



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Az 5. generációs mobilhálózatok alkalmazási lehetőségei ipari környezetekben

Szerző(k): **Horváth Péter Belián**
villamosmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulens: **Dr. Varga Péter János PhD**
egyetemi docens

Tartalomjegyzék

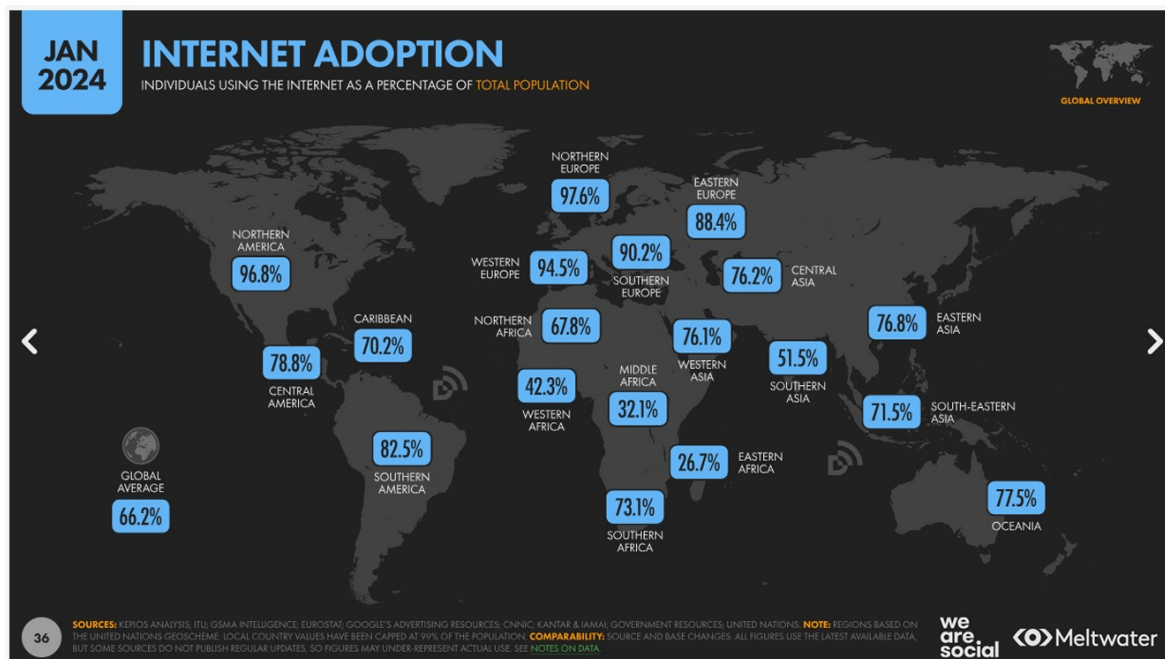
Bevezetés.....	3
5G bemutatása	4
5G NSA – Not Stand Alone	8
5G SA.....	8
5G SA ipari felhasználása	9
Hazai kitekintés	10
5G SA laboratóriumi mérés megvalósítása	13
Mérési környezet bemutatása	13
Mérés felépítése.....	13
a) belső 5G-s hálózaton való mérés	15
b) külső 5G rendszer paramétereinek a mérése	16
Mérési eredmények kiértékelése	17
Továbbfejlesztési lehetőség.....	20
Összefoglaló	21
Források.....	22

Bevezetés

A modern világ száguldó hétköznapijaiban nem is gondol bele az ember hogy milyen régóta használ különböző vezeték nélküli kommunikációs hálózatokat. Ha belegondolunk már egészen az őskorban alkalmaztak ilyen módszereket, kezdetben füstjelek segítségével. Ezen Tudományos Diákköri Konferencia dolgozat mélyebben érintett témája a vezeték nélküli hálózatok legújabb, való életben is használt ötödik generációja (5G). A technika rohamos fejlődését mi sem bizonyítja jobban annál a ténynél, hogy ezen technológia megjelenését követő néhány évvel később már arról beszélnek a témában jártas szakemberek, hogy a következő azaz hatodik generáció (6G) már a következő évtized elején különböző formákban megjelenhet. Az 5G egy olyan telekommunikációs megoldás, amely nemcsak ígéri a hatalmas technológiai ugrásokat, hanem lehetőséget is biztosít a valós idejű kommunikációra. Ezzel a kommunikációs megoldással támogatottá válik az önvezető autók technológiájának kiforrottá válása és elterjedése, valamint a távolról végrehajtott egészségügyi beavatkozások megvalósítása is. Nyilván az emberiség múltjából tanulva ezek a fentebb említett technológiák csak cseppek lesznek a tengerben, de már ezek is jól mutatják azt hogy mégis mekkora technológia ugrás küszöbén áll a fejlett országok lakossága és technológiai fejlesztői. A dolgozat elkészítése során bemutatásra kerül maga az ötödik generációs technológia, két alcsoportja, fejlődésének menete, különböző területeken való alkalmazhatóságának vizsgálata.

5G bemutatása

Az 5G megoldások 2019 óta érhetőek el a világon. Ez a technológia nagyban befolyásolta, hogy a már meglévő mobil és vezetékes internet felhasználók száma rohamosan növekedjen. Ezt szemlélteti a következő ábra, amely a 2024-es statisztikai adatokat mutatja a világ internet felhasználásának lehetőségeiről. [1]



1. ábra: Internet felhasználók száma népesség arányosan

Forrás: [1]

Ehhez nem kell sokat gondolkodnunk hogy rájövünk, egy ilyen témában történő fejlesztéssel, infokommunikációval foglalkozó cégek mekkora bevételekre tehetnek szert. Ennek megfelelően a 2019-es év hozott áttörést a legújabb generációs kommunikációs hálózat működésében. Noha a verseny a világ számos pontján működő technológiai óriása között zajlott (Egyesült Államok, Dél Korea, Kína , Európa) és zajlik, legelsőként az Egyesült Államokban működő Verizon nevű technológiai vállalat működtetett ilyen hálózatot. [2]

Mivel minden országnak mások a technológiák fejlesztései során a preferenciáik, ezért az 5G-t is különböző irányokba fejlesztik a világ különböző országai. Ez igaz az ipar minden szegmensére, legyen az polgári vagy katonai. Mint szinte minden technológiánál, valószínűsíthetően ebben az esetben is a katonai fejlesztések jóval meghaladják a polgári szegmensben alkalmazott technológiák képességeit, amiket viszont a későbbiekben átvittethetnek a nem katonai felhasználású területekre is. Már most is elmondható hogy rengeteg

területen alkalmazzák a legújabb generációt, ennek széleskörű elterjedését az évtized végére prognosztizálják.

Ez a típusú vezeték nélküli kommunikációs technológia valamennyi paraméterében többszörösen felülmúlja elődjeinek karakterisztikáit. Az előző generációs hálózat maximális letöltési sebessége elméletben 1 gigabit / szekundum, ezzel szemben az 5G ennek 20-szorosára, 20 gigabit / szekundum értékre képes. Feltöltési sebességet tekintve a 4. generációs hálózatok elméleti 0,2 gigabitre képesek, ezzel szemben az 5G annak 50-szeresét, 10 gigabitnyi adatot képes átvinni másodpercenként. Az egyik legnagyobb előrelépés, amire a különböző, részben akár mesterséges intelligenciát is alkalmazó technológiák építenek, az a késleltetés. Ebben a szegmensben a korábban alkalmazott hálózatok 10 milliszekundumos paraméterrel rendelkeztek. Ezzel szemben az 5G ennek az értéknek a tizedrészére képes, azaz 1 milliszekundumra. A következő nagy fejlődési ugrás a pozíció meghatározás pontosságában következett be. Míg a negyedik generációs hálózatok ~45 méteres pontossággal tudták meghatározni az eszköz helyzetét, addig az ötödik generáció már 1 méteres pontossággal képes operálni. Mindeze mellett az elérhető eszközsűrűség oldalán is nagy előre lépést jelent a technológia, mivel több nagyságrenddel nagyobb mennyiségű eszközt képes ellátni területegységhez viszonyítva. [3]

	5G	4G
Letöltési csúcssebesség	20 Gbps	1 Gbps
Feltöltési csúcssebesség	10 Gbps	0,2 Gbps
Késleltetés	1 milliszekundum	10 milliszekundum
Helymeghatározási pontosság	1 méter	45 méter
Eszközsűrűség (egység területre viszonyítva)	2,5 millió	250

2. ábra: 4G és 5G összehasonlítása
 Forrás: készítette a szerző a [3] irodalom alapján

Adatátviteli és egyéb paraméterein túl az 5G-s hálózatok az üzemeltetési paraméterek terén is rendelkeznek egy előnyös tulajdonsággal a 4G-s hálózatokkal szemben. Ez a tulajdonság az energia takarékoság. A hálózat kiépítésének módja, illetve az azt alkotó alkatrészek tulajdonságainak hála (alacsonyabb energia fogyasztás) az 5G rendszerek energia takarékosabb módon képesek üzemelni korábbi hálózatokkal szemben.

A 4G-hez hasonlóan az 5G is egy olyan cellatechnológiára épít, melyben a lefedett földrajzi területet több kisebb cellára osztják. A cellákon belül a vezeték nélküli kapcsolatban lévő eszközök rádióhullámok, antennák és bázisállomások segítségével csatlakoznak a hálózathoz. A frekvenciasávokat tekintve a rendszer 3 különböző frekvencia tartományban működik. Alacsony, közép és magas tartományokban. Alacsony frekvencia tartomány az 1 GHz alatti tartomány. Közép tartományként az 1 és 6 GHz közötti tartományt értelmezzük. A magas frekvencia tartományba a 24.25GHz és 86GHz közötti értékek számítanak.

Felhasználás szempontjából a sávokat a következőképpen lehet besorolni a szakirodalom alapján:

- alacsony (1 GHz alatt)
 - o IoT területeken illetve mezőgazdaságban
- közép (1 és 6 GHz között)
 - o Ipari Parkok, okos gyárak,
- magas (24.25GHz és 86GHz között)
 - o virtuális valóság (VR), kiterjesztett valóság (AR) [4]

Magyarországon a frekvencia tartományokra a Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság által megadott engedélyek alapján lehet szert tenni. A legutóbbi árverés 2020.03.26-án zajlott le. Nem meglepő módon a hazai piacot uraló 3 vállalat voltak ennek az aukciónak a szereplői, akkori nevük szerint a Magyar Telekom Nyrt., a Telenor Magyarország Zrt. és a Vodafone Magyarország Zrt. viszonyítás képpen ennek az aukciónak az összértéke 2020-ban 128.490.000.001 forint volt. Ezen az árverésen a győztes licitálók 15 évre nyerték el az adott frekvenciasávon való szolgáltatás jogát. A frekvencia sávok nem egyenlő arányban kerültek elosztásra hanem természetesen a licitálók tétjei alapján. Az NMHH az Európai Unió iránymutatása alapján 4 frekvencia sávot hirdetett meg, melyből háromra licitáltak a résztvevők. Ezek a 700 MHz-es, 2100 MHz-es, 2600 MHz-es valamint a 3600 MHz-es frekvenciasávok voltak. Ezek közül a 2600 MHz-es tartomány volt az mely nem talált gazdára. Részletesebben; a Magyar Telekom kétszer 10 MHz-et szerzett a 700 MHz-es sávban, kétszer 10 MHz-et a 2100 MHz-es sávban, valamint 120 MHz-et a 3600 MHz-es sávban. Érdekes módon a Telenor a 2100 MHz-es sávban nem szerzett jogosultságot, a 700 MHz-es sávban kétszer 5 MHz-et szerzett meg magáénak, míg a 3600 MHz-es sávban pedig 140 MHz-et szerzett meg. A Vodafone kétszer 10 MHz-et szerzett a 700 MHz-es sávban, a Telenorral

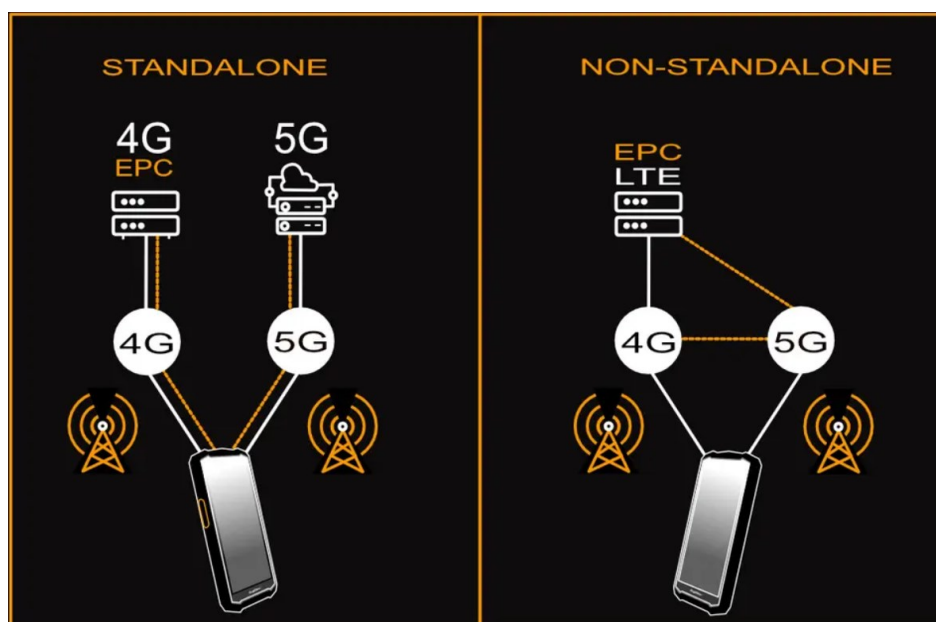
ellentétben szerzett kétszer 5 MHz-et a 2100-as tartományban, illetve 50 MHz-et kaparintott meg a 3600 MHz-es sávban. [5, 6]

Bár technológiailag több és magasabb frekvencia tartományon is üzemelhetnének a hálózatok, számos olyan nyilvános és nem nyilvános egyéb tényező is van amiket számításba kell venni a frekvencia tartományok kiosztásakor. Erre egy remek példa hogy az árverés lezajlásakor például a 700 MHz-es tartományon még kábeltelevíziós szolgáltatások üzemeltek.

Értékesített 5G-frekvenciablokkok				
	Magyar Telekom	Telenor	Vodafone	Összesen
700 MHz	20 MHz	10 MHz	20 MHz	50 MHz
2100 MHz	20 MHz	0 MHz	10 MHz	30 MHz
3600 MHz	120 MHz	140 MHz	50 MHz	310 MHz
Árverési összeg	54,24 milliárd Ft	35,6 milliárd Ft	38,65 milliárd Ft	128,49 milliárd Ft

3. ábra 5G frekvencia sávok szolgáltatói eloszlása
Forrás: [7]

Alapvetően amikor azt mondjuk hogy egy hálózat ötödik generációs technológiát alkalmaz a teljesség igénye nélkül tesszük azt. Ugyanis a technológia 2 részre osztható. Vannak az NSA (Not Stand Alone) és az SA (Stand Alone) technológiák . A két technológiai variáció közti különbség legjobban a hálózatok hatékony működése során válik láthatóvá.

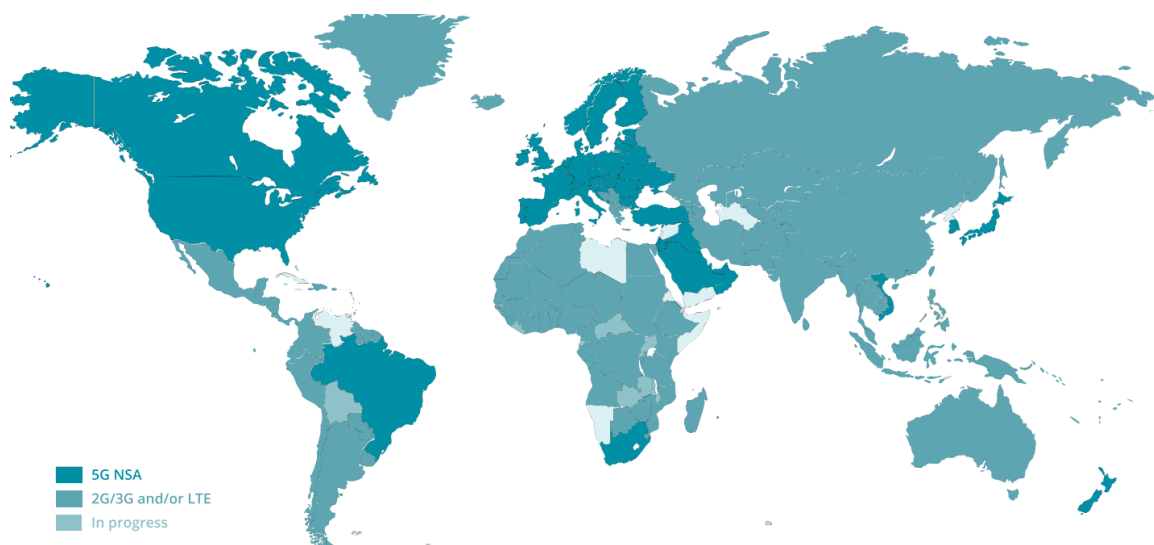


4. ábra: SA és NSA hálózat felépítése
Forrás: [9]

5G NSA – Not Stand Alone

Ez a típusú hálózatfelépítés jelent meg elsőként az 5G-s hálózatok életében. Ahogy a hálózat típusának neve is jelzi, ez a típusú hálózat nem képes önállóan, csak 5G-s komponensek segítségével működni. Ez a típusú hálózat habár 5G-s technológiát alkalmaz, a hálózat pilléreit egy 4G-s LTE maghálózat adja. Ez a rendszer az 5G-s bázisállomás mellett tartalmaz egy 4G-s bázisállomást is, mely elsődleges az 5G-s állomással szemben a hálózat működésekor.

Az 5G Not Stand Alone rendszerek elterjedése nem olyan ütemben történik, mint az előző 4G-s rendszerek elterjedése. Ez köszönhető annak, hogy a világ számos országában a 4G hálózatok paraméterei elegendőek az átlag lakossági felhasználóknak. Azonban Amerikában, Ázsiában és Európában majdnem minden szolgáltató rendelkezik ilyen hálózattal kisebb-nagyobb mértékben. Ezt szemlélteti a következő ábra.



4. ábra: Az 5G NSA hálózatok a világon 2024 márciusában
Forrás: [10]

5G SA

Az 5G SA (Stand Alone) az a hálózattípus, amely megvalósítja mindazt amiről a korábbi fejezetekben már szó esett. Ez az a technológia amely több kilométeres távolságokról biztosít szinte valós idejű kommunikációt, amely hatalmas előrelépést tesz lehetővé a virtuális valóság működésében, vagy forradalmasítja az eddig kialakult gyártási technológiát, illetve jóval nagyobb paraméterekkel rendelkező vezeték nélküli hálózatok kiépítését teszi lehetővé.

Az SA rendszerek, működhetnek önállóan a 4G-s rendszerek nélkül. Ezek az új hálózatok képesek valós 5G-s paraméterekkel üzemelni, illetve képesek támogatni az új

technológiákat melyek nagyrészt a valós idejű kommunikáció lehetőségére építenek. Ezekre a megoldásokra igazán jellemző, hogy kis energiafelhasználással üzemeltethetők.

Látható tehát hogy ha egy hálózat létesítése során cél, a már korábban említett magas teljesítmények elérése és a hálózat saját felügyeletének ellátása, akkor SA hálózat létesítése szükséges. Ez azért jóval nagyobb beruházási költségeket von maga után.

Az SA típusú hálózatoknak azonban egy nagyon számottevő tulajdonsága a kiépítés költségei. Szemben egy például egy NSA rendszerrel, itt egy teljesen új hálózat kiépítése szükséges. Az új hálózat szükségessége mellett az alkatrészek ellátottsága is okoz némi nehézséget. Itt nem arról van szó hogy nem léteznek 5G SA hálózat kompatibilis elemek, hanem hogy a kínálat, és a kereslet/kínálat kapcsolata miatt a piacon lévő alkatrészek árai is lassítják a folyamatot. [11]

5G SA ipari felhasználása

Mivel az SA rendszerek valós előrelépést jelentenek a vezeték nélküli hálózatok világában, ezért az ipari környezetekben is fejlődés következik be. A technológia az egészségügyben, önműködő gyárak esetében, önvezető autók és okosvárosok fejlesztésében jelent nagy segítséget.

Azt nem kell sokat részletezni hogy egy egészségügyi beavatkozás során mekkora könnyebbséget jelent ha az azt végző orvosnak nem kell rengeteg időt töltenie utazással, emellett pedig a páciensnek sem mindegy hogy mennyi idő alatt kezdik meg a beavatkozást a diagnózist követően, vagy megfelelő infrastruktúra esetén mekkora a távolság a beavatkozás és a lakóhelye között.

A modern világban a termelés költségének egyik legnagyobb szelete a munkások juttatásai. Optimális esetekben az elvégzendő feladatok komplexitása összhangban van az azért járó juttatások értékével. Az automatizálás, mesterséges intelligencia és IoT technológiák alkalmazásával csökkenthető az emberi beavatkozás szükségességének mértéke. Azzal azonban tisztában kell lennünk hogy az önműködő gyárak nem képesek emberi beavatkozás nélkül üzemelni, csupán a szükséges személyzet számát tudják redukálni. Ezzel előidézik a gyártási költségek csökkentését és a hatékonyság növelését.

Az önvezető autókat működésük alapján 2 alcsoportra oszthatjuk. Kevésbé nagymértékű önvezetési képesség esetén ezek a járművek nem képesek teljesen önállóan közlekedni, azonban egyfajta vezetéstámogatásként funkcionálva képesek rövidebb ideig (másodpercek) közlekedni. A másik alcsoportnál teljesen önállóan közlekednek a gépjárművek,

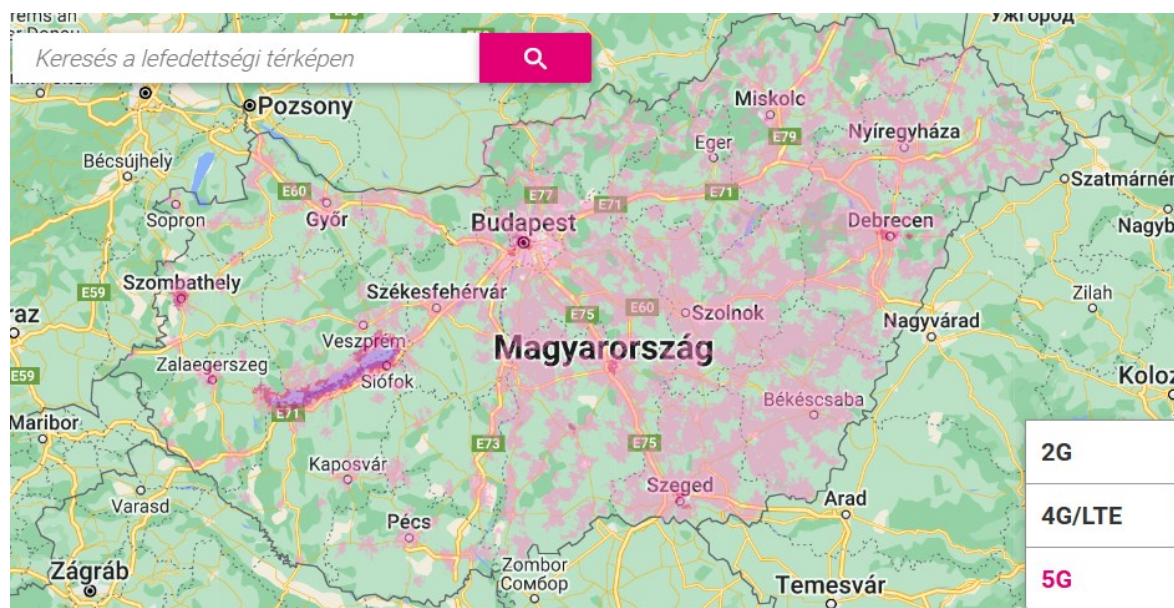
a közvetlen emberi beavatkozás lehetősége nélkül. Ez a technológia még fejlesztési szakaszban tart mivel a különböző speciális közlekedési helyzetekre való biztonságos reakciók „betanítása” rengeteg erőforrást igényel. Ebben a témakörben az Egyesült Államokbeli tech óriás Google folytat előrehaladott, valós közlekedésben történő tesztek és működő szolgáltatásokat. 2022-től San Franciscoban működik egy teljesen automatizált gépjárművekkel működő taxi szolgálat, melynek működése során történtek komolyabb balesetek is. Egy jólműködő önvezető közlekedési ág a kötöttpályás közlekedés, főleg zárt pályán, például metró vonalakon. Könnyen belátható hogy biztonságtechnikai szempontból igen hasznos ha a különböző érzékelő rendszerek szinte valós időben képesek egymással kommunikálni. Erre egy nagyon jó hazai példa a budapesti m4-es metró vonala. Ezen a vonalon a szerelvények előre meghatározott program segítségével közlekednek klasszikus metróvezető jelenléte nélkül. Természetesen itt is szoros adatmonitorozás és felügyelő személyzet munkája mellett zajlik az utasforgalom, de egy esetleges modernizálás során a napjainkban ismert és működő technológiákat számításba véve szinte biztosan állítható hogy a 5G-s rendszerek alkalmazásra kerülnének az információ átvivő hálózatokban, de valószínűsíthetően a szerelvényvezérlését ellátó egységek is alkalmaznák az 5G-t.

Egy számottevő technológiát egyszerre felhasználó régiúj fogalom az okosváros fogalma. Bár a fogalom az elmúlt évtizedekben átalakult célja ugyanaz maradt, a városok minél élhetőbbé változtatása. Az urbanizáció évszázadok óta tartó folyamata arra készíti a városüzemeltető szervezeteket hogy folyamatos fejlesztés alatt tartsák a települések infrastruktúráját. Az emberek különböző információk alapján tervezik meg a közlekedésüket és az idejük beosztását. Senkinek sem kell sokáig magyarázni hogy egy nehezebb hétfő reggelen mekkora segítség ha azonnal tudomást szerez arról hogy nem jön a villamos, de az Y számú autóbusszal ugyanúgy el tud jutni a célállomásra. Ebben a folyamatban is az egyik legfontosabb az idő, melynek hatalmas segítség az 5G ha van mögötte megfelelő infrastruktúra mely képes a hálózat adottságait kihasználni. A technológia kiépülése nagy potenciált hordoz magában az önvezető járművek esetében is, mivel a különböző közlekedési problémák, például egy baleset, áthidalásához is nagy segítség lehet a gyors információ átadás. [12, 13, 14]

Hazai kitekintés

Magyarországon kijelenthető hogy az ötödik generációs hálózatok a világviszonylathoz képest egész széleskörűen elterjedtek. A polgári felhasználást tekintve elmondható, hogy a felhasználók által szélesebb körben látogatott területeken kiépülésre került a technológia. A

lefedettség nagyon jól követi az igényeket, ami természetes hiszen ott ruház be a szolgáltató egy ilyen költséges hálózatra ahol a felhasználók megfelelő igényeket támasztanak rá.



5. ábra: Telekom magyarországi 5G lefedettsége 2024.11.02-én

Forrás: [15]

Ipari szinten egy sokkal nehezebb kérdéssel állunk szemben. Léteznek okosgyárak, számtalan felhasználási terület ahol képesek 5G-t alkalmazni, azonban azoknak a területeknek a száma ahol gazdaságos is egy ilyen hálózatot kiépíteni már csekélyebb. Emellett ezeknek a típusú beruházásoknak az előkészítése akár több évet is igénybe vehet, amely a technológia frissességét ismerve magyarázatot ad arra hogy miért nem terjedt el még hazánkban széleskörűen a technológia. Egy működő, teljesen 5G-s hálózattal operáló ipari létesítmény mégis található Magyarországon. Ez pedig nem más mint az Ukrán és Szlovák határ közelében található fényeslitkei East-West Gate terminál. A létesítményt azzal a céllal hozták létre hogy a Kínából és más keleti országokból érkező árukat az Ázsia egyes részein és Ukrajnában is használt 1520 milliméteres nyomtávú vasúti kocsikról az Európában használt 1435 milliméteres nyomtávú kocsikra rakják át. A létesítményt 2022 októberében nyitották meg, és habár az Orosz – Ukrán háború átírta az üzemeltetési terveket, a terminál napjainkban is üzemel. Bár kezdetben nem sikerült megfelelő partnereket találni, végül egy osztrák cég a Künz lett a daruk beszállítója. A teljesen privát 5G-s hálózatot a Huawei Technologies Hungary hálózati eszközeivel a Vodafone Magyarország építette ki az EWG számára. Az 5G-s hálózatnak köszönhetően készülhetett egy 3D-s digitális modell, melynek segítségével képesek valós időben nyomon követni a terminálon történő eseményeket. A hálózat átlagos késleltetési ideje 8 milliszekundum, 240 – 260 Megabit / szekundumos adatsebesség mellett. A rendszer az 5G

és a mesterséges intelligencia segítségével azonosítja be az objektumokat, illetve a daruk távvezérlési képességének hála a darukezelők szempontjából igen magassá válik az üzemeltetés folyamatossága. [16]



6. ábra: Vasúti szerelvény az East-West Gate Fényeslitkei termináljában

Forrás : [16]

5G SA laboratóriumi mérés megvalósítása

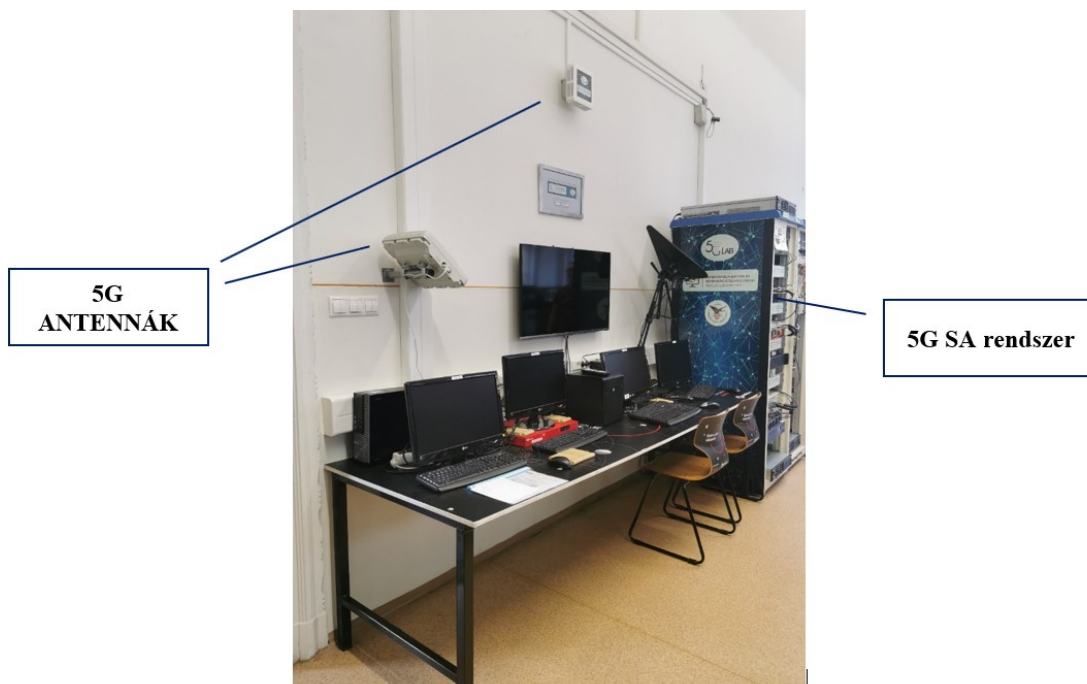
Ahhoz hogy a dolgozat valós körülményeket is figyelembe tudjon venni, a dolgozat elkészítése során egy ötödik generációs hálózaton folytattunk le méréseket, melyhez a Híradástechnika és Infokommunikáció Tanszék 5G laboratóriuma szolgáltatta a helyszínt és az eszközöket. A mérés elvégzésére 2024.10.28-án került sor. Az 5G SA infrastruktúrát az Óbudai Egyetem illetve állami és kereskedelmi vállalatok együttműködésének keretében valósították meg 2022.05.09-én. Ebben a projektben a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat, a Nokia Enterprise Hungary és Vodafone Magyarország vették ki részüket az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Híradástechnika és Infokommunikáció Tanszék munkatársaival karöltve. [8]

Mérési környezet bemutatása

Ahogy arról már korábban szó esett, a mérés az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Híradástechnika és Infokommunikáció Tanszék 5G laboratóriumában történt. A mérés során asztali számítógépek, 5G képes okostelefonok és a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat által az intézet számára biztosított 5G SA komplett hálózat kerültek alkalmazásra.

Mérés felépítése

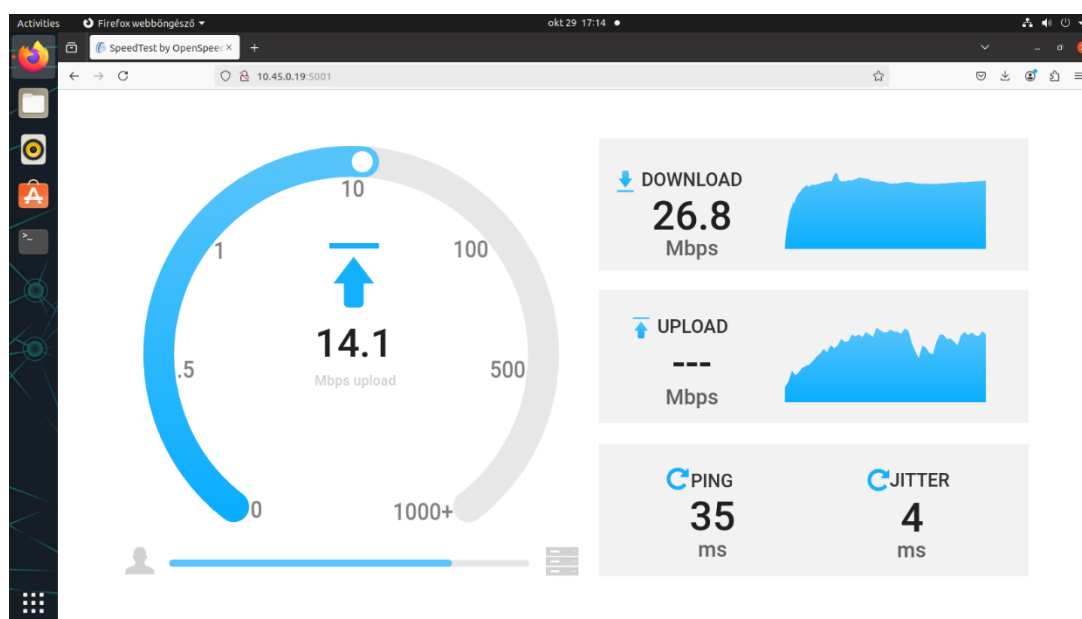
A mérés során Linux operációs rendszerrel működő asztali számítógépek és Android operációs rendszeren futó okostelefonok egymással való kapcsolatának paramétereit vizsgáltam 5G-s belső hálózaton. Emellett még arról is futtattam méréseket, hogy az adott számítógép vagy okostelefon és a világháló között milyen paraméterekkel rendelkezik a külső 5G-s hálózat.



7. ábra: Mérési környezet bemutatása

Forrás: készítette a szerző

A mérés során 2 számítógépet használtam, melyek 5G-s ipari router segítségével csatlakoztak a belső hálózathoz. A belső 5G-s hálózaton való mérések során az „Openspeedtest” nevű, ingyenesen letölthető alkalmazás segítségével mértem meg a hálózat paramétereit, míg a külső világhálón való mérések során a „Speedtest.net by Ookla” nevű szolgáltató oldalát használtam a paraméterek mérésére.



8. ábra : Openspeedtest alkalmazással a belső hálózat paramétereinek mérése közben

Forrás: készítette a szerző

a) belső 5G-s hálózaton való mérés

Az első mérés során a hálózat felépítése a következőképpen épült fel: a szerver feladatait az okostelefon látta el, ehhez csatlakozott a 2 asztali számítógép ipari router segítségével. Ennél a hálózatfelépítési esetről a következő értékeket kaptam:

1-es gép : letöltés: 22 megabit / szekundum

feltöltés: 18,5 megabit / szekundum

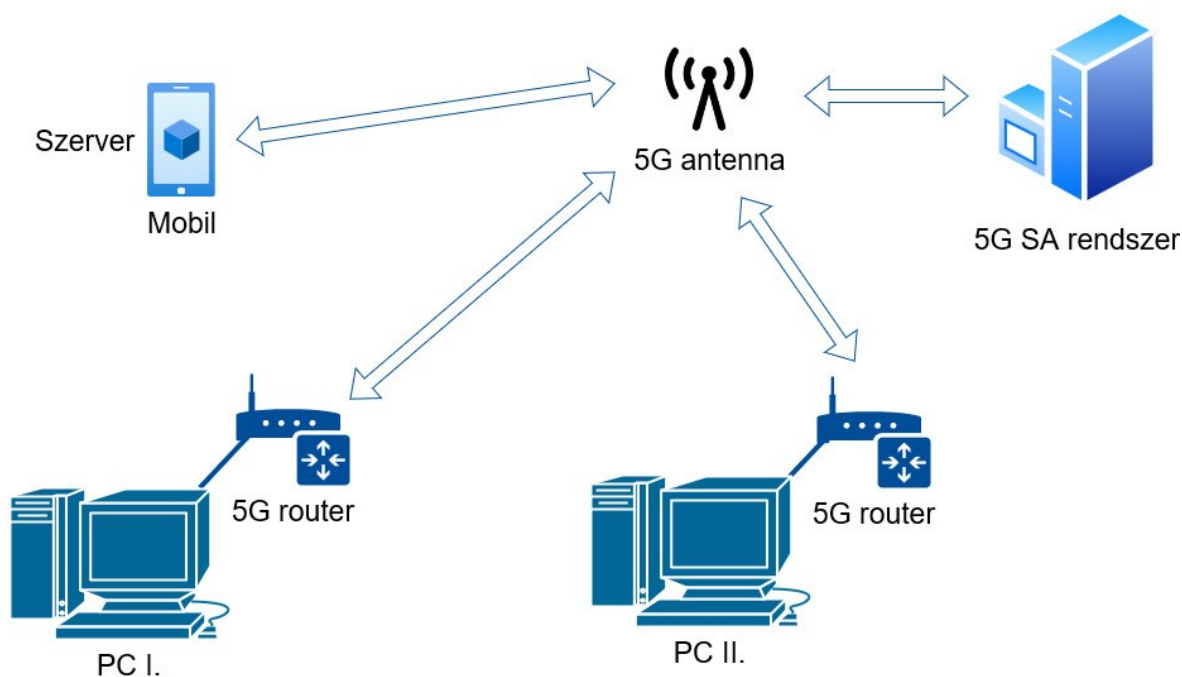
ping : 44 milliszekundum

2-es gép : letöltés : 25,5 megabit / szekundum

feltöltés : 14,3 megabit / szekundum

ping : 42 milliszekundum

A mérési összeállítást a következő ábra mutatja.



9. ábra: Mérési összeállítás belső hálózati mérésekhez I.

Forrás: készítette a szerző

A második mérés során a hálózat felépítése a következő volt: a szerver feladatait az 1-es gép látta el, ehhez csatlakozott 2-es asztali számítógép ipari router segítségével, illetve az okostelefon. Ennél a hálózatfelépítési esetről a következő értékeket kaptuk:

2-es gép : letöltés : 12,9 megabit / szekundum

feltöltés : 15,8 megabit / szekundum

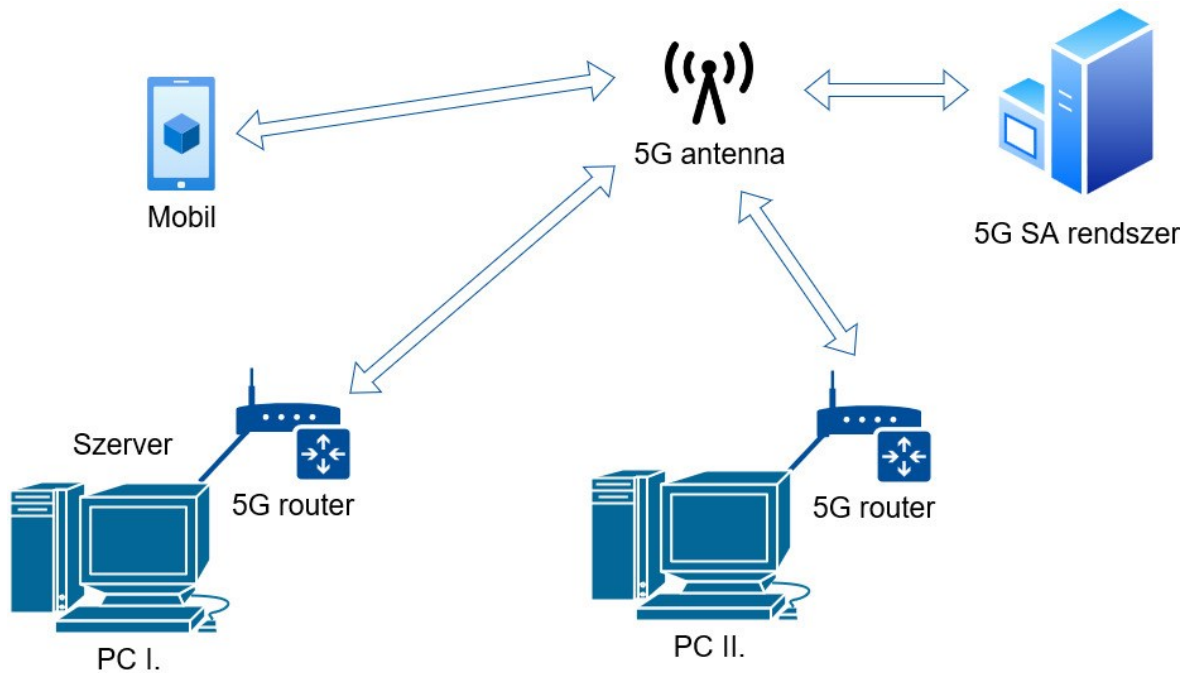
ping : 32 milliszekundum

okostelefon : letöltés : 12,7 megabit / szekundum

feltöltés : 22,9 megabit / szekundum

ping : 34 milliszekundum

A mérési összeállítást a következő ábra mutatja.



10. ábra: Mérési összeállítás belső hálózati mérésekhez II.

Forrás: készítette a szerző

b) külső 5G rendszer paramétereinek a mérése

A külső kapcsolat paramétereinek mérésekor a következő eredményeket kaptam a „Speedtest.net by Ookla” szerver elérésekor.

Okostelefon : letöltés : 395 megabit / szekundum

feltöltés : 25,6 megabit / szekundum

ping : 16 milliszekundum

1-es gép : letöltés : 152 megabit / szekundum

feltöltés : 15,23 megabit / szekundum

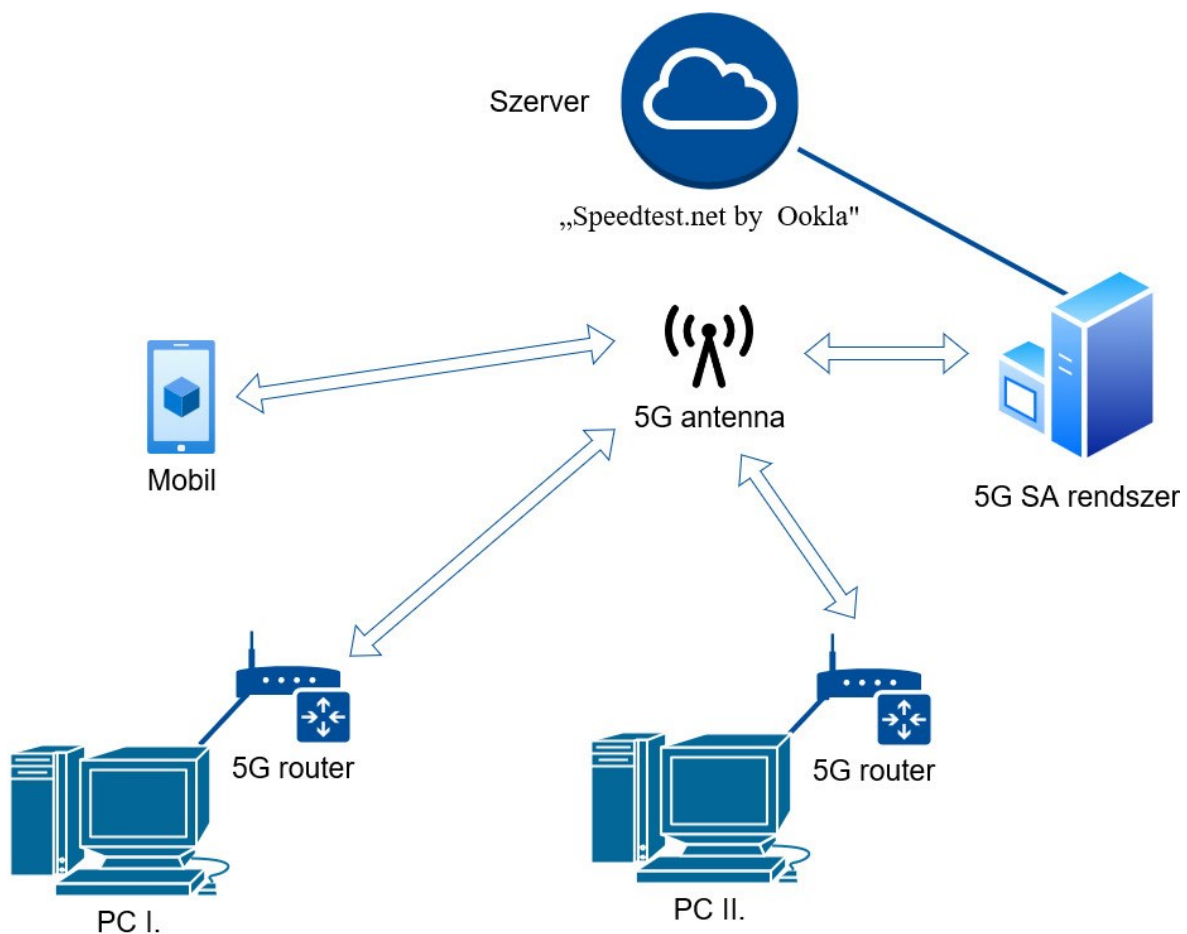
ping : 21 milliszekundum

2-es gép : letöltés : 163 megabit / szekundum

feltöltés : 12,6 megabit / szekundum

ping : 25 milliszekundum

A mérés felépítését a következő ábra szemlélteti.



11. ábra: Mérési összeállítás külső hálózati méréshez

Forrás: készítette a szerző

Mérési eredmények kiértékelése

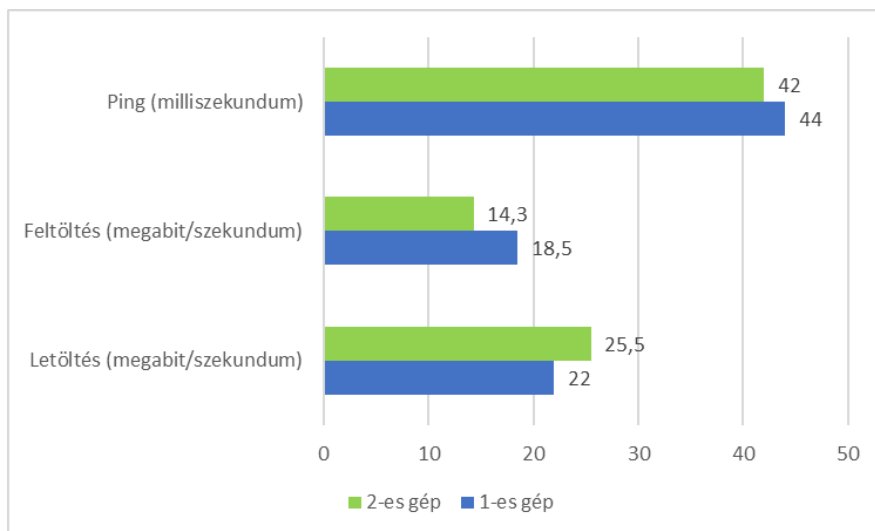
Egy laboratóriumi mérés kiértékelése nem a legegyszerűbb feladat, mivel az ott működő hálózatoknak nem célja a versenykörnyezetben való megfelelő működés. Ennek okán az egyetemi laboratóriumban történt mérést is a maga kategóriájában kell kezelni.

A mérést sikeresnek tekinthetjük abból a szempontból, hogy egy aktívan és üzembiztosan működő 5G – s hálózaton valós mért értékek születtek. Ezek már lehetőséget biztosítanak ahhoz hogy fejlesztő szakemberek kísérletek hajthassanak végre 5G hálózaton. Ha az 5G elméleti szintű technológiai paramétereikhez, amiket fentebb részletez a dolgozat táblázatosan is, viszonyítjuk a mérés során kapott értékeinket, akkor nyilvánvalóan erősen elmaradnak a kapott értékeink a várttól. Ezt azonban hibás lenne valós sikertelenségnek tekinteni hiszen az elméletben létező csúcserőtelések valós környezetben való megvalósítása nagyon komoly

technológiai és anyagi kihívásokat jelentenek, melyek teljesítése nem is kell hogy célja legyen egy ilyen egyetemi, oktatási felhasználásra létrehozott hálózatnak.

A mérési eredmények táblázatos és diagram összesítését a következő táblázatok és ábrák mutatják.

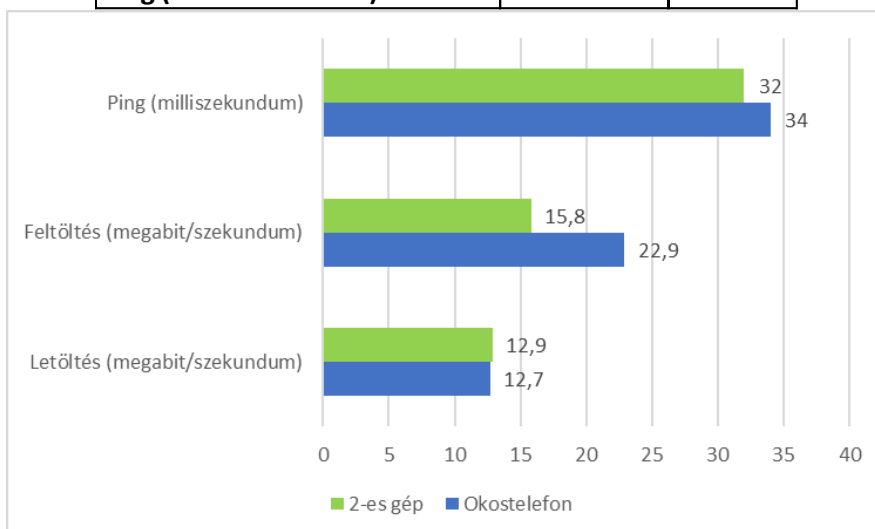
Belső hálózati mérések I.	1-es gép	2-es gép
Letöltés (megabit/szekundum)	22	25,5
Feltöltés (megabit/szekundum)	18,5	14,3
Ping (milliszekundum)	44	42



12. ábra: Mérési eredmények a belső hálózati mérések I. mérés során

Forrás: készítette a szerző

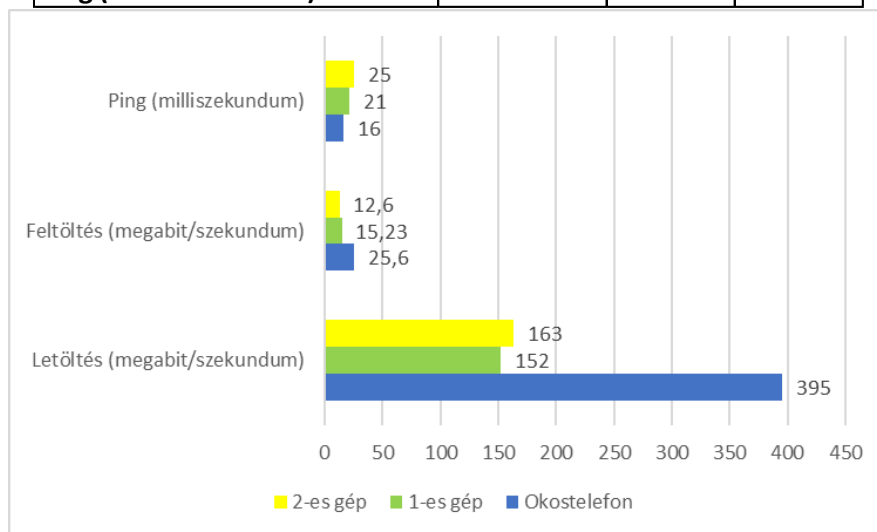
Belső hálózati mérések II.	Okostelefon	2-es gép
Letöltés (megabit/szekundum)	12,7	12,9
Feltöltés (megabit/szekundum)	22,9	15,8
Ping (milliszekundum)	34	32



13. ábra: Mérési eredmények a belső hálózati mérések II. mérés során

Forrás: készítette a szerző

Külső hálózati mérések	Okostelefon	1-es gép	2-es gép
Letöltés (megabit/szekundum)	395	152	163
Feltöltés (megabit/szekundum)	25,6	15,23	12,6
Ping (milliszekundum)	16	21	25



14. ábra: Mérési eredmények a külső hálózati mérések során

Forrás: készítette a szerző

Ha a piaci körülmények között üzemelő 5G – s hálózatokhoz képest tekintünk a kapott mérési adatokra, akkor már egy jobb viszonyítási környezet alakul ki. Természetesen a szolgáltatók között kialakult versenyhelyzet miatt ezek a hálózatok is jóval magasabb paraméterekkel rendelkeznek, de ezek már a gazdasági és technológiai szempontokat figyelembe véve üzemelnek. Itt megállapítható, hogy az egyetemi belső hálózat jóval alacsonyabb paraméterekkel működik, amiért a hálózatot üzemeltető eszközök képességei felelősek, illetve a mérés során használt mérőeszközök is. Ezt mutatja a számítógépek és az okostelefon által mért értékek közötti különbség. Illetve erre egy jó példa, melyet minden okos eszközzel rendelkező felhasználó el tud végezni, az otthon kiépített vezeték nélküli internet mérése azonos program segítségével különböző eszközökön. A mérés során jól tapasztalható ugyanúgy hogy azonos hálózaton a nagyobb teljesítményű eszköz jobb paraméterekkel kommunikál a hálózaton. Kijelenthető tehát hogy a mért értékek nem a várt tartományban szerepelnek, azonban a hálózati paraméterek figyelembe vételével reálisnak tekinthetők.

Továbbfejlesztési lehetőség

Természetesen az iparban és a polgári felhasználású hálózat sokkal komolyabb paraméterekkel üzemelnek annak érdekében hogy gazdaságilag elfogadható paraméterű hálózatok üzemeljenek. Ezeknek a hálózatoknak az egyik legfontosabb kritériumuk a gazdaságosság. Az ezeket üzemeltető vállalatok nemes egyszerűséggel a profitszerzés céljából építetik ki a hálózatokat, ezáltal olyan gazdasági paraméterek mellett kell ezeket kiépíteni hogy az üzemeltetésük gazdaságos legyen. A mérés után kijelenthető, hogy az egyetem 5G-s hálózatát komolyabb képességű eszközök és beszerzésével és üzembehelyezésével lehetne akár az elméleti határokat megközelítő hálózattá fejleszteni.

Az 5G SA hálózatok jövőjét nagyban befolyásolja az ipar fejlődése. Ezért úgy gondolom, hogy hazánkban az újonnan megjelenő modern iparági környezetekben ez a technológia rohamosan elterjed majd.

Összefoglaló

A dolgozat elkészítése során körbejártam korunk legfejlettebb vezeték nélküli mobilhálózatának fejlődési menetét, technikai jellemzőit, különböző variánsait, felhasználási területeit illetve Magyarországon való elterjedtségét. A dolgozat alaptéziséül szolgáló felvetésre, miszerint ezt a technológiát fel lehet-e használni arra hogy a robotok vezetékes hálózat helyett 5G-s rendszeren kapják a konkrét utasításokat, ezen dolgozat keretei között nem találtam meg a konkrét megfejtést. Úgy gondolom azonban hogy a téma komplexitása illetve a tény, hogy a technológia még mindig fejlesztés alatt áll, ad egyfajta választ a kezdeti felvetésre. A dolgozat elkészítése és a téma körül járása során bennem végig az az érzés volt hogy a technológia képességei meghaladják azt a szintet amit a különböző felhasználási területek képesek kihasználni. Természetesen számos kísérlet zajlódhat, és ez valahol inkább kijelentő mód mintsem feltételes, a dolgozat írása vagy olvasása alatt is melyek az átlagfelhasználó számára sosem fognak napvilágot látni azonban a technológia fejlődéséhez nagymértékben hozzájárulnak. A bolygón kialakult verseny az egyes kontinensek fejlesztői között hihetetlen eredményeket lehetnek képesek felmutatni a nem is olyan késői jövőben. Az már most is látható hogy a feltárt technológia hatalmas potenciált hordoz magában. Az olyan újonnan kifejlesztett technológiák, mint az IoT, a virtuális valóság, az intelligens automatizálás és a mesterséges intelligencia összehangolása egy hatalmas technológiai fejlődést indíthat el. Ennek eredményeként a hétköznapijainkba is beköszönhet a negyedik ipari forradalom, amely egy olyan világot formál, ami jelentősen különbözik attól, amit a 20. század végén vagy a 21. század elején született emberek ismerhettek. Ismerve a fentebb írottakat láthatjuk hogy ebben a fejlődési folyamatban az 5G hatalmas szerepet fog játszani, a technológia fejlesztői szintű ismerete pedig elengedhetetlen lesz ahhoz, hogy ne keletkezzen nagymértékű lemaradás a fejlesztésben előljáró országokkal szemben. [18]

Vizsgálataim arra is rávilágítottak, hogy az 5G rendszerek műszaki paramétereit több szempontból érdemes megvizsgálni. Az általam elvégzett mérések eredményei önmagukban nem nyújtanak teljes képet egy ilyen összetett rendszerről. Ahhoz, hogy egy mobilhálózat minden paraméterét alaposan feltárjam és bemutassam, talán még egy MSc dolgozat is kevés lenne. A jövőben célom az egyetemi 5G SA rendszer további paramétereinek részletes vizsgálata.

Források

- [1.] Varga Péter János: Optikai Hálózatok alapismereti, előadás jegyzet, Online, Letöltve: 2024.10.27
- [2.] Esther Shein: A brief history of 5G, Online,
Link: <https://www.techrepublic.com/article/brief-history-5g/>, Letöltve: 2024.10.27
- [3.] Ericsson: Step in to a world of 5G, Online, Link: <https://www.ericsson.com/en/5g>,
Letöltve: 2024.10.28
- [4.] Arrow: 5G frequency bands: 3 primary 5G bands and when to use them , Online, Link: <https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/5g-frequency-bands-explained>,
Letöltve: 2024.10.28
- [5.] IBM: What is 5G?, Online, Link: <https://www.ibm.com/topics/5g>,
Letöltve: 2024.10.28
- [6.] NMHH: Összesen mintegy 128 és fél milliárd forintot fizet a három szolgáltató az 5G-re is használható frekvenciákért az NMHH árverésén, Online: Link: https://nmhh.hu/cikk/211179/Osszesen_mintegy_128_es_fel_milliard_forintot_fizet_a_harom_szolgáltato_az_5Gre_is_hasznalhato_frekvenciakert_az_NMHH_arveresen,
Letöltve: 2024.10.28
- [7.] Molnár József: Mikor lesz végre mindenhol 5G?, Online, Link: <https://www.pcwplus.hu/pcwlite/mikor-lesz-vegre-mindenhol-5g-282241.html>,
Letöltve: 2024.10.28
- [8.] Óbudai Egyetem: 5G-labort avattak a Kandó Karon, Online, Link: <https://uni-obuda.hu/2022/05/09/5g-labort-avattak-a-kando-karon/>, Letöltve: 2024.10.29
- [9.] RugGear: Standalone vs Non-Standalone 5G network, Online, Link: <https://www.ruggear.com/company/worth-knowing/standalone-vs-non-standalone-5g-network.html>, Letöltve: 204.10.31
- [10.] 5G Europe: Overview of 5G developments, Online, Link: <https://5gobservatory.eu/observatory-overview/interactive-5g-scoreboard/>,
Letöltve: 204.10.31
- [11.] Deanna Darah: 5G NSA vs. SA: How do the deployment modes differ?, Online, Link: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/feature/5G-NSA-vs-SA-How-does-each-deployment-mode-differ>, Letöltve: 2024.10.31

- [12.] Manny Pham: The Slow Adoption of Standalone 5G, Online, Link: <https://developingtelecoms.com/telecom-technology/wireless-networks/17298-the-slow-adoption-of-standalone-5g.html>, Letöltve: 2024.10.31
- [13.] Zsaru Magazin: Az önvezető autók jövője, Online, Link: <https://www.police.hu/hu/hirek-es-informaciok/legfrissebb-hireink/zsaru-magazin/az-onvezeto-autok-jovoje>, Letöltve: 2024.10.31
- [14.] Microsoft: Okos városok: A jövő városai, Online, Link: <https://www.microsoft.com/hu-hu/industry/government/resources/smart-cities>, Letöltve: 2024.11.02
- [15.] Telekom: LEFEDETTSÉGI TÉRKÉP, Online, Link: <https://www.telekom.hu/lakossagi/szolgaltatasok/mobil/lefedettseg>, Letöltve: 2024.11.02
- [16.] Rakéta: Így működik Fényeslitkén a keletet és nyugatot összekötő terminál, az East-West Gate, Online, Link: <https://raketa.hu/igy-mukodik-fenyesslitken-a-nyugatot-es-keletet-osszekoto-egyedulallo-kapu-az-east-west-gate>, Letöltve: 2024.11.02
- [17.] Koliner Nóra: Átadták Európa legnagyobb szárazföldi intermodális logisztikai terminálját Fényeslitkén, Online, Link: <https://magyarepitok.hu/kotott-palya/2022/10/atadtak-europa-legnagyobb-szarazfoldi-intermodalis-logisztikai-terminaljat-fenyesslitken>, Letöltve: 2024.11.02
- [18.] Pannon Egyetem : Negyedik Ipari Forradalom, Online, Link: <https://mk.uni-pannon.hu/index.php/home/hirek-hu/138-hirek-felvetelizoknek/2899-ipar-4-0-negyedik-ipari-forradalom>, Letöltve: 2024.11.04