1506 pp. 77-88.
- KÁROLY Krisztián, MIKÓ Gyula: *Kis magasságú ballonok honvédelmi alkalmazásának lehetőségei különös tekintettel a Magyar Honvédség távközlési igényeinek kielégítésére*, In: Repüléstudományi Közlemények XXIX. évfolyam 2017. 2. szám HU ISSN 1789-770X pp.293-308.
- NÉMETH András, KÁROLY Krisztián: *Erőkövetés megvalósításának lehetőségei korszerű harcászati rádiórendszerek kommunikációs csatornáin*, In: Honvédségi Szemle 145. évf. 4. szám (2017.) HU ISSN 2060-1506 pp. 120-131.
- NÉMETH András, KÁROLY Krisztián: *Korszerű rövidhullámú harcászati rádióeszközök erőkövető rendszerekben való alkalmazhatóságának vizsgálata*, In: Honvédségi Szemle 144. évf. 6. szám (2016.) HU ISSN 2060-1506 pp. 65-78.
- KÁROLY Krisztián: *A TETRA AVL szolgáltatás katonai alkalmazásának aspektusai*, In: Honvédségi Szemle 144. évfolyam 2016/1. szám (2016.) HU ISSN 2060-1506 pp. 130-143.
- KÁROLY Krisztián: *A Magyar Honvédség helymeghatározó és jelentő rendszer kialakításának jogszabályi kérdései*, In: Társadalom és Honvédelem, XIX. évf. 2. szám, 2015. ISSN 1417-7293 pp. 249-260.
- KÁROLY Krisztián: *Lövész zászlóalj kapcsolati rendszereinek vizsgálata hálózatelemzési módszerekkel 2. rész*, In: Hadmérnök, IX. évfolyam 4. szám – 2014. szeptember, NKE Budapest, ISSN 1788-1919 pp. 124-132.
- KÁROLY Krisztián: *Lövész zászlóalj kapcsolati rendszereinek vizsgálata hálózatelemzési módszerekkel 1. rész*, In: Hadmérnök, IX. évfolyam 3. szám – 2014. szeptember, NKE Budapest, ISSN 1788-1919 pp. 172-181.
- KÁROLY Krisztián: *Improvizált antennák alkalmazási lehetőségei a Magyar Honvédségben*, In: Társadalom és Honvédelem, XVII. évf. 3-4. szám, 2013. ISSN 1417-7293 pp. 116-131.
- KÁROLY Krisztián főhadnagy: *Szövetséges erők követése az afganisztáni hadszíntéren*, In: Honvédségi Szemle 141. évf. 2013/3. szám HU ISSN 2060-1506, pp. 18-21.

Idegen nyelvű kiadványban megjelent cikkek

- KÁROLY Krisztián: *MILITARY BALLOONING IN POINT OF HUNGARIAN DEFENSE FORCE'S COMMUNICATION SUPPORT*, In: Repüléstudományi Közlemények XXVIII. évfolyam 2016. 1. szám HU ISSN 1789-770X pp. 27-39.

Konferencia kiadványban megjelent előadás

- KÁROLY Krisztián: *Vezeték nélküli testhálózatok kialakításának lehetőségei az egészségügyi állapot valósídejű monitorozása érdekében a katonák műveleti alkalmazása során* (poszter), In: A Tudomány Kapujában poszterkonferencia, 2018.10.30. NKE, Budapest
- KÁROLY Krisztián: *Navigációs célú GNSS vevőkkel végzett mérések összehasonlítása a flotta- és erőkövetési megoldások tükrében* (poszter), In: A tudomány kapujában - poszterkonferencia, Konferencia helye, ideje: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Ludovika Campus, Budapest, 2017.10.26.
- KÁROLY Krisztián: *Felderítő csoportok adatkommunikációs igényeinek kielégítési lehetőségei harcászati rádióeszközökkel*, In: Hadszintér előkészítés, létfontosságú rendszerelemek védelme, honvédelmi érdekek érvényesítése: Poszterkiadvány. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2014.06.04 Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság, 2015. ISBN 978-963-12-1507-6 p. 28.
- KÁROLY Krisztián: *Erőkövetési rendszerek az afganisztáni hadszíntéren*, In: Biztonság és védelem kultúrája – 2013, konferencia – kiadvány, Gödöllő SZIE GTK, 2013. ISBN 978-963-269-395-8 pp. 11-16.

Tudományos pályázatokon és OTDK keretében megjelent pályaművek

- KÁROLY Krisztián: *NATO hadseregek Erőkövetési Rendszerei a honi alkalmazhatóság tükrében*, Magyar Honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság Tudományos Kutató Hely Pályázata 2015, Pályamű (2015) p. 24.
- KÁROLY Krisztián: *Erőkövetési rendszerek alkalmazása a Magyar Honvédség afganisztáni szerepvállalása során*, XXI. OTDK Had- és Rendészettudományi Szekció 2013. pályamű

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. HUSI Géza: *Ipar 4.0*, jegyzet, Debreceni Egyetem Műszaki Kar, 2016. p.35 URL.: <http://www.eng.unideb.hu/userdir/vmt2/images/tantargyak/robottechnika/Ipar%204.0%20jegyzet.pdf> (Letöltés ideje: 2016. november 29.)
- [2] GULYÁS Attila: *Force Tracking System in SOF applications*, In: AARMS 2009 Volume 8 Issue 4 ISSN 1588-8789 pp. 601-617. URL: <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume8/Issue4/pdf/08.pdf> (Letöltés ideje: 2017. február 25.)
- [3] FARKAS Tibor főhadnagy: *A válságreagáló műveletek vezetését és irányítását támogató híradó- és informatikai rendszer megszervezése a Magyar Honvédség többnemzeti műveleteinek tükrében*, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE HDI, Budapest, 2010. p. 143. URL.: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9558/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 26.)
- [4] NÉMETH András: *A mobil szolgáltatók hálózatainak felhasználása, fejlesztési lehetőségei és alternatív megoldások a katasztrófavédelmi kommunikáció területén*, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE KMDI, Budapest 2007. p. 127. URL.: http://archiv.uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2008/nemeth_andras.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 26.)
- [5] SOMKUTI Bálint: *A negyedik generációs hadviselés – az érdekérvényesítés új lehetőségei*, doktori (PhD) értekezés, NKE, Budapest 2012. p. 144. DOI 10.17625/NKE.2012.019 URL.: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9570/Somkuti%20B%c3%a1lint%20c3%a9rtekez%c3%a9s?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 26.)
- [6] KISS Álmos Péter: *A negyedik generációs konfliktusok jellemzői és tapasztalatai*, doktori (PhD) értekezés, ZMNE, Budapest 2011. p. 178. DOI 10.17625/NKE.2012.011 URL.: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9569/Kiss%20c3%81lmos%20P%c3%a9ter%20c3%a9rtekez%c3%a9s?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 26.)
- [7] Gen. KRULAK Charles: *The Strategic Corporal: Leadership in the Three Block War* – In. Marines Magazine, 1999. January. - pp.23-27.

- [8] DUNN, Richard: *Blue Force Tracking, The Afghanistan and Iraq Experience and Its Implications for the US Army*, Northrop Grumman Co. USA, 2003. FX2250903, p. 20
- [9] HANULA Zsolt: *A 2. világháború leghülyébb csatájában a szövetségesek két napig lőtték saját magukat*, In: *Index*, 2016. 06. 15. ISSN 1585-3241 URL: http://index.hu/tudomany/til/2016/06/15/a_2_vilaghaboru_leghulyebb_csatajaban_a_szovetsegesek_ket_napig_lottek_sajat_magukat/ (Letöltés ideje: 2017. május 2.)
- [10] KOSTKA Del C.: *Operation Cottage: A Cautionary Tale of Assumption and Perceptual Bias*, *Joint Force Quarterly*, 76. szám, 2015/1, National Defense University Press, ISSN 1070-0692, pp. 93-99. URL: http://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-76/jfq-75_93-99_Kostka.pdf (Letöltés ideje: 2017. május 2.)
- [11] TÓTH András százados: *A hálózat nyújtotta képesség megvalósításának lehetőségei a Magyar Honvédség kommunikációs rendszerében*, doktori (PhD) értekezés, NKE, Budapest 2015. p. 240. URL.: <http://m.ludita.uninke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10106/T%c3%b3th%20Andr%c3%a1s%20%c3%a9rtekez%c3%a9s?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [12] LIND W. S. – NIGHTENGALE K. – SCHMITT J. F. – SUTTON J. W. – WILSON G. I.: *The Changing Face of War: Into the Fourth Generation*, In: *Marine Corps Gazette*, Quantico VA, 1989. október, pp. 22-26.
- [13] BALOG Fatime, FEKETE Csanád, NÉMETH András, NÉMETH József Lajos: *A hibrid hadviselés különös tekintettel a mobilkommunikációra*, In: *Hadmérnök*, X. évf. 4. szám, 2015. december, ISSN 1788-1919, pp. 127-137. URL.: http://www.hadmernok.hu/154_12_balogf_na_joe.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [14] RESPERGER I. – KISS Á. P. – SOMKUTI B.: *Aszimmetrikus hadviselés a modern korban, Kis háborúk nagy hatással*, Zrínyi Kiadó, 2013. ISBN 978-963-327-717-1, p. 422.
- [15] GULYÁS Attila: *Különleges Műveleti Erők vezetésének és irányításának támogatási aspektusai*, doktori (PhD) értekezés, NKE Budapest, 2016. p. 235. URL.: <http://m.ludita.uninke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10840/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)

- [16] HAIG Zsolt - VÁRHEGYI István: *Információs műveletek I. kötet*, egyetemi jegyzet, ZMNE 2004. p. 251.
- [17] TOFFLER Alvin: *A harmadik hullám*. Typotex Kiadó, ISBN 978-963-9326-21-7, 1980.
- [18] HAIG Zsolt, KOVÁCS László, VÁNYA László, VASS Sándor: *Elektronikai hadviselés*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014. ISBN 978-615-5305-87-0, p. 271. URL.: <http://m.ludita.unike.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10964/webview.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [19] HAIG Zsolt: *Információs műveletek a kibertérben*, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2018. ISBN 978-615-5945-05-2 p. 344. URL.: https://akfi-dl.unike.hu/pdf_kiadvanyok/web_PDF_Informacios_muveletek_a_kiberterben.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [20] Katonai Kislexikon 4000, p. 109. A Honvédelmi Minisztérium Hadműveleti és Kiképzési Főnökségének Kiadványa 2008. ISBN 963-00-3654-1 p. 109.
- [21] Dr. MUNK Sándor ezredes: *Katonai Informatika II. Katonai informatikai rendszerek, alkalmazások*. Egyetemi Jegyzet, ZMNE 2006. Budapest p. 73-158. http://193.224.76.4/download/bjkmk/katonai_informatika_2.pdf (Letöltés: 2012. július 20.)
- [22] A PEOC3 amerikai kormányzati ügynökség hivatalos weboldala az FBCB2 projektről <http://peoc3t.army.mil/fbcb2/fbcb2.php> (Letöltés: 2012. július 15.)
- [23] *Force XXI Battle Command Brigade and Below (FBCB2)*, tanulmány, University of Texas at Austin és Texas A&M University, 2001.01.23. <http://www.uxxi.org/docs/briefings/dd2n25.pdf> (Letöltés: 2012. július 17.)
- [24] Multilateral Interoperability Program (MIP) publikus weboldala <https://public.mip-interop.org/Pages/Default.aspx> (Letöltés ideje: 2017. április 28.)
- [25] Multilateral Interoperability Program Information Model (MIM) publikus weboldala <https://www.mimworld.org/portal/projects/welcome/wiki/Welcome> (Letöltés ideje: 2017. április 28.)
- [26] KARMAZIN György: *Flotta menedzsment rendszerek bevezetése és pozitív hatásai*, In.: *Logisztikai Trendek és Legjobb Gyakorlatok*, 2015/06. HU ISSN 2416-0555 p.12. <http://logisztikaitrendek.hu/wp-content/uploads/2015/06/Flotta-menedzsment-rendszerek.pdf> (Letöltés ideje: 2016. december 4.)

- [27] RUSZIN Romulusz alezredes: *A Magyar Honvédség tábortűzvédelmi alkalmazási lehetőségei béketámogató műveletek során*, doktori értekezés, ZMNE HDI, Budapest, 2009. p. 128. URL.: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9840/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [28] ISAF Force Tracking System Operator Training 2 Student Handbook, Version 2.1 June 2007. Globecom Systems Inc. CO-11755-OPL p.9.
- [29] Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.) (2019.01.20-ai állapot)
- [30] 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről (2019.01.20-ai állapot)
- [31] 2012. évi I. törvény a munka törvénykönyvéről (2019.01.20-ai állapot)
- [32] 2012. évi CCV. törvény a honvédek jogállásáról (2019.01.20-ai állapot)
- [33] 2018. évi CXIV. törvény a honvédelmi alkalmazottak jogállásáról (2019.01.20-ai állapot)
- [34] 2011. évi CXII. törvény az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról (2019.01.20-ai állapot)
- [35] 2013. évi XCVII. törvény a honvédségi adatkezelésről, az egyes honvédelmi kötelezettségek teljesítésével kapcsolatos katonai igazgatási feladatokról (2019.01.20-ai állapot)
- [36] 1993. évi XXXI. törvény az emberi jogok és az alapvető szabadságok védelméről szóló, Rómában, 1950. november 4-én kelt Egyezmény és az ahhoz tartozó nyolc kiegészítő jegyzőkönyv kihirdetéséről (2019.01.20-ai állapot)
- [37] 25/2018. (X. 31.) OGY határozat a Magyar Honvédség részletes bontású létszámáról (2019.01.20-ai állapot)
- [38] 290/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről szóló 2011. évi CXIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról (2019.01.20-ai állapot)
- [39] 5/2014. (II. 7.) NGM rendelet a nemzetgazdasági miniszter feladatkörét érintő ágazati honvédelmi feladatokról (2019.01.20-ai állapot)
- [40] KUN István, Fáy Gyula, BUKOVICS István: *Logikai hadviselés – kritikus pontok harca*, In: Hadmérnök, VI. évfolyam 4. szám – 2011. december ISSN 1788-1919 pp. 189-203. url: http://hadmernok.hu/2011_4_kun_fay_bukovics.pdf (Letöltés ideje: 2017. december 29.)

- [41] United States Army (2003). *Mission Command: Command and Control of Army Forces*. Washington, D.C.: Headquarters, United States Department of the Army, Field Manual No. 6-0.
- [42] United States Marine Corps (1996). *Command and Control*. Washington, D.C.: Department of the Navy, Headquarters, United States Marine Corps, Doctrine Publication MCDP 6.
- [43] BARABÁSI Albert-László: *Behálózva - A hálózatok új tudománya*, Helikon Kiadó, 2013. Harmadik kiadás, ISBN 978 963 227 293 1
- [44] MÁRKUS Ferenc: A kötelékben lévő lövésszáslóalj szervezeti és technikai korszerűsítésének lehetőségei a XXI. század elején (tanulmány), In: *Seregszemle*, XI. évf. 4. szám, 2013. ISSN 2060-3924 pp. 17-35. URL.: <https://honvedelem.hu/files/files/43460/seregszemle-4-internet.pdf> (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [45] ARQUILLA, J. – RONFELDT, D.F.: *In Athena's Camp: Preparing for Conflict in the Information Age*, Santa Monica: The RAND Corporation, 1997, p. 516. ISBN 978-0833025142
- [46] HERMAN, Mark (1997): *Entropy-based warfare: A unified theory for modeling the Revolution in Military Affairs*, Booz, Allen and Hamilton Inc, 1997. p. 28. URL.: <https://stacks.stanford.edu/file/druid:wq974bw2345/wq974bw2345.pdf> (Letöltés ideje: 2019. június 26.)
- [47] MUNK Sándor: *Hálózatok fogalma, alapjai*, In: *Hadmérnök*, V. évfolyam, 3. szám – 2010. szeptember, ISSN 1788-1919, pp. 176-186. url: http://hadmernok.hu/2010_3_munk.pdf (Letöltés ideje: 2017. december 29.)
- [48] CSERMELY Péter: *Hálózatok sejtjeinkben és körülöttünk*, Mindentudás Egyeteme 2.0, 2005. 09.12. url: <http://mindentudas.hu/elodasok-cikkek/item/113-h%C3%A1ll%C3%B3zatok-sejtjeinkben-%C3%A9s-k%C3%B6r%C3%BCl%C3%B6tt%C3%BCnk.html> (Letöltve: 2014. április 15.)
- [49] BARABÁSI-ALBERT László: *A Hálózatok Tudománya*, Libri Kiadó, 2016. ISBN 978-963-310-787-4 p. 446.
- [50] VICSEK Tamás: *Munkahelyi hálózatok*, Mindentudás Egyeteme 2.0, 2008.02.02. internetes elérés: <http://mindentudas.hu/elodasok-cikkek/item/168-munkahelyi-h%C3%A1ll%C3%B3zatok.html> Letöltve: 2014. április 15.

- [51] MOLNÁR Katalin: *Lindenmayer-rendszerek a középiskolában*, ELTE TTK Budapest 2010. URL.: http://mokoabt.web.elte.hu/Szakdolgozat/Molnar_Katalin_L-rendszerek.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [52] LAUREN M. K.: *Modelling Combat Using Fractals and the Statistics of Scaling Systems*. Military Operation Research. (2000.) 5 No. 3. pp. 47-58.
- [53] MOFFAT James: *Complexity Theory and Network Centric Warfare*. CCRP publication Series. 2010. ISBN 1-893723-11-9 internetes forrás: www.dodccrp.org Letöltve: 2014. április 27.
- [54] ZAFEIRIS A, VICSEK T: *Group performance is maximized by hierarchical competence distribution*, In: Nature Communications 4, Article Number 2484, (2013) DOI: 10.1038/ncomms3484 url: <https://www.nature.com/articles/ncomms3484> (Letöltés: 2019. január 23.)
- [55] HAIG Zsolt: *Információs műveletek, SIGINT és EW kapcsolatrendszere*, In: Felderítő Szemle, Budapest, Magyar Köztársaság Felderítő Hivatala. VI. évf. Különszám, 2007. február. ISSN 1588-242X pp. 27-48.
- [56] BARABÁSI Albert-László: *A hálózatok csodálatos világa a sejtektől a világhálóig*, 2005. 10.10. Mindentudás Egyeteme v.2.0 <http://mindentudas.hu/elodasok-cikkek/item/117-beh%C3%A11%C3%B3zva-a-h%C3%A11%C3%B3zatok-csod%C3%A1latos-vil%C3%A1ga-a-sejtekt%C5%911-a-vil%C3%A1gh%C3%A11%C3%B3g.html> Letöltve: 2014. május 6.
- [57] GRANOVETTER Mark S.: *The Strength of Weak Ties*, American Journal of Sociology 78, 1973, 1360-1380)
- [58] CSERMELY Péter: *A rejtett hálózatok ereje*, Vince Kiadó, 2004. url: <http://szociologiaszak.uni-miskolc.hu/segedanyagok/Halozatok.pdf> Letöltve: 2019. április 27.
- [59] TINKU Krisztina: *Adott bőségű reguláris gráfok*, (szakdolgozat) ELTE TTK, Budapest, 2014. p. 47. url: https://web.cs.elte.hu/blobs/diplomamunkak/bsc_matelem/2014/tinku_krisztina.pdf (Letöltés ideje: 2019.01.26.)
- [60] CSER Gábor: *A számításba vehető szélessávú vezeték nélküli technológiák bemutatása és tervezési szempontjai*, Magyar Telekom – Vezeték nélküli Hálózat Fejlesztési Ágazat, konferencia előadás, Magyar Mérnöki Kamara, 2015.június 24. p. 68. URL.: https://users.itk.ppke.hu/~takacs/gy/tkhte14_2016.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)

- [61] GULYÁS Attila: *Vezetés és Irányítás biztosítása a magyar különleges műveleti erőknél* (2011), ZMNE Egyetemi Központi Könyvtár, KV 707 (könyv/monográfia, helyben használható) p. 17-18.
- [62] KURZWEIL Ray: *A szingularitás küszöbén*, ad astra kiadó, 2013. ISBN 13 978-6155229-25-1
- [63] MOORE Gordon E.: *Cramming more components onto integrated circuits*, Electronic Magazine 1965. április 19.
- [64] LIPPAI Péter alezredes: *A küldetésorientált katonai vezetésszemlélet lehetőségei és korlátai egy hadtörténeti példán keresztül bemutatva („Tavaszi ébredés” 1945. március 06 – 1945. március 15.)*, doktori értekezés, ZMNE, Budapest 2009. p. 90.
URL.: <http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9591/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [65] HAIG Zsolt: *Az elektronikai harc térinformatikai alapú tervezése*, In.: Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 1997. 1. szám, Budapest, pp. 139-152. ISSN 1417-7323
- [66] HAIG Zsolt: *Az elektronikai harc térinformatikai adatbázisa*, In.: Hadtudomány 1996. 4. szám, Budapest, pp. 75-83. ISSN 1215-4121
- [67] GINGYIKIN, Szemjon Grigorjevics: *Történetek fizikusokról és matematikusokról*, 2. javított kiadás, Typotex Kiadó, Budapest, 2004. ISBN 963954843X p. 451.
- [68] PAPP Zoltán: *A helyzet-meghatározó rendszerek zavarása*, In. Hadmérnök, VII. évf. 1. szám, 2012. március, ISSN 1788-1919, pp. 214-221. URL: http://hadmernok.hu/2012_1_papp.pdf (Letöltés ideje: 2017. január 19.)
- [69] BUSICS György: *Műholdas helymeghatározás 1. A GNSS-ről általában*, jegyzet, NYME-GEO, Székesfehérvár 2011. p. 22. URL: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM1/index.html (Letöltés ideje: 2017. január 19.)
- [70] 15/2013. (III. 11.) VM rendelet a térképészetért felelős miniszter felelősségi körébe tartozó állami alapadatok és térképi adatbázisok vonatkoztatási és vetületi rendszeréről, alapadat-tartalmáról, létrehozásának, felújításának, kezelésének és fenntartásának módjáról, és az állami átvétel rendjéről (2019.01.20-ai állapot)
- [71] ERDÉSZ Viktor: *A Galileo globális műholdas navigációs rendszer konkurensei*, In.: Nemzet és Biztonság, Biztonságpolitikai Szemle, 2008/7. szám, ISSN 1789-5286, pp. 45-53. URL: http://www.nemzetesbiztonsag.hu/cikkek/erdesz_viktor-

- [a galileo globalis műholdas navigációs rendszer es konkurencsei.pdf](#) (Letöltés ideje: 2017. január. 19.)
- [72] TARSOLY Péter: *Geodézia 7, Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel*, NYME-GEO, Székesfehérvár 2010. p. 17. URL: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GED7/ch01s02.html (Letöltés ideje: 2017. január 24.)
- [73] BUSICS György: *Műholdas helymeghatározás 2. GNSS alaprendszerek*, NYME-GEO, Székesfehérvár 2011. p. 23. URL: http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_MHM2/index.html (Letöltés ideje: 2017. január. 19.)
- [74] A NAVSTAR GPS hivatalos oldala, Űrszegmens bemutatása URL: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations> (Letöltés ideje: 2017. szeptember 18.)
- [75] RODRIGEZ J.A. Avila: *GPS Signal Plan*, University FAF München, 2011. URL: http://www.navipedia.net/index.php/GPS_Signal_Plan (Letöltés ideje: 2017. február 7.)
- [76] GERE Tamás: *GPS technika csúcsra járva – Hogyan hozd ki a műholdas helymeghatározásból a maximumot?* GPS Expert Kft. 2016. p. 88. ISBN 9789631270167
- [77] CLARKE Brooke: *DAGR – Defense Advanced GPS Receiver*, 2008-2014. URL: <http://www.prc68.com/I/DAGR.shtml> (Letöltés ideje: 2017. január 28.)
- [78] A Rockwell Collins cég védelmi navigációs termékeinek weblapja, URL: http://www.rockwellcollins.com/Products_and_Services/Defense/Navigation/Ground_Products.aspx (Letöltés ideje: 2017. január 28.)
- [79] N2YO.com internetes élő műholdkövető szolgáltatás, URL: <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés ideje: 2017. február 8.)
- [80] Szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 8-án 24 óra időtartamban, N 47° 19' E 20 ° 18', URL: <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés ideje: 2017. február 8.)
- [81] VÁNYA László: *Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése*, In. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évf. 2015. 2. szám, pp. 7-16. URL: http://epa.oszk.hu/02600/02694/00068/pdf/EPA02694_rtk_2015_2_007-016.pdf (Letöltés ideje: 2017. január 28.)

- [82] VÁNYA László: *A műholdas helymeghatározó rendszerek elektronikai hadviselési kérdései*, In: Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVIII. évf. 2016. 2. szám, pp. 145-152. URL: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-09-0308_Vanya_Laszlo.pdf (Letöltés ideje: 2017. január 30.)
- [83] NÉMETH András- FOLKMANN Viktor: *Direction Finding Based on Adaptive Antennas*, In: Radioelektronika 2002, 12th International Czech-Slovak Scientific Conference, Pozsony, Műszaki Egyetem, 2002. ISBN 80-227-1700-2 pp. 1-4.
- [84] NÉMETH András: *Távlati műholdas megoldások a katasztrófavédelmi kommunikáció területén*, In: Kommunikáció 2007, Bp. ZMNE 2007. ISBN 978-963-7060-31-1, pp. 47-55.
- [85] NÉMETH András: *A katasztrófavédelmi kommunikáció alternatív megoldásai*, In: Kommunikáció 2006. BP. ZMNE 2006. ISBN 978-963-7060-31-1, pp. 227-255.
- [86] SZENES Zoltán: *Új bor a régi palackban? A walesi NATO csúcs*, Hadtudomány, XXIV. évfolyam 3-4. szám, 2014. december, pp. 3-21. ISSN 1215-4121
- [87] Dr. ISTVÁNFFY Edvin: *Tápvonalak, antennák, hullámterjedés*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967. p. 594.
- [88] ROTHAMMEL, Karl: *Antennakönyv*, Műszaki Kiadó 1977. HU ISBN 963-10-2060-6 p. 502.
- [89] *Radio Communication In the Digital Age, Vol. 1 HF technology*, Edition 2, Harris Co. USA 2005. USA Kongresszusi Könyvtári szám: 96-94476
- [90] ITU Handbook: *Frequency-adaptive communication systems and networks in the MF/HF bands*, (Szerk.: Les Barclay) International Telecommunication Union Radiocommunication Bureau, Svájc, Genova 2002. http://hflink.com/itu/ITU_ALE_Handbook.pdf (Letöltés ideje: 2016. február 24.)
- [91] MIL-STD-188-141B szabvány, USA Department of Defense 1999.03.01. http://hflink.com/standards/ALE_standard_188_141B.pdf (Letöltés ideje: 2016. február 24.)
- [92] PROESCH Roland: *Technical Handbook for Radio Monitoring HF*, Norderstedt, Németország, 2013. ISBN 9783732241422 <http://www.frequencymanager.de/TH/files/KurzfassungTechnicalHandbookHF2013E.pdf> (Letöltés ideje: 2016. február 28.)
- [93] ITU-R F.250-2, International Telecommunication Union Radiofrequency Recommendation

- [94] TANNENBAUM Andrew: Számítógép-hálózatok, Panem Könyvek, Budapest, 2013.
<http://www.inf.unideb.hu/valseg/gybitt/szamhal/ch03s02.html> (Letöltés ideje: 2016. február 28.)
- [95] GULYÁS Attila: *Egycsatornás antennák tervezése I. rész*, In. Seregszemle XIV. évf. 2. szám 2016. ISSN 2060-3924 p. 37. URL.:
https://honvedelem.hu/files/files/65846/2017_1-seregszemle-internet.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [96] HÓKA Miklós: *A Magyar Honvédség harcászati rádiórendszerének kialakítási lehetőségei egyes NATO-tagországok rádiórendszereinek vizsgálata tükrében*, doktori (PhD) értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2005.pp. 25-31. URL.:
<https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12005/ertekezes.pdf;jsessionid=CAEC759C13ADC756604C4FE50D94D13B?sequence=1> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [97] GULYÁS Attila: *Szoftvervezérelt rádiók azonosító jelsorozatai*, In. Seregszemle XI. évf. 4. szám, 2013. HU ISSN 2060-3924, pp. 56-81. URL.:
<https://honvedelem.hu/files/files/43460/seregszemle-4-internet.pdf> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [98] *RF-5800H-MP Operations, Students Guide*, Harris Co. USA, 2007. január, 10515-0117-4500
- [99] *AN/PRC-150(C) Operations, Student Guide*, Harris Co. USA, 2007. szeptember, 10515-0103-4500
- [100] Harris cég hivatalos weboldala, AN/PRC-150(C) http://rf.harris.com/media/AN-PRC-150%28C%29%203-08_0237_26-9811.jpg (Letöltés ideje: 2016. február 28.)
- [101] Harris FALCON III RF-7800H-MP adatlap http://rf.harris.com/media/Harris%20RF-7800H-MP%20data%20sheet_tcm26-21753.pdf (Letöltés ideje: 2016. május 31.)
- [102] Joint Tactical Radio System –
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/jtrs.htm> (Letöltés ideje: 2016. május 27.)
- [103] *RF-6010 Tactical Network Acces Hub, Student Guide*, Harris Co. USA, 2006. szeptember, 10515-0262-4500
- [104] MIL-STD-188-141C, Department of Defense Interface Standard, *Interoperability and Performance Standard for Medium and High Frequency Radio Systems*, DoD USA, 2011. július 25.

- [105] MIL-STD-187-721D, Department of Defense Interface Standard, *Interoperability and Performance Standard for Advanced Adaptive HF Radio*, DoD USA, 1999. március 1.
- [106] Open Standard ALE-GPR v1.1 <http://hflink.com/alegpr/#format> (Letöltés ideje: 2016. május 31.)
- [107] HFLINK szervezet hivatalos oldala www.hflink.com (Letöltés ideje: 2016. június 9.)
- [108] *Radio Communication In the Digital Age, Vol. 2 VHF/UHF technology*, Edition 1, Harris Co. USA 2000. USA Kongresszusi Könyvtári szám: 00132465, p. 108. URL.: http://code7700.com/pdfs/radio_communications_in_the_digital_age.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [109] NAGY Dániel: *Szórt spektrumú adatátvitel, a WIFI és WIMAX megvalósításában*, In. Hadmérnök, XI. évf. 3. szám, 2016. szeptember, ISSN 1788-1919 pp. 191-203. URL.: http://hadmernok.hu/163_15_nagy.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [110] FÜRJES János Norbert: *Kis és közepes sebességű digitális adatátviteli rendszerek automatikus analízisének és dekódolásának lehetőségei*, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE BKM KMDI, Budapest 2010. p. 133. URL.: <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12221/ertekezes.pdf?sequence=1> (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [111] Harris FALCON II AN/PRC-117F(C) rádió adatlap, url: <http://www.railce.com/cw/casc/harris/HB-AN-PRC-117FC.pdf> (Letöltés ideje: 2017. július 4.)
- [112] Harris FALCON III AN/PRC-117G(V)1(C) rádió adatlap, url: <https://www.harris.com/solution/harris-falcon-iii-anprc-117gv1c-multiband-networking-manpack-radio> (Letöltés ideje: 2017. július 4.)
- [113] Harris FALCON II RF-5800M-HH rádió adatlap, url: <http://www.railce.com/cw/casc/harris/RF-5800m-hh.pdf> (Letöltés ideje: 2017. július 4.)
- [114] Harris FALCON III AN/PRC-152A rádió adatlap, url: <https://www.harris.com/solution/harris-falcon-iii-anprc-152a-wideband-networking-handheld-radio> (Letöltés ideje: 2017. július 4.)
- [115] Kongsberg MRR MP/MV300 rádió adatlap https://www.kongsberg.com/~media/KDS/Files/Products/Defence%2520Communication/MV_MP300%2520datasheet.ashx%3Ffla%3Den+&cd=1&hl=hu&ct=clnk&gl=hu&client=firefox-b (Letöltés ideje: 2017. július 4.)

- [116] NÉMETH András, BACSA Balázs, NÉMETH Szabolcs: *Légi sugárfelderítő konténer mérési eredményeinek továbbítása Kongsberg többfunkciós rádiók segítségével I. rész*, In: Haditechnika, 45. évf. 1. szám, 2011. ISSN 0230-6891 pp. 10-14.
- [117] Norwegian Defense Research Establishment: NORwegian Modular Network Soldier (NORMANS), http://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/Norwegian_Modular_Network_Soldier.pdf (Letöltés: 2012. augusztus 5.)
- [118] Kongsberg ComBatt, Command Control Information Product Suite for Tactical Communication,
http://www.kongsberg.com/en/kds/products/armycommandandcontrolin_formationssystem/~media/KDS/Files/Products/Army%20C2IS/combatt%20c2is%20for%20web.ashx (Letöltés: 2012. augusztus 5.) p. 12.
- [119] Planned Acquisition: Norwegian Defence to purchase Thales' Digitised Soldier System, In: C4I Technology News, 2011. október 6. url: <http://c4i-technology-news.blogspot.com/2011/10/planned-acquisition-norwegian-defence.html> (Letöltés ideje: 2019.01.31.)
- [120] BUDAI Balázs Benjamin: *Készenléti (EDR) rendszerek a közigazgatásban*, előadás, Budapesti Corvinus Egyetem, E-government Kutatócsoport, p. 21. url: <http://slideplayer.hu/slide/2219073/> (Letöltés ideje: 2017. július 10.)
- [121] Az Európai Telekommunikációs Szabványügyi Intézet hivatalos oldala, a TETRA szabvány bemutatása, <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/tetra> (Letöltés ideje: 2014. november 8.)
- [122] Dr. Balla Ferenc: *Információ és üzembiztonság a kommunikáció terén, EDR – A Készenléti szolgálatok egységes és egyetlen vezetékek nélküli híradó rendszere*, Pro-M Zrt. 2014.03.10. (ppt előadás) p. 15.
http://bte.hu/files/2014_03_10_Informacio_s_uzembiztonsg_a_kommunikaciotern_1_v.pd (Letöltés ideje: 2015. június 11.)
- [123] 346/2010. (XII. 28.) Korm. rendelet a kormányzati célú hálózatokról (2019.01.26-ai állapot)
- [124] KURIS Zoltán: *Az Egységes Digitális Rádiórendszer (EDR) alkalmazásának lehetőségei a rendészeti szerveknél*, In: Hadmérnök V. évfolyam, 2. szám - 2010. június, pp. 310-321. ISSN 1788-1919 URL.: http://hadmernok.hu/2010_2_kuris.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)

- [125] HEIKKONEN Kimmo, PESONEN Tero, SAARISTO Tiina: *A TETRA rádió és Ön*, Helsinki, 2004. ISBN 963-06-1565-7
- [126] Ministry of Interior, Fire Safety and Rescue Directorate General: *AVL System for Fire Brigades*, Technical Solution Presentation, Bulgaria, 2010. június 6. www.ctif.fi/resources/userfiles//file/fctif/fireprevention/2010_Bulgaria_AVL_syste_m.pps (Letöltés ideje: 2014. november 06.)
- [127] SZILÁGYI Gábor: *Kosзовó katonaföldrajzi értékelése*, In: Hadtudományi Szemle, IX: évf. 2. szám, 2016. ISSN 2060-0437 pp. 130-141. URL.: http://epa.oszk.hu/02400/02463/00031/pdf/EPA02463_hadtudomanyi_szemle_2016_02_130-141.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [128] *Imp@ct Operating Manual – Vehicle Kit User*, EADS, 2006. április 24. Ref. Nr.: OMO PS10562AENAA01
- [129] BOSSON G.: *Mobil Terminal Installation Handbook (Version B)*, MATRA NORTEL COMMUNICATIONS, 2001. Ref. Nr.: MC9/TR/APP/00030 p. 48.url: <https://fccid.io/document.php?id=252176> (Letöltés ideje: 2017. július 14.)
- [130] ISAF PSR CIS 018b egy követelményrendszer, mely pontosan meghatározza az ISAF Force Tracking System harcászati/hadműveleti paramétereinek műszaki vonatkozású feladatait
- [131] PDT-100 User Manual CAL-MN-1021-10004
- [132] ESA üregnyökség hivatalos oldala: *Műholdas frekvencia sávok* (angol), url: http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications/Satellite_frequency_bands (Letöltés ideje: 2017. december 29.)
- [133] ISAF Force Tracking System Installation & Maintenance Student Handbook, Revision 1.4 May 2007. Globecom Systems Inc. CO-11755-OPL
- [134] NATO STANAG 2019 APP-6A NATO JOINT SYMBOLOGY
- [135] OTL BARBELN, Martin: *Aktuelle Dartsellung des Einsatzes FüInfoSysH in ISAF AOR RC NORTH*, Die F-Flage 2-2012, p. 15-17.
- [136] *ISAF Force Tracking System Local System Administrator (Ops. Admin, Security Admin) Student Handbook*, Revision 1.5 June 2007. Globecom Systems Inc. CO-11755-OPL
- [137] NÉMETH András: *Szolgáltatásalapú műholdas hírközlés veszélyhelyzeti felhasználási lehetőségei* In: Fekete Károly (szerk.) *Kommunikáció 2007*. p. 511 Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2007.10.16 Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2007. pp. 98-115.(ISBN:978-963-7060-31-1)

- [138] FBCB2 Courseware V 3.5 számítógépes távoktatási tananyag
- [139] NATO STANAG 5500 Concept of NATO Message Text Formatting System
- [140] MIL-STD 188-181 Conformance Test Procedure (SATCOM), 2001. május, p. 168.
- [141] SÁNDOR Miklós, FARKAS Tibor, JOBBÁGY Szabolcs: *Híradásszervezés (jegyzet)*, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2009.
- [142] Harris Integrated Tactical Communication Systems <https://www.harris.com/solution-grouping/integrated-tactical-communication-systems> (Letöltés ideje: 2016. június 13.)
- [143] *RF-6910-SW002 C2PC-CNR System Manual*, Harris Co. USA, 2006. december, 10515-0322-4200
- [144] Multilateral Interoperability Programme, MEB1R-US-PMG, Edition:1.1, 2003. december 13. Germany
- [145] NATO STANAG 5527
- [146] NATO STANAG 5516
- [147] MIL-STD 6016, továbbá MIL-STD 6016D (TADIL-J)
- [148] HUCHARD J, DENIS X, LABY M, POLZER H, NEGRET J-M: *Land Force Tracking Gateway Network Centric Capability Pattern*, Version 3.0, February 2010. https://www.ncoic.org/apps/group_public/download.php/16616/NCOIC_LandForceTrackingGatewayCapabilPatternV3.0_20100303PubRelComp.pdf (Letöltés: 2012. szeptember 22.)
- [149] GULYÁS Attila: *Hazánk biztonságpolitikai környezete változásainak kronológiai elemzése a nemzetközi terrorizmusellenes harc tükrében I. rész*, In: *Seregszemle*, XIII. évf. 2-3. szám, pp. 7-25, 2015. HU ISSN 2060-3924 URL.: https://honvedelem.hu/files/files/54566/seregszemle_2015_2-3szam.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [150] GULYÁS Attila: *Hazánk biztonságpolitikai környezete változásainak kronológiai elemzése a nemzetközi terrorizmusellenes harc tükrében II. rész*, In: *Seregszemle*, XIII. évf. 4. szám, pp. 7-23, 2015. HU ISSN 2060-3924 URL.: https://honvedelem.hu/files/files/56734/2015_4-seregszemle.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 27.)
- [151] BHE: BMR Solution, Aerostat Observation System (online) url: http://www.bhe-mw.eu/sites/default/files/files/documents/bhe_bmr_solution.pdf (2017.03.21.)

- [152] NÉMETH András- FOLKMANN Viktor: *Direction Finding Based on Adaptive Antennas*, In: Radioelektronika 2002, 12th International Czech-Slovak Scientific Conference, Pozsony, Műszaki Egyetem, 2002. ISBN 80-227-1700-2 pp. 1-4.
- [153] NÉMETH András- FOLKMANN Viktor: *Íránymérés adaptív antennarendszerrel*, In: Híradástechnika, 2004/3. Budapest, HTE, 2004. ISSN 0018-2028 pp. 49-54.
- [154] RÁCZ Réka Magdolna: *The function of the system of national defence and disaster management in the disaster management structure*, In: AARMS Vol. 10, No. 1. 2011. ISSN 1588-8789 pp. 173-181.
- [155] RÁCZ Réka: *The economical aspects of the climate change*, In: AARMS, Vol. 9. Issue 1 pp. 153-157 (2010) ISSN ISSN 1588-8789
- [156] RÁCZ Réka: *The function of the system of national defence and disaster management in the disaster management structure*, In: AARMS, Vol. 10. Issue 1 pp. 173-181 (2011) ISSN ISSN 1588-8789
- [157] Космические возможности ГЛОНАСС: *и няня, и путеводитель, и надзиратель*, In: ria.ru, 2008. 12. 25. URL: <https://ria.ru/science/20081225/158075448.html> (Letöltés ideje: 2017. február 2.)
- [158] GLONASS Information and Analysys Center for Position, Navigation and Timing, Korolyov, Oroszország, URL: <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/> (Letöltés ideje: 2019. február 3.)
- [159] REVNIVYKH Szergej: *GLONASS Status and Modernization*, ppt. előadás, In: International GNSS Comitee IGC-7, 2012. november 4-9. Peking, URL: <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2012/icg-7/3-1.pdf> (Letölts ideje: 2017. február 5.)
- [160] URLICHICH Jurij, SUBBOTIN Valerij, STUPAK Grigorij, DVORKIN Vjacseszláv, Alexander POVALYAEV, KARUTIN Szergej, BAKITKO Rudolf: *GLONASS Modernization*, In: GPS WORLD magazin, 2011. november 1. pp. 34-39. URL: <http://gpsworld.com/glonass-modernization-12232/> (Letöltés ideje: 2017. február 5.)
- [161] Szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5., N 47° 19' E 20 ° 18', N 35° 58' E 68° 41', N 28° 38' E 77° 13' URL: <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés ideje: 2017. február 5.)
- [162] BALOGH Csaba: *Felejtse el a GPS-t: elindult az új rendszer, itt a sokkal pontosabb GNSS*, In: hvg.hu 2016. december 15. URL:

- http://hvg.hu/tudomany/20161215_gps_glonass_europai_navigacio_helymeghatarozas_gnss_galileo (Letöltés ideje: 2017. február 5.)
- [163] Navipedia, az Európai Űrügynökség GNSS rendszereket átfogóan ismertető portálja, URL: http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_General_Introduction (Letöltés ideje: 2017. február 6.)
- [164] European GNSS Service Centre honlapja, url: <https://www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system> (Letöltés ideje: 2019. február 3.)
- [165] RODRIGEZ J.A. Avila: *Galileo Signal Plan*, University FAF München, 2011. URL: http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_Signal_Plan (Letöltés ideje: 2017. február 6.)
- [166] GNSS SDR fejlesztői oldal, URL: <http://gnss-sdr.org/docs/tutorials/gnss-signals/> (Letöltés ideje: 2017. február 6.)
- [167] *Hosszú vajúdás után indult el az uniós GPS*, In: Index.hu, 2016. december 15. ISSN 1585-3241 URL: http://index.hu/kulfold/eurologus/2016/12/15/nehezkes_vajudas_utan_indul_az_unio_s_gps/ (Letöltés ideje: 2017. február 6.)
- [168] AZRIEL Merryl: *US Department of Defense Reports on China's Space Capabilities*, In: Space Safety Magazine, 2013. május 7. URL: <http://www.spacesafetymagazine.com/space-on-earth/international-relations/department-defense-reports-chinas-space-capabilities/> (Letöltés ideje: 2017. február 7.)
- [169] GOFF Stan: *U.S.-China Economic and Security Review Comission Releases Staff Report on BeiDou*, In: Inside GNSS (elektronikus verzió), 2017. január 17. ISSN 1559-503X URL: <http://www.insidegnss.com/node/5296> (Letöltés ideje: 2017. szeptember 24.)
- [170] XINGXIN GAO Grace, CHEN Alan, LO Sherman, DE LORENZO David, ENGE Per (Stanford University): *GNSS over China, The Compass MEO Sattelite Codes*, In: Inside GNSS, 2007. Július- Augusztus, ISSN 1559-503X pp. 36-43. URL: http://www.insidegnss.com/auto/IG0807_Gao-Lo_final.pdf (Letöltés ideje: 2017. február 7.)
- [171] RODRIGEZ J.A. Avila: *BeiDou Signal Plan*, University FAF München, 2011. URL: http://www.navipedia.net/index.php/BeiDou_Signal_Plan (Letöltés ideje: 2017. február 7.)

- [172] QZSS, In: az Európai Űrügynökség (ESA) NAVIPEDIA oldala, 2011. URL: <http://www.navipedia.net/index.php/QZSS> (Letöltés ideje: 2017. február 20.)
- [173] A japán QZSS rendszer hivatalos oldala, URL: <http://qzss.go.jp/en/> (Letöltés ideje: 2017. február 21.)
- [174] NAVIC, In: az Európai Űrügynökség (ESA) NAVIPEDIA oldala, 2011. URL: <http://www.navipedia.net/index.php/NAVIC> (Letöltés ideje: 2017. február 21.)
- [175] Az indiai IRNSS hivatalos honlapja, URL: <http://www.isro.gov.in/irnss-programme> (Letöltés ideje: 2017. február 21.)
- [176] Quectel's Build a Smarter World Seminar, Kína. Shenzen 2016. június 17. URL: <http://www.quectel.com/infocenter/news/184.htm> (Letöltés ideje: 2017. szeptember 22.)
- [177] Quectel L76 EVB kit GNSS vevő dokumentációi URL: <http://www.quectel.com/product/176.htm> (Letöltés ideje: 2017. szeptember 24.)
- [178] u-blox M8N GNSS vevő dokumentációi URL: [https://www.u-blox.com/en/product-resources?f\[0\]=property_file_product_filter%3A2688](https://www.u-blox.com/en/product-resources?f[0]=property_file_product_filter%3A2688) (Letöltés: 2017. szeptember 24.)
- [179] WOODY Wu: *EC-25 Hardware Design v.1.0*, Kína, Sanghaj 2016.04.01. URL: https://www.codico.com/shop/media/datasheets/Quectel_EC25_Hardware_Design_V1.0.pdf (Letöltés ideje: 2017. október 2.)
- [180] SUBIRANA J. Sanz, ZORNOZA JM. Juan, HERNANDEZ-PAJARES M., (Catalunia Egyetem, Spanyolország): *GLONASS Navigation Message*, In: Navipedia, 2011. URL: http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Navigation_Message (Letöltés ideje: 2017. február 22.)
- [181] HORVÁTH József: *Katonai megtévesztés*, In: Seregszemle, XII. évf. 1. szám 2014. ISSN 2060-3924 pp. 164-175. URL: <http://www.honvedelem.hu/container/files/attachments/46172/seregsz2014-1-jav.pdf> (Letöltés ideje: 2017. február 22.)
- [182] HORVÁTH József: *Az elektronikai zavarás napjainkban*, In: Hadmérnök, X. évf. 1. szám 2015. március, ISSN 1788-1919 pp. 183-192. URL: http://hadmernok.hu/151_18_horvathj.pdf (Letöltés ideje: 2017. február 22.)
- [183] Nemzetgazdasági Minisztérium: *Irinyi Terv, az innovatív iparfejlesztés irányainak meghatározásáról*, Budapest 2016. február, URL: <http://www.kormany.hu/download/d/c1/b0000/Irinyi-terv.pdf> (Letöltés ideje: 2017. február 23.)

- [184] PETKOVICS Tamás: *A hadiipar fejlesztési lehetőségei Magyarországon*, In: *Katonai Logisztika*, 24. évf. 2016/1. szám ISSN 1789-6398 pp. 54-87. URL: http://real.mtak.hu/40116/1/KatLog7%20doc%20Petkovics_hadiipar.pdf (Letöltés ideje: 2017. február 23.)
- [185] MAGYARNÉ KUCSERA Erika mk. őrnagy: *A Magyar Honvédség Tábort Hírhálózatának Hálózatfelügyelete*, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE HDI, Budapest, 2009. p. 128. <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12171/ertekezes.pdf;jsessionid=09226334E27D59D6F04EA5C8F6FDA5D3?sequence=1> (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [186] KOI Tamás: *Indul a kereskedelmi LTE szolgáltatás a T-mobilnál*, In: HWSW, 2011. október 7. URL: <https://www.hwsz.hu/hirek/47493/magyar-telekom-t-mobile-lte-4g-net-roll-ericsson-cisco.html> (Letöltés ideje: 2017. október 15.)
- [187] ROHILL: *LTE for critical communication, LTEtraNode*, white paper, Issue 1.1 2015, URL: <http://www.rohill.nl/images/pdf-downloads/whitepapers/LTE-for-Critical-Communications-version-1.1.pdf> (Letöltés ideje: 2017. október 15.)
- [188] ETSI: *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Mission Critical Push to Talk (MCPTT) over LTE Stage 1*, ETSI TS 122 179 v 14.3.0 2017. május, URL: http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122100_122199/122179/14.03.00_60/ts_122179v140300p.pdf#page=14 (Letöltés ideje: 2017. október 15.)
- [189] GÁCSER Zoltán mk. őrnagy: *A katona harci képességeit növelő korszerű, hálózatba integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben*, PhD értekezés, Budapest, 2008. p. 130. URL: http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2008/gacser_zoltan.pdf (Letöltés ideje: 2017. október. 28.)
- [190] HAIG Zsolt- VÁRHEGYI István: *Információs műveletek II. kötet*, egyetemi jegyzet, ZMNE 2004. p. 115.
- [191] ATHERTON Kelsey: *Take A Look At Russia's New Armata Tank* [Infographic], 2015. április 1. url: <https://www.popsci.com/look-russias-new-tank-infographic> (Letöltés ideje: 2019.02.20.)
- [192] KHAN Y Jamil, YUCE R Mehmet: *Wireless Body Area Network (WBAN) for Medical Application*, In.: *New Development in Biomedical Engineering*, 31. fejezet Szerk.: CAMPOLO Domenico, New York, USA, 2010. ISBN 978-953-7619-57-2 DOI 10.5772/7598 pp. 591-628. URL: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/9103/InTech->

- Wireless body area network wban for medical applications.pdf (Letöltés ideje: 2017. október 28.)
- [193] MCGRATH Michael, NÍ SCANAIL Clíodhna: *Sensor Technologies, Health Care, Wellness, and Enviromental Applications*, Apress Open Kiadó, New York, USA 2014. ISBN-13 978-1-4302-6014-1 p. 321. URL: <http://www.realtechsupport.org/UB/CM/presentations/SensorTechnologies.pdf> (Letöltés ideje: 2017. október 28.)
- [194] MÉSZÁROS Csaba: *Milyen lesz az okosruha divat?* In: COMPUTERWORLD, 2015.10.08. URL: <https://computerworld.hu/uzlet/milyen-lesz-az-okosruha-divat-168378.html> (Letöltés ideje: 2019.01.09.)
- [195] STUBÁN Norbert: *Vezeték nélküli magzati pulzioximéter megvalósítása*, PhD értekezés, BME, VIK, BMEETT, 2009. p. 91. URL: <https://repositorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/865/ertekezes.pdf?sequence=1> (Letöltés ideje: 2017. október 28.)
- [196] WENT István: *Élettan*, Medicina Kiadó 1962. pp. 112-147.
- [197] KESZTYŰS Lóránd: *Kórélettan*, Medicina Kiadó, 1975. ISBN 963240016X
- [198] GANONG William F.: *Az orvosi élettan alapjai*, Medicina Kiadó, 1990. ISBN 9632417836
- [199] BALLAI Vince: *Nem a csórók menedéke a magyar sereg* (2013.01.31. 16:53), In: Origo url: <http://www.origo.hu/itthon/20130130-sorkatonasag-es-hivatasos-katonasag.html> (Letöltés ideje: 2019.02.20.) - fotó: Koszticsák Szilárd - MTI
- [200] *IEEE Std. 802.15.4, 2003 Edition*, <http://standards.ieee.org/catalog/olis/lanman.html> (Letöltés ideje: 2017. október 31.)
- [201] KOVÁCS Balázs – VIDA Rolland: *A Zigbee technológia*, In.: Híradástechnika, 2003. november, pp. 9-12. ISSN 0018-2028 URL: <http://web.tmit.bme.hu/~vida/cv/zigbee.pdf> (Letöltés ideje: 2017.11.01.)
- [202] TURI Gábor: *Rádióhálózatok Zigbee adatátvitel alapján*, In.: Magyar Elektronika, 2008/ 1-2, pp. 34-35. URL.: <http://www.macrobudapest.hu/wp-content/uploads/2015/07/%C3%A1lltal%C3%A1nosan-a-Zigbee-r%C3%B3l.pdf> (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [203] NÉMETH A, HORVÁTH A, GULYÁS A: Ultra wideband data channels for special operations forces, In: *Hadmérnök*, VIII (1) pp. 154-165. (2013), ISSN 1788-1919 URL.: http://hadmernok.hu/2013_1_nemetha.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 30.)

- [204] GULYÁS Attila: Gondolatok az adatátviteli rendszerek fejlődéséről, In: Seregszemle, 2017/2. pp. 162-188. ISSN 2060-3924 URL.: https://honvedelem.hu/files/files/66630/2017_2-seregszemle-inernetre.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [205] *Zigbee Alliance*, URL: <http://www.zigbee.org> (Letöltés ideje: 2017. október 31.)
- [206] JAIN Anupam – HALDER Minakshi: *An Overview of Wireless Body Area Network (WBAN) using Zigbee Technology*, In.: International Jurnal of Scientific Development and Research (IJS DR) Vol. 1. Issue 5, 2016. május ISSN 2455-2631 pp. 888-895. URL.: <http://www.ijdsr.org/papers/IJS DR1605159.pdf> (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [207] Zigbee Wireless Sensor Application for Health, Wellness and Fitness, Zigbee Alliance, 2009. március p. 15. URL: <http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/applicationstandards/zigbee-health-care/> (Letöltés ideje: 2017.11.20.)
- [208] 10/2016. (III. 10.) HM utasítás a hadfelszerelés rendszerbe kerülésének és rendszerből történő kivonásának rendjéről (2019.01.20-ai állapot)
- [S1] KÁROLY Krisztián: *Globális Műholdas Navigációs Rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (1.)*, In: Honvédségi Szemle 146. évf. 1. szám (2018.) HU ISSN 2060-1506 pp. 83-97. URL.: https://honvedelem.hu/files/files/66992/hsz_2018_1_beliv_083_097.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [S2] KÁROLY Krisztián: *NATO hadseregek Erőkövetési Rendszerei a honi alkalmazhatóság tükrében*, Magyar Honvédség Összhaderőnemi Parancsnokság Tudományos Kutató Hely Pályázata 2015., Pályamű (2015) p. 24.
- [S3] KÁROLY Krisztián: *Szövetséges erők követése az afganisztáni hadszíntéren*, Honvédségi Szemle 141. évf. 2013/3. szám p. 18-21. HU ISSN 2060-1506 URL.: https://honvedelem.hu/files/files/38492/honvedsegi_szemle_2013_03.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 30.)
- [S4] KÁROLY Krisztián hadnagy: *Az MH PRT által alkalmazott ISAF Force Tracking System (IFTS) felhasználói segédlet*, 2012. január 4. Gyűjtő: MH PRT 86-1/2012
- [S5] KÁROLY Krisztián: *Felderítő csoportok adatkommunikációs igényeinek kielégítési lehetőségei harcászati rádióeszközökkel*, Hadszíntér előkészítés, létfontosságú rendszeremlékek védelme, honvédelmi érdekek érvényesítése: Poszterkiadvány. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2014.06.04 Budapest: Magyar

Hadtudományi Társaság, 2015. p. 28. ISBN 978-963-12-1507-6 URL.: <http://mhtt.eu/files/2015/POSZTERKIADVANY.pdf> (Letöltés ideje: 2019. június 30.)

- [S6] KÁROLY Krisztián: *MILITARY BALLOONING IN POINT OF HUNGARIAN DEFENSE FORCE'S COMMUNICATION SUPPORT*, In: Repüléstudományi Közlemények XXVIII. évfolyam 2016. 1. szám pp. 27-39. HU ISSN 1789-770X URL.: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-03-0247-Karoly_Krisztian.pdf (Letöltés ideje: 2019. június 30.)

ÁBRAJEGYZÉK

1.1. ábra. Helyzetismeret értelmezése és elemeinek kapcsolódása (szerkesztette a szerző)	17
1.2. ábra. A közös hadműveleti helyzetkép „kirajzolódásának” folyamata (szerkesztette a szerző)	19
1.3. ábra. Az egészségügyi monitorozás kialakítási lehetőségei (szerkesztette a szerző)	27
1.4. ábra. Normál eloszlású és skálafüggetlen hálózatok (hatványfüggvény eloszlású) közötti különbség [44; p. 79.].....	36
1.5. ábra. Függelmi kapcsolatok kialakulásának önhasonló dinamizmusa (szerkesztette a szerző)	37
1.6. ábra. Lövész zászlóalj függelmi kapcsolatai (szerkesztette a szerző)	38
1.7. ábra. Zászlóalj függelmi kapcsolati rendszerének fokszám eloszlása (szerző).....	40
1.8. ábra. Granovetter csoportok gyenge és erős kapcsolatai a lövész zászlóalj információs kapcsolati rendszerében - részlet (szerkesztette a szerző)	44
1.9. ábra. Lövész zászlóalj információs kapcsolatrendszerének fokszám eloszlása (szerkesztette a szerző)	45
1.10. ábra. Lövész zászlóalj entrópia csökkenési dinamikája (szerző)	47
1.11. ábra. Az erőkövetés környezetének elemei (szerkesztette a szerző)	54
2.1. ábra. Katonai Geoinformációs Rendszerek Térinformatikai Adatbázisa (forrás: [66; pp. 81-83.] alján szerkesztette a szerző)	60
2.2. ábra. 3G ALE spektrumképe és a 8PSK jel fáziskonstellációja (forrás: [92; pp. 139-140.]	77
2.3. ábra. 3G ALE rádió blokkdiagramja ([89] alapján szerkesztette a szerző)	81
2.4. ábra. Az EDR rendszer felépítése (forrás: [4; p. 24.] alapján szerkesztette a szerző)	102
2.5. ábra. A bolgár tűzoltóság TETRA AVL rendszerének vázlata (forrás: [126; p. 5.] alapján szerkesztette a szerző)	106
2.6. ábra. A bolgár tűzoltóság TETRA AVL rendszerének architektúrája (forrás: [126; p. 10.] alján szerkesztette a szerző)	107
2.7. ábra. Az IFTS rendszer felépítése (forrás: [131; p. 9.] alapján szerkesztette a szerző)	112
2.8. ábra. Az FBCB2 BFT és EPLRS rendszer felépítése (forrás: [138] alapján szerkesztette a szerző)	119
3.1. ábra. TCP/IP alapú pozíciójelentő hálózat felépítése 3G ALE üzemmódban (változat) (forrás: [143 p. 46.] alapján szerkesztette a szerző)	129
3.2. ábra. Harchelyzet ismeret megosztása egy alkalmi harci kötelék komplex kommunikációs hálózatában - változat (szerkesztette a szerző)	131
3.3. ábra. Légierő C2 kapcsolódása FFTS rendszerekhez Link 16 segítségével (forrás: [2; p. 6110- 611] alapján szerkesztette a szerző).....	135
3.4. ábra. NFFI információk publikálása az AMN hálózat felé [2; p. 605. alapján szerkesztette a szerző]	137
3.5. ábra. Kis magasságú kötött ballonok alkalmazása kommunikációs átjátszóként, változat (szerkesztette a szerző).....	142
3.6. ábra. RTK információk biztosítása nyílt és minősített hálózatokban (szerkesztette a szerző).....	156
3.7. ábra. TETRA LTE hálózat kibővített képességei a helyzetismeret információk megosztása tükrében (szerkesztette a szerző).....	162
3.8. ábra. A harci képességet növelő korszerű, hálózatba integrált szenzorrendszer kialakítási lehetőségei (szerkesztette a szerző, grafika: Kelsey D. Atherton [191])	164
3.9. ábra. Egyéni egészségi állapotellenőrző és –jelentő rendszert támogató WBAN szenzorok (szerkesztette a szerző, fotó: Koszticsák Szilárd – MTI [199])	169
3.10. ábra. Szenzorhálózatok adatainak áramlása a különböző hálózati szinteken keresztül (szerkesztette a szerző).....	172

3.11. ábra. Honi automatizált erőkövetési rendszer a vezeték nélküli interfészek szemszögéből (szerkesztette a szerző).....	176
--	-----

KÉPEK JEGYZÉKE

2.1. kép. DAGR kulcsolható GPS rendszerű vevő [77]	67
2.2. kép. AN/PRC-150(C) HF-VHF korszerű harcászati rádió (forrás: [100])	84
2.3. kép. A NORMANS light és advanced (forrás: [119])	99
2.4. kép. Magyar nyelvű IFTS oktatóprogram (szerző)	116
3.1. kép. EC-25E kommunikációs modul és L76 GNSS vevő fejlesztői készletbe ágyazva (szerző)	151
3.2. kép. u-blox M8N navigációs vevő fejlesztői készletbe ágyazva (szerző)	152

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1.1. táblázat. A flotta- és erőkövetési rendszerek felosztása (NÉMETH András – KÁROLY Krisztián)	23
1.2. táblázat. PACE kommunikációs terv perspektivikus híradó rendszerre (szerző)	51
2.1. táblázat. A NAVSTAR GPS rendszer jelstruktúrája (forrás: [73] [74] és [75] alapján szerkesztette a szerző)	65
2.2. táblázat. Automatikus kapcsolat-felvételi mód (ALE) helye az OSI modellben (forrás: [91; p.7.] alapján szerkesztette a szerző)	75
2.3. táblázat. Durva közelítésű pozíciójelentő üzenet (forrás: [105; p.54.].....	86
2.4. táblázat. Fokperc pontosságú pozíciójelentő üzenet (forrás: [105; p.55.].....	87
2.5. táblázat. ALE-GPR v1.1 pozíciójelentő üzenettípus (forrás: [106])	87
2.6. táblázat. Műhold pályasívek adatai (forrás: [4; p. 100.].....	111
3.1. táblázat. A GLONASS rendszer jelstruktúrája (forrás: [158] [159] [160] alapján szerkesztette a szerző)	145
3.2. táblázat. A GALILEO rendszer jelstruktúrája (forrás: [165] [166] alapján szerkesztette a szerző)	147
3.3. táblázat. A BeiDou rendszer jelstruktúrája (forrás: [170] és [171] alapján szerkesztette a szerző	149
3.4. táblázat. IEEE 802.15.4 Zigbee frekvenciatartományai [201].....	170

FOGALMAK ÉS RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

3GPP	3rd Generation Partnership Project	3. (Mobil)Generációs Projekt Társulás
6LoWPAN	IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network	IPv6 címzéses alacsony energiateljesítményű WPAN hálózat
ABCS	Army Battle Command System	USA Szárazföldi Haderőnem Harcvezetési Rendszere
ABV		Atom, Biológiai, Vegyi
AD	Active Directory (Services)	Aktív Címtár (Szolgáltatások)
AFTS	Afghanistan Force Tracking System	Afganisztáni Erőkötvetési Rendszer
AGWN	Additive White Gaussian Noise	additív normál eloszlású fehér zaj
AI	Air Interface	Vezeték nélküli interfész
ALE	Automatic Link Establishment	Automatikus kapcsolat-felvételi mód
AltBOC	Alternative Binary Offset Modulation	Alternatív bináris offset vivős moduláció
AMD	Automatic Message Display	SMS-hez hasonló rövid szöveges üzenet
AMN	Afghanistan Mission Secret (Network)	Afganisztán Műveleti Informatikai Hálózat
ANW2	Adaptive Networking Wideband Waveform	Adaptív Szélessávú Hálózati Üzem mód
APP-6	Allied Procedural Publication No.6 (Military Symbols for Land Based Items)	A földi telepítésű katonai rendszerek grafikai jelei
ARP	Automatic Repeat Request	automatikus ismétlés kérés
ASCII	American Standard Code for Information Interchange	Információcserére szolgáló kódok amerikai szabványa
ASK	Amplitude Shift Keying	Amplitúdóbillentyűzés
BAN	Body Area Network	Testfelületi Kiterjedésű Hálózat
BCS	Battle Command Server	Hadászati Harcvezetési Szerver
BDS	BeiDou Navigation Satellite System	BeiDou Műholdas Navigációs Rendszer
BFT	Blue Force Tracking	Saját Erők Követése
BFTS	Blue Force Tracking System	Baráti Erők Követése Rendszer
BMS	Battle Management System	Harcvezetési Rendszer
BOC	Binary Offset Carrier Modulation	bináris offset vivős moduláció
BPSK	Binary phase-shift keying	bináris fázisbillentyűzés
BW	Burst waveform	„csomós” hullámforma
C/A	Coarse-aquisition	durva vétel
C2	command and control	Vezetés-Irányítás
C2PC-CNR	Command and Control Personal Computer-Combat Net Radio	Harászati rádió alapuló személyi számítógéppel támogatott vezetés-irányítási szoftver

C2IS	Command and Control Information Systems	Vezetés-Irányítási Információs Rendszer
C4I	command and controll, communications, computer and intelligence	Vezetés, irányítás, kommunikáció, számítástechnika, felderítés
C4ISR	Command and Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconaisance	Vezetés és Irányítás, Kommunikáció, Számítástechnika, Hírszerzés, Megfigyelés, Felderítés
CBOC	Composite Binary Offset Carrier	Kompozit bináris offset vivős moduláció
CCS	Command Center Server	levelező szerver és címtár
CDMA	Code Division Multiplexing Acces	Kódosztásos Többszörös Hozzáférés
CID	Combat Identification	Harctéri Azonosítás
CLOS	Circular Line of sight	Körkörös közvetlen rálátás
COMSEC	Communication Security	kommunikációs biztonság
CONS	Coalition Operation Needs Statement	
COP	Common Operational Picture	Közös Hadműveleti Helyzetkép
CRC	Crowd and Riot Control	Tömegkezelési (és lázadás elleni) műveletek
CTCSS	Continuous Tone Coded Squelch System	folyamatos hanggal kódolt zajzár
CTP	Common Tactical Picture	Közös Harcászati Helyzetkép
CWIX	Coalition Warrior Interoperability eXploration, eXperimentation, eXamination, eXercise	
DAGR	Defence Advance GPS Receiver	Védelmi Célú Haladó GPS Vevő
DAMA	Demand Assigned Multiple Acces	Igény Alapú Többszörös Hozzáférésű Kapcsolat
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	Fejlett Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége
DGNSS		Differenciál GNSS
DGPS		Differenciál GPS
DMO	Direct Mode Operation	Direkt Üzem mód
DoD	Department of Defense	USA Védelmi Minisztériuma
CASEVAC	Casualty Evacuation	Sérültek kiürítése
CSMA-CA	Carrier-sense multiple access with colision avoidance	Vivő érzékeléses többszörös hozzáférés, ütközés elkerüléssel
CVDP	Critical Voice and Data Protocol	„Kritikus” Hang és Adat Protokoll
DÖMI		Döntéstámogatási Térinformatikai Rendszer
dPMR	digital Personal Mobile Radio	digitális személyi mobil rádió
DSP	Digital Signal Processing	digitális jelfeldolgozás
DSSS	Direct-sequence Spread Spectrum	direkt szekvenciális szórt spektrum
DQPSK	Differential Quadrature Phase-Shift Keying	változó négyállapotú fázisbillentyűzés

DXT	Digital Exchange for TETRA	TETRA rendszert kiszolgáló digitális kapcsolóközpont
DWS	Dispatcher Workstation	Diszpécser munkaállomás
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	Európai Helymeghatározást Javító Geostacionárius Rendszer
EDR		Egységes Digitális Rádiórendszer
EIS	Enhanced Information Server	SA információk tárolására szolgáló szerver
ETSI	European Telecommunication Standards Institute	Európai Telekommunikációs Szabványügyi Intézet
EW	Electronic Warfare	Elektronikai Hadviselés
FAUST	Führungsausstattung taktisch	Harcászati Vezetéstámogatási Rendszer
FBCB2	Force XXI. Battle Command Brigade and Bellow	XXI. századi Haderő Harcászati Szintű Vezetési Rendszere
FBCB2 BFT	Force XXI. Battle Command Brigade and Bellow Blue Force Tracking System	XXI. századi Haderő Harcászati Szintű Vezetési Rendszere, Baráti Erők Követése Rendszer
FBCB2 EPLRS	Force XXI. Battle Command Brigade and Bellow Enhanced Position and Location Reporting System	XXI. századi Haderő Harcászati Szintű Vezetési Rendszere, Megerősített Helyzetjelentő Rendszer
FDMA	Frequency Division Multiplexing Acces	Frekvenciaosztásos Többszörös Hozzáférés
FEC	Forward Error Correction	előre irányuló hibajavítás
FH	Frequency Hoping	Frekvenciaugratás
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum	frekvenciaugrásos szórt spektrumú
FISH – FüInfoSysH	Führung Information System des Heer	Vezetés – Irányítási Rendszer a Német Szárazföldi Haderőnem számára
FFTS	Friendly Force Tracking System	baráti erők erőkövetési rendszerei
FLSU	Fast Link Setup	gyors hívásfelépítés
FMN	Federated Mission Network	
FOB	Forward Operational Base	előretolt műveleti bázis
FOC	Full Operational Capability	Teljes Műveleti Képesség
FP	force protection	Erők megóvása
FTS	Force Tracking System	Erőkövetési Rendszer
G/A/G	Ground to Air to Ground	Föld – levegő – föld összeköttetés
G/G	Ground to Ground	Föld-föld összeköttetés
G/S/G	Ground to space to ground	Föld – világűr összeköttetés
GBAS	Ground Based Augmentation System	Földi Alapú Kiegészítő Rendszer
GCGS-A	Global Command and Control System – Army	USA Szárazföldi Haderőnem Hadászati C2 Rendszere
GEO	Geosynchronous Orbit	Geoszinkron pálya
GDPR	General Data Protection Regulation	

GGSN	Gateway GPRS Support Node	hálózati csatoló
GIS	Geographical Information System	Térinformatikai Rendszer
GLONASS	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema	Globális Műholdas Navigációs Rendszer
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying	Gauss-eloszlású minimális fáziseltolású moduláció
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globális Műholdas Navigációs Rendszer
GPRS	General Packet Radio Service	alapszintű csomagkapcsolt rádiókommunikációs szolgáltatás
GPS	Global Position System	Globális Helymeghatározó Rendszer
HAP	High Altitude Platform	Nagy Magasságú Platform
HAVEQUICK		Speciális frekvenciaugratásos üzemmód a légiere kommunikációs igényeinek támogatásához
HD	High Definition	korszerű képfelbontás
HDL	High Throughput Data Link Protocol	nagy átviteli képességű adatkapcsolati protokoll
HEO	Highly Elliptical Orbit	Magas Elliptikus Pálya
HF	High Frequency	Rövidhullám
HM		Honvédelmi Minisztérium
HMMWV	High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle	Magas Mobilitású Többcélú Kerekes Jármű
HPW	High Performace Waveform	adatkapcsolati üzemmód
HPW IP	High Performance Waveform Internet Protocol	
HSPA	High-Speed Packet Access	3G (mobil) adatátviteli megoldás
http	HyperText Transfer Protocol	webböngészéshez használt protokoll
IEEE	Institute of Eltrical and Electronics Engineers	Villamos és Elektronikai Mérnöki Intézet
IFF	Identification Friend or foe	Saját – ellenség felismerés
IFTS	ISAF Force Tracking System	ISAF Erőkövetési Rendszer
iGeoSIT	Interim GEO Spatial Intelligence Tool	Ideiglenes Geográfiai Helyzetfelderítő Alkalmazás
IGSO	Inclined Geosynchronous Orbit	Inklinációs Geoszinkron Pálya
IoT	Internet of Things	„Dolgok internete”
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System	Indiai Regionális Műholdas Helymeghatározó Rendszer
ISAF	International Security and Assistant Forces	Nemzetközi Biztonsági Közreműködő Erő
ISM	Industrial, Scientific and Medical	Ipari, Tudományos, Egészségügyi
IP	Internet Protocol	Internet Protokoll
IT	Information Technology	Információs Technológia
JC3IEDM	Joint Command, Control and Consultation Information Exchange Data Model	NATO adatmodell
JTRS	Joint Tactical Radio System	Egységes harcászati rádiórendszer

JVMF	Joint Variable Message Format	Egységes Üzenetformátum
KFTS	Kosovo Force Tracking System	NATO koszovói missziójának erőkövetési (és harcvezető) rendszere
LAN	Local area network	Helyi Hálózat
LAP	Low Altitude Platform	Alacsony Magasságú Platform
LEO	Low Earth Orbital	alacsony földkörüli pálya
LDL	Low Latency Data Link Protocol	alacsony késleltetésű adatkapcsolati protokoll
LORAN	Long Range Aid to Navigation	Nagytávolságú Navigációs Rendszer
LOS	Line of sight	Közvetlen rálátás
LP	Link Protection	adatkapcsolati védelem
LPD	Low Probability of Detection	Alacsony Valószínűséggel Felderíthető (jelek)
LQA	Link Quality Analysis	összeköttetés minőségének ellenőrzése
LUF	Lowest Useable Frequency	legalacsonyabb használható frekvencia
LTE	Long Term Evolution	negyedik mobilgenerációs megoldás
M2M	Machine to Machine	eszköz – eszköz közötti autonóm átvitel
MAC	Media Access Control	Közeghozzáférés Vezérlés
MCP	Mobile Command Post (IFTS)	Mobil Harcvezetési Állomás
MCPTT	Mission Critical Push to Talk	
MCS	Maneuver Control System	Manőver Irányító Rendszer
MDMP	Military Decision Making Process	Katonai Döntéshozatali Rendszer
MDS	Mobil Data Services	Mobil Adat Szolgáltatás
MDT	Mobile Dismountable Terminal (IFTS)	Kézi Hordozható Terminál
MEDEVAC	Medical Evacuation	Egészségügyi Kiürítés
MEO	Medium Earth Orbit	Közepes Földkörüli Pálya
MF	Medium Frequency	középhullámú tartomány
MH	-	Magyar Honvédség
MH KCEHH		Magyar Honvédség Kormányzati Célú Elkülönült Hírközlő Hálózat
MIP	Multilateral Interoperability Programme	Többoldalú Interoperabilitási Program
MLP	Mobile Location Protocol	Mobilkommunikációs Helymeghatározási Protokoll
MRAP	Mine Resistant Ambush Protected	Aknák Elleni Felépítményű Jármű
MSS	Mobile Satellite Services	mobil műholdas beszéd- és adatátviteli szolgáltatás
MUF	Maximal Useable Frequency	legmagasabb használható frekvencia
MT	Mobile Terminal (IFTS)	Mobil Terminál
MTS	Movement Tracking System	Mozgást Követő szerver
NATO	North Atlantic Treaty Organisation	Észak-atlanti Szerződés Szervezete

NAVSTAR	Navigation System with Timing and Ranging	Navigációs Műholdas Idő- és Távolság Meghatározás
NCW	Network Centric Warfare	hálózat központú hadviselés
NFFI	NATO Friendly Force Information	NATO szövetséges csapatokról származó információk
NIMA	National Imagery and Mapping Agency	Nemzeti Térképész Szolgálat (USA)
NM		Nemzetgazdasági Minisztérium
NMEA	National Marine Electronics Association	(USA) Nemzeti Tengerészeti Elektronikai Egyesület
NOC	Network Operations Center	Rendszerközpont
NORMANS	Norwegian Modular Network Soldier	Norvég Digitalizált Harcos
OGPSH		Országos GPS Hálózat
OMA	Open Mobile Alliance	Nyílt Forrású Mobilkommunikációs Szabványok
OMLT	Operational Mentoring and Liaison Team	Műveleti Tanácsadó és Összekötő Csoport
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model	nyílt rendszerek összekapcsolásának referencia modellje
OTAR	Over The Air Keying	Vezeték nélküli Újrakulcsolás
P25	Project 25	A TETRA rendszerhez hasonló amerikai digitális mobilrádió üzemmód
PABX	Private Automatic Branch Exchange	Automatikus telefonközpont
PACE	Primary, Alternate, Contingency, Emergency	Elsődleges, Másodlagos, Tartalék, Veszélyhelyzeti
PAN	Personal Area Network	Személyi Kiterjedésű Hálózat
PDU	Protocol Data Unit	protokoll adat egység
PEO C3T	U.S. Army's Program Executive Office – Command Control and Communication Tactical special office	Az USA erőkötvetési rendszerekért felelős fejlesztési irodája
PLGR	Precision Lightweight GPS Receiver	Precíziós Könnyű GPS Vevő
PMR	Personal Mobile Radio	Személyi Mobil Rádió
PNT	Positioning, Navigation, Timing Services	Pozíció, Navigáció és Pontos idő szolgáltatások
PPP	Point to Point Protocol	Pont- pont összeköttetés
PRN	pseudo random noise	pszeudó véletlen zaj
PRS	Position Reporting System	Pozíciójelentő Rendszer
PRT	Provincial Reconstruction Team	Tartományi Újjáépítési Csoport
PSK	Phase Shift Keying	fázisbillentyűzés
PSTN	Public Switched Telephone Network	vonalkapcsolt közcélú hálózat
QoS	Quality of Service	Szolgáltatás Minőség
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying	Kvadrátúra fázisbillentyűzés
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	Kvázi Zenit (elhelyezkedésű) Műholdas Rendszer
RAID	Redundant Array of Independent Disks	Független Lemezek

		Rendundáns Tömbbe Szervezése
RLOS	Radio Line of Sight	Rádiófrekvenciás közvetlen rálátás
RTCE	Real-Time Channel Evaluation	valós idejű csatorna kiértékelés
RTK	Real Time Kinematic	Valós Idejű Pályakorrekció
SA	Situational Awareness	harchelyzet ismerete
SATCOM	Satellite Communication	Műholdas Kommunikáció
SATURN	Second generation Anti-jam Tactical UHF Radio for NATO	Másodikgenerációs zavarvédett UHF rádiós megoldás
SBAS	Satellite Based Augmentation System	Műholdas Alapú Kiegészítő Rendszer
SCPC	Single Channel Per Carrier	kétirányú pont-pont (műholdas kommunikációs) rendszer
SDS	Short Data Service	rövid adat szolgáltatás
SINGARS/ASI	Single channel ground and airborne radio system/ advanced system improvement	Félduplex rádiórendszer a szárazföldi és ejtőernyős csapatoknak/ Továbbfejlesztett Verzió
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	egyszerű levelezési protokoll
SNR	Signal-Noise Ratio	Jel-zaj viszony
SRW	Soldier Radio Waveform	
STANAG	Standardization Agreement for procedures and Systems and equipment components	NATO szabványok rövidített összefoglaló neve
STN	Stacioner Network	Stacioner Hálózat
SQL	Structured Query Language	Strukturált Lekérdezőnyelv
UHF	ultra high frequencies	Deciméteres hullám 300 MHz – 3 GHz
URH	-	Ultra Rövid Hullám
USA	United States of America	Amerikai Egyesült Államok
USB	Universal Serial Bus	Univerzális Soros Busz
TADIL-J	Tactical Digital Information Link Joint	Harcászati Szintű Együtműködési Digitális Információs Kapcsolat
TBS	TETRA Base Station	TETRA bázisállomás
TCCA	TETRA + Critical Communication Association	TETRA „Kritikus” Kommunikációs Szövetség
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	Átvitelvezérlő Protokoll/ Internet Protokoll
TCS	TETRA Connectivity Server	TETRA Kapcsolódási Szerver
TDL	Tactical Data Link	Harcászati Adatkapcsolat
TDMA	Time Division Multiple Acces	Időosztású Hozzáférési Rendszer
TETRA	Terrestrial Trunked Radio	Földfelszíni Trönkölt Rádiórendszer
TETRA API	TETRA Connectivity Server Application Programming Interface	Alkalmazás Program Interfész TCS szerverhez
TETRA APL	Terrestrial Trunked Radio Automatic Personal Location	Automatikus Személykövetés
TETRA AVL	Terrestrial Trunked Radio Automatic	TETRA alapú erőkövetési

	Vehicle Location	platform
TMBOC	Time Multiplexed Binary Offset Carrier Modulation	Időosztásos bináris offset vivős moduláció
TMO	Trunked Mode Operation	Trönkölt Mód
TRANSEC	Transmission Security	átviteli biztonság
UMTS	Universal Telecommunication System	3G (mobil) adatátviteli megoldás
V-sat	Very Small Aperture Terminal	Különösen kis apertúrájú antennával ellátott terminál
VCN	VHF Command Network	VHF parancsnoki hálózat
VHF	Very High Frequency	Ultrarövidhullám
VLAN	Virtual Local Area Network	Virtuális Lokális Kiterjedésű Hálózat
VPN	Virtual Private Network	Virtuális Magánhálózat
VULOS	VHF/UHF Line of Sight	VHF/UHF keskenysávú fixfrekvenciás üzemmód
WAN	Wide Area Network	Nagy Kiterjedésű Hálózat
WBAN	Wireless Body Area Network	Vezeték nélküli Testfelületi Kiterjedésű Hálózat
WBFSK	Wide Band Frequency Shift Keying	Szélessávú Fázisbillentyűzés
WLAN	wireless local area network	Vezeték nélküli Helyi Hálózat
XML	Extensible Markup Language	Kiterjeszhető Jelölő nyelv (programozási nyelv)

Függelék

1.sz. Függelék Kivonat a végrehajtott GNSS kísérletek mérési jegyzőkönyvéből

1. mérés

Tárgy: A kizárólag GPS jelek vételére alkalmas és a GNSS vevők közötti különbség szemléltetése

Dátum: 2017.02.08.

A kísérlet célja, hogy szemléltessem a kizárólag GPS jelek vételére alkalmas és a GNSS vevők közötti különbséget. Az alábbi ábrákon a japán QZSS rendszer műholdas szimulációs rendszerét alkalmaztam [82]. A szimulációs szoftver az alábbi linken érhető el: <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html?t=1561313360997> (Letöltés ideje: 2017.02.08.) Az alkalmazás segítségével előre tervezhető és utólag is modellezhető, hogy adott geokális pozícióból hány GNSS műhold érhető el.

A kísérlet során 24 óra alatt fél órás periódussal mintavételeztem, hogy mennyi GPS és GNSS műhold érhető el állásponantom felett (N 47° 19' E 20° 18'). A kísérletből kiemeltem a legrelevánsabb 4 értéket, melyeket az alábbiakban vizualizálok.

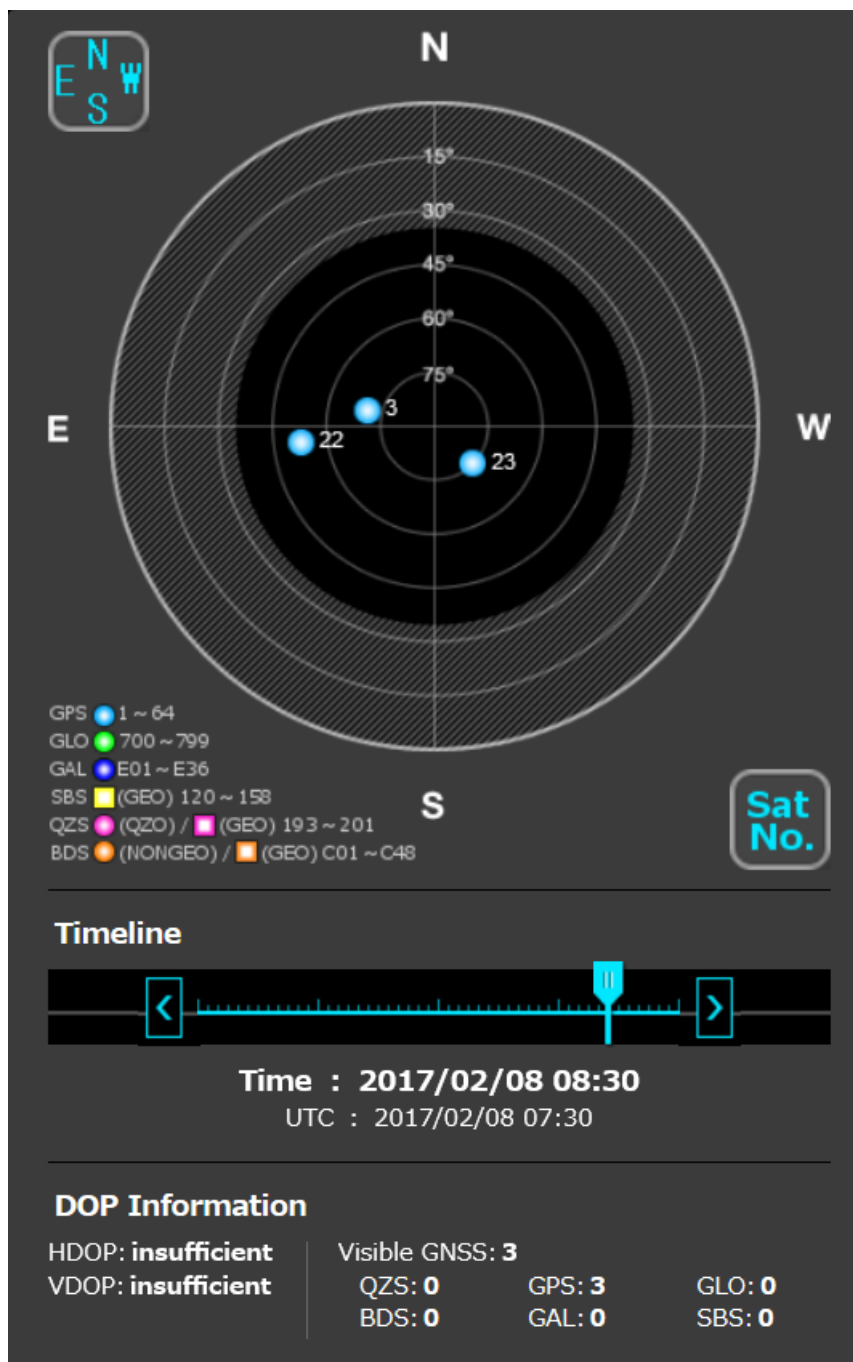
A szimuláció során az égbolt 70° szelete kitakarásra került, mert egy tűzészeti tűzmegfigyelő fedezékét modelleztem. Az alábbi ábrákon megfigyelhető, hogy adott időpillanatban a GPS rendszer csak 3 műholdat képes biztosítani, amíg a GNSS 10-11 műholdat.

1-1. ábrán látható, hogy állásponantom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 08:30-kor 70°-os kitakarás mellett 3 GPS műhold látható.

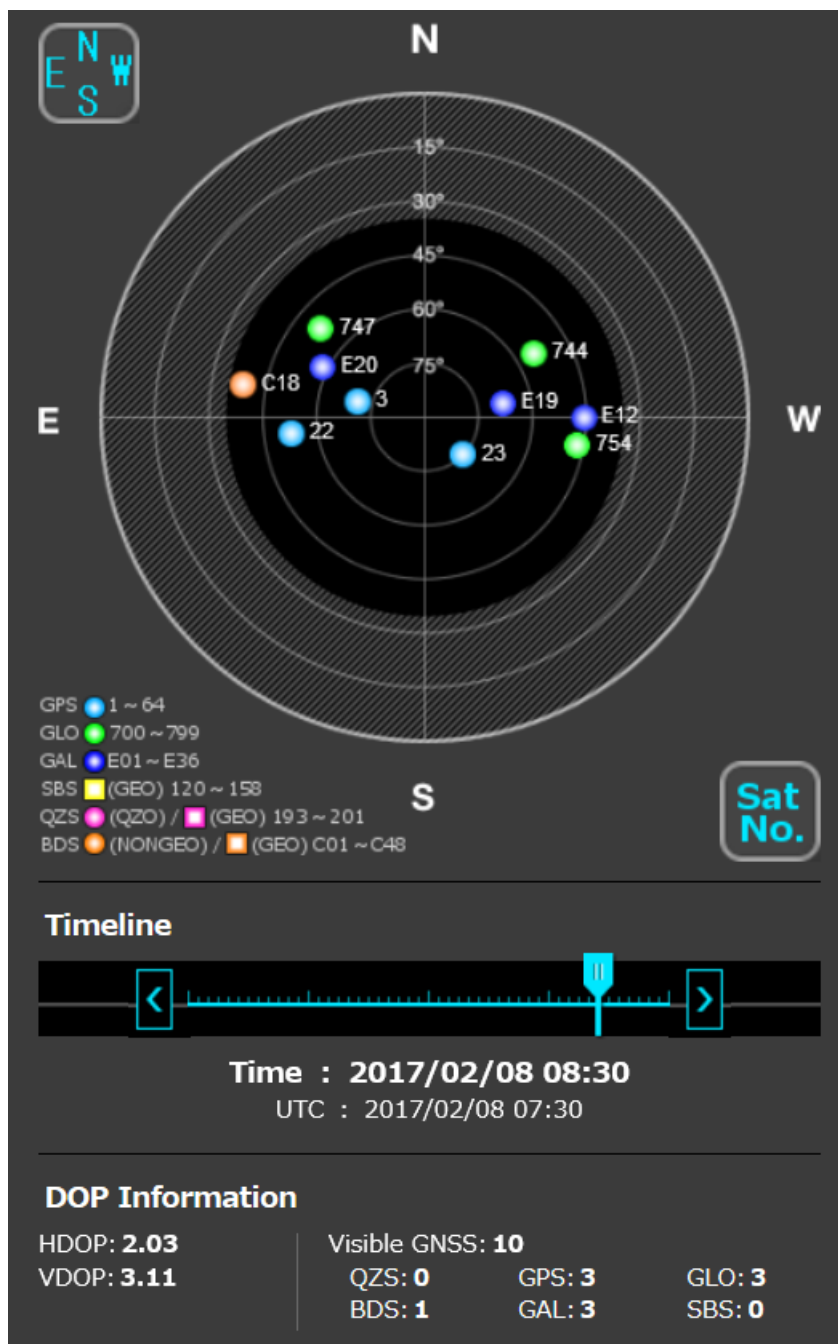
1-2. ábrán látható, hogy állásponantom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 08:30-kor 70°-os kitakarás mellett 10 GNSS műhold látható.

1-3. ábrán látható, hogy állásponantom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 10:00-kor 70°-os kitakarás mellett 3 GPS műhold látható.

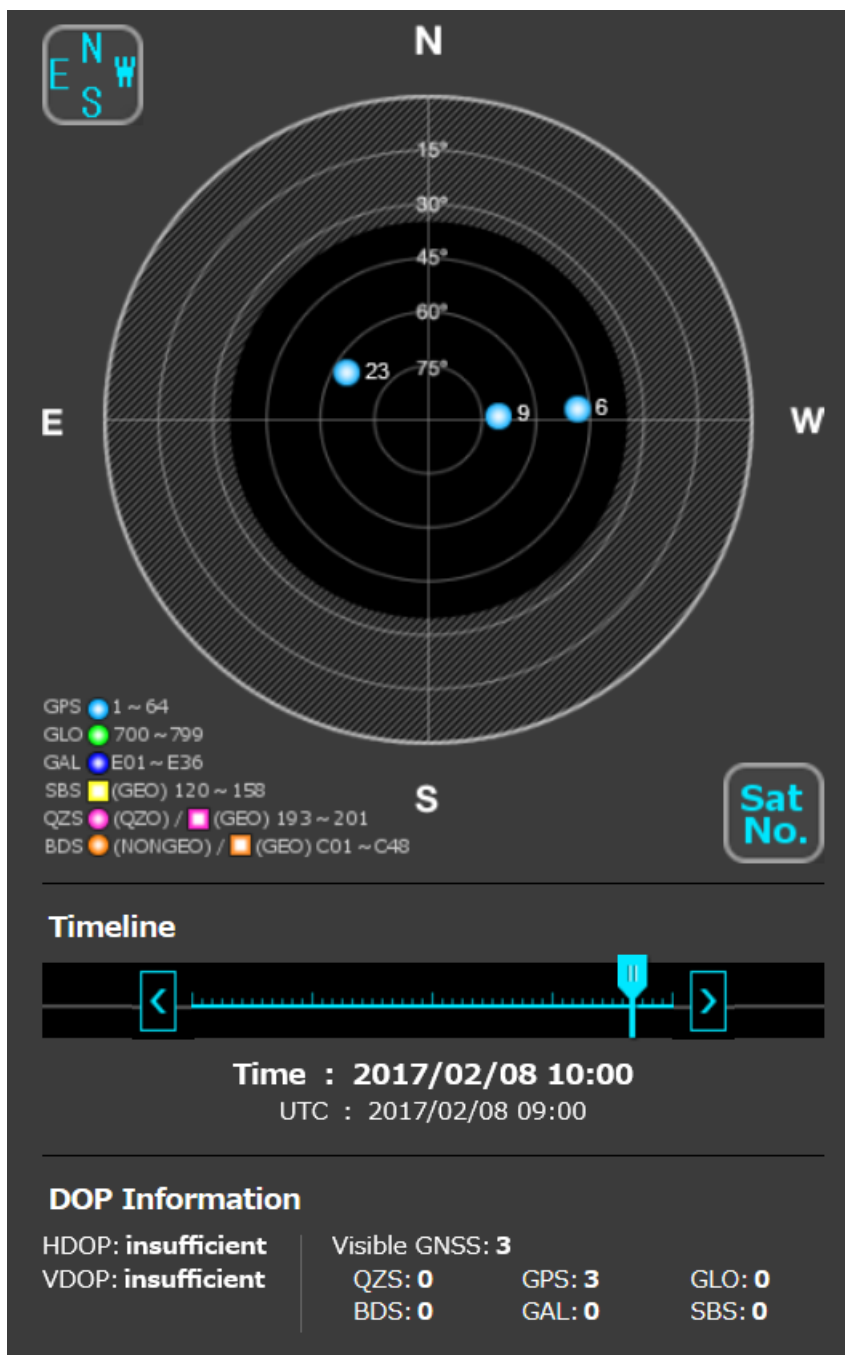
1-4. ábrán látható, hogy állásponantom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 10:00-kor 70°-os kitakarás mellett 11 GNSS műhold látható.



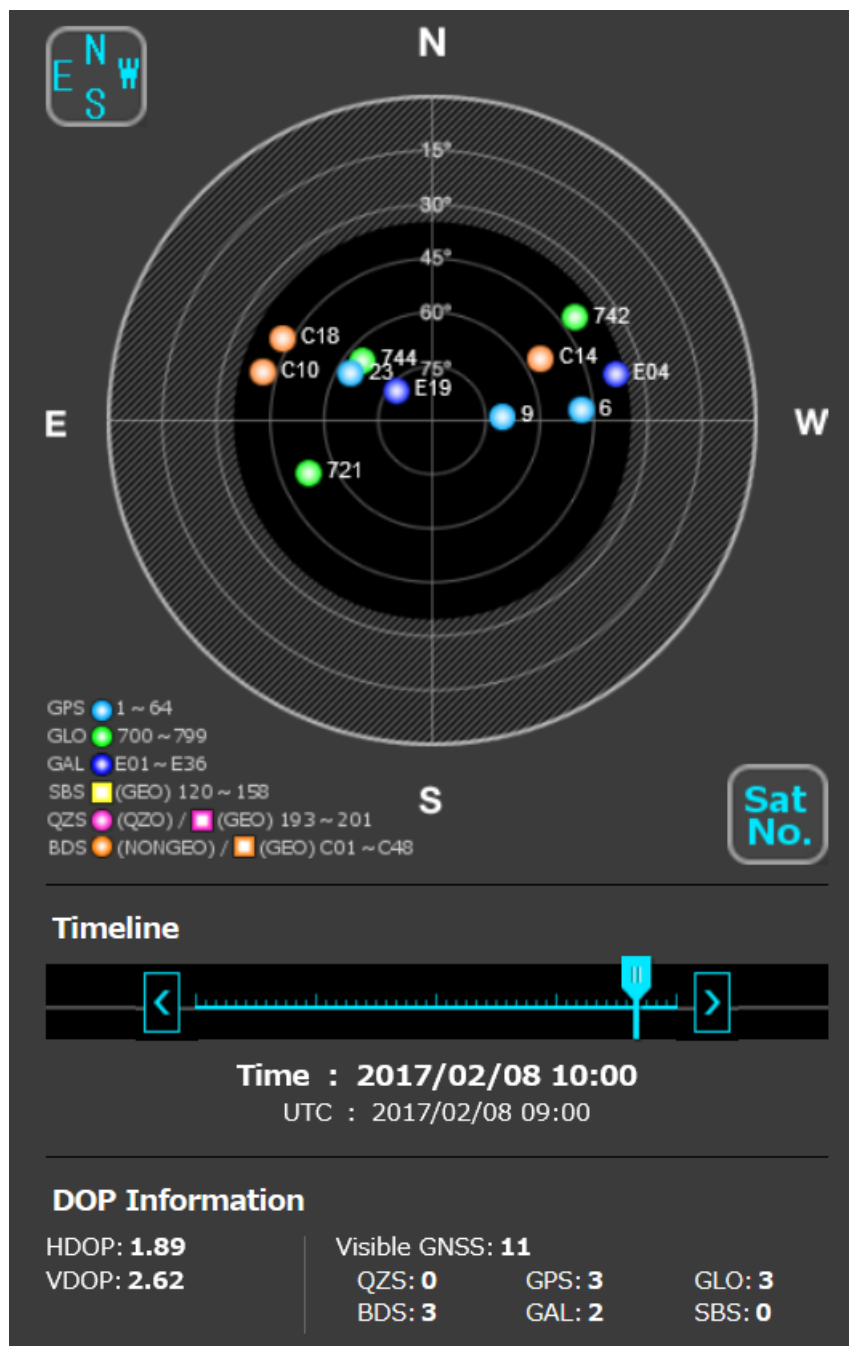
1-1. ábra. Álláspontom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 08:30-kor 70°-os kitakarás mellett 3 GPS műhold látható.



1-2. ábra. Álláspontom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 08:30-kor 70°-os kitakarás mellett 10 GNSS műhold látható.



1-3. ábra. Álláspontom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 10:00-kor 70°-os kitakarás mellett 3 GPS műhold látható.



1-4. ábra. Álláspontom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.08. 10:00-kor 70°-os kitakarás mellett 11 GNSS műhold látható.

2. mérés

Tárgy: GNSS és IRNSS szolgáltatások összehasonlítása, az IRNSS képesség kizárásának indoklása kísérlet-szimuláció alapján

Dátum: 2017.02.05.

A kísérlet célja, hogy szemléltessem, hogy amennyiben elérhetőek a globális műholdas navigációs rendszerek és a regionális műholdas navigációs rendszerek nyílt szolgáltatásai, akkor egy esetleges dél-ázsiai alkalmazás esetén is elégséges a GNSS (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo) vevők alkalmazása, és nem szükséges az IRNSS szolgáltatások implementálása.

Az alábbi ábrákon a japán QZSS rendszer műholdas szimulációs rendszerét alkalmaztam [82]. A szimulációs szoftver az alábbi linken érhető el: URL: <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html?t=1561313360997> (Letöltés ideje: 2017.02.05.) Az alkalmazás segítségével előre tervezhető és utólag is modellezhető, hogy adott geolokális pozícióból hány GNSS műhold érhető el.

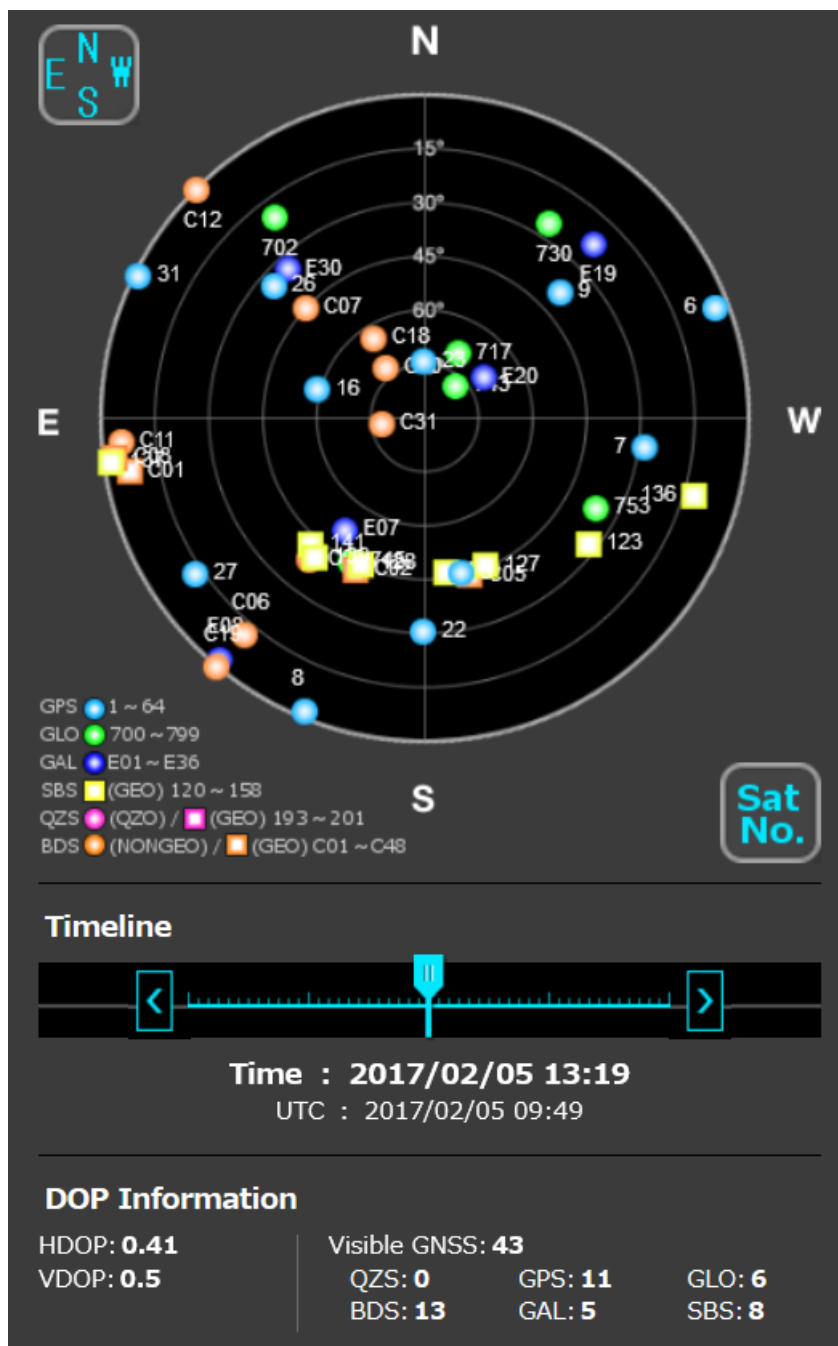
A szimulációs szoftver nem mutatja az IRNSS műholdakat, ezeket a N2YO.com internetes élő műholdkövető szolgáltatás, URL: <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés ideje: 2017.02.05.) segítségével követtem le. A szimuláció során az adott megfigyelési pontokból az IRNSS infrastruktúra maximális lefedettséget biztosított.

A kísérlet során 24 óra alatt fél órás periódussal mintavételeztem, hogy mennyi GNSS műhold érhető el a megfigyelési pontok felett (New Delhi N 28° 38' E 77° 13' és Afganisztán, Pol-e Khomri, OP-West N 35° 58' E 68° 41'). A kísérletből kiemeltem a legrelevánsabb 2 értéket, melyeket az alábbiakban vizualizálok.

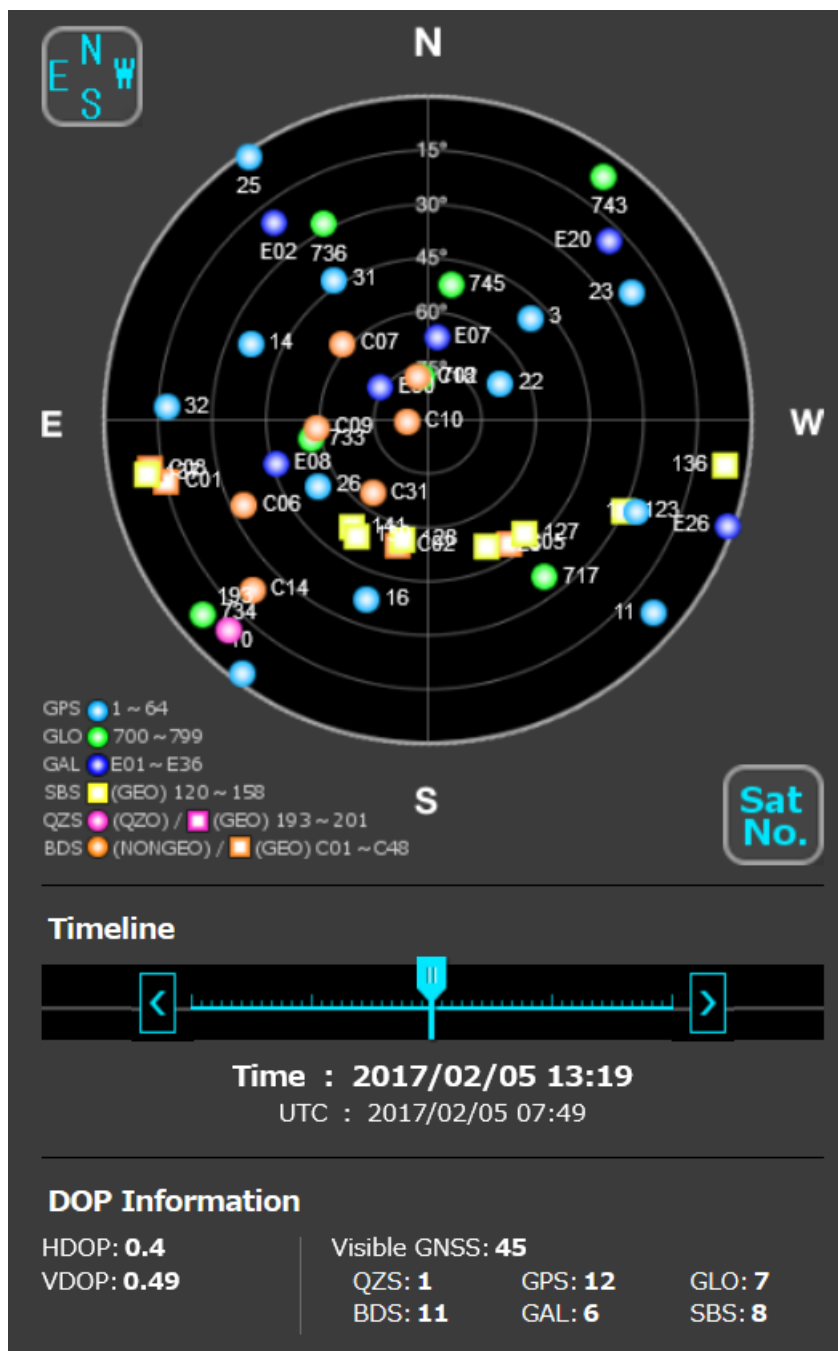
A szimuláció során az égbolt nem került kitakarásra. Az alábbi ábrákon megfigyelhető, hogy adott időpillanatban a GNSS rendszerek több mint 40 műholdat képesek biztosítani, amely lényegesen több mint elégséges a pozicionáláshoz.

1-5. ábrán látható, hogy az álláspont felett (N 35° 58' E 68° 41') 2017.02.05. 13:19-kor 0°-os kitakarás mellett 43 GNSS műhold látható.

1-6. ábrán látható, hogy az álláspont felett (N 28° 38' E 77° 13') 2017.02.05. 13:19-kor 0°-os kitakarás mellett 45 GNSS műhold látható.



1-5. ábra. Az álláspont felett Afganisztán. Pol-e Khomri, OP-West (N 35° 58' E 68° 41') 2017.02.05. 13:19-kor 0°-os kítakarás mellett 43 GNSS műhold látható



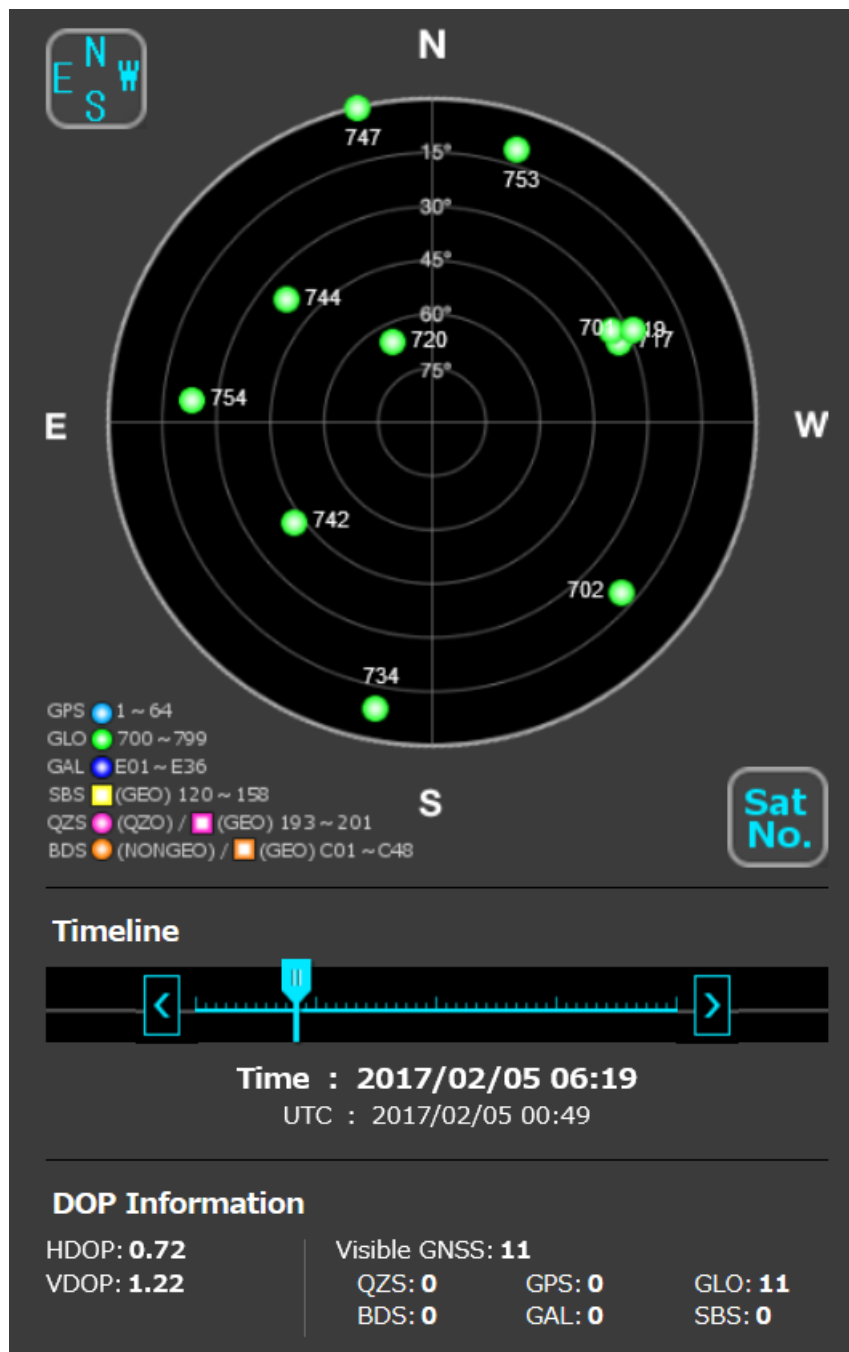
1-6. ábra. Az álláspont felett India, Új Delhi (N 28° 38' E 77° 13') 2017.02.05. 13:19-kor 0°-os kitakarás mellett 45 GNSS műhold látható

3. mérés

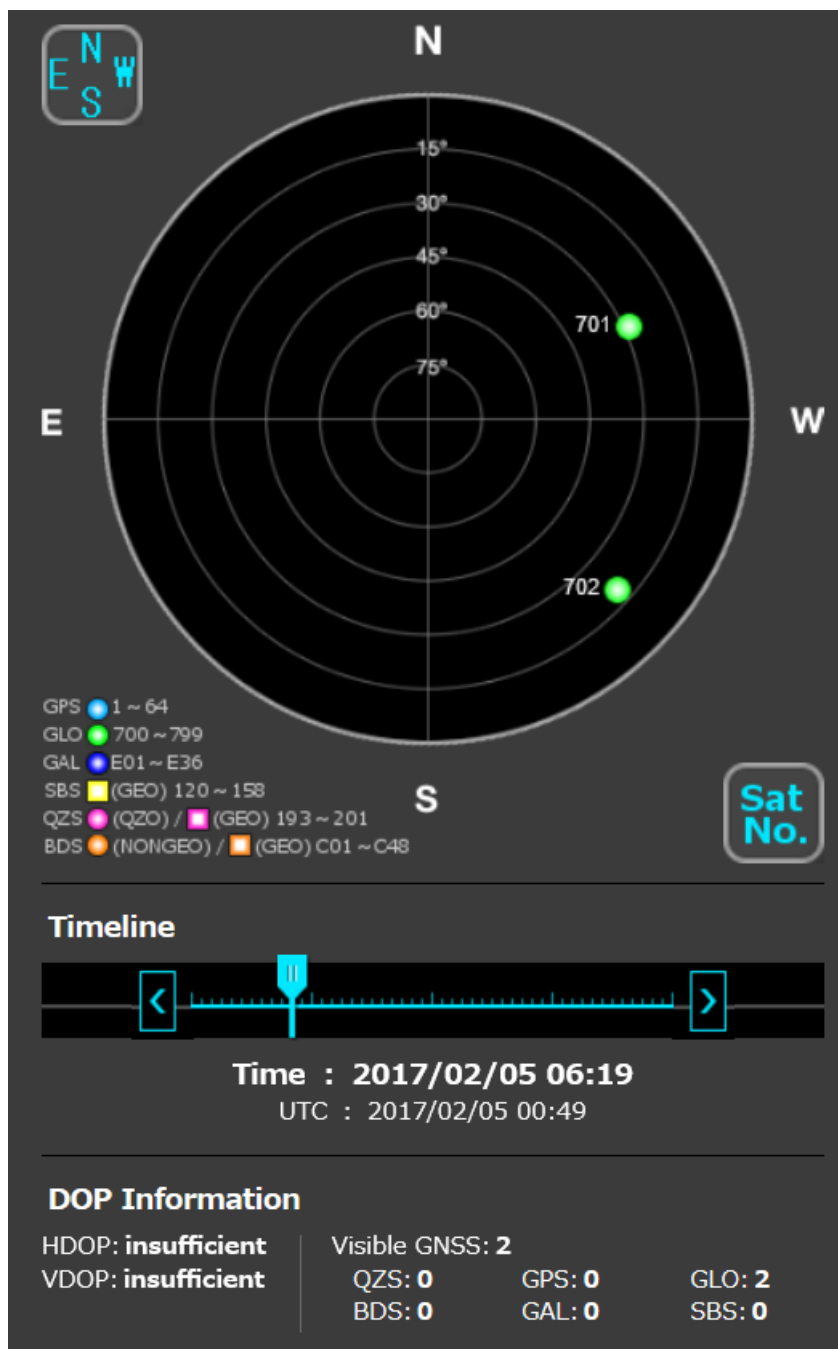
Tárgy: A GLONASS L1, L2, L3 jelek vétele adott geolokális álláspontból

Dátum: 2017.02.05.

A kísérlet célja, hogy szemléltessem, hogy álláspontom felett mennyi L1, L2, L3 jelek sugárzására alkalmas GLONASS műhold érhető el.



1-7. ábra. Álláspontom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.05. 06:19-kor 0°-os kitakarás mellett 11 db L1 és L2 jelek sugárzására alkalmas GLONASS műhold látható



1-8. ábra. Álláspontom felett (N 47° 19' E 20° 18') 2017.02.05. 06:19-kor 0°-os kitakarás mellett 2 db L1, L2, L3 jelek sugárzására alkalmas GLONASS műhold látható

4. mérés

Tárgy: Quectel L76 (GPS és GLONASS jelek vételére alkalmas) GNSS vevővel végzett mérés

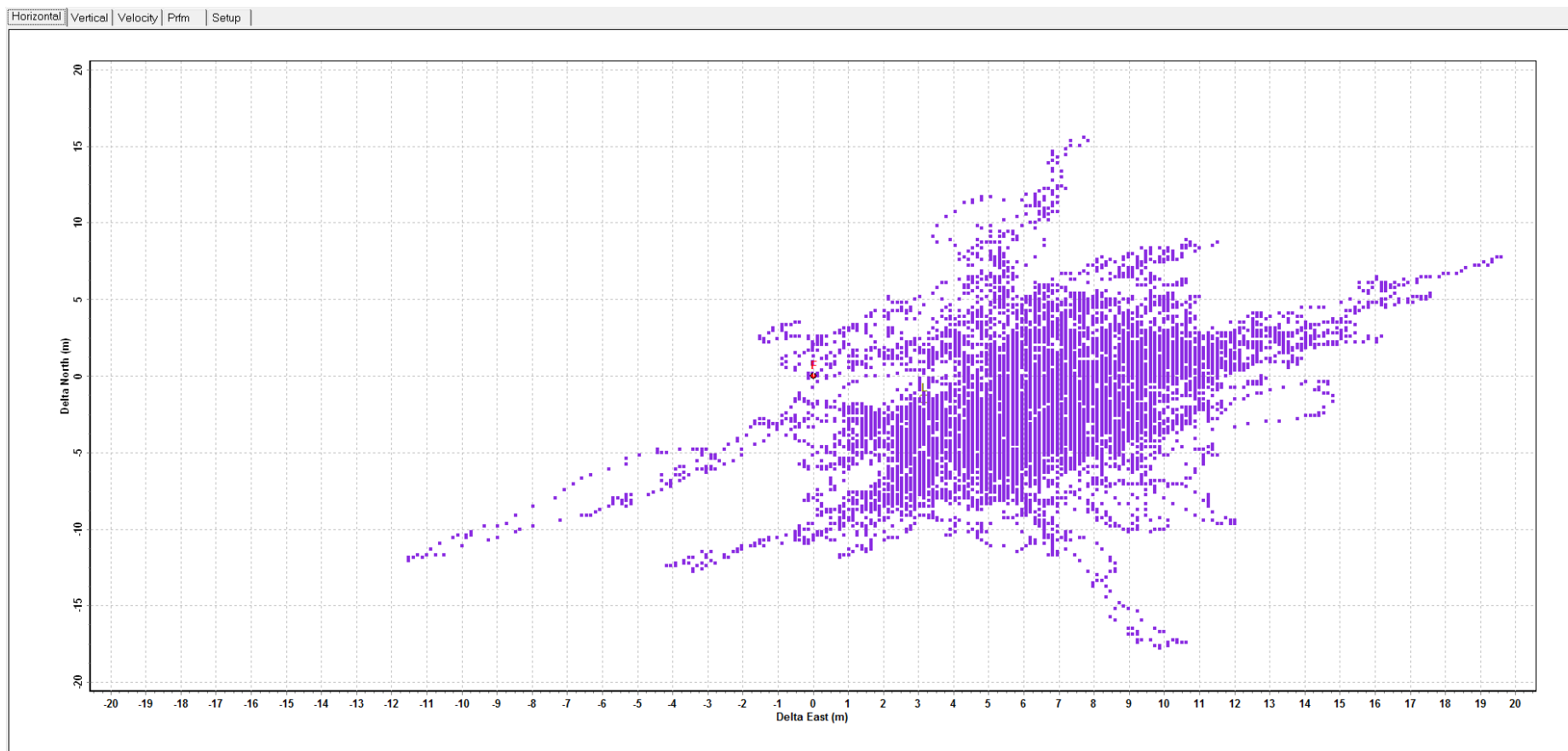
Dátum: 2016.11.22.

A kísérlet célja, hogy szemléltessem egy vasbeton épületben települt feltételhez kötött tűzvédelmi tűzfigyelő milyen pontossággal képes a helymeghatározásra GNSS vevő segítségével.

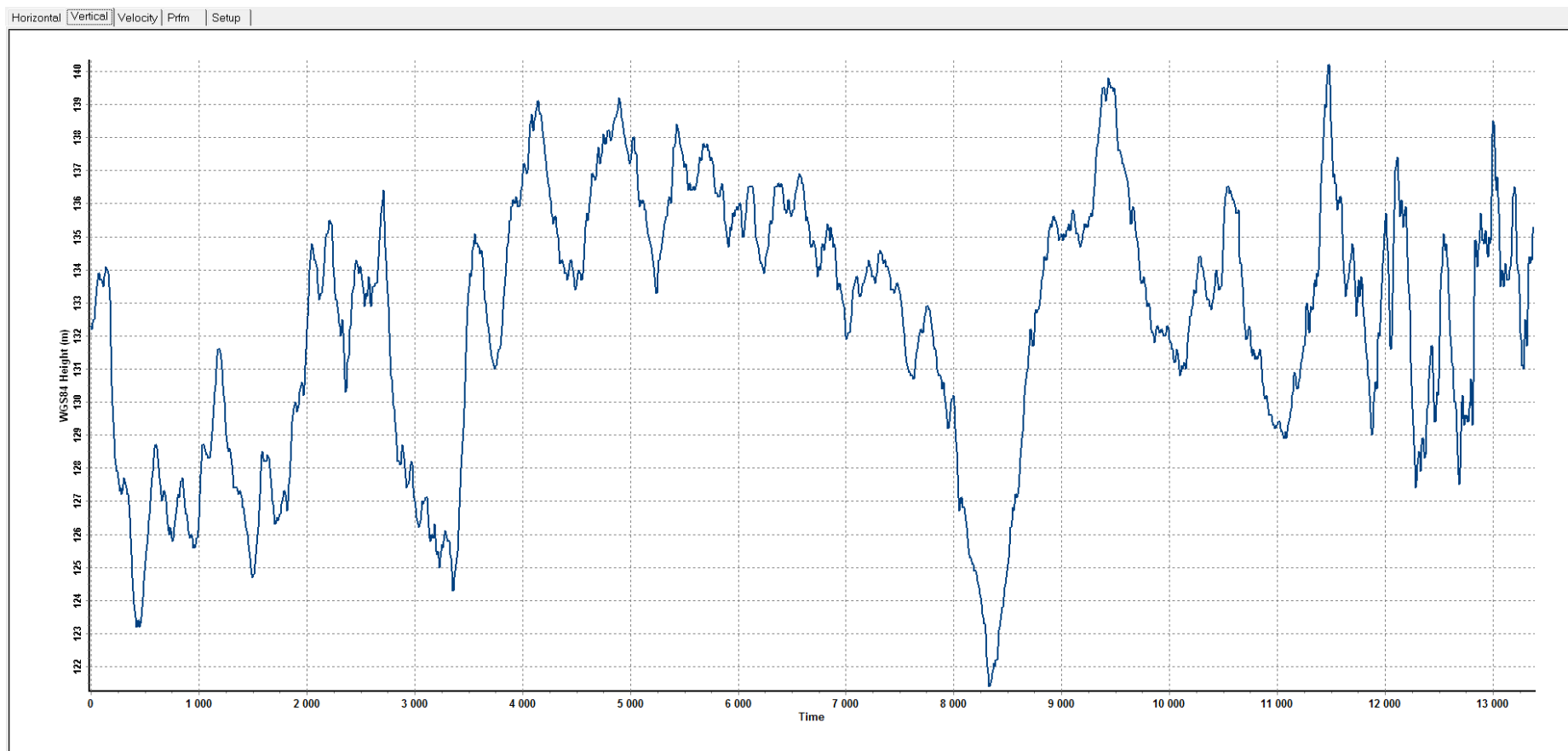
A mérés során Quectel L76 (GPS+GLONASS) vevőt alkalmaztam.

A kísérlet során automatizáltan 13329 mérést végeztem el 1 Hz-es mintavételezési rátával. A figyelőhelyről az égboltra való kilátás korlátozott, ezért alaphelyzetben a GPS vevőkészülékekkel történő mérés nehézkes lenne.

A GNSS vevő képes volt helymeghatározásra horizontálisan 32 m x 32 m (1-9. ábra), vertikálisan 18 m pontossággal (1-10. ábra).



1-9. ábra. Quectel L76 GNSS (GPS+GLONASS) vevővel végzett 13329 mérés (1Hz-es mintavételezési rátával) horizontális szórása (32 m x 32 m). A lila pontok az egyes mérések egymáshoz viszonyított helyzetét jelölik.



1-10. ábra. Quectel L76 GNSS (GPS+GLONASS) vevővel végzett 13329 mérés (1Hz-es mintavételezési rátával) horizontális szórása (18 m)