

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM

Hóka Miklós mk. alezredes

**A Magyar Honvédség harcászati
rádiórendszerének kialakítási lehetőségei egyes NATO-tagországok
rádiórendszereinek vizsgálata tükrében**

Doktori (PhD) értekezés

Tudományos vezető:
Dr. habil. Sándor Miklós nyá. ezredes
egyetemi docens, mb. tanszékvezető

Budapest, 2005.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	4
1. fejezet. A katonai rádiózás jellemzői napjainkban	11
1.1. Az értekezés gyakori fogalmainak értelmezése	11
1.1.1. A modern hadviselés fejlődéséhez tartozó fogalmak	11
1.1.2. A kommunikációs rendszerhez tartozó fogalmak	12
1.2. Digitális rádiókészülékek	15
1.2.1. A digitális rádiókészülékek megjelenése	15
1.2.2. Civil technológiák a katonai rádióhíradásban	17
1.2.3. A digitális harcászati rádiók szolgáltatásai	18
1.3. A rádiófejlesztés új távlatai – a szoftverrádiók	23
1.3.1. Szoftver-vezérlésű rádiók megjelenése	23
1.3.2. A JTRS rádiók jellemzői	25
1.3.3. A JTRS rádiók szolgáltatásai	28
1.4. A szoftverrádió kutatás-fejlesztés irányvonalai	32
1.4.1. Amerikai szoftverrádió kutatási program	33
1.4.2. Angol szoftverrádió kutatás	34
1.4.3. Német-francia szoftverrádió kutatás	36
1.4.4. A szoftverrádiók jövőbeni alkalmazása	37
1.5. Összefoglalás és következtetések	38
2. fejezet. Katonai rádiók, rádiórendszerek alkalmazásai	41
2.1. A katonai rádióhíradás jellemzői	41
2.1.1. A rádióhíradás előnyei és hátrányai	41
2.1.2. A frekvenciafelhasználás alapjai	42
2.2. A katonai rádióhíradás eszközrendszere	45
2.2.1. Harcászati kommunikáció rövidhullámú rádiókon	45
2.2.2. Harcászati kommunikáció ultrarövid hullámú rádiókon	45
2.2.3. URH kézirádiók a harctéren	46
2.2.4. Harcászati kommunikáció műholdas rendszereken	47
2.2.5. Csatlakozás a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerhez	51
2.2.6. A rádiórendszerek kialakítása	52
2.2.7. Különleges rádiókészülékek	53
2.3. A harcászati internet	55
2.3.1. Az amerikai harcászati internet	56
2.3.2. Az angol harcászati internet	58
2.3.3. A francia harcászati internet	59
2.3.4. A német harcászati internet	61
2.4. A rádiórendszerek szerepe a jövő katonai műveleteiben	61
2.4.1. A TACOMS Post -2000 program	62
2.4.2. A SATCOM Post -2000 program	66
2.4.3. Rádiórendszerek a Hálózat-központú Hadviselésben	66
2.4.4. A harcászati internetek jövője	68

2.5. Összefoglalás és következtetések	69
3. fejezet. A Magyar Honvédség harcászati rádiórendszere.....	73
3.1. A Magyar Honvédség jelenlegi és tervezett rádióeszközei	73
3.1.1. Új beszerzésű rádióeszközök.....	74
3.1.2. Az MH harcászati rádiórendszerének tervezett elemei.....	76
3.2. Frekvenciaspektrum és hálózat kialakítás	78
3.2.1. A rádiófrekvencia spektrum felhasználása.....	78
3.2.2. Információáramlás a harcászati rádiórendszeren	80
3.2.3. A harcászati rádiórendszer technikai interoperabilitása.....	82
3.3. Az MH harcászati rádiórendszerének alkalmazásai	83
3.3.1. Együttműködés a készenléti szolgálatokkal	83
3.3.2. Békeműveletek támogatása rádiórendszerekkel	85
3.3.3. Háborús műveletek támogatása rádiórendszerekkel	86
3.4. Összefoglalás és következtetések	91
Javaslatok, ajánlások	94
1. A harcászati rádiórendszer elvi kialakítása.....	94
2. A harcászati rádiórendszer technikai kialakítása	95
3. A harcászati rádiórendszer frekvenciamenedzselése	98
4. A harcászati rádiórendszer továbbfejleszhetősége	99
5. Az MH harcászati internetének kialakítása	101
6. Egyéb javaslat.....	103
Az értekezés összegzése és végkövetkeztetései.....	104
Publikációk jegyzéke	109
Ábrajegyzék.....	112
Rövidítések.....	113
Hivatkozások	117
Felhasznált irodalom	121
1. melléklet. Harcászati rádiók főbb jellemzői	124
2. melléklet. NATO Link-1 gyakorlati alkalmazások.....	127
3. melléklet. Az objektum-orientált technológia és a CORBA.....	128
4. melléklet. A digitális és szoftverrádiók titkosítási elvei	129
5. melléklet. Az információs csatornák többszörös hozzáférései	130
6. melléklet. A harcos információs hálózata.....	132
7. melléklet. A vezeték nélküli LAN hálózat	133
8. melléklet. Egyes NATO-tagországok integrált személyi rendszerei	136
9. melléklet. Szenzorrendszerek a harcmezőn	137
10. melléklet. TETRA alkalmazások Európában.....	139

Bevezetés

„Míg a XX. század szárazföldi hadviselésének meghatározója a harckocsi volt, a XXI. századé a számítógép lesz.”

General Gordon Sullivan, CSA (1993)

A megváltozott hadviselési elvek, melyek a 21. században zajló katonai műveletek sikerét hivatottak biztosítani, egy, a korábbiaknál minőségileg magasabb színvonalú technikai-technológiai háttéren alapulnak. A katonai képességek magas színvonalú kialakítása nem valósítható meg pusztán egy parancsuralmi hierarchia alapján, a kihívások növekedésével párhuzamosan megnövelt erőforrásokat is a felhasználók rendelkezésére kell bocsátani.

Az 1999. áprilisi washingtoni NATO csúcstalálkozó döntései – részben a koszovói tapasztalatok alapján – arról szóltak, hogy a meglévő katonai kapacitások korszerűsítésre szorulnak, és újabb képességek kialakítására van szükség. Ennek alapján került kialakításra a washingtoni Védelmi Képességek Kezdeményezés (Defence Capability Initiative, DCI), amely egyben meghatározta a fejlesztendő területeket.¹ Ezek a következők voltak:

- A telepíthetőség és mobilitás;
- Hatékony fegyverzetek és felszerelések beszerzése;
- Harcképesség megőrzése a hadszíntéren;
- Túlélőképesség és infrastruktúra erősítés;
- A vezetés-irányítás és híradás² modernebbé tétele.

A hadseregekkel szembeni kihívások megváltozott jellege, illetve a gyors ütemű technikai fejlődés következtében várható, hogy a jövőben az alakulatok mérete és létszáma csökkenő, míg hatékonysága növekvő tendenciát fog mutatni.

A DCI által beindított reformfolyamatot a 2001. szeptember 11.-ei terrormérenylet szakította meg, amely jelentősen átalakította a biztonságról alkotott felfogást nemcsak az Egyesült Államokban, hanem világszerte. Lényeges, hogy a határok hagyományos védelme helyett a biztonsági érdekek határon túli védelme kerül előtérbe, hogy a terrorizmust még annak kialakulási helyén felszámolják.

¹ Washingtoni csúcstalálkozó dokumentuma alapján.

² Egy személytől vagy szervtől másik személyhez vagy szervhez irányuló bármely fajta információ továbbításával foglalkozó természettudomány és gyakorlati tevékenység, kivéve a technikai közreműködést nem igénylő közvetlen (személyes) beszélgetést vagy üzenetváltást. (AAP-31)

A prágai NATO csúcsertekezleten³ a tagországok képviselői a védelmi képességek átalakításáról új programot hagytak jóvá, ez a Prágai Képességvállalások (Prague Capabilities Commitment, PCC) néven vált ismertté. A fejlesztési program radikálisabb átalakítást céloz meg elődjénél, és lényege szerint a kevesebb, reális és végrehajtható képesség fejlesztésére kell koncentrálni. A PCC keretében az állam- és kormányfők kötelezettséget vállaltak arra, hogy négy (a DCI-ban szintén kiemelt) területen fejlesztik haderejüket:

- Vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris támadás elleni védelem;
- Vezetési-irányítási, kommunikációs és információs fölény biztosítása;
- A telepített erők interoperabilitásának⁴ és harci hatékonyságának fejlesztése;
- A csapatok gyors telepíthetősége és működőképességük fenntartása.

Ezek a fejlesztési irányok természetesen megjelennek napjaink magyar haderőfejlesztésében is. *„Olyan modern haditechnikai eszközöket kell fokozatosan rendszeresíteni, amelyek lehetővé teszik a magasabb szintű interoperabilitást a szövetséges hadseregekkel. Az interoperabilitás első és legfontosabb területe, illetve eszközszerkezete a modern, telepíthető és védett vezetési, kommunikációs és információs képesség”* - határozta meg a technikai fejlesztés irányát a honvédelmi miniszter. [1]

A legtöbb ország haderejének különböző vezetési szintjei közötti információ-, illetve adatelosztás megszervezése elsőrendű feladat, a kialakításra kerülő katonai információs, kommunikációs rendszerek fejlesztése ezt a központi célt hivatott megvalósítani. A modern hadviselésben alapvető fontosságú a csapatok mozgékonyasága, rugalmas feladat-végrehajtása és nem utolsósorban a vezetés dinamizmusa. A mobilitásból fakadóan a vezetés sok esetben vezetéknélküli eszközöket alkalmaz a funkciói végrehajtására, de ez az alkalmazás nem jelentheti a vezetési dinamizmus igényének csökkenését, valamint a közel valós idejű operativitás kényszerű csökkentését. A mobilitási képesség elvárása maga után vonja a harcmező minden szegletéhez történő információ biztosítását, nem kis feladatokra róva a kommunikációs kapcsolatokat és összeköttetéseket tervező, szervező, üzemeltető híradó és informatikai szakemberekre.

Magyarország csatlakozása az Észak-atlanti Szövetséghez, valamint a magyar katonai alakulatok békefenntartó műveletekben való részvétele napjainkra megköveteli, hogy a nemzeti híradó és informatikai rendszer képes legyen – adott esetben a többenemzetiségű vezetés elvárása szerinti – **hatékony vezetéstámogatásra**.

³ 2002. április

⁴ A híradó és információs rendszerek azon képessége, mely lehetővé teszi szolgáltatások és információk nyújtását más rendszereknek (vagy fogadását más rendszerekből), és az így kicserélt szolgáltatások, információk alapján biztosítja a rendszerek hatékony együttműködését. AAP-31(A)

A 21. század elején a csapatok *együtműködési*⁵ képessége a feladatvégrehajtásban már nem kifejezetten csak háborús esetekre érvényes, hiszen előtérbe kerültek a nem háborús katonai tevékenységek és a nemzeti katasztrófavédelmi feladatok is. A Magyar Honvédség (a továbbiakban MH) és a készenléti szolgálatok tényleges együtműködési módozatainak kidolgozása mind sürgetőbb feladatként jelentkezik kormányzati szinten is.

Az utóbbi években – mintegy függetlenül a politikai akarattól – az MH-ban végbemenő változások során nem hagyták figyelmen kívül a vezetési rendszerek modernizálásának szükségességét. Felismerve a megváltozott követelményeket, egy új, korszerű technológiára-technikára épülő nemzeti, katonai híradó és informatikai rendszer kialakítását tűzték napirendre a döntéshozók.

A kutatási téma vizsgálatának szükségessége

Kutatási témám alapvetően a harcászati szintre korlátozódik, ezen belül is a harcászati rádiórendszer kialakításával, ennek kapcsolódásával a felsőbb rendszerszintekhez, valamint a rádiók harcászati alkalmazásának lehetőségeivel foglalkoztam az értekezésben.

A kutatási terület vizsgálatához az MH megváltozott feladatrendszere, a képesség alapú haderő létrehozására irányuló elgondolások és erőfeszítések, illetve az integrált híradó és informatikai rendszer új elveken történő kiépítési elképzelései járultak hozzá. Az új elveken alapuló rendszerkidolgozás során olyan lényeges követelmények megvalósítása került előtérbe, amelyek eddig nem szerepeltek az MH híradásában (például a rádiófelvevő pont kialakítása).

Az előbbieket mellett az egyes NATO hadseregek közelmúltban megjelent rádiórendszerei alkalmazásának *vizsgálata*, valamint a külföldi alkalmazási tapasztalatoknak az MH harcászati rádiórendszere kialakításában történő *adaptálási lehetőségek* voltak, amik a téma kutatására inspiráltak.

A szakirodalom tanulmányozása, a dokumentumok, a magyar és a külföldi írások kutatása, feldolgozása és rendszerezése során azt a hipotézist állítottam fel, hogy a hadseregek többfunkciós alkalmazásai a béke- és a békétől eltérő (minősített) műveletekben egyaránt jelentkeznek, így a vezetéstámogatásban megjelenő rádiórendszer kialakításánál is a többfunkciós jelleget célszerű kihangsúlyozni.

Alapvető kutatási célként azt tűztem ki, hogy egyes NATO-tagországok rádiórendszereinek vizsgálata alapján ajánlást adjak az MH harcászati rádiórendszerének elvi és technikai kialakításához.

⁵ A sikeres katonai műveletek együtműködést követelnek meg a szárazföldi haderő fegyvernemei és szakszolgálatai, a harcbiztosítók, a fegyveres erők és a civil hatóságok, a szövetséges és a nemzeti haderők között. A hatékony együtműködés akkor érhető el, ha megvan a jóakarát és a szándék az együttes tevékenységre az összes szinten. Ez a tevékenység a jó csapatszellemen és kiképzettségén alapul, magába foglalja az összes tevékenység koordinációját azért, hogy az erőfeszítések maximális egyesítését lehessen elérni. ATP-35(B)

Az alapvető kutatási cél eléréséhez további részcélokat fogalmaztam meg:

- Megvizsgálni a digitális rádiórendszerek katonai alkalmazásának lehetőségeit a szárazföldi csapatok rádióhíradásában;
- A katonai rádiórendszer szolgáltatásainak elemzésével áttekinteni azokat a felhasználói lehetőségeket, amelyekre a jelen és a jövő katonai műveleteinek kommunikációs támogatása épülhet mobil környezetben;
- Egyes NATO-tagországok katonai rádiórendszere technikai kialakításának és frekvenciamentésmentjének elemzésével meghatározni az MH harcászati rádiórendszere elvi kialakítási lehetőségeit;
- Javaslatokat fogalmazni meg a kialakított harcászati rádiórendszer jövőbeni továbbfejlesztésére a megjelenő lehetőségek, szükségletek és elvárások figyelembevételével.

A kitűzött célok megvalósítása érdekében:

- *Tanulmányoztam* a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem tudományos, tájékoztató és dokumentációs könyvtárában fellelhető, a témához kapcsolódó szabályzatokat, kandidátusi, egyetemi doktori és PhD értekezéseket, szakkönyveket, kiadványokat, cikkeket;
- *Áttekintettem* a mobilkommunikációra vonatkozó polgári, és a katonai kommunikációra vonatkozó katonai szabványosító intézetek fontosabb szabványait és ajánlásait;
- *Felkutattam és feldolgoztam* a témához kapcsolódó (többségében külföldi) tudományos közleményeket, szakcikkeket;
- *Konzultációkat folytattam* a kutatási területembe tartozó rendszereket üzemeltető szakemberekkel, így a szárazföldi csapatok rádióhíradásának, valamint a készenléti szolgálatoknál és a Határőrségnél kísérleti jelleggel üzemeltetett TETRA rendszer vonatkozásában;
- Hazai és nemzetközi *konferenciákon vettem részt*, ahol egyrészt a kutatási témám részeredményeit publikáltam előadások formájában, másrészt mélyebben megismertem a világban kialakult mobilkommunikációs trendeket, és a Híradástechnikai Egyesület TETRA szakosztályának tagjaként folyamatosan figyelemmel kísértem azokat;
- Békeépítő kontingens tagjaként *tapasztalatokat gyűjtöttem* a boszniai hadszíntér műszaki helyreállító műveleteinek híradó támogatásában.⁶

⁶ 1997-ben az SFOR kötelékébe tartozó Magyar Műszaki Kontingens tagjaként a rádióhíradás megszervezésért és üzemeltetéséért voltam felelős. Itt vetődött fel bennem először a gondolat egy minőségileg magasabb színvonalú rádiórendszer kialakításának igénye iránt, amelyet a külföldi hadseregekre való kitekintés lehetősége erősített meg.

A téma kidolgozása során kutatási területeim voltak:

- A civil és katonai kommunikációs rendszerek, főbb rendszerelemek fejlődési-fejlesztési irányvonalai;
- A digitális és a szoftver-vezérlésű rádiók (és a szoftverrádiók) szolgáltatásai, a szoftverrádiók fejlesztési irányvonalai;
- Az egyes NATO-tagországokban üzemelő harcászati rádiórendszerek felépítése, várható fejlesztésének irányai;⁷
- A Magyar Honvédség harcászati rádiórendszerének lehetséges elvi és technikai kialakítása, kapcsolódási lehetőségei más rendszerekhez.

Nem tekintetem a kutatás tárgyának:

- A digitális rádiók technikai paramétereinek vizsgálatát, csak olyan mértékben, amennyire ezt a rendszerszintű felépítésben szükségesnek tartottam, mivel ezek a paraméterek a készülégyártók termékismertetőiben, illetve a NATO STANAG-ekben le vannak írva;⁸
- Az információvédelmi eljárások, a rádiórendszereknél (is) alkalmazott rejtjelző eszközök működésének és alkalmazásának területén történő kutatást, mivel úgy ítélt meg, hogy ez egy különálló témaként feldolgozandó, önálló kutatási terület;
- A rádiórendszereknek a légierőnél, illetve a légi műveletekben történő alkalmazásainak területeit;
- A javasolt technikai elképzeléseknek az MH szervezeteihez történő közvetlen hozzárendelését;
- A javasolt elvi megoldások konkrét gazdasági feltételeit, anyagi vonzatát;
- A javasolt elvi megoldások humán erőforrás igényét.

Az alkalmazott kutatási módszerek:

- *Felkutattam és feldolgoztam* a témához kapcsolódó szakirodalmat, tudományos dolgozatokat, kandidátusi, egyetemi doktori és PhD értekezéseket;
- *Elemeztem és rendszereztem* a katonai rádióhíradás fejlődését a digitális rádiók megjelenésétől a szoftverrádiós fejlesztésekig;
- *Tanulmányoztam* a jelenleg működő rádiórendszerek felépítését, jellemzőit, alkalmazási sajátosságait;

⁷ Elsődlegesen az Egyesült Államok, Nagy Britannia, Franciaország és Németország harcászati rádiórendszereire összpontosítottam, mivel megítélésem szerint ez a 4 ország jár az élen az új rádiós technológiák alkalmazásában.

⁸ Standardization Agreement, NATO Szabványügyi Egyezmény. AAP-6(2002)

- *Részkövetkeztetéseket vontam le* a vizsgált rádiórendszerek jellemzőiről, alkalmazási sajátosságaiból;
- A rendszerezett ismeretek, illetve a részkövetkeztetések alapján *elvi ajánlást tettem* a harcászati rádiórendszer technikai kialakítására és annak jövőbeni továbbfejlesztésére, szolgáltatásai lehetséges növelésére.

A témával kapcsolatos dokumentumok kutatását, az adatok és információk gyűjtését, rendszerezését *2004. december végén* fejeztem be. Az értekezés írása során figyelembe vettem a közbeszerzési pályázatokon kiírt, az előbbi időpontig lezárult rádiótender eredményeit is, így a vizsgálatokba bevontam a norvég Kongsberg cég többfunkciós rádióit.

A kutatási célok eléréséhez az értekezést három fejezetre tagoltam.

Az első fejezetben az értekezés gyakori fogalmainak értelmezése után a digitális rádiókészülékek megjelenésével, technikai-technológiai fejlesztésével foglalkoztam. A szolgáltatások elemzésével igyekeztem jellemezni a rádiók harcászati szintű felhasználását, a lehetséges szolgáltatások kihasználását. A hang- és adatátvitel lehetőségeinek elemzése után a rádiófejlesztés új távlatára fókuszáltam: a szoftverrádiós fejlesztésekre. Bemutattam a fejlesztések civil és katonai területeit, az elérendő célokat, a kihívásokra adott technikai válaszokat. Elemeztem egyes NATO-tagországok szoftverrádiós fejlesztési terveit, valamint a szoftverrádiók jövőbeni alkalmazási lehetőségeit, kiemelve azok fejlett, hálózatos képességeit.

A második fejezetben a katonai rádiók, rádiórendszerek alkalmazásaival foglalkoztam. Áttekintettem a rádióhíradás előnyeit, a problémák kiküszöbölésére irányuló megoldásokat, majd bemutattam a frekvenciafelhasználás tervezésének lehetséges módszereit. A katonai rádióhíradás eszközrendszerének keretében, az RH, URH sávú rádiók mellett elemeztem a harcászati műholdas rádióhíradás szerepét, a lehetőségeit, valamint a harcászati rádiórendszer felcsatlakozását a magasabb rendszerszinthez. A harcászati internet kialakítási változatait önálló alfejezetben mutattam be, ezzel is kiemelve a harcászati helyzetismeret kialakításának napjainkban egyre inkább elterjedő szükségletét. A fejezetben megvizsgáltam még a rádiórendszerek szerepét a jövő katonai műveleteiben – előtérbe helyezve a TACOMS és SATCOM Post-2000 programokat –, elemeztem a rádiórendszerek várható szerepét a Hálózat-központú Hadviselésben, valamint a harcászati internetek jövőjének várható alakulását.

A harmadik fejezetet az MH harcászati rádiórendszere köré csoportosítottam. A jelenleg rendszerben lévő rádióeszközök gondjai mellett megjelenítettem a tervezett, új beszerzésű eszközöket. Elemeztem a frekvenciamenedzsment kérdéseit, valamint az információáramlás folyamatosságára való törekvésként a lehetséges harcászati szintű hálózatkiakítást, az interoperabilitási megoldásokkal együtt. A továbbiakban megvizsgáltam az MH harcászati rádiórendszere alkalmazási lehetőségeit egyes katonai műveletekben, illetve a készenléti szolgálá-

tokkal történő együttműködésben. A békeműveletekben történő alkalmazásoknál kiemeltem a műholdas híradást, míg a háborús műveletekben a védelem és a támadás mellett a város harc kommunikációs jellemzőire mutattam rá.

A három fő fejezet után ajánlásokat fogalmaztam meg egy korszerű, digitális rádiórendszer kialakítására (elvi és technikai kialakítás, frekvenciamenedzsmen), továbbfejlesztésére, valamint a végkövetkeztetések ismertetése után az értekezés hasznosítására, felhasználhatóságára. **A javasolt harcászati rádiórendszer kialakításánál az elvi megközelítésre törekedtem. A tényleges típus-megjelölésű rendszer elemek javaslatát nem tartottam feladatomban, mivel a tényleges rendszer kialakításhoz megvásárlásra kerülő berendezések gyártóinak és típusainak megnevezése véleményem szerint a döntéshozók felelőssége.**

A mellékletekben azokat a témához kapcsolódó anyagokat csatoltam az értekezéshez, melyek a katonai rádióhíradás általam vizsgált területéhez kötődnek. Itt olyan részterületek kerültek ismertetésre, amelyeket nem vizsgáltam átfogóan, de az értekezés egyes információinak precíz értékeléséhez célszerűnek ítélt meg az ismertetést (például az objektum-orientált technológia és a CORBA, a digitális és szoftverrádiók titkosítási elve, az információs csatorna hozzáférések, a vezeték nélküli LAN technológiák szabványai).

Alaki és formai megfontolások

A szakirodalomból felhasznált részeket az értekezés törzsrészében előfordulásuk sorrendjében [szögletes] zárójelben levő számmal jelöltem, majd a törzsanyag végén „*Hivatkozások*” cím alatt soroltam fel, szintén előfordulásuk sorrendjében. Külön jegyzéket állítottam össze a „*Felhasznált irodalom*” számára.

Az értekezésben fontosnak ítélt gondolatokat és idézeteket *dőlt betűkkel* emeltem ki, míg a legfontosabb gondolatok kiemeléséhez a **vastagítást** alkalmaztam. A lényeges kifejezések magyarázatát „*Lábjegyzet*” formájában tüntettem fel. Az ábráknál és a táblázatoknál igyekeztem a forrásokat feltüntetni, ezek szintén szögletes zárójelben szerepelnek, ugyanakkor a forrás nélküli ábrák és táblázatok a saját kutatási eredményeim, megfontolásaim alapján kerültek be a törzsanyagba.

Az értekezés témájához – jellegénél fogva – sok idegen, elsősorban angol kifejezés, szóösszetétel, betűszó vagy rövidítés kapcsolódik, ezért azokat lehetőleg első előfordulásuk alkalmával kifejtettem és a törzsanyag végén táblázatban foglaltam össze. A fogalom meghatározásoknál és a rövidítéseknél az AAP-6(2002), az AAP-15(2002) és az AAP-31(A) NATO dokumentumokat vettem elsődlegesen figyelembe.

1. fejezet.

A katonai rádiózás jellemzői napjainkban

A védelmi szférában – a technológiai fejlődésre alapozva – új, komplex, a katonai gondolkodásmódot gyökeresen megváltoztató fogalmak és tevékenységek jelentek meg a közelmúltban, melyek átformálták a doktrínákat, a szervezeti felépítéseket, az elérendő képességeket, és az azokat támogató erőforrásokat. E miatt célszerűnek tartom néhány alapvető fogalom meghatározását, mielőtt a katonai rádiózás jellemzőit elemezném.

1.1. Az értekezés gyakori fogalmainak értelmezése

Ebben az alfejezetben olyan fogalmakat határozok meg, amelyeket az MH harcászati rádiórendszer kialakítási lehetőségeinek kutatása során meghatározónak ítélt meg, és amelyeket gyakran használok az értekezésben.

1.1.1. A modern hadviselés fejlődéséhez tartozó fogalmak

A hadviselés fejlődésének egyik lényeges szakasza, hogy az egyes haderőnemi műveletek mellett megjelentek az *összhaderőnemi⁹ műveletek*, melyek alatt olyan tevékenységeket, hadműveleteket értek, amelyekben legalább két haderőnem érintett. Bár az összhaderőnemi műveletek végrehajtására kialakított erőösszpontosítás megjelent a világháborúkban is, mégis csak később, az első Öböl-háború idején (1991) tudatosult ennek hatásossága, és napjainkban sok rendszerfejlesztés kapcsolódik ehhez a műveleti formához.

1995-ben tűnt fel a hadtudományban a *vezetési és irányítási hadviselés* (Command and Control Warfare, C2W).¹⁰ Ennek célja megfosztani az ellenség vezetési rendszereit a szükséges információtól, hatást gyakorolni, csökkenteni vagy megsemmisíteni az ellenség vezetési képességeit, egyúttal védeni a saját vezetési és irányítási képességeinket a hasonló ellenséges akciókkal szemben.

Az értekezés szempontjából a fejlődés következő szakaszát az *információs műveletek*¹¹ (Information Operations) elvének kidolgozása jelentette. Az információs műveletek olyan tevékenységek, melyek a döntéshozókat a politikai és katonai célok elérésében támogatják az ellenfél információira, vagy információs rendszerére való hatással, a saját információ, illetve információs rendszerek kihasználása és védelme mellett. [2]

⁹ Ugyanezt jelenti a többhaderőnemi melléknév is, más kifejezésekben. AAP-6(2002)

¹⁰ Az olyan katonai képességek integrált használata, mint a hadműveleti biztonság, a megtévesztés, a lélektani műveletek, az elektronikai hadviselés és a „fizikai” pusztítás, amelyeket a minden forrást használó hírszerzés/felderítés és a híradó és informatikai rendszer támogat. AAP-6(2002)

¹¹ 1996-ban jelent meg az amerikai kiadású FM 100-6 az információs műveletekről. A NATO Észak-atlanti Tanács 1999. januárban hagyta jóvá az információs műveletek elveit, és a magyar Összhaderőnemi doktrína is ezt a megnevezést használja.

Mára a figyelem fókuszába az *információ* került, kulcskérdéssé váltak azok a folyamatok, szervezeti és technikai rendszerek, amelyekben az információ gyűjtése, továbbítása, tárolása, feldolgozása és elosztása folyik. A hadviselésben meghatározó tényezőként jelentkezik az *információs fölény*, vagyis az információs uralom kivívása.

Az elmúlt évtized végén az információs fölény elérésére új koncepcióként jelent meg a *Hálózat-központú Hadviselés* (Network Centric Warfare, NCW). Ezt a hadviselési formát egy szilárd, nagy teljesítményű információs infrastruktúra támogatja, melyben a földrajzilag elkülönült harctéri entitások számára biztosított a minőségi információs szolgáltatásokhoz való hozzáférés lehetősége. A Hálózat-központú Hadviselés fogalmát úgy értelmezem, mint egy információs fölényre épülő elképzelést, amely a szenzorrendszereknek, a döntéshozók illetve a végrehajtók kommunikációs és információs rendszereinek egyazon hálózatba integrálásával megnöveli a harci erőt.

1.1.2. A kommunikációs rendszerhez tartozó fogalmak

Az újonnan megjelent hadviselési elgondolások, műveleti formák mindegyike egy olyan *híradó és informatikai rendszer* meglétét feltételezi, amely hatékonyan támogatja a harc sikeres megvívását, a műveletek végrehajtását. A korábban haderő specifikus híradó és informatikai rendszerek egyre inkább az integrált jelzővel jellemezhetők, így is biztosítva az összhaderőnemi műveletekben az egyes haderőnemek együttműködését. Ezekben az integrált rendszerekben megjelenő fejlett szolgáltatások mindegyike pont-pont vagy pont-többpont közötti kommunikációs formában jelentkezik, ennek alapján a híradó és informatikai rendszert a továbbiakban a *kommunikációs rendszer* néven használom. A modern hadviselések vezetéstámogatásában jelentős szerepet játszik a számítógép, így az információfeldolgozás, tárolás, elosztás jóval egyszerűbben megoldható, mint korábban.

A NATO terminológia szerint [3] a számítógéppel támogatott vezetési-irányítási (Command, Control and Computer, C3) rendszerek közé

- A híradó és informatikai rendszerek (communications and information systems);
- A fegyverirányítási rendszerek (weapon control systems);
- A szenzor és riasztási rendszerek (sensor and warning systems);
- A navigációs rendszerek (navigational systems);
- Az azonosítási rendszerek (identification systems);
- Valamint ezek létesítményei tartoznak.

Napjaink kommunikációs rendszereinek funkcióiban viszont nemcsak a vezetés-irányítás információtovábbításának képessége jelentkezik, hanem a rendszerek fejlődésének eredményeként integrálva jelenik meg a felderítés, a megfigye-

lés, a hírszerzés hadszíntéri vetülete, ezért ma már vezetési-irányítási, híradó, informatikai, felderítési, megfigyelési és hírszerzési rendszerről beszélhetünk (Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, C4ISR), mint a kommunikációs rendszer legfejlettebb formájáról.

Ez a hálózati kialakítás egyelőre csak néhány (amerikai, török és izraeli) kommunikációs rendszer sajátja, de több szövetséges haderőben is folyamatban van ez a fajta rendszerintegrációs törekvés.¹²

A vezetési-irányítási információk feldolgozása, tárolása, továbbítása mellett megjelent a *harcászati helyzetismeret* (Situational Awareness, SA) kialakításának elvárása. A harcászati helyzetismeret a tudásalapú hadviselés egyik fontos eleme, amely alatt a művelet végrehajtása szempontjából lényeges információk rendszerét értem.

Dr. Munk Sándor szerint [4] a helyzetismeret „*egy katonai művelet végrehajtási környezetére vonatkozó konkrét tudás.*” Ez alapján véleményem szerint harcászati szinten ide tartozik a harc sikeres megvívását biztosító összes információ és adat, amelyből egy egységesen értelmezhető *harcászati kép* alakítható ki. A kommunikációs rendszeren futó információk és adatok a harcmezőről egységes képet biztosítanak az összes vezetési szint részére, aminek köszönhetően a parancsnokok és az alárendeltük ugyanazt a képet látják: lehetőségük nyílik tudásuk, elképzeléseik kicserélésére, a kialakult helyzet egységes megítélésére és megalapozott döntések meghozatalára, a rendelkezésre álló erők lehetőségeinek hatékony kihasználására, illetve szükség szerinti átcsoportosítására, megóvására.

A vezetés-irányításra és a harcászati helyzetismeretre vonatkozó információk különböző típusú és jellegű üzenetek formájában jelenhetnek meg (beszédhang, adat, szöveg- és képüzenet). A katonai vezetés-irányítás, illetve a harcászati helyzetismeret szempontjából legfontosabb információkat tartalmazó üzenetek két nagy csoportba sorolhatók: a *bitorientált adatkapcsolatok* és a *karakterorientált üzenetek* csoportjába. Az előbbiek eredeti szerepe elsősorban a vezetési pontok, valamint a fegyverrendszerek és hordozóeszközök közötti (közel) valós idejű információcsere megvalósítása, míg az utóbbiak a parancsnokságok, kormányzati, és más szervezetek közötti nem valós idejű információcsere eszközei, és ezek általában az üzenetkezelő rendszerekben jelennek meg.¹³

¹² Ilyen a német FAUST, a francia SIC-F, a belga SICBEL, a dán DACCIS, a kanadai ATS vezetési-irányítási rendszerek kialakítása. A NATO országok vezetési-irányítási rendszereit a 9. táblázatban foglalom össze.

¹³ A bit és karakterorientált üzenetformátumok kialakításának indoka eredetileg az alkalmazásukkal elérhető adatátviteli jellemzőkben rejlett. A valós vagy közel valós idejű információcsere a rendelkezésre álló adatátviteli csatornák elérhető átviteli sebessége (néhány kbps) mellett csak a lehető legtömörebb, bitenkénti ábrázolási formátummal volt megvalósítható, míg a nem valós idejű információk átvitelére a könnyebben előállítható és feldolgozható karakteres formátumokat is lehetett alkalmazni. [5]

Az MH Összhaderőnemi doktrínában a béke- és a békétől eltérő (minősített) időszakok műveleteit különböztetik meg. Az értekezésben a békétől eltérő (minősített) időszak műveleteivel foglalkozom, ezen belül a békeműveletek (béketeremtés, békefenntartás és békeépítés kategóriái), valamint a háborús műveletek (alapvetően a védelem és a támadás) elkülönítést használom.¹⁴

A béke- és háborús műveletek kommunikációs támogatása stratégiai, hadműveleti és harcászati szinten jelentkezik. A stratégiai szintet egy állandó telepítésű kommunikációs rendszer, míg a hadműveleti és harcászati szintet a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer, valamint az ehhez kapcsolódni képes harcászati rádiórendszer támogatja.

A kommunikációs rendszer *interoperabilitása* alatt a különböző nemzeti elgondolások és technológiák alapján felépített hálózatok olyan szintű összekapcsolási lehetőségét értem, amikor a rendszerek felhasználói képesek használni egymás – minőségromlás nélküli – szolgáltatásait.

A civil rádió(telefon) rendszerekre való hivatkozáskor a mobilkommunikációs rendszer megnevezést használom, ezzel is utalva a mobiltelefonok alapvető képességére: a mozgás (gyalog vagy utazás) közben elérhető szolgáltatásokra.

A korszerű katonai rádiókból kialakított harcászati rádiórendszerben a beszéd- és adatüzenetek feldolgozása, a felhasználóhoz történő továbbítása szolgáltatások formájában jelenik meg. A *beszédhang átvitel* digitális hangkódoló (vokóder) egységeken alakul ki, míg az *adatátvitel* megvalósításához modemek kerültek beépítésre a rádiókba. Lehetséges a hang és adat egyidőben történő átvitele is, ekkor az információk – általában – időréseket biztosító keretrendszerben kerülnek továbbításra, amely időrések a csomagokra bontott hang és adatinformációkat közel valós időben közvetítik a címzettnek. A *csomagkapcsolt adatátviteli* képesség egy önálló üzemmódot eredményezett a rádiók kialakításánál – ezt nevezem csomag(kapcsolt) vagy packet üzemmódnak –, aminek eredményeként például a fegyverirányítási rendszerek valós időben kapják a vezérlő adatokat.

A *digitális rádió* kategóriája alatt egy olyan rádiót értek, melynek hardverelemibe speciális célú integrált áramköröket (Application Specific Integrated Circuits, ASIC) építettek, és a rádió alapvető karakterisztikáinak¹⁵ a kialakítása ezekkel a digitális jelfeldolgozó egységekkel történik. Az ASIC áramkörök ugyanakkor lehetnek szoftveres programozásúak, de a beépített digitális jelfeldolgozó processzorok (Digital Signal Processor, DSP), – amelyek az információs csatorna jeleit dolgozzák fel –, itt még nem programozhatóak szoftveresen. A jelenleg rendszer-

¹⁴ A válsághelyzet fokozódásának mértéke alapján elkülönített időszakok műveleteit a háborús műveletek kategóriával együtt értelmezem, mivel a kommunikációs rendszerek már a válsághelyzet kialakulásakor települnek, és a katonai műveletek egyes további kategóriáitól függetlenül jelen vannak a műveleti térben.

¹⁵ A rádió alapvető karakterisztikái alatt a moduláció típusait, az üzemelési frekvenciákat, a sáv szélességeket, a csatornához történő többszörös hozzáférési eljárásokat, a forrás és csatorna kódolási/dekódolási eljárásokat, a frekvencia spektrumának szórás/sűrítési technikákat, és a titkosítási algoritmusokat értem.

ben lévő digitális rádiók többsége ebbe a kategóriába tartozik, így a digitális rádió fogalma alatt a *szoftver által programozható rádió* kategóriáját is értem.

A *szoftver-vezérlésű rádió* (Software-Defined Radio, SDR) alatt azt a rádió kategóriát értem, amelynél az ASIC áramkörök és az információs csatorna digitális jelfeldolgozását biztosító DSP-k már minden funkciójukban szoftveresen programozhatók, és így egyszerűen megváltoztathatók a rádió karakterisztikái, külsőleg csatlakoztatott egység(ek) közreműködése nélkül. Ugyanakkor itt a rádiófrekvenciás bemeneti/kimeneti egységek (antennaszűrők, közösítő szűrők, nagyfrekvenciás erősítők) csak analóg jelek adás-vételére képesek, a digitális jelfeldolgozás csak az analóg-digitális átalakítás után következik.

A *szoftverrádió* megnevezés alatt egy olyan rádiót értek, amely hardverelemei az antenna bemenettől az ember-gép interfészen megjelenő felhasználói információ megjelenéséig teljes egészében digitális jelfeldolgozásúak és szoftver által programozhatóak. Itt jegyzem meg, hogy ennek a rádió kategóriának a megjelenésére még várni kell, a szoftverrádiós kutatás-fejlesztés célja éppen az ilyen készülékek megalkotása.

A rádiókészülékek elektronikai fejlesztései szoros összhangban vannak az információátviteli képesség növekedésével, amelyhez az információfőlény kialakítása és az ebből levezethető döntési főlény társul. Adott hadművelet vezetése a kialakult döntési főlényét egy új típusú hálózati forma segítségével realizálhatja, a *harcászati internettel*. A harcászati internet alatt egy olyan katonai felhasználású információs rendszert értek, amely harcászati szinten fejlett vezetéstámogatást és harcászati helyzetismeret kialakítást biztosít – mindezt mobil körülmények között, a harcászati rádiórendszerre épülve.

A továbbiakban a fogalmak szükség szerinti bővebb magyarázata az előfordulási környezetben szerepel.

1.2. Digitális rádiókészülékek

1.2.1. A digitális rádiókészülékek megjelenése

A nyugati hadseregekben a hidegháború késői szakaszában olyan technológiák kerültek kifejlesztésre, mint a szórtspektrumú rádiózás, a frekvenciaugratás¹⁶ vagy a szabad csatornakeresés, és az e technológiákkal megalkotott rádiók a 80-as évekre már rendelkeztek az elektronikai védelem (Electronic Counter-Counter Measures, ECCM)¹⁷ funkciójával is. [6]

¹⁶ Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), amikor nem egy állandó frekvencián sugárunk, hanem egy álvéletlen generátor meghatározása szerint a kisugárzott jel másodpercenként több frekvenciát is felhasznál.

¹⁷ Az elektronikai hadviselésnek ez a része az ellenség által folytatott elektronikai harc ellenére hozott, valamint az elektromágneses spektrumnak a saját erőik általi hatékony felhasználására tett intézkedéseket foglalja magába. AAP-6(2002)

A nyugati haderőkben a mikroprocesszor és a nagy bonyolultságú integrált áramkörökkel felépített, alkalmazás specifikus, moduláris egységek (ASIC) technológiájának alkalmazása voltak az első lépések a rádiókészülékek digitalizációja felé, ami aztán a híradó biztonság (Communications Security, COMSEC)¹⁸ szerepének integrálásával hamarosan valósággá vált. A fő szempont ebben az időben az *elektronikai hadviselés* általi zavarok elleni védelem volt, a megalkotott szabványok csak a háttér csereszabátosságot biztosították az előző generációs készülékekkel.

Az 1990-es években az összhaderőnemi műveletekben (pl.: Öböl-háború) új kihívások jelentek meg a rádióhíradás területén (is), ami szükségessé tette a párbeszéd lehetőségének megvalósítását a különböző haderőnemek alacsonyabb szintű felhasználói között, különösen a támogatás és az együttműködés területén.

A többnemzetiségű haderők megalakulása Európán belül (EUROCORPS, EUROFORCE, stb.) szintén azt kívánta meg, hogy megjelenjen az *interoperabilitás* lehetősége ezred szinten, sőt az alatt, a szervezet összetételétől függően. Világossá vált: a felcserélhető felszerelés és a különböző nézetek szerinti erőforrás elosztás néhány lényeges – logisztikai, kiképzési és biztonsági – területen jelentkező problémát eredményez. Már a 80-as évek végének digitalizációs törekvéseiben és a szélessávú ECCM funkciójú rádiók alkalmazásánál felszínre kerültek a mind erősebben jelentkező technikai-technológiai problémák is. Ezek általában az interfészek és a modulációs technikák, az ugratási sebesség, az átjátszási protokollok, valamint a hangdigitalizáló technikák közti eltérésekben nyilvánultak meg.

A többsávú digitális rádiók megalkotása a mikroelektronika gyors fejlődésével vált lehetővé, amely alatt jelen esetben

- a digitális jelfeldolgozó processzorok (Digital Signal Processor, DSP);
- az analóg-digitális és digitális-analóg átalakítók (Analog to Digital Converter, ADC és Digital to Analog Converter, DAC);
- az alkalmazás specikusan kifejlesztett integrált áramkörök (ASIC);
- és a könnyen (terepen is) programozható kapusor áramkörök (Field Programmable Gate Array, FPGA) nagyarányú előretörését értem.

Napjainkban egyre gyakrabban alkalmazzák még az általánosan felhasználható digitális jelfeldolgozó processzorokat (General Purpose Processor, GPP), amelyek a nagyobb integráltságukkal alkatrész megtakarítást tesznek lehetővé.

¹⁸ A távközlést érintő biztonsági rendszabályok alkalmazásának összessége, mely egyfelől biztosítja az illetéktelen személyek kizárását a távközlési hálózat értéket tartalmazó információihoz történő hozzáférésének és azok feldolgozásának lehetőségéből, másfelől pedig a jogosultak számára garantálja a hozzájuk eljuttatott információk hitelességét. Ezen intézkedések alapvetően a rejtjelzéssel és az információk továbbításának és kisugárzásának védelmével kapcsolatos rendszabályokat tartalmazzák. (AAP-31)

A következő táblázat karakterisztikáinak összehasonlítása az elmúlt 20 év fejlődését jellemzi ezen a területen, különösen az egyidőben működő csatornák száma növekedésének és a szoftverek alkalmazásának vonatkozásában. Míg a 80-as évekig alapvetően a hardverelemek fejlesztésére koncentráltak, az elmúlt évtizedtől kezdve napjainkra már szinte egyedülállóan – a rugalmasan bővíthető hardverelemek mellett – a fejlesztések súlypontja a szoftverekre helyeződött át. A szolgáltatások közül a korábbi hangátvitel elsődlegessége szintén kezd háttérbe szorulni, és a kezdeti alacsony jelsebesség nagyarányú növelésével az adatcsomagok átvitele is biztosítható a frekvenciasáv kiterjesztése mellett.

Karakterisztika	1980-as évek	1990-es évek	2000 után (napjaink)
Rádió felépítése	Főleg hardver	Főleg szoftver	Szoftver alapú a közös működési környezetben
Frekvenciasáv	Egysávós csak RH vagy csak URH	Többsávós 3 MHz - 400 v.600 MHz	Többsávós 3 MHz - 3 GHz (terv)
Csatornák (egyidőben működő)	Egy / három	Egy / három	4-6-8 vagy még több
Szolgáltatás	Hang / (adat)	Hang / adat	Hang / adat / video
Főbb hardverelemek	ASIC, (DSP)	ASIC, DSP, FPGA	ASIC, DSP, FPGA, GPP
Továbbfejlesztés	Új hardverelem	Főleg szoftver	Csak szoftver
Titkosítás, információvédelem	Külső egység, hardver alapú	Beépített, hardver alapú	Beépített, szoftveresen programozható

1. táblázat: A katonai digitális rádiók fejlődése.

1.2.2. Civil technológiák a katonai rádióhíradásban

A jelenlegi, gyorsan megszerzhető üzleti előnyök a kommunikációban a minél olcsóbb, minél több szolgáltatás integrálására képes integrált áramkörökön alapulnak. A korábbi analóg információtovábbítással szemben napjaink modern kommunikációs rendszereinek fejlesztése kizárólag a digitális információátvitel irányába mutat, ahol a minőségi szolgáltatások digitális jelfeldolgozást igényelnek.

A civil személyi kommunikáció terén a legelterjedtebbek a *cellás mobiltelefon rendszerek*. Ezen rendszerek végkészülékei méretükben és súlyukban is jelentősen csökkennek – köszönhetően az új áramellátó akkumulátor technológiák fejlődésének –, miközben mind magasabb minőségű szolgáltatások jelennek meg általuk a felhasználónál. A hívásátadás vonatkozásában fejlett interoperabilitási képességgel is rendelkeznek, hiszen nemzetközi útválasztó (router)¹⁹ útján a szolgáltatások megjeleníthetők más országok hasonló rendszereiben.

¹⁹ A csomagkapcsolt hálózatok csomópontjaiban elhelyezkedő berendezés, mely a csomagok protokollja és fejrésze alapján eldönti, hogy az érkezett csomagot mely irányban, milyen protokoll szerint kell továbbítani.

Az okok, ami miatt mégis csak részben alkalmasak ezek a digitális rendszerek a katonai felhasználásra, a következők:

- Alacsony biztonsági funkciók, lehallgathatóság;
- Csak békeidőszakban alkalmazhatók (kötött infrastruktúra);
- Civil szolgáltatóktól függő szolgáltatások;
- Nem alkalmasak az elektronikai hadviselés követelményei szerinti üzemelésre;
- A technológiai fejlődésük nem mérhető össze a katonai kommunikációs rendszerek életciklusával.

Egy katonai kommunikációs rendszer tervezésénél meghatározó, hogy funkcionálisan mindig *magasabb biztonsági szintre* kell kiépíteni, mint egy civil rendszert. *A katonai kommunikációs rendszerek alkalmazását mindig hosszú távra tervezik* (például 15 – 20 év), míg a civil rendszereknél a technológiai „lépésváltás” általában ennél jóval rövidebb, jelenleg 5 – 7 évvel számolnak a szakmai elemzések.

Egy katonai kommunikációs rendszer további *jellemzője a széleskörű, minden béke és békétől eltérő (minősített) időszakban alkalmas felhasználás*, szemben a civil rendszerek csak békeidőszaki felhasználásával. Így ezen utóbbiaknál nem számolnak az *elektronikai hadviselés* eszközrendszerének a lehetséges ellenség általi alkalmazásával (többek között a zavarás, lefogás, iránymérés tevékenységek tartoznak ide).

Az elektronikai hadviselés ugyanakkor a legtöbb modern haderőben nagy hangsúlyt kap, és a terület fejlesztése összemérhető az információtovábbító rendszerek fejlesztésével.

1.2.3. A digitális harcászati rádiók szolgáltatásai

A katonai műveletek mobilitás igényének növekedésével egyre inkább előtérbe kerül a vezetéknélküli eszközök alkalmazása, különösen az alegységek, kikülönített harci csoportosítások nagy területeken való mozgatása során. Az adatátviteli lehetőségek korábban elképzelhetetlen fejlődési üteme maga után vonta a mozgásban lévő kommunikációs eszközök – köztük a harcászati rádiók, rádiórendszerek –, szolgáltatásainak kiterjesztését erre a területre. Jóllehet a rádiók alkalmazása a köztudatban a beszédalapú információcserére korlátozódik, napjainkban új kihívásoknak kell megfelelni a korszerű rádióknak: az adatátviteli lehetőségek növelésének, amelyek a következő táblázatban jelennek meg (2. táblázat).

Az ismertetett szolgáltatások megjelenítése magukon a készülékeken kialakított csatlakozókhoz kapcsolt járulékos egységekkel tehető hallhatóvá (beszédváltós kézibeszélő, esetleg fejhallgató), láthatóvá (a készülék kijelzője, esetleg a csatlakoztatott számítógép monitorja).

Szolgáltatások		Jellemzők	Megjegyzés
Beszédátvitel		Digitálisan kódolt és tömörített hang (pont-pont, és pont-többpont típusú)	STANAG 4209 STANAG 4198 STANAG 4591
Adatátvitel		Képek, írott anyagok cseréje (pont-pont, és pont-többpont típusú)	MIL-STD-188-114 és CCITT V24/V28 szerinti modemen
Adatátviteli típusok	Bitorientált adatkapcsolatok	Adatcsomagok átjátszása, fegyverrendszerek vezérlése	ITU-T X. 25 (1988) szerinti terminálokon
	Rövid, karakteres (szöveges) üzenet	Előre definiált vagy szerkeszthető rövid üzenetek, harci jelentések	File transfer
	Hosszú, karakteres (szöveges) üzenet	Harcászati e-mail, katonai üzenetkezelő rendszerek információi	STANAG 4406 (X400) és ACP 133 (X.500)
	Telefax	Jó minőségű fotók, rajzok, ábrák, írott anyagok	Az ITU-T T4 (1996) és ITU-T T6 (1998) szerint
	Harcászati digitális telefax	Jó minőségű fotók, rajzok, ábrák, írott anyagok	STANAG 5000 szerint
	Állókép fájlok cseréje	Jó minőségű fotók, rajzok, ábrák	Az NC3A által javasolt szabványok szerint ²⁰
	Mozgóképfájlok cseréje	Lassú (5-15 frame/sec) és gyors (15-30 frame/sec) video	A gyors videoátvitel jelenleg nem megoldott
Video telekonferencia		Pont-pont (esetleg pont-többpont) típusú kapcsolaton folyamatos mozgóképatvitel	Jelenleg harcászati rádiókon nem megoldott

2. táblázat: Digitális rádiók szolgáltatásai.

A digitális rádiókban a normál emberi hangot digitális szűrőkre, átalakítókra bocsátják, és a *beszédátvitel* kódolt és tömörített bitsorozat formájában jelenik meg az éterben, illetve „gépi hang” formában jelentkezik a címzettnél. A digitális hangkódolás vezeték nélküli hálózatokban történő alkalmazása az alacsony jelszélességet követeli meg, mivel ezzel a módszerrel hatékonyan védekezhetnek az ellenséges zavarás ellen, valamint zajos környezetben (harcjármű, repülőgép, helikopter) is érthetőség biztosítható; a folyamatos, egyidejű hang- és adatátvitelnél pedig nem foglalja le a teljes csatorna sáv szélességet.

A NATO által támogatott digitális hangkódolási eljárások:

- A folyamatosan változó meredekségű delta (Continuously Variable Slope Delta, CVSD) modulációjú hangkódolás;
- A lineáris jóslásos kódolt (Linear Predictive Coding, LPC) modulációjú hangkódolás;

²⁰ A NATO által javasolt állóképformátumok: JPEG, GIF, PNG, JBIG, IGES, TIFF, CGM; a mozgóképfarmátumok: MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4. [7]

- A kevert gerjesztésű lineáris jóslásos (Mixed-Excitation Linear Predictive, MELP) modulációjú hangkódolás, amely a NATO-ban a keskenysávú hangkódolás (NATO Narrowband Voice Codec, NBVC) néven ismert.

A NATO újonnan kifejlesztett keskenysávú hangkódolása (NBVC) két vokóder technika kombinációja: kihasználja a CVSD jó zajelnyomását és az LPC10e alacsony jelsebességét (3. táblázat). A NATO által végzett tesztorozatban az érthetőséget és a zajelnyomást kerekes és lánctalpas gép- és harcjárművekben, illetve szuperszónikus repülőkön mérték angol, francia, holland és német nyelveken, de kipróbálták a lengyel és a török nyelv érthetőségét is. A legújabb fejlesztésű digitális rádiók már képesek a digitális hang jelfeldolgozására a STANAG 4591 szabvány előírásainak megfelelően. [8]

Vokóder	Jelsebesség [kbps]	Beszéd-érthetőség (szubjektív)	Zajelnyomás (különböző körülmények között, átlag)	Szabvány
CVSD	16 (magas)	Megfelelő	Megfelelő	STANAG 4209
LPC10e	2,4 (alacsony)	Gyenge	Alacsony	STANAG 4198
MELPe vagy NATO NBVC	1,2 és 2,4 (alacsony)	Megfelelő	Megfelelő	STANAG 4591 MIL-STD-3005

3. táblázat: Digitális hangkódolások jellemzői.

Az *adatátvitel* megvalósítására a modern harcászati rádiókba modemek kerültek beépítésre. A gyors jelfeldolgozó processzorok megjelenésével és a digitális rádiókban való alkalmazásával jelenleg a 9,6 kbps jelátviteli sebesség lehetséges egy 3 kHz sávszélességű rövidhullámú (RH) csatornán, míg az ultrarövidhullámon (URH) üzemelő harcászati rádiók (általában 30MHz – 88MHz) már 64 kbps jelátviteli sebességre is képesek (jellemzően 16 kbps), de további kutatások folynak ennek növelésére (szoftverrádiós fejlesztések).

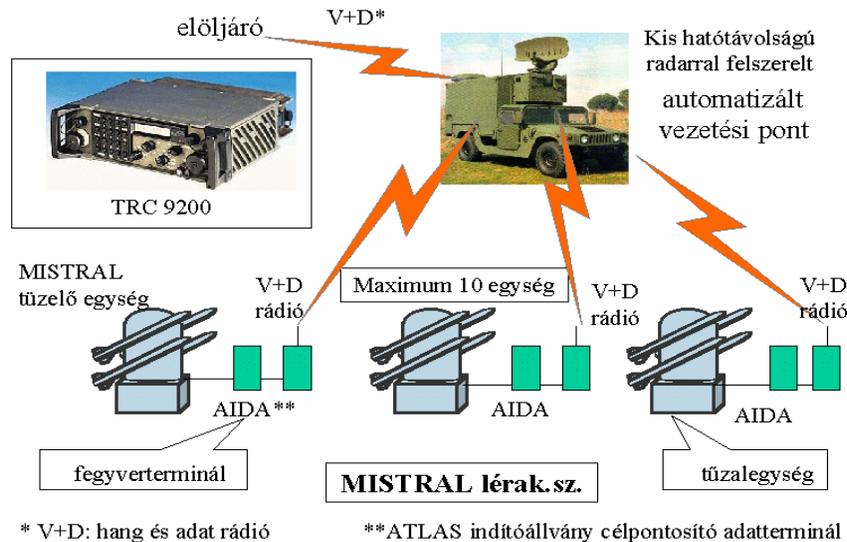
A harcászati rádiók egyik üzemmódja a csomagkapcsolt hálózat (packet net) kialakítása, és ezt használják fel a katonai üzenetkezelő rendszerekhez és a fegyverrendszerek²¹ irányítására, vezérlésére is. A katonai csomag(kapcsolt) rádiórendszerek alacsonyabb frekvencián (jellemzően a harcászati rádiók frekvenciasávjában) üzemelnek, mint a civil, cellás mobil hálózatok packet rádiós rendszerei, így nagyobb területeket tudnak lefedni a harcmezőn, külön bázisállomások telepítése nélkül. A csomagkapcsolt átviteli elven működő rádiórendszer (packet radio system) fix telepítésű és mobil hálózati csomópontok között biztosít információátvitelt, karakterorientált üzenetek formájában, illetve bitorientált adatkapcsolatok (datalink) felhasználásával.

Napjaink megnövekedett adatfeldolgozási, adatátviteli (és adattömörítési) lehetőségei eredményeként a karakterorientált üzenetek szerepe egyre nő, míg a bitorientált adatkapcsolatok alkalmazási köre egyre szűkül. Ennek

²¹ A fegyverrendszer kifejezés alatt egy vagy több fegyvernek az önálló működéséhez szükséges összes kapcsolódó eszközzel, anyaggal, szolgáltatással, személyi állománnyal, valamint a szállító-célba juttató és telepítési (ha van ilyen) eszközökkel való kombinációját értjük. AAP-6(2002)

ellenére az utóbbiak jelentősége nem elhanyagolható, a fegyverirányítási rendszerekben még ma is meghatározó szerepet játszanak.

A fegyverrendszerek környezetében telepített digitális rádiók és adatterminálok biztosítják a fegyverrendszer esetleges kezelői számára küldött parancsok vételét, a grafikus formátumban megjelenő célmeghatározást, legyen szó akár tüzérségi manőverekről, légvédelmi rendszerek vezérléséről, vagy ezek automatizált változatairól. Az 1. ábrán a MISTRAL légvédelmi rendszerben a francia Thales (korábban Thomson) cég TRC 9200 típusú rádiói biztosítják az adatkapcsolatot az automatikus fegyverirányzáshoz.



1. ábra: A Mistral rakétakomplexum vezérlési rendszere. (Forrás:[9])

Az egyes adatkapcsolatok leggyakrabban a légvédelmi rendszereknél használatosak, de megjelennek a légiirányításban, a felderítésben és a helyzetmeghatározásokban is. Az információátvitel eszköze leggyakrabban a rádió, míg egyes esetekben vezetéken, optikai kábelben is kialakítható az átviteli út (például Link-1). Az alkalmazott frekvenciák az átviteli eszközt jellemzik, de jellemző az alacsony adatátviteli sebesség is, kivéve a Link-16-ot, amely a 90-es években jelent meg, és fejlesztésében a nagyobb átviteli sebességre törekedtek. Napjainkban a Link-22 fejlesztése és tesztelése folyik, különböző átviteli eszközökön, a tervek szerint 2011-ig.

A fegyverrendszerek adatkapcsolatai ugyanakkor harcászati szint fölött is létjogosultak, sőt komplett védelmi rendszerekben kapnak főszerepet. Az egyik legjellemzőbb példa erre a NATO légvédelem földi környezetének kialakítása, amely a tagországokban telepített légvédelmi rakéták vezérlését lényegében a NATO Link-1 adatkapcsolattal biztosítja. A NATO légvédelem földi kialakításában szereplő eszközöket a 2. melléklet tartalmazza.

A 4. táblázatban összefoglalom a leggyakoribb adatkapcsolatok jellemzőit, figyelembe véve, hogy az azonos szerepű adatkapcsolatok más megnevezéssel szerepelnek az amerikai hadseregben, mint a NATO-ban.

Megnevezés		Felhasználás	Információ- átvitel esz- köze	Frekven- ciasáv [MHz]	Adat se- besség [bps]	Titko- sítás
NATO	USA					
Link-1	ATDL-1	Fegyverrendsze- rek vezérlése (légvédelem)	rádió, veze- tők, optikai kábel	3-30 és 225-400	1200 (600-2400)	Igen (alap- üzem)
Link-4	TADIL C	Harcászati lég- védelem és légi- irányítás	rádió	3-30 és 225-400	5000	Nem
Link-11	TADIL A	Felderítés, hely- zet- meghatáro- zás, elektronikai hadviselés, har- cászati me- nedzsment,	rádió	2-30 és 225-400	1364 vagy 2250	Igen
Link- 11B	TADIL B	Légi elfogás és leszállítás irányí- tás	rádió	225-400	1200 (600-2400)	Igen
Link-16	TADIL J	Felderítés, hely- zet-meghat., elektronikai had- viselés, harcá- szati menedzs- ment, fegyver- irányítás, légi- irányítás	rádió	969-1206	54000	Igen
Link-22		A Link-11 kivál- tására	rádió	3-30 és 225-400	n.a.	Igen

4. táblázat: A leggyakoribb adatkapcsolatok jellemzői. (Forrás:[10])

A rövid szövegesüzenet szolgáltatás, amely hasonló a civil mobiltelefonok rövid szövegesüzenet (Short Message Service, SMS) szolgáltatásához, szintén elterjedőben van a harcászati rádiórendszereken, és akár szabadon szerkesztett formában, akár előre szerkesztetten, a készülék memóriájában tárolva jelentkezhet. A hosszú szöveges üzenet (e-mail) szerkesztéséhez, olvasásához viszont célszerű adatterminált használni, illetve a készülék nagyobb méretű kijelzője előnyös lehet. **Ugyancsak a civil mobilszolgáltatás fejlődési trendjének megfelelően várható a digitális fotóküldési (Multimédia Message Service, MMS) szolgáltatás megjelenése, ez által a felderítési adatok fényképes értékelésében a közel valós idő sem elérhetetlen cél.**

A *telex* alkalmazásoknál T4 és T6 fax kódsémákat és kódszabályozó funkciókat használnak fel, amely eljárások az optikailag beolvasott (szkennelt) műszaki rajzok és szöveges oldalak adatként történő elküldésére használatosak. A fax kimenet lehet analóg (CCITT 3. csoportú protokollok alapján működő, ez G-3 néven is ismert) és lehet digitális (CCITT 4. csoportú protokollok alapján működő, és G-4 néven is ismert). A *harcászati digitális telexra* vonatkozó STANAG 5000 [11] szabvány magában foglalja az átjátszási, jelérzékelési, időzítési, eljárásbeli szükségleteket az információvédett faxokkal kapcsolatban. A különböző adatátvi-

teli sebességgel (1,2 – 4,8 – 9,6 kbps) működtetett készülékek alacsony és nagy adatfelbontását, valamint az üzemközbeni tömörítési és tömörítetlen módokat szintén a STANAG 5000 írja le.

Amikor *képtovábbításról* beszélünk, az állóképek mellett meg kell említeni a mozgóképeket is. **A jelenlegi digitális mozgókép tömörítési szabványok sáv-szélesség igénye ugyan nem teszi lehetővé a folyamatos videolejátszást a digitális harcászati rádiókon keresztül**, de az állóképeknél alkalmazott tömörítési eljárásokhoz hasonlóan itt is digitálisan kódolt formában jutnak el a címzett-hez.

Mivel a digitális rádiók elvárt szolgáltatásai közül a videoátvitel és a videokonferencia nem valósítható meg a rádiók keskeny sáv szélessége miatt, kísérletek kezdődtek a sáv szélességi korlátok ledöntésére, de ezek már a szoftverrádiók fejlesztéséhez tartoznak.

1.3. A rádiófejlesztés új távlatai – a szoftverrádiók

A legfejlettebb NATO-tagországok, az Egyesült Államok, Nagy Britannia, Franciaország és Németország kormányai tekintélyes katonai híradórendszer fejlesztési terveket dolgoztak ki, hogy lehetővé váljon a többnemzetiségű műveletek széles frekvenciasávban történő kommunikációs támogatása. Az elképzelések szerint a technikai-technológiai fejlesztések egy fő cél megvalósítására irányulnak: az interoperabilitás lehetőségének kiszélesítésére. A híradó rendszereken futó információs csatornák a legmodernebb, csúcstechnológiájú, többfunkciós rádiókkal terjeszthetők ki a különböző vezetési szintekre, a mobilitási követelmények figyelembevételével.

Maga a szoftverrádió terminológiája a 90-es évek elején merült fel, kikerülve a 80-as évekre jellemző, rugalmatlan „hardveralapú” rádiós felépítést, amelyben a konstruktőröknek nem kis fejtörést okozott a legkisebb továbbfejlesztés is. A szoftver-által programozható rádiók olyan előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a korábbi eszközökkel szemben, mint a nagyobb adatátviteli sebesség, a nagyobb sáv szélesség, vagy az objektum-orientált programozói technikákkal felépített szoftveres hullámformák által biztosított interoperabilitás.

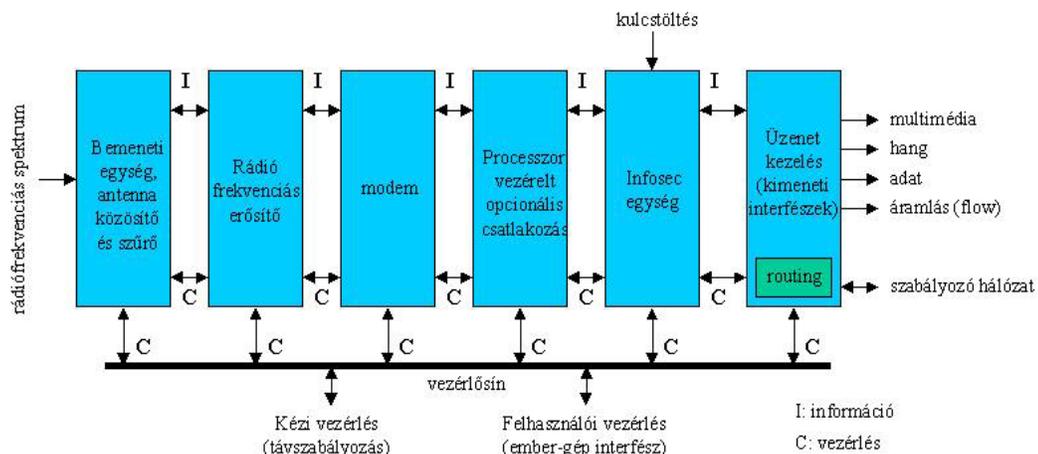
1.3.1. Szoftver-vezérlésű rádiók megjelenése

1993-ban, egy amerikai híradórendszer gyakorlaton kísérletképpen beléptettek a fejlett szolgáltatásokkal rendelkező, digitális rádiórendszerbe egy analóg rádiót, amelyet előkészítettek egy szoftveres hullámforma letöltésére. A SPEAKeasy elnevezésű szoftver alkalmazásával az analóg rádió egyenrangú tagként volt képes kommunikálni a fejlett digitális rendszerben. A kísérletet többször megismételték, különböző üzemeltetési feltételek között – sikerrel.

Ez az esemény nagyban hozzájárult ahhoz, hogy mintegy 50 rádiógyártó cég együttműködésével megalakuljon a Moduláris, Többfunkciós Információátjátszó

Rendszer (Modular Multifunction Information Transmission System, MMITS) Fórum, amely a szoftver-vezérlésű rádiók fejlesztését és kutatását tűzte ki célul. A Fórum ma ismert neve a Szoftver-Vezérlésű Rádió²² (Software Defined Radio, SDR) Fórum, amely az üzleti felhasználású szoftverrádiók nyílt rádiósplatformon való megalkotásának elkötelezett híve, és napjainkban már több mint 80 cég tartozik a szervezethez.

Az SDR Fórum megalkotta a szoftver-vezérlésű rádiók hardverfelépítésének ajánlott formáját²³ (2. ábra), amely az elmúlt években fokozatos finomításokon ment keresztül, a gyakorlati kísérletek sikereinek – sikertelenségeinek hatására. A Fórum meghatározta azt is, hogy a szoftver-vezérlésű rádiók fejlesztésében a nyílt rendszerek elve alapján történnek a kutatások, és a legújabb kutatási eredményeket konferenciákon rendszeresen ismertetik, feldolgozzák.



2. ábra: A szoftver-vezérlésű rádió blokkvázlata. (Forrás:[12])

A 2. ábrán csak egy csatorna szerepel a szemléltetés miatt, valójában a legtöbb szoftver-vezérlésű rádióban több párhuzamos csatorna kerül kialakításra.

A civil cégek által fejlesztett szoftver-vezérlésű rádiók nem csak a katonai igényeket fedik le: napjainkban a katonai és a civil szektor számára is kínálnak nívós alternatívákat a kommunikációs rendszereik fejlesztéséhez, kialakításához. Ezt mutatja be az 5. táblázat, amelyben az alkalmazási területek szektoronkénti elkülönüléseit emelem ki. Az egyes területeken megjelenő speciális szolgáltatások a katonai szektor számára tervezett készülékeknél a leglényegesebb: az itt alkalmazott hullámformák száma egy nagyságrenddel nagyobb, mint az egyéb kategóriák készülékeinél alkalmazottak, és ez járul hozzá a fejlett interoperabilitás biztosításához.

²² Az eredeti Software-Defined Radio (SDR) kifejezés *szoftver-vezérlésű rádió*nak való fordítása úgy vélem helyesebb, mint a szó szerinti, szoftver meghatározású rádió, mivel alapvetően a rádió működtetése, azaz a hardver vezérlése történik az alkalmazott szoftverekkel.

²³ Az SDR Fórum definíciója szerint a szoftverrádiók olyan rádiók, amelyek szoftveres vezérlést biztosítanak a modulációs technikák (hullámformák), a hárado biztonsági szerepek (COMSEC) helyes kiválasztásában, és a rendelkezésre álló frekvenciasávot hatékonyan kihasználják a széles vagy keskenysávú kommunikációra.

Területek	Katonai	Rendvédelmi	Üzleti (civil)
Felépítés	Integrált rádió, router és számítógép	Int. rádió és számítógép (esetleg router)	Integrált rádió és számítógép
Elkülönített csoportképzés	Rugalmas csoportképzés a feladat függvényében	Virtuális csoportképzés és zárt felhasználói csoport kialakítása	Virtuális magánhálózat kialakítása és ebben zárt felhasználói csoport
Csatlakozás más rendszerekhez	Multinacionális környezetben más katonai rendszerekhez	Csatlakozás a nemzetközi kereső-mentő rendszerekhez	Nemzetközi üzleti rendszerekhez
Speciális jellemző	Többszintű titkosított üzemmód	Hordozható állomás válsághelyzetekben	Üzleti helyzetismeret kialakításának lehetősége
Speciális szolgáltatások	<ul style="list-style-type: none"> • valós idejű rugalmas átkonfigurálás; • interoperabilitás speciális hullámformákkal; 	<ul style="list-style-type: none"> • erőteljes vészhelyzeti kommunikáció; • hozzáférés személyi nyilvántartó adatbázisokhoz; 	<ul style="list-style-type: none"> • e-mail; • hang üzenet; • internetes csatlakozáskor bön-gészés;

5. táblázat: SDR szolgáltatások minden felvevő piacra. (Forrás:[13])

1.3.2. A JTRS rádiók jellemzői

A sikeres szoftverrádiós kísérletek nyomán és a katonai műveleti doktrínák új meghatározásai alapján került kialakításra az *összhaderőnemi harcászati rádiórendszer* (Joint Tactical Radio System, JTRS). A rádiócsalád, amely a 2 MHz – 2 GHz (terv a 3 GHz-ig való kiterjesztés) közötti sávban szolgáltat hang-, adat- és videoátvitelt az összhaderőnemi műveletekben, az alábbi kihívásoknak felel meg:

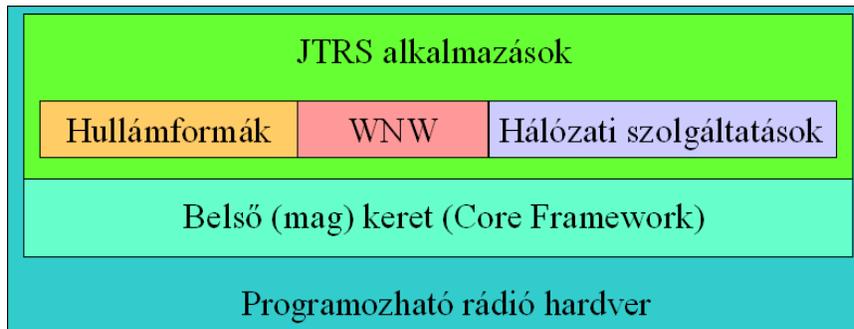
- Moduláris felépítés, rugalmas fejlesztetőség;
- Méretezhetőség – további sáv szélesség és csatornabővítés lehetősége, nagyobb teljesítmény;
- Új technológiák beilleszthetősége: új processzorok, új hullámformák;
- Gerinchálózat kompatibilitás, illeszkedés a nagysebességű hálózatokhoz;
- Rádiócsalád, amely a légierő, a haditengerészet, a szárazföldi csapatok kommunikációs támogatásán túl fix állomásként is képes üzemelni;
- Interoperabilitás, intraoperabilitás, vagyis nemcsak a szövetséges rendszerek közötti szolgáltatásnyújtás és fogadás, de a haderőnemek közötti egységes felhasználás a követelmény;
- Hálózati szolgáltatások, adatforgalom irányítás.

A JTRS működése a *szoftver érintkezési környezetre* (Software Communications Architecture, SCA)²⁴ épül. Az SCA egy nyitott, szoftveres keretrendszer, amelyben a hardver és szoftver elemek harmonikusan üzemelhetnek, felhasználva egymás szolgáltatásait: a programozható hardverbe betölthetők a

²⁴ A szoftver érintkezési környezet 2000 óta folyamatos fejlesztés alatt áll, 2004. augusztusában már a 3.0 változat is kialakításra került és jelenleg erre folynak az egyéb alkalmazások fejlesztései.

hullámformák, szoftveres alkalmazások futtathatók, és lehetőség nyílik a hálózat-kialakításra. A nyitott keretrendszer adja meg a lehetőséget, hogy a szabványos interfészekon keresztül a hullámformák a többcsatornás üzemelést biztosító, párhuzamos felépítésű hardver egységeken egyidőben megjelenjenek.

A 3. ábra szerint a szoftver érintkezési környezet (SCA) magában foglalja a belső (mag) keretet (Core Framework), amely a nyitott elven felépülő réteg-interfészeivel és szolgáltatásaival szabványos üzemeltetési környezetet biztosít a hardver és szoftver rétegekben futó alkalmazásoknak. A szoftveres alkalmazások magukban foglalják a hullámformákat, köztük a szélessávú hálózati hullámformát (Wideband Networking Waveform, WNW), és a hálózati szolgáltatásokat.



3. ábra: A szoftver érintkezési környezet elvi rétegződése. (Forrás:[14])

A szoftveres hullámformák hardvertől történő elszigetelésére a JTRS-nél három, virtuálisan önálló réteget alakítottak ki a tervezők (4. ábra): a processzor környezeti réteget (amely lényegében a hardver réteg), egy átmeneti réteget²⁵, amely biztosítja a közös hardver-szoftver üzemelési környezet kialakítását, és a belső keret (Core Framework) réteget, amely egy logikai szoftveres adatsín. Ezen utóbbin keresztül csatlakoznak a futtatott szoftverek (a modem, a biztonsági, titkosítási alkalmazások, a kapcsolódási alkalmazások, a hálózati protokoll alkalmazások, és a befogadó alkalmazások) a hardverelemekhez.

A 4. ábra alsó részén a processzor környezeti (hardver)rétegek kerültek ábrázolásra. A *modul támogató csomag* (adatsín réteg) a működési környezethez való csatlakozást támogatja, amely magába foglalja a hibaellenőrzési és hibajavítási eljárásokat is. A lehetséges adatsínek: a PCI, a CompactPCI, a Firewire (IEEE-1394 szabvány szerint) és az Ethernet.

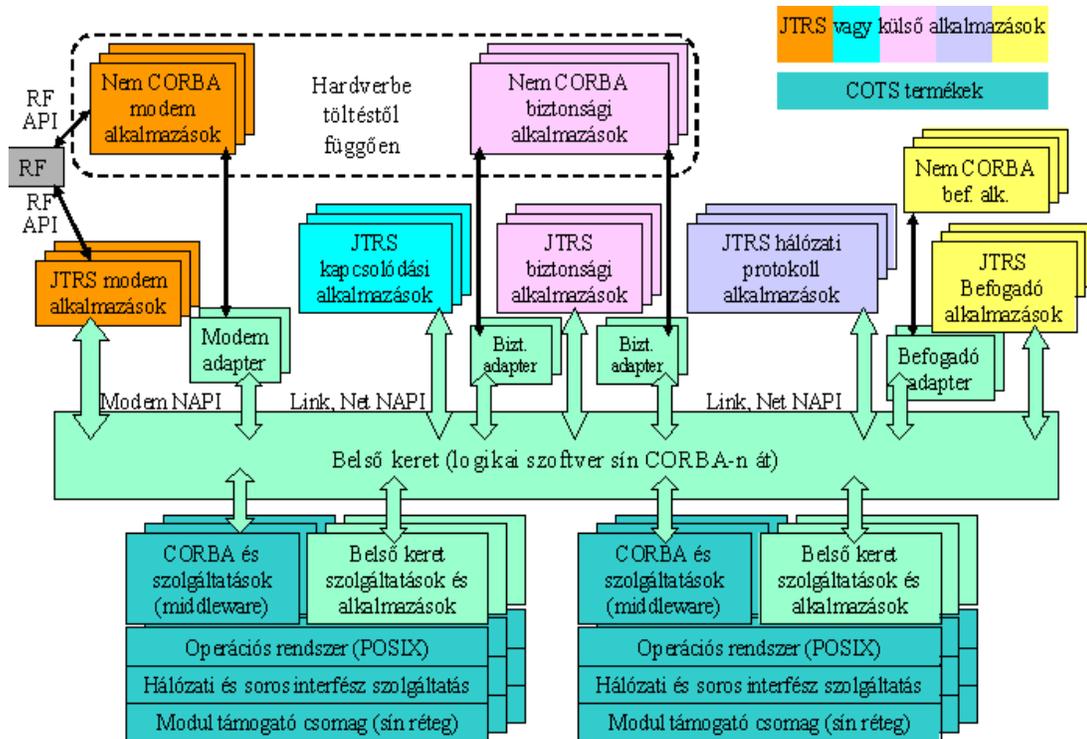
A *hálózati és soros interfész szolgáltatás* a soros és hálózati fizikai interfészeket támogatja: RS-232, RS-422, RS-423, RS-485, Ethernet, és 802.x. csatlakozók formájában. Ezen interfészekon számos hálózati protokoll használható.

Az *operációs rendszer* rétegnél a „hordozható” operációs rendszer interfész (Portable Operating System Interface, POSIX) egy elfogadott ipari szabványon

²⁵ Ezt angolul middleware rétegnek nevezik. Szerepe egy logikai szoftveres adatsín létrehozása a nyílt felépítésű megosztott jelfeldolgozáshoz, mely a közös objektum kérés-közvetítés teljesítésének (CORBA) felépüléséhez kell.

alapul. A hordozhatóság jelen esetben a közös platformos üzemelési lehetőséget jelenti.

Az átmeneti (*middleware*) réteg az alkalmazások és a hardverelemek között helyezkedik el. Lényeges szerepe, hogy elválasztja a hardverelemektől a szoftver entitásokat. Ez a réteg olyan szolgáltatásokat biztosít, mint a hozzáférés azonosítás, a hitelesítés, a hardver és a szoftver közötti információcsere, a biztonság, és az osztályazonosítás. Az átmeneti réteg teszi lehetővé, hogy a különböző számítógépes nyelven megírt szoftveres alkalmazások közös platformon is képesek legyenek futni.



Rövidítések: API Application Program Interface; CORBA Common Object Request Broker Architecture;
NAPI Network API; COTS Commercial-off-the-shelf;

4. ábra: A JTRS szoftver érintkezési környezetének rétegei. (Forrás:[15])

Mivel a JTRS kialakításánál követelmény volt, hogy már meglévő termékekre épüljön, így a széles körben alkalmazott közös objektumkérés közvetítő architektúra (Common Object Request Broker Architecture, CORBA) termékeket²⁶ használták fel a belső keret (Core Framework) kialakításnál.

²⁶A CORBA-ról bővebb információ a 3. mellékletben található.

1.3.3. A JTRS rádiók szolgáltatásai

A JTRS rádiókban megjelennek a digitális rádióknál már ismertetett szolgáltatások: a beszédátvitel és az adatátvitel különböző formái. A fejlesztések eredményeként viszont kibővül a szolgáltatások köre, fejlettebb vezetési-irányítási képességet eredményez a *valós idejű videó* és a *szélessávú videokonferencia* lehetősége, *egységes harctéri kép* alakítható ki (például harcászati internetben történő alkalmazásokban), fejlett *hely- és helyzetmeghatározás* válik lehetővé a beépített modulok által, és *hozzáférést biztosít a különböző hálózatokhoz*, így

- az internet protokoll (IP) alapú hálózatokhoz;
- a műholdas rendszerekhez;
- a tűz- és manővervezetési, illetve a funkcionális adathálózatokhoz.

A szolgáltatások stabil biztosításához az egyes rádiórendszerekre jellemző hullámformák kerültek kidolgozásra. Jellemző katonai hullámformákról ad tájékoztatást a következő táblázat.

Megnevezés	Jelentése	Alkalmazás
Hagyományos AM, FM és ezek változatai	A klasszikus rádió modulációs módok	Főleg civil rendszereknél (pl.: műsorszórás)
SINCGARS / SINCGARS SIP	Egycsatornás harcászati rádiórendszer és annak továbbfejlesztése	US ARMY szárazföldi haderő
PR4G	4. generációs harcászati rádiórendszer	Francia szárazföldi haderő
SEM 93	Harcászati rádiórendszer	Német szárazföldi haderő
Have Quick I. és II.	Lassú frekvenciaugratás (>100 hop/sec, esetleg néhány száz)	USA és NATO légi és tengeri erők
Saturn	Gyors frekvenciaugratás (<1000 hop/sec)	NATO légi és tengeri erők
JTRS egyes harcos és szélessávú hálózati	Összhaderőnemi harcászati rádiórendszer	Amerikai haderőnemek között (esetleg NATO)
FM3TR	Többsávós, moduláris rádió teszhullámformája	Szoftverrádió fejlesztésekben

6. táblázat: Példák a katonai hullámformákra.

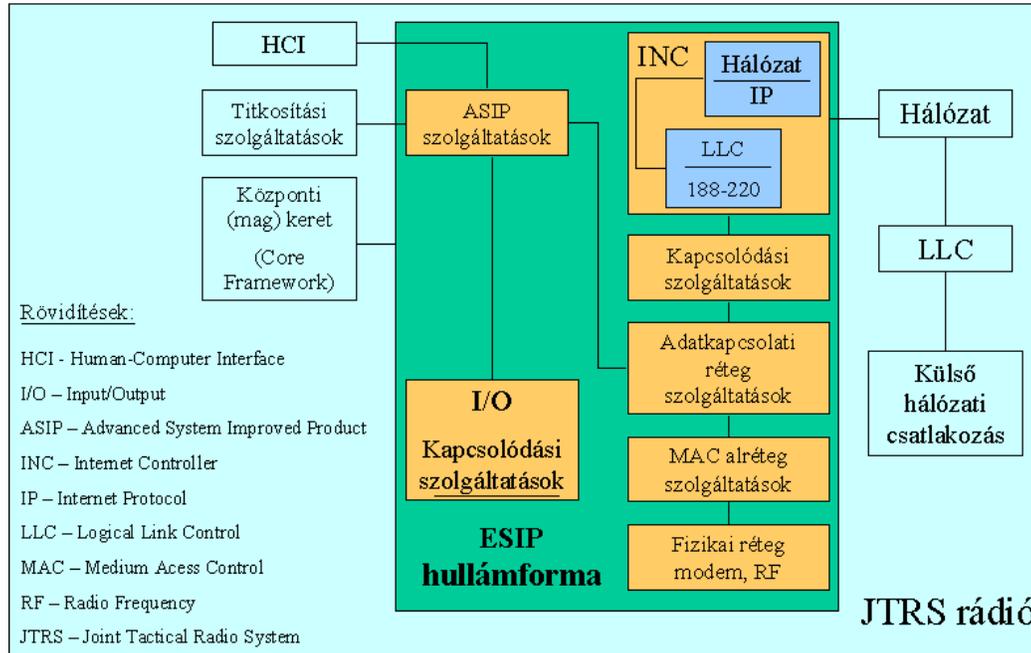
A hullámforma fogalmára számos megfogalmazást alkalmaznak a szakemberek, attól függően, hogy milyen hardveres platformon vagy milyen alkalmazásban használják. A *digitális rádiók* vonatkozásában a hullámformát egy olyan digitális jelcsoportként értelmezem, amely magában foglalja a készülék-specifikus modulációs módot, a jelpolarizáció értékét, a forrás- és csatornakódolást illetve dekódolást, a hibajavítást és az időzítési paramétereket.

A *szoftverrádióknál* alkalmazott hullámformák ezen túl magukban foglalják a bemenet /kimenet (Input/Output, I/O) interfész vezérlő információit, valamint a rendszer üzemeltetéséhez és az alkalmazások futtatásához szükséges adatokat

is, amelyek szoftveres formában betölthetők a készülékekbe az alaphardver működtetéséhez.

Beszédátvitelnél a hangdigitalizálás paraméterei, a tömörítés mértéke; adatátvitelnél a beépített modem modulációs módja, a jelátviteli sebesség leírása, és számos egyéb paraméter meghatározása miatt a hullámforma igen tekintélyes nagyságú szoftvercsomaggá nőhet. Ennek igazolására egy szoftveralapú hullámformát mutatok be a továbbiakban.

Egy amerikai szoftverrádiós kutatásokat végző cég, az Assurance Technology Corporation (ATC) új hullámformát dolgozott ki a JTRS készülékek számára a harmadik generációs SINCGARS rádiókkal²⁷ történő együttműködésre. A SINCGARS ASIP hullámforma már az objektum-orientált technológiával²⁸ került kialakításra és 33 önálló összetevőt integrál magába: az ember-gép interfész vezérlését, a titkosítást, a ki/bemenet (Input/Output, I/O) vezérlését, valamint a fizikai, az adatkapcsolati és a hálózati réteg szolgáltatásainak elérését és hozzáférési pontjainak vezérlését. A hullámforma a folyamatos fázisú frekvenciabillentyűzés (Continuous Phase Frequency Shift Keying, CPFSK) modulációval került kialakításra, 16 kbps adatátviteli sebességre optimalizálva, fix frekvenciás és frekvenciaugratásos üzemmódokban történő üzemelésre, használhatóvá téve a teljes frekvenciasávot (30 – 87,975 MHz) és az összes (2320 db) fix frekvenciaértéket. E mellett támogatja a helyi, a távvezérelt és az átjátszó állomás funkcionális üzemelési formákat.



5. ábra: A SINCGARS ESIP hullámforma blokkvázlata. (Forrás:[16])

27 A Single Channel Ground-Air Radio System (SINCGARS) rádiók 1988-ban kerültek rendszeresítésre, azóta három átalakításon estek át, felkészítve őket a szoftver általi üzemeltetésre.

28 Erről bővebben a 3. mellékletben található információ.

A nyílt rendszerű kialakítás biztosítja a *hálózatos képességeket*: a hálózati hozzáférés vezérlésében megjelenik a harcászati internet hálózat egyik elemének, az internet szabályzónak²⁹ (Internet Controller, INC) a vezérlési képessége. Ezzel a rádiórendszeren megjelenik a *harcászati helyzetismeret* kialakításának lehetősége, a fejlettebb *vezetési-irányítási* lehetőség, a *hely- és helyzet-meghatározás*, az *internet protokoll (IP) alapú hálózathoz* vagy a *műholdas rendszerekhez történő hozzáférés*. A hullámforma ezeken túl támogatja a MIL-STD 188-220 szabványú adatszert (kifejezetten erre lett kialakítva), ami által megvalósul a hadsereg tűzvezetési hálózatának (Fire Control Net) kialakítása, a légierő HAVE QUICK rendszereivel való együttműködés, és a haditengerészet adathálózatához való hozzáférés.

A JTRS rádiórendszerben használt készülékek interoperabilitási képessége döntően a *szoftveralapú hullámforma* kifejlesztésén alapszik. A szoftveralapú hullámforma nemcsak a rádiófrekvenciás jeleket foglalja magában, hanem a rádió egységek működtetéséhez szükséges vezérlőjeleket is a felhasználói bemenettől a rádiófrekvenciás kimenetig, illetve a vett jelek érzékelésétől és feldolgozásától a felhasználónál történő megjelenítésig.

A Védelmi Kutatások Ügynökségénél (Defense Advanced Research Program Agency, DARPA) a kis létszámú harci egységek harcászati helyzetismeretének kialakításához egy új szoftveralapú hullámformát alakítanak ki: az egyes harcos rádiós hullámformát (Soldier Radio Waveform, SRW). A hullámforma üzemmódfüggő, ahogy az a következő táblázatból is kiderül.

Név	Alkalmazás / Frekvencia [MHz]			Adatátviteli sebesség		
	üzemmódok					
	Land Warrior rendszer	UGS és intelligens lövedékek	UAV és UGV	Harci kommunikáció	Elektronikai hadviselés	LPI/LPD ³⁰
Soldier Radio Waveform	450 – 1000 és 1350 – 2700	225 – 450	1350 – 2700	450 Kbps – 1,2 Mbps	2 Kbps – 93,8 Kbps	2 Kbps – 23,4 Kbps

7. táblázat: Az egyes harcos rádiós hullámforma jellemzői. (Forrás:[17])

A fejlett videoátvitelre és a videotelekonferenciára a szélessávú hálózati hullámformát (WNW) fogják alkalmazni, amely szintén fejlesztés alatt van. Ennek főbb jellemzői:

- Teljes multimédia képesség: folyamatos hang, adat és video;
- Igény szerinti, automatikus hálózat átkonfigurálás;
- Támogatja az IP routingot;
- Támogatja a független többszintű titkosítást.

²⁹ Az internet szabályzó egység a harcászati internet alfejezetben kerül részletesebben ismertetésre.

³⁰ Kis valószínűséggel elfogható adású (Low Probability Interception, LPI) és kis valószínűséggel érzékelhető (Low Probability Detection, LPD) üzemmódok.

A tervek szerint a JTRS hálózati szolgáltatások egymástól eltérő rádiókörnyezetben is üzemelni fognak (például: ad-hoc hálózatok, strukturált hálózatok). A szolgáltatás minőség (Quality of Services, QoS) a mobil felhasználóknál ugyanúgy meg fog jelenni, mint egy vezetékes, nagysebességű hálózatot használva.

A hálózati szolgáltatások között megjelenik az *útválasztás* (routing). Mobil ad-hoc útválasztás, hagyományos útválasztás és globális csatlakoztathatóság formájában az autonóm rendszer határai közötti csomagátvitel útválasztás (inter-domain routing) vagy az autonóm rendszeren kívüli csomagátvitel útválasztás (internal routing) között lehet választani. Ugyanakkor lehetőség lesz a sávkorlátozásos vagy a sávkorlátozás nélküli mobil kommunikációs környezet kiválasztására.

Az *azonosítás és hitelesítés* funkció biztosítja a globális hálózathoz csatlakozott felhasználó azonosítását (és annak helymeghatározását a hálózaton), de a topológiától független lokalizálás is programozható a földrajzi adatbázis felhasználásával.

A JTRS *hálózatmenedzsment* tudásalapú, távszabályzott hibaelhárítást és diagnosztikát tesz lehetővé akár a harcmezőn is, kezelve a felügyelet-nélküli csomópontokon üzemelő eszközöket, valós idejű átkonfigurálást téve lehetővé, az elosztott elemek konfigurációs adatbázisainak felhasználásával. Az interfészeken működő mobilitást biztosító protokollokkal a végfelhasználók helymeghatározásán túl a mobilitási információk regisztrálása is lehetővé válik a választható központosított, az elosztott vagy a többszörös kötésű (multi-tiered) regisztrációs struktúra formájában. A dinamikus szoftver-frissítési lehetőségek mellett valós idejű hálózati és felhasználói statisztikák jeleníthetők meg, a mobilitási információk regisztrálása és a dinamikus IP cím kiutalási képességekkel együtt. A hálózat összes menedzserénél egy valós időben frissített, közös hálózati kép jelenik meg, amelyből a hálózat minden eleme behatárolható és távfelügyelhető, de a rádiókészülékek konfigurációs információi is elérhetők. A hálózattervezéshez olyan menedzsment eszközök kerülnek kidolgozásra, amelyekkel a felhasználói igények függvényében a frekvenciasáv kiterjeszthető/csökkenthető, elérhetők a hálózati és útválasztó információk, a biztonsági előírások, a hullámforma változatok, a küldetés-specifikus követelmények, a prioritások és a rendszerkorlátozások.

Az előbb felsorolt képességek eddig csak az állandó telepítésű hálózatoknál voltak biztosíthatók, a mobilitást támogató protokollok használatával a JTRS rendszerekben mindez már mobil környezetben is megvalósíthatóvá válik.

1.4. A szoftverrádió kutatás-fejlesztés irányvonalai

A civil szoftverrádiók lényegesen korlátozottabb képességekkel rendelkeznek a katonai változatokhoz képest, hiszen az utóbbiaknál már maga a tervezés a széles frekvenciatartományban való üzemelést biztosítja (2 MHz – 2 GHz), és számos speciális, katonai hullámformát alkalmaz. Ennek ellenére nem elhanyagolható tény, hogy a civil-üzleti szférában figyelemreméltó minőségű csúcstechnológiájú alkatétel, modul került kifejlesztésre: nívós A/D konverterek, DSP chipek, RF erősítők, kijelzők, tápellátó akkumulátorok és adattárolási egységek jelentek meg a közelmúltban. A katonai szoftverrádiók hardverelemei is ezekből állnak össze, így a „polcra vehető” (Commercial-off-the-shelf, COTS) alkatrészek külön kutatás-fejlesztés nélkül alkalmazhatók.

A katonai szféra kutatási-fejlesztési tevékenysége ebből következően inkább az antennák, hullámformák és a szűrők területére tevődik át. [18]

A civil-üzleti kommunikációban alkalmazott *kisméretű, adaptív antennák*, nem kifejezetten mobil felhasználói csoportok számára lettek tervezve, sokkal inkább a bázisállomások lefedési cellájában való üzemelésre. **A katonai alkalmazásokban követelmény, hogy az antennák képesek legyenek a frekvenciaváltozások okozta fázis és amplitúdó eltéréseket lekezelni.** Olyan elektronikus hangolású antennákat célszerű alkalmazni, ahol a közösítő szűrőn több adott és vett jel áramlik egyazon időben. Ehhez hozzájön, hogy mindezt széles frekvenciatartományban, minőségromlás nélkül kell megvalósítani.

Jelenleg a következő kiemelt fejlesztési terveken dolgoznak:

- Széles frekvencia tartományban üzemelő, megnövelt hatásos felületű antennák kifejlesztése;
- Kisméretű, könnyűsúlyú elektronikus hangolású antennák, amelyek nem érzékenyek a fázisváltozásokra;
- Frekvenciakövető antennaközösítők fejlesztése, beépített szűrőkkel.

A civil-üzleti kommunikációs rendszerek kialakításánál arra törekedtek, hogy azok lehetőleg állandó körülmények között stabil, megbízható szolgáltatásokat biztosítsanak. A civil hullámformák szorosan kapcsolódnak a frekvenciasávhoz, jól leírható adatátviteli sebességgel, modulációs móddal, valamint forrás- és csatornakódolási technikákkal, de viszonylag korlátozott üzemeltetési feltételekkel rendelkeznek.

Ezzel szemben a katonai rádiórendszerekre sokkal inkább a változó körülmények közötti üzemelés a jellemző. A rádiós technológiák itt jóval erőteljesebb kihívásokkal kerülnek szembe, különösen a mobil egységeknél, a katonai műveletek végrehajtása során. A jelenlegi civil kutatások egy optimális szintű információ-áramlás biztosítására irányulnak. **Az optimalizált adatátviteli sebesség, modulációs módok, forrás- és csatornakódolási eljárásokkal szemben a katonai kutatások az adaptív moduláció és kódolás felé mutatnak a szoftverrádiók**

kialakításánál, az adaptív elvek alkalmazásával. A modulációs és kódolási adaptív eljárások több előnnyel is járnak:

- Lehetővé válik, hogy a demodulátor egység az időben, a frekvenciában vagy a térben alkalmazott adaptivitási eljárásával csökkentse, vagy akár kioltsa a káros interferenciajeleket;
- Gyors vivőszinkronizálás, időzítési szinkronizálás és az ezekhez tartozó minimális kisugárzási idő érhető el (megvalósul a rádió rejtettség);
- Az adaptív forráskódolás nagymértékben javítja a vég-vég közötti szolgáltatások minőségét.

Mind a digitális, mind a szoftverrádióknak szükségük van fejlett **sávszűrőkre**. A szűrők a vevő bemeneti egységben, a helyi oszcillátorban, a keverőkben és a rádiófrekvenciás teljesítményerősítő kimenetén kerülnek beépítésre. A szűrők jósága határozza meg a rádióvevő érzékenységét: gyakorlati tapasztalatok alapján aktív és digitális szűrők nem alkalmazhatók ezeken a helyeken, mivel nagyobb mértékű káros zajokat termelnek, mint passzív elemekből álló társaik.

Olyan szűrők kifejlesztése a cél, amelyek hagyományos induktív és kapacitív elemekből állnak, széles frekvenciatartományban hangolhatók, nagy érzékenységet biztosítanak a vevőoldalon, nagy teljesítményt képesek elviselni az adóoldalon, és mindezt kis méretben megvalósítva. Új jelfeldolgozási technikák kikísérletezése ugyancsak a célok között szerepel, ahol a nagy-érzékenységű szűrők monolit félvezető áramkörökön jelennek meg.

Az általános irányvonalak mellett nemzeti programok is készültek a szoftverrádiós kutatásokra, ezek szinte kivétel nélkül katonai vonatkozásúak. Jelenleg három számottevő kutatóprogram létezik: az amerikai összhaderőnemi harcászati rádiórendszer (JTRS) program, az angol haderőben a programozható digitális rádiók (Programmable Digital Radios, PDR), ebben főleg a szoftverből letölthető hullámformák kidolgozása a cél, míg a közös német-francia kutatások a több-funkciós, többsávú rádiók (Multimode, Multirole Radio, MMR) hardver és szoftverelemeit célozták meg fejlesztési célként.

1.4.1. Amerikai szoftverrádió kutatási program

A szoftver-vezérlésű rádióhoz alapul vett SPEAKeasy program megmaradt amerikai keretek között, és a DARPA szponzorálásában, kétfázisú megvalósíthatósági teszt sorozatot dolgoztak ki. Az első fázisban A/D konvertereket alkalmaztak a teljes rádiójel csatornán, valamint nagysebességű digitális jelfeldolgozó processzorokat a szűrésre és demodulálásra. A cél a teljes digitális frekvenciaátalakítás és a szélessávú jelfeldolgozás volt. A SPEAKeasy második fázisában moduláris rádióelemeket integráltak egy nyitott architektúrájú adatsínen. Ennek a célja, hogy a jelenlegi és a jövőben megjelenő hullámformák fejlesztésével egy egyszerű hardverfelépítést határozzanak meg, valamint a szabványok kidolgozásához keressenek jól leírható teszt körülményeket. [19]

A JTRS fejlesztési programjában a rádiók kialakításánál a miniatürizált formára törekednek és különböző csoportokba kerültek besorolásra.

Az 1. csoport (Cluster 1) szoftverrádió tervezett képességei:

- Interoperabilitás biztosítása a jelenlegi rádiókkal, a JTRS változatokkal;
- Hálózatosítás a jelenlegi hullámformákkal és az új szélessávú hálózatos hullámformával (Wideband Network Waveform, WNW);
- A rádiók többféle hullámformás üzemelése, a kézirádióknál 6, a hátirádióknál 10 hullámforma memóriában való tárolása;
- Többszintű titkosítás és programozható titkosítási algoritmusok.

A 2. csoport (Cluster 2) fejlesztése a THALES gyártotta AN/PRC-148 típusjelű kézirádión alapul, míg az 5. csoport (Cluster 5) kisméretű rádiói a tervek szerint olyan rendszerekben is használhatók lesznek, mint

- a felügyelet nélküli földi szenzorok (Unattended Ground Sensors, UGS);
- a pilótánélküli repülő járművek (Unmanned Aerial Vehicle, UAV);
- a felügyelet nélküli földi járművek (Unattended Ground Vehicles, UGV);
- az intelligens lövedékek (Intelligent Munitions);
- a hálózatos tűzösszpontosítás (Network Fires, Netfire).

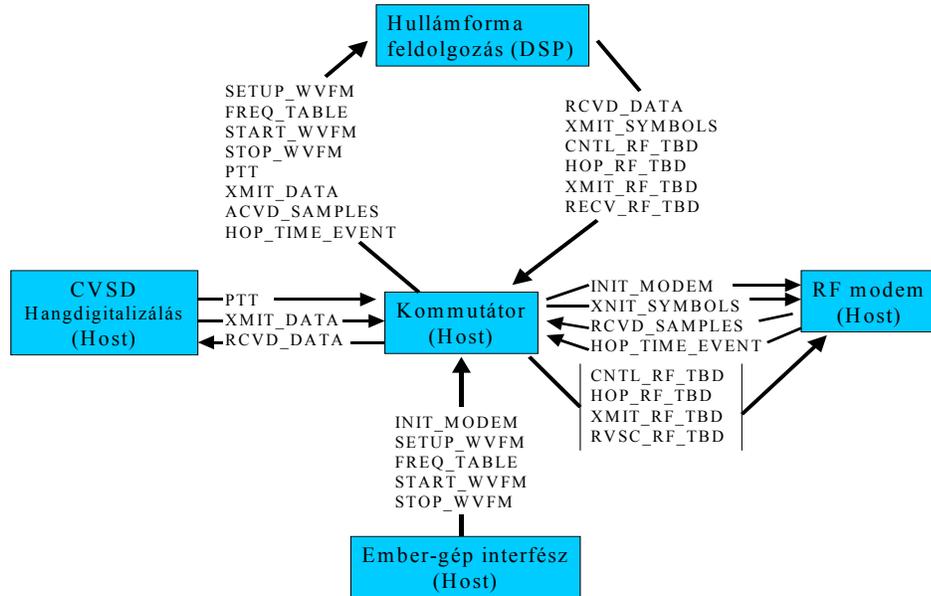
Csoport	Felhasználó	Rádiótípus	Frekvencia [MHz]	Fejlesztés kezdete	Új hullámforma
Cluster 1	Szárazföldi haderő	Kézi, háti, járműbe épített	2-30; 20-600; 1350- 2700;	2006	WNW
Cluster 2	Különleges Műveletek Parancsnoksága	Kézirádió	30-512;	2005	SRW
Cluster 3	Haditengerészet	Fedélzeti rádiók	n.a.	2008	WNW
Cluster 4	Légierő	Fedélzeti rádiók	n.a.	2006	WNW
Cluster 5	Szárazföldi haderő (Land Warrior)	Moduláris, többcélú felhasználás	450 -1000; 1350 -2700;	2006	SRW

8. táblázat: A JTRS rádiók csoportosítása a fejlesztésekhez. (Forrás:[20])

1.4.2. Angol szoftverrádió kutatás

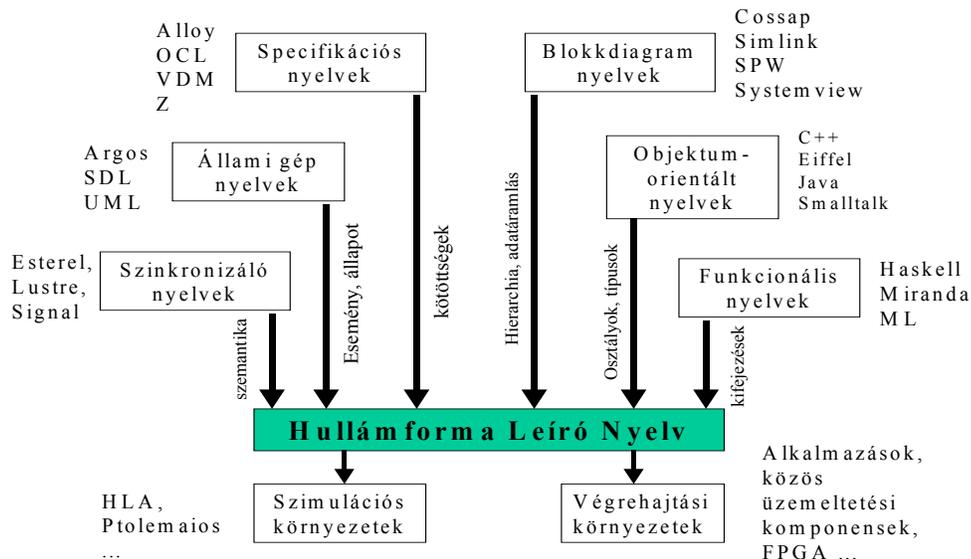
Az angol szoftverrádió fejlesztésekben a fő figyelmet a szoftverek kialakítására fordítják (új szoftveres hullámformák, üzemelési-szoftverek, alkalmazói szoftverek fejlesztése). Megalkottak egy teszt hullámformát (6. ábra) az amerikai SPEAKeasy eredményeinek nyomán, és ez a többsávós, több-hullámformás, modul rendszerű harcászati rádióban (Future Multifunction Multiband Multiwaveform Tactical Radio, FM3TR) kifejezetten a katonai alkalmazások kriti-

kus pontjait csökkentheti. A hullámforma egyúttal szabványként is funkcionál, hiszen az új rádiótervezési elvek kidolgozásában résztvevő négy tagország³¹ szoftveralapú hullámformáinak kutatás-fejlesztésében alapként szolgál.



6. ábra: Az FM3TR szoftverrádió jeláramlási diagramja. (Forrás:[21])

Egy hullámforma leíró (számítógépes) nyelv (Waveform Description Language, WDL) ugyancsak kifejlesztésre került (7. ábra), aminek segítségével a közös alapú szoftverfejlesztéseket lehet végrehajtani. A sokféle számítógépes nyelv integrálásával kialakított WDL mind a szimulációs környezetben, mind a végrehajtási (felhasználói) környezetben alkalmazható hullámformák kidolgozását segíti.



7. ábra: A WDL kialakulása és alkalmazása. (Forrás:[22])

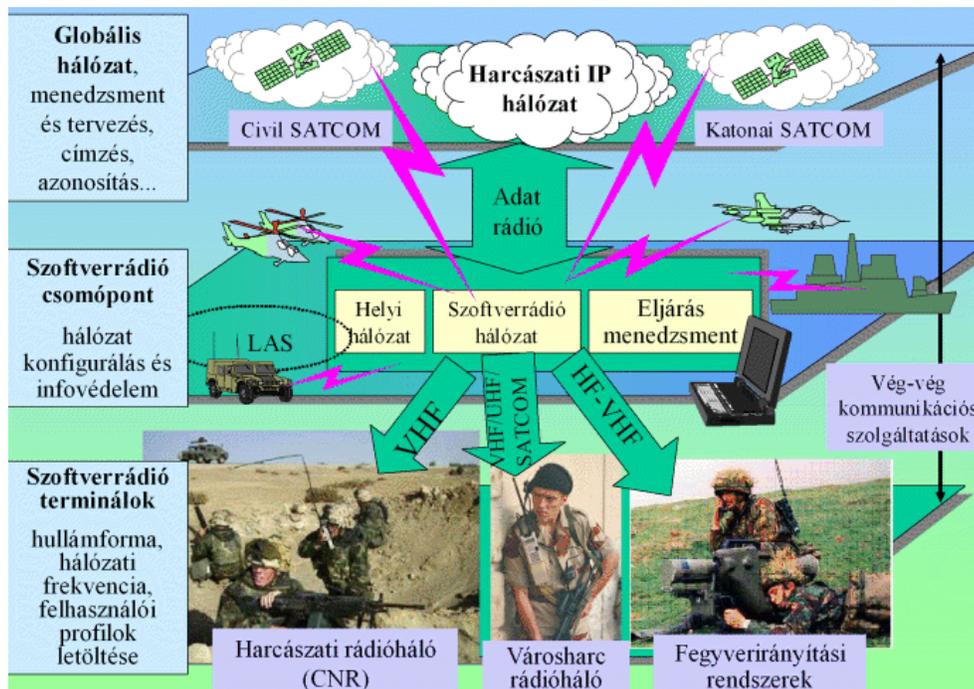
³¹ Ezek: az Egyesült Államok, Nagy Britannia, Franciaország és Németország.

1.4.3. Német-francia szoftverrádió kutatás

A közös német-francia, főleg katonai beszállító cégek közötti kooperációban fejlesztett többfunkciós, többsávós rádiók (MMR) az Eurorádió program keretében készülnek. A többfunkciós jelző a 1,5 – 600 MHz (távlati terv a 2,5 – 3 GHz) sávban üzemelni képes hardverkialakítás sajátja, figyelembevéve a már üzemelő civil és rendvédelmi rádiós rendszerek frekvenciaigényét.

Az Eurorádió program, mely az európai kontinens leglényegesebb kutatás-fejlesztése a szoftverrádiók területén, nemcsak figyelembe veszi a védelmi rendszereken kívül álló frekvencia-felhasználók jelenlétét, hanem igyekszik irányukba az interoperabilitást is kiterjeszteni. Ennek jó példája, a készenléti szolgálatok digitális rádiórendszere, a TETRA rendszer és a német Rohde & Schwarz cég M3TR nevű, többsávós, többfunkciós szoftverrádiója közötti interfész kifejlesztése. [23]

A német gyártmányú M3TR harcászati rádió, mint a neve is mutatja (M3) *többfeladatú*, mivel a harcászati rádiós alkalmazás mellett műholdas, GPS szolgáltatásokat is nyújt, LAN, ISDN és intranet vagy internet hálózatokhoz illeszkedik. A szoftverből letölthető katonai és civil hullámformáknak köszönhetően *többfunkciós*, nagy sebességű adatátvitelre képes (5,4 – 9,6 kbps RH-n és 64 kbps URH-n), valamint digitálisan kódolt, 16 kbps CVSD hangátvitelt biztosít. *Többcsávós*, mivel a 1,5 – 108 MHz, és a 20 – 512 MHz sávban képes üzemelni.



8. ábra: A szoftverrádió rendszerintegrációja. (Forrás: THALES)

A franciák részéről megfogalmazásra került a szoftverrádió rendszerintegrációja, amelyben a globális hálózathoz való csatlakozási képesség mellett a civil és katonai műholdas rendszerekhez való hozzáférés is biztosított. A harcászati (tá-

bori) kommunikációs rendszerben a szoftverrádió csomópontként szerepel, rugalmas hálózatkonfigurálást és fejlett információvédelmet biztosítva az interoperabilitás mellett, míg a szoftverrádió terminálok a szoftveralapú hullámformák révén a különböző harctéri helyzetekre kialakított harcászati rádióhálóokban és fegyverirányítási rendszerekben kapnak szerepet.

1.4.4. A szoftverrádiók jövőbeni alkalmazása

A szoftverrádiókban alkalmazott jelfeldolgozó processzorok fejlesztése összemérhető a számítógépek processzorainak fejlesztésével. Itt Gordon Moore (az INTEL egyik alapítója) hipotéziseire utalok, aki a következőket állítja [24]:

- Az integrált áramkörökre tehető tranzisztorok száma évente megkétszereződik;
- Az integrált áramkörök kapacitása kétévente megduplázódik – a mikroprocesszorok esetében ez az idő 18 hónap;
- A memóriákba integrált alkotóelemek száma két és félévente megduplázódik. A processzorok hatékonysága gyorsabban nő, mint a memóriáké, így a gyártók újabb és újabb tároló típusokat fejlesztenek ki, hogy a processzorok hatékonysága kihasználható legyen.

Az exponenciális növekedés a mágneses tárolóegységeknél és az optikai (üvegszál) távközlés területén is érvényesülni látszik, Moore törvényei így a számítástechnika mellett a civil távközlés némely területére is vonatkoznak, a hatás megjelenik a rádiófejlesztések – különösen a szoftverrádió – területén is. Ugyanakkor **a napjaink gyakorlatában megjelenő szoftver-vezérlésű rádiók a fejlett szolgáltatásaikat csak egy stabilan működő üzemelési környezetben képesek maximálisan felkínálni a felhasználóknak.** A szolgáltatások hatékony kihasználásához, a kommunikációs képességek fejlődéséhez az alábbi jellemzőket célszerű kialakítani:

- *Digitális harcmező.* Lényeges, hogy a kommunikáció mind függőlegesen (vezetés), mind vízszintesen (együttműködés) megvalósuljon.
- *A műveletek maximális információval való ellátása.* Hang-, adat- és lehetőleg videoszolgáltatás a harc, a művelet minden fázisában, előreprogramozott, zavarásmentes üzemmódokban.
- *A kommunikációs eszközök gyors hordozóeszközökbe építve.* Gyors előrevonás után rövid idejű telepítés, és gyors kommunikációs csatorna átadás (a felhasználóknak) lehetséges.
- *Önkonfigurációra képes rádiórendszerek.* Olyan eljárások kidolgozása, amelyek a bekapcsolás után automatikusan felépítik a szinkronizációt, azonosítják a felhasználói készülékeket, és stabilan üzemeltetik magát a rádiórendszert.

- *Maximális interoperabilitás.* A kölcsönös szolgáltatások biztosítása a stabil vagy gerinchálózati rendszerekkel, mindez szövetségi keretekben is (NATO közös műveletek).
- *Integrált hálózatmenedzsment.* A hálózat tervezés, konfigurálás, felügyelet fejlett szoftverekkel történik, rugalmas és gyors beavatkozási lehetőséget adva a kritikus helyeken.

Bár az előbb felsorolt jellemzők, vagy inkább elvárások az angol elveket tükrözik [25], ezek nem állnak távol egyetlen NATO-tagország kommunikációs rendszerének a megvalósítási követelményeitől. Az amerikai elvek már rögzítik, hogy a szoftverrádió szervesen beépül a C4ISR infrastruktúrába: az alkalmazott szoftverektől függően a híradó és elektronikai felderítés, a navigációs és azonosítási rendszerek, az elektronikai hadviselés, az információs műveletek, az elektronikai elhárítás területén, valamint a rakétairányzásban, vezérlésben kaphat kiemelt szerepet. [26]

A kutatás-fejlesztés kiemelt programjai alapján az USA haderejében már 2006 végétől tervezik a SINCGARS harcászati rádiórendszer lecserélését a JTRS rendszerre. Az angol és német-francia kutatások eredményeivel szintén belátható időn belül találkozhatunk a digitális harcmezőn, míg az angol BOWMAN rádiórendszer RH rádiókészülékei az ottani tendernyertes HARRIS FALCON II. szoftverrádiókkal kerül kialakításra 2004 végétől kezdve.

1.5. Összefoglalás és következtetések

A tudományos felfedezések (pl.: az elektroncső, a félvezető dióda, a tranzisztor vagy az integrált áramkör) viszonylag rövid idő alatt alkalmazásra kerültek a készülékek sorozatgyártásaiban (elsősorban a nyugati haderőknél), és ez a trend napjainkban fokozottan jelentkezik. Olyan korban élünk, amikor nemcsak új termékek, szabványok jelennek meg, hanem az elavultnak kikiáltott *analóg technológiák helyét digitális eljárások veszik át.* Ide kapcsolódik a számítógépek rohamos térnyerése: a digitális jelfeldolgozásban a 18 hónaponkénti processzorteljesítmény megduplázódása az elektronika más ágazataiban is megjelenik.

A hidegháborús veszélyek csökkenésével (a 80-as évek közepétől) a technológiák-technikák egyre inkább kívül esnek a valamikori katonai „elsődlegességen”, és a civil szférában, profitorientált vállalatoknál, üzleti megfontolások alapján történik a kutatás-fejlesztés nagy többsége. Nem hagyható figyelmen kívül az a tény sem, hogy a gazdasági, üzletpolitikai megfontolások átbillentek a civil fogyasztói szféra igényeinek kielégítésére, és a katonai szükségletek, a katonai technológia minőségi fejlesztése már nem a közvetlen háborús veszélyeztetettségéből fakad.

Ugyanakkor a modern hadviselésben megjelenő új elvek és az ezekhez tartozó doktrínák, műveleti előírások egy korszerű kommunikációs rendszer meglétét feltételezik, erre épülnek. A vezetés-irányítás számítógépes támogatottságának fejlesztésével lehetővé válik, hogy az információs rendszerek mellett megjelenjen a harcászati helyzetismeret és az ebből kialakítható harcászati kép, mely a műveletek tervezésében és végrehajtásában fontos szerepet játszik.

A civil mobilkommunikációs rendszerekkel szemben a katonai kommunikációs rendszerek általában hosszabb időre kerülnek kialakításra – rendszerint 15-20 év a rendszerben tartás ideje –, és az elektronikai hadviselés eszközeire ellen is hatékony védelmet nyújthatnak.

A napjaink harcászati rádiórendszereiben megjelenő digitális rádiók a mikroelektronika gyors fejlődését kihasználva már szoftveresen programozható hardverelemekből épülnek fel, és fejlett, digitális szolgáltatásokat biztosítanak a felhasználóknak: hang-, adat-, és videoátvitelt; a csomagkapcsolt elvű hálózati forma pedig lehetővé teszi a fegyverrendszerek vezérlését és a katonai üzenetkezelő rendszerek támogatását. A videoátvitel mindazonáltal még fejlesztésre szorul, többek között erre irányulnak a szoftvrádiós kutatások-fejlesztések.

A civil szoftver-vezérlésű rádiók fejlesztése mellett (SDR Fórum) egyes országokban katonai fejlesztések folynak a rádiók fejlett hálózati képességeinek kialakítására és üzemeltetési feltételeinek megteremtésére. A moduláris felépítéssel, a sáv szélesség növeléssel és csatornabővítéssel, valamint a szoftveralapú hullámformák kifejlesztésével párhuzamosan kísérletek folynak az adaptív moduláció és kódolás, a fejlett sávszűrők, és a kisméretű, adaptív antennák fejlesztésének területén. Az angoloknál egy teszt hullámforma (FM3TR) és egy hullámforma leíró nyelv (WDL) került kifejlesztésre, míg a közös német-francia kutatás-fejlesztés eredményeképpen már készülékszínten megjelenik a készenléti szolgáltatásokkal való hatékony együttműködés lehetősége. Az amerikai kontinensen az összhaderőnemi harcászati rádiórendszer (JTRS) kialakítása folyik, amely rádiók az alábbi fejlettebb jellemzőkkel bírnak a digitális rádiókkal szemben:

1. *Közös nyitott felépítés.* Egy nyitott, szabványos felépítéssel megvalósítható az interoperabilitás, a fejlettebb technológia egyszerű behelyezése, a gyors továbbfejlesztés, a korábbinál gyorsabb szoftveres átkonfigurálás.

2. *Kiterjesztett sávú, többfunkciós képességek.* A jelenleg használt többsávú rádiókhoz képest a JTRS rádiók kiterjesztik a használható frekvenciákat a 2 MHz – 2 GHz közötti sávba, de a tervek szerint ez tovább fog nőni, egészen 3 GHz-ig.

3. *Hálózatosítás lehetősége.* A jelenlegi hálózatok protokolljainak hozzáadásával a JTRS rádiók hálózatos képességei kiszélesednek: a hang- és adatátvitel mellett megjelenik a minőségi videoátvitel lehetősége.

4. *Fejlett titkosítás.* A JTRS felépítés új lehetőségeket ad a harcászati kommunikációs rendszerek titkosításának fejlesztésében: a programozható kriptográfiai képesség, az akadálytalan titkossági szintképzés lehetősége magába foglalja a kulcsmenedzsmentet, a szoftver menedzsmentet, a minősítés menedzsmentet, valamint a felhasználó azonosítását és hitelesítését.

A katonai szoftverrádiók jövőbeni alkalmazásainál nem hagyható figyelmen kívül, hogy a készülékek a fejlett szolgáltatásaikat csak a digitális harcmező kialakításával és annak működési környezetében képesek maximálisan felkínálni a felhasználóknak.

Következtetések:

- A digitális rádiókészülékek kifejlesztése sokkal gyorsabban megvalósítható, mint a korábbi analóg készülékeké, és a moduláris technológia alkalmazásával az esetleges javítási idő is lényegesen lecsökken.
- Egyre erőteljesebben meghatározóvá vált és válik napjainkban is, a civil kereskedelemben beszerezhető egységek felhasználása a katonai kommunikációs rendszerekben, kihagyva a drága, hosszadalmas, speciális igények szerinti fejlesztési fázisokat.
- **A civil fejlesztésű alkatrészek felhasználása elfogadható a katonai rádiófejlesztésekben, de nem hagyható figyelmen kívül a magasabb szintű biztonsági követelmények.**
- A digitális technológián alapuló hardver és szoftver elemek összehangolt fejlesztése, valamint a jelfeldolgozó processzorok alkalmazása által lehetővé válik egy olyan összefüggő rádiórendszer kialakítás, amely a korábbinál magasabb szintű szolgáltatások nyújtására-fogadására képes az összhaderőnemi vagy a többnemzetiségű katonai műveletekben. Ugyanakkor **az ilyen elemekből felépített készülékek, de komplett rendszerek vizsgálata is az elektronikai harc változatainak alkalmazása mellett mindenképpen szükséges.**
- A szoftverrádiós fejlesztések során kialakulófélben lévő technológiai háttér jelentősen túlmutat a hagyományos rádiófejlesztési elveken: a digitális technológiák előnyeit kihasználva, – integrálva azt az informatikai kutatások eredményeivel –, a korábbinál hatékonyabb, összhaderőnemi szintű működtetésre alkalmas rendszer kialakítását teszik lehetővé.
- **A szoftver-vezérlésű rádiók, szoftverrádiók rugalmas rendszerkialakítási lehetősége előnyösen használható ki az új katonai, feladatorientált szervezeti változásokban, mivel a felhasználói igények változásai, a szolgáltatási paraméterek sokkal rugalmasabban és egyszerűbben köthetők a megváltozott szervezeti beosztásokhoz.**

2. fejezet.

Katonai rádiók, rádiórendszerek alkalmazásai

A rádióeszközök koordinációs alkalmazására az egyik legszemléletesebb történelmi példa a német páncélos csapatok gyors előretörése a Somme folyó torkolatáig 1940-ben, amikor stratégiai előnyt szereztek a szövetséges angol – francia csapatok megosztásával. A németek gyors manőverezése – különösen az Ardenneknben – nem sikerülhetett volna a *precízen megszervezett* rádióhíradás nélkül. Guderian tankjai és motorizált gyalogsága olyan gyorsan tört előre, hogy ellenfeleinek nem maradt ideje a hidak és egyes útszakaszok megrongálására, a támadás késleltetésére. [27]

A 20. század végének korszerű katonai műveleteiben ugyancsak döntő fontosságú a csapatok mobilitási képessége. A gyors helyzetváltoztatások, erőösszpontosítás, szétbontakozás, manőverek végrehajtása szükségessé teszi a katonai kommunikációs rendszer mobil szegmensének, a harcászati rádióhíradásnak az egyre erőteljesebb alkalmazását. A gép- és harcjárművekbe épített rádiókészülékek teszik lehetővé, hogy menet közben, a műveleti dinamika megtörése nélkül is képesek legyenek kommunikálni egymással a harcolók vagy feladatvégrehajtók, jelentéseket tegyenek előljáróiknak, a kiadott utasításokat végrehajthassák, illetve együttműködési képességekkel rendelkezzenek a szomszédokkal, a szövetségesekkel.

2.1. A katonai rádióhíradás jellemzői

2.1.1. A rádióhíradás előnyei és hátrányai

A katonai rádióhíradás napjainkban a következő főbb előnyöket biztosítja:

- Gyors telepíthetőség;
- Könnyű továbbfejleszthetőség (teljesítménynövelés, stb.);
- A vezetés-irányítás támogatása;
- Támogatja a mobilitást a műveletekben;
- Támogatja az együttműködést a készenléti és katonai műveletekben;
- Támogatja a különböző szállítási típusokat (földi, vízi, légi);
- Interoperabilitás a nemzeti készenléti szolgálatok felé, de a multinacionális egységek között is.

Jelentős akadályok jelentkezhetnek azonban az alkalmazásban:

- Az adás során kialakuló felharmonikusok megjelenése a spektrumban;
- Napszakokhoz kötött többszöri frekvenciaváltás a változó terjedési viszonyok miatt (RH sávon);

- A többutas terjedés problémái (felületi és térhullám az RH sávon);
- A doppler effektus hatása az ionoszférában (RH sávon);
- Ön és kölcsönös zavarok a felhasználóknál.

A rövidhullámú sáv problémáinak megoldására dolgozták ki az automatikus összeköttetés felvételt (Automatic Link Establishment, ALE)³², amely eljárás előnyei főleg az állomások azonosításában, az összeköttetés felvételében használhatók ki; valamint az összeköttetés minőség analizálásának eljárását (Link Quality Analysis, LQA)³³, amely automatikusan vizsgálja az optimálisan kiválasztott frekvenciák minőségét a kapcsolat fennállásának ideje alatt.

Az ultrarövid hullámú frekvenciákon üzemelő civil, mobiltelefonos rendszereknél a cellákon belüli bázisállomásokra helyezett rádió-ismétlőket (repeater) használnak a rádiótelefonok hatótávolságának növelésére, amely eljárás a katonai rádióhíradásban is használatos. A földközben telepített rádió-ismétlő feladata, hogy vegye a rádiójeleket egy kijelölt frekvencián, azt felerősítse és átkonvertálja egy másik frekvenciára, amelyen a címzett rádióvevője felé sugározza a hasznos jeleket. (Ezt az eljárást retranszlálásnak is nevezik).

Ugyancsak ez a módszer használatos, ahol nem mindig biztosított az adó és a vevőantenna „rálátása” egymásra (például: ha az egyik állomás völgyben települt, ekkor a hegygerince helyezik a rádió-ismétlőt, hogy az árnyékolt terepszakason települt rádió képes legyen kommunikálni).

2.1.2. A frekvenciafelhasználás alapjai

Az ENSZ szervezetén belül a Nemzetközi Távközlési Unió (International Telecommunication Union, ITU) illetékes világszerte a rádiófrekvenciák kiosztásának és használatának a szabályozásáért, míg Európa területén a Postai és Távközlési Igazgatások Európai Értekezlete (Conférence d'Europe Poste et Transmissions Administration, CEPT)³⁴ szervezete koordinálja a frekvenciákat, így a katonai - polgári felhasználás ellenőrzéséért is felel.

A rádiófrekvenciák irányított hozzáférése biztosítja a fegyveres erők műveletvégrehajtását, ugyanakkor a frekvenciagazdálkodás a NATO-n belüli szabványosítással és a frekvenciahasználat koordinálásával a többnemzetiségű erők interoperabilitását is elősegíti. Mivel a multinacionális erők soraiba napjainkban már nem csak a NATO-tagországok csapatai tartoznak, a partner országokra is ki kell terjeszteni a párbeszédet és a koordinációt e kérdésben.

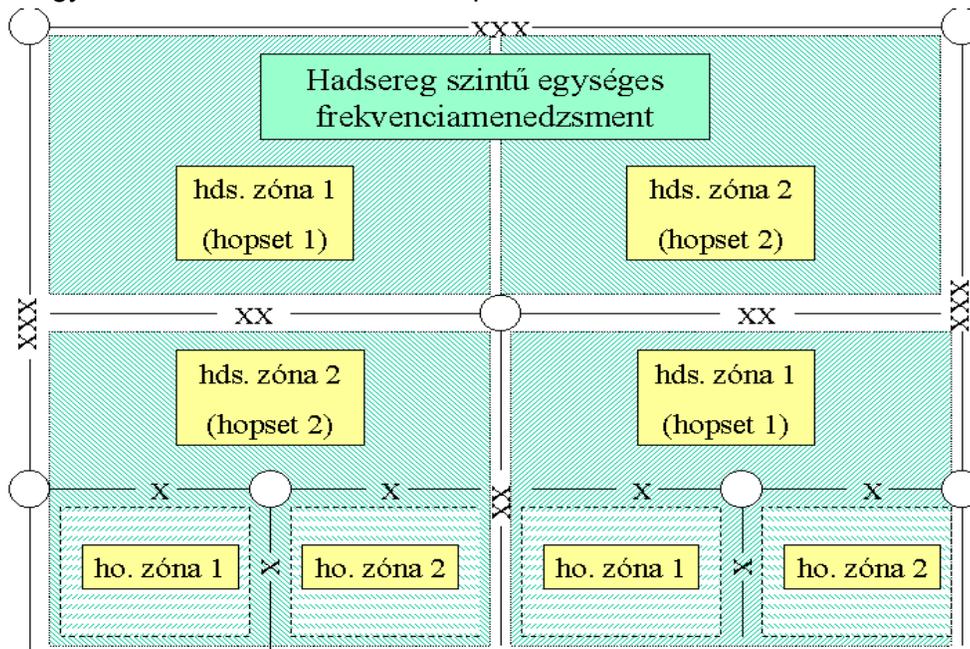
³² Automatic Link Establishment (ALE): Egy rövidhullámú rádió a kezelő közreműködése nélkül képes felvenni a kapcsolatot egy másik rövidhullámú rádióval. ALE technikák: automatikus és szelektív hívás, automatikus hívásátadás, csatorna szkennelés és választás, üzenettárolás, címzés védelem, LQA.

³³ Link Quality Analysis (LQA): A jel minőséget meghatározzák a bit hibajavítás (bit error ratio, BER), a jel/zaj és torzítás viszonya (SINAD), valamint a többutas terjedés (multipath, MP). Ezek megfelelő minősége alapján lehet stabil az ALE.

³⁴ Az ITU európai, regionális megfelelője.

Az 1996 áprilisában kiadott Frekvencia Tervezési Útmutató [28] alapelvei szerint a frekvenciamenedzselés három fő pont köré csoportosítható:

- *Frekvencia-újrafelhasználás*, mely kétféle ma ismert módszerrel, az időelosztással és a földrajzi elkülönülés szerinti elosztással valósítható meg. Az időelosztás általában a rövidhullámú rádiók napi frekvencia-kiosztásán alapul (az ionoszféra E és spóratikus F rétegeinek napszaktól függő, eltérő tulajdonságai miatt), míg a földrajzi elkülönülés a rövidebb távolságú rádiós kapcsolatokban jelentkezik (ilyenek főleg az URH sávon üzemelő rádiók). A második módszert alkalmazzák egyébként a leggyakrabban a katonai rádióhíradásban is (harcászati rádióháló). A 9. ábrán az egyes felelősségi körzetekben történő frekvencia újrafelhasználás elve figyelhető meg, a frekvenciaugratási viszonylatok feltüntetésével.
- *Előrejelzési számvetések*. A rádióhíradás kialakításában meghatározó szerepet játszanak az alkalmazott berendezések teljesítményviszonyai, valamint az ezzel összefüggő antenna iránykarakterisztikák számbavétele. Nem elhanyagolható a domborzat szerepe, valamint az RH viszonylatokon az ionoszféra változásainak előrejelzési táblázatai.
- *Frekvencia-koordináció*. Az ITU és a nemzeti táblázatok alapján történő felhasználható és „tiltott” frekvenciák számbavétele, illetve adott hadszíntér frekvenciaszükségletének meghatározása tartozik ide. A hadszíntér felelősségi körzetein belüli frekvencia-koordináció szintén lényeges elem: a művelet-végrehajtók csoportosításának megfelelő felelősségi körzetekben ugyancsak számolni kell a rádióspektrum koordinálásával.



9. ábra: A kiosztható frekvenciák újrafelhasználása. (Forrás:[29])

Rendszer (r.) Ország	vezetési- irányítási infor- mációs r.	harcászati (tábori) komm. r.	harcászati rádió r.		harcászati mű- holdas r.	harcászati internet	fegyverirányítá- si rendszer
			RH	URH			
USA	MCS FBCB2	MSE (TRI-TAC)	IHFS	SINCGARS	FLTSATCOM DSCS II-III MILSTAR	Tactical Internet	AFATDS AMPDC, stb.
Kanada	MESHNET, ATS	IRIS	2006-tól JTRS (terv)				
Nagy Britannia	ATacCS / Combat	PTARMIGAN (MRS)	HF system	ARCHER	SKYNET4	BOWMAN Tactical Internet	ADCIS BATES, stb.
Franciaország	MESREG, SIC-F	RITA2000 (ARISTOTE)	Systeme3000 CARTHAGE	PR4G			
Németország	HEROS / FAUST	AUTOKO90	FARCOS, HRS7000	SEM 173- 193	NATO IV.	TACTIS (SIR program)	ATLAS MISTRAL, stb.
Norvégia	NORCCIS	TADKOM	HF system	MRR			
Dánia	DACCIS	FIKS	HF system	PR4G			
Hollandia	ISIS	ZODIAC	HF system	PR4G			
Belgium	SICBEL	RITA2000	BAMS rádiórendszer				
Portugália	SICCE	(EID product)	P/GRC-525 család				
Spanyolország	SIMACET	RBA	HF system	PR4G			
Olaszország	MIDAS	SOTRIN	HF system	n.a.			
Görögország	HARCCIS	HERMES	HF system	PR4G			
Törökország	TKKBS	TASMUS	ISTAR rendszer				
Lengyelország	SZAFRAN	STORCZYK	HF system	PR4G	n.a.	n.a.	n.a.
Csehország	GF-TCCS	n.a.	R-150S	RF 13	n.a.	n.a.	n.a.
Magyarország	HAVIR	tender	tender	MRR	n.a.	n.a.	ÁRPÁD

Forrás: Jane's Military Communications 2001-2002

9. táblázat. A NATO-tagországok információátvitelben szerepet játszó harcászati kommunikációs rendszerei.
(A 2002-es forrás miatt itt nem szerepelnek a 2004-ben taggá vált országok rendszerei)

A 9. táblázat összefoglalja a NATO-tagországok információátvitelben szerepet játszó harcászati kommunikációs rendszereit, és a következő alfejezetekben gyakran hivatkozom ezekre.

2.2. A katonai rádióhíradás eszközrendszere

2.2.1. Harcászati kommunikáció rövidhullámú rádiókon

A rövidhullámú harcászati rádiót rendszerint *nagy távolságon* a hang-, illetve az adatátvitel biztosítására használják.

A rövidhullámú rádióhálózatok elemei között található az általában 20 W-os teljesítményű hátirádió, míg a nagyobb teljesítményű készülékek gép- és harcjárművekbe építve jelennek meg. A nagytávolságú híradás hatékony feladatvégrehajtást eredményez az egymástól jelentős távolságra lévő lövész- és harcokosi csapatok között, lehetővé válnak a szinkronizált művelet-végrehajtások. További alkalmazása a felderítő csapatok híradásában elsődleges, (mind a csapatfelderítők, mind a mélységi felderítők kommunikációjában megtalálható), de a vezetési és logisztikai hálózatokban is alkalmazható a stabilizált linkek (például ALE) kialakításának köszönhetően.

A rövidhullámú rádiórendszerekre jellemző példa a francia haderő CARTHAGE nevű rádióhálózata [30], amelyben a készülékek beszéd- és adatkapcsolatai összekötik a hadszíntér minden vezetési szintjét. A CARTHAGE a Thales gyártotta 3000-es rendszer (Système 3000) készülékeiből áll, analóg és digitális hangátvitel, ACP-127 szabvány szerinti parancsnoki és harcászati adatüzenetek, MS Exchange típusú e-mail, fax, valamint file- és képtranszfer szerepelnek a szolgáltatások között. A NATO-tagországok rövidhullámú rádiórendszerei a 9. táblázatban jelennek meg összesítve.

2.2.2. Harcászati kommunikáció ultrarövid hullámú rádiókon

Általában a dandár szint alatti szervezeteknél (zászlóalj, század, szakasz) válaszol meg az elsődleges szereppel bíró rádióhíradás a VHF sávon, míg dandárszinten és a fölött csak kiegészítő, a tartalék szerepét szánják neki. [31]

A VHF sávú URH rádiókból alakítható ki a harcászati rádióháló (Combat Net Radio, CNR). Jellemző példák: az amerikai SINCGARS, az angol CLANSMAN (2004 végétől már BOWMAN), a francia PR4G, a német SEM-93. A NATO-tagországok harcászati rádiórendszerei a 9. táblázatban jelennek meg összesítve.

Az UHF sávú URH rádiót alapvetően csak távbeszélő összeköttetésre alkalmazzák, amikor a szárazföldi csapatok és az őket támogató csapatrepülő egységek közötti kapcsolatokat kell elérni. Az ebben a sávban alkalmazott rádiók ma már általában a szélessávú rádiók közül kerülnek ki, amelyek egyben többfunkciósak is, tehát használhatók a rövid- és ultrarövid-hullámú összeköttetések biztosítására is.

Dandárszint alatt a következő rádióháló típusokba szervezve jelentkeznek a harcászati rádióhíradás:

- *Parancsnoki (vezetési) rádióháló*³⁵, amelyben egy hálóba szervezik a különböző szintű parancsnokokat a csapatok harcvezetésére. A zászlóalj, mint önálló alegység alkalmazása mind a harctevékenységek, mind a béke-tevékenységek során előtérbe kerülhet;
- *Törzs rádióháló*, amely adott egységek, önálló alegységek törzseinek biztosítja az információcserét, valamint a döntés-előkészítés információgyűjtését;
- *Felderítő rádióháló*, a felderítési adatok továbbítására szolgál a döntés-előkészítésnél, valamint a folyamatos helyzetértékeléshez, a szembenálló félnél bekövetkező változások jelentésére;
- *Tűz- és manővertámogató rádióháló*, amely a hadművelet során aktivizálódik és kapcsolatot jelent a különböző haderőnemek között, a tűz- és manőver-irányító csoport vezetésével. Ez összhaderőnemi jellegű, hiszen adott hadművelet sikeres végrehajtása a jelenlegi NATO-elvek szerinti hadműveleti-, harctámogatási elvekben ezt követeli meg;
- *Logisztikai/menet rádióháló*, a harcanyagok utánpótlásának folyamatos biztosítására, a szállítások irányvonalának, időbeniségének nyomon követésére szolgál.

Az előbb felsorolt ötféle rádióhálózat a NATO szemlélet alapján biztosítja a műveletek sikeres végrehajtását. Lényeges, hogy ezek kiegészülhetnek különleges információszolgáltatási hálózatokkal, ahol a rádiócsatornák informatikai átviteli utakat biztosítanak, különböző adatmegjelenítők csatlakoztatásával, a mindenkor parancsnoki elhatározás maradéktalan megvalósítására. Erre példa a harcászati internet hálózat, amely a 2.3. alfejezetben kerül elemzésre.

2.2.3. URH kézirádiók a harctéren

Békefenntartó műveletekben, amikor nem kell tartani az ellenséges rádiózavarástól, a katonák a minél könnyebb rádiókészülékeket részesítik előnyben, mivel az egyéb felszerelés (golyóálló mellény, fegyver, lőszer, stb.) is jelentős terhelést okoz hosszútávon, például egy őrzési feladat ellátásánál. A katonai készülékek-nél kisebb súlyú (és olcsóbb) COTS rádiók számottevő alternatívaként jelenhetnek meg a békefenntartó műveletekben.

COTS kézirádiók jelentek meg a boszniai hadszíntéren, és a „családi” (Family Radio Service, FRS)³⁶ készülékek legálisan üzemeltethetők voltak a boszniai kormánnyal történt frekvencia-használatra vonatkozó megegyezés után. A Stars

³⁵ Egy olyan híradó hálózat, amely a parancsnoki vezetés érdekében, egy parancsnoki szintet néhány, vagy az összes alárendelt parancsnoki szinttel összeköt. AAP-6 (2002)

³⁶ Az USA-ban, 1997-óta létezik az úgynevezett családi rádiószolgáltatás (Family Radio Service, FRS), melyet az amerikai Szövetségi Kommunikációs Bizottság az UHF sávban, a 460-470 MHz között engedélyezett üzemeltetni. Napjainkban az FRS megjelent az európai kontinensen is.

and Stripes magazin [32] szerint Boszniában a legnépszerűbb COTS rádió a Motorola TalkAbout T6400 típus volt. Az amerikai katonai boltok katalógusában szereplő készülékeket a katonák nagy számban vásárolták – még a professzionális minőségűeket is –, amelyek szinte kiváltották a SINCGARS rádiók hatótávolságát, jóval kisebb súlyban.

Felismerve ezt a trendet az amerikai szárazföldi haderőben is COTS kézirádiókat kezdtek rendszeresíteni, már 1998-tól. A választott készülék, az ICOM IC-F3S típusú URH rádiók a szakaszon belüli híradás rádióeszközeiként kerültek megvásárlásra. Néhány katonai művelet során azonban kiderült, hogy a rádiók nem működnek megbízhatóan, és a nagy fogyasztás miatt hamar lemerülnek. **Az igények gyors kielégítése miatt nem került sor a rendszeresítés előtti csapatpróbára, amely felfedhette volna ezt a negatívumot.**

A másik COTS terméket, amelyet a 82. légideszant hadosztálynál rendszeresítettek – a *Garmin Rino*-t –, viszont sokkal inkább helymeghatározásra használják a katonák, mint kommunikációra. Kiderült ugyanis, hogy rádióként használva nagyon hamar lemerül az akkumulátora, így csak a beépített GPS vevőt veszik igénybe, egymás helyzetét megállapítani egy 2 mérföldes (kb. 3km) sugarú körben. (Ismételten elmaradt a csapatpróba.)

Harchelyzetekben viszont nem alkalmazhatóak a COTS rádiók, mivel itt alapkövetelmény a frekvenciaugratás képessége. Az amerikai speciális egységek például az afganisztáni és iraki műveletekben a THALES cég által gyártott, *AN/PRC-148* típusjelű, többsávós (Multi-Band Intra/Inter Team Radio, MBITR)³⁷ kézirádiókat használtak, melyek szélessávban üzemelnek (30-512 MHz), hang- és adatátvitelre képesek. A katonák használhatónak ítélték a készüléket: stabil, információvédett kommunikációt biztosított a harchelyzetekben és csatlakozik a helymeghatározó és navigáló rendszer GPS-éhez is. A készülék használhatóságát az is bizonyítja, hogy szerepel a 2. csoportú (Cluster 2) szoftverrádiós fejlesztések sorában. (6. táblázat: A JTRS rádiók csoportosítása a fejlesztésekhez.)

2.2.4. Harcászati kommunikáció műholdas rendszereken

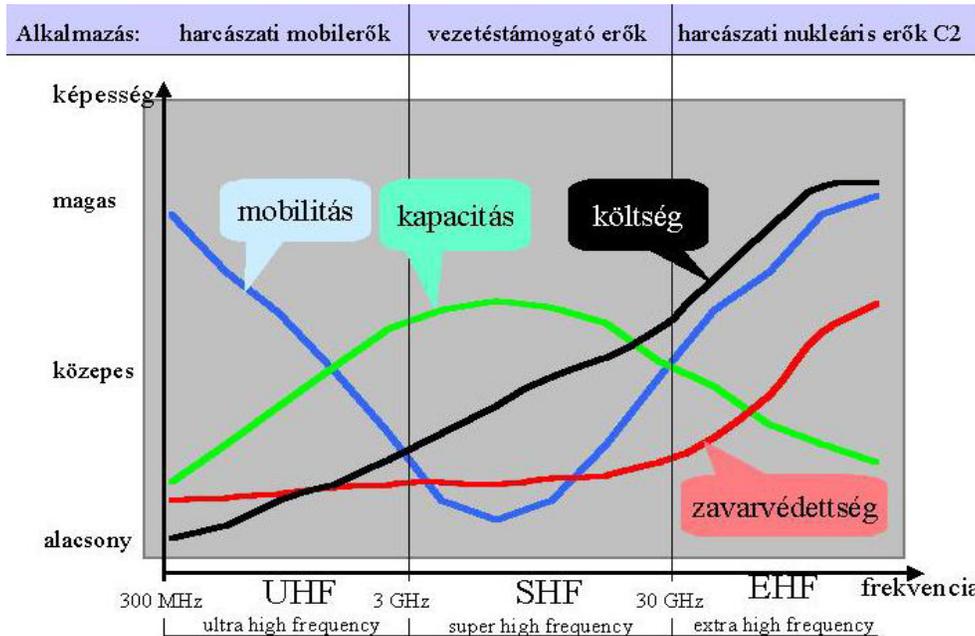
Az ultrarövid-hullámon üzemelő rádióeszközök hatótávolság növelésének egy hatékony módszere, hogy nem földközelen telepített rádió-ismétlők alkalmazásával dolgoznak, hanem az ismétlőket tartósan helyhez kötött léggömbökön, léghajókon vagy műholdakon telepítik. A műholdon lévő transzponderok³⁸ funkciója megegyezik a földi rendszerek rádió-ismétlőivel, csak a frekvenciák megnevezése változik: a műhold felé sugárzott adás frekvenciáját „felcsatlakozásnak” (uplink) nevezik, míg az onnan lesugárzott adását „lecsatlakozásnak” (downlink). Általában a deciméteres frekvenciasávban (UHF) dolgozó felcsatlakozó frekven-

³⁷ Az MBITR egy többsávós, szakaszon belüli és szakaszok közötti, hang és adatátvitelre képes kézirádió. Rendszerben van az amerikai tengerészgyalogságnál, és a speciális erőknél, néhány szakértő véleménye szerint egyfajta szabványt teremtett a kézirádiók között.

³⁸ Transzpondernek hívják a műholdon elhelyezett adó-vevőket, amelyek veszik és átjuttatják a kommunikációs jeleket.

ciák a 292,95 – 310,95 MHz között, míg a lecsatlakozó frekvenciák a 250,45 – 269,95 MHz között találhatóak. [35]

A harcászati műholdas (TACSAT) rendszerek, hasonlóan a földi rendszerekhez, széles körű híradási követelményeket és igényeket elégítenek ki. Ahogy a szárazföldi hadviselésben szükség van mind a rövidhullámú, mind az ultrarövid hullámú harcászati rádiókra, a harcászati műholdak felhasználásának is különböző kategóriáit alkották meg: egycsatornás és többcsatornás rendszerek.



10. ábra: A harcászati műholdak karakterisztikái. (Forrás:[33])

A 10. ábra szerint az amerikai harcászati mobil erők (viszonylag) alacsony költségű, nagy mobilitású műholdas eszközökkel rendelkeznek (FLTSATCOM, AFSATCOM, LEASAT és UHF követő műholdas rendszerek és földi terminálok), amelyek ugyanakkor alacsony szintű zavarvédettséget és csak kis átviteli kapacitást képesek biztosítani. A vezetéstámogató erők műholdas viszonylatai – ezek elsődlegesen a Védelmi Műholdas Híradó Rendszer (Defense Satellite Communications System, DSCS) elemei – nagy kapacitással rendelkeznek, viszont az emelkedő költségek mellett nem rendelkeznek számottevő mobilitással. A harcászati nukleáris erők vezetési-irányítási műholdas rendszerénél (MILSTAR) a közepes mobilitási képesség és a megkövetelt zavarvédettség azonban már igen magas előállítási költségeket von maga után.

Nem hagyható figyelmen kívül a műholdak élettartama sem, amely kb.10-15 év, a napelemek elöregedése után mindenképpen frissíteni kell a rendszer elemeket újabb műholdak pályára állításával, így a költségek a megtérülés helyett tovább nőnek.

Az *egy csatornás műholdas rendszert* (Fleet Satellite, FLTSAT System) elsősorban a haditengerészet használja, de a légi erő is rendelkezik fenntartott csatornákkal. Mivel a szárazföldi haderő nem rendelkezik saját csatornákkal, így a műveletek során közvetlen hozzáférési igényt kell egyeztetni a haditengerészet és a légi erő vezető szerveivel, illetve az Összhaderőnemi Híradás Műholdas Központjával (Joint Communications Satellite Center, JCSC). Az egy csatornás műholdas rendszer hozzávetőleg 600 földi terminállal rendelkezik, az űrszegmensen pedig nyolc, szinkron orbitális pályán mozgó műhold alkotja.

Csatornák		Felhasználó	Sávszélesség
1 db közepessávú csatorna		Fenntartva a US Haditengerészet speciális, 15 kHz-es, SHF sávú jelének sugárzására (hajó pozicionáló jel)	25 kHz
9 db közepessávú relécsatorna		Általános felhasználás bármilyen FM adatátvitelre és hullámformára	25 kHz / csatorna
12 db keskenysávú csatorna		US Légierő (AFSATCOM) adatátvitelre	5 kHz / csatorna
1 db szélessávú csatorna	F	US Légierő (AFSATCOM) és korlátozva a szárazföld (hozzáféréskérés) adatátvitelre	500 kHz
	D		
	M		
	A		
		7db	
		2,4kbps	
		13 db	
		75bps	

10. táblázat: A FLTSATCOM műhold csatornakiosztása. (Forrás:[34])

A többcsatornás harcászati műholdas terminálok a Védelmi Műholdas Híradó Rendszer (DSCS) transzpondereit használják a kommunikáció biztosítására. A DSCS rendszer két műholdtípusból áll: a DSCS II és III-ból. A DSCS II műhold két transzponderrel rendelkezik, mindegyik kettő műveleti csatornát biztosít. A földi terminálok jeleit a 7,9 – 8,4 GHz frekvencián veszik a műhold transzponderek és a 7,25 – 7,75 GHz frekvencián sugározzák a föld felé. A DSCS III műhold hat független transzponderrel rendelkezik (csatornánként egy-egy) három felvevő antennával veszi a földi jeleket és öt lesugárzó antennával sugározza vissza, ugyanazokon a frekvenciákon üzemelve, mint a II.

Az európai kontinensen az angol SKYNET 4, a francia SYRACUSE 2, és a spanyol HISPASAT műholdas rendszerek vannak jelen a modern haderőknél, míg a NATO IV műholdas rendszer a szövetség vezetésének biztosít csatornákat.³⁹ Ez utóbbi rendszer 27 földi terminállal, kettő vezérlő központtal illetve egy NATO iskola szegmensenel rendelkezik (Latina, Olaszország), és az UHF sávon 2, míg az EHF sávon 4 csatornát képes kiszolgálni. Ugyanakkor az elavult szegmensek kiváltása sürgető igényként jelentkezik.

2004 elején állították pályára a görög HELLASSAT műholdas rendszert, amely alapvetően műsorszórásra készült, de a civil szolgáltató műholdas csatornák bérletét tette lehetővé a görög védelmi erők számára. A török műholdas híradás

³⁹ A NATO IV műholdas rendszer lényegében azonos az angol SKYNET 4-el.

szintén civil műholdakon történik, nevezetesen a TürkSat 1C műholdon, mely elsősorban a szállítmányok nyomon követésére szolgál, míg a közvetlen katonai felhasználók a TürkSat 2A műholdon mobil terminálokkal (hajókra, járművekbe telepített, illetve hátton hordozható földi szegmensekből álló felszereléssel) férhetnek hozzá a katonai felhasználásra bérelt csatornákhöz.

Békeműveletekben a leggyakrabban a nemzetközi tengerészeti műholdas (International Maritime Satellite, IMMARSAT) rendszer kerül felhasználásra. A 4 műholdon alapuló civil rendszer a Csendes-óceáni, az Indiai-óceáni, az Atlanti-óceán keleti és az Atlanti-óceán nyugati régiókban hangalapú és fax szolgáltatást biztosít (4,8 kbps jelsebességgel), de a hordozható, műholdas telefon formájú földi terminálról – a hozzá csatlakoztatott számítógéppel – adatátvitel is megvalósítható (2,4 kbps jelsebességgel). A műholdak földi vezérlő állomásokhoz kapcsolódnak és földközeli, vezetékes viszonylatokon alakítják ki a más régiókkal történő beszéd és fax szolgáltatást. A hosszú átviteli út miatt 1-2 másodperces késleltetés lép fel a hívó és a fogadó fél kommunikációjában.

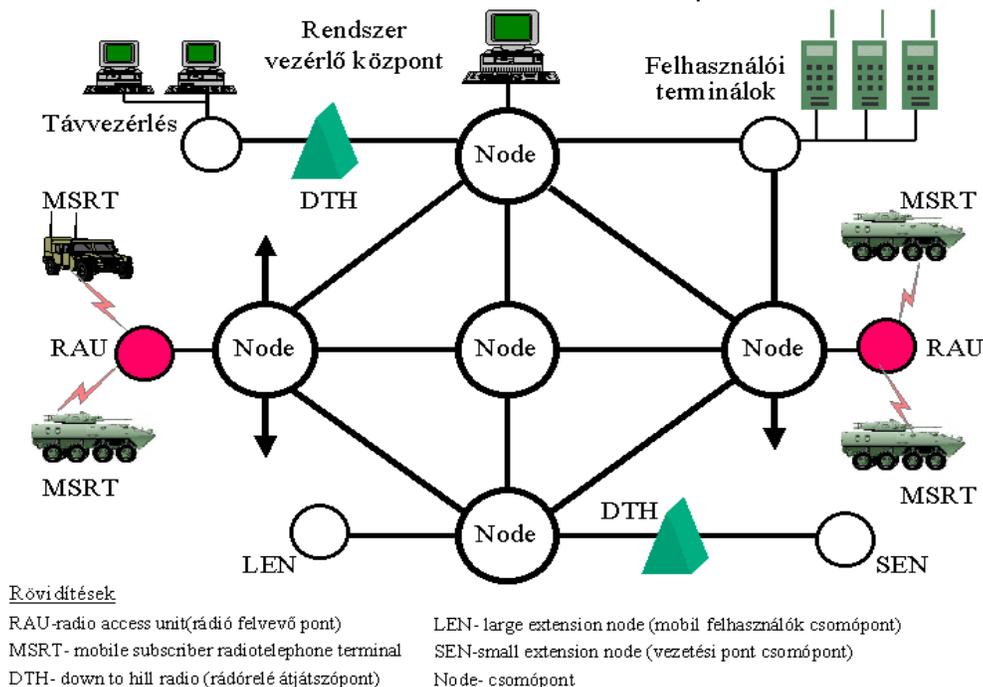
A 90-es évek végén egy 66 műholdból álló amerikai (civil szolgáltató által üzemeltetett) műholdas rendszer került kiépítésre, az IRIDIUM. A csatornákat elsősorban az amerikai védelmi szektor felsővezetése számára tervezték (Pentagon, CIA), de a kevés megrendelés miatt a szolgáltatás több évre leállt, míg a koszovói, az afganisztáni, és az iraki műveletekben ismét szerephez jutott. Az IRIDIUM rendszer műholdjai az INMARSAT műholdakkal ellentétben műholdak közötti hívásátadással rendelkeznek, így nem jelentkezik számottevő késleltetés a kommunikációban.

A civil szféra által üzemeltetett műholdas rendszerek földi termináljainál általában a nagyon kis nyílásszögű terminál antennákkal (Very Small Aperture Terminal, VSAT) biztosítják az adatátvitelt. A VSAT technológia előnyei a rövid telepítési időben, az egyidőben több helyre küldhető adat- és üzenetküldésben, valamint az áthidalt távolságtól független üzemeltetési költségben nyilvánulnak meg. Például a magyar Hungaro DigiTel Kft. csillagfelépítésű műholdas távközlő rendszert üzemeltet, az EUTELSAT II műhold csatornáit használva. A csillag közép-pontjában egy 8,1 méter átmérőjű parabola-antennával ellátott műhold adó-vevő berendezés áll, mely a csillag csúcsaiban elhelyezett 1,2 méter átmérőjű parabólákhoz egyidőben képes a szolgáltatásokra.

A műholdas rendszerek általában jelentősen limitált csatornaszámmal rendelkeznek, így a csatornák felhasználása, az azokhoz való hozzáférés is átgondolt szabályozást igényel. A korlátozott csatornaszámú rendszerekhez többszörös hozzáférési eljárások kerültek kifejlesztésre, erről az 5. mellékletben található bővebb információ.

2.2.5. Csatlakozás a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerhez

Az ultrarövid hullámsávon üzemelő harcászati rádiórendszerek hatótávolsága behatárolt, néhányszor 10 km lehet maximálisan, a manővereket végrehajtó járművek azonban jelentősen eltávolodhatnak a vezetési pontoktól, és a különböző domborzati viszonyok között ekkor nincs megbízható rádióösszeköttetés. A vezetés folyamatossága viszont megköveteli, hogy a csapatok menet közben is rendelkezzenek az információcseréhez szükséges kommunikációs kapcsolatokkal. A különböző gép- és harcjárművekbe épített rádiókészülékek biztosítják ezt az elvárást, és a teljesítményerősítők hatótávolságán belülre telepített *rádiófelvevőpontokon* keresztül valósul meg a felcsatlakozás a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerhez, illetve ezeken keresztül a vezetési pontokhoz.



11. ábra: Amerikai tábori (harcászati) kommunikációs rendszer. (Forrás:[36])

A 11. ábrán a rádiófelvevő pontok 15 km-en belül biztosítják a mozgásban lévő felhasználók rádiós felcsatlakozását. A három teljesítményszinten (16W, 3W, és 0,5W) üzemelő nyolc darab egysatornás rádió (RT-1539) nyolc felcsatlakozást képes lekezelni, ennyi felhasználónak biztosított egyidőben a folyamatos beszéd alapú szolgáltatás. A rádió felvevő pont automatikusan választja ki a legalacsonyabb működési teljesítményt.

A rádiófelvevő pontok a legtöbbször egy csomóponthoz (rácspont) kapcsolódnak (például: az MSE⁴⁰ vagy RITA2000 rendszer), de telepíthetők közvetlenül a vezetési pontok kommunikációs rendszeréhez csatlakoztatva is.

⁴⁰ Az amerikai tábori híradó és informatikai rendszer egyik alkotórésze a Mobil Felhasználók Hálózata (Mobile Subscriber Equipment, MSE), amely integrálja a felhasználók termináljait, a kapcsolóeszközöket, a rádiófelvevő pontokat, az információvédelmet és az összetett híradórendszer szabályozását. [37]

2.2.6. A rádiórendszerek kialakítása

Az általános híradó és informatikai rendszerkialakítási elvek szerint a harcászati rádiórendszer, az állandó telepítésű kommunikációs rendszerszint és a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerszint után a harmadik meghatározó elem a vezetéstámogatásban.

A csapatok vezetésére szervezett harcászati rádióhálókat a legtöbb NATO-tagország híradó és informatikai rendszerének szerves része, sok haderőben önálló alrendszerként funkcionál. Bár a NATO vezetési rendszereiben alkalmazott rádiókészülékek üzemeltetésénél csak a nyílt, F3 üzemmódú (vagyis hangalapú) rádióforgalmazás az előírt, ezek a rádiók képesek az adatátvitel biztosítására, valamint a titkosított közlemények adás-vételére. A NATO-elv szerint a harcászati rádióhíradás üzemeltetése nemzeti felelősség, (a hozzátartozó információvédelmi eljárások alkalmazásával együtt), így annak kialakítása is tükrözi az egyes országok katonai híradásról alkotott felfogását.

A harcászati *rádiórendszer* ugyanakkor tartalmában lényegesen több mint egy harcászati *rádióhálózat*. A technikai rendszerkialakításból adódóan ide tartoznak az egycsatornás RH, URH és szélessávú, járműbe épített, háton hordozható és kézirádiókkal kialakított harcászati rádióhálókat, az egycsatornás műholdas híradás eszköze (elsősorban a közös frekvenciafelhasználás miatt), valamint a különböző adatterminálok is. A rádióeszközök ezen túl, átviteli utakat biztosíthatnak a hozzájuk közvetlenül csatlakoztatott számítógép, fax és távbeszélő végkészülékek számára, a hálózathoz csatlakoztatott más, illesztett végkészülékekkel való hang- és adatkommunikáció megvalósítására. Ennek alapján megállapítható, hogy a rádiórendszer összetevői a következők:

- Rádióeszközök, műholdas- és adatterminálok;
- Az üzemeléshez szükséges frekvenciaspektrum;
- Hálózati szoftverek, amelyekkel a rendszer menedzselhető, felügyelhető;
- A különböző adatlapok és beszélgetési táblázatok;
- Az előbbieket segítségével létrehozott rádióhálókat és irányok;
- A rendszer kapcsolóelemei (például rádiófelvevő pontok), amelyek a rádióeszközöket illesztik (integrálják) a kommunikációs hálózathoz;
- Az integrált hálózatot kialakító és üzemeltető kezelőszemélyzet, (amennyiben erre szükség van).

A fent felsorolt összetevők egységes elv szerint történő rendszerbe integrálása jelenti a harcászati rádiórendszer tervezését, szervezését, optimális kialakításra törekedve. Az optimális rádiós architektúra kialakítása a gyakorlatban úgy jelenik meg, mint a rádiórendszerek hatékony, többcélú alkalmazása a katonai műveletekben.

A kialakításra vonatkozó feladat-meghatározások sorában lényeges pont a *prioritások megadása*. Ezekben jelenik meg egy fontos vezetői elvárás a tényleges rendszer üzemeltetésére során. **Az elsőbbségek meghatározása, a csatorna-kapacitások tartalékolása, az elsődleges információk körének felvázolása általában a művelet harcparancsában ölt testet.**

2.2.7. Különleges rádiókészülékek

A beszéd- és adatátvitelre képes, vezetési-irányítási rádiórendszerek mellett megjelentek különleges célokra kifejlesztett rádiórendszerek is, amelyekkel már lehetővé válik a harcászati helyzetismeret kialakítása, kihasználva a csomagkapcsolt technológia előnyeit. A továbbiakban a különleges rádiókészülékek képességeit vizsgálom néhány példán keresztül.

A földfelszíni helymeghatározó és jelentő rendszer (Enhanced Position Location Reporting System, EPLRS) [38] egy olyan harcászati rádiórendszer, amely automatikus útválasztással és (közel) valós idejű, számítógépes megjelenítéssel biztosítja a vezetési-irányítási adatok elosztását, a harctéri helyzetismeret kialakítását, valamint a hely- és helyzetinformációs szolgáltatásokat. Az EPLRS rendszer kialakításánál az alábbi követelményeket vették figyelembe:

- Pontos helymeghatározás (GPS);
- Valós idejű adatbázis hozzáférés;
- Korszerű digitális rádióháló;
- Nagy jelsebességű adatkezelés;
- Személyekre, járművekre meghatározott azonosító kódrendszer.

A helymeghatározó és jelentő rendszer adatkapcsolatokat (datalink) biztosít a különböző felhasználók számára, az amerikai légierő részére pedig egy speciális adatkapcsolat is kifejlesztésre került, a harcászati helyzetismeret adatkapcsolat (Situational Awareness Datalink, SADL). A rendszer információt biztosít az egységek azonosításához, helyzetük meghatározásához, illetve a harcolók harcképességének meghatározásához. Az EPLRS az időosztásos többszörös hozzáférés (Time Division Multiple Access, TDMA) és a szórt spektrumú (Spread Spectrum, SS) technológiákat felhasználva, magas fokú mobilitás mellett, nagy sebességű, automatizált adatcserét biztosít. Szakasz és század szinteken jellemző az 1,2 – 4,8 kbps jelsebesség, zászlóalj szinten ez már 16 – 28 kbps is lehet, míg dandár szinten elérheti az 58 kbps-t. Dandár szint feletti jelentésekhez 105 kbps a jellemző adatátviteli sebesség.

Egy hadosztály szintű EPLRS rendszer 1300 db, gép- és harcjárműbe épített rádiókészüléket (Radio Set, RS), és egy - négy, önálló gépjárműbe épített hálózati szabályzót (Network Controller, NC) tartalmaz. A hálózati szabályzó járművek a hadosztály felelősségi körzetében települnek, hely- és helyzetinformációs szolgáltatásokat nyújtanak a felhasználóknak, valamint innen biztosított a léginterfézsen keresztüli átkulcsolás (Over the Air Rekeying, OTAR).

Az EPLRS rendszer az amerikai hadsereg legtöbb haderejénél rendszeresítésre került, ezt mutatja a 11. táblázat.

jellemzők	Szárazföldi erők	Tengerészgyalogság	Haditengerészet	Légierő
Hálózati forma (rendszer)	harcászati internet gerinchálózata	speciális (saját) harcászati internet (harcászati adat rendszer)	kétéltű aegységek rohamirány rendszere	harcászati helyzetismeret adatkapcsolat rendszere
Adatkapcsolat feladata	harcászati adatcsere az FBCB2-n	harcászati adatcsere	harcászati adatcsere, (alegységek mozgatása)	levegő – föld és levegő – levegő adatcsere

11. táblázat: Az EPLRS rendszer alkalmazásai. (Forrás:[39])

Az EPLRS rendszer, a dandár szintű harci információs rendszer (Force XXI Battle Command, Brigade and Below, FBCB2) számítógépeivel együtt az amerikai hadsereg harcvezetési rendszerének (Army Battle Command System, ABCS) a része. Az FBCB2 egy számítógéppel támogatott információs rendszer, amelyet dandáron belül használnak az egyéni harcos szintjéig. Az EPLRS kommunikációs képességeit kihasználva más harcászati (tábori) kommunikációs rendszerekkel, fegyverirányítási és szenzor rendszerekkel képes összeköttetést létesíteni, automatikus hely-, helyzet- és harcihelyzet ismereti jelentéseket cserélni.

Az adaátviteli sebesség növelésére irányuló fejlesztések egyik jellemző példája az amerikai ITT cég *Mercury Pionair* elnevezésű nagykapacitású adatrádiója (High Capacity Data Radio, HCDR) [40], amely az adatátvitelt az eddigi 64 kbps jelsebességgel szemben 288 kbps-re növeli, de ez még tovább növelhető (akár 2 Mbps-re) a harcászati műveleti (harcvezetési) központokban történő alkalmazás során. A 8 - 32 csatornás készülékek létjogosultak a harcászati internet rendszerek kapacitását növelni, főleg adatgyűjtésre használva őket a harcvezetési központokban. A rádiók általában a 225 – 400 MHz sávban dolgoznak, és fejlett hálózatcsatlakozási képességükkel az internet protokoll (IP)⁴¹ alapú nagysebességű, vezeték nélküli helyi hálózatokban is alkalmazhatók.

Az IP technológia jelentősége a harcászati szintű kommunikációs hálózatokon belül nagy ütemben növekszik. A tesztelésekkel, és ezek alapján a tervezett fejlesztések modellezhetőségével lehetővé válik az „internet-telefon”, azaz az *IP alapú beszédátvitel* (Voice over IP, VoIP)⁴², a *beépített biztonsági funkciók* (Inter-

⁴¹ Internet Protocol. A protokollok, a hálózati kommunikációt leíró szabályok rendszere. Protokollokat használnak a hálózatokban egymással kommunikáló számítógépek és programok is.

⁴² Internet protokollok segítségével csomagkapcsolt vonalakon továbbított hangátvitel, párbeszéd; míg a hagyományos, kapcsolt vonalas telefon összekötésénél a vonal a kapcsolat teljes ideje alatt "foglalt", internet-telefon esetében a digitalizált hang diszkrét csomagokban, gyorsan, de különböző utakon jut el egyik pontból a másikba.

net Protocol Security, IPSec) folyamatos *monitorozása*, az *áthallások csökkentése*, és a *valós idejű IP alapú kommunikáció megvalósítása*.

A francia harcászati rádiórendszer (Post de Radio 4ème Generation, PR4G) készülékeit továbbfejlesztve – és kiegészítve az IP technológiát kezelő számítástechnikai elemekkel – alkották meg a PR4G Gyorshálózat (Fastnet) [41] rádiórendszert. „A PR4G Fastnet-ben már modern, szoftveresen programozható rádiókat alkalmaznak a hullámformák széles körének használatához, fejlett digitális jelfeldolgozó processzorok biztosítják az előre-programozhatóságot és a több-hullámformás működtetést” - olvasható a THALES cég PR4G FASTNET rádiórendszer leírásában.

A példaként bemutatott, és a hasonló különleges készülékek, rendszerek által alakítható ki a *harcászati internet* elnevezésű hálózati forma, amelyben a megjelenő vezetési-irányítási és harcászati helyzetismeret képességek és szolgáltatások lehetővé teszik az *egységes harcászati kép*⁴³ megalkotását a felhasználók számára.

2.3. A harcászati internet

Alapvetően a vezetés-irányítás részére kerül kiépítésre a harcászati internetnek elnevezett digitális, információs hálózat, amely támogatja a művelet, a harc folyamatos figyelemmel kísérését. A hálózati forma jellemző tulajdonságai a *rugalmasság, gyorsan átszervezhető kialakítás, a toldás és hézagmentesség*, valamint az egész hadsereg jogosult harcászati felhasználói részére a sokrétű *kommunikációs csatlakozás* lehetősége.

A harcászati internet leírható úgy is, mint egy integrált hadszíntéri kommunikációs hálózat, amely funkciójában hasonlóságot mutat a nyilvános internettel⁴⁴, annál is inkább, mivel infrastruktúrája az internet protokollok (IP) kommunikációján alapul. Kulcsfontosságú az a képesség – csakúgy, mint a nyilvános internetnél –, hogy az információ eljuthasson a hálózat bármely szegmensébe.

⁴³ Ezek a képek lényegében egy egység aktuális harcterületét jelenítik meg. Az egység összegyűjtött képei egy, a harctérről alkotott keretet formálnak, amely az erők harctéri elrendezésének megosztott, valós idejű ismeretein alapulnak, szemben a harctéri geometria - a fázisvonalak, célok, állások - merev keretével. Lehetővé válik minden egyes szintű parancsnok számára, hogy megosszon a hadműveleti területről egy *közös, rá vonatkozó képet*, amely a saját érdekelttségi (felelősségi) szintjéhez és saját speciális igényeihez van igazítva. Az azonos szintű parancsnokok egyidejűleg fognak rendelkezni egy megosztott perspektívával a helyzetükről, a szomszédos egységhez viszonyítva. A harcoló-, a támogató- és kiszolgáló parancsnokok, akiket horizontálisan összeköt a közös információ, első alkalommal rendelkeznek egy olyan eszközzel, amellyel a hadműveleti terület vizualizált képét lehet megjeleníteni.

⁴⁴ Célszerűnek tartom megnevezésben is elkülöníteni a civil használatú internetet a katonai célútól.

Ugyanakkor a rendszerkialakítás inkább intranetnek tekinthető, lévén katonai alkalmazásra tervezték, és csak a meghatározott felhasználók használhatják.

A harcászati internet több vezetési szintre kerülhet kiépítésre. A dandár szint fölötti alkalmazásnál a „Lövészároktól a Vezérkari Főnökhöz terjedő valós idejű kommunikáció” elgondolások⁴⁵ szerint biztosított az információ, míg dandár és az alatti szinteken használva ezt a hálózatot, a hadsereg harcvezetési rendszere terjeszthető ki a katonákhoz és a fegyverrendszerekhez.

Rupert Pengelley cikkében [42] rámutat, hogy a harcászati internet megvalósításával szembeni elvárások közül – technikai szempontból – kiemelkedik *a mobilitási képesség, a két vagy többoldalú kommunikáció folyamatossága* széles sávban, többféle üzemmódban, a hang és adatátvitel biztosítása, valamint *az automatikus útvonalválasztás, de a kerülő irányok biztosítása is.*

A harcászati internet első harci alkalmazása a 2001 októberében kezdődő afganisztáni műveletekben történt, de a 2003 márciusában indult iraki műveletekben is várakozáson felüli stabilitással működött.

A továbbiakban az egyes nemzeti elgondolásokat vizsgálom.

2.3.1. Az amerikai harcászati internet

Az amerikai harcászati internet (Tactical Internet, TI) [43] kialakítására azt a hipotézist állították fel a kilencvenes évek közepén, hogy ha egy alkalmi harci köteléken (Task Force, TF)⁴⁶ belül a digitális kommunikációs csatlakozásokat mind *függőlegesen*, a parancsnoklási hierarchia szerint, mind *vízszintesen*, az együttműködés megvalósítására kiépítik, akkor megnövelhető az erők csapásmérő-képessége, túlélőképessége, és a műveletek végrehajtási sebessége is.

A harcászati internet amerikai változata egy felső (upper TI) és egy alsó (lower TI), egymástól funkcionálisan elkülöníthető részből áll.

A felső szintű harcászati internet magában foglalja:

- A hadsereg harcászati vezetési-rányítási rendszerének vezetési pont elemeit, amelyek egy hadsereg szintre kiépített számítógépes hálózat által vannak támogatva (Army Tactical Command and Control System, ATCCS);
- Az amerikai harcászati (tábori) kommunikációs rendszer egyik részének, a mobil felhasználók hálózatának (Mobile Subscriber Equipment, MSE) egyes szegmenseit. A mobil felhasználók hálózata integrálja a felhasználók termináljait, a kapcsolóeszközöket, a rádiófelvevő pontokat, az információvédelmet és az összetett híradórendszer szabályozását;

⁴⁵ Az amerikai „Foxhole to the Whitehouse” és „C4I for the Warrior” koncepciók alapján.

⁴⁶ Task force – egy meghatározott tevékenység vagy küldetés végrehajtására kialakított, egy parancsnok alárendeltségébe szervezett katonai alakulatok ideiglenes csoportosítása. AAP-6(2002)

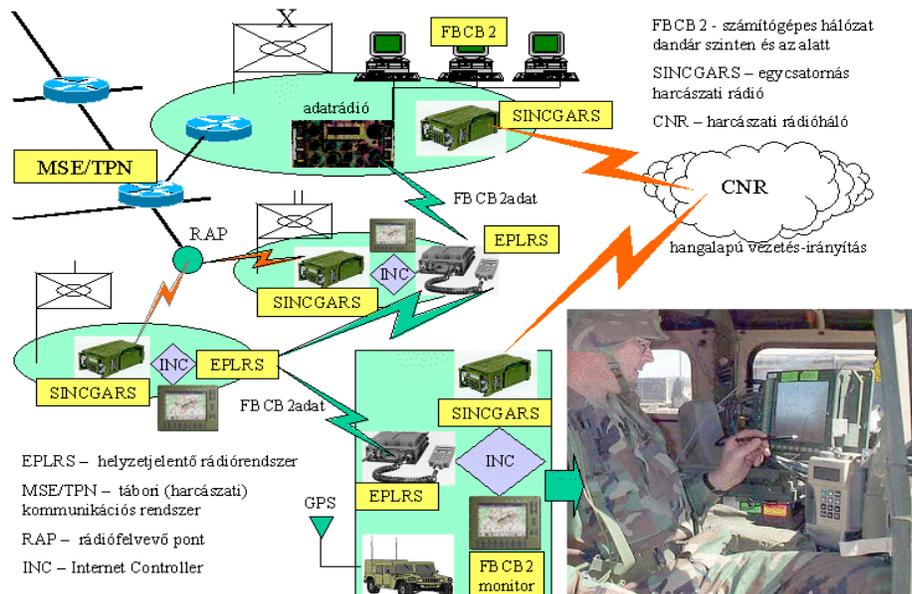
- A nagykapacitású adatrádiók (High Capacity Data Radio, HCDR) dandár-szintű csatlakozási felületeit.

Az amerikai harcászati internet felső szintű kialakításához megalkották a harcos információs hálózatát (Warfighter Information Network, WIN), amelyről a 6. mellékletben található információ.

Az alsó szintű harcászati internet az alábbi rendszerösszetevőket tartalmazza:

- Egy dandár szintű számítógépes hálózatot a 21. századi erők harcvezetésére, dandár szinten és az alatt (Force XXI Battle Command, Brigade and Below, FBCB2)
- A földfelszíni helymeghatározó és jelentő rendszert (EPLRS);
- A harcászati rádióháló szegmenseit (Single Channel Ground and Airborne Radio System, SINCGARS).

A felépítési alapelvek között szereplő toldás és hézag mentes elvárás a bonyolult kialakítás miatt nem valósult meg, mivel a tesztelések és a használat során a mindenáron való működésre koncentráltak, a költségek növekedésének figyelembe vétele nélkül. Ez maga után vonta azt, hogy gyakorlatilag két, párhuzamosan működő rádióhálózat alkotja az amerikai harcászati internet gerincét: az EPLRS adathálózat és a jóformán csak beszédátvitelre képes SINCGARS rádiórendszer. **Többek között ez is szükségessé tette az amerikai szoftverrádiós kutatásokat, mivel 2006-ra tervezik a SINCGARS rádiók lecserélését a JTRS rádiókra, és várhatóan az EPLRS rendszer kiváltását is.**



12. ábra: Az amerikai harcászati internet alsó szintje.

A harccsoportok járműibe épített SINCGARS harcászati rádiók közös keretbe építve tartalmazzák az internet szabályzó egységet (Internet Controller, INC), amely integrálja az EPLRS adatforgalmát a rádió beszédforgalmával, és továbbítja azokat a helyzetkijelző monitorhoz, így a harctevékenység szakaszaiban valószínű harcászati képet kap adott járműparancsnok, amelybe beletartozhat a műveleti térben mozgó járművek hovatartozása is. Ehhez viszont az szükséges, hogy a saját csapatok el legyenek látva a harci azonosító jeleket sugárzó berendezésekkel, vagyis működjön egy harctéri azonosító rendszer (Battlefield Combat Identification System, BCIS).

Az internet szabályzókra csatlakoztatott helyzetkijelzők – digitális, érintésvezérelt adatterminálok – az FFCB2 rendszer tartozékai. Ezen jelennek meg a közös harcászati adatbázisokból (Joint Common Database, JCDB) valós időben megjeleníthető adatok, a harctéri azonosító rendszerek jelei, a digitális térképek információi, az időjárás előrejelzések. **Új szervezetek ugyancsak integrálhatók a rendszerbe, erre a digitális eszközökkel való ellátottság egyre szélesebb köre és azok egyszerű rendszerbe illesztése a biztosíték.**

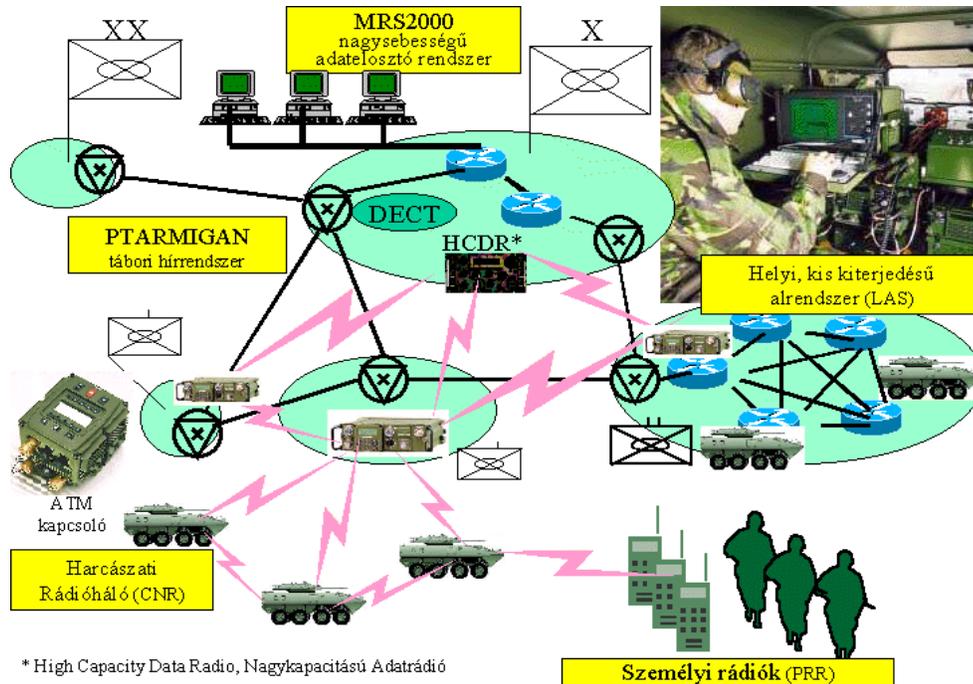
2.3.2. Az angol harcászati internet

Az angol elképzelések a harcászati internet kialakításának vonatkozásában a BOWMAN integrált harcászati kommunikációs rendszerre épülnek. [44]

A tervek szerint 2026-ig rendszerben lévő BOWMAN-ban többsávós (1,6 - 512 MHz), szoftver által programozható (esetleg szoftver-vezérlésű) rádiók kerülnek alkalmazásra, és ezek biztosítják a szenzoradatok, az álló- és mozgókép információk átjuttatását, a kombinált hang- és adatátvitel mellett. Minden rádió közvetlen, beépített GPS vevővel rendelkezik.

A beépített és háti rádiók mellett, integrálva vannak a rendszerbe a személyi rádiók (Personal Role Radios, PRR), amelyek a harcosok felszerelésének tartozékai, és hatékony üzenetkezelő rendszert támogatnak. Ugyancsak a BOWMAN-hoz tartozik a harcálláspontok belső kommunikációs hálózatainak kialakítása, amelyek akár vezeték nélküli kapcsolatokon, akár optikai kábelekkel kerülhetnek kiépítésre, és a csatornák információ túltelítettsége nélkül képesek üzemelni (a BOWMAN-LAS program szerint).

A nagykapacitású adatrádiók a megnövekedett információmennyiség átvitelét biztosítják a rendszer kommunikációs viszonylatain, gyors és nagykapacitású kapcsolatokat alkotva a harcjárművek, a vezetési pontok, és az angol harcászati (tábori) kommunikációs rendszer (PTARMIGAN) között. Jellemző adatsebesség a 288 kbps, de ennek többszöröse is elérhető az ATM kapcsolóknak köszönhetően.



13. ábra: Az angol harcászati internet kialakítási lehetősége.

2.3.3. A francia harcászati internet

Estelle Griton-Saulnier, a THALES cég ügyvezető igazgatója szerint [45] a franciák ugyancsak preferálják az információsükségletet a harcmezőn, és egészen szakaszparancsnoki szintig ellátták a harcolókat adatterminálokkal, de a nagyterjedésű hálózatok megvalósításánál, a már rendelkezésre álló katonai (és esetenként civil) infrastruktúrára tervezik a harcászati internet kialakítását.

Az információelosztás a vezetési pont „cellák” között a francia harcászati (tábori) kommunikációs rendszer (Rèseau Intégrité de Transmissions Automatique 2000, RITA 2000) analóg és digitális vonalain, civil és katonai telefonvonalakon, műholdas csatlakozásokon (például a korábban említett SYRACUSE⁴⁷ rendszer), valamint a RITA-hoz (is) kapcsolható harcászati rádiórendszer (PR4G) viszonylatán valósul meg.

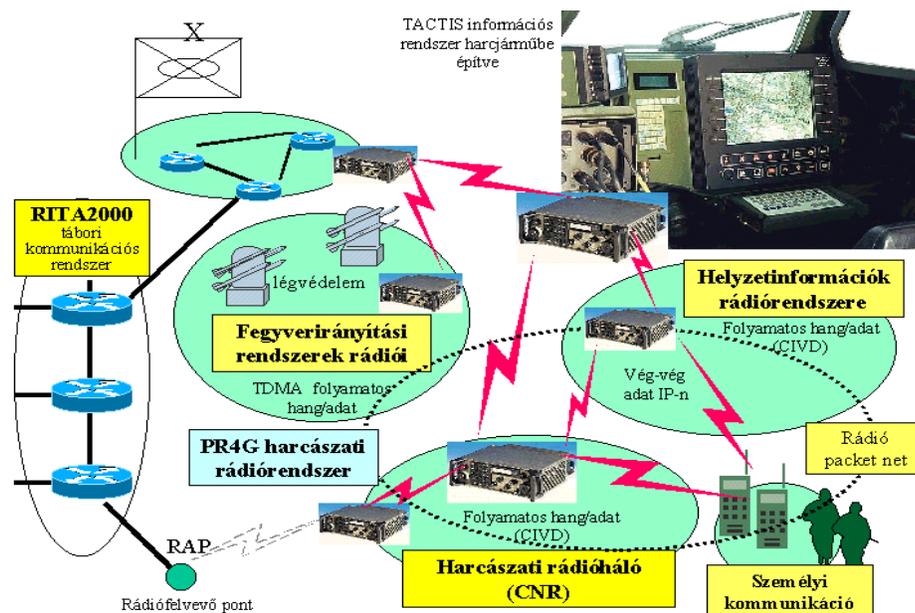
A harcoló csoportok, szakasz és század szinten a harcmező harcászati információs rendszerét (Système d'Information Tactique du Champ de Bataille, amely lényegében a TACTIS⁴⁸ rendszer családjának eszközeiből áll) használják harcászati internetként a vezetés-irányítás és a harcászati helyzetismeret adatainak megjelenítésére. [46]

⁴⁷ Nagytávolságú összeköttetésekre szolgáló, elsősorban rádiókommunikációt megvalósító francia műholdas rendszer.

⁴⁸ A TACTIS eredetileg szimulációs rendszernek készült (TACTIS = Tactical Indoors Simulation System), de a kiképzésben történő sikeres használhatósága miatt továbbfejlesztették, és ma már harcászati információs rendszerként is funkcionál.

A TACTIS által lehetővé válik a harcjármű integrálására a vezetés-irányítás rendszerébe, ugyanakkor kommunikáció biztosított a szomszédokkal, a támogatókkal és az együttműködőkkel. **Alkalmazása elősegítheti az akciók ütemének növelését, optimalizálhatja a harc hatékonyságát, illetve pszichikai erőként hatva növelheti a harcolók önbizalmát és összetartását, egymás segítségét a művelet minden fázisában.** A rendszer támogatja a szétbontakozást a terepen (harcéri azonosító jelek nyomon követésével és kijelzésével), valamint megóvás-támogatást biztosít (a fegyverrendszerekhez kapcsolódva) az ellenséges tüzérségi tűz és a légítámadások során.

A különböző francia harcászati rendszerprotokollok használatával (például a Tactical Network, TACNET, vagy a Protocol Manœuvre version 2, PMV2) a rendszer hozzáférést ad a francia harcászati információs adatbázishoz (Base d'information Opérationelle, BIO), és az alkalmazott üzenetkezelő szabványok révén a TACTIS a harcmező minden szegletébe eljuttatja az információt, akár más, eltérő elven működő üzenetkezelő rendszerek számára is.



14. ábra: A francia harcászati internet kialakítási lehetősége.

A francia harcászati vezetés ezredszintű és az alá tervezett számítógépes hálózat kiépítési programja eredményeképpen (Système d'Information Régimentaire, SIR), 2003-ban jelent meg a francia haderőben egy hatékony vezetés-irányítási információs rendszer (Système d'Information Commandement – France, SIC-F). A gondosan megtervezett rendszerelv alapján, némi nemzeti módosításokkal más országok hadseregeiben is megjelenik, így a belga haderőben (Système d'Information Commandement – Belge, SICBEL), a kanadai haderőben (Army Tactical System, ATS), a spanyol haderőben (SIMACET néven), és az olasz, valamint a holland haderőben is a SIR program alapján alakítják ki a számítógépes hálózatot harcászati szinten.

2.3.4. A német harcászati internet

A német elvek szerint kialakításra kerülő harcászati internet-ben [47] az alkalmazott információ-technológia javítja és optimalizálja a harcászati vezetőképességet. A Bundeswehr felsővezetése meghatározta, hogy az új technológiák bevezetésében az olcsó, már rendelkezésre álló kereskedelmi termékeket alkalmazzák (szélessávú ISDN, ATM, WEB-technológia elemei), de speciális, katonai követelményekkel kiegészítve, és ezekkel kerül kiépítésre egy globális, virtuális információs tér. (Az amerikai elgondolásokhoz hasonlóan a német hadvezetés is egy globális hálózat kialakításával kívánja biztosítani a szövetségi feladatok kommunikációs támogatását.)

A mai német hadseregben – hasonlóan számos más ország haderejéhez – azonban még heterogén, helyi hálózatokból áll a katonai kommunikációs rendszer. Ez részben elavult, túlnyomórészt rugalmatlan technikai elemekből épül fel, az interoperábilis hálózati elvárások csak speciális (és drága) eszközökön keresztül valósíthatók meg, gazdaságtalan üzemeltetéssel. A 90-es évek végének helyzetelemzése vezetett végső soron a harcászati internet (intranet) kialakításának szükségességéhez. Ennek első lépéseként az egyes helyi hálózatok közötti kommunikáció hatékony megvalósítása érdekében internet protokollon alapuló kommunikációs szerverek lettek telepítve a különálló „rendszerszigetekbe”, így küszöbölve ki az elkülönülést.

Lényeges pontként határozták meg a németek a megfelelő sávszélesség biztosítását, valamint a beszéd- és adattovábbítás érdekében az egységes, multifunkciós végberendezések alkalmazását. A harcászati elvárások közül a *megnövekedett mobilitási képességet* tartva elsődlegesen szem előtt, biztosított a lehetőség, hogy a felhasználó az egységesített, többfunkciós végberendezéssel bárhol csatlakozhat a hálózathoz. Erre szükség is van, hiszen a német csapatok rendszeresen részt vesznek különböző békefenntartó műveletekben, Boszniától Afganisztánig, különböző multinacionális haderőkben.

2.4. A rádiórendszerek szerepe a jövő katonai műveleteiben

Az FM 100-6 – tábori kézikönyv az információs műveletekről [48] – így fogalmaz a jövő katonai kommunikációs rendszereiről: *„A technológiák fejlődésével a műveletek vezetésében is folytatódni fognak a változások, így az ezt támogató híradó és informatikai rendszereken megjelenő információtechnológia a következő előnyöket fogja biztosítani:*

- Segíteni fogja a parancsnokokat egy sokkal teljesebb harctéri kép kialakításában;
- Gyorsabb és minőségileg magasabb szintű döntések válnak lehetővé;
- A manővertámogatás gyorsabb lesz, mind térben, mind időben;
- Jobban növelhető lesz a csapatok rugalmassága és ütőképessége.”

A jövő technikai-technológiai előrejelzése a katonai kommunikációs rendszerek vonatkozásában az *összefüggő, vagy hézagmentes* jelzővel jellemezhető, amely fogalom az amerikai hadsereg *tudományos-technikai rendszertervében* [49], 1998-ban jelent meg először. E szerint *„Az összefüggő kommunikációt csak egy robosztus, túlélőképes, többszintű biztonsági funkciókkal ellátott híradórendszer képes megvalósítani, amely biztosítja a harcolók hozzáférését a küldetés-orientált információkhoz. Az összefüggő híradás magában foglalja a hálózatokban megjelenő vezető technológiákat, a hálózatmenedzsmentet és a fejlett rádiórendszereket. A technikai kihívás megvalósításával biztosítható a helyi hálózatok és földi mobil rádió rendszerek, valamint a stabil telepítésű, nagy területi kiterjedésű gerinchálózatok, illetve ezek úrben (is) telepített szegmenseinek üzemeltetése.”*

Gorza Jenő tanulmánya [50] szerint *„a NATO NC3A⁴⁹ tudományos tanácsadó fórumán a technológiai kihívások értékelése kiterjedt a harcászati környezetre, valamint az itt alkalmazott fegyverrendszerekre, ennek nyomán kijelenthető, hogy megjelenik (vagy egyes országok haderejénél már meg is jelent) a fegyverzeti, a szenzor és az információs rendszerek integrált alkalmazása, ezek optimális használata.”*

Az integrált alkalmazások használatával lehetővé válik a Hálózat-központú Hadviselés (Network Centric Warfare, NCW) [51], amelyet amerikai katonai gondolkodók az információfölény kialakításának szükségességéből vezettek le.

A Hálózat-központú Hadviselés megköveteli a szabványos, interoperábilis eszközök, rendszerek integrálását is, vagyis egy közös információs környezetben, STANAG-eken alapuló kommunikációs rendszer üzemeltetésének lehetőségét. Ezt hivatott megvalósítani a NATO által is elfogadott egyik fejlesztési koncepció.

2.4.1. A TACOMS Post -2000 program

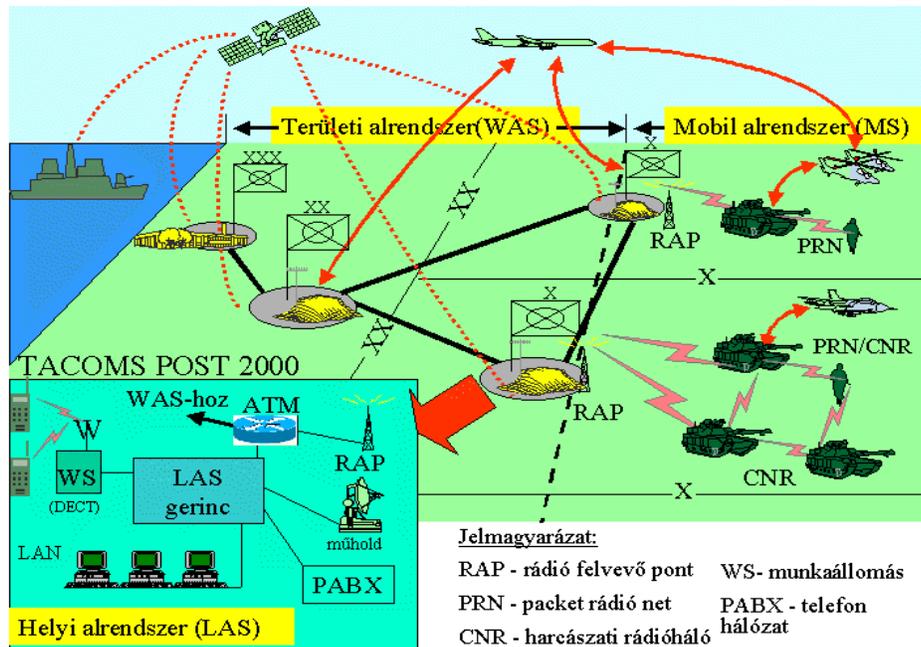
Michelle L. Hankins cikkében [52] leírja, hogy *„a TACOMS Post-2000 néven ismert fejlesztési program a Szabványosítási Egyezmények (STANAG-ek) kidolgozásával kezdődött, és ezek várhatóan 2005-re lesznek készen, amely időpont után a szabványos termékek prototípusai is kidolgozásra kerülnek.”*

A TACOMS koncepció [53] négy fő területet ölel fel:

- A nagy kiterjedésű területi alrendszer (Wide Area Subsystem, WAS);
- A helyi, kis kiterjedésű alrendszer (Local Area Subsystem, LAS);
- A mobil alrendszer (Mobile Subsystem, MS);
- A rendszer menedzsment- és irányítási alrendszer (System Management and Control Subsystem, SMCS).

⁴⁹ NATO Consultation, Command and Control Agency, NATO Konzultációs, Vezetési és Irányítási Testület. AAP-15 (2002)

Az 1998 júliusában, 12 NATO-tagország⁵⁰ által aláírt egyetértési nyilatkozat (Memorandum of Understanding, MoU) szerint 2005-re tervezett a NATO szabványok és az ezek alapján kialakított hálózat megalkotása.⁵¹ Az új elven kialakítandó rendszerben a helyi, kis kiterjedésű alrendszer a különböző szintű vezetési pontokon kiépített vezetéstámogató eszközrendszert foglalja magában, amelyek többféleképpen csatlakozhatnak (nagyteljesítményű RH vagy troposzféra rádiókon, rádióreléken, műholdas viszonylatokon) a nagy kiterjedésű területi alrendszer egész harcmezőt lefedő kialakításához.



15. ábra: A TACOMS Post-2000 rendszer elvi felépítése. (Forrás:[54])

A 15. ábrán látható mobil alrendszerben a járművekbe épített és az egyes harcos által használt személyi használatú harcászati rádiórendszerek kerülnek kialakításra, amelyek *rádiófelvevő pontokon* keresztül kapcsolódnak a hadszíntér többi alrendszeréhez. Az általános programirányvonal nemzeti lebontásának keretében került – kerül kialakításra, például a német BIGSTAF multimédiás, vagy az angol BOWMAN helyi, kis kiterjedésű alrendszer (BOWMAN Local Area Subsystem, BOWMAN-LAS), míg a mobil alrendszert alkotó harcjárművek belső kommunikációs kapcsolataiban, és a gyalogosan harcolók személyi kommunikációs rendszereinél is a legmodernebb vezeték nélküli technológiákat igyekeznek felhasználni.

⁵⁰ Ezek: Belgium, Kanada, Franciaország, Németország, Hollandia, Olaszország, Norvégia, Portugália, Spanyolország, Törökország, Nagy Britannia, USA.

⁵¹ A teljes harcászati kommunikációs rendszerek megjelenésével csak 2010 után számolnak a szakemberek. Lényegesnek tartom megemlíteni, hogy a szabványokban nem csak a ma legmodernebbnek tartott ATM technológia alkalmazását írják elő, hanem várhatóan a nemzeti állandó telepítésű és harcászati (tábori) kommunikációs rendszerekben már bevált más technológiák (például az ISDN) is alkalmazhatók lesznek a rendszerkialakításban.

Az egyes alrendszereken megjelenő szolgáltatásokat a következő táblázatban foglalom össze. A táblázatban a két terület (híradó és informatika) szétválasztása csupán a jobb szemléltetést szolgálja.

Híradó területen	WAS	LAS	MS	SMCS
Hang kommunikáció (nyílt/védett)	+	+	+	+
Adat kommunikáció (aszinkron, szinkron, X.25 csomagkapcsolt adat, üzenet, grafika, kép, file-transzfer)	+	+	+	+
Fax kommunikáció	+	+	+	+
Videoátvitel és videokonferencia	+	+	Spec.eszk.	-
Informatikai területen				
Közel valós idejű adatkommunikáció (szenzor – vezetési pont – fegyverrendszer)	+	+	+	-
Harcászati adatbank	+	+	+	+
Digitális térkép és földrajzi információs adatbázis	+	+	+	+
Meteorológiai információk	+	+	+	+
Felderítési adatjelentések	+	+	+	-
Logisztikai információs adatbázis	+	+	+	+

12. táblázat: TACOMS szolgáltatások.

A TACOMS Post – 2000 program technikai kialakításánál amerikai elgondolás, hogy a *rádiós hozzáférési pont* (Radio Access Point) egy járműbe épített híradóközpont [55], amely ATM kapcsolókat, nagykapacitású adatrádiót, vezérlő munkaállomást, és a keskenysávban felcsatlakozó harcászati felhasználók felszerelését (SINCGARS és EPLRS rádiók, mobil felhasználók rádió termináljai) tartalmazza. **A RAP biztosítja, hogy a mobil harcászati felhasználó hozzáférjen a szélessávú hálózat hang-, adat- és videoszolgáltatásához, akár mozgó járműben, akár gyalogosan végez harcfelelőteket.**

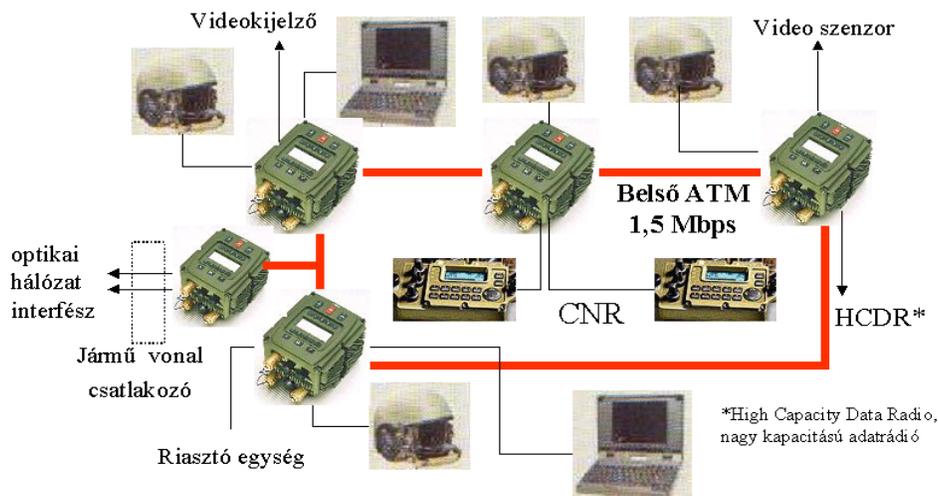
Az egyes harcos műveleti tevékenységeiben a gyors helyváltoztatás kényszere a mérvadó. Az egyéni lőfegyverek fejlődése rákényszeríti a katonát a folyamatos mozgásra, míg a folyamatos figyelés, célfelderítés a másik fő jellemzője a tevékenységének. A gyors mozgás együtt jár a valós idejű azonosítással, hiszen a harcolóknak sokszor a másodperc tört része alatt kell eldöntenie: barát vagy ellenség a vele szembenálló, lőjön-e vagy szövetséges társához csatlakozva együtt küzdjenek tovább. A harctéri azonosítás a modern technológiai háttérrel megvalósítható, – fejlett képességű, földi idegen-barát felismerő (Identification Friend and Foe, IFF) rendszerek vannak a vezető gyártó cégek tarsolyában. **A gyalogosan harcoló katona nem kerülhet ki a vezetés látóköréből, a parancsnokoknak folyamatos információval kell, hogy rendelkezzenek a harcos helyzetéről, mozgásáról, feladat-végrehajtásáról.**

A katona testén bio-szenzorok jelzik az esetleges sebesülést, míg a sisakra szerelt lézertáv mérő/azonosító/célmegjelölő funkciókkal bíró kijelző pontos információt ad a katonának, de adott esetben előljárójának is, hiszen a jövő hadvise-

lésében a parancsnokok vezetésében fontos szerep jut a harcászati helyzetismeret kialakításának, és a további döntéseik alapját képezik a feladat-végrehajtók által továbbított harcászati kép. **A jövő hadviselésében kiemelt szerep jut az integrált személyi rendszereknek, amelyet a katona a testén hord, és amely megóvja viselőjét a lövésektől, a repeszdaraboktól, a vegyi és bakteriológiai fertőző anyagoktól.** Az egyes harcos kommunikációs viszonylatában a vezeték nélküli LAN (Wireless LAN, WLAN) technológia a meghatározó, amelyről bővebb információ a 7. mellékletben található, míg az egyes NATO-tagországok integrált személyi rendszerei fejlesztésének összefoglaló táblázatát a 8. melléklet tartalmazza.

A ma rendszerben lévő harcjárművek legtöbbje rendelkezik egy belső beszélgető rendszerrel, amely szervesen kapcsolódik a harcászati rádióhálózhoz. Ilyen rendszer például a SMARTNET, amely egy ATM (Asynchronous Transfer Mode) alapú harcászati multimédiás hálózat, és amelyet a harcjárműveken belüli és azok közötti kommunikációra fejlesztettek ki pár éve.

A rendszer nagy sáv szélességű multimédiás kapcsolatot tesz lehetővé a digitális hadszíntéren: integrált hang-, adat-, kép- és videoinformációk továbbítása lehetséges 1,5 – 25,6 – sőt akár 155 Mbps jelsebességgel (ez utóbbi természetesen csak műveleti központokban), az igények függvényében. A járművön belül a kezelő-, utazószemélyzet egyszerűen csatlakozhat számítógépekkel a harcászati rádióhálózhoz és a szenzorrendszerekhez, míg a külső hálózatokhoz való csatlakozás optikai kábelekkkel, rézvezetékekkel vagy vezeték nélküli interfészekon keresztül oldható meg a 16. ábra szerint.



16. ábra. A SMARTNET hálózat kialakítása. (Forrás:[56])

A harcászati (szoftver)rádiók mellett a nagykapacitású adatrádiók (High Capacity Data Radio, HCDR) is használhatók a nagymennyiségű információk vételére, esetleges tárolására. **A nagykapacitású adatrádiók alkalmazása elsősorban műveleti központokban történhet, de a harcjármű kijelölt csomópontként való üzemeltetése során is használhatók.**

2.4.2. A SATCOM Post-2000 program

A prágai NATO csúcstalálkozón megalkotott új fejlesztési irányvonalak elfogadása keretében a szövetség műholdas kommunikációja is szóba került. A NATO konzultációs, vezetési és irányítási hivatala (NATO C3 Agency, NC3A) 2004-ben véglegesítette a NATO új műholdas képességeinek tervét, amelyek az SHF és az UHF sávokra szólnak. A terv 2005 és 2019 között, Franciaország, Nagy Britannia és Olaszország meglévő műholdas rendszereit veszi figyelembe, ahol a 3 ország saját, katonai műholdas rendszerein – a francia SYRACUSE 2 (3), az angol SKYNET 4(5), és az olasz SICRAL rendszerek – alacsony árakon nyújt műholdas szolgáltatásokat azon NATO-tagországok részére, amelyek nem rendelkeznek saját műholdas rendszerrel. A 3 ország műholdas képességeihez társul az USA műholdas kapacitása, az amerikai érdekeltségű műveletek támogatásában.

A bérelt csatornák minőségi kihasználásához viszont a meglévő rendszerek fejlesztése is szükséges. Így az 1991 és 1993 között fellőtt NATO IV. műholdak (valójában SKYNET 4) kiváltása a NATO V. rendszerrel napjaink aktualitása (2007-ig tervezett), és a jelenleg üzemelő nemzeti műholdas katonai rendszerekben ugyancsak frissítések szükségesek.

Az amerikai haderőnél a MILSTAR 3 fogja biztosítani az alacsony és közepes adatsebességű csatornákat (2,4 kbps és 1,544 Mbps között) a harcászati vezetés számára, míg a nagysebességű adatátvitel (1,2 Gbps) egy szélessávú, réskitöltő (gapfiller) rendszerrel tervezett. Az amerikai haditengerészet FLTSATCOM műholdjai helyett UHF követő műholdas rendszer (UHF follow-on, UFO) kerül kialakításra, de 2007-től ezt is felváltja a mobil felhasználók rendszere (Mobile User Objective System, MUOS), amely 64 kbps jelsebességű csatornákon hang-, adat- és videojelek továbbítását szolgáltatja mind az amerikai haderő, mind a szövetségesek részére.

Európában az angol SKYNET 5 program már készen áll a megvalósításra, a SYRACUSE 3A és 3B műholdakat 2003-ban, illetve 2006-ban kívánják fellőni a franciák, míg az olasz haderőben az ITALSAT műholdak pályára állítása és az általuk kialakított SICRAL rendszer kiépítése tervezett a közeljövőben, de ezeken túl a spanyoloknál az XTAR / SPAINSAT is megjelenik az évtized végére. [57]

Az előzőek alapján látható, hogy többféle műholdas csatorna bérelési lehetőséggel számolhat az MH a jövő katonai műveleteinek kommunikációs támogatásában.

2.4.3. Rádiórendszerek a Hálózat-központú Hadviselésben

A 21. század első évtizedére a legtöbb fejlett haderő már túl lesz a hadszíntér digitalizáláson, amely az egyik alapfeltétele a modern technológiák katonai alkalmazásának. A következő lépés a kialakított digitális képességek hálózatba szervezése, vagyis a haderő hálózatosítása, mivel a Hálózat-központú Hadviselés koncepció a fejlett kommunikációs rendszerek integrálásával alakítható ki. Ezzel a hálózatosítással lehetővé válik a helyzetismeret egyszerű megosztása a külön-

böző hierarchikus szintek között, nő a döntéshozás és a feladat-végrehajtás sebessége; a korábbiaknál magasabb szintű hatékonysággal, túlélőképességgel és önszinkronizációs lehetőséggel lehet számolni. **Véleményem szerint ez a koncepció az információs fölényt integrálja a harci erővel, miközben megjeleníti a harcmező információs rendszereinek tudásalapú összetevőit.**⁵²

A közelmúlt és napjaink jellemző, platform alapú hadviselésében az erőforrások (harc eszközeik, felszerelések, harcászati fegyverrendszerek, stb.) szinte minden esetben szervezeti szinthez, végrehajtóhoz kötötten jelentkeznek, amely például a hatékony csapásmérési képesség fenntartásához jelentős logisztikai, szállítási kapacitással (esetleg gyalogos szállítással) realizálódik.

A Hálózat-központú Hadviselésben ezzel szemben az erőforrásoknak nem kell a végrehajtókhoz kötötten megjeleníteni, a hálózatos információk segítségével a felderítés, a megfigyelés, a célmegjelölés pontossága a telepített szenzorrendszerek adatfúziójával növelhető, a csapásmérés ereje a korábbinál jóval nagyobb lehet az összhaderőnemi együttműködés eredményeként. **A hálózatos haderőben a szükséges információ a kívánt helyen kerül megjelenítésre, megadva a lehetőséget, hogy kikerülhessük a merev, hierarchikus szervezeti szinteket.**

A Hálózat-központú Hadviselés információs rácsában⁵³ a híradó csatornák, az informatikai rendszerek és az információvédelem kombinációja biztosítja az adatok vételét, feldolgozását, tárolását, továbbítását és védelmét az összhaderőnemi és multinacionális haderők működésénél. Maga a rács azonnal használható (plug and play) elemekből épül fel: az információs csatornák rendelkezésre állnak az úrban, a levegőben, a földön, a tengeren és tenger alatt is. **A rádiórendszerek alkalmazása az információs rácsban már kifejezetten a szoftverrádiókon (főleg a JTRS rádiókon) alapul, kihasználva azok fejlett hálózati képességeit.**

A szenzorrendszerek integrálása ugyanakkor pontosabb harctéri helyzetismeret kialakítását teszi lehetővé, és az információs cellákból kinyert adatokkal akár összhaderőnemi szinten is növelhető a reagálóképesség, a hatékonyság, a túlélőképesség, valamint az interoperabilitás. A szenzorrendszerek hadszíntéri alkalmazásáról a 9. mellékletben található információ.

⁵² Véleményem szerint a harcmező információs rendszereinek tudásalapú összetevői:

- Harcászati helyzetismeret és ennek megjelenítése: egy közösen értelmezhető harctéri kép;
- A különböző adatbázisok (szervezeti, logisztikai, meteorológiai, földrajzi, stb.);
- Kommunikációs és információs kapcsolatok (az egyes harcostól a döntéshozókig);
- Felderítési, megfigyelési adatok, információk (vizuális és szenzorok általi);
- Virtuális szervezet-kialakítási és önszinkronizációs lehetőségek ismerete.

⁵³ A hálózat-központú hadviselés technikailag három, egymással összefüggő rácsszerkezeten alapul: az információs rácson, a szenzorrácson és a végrehajtói rácson.

A Hálózat-központú Hadviselés előnyeinek kiaknázásához viszont még számos kulcstechnológiát kell kifejleszteni. Az új, mobil, nagysebességű, magas védettségű kommunikációs rendszer, amely percek alatt telepíthető – csak egy ezek közül. Kialakítás alatt van egy *komponens-alapú alkalmazási keret*, amely támogatja a plug-and-play összetevők egyszerű integrálását az olyan rendszerekhez, mint a globális információs rendszer (Global Information System, GIS), a harctéri azonosító rendszerek (Battlefield Identification System, BIS), vagy a szenzor hálózatok. Olyan szoftveres alkalmazások kifejlesztése a cél, amelyek támogatják többek között a logisztikai adatbázisok rugalmas frissítését, a dinamikus erőforrás kiterjesztést és a stratégiai szintű harcmező menedzsmentet, vagyis a hálózatos hadviselés fejlett, tudásalapú összetevőinek kialakítását.

2.4.4. A harcászati internetek jövője

A harcászati internetekkel kapcsolatos kutatási területeken a legtöbb fejlett gazdasággal rendelkező nemzet kidolgozta, vagy napjainkban dolgozza ki elképzeléseit, a gyakorlatban azonban eddig kevés helyen került megvalósításra, szervezetszerűen pedig csak az amerikai hadseregben jutottak el a hadosztályszintű kialakításig.

A nagy távolságon alkalmazott többutas átjátszás megbízhatóságának vizsgálata, a rendelkezésre álló sávzélességek összehangolása az adatelosztás során megjelenő hatalmas fájlméretekkel (például térképek, térképrészletek), az interoperabilitás biztosítása az egyéb összhaderőnemi, többnemzetiségű kötelékek kommunikációs, információs rendszereivel, valamint a biztonsági eljárások precíz kidolgozása a rendszerek összehangolt információvédelméhez még a jövő feladatai közé tartozik. **A vezetési-irányítási hadviselés, az elektronikai hadviselés, az információs műveletek vagy akár a Hálózat-központú Hadviselés hatásai a kialakított rendszerre ugyancsak a kutatási területek között kell, hogy szerepeljenek, csakúgy, mint a harcászati internet kritikus pontjainak meghatározása városharcban, magas hegyekben, vagy a dzsungelnek növényzetének dús lombozata között.**

Ugyanakkor már alkalmazásra került a harcászati internet, elsőként az afganisztáni műveletekben (amerikai részről), majd az Irak elleni harcokban is: mind az északról támadó 4. lövész hadosztály harckocsijaiba épített elemekkel, mind a Bagdadot elfoglaló 3. lövész hadosztály harckocsijaiban. Napjainkban, az Afganisztánban járőröző német békefenntartó alakulatok a FAUST vezetési-irányítási rendszert használják harcászati internetként, és a francia SIC-F vezetési-irányítási rendszer ugyancsak megjelenik a békeműveletekben.

Daintry Duffy cikkében [58] rámutat, hogy a harcászati internet víziója számos technikai és kulturális kérdést is felvet a katonák számára. *„Mi történik, ha ebbe a high-tech hálózatba egy illetéktelen betör, vírussal fertőzi, hamis információt juttat be, működésképtelenné teszi? Az információhoz való hozzáférés ereje (vagy inkább mámore) nem fogja-e megváltoztatni a merev, katonai hierarchiát, az alá-fölé rendeltségi viszonyokat? Mi történik, ha minden szakaszparancsnok rendel-*

kezni fog ugyanazzal az információval, mint a 2 – 3 szinttel magasabb parancsnok? Ugyanez a szakasparancsnok végre fogja-e hajtani a következő parancsot, kérdések nélkül, bízva az előjárója döntéshozatali képességében, a számára is nyilvánvaló információk alapján?” – teszi fel kérdéseit Duffy.

A harcászati internetek alkalmazásában felismerhető az *aktív kezdeményező-készség* lehetősége is a jobban informált katonák részéről, akik képesek egyéni akciókra az átfogó vezetési szándékon belül. A megosztott információ, amelynek során *néhány esetben az alárendeltek több információval rendelkeznek, mint a parancsnokok*, oly módon változtatja meg a vezetőnek a vezetéshez való viszonyát, amelyet teljes mértékben csak a jövőben lehet felfedezni és kihasználni.

Vitathatatlan tény azonban, hogy ezek a technológiák a dominó-effektus hatásait is magukban rejtik, különösen akkor, ha nem fordítanak kellő figyelmet a biztonsági kihívásokra, egy átfogó információvédelmi koncepció és a kidolgozott eljárások felhasználásának formájában. Mindezen gondolatoknak célszerű megjelennie a kiképzés, felkészítés területén is, ahol komplexitásában kerül oktatásra és begyakorlásra az új kommunikációs technológia használata, szerves részévé válva a katonai kultúrának is.

A csúcstechnológia katonai elterjedésében egy lényeges tény azonban nem lehet figyelmen kívül hagyni: a korábbiakban vizsgált fejlett kommunikációs rendszereknek (harcászati rádiórendszerek, műholdas rendszerek, harcászati internet) a jelenléte nem fogja helyettesíteni a katonákat. **Az emberi intelligencia jelen tudásunk fejlettségi szintjén nem helyettesíthető semmilyen elektronikai eszközzel vagy rendszerrel, igaz, a modern technika nagymértékben segítheti az információk helyes értelmezését.**

2.5. Összefoglalás és következtetések

Az információval kapcsolatos műveletek (gyűjtés, feldolgozás, tárolás, elosztás) mára már nem csak kizárólag az informatikai rendszerek feladata. A modern hadviselési elvekben rendre megjelennek a harcmező helyzetértékelésének elvárásai a műveletek vezetői, de végrehajtói részéről is. A vizsgált jellegzetes rendszerkialakítások *az integrált híradó és informatikai rendszerek* felé mutatnak, felismerve, hogy mindkét részterület a vezetéstámogatásban csúcsosodik ki. **A műveletek sikere jórészt a vezetés hatékonyságán múlik, és a modern hadviselés elvárt *mobilitási képessége* ugyancsak megköveteli egy integrált, korszerű eszközökből álló kommunikációs rendszer vezetéknélküli kapcsolatait.** A harctéri információszükséglet kielégítése ugyanakkor minden hadviselési formában magas prioritást képez, és a modern technikák-technológiák (például az internet protokoll, IP) alkalmazása ezt hívatottak biztosítani.

A rádióhíradás előnyeit és a frekvenciamenedzsment elveit felhasználva, a különböző hullámsávokon (RH, URH, szélessáv), a beépített vagy hordozható (háti és kézi) rádiók rendszerbe integrálásával valósítható meg a mobilitási képesség

elérése. Az egyes rádiókészülékek rádiófelvevő pontokon keresztül kapcsolódnak a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerhez, így biztosítva az információátvitel folyamatosságát. Mindezt kiegészítik a harcászati szint műholdas rendszerei, amelyek mind a békeműveletek (INMARSAT), mind a háborús műveletek (IRIDIUM, stb.) sikeres végrehajtását támogatják.

A közelmúlt rádiós fejlesztései között megjelentek olyan különleges rádiórendszerek és speciális készülékek, amelyek elsődlegesen a megnövekedett adatátvitelt biztosítják, illetve általuk valósulhat meg az internet protokoll alapú hálózatok harcászati szintű kialakítása.

A megnövekedett információmennyiség eredményezte annak a hálózati formának a kialakítását is, amelyet harcászati internetnek neveztek el. **A harcászati internetek megjelenése és elterjedése, a technikai fejlődés eredményeinek elegyítése az új típusú harceljárásokkal, vezetési módszerekkel, szoros összhangban van a nemzeti katonai doktrínákban vázolt kihívásokkal, valamint az azokra adott válaszokkal** – legalábbis kommunikációs vonatkozásban. A korábban különböző célokra alkalmazott rendszerek integrálásával **lehetővé válik az egységesen értelmezhető harctéri kép kialakítása, amely nagymértékben megkönnyítheti a vezetés funkcióinak harctéri realizálását.**

A katonai műveletek formájától függően (békeműveletek vagy háborús műveletek) lehetőség nyílik a COTS rádióeszközök használatára, különösen a békeműveletekben. Harchelyzetben viszont nem alkalmazhatók a COTS rádiók, mivel itt alapkövetelmény a frekvenciaugratás képessége. A hadszíntér átfogó frekvenciamenedzselése viszont minden műveletben előtérbe kerül, és csak kellően felkészült szakemberek képesek egyrészt a frekvencia-koordinációra a civil és katonai rendszerek között, másrészt az eszközök egymás zavarása nélküli üzemének biztosítására.

A harcászati rádiórendszerek alkalmazása a jövő katonai műveleteiben egyre hangsúlyosabb szerepet fog játszani: egyrészt a mobilitás növekedése miatt, másrészt a TACOMS Post-2000 szabványok kidolgozása utáni rendszerfejlesztések várható alakulása alapján. Az egyes harcos integrált személyi rendszereinek megjelenése, a jármű belső beszélgetési rendszerek fejlesztése, valamint a harctéri azonosító rendszerek széleskörű elterjedése ugyancsak ezt támasztja alá. Ezekkel párhuzamosan a harcászati műholdas rendszerek úrszegmensei is modernizálásra kerülnek, a SATCOM Post-2000 program keretében.

A jövő lehetőségeit elemezve kijelenthető, hogy harcászati kommunikációs rendszerek fejlesztése mellett növekszik a harctéri azonosítórendszerek, a hely- és helyzetmeghatározó rendszerek, valamint a különböző célú szenzorrendszerek kidolgozása, alkalmazása. **Ez a trend már a Hálózat-központú Hadviselés technikai kialakítását vetíti előre, a szenzor- és információs rács hálózatos képességeinek formájában. Ugyanakkor a harcászati internetek jövőbeni alkalmazása szintén ezen új hadviselési forma eszközrendszerét erősítheti.**

A 2.3. fejezetben vizsgált harcászati internetekbe integrált különböző rendszereket mutatja a következő összefoglaló táblázat.

Országok		Egyesült Államok	Nagy Britannia	Franciaország	Németország	
Rendszerösszetevők						
Vezetési-irányítási információs rendszer		MCS	ATacCS / Combat	SIC-F	HEROS / FAUST	
Katonai üzenetkezelő rendszer		AUTODIN (USMTF)	ATacCS és IRIS	SIC-F és IRIS	IRIS	
Felső szintű harcászati internet önálló elemei	Harcászati (tábori) kommunikációs rendszer	MSE vagy TRI-TAC (WIN-T)	PTARMIGAN	RITA-2000	AUTOKO-90	
	Harcászati műholdas rendszer	FLTSATCOM, MILSTAR	SKYNET 4 (5)	SYRACUSE 2	Bérelt műholdas csatornák	
	Számítógépes r.	ATCCS	MRS-2000	SIR	n.a.	
	Egyéb elemek	HCDR	HCDR	-	-	
	Rádiófelvevő pont	RAP	RAP	RAP	RAP	
	Számítógépes hálózat	FBCB2	MRS-2000	SIR	Nincs önálló	
Alsó szintű harcászati internet önálló rendszerei, elemei	Harcászati rádiórendszer elemei	RH	Nem része a TI -nek	BOWMAN rádiórendszer	Systeme 3000	HRS-7000
		URH	SINCGARS (JTRS)		PR4G (Fastnet)	SEM 173-193
		kézi	többféle	PRR	TR 9200	SEM 52
		Műholdas terminál	sokféle	n.a.	n.a.	n.a.
	Egyéb rendszerek, elemek	EPLRS, INC, Hálózati routerek	Hálózati routerek	Hálózati routerek	Hálózati routerek	
	Földi azonosító rendszer (IFF)	BCIS	BCIS	n.a.	n.a.	
	Integrált személyi rendszerek	Land Warrior	FIST	FELIN	ldz	

13. táblázat: A harcászati internet önálló rendszerei, elemei.

Következtetések

- A harcászati rádiórendszer üzemelésénél a prioritások megadásának hiánya esetén a rendszer üzemeltetési környezete sem fogja célját betölteni. Hiába fordítanak kiemelt figyelmet a digitális hadszíntér kialakítására, a modern eszközök professzionális szintű használata csak egy átfogó akarat formájában hozza meg az eredményt, a kellően kidolgozott harcászati rádiórendszer üzemelésére vonatkozó parancs formájában. Ebben kerül rögzítésre az elsődleges információk köre, az információk fontossági sorrendje, az információk minősítése és átjátszási sorrendje, valamint a csatornahozzáférések priorizálása.
- A harcászati rádiórendszer hatékony felhasználása csak egységes frekvenciamenedzsment alkalmazása esetén lehetséges. A frekvenciakoordináció ugyanakkor már nem csak a civil-katonai párbeszédet követeli meg, a felelősségi körzetekben is jelentkezik. A legtöbb modern katonai

rádiórendszer rendelkezik szoftveralapú tervező és elemző eszközökkel, és várhatóan az MH-ban is alkalmazásra kerül.

- Az adatforgalom növekedése a harcászati rádiórendszerekben is megfigyelhető. A csomagkapcsolt adatok átvitelére egyre gyakrabban az IP alapú hálózati kialakítást alkalmazzák, és a csatornkapacitás növekedésével megvalósítható a videoátvitel is. Ugyanakkor a bitorientált adatátvitel használatát sem szabad elfelejteni, a fegyverrendszerek vezérlésében meghatározó a szerepe, így az MH harcászati rádiórendszerében is változatlanul jelen lesz a modernizálás után.
- A műveletek mobilitásának fokozódása és a kialakított szabványok alkalmazása mellett a végrehajtás leghatékonyabb, legcélszerűbb módzatainak megalkotása a parancsnokok felelőssége marad: a döntéseket csak jól felkészült vezetők képesek meghozni még a holnap magasan fejlett, technikai jellegű hadszínterén is. A parancsnokok magas fokú vezetői képességeinek kialakításához társul a frekvenciamedzserek képzése is, akik megfelelő szakmai tudásukkal jelentősen hozzájárulhatnak adott művelet sikeréhez, új elemként jelenve meg a rádiórendszer összetevőiben. **Az MH-ban eddig nem fordítottak kellő figyelmet erre a kérdésre, éppen a rádiók fejletlensége miatt, a jövőben viszont ez már nem kerülhető meg, ha egy ténylegesen működő rendszer kialakítása a cél.**

3. fejezet.

A Magyar Honvédség harcászati rádiórendszere

3.1. A Magyar Honvédség jelenlegi és tervezett rádióeszközei

Az MH katonai vezetésében, a döntés-előkészítésben és döntéskialakításban az 1990-es évek második felétől fokozatosan jelentek meg a személyi számítógépekkel támogatott információs rendszerek, melyek a béke elhelyezési körletekben, stacioner telepítési helyeken biztosítják a vezetés információtovábbítási igényeinek kielégítését. A kialakított információs rendszerek alkalmazásával szemben a felhasználók jogosan várják el, hogy a megszokott formában és tartalommal a hadműveleti területen is hozzájussanak adatbázisokhoz, küldhessenek képet, hangot vagy adatot az alárendelt és előljárói viszonylatokon – párhuzamosan a beszédkapcsolatokkal –, és mindezt akár rádiórendszereken is.

A 90-es évek Magyar Honvédségében ugyanakkor nem sok változás történt a rádióeszközök modernizációjának vonatkozásában. Bár a rendszerváltozás szemléletváltozással is együtt járt: sok területen szükségtelenné vált például az R-140 RH rádióállomások nagyteljesítményű és nagytávolságú híradása, így folytatódott a 80-as évek második felében kezdődött „modernizálás”, ami jószerével csak a régebbi eszközök rendszerből történő kivonásából állt. A szervezeti változások maguk után vonták néhány feleslegessé vált további híradóeszköz kivonását is, így az R-140 és a műholdas eszközök (R-440) mellett a troposzféra rádióállomások (R-412) is kikerültek a rendszerből.

A rendszerben maradt híradó eszközök képességei ugyanakkor már nem tették lehetővé a modern hadviseléssel szembeni elvárások kommunikációs támogatását, amelyet Dr. Rajnai Zoltán így fogalmazott meg [59]:

„Napjainkban a csapatvezetés oldaláról megnőtt az igény a digitális szolgáltatások harcászati szintű alkalmazására éppúgy, mint:

- *A multimédiás információtovábbítására;*
- *A digitális hálózatok szolgáltatásainak igénybevételére;*
- *A gyors és hiteles adattovábbításra;*
- *A katonai üzenetkezelő rendszer üzemeltetésére, mely a korszerű NATO rendszerekben már alapkövetelményként jelen van.”*

A gondokat természetesen felismerték a felső vezetői szinten is, több fórumon kijelentésre került, hogy az MH jelenlegi kommunikációs eszközrendszere zömében erkölcsileg és technikailag elavult, nehezen fenntartható és üzemeltethető, valamint jelentős problémákat okoz a szervizelhetőség, de az üzemeltetők számának jelentős csökkentése ugyancsak hatással volt a kialakult helyzetre.

A nehézségeken nem javított számottevően az a példaértékű tény sem, hogy az amerikai segélyből származó HARRIS RF 5200 típusú RH rádió néhány példánya (összesen 14 db) beépítésre került a legfontosabb feladatok biztosítására, így például a magyar-román békefenntartó zászlóalj vezetői szintű harcjárműveibe (3 db), a koszovói békefenntartó zászlóalj nagytávolságú rádióhíradásának biztosítására (3 db), valamint a NATO felajánlású erők néhány harcjárműjébe. A HARRIS rádióknál problémát jelent az eszközök alacsony száma, és az a tény, hogy kifutott típusról van szó, így az esetleges javítások hosszú időt vesznek igénybe, az amerikai szervizelési lehetőség miatt. Bonyolítja a helyzetet, hogy a megjavított eszközök ismételt kiutaztatása az Államokból kongresszusi jóváhagyást igényel, hasonlóan, mint az eredetileg segélyként bekerült rádiók esetében.

Dr. Mráz István így fogalmaz a jelenlegi híradó rendszer képességeiről [60]: „Az MH állandó telepítésű és táborig híradásának rendszerei és eszközei nem alkotnak egységes rendszert. Szolgáltatásaikban, műszaki színvonalukban elmaradnak a kor követelményétől, az országos távközlési rendszerektől, valamint a NATO rendszerektől.”

Az előző értékelések alapján megállapítható, hogy a megmaradt rádióeszközök nem képesek a modern elvárások szerinti szolgáltatások biztosítására – ezek zömmel csak analóg beszédátvitelre képesek –, így kijelenthető, hogy a harcászati rádiórendszer korszerű, egységes eszközökkel (rádiócsaláddal) történő kialakítása időszerű és szükséges.

3.1.1. Új beszerzésű rádióeszközök

A harcászati rádiórendszer korszerű, egységes rádióeszközökkel történő kialakítása az eszközök korszerűsítése vagy új beszerzésű eszközök útján lehetséges. Mivel az előzőekben megállapításra került, hogy a jelenlegi eszközök döntően csak analóg beszédátvitelre képesek, így a korszerűsítés már nem járható út: ezért az MH alapvető célja, hogy nem csak a harcászati rádiórendszert, hanem a meglévő híradó rendszereit is az eszközök cseréje útján alakítsa ki. Az MH létre kívánja hozni a csapatok megbízható, operatív vezetéséhez szükséges kommunikációs rendszereket, melyben a felhasználók részére új szolgáltatások lesznek bevezethetők, és kialakítható egy egységes, integrált szolgáltatású hálózat, melynek részét képezik majd az RH (3-30 MHz), az URH (30-88 MHz), és a szélessávban (3-512 MHz) működő harcászati rádiók (vagy azok egy része) is.

A NATO követelményeket is figyelembe véve a Magyar Honvédségnek korszerű, zavar- és információvédelemmel ellátott, beszéd és adatátvitelre alkalmas, a NATO jelenlegi és jövőben bevezetésre tervezett szabványait kielégítő, a közös műveletekben interoperábilisan alkalmazható rádióeszközökre van szüksége.

A rendszerfejlesztési tervek szerint várható, hogy az MH-ban egységes, integrált szolgáltatású, korszerű, nagy megbízhatóságú, megfelelő zavar- és információ védelemmel rendelkező, a katonai követelményeknek, a nemzetközi szabvá-

nyoknak és ajánlásoknak megfelelő, 15-20 év után is korszerűnek tekinthető katonai híradó infrastruktúra fog kialakulni. Ez a következő előnyöket biztosítja:

- Az új, harcászati szintű kommunikációs rendszerben csökken az eszközök típusválasztéka;
- Az eszközök kezelésére történő kiképzés a lehető legrövidebb idő alatt végrehajtható;
- Az üzemeltetés és az üzemben tartás a lehető legkevesebb ismeretet és a legkisebb létszámú személyi állományt igényli;
- A fenntartáshoz olyan eszközök állnak rendelkezésre, melyekkel csapat-szinten szétszerelés nélkül is megállapítható az eszközök üzemképessége, de a javítás is leegyszerűsödik egyszerű modulcsere formájában.

Általában véve az MH részére olyan eszközöket vagy eszközcsaládokat célszerű beszerezni, melyekkel létrehozható az üzemeltetés és a fenntartás egységes, biztonságos és gazdaságos rendszere.

Az MH harcászati rádióeszközeinek beszerzésére nyílt tender került kiírásra, ahol a beszállításra pályázó cégek versenyeztetése során a norvég többfunkciós rádió (Multi Role Radio, MRR) korszerű technikai paramétereivel (és a cég ellen-tételezésével) megelőzte a versenytársakat. A honvédelmi miniszter 2003. március 11.-én kötött szerződést, a honvédség igényeit kielégítő, URH sávú (30-88 MHz), harcászati rádióeszközök szállítására a norvég Kongsberg Defence Communications A.S. céggel. Ennek értelmében a Kongsberg cég 2013-ig a honvédség alakulatai, harc- és gépjárművei számára folyamatosan, közel tízezer, magas technológiai színvonalat képviselő, a biztonságos kapcsolattartást garantáló harcászati rádióeszközt szállít. A rövidhullámú és szélessávú rádiók beszerzésére további tenderek kerülnek kiírásra, várhatóan a 2005. évben, így ezek típusairól egyelőre nincs döntés.

Az MH részére beszerzett rádióeszközökkel szemben – a korszerű technikai paraméterek mellett – az alábbi követelmények fogalmazhatók meg:

- A rádió legyen szoftveres úton konfigurálható és újrakonfigurálható különböző rendeltetésű összeköttetésekre, hullámformákra és eljárásokra;
- Legyen alkalmas a jelenleg ismert (és előkészítve a későbbiekben elfogadásra kerülő) egységes NATO COMSEC követelményeknek megfelelő eljárások alkalmazására;

- A különböző szintű parancsnokságok a vezetés és irányítás érdekében a beszéd, fax, adat (e-mail, katonai üzenetkezelés, grafikus felületek), és – esetlegesen a későbbi – multimédia szolgáltatásokat vehessék igénybe;
- Korszerű, integrált frekvenciamenedzsment legyen kialakítható.

A rendszerszintű kialakítás során:

- Célszerű megteremteni a légi és szárazföldi híradás integrálását, valamint a harcászati rádiórendszernek a tábori kapcsolóközpontokkal történő összekapcsolásával biztosítani a különböző rádióforgalmi rendszerek hálózatból történő távoli elérését, az operatív beavatkozás lehetőségét;
- A hálózat-felületei rendszer adjon segítséget és támogatást a tábori területi rendszerhez kapcsolódó rádiórendszer tervezésében (átláthatóság számítása, rádió lefedettség kimutatása, adatnyilvántartás, rádiófrekvenciák menedzselése), megszervezésében, valamint az ezzel kapcsolatos parancsok, intézkedések és adatok eljuttatásában.

Nem hagyható figyelmen kívül, hogy bár a jelenlegi híradó technikai eszközök döntő mértékben kiváltásra kerülnek, de az átfedési időszakban folyamatosan biztosítani kell a régi és új rendszerek együttműködését. (Ez egyben a háttérkompatibilitás biztosítását is jelenti.)

3.1.2. Az MH harcászati rádiórendszerének tervezett elemei

Az MH rádióhíradása – RH, URH és szélessávú frekvenciatartományban – a nyílt és a minősített beszéd és adat információk továbbítására lesz képes. Az RH rádióeszközök és rádióforgalmi rendszerek alapvetően a vezetési pontok között és a nagyobb távolságra kiküldött részlegek között fognak üzemelni. Az URH készülékek alapvetően az alegységek közti rövidtávú kommunikációt, valamint a fegyverrendszerek vezérlését biztosítják, míg a szélessávú rádiók a föld – levegő kapcsolatot valósítják meg a szárazföldi csapatok és a légi egységei között, illetve a repülőgépek földi navigációját segítik elő.

A rádiókészülékek döntően rendszergépkocsikba, illetve gép- és harcjárművekbe kerülnek beépítésre, de a hordozható változatok és a kézirádiók is megjelennek. Az összetett rádióállomásokkal létesített híradás alapvetően a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer tartaléka (másodlagos kapcsolatok), továbbá a közvetlen összeköttetések létesítését, egyes esetekben az állandó és a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer csatornáinak kiegészítését biztosítja, míg a hordozható és kézirádiók a gyalogos harcfeleltartók végrehajtását támogatják, az alegységek közötti együttműködést, illetve a szakaszok (teamek) közötti vagy azon belüli kommunikációt biztosítják.

A rádiókomplexumok (mozgó vezetési pont rádióállomások) közös jellemzője, hogy parancsnoki és törzs rádióállomásként működnek (hasonlóan az R-142 rádióállomáshoz). További jellemzőjük, hogy információvédelemmel ellátott beszéd és adatátviteli kapcsolatok biztosítására készülnek, a vezetési pontok között, va-

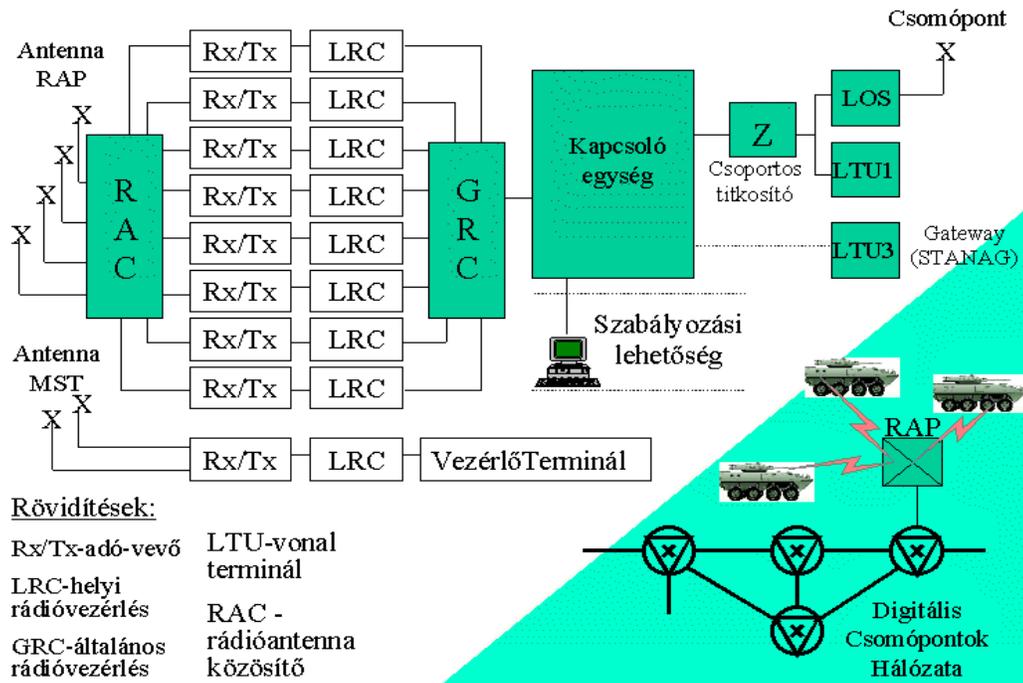
lamint a repülő eszközökkel különböző frekvencia sávban dolgozó rádiókkal kerülnek kialakításra, állóhelyben és menet közbeni üzemelést biztosítva.

Csoport	Megnevezés	Alkalmazás/funkció	Típus	Megj.
Mozgó vezetési pont rádióállomás	PK-1/G; PK-1 pc.	A különböző szintű MH szervezetek parancsnoki rádióállomásai.	Tender alatt	R-142; R-145
	PK-2 pc.	A különböző szintű MH szervezetek törzs rádióállomásai.	Tender alatt	kiváltása
Rádió készlet	PK-3	Szakasz-, rajparancsnoki harcjárművek, harckocsik, valamint minden olyan gépés harcjármű, melynek irányítása URH rádióval (mentő, műszaki eszközök, vontatók, műhely gépkocsik, hírközpont komplexumok, stb.) történik.	Tender nyertes MV-300	R-107; R-159; R-1260 stb. kiváltása
RH rádióállomás	RH-1/G és RH-1	Önálló rádióállomásként, különböző vezetési szinteken, pont-pont közötti beszéd és adatátvitelre alkalmas. (Az RH rádió nagyteljesítményű végfokkal ellátva.)	Tender alatt	R-140; R-130; kiváltása
Hordozható rádiók	RH rádió	Csak a rövidhullámú sáv (3-30 MHz) vételére és azon való forgalmazásra alkalmas hordozható (háti)készülékek.	Tender alatt	R-143 kiváltása
	URH (VHF) rádió	Csak az ultrarövid hullámú sáv (URH) vételére és azon való forgalmazásra alkalmas (háti)készülékek.	Tender nyertes MP-300	R-107; R-159 kiváltása
	Kézi URH (VHF) rádió	Felépítésük és könnyű súlyuk lehetővé teszi, hogy harc közben is alkalmazhatók, fejbeszélő egységekkel kiegészítve pedig nem akadályozzák a katonát harcfeladata teljesítése közben.	Tender nyertes MH-300	R-1260 és Motorola MT-300 kiváltása
	URH (VHF / UHF) rádió	Szélessávú rádiókészülékek: 1,5 (30) – 512 MHz frekvencia sávban alkalmasak a forgalmazásra. (föld – levegő kapcsolat)	Tender alatt	R-809 kiváltása
Rádiófelvevő pont	RFP/G	Mobil URH rádióállomások csatlakoztatása az állandó jellegű és a táborterületi hírrendszerhez	Tender nyertes MV-300	Új elem

14. táblázat: A tervezett rádióeszközök jellemzői. (Forrás:[61])

Az új elemként megjelenő rádiófelvevő ponttal kapcsolatosan Dr. Rajnai Zoltán így fogalmaz PhD értekezésében: „A rádiófelvevő-pont a harcászati alegységek (gépesített lövész- és harckocsi-zászlóaljok, tüzérosztályok), valamint a mobil felhasználók (század szintű fegyvernemi és szakalegységek), harcrendi elemek részére biztosít csatlakozási lehetőséget más vezetési szintekkel és a felhasználókkal. Ennek érdekében minden csomópontot alkalmassá kell tenni arra, hogy automatikusan, vagy kezelői beavatkozással rádióirányokat integráljanak a tran-

zithálózathoz úgy, hogy egyidőben automatikusan 4-6, és manuálisan 1-2 rádiókapcsolatot legyenek képesek fogadni.”



17. ábra: Rádiófelvevő pont (RAP) blokkvázlata. (Forrás:[62])

3.2. Frekvenciaspektrum és hálózatkialakítás

3.2.1. A rádiófrekvencia spektrum felhasználása

A Magyar Köztársaság 221/1999. (XII.29.) Korm. Rendelete [63] a következőképpen fogalmaz a rádiófrekvencia spektrummal kapcsolatban: „A rádiótechnika fejlődési eredményei és a rádiófrekvenciás tartományt alkalmazó rádiórendszerek ma már az országok gazdaságának, illetve a népek biztonságának és jólétének létfontosságú elemévé váltak. A rádiófrekvenciás tartomány véges erőforrás, ezért felosztása, kijelölése, engedélyezése és használata körültekintő intézkedéseket igényel annak érdekében, hogy elkerülhessük azokat a káros zavarásokat, amelyek megszakíthatják vagy korlátozhatják a különböző - civil és katonai - rádiórendszerek működését.” A rádiófrekvenciás tartomány ugyanakkor némileg különbözik a többi természeti erőforrástól:

- Ezt a forrást lehet használni, de nem lehet elfogyasztani, akkor pazaroljuk, ha nem használjuk;
- Tér-, idő- és frekvenciadimenzióval rendelkezik, és e három tényező kölcsönös kapcsolatban van egymással;
- A nemzetközi erőforrás mindenki rendelkezésére áll;

- Akkor is pazaroljuk, ha olyan célra vesszük igénybe, amely más módon könnyebben megvalósítható, illetve jellemzőit nem a feladatnak megfelelően állapítjuk meg.

Annyiban mutat hasonlóságot a többi természeti erőforrással, hogy ez is szennyezhető.

A kommunikációs rendszerek mind bonyolultabbá válásával, számos frekvencia-ellátási probléma merül fel a katonai rádióhíradás területén, amely különösen megnőhet a frekvenciaugratásos üzemmód alkalmazása során. **Ezek a problémák csak integrált spektrum-menedzseléssel oldhatók meg.**

A frekvenciaspektrum menedzselése mindennapos feladat és csak jól képzett szakemberek képesek elvégezni ezt a munkát.⁵⁴ Összehangolt tervezés és üzemeltetés szükséges, hiszen a közös térben (a frekvenciaspektrumban) az információtovábbítás csak egymás zavarása nélkül valósítható meg. A modern hadszíntéren nemcsak a kommunikációs rendszerek vannak jelen, számolni kell a felderítés, az elektronikai hadviselés eszközeivel, a radar, a navigációs és a szenzor rendszerek megjelenésével is. Számos rendszer – például a rövidhullámú, nagytávolságú rádióhíradás, a műholdas rádióhíradás, a navigációs rendszerek üzemeltetése – megkívánja a frekvencia-koordinálást nagy földrajzi területek között, országhatártól függetlenül.

A rádióspektrum erőteljes szabályozása az egyik kulcs a katonai védelmi rendszerek interoperabilitásának megvalósításában, a civil – katonai párbeszéd e területre való kiterjesztése, a felhasznált frekvenciasávok összehangolása minden rádiórendszert használó számára alapkövetelmény.

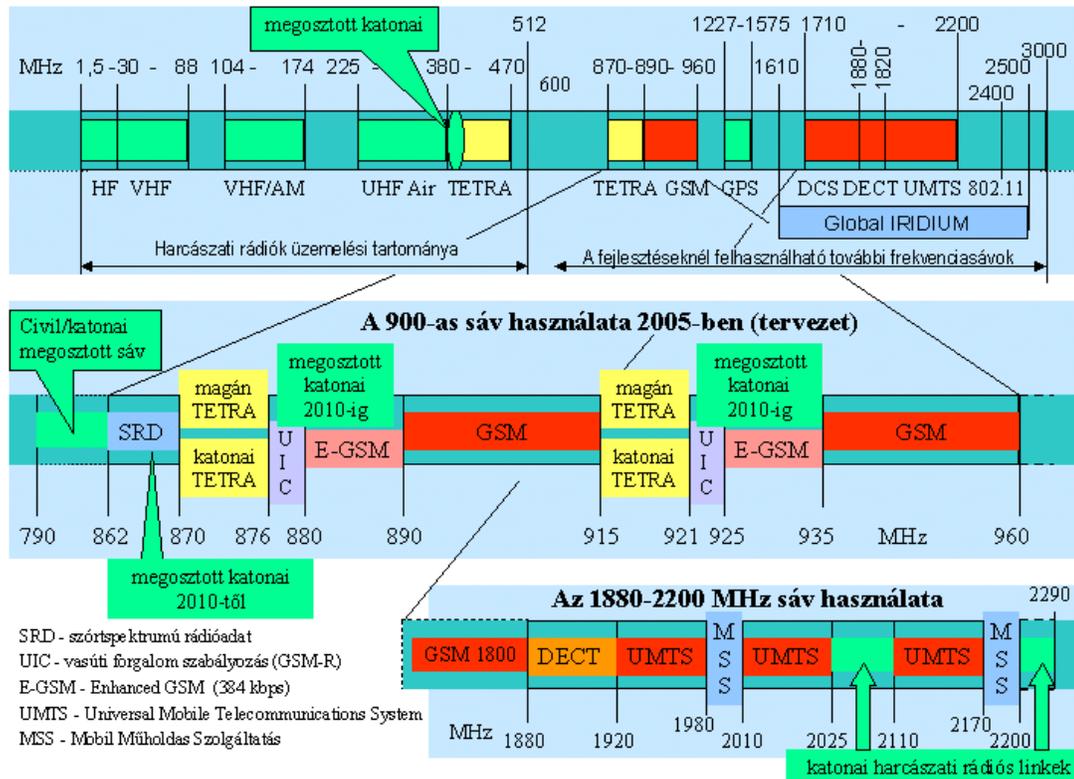
A NATO által felhasznált frekvenciasávok és a polgári (készenléti) rádiórendszerekhez szükséges spektrum egyik legmarkánsabb összehangolása a földfelszíni, csatornanyalábolt (trónkölt) rádiórendszer (Terrestrial Trunked Radio, közismert rövidítéssel TETRA) rendszer kialakítása kapcsán került a figyelem középpontjába.

A Szövetséges Rádiófrekvencia Hivatal⁵⁵, a NATO frekvenciagazdálkodási szerveként a TETRA frekvenciák kiosztásával kapcsolatos döntést 1994. decemberében hozta meg a NATO-tagországok képviselői által. A 380-400 Mhz-es frekvenciasávnak a biztonsági, készenléti szolgálatok részére való biztosítása sávmeosztási elv alapján történik, ami szerint el kell tűrniük a levegő/föld/levegő (Air/Ground/Air, A/G/A) távközlési rendszerekben üzemelő katonai frekvenciaugratásos berendezések részéről esetleg felmerülő zavarást.

⁵⁴ A multinacionális katonai műveletek során az IFOR-SFOR tevékenységekben jelentkezett a legélesebben ez a probléma. Megoldásként a frekvenciamedzselés során használt nagyméretű adatbázisok kezelésének egységes kiképzését a NATO híradó iskolában (Latina) szervezett tanfolyamokon végzik. [64]

⁵⁵ Allied RadioFrequency Agency (ARFA), ma a NATO frekvencia-gazdálkodási Albizottsága, NATO Frequency Management SubCommittee (NFMSC) néven ismert.

Példaként említem meg, hogy a NATO-tagországok több mint 25000 frekvenciaugratásos rádióberendezést (HAVE QUICK I, II és SATURN) vásároltak a légierejük számára. A legrosszabb esetet vizsgálva, az egyidejűleg harcfeleladatot végrehajtó repülőgépek száma Európában 500-ra tehető, feltételezett rádiós üzemelési idejük a repülési idő 20 %-a. Előzetes számvetés szerint egy TETRA összeköttetés a repülőfedélzeti lassú frekvenciaugratásos rádiók általi megszakítása – a vizsgált feltételek között – 13 percenként 1 esetben következhet be. Ezt a feltételt elfogadhatónak ítélték a rendszerek sávmeosztási elven történő közös üzemeltetésére.



18. ábra: A frekvenciasáv meosztása Európában. (Forrás:[65])

A 18. ábrán a frekvenciaspektrum meosztásáról szóló európai elképzeléseket ábrázolom. **A nagyszámú katonai, civil és készenléti rendszer frekvencia-megosztása több lépcsőben kerül kialakításra, és várhatóan 2010-re befejeződik a sávokról történő kivonás, illetve az új sávokra történő áttérés. Ugyanakkor elképzelhető, hogy a rendszerfejlesztések eredményeként további finomítások lesznek szükségesek, pontosabb erőforrás elosztást eredményezve.**

3.2.2. Információáramlás a harcászati rádiórendszeren

A harcászati rádiórendszerek kialakításánál a legfőbb probléma az *információ vagy adatmegosztás és a sávszélesség korlátok* közötti arány megválasztásából adódik. A viszonylag keskeny sávszélességben dolgozó harcászati rádiók (jellemzően 50 kHz, 25 kHz vagy még ennél is kevesebb) ugyanis komoly gátját ké-

pezhetik a folyamatos, nagy adattömegek áramoltatásának. Korábban már utaltam rá (1.2.3. alfejezet), hogy éppen a keskeny sávszélesség az oka például a videoátvitel nehézségeinek. A harcjárművekben működő digitális kapcsolóelemek, és rajtuk keresztül a rádiókészülékek egymáshoz csatlakoztatása kétféle, ma ismeretes módszerrel lehetséges: az ügyfél – kiszolgáló (kliens–szerver)⁵⁶ alapú hálózatban, vagy az egyenrangú elemek (peer–to–peer)⁵⁷ csatlakozásának hálózatán.

A kliens–szerver topológiában⁵⁸ az alárendelt szerepet játszó (beosztott) harcjárművek kliensként funkcionálnak, és hálózati útválasztókon (routereken) keresztül küldik információikat más járműveknek, egy szerver (vezető munkaállomás) segítségével. Az információk, üzenetek minden esetben a szerveren keresztül jutnak el a címzettekhez. Mozgás közben, ha a kliensek jelentősen eltávolodnak a szervertől, „leszakadnak” a hálózatról: ez a probléma csak igen gondos és körültekintő hálózatszervezéssel kerülhető el, és ez a rugalmas harci csoportosítások kialakításának rovására mehet. A kliens–szerver hálózat tagjainak célszerű egy csoportban maradni a stabil összeköttetéshez, a teljes művelet teljesítése közben. Amennyiben a szakaszparancsnoki harcjármű a szerver, akkor annak meghibásodása, kiesése esetén a kliens járművek kapcsolat nélkül maradnak, vagy leállnak a parancsnoki járművel együtt, veszélyeztetve ezzel a harci dinamikát. Ekkor az egész szakasz kommunikációs képessége megszűnhet, de legalábbis jelentős kiesés várható ezen a téren.

Az egyenrangú elemek összekapcsolásával kialakított hálózatban viszont minden harcjárműnek saját szervere van, és az információ a környező harcjárművek kapcsolatain keresztül jut el a címzethez. A peer–to–peer hálózatok kevésbé sebezhetők, mivel nem csak egy szerver van a hálózatban. Az ilyen típusú hálózatoknak van még egy nagy előnyük a kliens–szerver típussal szemben: a szervezeti rugalmas átcsoportosítás lehetősége.

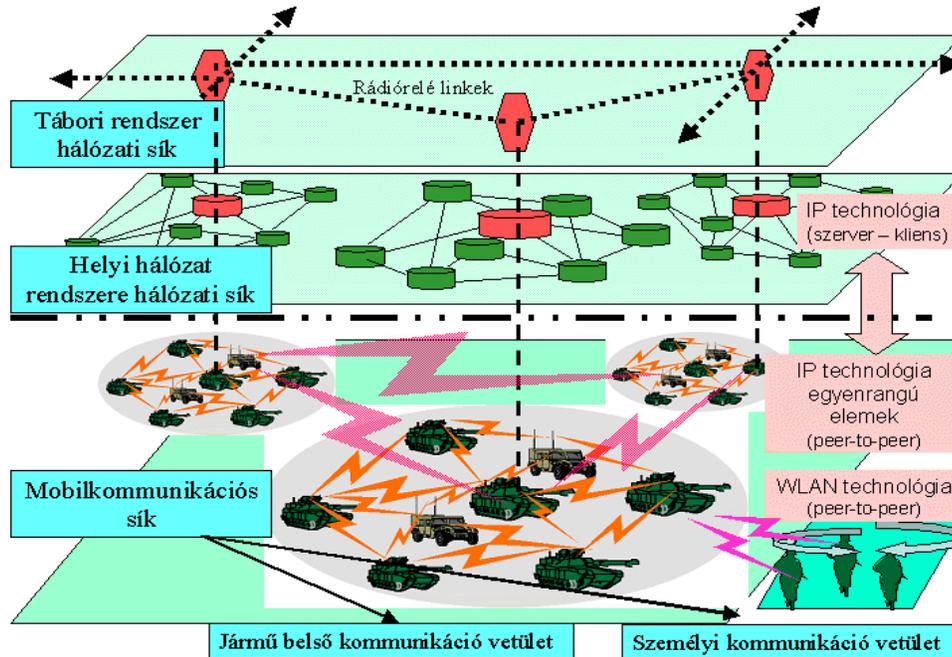
A kliens–szerver hálózatban, egy új kliens beléptetéséhez át kell programozni a szervert és a routereket, míg az egyenrangú hálózatban csak egy rádiócsatornát kell megváltoztatni, és az új tag „beköszönése” már a csatlakozást is jelenti egyben. **Az utóbbi eljárás sokkal közelebb áll a katonai műveletek dinamikus változás követéséhez, amely a mobil kommunikációs hálózatok egyik elvárása.**

⁵⁶ Ügyfél-kiszolgáló kapcsolatról beszélünk, ha van egy kitéüntetett, általában a hálózatba kapcsolt gépeknél nagyobb teljesítményű számítógép (a szerver), amelynek feladata a többi gépről (kliensektől) érkező kérések kiszolgálása.

⁵⁷ Egyenrangú, vagy peer-to-peer hálózatokról beszélünk, amikor minden gép egyenrangú, és erőforrásainak egy részét a hálózaton keresztül kínálja fel a többi gép számára. (Ilyen hálózatokban is elképzelhető, hogy az egyik gép csak szerverként működik.) Lényeges, hogy nem a gépek információ-szolgáltatásban nyújtott szerepe a döntő, hanem az, hogy az egyenrangúság értelmében bármelyik lehet ügyfél és kiszolgáló.

⁵⁸ Topológia: a hírközlési és információs rendszer egyedei azonosításának, logikai összefüggéseinek és logikai struktúrába történő egyesítésük eredményei, a megkívánt teljesítmény nyújtása céljából. AAP-31(A)

A 19. ábra alapján a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer és a helyi hálózati rendszer hálózati síkjain elfogadható a szerver-kliens típusú hálózat, de a harcászati rádiórendszer síkján (jármű belső beszélgetési rendszer és személyi kommunikáció) a peer-to-peer típusú hálózat kialakítás a célszerű kapcsolati forma.



19. ábra: A különböző hálózati síkok kialakítása.

3.2.3. A harcászati rádiórendszer technikai interoperabilitása

A harcászati rádiórendszerek üzemeltetése során két fő szempont köré csoportosíthatók az információval kapcsolatos elvárások:

- Biztosítani, hogy az információk a művelet során végig rendelkezésre álljanak;
- Biztosítani, hogy a különböző nemzeti rendszerek az információ továbbításában hasonló eljárások alapján működjenek.

A fentiek alapján a kitűzött célok megvalósításában a *korszerű, digitális (vagy szoftver-vezérlésű) rádiók rendszeresítése és rendszerkialakítása* csak az egyik része a feladatoknak, míg a szükséges *információmennyiség áramoltatása* a másik lényeges összetevő. A *sokrétűségre és rugalmasságra törekvés* a modern haderőkben szintén hatással van a harcászati rádiórendszerek kialakítására, miközben számolni kell a megjelenő nagyszámú *felhasználói igénnyel* is.

Technikai szempontból a fizikailag különböző – nemzetközi és nemzeti katonai, valamint a készenléti szolgálatok által üzemeltetett – rádiórendszerek közötti interoperabilitásnak kettő fő kategóriája van:

- Az összekapcsolt rendszerek közötti interfészek meghatározása;
- Az alrétegi kapcsolódás változatainak meghatározása.

A NATO NC3A által kidolgozott, a korszerű kommunikációs rendszereknél alkalmazandó technikai felépítés (NC3 Technical Architecture, NC3TA) [66] szerint a két kategória a gyakorlatban a rendszerek általi kölcsönös „laza összekapcsolással” és a „szoros összetartással” jellemezhető.

Az interfészek *laza összekapcsolásával* alakítható ki az interoperabilitás megvalósításának egyik gyakorlati formája. **Megállapítható, hogy két rendszer közötti interoperabilitás kívánt szintjének eléréséhez szabványos interfészekre van szükség, mely interfészek működése és leírása a különböző NATO STANAG-ek alapján értelmezhető.** Az interfészek által biztosítható interoperabilitás végső soron attól függ, mennyire ragaszkodunk a szabvány előírásokhoz, a nem NATO közös üzemeltetési környezetében dolgozó rendszerek kiépítésénél. (Például egy katonai – rendvédelmi rádiórendszer „laza összekapcsolásánál”, amely lehet egy harcászati rádiórendszer és egy TETRA jellegű digitális rádiórendszer).

A nyílt rendszerek alapelvein kialakított harcászati rádiórendszerekben az alrégegi *szoros összetartás* (virtuális összekapcsolódás) által kialakított interoperabilitás lehet a másik gyakorlati megvalósítás. Az alkalmazói programozói interfészek (Application Programming Interface, API) és termékek használatával lehet ezt megteremteni, a nemzeti szinten eldöntött hardver- és szoftverelemek minőségi és alkalmazói követelményei által. **A szoros összetartás által biztosítható interoperabilitás attól függ, hogy mennyire ragaszkodunk nemzeti szinten az alkalmazói programozói interfészek és termékek minőségéhez és használatához.** A szoros összetartás általában a szoftver-vezérlésű rádióknál értelmezhető, hiszen az API-k egyelőre csak itt jelennek meg, jól leírható formában.

A technikai interoperabilitás elérésének a célja, hogy egyrészt a NATO-n belüli, másrészt a tagországok kommunikációs rendszereihez csatlakozva, a béke- és a békétől eltérő (minősített) műveletekben, stratégiai, hadműveleti és harcászati szinten is megvalósítható legyen a hatékony feladatvégrehajtás kommunikációs támogatása.

3.3. Az MH harcászati rádiórendszerének alkalmazásai

3.3.1. Együttműködés a készenléti szolgálatokkal

A Magyar Köztársaság nemzeti biztonsági stratégiája alapján az MH feladatai közé tartozik a készenléti szolgálatokkal történő együttműködés, különösen a katasztrófavédelemben való részvétel, amelyhez véleményem szerint hozzátartozik a kommunikációs lehetőségek fejlesztése is. A készenléti szolgálatokkal való hatékony együttműködés alapja lehet a kommunikációs rendszerek összekapcsolhatósága, ahol honvédségi hozzáférést biztosítanak a zártcélú készenléti rendszerhez. Ez a lehetőség feltételezi egy egységes készenléti rádiórendszer meglétét, amely a rendőrség, tűzoltóság, mentők, (esetleg a katasztrófavédelem)

számára egységes platformon üzemel. Jelenleg ilyen rendszer még nem került kiépítésre a Magyar Köztársaságban, ugyanakkor a diszpécser rendszerű trónkölt rádiórendszerek közül a TETRA a legesélyesebb erre, az elvégzett, többhónapos tesztelések eredményei alapján. **Az MH katasztrófavédelemben való részvételének kommunikációs támogatása jelenleg tartalékkolt mobiltelefonokkal van megoldva.**

A TETRA (Terrestrial Trunked Radio) a digitális, földi mobil rádiótávközlés új generációjának egyezményes szabványa, amelyet úgy terveztek, hogy kielégítse a legnagyobb igényű professzionális mobil rádióhálózatok (Professional Mobile Radio, PMR), és a nyílt hozzáférésű mobil rádióhálózatok (Public Access Mobile Radio, PAMR) felhasználóinak elvárásait is. A TETRA az egyetlen olyan digitális PMR szabvány, amelyet az Európai Távközlési Szabványügyi Intézet (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) szabványosított. A szabvány-együttes a rendszer sok egyéb jellemzője mellett meghatározza a hang- és adat-kommunikációs szolgáltatások paramétereit. **A TETRA szabványon alapuló hálózatok fejlett szolgáltatásaikkal költség- és spektrum-hatékonyak, biztonságos kommunikációt nyújtanak vállalatok és szervezetek mobil és állandó telephelyű egységei számára.**

A NATO kiértékelte a TETRA rendszer jellemző tulajdonságait, aminek eredményeképpen 2000. júniusában megszületett egy közös ETSI – NATO TETRA munkacsoport. A költséghatékony hálózatkialakítás lehetősége vonzóvá teszi a viszonylag olcsó kereskedelmi termékekből (COTS) kialakítható rádiós hálózatot a Szövetség számára is. Nagy Britanniában, a Védelmi Kutatások Ügynökségénél (Defence Research Agency, DERA) és a német Védelmi Minisztériumban már konkrét terveket dolgoztak ki a nem harcászati katonai kommunikáció kialakítására, és a TETRA technológia alapján kívánják azt megvalósítani.

Számos ország védelmi szervezeteinél megjelentek a tervek a TETRA rendszer telepítésére és használatára a nem harcászati katonai kommunikációban. Ezek közé tartozik Ciprus, Gibraltár, Izrael és Németország. Az izraeli hadsereg kiemelt figyelmet fordít a készenléti szolgálatok számára készült digitális rádiórendszer iránt: már elkészült egy olyan, magasabb biztonsági szintet biztosító protokoll, amely lehetővé teszi a TETRA készülékek harcászati felhasználását is a Közel-keleti ország katonai kommunikációban.

Katasztrófavédelem	Nem természeti katasztrófa	Válságreakgáló műveletek
Árvíz	Veszélyesanyag szállítás	Hagyományos (belső)
Földrengés	Tűzesetek, nukleáris baleset	Békefenntartó és támogató
Hurrikánok és jégviharok	Terrorista támadás	Békétől eltérő állapot

15. táblázat: NATO védelmi tervezési kategóriák a TETRA rendszerre.

Az Európában rendszerbe állított TETRA hálózatokról a 10. mellékletben található bővebb információ.

3.3.2. Békeműveletek támogatása rádiórendszerekkel

A Magyar Köztársaság, és ezen belül az MH szerepvállalása a délszláv válság rendezésében elsőként az IFOR feladat kapcsán jelentkezett. Az évtized közepén megjelenő IFOR békeépítő feladatokhoz csatlakozó Magyar Műszaki Kontingens a meglévő rádióeszközökkel került vezénylésre: R-142 rádióállomás, ennek BTR-60 páncélozott harcjárműbe épített változata, az R-145, kiegészítve a felhasználóbarát automatikákkal ellátott, Videoton gyártmányú R-1340 RH rádiókészülékkel (az R-130 utódja), illetve a BTR-80 páncélozott harcjárművekbe is ez a típus került beépítésre. Személyi rádióként Motorola MT-300 típusú többcsatornás kézirádiókat alkalmaztak, némely esetben kiegészítve az R-159 hátirádiókkal a feladatvégzésekben.

A harcászati rádiórendszer békefenntartó műveletekben rendszerint kiegészül műholdas csatlakozási lehetőséggel, ugyanis a rövidhullámú, nagytávolságú rádióhíradással nem mindig biztosítható a tartós összeköttetés az anyaországgal. A szarajevói katonai rendfenntartó kontingens (KRK); a koszovói őr- és biztosító zászlóalj, az iraki szállító zászlóalj; az afganisztáni Nemzetközi Biztonsági Közreműködő Erő (International Security Assistance Force, ISAF) kötelékében szolgálatot teljesítő magyar egységek; valamint a NATO reagáló erőkhöz (NATO Reaction Force, NRF) beosztott könnyű gyalogos század és a többnemzetiségű vegyvédelmi zászlóaljba beosztott egységeink is el vannak látva a következő táblázat szerinti IRIDIUM és INMARSAT műholdas telefonokkal.

	KRK Szarajevó	KFOR Pristina	Irak Al-Hillah	ISAF Kabul	NRF	
					KGYSzd	vv.z.
IRIDIUM műholdas telefon	-	-	15 db	-	12 db	16 db
INMARSAT műholdas telefon	7 db	7 db	8 db	2 db	2 db	-

16. táblázat: műholdas telefonok békeműveletekben, 2004. (Forrás:[67])

Ugyancsak békeműveletekben kerülhet alkalmazásra a civil/üzleti műholdak adatátviteli kapacitásának kihasználása. Az MH békeműveleteinek kommunikációs támogatásában is megjelenik ez a lehetőség, VSAT csatornák bérlése formájában, amit a 17. táblázatban foglalok össze.

A szolgáltatások alapvetően adatátvitelt biztosítanak, de a rugalmas csatorna-kezelés lehetővé teszi a digitális hangátvitelt, az internet telefont (Voice over IP, VoIP), és a videotelekonferencia kapcsolatokat is, a szolgáltatótól történő megrendelés után. Felkészülve a jövő békeműveleteire, továbbra is kiemelt figyelmet célszerű fordítani a műholdas rendszerekhez való hozzáférések biztosítására, mivel ez a műveleti forma várhatóan egyre gyakoribb lesz az MH feladatai között.

Felhasználás viszonylata		KFOR Pristina – HM II.	Irak Al-Hillah – HM II.	Afganisztán Kabul – HM II.
Szolgáltatás	Hangátvitel (HICOM bontja le)	8 db tömörített hangcsatorna (8x8 kbps)	8 db tömörített hangcsatorna; 1 db tömörítetlen hangcsatorna (8x8 kbps és 1x64 kbps)	5 db tömörített hangcsatorna*
	Internet telefon	-	128 kbps	-
	Adatátvitel	- (terv 192 kbps, az ETHERNET kiépítés alatt)	192 kbps (ETHERNET)	256 kbps (ETHERNET)
	Videotelekonferencia (VTC)	-	Dinamikus sávszélesség kezelésű multiplexer	-
Összkapacitás		64 kbps	442 kbps	352 kbps
* Az afganisztáni misszióban 3 hangcsatornát Panasonic kisközpont bont le analóg végződéssel, 2 közvetlenül készüléken végződik				

17. táblázat: VSAT szolgáltatások külföldi missziók felé, 2004. (Forrás:[68])

3.3.3. Háborús műveletek támogatása rádiórendszerekkel

Magyarország vonatkozásában a lehetséges veszélyforrásokat és a honvédség feladatait elemezve megállapítható, hogy előtérbe kerülnek a nem hagyományos, fegyver nélküli feladatok, de egyes esetekben számolni kell fegyveres tevékenységgel is. Az ország szuverenitásának biztosítására, az országhatár védelmére az esetleges fegyveres csoportok ellen, a válsághelyzet kiszélesedése esetén a szárazföldi csapatok béke-elhelyezési körletben lévő egységei, alegységei, el kell, hogy foglalják a védelmi terepszakaszokat. Az előrevonások tervszerű megvalósítása során a csapatok *meneteket* vagy *kombinált meneteket*⁵⁹ hajtanak végre a kijelölt védelmi terepszakaszok megközelítéséhez.

A menetek végrehajtása során a dandárok nem összefüggő menetszlopokat alkotnak, hanem zászlóalj vagy század kötelékekbe szerveződnek. A menetek végrehajtása előzetesen meghatározott menetrend szerint történik⁶⁰, a különböző menetvonalak, ellenőrző áteresztő pontok, pihenő körletek, térképszelvények koordinátáinak pontos megadásával.

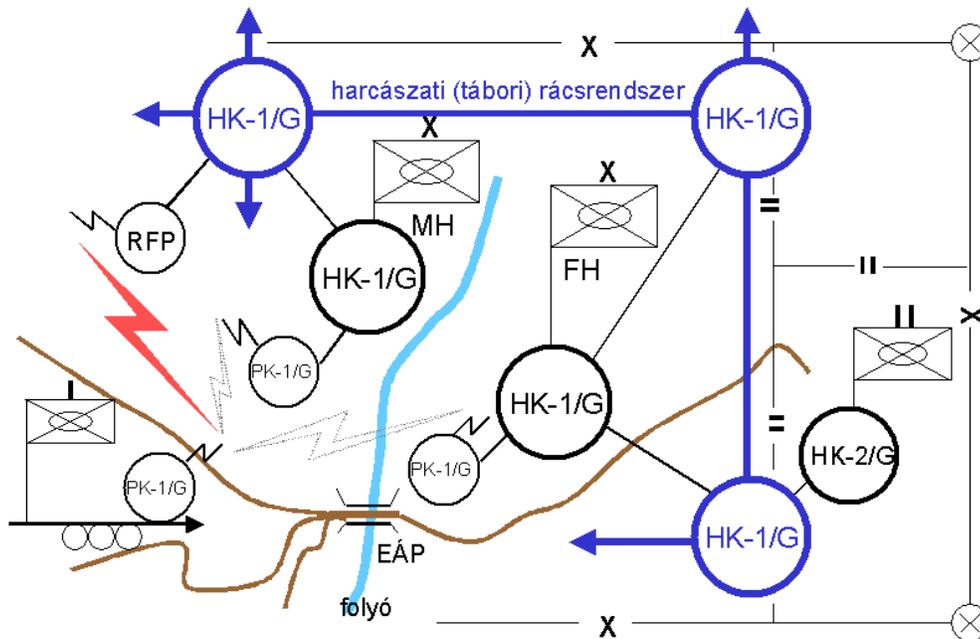
A menetek végrehajtása alatt a menetszlopokon belül a parancsnokok rádióhíradást (menethíradás) szervezhetnek a kisteljesítményű, URH eszközökkel, amelyeken különböző vezetési táblák alapján történik a hírváltás.

⁵⁹ A menetek során a gép- és harcjárművek csak a saját menetképességüket használják, míg a kombinált menet során kihasználásra kerülnek az esetleges vasúti szállítási lehetőségei, a csapatok egészének, vagy csak egyes alegységeinek vonatkozásában.

⁶⁰ A menetek megszervezése során kiemelt figyelmet kell fordítani a menetidő pontos betartására, mivel az egyes útkereszteződéseknél kialakított ellenőrző áteresztő pontok (EÁP) áteresztő kapacitása korlátozott és torlódáshoz, forgalmi dugók kialakulásához vezet.

Az előljárával történő folyamatos kapcsolattartáshoz a menetoszlopok kijelölt rádiókészülékei felcsatlakoznak a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerhez, és az egyes csomópontokhoz kapcsolt rádiófelvevő pontokon keresztül jelentik pozícióikat, áthaladási idejüket az ellenőrző áteresztő pontokon, valamint itt kapnak tájékoztatást a következő áteresztő pont esetleges zsúfoltságáról, a kerülő útvonalról.

A következő ábrán a menetben lévő gépesített lövész század PK-1 híradóeszközzel ellátott parancsnoki harcjárműje a rádiófelvevő ponton (RFP) keresztül csatlakozik a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer csomóponti elemeként üzemelő HK-1/G hírközpont komplexumhoz. A csomópontokhoz kapcsolódó vezetési pont hírközpont komplexumok (a dandár vezetési ponton HK-1/G, a zászlóalj vezetési ponton HK-2/G) viszonylatán éri el a zászlóalj, vagy a dandár részéről a vezetés parancsait. Ugyanakkor közvetlen rádiókapcsolatot is tud létesíteni a dandár mögöttes harcálláspont (MH) PK-1 mozgó vezetési pont rádióállomásával, majd később a főharcálláspont (FH) hasonló eszközével.



20. ábra: A menethíradás csatlakozása a kommunikációs rendszerhez.

A harctevékenységek dinamikus változásai során, a *védelem* és *támadás* egymással folyamatosan váltakozva jelentkezik a harcmezőn, de a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer, valamint az ehhez kapcsolódó harcászati rádiórendszer a váltakozás függvényében is rugalmas és folyamatos vezetéstámogatásra képes. Az alegységszintű (zászlóalj, század, szakasz) ultrarövid hullámú (URH) rádiókkal megvalósított rádióhíradás mind védelemben, mind támadásban jelentkezik, és általában öt fő rádióháló formát alkot. Ezek: a parancsnoki (vezetési) rádióhíradás, a törzs (vezetési) rádióhíradás, a felderítési rádióhíradás, a tűztámogatási rádióhíradás, és a logisztikai/menet rádióhíradás.

Védelmi harctevékenységben gyakori az elrendelt *rádiótilalom*⁶¹, ekkor a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer viszonylatain történik a híradás folytonosságának biztosítása. A rádiótilalom nem a teljes harcászati térben hírváltást folytató rádióeszközökre vonatkozik, hanem olyan rendszabályok összessége, amely a rádióadók nagyteljesítményű forgalmát korlátozza, különösen az ellenséges peremvonal környezetében. A kisteljesítményű üzemelő rádióeszközökkel kialakított rádióháló ugyanakkor szakasz, esetleg század szinten az egyetlen összeköttetési forma, így korlátozással, de használható az ellenséghez közel, különösen a felderítő csoportok rádióhíradásában. A modern rádióeszközök rendelkeznek a frekvenciaugratásos üzemmóddal, így ebben a helyzetben ezt célszerű használni.

A legújabb harcászati elvek szerint az ideiglenesen kikülönített harcászati csoport felel meg leginkább a haderő számára jelentkező, új típusú kihívások kezelésére. A háborús tevékenységek két fő formájában, a támadásban és a védelemben is meghatározó szerephez jut ez a valamilyen harcászati feladat végrehajtására, ideiglenesen összeállított csoport. **Így a számára szervezett rádióhíradásnak is követnie kell a kijelölt célt és feladatot, és ezek ismeretében történik a kommunikációs támogatás megtervezése, megszervezése.** Ugyanakkor az összetétel, a létszámviszonyok, a felszerelés kialakítása a mindenkori feladat függvénye.⁶²

A harcoló felek változatos terepformák, különböző környezeti hatások között vívhatják meg harcukat, ennek néhány jellemzőjét tartalmazza a következő táblázat.

Jellemzők	Város	Sivatag	Dzsungel	Hegyvidék
Civilek száma	Magas	Alacsony	Alacsony	Alacsony
Értékes infrastruktúra száma	Magas	Alacsony	Alacsony	Alacsony
Többdimenziós harctér	Igen	Nem	Néha	Nem
Megfigyelés hatótávolsága	Rövid	Nagy	Rövid	Közepes
Megközelítési útvonal	Számos	Számos	Kevés	Kevés
Jármű manőverező képesség	Alacsony	Magas	Alacsony	Közepes
Logisztikai szükséglet	Magas	Magas	Magas	Közepes
Híradás működése	Korlátozott	Akadálytalan	Korlátozott	Korlátozott

18. táblázat: Műveletek jellemzői különböző környezetben. (Forrás:[69])

⁶¹ Rádiótilalom; rádió csend – olyan állapot, amelyben néhány, vagy az összes sugározni képes rádió berendezést üzemén kívüli állapotban tartják. AAP-6 (2002)

⁶² Nem a szervezetszerű állomány kerül alkalmazásra, hanem adott feladatnak leginkább megfelelő csoportosítás. A haderőtervezés új elvei szerint azonban törekedni kell a szervezetszerű alegységek alkalmazására, és azok kerülnek megerősítésre a feladat függvényében.

Az urbanizációs előrejelzések szerint, a világ számos régiójában 10 milliósnál nagyobb lélekszámú megapoliszok fejlődnek ki egy-két évtizeden belül. A lassan káoszba forduló urbanizációs trend a világon mindenhol egyre erőteljesebb problémákat vet fel már békeidőben is, de fennáll a lehetőség a totális káosz kialakulásának egy válsághelyzet megjelenésével, míg egy megapoliszban kialakuló háborús helyzetre jószerevével forgatókönyvek sincsenek. A városharc során alapvetően a terep jellege határozza meg a műveleti lehetőségeket: célszerű figyelembe venni, hogy egy kevésbé modellezhető, esetlegesen rombolt környezetben kell végrehajtani a feladatot, amely nehezen járható, a harcjárművek mobilitási, manőverezési képessége kicsi és még ez is csökkenhet a hirtelen kialakított úttorlaszok, barikádok miatt. Beépített területen az esetleges technológiai fölény sem érvényesül, a katonák arra kényszerülnek, hogy rövid távolságokon, kis csoportokban harcoljanak egy multidimenzionális környezetben (emeleteken, pincékben, alagutakban, csatornáknak, stb.) rejtőzködő ellenséggel.

A 18. táblázatban szereplő városharc híradásának értékelésekor a „korlátozott” jelző olvasható. Dr. Kőszegvári Tibor szerint a magas építmények árnyékoló hatása miatt *„a harcoló erők vezetése és híradása megnehezül, mivel a rádió összeköttetések, különösen az URH tartományban, gyakran használhatatlanná válnak.”* [70]

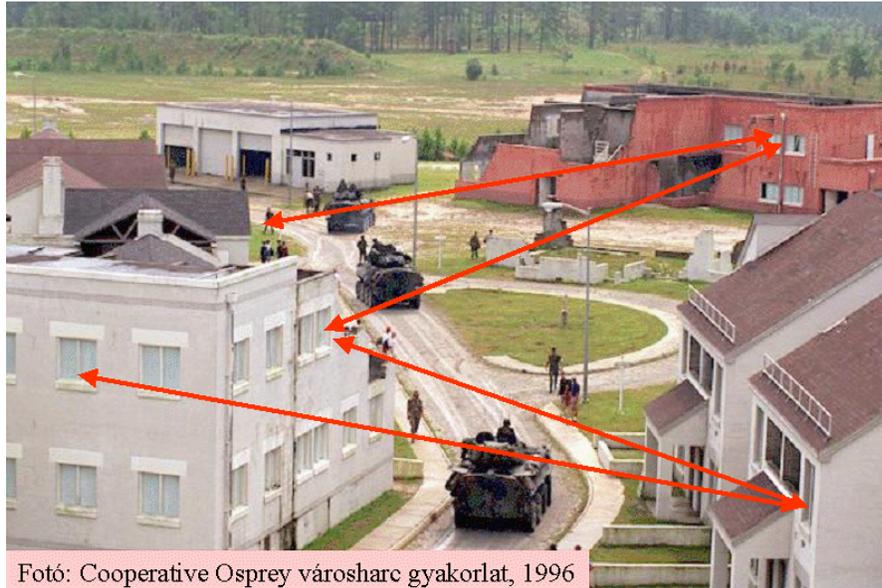
A harcászati helyzetismeret kialakítására megalkotott új technológiájú híradóeszközök működését is behatárolják a fizika törvényszerűségei, így a gyakran vasbeton szerkezetű épületek a rádiófrekvenciás jelek szabad áramlását jelentősen gátolhatják. A terület ismeretében viszont lehetőség nyílik az épületekben elhelyezett többszörös átjátszóállomások elhelyezésére, egyfajta „elektronikus hírlánc” kialakítására, ahogy történt ez például Groznijban, az orosz csapatoknál, és ennek nyomán a későbbi gyakorlatokon (21. ábra).

A beépített területen történő műveletekben olyan irányított antennákkal célszerű megvalósítani a koncentrált jelkiszugárzást, amivel csökkenthető az épületek általi jelelnyelés, ugyanakkor besugározza a saját erők területeit. Az elvárások megvalósítására új antenna típusok kikísérletezése szükséges, és ez kapcsolódik a szoftverrádiós fejlesztésekhez.

Városharcban elsősorban rádióirányokkal lehet számolni, de a támogató helikoptereken, pilóta nélküli repülőgépeken vagy földközeli pályájú műholdakon elhelyezett átjátszóállomások segíthetik a rádióháló üzemeltetését. Ezek hiányában az antennák ráláthatóságának biztosítására célszerű törekedni, például az épületek tetején történő, a kiemelkedő épületek csúcsain (víztorony, templomtorony, stb.) történő elhelyezéssel.

Az integrált személyi kommunikációs rendszerek (8. melléklet) mellett a túlélőképesség fokozására további lehetőségek nyílnak a *robottechnológia* fejlesztésével. A pilótánélküli mikro repülőgépek mellett megjelennek a városi robotok, amelyek lépcsőjáró-képességükkel, kiváló infra-, hő-, és videokép továbbítással nö-

velhetik a speciális erők képességeit. 2025-re ezek a lehetőségek fogják meghatározni a jövő városharcát. [71]



Fotó: Cooperative Osprey városharc gyakorlat, 1996

21. ábra: Többszörös átjátszás kialakítása épületek között.

Az MH tervezett rádióeszközei között megjelennek a szélessávú (többsávós) rádiók, elsősorban a haderőnemek közötti együttműködést szolgálva. A modern hadviselésben megjelenő összhaderőnemi műveletek miatt vált elsősorban szükségessé a többsávós (általában 30-512 MHz) harcászati rádiók rendszerbeállítása, míg a többfunkciós jelleget a beszédátvitel melletti adatátvitel erősödése indokolta. A többsávós, többfunkciós készülékek tartalékot képezhetnek adott mozgó vezetési pont rádióállomáson belül, ugyanakkor rendszertanilag nem képezik a híradó tartalék kategóriájába tartozó eszközöket, éppen a beépítettség miatt. **A készülékekben megjelenő fejlett hálózati képességekkel viszont jelentősen növelhetők a gerinchálózatokhoz való felcsatlakozások zavarállósága is, így számottevő alternatívát jelenthetnek egyes gyengébb képességű URH rádiókkal szemben, a rádiófelvevő pontokhoz történő csatlakozásokban.**

A szélessávú rádiókészülékek ezen túlmenően hozzáférést biztosíthatnak a TETRA hálózathoz: a 390 – 460 MHz sáv szélességben is képesek üzemelni, és a készülékek felkészítése a trónkölt rádiórendszerben való üzemelésre jogosulttá teheti a zártcélú rádiórendszerbe való belépést. Ez a lehetőség tovább növelheti a harcászati rádiórendszer többfunkciós kialakítását.

A szélessávú rádiók megjelenése azonban önmagukban még nem biztosítják a mind hangsúlyosabban jelentkező interoperabilitási elvárásokat, ehhez a moduláris technika további finomítása és a szoftverekből letölthető hullámformákkal történő üzemelési lehetőség további növelése is várhatóan szükséges lesz.

3.4. Összefoglalás és következtetések

A nagyfokú mobilitás megköveteli a harcászati rádiórendszeren történő vezérést, illetve az együttműködés lehetőségét, stabil, hézagmentes kommunikációs hálózatokat kialakítva. A gép- és harcjárművekbe épített híradó és informatikai eszközök együttes alkalmazása biztosítja a tervszerű csapatmozgásokat: az erőösszpontosítást, vagy a szétbontakozást, valamint a szükséges manőverek gyors kivitelezését. **A modern hadviselésben hatványozottan jelenik meg az egyéni kommunikációs eszközök használata, hiszen egy folyamatossá váló harc során a kislegrészek (rajok, team-ek) feladat-végrehajtása egyre inkább a meghatározó.**

Az MH jelenlegi rádióeszközei már nem elégítik ki a modern hadviselés által megjelenő felhasználói követelményeket, így szükségessé vált új eszközök beszerzése. A tervezett készülékek, rendszerelemek mozgó vezetési pont rádióállomásokba, gép- és harcjárművekbe kerülnek beépítésre, de ezekkel együtt megjelennek a hordozható (háti, kézi) rádiók is. Az információátvitel folyamatosságát a rádiófelvevő pontokon keresztül felcsatlakozni képes harcászati rádiórendszer biztosítja, a nagytávolságú összeköttetést biztosító RH rádióállomásokkal együtt. **Ugyanakkor a tervezett rendszerelemek között nem jelennek meg a műholdas eszközök, amelyek pedig hangsúlyos szerepet kapnak a várható katonai műveletekben.**

A korai katonai rádiózásban használt frekvenciaspektrum bőven kielégítette a frekvenciamanőverek (például: áthangolás után új frekvencián való forgalmazás) elvárásait. A civil rádiós műsorszórás nagyarányú elterjedése napjainkra viszont jelentősen lecsökkentette a használható frekvenciák körét, így különösen a rövidhullámú (RH) rádióhíradásban jelentkeznek frekvenciaproblémák, amelyet még felerősít a nappali-éjszakai felhasználású frekvenciák kiválasztásának szükségessége. A frekvenciasáv kihasználása csak a civil-katonai koordináció eredményei által lehetséges, biztosítva az egymás zavarása nélküli üzemeltetést.

A hatékony frekvencia-koordináció kialakításában lényeges szerephez jutnak a frekvenciamenedzserek, akik képzésük után szintén új elemként jelentkeznek a kommunikációs rendszerben.

A digitális rádiókban kialakított interfészek *laza összekapcsolásával* lehetővé válik a korszerű protokollok használata az információátvitelben, és ezen túl a technikai interoperabilitás megvalósítása. A *szoros összetartás* ugyancsak az interoperabilitás fokozását segíti elő, így a kölcsönös szolgáltatások biztosításával lehetővé válik az együttműködők eljárási „nyelvének” megértése és ez által az *információs párbeszéd* lehetősége. Ez utóbbi azonban elsősorban a szoftvervezérlésű (és szoftver) rádiók sajátossága.

Az interoperabilitás megvalósításának szükségessége mind nemzeti, mind nemzetközi szinten jelentkezik. Egy hadművelet során a tűztámogatás, a felderítés, az elektronikai hadviselés és egyéb területek összehangolása nem képzelhe-

tő el e nélkül egy összhaderőnemi szervezetben, míg nemzetközi szinten a rendszerek közötti információáramlás biztosítására kell a fő figyelmet fordítani. **Hozzá tartozik a sikeres művelet-végrehajtáshoz az együttműködés megvalósítása is, hiszen egy válsághelyzet kialakulása során jelentős szerepet kaphatnak a készenléti, rendfenntartó szolgálatok** (határőrök, rendőrök, mentők, tűzoltók, katasztrófavédelmi szakemberek).

A többfunkciós kialakítási elvet követve a harcászati rádiórendszer alkalmas lehet a készenléti szolgálatokkal történő együttműködésre az árvizek, földrengések, jelentős tüzesetek (erdő vagy bozóttűz), nukleáris balesetek mellett még számos esetben. **A békeműveletek kommunikációs támogatása** ugyancsak **lehetővé válik** – kiegészítve a műholdas híradás eszközeivel –, **illetve a harctevékenységek különböző formáiban, a védelemben és a támadásban elsősorban az alegység szintű kialakítással lehet számolni.**

A jövő városharcával kapcsolatban megállapítható, hogy a beépített területeken folytatott katonai műveleteket kis csoportokban végrehajtott feladat sorozatokként célszerű megtervezni és végrehajtani, amelyekhez a kommunikációs technikák közül a személyi és kis csoportok vezetéknélküli híradását célszerű hozzárendelni. Az egyéni kommunikációs felszerelések fizikailag integráltak lesznek, az egyes funkciókat valós idejű megjelenítésre képes kijelzők biztosítják a katona számára, miközben saját túlélőképességét különböző védelmi felszerelések együttese növeli. Várhatóan széles körben elterjednek a robot és szenzor technológia fejlesztési eredményei, jelentősen növelve a katona túlélőképességét.

Következtetések:

- A szövetségi és nemzeti kommunikációs rendszerekben – így a rádiórendszerekben is – a közös szabványok megalkotása és használata a megoldás az interoperabilitás kialakítására. **Az MH harcászati rádiórendszerének kialakítását (is) végző rendszerintegrátor kiválasztásánál ezt alapkövetelményként célszerű feltüntetni.**
- A harcászati rádiórendszer technikai kialakításában a moduláris felépítésre és a hézagmentességre célszerű törekedni. A moduláris kialakításnak köszönhetően növekszik a többfunkciós alkalmazás lehetősége – szemben a 2.3. fejezetben említett toldásmentes harcászati internet kialakítással, amely ugyanakkor nem biztosítja a rugalmas átalakíthatóságot. **A legújabb fejlesztésű digitális rádiók már képesek akár csomóponti elemként is üzemelni, így csökkenthető az információátvitelhez szükséges készülékek száma, és a rugalmasabb beépítési és alkalmazási lehetőség hordozóeszköz csökkenést is eredményezhet.**
- A 3.1.2. alfejezetben a tervezett eszközök között nem szerepelnek műholdas eszközök, pedig véleményem szerint rendszertanilag a műholdas rádióhíradás részét képezi a harcászati rádiórendszernek. **A Magyar Köz-**

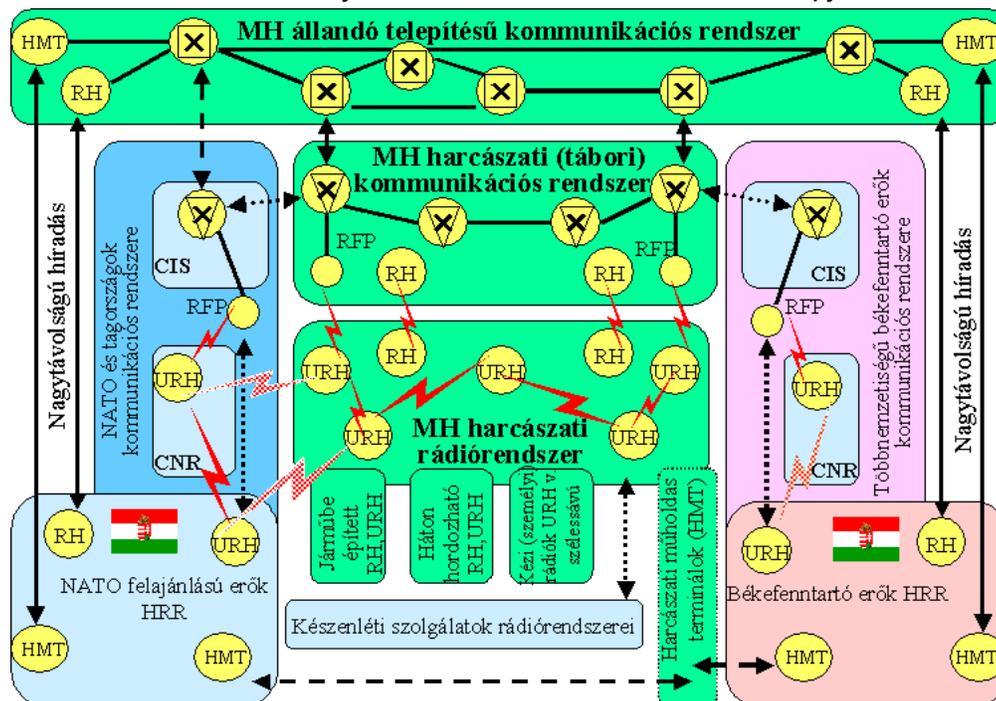
társaság nemzeti biztonsági stratégiája szerint a jövőben a békeműveletek támogatása kerül előtérbe, így célszerű a tervezett eszközök között megjeleníteni a műholdas eszközöket, amelyek használata egyre elterjedtebb ezekben a műveletekben.

- A tervezett eszközök ugyanakkor csak egy egyszerű, hang- és adatátvitelre képes katonai rádióhíradást fognak biztosítani, ahol az adatátvitel növelésére vonatkozó elvárások nem biztosíthatók (például nem számolnak a harcászati internet kialakításával). **A várhatóan növekvő adatátviteli szükséglet további eszköztípusok rendszerbe integrálását követeli meg, az erre vonatkozó javaslataimat és ajánlásaimat a következőkben ismertetem.**

Javaslatok, ajánlások

1. A harcászati rádiórendszer elvi kialakítása

A Magyar Köztársaság nemzeti biztonsági stratégiája, a híradó és informatikai rendszerszervezési elvek, valamint az előző fejezetekben vizsgált rendszerkialakítások alapján az MH harcászati rádiórendszerénél (a továbbiakban MH HRR) a többfunkciós elvi kialakítást javaslom, ami a következő ábra alapján alakítható ki.



22. ábra: A harcászati rádiórendszer javasolt elvi kialakítása.

A harcászati rádiórendszer elvi kialakításának javaslatában az MH HRR elemei közül az RH és URH rádiókészülékek járművekbe építve és háton hordozva, illetve kézi rádiók formájában kerülnek alkalmazásra (a kézirádiók között nem számolok az RH rádiókkal). A kézirádiók között megjelenhet a szélessávú rádiókészülék (például az MBITR), így a szoftverrádiós fejlesztések (Cluster 2 típusú rádiófejlesztés), valamint a széleskörű rendszeresítés⁶³ alapján javaslom, hogy a magyar felderítő csapatoknál is lehetőségként megjelenjen ez a kézirádió típus, felkészülve a jövőben felmerülő igényekre.

A harcászati rádiórendszer további elemei a harcászati műholdas terminálok (HMT), amelyek ugyancsak jelen vannak egyrészt a NATO feljárnású erőknél, másrészt a békeműveletekben résztvevő katonai csoportoknál. A nagytávolságú összeköttetésekben a rövidhullámú rádiók ismert gondjai (2.1.1. A katonai rádióhíradáselőnyei és hátrányai) miatt a műholdas eszközök megbízhatóbb összeköttetést biztosíthatnak, igaz drágábban.

⁶³ Az MBITR rádiók számos NATO-tagország speciális erőinél (felderítő, mélységi felderítő, stb.) rendszeresítésre kerültek a közelmúltban.

Az Észak-atlanti Szerződés 5. cikk alapján, a hazánk területét ért váratlan támadás esetén a többnemzetiségű NATO-erőkkel (köztük a saját felajánlott csapatokkal is) az MH HRR szintjén kapcsolódási, illetve más NATO-tagország harcászati (tábori) kommunikációs rendszerével is **felcsatlakozási lehetőséget célszerű tervezni a rádiófelvevő pontokon keresztül.**

A nem az 5. cikk szerinti műveleteknél (alapvetően a békeműveleteket értem ebbe a kategóriába) a támogató műveletekben résztvevő csapataink a saját HRR-el biztosítják rádióhíradásukat, mindazonáltal itt is **célszerű a többnemzetiségű békeműveletekben résztvevő erők, és a feladat ismertében a kapcsolódási, felcsatlakozási lehetőségeket figyelembe venni.**

Az MH HRR csatlakozási lehetőségei között **célszerű megtervezni a készenléti szolgálatok rádiórendszerével** (vagy egységes rádiórendszerével, például a TETRA-val) **való együttműködés lehetőségét.**

A számos kapcsolódási, felcsatlakozási lehetőség tervezése alapján az MH HRR többfunkciós kialakítása biztosítani fogja a béke- és békétől eltérő (minősített) műveletek támogatását, így kijelölt csapataink békefenntartó műveletekben való részvételének kommunikációs támogatását, a NATO felajánlású erők együttműködését a többnemzetiségű csapatokkal, és ezeken túl a készenléti szolgálatokkal való együttműködés lehetőségeit is kiterjeszti.

2. A harcászati rádiórendszer technikai kialakítása

A technikai kialakítás alapvető céljaként az információátvitel folyamatosságára célszerű törekedni. A beszédkapcsolatok melletti adatátvitel várható növekedésére figyelemmel bővíthetőségi lehetőségeket célszerű tervezni a felhasználók igényeinek változásához, azok növekedéséhez. **Követelményként ítélem meg, hogy a minőségi szolgáltatásoknak minden jogosult felhasználónál jelentkezni kell a pont-pont (esetleg pont-többpont) viszonylatokon.** A nagytávolságú rádióhíradás biztosítására az RH-1/G rádióállomást javaslom használni a katonai műveletekben. **A nagytávolságú rádióhíradást biztosító rendszerem alternatívájaként ugyanakkor javaslatomban megjelennek a műholdas beszéd- és adatkapcsolatokat biztosító eszközök (a bérelt műholdas csatornák földi szegmensei: IRIDIUM és INMARSAT műholdas telefonok, terminálok, esetleg műholdas adatterminálok).** Ezek nem jelennek meg a rádióhíradás tervezett elemei között (14. táblázat: A tervezett rádióeszközök jellemzői).

Célszerű számolni a VSAT típusú civil műholdas rendszerek csatornabérelési lehetőségével is: a koszovói, iraki és afganisztáni pozitív működési tapasztalatok ezt támasztják alá. A beszéd- és adatszolgáltatási képességek mellett megjelenő videotelekonferencia és internetes telefon (16. táblázat: VSAT szolgáltatások külföldi missziók felé, 2004.) további lehetőséget biztosíthat a műveletek kommunikációs támogatásában.

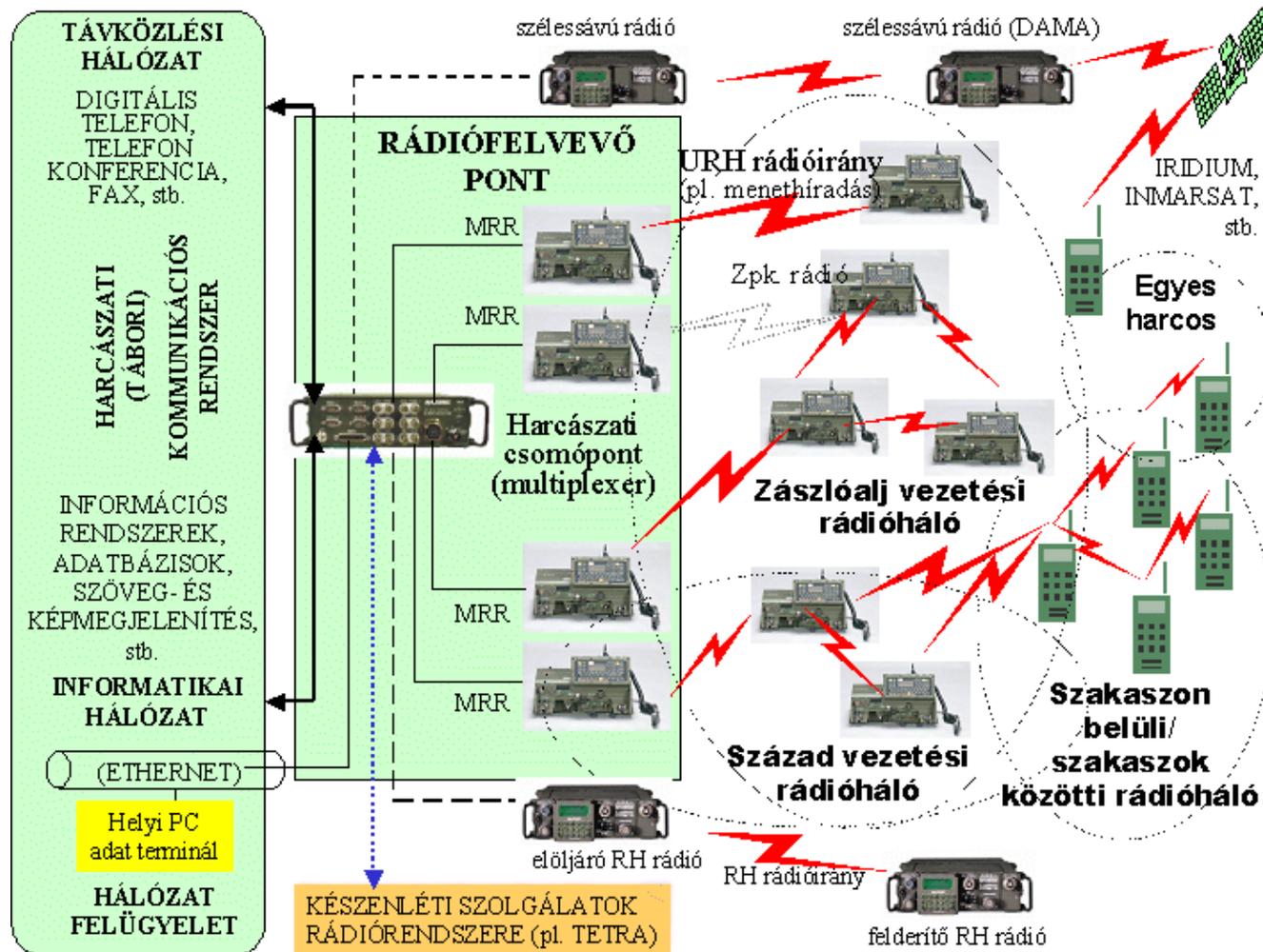
A zászlóalj és az alatti szintekre szervezett rádióhálókból a PK-1G (PK-1 pc.), a PK-2/G (PK-2 pc.) mozgó vezetési pont rádióállomásokat és a PK-3 rádiókészletet javaslok használni. A hordozható rádiók közül az RH rádiókat elsődlegesen a felderítő és egyéb, nagyobb távolságban végrehajtott műveletekben, míg az URH rádiókat a gyalogosan végrehajtott feladatokban raj (team) és szakasz szinten javaslok alkalmazni. A szakaszon belüli rádióhíradás URH kézírádiókkal kerülhet kialakításra, amely a tendernyertes MH-300 sorozat alkalmazásával valósulhat meg. Ugyanakkor az elvi kialakításnál már említett szélessávú kézírádiók (például MBITR) megjelenésével is számolok.

A fejlett adatátviteli szolgáltatásokat nyújtó harcászati rádiók adatmegjelenítésében az adatterminálok használata sem kizárható, véleményem szerint a harcászati e-mailek, helyzetjelentések olvasása és megírása egy nagyobb méretű kijelzőt és billentyűzetet használva egyszerűbben végrehajtható. Ez az elgondolás lényegében a beépített rádiók környezetének kialakítására vonatkozik, mivel egy gyalogos harc feladat során a billentyűzet és a nagyméretű kijelző akadályozhatja a katona feladatvégrehajtását.

A rádiófelvevő pont kialakításánál – az MH-hoz hasonló kis hadseregekben történő alkalmazás esetén – véleményem szerint elégséges 4 rádió beépítése, ugyanis 4 rádió is képes lekezelni a hálózati forgalmat, a harcászati (tábori) kommunikációs rendszerhez való hozzáférést biztosítani. Bár egyidőben ritkán hajt végre menetet 4 alegységnél több, akik részére a felcsatlakozás biztosított, javaslok az azonos idejű csatlakozás kérés prioritásainak megállapítását adott művelet harcparancsában. Véleményem szerint ennek kialakítása a rádiófelvevő pont multiplexerének programozása által valósítható meg a legegyszerűbben.

A rádiófelvevő pont kialakításánál a multiplexer harcászati csomópontként való alkalmazásával válik lehetővé az információs rendszerekhez, a harcászati adatbázisokhoz való hozzáférés. Ide csatlakozhat a szélessávú rádiókkal kialakított rádióháló egyik készüléke, amikor a cél a tábori rendszerhez való csatlakozás a szárazföldi csapatok és a légi erők együttműködésének biztosításában. Felhasználói elvárásként jelenhet meg ezen túl a szélessávú rádió keresztüli műholdas kapcsolat létesítése a vezetés részére (a szélessávú rádió várhatóan képes lesz erre az üzemmódra is). A szélessávú rádiók hozzáférést biztosíthatnak továbbá a készenléti szolgálatok rádiórendszereihez, vagy egységes rendszeréhez (várhatóan a TETRA rendszer) a 390 – 460 MHz frekvenciasávon.

A multiplexer csatlakozási felületet biztosíthat RH rádiókészülékek számára is, hiszen harcászati szinten az RH rádiók másodlagos (tartalék) csatlakozásként szerepelhetnek a PK-1G (PK-1 pc.) és a PK-2/G (PK-2 pc.) mozgó vezetési pont rádióállomásoknál, és a hálózat-felügyelet irányítási/monitorozási interfésze (ETHERNET csatlakozó) ugyancsak itt kerülhet kialakításra.



23. ábra: A harcászati rádiórendszer javasolt technikai kialakítása.

Rádióháló típusok

- Parancsnoki (vezetési) rádióháló
- Törzs rádióháló
- Felderítő rádióháló
- Tűz- és manővertámogató rádióháló
- Logisztikai/menet rádióháló

Szolgáltatások

Zászlóalj szinten: hang- és adatátvitel (rövid szöveges üzenet, hosszú szöveges üzenet vagy e-mail, fax, kép)

Század és szakasz szinten: hang- és adatátvitel (rövid szöveges üzenet, hosszú szöveges üzenet vagy e-mail, kép, esetleg fax)

Egyes harcos szinten: hang- és adatátvitel (rövid szöveges üzenet, esetleg hosszú szöveges üzenet vagy e-mail, de a feladat jellegétől függően fax is)

Véleményem szerint ez az egyik legkritikusabb pontja a rendszernek (23. ábra), mivel egyfelől többféle eszközt illeszt a tábori hálózathoz, másrészt képesnek kell lennie a telefon típusú kapcsolatok felépítése mellett az adatbázisokhoz való hozzáférés biztosítására is. Úgy vélem a döntéshozóknak is erre a pontra kell koncentrálniuk, elsődlegesen a rendszerintegrátor kiválasztásánál.

3. A harcászati rádiórendszer frekvenciamenedzselése

A harcászati rádiórendszer frekvenciamenedzselése a mai elvek szerint csak szoftver alapon képzelhető el, és véleményem szerint célszerű integrált célszoftvert megalkotni erre a célra, ugyanis a közbeszerzési eljárások során várhatóan különböző gyártójú rádióeszközök jelennek meg a rendszerben. A különböző frekvenciákon üzemelő rádiók szempontjából ez nem túl kritikus, de a hadszíntéren esetlegesen jelenlévő nagyszámú vezeték nélküli eszközrendszer (1.1.2. A kommunikációs rendszerhez tartozó fogalmak értelmezése) mindenképpen megköveteli a központi, átfogó irányítást.

A célszoftver lehetséges kialakítását a következő táblázatban foglalom össze.

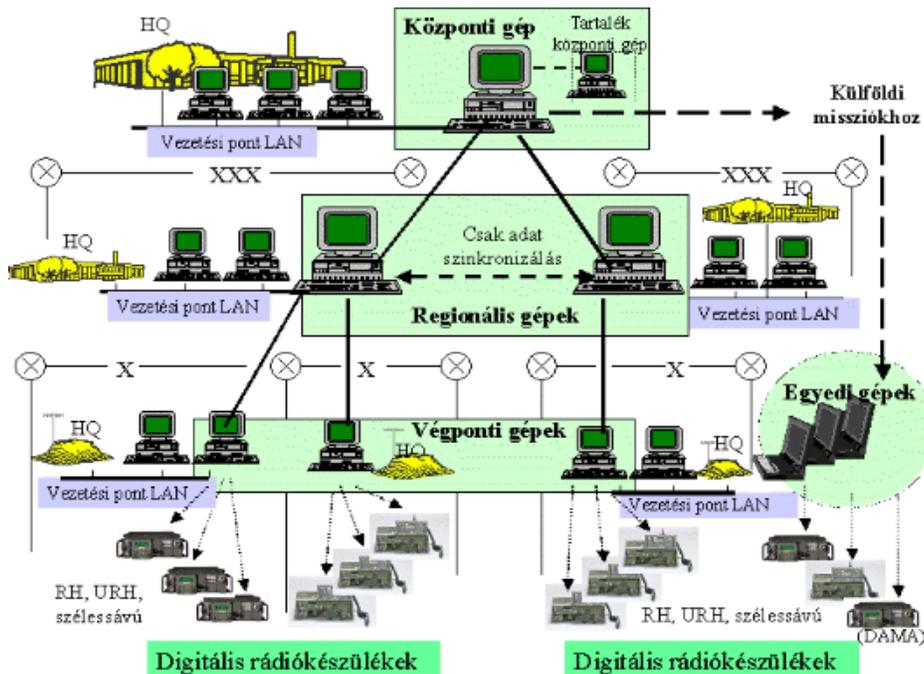
Elemző eszközök							Tervező eszközök				
RH rádiók	Harcászati rádiók (URH)	Szélessávú rádiók	Műholdak	Rádiórelé	Radar eszközök	Egyéb (pl. IFF)	Lefedettségszámítás	Biztonságos ök. távolság	Frekvencia kiosztás	Felhasználói profil számítások	Koordinációs számítások

19. táblázat: A frekvenciamenedzser szoftver moduljai.

A szoftver pont-pont közötti elemzések végzésére legyen alkalmas, de ugyanakkor a kialakított hálózatot is képes legyen monitorozni: vizsgálja a vett jel szintjeit, az interferenciaszinteket, jelenítse meg a használható frekvenciákat, és legyen képes az automatikus frekvencia-kiosztásra a teljes sávban. A szoftver a 24. ábra szerinti számítógépes hálózaton kerülhet alkalmazásra.

A 24. ábrán a *központi gép*, mely a rendszer hierarchiájában a vezető szerepet tölti be, lehetne egy LAN hálózat kijelölt számítógépe, de gyakorlati megfontolásból célszerűbb az önálló szerep, a katonai felsővezetés gondozásában. A *regionális és végponti gépek* rendszertanilag a hálózat-felügyelethez kapcsolhatók, mindazonáltal önálló funkcióval, csak erre a feladatra kialakítva: megelőzendő egy másik program által előidézett rendszerösszeomlást, az adatbázis sérülését. Regionális szinten ugyancsak gyakorlati megfontolásból célszerű kialakítani egy különálló adatcsatornát, amellyel adat szinkronizálás, esetleg adatbázis-frissítés végezhető, de szigorúan csak az. Ez a lehetőség a központi gép (szerver) esetleges kiesése esetén is biztosítja a folyamatos, szinkronizált frekvenciamenedzselést a regionális szinthez kapcsolódó alárendelt vezetési szinteken.

Az *egyedi gépek* önálló laptop-ok, melyekre az aktuális frekvenciaadatokat lehet letölteni békefenntartó és egyéb, külföldi missziókhöz.



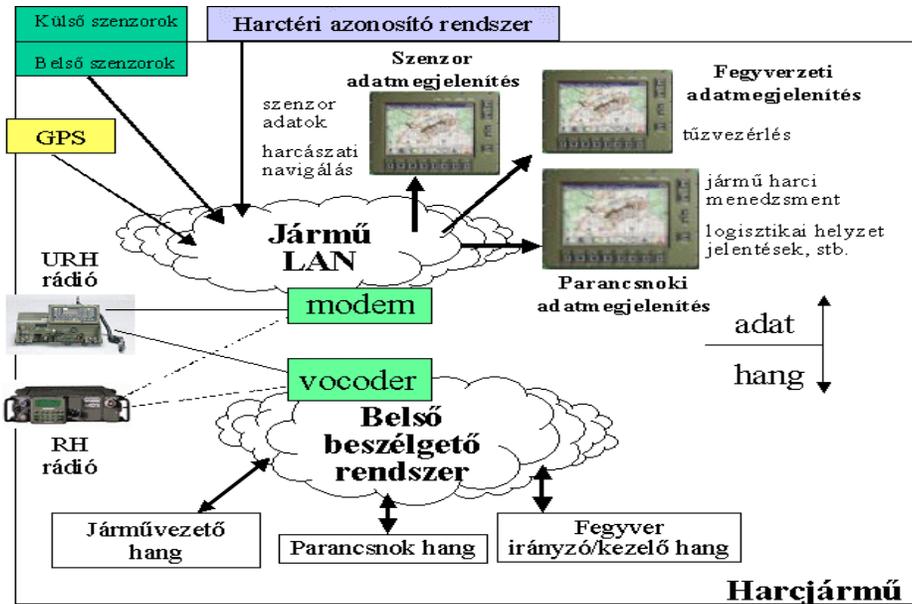
24. ábra: A frekvenciamenedzsmet javasolt technikai kialakítása.

4. A harcászati rádiórendszer továbbfejleszthetősége

A kialakított harcászati rádiórendszer elemeinek bővíthetősége, rugalmas átalakítása reális elvárásként jelentkezik, a szolgáltatások bővülésének vagy a hadviselési eljárások változásának függvényében. A modern hadviselés kommunikációs támogatásának fejlődésében az adatmegjelenítésre alkalmas jármű belső kommunikációs rendszerek, az integrált személyi kommunikációs rendszerek, valamint a harcászati internet megjelenésével számolok.

A következő évtized digitális harcmezéjén a TACOMS Post-2000 program alapján kifejlesztett szolgáltatások (12. táblázat: TACOMS szolgáltatások) már követelményként fognak jelentkezni, és ezek várhatóan meg fognak jelenni az MH harcászati (tábori) kommunikációs rendszerében, valamint harcászati rádiórendszerében is. A harcászati rádiórendszer továbbfejlesztése során használhatóvá válhat a ma még nem teljesen kiforrott léginterfészen való adatváltogatás (Over-The-Air-Rekeying, OTAR), és az általa biztosítható, szükségszerű gyors és biztonságos rendszer átkonfigurálás (véleményem szerint erre célszerű összpontosítani).

A gép- és harcjárművekbe beépítésre kerülő rádiók beszéd- és adatátviteli szolgáltatásainak kihasználására egy kétfunkciós rendszerkialakítást javaslom. A belső beszélgetési rendszeren alapvetően a rádiók vokóderei által kialakított digitális hangszolgáltatás biztosított, míg a beépített modemek egy jármű belső LAN-hoz csatlakoznak, amelyen a szenzor, a fegyverzeti és a parancsnoki információk hívhatók le, és nagyméretű adatmegjelenítőkön válnak láthatóvá.



25. ábra: Harcjármű belső kommunikáció javasolt elvi kialakítása.

A nagyméretű adatmegjelenítőkön a szenzoradatok mellett a navigációs helyzetinformációk és a fegyverzeti információk is megjeleníthetők, míg a parancsnoki adatmegjelenítésben a jármű harci és logisztikai képességei alapján különböző célú jelentések válnak szerkeszthetővé.

Az integrált személyi rendszerek megjelenésével az egyes harcos szintjén is elérhetővé válik a közel valós idejű adatkommunikáció: a harcászati adatbank információihoz, a digitális térkép és földrajzi információs adatbázishoz illetve a meteorológiai adatokhoz való hozzáférés. A korábbiaknál lényegesen gyorsabb adatátviteli sebesség ugyanakkor lehetővé teszi a mozgóképvitelt, és adott esetben a kétoldalú videokapcsolatot is.

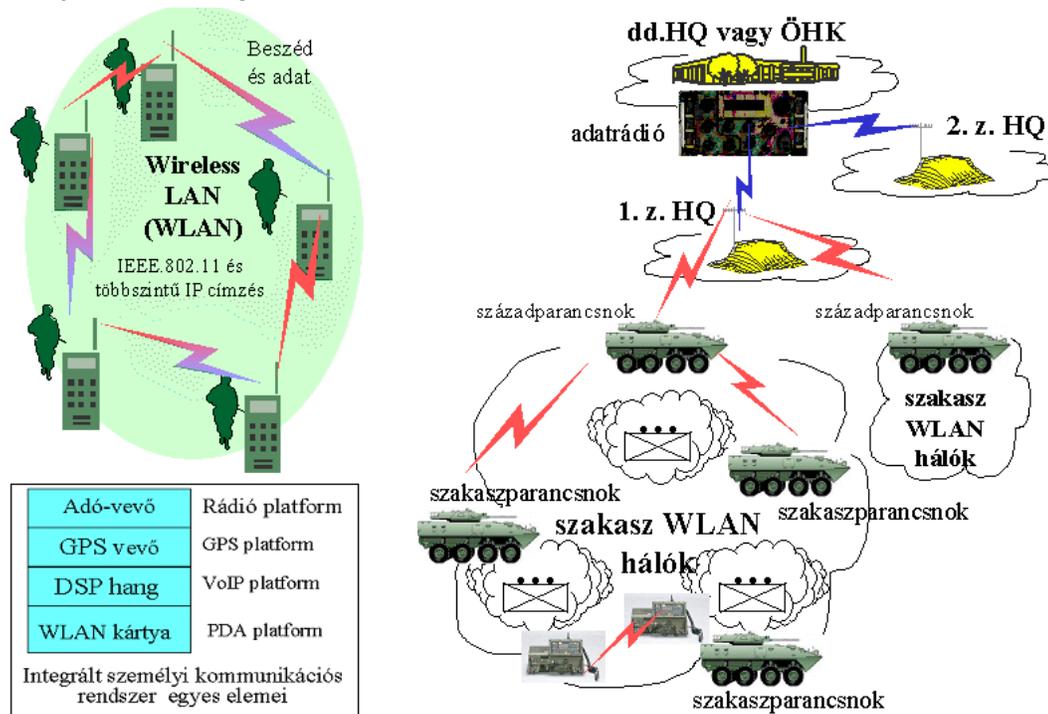
A személyi kommunikációs eszköz többféle platform integrálásával alakítható ki: a rádió platform mellett megjelenik a helyzetmeghatározó rendszer vevője, illetve a fejlett digitális jelfeldolgozás és a vezeték nélküli hálózatos képesség (WLAN kártya) alapján lehetővé válik az internet protokoll alapú hangátvitel. Az érintésvezérelt kijelző a napjaink zsebszámítógépeinél (Personal Digital Assistant, PDA) alkalmazott formában jelenítheti meg a digitális térképrészleteket és a hosszabb üzeneteket, e-mail-eket. **Az információs lánc kialakításánál a dandár vezetési pont vagy az összhaderőnemi harcvezetési központ (ÖHK) szintjén nagykapacitású adatrádió alkalmazását javaslom a nagymennyiségű adatok torlódásmentes továbbítására.**

Az adatátviteli sebesség és hatótávolság összefüggése véleményem szerint az egyes harcos szintjén a legkritikusabb. A 7. melléklet WLAN szabványokat összehasonlító táblázata alapján a HiperLAN/2 szabványt tartom a leghatékonyabbnak, de a készülékek jövőbeni beszerzése során célszerű megvizsgálni a Cluster 1 - 5 programfejlesztések kisméretű szoftverrádióit is.

Szolgáltatás	Megjelenítés	
	640x480 pixel, 256 szín, (25 Hz képfrissítés)	640x480 pixel, 16 millió szín, (60 Hz képfrissítés)
Beszéd	16 kbps (CVSD)	16 kbps (CVSD)
Adat (átlag)	128 kbps	128 kbps
Video (MPEG-1, MPEG-2)	1230 – 2500 kbps	8800 – 17700 kbps
Navigáció és helyzet	52,8 kbps (10 főre)	52,8 kbps (10 főre)
Összes	1427 – 2697 kbps	8997 – 17897 kbps

20. táblázat: Az egyes harcoshálónál megjelenő szolgáltatások.

A fenti táblázatban az egyes harcoshálónál megjelenő szolgáltatások adatátviteli sávszélesség szükségletét foglalom össze. A kétféle megjelenítési lehetőség függvényében a sávszélesség csökkenthető, ha megengedett a 256 színű képmegjelenítés a video- és képátvitelnél. Ugyanakkor így is legalább **1,5 Mbps** a szükséges sávszélesség. A 26. ábrán egy lehetséges WLAN hálózat elvi kialakítását jelenítem meg.



26. ábra: WLAN hálózat és az információs lánc javasolt kialakítása.

5. Az MH harcászati internetének kialakítása

A *harcászati internet* képességeinek kialakításakor célszerű figyelembe venni, hogy az együtt jár a harcászati (tábori) kommunikációs rendszer bővítésével (például területfigyelő szenzorrendszerekkel, járműre épített, esetleg személyi idegen-barát felismerő rendszerekkel), amelyek integrálása a tábori rendszer várható szoftveralapú működésének köszönhetően nem túl kritikus.

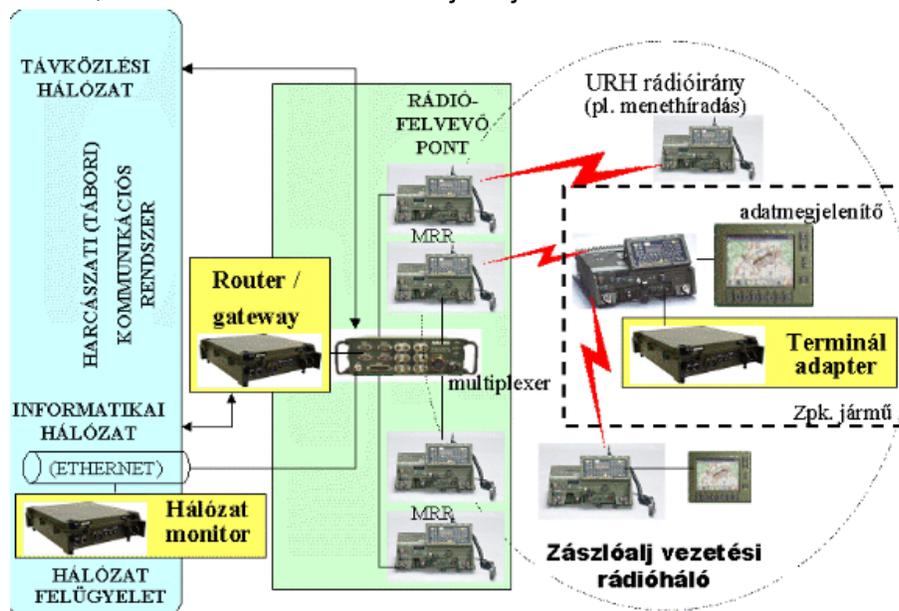
A harcászati internet kialakításánál többfunkciós modem-interfészek és különleges adatmegjelenítők alkalmazását javaslom.

A többfunkciós modem-interfész a következő elvárások alapján kerülhet kiválasztásra (létező készülékek adatainak vizsgálata tükrében):

- Adaptív routing a csomagkapcsolt rádióhálózaton;
- TCP/IP és MIL-STD-188-220A(B) protokollok a harcászati internethez;
- Félduplex adatátvitel rádióon vagy vezetéken (Link-11, Link-22 vagy Link-16 alapú);
- Vég-vég közötti hibaérzékelés/javítás, címzett azonosítás;
- Hatékony hálózat-alapú kommunikáció.

A többfunkciós jelző jelen esetben a hálózati monitorként, a router/gatewayként, illetve a terminál adapterként való használatot jelenti. A többfunkciós modem-interfész egység **hálózati monitor**ként kerülhet alkalmazásra a hálózatfelügyelet fejlett adatmegjelenítésére; a **router/gateway** funkciók kihasználása a rádiófelvevő pont multiplexeréhez csatlakoztatva történhet fejlettebb adatbázis hozzáférést biztosítva; míg a **terminál adapter** képesség kihasználása a parancsnoki gép- és harcjárművekben történhet a harcászati helyzetismeret kialakításához.

A különleges adatmegjelenítők (hordozható monitorok vagy digitális adatmegjelenítő táblák) csatlakoztatásával pontosabb szövegértés és fejlettebb képmegjelenítés érhető el. Ennek előnyei elsősorban a döntések biztonságosabbá válásában jelentkezhetnek: például adott képen a részletek könnyebben kinagyíthatók, mint a rádiók kisméretű kijelzőjén.



27. ábra: A harcászati internet javasolt kialakítása (zászlóalj szint).

A 27. ábrán a zászlóalj szintű vezetési rádióháló egészül ki a harcászati helyzetismeret információinak megjelenítésével, de mindez alacsonyabb vezetési szinteken is megjelenik, amint az kiderül a 21. táblázatból.

A többfunkciós modem interfészek és a különleges adatmegjelenítők beiktatása a harcászati rádiórendszer megfelelő csatlakozási pontjaira hatékonyabb adat-, üzenet-, és képkezelési lehetőségeket biztosíthat.

A harcászati internet jövőjével kapcsolatos elemzés során (2.4.4. A harcászati internetek jövője) már utaltam arra, hogy a rendszerformáció hatékony használatahoz további, többhelyszínes kísérletek szükségesek. A tényleges hálózati kialakítás a kutatások eredményei által módosulhat, de az általam javasolt elvi kialakítás alapjául szolgálhat egy jövőbeni rendszerkialakításnak.

		Vezetés-irányítás	Harcászati helyzetismeret
szintek	zászlóalj	hangátvitel; adatátvitel (rövid szöveges üzenet, hosszú szöveges üzenet, e-mail, fax, álló és mozgókép);videokonferencia.	közel valós idejű adatkommunikáció (szenzor – vezetési pont – fegyverrendszer); harcászati adatbank hozzáférés; digitális térkép és földrajzi információs adatbázis; meteorológiai adatok, stb.
	század		
	szakasz és raj		
	egyes harcos	hangátvitel; adatátvitel (rövid szöveges üzenet, álló és mozgókép).	

21. táblázat: A harcászati internet megjelenő szolgáltatásai.

A Hálózat-központú Hadviselés hálózatosítási koncepciójának a Magyar Honvédségben történő kialakításához véleményem szerint átfogó kutatások és kísérletek szükségesek, amelyhez egy célorientált kutatási bázis kialakítása célszerű. Ugyanakkor a terület elemzése egy következő doktori értekezés témája lehet a jövő kutatói számára.

6. Egyéb javaslat

A szakirodalom tanulmányozása során zavarólag hatott számomra, hogy az egyes gyártó cégek nem azonos elvek alapján határozzák meg rádiókészülékeik generációs számozását (például a Rohde and Schwarz M3TR rádiója 5. generációs, a Thales PR4G 4. generációs, stb). Felhasználva az értekezésben leírtakat a következő táblázat alapján javaslom a katonai rádiógenerációk egységes meghatározását, és ezek egyértelmű használatát a katonai szakirodalomban.

Megnevezés	Összetevők	Példák
Korai rádióeszközök	Elektromechanikus eszközök; Vákuumcsöves rádióeszközök	I. vh. előtti rádiók I. és II. vh. rádiói;
1. generációs rádiók	Analog rádióeszközök (fejlett vákuumcsöves és tranzistoros)	Angol LARKSPUR rádiórendszer;
2. generációs rádiók	Digitális rádióeszközök (ASIC és egyéb integrált áramkörök)	PR4G;SINCGARS; HARRIS;
3. generációs rádiók	Szoftver-vezérlésű rádióeszközök	R&S M3TR; HARRIS FALCON II;
4. generációs rádiók	JTRS terven alapuló szoftverrádiók	fejlesztés alatt.

22. táblázat: A katonai rádiók generációs táblázata.

A vizsgálatok összegzése és az értekezés végkövetkeztetései

A vizsgálatok összegzése

Az értekezésben a témával összefüggő alapvető fogalmak tisztázását követően, a kutatási rész cél megvalósítása érdekében a digitális rádiók kialakulását, és szolgáltatásait mutattam be. Ráműtöttem arra, hogy a napjaink katonai műveleteiben használatos eszközök hang- és adatátviteli szolgáltatásaikkal támogatják a felhasználók munkavégzését, feladat-végrehajtását. Kutatásaim során nem találkoztam a magyar katonai szakirodalomban a szoftverrádiókkal foglalkozó cikkel, publikációval, így ezt a területet külföldi szakirodalom tanulmányozása után vizsgáltam. Elemeztem a szoftver-vezérlésű rádiók felépítését, szolgáltatásait, az új szoftveralapú hullámformák használatának lehetőségeit. Bemutattam a szoftverrádiós fejlesztések irányvonalait, valamint ezen eszközök jövőbeni alkalmazásának lehetőségeit.

A katonai harcászati rádiók, rádiórendszerek vizsgálatánál azt tapasztaltam, hogy egyre szélesebb körű a felhasználásuk, és fejlett, minőségi szolgáltatásokra képesek, megvalósítva a kutatási hipotézisemben felvázolt többfunkciós működést. A gép- és harcjárművekbe épített nagyteljesítményű rádióállomások, a gyakorlatban végrehajtott műveletek hordozható rádiói, a fegyverrendszerek vezérlését biztosító és a műholdas rendszerek hozzáférésére alkalmas eszközök a béke- és a békétől eltérő műveletekben is szerepet kapnak. A harcászati internetek elemzésével a harcászati helyzetismeret és a harcászati kép kialakításának lehetőségére mutattam rá, amely egyben előrevetíti a pár év múlva megjelenő, a TACOMS Post-2000 szabványokon alapuló rendszerkialakítást. Meghatároztam azokat a trendeket, amelyek hatással lesznek az MH harcászati rádiórendszerének kialakítására, és javaslataimat ezek ismeretében alakítottam ki.

Az MH-ban beszerzésre tervezett eszközök áttekintésének, és várható rendszerbe integrálásának alapján megállapítottam, hogy a korábbiaknál korszerűbb, a NATO elvárásokat is figyelembe vevő harcászati rádiórendszer alakítható ki. Ugyanakkor a fejlesztési tervekben nem szerepelnek a harcászati műholdas eszközök, amelyeket a javaslataim megfogalmazásánál a harcászati rádiórendszer részének tekintettem. Az MH harcászati rádiórendszerének kialakításához elemeztem a kutatási rész célként meghatározott technikai kialakítás és frekvencia-menedzsment lehetőségeit, amely eredményeket az elvi kialakítás során használtam fel. A kialakított harcászati rádiórendszer jövőbeni továbbfejlesztési lehetőségeinek javaslatát ugyancsak kutatási rész célként tűztem ki: ehhez ajánlásokat fogalmaztam meg az MH harcászati internetének kialakítására is.

Az értekezés bevezetőjében meghatározott alapvető és rész kutatási célokat el-
értem: javaslatot tettem az MH harcászati rádiórendszerének kialakítására.

Az értekezés végkövetkeztései

Tézis: Napjaink és a jövő katonai műveleteinek fejlett mobilitása következté-
ben, a korábbiakhoz képest jelentősen megnőnek a csapatok közötti távolságok,
ennek ellenére a vezetés-irányítás folyamatosságára törekedni kell. Az informá-
cióátvitelt biztosító harcászati rádiórendszernek képesnek kell lennie a fejlett
szolgáltatások biztosítására – az információk továbbítására és fogadására – a
harcmező minden szegletében. Figyelembe véve a katonai kommunikációs rend-
szerek hosszú idejű rendszerben tartásának követelményét (15-20 év), olyan
harcászati rádiórendszer kialakítására célszerű törekedni, amely hosszú távon is
képes biztosítani a katonai műveletek kommunikációs támogatását.

Következtetés: A jövőben megjelenő új szolgáltatások integrálása a nyílt
rendszerek felépítési elvének alkalmazásával valósítható meg a legegyszerűb-
ben. A nyílt rendszerű hálózatkialakítás a hardver oldalon a moduláris bővíthető-
séget és egyszerűbb javíthatóságot, szervizelhetőséget biztosít (például egysze-
rű kártyacsere), míg szoftver oldalon az új alkalmazások és szolgáltatások egy-
szerű installálását és azok rugalmas konfigurálását eredményezi. Ezen túlmenő-
en a digitális hadszíntéren megjelenő mobil hordozóeszközökbe épített rádiókból
kialakított rádióhálózatok megbízható működése az egyenrangú hálózatok (peer-
to-peer) elvének felhasználásával alakítható ki, aminek eredményeképpen a
harcjárművek egymástól való eltávolodása nem okoz rendszerösszeomlást.

Tézis: A technikai-technológia fejlesztések egyre gyorsabb üteme új eszközök
megjelenését teszi lehetővé – a szoftverrádiókéét, és ezek várhatóan gyorsan el-
terjednek a digitális hadszíntéren. A szoftverrádiók – fejlett hálózati képességeik
alapján – nemcsak mint a gép- és harcjárművek, valamint a gyalogosan végrehaj-
tott műveletek eszközeiként jelennek meg, hanem a művelet irányító központok
adatgyűjtő eszközeiként, illetve az összhaderőnemi műveletek együttműködésé-
ben is jelentős szerepet játszhatnak a jövőben.

Következtetés: Az új eszközök megjelenése nem jelenti azt, hogy a meglévő
harcászati rádiórendszer eszközeit le kell cserélni a modernebb, nagyobb adatát-
viteli kapacitású szoftverrádiókra, de a kiemelt kommunikációs csomópontokon
ezek számba vehető alternatívaként jelentkeznek. A harcászati rádiórendszerek-
ben a várható adatátvitel növekedése indokoltá teszi az ilyen készülékek rend-
szerbeillesztését a műveletirányító központokban, vagy a felső vezetés informá-
ciógyűjtésére. Az összhaderőnemi műveletekben ugyanakkor kiemelt szereppel
fognak megjeleni, így az MH csapatainak a többenemzetiségű műveletekben
résztevő egységeinél várható a megjelenésük, elsődlegesen az interoperabilitást
biztosítva.

Tézis: A rádiórendszerek egy közös üzemelési környezetben kerülnek fel-
használásra, amelyben meghatározó az egyes eszközök által felhasznált frek-

venciasáv. A modern, digitális rádiók számos modulációs módszerrel érik el az egyes hálók és irányok egymástól való elkülönítését, adaptív eljárásokkal javítják az átviteli út stabilitását, jóságát, de ennek ellenére a frekvenciaspektrum egy véges erőforrás. Nagyszámú civil és katonai felhasználó igyekszik minél nagyobb sáv szélességet birtokolni belőle, és éppen a véges jellemző miatt van szükség a frekvencia-koordinációra, a frekvenciák egymás zavarása nélküli használatához.

Következtetés: A frekvenciaspektrum hatékony, zavarásmentes kihasználásához célszerű alkalmazni a frekvencia újrafelhasználás lehetőségét – a földrajzi elkülönülés alapján –, míg behatárolt körülmények között (országhatáron vagy nagyvárosokon belül) a párbeszéd, az egyeztetés és a megegyezés a járható út. Az egyes katonai műveletekben ugyancsak célszerű szabályozni a frekvencia felhasználást a felelősségi körzetek között (esetleg azokon belül), amit a frekvenciaugratásos rádiók megjelenése mindenképpen megkövetel. A frekvenciaspektrum szabályozása ugyanakkor képzett szakemberek jelenlétét követeli meg a hadszíntéri műveletek tervezésében. A katonai frekvenciamenedzserek képzése és tudásuk alkalmazása a jövő katonai műveleteinek kommunikációs támogatásában elengedhetetlen, így az MH harcászati rádiórendszere üzemeltetésének tervezésében is kiemelt figyelmet érdemelnek.

Tézis: A 20. század végén a civilizációs törekvések egyik jellemző eredménye az egyes országok készenléti szolgálatainak, szervezeteinek egyre erőteljesebb fejlesztése. A rendkívüli helyzetekben előírt közös cselekvés kommunikációs támogatása egy integrált rendszert követel meg, a riasztások vételének, a jelentési adatok továbbításának és a vezetés-irányítás hatékonyságának növelése céljából. A legismertebb készenléti rádiórendszer a TETRA, melynek fejlett beszéd- és adatátviteli képességei Európa-szerte biztosítják a készenléti szolgálatok hatékony együttműködését. A Magyar Köztársaság készenléti szolgálatai a mai napig nem rendelkeznek egységes mobilkommunikációs rendszerrel, ugyanakkor jó néhány európai és Európán kívüli országban már katonai kísérletek is folynak a TETRA-elvű digitális rádiók alkalmazására, azok biztonsági funkcióinak fejlesztésére.

Következtetés: Az MH harcászati rádiórendszerének kialakításánál célszerű figyelembe venni a jövőbeni csatlakozási elvárásokat egy TETRA (vagy TETRA jellegű) rádióhálózathoz, amit a javaslataim során megfogalmaztam. A harcászati rádiórendszer így képes lesz a többfunkciós kialakításból következően a béke- és háborús műveletek mellett a készenléti szolgálatokkal történő együttműködés kommunikációs támogatására. Ez által lehetővé válik a Magyar Köztársaság nemzeti biztonsági stratégiájában vázolt elvárások megvalósítása – kommunikációs viszonylatban.

Tézis: A Magyar Köztársaság nemzeti biztonsági stratégiájában ismertetett kihívásokra történő felkészülés egy modern, a digitális hadszíntéren is alkalmazható harcászati rádiórendszert feltételez. A 15-20 évre tervezett rendszerrel azonban az egyre növekvő adatátviteli elvárások szükségessé teszik annak továbbfej-

lesztését, figyelembe véve a TACOMS Post-2000 program várható irányvonalait, valamint a Hálózat-központú Hadviselés várható hálózatosítási igényeit.

Következtetés: Az MH harcászati rádiórendszere kialakítására tett javaslataim napjaink harcászati követelményeit elégítik ki, ezért szükségesnek tartottam megfogalmazni a lehetséges bővítési, átalakítási lehetőségeket és irányvonalakat, figyelemmel a jövő várható kihívásaira. A harcászati rádiórendszeren futó információs rendszer fejlesztési lehetőségét a harcászati internet kialakításában látom. Az alapvetően vezetési-irányítási funkciókra kialakított rádiórendszer képességeinek bővítése véleményem szerint a harcászati helyzetismeret és az ebből megalkotható harcászati kép realizálását teszi lehetővé. A harcászati kép egységes értelmezésének lehetősége elsősorban a döntések biztosabbá válásában jelentkezik, amely egyben a sikeres művelet végrehajtásokat is eredményezi. Ugyanakkor a Hálózat-központú Hadviselés – mint a jövő egyik legerőteljesebb hadviselési formája és annak kommunikációs támogatása – véleményem szerint további átfogó kutatásokat igényel, alapul szolgálva a fiatal katonai kutatók téma-választásának.

Új tudományos eredmények tartom:

1. A vizsgált rendszerkialakítások összegzéseként annak leszögezését, hogy a digitális harcmezőn megjelenő modern rádiókból felépülő, rugalmasan kialakított harcászati rádiórendszer szolgáltatásai biztosítják a felhasználók művelet-orientált igényeit – különösen a vezetés-irányítás támogatásának vonatkozásában –, ugyanakkor a növekvő adatátviteli lehetőségek a harcászati helyzetismeret és a harcászati kép kialakítását, és ezzel együtt a széles körű információkon alapuló, biztosabb döntések meghozását teszik lehetővé a műveletek sikeres végrehajtásához.
2. A szoftverrádiós kutatás-fejlesztés vizsgálata alapján annak kimondását, hogy ezek a készülékek a kiterjesztett sávú, a többfunkciós és a fejlett hálózati képességeikkel az összhaderőnemi szintű, feladatorientált szervezetek, egységek támogatását erősítik, illetve a felhasználói igények változásai – a szoftverek alkalmazásával – rugalmasabban kezelhetők, mint a korábbi készülékekből kialakított rádiórendszereknél.
3. A Magyar Honvédség harcászati rádiórendszerének kialakításának ajánlásait – a hozzá kapcsolódó megállapításokkal együtt –, amelynek felhasználásával lehetővé válik a többfeladatú, modul rendszerű haderő hatékony, harcászati szintű vezetéstámogatása, valamint a kialakított rádiórendszer jövőbeni továbbfejlesztésére vonatkozó javaslatok alapján az MH harcászati internetének egyszerű kialakítása.

Javaslat az értekezés hasznosítására

- A MH harcászati rádiórendszerének technikai kialakítása során a fejlesztési stratégia kialakításához alapul venni;
- A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Hadtudományi és Katonai Műszaki Doktori Iskolákban, valamint az egyetemi alap és kiegészítő képzésekben a szakirányú tárgyak oktatása során ajánlott irodalomként felhasználni;
- A MH harcászati rádiórendszerének további vizsgálataiban tanulmányok, pályázatok és egyetemi jegyzetek elkészítéséhez felhasználni.

Budapest, 2005. április - n

(Hóka Miklós mk. alezredes)

Publikációk jegyzéke

Tudományos cikkek

1. Hóka Miklós: A zártcélú hálózatok fejlődése. Országos Tudományos Konferencia Különkiadás, 173-177. oldal, ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2000, szám nélkül
2. Hóka Miklós: Nem háborús tevékenységek kommunikációs támogatása a TETRA mobil rádiórendszer alkalmazásával. Új Honvédségi Szemle, 55.évf. 9. szám. 133-137. oldal, 2001, HU ISSN 1585-4167
3. Hóka Miklós: Gondolatok a harcászati rádiórendszer kialakításához. Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencia Különkiadvány, 205-216. oldal, ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2001, ISBN 963 00 8819 3
4. Hóka Miklós: New challenges and possibilities in radio communication (The Joint Tactical Radio System). Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencia Különkiadvány, 45-52. oldal, ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2001, ISBN 963 00 8819 3
5. Hóka Miklós: Katonai üzenetkezelő rendszerek alkalmazása a vezetés támogatásában. Doktoranduszi Tudományos Konferencia Különkiadvány, 113-122. oldal, ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2001, szám nélkül
6. Hóka Miklós: Szenzorok háborúja. A Hálózat Központú Hadviselés. Új Honvédségi Szemle 56.évf. 2.szám, 129-140. oldal, 2002, HU ISSN 1585-4167
7. Hóka Miklós: Együttműködési kérdések a katasztrófa-elhárítás mobilkommunikációs támogatásában. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 2002/1, 148-152. oldal, ZMNE, Budapest, 2002, ISSN 1417-7323
8. Hóka Miklós: A harcászati rádiórendszerek interoperabilitása. Új Honvédségi Szemle, 56.évf. 6. szám. 137-145. oldal, 2002, HU ISSN 1585-4167
9. Hóka Miklós: A harcászati információelosztás megfontolásai. Kommunikáció 2002. Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencia Különkiadvány, 199-207. oldal. ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2002, ISBN 963 86 2292 X
10. Hóka Miklós: A harcászati információelosztás megfontolásai. Új Honvédségi Szemle, 57.évf. 3. szám. 76-81. oldal, 2003, HU ISSN 1585-4167
11. Hóka Miklós: A csúcstechnológia alkalmazása a katonai rádiózásban I. Hadi-technika, 2003. április-június, XXXVII.évf. 15-17. oldal, HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2003, HU ISSN 0230-6891
12. Hóka Miklós: A csúcstechnológia alkalmazása a katonai rádiózásban II. Hadi-technika, 2003. július-szeptember, XXXVII.évf., 7-10. oldal, HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2003, HU ISSN 0230-6891
13. Hóka Miklós: Tactical Internet. Mobile communications in 21th century. Academic and Applied Research in Military Science (AARMS) volume 2, Issue 2 (2003), pp 271-282, Miklós Zrínyi National Defence University, Budapest, ISSN 1588-8789

14. Hóka Miklós: A városharc kommunikációs jellemzői a 21. században. Kommunikáció 2003. Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencia Különkiadvány, 91-102. oldal. ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2003, ISBN 963 86229 6 2
15. Hóka Miklós: A harctéri kommunikáció egyik lehetséges jövőképe: a Harcászati Internet. Kommunikáció 2003. Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencia Különkiadvány, 103-118. oldal. ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2003, ISBN 963 86229 6 2
16. Hóka Miklós: Az elektronika fejlődésének hatása a harcászati mobil kommunikációra. Kommunikáció 2004. Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencia anyaga, 129 – 143. oldal. ZMNE, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2004, ISBN 963 86441 5 X

Pályázatok

1. A TETRA mobilkommunikációs rendszer bemutatása, a katonai alkalmazás lehetősége. TDK pályamunka, 1998. október 25. ZMNE, Eredmény: különdíj.
2. A TETRA mobilkommunikációs rendszer bemutatása, a katonai alkalmazás lehetősége. XXIV. OTDK pályamunka, 1999. április 10. BJKMF
3. A zártcélú hálózatok biztonságának kérdései a TETRA hálózat tükrében. TDK pályamunka, 2000. május 22. ZMNE, Eredmény: 1. Helyezés.
4. A zártcélú hálózatok biztonságának kérdései a TETRA hálózat tükrében. OTDK pályamunka, 2001. Április 15. ZMNE, Eredmény: 3. Helyezés.

Tanulmányok

1. Hóka Miklós: Hadművelési, harcászati rádiórendszerek alkalmazása békeműveletekben és hadműveletekben, valamint a harc támogatására a vezetés, irányítás, együttműködés és az interoperabilitás tükrében. Nemzetvédelmi Egyetemi Doktorandorum, 2001/1. szám, 47-55. oldal, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Zrínyi M. kiadó, Budapest, 2001, ISSN 1588-2233
2. Hóka Miklós: Az interoperabilitás a katonai kommunikációs rendszerszervezésben. Kard és Toll - válogatás a hadtudomány doktoranduszainak tanulmányaiból, 2002/1, 69-75. oldal, HM Oktatási és Tudományos szervező főosztály, Budapest, 2002, ISBN 963 7037 51 9
3. Dr.habil.Sándor Miklós - Hóka Miklós (50%) –: Fejlesztések a katonai rádiózásban – a szoftverrádió. Kard és toll - válogatás a hadtudomány doktoranduszainak tanulmányaiból, 2003/1, 107-119. oldal, HM Oktatási és Tudományos szervező főosztály, Budapest, 2003, ISBN 963 7037 51 9

Konferencia előadások

1. A zártcélú hálózatok fejlődése. Magyar nyelvű előadás "A kommunikáció (híradás) helye és szerepe a vezetés rendszerében" című országos tudományos konferencián. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2000. október 04.
2. A saját doktori kutatási téma magyar nyelvű bemutató előadása. Doktoranduszi konferencia. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2000. október 14.

3. Katonai üzenetkezelő rendszerek alkalmazása a vezetés támogatásában. Magyar nyelvű előadás a Doktori Iskola Konferenciáján, (E alprogram). Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2001. november 16.
4. Gondolatok a harcászati rádiórendszer kialakításához. Magyar nyelvű előadás „A katonai kommunikációs rendszerek fejlődési irányai – kihívások és trendek a XXI. században” című nemzetközi szakmai tudományos konferencián. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2001. november 28.
5. A harcászati információelosztás megfontolásai - a Harcászati Internet. Magyar nyelvű előadás a „Kommunikáció 2002.” Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencián. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2002. október 30.
6. Tactical Internet. Mobile communications in the 21th century. Angol nyelvű előadás a „Robotkonferencia 2002” nemzetközi tudományos konferencián. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest. 2002. november 28.
7. A városharc kommunikációs jellemzői a XXI. században. Magyar nyelvű előadás a „Kommunikáció 2003.” Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencián. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2003. október 15.
8. Az elektronika fejlődésének hatása a harcászati mobilkommunikációra. Magyar nyelvű előadás a „Kommunikáció 2004.” Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencián. ZMNE, Budapest, 2004. szeptember 15.
9. A Hálózat-központú Hadviselés elve és technikai kialakítása. Magyar nyelvű előadás a „Robotkonferencia 2004.” Nemzetközi Szakmai Tudományos Konferencián. ZMNE, Budapest, 2004. november 24.

Egyetemi jegyzet

1. Hóka Miklós: A szárazföldi csapatok NATO-elvű rádióhíradásának alapjai. Egyetemi jegyzet, 115 oldal. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2003

Egyéb

1. Hóka Miklós: „A katonai kommunikációs rendszerek fejlődési irányai – kihívások és trendek a XXI. században,„ nemzetközi szakmai tudományos konferencia. Hadtudományi Hírlevél, 2002/1. szám, 4-6. oldal, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2002, ISSN 1417-7315
2. A saját kutatási téma bemutatása plakátkiállításon. Tavasz Szél, Doktoranduszok Országos Találkozója, 2002. április. 12-14, Szent István Tudományegyetem, Gödöllő.

Ábrajegyzék

1. ábra: A Mistral rakétakomplexum vezérlési rendszere.....	21
2. ábra: A szoftver-vezérlésű rádió blokkvázlata.....	24
3. ábra: A szoftver érintkezési környezet elvi rétegződése.....	26
4. ábra: A JTRS szoftver érintkezési környezetének rétegei.....	27
5. ábra: A SINGARS ESIP hullámforma blokkvázlata.....	29
6. ábra: Az FM3TR szoftverrádió jeláramlási diagramja.....	35
7. ábra: A WDL kialakulása és alkalmazása.....	35
8. ábra: A szoftverrádió rendszerintegrációja.....	36
9. ábra: A kiosztható frekvenciák újrafelhasználása.....	43
10. ábra: A harcászati műholdak karakterisztikái.....	48
11. ábra: Amerikai tábori (harcászati) kommunikációs rendszer.....	51
12. ábra: Az amerikai harcászati internet alsó szintje.....	57
13. ábra: Az angol harcászati internet kialakítási lehetősége.....	59
14. ábra: A francia harcászati internet kialakítási lehetősége.....	60
15. ábra: A TACOMS Post-2000 rendszer elvi felépítése.....	63
16. ábra: A SMARTNET hálózat kialakítása.....	65
17. ábra: Rádiófelvevő pont (RAP) blokkvázlata.....	78
18. ábra: A frekvenciasáv megosztása Európában.....	80
19. ábra: A különböző hálózati síkok kialakítása.....	82
20. ábra: A menethíradás csatlakozása a kommunikációs rendszerhez.....	87
21. ábra: Többszörös átjátszás kialakítása épületek között.....	90
22. ábra: A harcászati rádiórendszer javasolt elvi kialakítása.....	94
23. ábra: A harcászati rádiórendszer javasolt technikai kialakítása.....	97
24. ábra: A frekvenciamenedzsment javasolt technikai kialakítása.....	99
25. ábra: Harcjármű belső kommunikáció javasolt elvi kialakítása.....	100
26. ábra: WLAN hálózat és az információs lánc javasolt kialakítása.....	101
27. ábra: A harcászati internet javasolt kialakítása (zászlóalj szint).....	102

Rövidítések

AAP	Allied Administrative Publication	Szövetségi Adminisztratív Kiadvány
ABCS	Army Battle Command System	Hadsereg szintű harcvezetési rendszer (amerikai haderő)
ACP	Allied Communications Publication (or Procedures)	Szövetséges Híradó Kiadvány (vagy Eljárások)
ADatP	Allied Data Processing Publication	Szövetségi Adatfeldolgozói Kiadvány
ADC	Analogue to Digital Converter	Analóg-digitális konverter/átalakító
AFSATCOM	Air Force Satellite Communications System	Légierő Műholdas Távközlési Rendszere
ALE	Automatic Link Establishment	Automatikus Összeköttetés Felvétel
API	Application Programming Interface	Alkalmazói programozási interfész
ARFA	Allied Radio Frequency Agency	Szövetséges Rádiófrekvencia Hivatal
ASIC	Application Specific Integrated Circuits	Alkalmazás specifikus integrált áramkörök
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Aszinkronizált átadási mód
BER (T)	Bit Error Rate (Test)	Bithibaarány (teszt/vizsgálat)
C2	command and control	Vezetés és irányítás
C3	command, control, and communications	Vezetés, irányítás és híradás
C3I	command, control, communications, and information	Vezetés, irányítás, híradás és információ
C4	command, control, communications, and computers	Vezetés, irányítás, híradás és számítástechnika
C4ISR	Command, Control, Communications, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance	Vezetés-irányítás, híradás, számítógép, felderítő, megfigyelő és információs rendszer
CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Committee	Nemzetközi Táviró és Távbeszélő Tanácsadó Bizottság
CEPT	Conférence d'Europe Poste et Transmissions Administration	A Postai és Távközlési Igazgatások Európai Értekezlete
CIS	Communications and Information System	Híradó és információs rendszer
CJTF	Combined Joint Task Force	(egy meghatározott feladatra létrehozott) egyesített összhaderőnemi harci kötelék
CNR	Combat Net Radio	Harcászati Rádióháló
COMSEC	Communications Security	Hírközlési Biztonság, Hírközlés Titkossága

CORBA	Common Object Request Broker Architecture	Közös objektumkérő elbírálási felépítés
COTS	Commercial-off-the-shelf	Kereskedelemből beszerezhető (módosítás nélkül) felhasználható termék)
CSA	Chief of Staff, (US Army)	Vezérkari Főnök
CVSD	Continuously Variable Slope Delta modulation	Beszédhang tömörítési eljárás, általában 16 kbps jelsebességgel
DAC	Digital/Analogue Converter	Digitál-analóg átalakító/átalakítás
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	Korszerű Védelmi Kutatási Ügynökség (USA)
DCI	Defence Capability Initiative	Védelmi Képességek Kezdeményezés (1999, Washington)
DECT	Digital Enhanced (European) Cordless Telephone	Továbbfejlesztett (európai) digitális zsinór nélküli telefon
DSP	Digital Signal Processor	Digitális jelfeldolgozó processzor
EPLRS	Enhanced Position and Location Radio System	Földfelszíni hely- és helyzetjelző rádiórendszer (továbbfejlesztett)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Európai Távközlési Szabványosítási Intézet
ECCM	Electronic Counter-Counter Measures AAP-15 (2002) szerint <i>elavult</i>	Elektronikai ellen – ellentevékenységek, a magyar értelmezés szerint: elektronikai zavarás elleni védelem
EPM	Electronic Protection Method	Elektronikai védelem eljárása
FBCB2	Force Battle XXI Command System Brigade and below	Dandárszinten és az alatt használt (számítógépes) vezetési rendszer
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum	Frekvenciaugratásos szórt spektrum
FLTSATCOM	Fleet SATCOM	Az amerikai haditengerészet kommunikációs műholdrendszere
FM3TR	Future Multiband Multiwaveform Modular Tactical Radio	Többsávós, több-hullámformás, modul rendszerű harcászati rádió
FPGA	Field Programmable Gate Array	könnyen (terepen is) programozható kapusor áramkörök
FRS	Family Radio Service	Családi rádiószolgáltatás
GPP	General Purpose Processor	Általános célú (digitális jelfeldolgozó) processzorok
GPS	Global Positioning System	Globális helyzet-meghatározó rendszer
HCDR	High Capacity Data Radio	Nagykapacitású Adat Rádió

IFF	Identification Friend or Foe	„barát-idegen” („saját-ellenség”) azonosítás
IFOR	Implementation FORce	(béke)kikényszerítő erő a boszniai hadszíntéren
INMARSAT	International Maritime Satellite System	Nemzetközi tengerészeti műholdas rendszer
ISO	International Standardization Organisation	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet
ITT	International Telephone and Telegraph	Nemzetközi Távbeszélő és Távíró (Szervezet és gyártócég is)
ITU	International Telecommunication Union	Nemzetközi Távközlési Egyesület; az ENSz egyik szervezete
JP	Joint Procedures	Összhaderőnemi Eljárások
JTRS	Joint Tactical Radio System	Összhaderőnemi (szintű) harcászati rádiórendszer (amerikai fejlesztés)
KFOR	Kosovo Force	Koszovói (békefenntartó) Erő
LAN	Local Area Network	Helyi (kis kiterjedésű) Hálózat
LAS	Local Access Subsystem	Helyi hozzáférésű alrendszer
LEASAT	Leased satellite	Bérelt műhold
LQA	Link Quality Analysis	Összeköttetés Minőség Analizálása
MBITR	Multi-Band Intra/Inter Team Radio	Szakaszon belüli/szakaszok közötti többsávós kézirádió
Mbps	Megabits per Second	Megabit másodpercenként
MIL STD	Military Standard	Katonai szabvány
MILSTAR	Military Strategic and Tactical Relay System	Katonai Hadászati és Harcászati Átjátszó(Erősítő) Műholdas Rendszer
MMITS	Modular Multifunction Information Transmission System	Moduláris, Többfunkciós Információátjátszó Rendszer
MMR	Multiband, Multimode Radio	Többsávós, többfunkciós felhasználású rádió (francia-német közös fejlesztés)
MoU	Memorandum of Understanding	Egyetértési Nyilatkozat
MRR	Multi Role Radio,	Többfunkciós rádió
MRS	Multi Role System	Többfunkciós rendszer
NC3A	NATO Consultation, Command and Control Agency	A NATO Konzultáció, Vezetési és Irányítási Ügynökség
NC3TA	NATO C3 Technical Architecture	A NATO C3 technikai felépítése
NFMSC	NATO Frequency Management SubCommittee	A NATO frekvencia-gazdálkodási Albizottsága
OTAR	Over-the-Air-Rekeying	Átkulcsolás levegőn keresztül

PCC	Prague Capalities Commitment	Prágai Képességvállalások (2002)
PDR	Programmable Digital Radio	Programozható digitális rádió (angol fejlesztés)
PfP	Partnership for Peace	Békepartnerség
PMR	Private Mobile Radio	Privát/zártcélú mobil rádiótelefon(-rendszer)
PR4G	La Poste Radio 4eme Generation	4. generációs harcászati rádiórendszer
PRN	Packet Radio Net	Csomagkapcsolt (elven működő) rádióháló
QoS	Quality of Service	Szolgáltatás minőség
SATCOM	Satellite Communications	műhold(as) híradás (hírközlés, távközlés)
SATURN	Second Generation Anti-jam Tactical UHF Radios for NATO	2. generációs, gyors frekvenciaugratásos, zavarvédett, harcászati rádiók (UHF sávú) a NATO számára
SCA	Software Communication Architecture	Szoftver környezeti
SDR	Software-Defined Radio	Szoftver-vezérlésű rádió
SFOR	Stabilization FORce	Stabilizációs Erő (Bosznia)
SINCGARS	Single Channel Ground and Airborne Radio Systems	Egycsatornás Földi és Repülőgépfedélzeti Rádió Rendszerek
STANAG	NATO Standardisation Agreement	NATO Szabványügyi Egyezmény
TACSATCOM	Tactical Satellite Communications (System)	Harcászati Műholdas Hírközlési (Rendszer)
TCP	Transmission Control Protocol	Átviteli vezérlő protokoll
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	Átviteli vezérlő protokoll/Internet protokoll
TDMA	Time Division Multiple Access	Időosztásos többszörös hozzáférés
TETRA	TErrestrial Trunked RAdio	Földfelszíni trónkolt rádiórendszer
TRANSEC	Transmission security	Átviteli biztonság
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	Pilóta nélküli repülőeszköz
VOCODER	Voice-Encoder	Beszédkódoló; hangátalakító
VoIP	Voice over Internet Protocol	Hang(átvitel) az Interneten keresztül
VSAT	Very Small Aperture Terminal	Nagyon kis nyílásszögű terminál
WAN	Wide Area Network	Nagy területet lefedő hálózat
WIN	Warfighter Information Network	A Harcos Információs Hálózata – amerikai kommunikációs rendszer

Hivatkozások

- [1] Úton a XXI. század hadserege felé. A Honvédelmi Minisztérium kiadása, Budapest, 2003. Szám nélkül.
- [2] Field Manual No106, Information Operations. Department of the Army, Washington, DC. Aug 1999. (Internetes letöltés: <http://www.adtdl.army.mil/download/FM+100-6>)
- [3] Katonai Informatikai terminológia. Tudományos konferencia anyaga, 14 - 15. oldal. ZMNE, Budapest, 2002. május 29. Szerkesztette: Dr. Munk Sándor ezredes. Szám nélkül.
- [4] Dr. Munk Sándor: Helyzetismeret-bázisok a katonai vezetésben, helyzet-információk gyűjtése és feldolgozása. Tanulmánygyűjtemény, válogatás a HM 2001. évi kutatási eredményeit összegző tanulmányokból, pályázatokból, 151. oldal; Budapest, 2001, ISBN 963 7037 44 6
- [5] U.o. mint a [4].
- [6] Combat Net Radio interoperability: new standards, new technology or both? Interop and Standards (iS) magazin, page 25, published by THALES Communications, N.2 May 2001. Szám nélkül.
- [7] NATO C3 Technical Architecture, base standards and profiles, NC3TA-Vol3-v1. doc, Annex 3 to: AC/322(SC/5)WP/31, pp 24 – 43; 30 July 1999, ISSC NATO Open Systems Working Group (Internetes letöltés: NC3TA Vol3-v1_0.PDF)
- [8] Interoperable voice communications: test and selection of STANAG 4591. NC3A paper AC/323 (IST-023) TP/1222-1, October 2001. (Internetes letöltés cím alapján.)
- [9] A Mistral rendszer francia nyelvű ismertetője. Szám nélkül.
- [10] Tadil J. Introduction to tactical digital information link J, and quick reference guide. Table E-1. FM 6-24.8. June 2000. (Internetes letöltés az adtdl. army. mil honlapról.)
- [11] U.o. mint a [7].
- [12] Can Defense Capitalize on Commercial Software Defined Radios? COTS Journal January 2002. (Internetes letöltés: cotsjournalonline.com honlapról.)
- [13] David B. Cotton: Software defined radio looks to three market. COTS Journal January 2003. (Internetes letöltés: cotsjournalonline.com honlapról.)
- [14] Software Communications Architecture (SCA). (Internetes letöltés: http://jtrs.army.mil/sections/technicalinformation/technical_SCA.html)
- [15] Joint Tactical Radio System (JTRS) SCA Developer's Guide. Contract No. DAAB15-00-3-0001. Document Number: Rev 1.1. 18 June 2002. Prepared for the Joint Tactical Radio System (JTRS) Joint Program Office. (Internetes letöltés cím alapján.)
- [16] SINCGARS ESIP. (Internetes letöltés: <http://www.assurancetechnology.com>)

- [17] Joint tactical Radio System (JTRS) operational requirements document (ORD). Version 3.2. April 2003. (Internetes letöltés a jtrs.army.mil honlapról.)
- [18] The evolution of untethered communications. 4.10. Smart Antennas. 4.11. Smart Waveforms. 4.12. Filter Technology. National Academy Press, Washington, D.C. 1997. (Internetes letöltés: stills.nap.edu/evolution)
- [19] A Speakeasy kialakulása. SPEAKeasy web page. (Internetes letöltés: <http://www.if.af.mil/div/IFB/techtrans/datasheets/Speakeasy.html>)
- [20] A JTRS rádiók fejlesztési terve. (Internetes letöltés: http://jtrs.army.mil/overview_clusters)
- [21] FM3TR szoftverrádiós fejlesztés. (Internetes letöltés: Mccoy.ucsf.edu/emondi/Public/FM3TR/FM3TR_summary)
- [22] E.D.Willink: Definition of Embedded Software using the Waveform Description Language, Software Defined Radio Forum, 12th September 2000. (Internetes letöltés: <http://www.ee.surrey.ac.uk/documents/Language>)
- [23] The world of radio communications. Rohde and Schwarz Catalog 2001/2002
- [24] Gordon E. Moore: Cramming more components onto integrated circuits, Electronics pp. 117-127, april 1965.
- [25] Software Radio, a UK Military Perspective. Defence Research Agency UK. (Internetes letöltés: http://www.mmitsforum.org/tech_comm.html)
- [26] The evolution of untethered communications National Academy Press, Washington, D.C. 1997. (Internetes letöltés: <http://stills.nap.edu/evolution>)
- [27] John McDonald: A II. világháború nagy csatái, GABO Kft., 1995, ISBN 963 8009 071
- [28] Guide to Frequency Planning, ACP-190(A), Allied Communications Publications (ACPs). (Internetes letöltés az adtdl.army.mil honlapról.)
- [29] Field Manual No 11-32, Combat Net Radio Operations, Department of the Army, Washington, DC. Aug 1990. (Internetes letöltés: <http://www.adtdl.army.mil/download/FM+11-32>)
- [30] A francia CARTHAGE RH rádiórendszer angol nyelvű ismertetője. Francia katonai zsebkönyv a kommunikációs eszközökről és rendszerekről. Szám nélkül.
- [31] NATO STANAG 5048, a NATO szárazföldi csapatok híradó és informatikai rendszerei kapcsolatának minimális mértéke (5. változat), 1997. október.
- [32] Sean E. Cobb: Soldiers in Bosnia scour catalogs, PX in search of better two-way radio. The Stars & Stripes, European edition, Wednesday, June 26, 2002
- [33] Radio Communications in the Digital Age, Volume Two: VHF/UHF Technology. Harris Corporation, Rochester, New York 14610 U.S.A. June 2000. (Internetes letöltés: harris.com)
- [34] U.o. mint a [33].
- [35] Field Manual No 24-11. Harcászati Műholdas (TACSAT) rendszerek. (Internetes letöltés: <http://www.globalsecurity.org/army/fm/24-11>)

- [36] Field Manual No 11-55, Mobile Subscriber Equipment (MSE) Operations, Headquarters Department of the Army, Washington, DC. 22 June 1999. (Internetes letöltés: <http://www.adtdl.army.mil/download/FM+11-55>)
- [37] Mobile Subsribers Equipment (MSE), Mobil Felhasználók Hálózata. (Internetes letöltés: www.fas.org/man/dod101/sys/land/mse.htm)
- [38] Tactical radios. Multiservice communications procedures for tactical radio in a joint environment. FM 6-02.72. June 2002. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil honlapról)
- [39] U.o. mint a [38].
- [40] High-Speed Digital Device Prods Battlefield Bandwidth Efficiency. (dataradios) SIGNAL Magazine, June 2000
- [41] PR4G F@stnet rendszerleírás. THALES Communications Battlespace Radio. (Internetes letöltés: thales-communications.com/_products/PR4G)
- [42] Rupert Pengelley: Battling with tactical Internets, International Defence Review (IDR) 02/2000. (Internetes letöltés: janes.com/public)
- [43] Tactical Internet. (Internetes letöltés: fas.org/man/sys/land/internet-t.htm)
- [44] Az angol BOWMAN rendszer. (Internetes letöltés: ets-news.com/bowman)
- [45] Estelle Griton-Saulnier: A Band For All Reasons. Software radios promise to radically redefine battlefield communications. Journal of Electronic Defense. January 2001 issue. Szám nélkül.
- [46] TACTIS rendszer leírása. Francia katonai zsebkönyv a kommunikációs eszközökről és rendszerekről. Szám nélkül.
- [47] Walter Merker: Intranet-basierte taktische Kommunikation WTD 81 Kalvarienberg D-911171 Greiding, E-Mail: WalterMerker@bwb.org
- [48] Field Manual No106, Information Operations. Department of the Army, Washington, DC. Aug 1999. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil/FM+100-6)
- [49] Army Science and Technology Master Plan 1998. Annex E. Global Technology Capabilities and Trends B.6. Command, Control, and Communications. (Internetes letöltés: fas.org/man/army/docs/astmp98)
- [50] Gorza Jenő: Információtechnológiai kihívások, fejlesztési stratégia. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2003. 7. évfolyam, 2. szám, 95. oldal, ISSN 1417-7323
- [51] Dr. David S. Alberts: Network Centric Warfare (NCW). Washington, DC: National Defense University. NDU Press Book, 1999.
- [52] Michelle L. Hankins: International defense contractors formulate next century standards. SIGNAL, AFCEA's International Journal, Vol. 54, No. 3, pp. 58-61, November 1999, ISSN 0037-4938
- [53] TACOMS koncepció. NC3TA-Vol2-v1.doc Annex 2 to: AC/322(SC/5)WP/31
- [54] Capt Tim Johnson: TACOMS Post - 2000 – Communications, Standards for the Land Combat Zone. (Internetes letöltés: dnd.ca)

- [55] Battlefield Information Transmission System (BITS). (Internetes letöltés: fas.org/man/dod-101/sys/land/bits)
- [56] Rik Verhorst: From vehicle intercom to multimedia battlefield communications, Defense Press of the Army (DPA), summer 1999. Szám nélkül.
- [57] Radio Communications in the Digital Age, Volume Two: VHF/UHF Technology. Harris Corporation, 1680 University Avenue Rochester, New York 14610 U.S.A. June 2000. (Internetes letöltés: harris.com)
- [58] Daintry Duffy: Information is a weapon. (Internetes letöltés: infowar.com / mil_c4i)
- [59] Rajnai Zoltán: A tábori alaphálózat vizsgálata és digitalizálásának lehetőségei egyes NATO-tagországok kommunikációs rendszereinek tükrében. PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2001
- [60] Mráz István: A katonai felső szintű vezetés információs rendszerének korszerűsítése I., Új Honvédségi Szemle, 55. évfolyam 7. szám, 45. oldal, 2001.
- [61] HM HVK HIRICSF koncepció a MAVDIHIR rendszer kialakítására.
- [62] US ARMY communications systems, MSE. Jane's military communications 2001-2001, pp 727. 2001 Surrey CR5 2YU, UK, ISBN 07106 23 22 4
- [63] A Magyar Köztársaság Kormányának 221/1999. (XII. 29.) Korm. Rendelete a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatának megállapításáról. 1. számú melléklet a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatához.
- [64] IFOR-SFOR frequency management. (Internetes letöltés: call.army.mil/products/spc_prod/5sigcd/1tact)
- [65] CEPT DSI Phase III 862-3400 MHz. Conclusions and Recommendations from the Draft DSI report including comments received during the 3rd round of consultations until January 2000. The final DSI workshop, Mainz 22, February 2000.
- [66] NATO C3 technical architecture, The NC3 common operating environment (NCOE) NC3TA-vol5-v1. doc. Annex 5 to AC/322 (SC/5) WP/31. 30 July 1999, ISSC NATO Open Systems Working Group.
- [67] MH Híradó Parancsnokság Távközlési Központ 2004. évi forgalmi jelentése alapján.
- [68] U.o. mint a [67].
- [69] Doctrine for Joint Urban Operations. JP 3-06. 2002. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil)
- [70] Dr. Kőszegvári Tibor: Katonai műveletek a nagyvárosokban és a megalopoliszokban. Hadtudomány 2001/3.
- [71] Robert F. Hahn II-Bonnie Jezior: Urban Warfare and the Urban Warfighter of 2025. Parameters, 1999 summer, pp. 74-86. Szám nélkül.

Felhasznált irodalom

NATO Szövetséges Kiadványok

- [1] A NATO dokumentumokban és kiadványokban használt rövidítések gyűjteménye. AAP-15 (2002), A Honvédelmi Minisztérium Honvéd Vezérkar Haderőtervezési Csoportfőnökség kiadványa, 2003, Nyt. szám: 56/38
- [2] NATO szakkifejezések és meghatározások szógyűjteménye (angol és magyar). AAP-6 (2002), a Honvédelmi Minisztérium Honvéd Vezérkar Haderőtervezési Csoportfőnökség kiadványa, 2003, Nyt. szám: 56/39
- [3] A Híradással és Informatikai Rendszerekkel Kapcsolatos Kifejezések és Meghatározások Gyűjteménye. AAP-31. NATO Szövetséges Kiadvány, 2001. január.
- [4] JP1-02 Joint Pub 1-02, DoD Dictionary of Military and Associated Terms. – Joint Chiefs of Staff, Washington D.C., June 14. 2000.
- [5] Guide to Frequency Planning, ACP-190(A), Allied Communications Publications (ACPs). 1996.

NATO STANAG-ek

- [6] NATO STANAG 5048, a NATO szárazföldi csapatok híradó és informatikai rendszerei kapcsolatának minimális mértéke (5. változat), 1997. Október.
- [7] NATO STANAG 4591, NATO Narrowband Voice Coder (NBVC) for Interoperable Voice Communications; AC/323(IST-02)TP/12, October 2001.

A Katonai Bizottságok Dokumentumai

- [8] NATO C3 technical architecture, base standards and profiles. NC3TA-Vol3-v1. doc, Annex 3 to: AC/322(SC/5)WP/31; 30 July 1999, ISSC NATO Open Systems Working Group.
- [9] NATO C3 technical architecture (NC3TA)., The NC3 common operating environment (NCOE) NC3TA-vol5-v1. doc, Annex 5 to AC/322(SC/5)WP/31 30 July 1999, ISSC NATO Open Systems Working Group.
- [10] TACOMS koncepció NC3TA-Vol2-v1.doc Annex 2 to: AC/322(SC/5)WP/31

Egyéb Kiadványok a NATO-tagországokban

- [11] Field Manual (FM) No 106, Information Operations. Department of the Army, Washington, DC. Aug 1999. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil/download/FM+100-6)
- [12] Field Manual No 11-32, Combat Net Radio Operations, Department of the Army, Washington, DC. Aug 1990. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil/FM+11-32)
- [13] Field Manual No 11-43, The Signal Leader's Guide, Headquarters, Department of the Army Washington, DC. June 1995. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil/download/FM+11-43)
- [14] Field Manual No 11-55, Mobile Subscriber Equipment (MSE) Operations, Headquarters Department of the Army, Washington, DC. 22 June 1999. (Internetes letöltés: adtdl.army.mil/download/FM+11-55)
- [15] Field Manual No 24-11. Harcászati Műholdas (TACSAT) rendszerek. (Internetes letöltés: globalsecurity.org/space/library/policy/army/fm/24-11)

- [16] IFOR-SFOR frequency management (Lessons learning). (Internetes letöltés: call. army. mil/products/spc_prod/5sigcd/1tact)
- [17] Integrált kommunikáció a harcos számára (C4I for the Warrior vision – C4IFTW) koncepció, Washington, DC. 1992.
- [18] Army Science and Technology Master Plan 1998. (Internetes letöltés: fas.org/man/dod-101/army/docs/astmp98)
- [19] Jane's Military Communications 2001-2002, Jane's Information Group, 2001 Surrey CR5 2YU, UK, ISBN 07106 23 22 4
- [20] Mobile Subscribers Equipment (MSE), Mobil Felhasználók Hálózata. (Internetes letöltés: fas.org/man/dod101/sys/land/mse.htm)
- [21] JTRS overview. (Internetes letöltés: jtrs.army.mil/overview)
- [22] Dr. David S. Alberts: Network Centric Warfare (NCW). Washington, DC: National Defense University. NDU Press Book, 1999.
- [23] US Army Tactical Internet. (Internetes letöltés: fas.org/dod-101/sys/land/internet-t)
- [24] Battlefield Identification System. (Internetes letöltés: fas.org/dod-101/land/bits)
- [25] Az angol BOWMAN rendszer. (Internetes letöltés: ets-news.com/bowman)
- [26] A Mistral rendszer francia nyelvű ismertetője.
- [27] PR4G F@stnet rendszerleírás. THALES Communications Battlespace Radio. (Internetes letöltés: thales-communications.com/products/PR4G)
- [28] CARTHAGE és TACTIS rendszer leírása. Francia katonai zsebkönyv.
- [29] TADIL J. Introduction to tactical digital link information link J and quick reference guide. FM 6-24.8. June 2000. (Internet: adtdl.army.mil)
- [30] Tactical radios. Multiservice communications procedures for tactical radios in a joint environment. FM-6-02.72. June 2002. (Internet: adtdl.army.mil)
- Nem NATO forrásokból származó dokumentumok**
- [31] A Magyar Köztársaság Kormányának 221/1999. (XII. 29.) Korm. Rendelete a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatának megállapításáról. 1. számú melléklet a Frekvenciasávok Nemzeti Felosztási Táblázatához.
- [32] John McDonald: A II. világháború nagy csatái. GABO Kft., 1995, ISBN 963 8009 071
- [33] Rajnai Zoltán: A tábori alaphálózat vizsgálata és digitalizálásának lehetőségei egyes NATO-tagországok kommunikációs rendszereinek tükrében. PHD értekezés, ZMNE, Budapest, 2001
- [34] Interop and Standards (iS) magazin, published by THALES Communications, No1, No2, No3. Szám nélkül.
- [35] Radio Communications in the Digital Age, Volume Two: VHF/UHF Technology. Harris Corporation, 1680 University Avenue Rochester, New York 14610 U.S.A. June 2000. (Internetes letöltés: harris.com)
- [36] John Williamson: Getting together, Jane's Military Communications 2000-01, January 2000.
- [37] SPEAKeasy web page. (Internetes letöltés: if.afrl.af.mil /datasheets/Speakeasy)

- [38] Software Radio, a UK Military Perspective. Defence Research Agency UK. (Internetes letöltés: http://www.mmitsforum.org/tech_comm)
- [39] The evolution of untethered communications. National Academy Press, Washington, D.C. 1997. (Internetes letöltés: stills.nap.edu/html/evolution)
- [40] Gordon E. Moore: Cramming more components onto integrated circuits, Electronics pp.117-127, april 1965.
- [41] Dr. Munk Sándor: Helyzetinformációk, a helyzetismeret fogalmi alapjai a katonai vezetésben, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 5. évf. 4. szám; ZMNE, Budapest, 2001, ISSN 1417-7323
- [42] The Stars & Stripes, European edition, Wednesday, June 26, 2002. Sean E. Cobb: Soldiers in Bosnia scour catalogs, PX in search of better two-way radio.
- [43] International Defence Review (IDR) 02/2000. Rupert Pengelley: Battling with tactical Internets. (Internetes letöltés: janes.com/public)
- [44] Journal of Electronic Defense. January 2001 issue. Szám nélkül. Estelle Griton-Saulnier: A Band For All Reasons. Software radios promise to radically redefine battlefield communications.
- [45] Walter Merker: Intranet-basierte taktische Kommunikation WTD 81 Kalvarienberg D-911171 Greding, (E-Mail: waltermerker@bwb.org)
- [46] Gorza Jenő: Információtechnológiai kihívások, fejlesztési stratégia. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2003. 7. évfolyam, 2. szám, ISSN 1417-7323
- [47] SIGNAL Magazine, November 1999. Michelle L. Hankins: International Defense Contractors Formulate Next-Century Standards. Partners create company to meet alliance need for tactical area communication system specifications.
- [48] Capt Tim Johnson: TACOMS Post - 2000 – Communications, Standards for the Land Combat Zone. (Internetes letöltés: dnd.ca)
- [49] Daintry Duffy: Information is a weapon. (Internetes letöltés: infowar.com/mil_c4i)
- [50] CEPT DSI Phase III 862-3400 MHz Conclusions and Recommendations from the Draft DSI report including comments received during the 3rd round of consultations until January 2000. The final DSI workshop, February 2000.
- [51] Úton a XXI: század hadserege felé. A HM kiadványa, 2003. Szám nélkül.
- [52] COTS Journal. 2000-2004. (Internet: cotsjournalonline.com)
- [53] MH Híradó Parancsnokság Távközlési Központ 2004. évi jelentései.
- [54] Dr. Kőszegvári Tibor: Katonai műveletek a nagyvárosokban és a megapoliszokban. Hadtudomány 2001/3.

1. melléklet

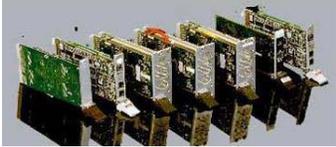
Az értekezésben szereplő harcászati rádiók főbb jellemzői I.

Az MH analóg rádiói				
Típus (gyártó ország)	R-107 (orosz-magyar) háti	R-159 (orosz) háti	R-1260 + töltőegység (magyar)	R-142, R-145 (magyar)
Frekvenciasáv	20-52 MHz 2 sávban	30,00 – 74,995 MHz		A komplexumban 1db R-130
Teljesítmény kimenet	0,5 – 1 W	12 W	0,1 – 0,5 W	RH, 2db R-111 URH, 1db R-123
Moduláció	FM	FM (beszéd és billentyűzés)	FM (beszéd)	URH és 1db R-809 rádió van
Tápellátás	27V savas akkuk (fedélzeti)	2 db 2,4 V NiCd akku	1 db 2,4 V NiCd akku (spec.)	27V savas akkuk (fedélzeti)
Alkalmazási szint	Hadműveleti	Szakasz - század	Szakasz /szakaszok között	Hadműveleti
Időszak	1976-tól komplexumba építve	1980-as évek végétől	1990-es évek elejétől	1978-tól rádió-komplexumként
Kiváltott készülék	-	R-107, R-107T	-	-

Az MH modern mobil-kommunikációs eszközei				
Típus (gyártó cég / ország)	HARRIS RF 5200 (USA)	INMARSAT műholdas terminál	IRIDIUM műholdas kézirádió	MRR (Konsberg / Norvégia)
Frekvenciasáv [MHz]	1,6 - 60	V:1525-1559; A:1625-1660	1610 - 2500	30 - 87,975 MHz (FF és FH)
Teljesítmény kimenet	0,3 - 4 W (50 W t.e. gjmű.)	Kb. 10 W	Kb. 5 W	0,1 W - 0,5 W - 5W (+TE:50W)
Moduláció	F3 (RH - ALE)	n.a.	n.a.	FM analóg, GMSK (EPM)
Beszéd és adatátvitel	Hang: 4,8 kbps adat: 2,4 kbps	Hang:4,8 kbps; adat:2,4kbps	Szolgáltatásfüggő: itt csak hang, (de adat is: 2,4 – 9,6 kbps)	Hang: 16 kbps CVSD adat: 300 bps – 16 kbps
Tápellátás	14,4V NiCd akku	24V tölthető akku	2,4 V Li-ion	14,4 V NiCd és 18V Li-ion
Alkalmazás	Gép- és harcjárműben	Békeműveletek	Békeműveletek	Szakasz-század-zászlóalj
Időszak	1990-es évek közepétől	1990-es évek elejétől	2000-es évek elejétől	Gyártás alatt
Kiváltott készülék	-	-	-	MH URH analóg rádiók

Az értekezésben szereplő harcászati rádiók főbb jellemzői II.

Napjaink jellemző digitális rádiói					
<i>Típus (gyártó ország)</i>		PRC-119 SINCGARS (USA)	RF-5800H (USA) FALCON II	TR-9200 (francia) PR4G háti	SEM-90 (német)
<i>Frekvenciasáv [MHz]</i>		30 - 87,975	1,6 – 59,999 (HF-VHF)	30 - 88	30 – 79,975
<i>Üzem mód</i>		FF, FH, FCS és adat (1996-tól)	FF, FH, FM és AM hang	FF, FH, FCS (adat -16kbps)	FF, FH, (adat – 16kbps)
<i>Teljesítmény kimenet</i>		0,4 - 4 W	1, 5, 20 W	0,5 – 5 W	4 W (40 W telj.er. gjmü.)
<i>Moduláció</i>		J3E, H3E, A1A, J2A, F3E,	FSK, J3E, H3E, A1A, J2A, F3E	F3 (+adatmodem)	FM (+adatmodem)
<i>Tápellátás</i>		14,4V NiCd	26 VDC (20.5 to 32 VDC)	14,4V NiCd és Li-ion	24 V
<i>Időszak</i>		1990-től napjainkig	2004-től	1995-től napjainkig	1990-es évek elejétől napjainkig
<i>Kiváltott készülék</i>		PRC-77	CLANSMAN RH rádiók	n.a.	n.a.

Szoftver-vezérlésű rádiók					
<i>Típus (gyártó)</i>		RF-5800U (Harris) FALCON II	RF-5800V (Harris) FALCON II	M3TR (Rohde & Schwarz)	JTRS modulok (Raytheon)
<i>Frekvenciasáv [MHz]</i>		30-512 (szélessávú)	30-420 (VHF-UHF)	30-512 (szélessávú)	
<i>Üzem mód</i>		FF, FH, DAMA	FF, FH, FM analóg és AM hang	FF, FH, DAMA	JTRS RF modul
<i>Teljesítmény kimenet</i>		1-10 (20) W	10W (20W)	1-10 W (20W)	JTRS A/D – D/A modul
<i>Moduláció</i>		FSK, J3E, H3E, A1A, J2A, F3E + UHF SATCOM: BPSK	FSK, J3E, H3E, A1A, J2A, F3E	J3E, F3E, A3E, B7E, F1B, J2A, F1D, F1B, A3E, H3E	JTRS SDSP modul
<i>Adatátvitel</i>	<i>Aszinkron (bps)</i>	75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2k, 38.4k, 57.6k, 115.2k	ASK/FSK 16 k CVSD hang ASK/FSK 16 k adat 75 - 115k (RS-232C; RS-422)	HF: 5400 VHF: 6400-tól	JTRS modem modul
	<i>Szinkron (bps)</i>	300, 600, 1200, 2400, 12k, 16k		[EPM: HQ I,II, SATURN, SECOS]	JTRS biztonsági adapter
<i>Tápellátás</i>		26 V Li-ion és NiCd akku	26 VDC (20.5 to 32 VDC)	10-33 V NiCd, Li-Ion, LiSO	JTRS befogadó adapter
<i>Alkalmazás</i>		US Speciális Erők	n.a.	n.a.	JTRS nem CORBA alkalmazások modul
					A jövő JTRS rendszereiben

Az értekezésben szereplő harcászati rádiók főbb jellemzői III.

Napjaink kézirádiói				
Típus (gyártó)	TR-9100 (Thales) PR4G kézi	PRC-148 (Thales) MBITR kézi	ICOM IC4a (ICOM) kézi	Garmin Rino (Garmin Co.) kézi
Frekvenciasáv [MHz]	30-88	30-512 (többsávós)	467	467
Üzem mód	FF, FH, FCS	Hang/adat (külső GPS)	FM csak hang	FM és GPS vevő + térképek
Teljesítmény kimenet	0,1 – 1 W	0,1 - 5,0 W	0,1 – 2 W	(peer-to-peer) 200mW
Moduláció	F3	AM és FM (szoftveres beáll.)	FM	FRS és GMRS csatornák
Tápellátás	NiCad és Li-ion akku	Li-ion akku	8 db (!) AA méretű elem	3 db AA elem v. Li-ion akku
Időszak	1995-től napjainkig	1998-tól napjainkig	1998-tól napjainkig COTS	2000-től napjainkig COTS

Napjaink speciális készülékei, rendszerei				
Típus (gyártó)	EPLRS (Raytheon) adatrádió	Mercury Pionair (ITT) adatrádió	PR4G (Thales) Fastnet	Azonosító rendszer (Raytheon)
Frekvenciasáv [MHz]	225 – 450 MHz	225 - 450 MHz	30-88 MHz	38 GHz
Adatátvitel	sz., szd.szint: 1,2 – 4-8 kbps; z. szint: 16 – 28 kbps; dd. szint: 105 kbps;	288 kbps, hálózatban 2 Mbps csatorna sávszélesség: széles 4MHz; keskeny 500kHz; (dandár szinten 35 db rádió harcászati internethez)	Aszinkron pont-pont 64kbps, TCP/IP (FH több mint 300 hop/sec) (integrált hang és adatátvitel)	n.a. (BCIS kérdező és válaszoló rendszer)
Moduláció	n.a.	n.a. (ETHERNET, ATM stb. csatl.)	n.a. (GPS, Ethernet 10T csatl. is)	n.a.
Tápellátás	28V AC	28V AC	14,4 V Li-ion akku	28V AC
Alkalmazás	harcászati internet gerinchálózat	multimédia kommunikáció	harcászati internetben	Gép- és harcjárműveken

2. melléklet

NATO Link-1gyakorlati alkalmazások

Nemzet	Rendszer neve	Harcászati vezérlés helye	Adatkapcsolat típusa
Belgium	NATO légvédelem földi környezet	Szektor műveleti központ	n.a.
Franciaország	Védelmi információkezelő és megjelenítő rendszer ⁶⁴	AWACS	NATO Link-1; NATO Link-11; AEGIS
Németország	Német légvédelem földi környezet	Szektor műveleti központ	NATO Link-1; NATO Link-11; AEGIS
Izland	Izlandi légvédelmi rendszer	Szektor műveleti központ	NATO Link-1; NATO Link-11
Olaszország	Pont légvédelem rendszere		NATO Link-1; NATO Link-11
Olaszország (Vicenza)	-	USAFE-CAOC	TADIL-A, B, C, ATDL-1, FDL
Norvégia	NATO légvédelem földi környezet	Szektor műveleti központ	n.a. . (valószínűleg NATO Link-1)
Hollandia	-	Szektor műveleti központ	NATO Link-1; NATO Link-11
Portugália	Portugál légi vezetési-irányítási rendszer	Szektor műveleti központ	n.a. (valószínűleg NATO Link-1)
Spanyolország	Spanyol légvédelmi rendszer	Szektor műveleti központ	n.a. . (valószínűleg NATO Link-1)
Egyesült Királyság	Angol légvédelem földi környezet	Szektor műveleti központ	NATO Link-1; Link-11; Link-16; UK AEGIS
Egyesült Államok ⁶⁵	Összhaderőnemi harcászati légi műveletek	USAF-AOC USAF-CRC/CRE USMC-TACC USMC-TAOC USN ship shore	TADIL-A, B, NATO Link-1 TADIL-A, B, C, ATDL-1, NATO Link-1 TADIL-A, B, NATO Link-1 TADIL-A, B, C, NATO Link-1 TADIL-A, NATO Link-1

Forrás: TADIL J. Introduction to Tactical Digital Link J and quick reference guide. June 2000. (Internet: Doctrine Digital Library at www.adtdl.army.mil)

⁶⁴ A francia és angol rendszer nem képezi részét az összefüggő légvédelemnek, de egységei ugyancsak vezérelhetők a NATO által (az esetleges védelmi riadó meghatározott szintjétől), és a Vicenzába telepített amerikai légierő vezérlése is önálló egységet képez.

⁶⁵ Az USA haderejében az összhaderőnemi harcászati légi műveletekben használatos adatkapcsolatok a légierő műveletirányítási központjaiból (USAF-AOC, CRC/CRE), a tengerészgyalogság harcászati műveleti központjaiból (USMC-TACC,TAOC) és a haditengerészet cirkálóiról (USN ship shore) biztosítottak.

3. melléklet

Az objektum-orientált technológia és a CORBA

Az objektum-orientált technológia az elmúlt évtizedben az informatika egyik legjelentősebb területévé nőtte ki magát. Objektum-orientált módszereket alkalmaznak az üzleti életben, a hardver- és szoftverfejlesztéseknél, a különféle alkalmazásokban. A számítógépes alkalmazások alapvető jellemzője a heterogenitás, hiszen az alkalmazásokat különböző körülmények között, különböző nyelveken, különböző hardver- és szoftverplatformokon fejlesztik. Ugyanakkor természetes az igény, hogy a különböző alkalmazások elérhessék egymás információit, közösen használhassanak komplex adatszerkezeteket, hivatkozhatnak egymás szolgáltatásaira. A nyílt rendszerek és az objektum-orientált technológia ehhez nyújt lehetőségeket. Az objektum-orientált rendszerekben az egyes számítógépeken különféle objektumok vannak installálva, amelyek úgy tudnak igazán hatékonyan működni, ha egymás műveleteit hívni tudják. Ennek az architektúrának az alapja a kérés közvetítő felépítés (Object Request Broker, ORB), amely az objektumok közötti üzenetváltásokat (művelethívásokat) bonyolítja.

A CORBA az Objektumkezelő Csoport⁶⁶ egyik technológiai ajánlása, objektumok egymás közötti kommunikációjának szabályait rögzítő szabvány. A rövidítés jelentése Common Object Request Broker Architecture, azaz közös kérés közvetítő architektúra. A CORBA egy egységes csatolófelület szemantikai definiálásán keresztül teszi lehetővé a különböző nyelveken és eszközökkel készült szoftverkomponensek egymáshoz csatlakoztatását.

Lényeges, hogy egy elosztott rendszerben minden alkalmazás és szolgáltatás objektumnak tekinthető. Az objektumok a következő kategóriákba sorolhatók:

- Objektum szolgáltatások (object services): biztosítják az objektumok létrehozásához és kezeléséhez szükséges alapvető szolgáltatásokat;
- Általános eszközök (common facilities): bármely alkalmazásban használhatók;
- Alkalmazás objektumok (application objects): az egyedi alkalmazások objektumai.

A CORBA számos közös hálózati programozási feladatot automatizál, többek között az objektum-regisztrálást, elhelyezést, aktiválást, a kérések lebontását, illesztését és a hibakezelést, a paraméterek rendezését, a műveletek szervezését.

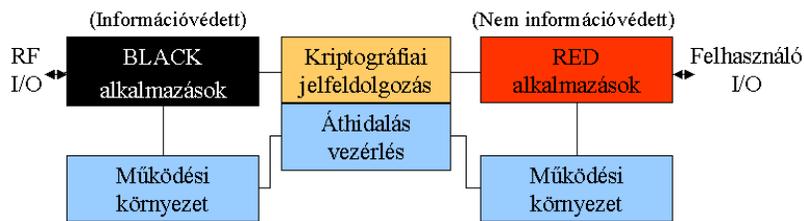
Forrás: <http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/corba.html>

⁶⁶ Az objektumorientált szabványok hiánya hívta életre 1989-ben azt a szervezetet, melynek neve Objektumkezelő Csoport (Object Management Group, OMG). Alapító tagjai ismert számítógépes cégek voltak (IBM, ICL, DEC, SunSoft, BNR Europe, Expersoft, Iona Technologies, Novell, HyperDesk, NCR, Hewlett-Packard, Object Design). Jelenleg már több mint 800 tagja van a kis és nagy hardver- és szoftvercégektől a bankokon, a telekommunikációs társaságokon át az ipari vállalatokig.

4. melléklet

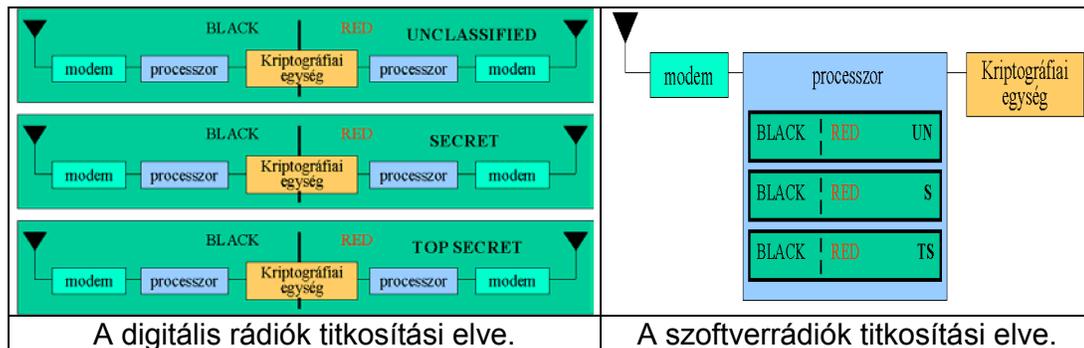
Digitális és szoftverrádiók titkosítási elve

A modern digitális rádiók titkosítása (is) a BLACK és a RED⁶⁷ alkalmazások elkülönített kriptográfiai jelfeldolgozásán alapul. A BLACK oldali alkalmazások a rádió bemeneti egysége felől érkező, információvédett jeleket jelentik, amelyek érthetővé tétele dekódolást igényel, míg a felhasználó felőli alkalmazói információk (beszéd, szöveges karakterek, rajzok, stb.) a RED oldalt képezik, amelyek még nem információvédettek, de a jelkiszugárzás előtt majd kriptográfiai jelfeldolgozáson esnek át. A nyílt információk közvetlenül kerülhetnek a működési környezet jelfeldolgozó hardverelemeihez, a kriptográfiai egység kihagyásával, a rádió előlapjáról szabályozható áthidalás vezérlésével.



A digitális rádiók titkosításának felépítése.

A digitális rádiók titkosításának fizikai kialakítása a BLACK és RED oldalú elkülönítésben diszkrét elemekből felépített, a különböző titkosítási szinteknek megfelelő alrendszerek kerültek kialakításra. A különböző titkosítási szinteket megvalósító zárt egységek önálló jelfeldolgozó processzorokat tartalmaznak, amelyek száma jelentősen növelheti a rádió költségét.



A digitális rádiók titkosítási elve.

A szoftverrádiók titkosítási elve.

A szoftverrádiókban már a többszörös független szintű titkosítás (Multiple Independent Levels of Security, MILS) elvét követik, amely csak egy processzor használatát eredményezi, és ennek a többfunkciós kialakítása teljes védelmet nyújt a közös környezetben üzemelő hardvernek és szoftvernek a titkosítási particionálás⁶⁸ formájában.

Forrás: Meeting Security Requirements in Software Defined Radios. COTS journal, 2004. február.

⁶⁷ Az információvédelmi szakirodalomban a két oldal megnevezése nem kerül lefordításra.

⁶⁸ A titkosítási particionálás lehetővé teszi a processzor megosztását, de logikailag elkülöníti az egyes titkosítási szintek erőforrásait a hozzájuk tartozó memóriablokkokkal együtt.

5. melléklet

Az információs csatornák többszörös hozzáférései

Számos vezeték nélküli hálózatban a felhasználók ugyanazt a sávszélességet használják a beszéd- és adatszolgáltatáshoz, így szükségessé vált, hogy olyan protokollokat hozzanak létre, amelyekkel megsokszorozható a közös csatornához való hozzáférés. A csatornához történő többszörös hozzáférés (egy kommunikációs csatorna erőforrás elosztása) napjainkban háromféle módszerrel válik lehetővé: az állandó kiterjesztésű (*Fixed-Allocation Multiple Access, FAMA*), a kijelölt szükségletű (*Demand-Assigned Multiple Access, DAMA*), és a véletlenszerű többszörös hozzáférés (*Random-Allocation Multiple Access, RAMA*) formájában. Mindhárom módszernél alkalmazhatók az alap hozzáférési technikák, a frekvencia (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*), idő (*Time Division Multiple Access, TDMA*) és kódosztásos többszörös hozzáférési eljárások (*Code Division Multiple Access, CDMA*).

Állandó kiterjesztésű többszörös hozzáférés (FAMA)

Az állandó kiterjesztésű többszörös hozzáférési módszer *folyamatos csatorna felajánlást* biztosít a felhasználóknak, ugyanazon frekvenciájú rádiócsatorna elosztása formájában. Az FDMA alkalmazása során a teljes sávszélesség szét van osztva a különböző felhasználók között, viszont a TDMA alkalmazása során a különböző felhasználók ortogonális időrésekben kapnak csatorna hozzáférést. A kódosztásos többszörös hozzáférés (CDMA) során időben és sávszélességben (frekvenciában) folyamatosan használják a rendszert a különböző felhasználók, de mindezt szórt spektrumú jelekkel vagy kódokkal elkülönítve. Általában az FDMA a legegyszerűbb csatorna hozzáférési technika, míg a TDMA már jóval összetettebb: időszinkronizálásra is szükség van a felhasználók között. A legbonyolultabb eljárás a CDMA, mivel itt kódszinkronizációt kell végrehajtani, és ez igen bonyolult matematikai számításokon és technikai megvalósításon alapul.

Kijelölt szükségletű többszörös hozzáférés (DAMA)

A hálózati csatorna hozzáféréseinek rugalmasságát biztosítja ez a típusú módszer, különösen a távoli terminálok csatlakozásánál, így alapvetően a műholdas rendszerekben alkalmazzák. Az ilyen rendszerekben egy közös jelzescsatorna biztosítja a hozzáféréskérés megvalósítását. A kijelölt szükségletű többszörös hozzáférés módszere igen hasznos a meglehetősen egyenletes forgalmú rendszereknél, ahol a csatornához való hozzáférésnek igen kicsi az esélye. Ugyanakkor két akadállyal is szembe kell nézni. Az egyik a késleltetési idő, amely az átviteli út hosszából ered (ez akár több tízezer kilométer is lehet a műholdas viszonylatokon), és amely gondot jelenthet a rövid párbeszéd jellegű információcserénél. A másik probléma, hogy a jelzőcsatornán továbbítandó átvitelkérés nem lehetséges, amikor a hálózat túlterhelt (mivel a transzmitter nem képes kapcsolatba lépni az elosztó állomással).

Véletlenszerű hozzáférés (RAMA)

Amikor széles adatátviteli sebességhatárok között mozgó hálózati szolgáltatások vannak jelen egy rendszeren, vagy olyan rövid üzenetek átjuttatása a cél, amelyek hossza megegyezik a hozzáférési protokoll keretfejrész hosszával, a DAMA módszer nem alkalmazható a hatékony csatorna hozzáférésre. Ebben az esetben az olyan szabad csatlakozású protokollok kerülnek alkalmazásra, mint a véletlenszerű hozzáférésű CDMA, vagy az ALOHA. A véletlenszerű szórtspektrumú kódosztásos többszörös hozzáféréshez (CDMA – Spread Spectrum) olyan összetett rádióvevőkre van szükség, amelyek képesek demodulálni az összes lehetséges szórtspektrumú kódot. Az ilyen berendezések léteznek ugyan, de ma még igen költségesek. Az ALOHA típusú véletlenszerű hozzáférésnél a csatornák adatcsomagjai mindegyik terminálnál kialakíthatók, és egy közös csatornán kerülnek átjuttatásra az elosztó állomásra (hub); a különböző felhasználóknak így nem kell még külön a szinkronizálásra is várni. Ez a technika nagy megbízhatóságú a közepes hálózati forgalomnál, de az egyes felhasználók adatcsomagjai közötti összeütközés valószínűsége egyenes arányban növekszik a forgalom növekedésével.

A hagyományos ALOHA módszer egy keskenysávú technológia. A földfelszíni vezeték nélküli hálózatokban az ALOHA csatornákon ritkán van nagyobb sebességű üzenet forgalom 10-20 kbps-nél, de a műholdas rendszereken is maximum 56 kbps jelsebesség a jellemző. Bár az ALOHA módszernél alkalmazható a TDMA eljárás, ez csak erőltetett megoldást tesz lehetővé, mivel az időrések behatárolják az amúgy is keskenysávú csatorna működését. A jelenlegi fejlesztések között is szereplő szórt spektrumú ALOHA csatorna hozzáférési mód, - amely az ALOHA módszer és a szórt spektrumú átvitel kombinálása -, viszont több előnnyel kecsegtet, különösen a nagysebességű alkalmazásokban.

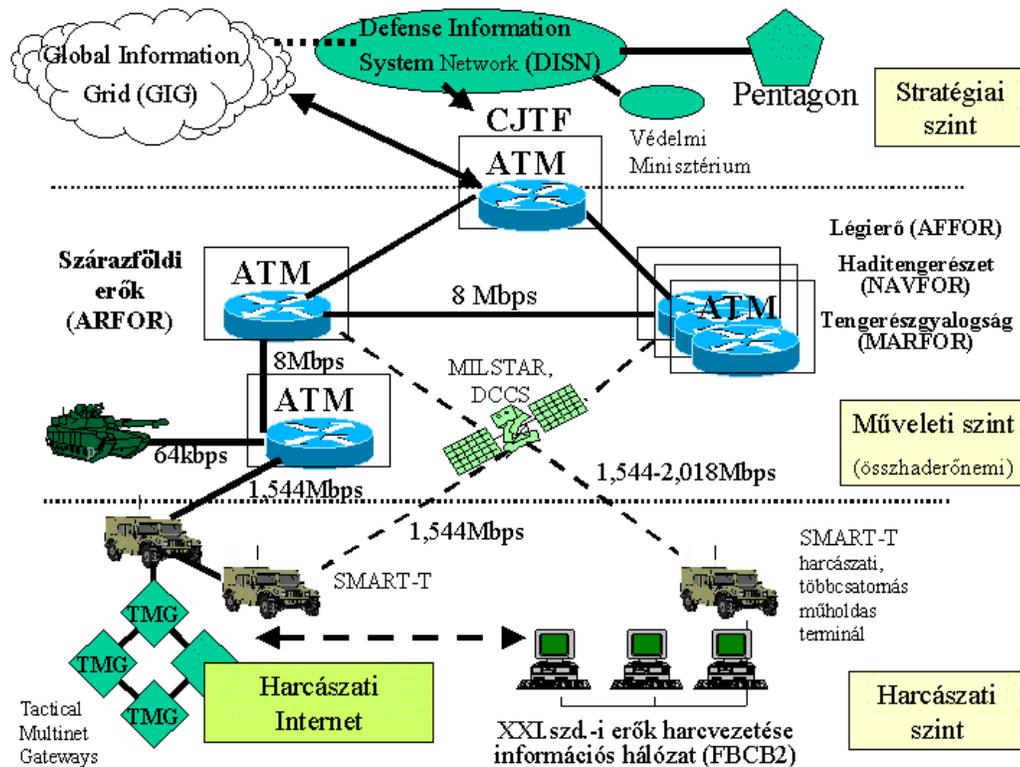
Forrás: Committee on Evolution of Untethered Communications.
Computer Science and Telecommunications Board Commission on Physical Sciences,
Mathematics, and Applications, National Research Council.
National Academy Press, Washington, D.C. 1997.
(Internetes letöltés: <http://stills.nap.edu/html/evolution.html>)

6. melléklet

A harcos információs hálózata

Az USA haderejében – többek között az „esernyő koncepciónak” is nevezett Force XXI. Operations (TRADOC Pam 525-5, 1 Aug 94), az Army Operations felülvizsgálat (FM 100-5, Jun 93), és a Warfighter Information Network koncepció (draft, Jan 97) hatására –, egy olyan kommunikációs rendszer alapjait alkották meg, amely a Pentagon és a Védelmi Minisztérium vezetését hivatott megvalósítani, kapcsolódva a Világméretű Információs Hálózathoz (Global Information Grid), illetve a művelet-végrehajtói szintekhez. Ez a harcos információs hálózata (Warfighter Information Network, WIN). A WIN szegmense a harcászati szint egyik információs hálózata: a harcászati internet.

A legmodernebb kapcsolástechnikával (ATM, ISDN) megalkotott hálózatban, TDMA és CDMA cellás technológiák alkalmazásával biztosított a magasabb szintű harcászati helyzetismeret kialakítása, amely kiegészül a harctéri videokonferencia (Battlefield Video Teleconference, BVTC) lehetőségével is.



A Warfighter Information Network (WIN) felépítése.

Forrás: Warfighter Information Network

(Internetes letöltés: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/win.htm>)

7. melléklet

A vezeték nélküli LAN-hálózat

A mai korszerű kommunikáció két fontos fejlődési irányzata a hálózati kapcsolat és a mobilitás. Ami az előbbit illeti, a legkisebb, úgynevezett pikohálózatoktól egészen a globális Internet hálózatig sok példája látható ennek a trendnek. Ugyanígy a mobilitásra a GSM rendszer sikerétől kezdve a palmtopokig sok, eltérő tulajdonsággal jellemezhető mobil eszköz áll rendelkezésre. Az igazi kényelmet azonban a két trend együttes hatása, a hálózati mobilitás adja. Ennek egyik gyorsan fejlődő szegmense a vezeték nélküli LAN hálózat (WLAN). [1]

1997-ben jelent meg az IEEE 802.11, majd 1999-ben a továbbfejlesztett IEEE 802.11b szabvány. Az IEEE 802.11 szabvány alapvetően két eszközt definiál. Az egyik a vezeték nélküli állomás (wireless station), ami a leggyakrabban egy vezeték nélküli hálózati interfészkartyával kiegészített hordozható vagy asztali számítógép. A másik elem a hozzáférési pont (access point), amely a vezetékes LAN hálózathoz vagy más hálózathoz csatlakozik és a vezeték nélküli állomásokkal kommunikál. A vezetékes oldalon ennek megfelelően egy LAN interfésszel (pl. egy 802.3 Ethernettel), a vezeték nélküli oldalon pedig a 802.11-ben definiált három fizikai átvitel közül valamelyikkel rendelkezik. A három átviteli módból kettő rádiófrekvenciákkal, míg a harmadik infravörös átvittel dolgozik.

A 802.11 a rádiófrekvenciás kapcsolatot két olyan sávban valósítja meg, amelyeket a világ szinte összes hatósági szabadon tartanak és ebben a sávban nem szükséges engedély a kommunikációs eszközök működtetéséhez. Az egyik ilyen sáv a 902 – 928 MHz-es tartományban, míg a másik a 2,4 – 2,483 GHz-es tartományban helyezkedik el. A sok felhasználó miatt ebben a sávban nincs biztosíték a zavartalan kommunikációra – a hagyományos rádiókapcsolat nem működőképes –, ezért a szabvány kidolgozói két szórt spektrumú rendszert specifikáltak a hozzáférési pont és a vezeték nélküli állomás közötti kapcsolatra. Az egyik a frekvenciaugratásos, szórt spektrumú (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), a másik a közvetlen sorrendű, szórt spektrumú (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) technika. Az FHSS technika maximálisan 2 Mbps átvitelt tesz lehetővé, a DSSS-technika azonban nagyobb átviteli sebességet is: ezt használja ki a 802.11b szabvány, mely 5,5 Mbps és 11 Mbps átvitelt is lehetővé tesz a DSSS technikával.

A sebesség növelése, a nagyobb sáv szélesség azonban további erőfeszítésekre készíteti mind az amerikai, mind az európai szabványosítási csoportokat. Ennek a munkának az eredményeként dolgozta ki az európai ETSI a HiperLAN (High Performance Radio LAN) névre hallgató WLAN szabványt, amely 20 Mbps sebességű hozzáférést tesz lehetővé az 5,15 - 5,3 GHz-es sávban. A sebesség növeléséhez új sávot kellett keresni, mert a 2,4 GHz-es sávban nem lehetett szélesebb sávot definiálni WLAN célokra.

Ugyancsak az 5 GHz-es sávban, de újabb kódolási technikát bevezetve született meg a HiperLAN/2 szabvány az ETSI-ben, amely már 54 Mbps átviteli sebességre képes. Ez a szabvány az ortogonális frekvenciaosztásos multiplexelés (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) kódolással dolgozik. Az átviteli elv lényege, hogy a nagy sebességű jelfolyamot több kisebb sebességű jelfolyamra bontja, és ezeket ortogonális vivőfrekvenciákra ülteti, majd összegzi. Az ortogonalitás miatt a vevőoldal az egyes összegzett jeleket szét tudja választani, és a kapott kisebb sebességű jelfolyamokat összeeresztve előáll az eredeti 54 Mbps-os jelfolyam. Lényegében ugyanezt a technikát használja az IEEE által a HiperLAN/2-vel párhuzamosan kidolgozott IEEE 802.11a szabvány is.

Alkalmazások

A WLAN technikát eredetileg arra fejlesztették ki, hogy a meglévő vezetékes LAN hálózatok bővítéseként megjelenhessen néhány újabb kliens a strukturált kábelezés további bővítése nélkül. Ezzel persze a hordozhatóság kritériuma is teljesült, ha a hozzáférési pontok helye és frekvenciasávja megfelelően lett kiválasztva a telepítésnél. Teljes értékű WLAN hálózatok építhetők ki órák alatt egy konferenciát szervező szállodában, egyetemi campusban, műveletirányítási központban vagy akár a szabad ég alatti katonai felhasználásokra. Az Internet hozzáférés mindennaposá válása további igényt hozott a felszínre: megjelentek a forgalmasabb épületeket, repülőtereket, konferencia-központokat lefedő nyilvános WLAN rendszerek, melyek elsődleges feladata a világhálóhoz való hozzáférés nyújtása a várakozók számára. Természetesen ekkor már fokozottan jelentkeznek a hozzáférési jogosultság kérdései: a megoldást be kell illeszteni a szolgáltatások körébe. Ezzel együtt a technológiának létjogosultsága van katonai alkalmazásokban is, különösen a magasabb frekvenciákra történő kiterjesztések eredményességével.

WLAN szabványok	Adatátviteli sebesség [Mbps]	Gyakorlati hatótáv [m]	Topológia (eszközök maximális száma)
IEEE 802.15.1 (Bluetooth)	0,72 (gyakorlati)	100	Pont-többpont (8)
IEEE 802.11 és 11b	5 - 7	100	Pont-többpont (128)
IEEE 802.11g	10 - 11	100	Pont-többpont (128)
IEEE 802.11a	31 (gyakorlati)	50	Pont-többpont (128)
HiperLAN/2	34 (gyakorlati)	150	Pont-többpont (128)
Ultra Wide Band	60 (gyakorlati)	600	Pont-többpont (128)
60 GHz	10 – 40 (gyakorlati)	2 – 3 km	Pont-többpont (128)

WLAN szabványok összehasonlítása. (Forrás: [2] és [3])

A fenti táblázatban a hálózati topológia kialakítási lehetőségeinél a pont – pont összeköttetés alapkövetelmény, így ez nem került feltüntetésre.

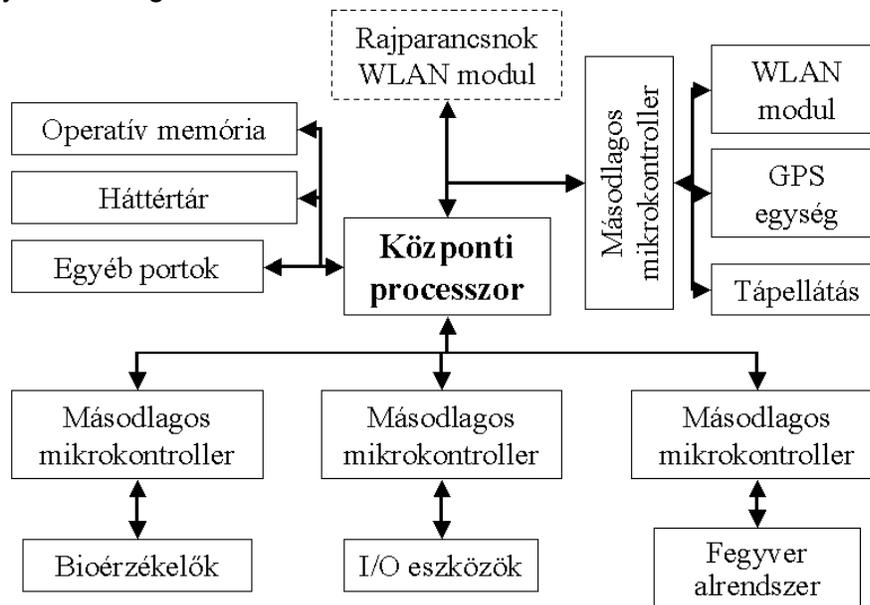
Annak ellenére, hogy az eddig felsorolt WLAN megoldások sebességüket tekintve az alapvető hang-, adat-, és video jeltovábbítási kívánalmakat többé-kevésbé kielégítik, a multimédiás alkalmazásokra jellemző minőségi szolgáltatá-

sokat (Quality of Services, QoS) nem támogatják. Napjainkban még nem létezik olyan átfogó vezeték nélküli kommunikációs technológia, amely egyidejűleg képes lenne kielégíteni

- A (viszonylag) nagy távolságú közvetlen összeköttetést;
- A nagy sebességű (legalább 1 Mbps) adatátvitelt;
- A multimédiás QoS támogatást;
- A kis méret és hordozhatóság együttes követelményeit.

Ugyanakkor célszerű figyelembe venni, hogy a katonai alkalmazásra kifejlesztett szoftverrendszer még hiányzik, és nem megoldott a miniatürizálási és tápellátási probléma sem. [3]

Egy lehetséges WLAN személyi rendszer katonai alkalmazásának elvi kialakítása figyelhető meg a következő ábrán.



WLAN katonai alkalmazásának elvi elgondolása. (Forrás: [3])

Források:

[1] A WLAN rendszerek elvi alapjai. (Internetes letöltés:: ELEKTRONet Online)

[2] Major Ulf Hassgård: The lowest echelon in Network Centric Warfare. National Defence College master's thesis. Swedish National Defence College Stockholm, Sweden, 2002-12-03

[3] Fekete Károly: A hálózatos harcos katona újszerű személyi kommunikációs rendszere. Új Honvédségi Szemle, 2002. december, 84-99. old. ISSN 1216-7436

8. melléklet

Egyes NATO-tagországok integrált személyi rendszerei

Rendszer-név	Vezetés és irányítás	Kommunikációs rendszer	Fegyverzeti és szenzor rendszer	Navigáció	Egyéb
USA Objective Warrior vagy Land Warrior	Fejlett helyzetismeret és megítélés; Mozgás közbeni tervezés;	Robosztus kommunikáció kifejezetten a kis alegységek (teamek) részére; Adathozzáférés más erők részére is;	Könnyített fegyverek fejlett, szinkronizált, közvetlen és közvetett tűzvezérléssel városharcra optimalizálva; Harcászati felderítési adatgyűjtés; Szenzorinformációk fúziója és megosztása	GPS	Fejlett kiképzés, fejlett védelmi képességű ruházat
Nagy Britannia Future Integrated Soldier (FIST)	Információs rendszer a parancsnoki alrendszeren (BOWMAN rendszer)	Hang és adatkommunikáció (BOWMAN rendszer digitális rádiói)	Fegyver, lőszer és tűzszabályozó rendszer; Fegyverre szerelt felderítési és célmegjelölő funkciók (pl.: hőkép és szenzor távirányítás)	GPS	Hordozható tápegységek, akkutöltő, stb. Fejlett védelmi képességű ruházat
Franciaország Fantassin à Équipements et Liaisons Intégrés (FELIN)	Információs rendszer és harcászati helyzetismeret kialakítása	A személyi kommunikáció csatlakozik a megfigyelési és IFF rendszerhez	Fegyverre szerelt pontlézeres célazonosítás és éjjellátó készülék	GPS	Fejlett, könnyített sisak és testfelület védő ruházat;
Németország Infanterist der Zukunft (Idz)	Információs rendszer és harcászati helyzetismeret kialakítása	Szakaszrádiók vizuális és akusztikai kiegészítéssel; IFF rendszer	Lézeres célmegjelölés és távolságmérés; digitális iránytű	GPS	Fejlett, NBC ellen védő ruházat és csökkentett felszerelés
Hollandia Katonai Modernizációs Program	Információs rendszer és harcászati helyzetismeret	Körzeten belüli híradás	Sisakra épített kijelző; többfunkciós éjjellátó; integrált személyi fegyver	GPS	Integrált hatásoknak ellenálló ruházat
Spanyolország Combatiente Futuro	Vezetési irányítási eljárások	Körzeten belüli híradás	Integrált fegyverzeti és szenzor rendszer; éjjellátó szemüveg	GPS	NBC védelemmel bíró felszerelés

Forrás: Major Ulf Hassgård: Network Centric Warfare on soldier level.
Swedish National Defence College Master's thesis, Stockholm, Sweden, 03-12-2002.

Szenzorrendszerek a harcmezőn

Alaphelyzetben a telepített szenzorok nyugalmi állapotban vannak, nagyon kis áramfelvétellel kímélve a véges kapacitású akkumulátorokat. Amikor valamilyen céltárgy hatol be az érzékelési területre, a szenzorok érzékelik a környezeti változást, és a különböző specifikumok (szeizmikus/akusztikus rezgések, hő-, és/vagy mágneses impulzusok) hatására az érzékelők életre kelnek. Az egyes szenzor elemek azonosítják a célt (legyen az személy, kerekes- vagy lánctalpas jármű), rövid üzenetet generálnak a behatolóról és elküldik azt a rádió-ismétlőre, amely továbbítja az információ feldolgozás helyére. A rádió-ismétlő által folyamatosan továbbított jelzések alapján meghatározható a megfigyelt cél osztályozása, haladási irányvonala.

A REMBASS rendszer

Az amerikai haderőben rendszeresített távszabályzott harcmező figyelő szenzorrendszer (Remotely Monitorer Battlefield Sensor System, REMBASS) [1] passzív szenzorokból áll, amelyek a telepítés után 30 napig működőképesek. A REMBASS egy földfelszíni, éjjel-nappal és minden időjárási viszony között használható felderítési, célmeghatározó és riasztási rendszer. A meteorológiai szenzoroknak köszönhetően időjárás előrejelzésre is képes, a melléklet bevezetőjében leírt alapfunkciók ellátása mellett.

Az I-REMBASS rendszer

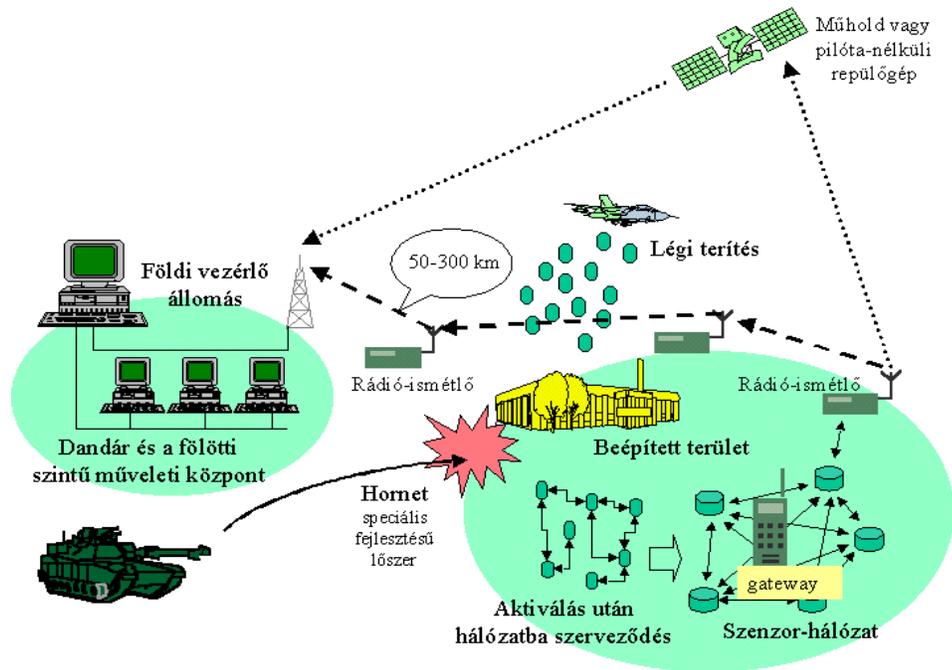
A továbbfejlesztett REMBASS (Improved REMBASS, I-REMBASS) [2] rendszer az előző szenzorhálózat előretervezett termékfejlesztése (Preplanned Product Improve, P3I). Megtartva a REMBASS szenzorrendszer előnyeit, automatizálási funkciók kerültek kialakításra, WINDOWS alapú grafikus felületen futó szoftveres vezérlési lehetőséggel.

Az I-REMBASS rendszert elsősorban az amerikai Speciális Erőknél használják mélységi felderítő műveletekben, illetve alacsony intenzitású konfliktusokban, és a drogellenes műveletekben. Érzékelési hatótávolságok:

- Személy: 3 - 50m;
- Kerekes jármű: 15 - 250m;
- Lánctalpas jármű: 25 - 350m.

RAPTOR Intelligens Harcászati (előretolt) Megfigyelőállás

A RAPTOR intelligens harcászati megfigyelőállás (Raptor Intelligent Combat Outpost) légi telepítésű szenzorokból, mesterséges intelligencián alapuló gateway-ekből, a földi vezérlő állomásból, valamint a speciálisan fejlesztett Hornet lövedékből áll. Ez utóbbi a parancsnok elhatározásán alapulva kerülhet bevetésre.



A RAPTOR rendszer telepítése és működése.

A RAPTOR rendszert a földi vezérlő állomás aktivizálja az alaphelyzetben kikapcsolt állapotú szenzorok üzembe helyezése által, ekkor a légi terítésű „szenzorbombák” vagy a tüzérségi lövedékek felrobbannak, beterítik a célterületet és hálózatba szerveződnek. Amikor céltárgy kerül a megfigyelt területre, a szenzorok érzékelik annak mozgását, és a gateway-eken keresztül jeleket küldenek a vezérlő központba, ahol beazonosítják a személyt vagy a járművet.

A CLASSIC 2000 szenzorrendszer

Az európai kontinensen a legtöbb fejlett NATO haderőben a betolakodó osztályú helyi területlefedő szenzorrendszert (Covert Local Area Sensor System for Intruder Classification, CLASSIC2000) használják felderítési információk gyűjtésére, illetve terepszakaszok folyamatos megfigyelésére. Itt is szeizmikus, infravörös és mágneses szenzorok alkotják a rendszert, amely kiegészül egy monitor egységgel. Rövid üzenetek formájában kerülnek továbbításra az érzékelési információk, amelyek URH harcászati rádiókra vagy akár GSM hálózatra is elküldhetők. A szenzorok és a monitor a 148 – 155 MHz frekvenciasávban üzemelnek.

Források:

- [1] AN/GSQ-187 Remote Battlefield Sensor System (REMBASS)
AN/GSQ-187 Improved Remote Battlefield Sensor System (I-REMBASS)
(Internetes letöltés: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/rembass.htm>)
- [2] Raptor Intelligent Combat Outpost
(Internetes letöltés: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/raptor.htm>)
- [3] CLASSIC 2000, Remote Ground Sensor System. A THALES Defence Communications cég rendszerismertetője.

10. melléklet

TETRA alkalmazások Európában

Ország	Felhasználó	Alkalmazás	Helyzet
Ausztria	Walky Talky Telecom	PAMR	Üzemel
Belgium	Dolphin (távközlés)	PAMR	Szerződés
Horvátország	Belügyminisztérium	PMR (készenléti)	Szerződés
Horvátország	Nemzeti Elektromos Hálózat	PMR (hálózatfelügyelet és hibaelhárítás)	Üzemel
Horvátország	Rendőrség	PMR (készenléti)	Szerződés
Csehország	Prága Önkormányzata	PMR (tömegközlekedés)	Szerződés
Dánia	Metró	PMR (utasszállítás)	Szerződés
Finnország	Belügyminisztérium	PMR (készenléti)	Üzemel
Finnország	Energiaügyi Minisztérium	PMR (energia ellátás, monitorozás és hibajavítás)	Üzemel
Németország	Bonni repülőtér	PMR (reptéri komm.)	Szerződés
Németország	Dolphin	PAMR	Üzemel
Németország	Német Államrendőrség	PMR (készenléti)	Pilot
Gibraltár	Védelmi Minisztérium	PMR (védelmi)	Szerződés
Görögország	Görög légi közlekedés	PMR (reptéri komm.)	Szerződés
Görögország	Katasztrófa-elhárítás	PAMR	Szerződés
Hollandia	Belügyminisztérium	PMR (készenléti/katonai)	Szerződés
Magyarország	Belügyminisztérium	PMR (készenléti)	Üzemel (?)
Izland	Reykjavik Önkorm.	PMR (készenléti)	Szerződés
Olaszország	Rendőrség	PMR (rendőrségi)	Szerződés
Jersey sziget	Rendőrség	PMR (készenléti)	Üzemel
Luxembourg	Dolphin	PAMR	Szerződés
Málta	Kormányzati	PMR (készenléti)	Szerződés
Norvégia	Kormányzati	PMR (készenléti)	Szerződés
Norvégia	Oslo Önkormányzata	PMR (reptéri komm.)	Üzemel
Lengyelország	Varsói rendőrség	PMR (készenléti)	Szerződés
Portugália	CARRIS cég	PMR (szállítás)	Szerződés
Oroszország	Szentpétervári Metró	PMR (utasszállítás)	Üzemel
Spanyolország	Telefónica Móviles	PAMR	Üzemel
Spanyolország	Baszk kormány	PMR (készenléti)	Szerződés
Svédország	Helyi kormányzati	PMR (saját célú)	Üzemel
Nagy Britannia	PRSCP	PMR (készenléti)	Szerződés
Nagy Britannia	Londoni földalatti	PMR (utasszállítás)	Szerződés
Nagy Britannia	PRSCP	PMR (készenléti)	Pilot
Nagy Britannia	Millennium Dome	PMR (saját célú)	Üzemel
Nagy Britannia	West Midlands Kórház	PMR (készenléti)	Üzemel
Nagy Britannia	Snowdonia NP	PMR (saját célú)	Üzemel
Nagy Britannia	Dolphin	PAMR	Üzemel

Forrás: Kutatási jelentés a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács (NHIT) számára. 2003. március