

Óbudai Egyetem

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Trefort Ágoston Mérnökpedagógiai Központ



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**5G MOBIL TECHNOLÓGIA OKTATÁSÁNAK
MÓDSZERTANI LEHETŐSÉGEI**

Szerző: **Baross Márk Tamás**
Mérnökstanár MSc szak, I. évf.

Konzulensek: **Dr. habil. Holik Ildikó**
Egyetemi docens
Dr. Varga Péter János
Egyetemi docens

Budapest, 2023.05.10.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. 5G mobilhálózati technológia.....	4
2.1. 5G rendszer célja	4
2.2. 5G rendszerek típusai	5
2.2.1. 5G Stand Alone rendszer jellemzői	6
2.2.2. A rendelkezésre álló 5G SA rendszer.....	7
2.3. Gyakorlati oktatás megvalósítása	8
3. Mérések során használandó eszközök és programok.....	10
3.1. Spektrumanalizátor	10
3.2. Szoftver vezérelt rádió (SDR)	11
3.3. GNU Radio program	11
3.4. Emby média szerver alkalmazás.....	12
3.5. iPerf alkalmazás.....	12
4. 5G mobil rendszer oktatásba való implementálása gyakorlati mérések segítségével	13
4.1. Mérések megtervezése.....	13
4.1.1. Első mérési feladatsor	13
4.1.2. Második mérés	19
4.2. A mérések követelményei	25
5. Hallgatói visszajelzések.....	26
6. Továbbfejlesztési lehetőségek.....	30
7. Összefoglaló.....	31

1. Bevezetés

Az 5G mobil hálózatok rohamosan fejlődnek és egyre több településen jelennek meg hazánkban és a világ különböző pontjain. Jelen TDK munkámban továbbfejlesztettem az 5G Stand-Alone rendszerhez megtervezett méréseket, úgy, hogy azok alkalmazhatók legyenek egyetemi oktatási környezetben.

A munkám célja, hogy az egyetemi hallgatók megismerjék a napjainkban használt legújabb technológia működését és használhatóságát, hogy olyan gyakorlati kérdésekkel, problémákkal foglalkozzanak, amelyekkel leendő mérnökként találkozhatnak a jövőbeli munkahelyükön.

A mérések egy 5G SA (Stand Alone) rendszerre készülnek, amelynek sajátossága, hogy iparterületek, illetve különálló mobilhálózati infrastruktúrával rendelkező cégek, szolgáltatók preferálják.

A TDK dolgozatom két részből áll. A dolgozat első részében bemutatom az ötödik generációs mobil megoldások alapjait, külön kitérek a laboratóriumban rendelkezésre álló rendszerre. Továbbá betekintést nyújtok a gyakorlati tantermek kialakításáról, a mérésekhez megfelelő elrendezésről és kivitelezési módokról. Az elméleti ismereteket úgy állítom össze, hogy azok illeszkedjenek a későbbi gyakorlati mérésekhez. Azt a filozófiát vallom, hogy az elméleti tudást gyakorlattal lehet megfelelően elmélyíteni.

Munkám második felében ismertetem a mérések során használandó főbb eszközöket és programokat, mint például SDR, Spektrumanalizátor, GNU Radio, Emby és iPerf. Ezek után pedig bemutatom az elkészült mérések feladatait kidolgozva, amelyeket hasonló módon kell majd a hallgatóknak elvégezniük. A mérések ismertetés során általam készített ábrák segítségével mutatom be a megvalósított méréseket, mérési környezeteket.

A dolgozatom végén található egy rövidítésjegyzék, amely segítségével könnyebben elsajátíthatjuk a fejezetekben használt rövidítéseket. A táblázatban ezek angol és magyar nyelven is megtalálhatóak. Emellett pedig a két elkészült minta jegyzőkönyv mellékletként szerepel a dolgozat végén.

2. 5G mobilhálózati technológia

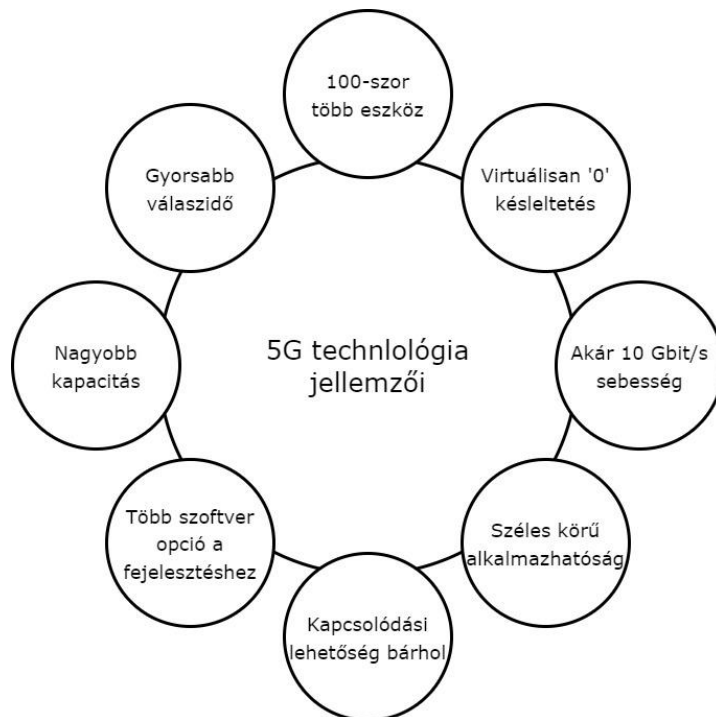
Az új generációs mobilhálózat megvalósítása egy új mérföldkő a kommunikációs technológiák világában rengeteg telekommunikációval foglalkozó cég készített terveket, hogy hogyan is kellene kialakítani az 5. generációs mobilhálózati rendszert. Országunkban a három legnagyobb kommunikációs nagyvállalat közül a Vodafone Zrt. volt az első cég, amely elindította 5G szolgáltatását. A versenytársak is követték a szolgáltatót és mára eljutottunk oda, hogy minden szolgáltatónál elérhető az ötödik generációs hálózatok előnye.

2.1. 5G rendszer célja

A megjelent 5. generációs rendszer számos technikai paramétere fejlődött a 4G-s hálózatokhoz képest. A technikai paraméterek fejlődése jelentősek ugyanis a rendszer alkalmazhatósága és az előfizetői igények megnövekedtek. Illetve fontos jellemző a rendszertechnikában alkalmazott frekvencia sávok és az egyre bővülő igények kielégítése a cella lefedettség szempontjából. Az 1. ábra a legfontosabb technika jellemzőket szemlélteti. (Ali et al., 2018; Erik et al., 2018)

1. ábra 5G Rendszer technológiai jellemzői

Forrás: Saját szerkesztés, <https://tinyurl.com/bde8naac> alapján



A technikai jellemzőket bemutató ábrán részletesen látszódnak az 5G technológia jellemzői. A legfontosabb jellemzők az alábbiak:

- Gyorsabb válaszidő
- Kapcsolódási lehetőség bárhol
- Nagyobb kapacitás
- Akár 10 Gbit/s sebesség

A bemutatott jellemzők tükrében nevezhetjük új generációs rendszernek, mivelhogy a rádiós interface-ek alkalmazásában nagyobb változás történt az előző generációhoz képest.

2.2. 5G rendszerek típusai

Az ötödik generációs mobil hálózati rendszereket két fő típusra tudjuk felosztani. Az első típus az 5G NSA (Non-Stand-Alone) a második típus pedig az 5G SA (Stand-Alone).

Időrendi sorrendben az 5G NSA (nem önálló) típus került kialakításra az üzemeltetők szempontjából. Ennek fő oka, hogy az NSA típusú hálózatok a 4G-s rendszerek infrastruktúráit használják, így innen kapta a nem önálló elnevezést. Ezt a megvalósítási módot a 3GPP dolgozta ki 2017-ben.

Az említett kialakítási mód minden szolgáltatónak megvalósítható volt, mert hazánkban a negyedik generációs mobil hálózatok lefedettsége megközelítőleg 98%-os így egyszerűen csak a meglévő rendszert kellett kibővíteniük az 5G NSA rendszer berendezéseivel. Gazdasági szempontból, így kedvezőbb volt a szolgáltatóknak az új hálózati technológiát implementálni meglévő rendszereikben és még jobb szolgáltatást biztosítani ügyfeleik számára. (Ali et al., 2018; Erik et al., 2018; Xiang, 2021)

A mobil hálózatok egyik legfontosabb paramétere, hogy melyik frekvencia tartományban és mekkora az adott csatornák sávszélessége. Két fő sávot említhetünk, meg amelyek az FR1 és FR2-es néven találhatók meg.

1. táblázat 5G Sávtartományok

Forrás: Saját szerkesztés, <https://tinyurl.com/2p9xd4mj> alapján

Elnevezés	Frekvencia tartomány [MHz]	Támogatott csatorna sávszélességek [MHz]
FR1	410-7125	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 90, 100
FR2	24250-52600	50, 100, 200, 400

Az 1. számú táblázat szemléletesen bemutatja a frekvenciatartományokat és a használható csatorna sávszélességeket. Az 4G és 5G NSA hálózatok az FR1-es tartományban üzemelnek.

2.2.1. 5G Stand Alone rendszer jellemzői

Az 5G SA rendszer megvalósításával teljesen elkülönült a negyedik és ötödik generációs rendszer egymástól. A 3GPP 2019-re kidolgozta az SA rendszerek elvárásait, ezzel egy újabb mérföldkőhöz ért a technológia.

Az új rendszer megjelenését nagyban befolyásolta az elődje, mivel elkezdtek megjelenni a negyedik generációs rendszerek sebességből adódó problémái. A probléma kiküszöbölésére jelentett megoldást az 5G SA rendszer, mivel sokkal nagyobb a kapacitása, mint az elődjének. Felhasználók szempontjából pedig az adatátviteli sebességek jelentenek hatalmas változást.

Ezek a rendszerek már nagyobb anyagi vonzattal rendelkeztek, mint az 5G NSA rendszerek. Ennél a technológiai megvalósításánál már nem beszélhetünk fizikai kapcsolatról a 4G rendszerrel egy bázisállomást tekintve sem. Így megkezdődött a meglévő bázisállomások fejlesztése és az új bázisállomások építése, telepítése.

Frekvencia felosztás szempontjából a nagyobb sávtartományi értékekkel üzemelnek az SA rendszerek. A szakirodalmak és a gyakorlati megvalósítás alapján az FR2-es sávban találhatóak ezek a típusú rendszerek. Az 1. táblázatban tanulmányozhatók az adott rendszerben használható sávtartományok.

A technológia számos ágazatban nyújthat fejlődést, amelyek innovatív új szolgáltatások üzleti modellek megjelenését eredményezi a közeljövőben. (Devaki et al., 2019; Wanshi et al., 2021)

Ezek a területek az alábbiak:

- Közlekedés (V2X kommunikáció)
- Autóipar (kommunikációs megoldások, önvezetés)
- Mezőgazdaság (intelligens gazdálkodás)
- Feldolgozóipar (automatizálási megoldások)
- Egészségügy (távolról végezhető beavatkozások, műtétek)
- Szórakoztatóipar (mobil kommunikáció)

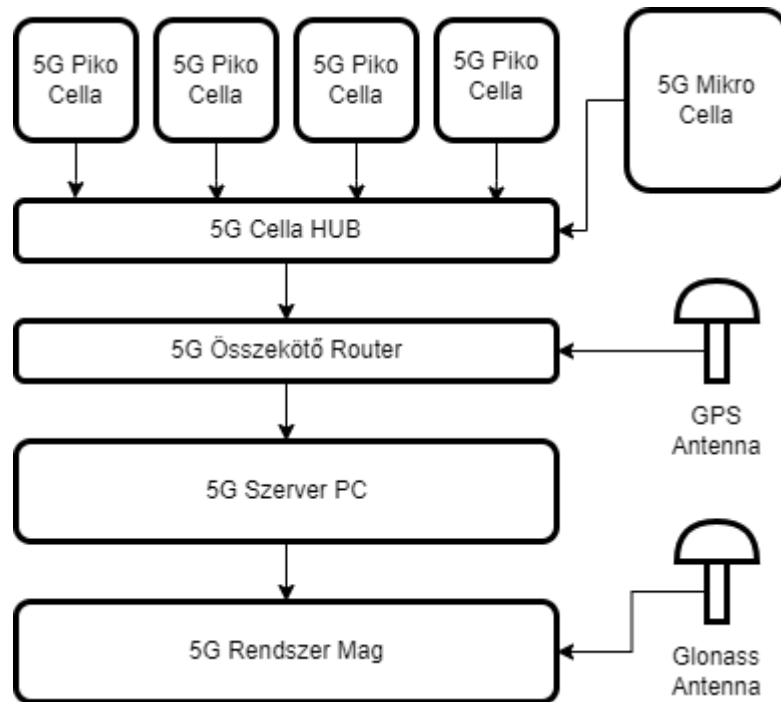
A fentiekben említett ágazati területeken komoly szerepet fog betölteni az 5G SA rendszer és komoly szerepet vállal már most is magára. Egyik talán legjelentősebb példa Magyarországon, pontosabban Zalaegerszegen az okosautók fejlesztéséhez kialakított tesztpálya körzetében kialakított rendszer. (Harri et al., 2019; Tóth, 2019)

2.2.2. A rendelkezésre álló 5G SA rendszer

Az alábbi fejezetben az elkészült mérések alapjául szolgáló 5G Stand-Alone rendszer egységeit mutatom be. Maga a rendszer „önálló”, ebből adódóan nem csatlakozik a negyedik generációs rendszerhez, mint az 5G NSA hálózatok. Az 5G SA rendszer egységei a 2. ábrán láthatóak.

2. ábra 5G SA (Stand Alone) rendszer felépítése

Forrás: Saját szerkesztés



A rendszer kialakítása a következő elemekből épül fel. A fő alkotó elemek az 5G rendszer mag, amely maga a rádiós egység és az ezt vezérlő 5G szerver PC. A kapcsolódási módot az 5G összekötő router, illetve a cella HUB biztosítja.

A kommunikációs rendszerekben nagyon fontos a szinkronizáció kérdése. Az aktuálisan tárgyalt rendszerben két műhold vevő biztosítja ezt egy GPS és egy Glonass típusú. Viszont még egy szinkronizációs lehetőség megvalósítható a rendszeren, ami LAN-on (helyi hálózat) keresztül. A rendszerhez kapcsolódik 4db piko cella és 1db mikro cella, amelyek 2 külön mobil cellát valósítanak meg.

A hálózathoz rendelkezésre áll még továbbá 4db mobil készülék, illetve 2 db forgalomirányító (router).

Az ismertett rendszer biztosítja az alapját az elkészített méréseknek. Amelyen keresztül a legmodernebb mobilhálózati rendszeren tudunk méréseket végezni. (Devaki et al., 2019; Harri et al., 2019; Wanshi et al., 2021)

2.3. Gyakorlati oktatás megvalósítása

Az alábbi fejezetben bemutatom azokat a fő aspektusokat, amelyek segítségével megvalósulhat az egyetemi gyakorlati oktatási forma.

A gyakorlati tantermeknek és szaktantermeknek optimálisan biztosítani kell a feltételeket az oktatáshoz. Legfőbb célja, hogy az adott tantárgyhoz, tantárgycsoporthoz továbbá tudományterülethez tartozó legyen. A gyakorlati ismeretek átadásához, megvalósítandó mérések elvégzéséhez elengedhetetlen az ilyen laboratóriumok megléte.

Kulcsfontosságú a diákokkal megértetni, hogy a gyakorlati termekben végzett munkájuk alatt be kell tartani a munkavédelmi, biztonságtechnikai és tűzvédelmi szabályokban leírtakat. Az általam elkészített mérések egy 15-20 perces oktatással kezdődnek. A szabályrendszer ismertetése után és egy nyilatkozat aláírásával elfogadják a megbeszélt szabályokat a diákok.

A gyakorlati termék kialakításának kellően jól felszereltnek kell lenniük. Ilyen elektronikus berendezési tárgyak például az okos tábla, projektor, laptopok (számítógépek), televízió stb.

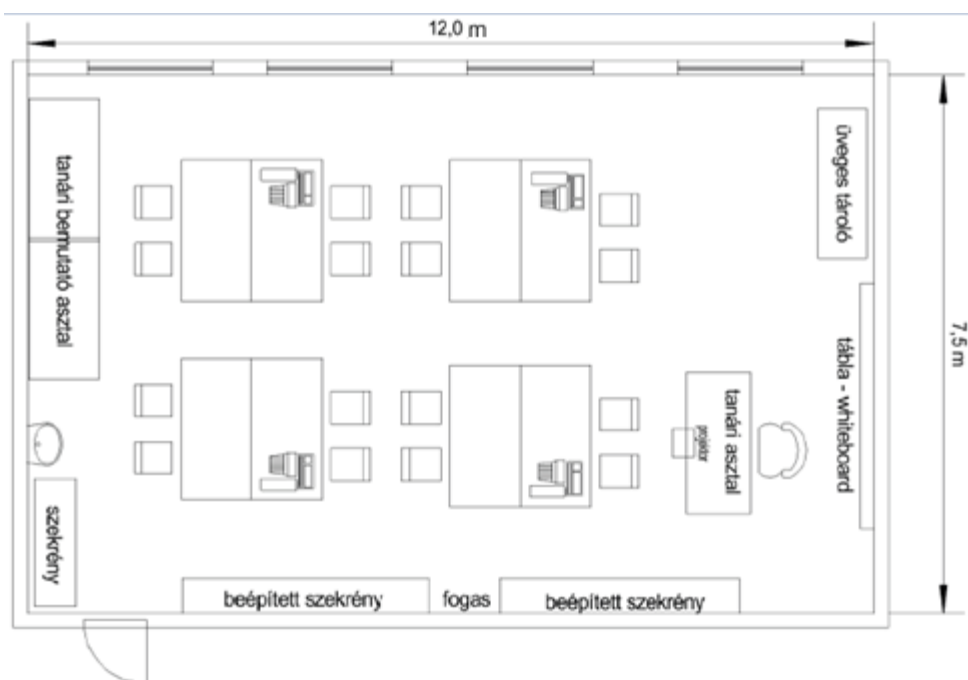
A gyakorlati termék kialakítása során számos elrendezési forma közül választhatunk. Ilyen kialakítási formák lehetnek például:

- Frontális elrendezés
- Sziget elrendezés
- Csoportos elrendezés

Az aktuálisan tárgyalt laboratóriumi méréshez a csoportos elrendezési forma mellett döntöttem. A csoportos elrendezési formában az asztalok egymástól függetlenül találhatóak vagy folytonos asztalsorok kerülnek kialakításra. Ezáltal a hallgatók rögtön különálló csoportokat hozhatnak létre. A csoportos elrendezési forma látható a 3. ábrán.

3. ábra Csoportos elrendezési forma a laboratóriumban

Forrás: Saját szerkesztés



A csoportos elrendezési forma további előnye, hogy a hallgatók saját feladatukra tudnak fókuszálni és a munkájuk során használt eszközöket megfelelően el tudják helyezni munkaterületükön. Ezen felül kiválóan alkalmazható a forgószínpad elve, amely szerint az előre kialakított mérések között a hallgatók a megbeszélt sorrendben tudnak tovább haladni a következő mérésre.

A fentiek tükrében az ismertetett formák jól irányítható gyakorlati foglalkozás sorozatot tudnak eredményezni. (Kata, 2014; Lükő & Molnár, 2015; Simonics & Makó, 2016)

3. Mérések során használandó eszközök és programok

Az alábbi fejezetben bemutatom a mérések során használandó eszközöket és programokat. A mérések során a legfontosabb műszer a spektrumanalizátor, amivel mindkét mérés során találkozhatnak a hallgatók. Továbbá a zavarvizsgálat terén pedig a hallgatónak meg kell ismernie az SDR-t (szoftver vezérelt rádió). Használandó programok terén pedig hármat emelnék ki, amelyeknek ismerete fontos, mint például a GNU Radio, Emby és az iPerf. A GNU Radio program a zavarvizsgálati mérések során kerül majd használatra, mivel a programon keresztül lehet majd konfigurálni a zavar jelenséget. Az Emby egy médiaszerver alkalmazás, amellyel a rendszer tesztelhetősége szimulálható. Az iPerf pedig egy hálózati terhelhetőséget tesztelő program.

3.1. Spektrumanalizátor

A spektrumanalizátorok a frekvencia tartományban képesek a jeleket megjeleníteni, ami oszcillátorok, modulátorok, demodulátorok, mobil hálózatok frekvencia tartományban történő méréseire és műholdrendszerek frekvencia tartományi méréseiben alkalmazható. Az elkészült mérések során az utolsó két alkalmazási szegmensben kell majd a mérő személyeknek megismerniük és használniuk a spektrumanalizátort. Fontos megemlíteni, hogy számos más területen is alkalmazható a spektrumanalizátor. (Szűcs, 2008)

A mérések során egy Anritsu MS2090A típusú spektrum és jelanalizátor segítségével kell a méréseket elvégezni. Az eszköz alkalmazható 5G NR hálózatok vizsgálatánál és emellett igen széles frekvencia tartományban, amely 9 kHz-től 9 GHz-ig képes vizsgálni a frekvencia tartományt. A 4. ábrán látható a fentiekben említett spektrum és jelanalizátor berendezés.

4. ábra Anritsu MS2090A spektrum és jelanalizátor
Forrás: <https://tinyurl.com/2zdkhuhb>



3.2. Szoftver vezérelt rádió (SDR)

Az SDR (Software Defined Radio) magyar megfelelője a szoftverrádió. Olyan rendszereket foglal magában, ahol rádiófrekvenciás hardverekkel jelfeldolgozási műveleteket hajtunk végre. Számos SDR eszköz megtalálható az interneten pendrive vagy akár kisebb dobozos kivitelben is. A mérések során az Ettus USRP B210-es eszközt

5. ábra Ettus USRP B210

Forrás: <https://tinyurl.com/rk7mf7c3>



fogjuk használni, ami egy két csatornás adó-vevővel van ellátva. Az eszköz frekvencia lefedettsége 70 MHz-től 6 GHz-ig terjed. Kifejezetten kutatási területekre tervezték. A fő előnye, hogy kompakt egyszerű az összeköttetése laptoptal vagy számítógéppel, illetve antennákkal. A mérések során a GNU Radio programot fogjuk használni, amelyen keresztül vezérelni, tudjuk az eszközünket. Az 5. ábrán látható az SDR berendezés. (Tóth, 2018)

3.3. GNU Radio program

A GNU Radio nevű program mindenki számára ingyenes és használhatósága új tereket nyit meg a szoftver vezérelt rádiók világában. A 6. ábrán látható a GNU Radio alkalmazás logója. Fontos megemlíteni, hogy nem karakteres írott programozást kell végrehajtanunk egyes feladatok elvégzéshez, hanem blokkokból tudjuk elkészíteni az általunk tervezett környezetet. Az egyes blokkok között egyszerűen tudunk összeköttetést és készíteni és beállítani az általunk kiszámolt és meghatározott követelményeket (értékeket). Ebből kiindulva bármikor

6. ábra GNU Radio Logo

Forrás: <https://tinyurl.com/467kdp3f>



állítható bármelyik paraméter természetesen ameddig a fizikai eszközünk hardveres specifikációja engedi azt. A mérések során a hallgatóknak nem kell önállóan elkészíteni a méréshez használt blokkokat és azok összeköttetéseit, csak paramétereket kell átírniuk a megfelelő helyeken. A mérések ismertetésénél részletesen kitérek az egyes beállításokra. (Yu et al., 2013)

3.4. Emby média szerver alkalmazás

Az Emby nevű alkalmazás egy mindenki számára elérhető ingyenes médiaszerver. A célja az, hogy hang és videóanyagokat tudjunk lejátszani különböző eszközökről, amelyek egy központi médiaszerver alkalmazáshoz csatlakoznak. Természetesen számos kiegészítő szolgáltatás elérhető az alkalmazáson belül, amelyekért fizetni kell, de az alap ingyenes verzió is megfelelően használható a mérési környezetben. Az Emby szerveret bármilyen operációs rendszerre tudjuk telepíteni. A mi esetünkben Linux operációs rendszerre került a telepítés. A felhasználók (kliensek) használhatják okos eszközükön a letöltött alkalmazást, illetve, ha nem szeretnék az alkalmazást letölteni, akkor számukra elérhető bármilyen böngészőből a megfelelő IP cím beírása után. A mérések során egy videóanyagot kell elérniük a hallgatóknak a szerverről, amely az 5G SA rendszeren keresztül csatlakozik a médiaszerverhez. A 7. ábrán látható az Emby médiaszerver alkalmazás logója.

7. ábra Emby ábra

Forrás: <https://tinyurl.com/42h4xm2n>



3.5. iPerf alkalmazás

Az iPerf egy olyan szolgáltatás, amely a hálózat tesztelésére alkalmas, úgy, hogy különböző formátumú adatokat generál és azokat küldi a szerver és a kliens eszköz között. A használata során TCP és UDP átvitel is tesztelhető. Az iPerf szolgáltatást Linux operációs rendszer környezetben futtatjuk a mérések alatt. Fontos megemlíteni, hogy a vizsgálathoz szükségünk van egy szerver és egy kliens eszközre, amelyek jelen esetben két számítógép. A fő különbség az iPerf indításánál található mivel más parancsot kell kiadni szerver és kliens módban az indításnál ezt a mérések ismertetésénél részletesen bemutatom. A 8. ábrán látható az iPerf alkalmazás logója.

8. ábra Iperf ábra

Forrás: <https://tinyurl.com/2rnafw5>



4. 5G mobil rendszer oktatásba való implementálása gyakorlati mérések segítségével

Az alapvető elképzelés, hogy az ötödik generációs Stand Alone rendszert bevonjam az egyetemi felsőoktatásba abból a célból, hogy a leendő szakemberek minél széleskörűbb ismereteket szerezzenek. Ez számomra nagyon fontos, mivel ez egy olyan úttörő technológia, amely megalapozza a jövőnket. Leendő pedagógusként az új ismeretek átadását nagyon fontosnak tartom. Továbbá céloknak tartom az oktatási anyagok minőségének növelését.

A rendszer implementálása során számos program, mérőműszer kerül felhasználásra, amelyek az iparban is elérhetők. Ilyen program és eszköz például az Iperf, GNU Radio, illetve spektrumanalizátor, SDR (szoftver vezérelt rádió). Ezeket a programokat és eszközöket az előző fejezetben mutattam be.

Ebben a fejezetben az általam elkészített két mérési jegyzőkönyvben található feladatok kerülnek kidolgozásra egy-egy példával és gyakorlati magyarázattal. A két mérési jegyzőkönyv a dolgozat végén mellékletként megtalálható, amelyekben az elvégzett mérési feladatok és azok értékelései olvashatók részletesebben.

4.1. Mérések megtervezése

Az 5G Stand Alone rendszerhez két mérést terveztem, amelyek elvégzése során a mérő személy megismeri a rendszert és magát a mérési környezetet, illetve a valósághoz hasonló problémát valósít meg, amelyet kontrollált környezetben fog tudni vizsgálni, elemezni. (Tóth, 2019)

4.1.1. Első mérési feladatsor

A mérés fő témája az 5G Stand Alone rendszer általános vizsgálata, valamint a rendszer felépítésének és kialakításának megismerése. A gyakorlat folyamán számos eszközt kell használni a mérő személynek, mint például spektrumanalizátor, számítógépek, mobiltelefon készülékek és számos program, amely segíti a mérést végző munkáját. A feladatok összetettek, de biztos alapot nyújtanak a második mérési feladatsor kivitelezéséhez.

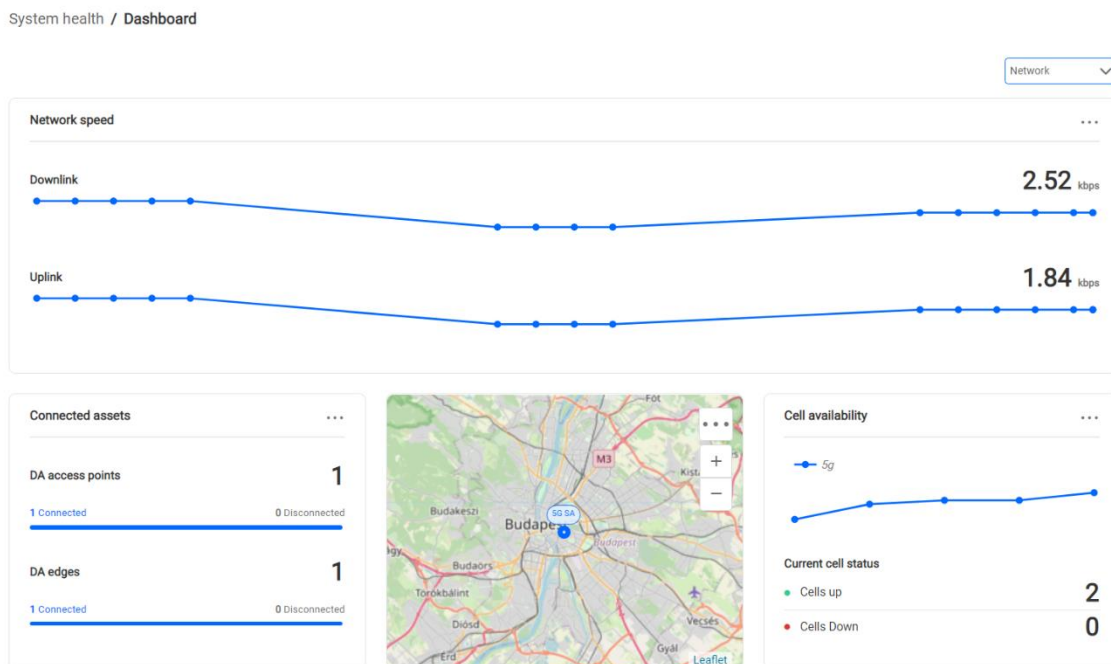
Megoldandó feladatok:

- Alapvető paraméterek meghatározása.
- A rendszer működési vizsgálata média szerver segítségével.
- A rendszer hálózati sebességének tesztelése speciális szoftverrel.
- A rendszer rádiófrekvenciás vizsgálata spektrumanalizátorral.

Az első pontban a hallgatónak a rendelkezésre álló rendszer adminisztrációs felületén található paramétereket kell meghatározni. Az adminisztrációs felület látható a 9. ábrán. Ilyen paraméter az Uplink és Downlink (feltöltési és letöltés) sebesség meghatározása, a rádiófrekvencia meghatározása mely frekvencián és milyen sáv szélességgel rendelkezik a hálózat. Továbbá meghatározásra kerülnek a rendszer cella információi és aktivitása és a rendszer pozíciója egy térképes felület segítségével.

9. ábra 5G SA rendszer adminisztrációs felülete

Forrás: Saját szerkesztés

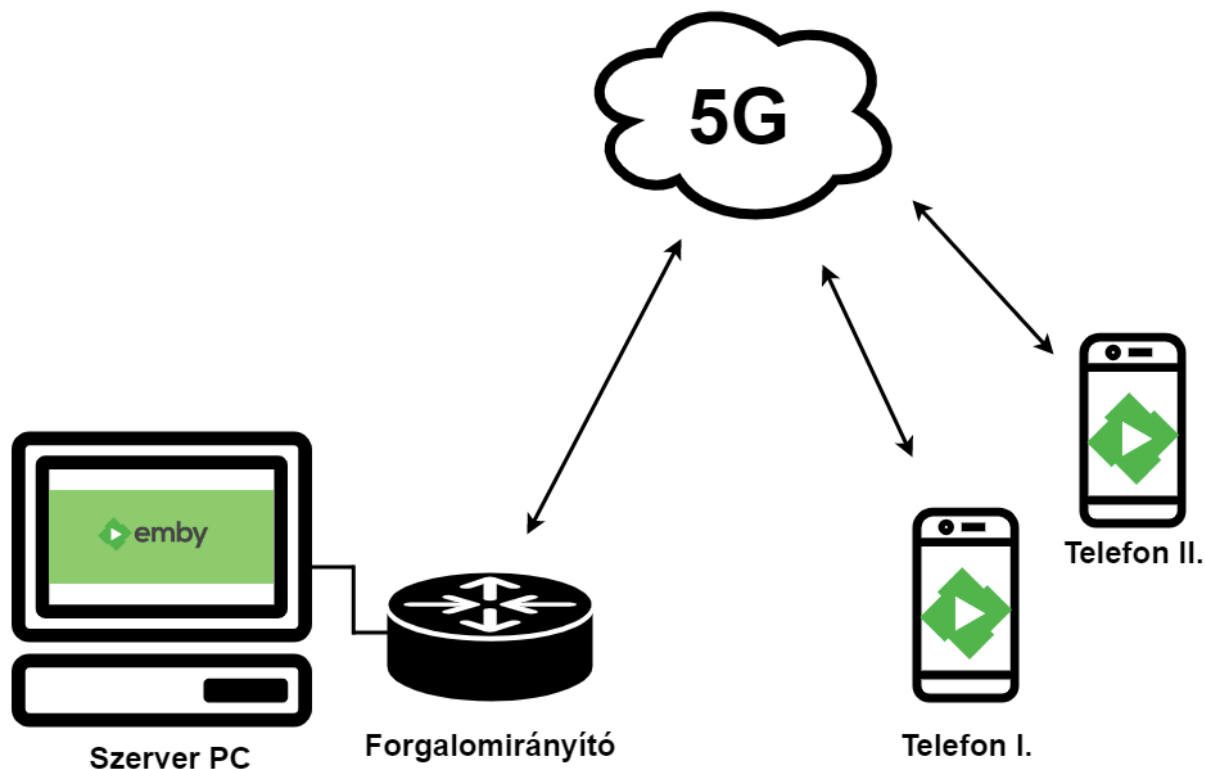


A hallgató miután tanulmányozta és értékelte az adminisztrációs felületet, megvizsgálja az 5G rendszerhez illesztett SIM kártyával ellátott mobiltelefon cella információit. Ezek után pedig, hogy meghatározza a rendszer működési frekvencia tartományát, a rendszer egyik forgalomirányítójának rádiós beállításait kell előhívnia, amely segítségével további fontos paramétereket ismerhet meg, amelyeket a további feladatokban is kell majd használnia.

A második pontban ismertetett feladat pontosabb megértése érdekében a 3. ábrán szemléltettem a mérési összeállítást az 5G rendszerhez. Kialakításra került egy Emby nevű médiaszerver, amely segítségével tesztelhető a hálózat, illetve az Uplink és Downlink sebességek is.

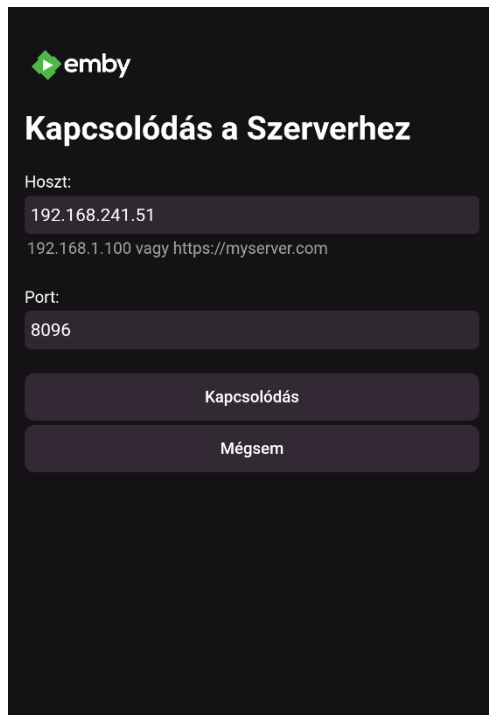
10. ábra Média szerveres megvalósítás

Forrás: Saját szerkesztés



A 10. ábrán látható egy szerver PC, amelyen megtalálható az Emby médiaszerver. A PC-t csatlakoztattam egy 5G képes forgalomirányítóhoz, amelyben egy SIM kártya található és így képes csatlakozást biztosítani az ötödik generációs hálózathoz. Erre a hálózatra csatlakoznak a mobiltelefonok, amelyekben, mint a forgalomirányítóban, SIM kártyák találhatók. A hallgató a rendszer kapcsolatainak megismerése után mind a két mobil készülék segítségével csatlakozik az Emby médiaszerverhez. A csatlakozás első lépése hogy meghatározza a forgalomirányító IPv4-es címét majd megnyitja a telefonokon az Emby alkalmazást és rá kattint a „Kapcsolódás a Szerverhez” opcióra. Beírja a forgalomirányítóból kinyert IPv4-es címet és megadja a 8096-os Port-ot (a port alapértelmezetten kitöltésre kerül). Ha sikerült kitölteni a mezőket, rákattint a kapcsolódás gombra. A következő lapon rákattint a „Manuális belépés csempére” és azonnal megjelenik a bejelentkezési felület. Itt egyszerűen megadja a felhasználónév jelszó párost, amely megtalálható a mérési útmutatóban és a bejelentkezés gombra kattintva el is éri a hallgató a médiaszerveren található videóanyagot. Ezt a folyamatot a 11. ábra sorozat mutatja be.

11. ábraszorozat Emby médiaszerver belépési folyamat
Forrás: Saját szerkesztés



emby

Kapcsolódás a Szerverhez

Hoszt:

192.168.241.51

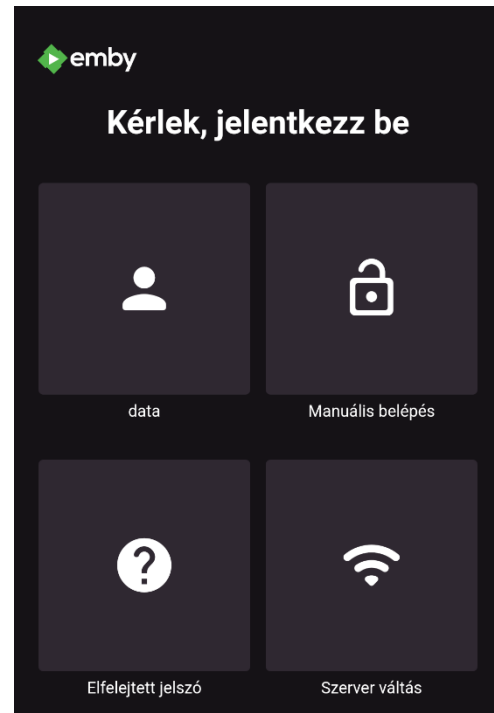
192.168.1.100 vagy https://myserver.com

Port:

8096

Kapcsolódás

Mégsem



emby

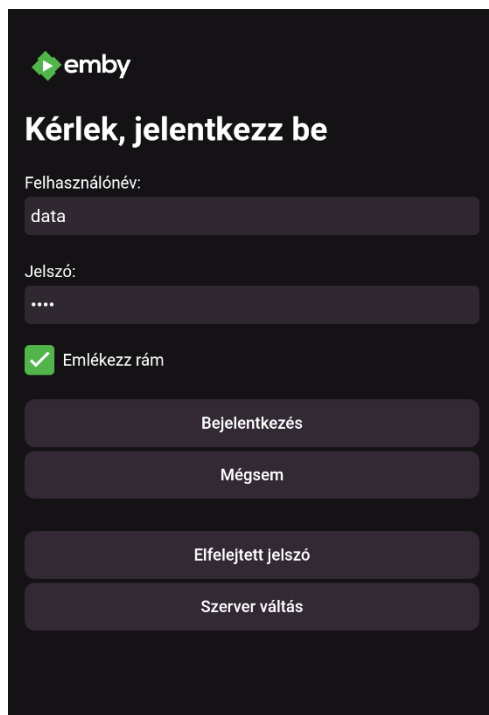
Kérlek, jelentkezz be

data

Manuális belépés

Elfelejtett jelszó

Szerver váltás



emby

Kérlek, jelentkezz be

Felhasználónév:

data

Jelszó:

....

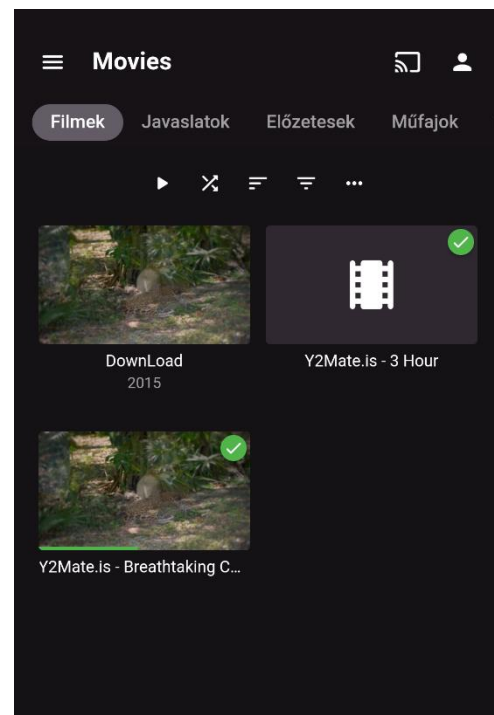
☒ Emlékezz rám

Bejelentkezés

Mégsem

Elfelejtett jelszó

Szerver váltás



≡ Movies

Filmek Javaslatok Előzetesek Műfajok

▶ ✕ ≡ ≡ ...

Download 2015

Y2Mate.Is - 3 Hour

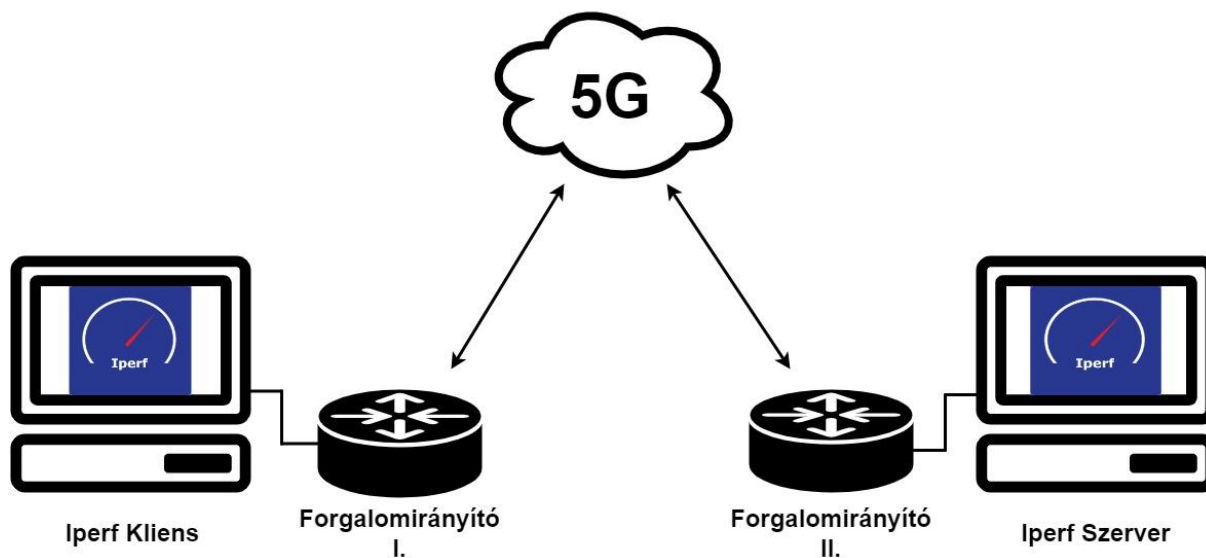
Y2Mate.Is - Breathtaking C...

A videóanyag elindítása, illetve letöltése után a hallgatónak várnia kell, amíg az adminisztrációs felületen megjelenik a változás az Uplink és Downlink értékekben és rögzíti az eredményeit a jegyzőkönyvbe.

A harmadik pontban ismertetett feladathoz - az előző ponthoz hasonlóan - elkészítettem a mérési összeállítást. Ez látható a 12. ábrán. Az összeállított hálózat előtt a hallgatónak el kell végezni a kliens PC és a szerver PC között egy-egy ping vizsgálatot, hogy a két eszköz képes-e kommunikálni egymással. A hallgatónak egyszerűen a terminál felületen kell kiadni a megfelelő ping parancsot. Ha ez sikeresen megtörtént, akkor továbbhaladhat a 11. ábra szerinti mérésre.

12. ábra Iperf-es hálózat terhelés

Forrás: Saját szerkesztés



A 12. ábrán látható egy kliens és egy szerver PC, amelyekre telepítésre került az Iperf nevű szoftver. A szoftver segítségével a hallgató meg tudja vizsgálni a hálózat terhelhetőségét.

A két PC összeköttetésre került a hozzá tartozó forgalomirányítóval, amelyek SIM kártyával rendelkeznek, és általuk kapcsolatot tud megvalósítani az 5G rendszerrel. A program dokumentációja segítségével megvalósítható egy hosszabb időtartományi vizsgálat, amelyben adatátvitelt végez a kliens és szerver PC között. A folyamat kivitelezéséhez két parancsot kell a hallgatónak kiadnia: az egyiket a szerver PC-n a másikat a kliens PC-n.

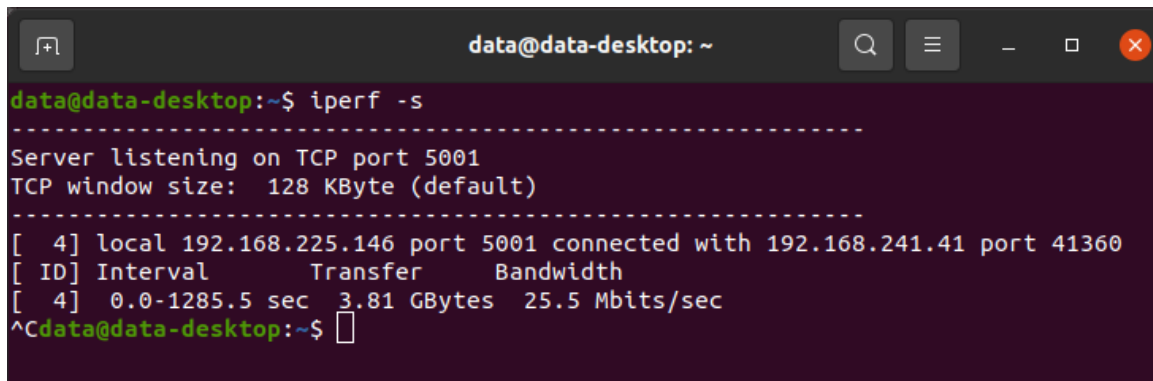
A parancsok az alábbiak:

- Szerver PC: `iperf -s`
- Kliens PC: `iperf -c [IPv4 cél IP cím] -t 50000`

A két parancs kiadása után a parancssori felületen megkaphatók az információk a hálózat adatátviteli paramétereiről. Ezt a folyamatot a 13. és 14. ábra mutatja be. (Nagy & Szalay, 2021; Tóth, 2019)

13. ábra Iperf szerver oldali parancssor

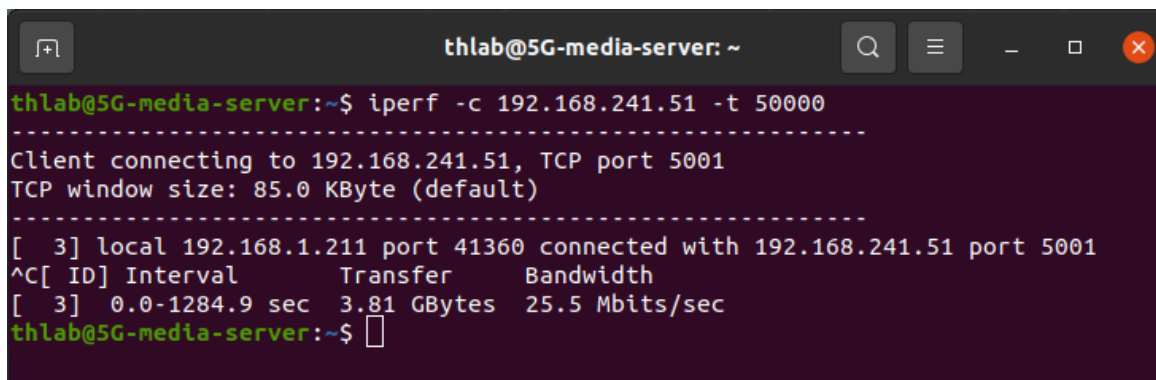
Forrás: Saját szerkesztés



```
data@data-desktop: ~  
data@data-desktop:~$ iperf -s  
-----  
Server listening on TCP port 5001  
TCP window size: 128 KByte (default)  
-----  
[  4] local 192.168.225.146 port 5001 connected with 192.168.241.41 port 41360  
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth  
[  4] 0.0-1285.5 sec  3.81 GBytes 25.5 Mbits/sec  
^Cdata@data-desktop:~$
```

14. ábra Iperf kliens oldali parancssor

Forrás: Saját szerkesztés

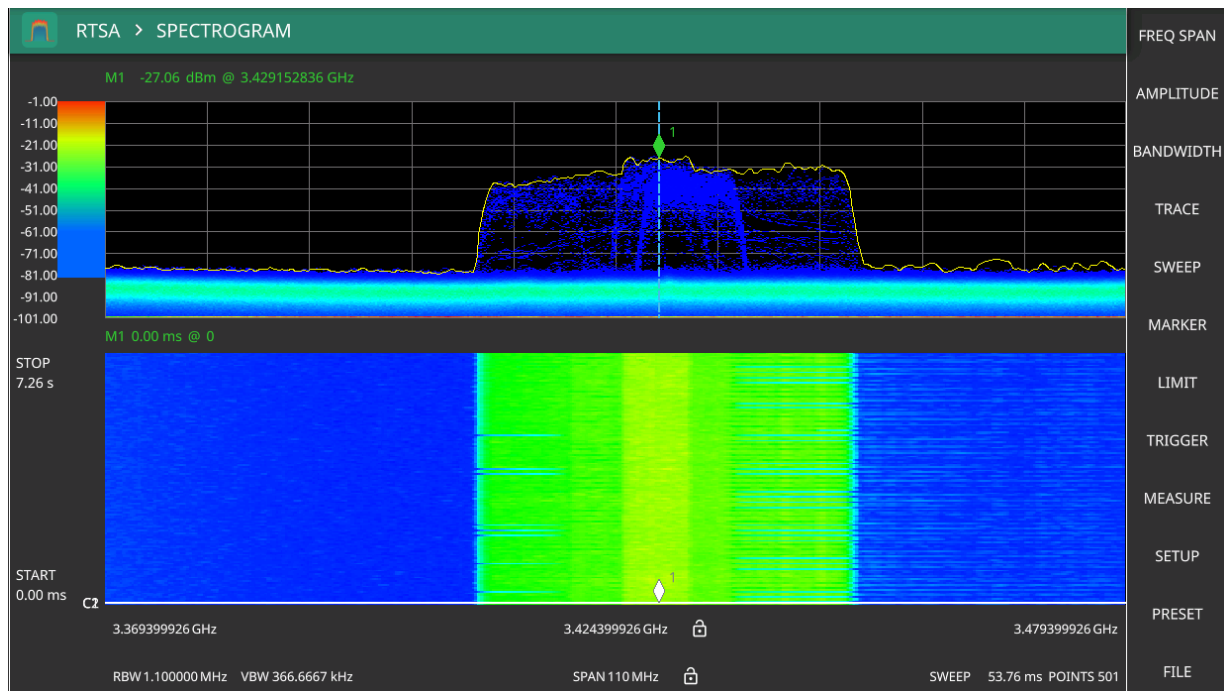


```
thlab@5G-media-server: ~  
thlab@5G-media-server:~$ iperf -c 192.168.241.51 -t 50000  
-----  
Client connecting to 192.168.241.51, TCP port 5001  
TCP window size: 85.0 KByte (default)  
-----  
[  3] local 192.168.1.211 port 41360 connected with 192.168.241.51 port 5001  
^C[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth  
[  3] 0.0-1284.9 sec  3.81 GBytes 25.5 Mbits/sec  
thlab@5G-media-server:~$
```

A kapott eredményekből jól látható a szerver és kliens között átküldött adatmennyiség és a sávszélesség. A tesztelés elindítása után a hallgatónak várnia kell, amíg az adminisztrációs felületen megjelenik a változás az Uplink és Downlink értékekben, és rögzíti az eredményeit a jegyzőkönyvbe.

A negyedik pontban a hallgató a már meghatározott rádiófrekvenciás paraméterek ismeretében beállítja a spektrumanalizátort, úgy, hogy ki értékelhető legyen a rendszer működési tartománya. A feladat kivitelezéséhez az Anritsu MS2090A spektrumanalizátort kell használni, amely már korábban bemutatásra került a dolgozatban. A hallgató az eszköz bekapcsolás után beállítja a center frekvenciát, ami 3429,120 MHz, és a megfelelő sávszélességet, ami 40 MHz. Amint a paraméterek beállításra kerültek, az eszköz kijelzőjén megjelenik a spektrumkép. A 15. ábrán látható a kapott eredmény.

13. ábra 5G Stand-Alone rendszer spektrum képe
Forrás: Saját szerkesztés



4.1.2. Második mérés

A második mérés fő témája az 5G SA rendszer szolgáltatás kiesésének vizsgálata. A gyakorlat folyamán a mérő személynek SDR (szoftver vezérelt rádió) berendezéseket kell használnia, amelyek konfigurálásához egy speciális program áll rendelkezésre. A mérés során alkalmaznia kell az első mérésben már használt spektrumanalizátort, illetve SIM kártyákkal ellátott mobil készülékeket. (Varga Peter et al., 2022; Wühl et al., 2022)

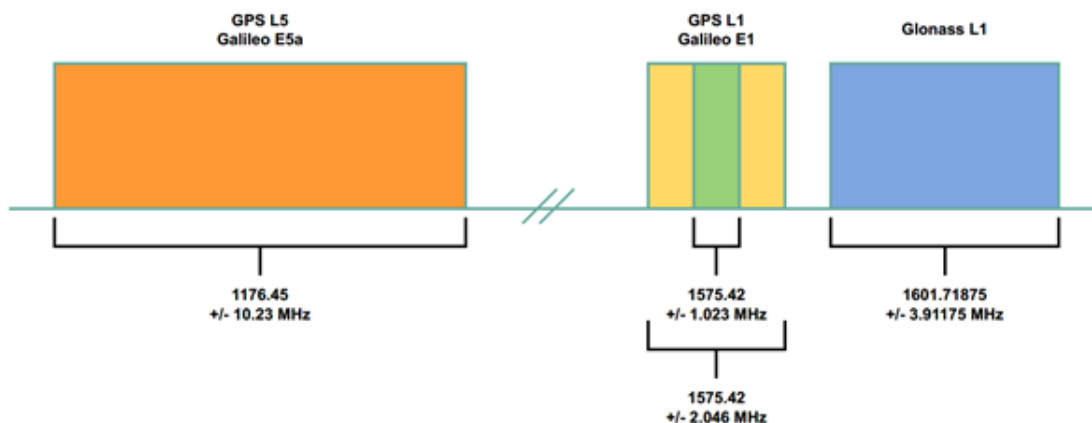
Megoldandó feladatok:

- A szolgáltatás kiesés vizsgálatának alap frekvenciasávi paramétereink meghatározása.
- A mérés helyén található műholdak meghatározása.
- Az SDR eszköz minta programjának értelmezése, mérési összeállítás értelmezése.
- A meghatározott frekvenciasávok paramétereinek felhasználása az SDR Fileok elkészítéséhez.
- Az elkészült file-ok tesztelése a rendszeren és a rendszer szolgáltatásának kiesésének előidézése.

Az első pontban a hallgatóknak rendelkezésére áll a 1. ábrán látható diagram. A diagram bemutat három helymeghatározó műhold típust és sáv tartományi elhelyezkedésüket. A diagramon pontosan megállapíthatók az 5G SA rendszer szempontjából fontos helymeghatározó és szinkronizációs műholdak, továbbá a hozzájuk tartozó műhold sávok.

16. ábra Műhold sávok frekvencia eloszlása

Forrás: Saját szerkesztés



Ezek a helymeghatározó és szinkronizációs műholdak a következők:

- GPS L5, Galileo E5a
- GPS L1, Galileo E1
- Glonass L1

A mérő személy feladata, hogy mind a három rendszernek számítsa ki azt a sáv tartományát, amellyel lefedhető az adott tartomány. A művelet elvégzéséhez segítséget nyújtanak az ábrán látható középfrekvencia értékek és a hozzájuk tartozó +/- értékek. A 2. táblázat mintaképpen szemlélteti a Glonass L1 műhold sávra tartozó értékeket. A hallgatónak hasonló módon kell majd elvégeznie a sáv tartományok kiszámítását.

2. táblázat Glonass L1 lefedésére alkalmas frekvenciatartomány

Forrás: Saját szerkesztés

1601,71875 MHz	1601,71875 MHz	1601,71875 MHz
-3,91175 MHz -0,5 MHz	+/- 3,91175 MHz +1 MHz	+3,91175 MHz +0,5MHz
1597,307 MHz	B: 8,8235 MHz	1606,1305 MHz

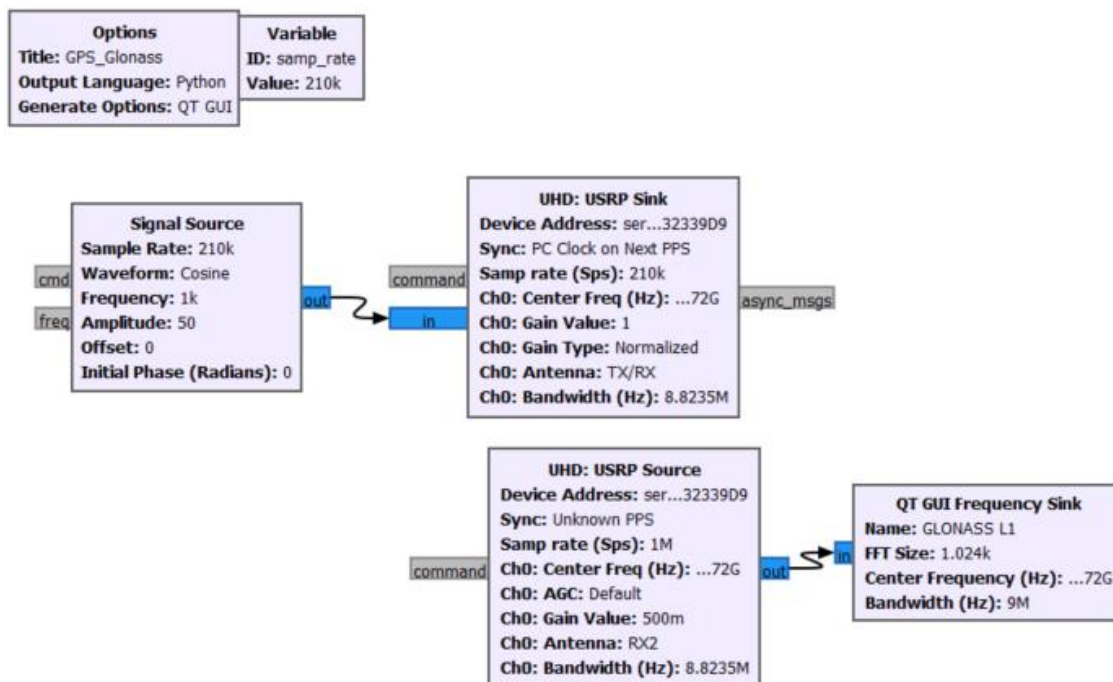
A második pontban a hallgatónak a mérésnél rendelkezésére álló mobiltelefonok segítségével fel kell térképeznie a környéken észlelhető helymeghatározó műholdakat. A 17. ábrán látható a feladat megvalósítása. A használt alkalmazás a GPS Satellites Viewer, amely pontosan megmutatja a környéken észlelhető helymeghatározó műholdakat, azok számát és helyzetüket. A feladat elvégzése fontos, mivel a következő feladatoknál viszonyítási alapként fog szolgálni a vizsgálati eredmény.

17. ábra Helymeghatározó műholdak feltérképezése
Forrás: Saját szerkesztés



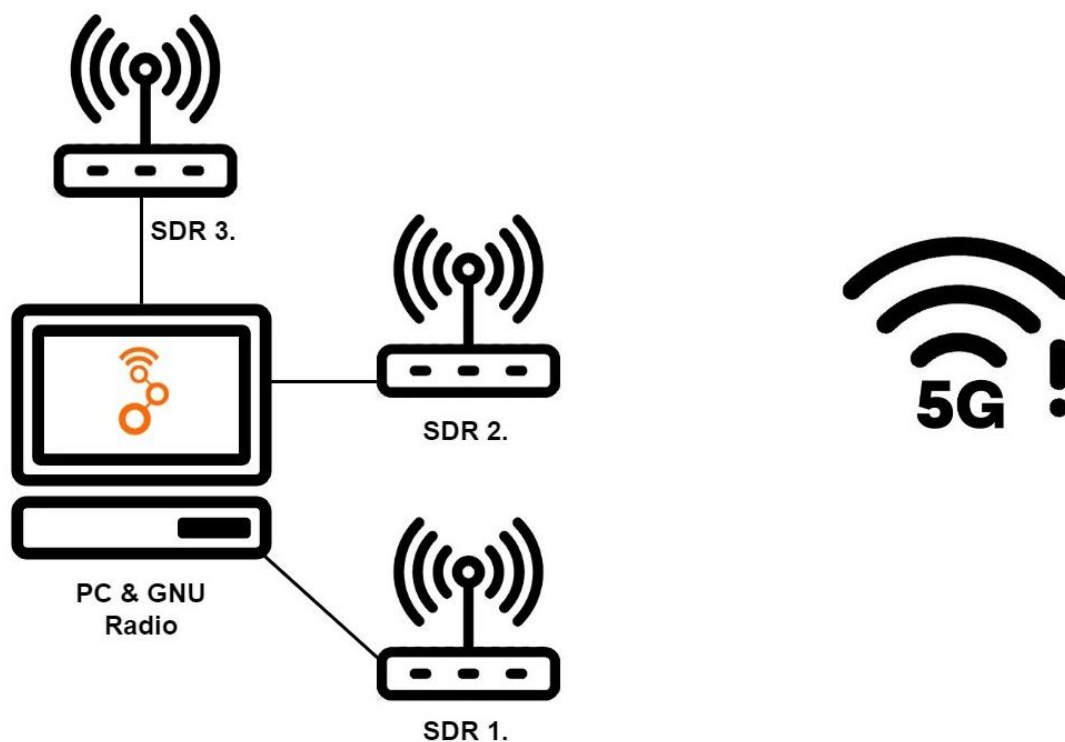
A harmadik pontban a mérő személy a rendelkezésére álló számítógépen megnyitja a GNU Radio nevű alkalmazást, amelyben egy általam előre elkészített mintaprogramot talál. A programban a Glonass L1 sáv zavarására alkalmas összeállítást ismeri meg a hallgató. A megértése fontos, mivel a következő feladatokban ezt az összeállítást kell alapul venni. A Glonass L1 sáv zavarására alkalmas összeállítás a 18. ábrán látható.

18. ábra Glonass L1 sáv zavarására alkalmas összeállítást
 Forrás: Saját szerkesztés



Miután megvizsgálta az adott összeállítást, a hallgatónak meg kell valósítani a mérési összeköttetést a számítógép és az SDR berendezések között. A 19. ábra mutatja be a kapcsolatot számára.

19. ábra GNU Radio- SDR Rendszer kialakítása
 Forrás: Saját szerkesztés



A számítógéphez a hallgató csatlakoztatja a 3 darab SDR-eszközt a hozzájuk tartozó USB 3.0 típusú kábellel, emellett pedig a segéd tápegységet, amelyek biztosítják az állandó tápellátást. Amint az operációsrendszerben megjelent az SDR eszközök csatlakoztatottként a GNU Radio alkalmazásban a mérési összeállítás késznek tekinthető és indítható a zavarvizsgálat.

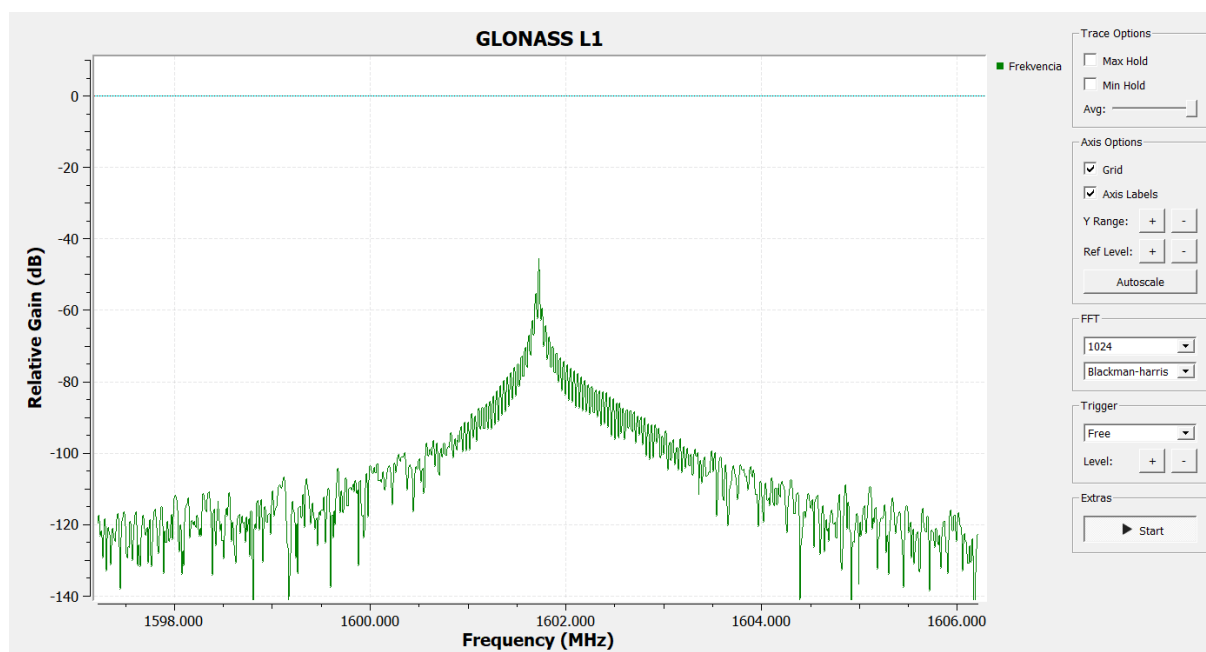
A negyedik pontban a hallgató elkészíti a GNU Radio alkalmazásban azokat az állományokat, amelyek az eső pontban kiszámolt sávartományi értékeket és középfrekvenciákat tartalmazzák. Ezeket elmenti a megfelelő néven. Így a hallgatónak 3 kész állomány áll rendelkezésére, amelyek az alábbi helymeghatározó műholdak zavarására alkalmasak.

- GPS L5, Galileo E5a
- GPS L1, Galileo E1
- Glonass L1

Az ötödik pontban a mérő személynek már csak annyi a feladata, hogy a rendelkezésre álló állományokat elindítsa, és megvizsgálja, valóban megvalósul az adott műholdsávok zavarása. Jelen pontban nem mutatom be az összes mérési eredményt, mivel azok megtalálhatóak mellékletként részletes magyarázattal. Így a Glonass L1 műhold sáv zavarása során kapott eredmények láthatók a 20. 21. és 22. ábrákon.

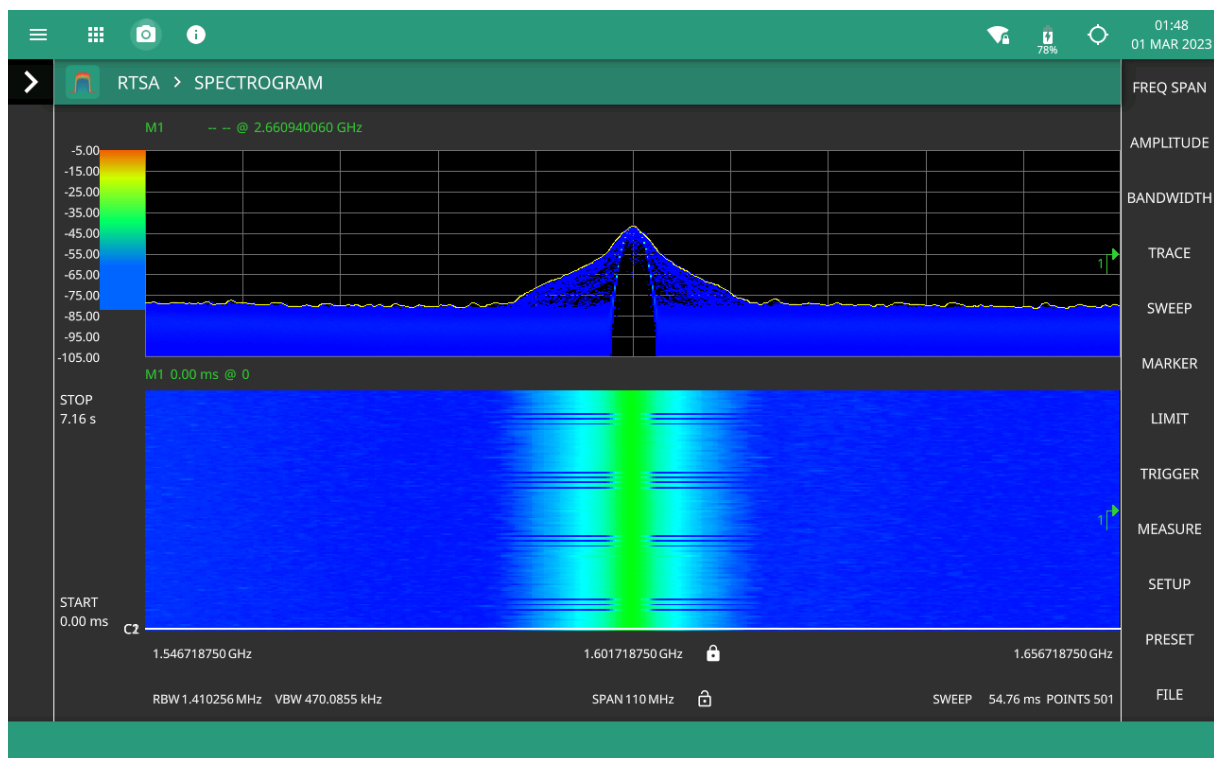
20. ábra Glonass L1 műhold zavarásához tartozó zavar jel spektrumképe GNU Radio programból

Forrás: Saját szerkesztés



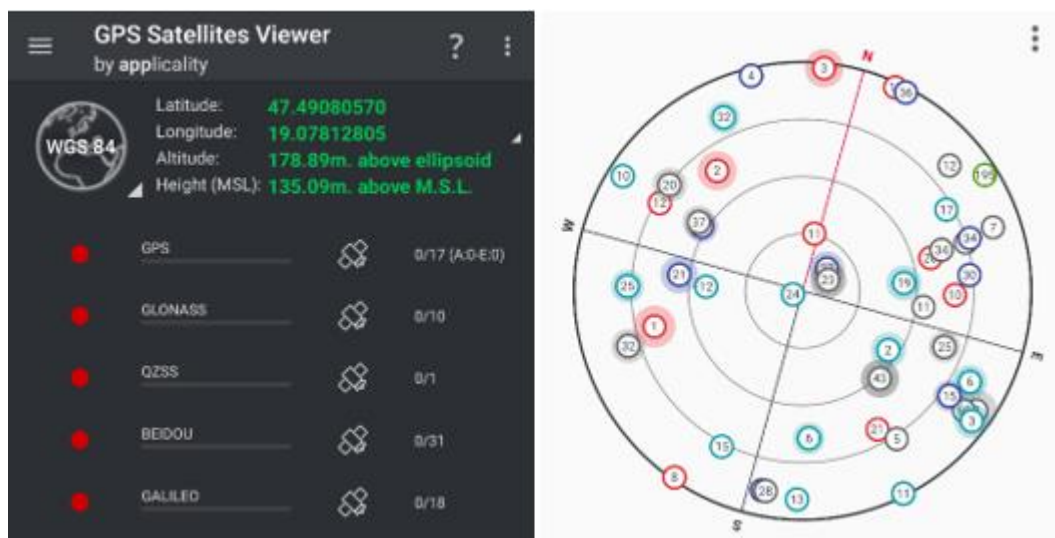
21. ábra Glonass L1 műhold zavarásához tartozó zavar jel spektrumképe spektrumanalizátorral

Forrás: Saját szerkesztés



22. ábra Glonass L1 műhold zavarás közben elérhető helymeghatározó műholdak információi

Forrás: Saját szerkesztés



A fentiekben bemutatott ábrákon jól kivehető, hogy a Glonass L1 zavar jelünk valóban megvalósul és megjelenik mind a GNU Radio programban és a spektrumanalizátoros vizsgálatban is. A mobiltelefon általi vizsgálat során is a várt eredmény jelenik meg, viszont meg kell jegyezni, hogy a mobil készülék GPS veőveje is zavarodhatott, mert a többi műhold jelét sem tudja észlelni a vizsgálat során.

4.2. A mérések követelményei

A mérések során minden hallgatónak rendelkezésére áll a mérés dokumentációját képző mérési jegyzőkönyv. Ebben megtalálhatóak pontos feladat leírások, továbbá a mérések ideje alatt felhasznált eszközök és dokumentálására szolgáló táblázat.

A jegyzőkönyvet úgy kell elkészíteni, hogy a mérések reprodukálhatók legyenek, emellett el kell helyezni a jegyzőkönyvben a mérés során készített képernyőképeket, és a feladat végén értékelni-e a kapott eredményeket.

A jegyzőkönyv leadása elektronikus formában történik. Ennek megvalósításában a Moodle oktatási felületet használom, amelyen kiválóan lehet ellenőrizni a leadott dokumentumokat. Ezen felül azonnali visszajelzést kaphatok arról, hogy hányan adták le a munkájukat, kik adták le, és mikor töltötték fel a felületre munkájukat.

Úgy gondolom, hogy nagyon fontos ilyen és hasonló felületeket jobban bevonni az oktatásba, mivel a tananyag megosztás mellett rengeteg más funkció is segítheti az oktatók munkáját, úgy, hogy a hallgató és az oktató azonnali visszajelzést kaphat a felületen keresztül.

5. Hallgatói visszajelzések

Az elkészített mérések megvalósítása után alkalom adódott, hogy éles körülmények között a hallgatók is el tudják végezni az általam ismertetett méréseket. A Híradástechnika és Infokommunikációs Tanszék által oktatott Mobil kommunikáció c. labor tárgy keretében párokban végezték el a hallgatók a méréseket. A méréseket 3x45 perces idő intervallumban abszolválták és a méréshez készült üres jegyzőkönyvben rögzítették eredményeiket.

A kérdőíves vizsgálatom célja, hogy feltérképezzem a hallgatók véleményét a feladatok megfogalmazásával és értelmezésével kapcsolatban. Továbbá azt, hogy az elméleti előadáson hallottakat mennyire tudták a hallgatók alkalmazni a gyakorlati mérések során.

A hallgatók a mérések befejezése után egy általam elkészített Google Forms kérdőívet töltöttek ki, amelyben a számomra legfontosabb kérdésekre tértem ki és úgy fogalmaztam meg azokat, hogy minél pontosabbak legyenek a kapott eredmények. Így például 5-ös skála helyett 6-os skálát használtam, amellyel jobban mérhető a kitöltő válasza. A kérdőív csupán 5 percet vett igénybe és teljesen anonim módon került kitöltésre. Összesen 15 hallgató töltötte ki a kérdőívet, akik teljesítették mind a két mérési feladatsort. A fejezet további részében ezeket a kérdésekre kapott eredményeket ismertetem.

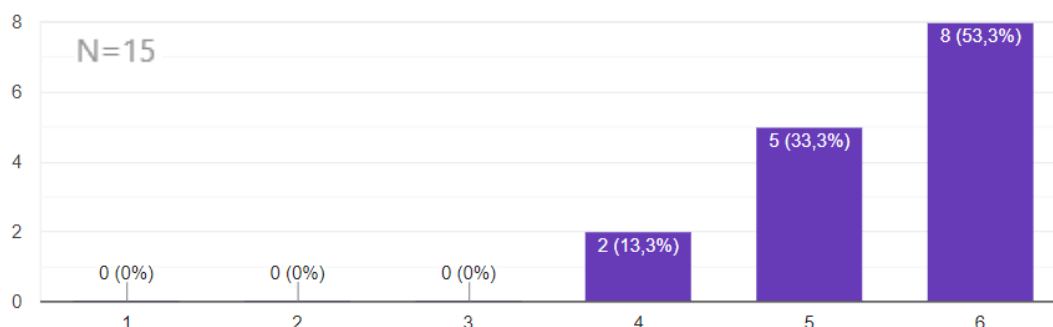
Hipotéziseim

- Feltételezem, hogy azok a hallgatók, akik a méréseket elvégezték, el tudták mélyíteni az elméleti tudásukat.
- Feltételezem, hogy az egyes mérések elvégzésre meghatározott idő megfelelő.
- Feltételezem, hogy az általam elkészített mérési feladatok kellően pontosan kerültek megfogalmazásra.

1) Mennyire találta részletesnek a mérési feladatok leírását?

23. ábra Első kérdés

Forrás: Saját szerkesztés

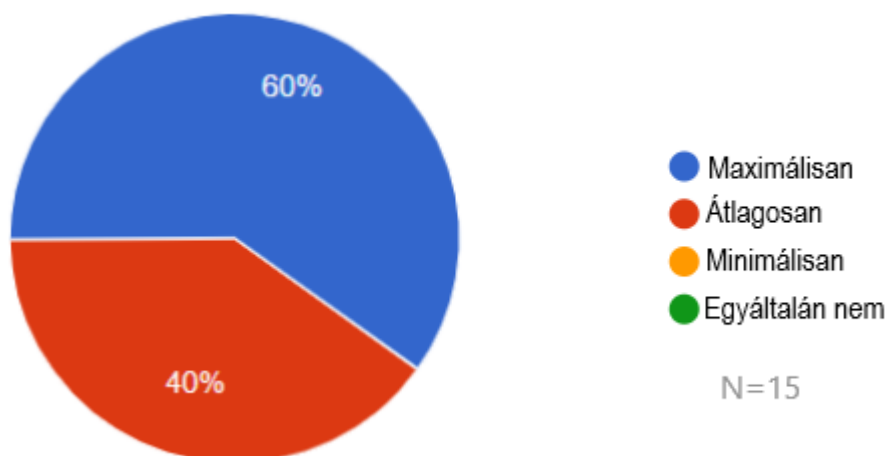


Igyekeztem a mérési feladatokat pontosan megfogalmazni úgy, hogy a mérést végző személy átgondolja hogyan is fogjon neki a feladatnak. Úgy gondolom, hogy a 23. ábra jól szemlélteti a kapott válaszok arányát. Továbbá ez számomra is pozitív visszajelzés, mivel a mérést végző személyek több mint 80%-a (13 fő) precízen tudták értelmezni a feladatokat.

2) Az elméleti előadásokon elhangzott ismereteket mennyire tudta alkalmazni a mérés során?

24. ábra Második kérdés

Forrás: Saját szerkesztés

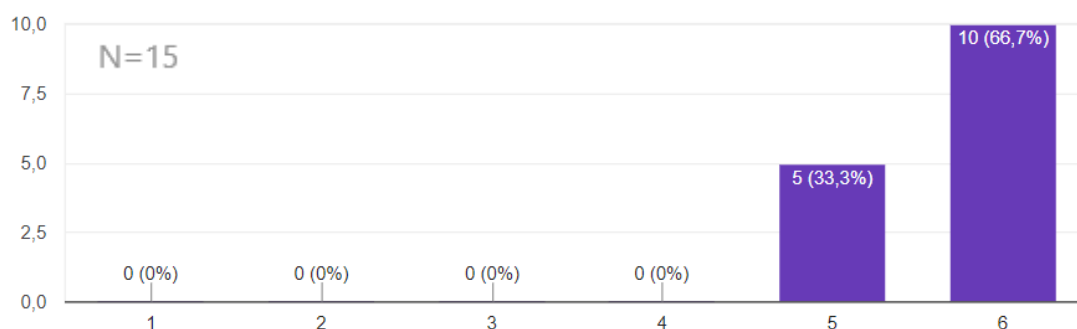


Jelen kérdés eredménye fontos visszajelzés, mivel nagyon lényegesnek tartam a biztos háttértudás meglétét is. Az eredmény a 24. ábrán látható. Fontos megjegyezni viszont, hogy azon hallgatók, akik a mérést végezték, ugyanabban a félévben tanultak az ötödik generációs hálózatokról, mint amikor a gyakorlatot abszolválták. Így megállapítható, hogy a kitöltők 60%-a (9 fő) maximálisan, míg 40% (6 fő) átlagosan tudta alkalmazni az elméleten hallottakat.

3) A mérési feladatok leírása alapján be tudta-e azonosítani a rendszer alkotó elemeit és el tudta-e készíteni a mérési összeállításokat?

25. ábra Harmadik kérdés

Forrás: Saját szerkesztés



A hallgatók a visszajelzések alapján a feladatok elvégzése során a rendszer alkotóelemeit felismerték és megfelelően tudták őket használni. Az eredmények a 25. ábrán láthatóak. Ezáltal kijelenthető, hogy a feladatok pontosan vannak meg fogalmazva.

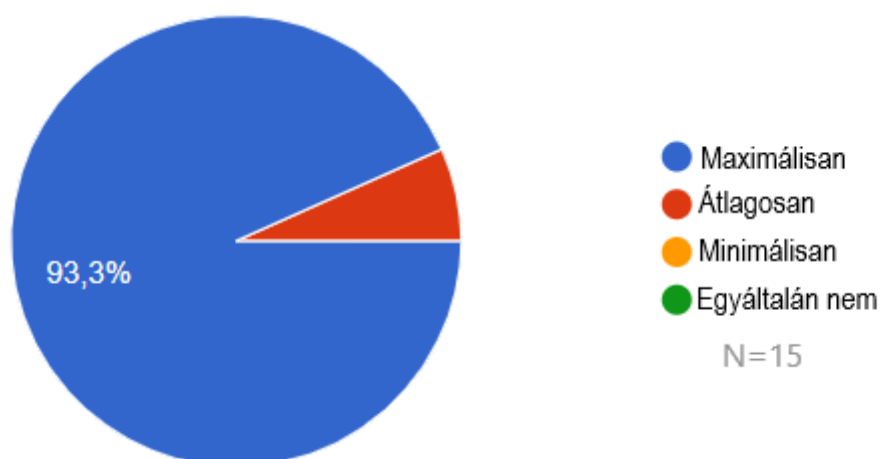
4) A mérési feladatokat el tudta végezni a rendelkezésre álló idő alatt?

A kérdőívet kitöltők 100%-a igen választ adott, amely azt igazolja, hogy elegendő a rendelkezésre álló idő a feladatok megoldásához és a jegyzőkönyv kitöltéséhez. Így kijelenthető, hogy megfelelő a feladatok mennyisége és követelménye.

5) Összességében mennyire értékeli hasznosnak a mérési feladatokat?

26. ábra Ötödik kérdés

Forrás: Saját szerkesztés



Záró kérdésként pedig arra voltam kíváncsi, hogy a hallgatók mennyire érezték hasznosnak a méréseket. A 2. ábra jól szemlélteti, hogy a kitöltők 93,3% (14 kitöltő) maximálisan hasznosnak tartotta a mérési feladatokat.

Összességében úgy gondolom, hogy a kapott válaszok nagyon hasznosak számomra és rámutatnak, azokra a lényeges területekre, ahol erősíteni kell az oktatást különböző módszerekkel, technikákkal. A kérdőíves vizsgálatban a hipotéziseimnek megfelelő eredményeket kaptam. Így általánosan tekintve és értékelve az eredményeket megállapíthatom, hogy a mérések megállják a helyüket valós oktatási környezetben. Végezetül pedig számomra örömdetes, hogy az elkészült mérések a következő félévek során is megmaradnak a Mobil kommunikáció c. labor tárgy keretében.

6. Továbbfejlesztési lehetőségek

A megtervezett mérésekhez, továbbá a dolgozathoz számos továbbfejlesztési lehetőséget szeretnék megvalósítani a közeljövőben.

A mérési környezet felhasználásával szeretnék újabb mérési feladatsort összeállítani és alkalmazni, amellyel még jobban tudom szimulálni a rendszer sokszínűségét és hasznosságát, mint például a Voice over IP (VoIP) szolgáltatás megvalósítása az 5G Stand-Alone rendszeren.

Továbbá szeretnék kialakítani egy elméleti oktatási anyagot is, amely megadja a kellő háttértudást a laboratóriumi mérésekhez. Az elméleti tananyag feldolgozásához az úgynevezett blended learning oktatási formát használnám fel. A blended learning az internet és a digitális média nyújtotta lehetőségeket és a hagyományos tantermi oktatás módszereit együttesen megvalósított oktatási módszer. A megvalósításhoz a Moodle online platformot és a Microsoft Teams felületet tervezem használni. Így könnyedén meg tudom osztani az adott tananyagokat, szemléltető videókat és egyéb hasznos kiegészítő információt.

A dolgozatban helyet kapott az 5. fejezetben a hallgatói visszajelzések ismertetése, amelyek nagyon fontosak számomra, mivel információkkal szolgálnak arról, hogy miben kell fejleszteni az elkészült gyakorlati tananyagot. A kérdőívet tovább alkalmazom a következő szemeszterben, aminek segítségével még jobb oktatási anyagot tudok elkészíteni.

Az elkészült munkám könnyedén tovább fejleszthető és alkalmazható más egyetemi szakon tanuló hallgatók oktatási anyagra. Az 5G rendszernek nem csak a híradástechnikában van szerepe, hanem az informatikától kezdve az irányítástechnikán át az orvostechikáig számos területen. Ebből kifolyólag tovább fejleszthető és jól alkalmazható ipari folyamat szabályozásával foglalkozó leendő szakemberek képzésében is.

7. Összefoglaló

A tudományos munkámban két olyan gyakorlati mérési feladatsort valósítottam meg, amely az 5G SA rendszer megismerésében nyújthat segítséget a hallgatóknak. A rendszer ismerete nagyon fontos, mivel nap, mint nap egyre több ötödik generációs rendszer kerül telepítésre a szolgáltatók által. A megtervezett mérési összeállításokat úgy valósítottam meg, hogy bármikor könnyedén kiegészíthetők és bővíthetők legyenek újabb hálózati komponensekkel.

Továbbá a munkám olyan általános ismereteket biztosít, amelyek minden olvasóhoz közelebb hozzák az ötödik generációs rendszerek témaköreit, és segítik a könnyebb megérthetőségüket - bemutatva kronológiailag az 5G rendszerek fajtáit és működési technológiákat.

A dolgozat ismerteti az 5G SA rendszer felépítését és a hozzá csatlakoztatható eszközöket. Szemléletesebben mutatja be a technológia kialakításának lehetőségeit.

A rendszer ismertetése után pedig a felsőoktatási implementációt mutattam be, amelyben kitértem a gyakorlati terem, mérőhelyek kialakítására és berendezéseire. Ezen felül pedig részletesen ismertettem a laborfoglalkozáshoz a legoptimálisabb elrendezési formát.

Munkámban a rendszerhez, egy külön, specifikusan az adott összeállításokra kialakított méréssel egészítettem ki, a hozzájuk tartozó eszközök elvi és gyakorlati bemutatásával egyaránt. Így az 5G SA rendszerhez elkészített mérések készenek tekinthetők, a mérések kivitelezése során a hallgatók teljes körűen megismerhetik a rendszer felépítéseit és paramétereit. Az elkészült mérési jegyzőkönyvek kitöltve mellékletként megtalálhatóak.

A fentiek tükrében, a dolgozatom egy letisztult, részletes és könnyen megérthető betekintést nyújt napjaink legmodernebb mobilhálózati technológiájába.

Rövidítésjegyzék

Az alábbi táblázat segítséget nyújt dokumentumban található rövidítések könnyebb megértéséhez, elsajátításához.

Rövidítés	Angol megnevezés	Magyar megnevezés
5G	Fifth-Generation Wireless	5. generációs mobil hálózat
SA	Stand Alone	Külön álló (önálló)
NSA	Non Stand Alone	Nem különálló (nem önálló)
4G	Fourth-Generation Wireless	4. generációs mobil hálózat
3GPP	3rd Generation Partnership Project	3. generációs együttműködési projekt.
HUB	Hub	Csomópont
GPS	Global Positioning System	Globális helymeghatározó rendszer
LAN	Local Area Network	Helyi hálózat
UL	Uplink	Feltöltés
DL	Downlink	Letöltés
SIM	Subscriber Identity Module	Előfizetői azonosító modul
UE	User Equipment	Felhasználói eszköz
TCP	Transmission Control Protocol	Átvitel vezérlő protokoll
UDP	User Datagram Protocol	Felhasználói datagram protokoll
PC	Personal Computer	Személyi számítógép
IPv4	Internet Protocol version 4	Internet protokoll 4-es verzió
Ping	Packet Inter-Network Groper	Hálózatok közötti kapcsolati teszt
SDR	Software Defined Radio	Szoftver vezérelt rádió
USB	Universal Serial BUS	Univerzális soros busz

Hivatkozásjegyzék

- Ali, Z., Fredrik, A., Jonas, M., Ulf, G., Giuseppe, D., Xiaoming, C. (2018). *5G Physical Layer*. Academic Press.
- Devaki, C., Rainer, L. , Juho, P. (2019). *5G for the Connected World*. Wiley.
- Erik, D., Stefan, P., Johan, S. (2018). *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology*. Academic Press.
- Harri, H., Antti, T. , Takehiro, N. (2019). *5G Technology: 3GPP New Radio*. Wiley.
- Kata, J. (2014). *Üzemtani mérések* <https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/3914>
- Lükő, I., Molnár, Gy. (2015). *Szaktudományi ismeretek villamos szakmacsoportos mérnökök számára* <https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/3915>
- Nagy, L., Szalay Zoltán, A. (2021). 5G-Mobilrendszer. *Magyar Tudomány*, 13. <https://doi.org/10.1556/2065.182.2021.6.2>
- Simonics, I., Makó, F., . (2016). *Az elektrotechnika tanításának módszertana*. Typotop Kft. [https://habilitacio.uni-eszterhazy.hu/23/1/SIMONICS-MAKO Elektrotechnika tanitanak modszertana.pdf](https://habilitacio.uni-eszterhazy.hu/23/1/SIMONICS-MAKO_Elektrotechnika_tanitanak_modszertana.pdf)
- Szűcs, L. (2008). *Műszerismertető segédlet*. B. V. é. I. Kar. <https://www.mit.bme.hu/system/files/oktatas/targyak/10878/muszer10.pdf>
- Tóth, K. (2018). *Információfeldolgozás USRP platformon* Budapest. <http://dsp.mit.bme.hu/userfiles/szakdolgozat/tothkszakdolgozat18.pdf>
- Tóth, T. (2019). A mobilhálózatok technológiai fejlődéstörténete – az analóg hangátviteltől az 5G-hálózatokig. *Nemzetbiztonsági Szemle*, 16. <https://doi.org/10.32561/nsz.2019.4.4>
- Varga Péter, J., Wüthrl, T., Gyányi, S., Baross, M., Németh, A. (2022). *Jamming Attacks in 5G NR FR1* IEEE 5th International Conference and Workshop Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE), Budapest. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10046381>
- Wanshi, C., Peter, G., Juan, M., Haris, Z. (2021). *Fundamentals of 5G Communications: Connectivity for Enhanced Mobile Broadband and Beyond*. McGraw Hill.

Wühl, T., Varga Péter, J., Gyányi, S. Baross, M., Németh, A. (2022). *5G RAN synchronization vulnerability* IEEE 20th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Serbia.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10036319>

Xiang, L. (2021). *Optical Communications in the 5G Era*. Academic Press.

Yu, N. B. T. Y.-J. S. C. (2013). *Latency Analysis in GNU Radio/USRP-Based Software Radio Platforms* IEEE Military Communications Conference, San Diego.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/6735640/figures#figures>

Mellékletek

- I. melléklet: 5G SA rendszer általános vizsgálata Mérési Jegyzőkönyv
(kitöltött)

Mobil kommunikációk

5G SA rendszer általános vizsgálata

Mérési Jegyzőkönyv



Név: Gipsz Jakab

Neptun kód: ABC123

A mérés megnevezése: 5G SA rendszer általános vizsgálata

A mérés ideje: 2023.01.16

A mérési jegyzőkönyv leadásával nyilatkozom, hogy a jelen jegyzőkönyv és annak tartalma a saját munkám eredménye, az esetlegesen más forrásból származó eredmények és adatok eredetét megjelöltem.

Felhasznált eszközök:

Megnevezés	Típus	Gyári szám
Mobiltelefon I.	Nokia XR20	H0F9FI1CN0170300376
Mobiltelefon II.	Nokia XR20	H0F9FI1CN0170300393
Spektrumanalizátor	Anritsu MS2090A	2202010
Nokia 5G SA (Stand-Alone) rendszer	-	-
PC I. Szerver	-	-
PC II. Kliens	-	-
Beltéri 4G/5G Router	Nokia Industrial 5G CPE CPxx503e	-
Kültéri 5G Router	Nokia Industrial 5G CPE CPOx504e	-

A mérés elve

Összefoglaló a mérési feladatról és a mérés megvalósításának módjáról.

A mérés menete

Részletes leírás, hogy mit kell mérni, milyen sorrendben, kapcsolási rajzzal, tömbvázlattal. Fontos, hogy a leírás alapján a mérés reprodukálható legyen!

Mérési eredmények

Célszerű táblázatos és grafikus formában megadni, illetve a mérési eredményeket képekkel alátámasztani.

Értékelés

A kapott eredmények elemzése, összehasonlítása, az esetleges mérési eltérések indoklása. A mérést befolyásoló tényezők leírása.

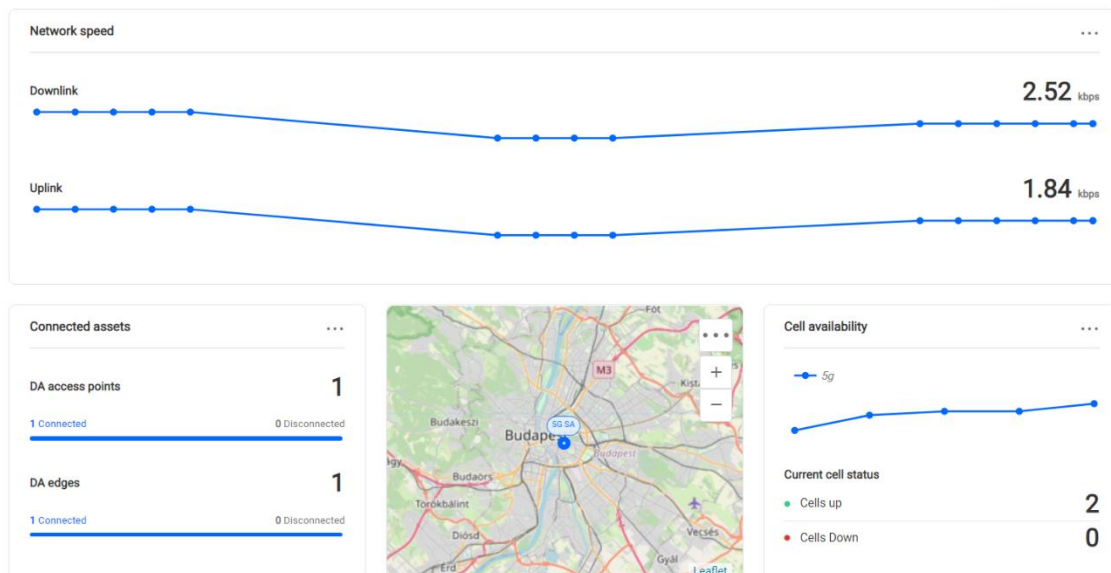
Mérési feladatok:

- Feladat:** Vizsgálja meg az 5G rendszer alapvető paramétereit, mint például: fel és letöltési sebesség, cella információk (milyen frekvencia tartományban üzemel az 5G SA rendszer). A cella információk leolvasásához használja a mobiltelefonra telepített G-NetTrack Lite alkalmazást. Az eredményeket, információkat ismertesse és a vizsgálat alatt kapott képeket rögzítse a jegyzőkönyvben!

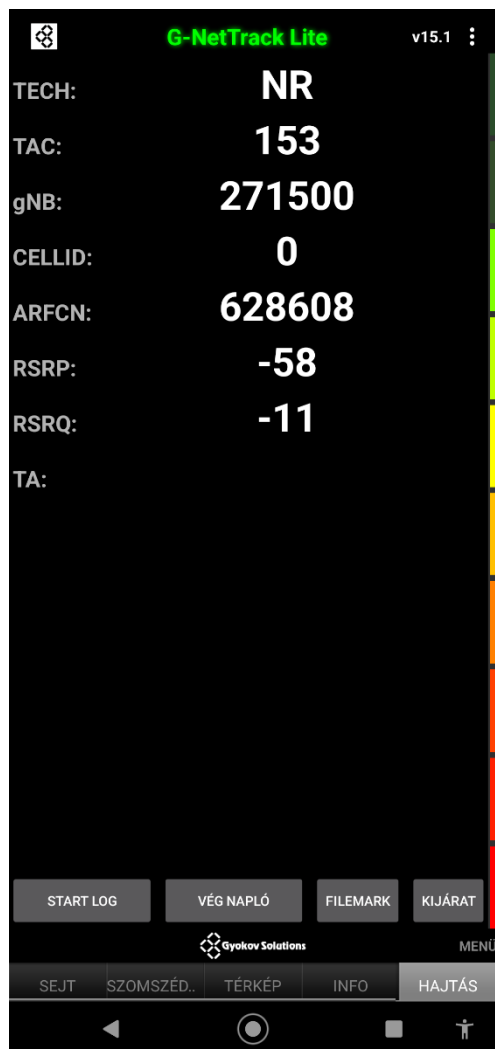
Vizsgálati fénykép/ fényképek:

System health / Dashboard

- 1. kép 5G SA Rendszer főképernyő forgalmazás nélküli állapotban*



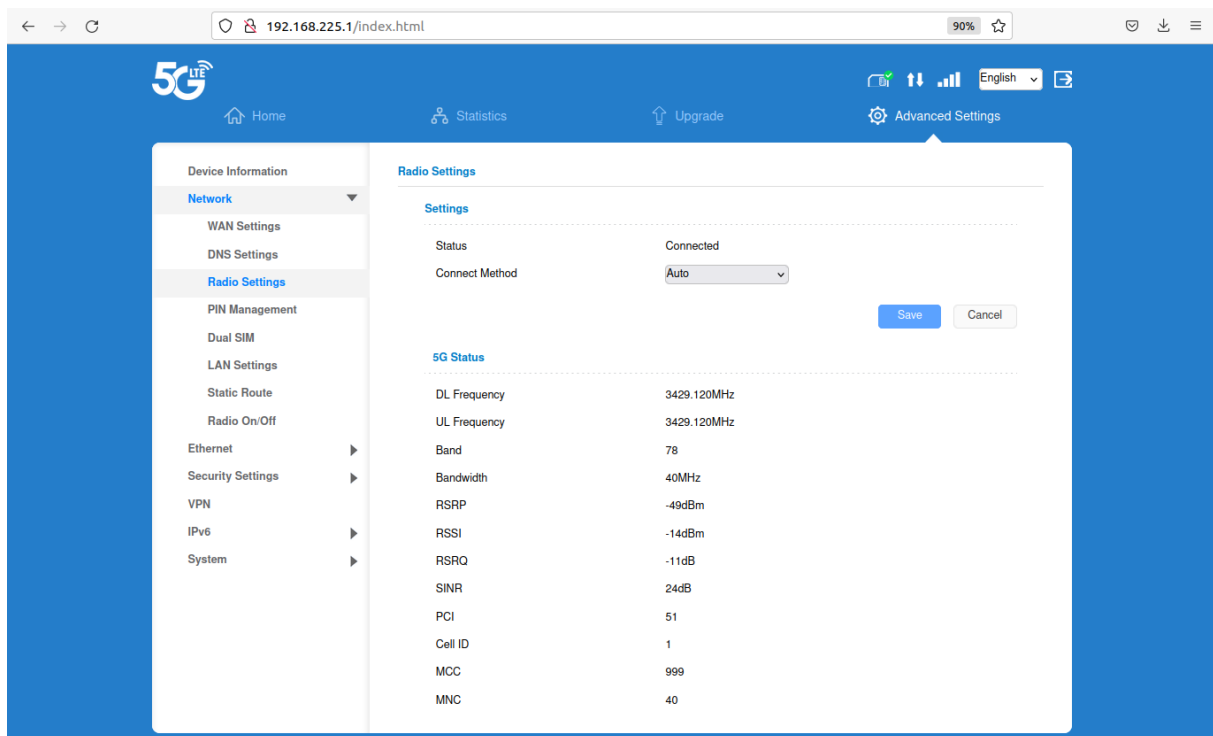
2. kép Mikrocella aktuális információi



3. kép Pikocella aktuális információi



4. kép Hálózati forgalomirányító beállítási felülete



Mérés értékelése:

Elvégeztem a feladat lépéseit, amelyeket képekkel dokumentáltam. A rendszer komplexitása lehetővé tette a szélesebb vizsgálatot, így a rendszer menedzsment felületét, Mobiltelefonos mérések és hálózati forgalomirányítóból kinyert adatokat tudtam vizsgálni. A kapott paraméterek jól tükrözik a hálózat minőségét és megállapítható, hogy minden paraméter megfelelő.

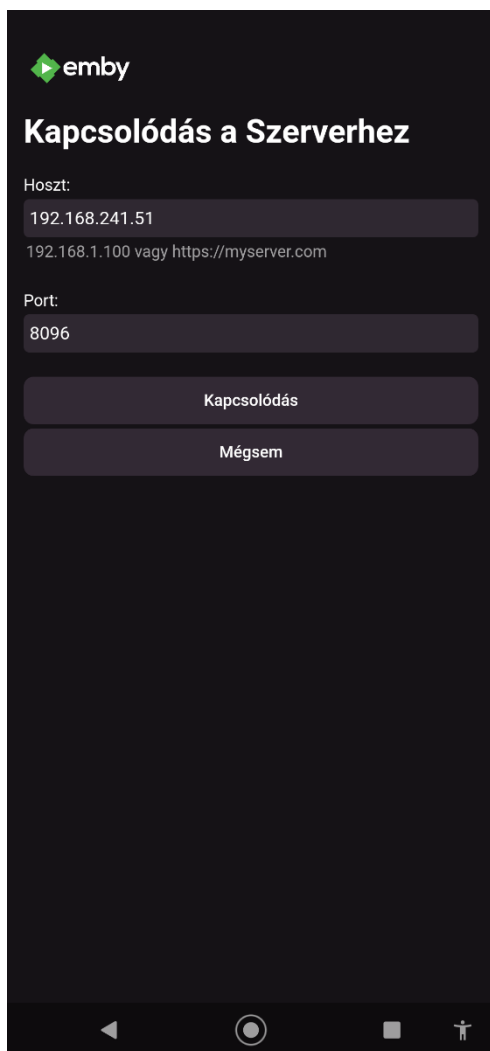
Vizsgálatunk során a legrelevánsabb alapvető paraméterek:

- ARFCN – 628608 (Meghatározható az érték segítségével a működési frekvencia.)
- UL/DL Frequency: 3429.120 MHz (Fel és letöltési frekvencia érték.)
- Bandwidth: 40MHz (A rendszer sávszélessége.)
- Duplex Mode: n78 TDD (A rendszer üzemmódja.)
- Cell ID: 0; 1 (Az 5G SA rendszer két cellával rendelkezik.)
- RSRP: -58 dBm, -49 dBm; 67 dBm (Jelszint erősségét jelző paraméter.)
- RSRQ: -11 dB
- SNR: 33 (Jel-zaj viszony.)

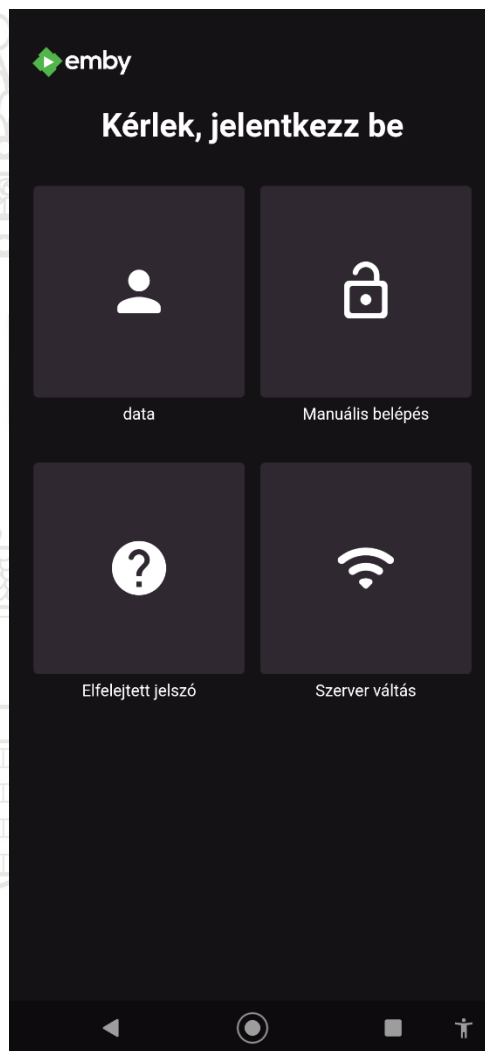
- 2. Feladat:** Vizsgálja meg a fel és letöltési sebességet a két Nokia XR20 típusú készülék használatával. Csatlakozzon az Emby típusú médiaszerverre a megfelelő IPv4-es cím segítségével. A szerver eléréséhez használja a *data* jelszót és indítsa el a média szerveren található videó állományt. Ezután várjon, amíg módosul a fel és letöltési sebesség. Az eredményeket, információkat ismertesse, és a vizsgálat alatt kapott képeket rögzítse a jegyzőkönyvben!

Vizsgálati fénykép/ fényképek:

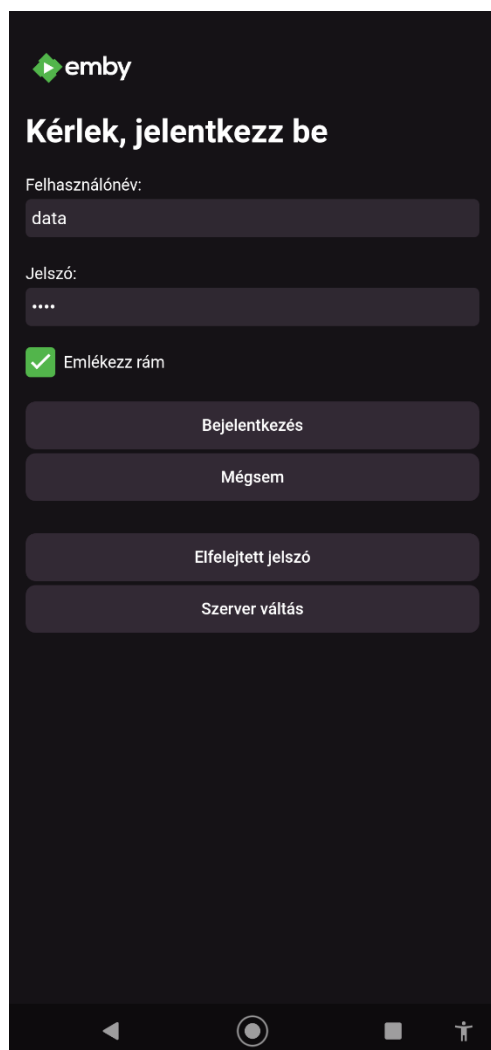
5. kép Médiaszerver bejelentkezés I.



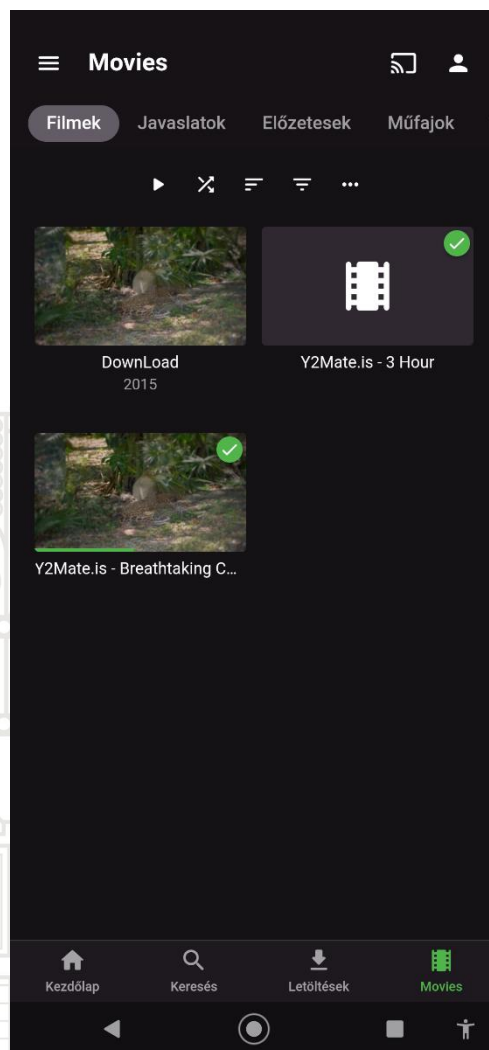
6. kép Médiaszerver bejelentkezés II.



7. kép Médiaszerver bejelentkezés III.

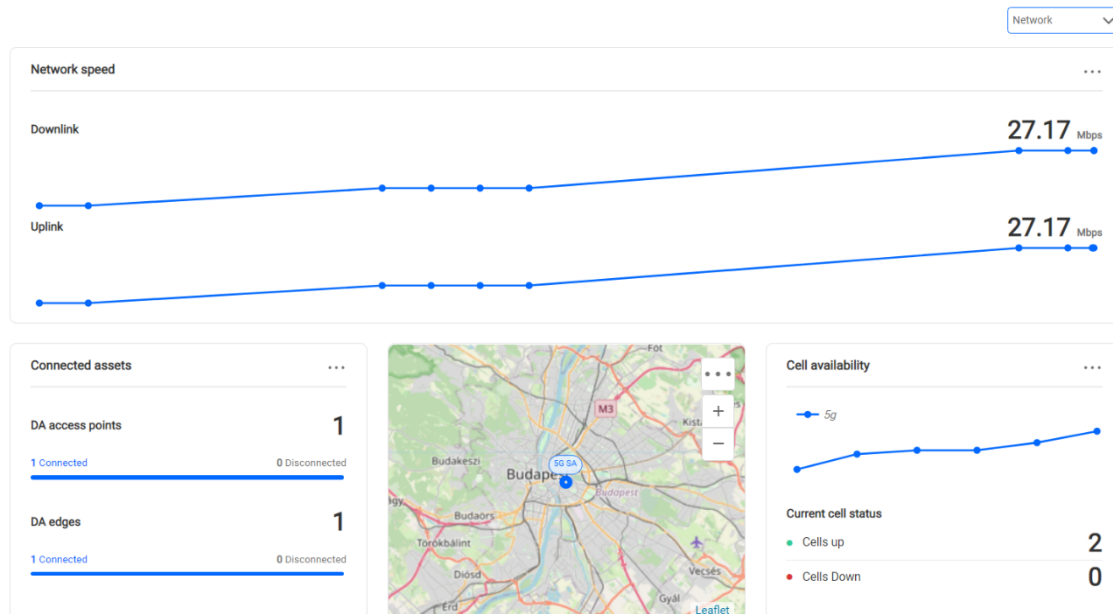


8. kép Médiaszerver bejelentkezés IV.



9. kép Médiaszerver forgalmazás alatti kihasználása

System health / Dashboard



Mérés értékelése:

Elvégeztem a feladat lépéseit, amelyeket képekkel dokumentáltam. A feladat első négy ábrája bemutatja a médiaszerverre való bejelentkezést, amely során a 192.168.241.51 –es IPv4-es címen értem el. A használt IP címet a forgalomirányító beállításaiából található meg. Ezután pedig a feladatban megadott felhasználónév és jelszó párossal elérhetővé vált a médiaszerver. Ezután a két mobiltelefon segítségével elindítottam a szerveren található videó állományt és vártam pár percet, amíg a rendszer menedzsment felületén változás történ Downlink és Uplink irányban. Ezt a változást a 9. kép mutatja be. Az elért Downlink és Uplink sebesség értéke 27,17 Mbps volt. Úgy gondolom a kapott paraméter megfelel és jól tükrözi, hogy a hálózatban van még tartalék.

- 3. Feladat:** Vizsgálja meg a mérőhelynél található 2 db számítógép segítségével a Nokia kültéri és a Nokia beltéri 4G/5G router pingelhető-e? Az összeállításban az 1-es PC legyen a szerver a 2-es pedig a kliens. A parancsokat használja:

1-es PC: `iperf -s`

2-es PC: `iperf -c [IPv4 cél IP cím] -t 50000`

Majd, ha felépült a kapcsolat és folyamatos a ping, várjon, amíg módosul a fel és letöltési sebesség.

Ha létrejött a kapcsolat, akkor azután állítsa le a folyamatot és végezzen egy újabb pingelést, viszont csökkentse az időtartamát a pingelés folyamatának. Az eredményeket, információkat ismertesse, és a vizsgálat alatt kapott képeket rögzítse a jegyzőkönyvben!

Vizsgálati fénykép/ fényképek:

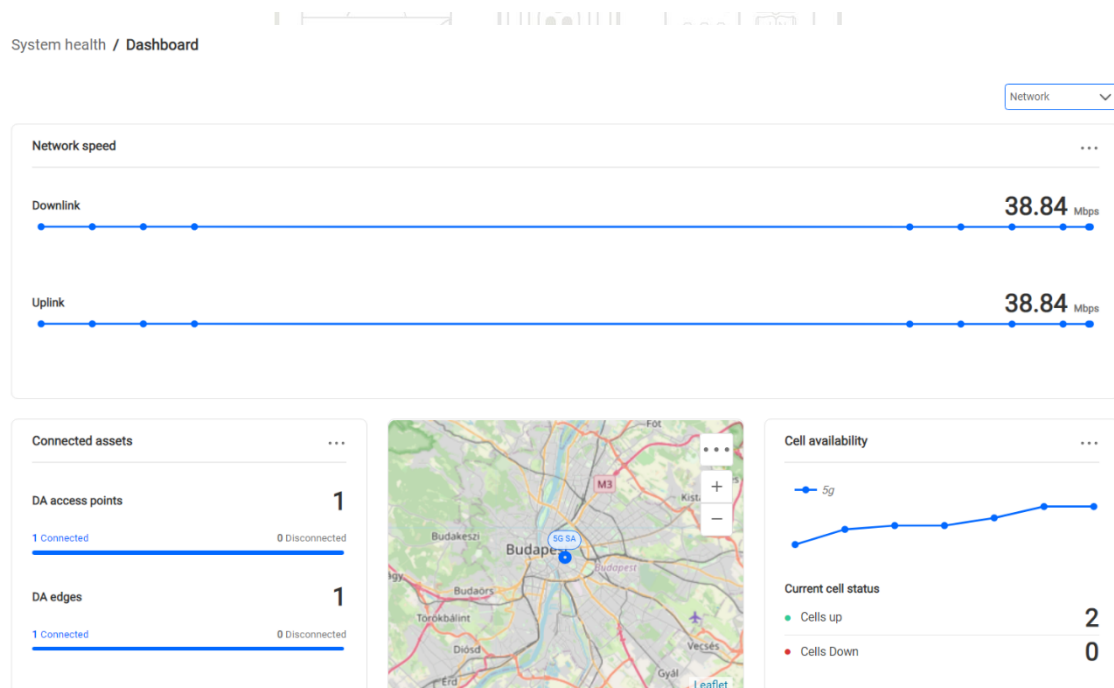
10. kép Iperf szerver oldali parancssor

```
data@data-desktop: ~
data@data-desktop:~$ iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 128 KByte (default)
-----
[ 4] local 192.168.225.146 port 5001 connected with 192.168.241.41 port 41360
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 4] 0.0-1285.5 sec 3.81 GBytes 25.5 Mbits/sec
^Cdata@data-desktop:~$
```

11. kép Iperf kliens oldali parancssor

```
thlab@5G-media-server: ~
thlab@5G-media-server:~$ iperf -c 192.168.241.51 -t 50000
-----
Client connecting to 192.168.241.51, TCP port 5001
TCP window size: 85.0 KByte (default)
-----
[ 3] local 192.168.1.211 port 41360 connected with 192.168.241.51 port 5001
^C[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 3] 0.0-1284.9 sec 3.81 GBytes 25.5 Mbits/sec
thlab@5G-media-server:~$
```

12. ábra Iperf forgalmazás alatti kihasználása



Mérés értékelése:

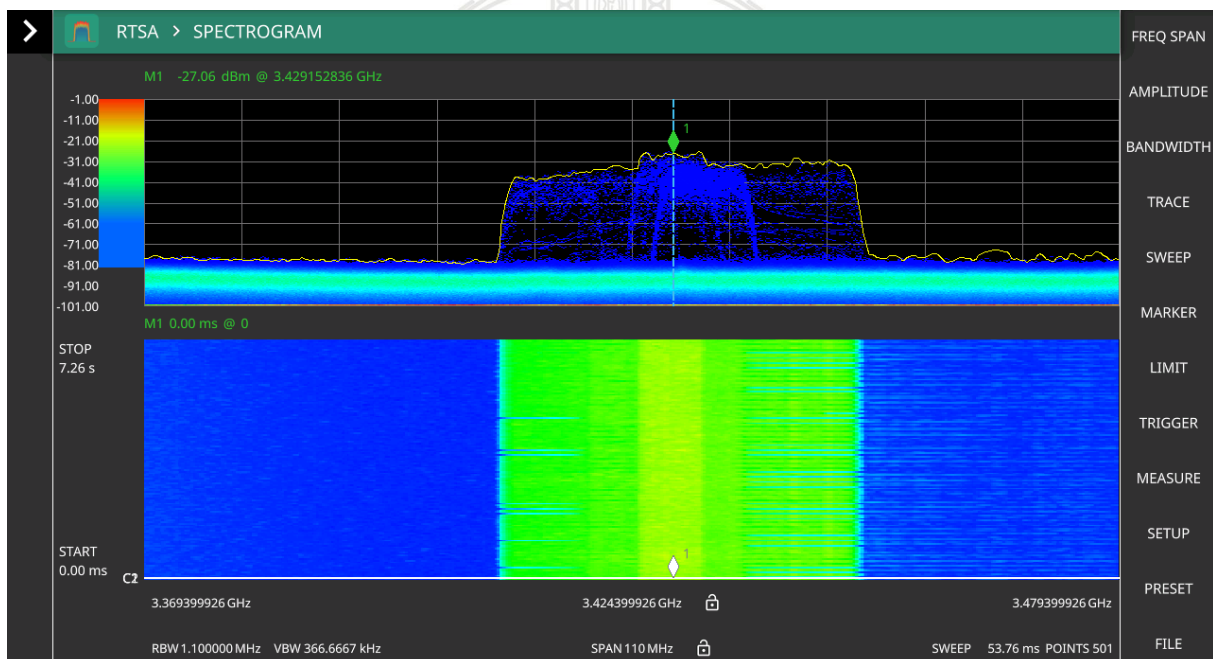
Elvégeztem a feladat lépéseit, amelyeket képekkel dokumentáltam. Mind a 1-es szerver és 2-es kliens számítógépen. A szerver IP címe 192.168.241.51 volt, amelyet az előző feladatban is használtam. A hálózat terhelhetőségét addig futtatam, amíg a menedzsment felületen nem történt változás Downlink és Uplink értékek szempontjából. Az idő intervallum megközelítőleg 6-7 perc volt, amely során 3,81Gbyts volt az átvitt adatmennyiség és a sávszélesség 25,5 Mbps/sec. A menedzsment felületen a Downlink és Uplink sebesség értéke 38,84 Mbps volt. A vizsgálat során megállapítottam, hogy a rendszer teszt jellege miatt minden beállítási rádiófrekvenciás paraméter minimumra van konfigurálva, amely választ ad a letöltési és feltöltési sebességekre.



4. **Feladat:** Vizsgálja meg az 5G SA rendszer spektrumát! Használja az Anritsu MS2090A spektrumanalizátort és vizsgálja meg a rendszer paramétereit, mint például: milyen frekvencia sávban található; milyen széles a frekvencia sáv, amiben a rendszer üzemel. Az eredményeket, információkat ismertesse, és a vizsgálat alatt kapott képeket rögzítse a jegyzőkönyvben!

Vizsgálati fénykép/ fényképek:

13. kép 5G Stand-Alone rendszer spektrum képe



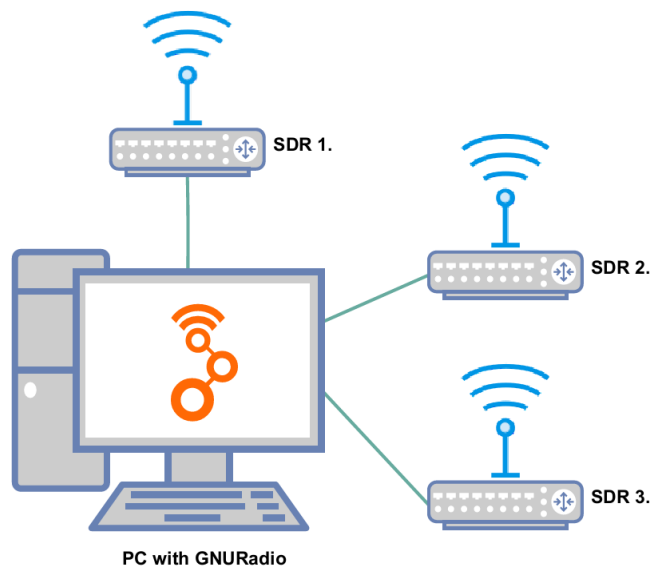
Mérés értékelése:

Elvégeztem a feladatot, az első feladatban dokumentum adat alapján bekapcsoltam a spektrumanalizátort, beállítottam a megfelelő center frekvenciát és a meghatározott 40MHz-e sávszélességet. Ezután azonnal meg is jelent a 13. képen látható spektrum, amelyen jól látható a rendszer frekvencia tartománya és nem látható egyéb parazita jeleség és más forrásból származó zaj.

II. melléklet: 5G SA rendszer szolgáltatás kiesés vizsgálat SDR-rel
jegyzőkönyv (kitöltött)

Mobil kommunikációk

5G SA rendszer szolgáltatás kiesés vizsgálat SDR-rel Jegyzőkönyv



Név: Gipsz Jakab

Neptun kód: ABC123

A mérés megnevezése: 5G SA rendszer szolgáltatás kiesés vizsgálat SDR-rel

A mérés ideje: 2023.01.17

A mérési jegyzőkönyv leadásával nyilatkozom, hogy a jelen jegyzőkönyv és annak tartalma a saját munkám eredménye, az esetlegesen más forrásból származó eredmények és adatok eredetét megjelöltem.

Felhasznált eszközök:

Megnevezés	Típus	Gyári szám
Ettus Research USRP B210	USRP B210	32339D9
Mobiltelefon I.	Nokia XR20	H0F9FI1CN0170300383
Mobiltelefon II.	Nokia XR20	H0F9FI1CN0170300394
Spektrumanalizátor	Anritsu MS2090A	2202010
Nokia 5G SA (Stand-Alone) rendszer	-	-
PC I.	-	-

A mérés elve

Összefoglaló a mérési feladatról és a mérés megvalósításának módjáról.

A mérés menete

Részletes leírás, hogy mit kell mérni, milyen sorrendben, kapcsolási rajzzal, tömbvázlattal. Fontos, hogy a leírás alapján a mérés reprodukálható legyen.

Mérési eredmények

Célszerű táblázatos és grafikus formában megadni, illetve a mérési eredményeket képekkel alátámasztani.

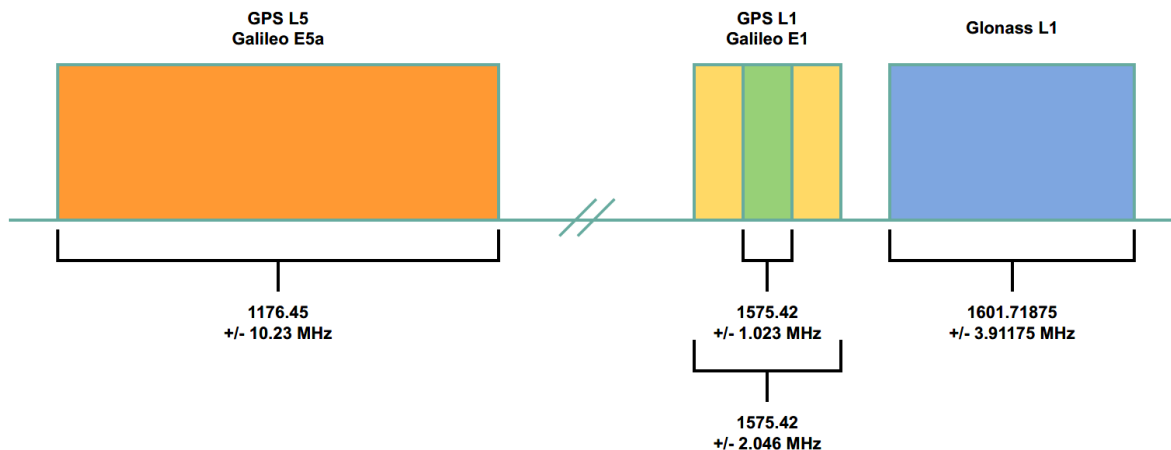
Értékelés

A kapott eredmények elemzése, összehasonlítása, az esetleges mérési eltérések indoklása.
A mérést befolyásoló tényezők leírása.

Mérési Feladatok:

- 1. Feladat:** Értelmezze az alábbi ábrát, és határozza meg a 3 sávszélességnek a lefedésére alkalmas frekvencia tartományokat. A kapott értékeket

1. kép Helymeghatározó műholdrendszerek sávszélességei



rögzítse táblázatban!

GPS L1 külső

1575,42 MHz	1575,42 MHz	1575,42 MHz
-2,046 MHz-0,5 MHz	+/- 2,046 MHz +1 MHz	+2,046 MHz+0,5 MHz
1572,874 MHz	B: 5,092 MHz	1577,966 MHz

GPS L1 belső

1575,42 MHz	1575,42 MHz	1575,42 MHz
-1,023 MHz-0,5 MHz	+/- 1,023 MHz +1 MHz	+1,023 MHz +0,5 MHz
1573,897 MHz	B: 3,046 MHz	1576,943 MHz

GPS L5

1176,45 MHz	1176,45 MHz	1176,45 MHz
-10,23 MHz -0,5 MHz	+/-10,23 MHz +1 MHz	+10,23 MHz +0,5 MHz
1165,72 MHz	B: 21,46 MHz	1187,18 MHz

Glonass L1

1601,71875 MHz	1601,71875 MHz	1601,71875 MHz
-3,91175 MHz -0,5 MHz	+/- 3,91175 MHz +1 MHz	+3,91175 MHz +0,5MHz
1597,307 MHz	B: 8,8235 MHz	1606,1305 MHz

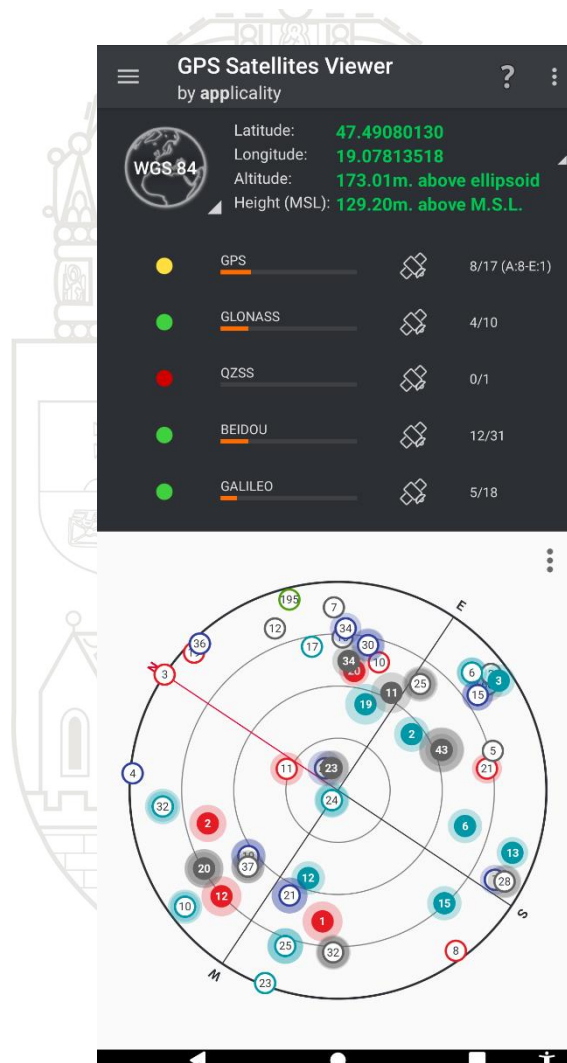
Mérés értékelése:

Elvégeztem az 1-es képen látható helymeghatározó rendszerek sávszélességének lefedésére alkalmas frekvenciatartományokat és táblázatos formában rögzítettem. A biztos lefedés érdekében +/- 0,5 MHz-es lefedést alkalmaztam.

- 2. Feladat:** Térképezze fel a 2db Nokia XR20-as készülékkel az aktuálisan elérhető műholdak képét és a műholdak darabszámát a GPS Satellites Viewer nevű alkalmazással. Az eredményeket, információkat ismertesse, és a vizsgálat alatt kapott képet rögzítse a jegyzőkönyvben!

Vizsgálati fénykép/ fényképek:

2. kép Zavarásmentes környezetben elérhető helymeghatározó műholdak információi



Mérés értékelése:

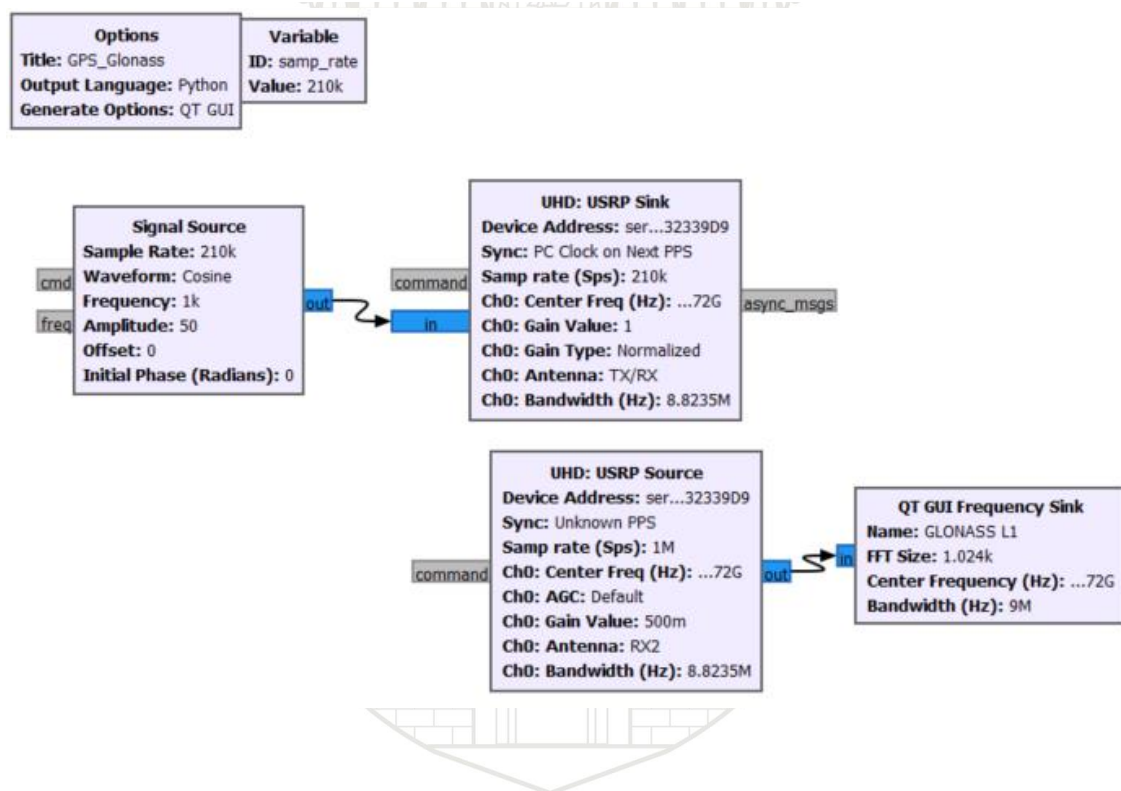
Elvégeztem a feladat által kért vizsgálatot, eredményemet képernyőkép formájában rögzítettem és csatoltam a jegyzőkönyvhöz. A vizsgálat alatt megállapítottam, hogy aktuálisan 8db GPS, 4db Glonass, 12db Beidou és 5db Galileo műholdat sikerült elérnem a Nokia XR20-as készülékkel.

- 3. Feladat:** A mérésnél található PC-n nyissa meg a GNU Radio 3.9-es alkalmazást és nyissa meg a Glonass L1 műhold zavarásához tartozó file-t. Értelmezze a blokkvázlatot és a minta paramétereit, és indítsa el a minta programot.

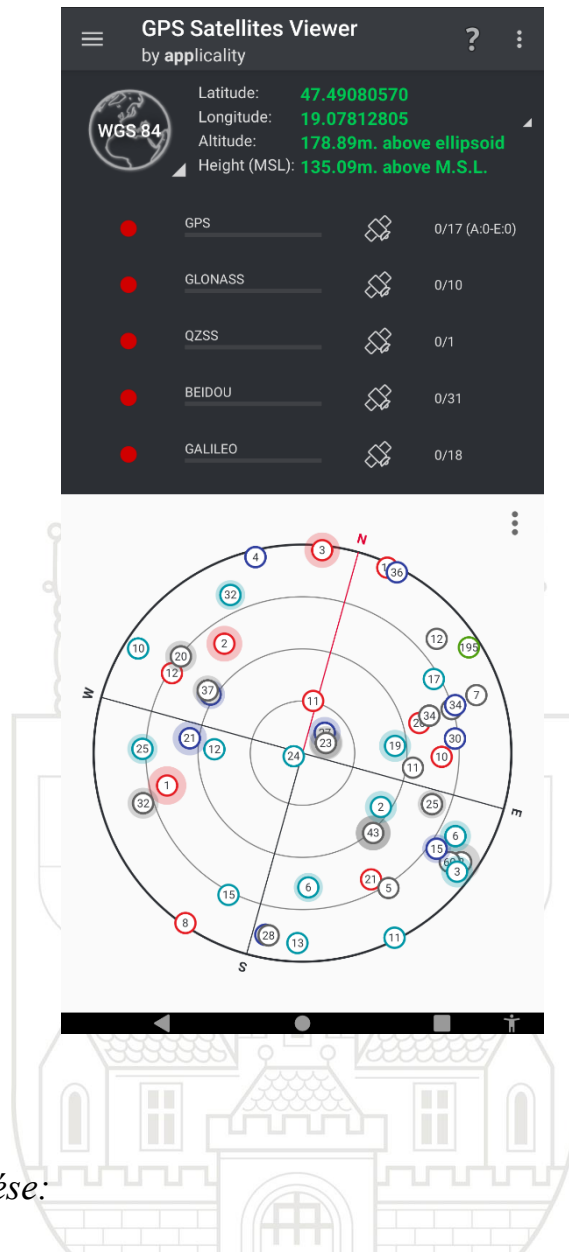
Vizsgálja meg az Anritsu MS2090A spektrumanalizátorral, hogy valóban megjelent-e a kívánt zavarási tartomány. Továbbá a telefonon futó alkalmazásban is ellenőrizze, hogy van-e aktív Glonass műhold jel. Az eredményeket, információkat ismertesse, és a vizsgálat alatt kapott képeket rögzítse a jegyzőkönyvben!

Vizsgálati fénykép/ fényképek:

3. kép Glonass L1 műhold zavarásához tartozó blokkvázlat



6. kép Glonass L1 műhold zavarás közben elérhető helymeghatározó műholdak információi



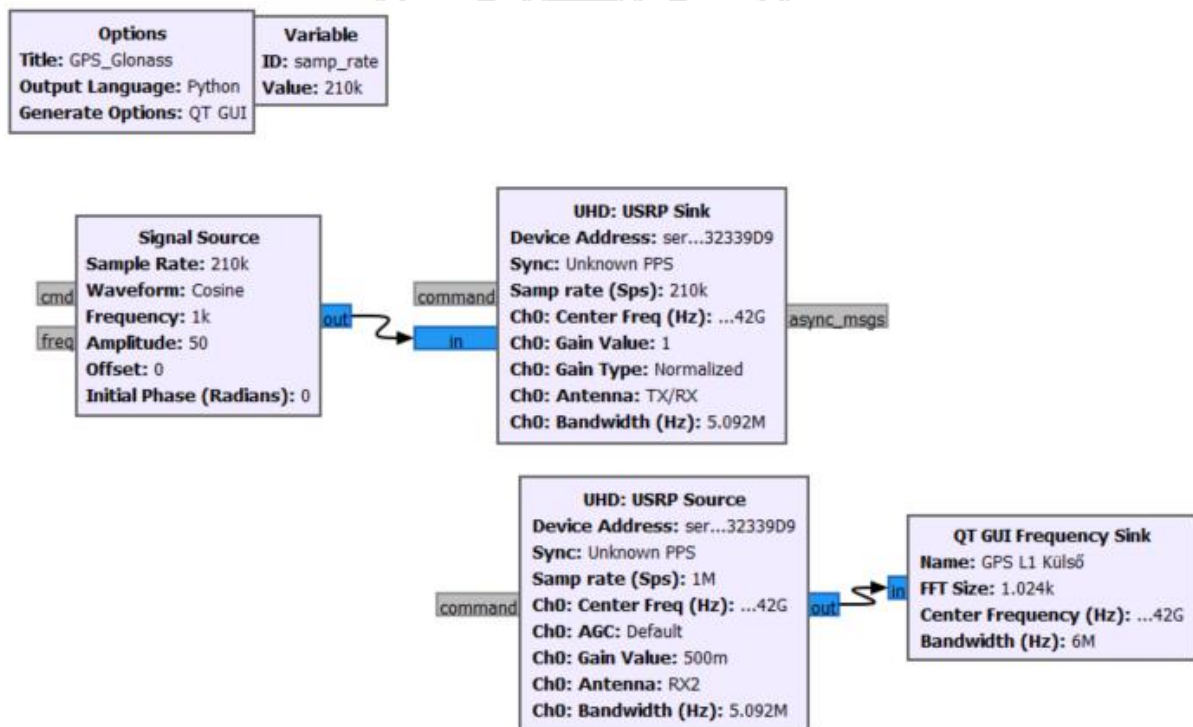
Mérés értékelése:

Sikeresen megnyitottam a GNU Radio programot és a Glonass L1 műhold zavarásához tartozó file-t. A megnyílt blokkvázlatot rögzítettem a jegyzőkönyvembe és értelmezése során részletesen tanulmányoztam a beállítható paramétereket. Ezután elindítottam a file-t és a 4. képen látható spektrum kép jelent meg a képernyőn. Ahogy a feladat kérte spektrumanalizátorral is megvizsgáltam valóban megjelenik a zavarás az első feladatban kiszámolt frekvencián. Utolsó lépésben pedig a mobil telefonon is ellenőriztem valóban elérhetetlenné válnak a Glonass L1-es sávban található műholdak.

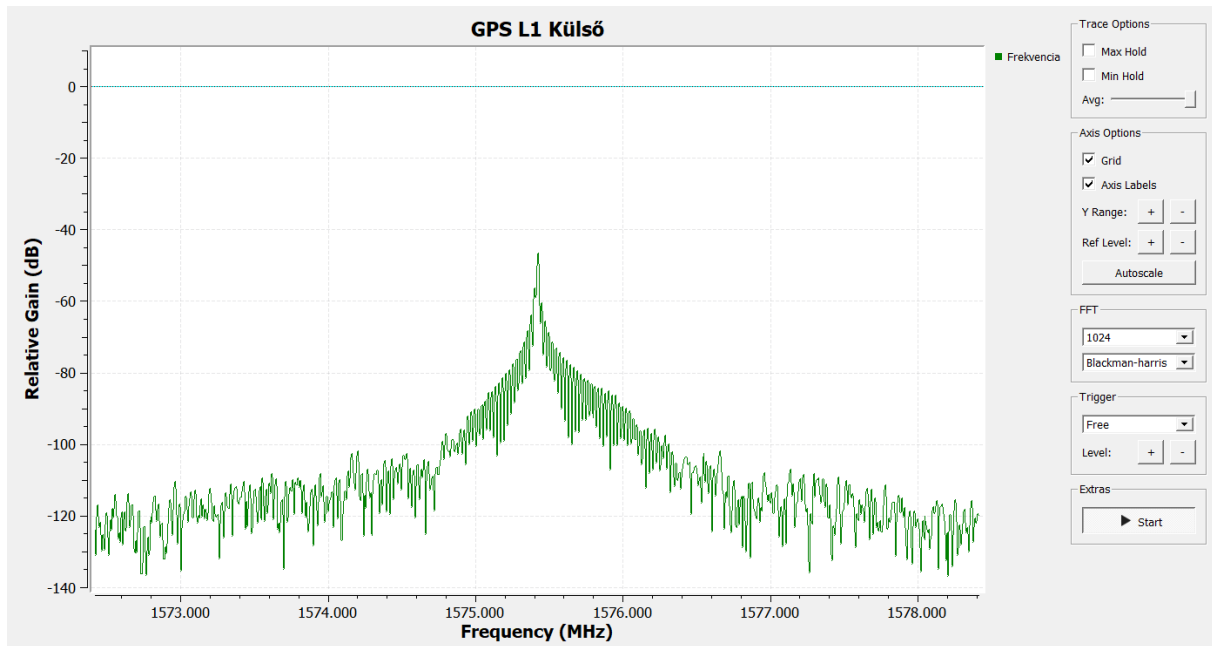
4. **Feladat:** Készítse el az előző feladat mintájára a másik kettő zavarási vizsgálathoz tartozó file-t az Ön által kiszámolt értékekkel! Indítsa el az elkészült file-okat! Ellenőrizze a spektrumanalizátoron és a mobil készülékeken a munkájának eredményét! Az eredményeket, információkat ismertesse, és a vizsgálat alatt kapott képeket rögzítse a jegyzőkönyvben!

Vizsgálati fénykép/ fényképek:

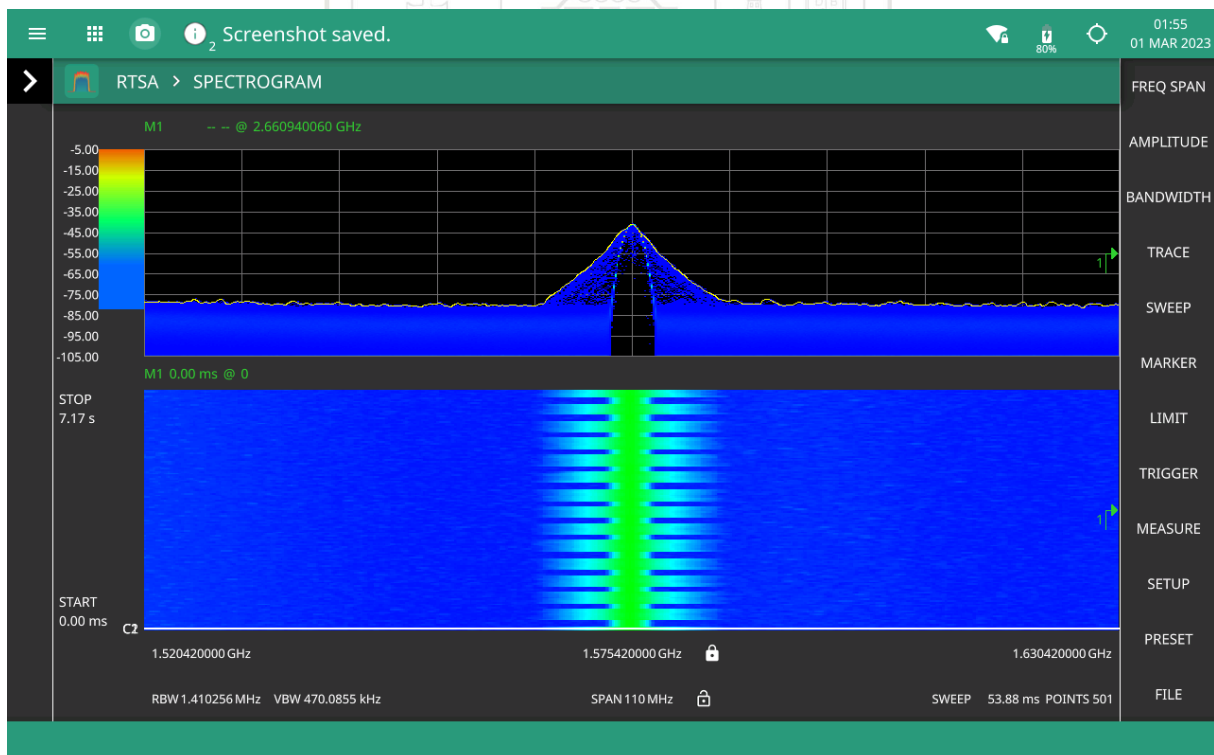
7. kép GPS L1 műhold zavarásához tartozó blokkvázlat



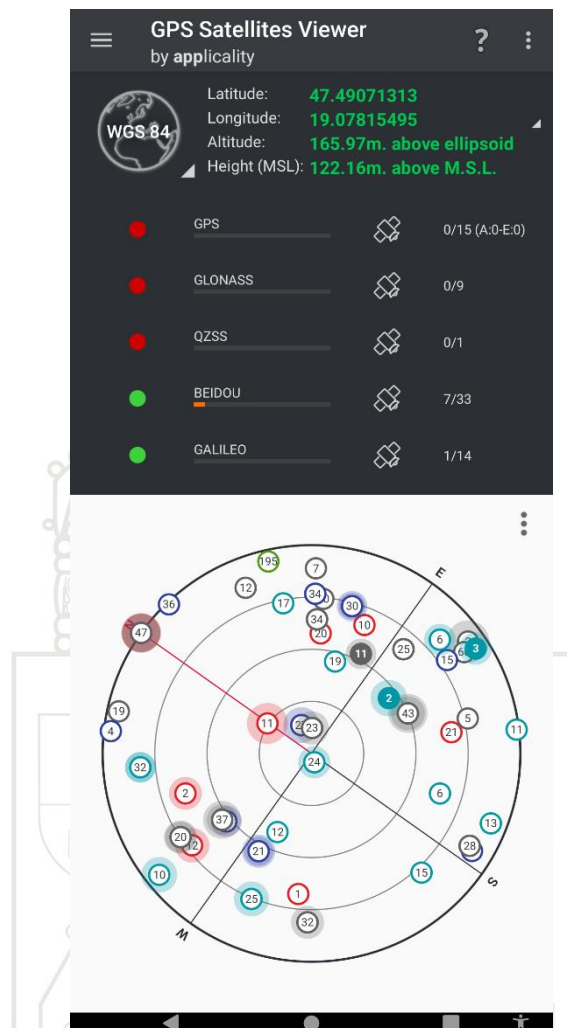
8. kép GPS L1 műhold zavarásához tartozó zavar jel spektrumképe GNU Radio programból



9. kép GPS L1 műhold zavarásához tartozó zavar jel spektrumképe spektrumanalizátorral



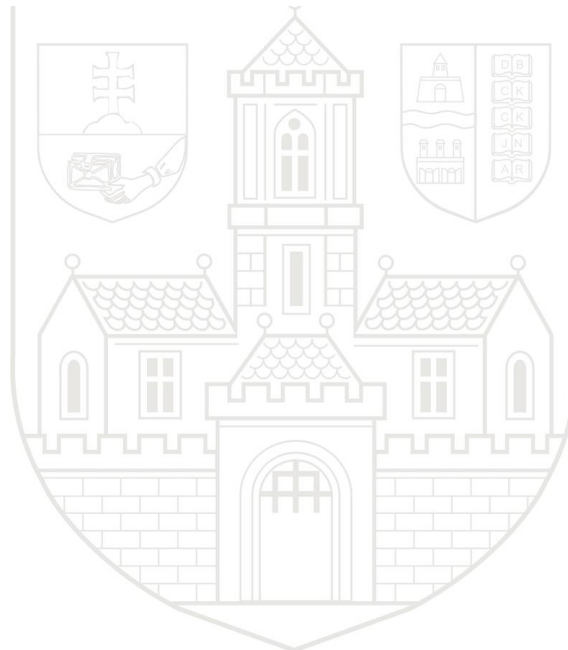
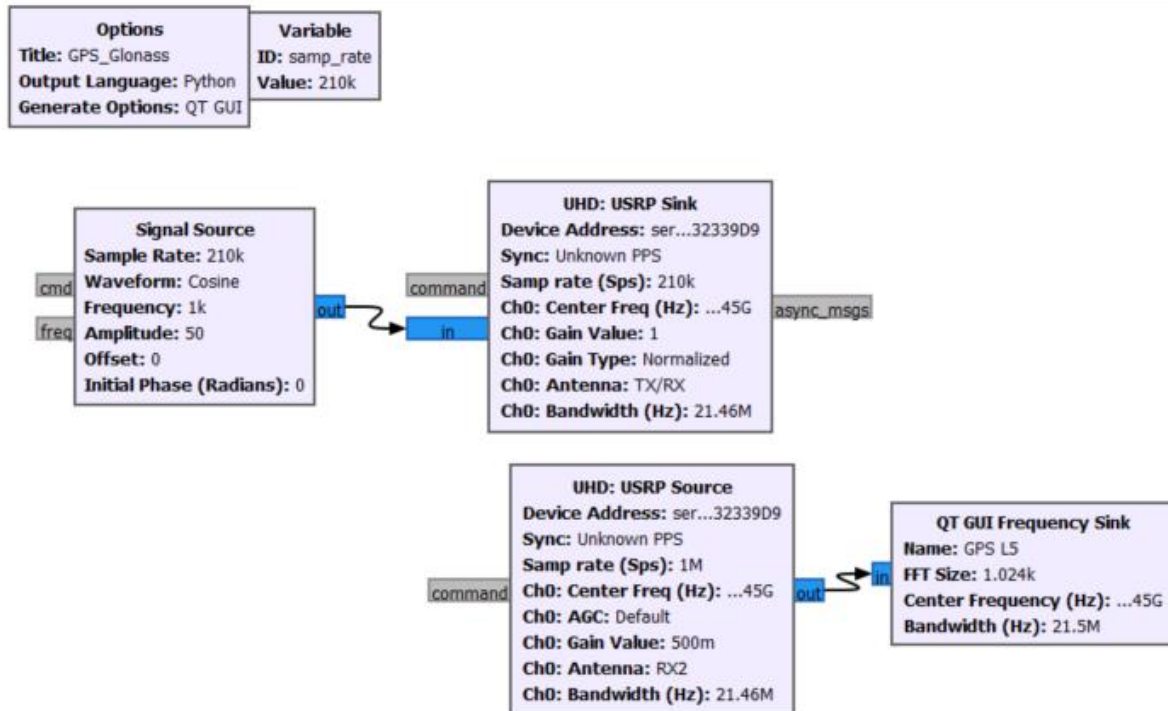
10. kép GPS L1 műhold zavarás közben elérhető helymeghatározó műholdak információi



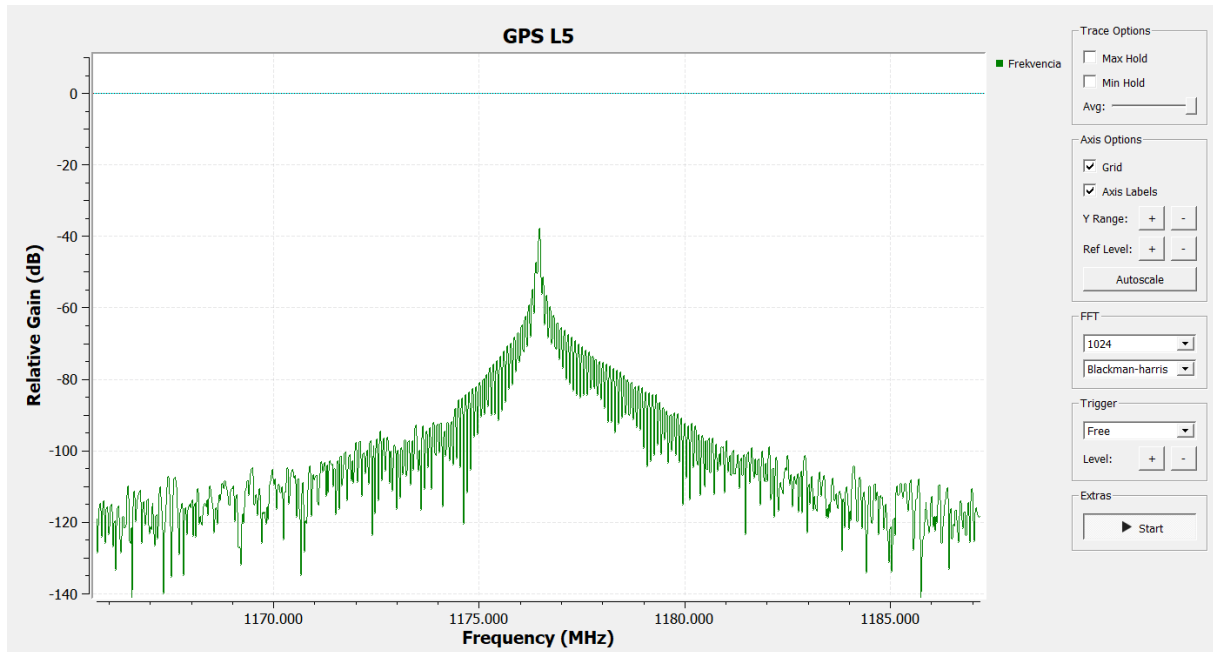
Mérés értékelése:

Sikeresen elkészítettem a GPS L1 műhold zavarásához tartozó file-t, figyelve az első feladatban kiszámolt értékek helyes megadására, továbbá a pontos beállításokra. Az elkészült blokkvázlatot rögzítettem a jegyzőkönyvembe. Ezután elindítottam a file-t és a 8. képen látható spektrum kép jelent meg a képernyőn. Ahogy a feladat kérte, spektrumanalizátorral is megvizsgáltam, valóban megjelenik a zavarás az első feladatban kiszámolt frekvencián. Utolsó lépésben pedig a mobil telefonon is ellenőriztem, valóban elérhetetlenné válnak a GPS L1-es sávban található műholdak.

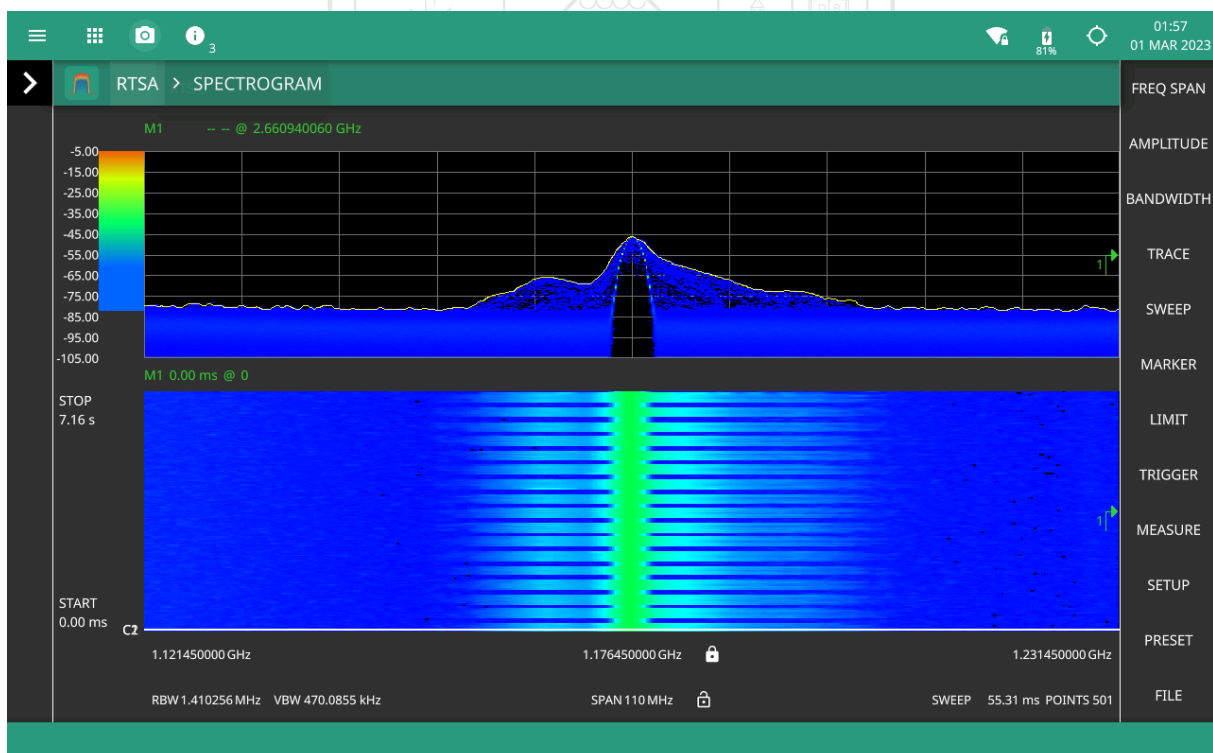
11. kép GPS L5 műhold zavarásához tartozó blokkvázlat



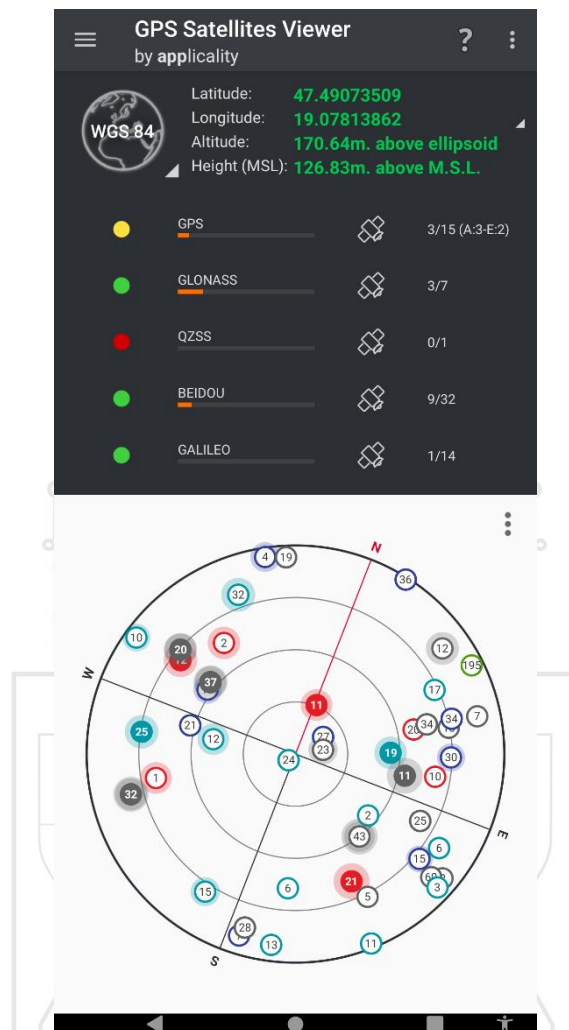
12. kép GPS L5 műhold zavarásához tartozó zavar jel spektrumképe GNU Radio programból



13. kép GPS L5 műhold zavarásához tartozó zavar jel spektrumképe spektrumanalizátorral



14. kép GPS L5 műhold zavarás közben elérhető helymeghatározó műholdak információi



Mérés értékelése:

Sikeresen elkészítettem a GPS L5 műhold zavarásához tartozó file-t, figyelve az első feladatban kiszámolt értékek helyes megadására, továbbá a pontos beállításokra. Az elkészült blokkvázlatot rögzítettem a jegyzőkönyvemben. Ezután elindítottam a file-t és a 12. képen látható spektrum kép jelent meg a képernyőn. Ahogy a feladat kérte, spektrumanalizátorral is megvizsgáltam, valóban megjelenik a zavarás az első feladatban kiszámolt frekvencián. Utolsó lépésben pedig a mobil telefonon is ellenőriztem valóban elérhetetlenné válnak a GPS L5-ös sávban található műholdak. Itt már látható, hogy nem mindegyik műhold vált elérhetetlenné ezt valószínűleg az okozza, hogy időközben a mobil készülék el tudott érni más műholdakat is, illetve a készüléken egy besorolásban szerepel az L1 és L5-ös GPS műholdak.

„A kulturális és innovációs minisztérium ÚNKP-22-2 kódszámú új Nemzeti kiválóság programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alaphól finanszírozott szakmai támogatásával készült.”



Új Nemzeti
Kiválóság Program



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM