

híradástechnika

1945 VOLUME LXXVI. 2021

hírközlés ■ informatika **1**



HTE Infokom 2020

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom / Contents

Szabó Csaba Attila

HTE INFOKOM 2020 – ELŐSZÓ / FOREWORD

1

Budai J. Gergő

Telekommunikáció a 21. században

Telecommunications in the 21st century

2

Gerlei Gyöngyvér, Michaletzky-Holka Boriska, Szilassy Miklós

A DVB-T2 átállási projekt és a megújult mindigTV-termékcsalád

The DVB-T2 transition project and the renewed mindigTV product family

5

Bokor László, Csepinszky András, Váradi András, Farkas Károly

A V2X-kommunikáció alkalmazási területei –

avagy miről beszélgetnek egyre okosabb járműveink?

Application areas of V2X communications –

what smart cars are talking about?

11

Kiss Tamás, Csaba Tamás, Ruzsa Róbert

A 3G jövőképe

Future of 3G

22

Méhes Zoltán

5G kiscellás rendszerek kihívásai egy infrastruktúra-szolgáltató szemével

Challenges of 5G Small Cell systems –

from the infrastructure provider's point of view

28

Bódi Antal, Maros Dóra

Az 5G-hálózat és a közlekedés információbiztonsági kihívásai

5G network and IT security challenges in the transport digitalization

35

Csaba Tamás

Mennyire zöldülnek a mobilhálózatok?

Energy efficiency developments and relevance of

green energies in mobile networks

41

Verebély Tibor

Passzív infrastruktúra önálló cégben?

Passive infrastructure in a stand-alone company?

46

Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület

www.hte.hu

Elnök: Vágújhelyi Ferenc

H-1051 Budapest, Bajcsy-Zsilinszky út 12., 5. em./502.

Tel.: 353-1027 • e-mail: info@hte.hu

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA (BME, Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék)

Felelős kiadó: NAGY PÉTER

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt. • Nyomda: FOM Media

www.hiradastechnika.hu

A konferencia támogatói:

Arany szponzor



Ezüst szponzor



Bronz szponzor



Szakmai partner



HTE Infokom 2020

Tavaly november 18-19-én immár 22. alkalommal került megrendezésre a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület szervezésében az Infokommunikációs Hálózatok és Alkalmazások Konferencia és Kiállítás; a HTE Infokom. A konferencia a vírushelyzet miatt rendhagyó módon, online formában folyt le. A szervezőbizottság elnöke Magyar Gábor, társelnökei Kolláth Gábor és Szűcs Miklós voltak. Jelen számunk cikkeit az Infokom 2020 előadásaiból válogattuk össze. A cikkek sorrendje a konferencia szekcióinak sorrendjét követi.

Budai J. Gergő (Vantage Towers Magyarország) plenáris előadása alapján készült a „Telekommunikáció a 21. században” cikk, amelyben szó esik digitális fejlődésről, hálózatfejlesztésről, fenntarthatóságról, és a távközlési iparágnak a koronavírus járvány alatt betöltött nélkülözhetetlen szerepéről. A szerző bemutatja a napjaink egyik legfontosabb technológiájának számító 5G felhasználási területeit és a Vodafone 5G-fejlesztéseit. Megtudhatjuk, hogy 2020 végétől egy csoportosintű kezdeményezés részeként a Vodafone a hazai hálózatának alapjait jelentő passzív bázisállomás-elemeket egy önálló vállalatba, a Vantage Towers Magyarországra szervezte ki.

Gerlei Gyöngyvér, Michaletzky-Holka Boriska és Szilassy Miklós (Antenna Hungaria) írása, „A DVB-T2 átállási projekt és a megújult minidigTV-termékcsalád” az Antenna Hungaria 2019-2020 folyamán megvalósult egyik legjelentősebb, összetett programjáról, a DVB-T2 átállásról szól, bemutatva ennek fő feladatait, területeit, kapcsolódási pontjait és kihívásait. A műszaki átállás részleteit is ismertetve bemutatják a projekt eredményeképpen kialakult, újragondolt termékportfóliót és az új lakossági márkákat is.

Az „Önvezető autók” szekcióban elhangzott érdekes témák közül ezúttal **Bokor László, Csepinszky András, Váradi András és Farkas Károly** (BME

HIT, NNG Kft., Commsignia Kft., Netvisor Zrt.) előadását közöljük, melynek címe: „A V2X-kommunikáció alkalmazási területei, avagy miről beszélgetnek egyre okosabb járműveink?” A járműkommunikációval kapcsolatos technológiák rohamos fejlődése a segítségükkel megosztható adatok körét tekintve is folyamatos bővülést eredményez, ami a V2X-alkalmazások egyre nagyobb választékát és gyorsuló terjedését hozza el. Az írás a folyamat jelenleg látható és a közeljövőre kivetíthető eredményeit foglalja össze.

A három nagy hazai szolgáltatót (Magyar Telekom, Telenor, Vodafone) képviselik „A 3G jövőképe” cikk szerzői; **Kiss Tamás, Csaba Tamás és Ruzsa Róbert**. A 3G jövője egyre aktuálisabb kérdéssé válik azzal, hogy az 5G-hálózatok elindulásával a mobilszolgáltatók már négy mobilhálózat-generációt üzemeltetnek párhuzamosan. A hálózati komplexitás és ezzel együtt költségeik csökkentése érdekében az operátorok vizsgálják, hogy a mintegy 30 éves 2G- és a 20 éves 3G-technológiákat mikor lehetne a közeljövőben kikapcsolni.

Méhes Zoltán (MVM Net Zrt.) „5G kiscellás rendszerek kihívásai egy infrastruktúra-szolgáltató szemével” című cikke betekintést enged ezen rendszerek növekvő piacába és a piac struktúrájában várható változásokba. Az évente átlagosan több mint 10%-os növekedés várhatóan a mai szerepvállalásukat tekintve kevésbé jelentős infrastruktúra-szolgáltatók megerősödését és új, a mobilszolgáltató vállalatoktól független szereplők megjelenését hozza majd. A cikk néhány kiépítési szcenárió mentén szegmentálja a piacot, majd bemutatja az MVM NET Zrt. és az MVM Csoport szempontjából is releváns „városi kültéri” kiépítési forgatókönyvet.

A „Cyber security” szekcióban elhangzott közös előadásuk alapján készült **Bódi Antal** (KTI) és **Maros Dóra** (Óbudai Egyetem) „Az 5G-hálózat és a közlekedés információbiztonsági

kihívásai” cikke. A szerzők azt állítják, hogy Magyarország a közös európai mobilitási adattér kialakításának folyamatában vezető szerepet tölthet be, amennyiben innovatív és kreatívan hasznosítjuk az eddig elért eredményeinket az intelligens közlekedési rendszerek kifejlesztésében. Ez az adattér meg fogja könnyíteni a meglévő és jövőbeli közlekedési és mobilitási adatbázisokból származó adatokhoz a kontrollált hozzáférést, azok összevonását, megosztását és közhiteles tanúsíthatóságát.

A mobilhálózatok fejlesztésének és üzemeltetésének lényeges aspektusa az energiafelhasználás, annak mennyisége, felhasználásának hatékonysága, az okozott környezeti hatás és annak csökkenthetősége. **Csaba Tamás** (Telenor) „Mennyire zöldülnek a mobilhálózatok?” című írásában ismerteti a mobilhálózatok energiaszükségletét meghatározó fontosabb tényezőket, az adatforgalom várható alakulását, a rádióhálózat energiahatékonyságának fejlődési lépéseit az elmúlt években, beleértve az 5. generáció által elérhető lehetőségeket és a zöld energia alkalmazhatóságát a bázisállomások ellátásában.

Verebély Tibor (Vantage Towers Magyarország) „Passzív infrastruktúra önálló cégben?” című cikkében arról ír, hogy miért éri meg egy távközlési szolgáltatónak eladnia a tornyait, majd azokat szolgáltatásként igénybe venni. A szerző első kézből mutatja be ezt a hazánkban még újnak számító üzleti megoldást, magát a vállalatot és szolgáltatásait, meghúzza a határvonalat a passzív és aktív infrastruktúra elemek között, valamint választ kapunk arra kérdésre is, hogyan járulhat hozzá az 5G zöldebbé válásához egy olyan vállalat, mint a Vantage Towers.

Szabó Csaba Attila
főszerkesztő



Telekommunikáció a 21. században

BUDAI J. GERGŐ

Vantage Towers Magyarország
hungaryinfo@vantagetowers.com

Kulcsszavak: hálózatterjesztés, 5G, digitális fejlődés, fenntarthatóság, Vantage Towers

A cikkben szó esik digitális fejlődésről, hálózatterjesztésről, fenntarthatóságról, valamint a távközlési iparágnak a koronavírus járvány alatt betöltött nélkülözhetetlen szerepéről. A szerző röviden bemutatja a napjaink egyik legfontosabb technológiájának számító 5G felhasználási területeit és a Vodafone Magyarország 5G-fejlesztéseit. Megtudhatjuk, hogy 2020 végétől egy csoportszintű kezdeményezés részeként a Vodafone a hazai hálózatának alapjait jelentő passzív bázisállomás-elemeket egy önálló vállalatba, a Vantage Towers Magyarországba szervezte ki.

1. Bevezetés

Köszönhetően az elmúlt évek, sőt évtizedek folyamatos fejlesztéseinek, Magyarország európai viszonylatban is kiemelkedő minőségű hálózati infrastruktúrája az elmúlt időszakban már bizonyított és folyamatosan bizonyít. Most, a világjárvány második szakaszában a telekommunikációs szektor ismét kulcsszerepet tölt be.

Az iparági célok teljesítéséhez nélkülözhetetlen a magas minőségű és nagy kapacitású telekommunikációs infrastruktúra és az erre épülő digitális technológiák rendelkezésre állása. Épp ezért fontos, hogy a távközlési szektor szereplői a pandémia ellenére se állítsák le hálózati fejlesztéseiket, beruházásaikat, ennek részeként az újgenerációs mobilhálózatot, az 5G-t érintő fejlesztéseket sem. Ezek a beruházások nem csak befektetések, hanem a jelenlegi nehéz helyzetben közvetlenül komoly segítséget nyújtanak a gazdaság stabilizálásában, közvetve pedig új befektetők vonzásához, munkahelyteremtéshez, valamint több ezer munkahely biztonságának, a beszállítók és partnerek likviditásának, versenyképességének fenntartásában is, ezzel hozzájárulva a gazdaság működőképességéhez.

2. 5G-fejlesztések

A legújabb, ötödik generációs mobilhálózat – az 5G – a 21. század eddigi, egyik legfontosabb technológiája, amelynek fejlesztésében a Vodafone Magyarország nem csak hazánkban, hanem nemzetközi szinten is élen jár. Magyarországon a Vodafone indította el 2019 őszén az ország első kereskedelmi 5G-hálózatát és több mint fél évig egyedüli 5G-szolgáltatóként volt jelen a hazai piacon.

2.1. Az 5G előnyei és felhasználási területei

Az 5G-hálózat elsősorban az ipari felhasználás szempontjából fontos, ugyanakkor több olyan változást is hoz, mely a lakossági ügyfelek számára is érzékelhető lesz.

Az 5G a hálózat három paraméterét illetően jelent drasztikus változást. Ezek a sebesség, a kapacitás és a késleltetés, vagyis a késleltetés hiánya, azaz a rendkívül gyors, valós idejű válaszidő. Az 5G-hálózat letöltési sebessége elérheti, sőt meg is haladhatja az 1 gigabit per szekundumot is, ami azt jelenti, hogy egy HD-minőségű film alig néhány másodperc alatt letölthető.

A kapacitást tekintve a 4G-hálózat négyzetkilométerenként körülbelül 100.000 eszközt képes kiszolgálni, ezzel szemben az 5G akár 1 milliót. Ez a sokszorosára növekedett kapacitás leginkább a gépek közti kommunikációban hoz nagy változást – azzal, hogy sokkal több eszköz csatlakoztatható a hálózatra, lehetővé válik például az okos városok, valamint az okos gyárak létrejötte is, amelyekben az eszközök folyamatos kapcsolatban vannak egymással, és bonyolult gyártási műveletek is automatizálhatók lesznek.

Az 5G-hálózat másik legfontosabb tulajdonsága az alacsony késleltetés, azaz a gyors válaszidő. A 4G-hálózat késleltetése 30-40 milliszekundum körüli, az 5G esetén viszont ez 10 milliszekundum alá csökken, a jövőben akár egy ezred másodpercre is csökkenthető. Ez a változás az olyan adat alapú, többnyire egészségügyi vagy ipari felhasználási módoknál lesz érzékelhető, amelyeknél az azonnaliság kritikus fontosságú. Ilyen lehet például az önvezető autózás, hiszen az 5G segítségével olyan, intelligens közlekedési rendszer jöhet létre, ahol a járművek egymással és az infrastruktúrával egyaránt kommunikálnak, de ide tartozik a távműtétek világa is.

Az 5G alapvetően más, mint a korábbi mobilhálózatok: partnerségre, együttműködésre épül, a lehetőségek kihasználásához az infokommunikációs szektor valamennyi szereplőjének össze kell fognia. Kell egy jó problémafelvetés, egy jó megoldás, ehhez eszközök, hálózat, applikációk. Az 5G alapjaiban változtatja meg a jövőt, de már most is itt van velünk és a fejlesztéseknek köszönhetően hamarosan egyre nagyobb területen lesz elérhető.

2.2. 5G-fejlesztések Magyarországon

Hazánkban először 2018-ban mutatták be az újgenerációs technológiában rejlő lehetőséget, amikor a Vodafone elsőként közvetített 5G-tesztkapcsolaton keresztül valós időben online videós tartalmat, melyet HD-minőségben streamelt a világhálóra. A tesztkapcsolat a 3,5 GHz-es sávnak köszönhetően jöhetett létre, mellyel akkoriban a magyarországi mobilszolgáltatók közül egyedül a Vodafone Magyarország rendelkezett.

Nem sokkal később, 2019 májusában a Zala ZONE Járműipari Tesztpálya ünnepélyes megnyitója alkalmából a tesztpályán indította el a Vodafone – már a saját frekvenciáján – Magyarország első élő, állandó 5G-bázisállomását. Az esemény résztvevői első között próbálhatták ki az önvezető autózás felé vezető út egyik legfontosabb állomásának számító távvezérlésű gépjárműirányítást.

A BMW i3 típusú elektromos autó és a távoli vezetés közötti kapcsolat a Vodafone élő hálózatán, 5G-technológiával valósult meg, lehetővé téve a gépjármű valós idejű, távoli vezérlését. Az autóban található kamera HD-minőségben, valós időben közvetítette a pálya melletti távoli vezetéshez azt a képet, amely a járműből volt látható. Ezzel párhuzamosan a jármű felé a parancsok is élő 5G-kapcsolaton keresztül, szinte késleltetés nélkül jutottak el. Ezáltal a sofőr számára a vezetési élmény közel megegyezett azzal, amelyet a tényleges vezetésben tapasztalt volna.

Az 5G elképesztő képességeit és a jövő közlekedését bemutató zalaegerszegi eseményt követően a Vodafone Budapesten is bemutatta, egyben felavatta a főváros első állandó, élő 5G-bázisállomását. A távvezérlésű autó mellett az 5G-hálózat képességeit a Vodafone ez alkalommal két 5G-képes készülék közötti videohívás-

sal is demonstrálta, bemutatva ezáltal az ország első élő, kereskedelmi frekvencián létrehozott 5G-s mobil kapcsolatát.

2019 őszén újabb jelentős esemény következett a Vodafone 5G-hálózatának fejlesztésében: a szolgáltató Budapest belvárosában elindította az ország első, mindenki számára elérhető kültéri kereskedelmi 5G-szolgáltatását, akkor 34 bázisállomással. Magyarország első kereskedelmi kültéri 5G-hálózata először Budapest belső kerületeiben és a Duna mentén vált elérhetővé.

2020-ban, a pandémia ellenére is folytatódott az 5G-hálózat kiépítése és fejlesztése. Áprilisban a Vodafone Magyarország további frekvenciákat szerzett 5G-mobilszolgáltatásai számára az NMHH által lebonyolított frekvenciaaukción, ezzel pedig megkezdődhetett az 5G-hálózat szigetszerű kiépítése. Ennek keretében a Vodafone folyamatosan kapcsolta fel hazánkban az 5G-állomásokot, így a Budapest és Zalaegerszeg mellett immár Siófokon, Székesfehérváron és Miskolcon is elérhető az új generációs mobilhálózat.

Emellett a jövő mérnökgenerációjának támogatása érdekében a Vodafone saját maghálózatából elkülönített, 40 MHz-es frekvenciasávot bocsátott a BME rendelkezésére a 3500 MHz-es sávban, amely alkalmas a BME teljes területe felett az egyetem 5G-hálózatának működtetéséhez.

3. A telekommunikáció szerepe a koronavírus járvány kezelésében

A járvány első szakaszának fő célja az életek mentése, megóvása volt. Ebben az időszakban a telekommunikáció egyrészt kapcsolatban tartotta az országot, másrészt az egészségügyi védekezést adatokkal, elemzésekkel, a

Vodafone 5G lefedettség Budapesten

kontaktusok számának figyelésével segítette. A második szakaszban az előbbiek mellett a gazdaság helyreállítása is középpontba került, ennek részeként továbbra is lehetővé kell tenni az otthonról történő munkavégzést, a digitális oktatást, kapcsolatban kell tartani az országot. Mindemellett fenn kell tartani az ország működőképességét, újra kell indítani a gazdaságot, támogatni kell a vállalkozásokat.

4. Vantage Towers – Vodafone Toronyvállalat

Az 5G megjelenésével a bázisállomások szerepe is megváltozott. Máshogy kell közelítenünk az 5G-hez, mint a hálózatok korábbi generációihoz. A Vodafone Csoport tavaly bejelentette, hogy a hatékonyabb eszközhasznosítás és a fenntarthatóság érdekében önálló cégekbe szervezi ki az európai leányvállalatainál működő passzív bázisállomás-elemeket, így különösen, de nem kizárólag tornyait, antennatartó szerkezeteket, áramellátó berendezéseket és az aktív elemek elhelyezésére szolgáló helyiségeket, valamint az azokhoz kapcsolódó berendezéseket, illetve beltéri antennarendszereket.

A csoportszintű kezdeményezéshez a Vodafone Magyarország is csatlakozott, így az újonnan létrejött Vantage Towers Magyarország vette át hozzávetőlegesen kétezer bázisállomás passzív infrastruktúráját és üzemeltetését. Ez az átalakulás Magyarországon is támogatja a hálózatmegosztási konstrukciók elterjedését, hiszen az infokommunikációs iparág más szereplői és más iparágak szereplői is igénybe vehetik a passzív hálózati elemeket.

Ez azért kiemelten fontos – nem csak hazánkban, hanem Európa-szerte más országokban is –, mert a korszerű mobil infrastruktúra kiépítése és fejlesztése felgyorsítja Európa és Magyarország digitális fejlődését, az 5G-technológia gyors kiépülését, amely lehetővé teszi

további új technológiák széleskörű elterjedését, elősegítve, forradalmasítva a közlekedés, a városi élet, a mezőgazdaság, az egészségügy, az oktatás révén a mindennapi életet. A technológiai fejlődés mellett nagyon fontos az is, hogy mindezt környezetkímélő módon építsük fel, ezért 2020. november elejétől a Vantage Towers magyarországi bázisállomásaink energiaigényét teljes egészében megújuló energiaforrásokból fedezzük.

5. Összefoglalás

Az elmúlt időszak rámutatott arra, hogy a rugalmasság és az alkalmazkodási készség elsődleges fontosságú, melyek feltételeit számos esetben a digitalizáció teremti meg. A lakosság, a vállalkozások és az egyes hatósági szervek digitális működéséhez elengedhetetlenek a magas minőségű, nagy kapacitású hálózatok és az ezekre épülő modern technológiák, köztük az újgenerációs mobilhálózat, az 5G. A Vodafone Magyarország folyamatosan fejleszti 5G-hálózatát, hogy ügyfelei az ország minél nagyobb területén tapasztalhassák meg az 5G elkövetkeztető képességeit, ezáltal pedig egy jobb, fenntarthatóbb, zöldebb jövő valósulhasson meg.

A szerzőről



BUDAI J. GERGŐ a Vantage Towers Magyarország vezérigazgatója, igazgatóságának elnöke. A jogi végzettségű szakember pályafutását egy nemzetközi ügyvédi irodánál kezdte, Budapest mellett Brüsszelben és Washingtonban is dolgozott. Ezt követően öt évig a Pfizer igazgatóságának tagjaként tevékenykedett Magyarországon, majd később Romániában és a Cseh Köztársaságban is. 2012-től az Invitel Csoportnál töltött be vezető tisztségeket, a cégcsoport általános vezérigazgató-helyettese és az igazgatóság tagja volt, ahonnan a vállalat sikeres értékesítését követően 2017. szeptemberében érkezett a Vodafone-hoz, ahol 2020. október végéig a Vodafone Magyarország Zrt. vállalati kapcsolatokért felelős vezérigazgató-helyettesi és al-elnöki pozícióját töltötte be. 2020. november 1-től a Vodafone infrastruktúra-vállalata, a Vantage Towers Magyarország vezérigazgatója, igazgatóságának elnöke.

A DVB-T2 átállási projekt és a megújult mindigTV-termékcsalád

GERLEI GYÖNGYVÉR, MICHALETZKY-HOLKA BORISKA, SZILASSY MIKLÓS

Antenna Hungária Zrt.
gerleigy@ahrt.hu

Kulcsszavak: antenna, DVB-T, DVB-T2, frekvencia, átállás, Antenna Hungária Zrt., projekt

A cikk bemutatja az Antenna Hungária 2019–2020 folyamán lefolytatott egyik legjelentősebb projektjét, a DVB-T2 átállást. Írásunkban ismertetjük ennek az összetett programnak a fő feladatait, területeit, kapcsolódási pontjait és kihívásait, valamint a műszaki átállás részleteit, majd bemutatjuk a projekt eredményeképpen kialakult, újragondolt termékportfóliót és az új lakossági márkákat is.

1. Bevezetés

A 470–790 MHz frekvenciasáv Európai Unió belüli használatáról szóló 2017/899. sz. (2017. május 17-ei) Európai Parlament és a Tanács (EU) határozat 4. cikke rendelkezik a földfelszíni médiaszolgáltatások nyújtására hasznosítható frekvenciakészletről. Ennek a rendelkezésnek az alapján a földfelszíni médiaszolgáltatások nyújtásának céljára – beleértve az előfizetés nélkül igénybe vehető televízióadás sugárzását (MinDig TV) – a 470–694 MHz frekvenciasáv használható fel.

Az országos földfelszíni digitális televízió-műsorszórás céljára – a 694–790 MHz tartomány sávkiürítését követően – rendelkezésre álló csökkentett frekvenciakészlet optimális felhasználása érdekében a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH) pályázatot írt ki 2019 áprilisában, melynek nyertese az Antenna Hungária Zrt. (AH) lett. Az NMHH és az AH „Országos földfelszíni digitális televízió műsorszóró hálózatok üzemeltetési jogosultságának gyakorlása” tárgyában 2019. szeptember 18-án hatósági szerződést kötöttek, amely alapján az Antenna Hungária 2020. szeptember 6-tól kezdődően további 12 évre megszerezte a földfelszíni digitális televízió műsorszóró hálózatok üzemeltetési jogosultságát, azonban már nem használhatja a 694–790 MHz-es frekvenciatartományt.

A hatósági szerződést követő szűk egy évben az Antenna Hungária a sugárzást 3 multiplexen DVB-T2-technológiára váltotta, új telephelyeket épített ki, megújította OTT-platformját, termékstruktúráját és a lakossági márkáit. 2020. novemberétől a mindigTV mellett, a MinDig TV Extrát felváltó mindigTV PRÉMIUM, valamint a mindigGO TV-t és a mindigGO Sportot egyesítő mindigTV GO márkanevekkel találkozhatnak az AH ügyfelei.

2. Az Antenna Hungáriáról

Az Antenna Hungária elődintézményei révén a kezdetek óta jelen van a műsorszórásban; infrastruktúrája, szakmai tapasztalata, kompetenciái és a központi tevé-

kenységgel szinergiában működtetett egyéb távközlési szolgáltatásai révén a hazai földfelszíni műsorszórás megkerülhetetlen szereplője. Állami vállalként célja, hogy biztosítsa a lakosság számára az ingyenes médiafogyasztás lehetőségét az audiovizuális szolgáltatások magas minőségű rendelkezésre állásával, az elérhető tartalmak bővítésével, valamint az ingyenes platformok használatának minél szélesebb körben történő elterjesztésével.

A földfelszíni műsorszóró platform sikere az Antenna Hungária számára kulcskérdés. Hosszú távú eredményének biztosításához éppúgy szükséges a vonzó csatorna-kínálat fenntartása, mint a frekvenciákkal való hosszú távú, hatékony gazdálkodás. A Társaság ennek szellemében működteti és fejleszti a platformot több, mint 10 éve. Az elmúlt évtizedben elért eredményei hűen tükrözik szakmai kompetenciáit és a földfelszíni műsorszórás sikere iránti elkötelezettségét; kiemelt stratégiai célja a hazai földfelszíni televíziózás magas minőségű biztosítása a 2020 utáni időszakban is.

3. Műsorszórás az Antenna Hungáriánál

Az Antenna Hungária fő tevékenységi területe az országos földfelszíni televízió- és rádióműsor-szórás, illetve -szétoztás. Az Antenna Hungária (és elődei) üzemelteték Magyarországon az analóg földfelszíni TV-szolgáltatást egészen 2013. október 31-ig, az utolsó analóg adó lekapcsolásáig.

Az Antenna Hungária 2008. szeptember 5-én öt digitális televíziós és egy rádiós multiplex 12 évre szóló üzemeltetési jogosultságát nyerte el, és 2008. decemberében indította útjára az előfizetési díj nélküli MinDig TV elnevezésű szolgáltatását. Az eleinte két csatornával induló díjmentes platform fél éven belül hét csatornára bővült, és mostanra már 12 televíziócsatorna és egy információs csatorna programja fogható. Az AH teszt-jelleggel folyamatosan biztosítja a HbbTV-szolgáltatást is a DVB-T-platformon.

2010. május 25-én elérhetővé vált a nézők számára az azóta már **mindigTV PRÉMIUM** néven futó, korábban MinDig TV Extra elnevezésű kódolt, fizetős szolgáltatás is. A mindigTV PRÉMIUM előfizetők a szolgáltatás négy főcsomagjának valamelyikét választhatják; az „Alap” és „Családi” előfizetés mellé becsatlakozott még a „Belépő” és a „Gyerek” csomag is (1. ábra). Utóbbi a televíziós szolgáltatások piacán egyedülálló, mivel ebben az ön-

állóan előfizethető tematikus csomagban 10 gyerekadó mesehősei és kalandjai várják a kisebbeket. A „Szabadidő” kiegészítő csomagban pedig a sport-, film- és a felnőtt tartalmak találhatók.

Az Antenna Hungária által kialakított megoldás nagy előnye, hogy rugalmasságot kínál a néző számára, aki maga dönthet arról, hogy kizárólag a szabadon fogható, kódolatlan adásokat kívánja igénybe venni, vagy pedig

1. ábra
A mindigTV
PRÉMIUM
szolgáltatás
csatorna-
kiosztása



mindig TV PRÉMIUM csatornakiosztás

2021. január 1-től

BELÉPŐ MŰSORCSOMAG - 6 csatorna

TV2 Comedy	RTL+	hírTV	ATV
Sláger TV	Bonum		

ALAP MŰSORCSOMAG - Belépő műsorcsomag + 22 csatorna

Film+	Cool	Mozi+	Viasat3
Prime	Super TV2	RTL II	AMC
Paramount Network	TV4	National Geographic	JimJam
Disney Channel	Sport1 HD	Spíler1 HD	Ozone Network
SuperOne	FIT HD	PAX TV	D1 TV
Heti TV	FIX		

CSALÁDI MŰSORCSOMAG - Alap műsorcsomag + 20 csatorna

Spektrum	Discovery Channel	TLC	Comedy Central
AXN	RTL Gold	Moziverzum	JOCKY TV
Sorozat+	Sport2 HD	Spíler2 HD	Aréna4 HD
Minimax	Cartoon Network	Nickelodeon	Nick Junior
TV2 Kids	TV Paprika	TV2 SÉF	Life TV

SZABADIDŐ KIEGÉSZÍTŐ CSOMAG - Alap- vagy Családi műsorcsomag mellé

Animal Planet	Discovery Science	Nat Geo Wild	Viasat History
Fishing & Hunting	Brazzers	Filmbox Prémium	

GYEREK MŰSORCSOMAG - 10 csatorna

JimJam	Disney Channel	Minimax	Cartoon Network
Nickelodeon	Nick Junior	TV2 Kids	Baby TV
Boomerang	Nicktoons		

DIGITÁLIS FÖLDFELSZÍNI TELEVÍZIÓS PLATFORMON KÓDOLATLANUL, ELŐFIZETÉSI DÍJ NÉLKÜL ELÉRHETŐ CSATORNÁK:
M1 HD, M2 HD, Duna HD, M4 Sport HD, M5 HD, Duna World HD, RTL Klub, Spektrum Home+, TV2, Izaura TV, Dikh TV, Pesti TV

további népszerű csatornákhöz is hozzá kíván jutni fizetős szolgáltatás keretében. Választhat, hogy előre fizetett vagy havidíjas szolgáltatást, esetleg további OTT-szolgáltatásokat vesz igénybe.

A digitális földfelszíni műsorszórás (DVB-T) jelentősége továbbra sem kérdéses, közel 650 ezer háztartás használja elsődleges vételi módként a mindigTV és a mindigTV PRÉMIUM szolgáltatásokat. A digitális földfelszíni televíziós hálózatnak köszönhetően a mindigTV és a mindigTV PRÉMIUM csatornák a lakosság több mint 99 százaléka számára elérhetőek (2. ábra).

4. Az Antenna Hungária egyik legnagyobb projektje

A DVB-T2-es projekt indulását – melyet az Antenna Hungárián belül Nemzeti Média Platform (NMP) Projektnek hívunk – lehetne a pályázat kiírására datálni, ám ez nem lenne igaz, hiszen amióta a Társaság tud az EU irányelvről, azóta foglalkozik a „Mi lesz 2020 után?” kérdéskörével. A Nemzeti Média Platform Projekt első szakasza tekinthető stratégiai projektszakasznak, melynek során a lehetséges scenáriók felvázolása, az AH esélyeinek, lehetőségeinek mérlegelése történt meg.

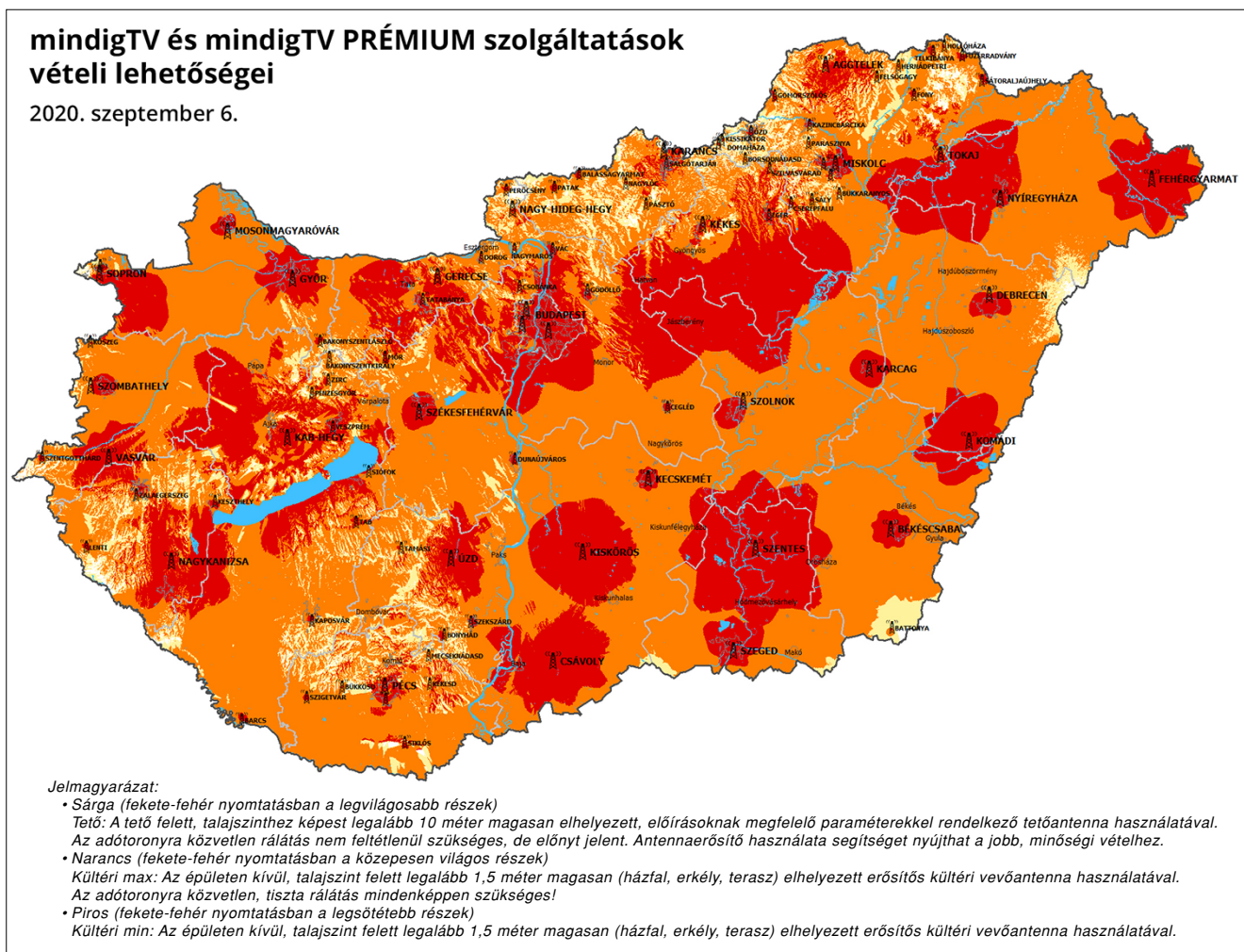
Már ebben az időszakban világosan látszott, hogy az induló Projekt jóval több lesz technológiai átállásnál (ami azért önmagában sem kis falat...), és érinteni fogja az ingyenes free-to-air, a fizetős MindigTV Extra, valamint az OTT-szolgáltatások üzleti modelljének felülvizsgálatát is. Mivel a fogyasztói trendek szerte a világban az OTT-szolgáltatások erősödését mutatják, és az AH maga is már korábban elindult OTT-jellegű szolgáltatásaival (MindiGO TV és MindiGO Sport), logikusnak tűnt ezen tevékenységeket, fejlesztéseket is az átállási projekt részeként kezelni.

Ez az első, stratégiai projektszakasz a frekvenciapályázat kiírásával átlépett a megvalósítási projektszakaszba, melynek terjedelme, scope-ja három fontos területet fedett le:

- Sikeres és eredményes pályázat előkészítése és elkészítése, melynek feltételrendszere összhangban van az AH üzleti tervével, érdekeivel.
- A pályázat megnyerését követően az abban vállaltak megvalósítása.
- A megváltozott mozgástérben az AH üzleti sikerességét leginkább segítő intézkedések megvalósítása.

Megkezdődhetett a pályázat-előkészítés, műszaki tervezés. A Projekt rengeteg teendőt vállalt fel, ennek megfelelően alakult ki a Projekt szervezete is. Az alábbiak

2. ábra A földfelszíni hálózat lefedettsége



ban röviden bemutatjuk az egyes projekt stream-ek feladatait, a „Hálózat átállás” stream feladatainak kivételével, amely a cikk egy későbbi részében kerül részletesebben bemutatásra.

A projekt egyik kiemelt területe volt a szabályozó hatósággal, illetve a Társaság tulajdonosával való kapcsolat-tartás, lobbizás. Ezen feladatokat a „Pályázat/Tulajdonos/Lobby” stream látta el. Ennek a stream-nek a feladatai közé tartozott például a frekvenciapályázat folyamatának végigvitele a pályázat kiírásának megismerésétől kezdve a szakmai inputok begyűjtésén keresztül a szabályozóval történő kapcsolattartáson át egészen a pályázati anyag benyújtásáig, illetve a Hatósági szerződés megkötésének koordinálásáig. Állami vállalat lévén, a pályázatban foglalt vállalásokat jóvá kellett hagyatni az Antenna Hungária Igazgatóságát követően a Tulajdonossal is.

A „Termékkonceptió és vevőkészülék” stream foglalkozott az üzleti koncepció, a tényleges lakossági termék kialakításával (és ennek mindhárom, ingyenes, fizetős TV, illetve OTT-technológiát érintő részével, sőt, a kiegészítő szolgáltatások – mint pl. HbbTV – kialakításával is), másrészt ezzel összefüggésben, ennek a stream-nek a feladata volt a vevőkészülék specifikációja és tendereztetése is. Vevőkészülék alatt értendő az ún. set-top-box, illetve a CA-modul. Az előfizetők számára azért is kellett új set-top-boxokat biztosítani, mivel a technológiaváltás megvalósulásával a régi eszközökkel a szolgáltatás elérhetetlenné vált számukra. Ez a stream foglalkozott továbbá az OTT-szolgáltatásokhoz kapcsolódó fejlesztésekkel, annak érdekében, hogy az AH minél teljesebb, versenyképes szolgáltatást tudjon kínálni ügyfeleinek.

A „PayTV átállás” stream foglalkozott az akkor még MinDig TV EXTRA előfizetők kezelésével. Ezeket a nézőket érintette elsősorban a DVB-T-ről DVB-T2 sugárzási módra történő technológiaváltás, így fontos volt, hogy részükre zökkenőmentesen történjen meg mindez. A „Hálózat átállás” stream (ahogyan az majd a későbbiekben részletesebben ismertetésre kerül) egy országos csatorna-átrendezés, továbbá a 10 részből álló DVB-T2 átállási hullám során teremtette meg országosan az új technológia műszaki feltételeit. Az átállás során régióról régióra történt meg az ország teljes területét érintő technológiaváltás. Ezekhez a hullámokhoz igazodva, de mindenképpen megelőzve kellett a MinDig TV EXTRA előfizetőket új vevőkészülékekkel ellátni, annak érdekében, hogy zavartalanul tudjanak tévézni. A vevőkészülékek cseréjét az Antenna Hungária saját szervezésében, saját költségére végezte el előfizetői részére – ez egyrészt jelentős költséget, másrészt összetett logisztikai feladatot jelentett az ezért felelős Projekt stream számára. A stream felelősségei közé így a következő fő feladatcsoportok tartoztak: a meglévő termékek kifizetésének megtervezése, az ügyfelekkel kapcsolatos jogi aspektusok (szerződések, ÁSZF) kezelése, a régi és az új termékek közötti váltás gördülékeny lebonyolítása, az ügyviteli rendszer szükséges fejlesztéseinek specifikálása, megvalósítása, valamint a már korábban említett set-top-box kiosztás részletes megtervezése, és a tervek alapján annak lebonyolítása.

A „Tartalombeszerzési stream” volt felelős azért, hogy a nézők felé a DVB-T-platformon keresztül vonzó, értékes tartalmak jussanak el, tekintettel arra, hogy a korábban hatályos műsorterjesztési szerződések lejáratára egységesen összehangolásra került a 2020. szeptember 6-ig érvényes hatósági szerződéssel. Ennek megfelelően a MinDig TV és a MinDig TV EXTRA kínálatában fellelhető összes tartalom sugárzását biztosító műsorterjesztési megállapodásokat, a közszolgálati, illetve a kereskedelmi csatornákkal bonyolított tárgyalásokat egy igen szoros határidő betartásával kellett sikeresen lezárni.

A „Marketing és ügyfélkommunikációs stream” felelt az összes, projekthez kapcsolódó kommunikációért, azok megtervezéséért, koordinálásáért, végrehajtásáért. A stream feladatai közé tartozott a MinDig TV EXTRA ügyfelek és a MinDig TV nézők felé irányuló kommunikáció, a megújuló brand kialakítása, a marketingkommunikációs és PR-kampányok lebonyolítása, illetve a felmerülő válságkommunikáció menedzselése is. Ez a stream foglalkozott a „nagy” DVB-T projekt mellett külön projektként futó lakossági márkamegújítási projekttel is.

A „Finanszírozás és BC” stream foglalkozott a projekt beruházási keretének megtervezésével, követésével és a felmerülő finanszírozási, pénzügyi kérdések kezelésével.

5. Az új digitális média platform megvalósítása

Az előbbieken bemutatott Projekt stream-ek közül mind fontosságát, mind az ott elvégzett munka mennyiségét és komplexitását tekintve kiemelkedik a „Hálózat átállás” stream, melyet ezért kicsit bővebben mutatunk be. A „Hálózat átállás” stream feladatait alapvetően a Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság által kiírt pályázat követelményei határozták meg.

Ezek közül a legfontosabbak a következők:

1. 2 DVB-T-hálózatot kell biztosítani alapvetően a közszolgálati csatornák számára, továbbá 3 új DVB-T2-hálózatot kell kialakítani az előfizetési csatornák számára, mindezt a 470 MHz-től a 694 MHz-ig terjedő frekvenciasáv felhasználásával.
2. A videokódolás a 2 DVB-T-hálózaton változatlanul MPEG4 AVC, míg a 3 új DVB-T2-hálózaton HEVC kell legyen.
3. A 2 DVB-T-hálózaton HD-minőséget kell biztosítani a közszolgálati tartalmak számára.
4. A lakossági ellátottság legalább 98% kell legyen a DVB-T-, és legalább 97% a DVB-T2-hálózatokon, melyet 10 m-es irányított tetőantennával történő vételre kell biztosítani. Az AH az ajánlatában ennél magasabb értékeket vállalt: 4 db 99%-os, és 1 db 98%-os hálózatot tudtunk kiépíteni.
5. Esetleges lakossági panasz esetén a közszolgálati műsorok számára további maximum 20 db kis-közepes teljesítményű adóállomás létesítésével kell a megfelelő vételi minőséget elérni.

6. Az NMHH a pályázatban előírta, hogy a közszolgálati csatornák esetén a beltéri antennás vétel továbbra is biztosított legyen ott, ahol az most is biztosított. Továbbá a közszolgálati csatornák esetén a vevőantenna elforgatására csak a lehető legkevésbé esetben legyen szükség.
7. A pályázat előírásai szerint a rendelkezésre állás a DVB-T-hálózatokon 99,9%, a DVB-T2-hálózatokon pedig 99,8% kell legyen. Szigorodó feltétel volt a korábbi pályázat feltételeihez képest, hogy az áramkimaradások nem tekinthetők kivételi körnek, tehát a továbbiakban az AH-nak nem elegendő csak a nagy kockázatú gerincadók és közepes teljesítményű adók esetében biztosítani a szünetmentes tápellátást, hanem a kis teljesítményű telephelyekre is ki kellett azt terjesztenünk.

A fenti követelmények kielégítése érdekében a T2-technológiára történő átállás a műszaki lánc minden elemére kiterjedt (3. ábra).

A műszaki lánc áttekintését kezdjük a *fejállomással*, ahova a forrásjelek érkeznek a tartalomszolgáltatóktól, és amely – ahogy azt neve is sugallja – az egész hálózat legfontosabb eleme. Itt történik a TV- és rádióprogramok kódolása, transzkódolása, multiplexekbe szervezése, a fizetős TV-csatornák titkosítása, a vevőkészülékek működéséhez szükséges jelzési adatok és elektronikus műsorújság- (EPG-) információk beiktatása, a vevőkészülékek levegőn keresztüli frissítéséhez szükséges szoftverképek kijátszása, valamint az SFN-adók működéséhez szükséges adatok beiktatása. Ahhoz, hogy a műsorszóró hálózat T2-képessé váljon, új fejállomás beszerzésére és beüzemelésére volt szükség. Külön érdekesség és műszaki kihívás volt, hogy az átállás időszakában mind a régi fejállomásnak, mind az új fejállomásnak párhuzamosan működnie kellett.

Az *országos szétosztó hálózat* biztosítja, hogy a digitális jelek mikrohullámú és optikai fizikai közegen működő NG-SDH-hálózaton megvalósított Resilient Packet Ring-en (RPR) keresztül eljussanak a gerincadókig. A gerincadóktól mikrohullámú PP-linkeken jutnak el a je-

lek a közepes teljesítményű alapsávi adókhöz. Az adóberendezések előtt az átviteli láncon megérkező jelfolyamokat pedig vissza kell alakítani alapsávi ethernet- és esetenként ASI-jelekké.

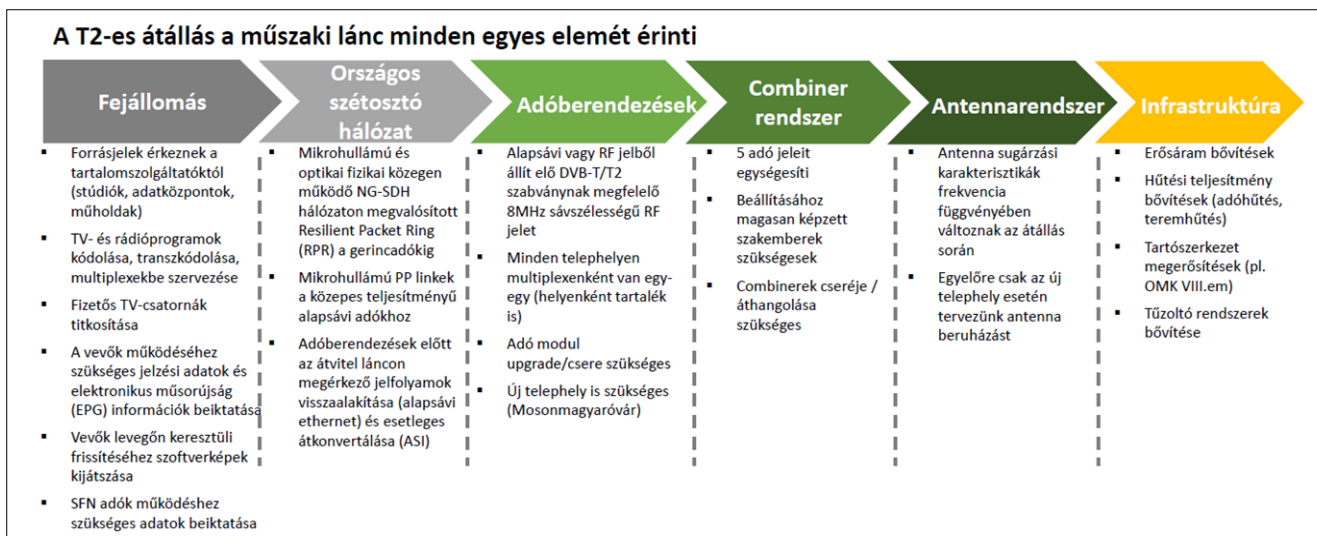
Az *adóberendezések* állítanak elő az alapsávi vagy RF-jelből DVB-T/T2-szabványnak megfelelő 8 MHz sáv szélességű RF-jelet. Az adóberendezésekből minden telephelyen multiplexenként van egy-egy, de helyenként tartalékberendezés is beépítésre került (ún. 1+1-es vagy n+1-es tartalékolás). A T2-technológiára történő átállás során az adómodulok felokosítására (upgrade), illetve esetenként cseréjére is szükség volt. A vételi minőség javítása érdekében az Antenna Hungária a meglévő 91 telephely mellé két új DVB-T2-telephelyet is kiépített, Mosonmagyaróváron és Kékesden.

Az ún. *Combiner-rendszerek* az 5 adó jeleit közösítik annak érdekében, hogy ne legyen szükség minden egyes multiplex jeleinek kisugárzásához külön-külön antenna-rendszerek kiépítésére. A combinerok beállításához magasan képzett szakemberek szükségesek. Számos telephelyen a combinerok cseréje, más telephelyeken azok áthangolása valósult meg. Az áthangolásoknak érdekessége, hogy ez a mechanikus eszközöket igénylő nagyon kifinomult munka több szempontból hasonlítható az orgonasípok hangolásához.

Tekintettel arra, hogy a 2013-as digitális átállás során az AH már lecserélte az analóg *antennarendszereket* digitálisakra, ezek cseréjére a jelen Projekt során nem került sor. Azonban az antennák sugárzási karakterisztikái változtak a frekvencia függvényében az átállás során. Az új mosonmagyaróvári telephely esetén új antenna beszerzését és telepítését is elvégeztük.

Annak érdekében, hogy a technológiai fejlesztések megvalósulhassanak, számos műsorszóró helyszínükön az *infrastruktúra* fejlesztésére is szükség volt. Ezek elsősorban erősáramú bővítések, hűtésiteljesítmény-bővítések (adóhűtés, teremhűtés) voltak, melyekre a nagy teljesítmények és a nagy hőtermelés miatt volt szükség. Érdekessége a műsorszórásra fejlesztett adóberendezéseknek, hogy ezek még az utóbbi évtizedek jelentős

3. ábra A DVB-T műszaki lánc



fejlesztései eredményeként is csupán 35-39% határfokkal működnek, tehát az esetenként jelentős felvett teljesítmény (akár 14 kW) nem elhanyagolható része hővé alakul. A termelő hő vízűtéses, illetve kisebb teljesítmények esetén léghűtéses rendszerek távolítják el a berendezésektől. Vannak olyan telephelyek, ahol a tartószerkezetek megerősítésére és a tűzoltó rendszerek bővítésére is sor került a Projekt során, mint például a Széchenyi-hegyi adóállomásunkon (Országos Mikrohullámú Központ).

Az országos csatornaváltások, valamint a 10 hullámból álló DVB-T2-technológiára történő átállás összes *munkamennyisége* nagyon jelentős: több, mint 600 műszaki feladatot kellett 91 telephelyen előre rögzített szűk időablakokban megvalósítani. Mindezt úgy, hogy a Projekt végső határideje nem változhatott, mert 2020. szeptember 6-án a 694–790 MHz frekvencia tartományt már nem használhattuk.

6. Megújuló OTT platform és új termékstruktúra

A projekt során a „Termékkonceptió és vevőkészülék” stream foglalkozott az OTT-platform megújításával, illetve az új termékstruktúra kialakításával. Az OTT-platform cseréjének fő indoka az volt, hogy az Antenna Hungária egy olyan jövőálló, a mai kor nézői igényeit teljességgel kielégítő, ugyanakkor egységes megoldást vezessen be, amelynek segítségével integrálhatók a különböző technológiák, és a néző adott esetben nem is tudja azt, hogy épp melyiket veszi igénybe, amikor egy műsort néz. Az új OTT-platform elérhető internetkapcsolat segítségével akár számítógépen, telefonon, tableten, vagy arra alkalmas set-top-boxokon (természetesen a MinDig TV Extra/mindigTV PRÉMIUM előfizetők részére ilyen boxok kerültek kiosztásra). A platform váltásával az új mindigTV GO-ba kerültek integrálásra a korábbi mindiGO Sport tartalmak és szolgáltatások.

A mindigTV GO platformra egy ingyenes regisztrációt követően lehet belépni és díjmentesen nézni 14 csatornát, valamint a szolgáltató egyedi tartalmait, például a Raktárkoncert-sorozatot, vagy olyan exkluzív sporttartalmakat, mint az EsportGuru csatorna élő adásait, megfelelő internetkapcsolat esetén. Sőt, a kosárlabda szerelmesei még a magyar NB I férfi és női kosárlabdabajnokság mérkőzéseit is figyelemmel kísérhetik a HUNBASKET előfizetői csomag keretében. Szintén a mindigTV GO újdonságaként, a TV MAX csomag előfizetésével a teljes televíziós kínálat online is elérhetővé vált. Azok számára, akik szeretik, ha szabadon válogathatnak a filmek és sorozatok között, és nem köti őket a műsoridő, az Antenna Hungária tartalom bővítésének köszönhetően elindult a mindigTV GO Videótár szolgáltatása.

A már korábban is említett változások, az online tartalomfogyasztás erősödése alapozta meg a TV+ NET csomagok elindítását. Ebben az esetben a mindigTV PRÉMIUM csomagok már mobilinternettel együtt is elérhetők a kínálatban.

Az OTT-platform fejlesztése nem áll meg, folyamatosan kerülnek implementálásra az újabb és újabb funkciók.

7. Összefoglalás

Összefoglalva a cikkben leírtakat, látható, hogy az Antenna Hungária Nemzeti Média Platform projektje jóval többet jelentett az önmagában is kiemelkedő és összetett technológiai átállási feladatnál, és rengeteg ponton kapcsolódott az AH szinte minden területéhez. Azt már látjuk, hogy a műszaki átállás menedzselése sikeresen lezajlott, és hiszünk abban is, hogy időtálló üzleti megoldást hoztunk létre, egy olyan megújított termékportfólióval, mely nézőink, ügyfeleink maximális elégedettségéhez vezet majd.

A szerzőkről



GERLEI GYÖNGYVÉR 2019. április 1-től az Antenna Hungária Zrt. kereskedelmi igazgatója. Feladata a vállalat teljes szolgáltatási portfóliójának lakossági és üzleti értékesítési tevékenységének koordinálása, összehangolása. A komplex szolgáltatási portfólió részét képezi a műsorgyártási és műsorszóró tevékenység, az ingyenes és fizetős tv, az OTT-szolgáltatások, valamint IT-biztonsági és távközlési szolgáltatások. A kereskedelmi szakközgazdászként végzett szakember, húsz éves értékesítési menedzser tapasztalattal rendelkezik, melyből 15 évet dolgozott a telekommunikációs szektorban, az Invitel Távközlési Zrt.-nél és jogelőd cégeinél 2001-2015 között. 2016-tól három évet töltött a Canon Hungária Kft.-nél, ahol a magyarországi leányvállalat értékesítési csapatát vezette.



MICHALETZKY-HOLKA BORISKA bölcsész és közgazdász végzettséggel rendelkezik. Pályáját a Magyar Telekomnál kezdte, ahol termékmenedzserként, majd üzletfejlesztési menedzserként dolgozott és feladata az új szolgáltatások, termékek piacra vitele volt. A Telekomnál eltöltött hét évet követően a Deloitte-hoz került, ahol menedzserként volt alkalma változatos iparágakban (távközlés, pénzügyi szféra, energiaszektor) projekteket menedzselni. A projektek vezetésén felül a Deloitte Agile és Hybrid módszertan belső trénerként is tevékenykedett. Az Antenna Hungáriánál 2017 tavasza óta dolgozik, üzletfejlesztési osztályvezető pozícióban. Az üzletfejlesztési osztály viszi a cégnél a kiemelt, illetve stratégiai projekteket, melyek több szervezeti egység munkájának összehangolását kívánják meg, illetve itt vannak az akvizíciós projektek is.



SZILASSY MIKLÓS a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett mérnöki diplomát. Pályája során több iparágban dolgozott: távközlés, építőipar, minőségirányítás, jellemzően projektvezetőként, projektkezelő-vezetőként. Az utóbbi hat évben az Antenna Hungáriánál projekt- és programvezetőként fog össze közepes és nagy projekteket. Sokéves tapasztalata van EU-s társfinanszírozású projekteken. Dolgozott Magyarországon kívül Európában, Nagy-Britanniában és Ázsiában (Malajzia) is.

A V2X-kommunikáció alkalmazási területei, avagy miről beszélgetnek egyre okosabb járműveink?

BOKOR LÁSZLÓ¹, CSEPINSZKY ANDRÁS², VÁRADI ANDRÁS³, FARKAS KÁROLY^{1,4}

¹BME VIK Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék,

²NNG Szoftverfejlesztő és Kereskedelmi Kft., ³Commsignia Kft., ⁴NETvisor Zrt.

{bokorl; farkask}@hit.bme.hu, andras.csepinszky@nng.com, andras.varadi@commsignia.com

Kulcsszavak: V2X/C-ITS, járműkommunikáció, V2X alkalmazás evolúció, többretegű térkép koncepció

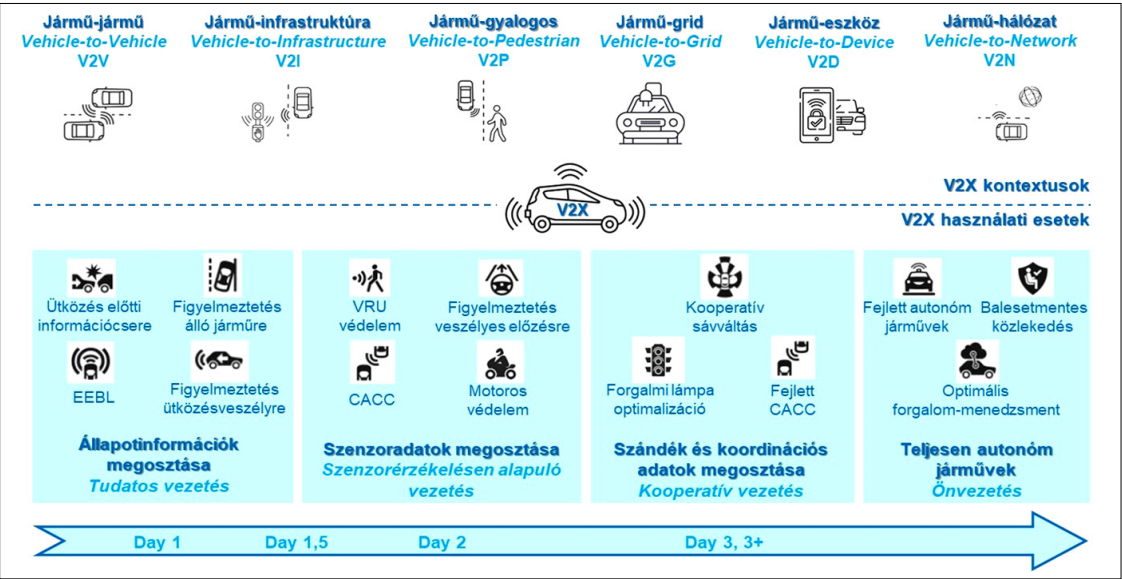
A járműkommunikációval kapcsolatos technológiák rohamos fejlődése a segítségükkel megosztható adatok körét tekintve is folyamatos bővülést eredményez, ami a V2X-alkalmazások egyre nagyobb választékát és gyorsuló terjedését hozza el. A folyamat jelenleg látható és a közeljövőre kivetíthető eredményeinek bemutatásához cikkünkben részletezzük, hogy miként jelentek meg a dinamikus adatok közlekedési rendszereinkben való felhasználási módjai, bemutatjuk ezen adatok szerepét, valamint a közlekedés biztonságát és hatékonyságát növelő alkalmazási lehetőségeit. Kitérünk a kooperatív kommunikáció önvezetést támogató megoldásokon belüli jelentőségére, majd az alkalmazásevolúció fázisainak és fontosabb képviselőinek ismertetésével részletezzük a dinamikus adatok felhasználásában a V2X által lehetővé tett forradalmi fejlődést és annak potenciális hatásait.

1. Bevezetés

A V2X (Vehilce-to-everything) – melyet magyarul egyszerűen járműkommunikációnak nevezünk – egy speciális, szabványos architektúrára és protokollokra épülő [1], vezeték nélküli kommunikációs technológiacsoport, mely mára a legkülönbözőbb használati esetekben és kontextusokban alkalmazható, fejlődése pedig töretlen (1. ábra).

Megkülönböztetünk jármű-jármű közti (V2V) adatcserét, mely lehetővé teszi, hogy egymással szemben közlekedő autók képesek legyenek egymást digitálisan észlelni, és még arra is maradjon idejük, hogy automatikusan beavatkozzanak. Jellemzően ezekben az esetekben tízedmásodpercek alatt végbemegy a teljes folyamat az első adatcsomag vételétől a beavatkozás megkezdéséig. Létezik még jármű-infrastruktúra (V2I) kapcsolat, mely az autókkal közvetlen, biztonságos és megbízható adatcse-

rét lehetővé tevő út menti eszközökkel való kommunikációt takar. Ezzel például jelzőlámpák állapotinformációit képes a „kereszteződés” elküldeni a járműnek. A gyalogosokkal és más sérülékeny közlekedőkkel (pl. kerékpárosokkal) való kapcsolattartást a V2P jelenti. Ide tartozik például a mobiltelefonnal vagy más okos eszközzel való információcsere. A V2V és V2I mellett legelterjedtebb kommunikációs fajta a V2N, mely a hálózattal való kapcsolattartásra utal és elsősorban 4G-, 5G- és majd 6G-alapú technológiákat foglal magában. Ide tartozik például a HD- (többretegű) térkép adatok szinkronizálása, mely az autonóm járművek bevezetésének egyik alappillére. Az irodalom megkülönbözteti még a V2D-t, azaz a járműhöz kapcsolt eszközökkel való kapcsolattartást és a V2G-kommunikációt, mely elsősorban az elektromos járművek és az elektromos hálózat közötti szimbiózist (és az azt lehetővé tevő adatkapcsolatot) foglalja magába.



1. ábra
V2X-kontextusok és használati esetek

Bár a V2X alapvetően a kis késleltetésű, ad-hoc V2V-hálózati összeköttetések alapján szerveződő technológiaként indult, az alkalmazásokban ma már – ahogy az a különböző kontextusok és használati esetek széles választékából látható – az infrastruktúrának is fontos szerepe van (2. ábra).

Információk futnak össze a város vagy közútkezelő forgalommenedzsment-központjában (Traffic Control Center, TCC) és a vonatkozó entitásokban az útinfrastruktúrával, a forgalommal, az időjárással, az útmenti munkavégzésekkel és sok egyébvel kapcsolatban, melyeket az ún. Central ITS Station (C-ITS-S) segítségével a Roadside ITS Station nevű útmenti berendezések (R-ITS-S) adott V2X-szolgáltatásokat és használati eseteket alkalmazva hatékonyan kiküldhetnek az úthasználók felé. Ezek az útmenti V2X-állomások megfelelő lefedettség és penetráció esetén az ad-hoc V2V-kommunikációban is segíthetnek, valamint nem csak a járművek felé, hanem a járművek felől is közvetíthetnek adatokat. Ebben a rendszerben a járművek közötti közvetlen vezeték nélküli kapcsolatot jelenleg a Wi-Fi bizonyos szabványaira támaszkodó ETSI ITS-G5 nevű ad-hoc kommunikációs technológia biztosítja, ami a járművek és az útmenti R-ITS-S-állomások közti adatátvitelért is felel [2].

Az IP-alapon működő mobil celluláris átvitel (pl. 4G LTE, 5G) és az így elérhető mobileszközök bevonásával a hibrid V2X (ITS-G5 + celluláris) [3] is hamarosan megjelenik, majd később a celluláris V2X (pl. 5G NR C-V2X) [4] is jelentős szerepet kaphat a járművek rádiós kommunikációjában. Az útmenti R-ITS-S-berendezések hálózatba integrálása és a központi C-ITS-S-állomással való összeköttetése alapvetően fényvezető alapú felhordó- és aggregációs hálózati szegmenssel, valamint szolgáltatói kategóriájú maghálózattal oldható meg hatékonyan, de akár vezeték nélküli megoldások is elképzelhetők erre a célra. Itt már mindenképpen IP-alapú kommunikációról beszélünk, ami lehetővé teszi, hogy a C-ITS-S-entitás különféle forrásokból (diszpécserközpont, DATEX II hub stb.) kapjon a járművek felé továbbítandó adatokat és a

járművek felől érkező adatok feldolgozásra való továbbítása is megoldható, valamint az IP-alapú hibrid V2X-adatcsere-interfészek is támogathatók. Fontos még kiemelni, hogy a különböző technológiák és kommunikációs lehetőségek nem kompetitív módon, hanem egymást kiegészítve kerülnek telepítésre, ezzel biztosítva, hogy egy adott szolgáltatást mindenki harmonizált módon érjen el.

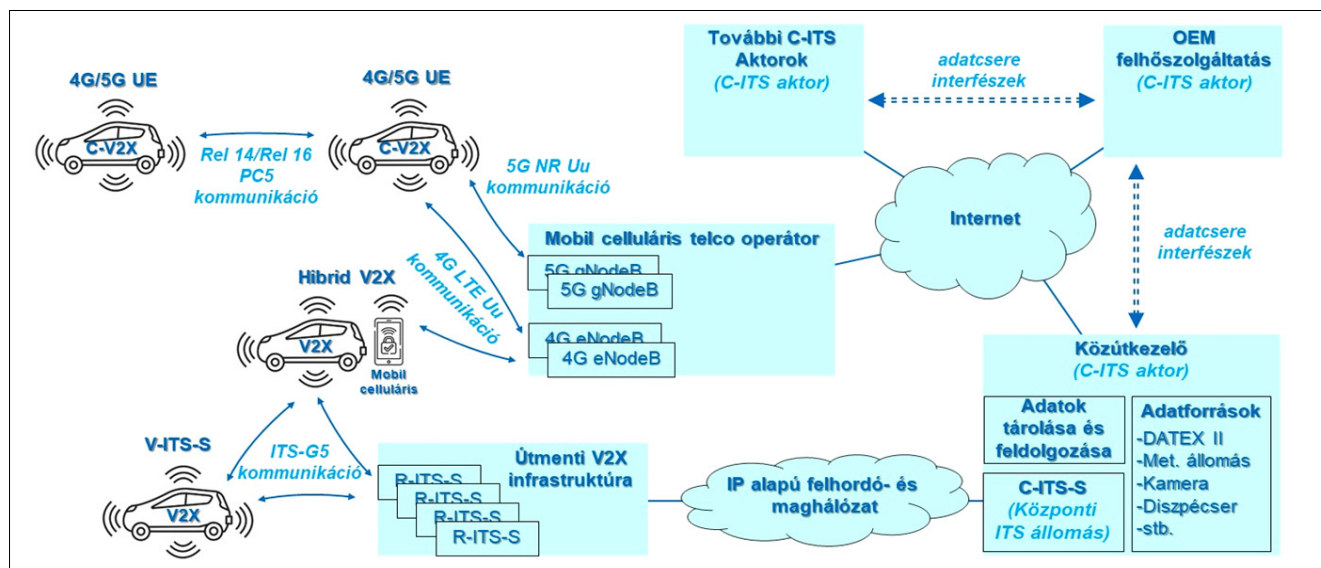
A cikk célja egy olyan körképet felvázolni, amely áttekinti, hogy ebben a járműkommunikációs hálózati környezetben és az elérhető kontextusokra támaszkodva milyen adatokat tudunk megosztani, milyen alapokra épül az adatok átvitele, hol tart jelenleg a járműkommunikáció az önvezetés alapvető infrastruktúrájává válás felé vezető úton, és mi várható a következő 5-10 évben a V2X terén. Továbbá rámutatunk, hogy ugyan lehetséges pusztán fedélzeti szenzorokra és adatokra támaszkodva gépi vezetést megvalósítani, azonban egy ponton túl nem növelhető sem a biztonság, sem a forgalom sebessége. A közlekedés további optimalizálása, így a balesetek számának csökkentése egy adott útszakasz áteresztő képességének egyidejű növelése közben csakis a közlekedők valós idejű adatkapcsolatának biztosításával, a közöttük lévő fejlett kooperációval, valamint a rendelkezésre álló és megosztható adatok körének és mennyiségének növelésével valósítható meg.

Ennek megvilágításához először áttekintjük a dinamikus adatok közlekedésben történő megjelenésének folyamatát, bemutatjuk ezen adatok szerepét, majd az alkalmazásevolutió ismertetésével részletezzük a dinamikus adatok felhasználásában a V2X által lehetővé tett forradalmi fejlődést és annak potenciális hatásait.

2. Dinamikus adatok szerepe az intelligens közlekedésében

A közlekedés legkülönbözőbb folyamatainak befolyásolásához, javításához, ill. optimalizálásához adatokra van szükség, és ha ezeket az optimalizálási feladatokat a jár-

2. ábra V2X járműkommunikációs infrastruktúra



műben kell végrehajtani (például a sofőrnek egy bedugult városrész időben történő, alternatív útvonalat használó kikerülésével), akkor a nélkülözhetetlen adatokat el kell juttatni a járművekbe, a járművezetőkhez. Kezdetben az ilyen adatok szerepét statikusnak tekinthető térképadatok játszották, melyeket a járművekben előre telepítettek és úgy használtak. A térképek közötti gépjárművekben történő navigációs célú felhasználása nem mai keletű, az első járműfedélzeti navigációs rendszer már az 1930-as években megjelent (az olasz fejlesztésű Iler Avto), majd jelentős áttörést az 1980-as években a Honda által kifejlesztett Electro Gyro-Cator ért el, mint az első, kereskedelmi forgalomban kapható integrált térképalapú navigációs rendszer. Ezek a rendszerek még híján voltak az olyan digitális infrastruktúrának, mint a digitális térképadatok, műholdas helymeghatározás vagy a forgalmi információk megosztása [5].

A következő technológiai áttörést a digitális rendszerek megjelenése jelentette az 1980-as évek elején, amikor a Phillips és a Bosch az RDS/TMC (Radio Data System/Traffic Message Channel) alapjain kezdtek dolgozni, majd a digitális, úgynevezett SD-térképek kifejlesztése – a navigációs eszközökben használt szabványos felbontással rendelkező digitális térképek, melyek kis helyet foglalnak el –, ami az 1985-ben alapított Navtech (később Navteq, Nokia, HERE Technologies) nevéhez fűződik [5].

Az 1990-es évek elején felmerült az igény a valós idejű forgalmi adatok felhasználására: ennek eredménye lett egy, az európai DRIVE-program keretében végrehajtott projekt, amelyben kidolgozták és tesztelték az FM-rádiós technológián alapuló RDS/TMC-protokoll részletes specifikációját, melyhez az azt kiegészítő adatspecifikációt egy másik, de hasonló projekt eredményeire alapozva készítették el [6]. Az RDS/TMC további karbantartására és fejlesztésére létrehoztak egy szervezetet, a TMC Forumot. Ebben az időben a sajátos körülmények miatt Japánban szintén kidolgoztak egy RDS/TMC-szerű rendszert, ami FM Multiplex Broadcast-on 76–90 MHz-es tartományban működik, valamint rendelkezik infravörös és mikrohullámú (2,5 GHz-es ISM-hullámhosszú) jeladókat használó támogató rendszerrel [6].

A járművek megbízható és gyors helymeghatározásához nélkülözhetetlen digitális infrastruktúrát az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által 1978-ban kifejlesztett Globális Helymeghatározó Rendszer (GPS) jelentette, melynek civil felhasználásának engedélyezését a Korean Air Flight 007 1983-as katasztrófáját követően jelentette be a Reagan-adminisztráció – bizonyos pontossági korlátokkal. Ennek feloldását a Clinton-adminisztráció jelentette be 2000-ben, és ezt erősítette meg a Bush-adminisztráció 2007-ben [7].

Az ekkorra felfutó ICT-forradalom az 1990-es években megnyitotta az utat a közúti gépjárművek fedélzeti navigációs eszközökkel való ellátása felé, melyek először a felső kategóriájú gépjárművekben jelentek meg meglehetősen borsos áron, majd a gazdasági siker és a rendszer hasznosságának következtében rohamosan terjedni kezdtek, mind integrált járműfedélzeti rendszerekként, mind úgynevezett nomád navigációs eszközök

formájában. Igazán átütő sikert azonban az okostelefonok elterjedésével, ingyenes navigációs szoftverek megjelenésével értek el.

Számos, kutatást és felhasználói hatásvizsgálatot lefolytató EU-finanszírozású projekt eredményeinek köszönhetően felmerült annak az igénye, hogy minél pontosabb, frissebb és megbízhatóbb adat álljon rendelkezésre az Advanced Driver-Assistance System (ADAS) vezetéstámogató rendszerek (navigáció, adaptív tempomat, kanyarsebességre figyelmeztető rendszer, prediktív erőátviteli rendszer stb.) számára. A gépjárművek vezetéstámogatásához szükséges adatigény a hálózatba kapcsolt gépjármű-technológiák továbbfejlesztésével vált lehetővé: az 1990-es években a gépjármű-telematika ereendően gyártóspecifikus, korai mobil-telekommunikációs technológiákon alapuló (SMS-alapú) telematikai protollokat használt, melyeknek technológiai korlátai (az SMS-szolgáltatás alacsony hálózati prioritása, a üzenetek korlátozott mérete) valamint a szolgáltatás minősége miatt az adatok továbbítása időnként jelentős időeltolódással valósult csak meg. Hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a mobil telekommunikációs hálózatok fejlődése (3G, 4G stb.) elavulttá teszi ezeket a korai gépjármű-telematikai protollokat, ezzel megnyílt az út az IP-alapú (Internet Protocol) technológiák fejlesztése felé: olyan projektek láttak napvilágot, melyek a korábbi megoldások továbbfejlesztésével keresték az utat a jövő technológiai felé. A brüsszeli központú Telematics Forum segítségével 2004-ben elindult az az Európai Bizottság által támogatott projekt, mely létrehozta a korábbi SMS-alapú protollok összeolvasztásával és továbbfejlesztésével az első szabványnak tekinthető Globális Telematikai Protokollt, mely TCP/IP-alapú kommunikációt használt [8].

Ennek a projektnek az eredményeire alapozva indította meg az Európai Bizottság azt a programot, melyben három jelentős, több tíz millió eurós projektnek [9–11] köszönhetően létrejött a V2X-rendszerek koncepciója, és megkezdődött a szabványosítási folyamat is a különböző nemzetközi és európai szabványosítási szervezetek műszaki bizottságaiban.

A másik oldalon az RDS/TMC-rendszer által biztosított forgalmi adatok technológiai korlátainak és szolgáltatási hiányosságainak eredőjeként létrejövő, a forrásadatok összegyűjtésének időpontja és a végfelhasználóhoz eljuttatása közötti jelentős időeltérés miatt – ami bizonyos esetekben akár 30 perc is lehet – az ipari szereplők létrehozták a TPEG- (Transport Protocol Experts Group) technológiát [12] és elindították Németországban a Mobile.info projektet. A TPEG-szabvány által definiált rendszer dinamikus, nem térképekbe kódolt helymeghatározási módszerek felhasználására is képes, többcélú szolgáltatást (forgalmi információk, időjárási információk, üzemanyagár-információk, tömegközlekedéssel kapcsolatos információk stb.) biztosítani tudó megoldás, mely többféle kommunikációs csatornát is képes használni: DAB-adást vagy internetes kapcsolatot. Ezeket a dinamikus térképi adatokat azonban továbbra is jellemzi bizonyos időeltolódás, vagyis a forrásadatok megjelenése és azok végfelhasználóhoz juttatása között akár

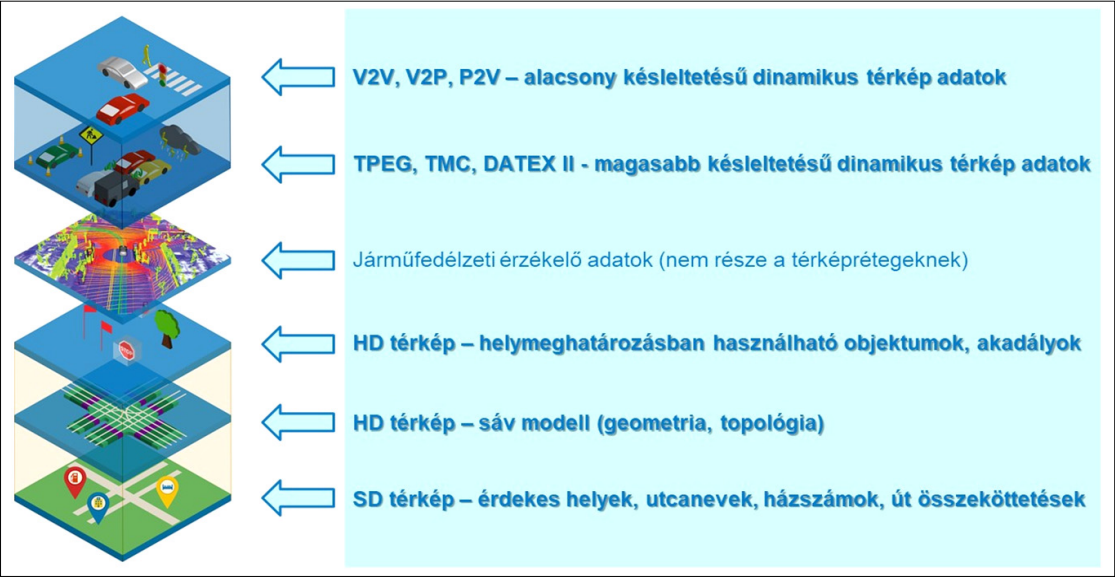
több perc is eltelhet a feldolgozás, ellenőrzés, kódolás és a végfelhasználó készülékére juttatás folyamatának időigénye miatt. Emiatt az alapvető, V2V biztonsági alkalmazások fejlesztése mellett a navigációs rendszerek evolúciója során is felmerült a V2X-adatok felhasználásának igénye [13], hogy az adatok elhanyagolható időeltolódással történő direkt felhasználásával jelentősen javíthassanak a gépjárművezetők kritikus forgalmi szituációkkal (balesetek, álló járművek, úton folyó munka stb.) összefüggő tájékoztatásán.

A gépjárművekben használt modern, nagy megbízhatóságú celluláris külső adatkapcsolatnak hála rendszeres módon, részlegesen vagy teljesen frissített digitális térképeknek, az ehhez kapcsolódó folyamatosan rendelkezésre álló dinamikus forgalmi és közlekedési információs szolgáltatásoknak és a rendkívül gyorsan, közvetlen kommunikációval a járművezetőhöz eljuttatott V2X-adatoknak köszönhetően a közlekedés biztonsága folyamatosan javul a projektek eredményei szerint. Ugyanakkor az új típusú, automatizált vezetési technológiákhoz felhasznált HD-térképek, a dinamikus adatok új formái, a járműautomatizálást szolgáló 3. generációs TPEG-technológia [14], valamint a V2X-adatszolgáltatások (pl. Collective Perception) és a kommunikációs technológiák (802.11bd, 5G NR C-V2X) fejlődése mind azt vetítik előre, hogy a digitális térképi adatok, legyenek azok statikus vagy dinamikus jellegűek, a közúti gépjárművek fedélzeti érzékelőinek természetes kiegészítőivé válnak, lehetővé téve olyan információk elérését, melyek az érzékelők hatótávolságán kívül esnek. A járműfedélzeti érzékelők hatósugarán kívül eső információk – akár statikus jellegűek, akár dinamikusak – hasznos adatokkal szolgálnak a jármű vezetéséért felelős rendszernek, amely így képes előre tekintve, prediktív módon alkalmazkodni. Ilyen szolgáltatások megkönnyítik a gépjárművezető dolgát, például a fényszórók, tompított világítás adaptív beállításával a kanyar geometriájának megfelelően, vagy az erőátviteli rendszer és az üzemanyag-ada-golás megfelelő beállításával kanyarokhoz, emelkedő-höz vagy lejtőhöz közeledve.

Ehhez azonban meg kell oldani a térképadatoknak a vezetéstámogató- vagy önvezető rendszerhez történő továbbítását, amelyért felelős összetevőt Térkép-Jármű-interfésznek nevezzük. Ennek már rendelkezésre áll a szabványosított változata, az ún. ADASIS-szabvány, mely az önvezetés különböző szintjeit [15] megcélozva igyekszik ellátni feladatát. 2-es változata tipikusan a fejlett vezetéstámogató rendszereket szolgálja ki a 2-es automatizáltsági szintig. 3-as változata, a nagy sáv szélességű belső autótárhálózati technológiát használva alkalmas önvezető rendszerek támogatására akár az 5-ös automatizáltsági szintig – a még rendelkezésre nem álló teljes önvezetésig [16].

Érdemes még megemlíteni a térképi adatok frissítésére használható, úgynevezett járműeredetű adatok összességét, melyek alapulhatnak V2X-technológián, illetve más szabványosított [17,18], vagy gyártóspecifikus telematikai adatgyűjtő megoldáson is. A jármű tehát működése során felhasznál külső forrásból származó térképi adatokat, és elő is állít ilyeneket, melyeket megfelelő módszerekkel a közlekedés többi résztvevőjével, irányítójával megoszt, együttműködik velük. A térképi adatok állandó frissítését, folyamatos frissen tartását lehetővé tevő adatszolgáltatás a jövő „élő” térképének vagy másként nevezve az „öngyógyító térképnek” az alapvető komponense lesz. Ezeknek az adatoknak az együttese a megfelelő időbeli és térbeli referálhatóságot és reprezentációt biztosító térképi megvalósításokkal alkotja majd azt a környezeti modellt, amelynek alapján a járműautomatizálásért felelős rendszer taktikai (sávváltás, fékezés, gyorsítás), illetve stratégiai (útvonalválasztás, önvezető funkció ki- és bekapcsolása) döntéseket meghozza, miután számára a Térkép-Jármű-interfész az adatokat elérhetővé tette.

Mindennek fényében érthető meg a 3. ábrán bemutatott többrétegű térkép koncepciója, melyben az egyes rétegek más és más célt szolgálnak. Az SD-térkép rendelkezik a cél kijelölésére szolgáló adatokkal (érdekes helyek, utcanév és házszám, út-linkek). A HD-térkép sávmodellje a geometria és topológiai adatokat hordozza,



3. ábra
Többrétegű
térkép
konceptiója
az egyes rétegek
funkcióival

a HD-térkép következő rétege pedig helymeghatározáshoz szükséges objektumokat és akadályokat jelentő tárgyakat tartalmaz. Ezek statikus adatok, ritkán változnak meg. A dinamikus rétegekben más térképi attribútumok találhatók, amilyenek például a forgalmi adatok, balesetek, időjárási események, útfelületek minősége, melyek jellemzően gyakran változnak. Ehhez képest a jármű saját, közvetlen környezetéről információt biztosító V2X-adatokkal (CAM [19], DENM [20], IVIM [21], MAPEM/SPATEM [21] stb.) sokkal dinamikusabb változások információit közvetíthetjük, hasonlóan az olyan adatokhoz, amelyeket a járműfedélzeti érzékelőkből lehet kapni.

A kooperatív ITS/V2X-technológia fejlődése tehát alapvetően járul hozzá ennek a komplex koncepciónak a megvalósításához. A V2X alkalmazási területeinek evolúciójában érhető tetten a dinamikus adatok felhasználásában végbemenő fejlődés, mely során az emberi felhasználó (járművezető) információval való hatékony ellátását biztosító megoldások felől haladunk az autonóm közlekedés gépek közötti kooperációjával megvalósítható lehetőségek felé.

3. Forradalmi fejlődés a dinamikus adatok felhasználásában – A V2X alkalmazásevolúciója és fázisai

3.1. Állapotinformációk megosztása (Day 1)

Ahogy azt már érintettük, a V2X elsősorban a valós idejű (<100 ms), biztonságkritikus információk megosztására lett létrehozva, kiegészítve a kevésbé dinamikus és így lassabb (például egy perces) frissítésű adatokkal. A két terület késleltetési idő szerinti differenciálásához hasonlóan területi érvényesség is fennál, hiszen ha valami gyorsan változik, akkor annak pillanatnyi állapota elsősorban a közelben lévő entitásokat érinti. Így elmondható, hogy például az előző részben érintett HD-térkép-adatokkal szemben a V2X elsősorban kisebb területen releváns, általában 1 km vagy néhány száz méter távolságra lévő entitásokra vonatkozó információkkal foglalkozik.

A V2X-kommunikációt sokszor hasonlítják a fedélzeti szenzorokhoz, mi is ezt tettük, azonban egy lényeges tulajdonsága a szenzoroktól jelentősen különbözővé és ezáltal elengedhetetlenné teszi, mégpedig az, hogy nem korlátozza annak hatékonyságát a kommunikáló felek közötti esetleges akadály. Így képes ködben vagy akár épületek mögötti veszélyhelyzetről is információt szolgáltatni, melyre semmilyen más fedélzeti szenzor nem képes.

A „Day 1” használati eseteket megvalósító V2X-alkalmazások a tudatos vezetést („awareness driving”) támogatják. A tudatosság arra utal, hogy a V2X-protokollstack speciális, ún. Facilities-rétegbeli üzenetszolgáltatásai révén a sofőr, illetve az autó tisztában van a környezetével kapcsolatos alapvető állapotinformációkkal (környező V2X-képességekkel rendelkező járművek járműdinamikai adatai, eseményinformációk stb.), a környéken közlekedők legfontosabb paramétereivel, azáltal, hogy veszi és feldolgozza a partnereitől érkező periodikus/esemény-

vezérelt üzeneteket. Így tulajdonképpen előre „látható”, ha például a leállósávban vesztegel valaki, ha nehezen látható helyről tolat kifelé az úttestre, vagy ha baleset történt. A Day 1 alkalmazások közös jellemzője, hogy viszonylag egyszerűek, emberi járművezetőket vesznek alapul, így alapvetően nem avatkoznak be a vezetésbe, csak kiegészítő jellegű információval szolgálnak a vezetők számára. Az ide tartozó használati esetek és alkalmazások napjainkra már tipikusan jól ki vannak dolgozva, elérték a szabványosítás és az implementációs érettség azon fokát, hogy megfelelő biztonsággal telepíthetők közúti járművekbe.

A legfontosabb Day 1 használati esetek közé tartoznak azok a V2V-alkalmazások, amelyek a periodikusan (1-10 Hz közötti gyakorisággal) küldött *Cooperative Awareness üzenetek (CAM)* által szállított státusz- és attribútum-információkra támaszkodva az úthasználók kooperatív tudatosságát növelik a „láss és legyél látható” elv alapján. Ide tartoznak a kereszteződésen való biztonságos áthaladást, a kanyarodást, a sávváltást, előzést támogató alkalmazások és a holtterfigyelés, valamint az ütközésveszélyre figyelmeztetés is. A kooperatív adaptív tempomat (*Cooperative Adaptive Cruise Control, C-ACC*) is ide sorolható, mert a csak haladási irányban való gyorsítás/lassítás kooperatív megvalósítása ebben az alkalmazásban is a CAM Day 1 üzenetszolgáltatásán alapul. A váratlan eseményekre való felkészülést segítik az eseményvezérelt *Decentralized Event Notification (DENM)* üzenetek hordozta információk, melyekkel a V2V kontextusában útmenti munkavégzésre, időjárási körülményekre, álló vagy lassú járművekre, tilos jelzésen való áthaladásra és egyéb hasonló veszélyhelyzetre figyelmeztethetik egymást az úthasználók. Európában elsődlegesen az ETSI és az autógyártókat tömörítő Car2Car Communication Consortium definiál első generációs V2V-alkalmazásokat [22,23].

A Day 1 alkalmazásokra az is jellemző, hogy a V2V kontextusán túl az infrastruktúra is szerves részét képezi a működésnek: megjelennek az infrastruktúra-alapú szolgáltatások (V2I, I2V) [24], melyek statikus és dinamikus információt közölnek az úthasználók számára az infrastruktúra állapotáról, vagy az úthasználók forgalmi és egyéb adatait gyűjtik és hasznosítják különféle célokra.

Ebben a csoportban kiemelkedő jelentőségű az útkarbantartási munkálatok és a vonatkozó forgalmi beavatkozások közvetítése az úthasználók felé. A „figyelmeztetés útkarbantartási munkálatokra” Day 1 alkalmazások (*Road Works Warning, RWW*) legfontosabb célja, hogy figyelmesebbé, információval jobban ellátottá váljon a járművezető: a munkaterület vagy a karbantartást végző járművek/berendezések megközelítése és meghaladása az autóban található információk és a közúti figyelmeztetések elektronikus közlésével és hatékony megjelenítésével biztonságosabbá tehető, így az útépítés okozta forgalmirend-változások és az alkalmazandó vezetési előírások jobban lekövethetők. A hosszabb ideig tartó lezárások okozta változások során szintén könnyebb adaptációra lehet lehetőség, mivel a közlekedési korlátozások kevésbé váratlanok válnak, a hirtelen

bekövetkező eseményekhez képest jelentősen csökkenő balesetszámot és növekvő áthaladási hatékonyságot jelentenek.

Szintén alapvetően infrastruktúra-jármű-kommunikációra hagyatkozó információs szolgáltatás az „értesítés forgalmi veszélyhelyzetről” (*Hazardous Locations Notification, HLN*) nevet viselő alkalmazáscsoport, melynek segítségével potenciális veszélyhelyzetekre lehet felhívni az úthasználók figyelmét. A közúti közlekedés során bármikor létrejöhet olyan szituáció az utakon, amely a biztonságos úthasználatra és/vagy a forgalom hatékonyságára jelentős hatással lehet. A HLN-alkalmazásokat támogató V2X-alapú megoldások elsődleges célja, hogy az úthasználók időben értesüljenek a kialakult veszélyhelyzetekről, biztonsági kockázatokról, és így megelőzhetőek legyenek a potenciálisan kialakuló balesetek. Az úthasználók informálásához fontos paraméterek átvitele szükséges, melyek többek között a veszély formájáról, helyéről, távolságáról, a létrejöttét okozó körülmények fennállásának hátralévő idejéről, a megválasztandó sebességgel és a használandó forgalmi sávval kapcsolatos ajánlásokról szólnak. A releváns információk segítségével a járművezetők alternatív útvonalakat kereshetnek, így elkerülhetik a veszélyes szituáció helyszínét, az esetleges forgalmi torlódásokat. Ha pedig erre nincs lehetőség, a járművezető akkor is időben fel tud készülni a kockázatokra.

A „közlekedési információk megjelenítése” (*In-Vehicle Signage, IVS*) csoportba tartozó alkalmazások legfontosabb célja, hogy a közúti forgalomban kötelezően betartandó, statikus vagy dinamikus szabályozások és tájékoztató adatok az úthasználók számára a járműveken belül is megjelenítésre kerüljenek, ezáltal hatékonyabban juthasson el az információ a járművezetőkhöz, pontosabb legyen az infrastruktúra és az úthasználók közötti adatközlés, és nem utolsósorban a járművezető által választott nyelven (és formában) kerüljön minden megjelenítésre.

Az IVS-alkalmazások mögötti motiváció az, hogy a napjainkban a járművezetőkhöz az infrastruktúra felől adatokat közvetítő forgalmi jelzőtáblák, információs táblák, útburkolati felfestések és változtatható jelzéseképű táblák közös jellemző tulajdonsága, hogy az általuk hordozott információ leghamarabb a látótávolság határán érhet el az úthasználóhoz, az információátadás pedig a telepítés adott helyével korlátozott. Emiatt az esetleges rossz látási viszonyok vagy pillanatnyi figyelmetlenség is okozhatja az információk figyelmen kívül hagyását, nem beszélve arról, hogy a megtekintésre-feldolgozásra csak egy erősen korlátozott, sebességfüggő időablak áll a járművezetők rendelkezésére (vagyis minél gyorsabban megyünk, annál kevesebb időnk marad a nem egyszer kiemelkedő biztonsági vonatkozású adatok kinyerésére). Az IVS-alkalmazások segítségével azonban a hasznos adatok a fenti korlátozásokat feloldva, a fizikai telepítés korlátait kikerülve juttathatók el a járművezetőkhöz, illetve használhatóak közvetlen gépi feldolgozásra (például a tempomat által), hiszen például nincs szükség vizuális úton történő értelmezésükre.

Városi környezetekben üzeneteket közvetíthetünk a kereszteződések topológiájáról és a forgalmi jelzőlámpák fázisairól is [20]. Az ezt megvalósító „jelzőlámpás kereszteződések” (*Signalized Intersections, SI*) nevet viselő alkalmazási csoport célja kettős: egyrészt információt biztosítani az infrastruktúra irányából az úthasználók számára a kereszteződések topológiájáról, a jelzőlámpák állapotátmeneteiről és egyéb vonatkozó jellemzőiről, másrészt pedig jármű-(forgalmi) adatokat gyűjteni az úthasználók irányából a kereszteződések hatékonyságát, jelzőlámpák beállításait javítandó. A vonatkozó komplex forgalmi környezetek környezetvédelmi és költséghatékonysági szempontokból is optimalizálhatóak, elég csak a piros lámpánál motorjukat járatva várakozó gépjárművek fogyasztására és károsanyag-kibocsátására gondolni. Egy kereszteződésen áthaladó forgalom hatékony kezelése, a biztonságos áthaladás szervezése azonban nem egyetlen jelzőlámpa- és sávcsoporthoz érint, hanem a forgalom többi szakaszára, további kereszteződésekre is kihat, amelyet a forgalmi környezet dinamikus hatásai is jelentősen befolyásolhatnak, s erre az adaptív átkonfiguráció, a jelzőlámpák ütemezésének dinamikus szabályozása lehet a megoldás. A speciális esetek kezelése, így például a megkülönböztetett jelzéseket használó járművek prioritizálása további előnyökkel járhat a közösségi közlekedés, a forgalommenedzsment, a kényelem, az energiahatékonyság és a biztonság tekintetében egyaránt.

Kifejezetten az úthasználók által mért/kinyert adatoknak az útkezelő (szolgáltatásnyújtó) számára történő begyűjtésére fókuszál az „úthasználói adatok gyűjtése” (*Probe Vehicle Data, PVD*) alkalmazáscsoport. Ebben a korszerű járművek által ismert alapvető állapotinformációs adatok (pozíció, sebesség, haladási irány, saját járműtípus stb.), valamint egyéb, a vezetési élményt és a közlekedés biztonságát egyaránt befolyásolni képes események beköszöntét jelezni képes szenzoradatok (ablaktörő állapota, ABS, ESC, ütközés-érzékelők stb.) gyűjthetők ki a járművekből, ezáltal az útkezelő a saját hálózatról, annak pillanatnyi állapotáról minden eddiginél pontosabb képet alkothat, különösen azokon a szegmenseken, ahol hurokdetektor, kamera, meteorológiai állomás vagy egyéb, útkezelő által fenntartott szenzor nincs jelen. Az úthálózatról ilyen módon akár valós időben készíthető, kiemelkedő pontosságú felméréssel a forgalom állapotáról, eseményeiről, az időjárási körülményekről, forgalommenedzsment-információkról is nyerhető adat. Ezeket az adatokat az útkezelő a forgalom biztonságának, hatékonyságának növelésére, egyéb I2V használati esetek javítására, a forgalommenedzsment-stratégiák fejlesztésére, statisztikai és modellezési célokra egyaránt használhatja.

Az ilyen és ehhez hasonló adatok feldolgozása és egyszerűbb fúziója mára a Day 1 V2X-alkalmazásokban elterjedtnek tekinthető. A Day 1 alkalmazások nem követelnek meg sávon belüli pozicionálási pontosságot, így a jelenlegi GPS-eszközökkel, sávszintű pozicionálást megcélozva is kielégítően pontos rendszerek készülhetnek.

Érdemes még megemlíteni a Day 1 fogalom definiálásának eredeti szükségességét. Az első generációs minimális szolgáltatási csomag definiálása azért volt kritikus, mert például a mobiltelefon-iparral szemben az autóipar és a közlekedési infrastruktúra is több tízéves ciklusokkal működik. Azaz a Day 1 fogalma a kooperatív V2X közlekedési rendszer alapját jelenti, az a legkisebb kerek egész funkciócsomag, melynek telepítése kellő előnyt (és hasznot) biztosít az iparági szereplőknek. A definíció során tapasztalható némi ellentmondás, miszerint minél előbb valósulnak meg ezek a szolgáltatások, annál hamarabb kezdik kifejteni a hatásukat és így csökkenteni a balesetek számát. Ezzel szemben azonban meg kellett azt is várni, hogy a 20+ évig az utakon (és utak mentén) lévő eszközök megfelelő alapot teremtsenek az új generációs szolgáltatásoknak is, abba beépülhessenek és életciklusuk végéig hasznosak maradjanak.

Összefoglalva tehát a Day 1 alkalmazások azon alapulnak, hogy a kommunikáció segítségével a járművek és az infrastruktúra megosztják a saját állapotukat, státuszukat, majd az alkalmazások ezeket az információkat felhasználva képesek a vezetőt például vészjelzéssel, vagy egyéb segítő jelzésekkel ellátni, így a potenciális veszélyekről és egyéb környezeti paraméterekről a járművezetők időben értesülhetnek. Ebben pedig az első fejezetben már áttekintett járműkommunikációs infrastruktúrának is kiemelkedő szerepe van, hiszen a már ismert alkalmazások nagy részéhez nélkülözhetetlen az információk központi és útmenti infrastruktúra-elemekre támaszkodó gyűjtése, rendszerezése/aggregálása és hatékony továbbítása.

3.2. Állapotinformációk megosztása, kiterjesztve multimodális alkalmazásokra (Day 1,5)

A Day 1,5 néven hivatkozott használati esetek azokra a felhasználási szituációkra vonatkoznak, ahol az állapotinformációk multimodális alkalmazásokban kerülnek megosztásra és felhasználásra [25, 26]. Ezek az alkalmazások alapvetően 6 csoportra oszthatók; így a parkolással, intelligens útvonaltervezéssel, fuvarozással, biztonsággal, ütközéssel és a helytelen menetiránnyal kapcsolatos alkalmazások csoportjára.

A parkolással összefüggő alkalmazások tulajdonképpen információs szolgáltatások arra vonatkozóan, hogy hol vannak szabad utcai vagy fedett parkolóhelyek, hol lehet letenni az autót és tömegközlekedésre váltani (P&R). Ezen szolgáltatások környezetre gyakorolt hatása is jelentős, hiszen segítségükkel csökkenthető a szabad parkolóhely keresésre szánt idő, és ezáltal minimalizálható a felesleges forgalmi és környezeti terhelés is. Hasonlóan, az intelligens útvonaltervezés kategóriába azok az információs szolgáltatások sorolhatók, amelyek segítséget nyújtanak a hagyományos vagy elektromos autók töltésére (is) alkalmas töltőállomások megtalálásában, az aktuális közlekedési információk begyűjtésében és a rájuk alapozott adaptív útvonaltervezésben, valamint a korlátozott hozzáférésű városi zónákban való tájékozódásban. A fuvarozással kapcsolatos alkalmazások elősegítik a városi parkolási zónákban a teherautók közle-

kedésének és parkolásának menedzselését, amely egyaránt előnyös a sofőrök, a gépjárműflotta-kezelők és a közútközlekedő szolgáltatók számára. A biztonsággal kapcsolatos alkalmazások a közutakon kevésbé védett és ezáltal sérülékeny közlekedők, így például a gyalogosok és a kerékpárosok fokozott védelmét szolgálják. Az ütközés megelőzésére szolgáló alkalmazások szintén biztonságkritikus szolgáltatások, amelyek a járművek közötti kommunikáció segítségével azok összeütközésének kockázatát próbálják csökkenteni – különösen korlátozott látási viszonyok között – olyan fokozottan veszélyes forgalmi szituációkban, mint az előzés, kikerülés, párhuzamos forgalmi sávba történő besorolás, vagy motorke-rékpáros feltűnése. Végül a helytelen menetirányra való figyelmeztetés szintén egy biztonságkritikus szolgáltatás, amely egyrészt a sofőr figyelmét hívja fel, hogy a kijelölt menetiránnyal szemben halad, másrészt figyelmezteti a környező gépjárművek vezetőit az így kialakult vészhelyzetre.

A Car2Car Communication Consortium szintén definiál Day 1,5 szolgáltatásokat, azonban csak bizonyos megkötések mellett. Jelenleg is kérdés, hogy az utakon levő autók képesek-e szoftverfrissítéssel 1,5-ös szintre lépni, vagy az autóipar csak teljes generációkat támogat. Egy ilyen Day 1,5-ös alkalmazás a *MAI (Motorcycle Approach Indication)* / *MAW (Motorcycle Approach Warning)*, melyhez motorke-rékpárokból származó V2V információk feldolgozása szükséges.

3.3. Szenzoradatok megosztása (Day 2)

A Day 1 állapotinformációkon alapuló, tudatos vezetést segítő alkalmazásai után a Day 2 fázis az érzékelt szenzoradatokra támaszkodó vezetést („sensing driving”) segítő alkalmazásokat hozza el. A Day 2 alkalmazások továbbviszik, több aspektusukban kiterjesztik a Day 1 alkalmazásokban rejlő lehetőségeket. Az itt kommunikált V2X-üzenetek már nem csak állapotinformációkat közölnek a járművekről, úthasználókról, hanem biztosítják a járművek által észlelt külső világból készített digitális leképezés (objektumok) megosztását is, így segítve elő új típusú, vagy kiegészített képességű szolgáltatások és használati esetek/alkalmazások működését. Jó példa erre a *CPM-(Collective Perception Message)* protokoll és üzenetszolgáltatás [27].

A CPM segítségével szabványos formában tudjuk megosztani a jármű vagy az infrastruktúra érzékelői, illetve monitorozó rendszerei által érzékelt objektumokat, és/ vagy az objektumok közötti szabad („üres”) területet („free space”). Ezt a protokollt arra tervezték, hogy a használati eseteket implementáló alkalmazások a lehető legpontosabb képet kaphassák környezetükről, és a hagyományos állapotinformációk mellett a legkülönbözőbb szenzorok észlelési adatai is kölcsönösen megoszthatóak legyenek. A CPM-üzenetekben közvetített szenzorinformációk és észlelések szenzorfüziós eljárások bemene-tével szolgálhatnak, amelyek ezen kiegészítő adatokat felhasználva és különböző pontosító algoritmusokat, eljárásokat futtatva sokkal pontosabb leképezést alkothatnak a járművet körülvevő világról, a környezet aktuális

jellemzőiről, valamint valós idejű szenzoradatot kaphatnak olyan releváns területekről is, melyek esetleg a saját szenzorai előtt blokkolva vannak. Ez végső soron hatékonyabb szolgáltatásokhoz és az alkalmazások megfelelőbb működéséhez vezet, az evolúciós pálya egy adott szakaszán pedig az önvezető járművek vezérlésének is értékes, sőt, nélkülözhetetlen bemenetül szolgál. A szenzorok által észlelt adatok és információk megosztása emellett minden valószínűség szerint csökkenteni fogja a szolgáltatások és alkalmazások hatékony működéséhez szükséges V2X-penetráció szintjét is.

A Day 2 fázisban elérhető megközelítésekkel alkalom nyílik arra, hogy különböző, a V2X-kommunikációra alapvetően nem képes objektumokról is adatok kerüljenek a C-ITS kommunikációs láncba, az ilyen objektumokról is tudjanak a V2X-alkalmazások, és így jelentősen növekedjék az általuk érzékelhető, felderíthető tartomány. Ebbé a felhasználási területbe tartozik a *VRU- (Vulnerable Road User)* védelem, az előzésre figyelmeztetés és a továbbfejlesztett ütközésdetektálás is. A különböző jármű-típusokhoz köthető különböző prioritások kezeléséhez és támogatásához a kereszteződésekben használható a Day 2 kategóriába sorolt *Signal Request Extended Message (SREM)* és *Signal Request Status Extended Message (SSEM)* üzenetszolgáltatás is [21]. Azonban azok a második generációs út menti eszközök, melyek támogatják a speciális szolgáltatások kérését (SREM/SSEM) – mint például a prioritást, azaz a közlekedési lámpa vezérlést –, képesek a többi Day 2 szolgáltatásra, így percpációs üzenetek küldésére is. Egy speciális autonóm közlekedéshez készült üzenet az RTCM [28], mely elsősorban az önvezető járművek megnövekedett pozíció-pontosságának elérésében segít azáltal, hogy helyi GNSS augmentációs (korrekciós) szolgáltatást nyújt, radikálisan javítva a GNSS pontosságát az adott területen. Ezen kívül komoly fegyvertény a különböző üzenettípusok integrációjának megjelenése ebben az evolúciós fázisban: például a „figyelmeztetés hosszútávú útkarbantartási munkálatokra” (Long-term Roadworks Warning) használati esetben két különböző üzenetszolgáltatás üzeneteinek együttes, kombinált használatára tesz kísérletet az Eco-AT projekt [29].

Mindez az ITS-G5-hálózaton jelentősen növekvő forgalmakat eredményez majd. A növekvő adatforgalom-igény hatására szükségessé válhat bizonyos üzeneteket vagy üzenettípusokat a CCH (Control Channel) helyett egy alternatív csatornára helyezni, és hatékony erőforráselosztási technikákat (*Multi Channel Operation, MCO*) kialakítani [30]. Ennek oka a következőkben keresendő. Az európai Day 1 telepítések alapjait az ETSI EN 302 663 szabványa [2] fekteti le, ami az ECC/DEC/(08)01 döntést [31] és az ECC/REC/(08)01 javaslatot [32] követve meghatározza az európai V2X-frekvenciaprofilit. Az ITS-alkalmazások ETSI-szabvány által nincsenek csatornához kötve, ám az iparági egyeztető fórumok megegyeztek abban, hogy egy adó állomás nem kezdhet el adni egy szolgáltatást más csatornán, mint amelyet a célzott fogadó figyel. Ezek alapján a Day 1 rendszerek esetén még kizárólag a CCH-n történő egycsatornás üzemelésről lehet

szó, minden támogatott szolgáltatást a CCH-n adnak és vesznek a V2X-berendezések. Nagy csatornaterhelés esetén a multihop-üzenetek csak egy ugrásig engedélyezettek a CCH-csatornán. Ha a Day 1 egyrádiós rendszer támogatja más csatornák kezelését, akkor a továbbküldés további ugrásokra az SCH1-en megvalósítható. Mivel a periodikus státuszinformációs üzenetek (*Cooperative Awareness Message, CAM*) 1-10 Hz-es rátával kerülnek kiküldésre, ezért a CCH terhelésének döntő többségéért ezek lesznek felelősek. Az eseményvezérelt üzenetek eseményvezérelt módon kerülnek a csatornára, illetve a további Day 1 üzenetek sem jelentenek jelentősen nagyobb terhelést a CAM-üzeneteknél.

A Day 2 és az utáni szolgáltatások és használati esetek azonban számukban és jellemzően nagyobb igényekben is más helyzetet fognak eredményezni, és az ITS-G5-csatornák kihasználási hatékonyságának növelését követelik meg. Az ETSI TS 102 637-1 szabvány [33] osztályozási módszere alapján létrehozható csoportosítás megfelelő prioritálást tesz lehetővé az alkalmazások között:

1. Aktív biztonsági alkalmazások (Active road safety).
2. Kooperatív forgalom-hatékonysági alkalmazások (Co-operative (road) traffic efficiency).
3. Kooperatív helyi szolgáltatások alkalmazásai (Co-operative local services).
4. Globális internetszolgáltatások alkalmazásai (Global Internet services).

Az egyes osztályokon belüli prioritálás ezután történhet egyedi prioritások hozzáadásával vagy akár egymás közti arbitrációval. Számos koncepció elérhető a többcsatornás használatra [34, 35], melyek legtöbbször igaz, hogy a jelenleg szabványos C-ITS közeghozzáférési megoldás valamilyen módosított alkalmazására alapul: a hatékony csatornahasználatot csatornánkénti vagy cross-channel implementációban biztosítja.

3.4. Szándék és koordinációs adatok megosztása (Day 3, 3+)

A Day 2 fázis után az úgynevezett kooperatív és szinkronizált kooperatív vezetési műveletek („Cooperative and synchronized cooperative driving”) alkalmazásai lehetnek az evolúció újabb lépései, melyek az önvezetés fejlettebb szintjeire érő járművek terjedésével nyernek majd egyre nagyobb szerepet. A Day 3 és Day 3+ alkalmazások legfontosabb újítása, hogy bevezeti a járművek szándékának és a koordinációval kapcsolatos adatoknak a megosztását (*Manoeuvring Coordination Service, MCS*).

A CAV- (*Cooperative Automated Vehicles*) járművek már képesek lesznek ilyen információk cseréjére, így a közlekedés többi résztvevőjével összehangolhatják a manővereiket, megelőzhetik a konfliktusokat. Ide tartozik például az *AGLOSA- (Automated Green Light Optimized Speed Advisory)* alkalmazás, amely a sebesség aktív és adaptív szabályozásával képes a jelzőlámpák fázisátmeneteinek üteméhez igazítani a vezérelt CAV-járművek sebességét. A vonatkozó üzenetszolgáltatások üzeneteiben a közlekedés résztvevői megoszthatják a

tervezett trajektóriájukat, amivel a forgalom a jelenleginél sokkal folyamatosabb, zökkenőmentesebb lehet és elkerülhetővé válhatnak a vezetési szándék félreértelmezése miatti balesetek, vagy akár csupán a felesleges lassítások is [36]. A megfelelő kommunikációs szabványok jelenleg definiálás és kidolgozás alatt állnak, így az üzenetprotollok és üzenetszolgáltatások tipikusan nincsenek még készen: futó vagy nemrég véget ért projektek foglalkoznak ezekkel, a szabványosítás legtöbbször csak kezdeti stádiumban van. Az alapvetően V2V-centrikus koncepciók mellett bizonyos aktivitások már az útinfrastruktúra potenciális, központosított koordináló szerepét is hangsúlyozzák, és az I2V/V2I-kommunikáció forgalommenedzsmentben betölthető szerepeire fókuszálnak. Az I2V koordinációs szolgáltatásokban az infrastruktúra személyre szabott ajánlásokat küldhet a CAV-járműveknek (pl. sávváltási javaslat, sebesség-javaslat), de az infrastruktúra akár át is veheti a CAV-októl az irányítást [37]. A kooperatív adaptív tempomat (C-ACC) jellegű kooperatív vezetéstámogató megoldások terjedése, továbbá a VRU-k passzív szerepének aktívvá válása is várható.

A Day 3+ alkalmazások tipikusan közel állnak a vezetés közvetlen befolyásolásához, így különösen érzékenyekké válhatnak a kommunikációs paraméterek degradációjára.

Ez igaz a kooperatív járműkonvoj („cooperative platooning”) alkalmazások esetén is, melyekben a C-ACC menetvezérlő algoritmusok alkalmazása mellett a konvoj járműveinek közös, szinkronizált manőverezése a feladat, így a CAM-en kívül további kiegészítő üzenetszolgáltatásokra van szükség. A kooperatív járműkonvoj és a kooperatív adaptív tempomat is arra épül, hogy a járművek egymást követik egy formációban, de míg a járműkonvoj-alkalmazásnál nagy hangsúly van az automatizáláson, a komplex manőverek támogatásán, a konvoj tagságának flexibilis kezelésén és az egyes járművek közötti kis távolságon, addig a C-ACC a hagyományos tempomat CAM-alapú kooperatív kiterjesztéseként van értelmezve. Ezek az alkalmazási területek mind arra mutatnak, hogy a fejlett vezetéstámogató rendszerek egyre nagyobb mértékben támaszkodnak a kooperatív kommunikációra, egyeseknek pedig a V2X már egyenesen elengedhetetlen feltétele lesz [38].

3.5. Teljesen autonóm járművek

A harmadik evolúciós fázis funkcióit áttekintve felmerülhet a kérdés, hogy elégséges-e mindez az önvezetéshez? Nos, önmagában biztosan nem, és sok – a cikk keretein belül és kívül eső – technológia együttes, kellő fejlettsége szükséges a megvalósításához. Ahogy az EuroNCAP, az európai járművek egyik kulcsfontosságú biztonsági validáló szervezete is megmutatta egy nemrég megjelent tanulmányában [39]: már a részleges önvezetéshez is javulnia kell például a járművezetőt figyelő rendszereknek, melyek az éberséget ellenőrzik. Továbbá meg kell említenünk a szükséges jogi, törvényi vonatkozásokat is (melyekkel cikkünkben nem foglalkoztunk).

Ha megfigyeljük azonban az önvezetéshez szükséges alapvető információfajtákat, akkor látjuk, hogy a fundamentális építőelemek a Day 3 rendszerekkel elérhetővé válnak, azaz képesek leszünk megosztani minden szükséges információt és le tudjuk fektetni a megfelelő eszközkészletet. Ennek segítségével pedig megtörténhet a generációváltás, melynek során egyre kevesebb emberi beavatkozásra lesz szükség a járművek biztonságos manőverezéséhez, végül már a kormány is eltűnik majd az autókból. Természetesen a gépi manőverezés kísérleti és tesztelési fázisaiban számtalan hiányzó funkcionális összetevő fog még előkerülni, azonban a lényegi elemek már csak fejlődni fognak, alapjuk minden bizonnyal változatlan marad.

4. Összefoglalás

A fentiek alapján megválaszolhatjuk a cikk címében feltett kérdést: járműveink V2X-interfészeiken alapvetően dinamikus, valós idejű, biztonságkritikus információkat fognak egymással megosztani annak érdekében, hogy a környezet folyamatosan változó részleteinek digitális reprezentációit megbízhatóan, ellenőrizhetően a többi jármű rendelkezésére bocsáthassák. Minél közelebb vannak egymáshoz a közlekedésben résztvevők, annál frissebb, dinamikusabb adatokra van szükségük egymásról, hiszen kis távolságokon a vezetés taktikai döntései és feladatai várnak megoldásra: előzés, sávváltás, kanyarodás, lassítás/gyorsítás és hasonlók. A nagyobb távolságra vonatkozó stratégiai döntések (pl. útvonal meghatározása és frissítése) támogatásához mindez kiegészül a kevésbé dinamikus és így lassabb frissítésű adatokkal. A navigációs rendszerek statikus térképadatainak használatával kezdődő folyamatban a változó forgalmi adatok, események megosztásán keresztül jutottunk el a járműkommunikációhoz azért, hogy előbb a járművezetőket, majd az autonóm járművek vezérlő algoritmusait is mindig megfelelő frissességű adatokkal láthassuk el, amivel biztonságosabbá és kényelmesebbé tehetjük a közlekedést. Később az emberi tényezőt bizonyos forgatókönyvekből teljesen kiiktatva, magas szintű automatizálással optimalizálhatjuk a közlekedés bizonyos területeit. Ebben a technológiai evolúcióban a V2X fejlődése egyre jelentősebb mértékben egészíti ki a járműfedélzeti szenzorokat, ami végül a szenzorok egy teljesen új generációjának alapjait teremti majd meg.

Hivatkozások

- [1] Á. Petkovics, Cs. A. Szabó, A. Wippelhauser, N. Varga, and L. Bokor, „A V2X járműkommunikáció alapjai,” *Útügyi Lapok*, Vol. 8, no. 14, 2020, doi: 10.36246/UL.2020.2.01.
- [2] ETSI 302 663, „ETSI EN 302 663 V1.3.1, Jan. 2020. European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band.” Accessed: May 10, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302663/01.03.01_60/en_302663v010301p.pdf

- [3] "C-ROADS C-ITS IP Based Interface Profile Version 1.8, Working Group 2 Technical Aspects, Taskforce 4 Hybrid Communication," Dec. 2020.
- [4] G. Naik, B. Choudhury, and J. Park, "IEEE 802.11bd 5G NR V2X: Evolution of Radio Access Technologies for V2X Communications," IEEE Access, Vol. 7, pp.70169–70184, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2919489.
- [5] N. Krausz, A. Csepinszky, V. Potó, Á. Barsi, "Az autós térképtől az önvezetésig: a járműnavigáció története," Geod. és Kartogr., Vol. 1, no.71, pp.14–18, 2019, doi: 10.30921/GK.71.2019.1.3.
- [6] S. Sakana, "ITS Radio Systems in Japan," presented at the 2nd ETSI TC ITS Workshop, Accessed: Feb. 10, 2010. [Online] https://docbox.etsi.org/workshop/2010/201002_itsworkshop/1_openingandkeynote/sakanaka_micjapan.pdf
- [7] "United States Opening GPS Data for Civilian Use Creating a Global Public Utility," The global impact of open data. Accessed: Sep. 10, 2020. [Online] <https://odimarket.org/case-united-states-opening-gps-data-for-civilian-use.html>
- [8] P. Van der Perre, E. Vermassen, and S. Dupuis, "Global System For Telematics, Deliverable 1.3 Final Report," 2007. [Online] https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20121214_155427_26165_DEL_GST_1_3_Final_Report_v1.0.pdf
- [9] "Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems (CVIS Project), European (6th RTD Framework Progr.), 07/06–06/10." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://trimis.ec.europa.eu/project/cooperative-vehicle-infrastructure-systems>
- [10] "Co-operative Networks for Intelligent Road Safety (COOPERS Project), European (6th RTD Framework Programme), 02/06–01/10." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://trimis.ec.europa.eu/project/co-operative-networks-intelligent-road-safety>
- [11] "Cooperative Systems for Road Safety (SAFESpot Project), European (6th RTD Framework Programme), 02/06–01/10." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://trimis.ec.europa.eu/project/cooperative-systems-road-safety>
- [12] M. L. Sena, "Data Strategy for Telematics, Data Strategy White Paper," Mobility Research Special Report, 2006. [Online] <http://www.michaellsena.com/wp-content/uploads/Reports/DataStrategyforTelematics.pdf>
- [13] "SCOOP@France, A pilot project for the deployment of cooperative intelligent transport systems." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr/en/>
- [14] M. Unbehauen, T. Hendriks, M. Pfeifle, and P. Pauwels, "TPEG3: Dynamic Information for Automated Vehicles," pres. at the Virtual ITS European Congress, Nov. 2020, Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] https://tisa.org/wp-content/uploads/TPEG3_Dynamic-Information-for-AD_v1.1.pdf
- [15] SAE, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles," 2018. Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/
- [16] "Advancing map-enhanced driver assistance systems leading to Automated Driving (ADASIS)." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://adasis.org/>
- [17] "Sensor Interface Specification (SENSORIS)." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://sensoris.org/>
- [18] "Vehicle Sensor Specification (GENIVI consortium)." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] https://github.com/GENIVI/vehicle_signal_specification
- [19] ETSI 302 637-2, "ETSI EN 302 637-2 V1.4.1, European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service." Apr. 2019, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263702/01.04.01_60/en_30263702v010401p.pdf
- [20] ETSI 302 637-3, "ETSI EN 302 637-3 V1.3.1, European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service." Apr. 2019, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263703/01.03.01_60/en_30263703v010301p.pdf
- [21] "ETSI TS 103 301 V1.1.1, Technical Specification, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services." Nov. 2016, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103301/01.01.01_60/ts_103301v010101p.pdf
- [22] C2C-CC, "CAR 2 CAR Communication Consortium – Key player with high reputation in driving C-ITS developments and assisting to achieve vision zero," 2020. Accessed: May 10, 2020. [Online] <https://www.car-2-car.org/>
- [23] ETSI TS 102 637-2, V1.2.1 (2011-03), Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service. ETSI, 2011.
- [24] "Common C-ITS Service and Use Case Definitions Version 1.7.0 – C-ROADS Platform documentation, Working Group 2, Technical Aspects, Taskforce 2 Service Harmonisation." Jun. 24, 2020.
- [25] "C-ITS Platform, Final Report," Jan. 2016. [Online] <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- [26] M. Botte, L. Pariota, L. D'Acierno, and N. Bifulco Gennaro, "C-ITS Communication: An Insight on the Current Research Activities in the European Union," Int. J. Transp. Syst., Vol. 3, pp.52–63, 2018.
- [27] ETSI 103 562, "ETSI TR 103 562 V2.1.1, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Analysis of the Collective Perception Service (CPS); Release 2." Dec. 2019, Accessed: Jun. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103562/02.01.01_60/tr_103562v020101p.pdf
- [28] R. M. Kalafus, and K. Van Dierendonck, "The New RTCM SC-104 Standard for Differential and RTK GNSS Broadcasts," Portland, Sep. 2003, pp.717–747.

- [29] "EC-Co-AT project," Aug. 24, 2020. Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <http://eco-at.info/>
- [30] T. Leinmüller, P. Spaanderman, M. Boban, A. Brakemeier, and R. K. Schmidt, "Multi-channel Usage in Day 2 and beyond EU V2X Systems," 2015.
- [31] "ECC Decision (08)01. The harmonised use of the 5875–5925 MHz frequency band for Intelligent Transport Systems (ITS), latest amendment on 06 March 2020." May 14, 2008, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.ecodocdb.dk/download/b470d271-048b/ECCDEC0801.pdf>
- [32] "ECC Recommendation (08)01. Use of the band 5855–5875 MHz for Intelligent Transport Systems (ITS), latest amendment on 06 March 2020." Feb. 21, 2008, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.ecodocdb.dk/download/798c1836-20c6/REC0801.pdf>
- [33] ETSI 102 637-1, "ETSI TS 102 637-1 V1.1.1, Technical Specification, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 1: Functional Requirements." Sep. 2010, Accessed: May 10, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/10263701/01.01.01_60/ts_10263701v010101p.pdf
- [34] T. Leinmüller, P. Spaanderman, and A. Festag, "Next steps for Multi-channel Operation in EU V2X Systems," 2016. [Online] <http://leinmueller.de/doku.php/publications/>
- [35] J. Härrä and J. Kenney, "Multi-Channel Operations, Coexistence and Spectrum Sharing for Vehicular Communications," in Vehicular ad hoc Networks: Standards, Solutions, and Research, C. Campolo, A. Molinaro and R. Scopigno, Eds. Cham.: Springer International Publishing, 2015, pp.193–218.
- [36] "Co-operative Systems in Support of Networked Automated Driving by 2030 – AutoNet2030," Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://cordis.europa.eu/project/id/610542>
- [37] "TransAID, Transition Areas for Infrastructure-Assisted Driving." Aug. 24, 2020, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.transaid.eu/>
- [38] A. Schwab and J. Lunze, "Vehicle Platooning and Cooperative Merging," IFAC-Pap., Vol. 52, no.5, pp.353–358, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.09.057>
- [39] EuroNCAP, "2020 Assisted Driving Tests." Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/safety-campaigns/2020-assisted-driving-tests/>

A szerzőkről



BOKOR LÁSZLÓ 2004-ben diplomázott a BME Villamosmérnöki Karának Műszaki Informatika szakán. A BME Informatikai Tudományok Doktori Iskolájába az Ericsson HSN Laboratory PhD-ösztöndíjasaként nyert felvételt, 2014-ben doktorált. A Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék Mobil Kommunikáció és Kvantumtechnológiák Laboratóriuma és a Mobil Innovációs Központ tagjaival számos hazai és uniós projekt munkájában vett részt. IEEE tag, tagja a MEDIANETS Laboratóriumnak, a HTE-nek, az ITS Hungary Egyesületnek és az MSZT Intelligens közlekedési rendszerek Műszaki Bizottságának, valamint külső szakértőként a TISA egyesület TPEG Application Working Group munkacsoportjának. A BME-n tanít, a járműkommunikáció ku-

tatócsoport vezetője, a KTI által alapított Mobilitás Platformban a hálózatba kapcsolt járművekkel foglalkozó munkacsoport irányítója, számos oktatási anyag és publikáció szerzője, illetve társszerzője. Szakmai tevékenységét a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület 2013-ban HTE Ezüst Jelvényel, 2015-ben Pollák-Virág díjjal, 2018-ban Arany Jelvényel ismerte el. 2016-ban az Új Nemzeti Kiválóság Program felsőoktatási posztdoktori kutatói ösztöndíjjal jutalmazta, 2018-ban a járműkommunikáció területén folytatott oktatási és kutatási tevékenységéért dékáni dicséretben, 2020-ban a HIT tanszék kiváló oktatóinak járó díjban részesült.



CSEPINSZKY ANDRÁS 1995-ben diplomázott a Strasbourg-i Louis Pasteur egyetem biokémiá szakán. 2006-tól rendszer-elemzőként és projektmenedzserként dolgozott a Connexis Kft.-nél, főleg autóiipari telematikai projekteken. 2009–2014 között a brüsszeli ERTICO-ITS Europe-nál folyó autóiipari K+F projekteken dolgozott, valamint szabványosítási szakértőként az ISO TC204, a CEN TC278 és az ETSI TC ITS szervezetekben, melyek az Intelligens Közlekedési Rendszerek szabványosításával foglalkoznak. Ilyen minőségében 2009–2011 között az ISO TC204 WG6 Communications munkacsoportjának rapportőre volt, ahol a C-ITS-rendszerek kommunikációs technológiájának szabványosításában vett részt. 2011–2014 között, valamint 2020 óta a Traveller Information Services Association ISO TC204-hez delegált kapcsolattartója. A TISA-ban a TMC és TPEG szabványosításának szervezetében 2015 óta vezeti a Business Analysis WG-t és 2019 óta a Content and Services Committee-t. 2020 óta a SENSORIS Innovation Platform társvezetője, itthon pedig a KTI-ben megalapított Mobilitás Platform járműlokalizálási munkacsoportját vezeti. 2014 óta vendégelőadóként vesz részt a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék munkájában. Tagja a SAE-nak, részt vesz a Navigation Data Standard Association munkájában és tagja a vezetőségi testületének. Szabványosítási munkát végez az ADASIS Aisbl New Features WG core group-jában és 2019 óta társvezetője az ISO TC204 Advisory Group 1-nek, mely a Big Data és Mesterséges Intelligencia intelligens közlekedéshez kapcsolódó szabványosítási területéért felel. Magyar szakértőként részt vesz a CCAM Single Platform munkájában a „Physical and digital road infrastructure” és a „Communication and digital infrastructure” munkacsoportokban. 2021-ben megválasztották az Open AutoDrive Forum szövívőjének.



FARKAS KÁROLY 1998-ban szerzett műszaki informatikus mérnök, majd 1999-ben bankinformatikus szakmérnök diplomát a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Doktori tanulmányait a BME-n, majd a Zürichi Műszaki Egyetemen (ETH Zürich) folytatta, ahol 2007-ben megszerezte a PhD-fokozatot. 2007–2012 között a Nyugat-magyarországi Egyetem (NymE) Informatikai és Gazdasági Intézetének, 2008-tól a BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszékének docense, ahol 2017-ben habilitált. 2016 szeptemberétől a NETvisor Zrt. K+F igazgatója. A 2011/2012-es tanévet a Universitaet Zürich-en töltötte vendégprofesszorként. Farkas Károly oktatási és kutatási tevékenységét elsősorban a kommunikációs hálózatok területén végzi autonóm, önszerveződő vezeték nélküli mobil hálózatok, IoT, Ipar 4.0 és mesterséges intelligencia témakörökben. Több mint 100 tudományos publikációval rendelkezik, rendszeresen szerepel reguláris vagy meghívott előadóként, valamint szervezőként különböző hazai és nemzetközi eseményeken, konferenciákon, tanfolyamokon. 2016-ban az MTA elismerő oklevélben részesítette a MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj keretében végzett kiemelkedő kutatói munkájáért. Farkas Károly a koordinátora a BME-n működő lokális Cisco Hálózati Akadémiának, a Cisco IPv6 Tréning Laboratóriumnak, valamint kezdeményezője és főszervezője a BME-Pannon-HTE NetSkills Challenge országos tanulmányi versenynek. Rendelkezik számos Cisco ipari vizsgával, 2017-ben pedig Cisco Instructor Excellence Advanced Award díjban is részesült. Tevékenységét a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület 2015-ben Arany Jelvényel és Pollák-Virág díjjal ismerte el. 2020-tól a HTE tudományos területért felelős elnökségi tagja.



VÁRADI ANDRÁS a BME Villamosmérnöki Karán végzett, évtizedes tapasztalattal rendelkezik a járműkommunikáció területén. Karrierjét a Lesswire-nél kezdte, ahol EU-s kutatási projektek koordinációja mellett az IPv6 ITS-es kiterjesztéseinek alapuló prototípusálási projektek vezetése volt a fő feladata. A Commsignia Kft.-hez hat éve csatlakozott termékmenedzserként, 2017 óta pedig kutatási igazgatóként a cég kutatási és szabványosítási tevékenységének kialakításáért és vezetéséért felel, valamint számos szakmai fórumon képviseli a vállalatot. Delegáltként részt vesz a Car2Car konzorcium és a 5GAA munkájában és tisztségviselő az ISO TC204 és a CEN 278 szabványosítási munkacsoportokban. Az ITS Hungary elnökségi tagja, emellett az ETSI STF 558-as szabványosítási munkacsoportjának tagja.

A 3G jövőképe

KISS TAMÁS¹, CSABA TAMÁS², RUZSA RÓBERT³

¹Magyar Telekom Nyrt., ²Telenor Magyarország Zrt., ³Vodafone Magyarország Zrt.
kiss.tamas@telekom.hu

Kulcsszavak: 2G, 3G, 4G, 5G, M2M, NB-IoT, VoLTE, LTE, NMHH, mobil piaci jelentés, mobilinternet

A 3G jövője egyre aktuálisabb kérdéssé válik azzal, hogy az 5G-hálózatok elindulásával a mobilszolgáltatók immár négy mobilhálózat-generációt üzemeltetnek párhuzamosan. A hálózati komplexitás és ezzel együtt költségeik csökkentése érdekében az operátorok vizsgálják, hogy a mintegy 30 éves 2G- és a 20 éves 3G-technológiákat mikor lehetne a közeljövőben kikapcsolni. A jelenlegi forgalmi trendek, valamint a készülékek képességei alapján nagy valószínűséggel a 3G lesz a következő technológia, amit kivezetnek majd. Azt, hogy erre miként és mikor kerülhet sor, minden operátornak egyedileg kell eldöntenie, szem előtt tartva hang-, adat- és M2M-szolgáltatásaik folytonosságát. A kérdés aktualitását az is bizonyítja, hogy Hollandiában a VodafoneZiggo Európában elsőként kapcsolta le 3G-mobilhálózatát 2020. január 31-én.

1. Bevezetés

2020-ban a világban és Magyarországon is több helyen elindultak az 5. generációs mobilhálózatok. Ezzel együtt a mobil szolgáltatók nagy többségének már négy technológiát, négy generációt kell párhuzamosan üzemeltetnie, ami jelentősen növeli a szolgáltatók feladatait és költségeit. A világban néhány szolgáltató már megtette, de nagy többségük még csak tervezi, hogy belátható időn belül lekapcsolja 3G-hálózatát, hogy az így felszabaduló erőforrásokat a modernebb, hatékonyabb, gazdaságosabb technológiákra fordítsa.

A cikk első részében arra keressük a választ, hogy miért a 3G-hálózatok értek meg a kikapcsolásra, és miért nem a mintegy 10 évvel régebbi 2G, valamint hogy milyen megfontolásokat kell tennie egy szolgáltatónak a 3G sikeres kivezetése érdekében. Ezek után a 3G egyik fontos felhasználásáról, az M2M-ről lesz szó, megvizsgálva azt, hogy a technológiaváltás várhatóan mekkora kihívást jelent az operátoroknak, az utolsó szakasz pedig bemutatja, hogy a Vodafone hogyan hajtotta végre 3G-hálózatának a kivezetését Hollandiában.

2. Miért pont a 3G lesz a következő kivezetett technológia?

A 3G-szabvány első verzióját (Rel. 99) 2000 körül zárta le a 3GPP. Ehhez képest Magyarországon 2005-ben vált elérhetővé a technológia. Megjelenésekor elsődleges célja a mobil hálózatok hangkapacitásának további bővítése volt, továbbá 384 kbit/s adatsebességet tett lehetővé, ami a mai mércével nem sok, de az akkori vezetékes ADSL-hálózatokkal összemérhető volt. Valamint natívan támogatta a videotelefonálást, amihez annak idején nagy reményeket fűztek a szolgáltatók, de végül a használat nagyon elmaradt a várakozásoktól, annyira, hogy ez a

funkció ki is kopott végül a készülékekből. A 3G-technológia áttörését és a mobil internet elterjedését két további innováció tette lehetővé. Az egyik, hogy 2007-ben megjelent a HSPA, ami eleinte még csak néhány Mbit/s-ot tudott, de ezzel a sebességgel akkor már kényelmesen lehetett mobilinternetezni. A második jelentős innováció az iPhone, az első igazi okostelefon 2007-es megjelenése volt, amit a többi készülékgyártó is rövid időn belül követett. Ez tette lehetővé, hogy a korábban teljesen ismeretlen, de azóta egyre népszerűbb alkalmazások egyre nagyobb számban jelenjenek meg.

A mobil hálózatok 2020-ban odáig jutottak, hogy több szolgáltatónál jelenleg négy mobiltelefon-generáció működik párhuzamosan, amiből a legidősebb (2G) már kb. 30 éves, a legfiatalabb (5G) pedig 1 éves technológia. Eddig csak az 1G lett kivezetve még 2003-ban (1. ábra). Az egymást követő technológiák között jelentős különbségek vannak, nemcsak a hozzáférési technológiákban (GSM, WCDMA, OFDMA), hanem a maghálózatokban is. Míg a 4G és 5G már teljesen IP-alapú, mind a hang, mind az adat szempontjából, addig a 2G-n és 3G-n a hangátvitel még a hagyományos áramkörkapcsolt technológiával működik.

Annak, hogy a szolgáltatók négy mobil hálózati generációt üzemeltetnek egymás mellett, megvan az ára. Nem nehéz belátni, hogy minél több technológia működik párhuzamosan, annál nagyobbak a hálózat fenntartási és üzemeltetési költségei, miközben a szolgáltatók folyamatosan keresik a lehetőséget, hol tudnának költséget megtakarítani.

A 2G/3G-technológia fejlesztése gyakorlatilag leállt. Az iparág jelenleg teljes gőzzel az 5G-re és egyéb új technológiákra koncentrál. Az 5G- és a 2G/3G-technológiák között már nem is lett megvalósítva a cellák közötti átmenet (handover).

Végül, de nem utolsó sorban hatalmas különbségek vannak a spektrumhatékonyságban a 4G és főleg az 5G javára. A 2G és az 5G között akár 100-szoros hatékonyság

ságkülönbség is lehet. Azaz a 2G és a 3G sokkal rosszabbul használja ki a rendelkezésre álló spektrumot (ami korlátozott és nagyon drága erőforrás), miközben ezeket a frekvenciákat a korszerűbb technológiákkal már sokkal hatékonyabban lehetne felhasználni.

A fentiek alapján már sok érv van a 2G és a 3G kivezetésére is, és szolgáltatói szempontból is a legoptimálisabb az lenne, ha mind a két technológiát ki lehetne kapcsolni, és az itt felszabaduló erőforrásokat a sokkal hatékonyabb, gazdaságosabb új technológiákra fordítani. De megtehető-e már, hogy a szolgáltatók lekapcsolják a 2G/3G-hálózataikat?

A kérdés megválaszolásához érdemes megnézni az NMHH honlapján elérhető Mobilpiaci jelentést (https://nmhh.hu/cikk/216280/Mobilpiaci_jelentes_2020_I_felev), ami összegzi a magyar mobilhálózatok előfizetői és forgalmi adatait. A jelentés szerint a belföldön bonyolított mobilinternet-forgalom hálózatok szerinti megoszlásának alakulása azt mutatja, hogy jelenleg a 4G-hálózatok már a teljes adatforgalom több mint 94%-t kezelik. A 2G- és 3G-adatforgalom mennyisége gyakorlatilag elhanyagolható a 4G mellett, azaz ebből a szempontból már nem lenne jelentős akadálya a 2G és 3G kikapcsolásának.

A belföldön indított hanghívásforgalom hálózattípus szerinti megoszlása alapján a 4G Voice over LTE (VoLTE) forgalom 2020 első negyedévének a végén a teljes hangforgalom kb. 40%-a volt. A 4G-hálózatok 2012 körül indultak, de a VoLTE csak 2017-től kezdett elterjedni a hálózatokban és a 4G-s készülékekben is, ezért nem tudott még jelentősebb forgalmat átvenni a 2G-ről és 3G-ről. (Nagyon sok olyan 4G-képes készülék van, ami nem VoLTE-képes.) A VoLTE aránya gyorsan növekszik, de a 2G- és 3G-hangforgalom még mindig kb. 60%. A jelentős 2G/3G-hangforgalom aránya miatt a 2G és 3G nem vezethető ki egyszerre! Ha viszont egyszerre még nem kivezethető a 2G és 3G, akkor melyik érett meg a kivezetésre? Melyik esetén merül fel kisebb kockázat?

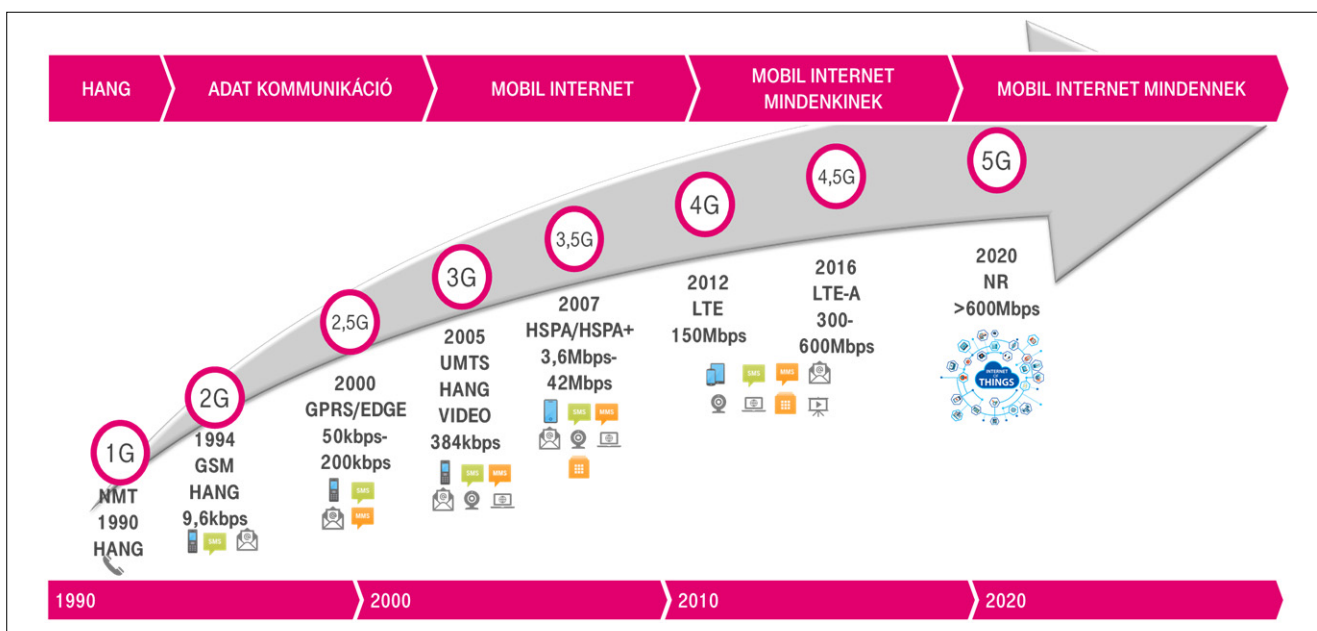
A 2G-képes készülék által generált hang és adatforgalom csak 2G-s hálózattal kezelhető. Ellenben a 3G-képes készülékek mind 2G-képesek hang és adat szempontból is. Ez azt jelenti, ha nincs 3G-hálózat, akkor ezen készülékek hangforgalma a 2G-hálózaton is lebonyolítható. A 3G-képes készülékek adatforgalma is kezelhető lenne 2G-hálózaton, de ebben az esetben nem olyan egyértelmű, hogy ez általánosan jó megoldás-e. A 3G-s készülékkel rendelkező előfizetők adatforgalma között jelentős különbség van. Vannak, akik egyáltalán nem használnak semmi adatforgalmat igénylő alkalmazást, vagy csak nagyon mérsékeltet. Ezen előfizetők esetén elég lehet a 2G-s hálózatok képessége az adatforgalmi igényeik kielégítésére. De az olyan előfizetők számára, akik intenzíven használják a 3G-hálózatot mobil internetre, nem megoldás a 2G, nekik az ennél jobb 4G/5G-technológia kell. (Erre még a következő szakaszban visszatérünk.) Meg kell még említeni azon 4G-s készülékeket is, amelyek nem VoLTE-képesek. Ezek most is a 2G- vagy 3G-hálózatokat használják hangra így, ha a 3G megszűnik, a 2G továbbra is használható számukra.

Összefoglalva: a 3G-s és nem VoLTE-képes 4G-képes készülékek 2G-s képessége miatt kisebb kockázattal a 3G-hálózatok kapcsolhatók ki valójában.

A sikeres kivezetés idejét többek között az határozza meg, hogy mikorra lehet elérni, hogy a 3G-hálózatot használó készülékek annak lekapcsolása után ne terheljék túl a 2G-s hálózatot. Ahogy korábban említettük, a 2G-s hálózatok nem hatékonyak, ezekbe már nem szeretnének további pénzeket investálni a szolgáltatók, még a 3G kivezetésének érdekében sem! Ezért – amellett, hogy a 3G-készülékek számát minimalizálni kell – a 2G-hálózatok tehermentesítése is szükséges, hogy a megmaradó 3G-s készülékek hangforgalmát problémamentesen kezeljék.

A tehermentesítéshez el kell érni a következőket: (i) A 4G-s hálózatok lefedettsége jobb legyen, mint a 2G-s hálózatoké. Csak így biztosítható, hogy VoLTE-képes ké-

1. ábra A mobil hálózatok generációi



szülékek ne terheljék a 2G-s hálózatot a 3G kikapcsolása után. (ii) Csak VoLTE-képes 4G-s készülékeket szabad értékesíteni a szolgáltatóknak, és a VoLTE-képes készülékeken engedélyezni is kell a VoLTE használatot! (iii) Meg kell szüntetni a csak 2G/3G-képes készülékek értékesítését. Ezt egy szolgáltató a saját készülék portfóliójában meg tudja tenni, de sajnos nincs befolyása, hogy más forrásokból ne szerezzenek be ilyeneket az előfizetők. Szerencsére jellemzően okostelefonokból már nem nagyon érhető el más, csak 3G-s. (iv) A Magyarországra látogató külföldi mobilfelhasználók szempontjából fontos, hogy a VoLTE-roaming (barangolás) még nem olyan elterjedt, mint a 2G/3G-roaming. Ha nincs VoLTE-roaming, akkor a roamingoló 4G-készülék a 2G- vagy a 3G-hálózatot tudja csak hangra használni. Ezért kell növelni a VoLTE-roamingpartnerek számát, hogy ezek a készülékek se a 2G-hálózatot terheljék.

A 3G nagy adatforgalommal rendelkező előfizetőinek nem megoldás a 2G használata. Ezeket az előfizetőket 4G/5G-re kell terelni. Ehhez segítség lehet például az NMHH által a HTE Infokom konferencián bejelentett „Válts okosba” kampány.

A 3G-képes készülékek száma mindenesetre szemmel láthatóan napról napra csökken a hálózatokból, egyre jobban kikopnak ezek a készülékek. A szolgáltatóknak egyedileg kell a felsorolt és esetleg egyéb feltételeket és kritériumokat értékelni, és ezek alapján eldönteni, hogy milyen 3G-kivezetési stratégiát választanak. Ezek alapján dönthető el, hogy mikor jött el a 3G kivezetésének ideje, mikor lehet azt mind az előfizetők, mind a szolgáltató szempontjából a legkisebb fájdalommal, a legkisebb kockázattal végrehajtani.

3. Eszköz-eszköz mobilkommunikáció (M2M) a 3G-ben

Az M2M-megoldások már a 90-es évek második felében a 2. generációs (GSM/EGPRS) mobiltechnológiával együtt megjelentek. Elsősorban modemeket, de esetenként mobiltelefon-készülékeket is alkalmaznak a hálózati kommunikáció megvalósítására. A 2G-technológia, képességei alapján, manapság alacsony adatátviteli sebességűnek tekinthető, jellemzően egyszerű üzenetek és jelzések átvitelét igénylő alkalmazásokra lehetett és lehet használni. A következő fejlődési lépcső, a 3G, már lehetővé tette képek rendszeres küldését eszközökről, és a hálózati válaszügy is javult, lecsökkent 100 ms alá. A 4G széleskörű elterjedésével azonban ezek a hálózati jellemzők már messze idejétmúltak, nem képesek lefedni az aktuális IoT-igényhalmazt.

Akárcsak a mobiltelefonok esetében, a mobil hálózatokban is egyaránt jelen vannak 2G-, 3G- és 4G-képes M2M-eszközök. A 3G kivezetésének szempontjából fontos aspektus, hogy néhány kivételtől eltekintve a 3G-képes eszközök kompatibilisek a 2G rádió hozzáféréssel is. Az M2M-szegmens egy speciális, külön vizsgálandó terület technológiamenedzsment, technológia-kivezetés szempontjából.

3.1. Miért speciális az M2M?

Az M2M-megoldások többek között abban térnek el a hagyományos mobilkészülék-használatától, hogy a rádiós kapcsolatért felelős modemek fizikailag is integrált részei lehetnek a céleszközöknek, azaz nem külső dobozként kapcsolódnak azokhoz. Alkalmazástól függően sokszor nehezen megközelíthető helyre kerülnek, aknába vagy falba építik be őket, szervizelésre csak ritkán kerülhet sor. Az eszközöket felügyelő, menedzselő rendszereket is sokszor az adott technológiához és modem típushoz fejlesztették ki. Ezekből adódóan az eszközök modernizációja, cseréje sokkal több előkészületet és időt vesz igénybe, mint egy mobilkészülék cseréje. A különbségeket folytatva, az M2M-eszközök életciklusa sokkal hosszabb, eléri a 10 évet, ami körütekintést, jövőálló új eszközök kiválasztását igényli. Mindez érdeke operátornak és felhasználónak egyaránt.

A technológiamenedzsment szempontjából az ügyfelek számára fontos, hogy érdekük is legyen egy új technológia bevezetése. Egyik ilyen szempont a fenntarthatóság, a koros eszközök cseréje, a másik pedig az újabb technológiából adódó előnyök. A ma futó alkalmazások többsége nem használ nagy fel- és letöltési sebességet, a már kihelyezett 2G- vagy 3G-megoldás képességei megfelelnek az eszközök teljes életciklusában. Alapesetben nem lenne szükség modernizálásra, de az eszközök kora miatt megérték a váltásra. A 3G kivezetésének tekintetében a 4G (4G-modem, LTE-M) már több nagyobb adatsebességet igénylő alkalmazás egyidejű működését teszi lehetővé cellánként. A 2G vetélytársa pedig sok szempontból a NB-IoT (Narrow Band IoT) technológia, ami az alacsony energiaszükséglet mellett új, eddig még nem bevezetett IoT-szolgáltatásokat tesz lehetővé.

3.2. Mekkora kihívás a 3G kivezetése az operátorok számára?

Annak érdekében, hogy a szolgáltatás minőségének színvonala az elvárt szinten maradjon a kivezetés után is, az operátorok számára fontos időben felmérni a csefolyamat várható komplexitását, a 3G kivezetése miatti szükséges eszközcserek mennyiségét. A külföldről érkező barangoló ügyfelekre a vizsgálat a következmények becslésére korlátozódik, itt nem kerül tárgyalásra.



Low	74%	0,03%	0,00%	0,00%
Mid	19%	0,08%	0,03%	0,01%
High	6%	0,17%	0,47%	0,17%
DL Tput	2G yes	2G yes	2G no	2G no
UL Tput	2G yes	2G no	2G yes	2G no

1. táblázat Elvárt adatsebességek

2019 utolsó negyedében a Telenor készített egy felmérést az aktív M2M-eszközök használati szokásairól. A vizsgálat célja az volt, hogy kiderüljön, hány 3G-képes M2M-eszközt kell majd várhatóan lecserélni a 3G kivezetése okán. A 4G-lefedettség országosan ma már nagyobb, mint a 3G-é, ráadásul a lekapcsolás idejére nem lesz olyan hely, ahol a 3G-t ne váltaná ki a 4G. Így a 3G lekapcsolásával a 2G- és 4G-képes M2M-eszközök nem érintettek, a szolgáltatások minőségében nem lesz változás. A mérések alapján az eszközök 25%-a használ 3G-technológiát, aminek 85%-a 3G/2G-képes, a többi 4G/3G/2G-eszköz. A következő lépés annak vizsgálata volt, hogy a 3G/2G-készülékek közül hány esetben nem elegendőek a 2G-hálózat képességei, és szükségük van a 3G-re. A havi adatforgalom alapján három kategóriába kerültek az eszközök (low: <10 MB, medium: 10-100 MB, high: >100 MB). Ezt egészítette ki a legfontosabb jellemző: az átlagos adatsebességigény fel- és letöltési irányban. A 2G-technológia korlátaira a konzervatív 16 kbit/s fel- és a 32 kbit/s letöltési sebességet alkalmazták. Egy 3G-képes eszközt akkor kell majd mindenképpen cserélni, ha az elvárt adatsebesség bármelyik irányban meghaladja a 2G korlátait, illetve lehet, hogy csere lesz szükséges, amennyiben a sebességek alacsonyabbak ugyan, de a havi adatforgalom a „high” kategóriába tartozik.

Az 1. táblázat foglalja össze az eredményeket.

A táblázatból az látszik, hogy a 3G-t használó 3G/2G-eszközök csupán 1%-a igényel a 2G adottságainál nagyobb adatsebességet (piros színű zóna, ill. a jobb felső 3x3 adat). Mindössze 6% esetében nagyobb a havi adatforgalom, mint 100 MB („high”), és a sávszélességigény is valószínűleg kiszolgálható 2G-vel (sárga színjelölés, ill. 6%), de további vizsgálódást igényel majd, 93% esetében pedig nem lesz szükség cserére (zöld színjelölés, ill. 74 és 19%). A meghatározott feltételrendszer alapján nagyságrendileg várhatóan néhány ezer készülék cseréje válik szükségessé. Az eszközök 80%-a 20 ügyfélnél koncentrálódik, közöttük egyaránt megtalálhatók közintézmények és cégek.

Összefoglalásként: a 3G kivezetésének kiemelten fontos aspektusa az M2M-eszközök kezelése, szükség esetén cseréje. A felmérés alapján a 3G-képes készülékek 3G-használatának döntő többsége kiváltható lesz a 2G-technológiával a szolgáltatás elvárt minőségének biztosítása mellett. A 4G, majd hamarosan az 5G segítségével részben hatékonyabban lehet a meglévő szolgáltatásokat biztosítani, részben számos új használati eset terjedhet el.

4. A „4G4ALL” projekt – 3G-mobilhálózat kivezetése a gyakorlatban

A VodafoneZiggo Group Holding B.V. („VodafoneZiggo”) konvergens elektronikus hírközlési szolgáltató Európában elsőként kapcsolta le 3G-mobilhálózatát 2020. január 31-én. A VodafoneZiggo a Vodafone Group és a Liberty Global közös vállalkozása. Az anyavállalatok egyenlő 50%-os érdekeltséggel rendelkeznek benne. 2019-ben, a holland piacon több mint 1,9 millió háztartás részére nyújtott vezetékes szolgáltatást, illetve 2 millió SIM-kártyán biztosított mobilszolgáltatásokat.

A VodafoneZiggo 2018-ban indította el a „4G4ALL” projektjét azzal a céllal, hogy a 3G-mobilhálózaton lévő felhasználókat áttérleje a 4G-mobilhálózatra, majd már az alacsony kihasználtsággal működő 3G-mobilhálózatot lekapcsolja. A lekapcsolás lehetővé teszi a 3G-re használt frekvenciasávok 4G-mobilhálózatra való felhasználását, amely végül a felhasználói élmény javításához vezet.

4.1. A projekt célcsoportja

Annak érdekében, hogy a felhasználók élvezhessék a gyors internetes csatlakozást, rendelkezniük kell 4G-képes készülékkel, SIM-kártyával és mobil előfizetéssel, illetve a készülékükön a 4G-beállításokat be kell kapcsolniuk.

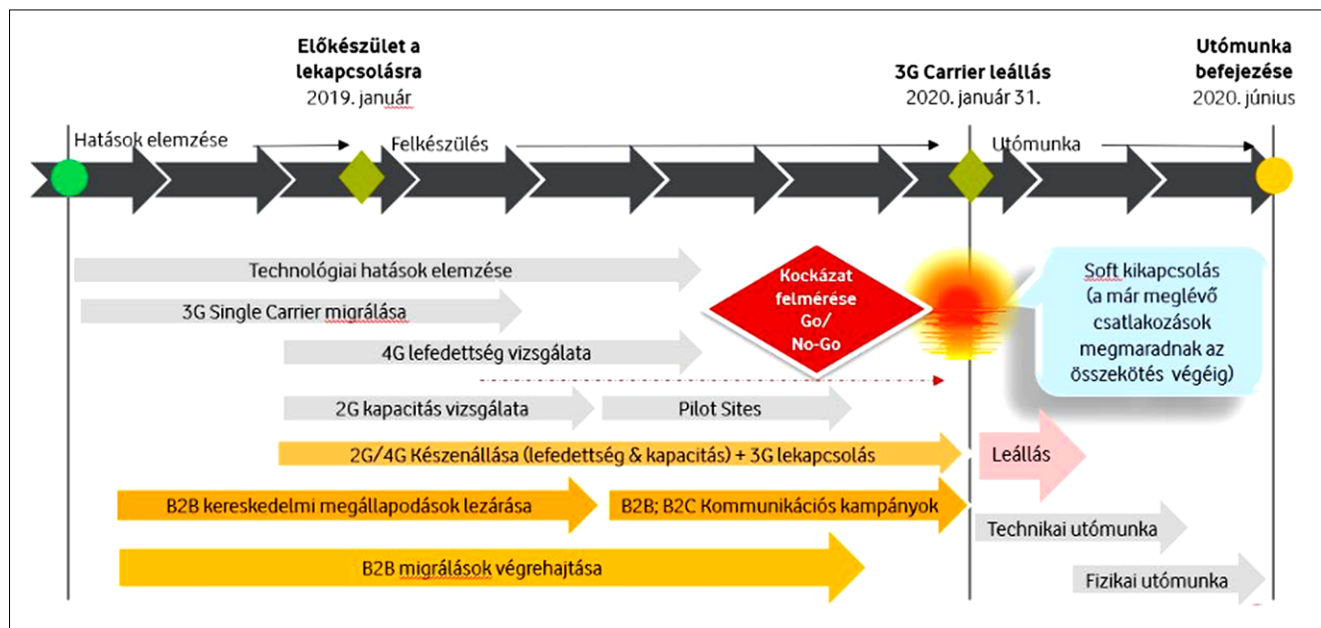
Azon felhasználók, akik nem felelnek meg a fenti 4G-feltételeknek, a 3G-mobilhálózat lekapcsolásával csak 2G-szolgáltatást fognak tudni elérni mind mobil adatforgalom, mind mobil hanghívás tekintetében. A „4G4ALL” projektben azonosításra kerültek a fenti 4G-feltételeket nem teljesítő felhasználók, melyeket öt alcsoportokba sorolták: (i) 3G-s mobil készülékekkel rendelkező adatforgalmat nem használók, (ii) 3G-s mobil készülékekkel rendelkező adatforgalmat használók, (iii) 4G-s mobil készülékkel, de nem 4G-képes SIM-kártyával rendelkező használók, (iv) 4G-s mobil készülék 4G-képes SIM-kártyával, de kikapcsolt 4G-beállításokkal rendelkező használók, illetve a (v) több SIM-kártyával és egy 3G-s mobil készülékkel rendelkező használók.

A „4G4ALL” projekt sikeréhez elengedhetetlen volt, hogy a szolgáltató:

- növelje a 4G-mobilhálózat kapacitását;
- informálja felhasználóit a várható változásról, érthető és átlátható magyarázatot adva nekik azzal kapcsolatban, hogy miért, mi és mikor fog megtörténni;
- lehetővé tegye a felhasználók számára mobil készülékeik megújítását, illetve jelenlegi mobil készülékeik beállításának ellenőrzését;
- megoldást adjon a felhasználók megkereséseire.

4.2. A projekt feladatát adott a szolgáltató valamennyi területének

A „4G4ALL” projekt a szolgáltató teljes szervezetét kihívás elé állította. A külső kommunikációért felelős területek külön-külön fontos szerepet tölthettek be.



2. ábra A „4G4ALL” projekt időterve

Elsőként a B2B-terület kezdte az üzleti előfizetők felkészítését a 3G-mobilhálózat lekapcsolására, tette ezt mindazért, hogy a vállalkozások képesek legyenek előre tervezni és éves költségvetésükbe beépíteni az esetlegesen szükséges mobil eszközök cseréjét. A szolgáltató proaktív kereskedelmi ajánlatokkal, illetve meglévő megállapodások felülvizsgálatával, módosításával biztosította a zökkenőmentes átállást.

A B2C-terület fókuszában a teljes lakossági felhasználói kör tájékoztatása, illetve az érintett használók cselekvésre késztetése állt. Az érintett használók száma miatt a B2C-terület lehetővé tette az online felületen történő SIM nélküli 4G VoLTE-képes mobilkészülékek, illetve 4G-s SIM-kártyák megrendelését.

A nagykereskedelmi terület hálózati szerződések módosításával biztosította az „inbound roamer”-ek számára, illetve a VodafoneZiggo hálózatát használó virtuális mobilszolgáltatók előfizetőinek a 4G-mobilhálózathoz való hozzáférést.

A 3G-mobilhálózat lekapcsolásának legnagyobb terhe az ügyfélszolgálati területre hárult. Egyfelől az ügyfélszolgálat feladata volt az ügyfelek folyamatos tájékoztatása, a fogyasztói tudatosság növelése, másfelől a 3G-mobilhálózat lekapcsolását követően megoldást adnia az ügyfelek kérdéseire, problémáikra. A gyors ügyfélszolgálat érdekében az online csatorna töltött be jelentős szerepet, fókuszba az önkiszolgáló megoldások kerültek.

A külső kommunikációért felelős területek mellett nem elhanyagolhatók a belső, támogató funkcióval bíró területek feladatai sem. Az üzleti intelligencia foglalkozott az ügyfeladatok elemzésével, biztosította az operatív és vezetői döntésekhez szükséges információkat. Az ügyfélelégedettség terület számos vizsgálatot dolgozott ki a fogyasztói szükségletek feltérképezésére, beazonosítására és megértésére. Az ügyfélelégedettség mérése folyamatos volt, mely lehetővé tette a rugalmas

és gyors beavatkozást a felhasználói élmények megőrzése, javítása érdekében. A technológiai terület feladatai között szerepelt a 2G/4G-mobilhálózat felkészítése a folyamatosan növekvő forgalomra, ezzel párhuzamosan a 3G-mobilhálózati kapacitás csökkentése, illetve a 3G-mobilhálózat valós lekapcsolása. Mindemellett a pénzügyi terület monitorozta a projekt költségét, a jogi/szabályozási terület felügyelte a szabályozási megfelelést (beleértve a holland nemzeti szabályozó hatóság tájékoztatását is), a vállalati kapcsolatok területe pedig visszacsatolta a projekt nyilvánosság részéről történő megítélését.

4.3. A 3G technológia a múlté

A 3G-s használók száma folyamatosan csökkent, míg el nem ért egy olyan szintet, amely lehetővé tette a 3G-mobilhálózat lekapcsolását. A 3G-technológia nyugdíjazása 2020. január 31-ével megtörtént. A „4G4ALL” projekt két évet ölelt fel, a feladatok időrendiségét, illetve időtartamát a 2. ábra szemlélteti. Az első év fókuszában a tervezés állt, melynek keretében számos elemzés és hatásvizsgálat készült, illetve a 3G-mobilhálózatot használó üzleti előfizetőkkel történő kapcsolatfelvétel. A tényleges megvalósítás a második évben kezdődött, a lakossági kampányok a lekapcsolást megelőző 9 hónapra fókuszáltak.

A 3G-mobilhálózat lekapcsolása irányt mutat a régi technológiák kivezetésének is.

5. Összefoglalás

A 3G-képes készülékek száma szemmel láthatóan, napról napra csökken, a hálózatokból egyre jobban kikopnak ezek a készülékek. Ezzel együtt a 3G-hálózatok kihasználtsága is egyre kisebb lesz, miközben a 4G- és 5G-technológiák kapacitásigénye rohamosan növekszik.

A szolgáltatóknak egyedileg kell a felsorolt és esetleg egyéb feltételeket és kritériumokat értékelni, majd ezek alapján eldönteni, hogy milyen 3G-kivezetési stratégiát választanak. Ezek alapján dönthető el, hogy mikor jött el a 3G kivezetésének ideje, mikor lehet azt mind az előfizetők, mind a szolgáltató szempontjából a legkisebb fájdalommal, a legkisebb kockázattal végrehajtani, és mikor lehet a felszabaduló erőforrásokat a következő generációk (4G/5G) számára felszabadítani.

A szerzőkről



KISS TAMÁS 1986-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán. A mobilhálózatokkal 1991-ben került kapcsolatba, amikor csatlakozott a nem sokkal korábban elindult Westel Rádiótelefon Kft.-hez. Azóta folyamatosan különböző pozíciókban dolgozott a Westel, a T-Mobile és a Telekom 1G-, 2G-, 3G-, 4G-, 5G-hálózatainak kiépítésén. Jelenleg a Telekom Szabályozási igazgatóságán tanácsadóként dolgozik és 5G-vel, valamint mobil frekvenciákkal kapcsolatos feladatokkal foglalkozik.



CSABA TAMÁS Hálózati Stratégiáért felelős Vezető Tanácsadó a Telenor Magyarországnál. 1993-ban villamosmérnöki, 2005-ben MBA-diplomát szerzett a BME-en. Több mint 20 éve foglalkozik a mobilhálózatok stratégiájával a Telenornál. Napjaink egyik legérdekesebb iparági kihívásának tartja az 5G-technológia bevezetését és az abban rejlő üzleti lehetőségek kiaknázását.



RUZSA RÓBERT senior szabályozás-stratégiai menedzser a Vodafone Magyarországnál. Villamosmérnök, mérnök-közgazdász. 25 éve dolgozik a távközlés területén. A vezető iparág valamennyi kihívásában részt vett, a „legacy”-hálózatok megnyitásától az egyetemes szolgáltatási rezsim újragondolásán keresztül a NGA-hálózatok fejlesztéséig. Jelenleg az 5G-technológia bevezetését támogatja a Vodafone-nál.



www.hte.hu

HTE
INFOKOM
SZAKMAI
FÓRUMOK
KLUBÉLET
JOURNAL
HÍRADÁSTECHNIKA
HAZAI ÉS NEMZETKÖZI
KONFERENCIÁK SZERVEZÉSE
PROJEKTMENEDZSMENT FÓRUM
SZAKMAI DÍJAK
ODAÍTÉLÉSE
FOLYÓIRATOK
IEEE
ÉS MÁS
TÁRSZERVEZETEK
INFOCOMMUNICATION
TEVÉKENYSÉG
TÁMOGATÁSA
KIEGYENSÚLYOZOTT
SZAKMAPOLITIKAI,
SZAKMAI
VÉLEMÉNYALKOTÁS
NEMZETKÖZI
KAPCSOLATOK
info@hte.hu



HÍRKÖZLÉSI ÉS INFORMATIKAI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET (HTE)

HTENET INNOVÁCIÓS NONPROFIT KFT

1051 Budapest, Bajcsy-Zsilinszky út 12.

Tel.: 353 1027

E-mail: info@hte.hu

5G kiscellás rendszerek kihívásai egy infrastruktúra-szolgáltató szemével

MÉHES ZOLTÁN

MVM Net Zrt.

mehe.s.zoltan@mvmnet.hu

Kulcsszavak: 5G, kiscella, infrastruktúra, mobilhálózat, „városi” forgatókönyv

A cikk betekintést enged az 5G kiscellás rendszerek rövid- és középtávon növekvő piacába és a piac mai struktúrájában várható változásokba. Az évi átlagosan több mint 10%-os növekedés várhatóan a mai szerepvállalásukat tekintve kevésbé jelentős infrastruktúra-szolgáltatók megerősödését és új, a mobilszolgáltató vállalatoktól független szereplők megjelenését hozza majd. A piac vertikumonkénti bontásából kiderül, hogy az állami és önkormányzati szerepvállalás meghatározó lesz a szektorban. A továbbiakban néhány kiépítési scenárió mentén szegmentáltjuk a piacot, majd átvilágítjuk az MVM NET Zrt. és az MVM Csoport szempontjából is releváns, a piac egyik legösszetettebb érdekeltségi körével rendelkező „Városi” kiépítési forgatókönyvet. Végül kifejtjük az 5G kiscellás rendszerek számára előnyös lehetőségeket kínáló közvilágítási infrastruktúra alkalmazásának telepítési és üzemeltetési kihívásait.

1. Bevezetés

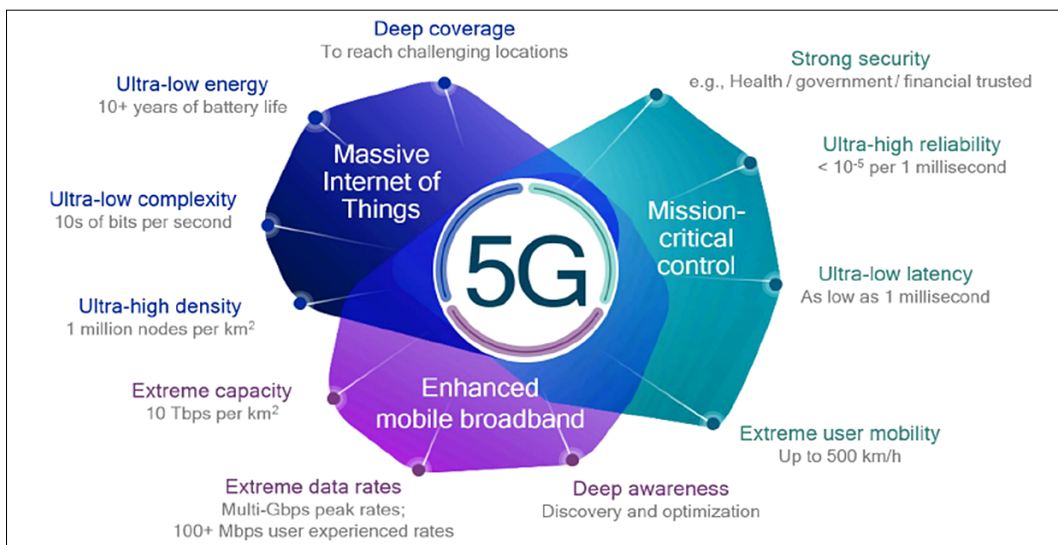
A HTE Infokom 2020 konferencia külön szekcióban tárgyalta az 5G kiscellás rendszerek kihívásait. Az előadók között az MVM NET Zrt. mellett olyan jelentős piaci szereplők voltak, mint az Ericsson, a Telenor, a Huawei és az Urban Design. A tevékenységi kört tekintve igen sokszínű szereplőgárda átfogó képet adhatott a hallgatóság-nak az 5G kiscellás rendszerek jelenéről és jövőjéről.

Az alábbiakban röviden bemutatjuk az MVM Csoportot, és azon belül az MVM NET Zrt-t, mint az 5G kiscellás fejlesztések szempontjából értékes infrastruktúra-szolgáltatót. Az 5G-hálózatokkal szemben támasztott általános követelmények rövid megismerése után áttekintjük az 5G-s kiscellák piacának jelenét és várható jövőjét. A piacelemzésből kiderül, hogy a mobilszolgáltatók által igénybe vett infrastruktúrák tulajdonosi viszonyaiban történő átrendeződés kihat a jövőben épü-

ló kiscellás rendszerek tulajdonosi szerkezetére is. A rendszerfejlesztéshez szükséges beruházási költségek megoszlása pozitívan hathat a kiscellás rendszerek elterjedésére. A folytatásban a piacot vertikumok mentén is áttekintjük, majd áttérünk a kiépítési forgatókönyvekre. A terjedelmi korlátok miatt a továbbiakban az MVM Csoport szemszögéből több izgalmas scenárió közül a „Városi” forgatókönyvre fókuszálunk, ahol a tématerület tovább szűkítésével ismertetjük a kandeláber-infrastruktúrára történő 5G kiscellás rendszerekkel kapcsolatos munkák kihívásait.

2. MVM/MVM NET bemutatkozás

Az MVM név hallatán sokaknak egyből az energiaszektor jut eszébe, hiszen a csoport gyökerei a 20. század közepéig, egészen az egységes villamos energiarendszer létrejöttéig, az Országos Villamos Teherelosztó, majd a



1. ábra
Az 5G-vel szemben támasztott követelmények széles halmaza [1]

Magyar Villamos Művek Tröszt megalapításáig nyúlnak vissza. Ezért röviden bemutatjuk az MVM NET Zrt.-t és az 5G-s kiscellás hálózatok szempontjából is jelentős infrastruktúra-szolgáltatói pozícióját.

A vállalat az MVM Csoport tagjaként Magyarország harmadik legnagyobb vállalatcsoportjának tagja. Mára az MVM NET az MVM Csoport országosan kiterjedt infrastruktúrájának hasznosításával és szakadatlan továbbfejlesztésével Magyarország meghatározó távközlési szereplőjévé vált. Országos gerinchálózatának hossza eléri a 9000 km-t, ami a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően 2022-re meghaladja majd a 15000 km-t. Az iparág távközlési igényeinek kiszolgálása mellett, az MVM NET az NTG (Nemzeti Távközlési Gerinchálózat) üzemeltetőjeként kiemelt szerepet játszik az állami szereplők kiszolgálásában, szabad kapacitásait pedig a piac számára is értékesíti.

Az MVM NET a villamosenergia-átviteli rendszerében és a Magyar Közút optikai hálózatán felmerülő szabad kapacitások felhasználása révén jó interurbán kapcsolatokkal bír, míg az NKM cégcsoport MVM-be olvadásával kiterjedt elosztói oszlop-infrastruktúrát is képes hasznosítani. Az előbbi az EU-s törekvésekkel összhangban kialakítandó 5G-folyosók számára adhat jó háttérrel, míg az utóbbi a városi oszlop-infrastruktúra – ideértve a közvilágítási és a kis-, közép- és nagyfeszültségű hálózatokat – szempontjából jelenthet táptalajt.

3. Az 5G-vel szemben támasztott követelmények – kiscellák a célok elérésében

Az 5G-s hálózatok követelményeit a 1. ábra foglalja össze. Ezek között a célok között szerepel a nagyobb adatátviteli sebesség, az energiahatékonyság, a rendelkezésre állás növelése is.

A nagyobb adatátviteli sebesség elérése érdekében növekszik a spektrális hatékonyság. Az újgenerációs antennatechnológiáknak köszönhetően javul a rádiós átvitel minősége. Újabb frekvenciablokkok hasznosítására nyílik lehetőség, mely sávok akár aggregáltan is fel-

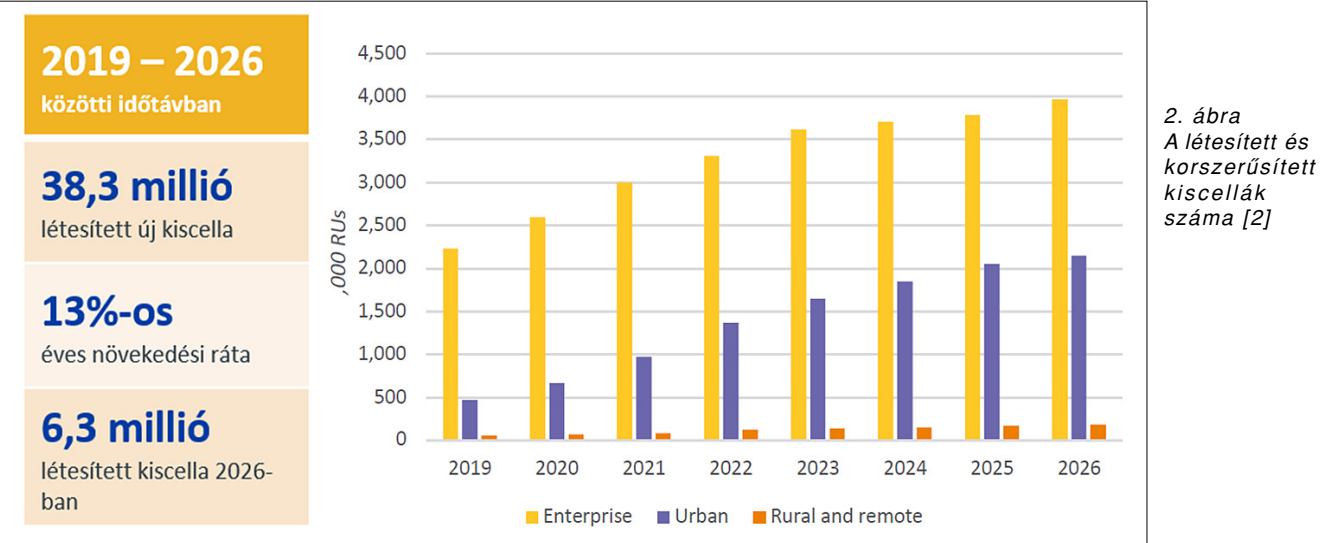
használhatók. Eerre jó példa lehet a mm-es hullámsávok frekvenciái. Magyarországon a már ebbe a tartományba eső 26 GHz-es frekvenciasáv csak mintegy 5 év múlva lesz elérhető kiscellás célokra, mert a sávban jelenleg pont-pont mikrohullámú összeköttetések működnek, melyek átmigrálása más frekvenciákra hosszú folyamatnak ígérkezik. Emiatt a hazai korai kiscellás alkalmazások frekvenciatartománya a cm-es hullámhosszak 3,6 GHz-es sávja lesz. Mindezekkel együtt új lendületet kap a hálózat sűrűsödésének folyamata. Ennek köszönhetően az egyes szolgáltatók számára a frekvenciakészlet, mint korlátos erőforrás, újra és újra felhasználhatóvá válik kisebb egységnyi területen, így arányaiban egyidőben kevesebb felhasználóra oszlik meg egyazon korlátos erőforrás.

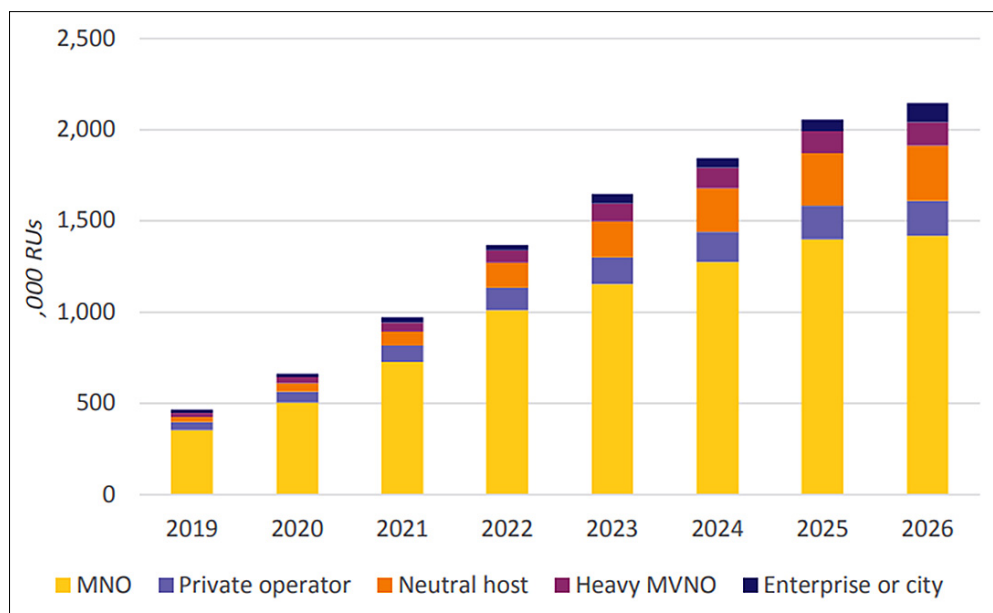
A sűrűbb hálózatok következtében csökkenhet az áthidalandó távolság az adó és vevő között, így a végfelhasználó oldaláról csökkenhet a kisugárzott rádiós teljesítmény, ezáltal a rádiós kommunikációra fordított energiaigény is. Ez az energiafogyasztás szempontjából kritikus IoT-alkalmazások számára kimondottan előnyösen hat, hiszen így – akár beavatkozás nélkül is – tíz éves élettartam fölé tervezhetőek az akkumulátorról működő eszközök és alkalmazások.

A kezdetben makrocellákkal lefedett városokban a frekvenciált területeken utcaszinten megjelenő kiscellák részben átlapolódnak egymással és többnyire teljes mértékben a felettük üzemelő makrocellával is. Ily módon a végfelhasználók szemszögéből nézve a rendszer egésze sokkal ellenállóbb az egy-egy infrastruktúra-elemet érintő véletlen hibákkal szemben. Így emelkedhet a szolgáltatás rendelkezésre állásának szintje is.

4. 5G kiscellás piaci trendek

A Small Cell Forum 2020 júliusában kiadott riportja (2. ábra) átlagosan évente 13%-os növekedéssel számol a létesített és korszerűsített kiscellák számában. A 2019-es kezdeti 2,7 millió cellaszám 2026-ra 6,3 millióra emelkedik. Ez 2026-al bezárólag 38,3 millió új kiscellát jelent globálisan. A jelentés megjegyzi, hogy jelentős bizonyta-





3. ábra

Telepített és korszerűsített városi kiscellák száma szereplők szerint tagolva [2]

lanságok vannak a piacon, ezért szignifikáns különbségek vannak az optimista és pesszimista scenáriók között. A 2. ábra realista képe sokkal inkább a pesszimista esethez áll közelebb, azaz a kétféle előrejelzés közötti középérték alatt marad.

4.1. Piaci modellek

A felmérés a szereplők egyre növekvő sokféleségét jelzi. 2026-ra a kültéri kiscellák mintegy 30%-a, a beltériek mintegy 71%-a lesz a kiscellás piaci szegmens számára új szereplők kezében. A felmérés kiemeli, hogy bár a legtöbb szereplő már létező és valamilyen módon a szegmenshez kapcsolódó vállalkozás lesz, de a dinamikus fejlődő piac jó táptalajt jelenthet új innovatív szereplők számára is. Az új szereplők részben ma még alulreprezentáltak vagy nem is létező piaci modelleket tesznek

elterjedtté. Ilyen lehet például a vállalatok vagy akár városok által kiépített és üzemeltetett kiscellás hálózat saját vagy szociális célra. Az *enterprise* piaci szegmens jövőbeni megosztott szerepvállalását a 3. ábra mutatja.

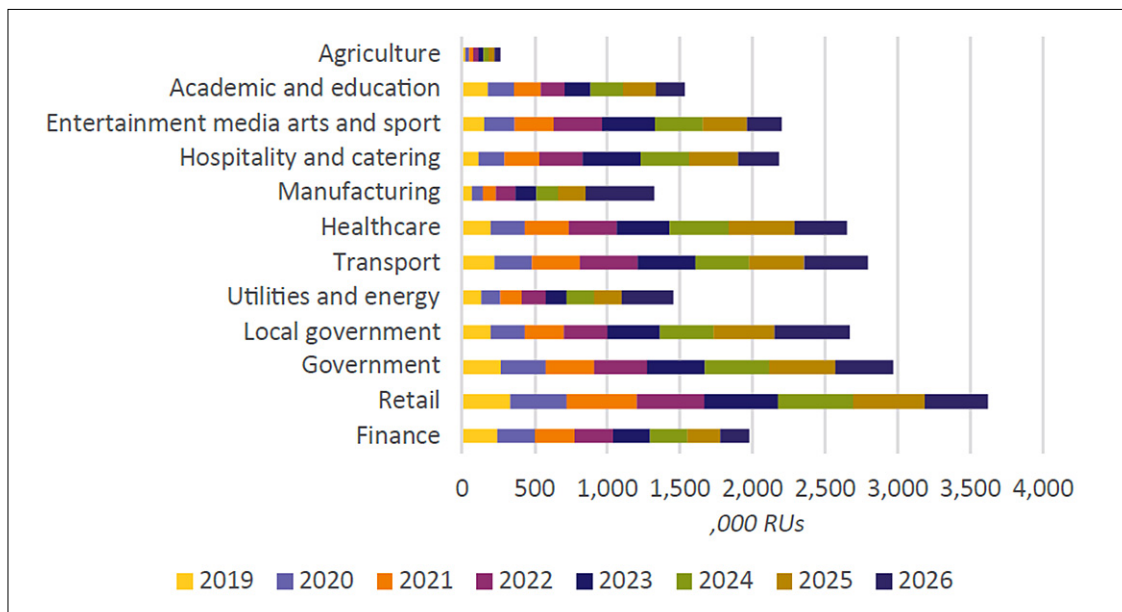
A sokféle piaci szereplő jelenléte egyúttal megosztó kockázatokat és megosztó finanszírozási terheket is jelent. Ez a hatás tovább gyorsíthatja a kiscellák elterjedését a világon.

4.2. 5G kiscellás piaci vertikumok

A rövid- és középtávú előrejelzéseket tanulságos vertikumként külön-külön is megvizsgálni. A piac húzóágazatának elsősorban a kiskereskedelmi szegmens számít, ám ha a kormányzati és az önkormányzati szerepvállalást együttesen nézzük, akkor a kiskereskedelmi piaci szereplőket magasan túlszárnyaló vertikummal találkozunk. Ezt a 4. ábra szemlélteti. Az állami szerepvállalás továbbá a jelentős EU-s és hazai források által finanszírozott operatív programok formájában is biztosan megnyilvánul majd. Az EU-s források még tervezés alatt állnak, a programok végleges tartalmát még több bizonytalanság is övezi, ezért pontos számokról még nem beszélhetünk.

A piac további számottevő szereplői az energia- és közmuhszolgáltató szektor résztvevői is. A klasszikus okosmérésen felül – mely minden szereplőt érint ezen a piacon – a villamosenergia-rendszer komoly átalakulás alatt van. Ahogy a világon, úgy hazánkban is egyre növekszik a megújuló energiaforrások térnyerése. A MA-

4. ábra
Telepített és korszerűsített kiscellák száma vertikumok szerint [2]



VIR 2020-as évre kiadott statisztikája alapján a hazai termelés 13,21%-a (4418,99 GWh) [3] származott megújuló forrásból. A klasszikus nagyermőművekre épülő modellel ellentétben a megújulók jelentős része elosztott termelőként jelentkezik a rendszer szempontjából. Ez alapvető filozófiaváltásra készteti a rendszer tervezőit és üzemeltetőit. Az új kihívásokhoz új eszközök, úgynevezett Smart Grid megoldások társulnak, ahol többek között kiemelt szerepet kap a magas rendelkezésreállás és az alacsony válaszidő.

Az MVM NET erős iparági és kormányzati szerepvállalásának köszönhetően jó lehetőségekkel rendelkezik a magyar kiscellás hálózatok fejlesztésének és elterjesztésének elősegítésére.

5. Kiépítési forgatókönyvek

Kezdetnek nézzünk meg néhány kiscellás kiépítési forgatókönyvet. Amíg az adott helyszín mérete kellően kicsi, mint például a lakossági szegmensbe tartozó otthonok és kirodák, addig mind az egységnyi beruházási költségek, mind pedig a szereplők száma alacsony. Így az igény felmerülése esetén nagyon kevés az a tényező, ami akadályozhatná a fejlesztéseket.

A tulajdonosi viszonyok szempontjából még mindig szerencsés a „Campus”, az „Üzleti”, vagy az „Ipari” szegmens. A „Campus” típus alá tartoznak például a stadionok, kollégiumok, koncerthelyszínek kül- és belterei. Az üzleti szektor alatt tipikusan épített környezet belterére gondoljunk, mint amilyenek az irodaházak, hotelek, kórházak, bevásárlóközpontok. Az ipari környezet esetében – beltéri és kültéri alkalmazásokkal egyaránt – gyárépületeket, telephelyeket vagy egész ipari parkokat értünk. A „Campus”, az „Ipari” és „Üzleti” szegmensek egységnyi beruházási igényei ugyan már jóval magasabbak, de

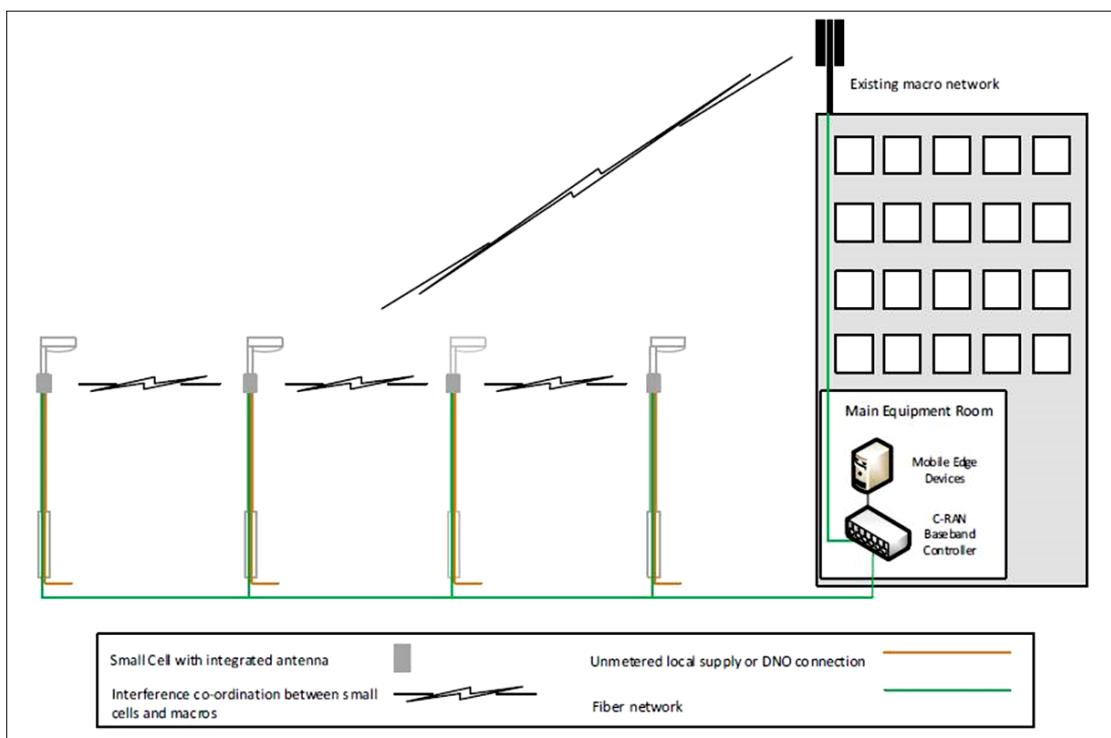
a projektek résztvevőinek száma továbbra is alacsonyan tarthatók. A „Városi” forgatókönyvet a következő szakaszok tárgyalják.

6. „Városi” forgatókönyv

A továbbiakban koncentráljunk a talán legtöbb kihívást tartalmazó „Városi” és azon belül is a kültéri szcenárióra. A „Városi” forgatókönyv az 5G-s kiscellás szcenáriók között az egyik legösszetettebb. A projektek érintett körének hirtelen kitágulása tovább terheli az egyébként is magas költségszintű városi építési munkákat. A szereplők számossága a projekt növekvő komplexitását eredményezi, ami a kezdetben előre nem látható kockázatok emelkedésével is jár. Éppen ezért a piac szereplői számára a – már üzemelő, vagy még csak tervezett – kiscellás városi pilotok és az azokban felhalmozott tapasztalatok kiemelt jelentőséggel bírnak majd a jövőben is.

Az említett nehézségeken kívül a városi kiscellák elterjedését tovább halasztja a jelenleg is működő makrocellás hálózatok elégséges megléte. A makrocellás infrastruktúra a korszerűsítést követően RAN-oldalon még több évig elég tartalékkal rendelkezhet az ügyféligények kiszolgálására, a háttér-infrastruktúra fejlesztési igénye azonban a korszerűsítéssel azonos pillanatban jelentkezik. A bázisállomás oldalon felmerülő több Gbit/s vagy 10 Gbit/s nagyságrendű aggregált adatátviteli sebességigény már nagy kapacitású felhordóhálózati megoldást is kíván. Erre az igényre kínálnak megoldást a vezetékes optikai hálózatokon alkalmazott, technológiától függően akár több száz Gbit/s-ra képes rendszerek.

A makro- és kiscellák egészséges arányát nehéz előre megjósolni, mert nem csak az alkalmazott frekvenciától és annak levegőben történő terjedési paramétereitől,



5. ábra
Kiscellák
elérése
a szolgáltatótól
független
tulajdonú
dedikált
infrastruktúra
alkalmazásával
[4]

	60 GHz 57-66 GHz	70-80 GHz 71-76 GHz and 81-86 GHz
Link capacity versus link reach	100 Mbps – 1 Gbps up to 1 km	multi-Gbps up to 3 km
Spectrum availability and licensing	~9 GHz contiguous mostly unlicensed occasionally light licensed	2 x 5 GHz mostly light licensed occasionally fully licensed
Physical size of the equipment	Very compact (all-outdoor) antenna diameter ~7-15cm	Compact (all-outdoor) antenna diameter 20/30/60 cm
Relative equipment cost (BoM & manufacture)	Lower	Higher

1. táblázat
A 60 GHz-es és 70–80 GHz-es frekvenciasávok tulajdonságai [5]

hanem a felhasználói oldal fizetőképes keresletétől is függ. A kiscellák számosságukat tekintve természetesen felülmúlják a makrocellák darabszámát. A kiscellák nagy számából fakadóan alacsonyabb egységköltszinten kell működniük, mint a felettük ernyőként elhelyezkedő makrocelláknak.

6.1. Az elérési hálózat lehetséges technológiái

Részen a piaci koordinációnak, részben pedig az elmúlt évek jelentős hálózatfejlesztési projektjeinek köszönhetően mára Magyarországon, frekvenciált városi környezetben már széles körben elérhető az optikai távközlési infrastruktúra. Ez persze nem jelenti azt, hogy további fejlesztések ne lennének szükségesek, csak azt, hogy az induláshoz szükséges alapinfrastruktúra többnyire rendelkezésre áll. Nagy kérdés a jövőben, hogy mennyire lesz kizárólag optika-alapú a kiscellák elérése. A következőkben nézzünk meg néhány alapvetően különböző és szélsőséges forgatókönyvet.

6.1.1. Kiscellás forgalmak vezetékes aggregációja

A kiscellák hálózatba kötésének egyik végletes megoldása, ha minden egyes kiscellához, vagy egy pontba telepített kiscellacsoporthoz dedikált optikai sötétszál vagy -szálpár kerül kiépítésre (lásd az 5. ábrát az előző oldalon). Jövőállóság szempontjából ez a megoldás lenne a legjobb, hiszen még a környezeti hatásoknak leginkább kitett optikai légkábelek élettartama is könnyen meghaladhatja a 20 évet. A dedikált sötétszálak az esetleges következő generációváltáskor felmerülő sávszélességigény-növekményt is képesek lesznek kiszolgálni.

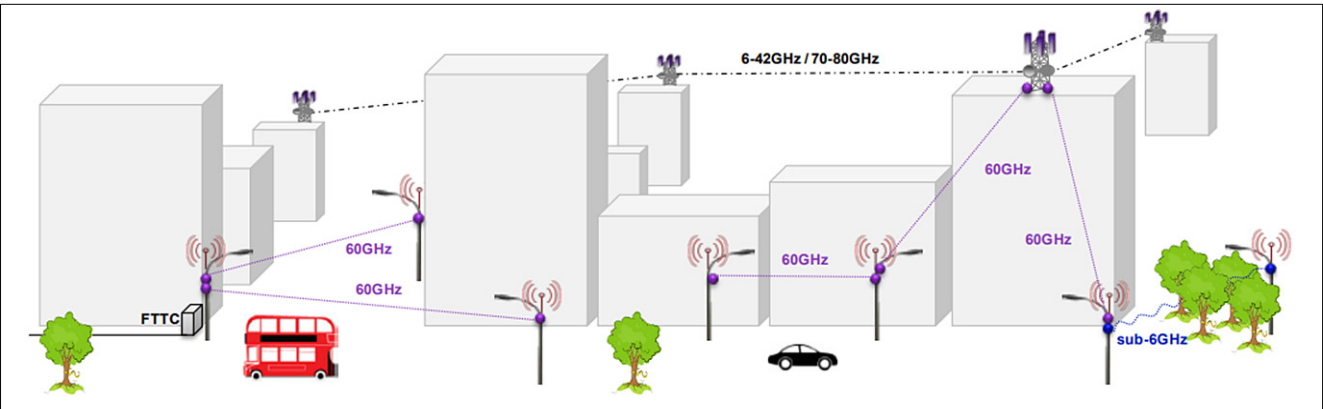
ni. Ez a forgatókönyv természetesen egy szélsőség. Megvalósulására kis földrajzi területre koncentráló nagyberuházások esetén gondolhatunk. Költséghatékonysági megfontolásokból valószínűsíthetően inkább megjelennek majd a részben meglévő infrastruktúrára támaszkodó, a hálózati közeg megosztására irányuló technológiák és módszerek.

6.1.2. Kiscellás forgalmak vezeték nélküli aggregációja

A kiscellák hálózatba kötésének másik szélsőséges módszere lehet a tisztán vezeték nélküli pont-pont vagy pont-multipont technológiák alkalmazása, például az egészen magas 60 GHz-es vagy 70–80 GHz-es tartomány felhasználásával. Ezt a 6. ábra és a fenti, 1. táblázat szemlélteti.

Az említett frekvenciatartományok közül a 60 GHz-es sáv alkalmazhatósága a legkorlátozottabb. Itt található a levegő oxigénmolekuláinak abszorpciós spektrumvonala, mely a mintegy 4 GHz-es sávban kiemelkedően magas csillapítást eredményez. Ez az áthidalható távolság szempontjából rossz hír, azonban pont az előnytelen terjedési viszonyok miatt egyszerűsített és költséghatékony a sáv igénybevétele. További előny, hogy egyazon sávban működő alkalmazások interferenciájára is kisebb tér adódik. A kiscellák forgalmát aggregáló pontokat már vagy az előzőekben tárgyalt optikai hálózattal érdemes bekötni, vagy valamely engedélyköteles védett sávval a magasabb rendelkezésreállás érdekében (6. ábra). Ez a forgatókönyv kevésbé jövőálló, ellenben kevesebb az indulótöke-igénye, ami csábító lehetőséget kínál a piaccal együtt történő fokozatos növekedésre.

6. ábra Kiscellás forgalmak vezeték nélküli aggregációja [5]



A valóság a legritkább esetben fekete vagy fehér, így a kiscellás hálózatok elérési technológiái az adott helyszín adottságainak függvényében keveredhetnek.

7. Telepítési és üzemeltetési kihívások egy infrastruktúra-szolgáltató szemével

Egy gondolat kísérlet erejéig tegyük fel, hogy közelíteni kezdjük a korábban is létező, de már korszerűsített makrocellák teljesítményének határát egy frekvenciált belvárosi környéken. A kívánt ügyfélélmény elérése érdekében olyan sűrűn lakott belvárosi környezetben szeretnénk kiscellás hálózatot építeni, ahol korábban nem volt ilyesmi. Egy ilyen terület fejlesztését természetesen az előzőekben tárgyaltak szerint a mobilszolgáltatón kívül kezdeményezheti egy független infrastruktúra-szolgáltató vállalat, a város önkormányzata, vagy akár egy EU-s, illetve hazai forrásból táplálkozó hálózatfejlesztési operatív program is.

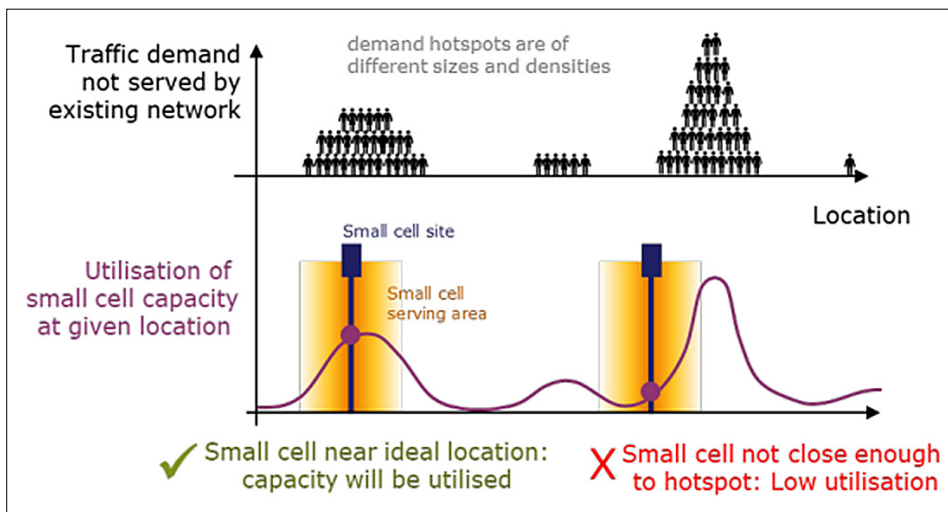
A 7. ábrát tovább gondolva, az utcaszintre telepíteni kívánt kiscellás hálózatok optimális elhelyezésének közelítéséhez ismernünk kell a meglévő lefedőhálózat erős és gyenge pontjai mellett a felhasználói igények területi megoszlását is. Bár az egyes felhasználók által támasztott igények térben és időben is állandóan változnak, de sűrűsödésük és ritkulásuk bekövetkezési valószínűsége a tér minden pontjára külön felírható. A felvett sűrűség-függvények bizonyos önkényesen meghatározott szintet elérő lokális maximumpontjai adják majd a számunkra megfelelő kezdeti kiscellás bázisállomások helyét.

Ha viszont nem foltokban, hanem a folyamatosan magas ügyfélélmény érdekében egymással átlapoló kiscellákat szeretnénk létesíteni, akkor sajnos az egyes állomások a korábbi heurisztikánk szerint lokális optimumpontokra történő elhelyezése a legritkább esetben adja a teljes rendszer optimumát.

Az elmélet gyakorlatba ültetéséhez fel kell tudnunk térképezni az adott terület adottságait is. Ide tartozik például a lehetséges telepítési helyszínek számbavétele,

7. ábra

Kiscellák elhelyezése a forgalmi igények függvényében [6]



az új és meglévő tartószerkezetek és tereptárgyak listája és térbeli elhelyezkedése. A teljesség igénye nélkül ez lehet egy meglévő házfal, a közvilágítási rendszer egy kandalábere, a villamosenergia-elosztóhálózat egy meglévő kis- vagy közép feszültségű oszlopa, egy új 5G-s ún. „totemoszlop”, egy csatornafedél, vagy akár egy utcabútor is. A szigorú egészségügyi előírások miatt erősen limitáltak az alkalmazható kisugárzott teljesítményszintek, így az egyes cellák hatóköre is a különböző tipizált esetekben.

Az optimális állapot megközelítésére a legkisebb költségköltséggel akkor futhatunk neki, ha a tér minél több, minél jobban elosztott pontjából áll módunkban választani, és azok a pontok egymáshoz képest minél kevesebb változatosságot tartalmaznak, hiszen mind a tervezési, mind az üzemeltetési költségeket jelentősen csökkenthetik a formalizált megoldások. Erre kínálnak jó lehetőséget például a kandaláberek vagy az áramhálózat oszlopai, hiszen ezek a városokban széleskörben megtalálhatók, alkalmazásuk pedig formalizálható.

7.1. Kandaláberek

Járjuk kicsit körbe a belvárosi környezetben is széleskörben elérhető közvilágítási infrastruktúra adta lehetőségeket. 5G kiscellás hálózat kiépítésekor a felmerülő kérdésköröket négy csoportra bonthatjuk:

- kiscellák hozzáférési hálózatának kiépítése,
- folyamatos áramellátás biztosítása,
- városképbe történő illeszkedés megvalósítása,
- megosztott tulajdonosi, üzemeltetői feladatok és felelősségek kezelése.

A kiscellák hozzáférési hálózatának kiépítéséről már a korábbi szakaszban beszéltünk. A gyakorlatban az alkalmazott felhordóhálózati technológiát a helyszín adottságaihoz érdemes szabni. Jelen cikk terjedelme nem elegendő az egyes technológiák alkalmasságának áttekintésére.

7.1.1. Folyamatos áramellátás biztosítása

Amíg például a kiscellák feszültségű oszlopsoron a folyamatos villamosenergia-ellátás adott, úgy a passzív vagy időszakosan passzív infrastruktúra-elemek esetében ez az egyik legnagyobb kihívás. Így van ez a kandaláberek esetében is. A mai üzemeltetési gyakorlat szerint a közvilágítási hálózat csak a világítási időszak alatt van feszültség alá helyezve. Tehát rendes üzem szerint nappali időszakban nem lehetséges a villamosenergia vételezése. Megoldási javaslatként felmerül:

- a kandaláberek akkumulátorral vagy szünetmentes tápegységgel történő felszerelése, mely lehetővé tenné a nappali feszültségmentesített időszak áthi-

dalását, ezzel gondoskodva az aktív eszközök zavartalan működéséről;

- idegen feszültség alkalmazása, azaz a közvilágítási hálózattól független forrás kandelábertestre vezetése. Rövidtávon üzemeltetési kivételkezeléssel, hosszútávon üzemeltetési gyakorlat fejlesztésével lehetséges;
- közvilágítási szegmensek okosításával, azaz a folyamatos üzem mellett a közvilágítási funkció kapcsolásának például IoT-technológiával történő megoldásával.

Sem az akkumulátoros működést, sem pedig az idegen feszültség alkalmazását nem lehet univerzálisan jó megoldásnak nevezni. Az akkumulátoros működés nem függ külső hálózatok jelenlététől, ellenben számottevő beruházási költsége van, ami mellé az akkumulátorkészlet pár éves élettartama komoly üzemeltetési többletköltségeket is okoz. Az idegen feszültség alkalmazásának költségszintje nagyban függ a legközelebbi vételezési pont távolságától és a terep fajlagos építési árszintjétől is. Az okos közvilágítási rendszerek terjedésével ez a probléma megoldódhat, amennyiben az érintett áramkörök átalálíthatóak folyamatos üzemre.

7.1.2. Városképebe illeszkedés

A város és a városkép akaratlanul is hétköznapijaink állandó szereplője. Az élhető környezet mindannyiunk számára fontos érték. A kiscellák létesítésére tipikusan a frekvenciált helyeken van szükség. Az ilyen környezet sokszor önmagában is zsúfolt. Kifejezetten igaz lehet ez a történelmi nagyvárosokra, amelyek megújulását nem kényszerítette tragikus tűzvész vagy háború. A nagy forgalmú helyek sokszor patinás városrészek is. Az utcaszinten felbukkanó 5G-s kiscellák szektorsugárzóinak ipari hangulata a legkritikábban illik egy óváros miliójába. Az ilyen hangsúlyos megjelenést talán jobb is kerülni. Az eddigi mobilhálózati generációváltásokhoz képest új, de annál jelentősebb tényező lett a lakossági ellenállás, ami leginkább tévhitek mentén szerveződik. Így nem csak kizárólag esztétikai, hanem rögtön diplomáciai motivációja is van az egyes mobilhálózati infrastruktúraelemek városképbe rejtésének. A kiscellás hálózatok kiépítésével együttesen az érintett környezetben érdemes kiemelt figyelmet fordítani a technológia megismertetésére és elfogadtatására is. Ezt várhatóan állami szerepvállalás is segíti majd.

7.1.3. A kandeláberek tulajdonosi és üzemeltetői köre

A városi kandeláberek tulajdonosi körüket tekintve többnyire önkormányzati vagy szolgáltatói tulajdonban lehetnek. Ez a szolgáltató többnyire az adott régióban a villamosenergia-elosztóhálózatot szolgáltató vállalatokhoz köthető, de ez sem univerzális szabály. A képet tovább bonyolítja, hogy nemritkán előfordul a kettős tulajdonlás is egyazon kandeláber esetében, ugyanis sokszor maga a lámpatest önkormányzati tulajdon, míg a kandeláber teste szolgáltatói tulajdon. Amennyiben az önkormányzat nem a mindenkori kandeláber-infrastruktúrát birtokló szolgáltatót bízza meg a lámpatestek üzemeltetésével,

akkor bejöhethet a képbe egy független új szereplő is. Így a munka- és érintésvédelmi változásokról nem csak a mindenkori közvilágítás szolgáltatóját és annak alkalmazottait, hanem az új szereplő szerelőit is oktatni kell, és a munkautasításait frissíteni szükséges. Így fordulhat elő, hogy egy városi kiscellás projekt tervezési, kivitelezési és üzemeltetési feladatai során a feleknek rögtön tíznél több szereplővel kell összehangolódniuk.

8. Összefoglalás

Az 5G kiscellás rendszerek tervezése, kivitelezése, üzemeltetése sok kihívást tartogat. A lakosság életterét közvetlenül érintő változások árán telepített hálózatokra könnyen összpontosulhat a figyelem. A városi rendszerek megítélése nem csak a saját szegmensük, hanem a teljes iparág megítélésére is kihat. Éppen ezért a társadalmi elfogadást célzó edukáció és megfelelő minőségű kommunikáció kiemelt szerepet kell, hogy betöltsön a jövő 5G kiscellás projektjeinél is.

Hivatkozások

- [1] Qualcomm Technologies Inc., Making 5G NR a reality – Leading the technology inventions for a unified, more capable 5G air interface, 2016, p.4.
- [2] Small Cell Forum Ltd., SCF market status report – Small cells and digital transformation, July 2020, Document 050.10.4.
- [3] MAVIR Zrt., Teljes bruttó villamosenergia-felhasználás megoszlása 2020, 2021.01.31, <https://www.mavir.hu/documents/10258/238689451/El%C5%91zetes+Termel%C3%A9smegoszl%C3%A1s++2020+MavirHonlapra+HU+20210119.pdf/5a9ba622-df38-789a-1edf-0405725dbaac?t=1611067980081>
- [4] ITU, Setting the scene for 5G: Opportunities & Challenges Discussion Paper, July 2018, p.39.
- [5] Small Cell Forum Ltd., Backhaul technologies for small cells: Use cases, requirements and solutions, February 2013, Document 049.07.02, p.41.
- [6] Small Cell Forum Ltd., Precision planning for 5G Era networks with small cells, October 2019, Document 230.10.01, p.1.

A szerzőről



MÉHES ZOLTÁN üzlet- és termékfejlesztési szakértő az MVM NET Zrt. Stratégiai és üzletfejlesztési igazgatóságán. 2015-ben szerezte meg MSc-fokozatát az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán villamosmérnöki karán, ahol saját rendszert hozott létre az MVM NET Zrt. LTE450-es mobilhálózatának mérésére. Jelenleg a BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar MBA-szakos végzős hallgatója. Pályafutását az MVM NET Zrt-nél kooperatív képzés keretében a DWDM-rendszerek osztályon kezdte, mint rendszermérnök-gyakornok. Azóta szervizmérnökként, szolgáltatásmenedzserként és pre-sales mérnökként dolgozott. Mobilhálózatokkal több mint 5 éve foglalkozik.

Az 5G-hálózat és a közlekedés információbiztonsági kihívásai

BÓDI ANTAL, MAROS DÓRA

*KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
bodi.antal@kti.hu, maros.dora@kvk.uni-obuda.hu*

Kulcsszavak: Európai Adatstratégia, mobilitási adattér, 5G, Trust Space, ITS-ökoszisztéma

A közös európai mobilitási adattér tudatos kialakítása alapvető infrastrukturális és kiberbiztonsági kérdéseket vet fel. Magyarország ebben a folyamatban vezető szerepet tölthet be, amennyiben innovatívan és kreatívan hasznosítjuk az eddig elért eredményeinket az intelligens közlekedési rendszerek kifejlesztésében – beleértve a hálózatba kapcsolt autókat és más innovatív közlekedési megoldásokat is. A jövő közlekedése szempontjából elengedhetetlen a legújabb távközlés- és informatika-technológiai fejlesztések felhasználása, beleértve az 5G-hálózat kialakulását és a mesterséges intelligencia alkalmazásszintű elterjedését. Ez az adattér meg fogja könnyíteni a meglévő és jövőbeli közlekedési és mobilitási adatbázisokból származó adatokhoz való kontrollált hozzáférést, azok összevonását, megosztását és közhiteles tanúsíthatóságát, kapcsolódva az ENISA által meghatározás alatt levő kiberbiztonsági keretrendszerhez és a NIST által kialakítás alatt levő „Zero Trust Architecture” elvekhez. Ezen felhasználási igény kielégítése pedig elvezethet a Trust Space adattér-absztrakció megvalósulásához.

1. Bevezetés

A közlekedésben jelentkező lehetőségek és kihívások megkövetelik a kiterjedt digitalizáció lehetőségét. Létrejönnek olyan intelligens közlekedési rendszerek (ITS, Intelligent Transport System), amelyek megteremtik annak lehetőségét, hogy az általuk előállított és kezelt adatokra épülve kialakuljon a közlekedési adatok felhasználásával a mobilitási adattér. A lehetőségek kiaknázása azonban jelentős kockázatot is hordoz magában, mivel az ITS kialakítása során olyan IT-rendszereket vagyunk kénytelenek használni, amelyek jelenleg jelentős kitértiséget és kiberfizikai kockázatot jelentenek. Azzal, hogy adatvezérelt hálózati rendszerek közvetlen emberi kontroll nélkül képesek legyenek a közlekedésben meghatározó szerepet játszani, nagyon komoly kihívást jelentenek a jogalkotás és jogértelmezés számára a felelősség meghatározásában és a jogkövető magatartás kikényszerítésében. A kiterjedt digitalizáció eredményeként sok eddigi, közlekedést érintő jogszabályt újra kell értelmezni a kor elvárásainak megfelelően, összhangban az EU-szintű szabályozásokkal.

A technológiai fejlődés olyan új lehetőségeket ad a kezünkbe, amelyek segítségével képesek leszünk a kialakuló helyzetet kezelni és a kockázatokat megszüntetni vagy legalább jelentősen mérsékelni. A legfontosabb, hogy ne különálló szigetszerű alkalmazásokban gondolkozunk, hanem az egész ökoszisztémát próbáljuk meghatározni, amely hosszútávon képes lesz kezelni a folyamatosan változó és fejlődő környezeti hatásokat. A Közlekedéstudományi Intézet a több éve elkezdett kutatás és fejlesztés eredményeként meghatározó szerepet játszik az intelligens közlekedési rendszerek kifejlesztésében és az ehhez kapcsolódó biztonságos adattér létrehozásában.

Alapvető elvárás, hogy a közlekedésbiztonság jelentősen megnövekedjen. Általános tapasztalat, hogy egy részterületen végbemenő digitalizáció törvényszerűen megteremti annak a pontos és gyors elszámoltathatóságát, és visszahat a részterületre vagy akár az egész területre. Itt például elegendő arra gondolni, hogy a Magyarországon kiépült VÉDA Közúti Intelligens Kamera-hálózat rendszer hatásaként ma már az autópályákon jelentősen visszaszorulóban van a gyorsforgatás, és az előírt sebesség betartása többnyire beépült a tudatos közlekedési viselkedési normák közé. A közlekedés kiterjedt digitalizációjának folyamata törvényszerűen együtt fog járni a közlekedés hatékonyságának és az információk mennyiségének növekedésével is. Ezzel a technológiai fejlődés fő sodrában kialakuló legújabb lehetőségek felhasználásával számolunk. Az egyik fontos feltétel az úthálózat egészen elérhető 5G-hálózati lefedettség kialakítása és annak, különösen a közlekedésre kifejlesztett hatásainak kérdései, amelyek jelentősen befolyásolhatják Magyarország fejlődését az elkövetkező években.

A járművek és az egész közlekedési tér közötti kommunikációhoz, az adatfeldolgozáshoz és a nagy tömegű adattal való közlekedésirányításhoz a mesterséges intelligenciát hívjuk segítségül, ahogy erre már nemzetközi példákat és működő pilot rendszereket lehet találni. Jó példa erre a 8,5 millió lakosú Csingtao (Kína), ahol a forgalmat 900 ezer okos kamera figyeli folyamatosan és a képek feldolgozásával komplex városirányítási rendszer jött létre (1. ábra).

Az e-Mobilitás célja a fosszilis energiahordozóval működő gépjárművek elektromos meghajtással való kiváltása. Ebből a szempontból is az egyik legfontosabb tényező, hogy minden időpillanatban pontos információval rendelkezünk a járműről. Az önvezető rendszerek



1. ábra

A Csingtao-i városirányítási rendszer modellkörnyezete
(Bódi Antal saját felvétele, 2019. november 1.)

elterjedése sem jöhet létre a digitalizáció nélkül, akár a kötöttpályás, akár nem kötöttpályás közlekedésről van szó.

Általános probléma, hogy miként tud majd a közlekedésben kialakulni biztonságosan az az átmeneti állapot, amikor a hagyományos járműveknek és az önvezető járműveknek egy adott közös közlekedési térben kell tudniuk biztonságosan közlekedni. További kihívásként jelennek meg új innovatív közlekedési formák, mint például a drónok. Elegendő csak arra gondolni, amikor egy drón megzavarhatja a légitikötők forgalmát, vagy zavarokat okozhat a közúti- vagy a vasúti közlekedésben.

A közlekedés digitalizációja további lehetőséget adhat a környezeti terhelés csökkentésének optimalizálására, és ezáltal hatékonyabbá tehető a közlekedési környezet, amely komoly környezetvédelmi elvárásokat és jelentős klímavédelmi kérdéseket vet fel.

2. Európai Adatstratégia¹, mobilitási adattér

Az Európai Adatstratégia fogalmazza meg, hogy a 21. századi innovatív átalakulás középpontjában az adatok állnak. Az adatgyűjtés és az adatok felhasználásának módja tekintetében elsősorban az egyén érdekeit kell előtérbe helyezni, összhangban az európai értékekkel, az alapvető jogokkal és a szabályokkal. Az EU-ban az állampolgárok csak akkor fognak megbízni az adatvezérelt innovációban és csak akkor fogadják el azt, ha meggyőződhetnek arról, hogy az adatok megosztása során maradéktalanul érvényesülnek a szigorú uniós adatvédelmi szabályok (GDPR).

A közös európai mobilitási adattér tudatos és tervszerű kialakításánál szem előtt kell tartani azt a célt, hogy a közös európai intelligens közlekedési rendszer kifejlesztésében – beleértve a hálózatba kapcsolt autókat

és más közlekedési módokat is –, olyan adattér jöjjön létre, amely meg fogja könnyíteni a meglévő és jövőbeli közlekedési és mobilitási adatbázisokból származó adatokhoz való hozzáférést, azok összevonását és megosztását.

Napjainkban a korszerű gépjárművek jellemzően óránként mintegy 25 gigabájtnyi adatot generálnak, az önvezető autók pedig több terabájtnyi adatot fognak előállítani, amelyeket a mobilitással kapcsolatos innovatív szolgáltatásokhoz, valamint a javítási és karbantartási szolgáltatásokhoz lehet majd felhasználni. Az innovatív alkalmazások működéséhez szükség van a gépjárművek adatainak biztonságosan, jól szervezetten és a szabályokkal összhangban történő megosztására számos különböző szereplő között. A járművek fedélzeti adataihoz való hozzáférést az uniós jármű-jóváhagyási jogszabályok már 2007 óta szabályozzák, annak érdekében, hogy a független javítóműhelyek számára méltányos és kielégítő hozzáférést biztosítsanak bizonyos gépjármű-adatokhoz. Elkerülhetetlen lesz a területet érintő jogszabályok folyamatos frissítése annak érdekében, hogy figyelembe vegye az összekapcsolt rendszerek terjedését, vagy akár a konfliktusmentes átalakulás szükségességét.

A távközlésben gyors fejlődésnek lehetünk szemtanúi, amely a távdiagnosztikai és felügyeleti rendszerek számára egyre biztonságosabb és egyre nagyobb kapacitást képes biztosítani. Az 5G-rendszerek² kialakítása már megkezdődött, és több országban már a 6G³ rendszerek kísérleti fejlesztése is folyik. A távközlési fejlődés és a biztonságos szoftverrendszerek fogják biztosítani az adatokat generáló gépjárműtulajdonosok jogainak és érdekeinek tiszteletben tartását, valamint az adatvédelmi szabályok betartását.

3. Az EU Bizottság kezdeményezései

Az Európai Adatstratégián belül a mobilitási adattér létrejöttéhez a Bizottság felülvizsgálja a gépjárművekre vonatkozó hatályos uniós típusjóváhagyási jogszabályokat azzal a céllal, hogy azok hatálya több, a gépjármű-adatokon alapuló szolgáltatásra is kiterjedjenek. Ennek várható határideje 2021. első negyedéve. A felülvizsgálat keretében többek között arra keresik a választ, hogy a gépjárműgyártók miként tegyék hozzáférhetővé az adatokat, valamint milyen eljárások szükségesek ahhoz, hogy az ilyen adatok lehívása az adatvédelmi szabályok, a gépjárműtulajdonosok, valamint a gépjárművezetők jogainak maradéktalan tiszteletben tartása mellett történjen.

2021-ben fogják felülvizsgálni az intelligens közlekedési rendszerekről szóló irányelvet is és az ahhoz kapcsolódó felhatalmazáson alapuló rendeleteket. Az ITS-adatok rendelkezésre állásának, újrafelhasználásának és interoperabilitásának további elősegítésére erősebb

¹ COM(2020) 66: European strategy for data

² <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-state-of-5g-networks-worldwide/> (2021.01.30.)

³ <https://www.oulu.fi/6gflagship/> (2021.01.30.)

koordinációs mechanizmust hoznak létre. Az egész EU-ra kiterjedő CEF-program támogatásával és keretében egyesítésre és egységesítésre kerülnek az ITS-irányelv alapján már korábban létrehozott nemzeti hozzáférési pontok (NHP-k).

2020-ban módosították az egységes európai égboltról szóló rendeletre irányuló javaslatot, amely új rendelkezésekkel lett kibővítvé az adatok rendelkezésre állására és az adatszolgáltatók piaci hozzáféréseire vonatkozóan. Ez előmozdítja a légiforgalmi szolgáltatás digitalizálását és automatizálását 2021-től. Ennek köszönhetően javulni fog a légi közlekedés biztonsága, hatékonysága és kapacitása. Nemzeti szinten kiadásra kerültek például a drónok működését szabályzó rendeletek.

Ugyanígy felülvizsgálják a vasúti közlekedés területén alkalmazott interoperábilis adatmegosztásra vonatkozó szabályozási kereteket 2022-ig.

Az elektronikus áruszállítási információkról szóló rendeletekben kerülnek szabályozásra (2022 végéig) az előírt közös adatkészletek a vállalkozások és a közigazgatási szervek közötti digitális adatcserére, az adatok újra felhasználására és az adatok másodlagos felhasználásának megkönnyítésére.

4. Kiberbiztonsági tanúsítás közlekedési vonatkozása

Az EU Bizottság felismerte, hogy az informatikai kitétség kezelésének fokozott figyelmet kell szentelni. A 2019/881 rendelettel megbízta az ENISA-t (az Európai Unió Kiberbiztonsági Ügynöksége), hogy dolgozza ki az információs és kommunikációs technológiák kiberbiztonsági tanúsítását, mivel a hálózati és információs rendszerek és a távközlési hálózatok és szolgáltatások létfontosságú szerepet töltenek be a társadalom működésében, és a gazdasági növekedés gerincét képezik. Ez az irányelv a 2025. június 28. után a fogyasztóknak nyújtott, alábbi szolgáltatásokra lesz majd alkalmazandó a közlekedés vonatkozásában.

A légi, az autóbusszos, a vasúti és a vízi személyszállítási szolgáltatások következő elemei:

- honlapok;
- mobileszköz-alapú szolgáltatások, ideértve a mobilalkalmazásokat is;
- elektronikus menetjegyek és elektronikus menetjegy-értékesítési szolgáltatások, a személyszállítási szolgáltatásokkal kapcsolatos tájékoztatásnyújtás;
- a valós idejű utazási információkat is beleértve; ez az információs képernyők tekintetében az EU területén található interaktív képernyőkre korlátozódik;
- az EU területén található interaktív önkiszolgáló terminálok, kivéve a járművek, a repülőgépek, a hajók és a vasúti járművek szerves részeként beépített, az említett személyszállítási szolgáltatások bármely részének nyújtásához használt ilyen terminálokat.

A fenti felsorolásból kitűnik, hogy itt nem találkozunk sem adatstratégiával, sem a mobilitási adattér fogalmával. Ennek a kialakítására adott határidő sokkal később fogja követni a korábbi intézkedéseket, amelyek valóban a mobilitási adattér kialakíthatóságához kapcsolódnak.

5. A legfontosabb rendeletek

A GDPR, az EU 2016/679 rendelete, a természetes személyek személyes adatainak kezeléséről és azok védelméről szól. Ezt tekintjük az általános adatvédelmi rendeletnek. Ez az európai jogintézmény, amely nem csak az EU-tagországok állampolgárainak, hanem az egész világ számára meghatározó mintaként szolgált az adatvédelem fontosságát illetően.

Az eIDAS, az elektronikus azonosítási és bizalmi szolgáltatásokról szóló 910/2014/EU rendelet egy szabványosítási előírás, amely minden EU-tagországra vonatkozik, amely konzisztens jogi kereteket biztosít az elektronikus azonosítók és aláírások elfogadására. Az eIDAS digitális pecséteket is bevezet az üzleti egységek számára, és ezekkel válik lehetővé az európai szervezetek számára az üzleti folyamataik teljes körű digitalizálása. Azonban ennek bevezetését nem sikerült minden tagországnak egyenlő szinten teljesíteni. Magyarország élen jár ezen a területen, mivel az e-személyi igazolványunk eIDAS-konform eszköz és már a magyar lakosság körében 50% körüli elterjedtséggel rendelkezik.

A NIS-direktíva az EU 2016/1148 irányelve, amely a hálózati és információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedések kidolgozását irányozza elő. Igazodva a technológiai fejlődéshez, ennek is megkezdődött az átdolgozása. Az új NIS2 irányelvtervezet főbb szempontjai a következők:

- a jelenlegi irányelv hatályának jelentős kiterjesztése új szektorok hozzáadásával, mint például a távközlés, a közösségi média platformjai és a közigazgatás;
- annak megállapítása, hogy a NIS2-keretrendszer hatálya alá tartozó ágazatokban tevékenykedő összes közép- és nagyvállalkozásnak automatikusan be kell tartania a javaslatban előterjesztett biztonsági szabályokat – megszüntetve annak lehetőségét, hogy a tagállamok bizonyos esetekben testre szabják a követelményeket;
- az alapvető szolgáltatások (OES) üzemeltetői és a digitális szolgáltatók (DSP-k, amelyek jelenleg három kategóriába sorolhatók: online piacterek, keresőmotorok és felhőszolgáltatók) közötti különbségtétel megszüntetése;
- az IKT-ellátási lánc kiberbiztonságának kezelése;
- kétlépcsős eljárás bevezetése a jelentős biztonsági megsértések bejelentésére; és
- meg nem felelés esetén 10 millió euróig terjedő, vagy az egységek világszerte elért teljes forgalmának 2%-át kitevő adminisztratív bírságok kiszabása, attól függően, hogy melyik magasabb.

Politikai szinten a felülvizsgált NIS2-irányelv egy olyan uniós válságkezelési keretrendszert irányozna elő, amely előírná az uniós tagállamoknak, hogy fogadjanak el tervet a kiberbiztonsági események és válságok uniós szintű kezelésére, és jelöljenek ki nemzeti szintű illetékes hatóságokat, amelyek felelősek annak végrehajtásáért és betartatásáért.

Ez a három rendelet által meghatározott jogszabályi környezet jelentős támogatást ad az EU-szintű mobilitási adattér létrejöttének megalapozásához.

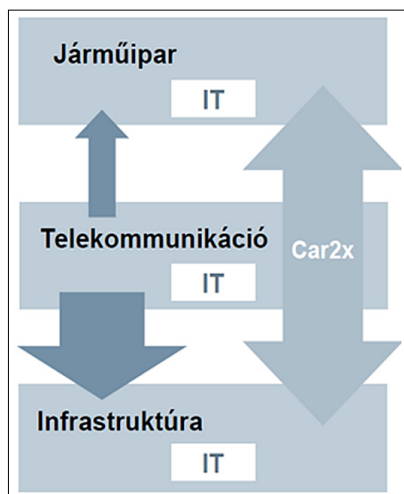
6. Hiányzó feltételek

A jövő közlekedésének kialakítására már nagyon jelentős fejlesztési eredmények születtek. A 2. ábra bemutatja, hogy a fő együttműködő partnerek – Jármű, Infrastruktúra, Telekommunikáció – között milyen kapcsolódás, illetve logikai együttműködési modell képzelhető el. A legnagyobb probléma, hogy ebben a struktúrában még nincsenek kidolgozva és beépítve az alábbi szerepek:

1. hatósági, állami szerepek definiálása,
2. bűnüldözés, bűnmegelőzés, terrorelhárítás feltétel-rendszere,
3. az egész ökoszisztémát tanúsító szervezetek szerepe és lehetősége,
4. garanciát illetve a biztosítást nyújtó szereplők csatlakozási felülete,
5. különböző típusú járművek heterogén életkorának és felszereltségének a kezelése.

2. ábra
Az érintett iparágak
együttműködése

(Forrás:
Üveges P., Bogárdi P.:
„Önvezető és
vezetést támogató
technológiák közötti
infrastruktúrája”
– SiemensMobility
előadás, 2019.)



7. ITS ökoszisztéma – mint a közlekedés egészének a „security log”-ja

ITS alatt értjük a közlekedésben alkalmazott infokommunikációs technológiák alkotta egységes rendszert, amely segítségével optimalizálhatók a közlekedési módok, javítható a költséghatékonyság, csökkenthető a környezeti terhelés, javítható a közlekedés biztonsága, informáltsága és komfortja mind társadalmi, mind egyéni szempontból.

A hangsúlyt arra kell helyezni, hogy egyszerre kell teljesülnie mind a társadalmi, mind az egyéni szempontoknak. Ez alapján a hipotézisünk az, hogy a közhitelesen rögzített közlekedési adatokra épülve kell létrehozni az ITS adatokra épülő ökoszisztémáját. Ezzel biztosítanunk kell a közlekedés egészének „security log”-ját. Security log-on azt értjük, hogy digitálisan és közhitelesen, az eIDAS-konform eszközhöz rendeltlen rögzíteni kell magukat a közlekedési trajektóriákat és ezzel minden entitásnak az állapotváltozását, legyen az mozgó vagy nem mozgó résztvevője a közlekedési térnek.

Ennek eredményeként azt feltételezzük, hogy pozitívan meg fog változni a közlekedésben résztvevők viselkedése, mert minden mérhető és dokumentálható lesz, ezáltal jelentősen csökkenthető lesz a közlekedésből származó társadalmi veszteség és jelentősen javítható lesz a közlekedésbiztonság. Ezzel kialakítható – EU-konform módon – a közlekedés egészének közhiteles tanúsíthatósága. A gyakorlati megvalósításhoz a már elterjedt, flottakövető rendszerekhez hasonló rendszert kell kialakítani, amely integrált digitális hatósági rendszerként kerülne megvalósításra, és amely adatvédelmi szempontból az EU GDPR, az eIDAS és a NIS(2) rendeleteinek is megfelelne a létrejövő EU kiberbiztonsági tanúsítás szerint.

Az előző gondolatmenet alapján egy bizalmi modell jönne létre, az ún. *Trust Space*, amely olyan speciális adattér, amelynek elemei kiberbiztonsági szempontból garantáltan védettek és tanúsítottak. A Trust Space-ben lévő adatok megmásíthatatlanok, megőrzöttek, kompromittálhatatlanok, adott felhasználási célra érvényesek és elérhetők. A felhasználás ellenőrizhetőségének mind technikailag, mind törvényi szabályozás szerint biztosítottak kell lennie a teljes életciklus alatt. Ez a bizalmi modell a bizalom két szintjén alapul:

- *egyéni szintű bizalom*, amely a szereplők tevékenységének teljeskörű biztonsági logolását jelenti;
- *rendszerszintű bizalom*, amelynek alapja a rendszer egészén belüli Zero Trust elvre épülne, ki kell zárni minden olyan elemet, amelynek biztosítása egyéni hozzáálláson vagy ki nem kényszeríthető szabálykövetésen múlna.

Ezt célozza meg a *Zero Trust Architecture*⁴ szabvány NIST 800-207 külön kiadványa.

A mobilitási adattér részhalmozaként értelmezhetjük az ITS-ökoszisztémát, mint a közlekedés security logját. Ez azt jelenti, hogy az 5G-hálózat kialakítása előtt létre lehet hozni ezt a security logot, amely később a teljes mobilitási adattér kialakulását követően is fenttartható és fentartandó lesz, mint közhiteles bizonyító digitális lenyomata a közlekedés egészének. Ennek kialakulása elő tudja segíteni az autonóm közlekedés kialakulását, és a korábban felsorolt hiányzó feltételek megalapozását azzal, hogy minden szereplőről képes lesz közhiteles mobilitási adatokat összegyűjteni.

Magának az ITS-ökoszisztémának nem szükségképpen kell nagy sáv szélességű, magas rendelkezésre ál-

4 <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-207/final> (2021.01.17.)



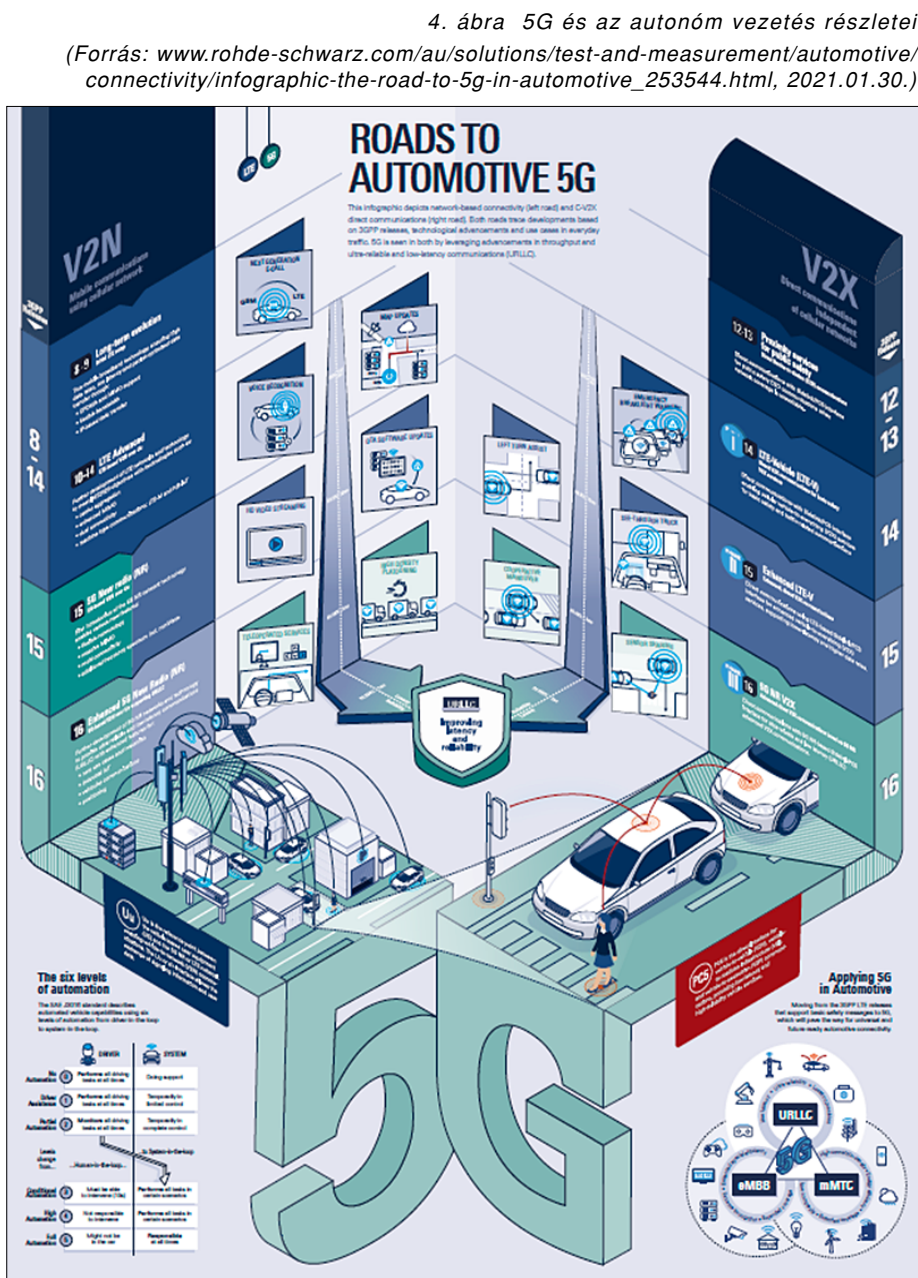
3. ábra Az 5G és az autonóm közlekedés főbb kapcsolódásai
(Forrás: www.slideshare.net/qualcommwirelessevolution/power-point-messaging-5g-nr-based-cv2x, 2021.01.17.)

8. Összefoglalás

A közös európai mobilitási adat-tér és az ITS közlekedési rendszerek esetén kiemelt feladat a kiberfenyegetettség minimalizálása, kizárása. Ennek érdekében mielőbb ki kell alakítani a mindenhol elérhető 5G-hálózatot, mivel ennek kell szükségképpen megfelelő biztonsági megfeleléssel rendelkeznie. Az adatok összegyűjtése és mozgatása során az adattér számára részben az 5G-hálózat fogja megteremteni az itt megosztott adatokból létrejövő Trust Space garantálását és az EU kiberbiztonsági keretrendszer szerinti tanúsíthatóságot is. Az ITS-ökoszisztéma esetén garantálni kell a közhitelességi és a GDPR-elvárások teljesülését. Ehhez az eIDAS szerint történő eID-hozzárendelhetőség lesz érdemes kialakítani.

A jövőben meg kell vizsgálni kiberbiztonsági szempontból a már kialakult forgalomirányító és közlekedésbiztonság támogató rendszereket, illetve a járműveken belüli aktív közlekedésbiztonsági rendszerek esetén is a mesterséges intelligencia alkalmazhatóságát. A legacy- (örökölt) rendszerek integrálása a közös mobilitási adattérbe kiemelt kiberbiztonsági kockázati tényezőként jelentenek.

Külön vizsgálandó feladat a közösségimédia-alapú navigációs rendszerek és a közösségi közlekedési rendszerek között megteremthető kölcsönhatás és ezek együttes hatása az adatvezérelt közlekedési rendszerek kialakítására.



A közlekedési rendszerekben használt informatikai rendszerek átlagos felhasználói kívül kiemelten kell kezelni elsősorban a privilegiált felhasználók, a rendszergazdák és az adatgazdák kiberbiztonsági tudatosságát, valamint a szabályok betartását és betartatását.

Az ENISA által publikált 5. ábrán látható, hogy az adatrobbanás és a mesterséges intelligencia elterjedése is milyen kockázatokat hordoz a jövőben. Azonban napjainkban még az adatbiztonsági sérülékenységek és azok kihasználhatósága a legtöbb esetben emberi hibákra vezethető vissza, mint a napjainkban kirobbanott eddigi legnagyobb világméretű kiberbiztonsági sérülékenység, ahol a legjelentősebb vállalatok IT-rendszereiben kialakított speciális szoftverek biztonsági frissítéseinél használt jelszó a „solarwinds123”⁵ volt. Le kell vonnunk ebből azt a tapasztalatot, hogy a közlekedés egésze számára csak olyan ITS-rendszer alakítható ki, amely kizár minden kiberbiztonsági kockázatot, azaz megfelel az alapvető szolgáltatásokat nyújtó kritikus szereplők rezilienciájáról szóló NIS2-irányelvre irányuló javaslatnak. A cél a közlekedéssel szembeni kiberfizikai fenyegetések mérséklése és ezek preventív módon történő kizárása.

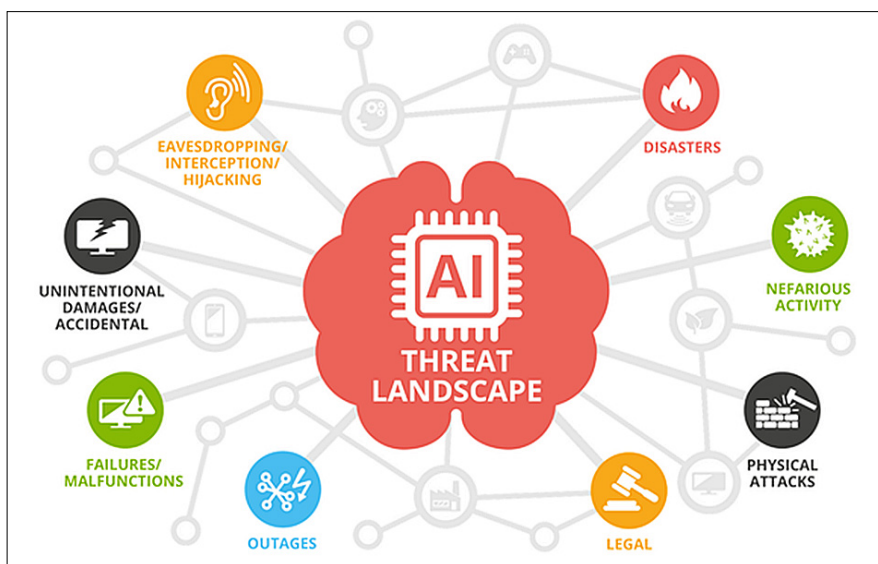
A szerzőkről



BÓDI ANTAL matematika-fizika-számítástechika szakos tanári, anyagtudományi mérnök-fizikus, valamint infokommunikáció menedzsment szakon szerzett MBA-oklevelet és 2017-től az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola PhD hallgatója. 1990-től a BGyTF számítógépközpontját vezette és részt vett a Szab-I-Net Kht., később a UPC szélessávú internetszolgáltatásának kialakításában, majd az Antenna Hungária DVB-T-projektjében. 2002-től a Kopint-Datorgban a www.magyarorszag.hu és az Ügyfélkapu kialakításán dolgozott. A NISZ ZRt.-nél az eSZIG, AVDH, GovCA, Önkormányzati ASP IT biztonsági projekteket menedzselte. 2016-tól a KTI Közlekedéstudományi Intézet ITS tanúsítási irodavezetője. Az ITS-ökoszisztéma kialakításával és a közlekedés digitalizációjával foglalkozik. A HTE ISZB tagja.



MAROS DÓRA a Budapesti Műszaki Egyetemen, híradástechnika szakon végzett, ezt követően PhD-fokozatot szerzett a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Műszaki Doktori Iskolájában. Főbb kutatási területe a mobil távközlés és a kritikus infrastruktúra hálózatok. Nyolc éven át az Óbudai Egyetem Villamosmérnöki Karának tudományos dékánhelyettese volt és öt évig a Híradástechnika Intézet igazgatója. Számos magyar és nemzetközi tudományos konferencia szervezője és előadója. A Közlekedéstudományi Intézet vezető szakértője és tudományos tanácsadója 2014 óta.



5. ábra ENISA – A mesterséges intelligencia kiberbiztonsági kihívásai
(Forrás: www.enisa.europa.eu/news/enisa-news/enisa-ai-threat-landscape-report-unveils-major-cybersecurity-challenges, 2021.01.29.)

Hivatkozások

- [1] COM(2020) 66: European strategy for data.
- [2] COM(2020) 65: On Artificial Intelligence – A European approach to excellence and trust.
- [3] Pintér Róbert, Kis Gergely; Az információs társadalom és más versengő metanarratívák. In: BME–UNESCO, Információs Társadalom- és Trendkutató Központjának kutatócsoportja, Évtizedjelentés: ITTK Budapest, (2008), pp.5–62.
- [4] Sallai Gy., Horváth P., Abos I., Bartolits I., Bódi A., Huszty G.; A hazai szélessávú infokommunikációs infrastruktúra fejlesztése. Híradástechnika: HÍRKÖZLÉS-INFORMATIKA, 2009:1-2, pp.4–17.
- [5] A digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutató (DESI), 2019, Országjelentés: Magyarország.
- [6] Gigabit Hungary Stratégia (GHS) 2020–2030, Nemzeti Digitalizációs Stratégia (NDS) 2021–2030, Magyar 5G Stratégia szakmai tervezete (munkapéldány).
- [7] Bódi A., Maros D.; A komplex ITS ökoszisztéma alapjai. In: Vigh, László (szerk.) Az infrastruktúra és a gazdaság távlatai 2020 előtt. Budapest, Edutus Egyetem, (2019), pp.48–70.
- [8] Bódi A., Szabó T., Maros D., Gáspár L.; ITS ökoszisztéma – A közlekedés egészének digitalizációja. „Utazás a tudományban” konferencia a 70 éves Pálfalvi József tiszteletére. Konferenciakötet, Bp., Corvinus Egyetem, (2018), pp.82–84.
- [9] Beke É., Bódi A., Takácsné Gy. K., Kovács T., Maros D., Gáspár L.; The role of drones in linking industry 4.0 and ITS Ecosystems. IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2018) Budapest: IEEE Hungary Section, (2018), pp.191–197.
- [10] Charlotte Ducuing; Beyond the data flow paradigm: governing data requires to look beyond data, Technology and Regulation, 2020.006, pp.57–64, ISSN: 2666-139X, <https://doi.org/10.26116/techreg>

⁵ Security Researcher Reveals Solarwinds' Update Server Was 'Secured' With The Password 'solarwinds123': <https://www.techdirt.com/articles/20201215/13203045893/security-researcher-reveals-solarwinds-update-server-was-secured-with-password-solarwinds123.shtml> (2020.12.20.)

Mennyire zöldülnek a mobilhálózatok?

CSABA TAMÁS

Telenor Magyarország Zrt.
tcsaba@telenor.hu

Kulcsszavak: mobilhálózat, energiahatékonyság, spektrális hatékonyság, 4G, 5G, alternatív energia, hibrid betáplálás

A mobilhálózatok fejlesztésének és üzemeltetésének lényeges aspektusa az energiafelhasználás, annak mennyisége, felhasználásának hatékonysága és az okozott környezeti hatás, illetve annak csökkenthetősége.

A cikk ismerteti a mobilhálózatok energiaszükségletét meghatározó fontosabb tényezőket, az adatforgalom várható alakulását, és a legnagyobb fogyasztó, a rádióhálózat energiahatékonyságának legfontosabb fejlődési lépéseit az elmúlt években, beleértve az 5. generáció által elérhető lehetőségeket. A szerző összefoglalja a zöld energia alkalmazhatóságát és szerepét a bázisállomások ellátásában.

1. Bevezetés

A mobilhálózatok fejlesztésének és üzemeltetésének lényeges aspektusa az energiafelhasználás, annak mennyisége, felhasználásának hatékonysága és az okozott környezeti hatás. A fejlődés pozitív hatásai mellett ma már az iparág kiemelt célja a kapcsolódó negatív környezeti hatások csökkentése is. A következőkben arra a kérdésre keressük a választ, hogy az újabb mobil generációk és hálózati fejlesztések várhatóan milyen hatással lesznek a mobil állomások energiafogyasztására, és az alternatív, zöld energiának hol van értelme, illetve hol lehet szerepe.

Az energiafelhasználást befolyásoló tényezők bemutatását követően a legnagyobb fogyasztással bíró hálózatrész, a rádióhálózat, mobil generációktól független és az 5G-hez köthető hatékonyságjavító elemeinek tárgyalása következik. A hálózat energiaszükségletén túl a környezeti hatásokat annak forrása határozza meg. Az utolsó szakaszban pedig röviden összefoglalva a bázisállomások zöld energiával történő ellátásának magyarországi realitásairól lesz szó, egy mobil operátor szeméből.

2. Háttér

A mobilhálózatok által kibocsátott széndioxid nagyságrendileg a 0,5%-át teszi ki a Föld teljes kibocsátásának [1]. A mobilhálózatok által továbbított adatforgalom évről-évre folyamatosan növekszik, 2025-ig a jelenleginek legalább háromszorosára fog nőni [2]. Ezt a dinamikusan növekvő igényt fogják kiszolgálni a mobilszolgáltatók a rendelkezésre álló egyre növekvő spektrumkészletükkel, az 5G-mobiltechnológia bevezetésével és annak javuló spektrumhatékonyságával, a bázisállomások sűrűségének növelésével, beleértve a többszintű hálózatokat (HetNet) is.

Fontos megjegyezni, hogy a globális károsanyag-kibocsátás csökkenésében a mobilhálózatok közreműködése tízszerese az általuk kibocsátott károsanyag mennyiségének, köszönhetően a különböző energiahatékonyságot javító alkalmazásoknak és IoT megoldásoknak [1]. Ez a folyamat az 5G elterjedésével tovább fog erősödni.

3. Az energiafelhasználást befolyásoló legfontosabb tényezők

Egy mobilhálózat energiaszükségletét a generált adatforgalom és a kapcsolódó szolgáltatási lánc elemeinek energiaigénye határozza meg, amit egyaránt befolyásol a hálózati eszközök kora, az alkalmazott mobiltechnológia, a rendelkezésre álló frekvenciakészlet és a rádióhálózati topológia.

Az adatforgalom jelentős növekedését a használók számának folyamatos emelkedése mellett a sávszélesség-igényes videotartalom fogyasztásának jelentős növekedése okozza. Áranya az előrejelzések szerint 2025-re meghaladja a teljes adatforgalom 75%-át [2]. Ma már az adatforgalom több, mint 95%-a 4G-technológián zajlik Magyarországon [3]. Amennyiben az energiahatékonyság nem változna, a hálózat energiafogyasztása közel egyenes arányban nőne a forgalommal. Az 5G bevezetés alatt áll, a felhasználói készülékek elterjedtsége fokozatos, az előrejelzések szerint öt éven belül haladhatja meg a 45%-ot világszinten [2], hazánkban ennél alacsonyabb arány, inkább 30% valószínűsíthető. A hatékonyság javulása is igaz az 5G bizonyos elemeire, lefedettsége jelenleg korlátozott és lépésről lépésre épül ki.

A mobilhálózatok energiafogyasztásában legnagyobb súllyal, nagyságrendileg 60-70%-kal a rádióhálózat részesül [4-5]. A maghálózat részesedése a teljes fogyasztás 20-25%-a körül van. Ebből adódik, hogy az eszközgyártók és a szabványosítók egyaránt a rádióhálózat hatékonyságának javítására helyezik a hangsúlyt. Egy

bázisállomás átlagos jellemző energiafogyasztásának meghatározására az ETSI által javasolt módszertant érdemes használni, amely különböző terheltségi esetek súlyozott átlagaként írja le egy adott rádiókonfiguráció fogyasztását. Ezek alapján ma egy tipikus 3 szektoros városi – 2 alacsony, 2 közép és C sávot használó – bázisállomás átlagos fogyasztása ~4 kW, ami maximális kihasználtság esetén elérheti akár a ~6 kW-ot is. Ebből ~30% a C-sávú 5G-eszköz részesedése.

Az újabb mobilgenerációk egyre hatékonyabban képesek egységnyi adatmennyiség átvitelére. A gyakorlatban azonban még csak ezekben az években indul meg a korábbi generációk kivezetése, elsőként a 3G-é. Az operátorok párhuzamosan üzemeltetnek 2G-, 3G-, 4G- és 5G-rendszereket, ami természetesen nem optimális az energiafogyasztás szempontjából sem. Egy új technológia bevezetésénél továbbá figyelembe kell venni azt a negatív hatást, hogy a kevés felhasználó és kevés felajánlott forgalom ellenére is, egy bázisállomás sokat, a maximális fogyasztásának csaknem a 40%-át fogyasztja.

4. Az energiahatékonyság javulása

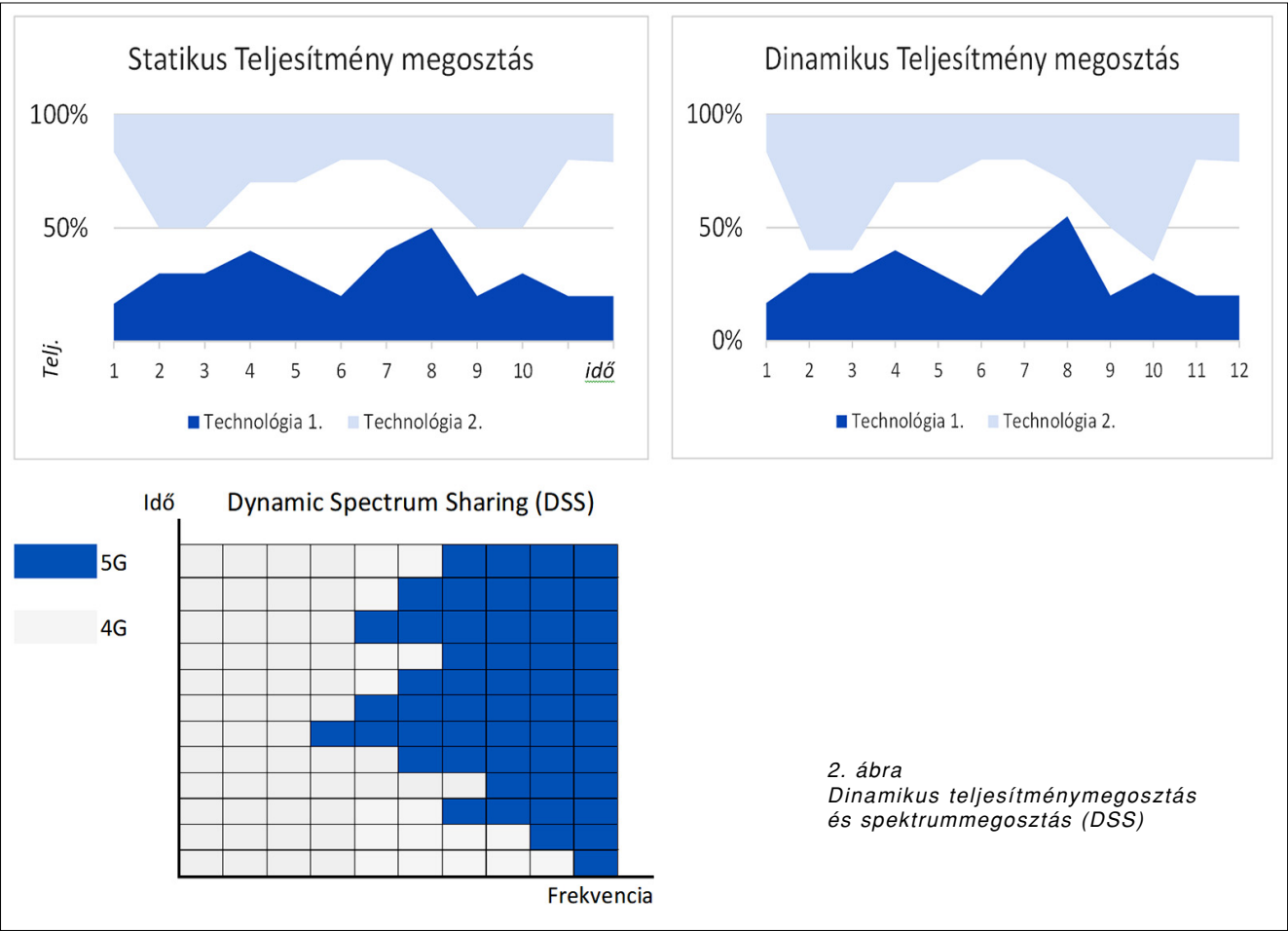
Az energiahatékonyság definíciója mentén vizsgáljuk meg a fejlődés várható hatásait. *Energiahatékonyság = adatsebesség/felhasznált energia*, ahol az *adatsebesség*

= *spektrális hatékonyság * sáv szélesség*. Ugyanazon technológia használata alacsonyabb energiafogyasztással valósul meg, vagy a spektrális hatékonyság nagyobb mértékben javul, mint amilyen mértékben az energiafogyasztás nő. Az elsősre a teljesítményerősítők hatékonyságának javulása, míg az utóbbira a C-sávban alkalmazott „massive MIMO” (mMIMO) technológia egy-egy példa. A kapcsolódó innovációk egyaránt érintik az eszközöket és a hálózati szoftvereket.

Rádiós eszközök

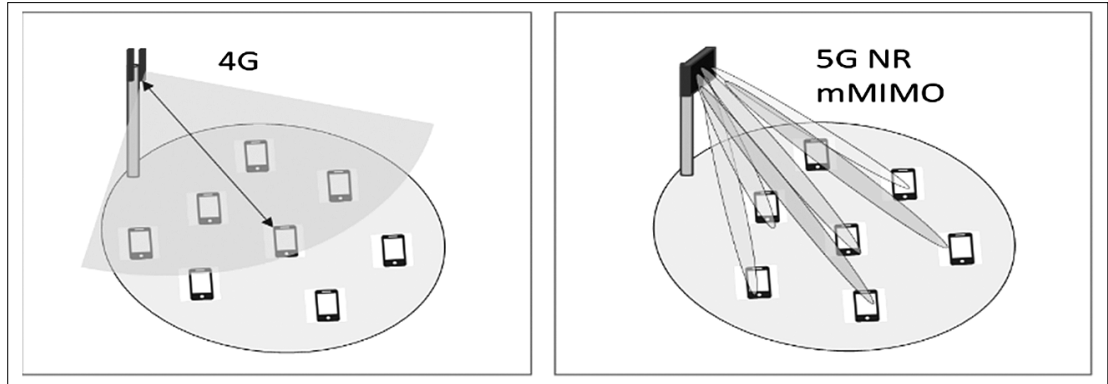
A bázisállomások legnagyobb energiafogyasztású egységei a rádiós *teljesítményerősítők*, amelyek a bázisállomás fogyasztásának több mint 60%-át adják [4]. Gyártói információk alapján az erősítők hatékonysága – részben az utóbbi években alkalmazott új félvezető anyagnak a GaN-nak (Gallium Nitride) köszönhetően – sokat fejlődött, mára meghaladja az 50%-ot. A folyamat várhatóan nem áll meg, csak lassulni fog a következő években.

Tíz éves eszköz-élettartamot feltételezve a hatékonyság átlagosan 15%-kal javulhat egy ciklus alatt, ami összesen ~9-10%-os (15%*60%) energiafogyasztás-csökkenést eredményezne ugyanolyan használati profil mellett. A beépített *mikrochipek* a fogyasztás csaknem 9%-át adják. Jellemző paraméterük a tranzisztorméret, melyekből ma már a 7 nm-es eszközök az elterjedtek a mobil hálózati eszközökben is. Az eredmény 30-50%-os hatékonyságjavulás. A számításigényesebb 5G-megoldások-



2. ábra
Dinamikus teljesítménymegosztás és spektrummegosztás (DSS)

1. ábra
3D nyalábformálás
hatása



nál ezek a hatások fokozottabban jelentkeznek. A bázis-állomások energiafogyasztásában szintén jelentős mértékű részesedéssel bír a *hűtésre* fordított energia (~9%). A rádiós egységek, amik a teljesítményerősítőket is magukba foglalják (RRU: Radio Remote Unit), ma már az antennák közvetlen közelében helyezkednek el. Ennek következménye az alacsonyabb fogyasztás mellett a kisebb szakaszcsillapítás, amely nagyobb lefedettséget, illetve nagyobb elérhető kapacitást eredményez. A kültéri elhelyezkedésnek köszönhetően nincs szükség nagy teljesítményű légkondicionálásra, mint a korábban hagyományosnak tekintett beltéri konfigurációknál. A hűtési megoldások a rádiós eszköz integráns részei, a gyártók ezeknél is nagyobb hatékonyságú megoldásokat vezetnek be, ilyen például a hűtőfelületet jelentősen megnövelő új, természetből átvett bio-struktúrák alkalmazása, melynek eredménye közel 30%-os megtakarítás.

Az alacsonyabb fogyasztás mellett az energiahatékonyság fokozásának másik módja a *spektrális hatékonyság* növelése. Az 5G NR mMIMO technológia képviseli ezt a változást a 4G-hez képest. A nyalábformálással a felhasználók keskenyebb nyalábokkal történő elérése révén ugyanazon fizikai csatornát a korábbi egyetlen cellában többször is lehet úgy allokálni – amennyiben a felhasználók megfelelően távol helyezkednek el –, hogy azok ne zavarják egymást (1. ábra).

Kétdimenziós hatást tesztelve (8 nyaláb a síkban) a 100 MHz C-sávú sáv szélességet alkalmazva, egy felhasználóra a maximális letöltés 1,7 Gbit/s volt, míg nyolc egyidejű felhasználó esetén a szektor kapacitása elérte a 4 Gbit/s-t. Az 5G a mMIMO technológiának köszönhetően így háromszor-ötször hatékonyabb spektrálisan, mint a 4G.

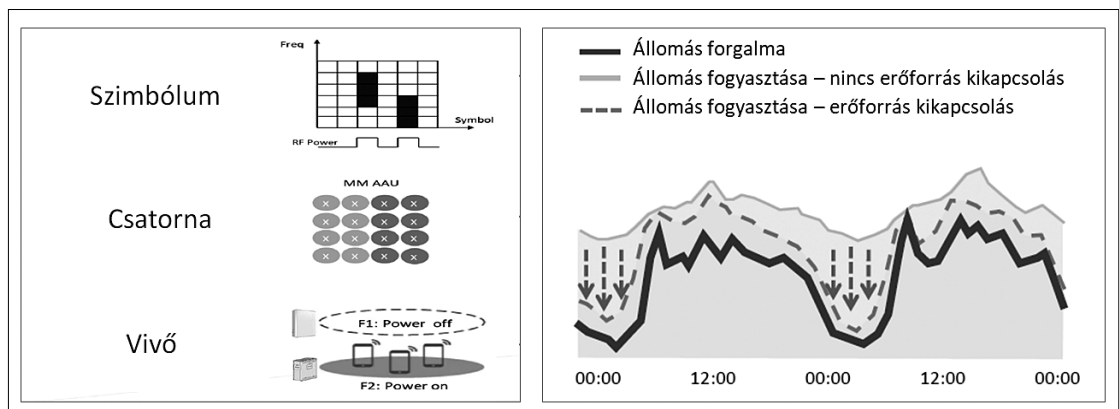
Egy adott frekvenciasávban a generációk közötti hatékonyabb átmenetet úgy támogatják a legújabb rádiós eszközök, hogy egy rádiós eszköz képes több technológiát is egyidőben kisugározni, a kimenő teljesítményt dinamikus szétosztani. Nincs szükség technológiánként dedikált eszközre. Ez a dinamikus erőforrás-megosztás kiegészül a spektrummal 4G/5G-használat esetén (DSS: Dynamic Spectrum Sharing), támogatva az 5G egyszerű és hatékony bevezetését a korábban használt duplex frekvenciasávokon (2. ábra).

Hálózati intelligencia az energiahatékonyság szolgálatában

A növekvő adatforgalom miatt több frekvenciasávra és nagyobb kisugárzott teljesítményre van szükség. A forgalmas órákban jár csúcsra az állomás, a legtöbb ügyfél akkor csatlakozik hozzá és forgalmaz. Ehhez képest a másik szélsőséges időzóna az éjszaka, amikor a forgalom nagyon alacsony, így sokkal kevesebb erőforrásra van szükség. Annak érdekében, hogy a kapacitás-erőforrások allokációja az éppen aktuális terhelés függvényében dinamikus változzon, és a szükségtelen kapacitáselemek kikapcsolásra kerüljenek mindaddig, amíg azt nem igényli a forgalom, a gyártók méréseken alapuló automatizmusokat tettek elérhetővé (3. ábra).

Az alkalmazott algoritmusok az alacsony forgalmú időszakokban hatékonyak, nagy forgalom esetén nem is aktiválódnak. A kapcsolódó forgalmat előre jelző algoritmusok folyamatosan fejlődnek, tanulnak (mesterséges intelligencia), erre a többszintű hálózatokból adódó komplexitásnövekedés miatt is szükség lesz. A kikapcsolható kapacitás lépései technológia-függőek, már a 2G-ben is bevezetésre került a vivő kikapcsolása, ami

3. ábra
Energia-
megtakarítást
eredményező
funkciók
és azok hatása
a fogyasztási
profilra [6]



tovább finomodott az időrés- és szimbólum-szintű deaktiválással 4G esetén, és akár antennarészek eseti kiiktatásával az 5G-ben. Többszintű hálózatoknál (HetNet) adódik a kiscellák forgalomfüggő lekapcsolása. A várható energiamegtakarítás az 5-15% tartományban van, forgalmi esettől függően.

Az 5G architektúra további előnyei és lehetőségei

Az 5G által elérhető új képességek sok esetben a hálózati architektúra jelentős változásával járnak: erre két példa az *EDGE-adatközpont* és a *C-RAN- (Cloud-RAN) struktúra*.

Jelentősen alacsonyabb hálózati késleltetés eléréséhez a rádió-hozzáférés gyorsítása mellett a szükséges információt és döntési képességet a bázisállomásokhoz közel kell vinni (EDGE DC: EDGE Adatközpont). Ennek extrém esete a privát hálózat, ahol az adatközpont már az állomás mellett van. Az EDGE-adatközpontokban a népszerű tartalmakat is közelebb lehet vinni a felhasználóhoz, időt és hálózathasználatot megtakarítva ezzel. A rövidebb átviteliút-használat energia-megtakarítást fog eredményezni.

A C-RAN-struktúránál az alapsávi feldolgozás nem a bázisállomásokon történik, hanem állomáscsoportonként egy központi helyen, ami lehetőséget ad a kapcsolódó állomások koordinált vezérlésére és az alapsávi információk energiahatékonyabb feldolgozására. A dinamikus, forgalomfüggő állomás-paraméterezést és erőforrás-allokációt nem állomási szinten, hanem állomáscsoport-szinten lehet megtenni, tovább javítva ezzel a rendszer rugalmasságát, reakcióképességét, kapacitását és energiahatékonyágát. 5G esetében a szabványok az *aktív hálózatmegosztást* teljeskörűen támogatják, ami szintén széleskörben használt 4G esetén is Európában. Az aktív hálózatmegosztás különösen egy új technológia indulásánál, alacsony forgalom esetén javít a hatékonyságon.

Összefoglalva: a rádiós eszközök cseréjétől 15-20%-os, a fogyasztást optimalizáló szoftveres képességek révén pedig további 5-15% fogyasztáscsökkenést és hatékonyságjavulást várhatunk. Ehhez adódik majd hozzá a forgalom fokozatos migrációja a legújabb, spektrálisan

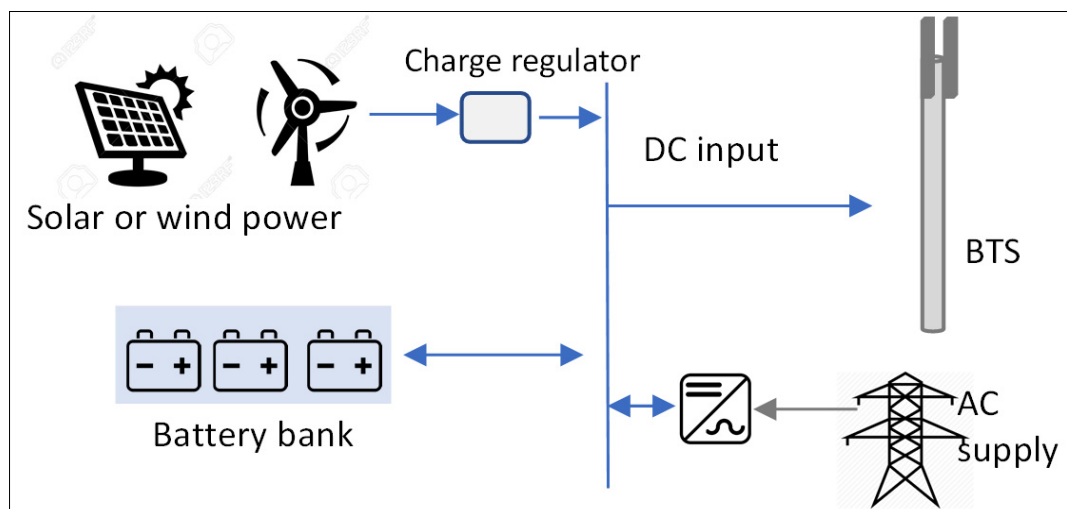
hatékonyabb 5. generációra. Érdekes azonban megjegyezni, hogy az 5G-hez kapcsolódó hatékonyságot javító megoldások elsősorban sűrűn lakott, városi területeken fognak jelentkezni.

5. Alternatív, megújuló energiaforrások

A mobilszolgáltatók és a teljes infokommunikációs iparág érdekelt abban, hogy működése környezetbarátabb legyen. Az alternatív, megújuló energiák használata – mint a szél- és napenergia – a távközlésben és ezen belül a mobil távközlésben nem újkeletű dolog, lehetőségeit a múltban is rendszeresen vizsgálták az operátorok. Ázsia és Afrika számos országában, ahol az elektromos hálózat nem fedi le a teljes országot, vagy annak rendelkezésre állása alacsony, ezek jelentik az alternatívát a zajos és környezetszennyező dízelgenerátorokkal szemben.

Fontos megjegyezni, hogy a mobilhálózatok zöldülését, a megújuló energia arányának növelését kétféleképpen lehet elérni. Vagy a megújuló energiák aránya nő az országos elektromos hálózatban, amit mobilszolgáltatókon kívül álló tényezőnek tekinthetünk, vagy a megújuló energia előállítását a mobilszolgáltató beruházása révén valósul meg a bázisállomás mellé telepítve, illetve elméletileg országosan néhány telephelyen kiépítve. Mobilhálózatokban történő alkalmazhatóságukat nagyban befolyásolja a bázisállomás energiaszükséglete (5-6 kW), annak rendelkezésre állása (7/24) és nem utolsósorban a gazdasági szempontok, azaz mennyibe kerül és mennyi idő alatt térül meg. Magyarországon mindkét energiaforrás jelen van, elérhetősége azonban nem folytonos (időjárás- és évszakfüggő), ezért kiegészítő forrásra van szükség az elvárt rendelkezésre állás biztosítására.

A napcella a napenergiából egyenáramot állít elő, míg a másik esetben a szélgenerátor az energiaforrás, amivel vagy a bázisállomást vagy az akkumulátorokat töltik. Az alkalmazott rendszerek jellemzően hibrid rendszerek [4]. A magas rendelkezésre állás biztosítása érdekében az alternatív forrást kiegészítik hálózati betáplálással is (4. ábra).



4. ábra
Megújuló,
jellemzően hibrid
megoldás felépítése

A tapasztalatok alapján minimum 5 m²-nyi napcella-felület szükségeltetik 1 kW előállításához. Egy állomás tipikus energiaigénye alapján legalább 25-40 m² napcella-felületet kellene telepíteni, aminek kiépítése jellemzően külterületen valószínűsíthető meg. A hibrid megoldás kiépítésének magas a költsége. Ez részben a párhuzamos betáplálás, valamint a 24-48 órás akkumulátorkapacitás szükségessége miatt van. Ekkora kapacitás képes kipótolni a napmentes időszakokat, mint az éjszaka vagy a felhős órák. A gyakori töltés miatt erre a célra a lítium-alapú akkumulátorok a megfelelőek, amelyek költsége csaknem 70%-át teszi ki a teljes megoldásnak.

Mivel jelenleg Magyarországon fejlett és megbízható az elektromos hálózat, ezért a megújuló energia használata elsősorban nem költséghatékonysági kérdés, hanem környezetvédelmi szempont. Hosszútávon az lenne a legjobb megoldás, ha az elektromos hálózatban nőne a megújuló energia aránya. Bár az akkumulátorok ára folyamatosan csökken, azt nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a forgalom növekedésének mértéke messze meghaladja a bázisállomás hatékonyságának javulását, így a hibrid betápláláshoz is egyre nagyobb akkumulátorkapacitásra lenne szükség.

6. Összefoglalás

A mobil iparág is érdekelt abban, hogy a Földünket érő káros környezeti hatásokat csökkentse. Szerepe kettős, egyrészt fogyasztóként a működési energiahatékonyság növelésén és a zöld energiák nagyobb arányú használatán keresztül, másrészt közreműködőként lehetővé tesz energiahatékonyságot javító megoldásokat más iparágak és az egyéni fogyasztók számára. A mobilhálózatokban az adatforgalom öt éven belül várhatóan háromszorosára nő. Ennek kiszolgálására a szolgáltatók új frekvenciasávok és az 5G bevonásával növelik kapacitásait. Mivel a mobilszolgáltatási láncban a legnagyobb fogyasztó 60-70%-os részesedéssel a rádióhálózat, ezért az energiahatékonyságot javító megoldások is itt jelennek meg. A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően az energiahatékonyság 20-35%-kal növelhető a legújabb eszközök és hatékonyságot növelő algoritmusok bevezetésével. Ehhez adódnak hozzá az 5G előnyei: a csaknem háromszoros spektrumhatékonyság és a jobban skálázható erőforráskészlet. Azonban az 5G pozitív hatása korlátozott; csak a hálózat egy részében, városi területeken jelentkezik majd az 5G elterjedtségének mértékében.

Összeségében a forgalomm növekedés várhatóan nagyobb lesz, mint a rádióhálózat energiahatékonyságának javulása, ami a mainál még óvatos becsléssel is 35-50%-kal magasabb energiafogyasztást eredményez 5 év múlva. A megújuló energiaforrások kiépítése továbbra sem éri meg bázisállomás-szinten, arányuk növelése Magyarországon az elektromos hálózatban a megfelelő megoldás. A mobilhálózatok energiafogyasztása fokozatosan csökkenő növekedési trendet követ, a CO₂-kibocsátást nem a csökkenő fogyasztás, hanem az energiaforrás jellege fogja meghatározni.

Hivatkozások

- [1] GSMA Enablement Effect: The impact of mobile communications technologies on carbon emission reductions.
- [2] Ericsson Mobility Report, November 2020.
- [3] NMHH: Mobil Piaci Jelentése, 2020 november 25.
- [4] Mohammed H. Alsharif, Jeong Kim and Jin Hong Kim, Green and Sustainable Cellular Base Stations: An Overview and Future Research Directions, Energies 2017.
- [5] Aspire Whitepaper: Going greener with 5G, How mobile operators can expand while keeping energy usage in-check, 2019.
- [6] Huawei Whitepaper, 5G Ultra-lean site, May 2019.

A szerzőről



CSABA TAMÁS hálózati stratégiáért felelős vezető tanácsadó a Telenor Magyarországnál. 1993-ban villamosmérnöki, 2005-ben MBA-diplomát szerzett a BME-en. Több mint 20 éve foglalkozik a mobilhálózatok stratégiájával a Telenornál. Napjaink egyik legérdekesebb iparági kihívásának tartja az 5G-technológia bevezetését, az abban rejlő üzleti lehetőségek kiaknázását.

Passzív infrastruktúra önálló cégben?

VEREBÉLY TIBOR

Vantage Towers Magyarország
hungaryinfo@vantagetowers.com

Kulcsszavak: toronyvállalat, infrastruktúra beruházások, 5G, Vantage Towers

A cikkben szó esik arról, hogy miért éri meg egy távközlési szolgáltatónak eladnia a tornyait, majd azokat szolgáltatásként igénybe venni. A szerző első kézből mutatja be ezt a Magyarországon még újnak számító üzleti megoldást, magát a vállalatot és szolgáltatásait, meghúzza a határvonalat a passzív és aktív infrastruktúra elemek között, valamint választ kapunk arra kérdésre is, hogyan járulhat hozzá az 5G zöldebbé válásához egy olyan toronyvállalat, mint a Vantage Towers.

1. Bevezetés

Húsz évvel ezelőtt még értetlenül szemléltük, hogy egy amerikai befektető csoport meg akarta vásárolni a hazai mobil szolgáltatók tornyait. Mára a helyzet alapvetően megváltozott, a tornyok önálló vállalatba szervezése lett irányadó. Mindannyian tudjuk, hogy egy távközlési szolgáltató ma rendkívül komplex szolgáltatási csomagot nyújt, vezetékes és mobil technológián keresztül hangot, televíziós és internetes szolgáltatást, mindehhez pedig óriási beruházásokat valósít meg. A szolgáltatási portfólió kiegészül B2B IT-megoldásokkal vagy akár televíziós tartalomszolgáltatással is.

A különböző beruházások másképpen működnek. A passzív infrastruktúra beruházások, mint egy kábel-alépítmény vagy egy mobiltorony, életciklusa akár 30 év is lehet, míg az aktív infrastruktúra elemeinek, a hálózati eszközöknek az életciklusa ennél sokkal rövidebb. A 3G-technológia például éppen most 15 éves, és ez idő alatt minden szolgáltató legalább egyszer kicserélte már a kezdetben bevezetett technológiáját.

Amikor egy távközlési vállalat az elkövetkező időszak beruházási tervein dolgozik, nagyon nehéz döntéseket kell meghoznia. Fektesse a 30 év alatt megtérülő passzív infrastruktúrába, vagy a forrásait helyezze egy sokkal gyorsabban megtérülő aktív infrastruktúrába, illetve szolgáltatásba? Ilyenkor sokszor az „alma a körtével” problémába esik, az eltérő megtérülési és életciklus idők miatt nehéz összehasonlítani a kétféle befektetést.

2. Mi a megoldás?

A megoldás az lehet, hogy a távközlési cég leválasztja magáról a passzív infrastruktúrát és ettől kezdve ezt szolgáltatásként veszi igénybe egy külső cégtől. Az Egyesült Államokban ez a bevett modell, 10-ből 9 torony a mobil szolgáltatóktól külön álló cégeké. Ennek a modellnek köszönhetően ezeken a tornyokon sokkal nagyobb arányban jelenik meg betelepülőként egyszerre több

cég, hiszen az üzemeltető vállalatok arra törekszenek, hogy minél több szolgáltatót hozzanak a tornyaikra. Európában ez a modell még kevésbé elterjedt, a tornyok mintegy 40 százaléka van toronyüzemeltető cégeknél. Ennek megfelelően sokkal kisebb arányban van jelen egy tornyon több cég, hiszen amíg a tornyok egyetlen mobilszolgáltató tulajdonában vannak, addig nem szívesen engedik be a versenytársaikat. Persze vannak kötelezettségek, s voltak jó példák is, de egy távközlési cégnél mindig másodlagos szempont volt, hogy a versenytárs cégek is betelepüljenek. Mára a lefedettségben már jóval kisebb a verseny, a szolgáltatók egyre inkább a költségcsökkentésre és a meglévő eszközeik értéktérítő képességére fókuszálnak.

Ezt felismerve döntött úgy a Vodafone Csoport körülbelül másfél évvel ezelőtt, hogy az Európában meglévő passzív infrastruktúráját egy önálló cégbe szervezi ki. Ez a cég a tavaly nyáron megalakult Vantage Towers.

A Vantage Towers 9 európai országban, 68 ezer bázisállomás tulajdonjogát vette át a Vodafone Csoporttól, ezzel egyből Európa egyik legnagyobb toronyvállalata lett. A cég feladata a passzív infrastruktúra elemek üzemeltetése és hasznosítása. Induláskor körülbelül



másfélszeres bérbeadási arány érvényes a cég állomá-saira, vagyis 100 tornyon körülbelül 150 távközlési szolgáltató aktív eszközei működnek. A cél, hogy ezen arányt az amerikaihoz közelítsük, azaz minél több szolgáltatónak adjunk helyet a passzív infrastruktúránkon.

A Vantage Towers 2020. november elsejével Magyarországra is megérkezett, 2043 site passzív elemeit vet-tük át a Vodafone Magyarországtól, így összesen 765 tor-nyot, 1176 épületen és építményen található bázisállomás passzív infrastruktúráját, továbbá mintegy 100 beltéri há-lózatot. A 2043 állomáson jelenleg 3054 betelepülés van. Minden állomásunkon jelen van a Vodafone, mint bérelő, de van már több mint 1000 „külső” betelepülőnk is.

3. Hol válik el a passzív és az aktív infrastruktúra?

A passzív és az aktív eszközök közötti határvonalat több-féleképpen meg lehet húzni. A műszaki megközelítés az, hogy amiben adat, bit folyik az aktív, amiben nem, az pasz-szív. Az üzleti jellegű megközelítés pedig az, hogy az ál-lomás azon elemei passzívak (és vannak jó helyen a to-ronycégnél), amelyeket egy betelepülésnél igénybe tud venni egy szolgáltató. Egy tornyos állomásnál ilyen elem az antennatorony, ilyen lehet a rádiótechnikai helyiség, vagy a konténer, ha van. Értelemszerűen ide tartozik a helyiség, vagy konténer hűtése, fűtése, klímaberende-zése, a biztonságtechnikai eszközök, a torony és a he-lyiség közötti kábelhíd, az elektromos energiaellátás, a mérőórák és a szünetmentes áramforrások, de ide so-rolható a területet körbe vevő kerítés, az állomáshoz ve-zető út is. Szintén nagyon fontos passzív elem az állomás-nak helyet adó földterület, háztető, vagy más építmény bérleti-, vagy tulajdonjoga, továbbá az állomás létét biz-tosító hatósági engedélyek.

Az aktív eszközök a betelepülő szolgáltatók felelő-ségi körében vannak, mint az antennák, az RLU-k, mik-roantennák, az antennákhoz vezető kábelek és az aktív eszközöket tároló kültéri szekrények.

A tornyos állomásokhoz nagyon hasonlítanak a ház-tetőkön, víztornyokon, templomokon, kéményeken és ha-sonló szerkezeteken lévő. A passzív/aktív elhatárolás és maga a betelepülés is nagyon hasonló, legfeljebb a telepített torony, a szerkezet kisebb, sokszor csak egy antennatartó árboc van a háztetőn.

Magyarországon ma még talán kevesebb szó esik az úgynevezett small cell-ekről, a kis lefedésű cellákról, de ezek jelentősége az 5G-hálózatok kiépítésével egyre nő. Ezek tipikusan lámpaoszlopokon, hirdetőtáblákon lévő állomások. Ezek mellett vannak még a beltéri, épületen belüli ellátottságot biztosító állomások is. Ezeknél a ki-épített antennarendszer elemei – a kábelezés és az an-tenna is – a Vantage Towers tulajdonába kerültek, hiszen ezen állomásoknál éppen ezek jelentik az értéket a be-települő szolgáltatók számára. Ha ezekre rácsatlakoz-nak, akkor pillanatok alatt nagyon költséghatékonyan tud-nak lefedettséget biztosítani egy bevásárlóközpontban, egy irodaházban, vagy egy sportcsarnokban.



Fotók: Vantage Towers

4. A Vantage Towers szolgáltatásai

A Vantage Towers Magyarországon és egész Európában elsősorban a fizikai helyet és a szükséges kiszolgáltatást biztosítja a távközlési szolgáltatók aktív eszközeinek, de mivel mi rendelkezünk az adott terület bérleti, vagy tulaj-donjogával is, az is elképzelhető, hogy egy betelepülő szolgáltató ezekre a site-okra saját passzív infrastruktú-rát (pl. tartószerkezet) épít ki. Ebben az esetben a szolgál-tató passzív eszközeinket nem, csak a jogi háttérünket, a bérleti- vagy tulajdonjogot veszi igénybe. Szolgáltatá-saink harmadik pillére a passzív eszközök költséghaté-kony üzemeltetése és karbantartása, nagyon szigorú SLA (Service Level Agreement) mentén. Ebbe a csomagba sok minden tartozik, kezdve az áramellátó és klímabe-rendezések, vagy a biztonsági létra karbantartásától a torony alatti fű nyírásáig, vagy a site-ra való mindenkor-i bejutás biztosításáig.

Természetesen vannak kiegészítő szolgáltatásaink is: a meglévő állomást a betelepülő igénye szerint módosít-juk, bővítjük (pl. torony erősítése, az áramellátás bővíté-se vagy új tartó építése), de ha kell, kulcsrakész megol-dásokat is tudunk kínálni, a lefedettségi tervek elkészí-tésétől kezdve az aktív eszközök telepítéséig. A Vantage Towers saját adatátviteli hálózattal nem rendelkezik, hi-szen az már aktív eszköz, ugyanakkor a Vodafone viszont-eladójaként minden állomáson tudunk biztosítani mik-rohullámon, vagy ma már egyre inkább optikán át bérelt vonali-, vagy száloptikai adatátviteli szolgáltatást a be-települőknek.

5. Miért vegye igénybe egy szolgáltató a torony cég szolgáltatásait?

Egy olyan site létesítésének és működtetésének az össz-költsége, ahol több szolgáltató is jelen van, fajlagosan jó-val alacsonyabb, mint egy olyané, ahol csak egy cég van. Az így keletkező megtakarításon tudnak osztozni a be-települők és a passzív infrastruktúrát tulajdonló torony-cég, a Vantage Towers. A szolgáltatókat így alacsonyabb

hálózatfejlesztési költségek terhelik és jelentősen csökkenek a tőkeköltségek, mivel a fejlesztésekért csak akkor kell fizetni, amikor azok már bevételt termelnek. Természetesen nagyon komoly előnyt jelent az ügyfelek számára, hogy szigorú SLA-k szerint számon kérhető minőségű szolgáltatásokat kapnak. Emellett, mivel a passzív infrastruktúrát csak bérlik, sokkal fókuszáltabban tudnak a core business-re, az 5G aktív eszközök megvásárlására, a szolgáltatások vagy az egyre fontosabbá váló tartalom fejlesztésére koncentrálni.

6. Fenntartható működéssel egy zöldebb jövőért

Szintén rendkívül fontos, hogy a Vantage Towers modellje számos környezeti előnnyel jár. A Vantage Towers tevékenysége kapcsán egyrészt összességében kevesebb bázisállomásra van szükség, mivel értelemszerűen azon dolgozunk, hogy minél több bérletet hozzunk be egy helyszínre, azaz a szolgáltatók új állomások építése helyett inkább a betelepülést választják. Kevesebb bázisállomás mellett már önmagában is kisebb lesz az ökológiai lábnyom. Emellett természetesen különösen figyelünk a környezetre és nagyon büszkék vagyunk arra, hogy 100%-ban megújuló energiaforrásokból látjuk el valamennyi bázisállomásunkat, ezzel is hozzájárulva, hogy mind a saját működésünk, mind az ügyfeleinké, mind pedig az 5G egyre zöldebb legyen.

Az 5G teljesen új ökoszisztémát teremt. Ennek az alappillérei a bázisállomások lesznek, részben mert innen érkezik maga az 5G-s jel, részben pedig azért, mert az 5G-ben a késleltetés csökkentésének érdekében megjelenik az edge computing, a felhasználóhoz minél közelebb kerülő számítási kapacitás, amelynek tökéletes helye van a Vantage Towers tornyainál.

7. Összefoglalás

A tornyok üzemeltetése egy Európában és Magyarországon is még viszonylag új, de várhatóan gyorsan terjedő szolgáltatás, ami hozzájárulhat a távközlési szolgáltatásoknak a mainál is gyorsabb fejlődéséhez, az 5G magyarországi gyors elterjedéséhez, valamint a szolgáltatások és az infrastruktúra passzív és aktív elemeinek a fenntartható és környezetbarát működtetéséhez. Ebben a folyamatban Európa egyik piacvezető toronycége, a november óta a magyar piacon is jelenlévő Vantage Towers egyértelműen az egyik kulcsszereplő.

A szerzőről



VEREBÉLY TIBOR több mint 20 év távközlési tapasztalattal rendelkezik. Statikus mérnökként végzett, ebben a minőségében számtalan toronyra, háztetőre és egyéb építményre telepített bázisállomás tervezője. Tervezőként és projektmenedzserként részt vett több száz bázisállomás felülvizsgálatában, bővítésében. Később a Magyar Telekomnál és a T-Systems Magyarország Zrt-nél több, mint tíz éven keresztül foglalkozott üzletfejlesztéssel és stratégiai sales-projektek menedzselésével, elsősorban a távközlés területén. Ennek keretében vett részt többek között a GSM-R-projekt minden fázisában, több szerepkörben. A Vodafone-hoz 2020. márciusában csatlakozott. November-től a Vodafone új toronycégének, a Vantage Towers-nek a kereskedelmi és üzletfejlesztési igazgatója Magyarországon.



Summaries • of the papers published in this special issue

This Special Issue is compiled from the papers of the 22nd HTE Infokom 2020, the Infocommunications Networks and Application Conference, organized by the Scientific Association for Infocommunications (HTE).

Telecommunications in the 21st century

Keywords: network development, 5G, sustainability, digital advancement, Vantage Towers

The article discusses digital development, network development, sustainability, as well as the indispensable role the telecommunications industry has played during the coronavirus pandemic. The author also presents 5G, one of the key technologies of the 21st century, its use cases, and Vodafone Hungary's 5G developments. The article reveals that, starting from the end of 2020, Vodafone Hungary shifted its passive base station components representing the key constituents of Vodafone Hungary's network into an independent company, Vantage Towers Hungary.

The DVB-T2 transition project and the renewed mindigTV product family

Keywords: antenna, DVB-T, DVB-T2, frequency, product, transition project

This article describes the DVB-T2 transition, one of the most significant projects in Antenna Hungária during 2019-2020. In this article, we try to present the main tasks, areas, connections and challenges of this complex project. The tasks related to the technical transition are presented in more detail. We also present the new product portfolio as a result of the project, and the new retail brands.

Application areas of V2X communications – what smart cars are talking about?

Keywords: V2X/C-ITS applications, multi-layer map model, vehicular communication

The rapid development of vehicular communications technologies leads to a steady expansion in the kinds of data that can be shared, resulting in an ever-increasing range and accelerating spread of V2X applications. To present the results of the process that are currently visible and projected for the near future, we briefly introduce how the widespread usage of dynamic data has been turned up in intelligent transport systems, how the role of such data gets momentum and increases transport safety and efficiency.

Future of 3G

Keywords: 2G, 3G, 4G, 5G, M2M, NB-IoT, VoLTE, LTE, NMHH, mobile market report, mobile internet

The future of 3G is becoming an increasingly actual issue with the launch of 5G networks as mobile operators already operate four generations of mobile networks in parallel. To reduce the network complexity and costs as well, the operators started to examine when the approx. 30 years old 2G and the 20 years old 3G technologies could be switched off. Based on current traffic trends as well as mobile handset capabilities, it is highly likely that 3G will be the next technology to be phased out by operators.

Challenges of 5G Small Cell systems – from the infrastructure provider's point of view

Keywords: 5G, Small Cell, infrastructure, urban

This article was written based on the presentation at the HTE Infokom 2020 conference and it aims to provide an overview of the short- and mid-term growth and structural change of the 5G Small Cell systems market. The more than 10% annual market growth is expected to strengthen the role of infrastructure providers and introduces new market participants that are independent of the mobile network operators. In the article, a market segmentation by deployment scenarios is introduced, then the "Urban outdoors" deployment scenario – which probably has the most complex stakeholder relations – is going to be reviewed in detail as it is relevant for MVM NET Ltd and for the MVM Group alike.

5G network and IT security challenges in the transport digitalization

Keywords: European Data Strategy, mobility data space, 5G, Trust Space, ITS-ecosystem

The considered creation of a Common European Mobility Space raises fundamental infrastructure and cybersecurity issues. Hungary could play a leading role in this process if we will use our achievements so far we have made in the development of intelligent transport systems in an innovative and creative way. It includes connected cars and other innovative intelligent transport solutions too. Using the latest developments in fields of telecommunication and information technology, including the development of the 5G network and the embedded application of artificial intelligence will be essential for future transport.

Energy efficiency developments and relevance of green energies in mobile networks

Keywords: spectral efficiency, 5G renewable energy

Energy consumption, energy efficiency and the environmental impact of a running mobile network are in focus at Mobile Network Operators nowadays. Besides the volume of the electricity the ratio of the renewable energies is also a key factor. This article summarizes the main drivers and factors which influence the mobile network's power consumption like the growing data traffic, the impact of the available power savings features, and the expected gain of 5G on energy efficiency. The short assessment is completed with the actual relevance and benefits of the hybrid power supply in Hungary.

Passive infrastructure in a stand-alone company?

Keywords: tower company, 5G, Vantage Towers

The article discusses why it makes financial sense for a telecom operator to sell its towers and why it is worth using telecom towers as a service. The author offers a first-hand account of this business solution, which is still new in Hungary, the company itself and the services it offers. The article also draws the line between passive and active infrastructure components, and we also get an answer to the question of how a tower company like Vantage Towers can contribute to the greening of 5G.