

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II.

Hallgatói kötet

Szerkesztette
Hausner Gábor



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II.

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II.

Hallgatói kötet

Szerkesztette
Hausner Gábor



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Budapest, 2021

Szerzők

Ambrus Éva
Bodnár László
Csanádi Győző
Deák Veronika
Dévai Dóra
Domán László
Goda Zoltán
Huszár Péter
Huszár Viktor
Katona Gábor
Kralovánszky Kristóf

Kretz András
Kutassy Emese
Lakatos Bence Roland
Matusz Márk Péter
Olajosné Lakatos Boglárka
Priváczkiné Hajdu Zsuzsanna
Salamon Endre
Takács Krisztina
Terék Tamás
Tímár Attila

Szakmai lektorok

Bíró Tibor
Haig Zsolt
Padányi József

Palik Máttyás
Pohl Árpád
Restás Ágoston

Ludovika Egyetemi Kiadó
Székhely: 1089 Budapest, Orczy út 1.
Kapcsolat: info@ludovika.hu
A kiadásért felel: Koltay András rektor
Felelős szerkesztő: Karácsony Fanni
Olvasószerkesztő: Oláh Andrea
Korrektor: Bíró Csilla, Bujdosó Hajnalka
Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla

ISBN 978-963-531-441-6 (PDF) | ISBN 978-963-531-442-3 (ePub)

© A szerkesztők, 2021
© A szerzők, 2021
© Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021

Minden jog védve.

Tartalom

Előszó	9
<i>Ambrus Éva: A kiberképességekhez szükséges szervezeti háttér</i>	11
Bevezetés	11
Kiberképességek megvalósulása a szervezeti struktúrában	11
Képzés és állomány	20
Következtetések	22
Felhasznált irodalom	23
<i>Bodnár László: Az erdőtüzek oltóvízszállítási hatékonyságának növelése mesterséges víznyerőhelyek segítségével</i>	27
Bevezetés	27
Mesterséges víznyerőhelyek kiépítésének tapasztalatai nemzetközi szinten	28
Mesterséges víznyerőhelyek vizsgálata Magyarországon	30
Összegzés	42
Felhasznált irodalom	43
<i>Csanádi Győző: Az információmenedzsment megvalósulása a Magyar Honvédségben</i>	45
Bevezetés	45
A kutatás hatóköre, céljai és módszerei	46
A kutatás végrehajtásának és eredményeinek részletes leírása	47
Összefoglalás	59
Felhasznált irodalom	60
<i>Deák Veronika: A közszolgálati kiberbiztonsági képzés tervezése tudományos alapokon</i>	63
Bevezetés	63
Irodalmi áttekintés	64
Közszolgálati kiberbiztonsági képzés tervezése	67
Kutatási módszertanok	68
Felsőoktatási képzések tervezésének lépései	69
Következtetések	79
Összefoglalás és jövőbeni tervek	80
Felhasznált irodalom	81
<i>Dévai Dóra: A kiberképességek fejlesztése és integrációja az Amerikai Egyesült Államok haderejében</i>	83
Bevezetés	83
A kiberparancsnokság fejlődési íve	85
A Kiberparancsnokság és a haderőnemek kapcsolatrendszere	88
A katonai kiberképességek létrehozása és integrációja hadműveleti és harcászati szinten – A szárazföldi haderő	92
Következtetések	93
Felhasznált irodalom	95
<i>Domán László: A Mi-24 elektronikai hadviselési képességei és fejlesztési lehetőségei</i>	99
Bevezetés	99
Elektronikai hadviselés	99
A Mi-24P és V típusú harci helikopter elektronikai hadviselésrendszere	102
Fejlesztési lehetőségek	107
Következtetések	112
Felhasznált irodalom	114

<i>Goda Zoltán:</i> Szerves mikroszennyezők kockázatelemzése a vízi környezetben és az ivóvízellátásban	117
Bevezetés	117
A szerves mikroszennyezők csoportosítása	117
Szerves mikroszennyezők felszíni és felszín alatti vizekben	119
A környezeti kockázatelemzés alapjai	120
A kockázatelemzés lehetséges módszerei szerves mikroszennyezők esetében	122
Szerves mikroszennyezők kockázata az ivóvízellátásban	129
Összefoglalás	133
Felhasznált irodalom	134
<i>Huszár Péter:</i> Az ötödik generációs mobilhálózatokban rejlő lehetőségek a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek számára	135
Bevezetés	135
Mobilkommunikációs hálózatok fejlődése	137
Drónfelhasználás támogatása mobilhálózatokkal	138
Első tapasztalatok egy 5G képes drónnal	141
A drónfelhasználás főbb problémái és megoldási lehetőségek	142
Következtetések	144
Felhasznált irodalom	145
<i>Huszár Viktor:</i> A blokklánc, a számítógépes látás és a mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségei a kiberhadviselésben	147
Bevezetés	147
A blokklánc-technológia meghatározása	148
A katonai hírszerzési rendszerek biztonsági réseinek azonosítása	152
Összegzés	158
Felhasznált irodalom	160
<i>Katona Gábor:</i> Tiszai vízszennyezések hatása a vízbiztonságra	163
Bevezetés	163
A biztonság fogalma, a környezet- és vízbiztonság helye a biztonság fogalomrendszerében	164
A vízszennyezések hatása a folyóra mint vízbázisra	166
A Tisza-tavat ért hatások és a védekezés lehetőségei	168
A Szolnoki Felszíni Vízkivételi művet ért hatások és a védekezés lehetőségei	172
A tartalék vízbázis védelmének lehetőségei	173
Következtetések	176
Felhasznált irodalom	176
<i>Kralovánszky Kristóf:</i> Állami célú adatátviteli rendszerek, hálózatok részleges integrálhatóságának egyes kérdései	179
Bevezetés	179
Hálózatok csoportosítása	180
Minősített adatok átviteli biztonsága	184
A rendszer irányítása	187
Nemzetközi interoperabilitás	188
Speciális igények	189
Valós redundancia	191
Különleges üzem, reziliencia	191
Kiberbiztonság	192
Összefoglalás, következtetések	193
Felhasznált irodalom	194

<i>Kretz András: A megújuló energia alkalmazásának előnyei és veszélyei, alkalmazási lehetőségei a védelmi szférában a létesítés és az objektumműködtetés során</i>	197
Bevezetés	197
A térségünk energiapolitikájának fejlődésvonala	197
A hagyományos energiák és forrásaik	199
Alternatív energiaforrások	201
Magyarországi célkitűzések az energiatakarékossággal kapcsolatosan	202
A geotermikus energia előnyei SWOT-elemzés alapján	205
Energiatudatos megoldások a védelmi objektumok létesítése, működtetése és korszerűsítése során	207
Összegzés	207
Felhasznált irodalom	208
<i>Kutassy Emese: A gemenci hullámtéren lévő vadmentő dombok magassági viszonyainak vizsgálata az árvizek lefolyásának függvényében az elmúlt húsz év viszonylatában</i>	211
Bevezetés	211
Gemenc térképei, felmérései	212
Hullámtér a Duna gemenci szakaszán	214
Vadvédelem	219
Következtetések	224
Összegzés	225
Felhasznált irodalom	225
<i>Lakatos Bence Roland: A lakosság önvédelmi képességét javító tűzvédelmi applikáció vizsgálata</i>	227
Bevezetés	227
A lakosság önvédelmi képességének a szerepe a tűzoltói beavatkozások során	228
Az ipar 4.0 és az IoT hatása a lakosságvédelemre	232
Az önvédelmi képességet javító okosalkalmazások bemutatása	235
Következtetések	241
Felhasznált irodalom	242
<i>Matusz Márk: A katona egészségügyi ellátásának fejlesztési lehetőségei a telemedicina tükrében</i>	245
Bevezetés	245
Tervezett telemedicinális eszközök	247
A csapategészségügyi ellátást támogató egészségügyi applikációban rejlő lehetőségek	251
A személyi igazolójegy („dögcédula”) fejlesztési lehetőségei a telemedicina vonatkozásában	256
Összefoglalás	258
Felhasznált irodalom	260
<i>Olajosné Lakatos Boglárka: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás vízügyi irányai</i>	261
Bevezetés	261
Vízügyi szakterületek mátrixa	262
Éghajlati adaptációra vonatkozó európai uniós irányelvek és stratégiák hazai megjelenései	264
Víz mérleg	266
Víz megtartás mint éghajlati adaptáció	267
Az éghajlati adaptációs célú vízmegtartás döntéshozói	271
Következtetések, javaslatok, célok	272
Felhasznált irodalom	273
<i>Priváczi-Juhászné Hajdu Zsuzsanna: A belvízi biztonság</i>	277
Bevezetés	277
A biztonság, veszély és kockázat fogalma	277
Magyarország belvív-veszélyeztetettsége	279
A belvízi biztonság megteremtésének eszközürendszere	281

A belvízi biztonság műszaki komponensei	287
A differenciált belvízi biztonság	290
A belvízi biztonság javítása	290
Összefoglalás	291
Felhasznált irodalom	292
<i>Salamon Endre: Víziközmű-adatbázisok lehetséges felhasználása rendkívüli helyzetben</i>	295
Bevezetés	295
Jelenlegi helyzet	296
Kívülről érkező szennyezés terjedésének vizsgálata modellszámítással	301
További alkalmazási lehetőségek	305
Következtetések	307
Felhasznált irodalom	307
<i>Takács Krisztina: Az ivóvízellátás biztosításának lehetőségei rendkívüli esemény bekövetkezésekor</i>	309
Bevezetés	309
Polgári ivóvízellátás biztosítása	309
A vízbiztonság katonai vonatkozásai	311
Mobil víztisztító berendezések alkalmazása	312
A palackozott ásványvizek mikrobiológiai vizsgálata	316
Összegzés	318
Felhasznált irodalom	318
<i>Terék Tamás: A Központi Logisztikai Bázis helye és szerepe az ellátási láncban</i>	321
Bevezetés	321
A Központi Logisztikai Bázis „gondolati alapkövégig” vezető út	322
A Központi Logisztikai Bázis szervezete, feladatai – jelenlegi helyzet	328
A Központi Logisztikai Bázis mint hadműveleti logisztikai rendszerelem	329
Összegzés	330
Felhasznált irodalom	331
<i>Tímár Attila: A Kettős-Körös árvízvédelmi töltésének geofizikai vizsgálata</i>	333
Bevezetés	333
A Kettős-Körös szabályozási munkálatai	333
A hosszúfoki töltésszakadás	334
Töltéskorrekció	337
Geofizikai mérés	338
Összegzés	346
Felhasznált irodalom	347

Az ötödik generációs mobilhálózatokban rejlő lehetőségek a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek számára

Bevezetés

A pilóta nélküli légi járművek és légi jármű-rendszerek fejlődésének üteme évek óta töretlen. A technológiai fejlődés hatására a drónok képességei és autonómiájuk szintje egyre csak növekszik, a használatuk során igényelt emberi beavatkozás mértéke pedig csökken. Kezelésük jellemzően könnyen elsajátítható. Ezzel egy időben a növekvő gyártási volumenek és az erőteljes verseny hatására, amely a szektort általánosságban jellemzi, árak egyre csökkent az utóbbi években. Az olcsó, bárki által hozzáférhető autonóm légi robot-plattformok számtalan új lehetőséget rejtenek magukban. Ennek köszönhetően folyamatosan növekszik azoknak az alkalmazási területeknek a száma, amelyekben már aktívan használják vagy a közeljövőben használni fogják a drónokat. Számos katonai alkalmazás mellett növekvő hangsúlyt kapnak a különböző civil felhasználások is. A légi fotózás és videózás az egyik legdinamikusabban fejlődő terület. A mezőgazdaságban betöltött szerepük növekedése szintén megkérdőjelezhetetlen, legyen szó akár vegyszerek légi kiszórásáról, akár multispektrális felvételek készítéséről. A drónos csomagküldés az egyik legkomplexebb és legszigorúbb követelményeket támasztó alkalmazási terület. Ennek ellenére folyamatosan nő azoknak a vállalkozásoknak a száma is, amelyek erre épülő szolgáltatást szeretnének nyújtani a közeljövőben.

A drónok felhasználásának bármely részterületéről is legyen szó, egy dolog mindről elmondható. Elengedhetetlen, hogy rendelkezésre álljon valamilyen vezeték nélküli kommunikációs megoldás. A pilóta nélküli repülőek működésük során különböző adatokat gyűjtenek és tárolnak. Ezek jelentős részét továbbítják a hozzá tartozó földi szegmensben (*Ground Control Station – GCS*) keresztül a felhasználó számára. A drónoperátor a kapott információkat eltárolhatja későbbi feldolgozásra, vagy azok alapján akár azonnali, miszsiókritikus döntéseket is hozhat. Ilyen telemetriás adatcsomagok lehetnek például azok, amelyek az akkumulátorok töltöttségi szintjéről, a vételi jelszint erősségéről, a használt globális helymeghatározó rendszer (*Global Navigation Satellite System – GNSS*) vételével kapcsolatos problémákról stb. adnak tájékoztatást. Az operátor ezek alapján, ha szükségesnek tartja, beavatkozhat manuálisan vagy egy küldetés végrehajtást támogató alkalmazáson keresztül az éppen aktuális repülési útvonal jellemzőibe vagy a feladat végrehajtásába.

A drónok vezeték nélküli kommunikációjával kapcsolatos követelmények erősen függenek az aktuális felhasználási területtől és a kommunikációs csatorna jellegétől. Napjainkban leginkább e célra elterjedten az engedélymentesen használható, úgynevezett ISM (*Industrial, Scientific, Medical – ipari, tudományos, orvosi*) sávú, vezeték nélküli

kommunikációs technológiákat használják. Ezek nagy része azonban nem kifejezetten drónfelhasználás céljából lett létrehozva. Az olyan kommunikációs protokollokat, mint az IEEE 802.11 (elterjedt nevén *Wi-Fi*) vagy az IEEE 802.15.1 (*Bluetooth*), az IEEE 802.15.4 (*Zigbee*), a LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) stb. a földfelszínen, két dimenzióban, alacsony sebességgel mozgó vagy teljesen mozdulatlan végpontok vezeték nélküli összeköttetésére fejlesztették ki. A drónok ezzel szemben jellemzően gyorsan mozognak, és a tér minden irányában képesek manőverezni. Nincs megfelelő frekvenciamenedzsment, amely nem kívánt interferenciához vezethet. Hálózati és szórakoztatóelektronikai eszközeink túlnyomó többsége ugyanezeket a frekvenciasávokat (például 433 MHz, 2,4 GHz, 5,8GHz) használja. Nincs garantált minimális szolgáltatási minőség és rendelkezésre állás. A pilóta nélküli repülő és az azokra alapuló alkalmazások által támasztott szigorú követelményeket hatótávolság, késleltetés, rendelkezésre állás, információbiztonság, minimum adatátviteli sebességek, interferencia stb. tekintetében nem, vagy csak optimális esetben képesek kielégíteni. Ennek a problémának a fontossága a drónok számának növekedésével pedig csak fokozódik az esetleges incidensek és balesetek bekövetkezési esélyének növekedése miatt.

Az ISM-sávú kommunikációval kapcsolatban felmerülő problémákra nyújthat megoldást a drónok vezeték nélküli kommunikációjának átültetése mobilkommunikációs alapokra. A témával már hazai kutatók is foglalkoznak.¹ Az engedélyköteles frekvenciasávokon üzemelő, erre specializálódott szolgáltatók által működtetett, tudatosan kialakított és optimalizált vezeték nélküli hálózatok alkalmazása csökkentheti a pilóta nélküli repülő széles körű felhasználásában rejlő kockázatot, növelheti a drónfelhasználás átláthatóságát. Megteremtheti az egyes eszközök nyomon követésének és a korábbi repülések visszakereshetőségének lehetőségét, lehetővé teszi a pilóta nélküli repülő felhasználására vonatkozó szabályok betartatását. Ezáltal növelheti a pilóta nélküli repülővel szembeni közbizalmat és elfogadottságot, ezzel hozzájárulva további unalmas, piszkos, illetve veszélyes (3D – *dull, dirty, dangerous*) feladat automatizálhatóságához. A mobilkommunikáció alkalmazásával teljesen új, eddig kiaknázatlan területeken alkalmazhatják a drónokat.

A tanulmányban röviden összefoglalom a mobilhálózatok fejlődésének főbb állomásait, a legújabb, ötödik generáció fontosabb jellemzőit és technológiai sajátosságait. Bemutatom a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek fontosabb kommunikációs követelményeit és különböző felhasználási módjait. Ismertetem azokat a kritériumokat, amelyek alapján a már elterjedt negyedik generációs mobilhálózatok is képesek kielégíteni bizonyos drónalkalmazások által támasztott követelményeket. Bemutatom egy valós körülmények között elvégzett mérés eredményeit, amely segítségével lehetőség nyílik rámutatni a negyedik és az ötödik generációk közötti különbségekre és a technológiai átmenet jelentette kihívásokra. Végül ismertetem a további kapcsolódási pontokat a kor-

¹ Vránics Dávid Ferenc – Palik Máttyás: Mission as a Service – Egy felhőalapú UAS megvalósítása. *Repüléstudományi Közlemények*, 31. (2019), 3. 153–167.

szerű telekommunikációs technológiák és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek között, és leírom a kettő összekapcsolásában rejlő lehetőségeket és azok előnyeit.

Mobilkommunikációs hálózatok fejlődése

A mobilkommunikációs hálózatok első generációját (1G) az 1980-as évek elején mutatták be. Az akkor még analóg, frekvenciaosztásos, többszörös hozzáféréseken (*Frequency Division Multiple Access – FDMA*) alapuló technológia hang továbbítását tette lehetővé a felhasználók számára. A 824–894 MHz-es tartományban üzemelt és az egyes csatornák sávszélessége 30 kHz volt.

A második generációt (2G) 1991-től vezették be, amely már lehetővé tette a digitális adatátvitelt. A kommunikáció így titkosíthatóvá vált, csökkent a lehallgatás veszélye. Olyan új szolgáltatások jelentek meg, mint a szöveges üzenetek (*Short Message Service – SMS*) küldése.

A harmadik generáció (3G) a kétezres évek elején jelent meg. Fő szolgáltatásai: beszéd-továbbítás, üzenetküldés, multimédiás tartalmak fogyasztásának lehetősége és az internet-hozzáférés biztosítása. A mobil adatforgalom mértéke már ekkor túllépte a beszédforgalmét. A mobiltelefonok funkciói egyre csak bővültek. Az adatátviteli sebesség a helyhez kötött felhasználók esetén elérhette a 2 Mbps-ot, a lassan mozgó és autós felhasználók esetében ez az érték már csak 384 Kbps és 144 Kbps volt.

A negyedik generációs mobilhálózatok (*Long Term Evolution – 4G LTE*) 2009-ben jelentek meg és a 2010-es évek elején terjedtek el. Lényege, hogy a felhasználók számára lehetővé teszi, hogy bármikor, bárhol és bárhogy csatlakozzanak a hálózathoz. Az előző generációkhoz képest magasabb adatátviteli sebességek, IP-alapú infrastruktúra és nyílt internetes szabványok használata jellemzi.²

Az 5G a mobilkommunikációs hálózatok soron következő generációja, amely a 4G-t követi. Az egyik legfőbb célja, hogy képes legyen kiszolgálni a folyamatosan növekvő számú felhasználói igényt világszerte a legkülönfélébb felhasználási területeken egyaránt. Az 5G-mobilhálózatok, a korábbi generációkhoz képest, jóval nagyobb adatátviteli sebességek elérését teszik lehetővé, alacsonyabb késleltetés mellett. Ezek kombinációja pedig a közel valós idejű, szuperreszponzív alkalmazások széles körű elterjedését eredményezi majd.

Az 5G három fő felhasználási területen hoz áttörést várhatóan. Az első a gép–gép kommunikáció, amely elengedhetetlen az IoT-szenzorhálózatok üzemeléséhez. Ezek esetében akár eszközök milliárdjainak kell egymással kommunikálniuk és együttműködniük világszerte emberi beavatkozás nélkül, autonóm módon. Ehhez az alkalmazási területhez tartoznak például az okosotthonok, okosvárosok, -gyárak, -üzemek és azok folyamatai, vagy az egyre magasabb szinten robotizált mezőgazdaság is. A második az ultrameg-bízható, alacsony késleltetési idővel rendelkező kommunikációt igénylő alkalmazások.

² Kalra Bharti – D. K. Chauhan: A comparative study of mobile wireless communication network: 1G to 5G. *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, 2. (2014), 3. 430–433.

Ide tartoznak a missziókritikus alkalmazások és a közel valós idejű irányítást igénylő eszközök távoli vezérlése. A harmadik csoportba pedig azok az alkalmazások tartoznak, amelyek az eddig elérhetőhöz képest jóval nagyobb adatátviteli sebességet és kapacitást igényelnek, például a közel valós idejű kiterjesztettvalóság-alapú alkalmazások.

A korábbi generációkhoz képest alacsonyabb, akár 5–10 ms késletetés az 5G-hálózatok egyik legfontosabb jellemzője, amely az LTE-hálózatok 50–100 ms késletetéséhez képest jelentős különbség. A modulációs eljárás, amelyet használ, az ortogonális frekvenciaosztásos multiplexálás (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* – OFDM). Korábban egyáltalán nem, vagy csak ritkán használt frekvenciasávokban is működni fog. Az egyik kijelölt frekvenciatartomány a 6 GHz alatti, a másik pedig a 24,5 GHz és 52.6 GHz közötti milliméteres hullámhossztartomány. Erre a célra a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH) a 700 MHz-es, a 2100 MHz-es, a 2600 MHz-es és a 3600 MHz-es hazai frekvenciasávokat jelölte ki. A 26 GHz-es sávval kapcsolatban folynak az egyeztetések, de egyelőre nem mutatkozott rá piaci igény.³ Az első, korai 5G-szolgáltatások 2019 óta érhetők el bizonyos helyeken, és várhatóan 2025-re válik széleskörűen elérhetővé.⁴

Az egyes generációk fontosabb jellemzői a 16. táblázatban láthatók összefoglalva.

16. táblázat: Mobilhálózati generációk összehasonlítása

Generáció	Indulás éve	Kódolás	Átlagos adatsebesség	Kapcsolás	Szolgáltatás
1G	1981	analóg	4,8 Kbps	áramkör	hang
2G	1991	digitális	64 Kbps	áramkör	digitális hang, SMS
2.5G	2001	digitális	144 Kbps	áramkör és csomag	hang, SMS, MMS
3G	2001	digitális	384 Kbps	csomag, áramkör	integrált audio, videó és adat
3.5G	2006	digitális	>2 Mbps, csúcs: 42–63 Mbps	csomag	integrált audio, videó és adat
4G	2009	digitális	>100 Mbps, Rel14 szerint 1Gbit/s	csomag	dinamikus adathozzáférés, IoT, VoLTE
5G	2020	digitális	>1 Gbps	csomag	valós idejű, ultramegízható kommunikáció

Forrás: Badic Biljana et alii⁵

Drónfelhasználás támogatása mobilhálózatokkal

A negyedik generációs mobilkommunikációs hálózatok pilóta nélküli légitáncmű-rendszerekben történő felhasználási lehetőségét 2017 márciusában kezdte el vizsgálni a mobilkommunikációs eljárások szabványosításáért felelős vezető testület, a 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*). A vizsgálat 2017 decemberében fejeződött be

³ Négy sávban fog idén új, széles sávú frekvenciahasználati lehetőségeket értékesíteni az NMHH. *Nmhh.hu*, 2019. 04. 24.

⁴ *5G Explained – How 5G works*. EMF Explained 2.0. 2020.

⁵ Badic Biljana et alii: *Rolling Out 5G. Use cases, applications, and technology solutions*. New York, Apress, 2016.

és eredményeit egy tanulmány formájában publikálták.⁶ Az eredményeket alapul véve a 3GPP tovább folytatta a munkát a területen annak érdekében, hogy meghatározhassák mindazon kiegészítő funkciókat, amelyek segítségével biztosítható a hatékony drón-kommunikáció mobilhálózatokon keresztül. A munka e fázisa 2018 júniusáig tartott.⁷ A fókuszában ugyan nem az ötödik generációs mobilhálózatok állnak, viszont számos fontos peremfeltételt definiáltak, például az elvárt minimális adatátviteli sebességeket. A kutatás eredményei által jobb betekintést nyerhetünk a drónok és a mobilhálózatok összekapcsolásában rejlő új lehetőségekbe és kihívásokba egyaránt. Az áttekintés megteremti a lehetőségét az ötödik generációs mobilhálózatokkal való összehasonlításnak, amelyre szintén lesz példa e publikációban.

Drónok vezeték nélküli kommunikációs követelményei

Alapvetően két eltérő jellegű kommunikációs csatorna különböztethető meg,⁸ amelyekre különböző minimum követelményeket kell definiálni. Az egyik a különböző drónfüggesztmények, kamerák, szenzorok stb., vagyis a hasznos teher (*Payload*) által előállított adatok továbbítására szolgáló csatorna (*Application Data*). A másik pedig a drón irányítására használt csatorna (*Command and Control – C&C*). Ide tartoznak a különböző telemetriák, az autonóm működés során felhasznált útvonalakat definiáló információk, a drón valós idejű irányításához szükséges információk, az azonosításhoz szükséges információk és a navigációs adatbázisfrissítések. A C&C csatornára meghatározott maximális késleltetés, az LTE bázisállomás (*Evolved Node Base Station – eNB*) és a drón között egy irányban 50 ms. A hasznos teher kommunikációs csatornájára ez az érték megegyezik az általános LTE felhasználói eszközökre (*User Equipment – UE*) vonatkozó definiált értékkel. A C&C csatorna adatátviteli sebességének minimuma 60–100 Kbps terminál–bázisállomás (*Uplink – UL*) és bázisállomás–terminál (*Downlink – DL*) irányokban. A hasznos teher adatátviteli csatornájára ugyanez, 50 Mbps UL irányban. A megbízhatóságot tekintve 0,001 csomaghiba-arány (*Packet Error Rate – PER*) engedhető meg a 3GPP definíciója szerint.⁹

Szenáriók

A 3GPP három különböző drónalkalmazási forgatókönyvet definiál, amelyek felhasználásával vizsgálta az LTE-hálózatok pilóta nélküli légitársaság-rendszerekben történő alkalmazását. Ezek az a) városi makro, légi járművekkel (*Urban-macro with aerial*

⁶ TR36.777 – Study on enhanced LTE support for aerial vehicles (Release 15). 3GPP, 2017.

⁷ Siva D. Muruganathan et alii: An overview of 3GPP release-15 study on enhanced LTE support for connected drones. 2018.

⁸ TR36.777 – Study on enhanced LTE support for aerial vehicles (Release 15). (2017) i. m. 11.

⁹ Muruganathan et alii (2018) i. m.

vehicles – UMa-AV), b) városi mikro, légi járművekkel (*Urban-micro with aerial vehicles* – UMi-AV) és a c) vidéki makro, légi járművekkel (*Rural-macro with aerial vehicles* – RMa-AV).

Az UMa-AV esetében a bázisállomások a városi épületek tetején helyezkednek el, a környező épületeknél magasabban. Az UMi-AV esetén a városi környezet épületeinek tetőszintje alatt, az RMa-AV esetén pedig nem városi környezetben, tornyok tetején. Az elvégzett kísérletek és szimulációk során a pilóta nélküli repülőket úgy modellezték, mint magasan a földfelszín felett tartózkodó, általános felhasználói eszközöket. A mobilhálózatokat velük egy időben használó, nem pilóta nélküli légi járműveket pedig a földfelszínen elhelyezkedő felhasználói eszközökként modellezték.¹⁰

Eredmények

A vizsgálat¹¹ eredményeként megállapították, hogy a légi felhasználói eszközök gyarapodásának hatására megnövekedik az UL és a DL kommunikációs irányokban tapasztalható interferencia. A probléma a teljes kiszolgálóhálózat teljesítményét csökkenti.

Bázisállomás–terminál irányban, vagyis amikor a földi szegmens küld adatokat a drón számára, azért növekedik az interferencia mértéke, mert a tipikusan több tíz-, akár százméteres magasságban közlekedő pilóta nélküli légi járművek jóval több bázisállomás számára lesznek közvetlenül láthatók. Ezért a légi felhasználói eszköz számára nagyobb interferenciát okoznak a környezetében lévő bázisállomások, mint a földi felhasználói eszközök számára. Esetükben az épületek és tereptárgyak takarása miatt ritkán alakul ki direkt hullámterjedés, leggyakrabban reflektált hullámterjedés lép fel közöttük.

Terminál–bázisállomás kommunikációs irányban, vagyis amikor a drón küld adatokat a földi szegmens számára mobilhálózaton keresztül, fordított a helyzet. A környező bázisállomások számára a légi felhasználói eszköz okoz nagyobb interferenciát a földi felhasználói eszközökhöz képest. Ennek oka szintén abból fakad, hogy repülési magasságából adódóan a drón és több bázisállomás között is direkt hullámterjedés alakul ki.

A fenti okokból bekövetkező DL és UL kommunikációs irányokban tapasztalható interferencia mértéke fokozódik a légi felhasználói eszközök számának növekedésével. Az interferencia hatására csökken az adatátviteli sebesség, amely megnöveli a hálózat erőforrás-felhasználását. Az elküldött adatok célba érkezése több időt vesz igénybe, tehát növekszik a késleltetés. Ez igaz a terminál–bázisállomás és a bázisállomás–terminál kommunikációs irányokra egyaránt. Ez a hálózatban működő összes felhasználói eszköz kommunikációjára negatív hatással van, legyen az akár légi, akár földi.

A 3GPP az UL- és DL-interferencia csökkentésére több lehetséges megoldást is javasol. Az egyik az FD-MIMO (*Full Dimensional Multi-Input Multi-Output*) vevő és adó antennák használata a bázisállomásokon, amely már a Release-13 óta támogatott

¹⁰ TR36.777 – Study on enhanced LTE support for aerial vehicles (Release 15). (2017) i. m. 12.; Muruganathan (2018) i. m.

¹¹ Muruganathan (2018) i. m.

az LTE-hálózatokban.¹² A másik lehetőség, hogy a légi eszközöket irányított antennákkal látják el, ami szintén segítséget nyújthat az interferencia csökkentésében. Ez esetben azt kell megoldani, hogy a drón fedélzeti antennájának főnyalábját egy dedikált bázisállomás irányába kell állítani.

Az előzőekben röviden ismertettem egy, a 3GPP által végzett kutatás eredményeit, amely arra a kérdésre kereste a választ, hogy alkalmazhatók-e drónkommunikációs célra LTE-mobilhálózatok. A kutatás eredményeként a 3GPP rámutatott arra, hogy megvalósítható. Bizonyos alkalmazások igényeit az LTE már ma is képes kielégíteni.

Első tapasztalatok egy 5G képes drónnal

Mi történik akkor, ha egy drónnal csatlakozunk napjaink egyik első olyan 5G-képes mobil bázisállomásához, amely már nemcsak laboratóriumi, hanem valós körülmények között, folyamatosan üzemel? Ahhoz, hogy megválaszolhassuk ezt a kérdést, kutatók egy csoportja méréseket végzett egy olyan drón segítségével, amelyre felszereltek egy 5G-képes felhasználói eszközt. Az 5G-bázisállomástól elsőként állandó magasságon, de különböző távolságokban repültek. Ezt követően más-más magasságokon, de rögzített távolságban haladtak a kísérleti drónnal. A kapcsolat minőségét referencijel-vételi teljesítmény (*Reference Signal Received Power – RSRP*), jel-zaj viszony (*signal-to-noise ratio – SNR*), adatátviteli sebesség és az átadások (*handover*) száma alapján értékelték. Fontos kiemelni, hogy a mérés során egyetlen 5G-bázisállomás állt rendelkezésre. A környező többi állomás mind LTE-bázisállomás volt.

A felszállást reprezentáló mérések során a drón a földfelszíntől 150 méter magasságig emelkedett úgy, hogy horizontális irányban nem változtatta a pozícióját. A drón a felszállás pillanatában, elsőként egy LTE-hálózatra csatlakozott. 50 méteres magasságba érve elvégzett egy átadást az 5G-hálózatra a DL kommunikációs irányú csatornán, vagyis bázisállomás–terminál irányában. UL kommunikációs csatorna esetén, vagyis terminál–bázisállomás irányban, a drón a felszálláskor még az 5G-hálózatra csatlakozott, 97 méteres magasságban átváltott az LTE-hálózatra, és 107 méternél újra visszaváltott az 5G-hálózatra.

Az 5G-hálózaton mért DL irányú adatátviteli sebesség átlagosan 387 Mbit/s volt, de elérte a 700 Mbit/s értéket is. Az LTE-hálózaton keresztül ugyanez a jellemző átlagosan 83 Mbit/s, maximálisan pedig 118 Mbit/s volt. Az UL irányban történő kommunikáció során a mérés azt az eredményt hozta, hogy az LTE-hálózaton keresztül elért átlagos adatátviteli sebesség 53 Mbit/s, az 5G-hálózaton keresztül pedig ennél alacsonyabb, 39 Mbit/s volt.

A másik mérési szcenárió során a drón egy-egy állandó magasságon, 30 és 100 méterre távolodott az 5G-bázisállomástól. A mért adatátviteli sebességek átlagos értékei a magasság növelésének hatására csökkentek az első mérés eredményeihez képest.

¹² RP151569 – Release 13 analytical view version. 3GPP, 2015.

A *handoverek* száma pedig megemelkedett 100 méteres magasságon, távolodó repülési útvonal esetén.¹³

A drónfelhasználás főbb problémái és megoldási lehetőségek

A különböző, főként kínai dróngyártók agresszív piaci térhódítása és a növekvő verseny a drónok csökkenő árát eredményezte. Ez hatással volt a rekreációs és az ipari célú drónok keresletére egyaránt. A terület tanulmányozása során azt tapasztaltam, hogy a kereskedelmi forgalomban szabadon hozzáférhető drónok térhódításával kapcsolatban rendre ugyanazok a problémák merülnek fel. A jogalkotás és az illetékes hatóságok lépéskényszerbe kerültek, ezért fontos, hogy e problémákra a drónipar megfelelő, hatékony és gyors megoldásokkal álljon elő, különben a terület túlszabályozottá válhat, amely visszavetné az eddig tapasztalható fejlődés ütemét és meggátolná a drónok további elterjedésének lehetőségét. A következőkben ezekről a problémákról és megoldási lehetőségeikről lesz szó.

Mára, némi túlzással, bárki vehet vagy építhet magának egy olyan drónt, amely képességei révén akár katonai célokat is el tud látni.¹⁴ Olcsó eszközök felhasználásával, kisebb átalakításokkal még tovább lehet növelni a megvásárolt drónok képességeit.¹⁵ A biztonság és körültekintő üzemeltetés azonban főként az operátoron múlik, ezért előtérbe került a felelősségvállalás problémája. A gyártót vagy az operátort terheli a felelősség abban az esetben, ha emberi vagy műszaki hiba folytán anyagi kárt, esetleg személyi sérülést okoz egy lezuhanó drón? Hogyan lehet megtalálni és felelősségre vonni az operátort? Honnan lehet tudni, hogy egy drón milyen céllal tartózkodik egy adott terület felett?

Ezek tisztázása részben jogi probléma, de a megalkotott jogszabályok hatékony alkalmazásának technológiai akadályai is vannak. Egy éppen a fejünk fölött tartózkodó vagy egy repülőgépet veszélyesen megközelítő drónt és annak operátorát jelenleg nem lehet beazonosítani. Nem áll rendelkezésre olyan széleskörűen elfogadott és elterjedt megoldás, amely ezeket lehetővé teszi.¹⁶ Ezért szükség van olyan útmutatóra, amely a felhasználók és a hatóságok számára egyaránt elfogadható és hatékony, amelyet nem éreznek a drónoperátorok túlzott megfigyelésnek, ugyanakkor lehetőséget teremt a felelősségre vonásra is szabálysértés esetén. A közúti járművek rendszámához vagy a repülőgépek lajstromszámához hasonlóan bárki által könnyen leolvasható, de a tulajdonos vagy az üzemeltető személyazonosságát csak az arra jogosultak tudják visszakeresni egy hatósági adatbázison keresztül.¹⁷

¹³ Muzaffar Raheeb et alii: *First experiments with a 5G-connected drone*. 23 May 2020.

¹⁴ Huszár Péter: Ukrajna közösségi finanszírozású, katonai célokat szolgáló oktokoptereinek elemzése. *Hadmérnök*, 14. (2019), 2. 34–43.

¹⁵ Huszár Péter: UAV és földi szegmense közötti kommunikáció hatékonyságának javítása. *Repüléstudományi Közlemények*, 31. (2019), 1. 167–182.

¹⁶ Huszár Péter: Távoli drónazonosítás. *Repüléstudományi Közlemények*, 32. (2020), 1.

¹⁷ Bódi Antal – Szabó Tivadar – Wüthl Tibor: Drónok követése közhiteles módon. *Repüléstudományi Közlemények*, 28. (2017), 2. 111–118.

A távoli drónazonosítás problémájára lehet kiváló megoldás a mobilkommunikációs technológiák használata. Ahogy jelenleg a mobilhálózatok felhasználóit azonosítani lehet a telefonszámuk alapján, a drónokat is azonosíthatóvá lehetne tenni hasonló módon. A megoldás nagy előnye, hogy a szolgáltatóknak már rendelkezésre áll az ehhez szükséges, közel országos lefedettséget nyújtó infrastruktúra. Az azonosítás egy központi ügyféladatbázison keresztül történne, amely segítségével biztosítható az operátorok személyiségi jogainak sértetlensége, viszont szükség esetén a személyzet pontosan beazonosítható. A drón és az operátor földrajzi helyzetének meghatározása és naplózása során fel lehetne használni cellainformációkat, amely döntő fontosságú adat például légtérsértés gyanúja esetén. Ráadásul a naplózást a szolgáltató automatikusan elvégzi, annak munka és adattárolási igénye nem terheli az operátort.

A következő gyakran felmerülő probléma a drónok közös légtérbe integrálásának és forgalmi menedzsmentjének problémája (*Unmanned Traffic Management* – UTM). Az egyre bővülő alkalmazási területek hatására növekvő számú pilóta nélküli repülő használja a légtérrel, gyakran ugyanazt, amelyet a hagyományos repülőgépek is, még ha azt nem is lenne szabad, ezért egyre növekszik a kialakult konfliktusok száma is. Az ilyen szituációkat viszont jelenleg nem lehet feloldani a légiforgalmi irányítás hagyományos módszereivel. Erre sem a drónok, sem pedig azok kezelői nincsenek felkészítve. A drónnal és a drónoperátorral nincs rádiós kapcsolatban sem a légi irányítás, sem pedig más repülőgépek pilótái.

Erre a problémára szintén megoldást nyújthatnak a mobilkommunikációs technológiák. Ha a távoli drónazonosítás már megvalósított az előzőekben leírt módon, akkor szükség esetén a légi közlekedés résztvevői fel tudják venni a kapcsolatot a drónoperátorral. Ehhez az kell, hogy a drónazonosító tartalmazzon egy, az operátorhoz tartozó azonnali elérhetőséget, amelyen keresztül fel lehet venni vele a kapcsolatot üzenetek vagy akár párbeszéd formájában. Az azonosításhoz használt adatsomagot ki lehet egészíteni például az aktuális földrajzi koordinátákkal, repülési magassággal, repülési sebességgel és iránnyal, de akár a teljes tervezett repülési útvonal összes koordinátájával is. Ezek továbbítása a mobilhálózatokon automatikusan történne a légiforgalmi irányítás számára, így kezelhetővé és feloldhatóvá válnának az esetleges konfliktusok, ez pedig elősegíti a repülésbiztonság megőrzését.

A következő probléma az információ és kiberbiztonság területéhez tartozik. Elmondható, hogy egy pilóta nélküli légi jármű-rendszer a kibertér része,¹⁸ és a beágyazottságuk folyamatosan növekszik a bővülő felhasználói igényekből kifolyólag. Ezt az előzőek is jól szemléltetik. Jelenleg azonban a polgári felhasználású drónok ISM-frekvenciasávokon, ismert kommunikációs protokollok használatával, sokszor titkosítatlan formában kommunikálnak a földi szegmensükkel. Ez könnyen felderíthető és befolyásolható. A különböző hálózatos támadások veszélyeztetik az UAS (*Unmanned Aircraft System* – pilóta nélküli légi jármű-rendszer) mint eszközrendszer integritását, rendelkezésre állását és a kommunikáció bizalmasságát. Az UAS földi és légi szegmense közti vezeték

¹⁸ Huszár Péter: Drónok elleni fenyegetések a kibertérből. *Repüléstudományi Közlemények*, 32. (2020), 2.

nélküli kommunikációs csatorna kiváló támadási felületet jelent különböző kibertéri műveletek végrehajtására. Azok az UAS-ek, amelyeknek kommunikációs csatornái nem kifejezetten drónok számára kifejlesztett technológián alapulnak, hanem például wifin, ráadásul jóval sebezhetőbbek. A látóhatáron túli (*Beyond Visual Line-of-Sight* – BVLOS) drónrepülésekben óriási piaci potenciál rejtőzik. Kiaknázása érdekében komoly lobbitevékenység zajlik világszerte. Ide tartozik a drónos csomagküldés, közművek nyomvonal-ellenőrzése, a városi környezetben zajló alkalmazások legjava stb. Ezek esetében a kockázat még magasabb, hiszen a földi és a légi szegmensek közötti vezeték nélküli kommunikációs csatornának jóval nagyobb távolságokat kell áthidalnia, akár köztes földi állomások beiktatásával is, amely még nagyobb támadási felületet jelent.

Az ISM-sávú drónkommunikáció mobiltechnológiai alapokra történő átültetésével ez a probléma is megoldható lenne. A szolgáltatók által biztosított hálózat jóval megbízhatóbb és determinisztikusabb kapcsolatot eredményezne a drón és földi szegmense között, BVLOS-műveletek esetén is. Az engedélyköteles frekvenciasávok használata és a tudatos frekvenciagazdálkodás csökkenti az esetleges interferencia kialakulásának esélyét. A szolgáltató részéről elvárható egy minimum garantált szolgáltatási minőség biztosítása. A kommunikáció a mobilhálózaton keresztül titkosítva és sokkal magasabb szintű biztonsági sztenderdeknek megfelelően zajlik, mint a jelenlegi ISM-sávú megoldások esetében.

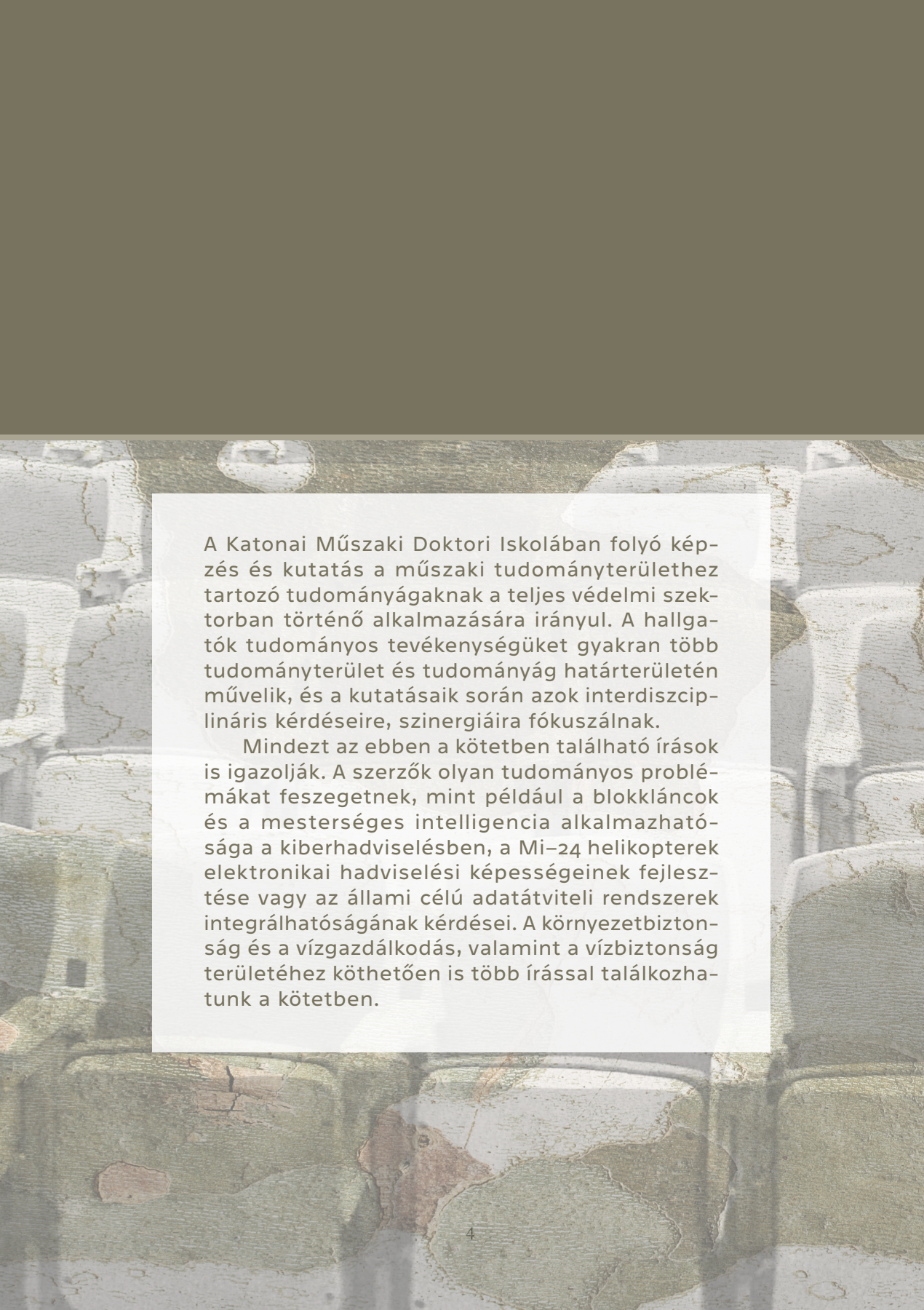
Következtetések

A tanulmány elején röviden bemutattam a mobilhálózatok evolúcióját a kezdetektől napjainkig. Ezt követően ismertettem a negyedik generáció (LTE) drónkommunikációs célra történő felhasználásának lehetőségeit és korlátait, valamint a drónok vezeték nélküli kommunikációs követelményeit. Ezek alapján azt a következtetést vontam le, hogy a már most rendelkezésre álló 4G-mobilhálózatok is képesek bizonyos szintű drónkommunikációs igények kielégítésére. Ezek egyelőre olyan drónalkalmazások lehetnek, amelyek során nem a missziókritikus, hanem a hasznos teher által előállított adatok továbbítása történik mobilhálózaton keresztül. Bemutattam egy valós körülmények között elvégzett 5G-mérés eredményeit, amelynek segítségével rámutattam a negyedik és az ötödik generáció közötti különbségekre. A mérést feldolgozó tanulmány alapján elmondható, hogy az átmeneti időszak, amikor a 4G- és az 5G-hálózatok egyszerre lesznek jelen, hasonló arányban, a *handover*ek számának megnövekedése miatt problémát fog jelenteni a drónkommunikációra nézve. Végül ismertettem a drónok felhasználásával kapcsolatos jelenlegi legkritikusabb hiányosságokat és problémákat. Ezek a felelősségvállalás kérdése, a távoli drón és operátor azonosítása, végül az ISM-sávú drón kommunikációs csatornák sebezhetőégei voltak. Megoldásukra vonatkozóan különböző javaslatokat tettem. Ezek közös jellemzője, hogy a mobilkommunikációs technológiák és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek ötvözésével valósítható meg.

A 4G, de főként az 5G nyújtotta lehetőségek kiaknázása a következő 5–10 évben a drónszektor legtöbb jelenlegi problémájára megoldásként szolgálhat. Ennek feltétele azonban, hogy a terület döntéshozói és az illetékes hatóságok tisztázzák a különböző jogi kérdéseket.

Felhasznált irodalom

- Bharti, Kalra – Chauhan, D. K.: A Comparative Study of Mobile Wireless Communication Network: 1G to 5G. *International Journal of Computer Science and Information Technology Research*, 2. (2014), 3. 430–433. Online: www.researchgate.net/publication/318673817_A_Comparative_Study_of_Mobile_Wireless_Communication_Network_1G_to_5G
- Biljana, Badic et alii: *Rolling Out 5G. Use cases, applications, and technology solutions*. New York, Apress, 2016.
- Bódi Antal – Szabó Tivadar – Wühl Tibor: Drónok követése közhiteles módon. *Repüléstudományi Közlemények*, 28. (2017), 2. 111–118. Online: www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_2/2017-2-10-0374_Bodi_A-Szabo_T-Wuhl_T.pdf
- Huszár Péter: Drónok elleni fenyegetések a kibertérből. *Repüléstudományi Közlemények*, 32. (2020), 2.
- Huszár Péter: Távoli drónazonosítás. *Repüléstudományi Közlemények*, 32. (2020), 1.
- Huszár Péter: UAV és földi szegmense közötti kommunikáció hatékonyságának javítása. *Repüléstudományi Közlemények*, 31. (2019), 1. 167–182. Online: [10.32560/rk.2019.1.14](https://doi.org/10.32560/rk.2019.1.14)
- Huszár Péter: Ukrajna közösségi finanszírozású, katonai célokat szolgáló oktokoptereinek elemzése. *Hadmérnök*, 14. (2019), 2. 34–43. Online: http://hadmernok.hu/192_03_huszar.pdf
- Muruganathan, Siva D. et alii: An overview of 3GPP release-15 study on enhanced LTE support for connected drones. 2018. Online: <https://arxiv.org/pdf/1805.00826.pdf>
- Négy sávban fog idén új, széles sávú frekvenciahasználati lehetőségeket értékesíteni az NMHH. *Nmhh.hu*, 2019. 04. 24. Online: https://nmhh.hu/cikk/203108/Negy_savban_fog_iden_uj_szeles_savu_frekvenciahasznalati_lehetosegeket_ertekesiteni_az_NMHH
- Raheeb, Muzaffar et alii: *First experiments with a 5G-connected drone*. 23 May 2020. Online: <https://arxiv.org/pdf/2004.03298.pdf>
- RP151569 – Release 13 analytical view version. *3GPP*, 2015. Online: www.3gpp.org/ftp/Information/WORK_PLAN/Description_Releases/Rel-13_description_20150917.zip
- TR36.777 – Study on enhanced LTE support for aerial vehicles (Release 15). *3GPP*, 2017. Online: www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.777/36777-f00.zip
- Vránics Dávid Ferenc – Palik Mátyás: Mission as a Service – Egy felhőalapú UAS megvalósítása. *Repüléstudományi Közlemények*, 31. (2019), 3. 153–167. Online: [10.32560/rk.2019.3.265](https://doi.org/10.32560/rk.2019.3.265)

The background of the page is a photograph of a stone wall with a white text box overlaid. The wall is made of large, irregular stones in shades of grey, green, and brown, with some mortar visible. The text box is a simple white rectangle with a thin black border, containing two paragraphs of text in a black, sans-serif font.

A Katonai Műszaki Doktori Iskolában folyó képzés és kutatás a műszaki tudományterülethez tartozó tudományágaknak a teljes védelmi szektorban történő alkalmazására irányul. A hallgatók tudományos tevékenységüket gyakran több tudományterület és tudományág határterületén művelik, és a kutatásaik során azok interdiszciplináris kérdéseire, szinergiáira fókuszálnak.

Mindezt az ebben a kötetben található írások is igazolják. A szerzők olyan tudományos problémákat feszegetnek, mint például a blokkláncok és a mesterséges intelligencia alkalmazhatósága a kiberhadviselésben, a Mi-24 helikopterek elektronikai hadviselési képességeinek fejlesztése vagy az állami célú adatátviteli rendszerek integrálhatóságának kérdései. A környezetbiztonság és a vízgazdálkodás, valamint a vízbiztonság területéhez köthetően is több írással találkozhatunk a kötetben.