

Tóth Tamás¹

A mobilhálózatok technológiai fejlődéstörténete – az analóg hangátviteltől az 5G-hálózatokig

A History of Technological Development of the Mobile Networks – from Analogue Voice Transmission to 5G Networks

Az információgyűjtő szervezetek tevékenysége során látható, hogy újabb és újabb kihívásokkal kell szembenézniük, amelyek a technológiai környezet robbanásszerű fejlődéséből adódnak. A fejlődés elemzése kapcsán megfigyelhetők bizonyos trendek, tendenciák, amelyekkel az egyes fejlődési szakaszok leírhatók, illetve prognosztizációs szempontból újabb kihívások és várható jellemzők azonosíthatók be az információgyűjtő szervezetek előrejelző funkcióinak köszönhetően. Az ellenőrzött információk legnagyobb hányada jelenleg valamely technikai eszközhöz, infokommunikációs rendszerhez kapcsolódik, ami alapján elengedhetetlen az információgyűjtő szervezetek technikai felderítőképességének folyamatos fejlesztése. E képességek optimalizálása az adott társadalom kommunikációs szokásaihoz, valamint az adatátviteli technológiákhoz igazodik. Jelen publikáció a technikai képességek osztályán belül, a törvényes kommunikációellenőrzés prognosztizálható kihívásainak azonosításához kíván egyfajta alapot teremteni. A cikk célja a mobil földfelszíni hírközlési hálózatok fejlődési szakaszainak elemzése az analóg hangátvitel kialakulásától, egészen az 5G-hálózatok várható jellemzőiig – a normatív környezet és műszaki előrejelzések vizsgálata alapján. Így a fejlődési stádiumok ismerveinek elemzése-értékelése következtében, a későbbiek során beazonosíthatóvá válnak olyan trendek, tendenciák, amelyek relevanciával bírnak az információgyűjtés aspektusából, és ezek majd egy következő publikáció tárgyát fogják képezni.

Kulcsszavak: hírközlés, mobilhálózatok fejlődése, 5G

¹ Tóth Tamás okleveles nemzetbiztonsági szakértő, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola, ORCID: 0000-0003-4977-6355

It is apparent that information gathering organisations face ever new challenges due to the explosive evolution of the technological environment in which they operate. The analysis of this evolution reveals certain trends, tendencies that can describe the individual evolutionary stages, and from a prognostic aspect, future challenges and estimated characteristics can be identified based on the predictive function of information gathering organisations. Most of the verified information is currently connected to a technical device, an infocommunication system, based on which it is essential to continuously improve the technical intelligence of information gathering organisations. The optimisation of these capabilities is adapted to the communication habits of the given society as well as to the data transmission technologies. This publication seeks to provide a basis for identifying the predictable challenges of legal communication control within the technical skills department. The aim of the article is to analyse the development stages of mobile terrestrial communication networks from the development of analogue voice transmission to the expected characteristics of 5G networks – based on the examination of the normative environment and technical forecasts. Thus, as a result of the analysis and the evaluation of the criteria of the developmental stages, trends and tendencies that have relevance from the aspect of information gathering can be identified later.

Keywords: telecommunication, development of mobile networks, 5G

Bevezetés

A kommunikáció egyidős az emberiséggel, alapvető szerepe volt a civilizáció kialakulásában, hiszen a releváns információk eljuttatása a döntéshozóhoz alapvetően tudta meghatározni például a katonai, politikai döntések sikerességét. Továbbá elengedhetetlen szerepe volt a tudományos fejlődésben is. Gondoljunk csak a Gutenberg-féle nyomdagépre, hiszen „Johannes Gutenberg a 15. században a nyomdaprés feltalálásával forradalmasította a kommunikációt”.² A könyvnyomtatás lehetővé tette a papíralapú hordozón megjelent információk szélesebb társadalmi körben való megismerhetőségét. Azonban távközlésről vagy telekommunikációról mint a kommunikáció kiterjesztett formájáról igazából az elektromosság, az elektromágnesesség megjelenésétől kezdve beszélhetünk. Ezt az időszakot megelőzően ugyan jelen volt az úgynevezett optikai alapú távközlés, de ekkor a fény terjedése, a látótávolság határolta a be az információk közlésének lehetőségeit, vagy például annak távolságát. Az ilyen jellegű közlemények megjelenhettek akár füstjelek, fényjelek formájában, de az 1700-as évek elejétől kezdődően, például a hajózás területén zászlókkal is kommunikáltak a felek. E technológia korlátja az emberi szem látótávolsága volt, amelyet bizonyos mértékig ki lehetett terjeszteni például távcsövek alkalmazásával. A látótávolsági korlátok alapján, az ilyen eljárásokat optikai távközlési formáknak nevezi a szakirodalom, azonban ez a megoldás nem tudta kiküszöbölni a földrajzi

² WEAVER 2014, 89.

adottságokat, az éghajlati és domborzati viszonyokat, illetve a bolygó felszíni görbületét.³ Az utolsó optikai alapú távközlőeszköz a magyar Chudy József által, 1787-ben feltalált redőnyös optikai távíró volt. A rendszer egymástól mintegy 10 kilométerre lévő őrházak láncolatán alapult, és a jeleket kivilágított ablakrendszerrel továbbította.⁴ Természetesen említést kell tenni a futárokról, illetve a postagalambokról is mint az információ továbbításának eszközeiről, azonban ezek nem tekinthetők technológiai oldalról információtovábbítási csatornáknak.

Vezetékes távközlési technológiák

A hagyományos értelemben vett távközlést Samuel Finley Breese Morse által, az elektromágneses elven működő, nagy hatótávolságú távírókészülék 1836-os feltalálásától számítjuk. Az adatot itt már elektromágneses jelként továbbították, vezetékes hálózaton keresztül. Ez a készülék már képes volt jelek küldésével és fogadásával áthidalni például a Washington–Baltimore-távolságot, amely városokat összekötő távíróhálózat 1844-ben épült ki.⁵ Davis Edvin Hughes 1854-ben létrehozta a betűtávíró, amelynek segítségével az első papírra nyomható szöveges üzeneteket továbbíthatták a kommunikáló felek között.⁶ A távírók katonai célú alkalmazása a katonai hírközlést is forradalmasította egyben. A következő nagyobb esemény a távközlési technológia fejlődésében az elektromágneses indukció jelenségén alapuló, egyidejű vezetékes hangközlést lehetővé tevő távbeszélő-készülék megjelenése volt. A készülék a beszélő hangját elektromos jellé alakította, amit vezetéken nagy távolságra lehetett továbbítani, a vétel helyén pedig az elektromos jelet visszaalakította hanggá.⁷ A technológiát több személy és nemzet is magáénak vallja, azonban az általános vélekedés alapján, ez Alexander Graham Bell személyéhez köthető, aki 1876-ban szabadalmaztatta a technológiát. Egy évvel később telefonvonal épült ki Salem és Boston városa között, mintegy 25 km-t kötve össze. A telekommunikáció nyújtotta lehetőségek kiterjesztését, így adott előfizetők egymással tetszőleges összekötését, valamint szélesebb társadalmi körben való elérhetőségét a Puskás Tivadar által feltalált telefonközpont biztosította. Az első ilyen központ 1877-től Bostonban működött, amelyről már több mint 20 km-es távolságra is lehetett telefonálni. Az első európai telefonközpont 1879-ben, Párizsban épült meg Puskás munkássága alapján. Virág Tamara szerint „a telefonközpont tette lehetővé, hogy a telefon ne csak a posták és főbb hivatalok kizárólagos hírközlő eszköze legyen, – mint a távíró – hanem az egyszerű polgárlakások összekapcsolója is”.⁸

³ www.origo.hu/longform/20170523-a-telekommunikacio-fejlolese.html#story-body (A letöltés dátuma: 2020. 03. 27.)

⁴ ASCHOFF 1984, 203–204.

⁵ TARJÁN é. n.

⁶ BARTOLITS 2000.

⁷ MÉSZÁROS é. n.

⁸ VIRÁG 2015.

Vezeték nélküli, analóg távközlési technológiák

A következő technológiai fejlődési pontot a vezeték nélküli távközlési eszközök, a rádiók feltalálása jelentette. A rádiózás nem más, mint „a fénynél alacsonyabb frekvenciájú elektromágneses hullámok modulációjával működő, jeltovábbításra használt technológia. A jeltovábbítás irányának függvényében megkülönböztetünk rádióadót és rádióvevőt, mivel ezek működése és belső felépítése jelentősen eltérő.”⁹ A rádió elektromágneses hullámok formájában továbbítja a jelet. Az üzenetet az adó kódolja, amit a nagy távolságban lévő vevőhöz sugároz. A vétel során a vevő az elektromágneses jelet dekódolja, így az az emberi fül számára hallható hanggá válik. A jel kiküldésére és fogadására a rádiók antennákat használnak. A rádió feltalálása az 1890-es évekre tehető. Az első ilyen eszköz, azaz a szikratávíró megalkotása Nikola Tesla és Alekszandr Popov nevéhez köthető, akik a rendelkezésre álló források alapján, egymástól függetlenül, eltérő földrajzi területen fedezték fel a technológiát.¹⁰ Ez azonban csak néhány kilométeres távokat tudott áthidalni. Az első nagy hatótávolságú rádió létrehozása Guglielmo Marconi nevéhez köthető, aki 1901. december 12-én megvalósította az európai és az észak-amerikai kontinens közötti 3500 km-es összeköttetést, a szikratávíró továbbfejlesztésével.¹¹ A rádiók elterjedésének okán, a kommunikációra elsődlegesen hasznosított hosszú és középhullámú sávok telítődtek, így indokolttá vált a magasabb frekvenciasávok igénybevétele. Megjelentek a magasabb frekvenciákat használó, nagyobb teljesítményű és érzékenyebb berendezések, mint az URH (ultrarövid hullámú) rádió.¹² A rádiózás forradalmasítása, valamint a magasabb frekvenciatartományok hasznosítása lehetővé tette a radar, majd később a rádiónavigációs rendszerek bevezetését is.

A második világháborút követően a távközlés fejlődését alapvetően a mobilitás trendje kezdte meghatározni. A kereslet ugyanis a felhasználók vezeték nélküli kommunikációs igényei irányába mozdult el. A technológiai fejlődés lehetővé tette a mobil vezeték nélküli kommunikációs eszközök alkalmazását, amelynek feltétele volt a készülékek kompakt méretű kivitelezése. Tehát tapasztalható volt az eszközök kompakt, könnyen hordozható méretű kialakítása trendjének megjelenése is. E fogyasztói igények kielégítése vált lehetővé a tranzisztor 1947-es felfedezésével, majd az integrált áramkörök 1958-as feltalálásával, végül a mikroprocesszor 1971-es kifejlesztésével, amely biztosította a mai számítógépek gyártási technológiájának alapjait is.¹³ Látható, hogy az elektronikai vezérlést lehetővé tevő vezérlőmodulok korszerűsödése egyre dinamikusabb mértékben nőtt. Azonban a távközlés forradalmasítása elképzelhetetlen lett volna a növekvő kommunikációs igényeket kiszolgáló képes hálózati infrastruktúra fejlesztése nélkül. Az Amerikai Egyesült Államokban (a továbbiakban: USA, Egyesült Államok) az 1970-es években megjelent a hálózat-, csatorna-hozzáférést a korábbiaknál jobban optimalizálni képes, a kiszolgálási időt csökkentő úgynevezett trónköléses technológia.

⁹ BENE é. n.

¹⁰ HAIG et al. 2013.

¹¹ TARJÁN é. n.

¹² HAIG 2018, 22–23.

¹³ BETKER–FERNANDO–WHALEN 1997.

A technológiának köszönhetően javult az úgynevezett professzionális felhasználók (rendvédelem, kereskedelem, személyszállítás) csatornahozzáférési hatékonysága, azonban a nyilvános hálózatokon – a felhasználók nagy száma miatt – ez nem csökkentette elfogadható mértékűre a kiszolgálásra várakozás idejét. Az 1940-es években, az USA-beli Bell Labs kutatóintézetben megszületett egy koncepció a cellás rendszerű, analóg mobiltávközlés megvalósítására, amely megoldást jelentett a hálózati hozzáférés optimalizálására, azaz egyazon frekvenciakészlettel nagy területen magas számú felhasználó kiszolgálására, az adott frekvenciák bizonyos területenkénti újrafelhasználásával. A rendszer továbbfejlesztésével az 1980-as években az Egyesült Államokban bevezették az AMPS¹⁴ mobiltelefon-rendszert,¹⁵ míg Európában más rendszerű (például NMT¹⁶ 450, C 450, NMT 900, TACS¹⁷), de szintén analóg rádiótelefon-rendszereket indítottak el. Ezek jellemzője az volt, hogy bizonyos területeket, de maximum egy országot fedtek le, az egyes készülékek pedig kizárólag csak a saját hálózaton működtek. Ezeket a rendszereket ma a mobil távközlés első generációs hálózatának, azaz 1G-nek nevezzük, amelyekben hangalapú közlemények voltak továbbíthatók és fogadhatók valós időben.¹⁸ A hálózati kommunikációs eszközök palettáján megjelent a mobil-rádiótelefon. „A cellás elv lényege, hogy a sík terepen elméletileg kör alakú cellák – amelyek a nyilvános célú hálózathoz csatlakoznak – saját adó-vevő állomással rendelkeznek, és egy olyan frekvenciakészletet használnak, amelynek egyik elemét sem alkalmazzák a szomszédos cellákban. A cellákon áthaladó mobiltelefon-használók automatikusan arra a frekvenciára váltanak, amelyiket az éppen látogatott cella használ.”¹⁹ Ezt mutatja be az alábbi, nagyon leegyszerűsített 1. ábra.

Ez az elv komoly jelentőségű, például a készülékek egyedi, geolokációs adatainak meghatározása szempontjából is. Az analóg, cellás rendszerek iránti felhasználói igény jelentős növekedésével, valamint a rádiótelefonok más országokban történő használati igényének megjelenésével az 1G-hálózatok az 1980-as évek végére ismét olyan problémákkal szembesültek, amelyek magukban hordozták egy új, terhelhetőbb, immár globális technológia bevezetésének szükségességét a telekommunikáció zavartalan biztosítása érdekében.

¹⁴ Advanced Mobile Phone System – fejlett mobiltelefon-rendszer.

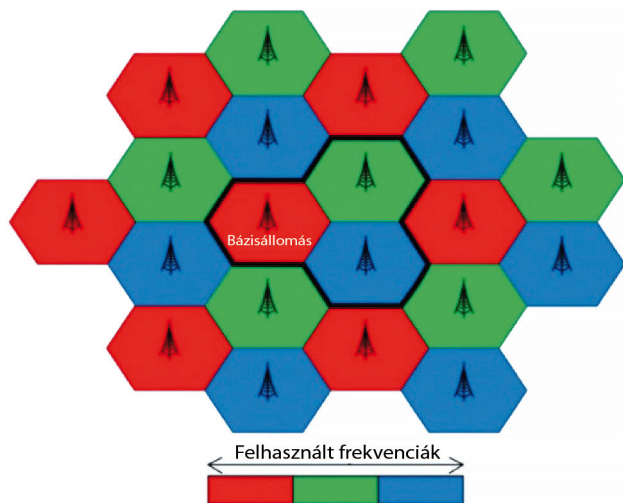
¹⁵ HUURDEMAN 2003.

¹⁶ Nordic Mobile Telephone – északi (skandináv) mobiltelefon.

¹⁷ Total Access Communication System – teljes hozzáférésű kommunikációs rendszer.

¹⁸ Bár például a Magyarországon is használt NMT 450 rendszerben annak leállítását megelőző 1-2 évben már elérhető volt az SMS-szolgáltatás is, ám annak használata nagyon alacsony mértékű volt.

¹⁹ HAIG 2018, 37–38.



1. ábra

Frekvenciák újrafelhasználásának elve a cellás rendszerekben

Forrás: a szerző szerkesztése YASSIN et al. 2017, 6. alapján

Mobil, vezeték nélküli, digitális távközlési technológiák

Az 1G-hálózatok hiányosságának kiküszöbölésére megoldást jelentett a digitális technológia. Az 1990-es évekre több digitális mobiltávközlő rendszer, azaz 2G-hálózat is létrejött, amelyek közül a GSM²⁰ vált a legelterjedtebbé globális szinten. 1990. október 15-én, Közép-Európában elsőként indult el Magyarországon az első kereskedelmi GSM mobiltelefon-szolgáltatás. A hálózat főbb eleme a mobiltelefon, a bázisállomás, a felügyeleti központ és a digitális kapcsolóközpont lett. A GSM-hálózatok ugyan főleg hangalapú kommunikációra voltak kialakítva, azonban a felhasználók már rövid, szöveges üzeneteket is küldhettek egymásnak (SMS²¹), illetve később az adatátviteli sebesség növelésével multimédiás tartalmakat is forgalmazhattak (MMS²²). A hálózat biztosította a roaming funkciót is, azaz a más országban is igénybe vehető telefonszolgáltatást. Megjelent a mobiltelefonhoz optimalizált internet, a WAP²³-alapú hálózat is, amelynek segítségével a weboldalak egyszerűsített változatai is hozzáférhetőek lettek. A digitális, kódolt és a levegő interfészen is titkosított GSM-hálózatokon a beszédhang, valamint az adatok továbbítása sokkal biztonságosabb, mint az analóg rendszerek esetében. Az ilyen hálózatok a csatorna-hozzáféréshez

²⁰ Global System for Mobile Communications – globális mobilkommunikációs rendszer.

²¹ Short Message Service – rövidüzenet-szolgáltatás.

²² Multimedia Messaging Service – multimédiás üzenetküldési szolgáltatás.

²³ Wireless Application Protocol – a vezeték nélküli adatátvitel egy nyílt nemzetközi szabványa.

kezdetben többszörös idő- (TDMA²⁴-) és frekvenciaosztásos (FDMA²⁵-) módszert alkalmaztak, illetve később a még hatékonyabb spektrumgazdálkodás érdekében vezették be a CDMA²⁶-technológiát. Az adókészüléken a beszédhangot kódolták és digitális jel formájában továbbították a vevőkészülékhez. A dekódolást a vevőkészülék végzi, csatorna-hibajavítási eljárások alkalmazásával, ezáltal a többutas hullámterjedés fading²⁷ hatása is jelentősen csökkenthető.²⁸ A hálózat kezdetben 14,4 kbit/s sávszélességgel üzemelt, a csomagkapcsolt adatátvitelt lehetővé tevő GPRS,²⁹ azaz az úgynevezett 2,5G megjelenését követően ez 115 kbit/s-ra fokozódott, majd az EDGE³⁰-szabvány, az úgynevezett 2,75G bevezetését követően 384 kbit/s adatátviteli sebesség vált biztosítottá a hálózaton. Az adatátvitel növekvő felhasználói igénye egyre nagyobb átviteli sebességet követelt meg, amely szükségessé tette egy új technológián alapuló, mobil rádiótelefon-hálózat megalkotását.

Az adatátviteli sebesség fokozására megoldást jelentett az 1998-ban megjelenő, Európában 2001 környékén bevezetett 3G-technológia. A technológia a WCDMA³¹ szélessávú kódosztásos hozzáférési módszerre épül. A WCDMA egy a CDMA-n alapuló technológia, amely a nagyobb sávszélességet azzal biztosítja, hogy az adatátvitel nem egy szűk frekvenciasávban, hanem a rendelkezésre álló frekvenciatartományban szétterítve megy végbe. A technológia használatával rétegezett hálózat alakítható ki, így a kapacitás- és lefedettség-növelő eljárások sűrűn lakott területeken is optimálissá tehetők a mikro- és makrocellák kevert kialakításával.³² Bevezetése új rádiós hálózat kiépítését igényli, a már meglévő GSM-hálózat megtartása mellett. A 3G-hálózat már alkalmas a normál, lakossági felhasználói internetes adatforgalom lebonyolítására, a GSM-alapú kommunikáció biztosítása mellett, a GSM és WCDMA rádiós hozzáférés párhuzamos működtetésével. A technológia forradalmasította a szélessávúinternet-alapú kommunikáció biztosításával a távközlés globalizációját, hiszen a mobil rádiótelefonokon így már elérhetők az üzleti alkalmazások, az online tartalmak, valamint a tartalom-, az OTT³³- szolgáltatók által nyújtott szolgáltatások (például Facebook, YouTube, stb.) és csevegőalkalmazások (például Viber, Messenger, iMessage, stb.).³⁴ Ezek az internettechnológiára épülő OTT-szolgáltatások a PC/SaaS³⁵

²⁴ Time Division Multiple Access – időosztásos többszörös hozzáférés.

²⁵ Frequency Division Multiple Access – frekvenciaosztásos többszörös hozzáférés.

²⁶ Code Division Multiple Access – kódosztásos többszörös hozzáférés.

²⁷ A vezeték nélküli hírközlésben a többutas hullámterjedés által okozott jelenség, amelynek során a vételi télerősség véletlenszerűen gyengülhet/erősödhet, amelyet a vevőantennára különböző amplitúdókkal és fáziskülönbséggel érkező, felületi és térhullámú jelek interferenciája okoz. www.frekvencia.hu/lexikon/f/fading.htm (A letöltés dátuma: 2020. 04. 13.)

²⁸ MIR-KUMAR 2015, 2545–2551.

²⁹ General Packet Radio Service – általános csomagkapcsolt rádiószolgáltatás.

³⁰ Enhanced Data rates for GSM Evolution – GSM-rendszer csomagkapcsolt adatátviteli megoldásának továbbfejlesztése.

³¹ Wideband Code Division Multiple Access – szélessávú, kódosztásos, több hozzáférésees kapcsolat.

³² DWIVEDI-SHUKLA 2007, 1–3.

³³ Over the Top – Egy olyan alkalmazás vagy szolgáltatás, amely lehetővé teszi egy termék elérését az interneten keresztül, kikerülve a hagyományos terjesztést. Ilyenek lehetnek például a kommunikációs szolgáltatások, mint a Skype, Gmail, az egyéb alkalmazásszolgáltatások, mint a Facebook, LinkedIn, Twitter, valamint a tartalomszolgáltatások, mint például a Netflix, YouTube.

³⁴ NYESTE 2013, 59–64.

³⁵ PC/SaaS: Public cloud/Software as a Service – nyilvános számítási felhő/softver mint szolgáltatás.

típusú felhőalapú rendszerek közé sorolhatók. Hiszen mindenki számára elérhető a meglévő IKT-eszközökkel, akár csekély számítástechnikai tudással is használhatók, továbbá olcsón, sokszor ingyenesen igénybe vehetők, amelyek ma már szerves részét képezik mindennapi életünknek, kommunikációnknak.³⁶ A 3G/UMTS³⁷-technológia kezdeti 384–2000 kbit/s (körülbelül 2–10 Mbit/s) sávszélességről, a HSDPA,³⁸ azaz az úgynevezett 3,5G-szolgáltatás 14,4 Mbit/s sávszélességre növelte az adatátviteli kapacitást, optimális környezetben.³⁹

Mobil, vezeték nélküli, digitális, IP-alapú távközlési technológiák

A társadalom infokommunikációs szokásai, igényei alapján látható, hogy az adatátviteli sebesség és a sávszélesség folyamatos növelése továbbra is indokolt volt annak érdekében, hogy minél nagyobb mennyiségű adat legyen továbbítható, minél rövidebb időn belül. Az interneten elérhető, nagy felbontású videókhoz és más, magas sávszélességet igénylő szolgáltatásokhoz (például élő, nagyfelbontású, HD-minőségű videokonferenciák) való hozzáférés igénye alapvetővé vált. Itt elsősorban már a vállalati hasznosíthatósági igényekre gondolok. Ezt a meglévő GSM- és UMTS-alapú hálózatokon túl, csak az internetalapú kommunikációs csatornák tudják kiszolgálni, amelyet a 4G-technológián alapuló, LTE⁴⁰-hálózatok biztosítanak jelenleg. A technológia először 2005-ben, Dél-Koreában volt elérhető WiMAX néven, Magyarországon 2012. január 1-től üzemel a 4G széles sávú mobilszolgáltatás, azonban ezen a hálózaton még csak mobilinternet-szolgáltatást lehetett nyújtani. Magyarországon először a 4G-hálózat-alapú hangszolgáltatás, azaz a VoLTE⁴¹ 2017. április 27-én indult el. A VoLTE technológia révén a hanghívások is a 4G-hálózaton bonyolíthatók le, ami gyorsabb hívásfelépülést, HD-hangminőséget és telefonálás közben is folyamatos, 4G-sebességű mobilinternet-kapcsolatot biztosít a felhasználók számára. (Az első VoLTE-alapú hívásra képes hálózat 2012-ben, szintén Dél-Koreában indult el.)⁴²

A 4G a negyedik generációs mobil kommunikációs szabványokat magában foglaló technológiák gyűjtőfogalma. A 4G-szabvány fejlesztésének alapját a 2G- és 3G-hálózatokénál gyorsabb adatkapcsolat, vagyis a nagyobb sebességű és még jobb minőségű mobilinternet-szolgáltatás biztosítása jelentette.⁴³ A technológia célja a felhőfejlesztési lehetőségek biztosítása a magas felbontású internetes, multimédiás, illetve 3D-s tartalmak közvetítése számára. Az LTE egy IP-alapú (internetprotokoll) csomagkapcsolt adatátvitelt megvalósító, széles sávú, nagy sebességű mobiltávközlési rendszer.⁴⁴

³⁶ KOVÁCS 2015, 136.

³⁷ Universal Mobile Telecommunications System – univerzális mobil távközlési rendszer.

³⁸ High Speed Downlink Packet Access – nagysebességű csomagletöltési hozzáférés.

³⁹ ANWAR 2008, 154–155.

⁴⁰ Long Term Evolution – hosszú távú fejlődés.

⁴¹ Voice over LTE – LTE feletti hangátvitel.

⁴² www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2017/aprilis_27 (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)

⁴³ www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2017/aprilis_27 (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)

⁴⁴ ARORA 2012, 69.

Az LTE-hálózatban elérhető adatátviteli sebesség kezdetben 10 Mbit/s körül alakult, mára pedig a technológiai innováció hatására, mobilkörnyezetben az adatátviteli sebesség meghaladja a 326 Mbit/s-ot, a 3G-hálózat kezdeti 2 Mbit/s adatátviteli sebességével szemben.⁴⁵ A 4G-mobilhálózaton folytatott kommunikáció internetkapcsolata a vezeték nélküli helyi hálózati (WLAN⁴⁶, WiFi), vagy akár az internetprotokoll feletti egyéb VoIP⁴⁷-alapú hangátvitel (például Skype, stb.) kiszolgáltatását vagy adott esetben kiterjesztését is lehetővé teszi. Ez utóbbi esetében, amikor működése során a hívó elhagyja az adott hálózat lefedettségi területét, a rendszer ezt érzékeli és a mobiltelefon automatikusan átáll az LTE- vagy GSM-hálózatra, a felhasználó beavatkozása nélkül. Tehát a hálózat működése megosztott. Globális szinten a 4G/LTE-előfizetések száma 2016-ra elérte az 1,2 milliárdot, egyes becslések alapján várhatóan, 2021-re ez a szám 4,3 milliárdra fog emelkedni.⁴⁸

Az alapvetően beszéd és személyi internetelés-felhasználásra optimalizált hálózatok nem biztosítanak elegendő adatátviteli kapacitást az ipar – a technológiai fejlődés által megkövetelt jóval nagyobb adatátviteli igénye – számára. Például az orvostechnológiában, a robotikában vagy az okosvárosokban kulcsszerepet betöltő internetre kapcsolt eszközök, azaz a dolgok internete (IoT) biztonságos vezérlését lehetővé tevő kommunikáció az eddigi hálózatokon nem biztosítható adatátviteli sebességet követel meg. A nemzetgazdaság versenyképessége és a polgárok életminőségének javítása céljából elengedhetetlen a digitális szolgáltatások széles körű elterjedése Magyarországon, az Európai Unió többi tagállamában és globális szinten is.⁴⁹ Ehhez a távközlési infrastruktúra fejlesztése szükséges, amelyet a 2017-ben a 3GPP⁵⁰ által kidolgozott, nemzetközi 5G-mobilhálózati szabvány non-standalone (NSA) változata tesz lehetővé, amely a meglévő 4G-hálózatok bázisán biztosítja az 5G-hálózat kiépítését. 2019-re a 3GPP megalkotta a Release 15 szabványt, amely nemcsak a független 5G hálózati architektúra kiépítését teszi lehetővé, de egyben biztosítja a lehetőséget az új üzleti modellek kidolgozására és alkalmazására is.

A technológia számos ágazatban, például a közlekedésben, az autóiiparban, a mezőgazdaságban, a feldolgozóiparban, az egészségügyben, a szórakoztatóiparban fogja elősegíteni az innovatív, olykor diszruptív⁵¹ termékek és szolgáltatások, üzleti modellek megjelenését.⁵² A 3GPP a 2020-as év második felében tervezi a Release 16 szabvány kiadását, amely az 5G-hálózat további finomításait és az újabb funkciók integrálásának lehetőségeit fogja ajánlás szinten megfogalmazni. Globális szinten az 5G széles körű kereskedelmi beindítása 2020-tól várható,⁵³ ám Magyarországon már 2019. október 17-én elindította a Vodafone Magyarország Mobil Távközlési Zrt. az első kereskedelmi 5G-szolgáltatást, Budapesten a meglévő 4G infrastruktúrájára jelentősen alapozva, néhány Duna-menti belvárosi kerületben, valamint Zalaegerszegen

⁴⁵ ALMAZROI 2018, 13.

⁴⁶ Wireles Local Area Network – rádióhullámot használó vezeték nélküli helyi hálózat.

⁴⁷ Voice over IP – internetprotokoll feletti hangátvitel.

⁴⁸ TCHAO–GADZE–ÁGYAPONG 2018, 165.

⁴⁹ <https://digitalisjoletprogram.hu/hu/hirek/a-jovo-lehetosege-az-5g> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)

⁵⁰ 3rd Generation Partnership Project – 3. Generációs Együtműködési Projekt.

⁵¹ A piacra kerülő új termék hatására az addig megszokott piaci erőssorrend megváltozik.

⁵² www.3gpp.org/release-15 (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)

⁵³ GYURKITY 2018.

az okosautók fejlesztéséhez kialakított tesztpálya körzetében.⁵⁴ A gazdasági társaság által megindított 5G kereskedelmi szolgáltatásról azonban elmondható, hogy az egyelőre csak viszonylag kis földrajzi területet fed le. Egyes mobilszolgáltatók előrejelzései szerint az 5G-előfizetések száma 2023 végére meghaladhatja az 1 milliárdot, tehát az összes mobil előfizetés 12%-a már 5G-s lesz.⁵⁵

Az 5G-mobilhálózat a sávszélesség területén akár az 1 Gbit/s-ot meghaladó sebességet fog eredményezni, a kommunikáció 1-4 milliszekundumos válaszüzeje, a nagyon magas rendelkezésre állás, a megbízhatóság és az optimális biztonsági szint mellett. A gyakorlatban ez azt jelenti például, ha 4G-/LTE-kapcsolattal egy óra alatt tölthetünk le egy teljes HD-filmet okostelefonunkkal, akkor 5G-kapcsolattal ez az idő századrészére csökkenhet. Az adatátviteli sebesség ekkora mértékű növeléséhez jelentős sávszélességre van szükség, ami a vivőfrekvenciák növelését teszi szükségessé, így a hullámok milliméteres tartományba kerülnek, ezért sűrűbben elhelyezett bázisállomásokra lesz szükség, hiszen a fák vagy az épületek is jelentősen csillapítják ezeket a hullámokat.⁵⁶ Ehhez természetesen új frekvenciasávok kiosztása is szükséges, amelyre Magyarország viszonylatában a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (a továbbiakban: NMHH) átfogó tendert írt ki 2019. július 18-án, „[a]z 5G bevezetését támogató és további vezeték nélküli szélessávú szolgáltatásokhoz kapcsolódó frekvenciahasználati jogosultságok” tárgyban, amelyben szerepel többek között az 5G szempontjából úttörő 26 GHz-es sáv hasznosíthatósága is.⁵⁷ A 26 GHz-es frekvenciasáv nagy kapacitást képes biztosítani a mikrocellákon, azaz a legfeljebb pár száz méter átmérőjű cellákon alapuló, 200 MHz-es blokkmérettel jellemezhető, 5G-technológiával üzemelő innovatív, vezeték nélküli, szélessávú elektronikus hírközlési szolgáltatások számára.⁵⁸ A frekvenciatendert az NMHH 2020. április elején sikeresen lebonyolította, így a jelenlegi négy mobilszolgáltató közül három szolgáltató (a Vodafone Magyarország Mobil Távközlési Zrt., a Magyar Telekom Nyrt. és a Telenor Magyarország Zrt.) hozzájutott az 5G-hálózat országos kiépítéséhez szükséges frekvenciasávokhoz.⁵⁹ A Magyar Telekom Nyrt. pedig még 2020. április 9-én – az országban másodikként – el is indította 5G kereskedelmi szolgáltatását.⁶⁰ (A 4. mobilszolgáltatót, a DIGI Távközlési és Szolgáltató Kft.-t az NMHH még a tender korai szakaszában kizárta a versenyből.⁶¹)

Az 5G-eszközök, akár az infrastruktúra, akár a felhasználók vonatkozásában rendkívül korlátozottan állnak jelenleg rendelkezésre globális szinten. Az új technológiát hasznosítani képes IKT⁶²-eszközök fejlesztése kissé le van maradva az 5G-technológia elméleti kidolgozásához és az infrastruktúra-építéshez képest.

⁵⁴ www.vodafone.hu/documents/20143/626722/20191018.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)

⁵⁵ GYURKITY 2018.

⁵⁶ https://hvg.hu/brandchannel/invitech_20190904_Osszel_jon_az_5G_de_mit_kell_tudni_rola (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)

⁵⁷ http://nmhh.hu/cikk/204906/NMHH_kitarul_a_kapu_az_5Gs_frekvenciak_ertesitesere_elott (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)

⁵⁸ Az Európai Bizottság (EU) 2019/784 végrehajtási határozata (5)

⁵⁹ UF/19180-197/2019. számú NMHH határozat.

⁶⁰ www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2020/aprilis_9 (A letöltés dátuma: 2020. 04. 13.)

⁶¹ NAGY 2020.

⁶² Information and Communications Technology – információs és kommunikációs technológiák.

Az 5G-mobilhálózatokra vonatkozó hazai és európai uniós normarendszer várható keretszabályozásai

Magyarország Kormánya a nagy sebességű mobil hírközlési hálózatfejlesztési beruházások megvalósításával összefüggő közigazgatási hatósági ügyek nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű üggyé nyilvánításáról szóló 484/2017. (XII. 28.) Korm. rendeletben nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségűvé nyilvánította a magyarországi távközlési szolgáltatók 4G-s és 5G-s, nagy sebességű mobil hírközlési hálózatfejlesztési beruházásait. A fejlesztések kiindulópontjaként a megfelelő színvonalú digitális infrastruktúra kiépítését határozták meg, amely nélkülözhetetlen feltétel mind a digitális gazdaság, mind a polgárok és a vállalkozások digitális kompetenciáinak fejlesztéséhez, mind pedig az állami digitális szolgáltatások elterjedéséhez. E hálózat alapját kezdetben a meglévő 4G-bázisállomások fogják jelenteni.⁶³ A kormány a Nemzeti Infokommunikációs Stratégia (NIS) 2016. évi monitoring jelentéséről, a Digitális Jólét Program 2.0-ról, azaz a Digitális Jólét Program kibővítéséről, annak 2017–2018. évi Munkaterve elfogadásáról, a digitális infrastruktúra, kompetenciák, gazdaság és közigazgatás további fejlesztéseiről szóló 1456/2017. (VII. 19.) Korm. határozat alapján kiemelkedően fontosnak tartja, hogy Magyarország a mobil távközlés új technológiai megoldása, az 5G hálózati és alkalmazásfejlesztések egyik európai központjává váljon, és az elsők között vezesse be a vezető nélküli gépjárművek elterjedése szempontjából is kulcsfontosságú 5G-technológiát. A kormányhatározat az elérendő célok megvalósítása érdekében elrendelte Magyarország 5G Stratégiájának elkészítését, amelyet várhatóan a 2020-as év első felében fog elfogadni Magyarország Kormánya.

A hazai normarendszeren túl, európai uniós szinten is komoly figyelem fordul a hírközlési technológiák fejlődésének jogszabályi ösztönzésére és szabályozására, amely a technológiák által nyújtható szolgáltatások bővülése okán, a polgárok élet-színvonalának fenntartható növelését célozza. Az IoT jól mutatja, hogy az elektronikus kommunikációt biztosító, rádióhullám-alapú jelátvitel technológiája exponenciálisan hogyan fejlődik, és hogyan formálja a társadalmi és gazdasági rendszereket. A fejlődés által nyújtott lehetőségek minél hatékonyabb kihasználása érdekében olyan normarendszer kialakítása indokolt, amely nem gátolja az új infokommunikációs technológiák elterjedését, továbbá amely a szűkös frekvenciakészlet lehető leghatékonyabb felhasználását segíti elő. A 2018. december 17-e óta hatályos Európai Elektronikus Hírközlési Kódex⁶⁴ (a továbbiakban: Kódex), a korábbi uniós szintű hírközlési szabályozás felülvizsgálatát követően egységes szerkezetbe foglalta az uniós hírközlési szabályokat. A Kódex célja többek között az interoperabilitás és konnektivitás javítása, egyrészt a nagyon nagy sebességű, széles sávú hálózatok⁶⁵ (a sávzélesség több Gbit/s) európai szintű elterjedésének ösztönzésével, valamint az 5G-hálózatok kiépítésének elősegítésével, az uniós szintű megszakítás nélküli lefedettség megvalósítása érdekében.⁶⁶

⁶³ <https://digitalisjoletprogram.hu/hu/tartalom/mobilinternet-halozatfejlesztes> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)

⁶⁴ 2018/1972 európai parlament és tanácsi Irányelv (EU) (EEHK irányelv).

⁶⁵ Very High Capacity Networks (VHCN).

⁶⁶ EEHK irányelv (3), 36.

Magyarország 5G Stratégiája is az uniós normának való hazai megfelelés céljából kíván stratégiai szintű elvárásokat megfogalmazni, hiszen szükséges a Kódex hazai átültetéséhez a megfelelő törvényi szintű szabályozás megalkotása. Az Európai Unió tagállamainak 2020. december 21-ig kell végrehajtaniuk a Kódex hazai jogrendbe történő átültetését, amely ipso iure hatályossá válik. Azonban a határidővel kapcsolatban vannak kivételek, például a Kódex 54. cikke alapján a tagállamoknak 2020. december 31-ig kell lehetővé tenniük a 26 GHz-es frekvenciasáv legalább 1 GHz-es tartományának hasznosíthatóságát az 5G-hálózatok kiépítésének elősegítése érdekében.⁶⁷

A Kódex megalkotása során négy európai parlamenti és tanácsi irányelvet⁶⁸ vizsgáltak felül, továbbá az aktualizálás kiterjedt még az Európai Elektronikus Hírközlési Szabályozók Testületének (BEREC) és Hivatalának létrehozásáról szóló 1211/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletre is. A négy irányelv mindegyike a hírközlő hálózatok üzemeltetőire és a szolgáltatások nyújtóira vonatkozik. A szabályozási keret felülvizsgálata lehetőséget teremtett a négy irányelv átdolgozására, egységes szerkezetbe foglalására, valamint biztosítottá vált a szabályozás piaci realitásokhoz történő igazítása, mivel a hírközlési szolgáltatások nyújtása az alkalmazásszolgáltatók, azaz az OTT-szolgáltatások megjelenése okán, mára nem kizárólag a hálózatüzemeltetéshez kapcsolódik. Emellett a távközlési ágazat, a médiaágazat és az IKT-ágazat konvergenciája miatt is indokolt volt, hogy minden elektronikus hírközlést biztosító szolgáltatásra és hírközlőhálózatra a lehető legnagyobb mértékben vonatkozzon egységes uniós szabályozás.⁶⁹ A fentiekre tekintettel a meglévő hírközlési keret átdolgozása új irányelv elfogadását eredményezte, amely a korábbi irányelvek érdemi módosításait és a nem módosított rendelkezéseit is egységes szövegbe foglalja.⁷⁰

Konklúziók

A publikáció során látható, hogy a mobil hírközlési hálózatok a kezdeti analóg típusú, elektronikus jelátviteltől kezdve, a digitális, GSM-alapú hangátvitelen és az internetalapú csatolmányküldésen keresztül, mára már képesek a rendkívül jó minőségű, valós idejű videófolyamok (streamek) megosztására is, köszönhetően az IP-technológia által nyújtotta lehetőségeknek, az adatátviteli sebesség folyamatos növekedésének és a késleltetési idő tizedmásodperc alá történő csökkenésének. Az elemzés összefoglalása érdekében, a releváns fejlődési stádiumokat és a hozzájuk tartozó ismereteket az 1. táblázat szemlélteti.

⁶⁷ EEHK irányelv 54. cikk 141.

⁶⁸ 2002/19/EK Hozzáférési irányelv, 2002/20/EK Engedélyezési irányelv, 2002/21/EK Keretirányelv, 2002/22/EK Egyetemes Szolgáltatási irányelv.

⁶⁹ <https://nki.gov.hu/it-biztonsag/hirek/megallapodas-szuletett-az-uj-eu-s-tavkozlesi-szabalyokrol/> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)

⁷⁰ KAJZINGER 2018.

1. táblázat

A mobil hírközlési technológiák fejlődésének főbb állomásai és ismérvei

Jeltípus	Technológia	Megjelenés éve	Sávszélesség	Közlemény típusa
Analóg	1G	1980	9,6 kbit/s	hang
Digitális	2G (GSM)	1990	14,4 kbit/s – 236 kbit/s	hang, SMS, MMS
	3G	1998 (Mo.:2001)	384 kbit/s – 14,4 Mbit/s	hang, SMS, MMS, internetes tartalom (weboldalak, fájl, szöveg, kép, hang, [korlátozottan, és nem valós időben] videó)
IP-alapú	4G/LTE	2005 (Mo.: 2012)	10 Mbit/s – 326 Mbit/s	+ internetes tartalom – hang és élő videóstream
	4G/VoLTE	2012 (Mo.: 2017)		+ hang és élő videóstream
	5G	2017 (Mo.: 2019)	1 Gbit/s – 10 Gbit/s	+ rendkívül nagyméretű internetes tartalom

Forrás: a szerző szerkesztése a cikk első fejezetében szereplő kapcsolódó források alapján.

A fenti táblázat alapján megállapítható a hálózati technológiák gyorsuló ütemű fejlődésének és az adatátviteli sebesség ugrásszerű növekedésének trendje. Az 1G kezdetleges 9,6 kbit/s sávszélességéhez képest, mára már az 5G-technológia ennek több mint a 100 ezerszeresét, azaz 1 Gbit/s-ot⁷¹ is képes elérni. A közleménytípusok szélesedő palettája is megfigyelhető a táblázat alapján. Míg az 1G-hálózat csak hangátvitelre volt alkalmas, addig a 2G-vel már megjelent a szöveges üzenet küldése, majd a 3G-technológia bevezetését követően az egyre nagyobb méretű internetes tartalom megosztásának lehetősége is. Jelenleg a mobilhálózaton keresztül kezdeményezhető GSM (2G-) alapú hívás, küldhető és fogadható SMS, ugyanakkor az egyes applikációk segítségével kezdeményezhető és fogadható internetalapú hanghívás, valós idejű videóstream, továbbá elérhetőek online tartalmak is (3G/4G/5G). A fenti vizsgálatok alapján, véleményem szerint levonható az a következtetés, amelyet a vonatkozó szakirodalom,⁷² más bizonyítási eljárást alkalmazva alátámasztottnak tekint, miszerint a hírközlés és az elektronikus úton folytatott kommunikáció, a mobil vezeték nélküli földfelszíni távközlés halmazában közös metszetet képez.

Látható, hogy az 5G-hálózat NSA-szabványa már 2017-ben elkészült, a 3GPP a Release 15 szabványt 2019-ben kiadta, és az 5G-hálózat optimalizálását biztosító Release 16 szabvány megjelenése pedig 2020 második felében várható. Ez azt jelenti, hogy a hálózatfejlesztés az 5G-mobiltechnológia 4G-hálózaton való üzemelésétől az önálló, optimális 5G-infrastruktúra kialakításáig, a szabványosítás szempontjából várhatóan 3 év alatt lezajlik, amely 3 db, az adott hálózatot érintő szabvány kiadását eredményezi. Úgy gondolom, hogy ez a tendencia kellő mértékben érzékelteti a technológiaváltás hihetetlenül gyorsuló ütemét, amely a jövőben még intenzívebb lehet. Arról nem is beszélve, hogy ez milyen innovációt eredményez a rádiókommunikációra épülő egyéb szférákban, ágazatokban, például a gépjárműipar, a robotika vagy

⁷¹ 1 Gbit/s = 1.000.000 kbit/s

⁷² Kovács 2015, 139.

a mesterséges intelligencia fejlesztése területén. Látható az is, hogy Magyarországra a globális szinten elsőként kiépített 5G-(rész)rendszer a megjelenést követő 2-3 éven belül érkezett meg az újabb generációs mobiltechnológia, azaz elmondható, hogy hazánk a vizsgált technológia élvonalában jár európai és világszinten is – Magyarország törekvéseinek megfelelően.

A fentiekben túl levonható az a következtetés is, miszerint a kereskedelmi 5G-szolgáltatás 2020. évi általános elindulását követően, a 2G-, 3G- és 4G-hálózatokon végbemenő mobilkommunikáció törvényes ellenőrzésén kívül, az ellenőrzési rendszereket alkalmassá kell tenni a legújabb technológia, azaz az 5G számára is. Az 5G-re vonatkozó ellenőrzési képesség optimalizálása kapcsán érdemes figyelembe venni a Hírközlési Kódex alapján azon európai uniós törekvéseket, amelyek az 5G-hálózatok interoperabilitásának és konnektivitásának javítását célozzák, egyrészt a VHCN európai szintű elterjedésének ösztönzésével, másrészt az 5G-hálózatok uniós szintű, megszakítás nélküli lefedettségének kiépítésével.

Felhasznált irodalom

- ALMAZROI, Abdulaleem Ali (2018): Performance analysis of 4G broadband cellular networks. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 5. évf. 9. sz. 12–17. DOI: <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.09.003>
- ANWAR, Toni (2008): Performance Analysis of 3G Communication Network. *ITB Journal of Information and Communication Technology*, 2. évf. 2. sz. 130–157. DOI: <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.2008.2.2.4>
- ARORA, Mohit (2012): Long Term Evolution (LTE) Technology. *International Journal of Latest Technology in Engineering Management & Applied Science*, 1. évf. 3. sz. 69–71. Elérhető: www.researchgate.net/publication/319465003_LONG_TERM_EVOLUTION_LTE_TECHNOLOGY (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- ASCHOFF, Volker (1984): *Geschichte der Nachrichtentechnik*. Springer-Verlag. 203–204. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-02416-4>
- BARTOLITS István (2000): *A távközlés regénye*. Elérhető: <http://w3.tmit.bme.hu/thsz/TavkReg.pdf> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- BENE Zoltánné PUSZTAI Virág (é. n.): *Mediaelmélet*. Elérhető: www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/MediaelméletV2/index.html (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- BETKER, Michael R. – FERNANDO, John S. – WHALEN, Shaun P. (1997): The history of the microprocessor. *Bell Labs Technical Journal*, 2. évf. 4. sz. 29–56. DOI: <https://doi.org/10.1002/bltj.2082>
- DWIVEDI, Vidya Kant – SHUKLA, Manoj (2007): *Code Division Multiple Access (CDMA) System in Multipath Environment*. National Conference on Communication Technology. Elérhető: www.researchgate.net/publication/200783159_Code_Division_Multiple_Access_CDMA_System_in_Multipath_Environment/link/09984da86bc439f832012f0a/download (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- GYURKITY Péter (2018): *Elkészült a teljes 5G-szabvány*. Elérhető: <https://sg.hu/cikkek/it-tech/131800/elkeszult-a-teljes-5g-szabvany> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- HAIG Zsolt (2018): *Információs műveletek a kibertérben*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó.

- HAIG Zsolt – KOVÁCS László – MUNK Sándor – VÁNYA László (2013): *Az infokommunikációs technológia hatása a hadtudományokra*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- HUURDEMAN, Anton A. (2003): *The Worldwide History of Telecommunications*. Hoboken, John Wiley & Sons. DOI: <https://doi.org/10.1002/0471722243>
- KAJZINGER Ervin (2018): *Az elektronikus hírközlési keretszabályozás felülvizsgálata – az új Kódex*. Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság. Elérhető: www.hte.hu/documents/4176585/4575122/Kajzinger_Ervin.pdf/8dbbdb76-cf8f-5044-b9f7-2d6b90cca7c2 (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)
- KOVÁCS Zoltán (2015): *Az infokommunikációs rendszerek nemzetbiztonsági kihívásai*. Doktori értekezés. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. Elérhető: <https://adoc.tips/az-infokommunikacios-rendszerek-nemzetbiztonsagi-kihivasai.html> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 22.)
- MÉSZÁROS István (é. n.): *Oktatási segédlet a Telekommunikáció tantárgy Vezetékes távközlés részéhez*. Elérhető: <http://vip.tilb.sze.hu/~wersenyi/TKJ2.pdf> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- MIR, Mohammad Meraj ud in – KUMAR, Sumit (2015): Evolution of Mobile Wireless Technology from 0G to 5G. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 6. évf. 3. sz. Elérhető: <https://ijcsit.com/docs/Volume%206/vol6issue03/ijcsit20150603123.pdf> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- NAGY Viktor (2020): *Kizárták a DIGI-t az 5G-frekvenciaárverésből, a cég az eredmény visszavonását kéri*. Portfólió. Elérhető: www.portfolio.hu/uzlet/20200331/kizartak-a-digi-t-az-5g-frekvenciaarveresbol-a-ceg-az-eredmeny-visszavonasi-keri-423214 (A letöltés dátuma: 2020. 04. 13.)
- NYESTE Gábor (2013): *Telekommunikáció*. Eger, Médiainformatikai Kiadványok. Elérhető: www.mek.oszk.hu/14000/14002/pdf/14002.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- TARJÁN M. Tamás (é. n.): *1838. január 6. – Morse első sikeres távirókísérlete*. Rubiconline. Elérhető: www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1838_januar_6_morse_elso_siker_tavirokiserlete (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- TCHAO, E. T. – GADZE, Dzisi – AGYAPONG, Jonathan (2018): Performance Evaluation of a Deployed 4G LTE Network. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9. évf. 3. sz. DOI: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2018.090325>
- VIRÁG Tamara (2015): *Telefon*. Magyar Szabadalmi Hivatal. Elérhető: www.sztnh.gov.hu/hu/magyar-feltalalok-es-talalmanyaik/mozgokepek-a-magyar-technika-tortenetebol/kurbilis-telefon/telefon (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- WEAVER, Russell L. (2014): A sajtó és a kifejezés szabadsága. *In Medias Res*, 14. évf. 1. sz. 89–105.
- YASSIN, Mohamad – ABOULHASSAN, Mohamed A. – LAHOUD, Samer – IBRAHIM, Marc – MEZHER, Dany – COUSIN, Bernard – SOUROUR, Essam A. (2017): Survey of ICIC Techniques in LTE Networks under Various Mobile Environment Parameters. *Wireless Networks*, Vol. 23, No. 2. 403–418. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11276-015-1165-z>

Internetes források

- A 4G hálózat adat mellett már a hangunkat is viszi – Elindítja a 4G Hangot a Magyar Telekom* (2017). Magyar Telekom – Sajtóközlemény. Elérhető: www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2017/aprilis_27 (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- Fading*. Távközlési és Műholdas Lexikon. Elérhető: www.frekvencia.hu/lexikon/f/fading.htm (A letöltés dátuma: 2020. 04. 13.)
- A jövő lehetősége az 5G*. (2019). Elérhető: <https://digitalisjoletprogram.hu/hu/hirek/a-jovo-lehetosege-az-5g> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- Megállapodás született az új EU-s távközlési szabályokról* (é. n.). Nemzeti Kibervédelmi Intézet. Elérhető: <https://nki.gov.hu/it-biztonsag/hirek/megallapodas-szuletett-az-uj-eu-s-tavkozlesi-szabalyokrol/> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)
- Mobilinternet Hálózatfejlesztés, Digitális Jólét Program*. (é. n.). Elérhető: <https://digitalisjoletprogram.hu/hu/tartalom/mobilinternet-halozatfejlesztes> (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- NMHH: kitérül a kapu az 5G-s frekvenciák értékesítése előtt* (2019). Elérhető: http://nmhh.hu/cikk/204906/NMHH_kitarul_a_kapu_az_5Gs_frekvenciak_ertekesitese_elott (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)
- Ősszel jön az 5G, de mit kell tudni róla?* (2019). HVG. Elérhető: https://hvg.hu/brand-channel/invitech_20190904_Osszel_jon_az_5G_de_mit_kell_tudni_rola (A letöltés dátuma: 2020. 02. 09.)
- Release 15* (2018). Elérhető: www.3gpp.org/release-15 (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)
- A Telekom elindítja kereskedelmi 5G szolgáltatását* (2020). Elérhető: www.telekom.hu/rolunk/sajtoszoba/sajtokozlemenyek/2020/aprilis_9 (A letöltés dátuma: 2020. 04. 13.)
- A telekommunikáció fejlődése – A füstjelektől a 4G telefonig* (2017). Origo. Elérhető: www.origo.hu/longform/20170523-a-telekommunikacio-fejlodes.html#story-body (A letöltés dátuma: 2020. 03. 27.)
- A Vodafone elindította Magyarországon első 5G hálózatát Budapesten* (2019). Elérhető: www.vodafone.hu/documents/20143/626722/20191018.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 02. 16.)

Jogi források

- 1456/2017. (VII. 19.) Korm. határozat a Nemzeti Infokommunikációs Stratégia (NIS) 2016. évi monitoring jelentéséről, a Digitális Jólét Program 2.0-ról, azaz a Digitális Jólét Program kibővítéséről, annak 2017–2018. évi Munkaterve elfogadásáról, a digitális infrastruktúra, kompetenciák, gazdaság és közigazgatás további fejlesztéseiről
- 484/2017. (XII. 28.) Korm. határozat a nagy sebességű mobil hírközlési hálózatfejlesztési beruházások megvalósításával összefüggő közigazgatási hatósági ügyek nemzetgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű ügyé nyilvánításáról

- Az Európai Bizottság (EU) 2019/784 végrehajtási határozata a 24,25 – 27,5 GHz frekvenciasávnak az Unión belül vezeték nélküli széles sávú elektronikus hírközlési szolgáltatások nyújtására alkalmas földfelszíni rendszerek számára történő harmonizálásáról Elérhető: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b94cd49f-77a5-11e9-9f05-01aa75ed71a1/language-hu/format-XHTML> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)
- Az Európai Parlament és Tanács 1211/2009/EK rendelete az Európai Elektronikus Hírközlési szabályozók Testületének (BEREC) és Hivatalának létrehozásáról (2009. november 25.) Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1211&from=EN> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)
- Az Európai Parlament és Tanács (EU) 2018/1972 Irányelve az Európai Elektronikus Hírközlési Kódex létrehozásáról (2018. december 11.) Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972&from=en> (A letöltés dátuma: 2020. 03. 16.)
- UF/19180-197/2019. számú NMHH határozat: árverési eljárás eredményének megállapítása „*az 5G bevezetését támogató és további vezeték nélküli szélessávú szolgáltatásokhoz kapcsolódó frekvenciahasználati jogosultságok*” tárgyában (2020. április 01.) Elérhető: http://nmhh.hu/cikk/211267/UF191801972019_szamu_hatarozat_arveresi_eljaras_eredmenyenek_megallapitasa_az_5G_bevezeteset_tamogato_es_tovabbi_vezetek_nelkuli_szelessavu_szolgaltatasokhoz_kapcsolodo_frekvenciahasznalati_jogosultsagok_targyaban (A letöltés dátuma: 2020. 04. 13.)