

# WiFi hálózat mérés

Helyszín: I.B.113.

Ez a dokumentum a Hálózati rendszerek és Szolgáltatások Tanszék szakirányaihoz tartozó tantárgyak keretein belül végzett hallgatói WiFi mérések segédleteként készült. A rövid elméleti áttekintés mellett tartalmazza az elvégzendő feladatok listáját és a hallgatók felkészültségét ellenőrző kérdéseket.

## A WiFi hálózatok működésének áttekintése

Az Internethez való hozzáférés igénye és lehetősége mindennapossá vált. Az esetek jelentős részében a felhasználók a vezeték nélküli hozzáférést preferálják annak rugalmassága miatt. A különböző rádiós technológiáknak köszönhetően napjainkban számos vezeték nélküli hálózat működik, melyek egyike a vezeték nélküli helyi hálózat (WLAN), közkezdveltebb nevén a WiFi. A WiFi chip gyakorlatilag minden mobilkészülékben megtalálható, bár a szabványnak különböző verzióit, illetve kiegészítéseit támogatják. Itt jegyezzük meg, hogy a WiFi nem minősül mobil hálózatnak, mivel az összefüggő lefedettség, a gyors cellaváltási mechanizmus, a felhasználó mozgási sebességéből adódó káros hatások kiküszöbölése stb. nem megoldott.

A WiFi rendszerek működését az IEEE 802.11 szabványcsalád írja le, amelyek a távközlési ipar fejlődése során folyamatosan kiegészítettek különböző típusú funkciók leírásával, így például a rádiós interfész technológiája, az alkalmazott titkosítás, a szolgáltatás minőség (QoS) biztosítása stb. szempontból, így létrejöttek az IEEE 802.11a, b, g, n, e, i ... szabvány kiegészítések. A hálózati működés szempontjából vizsgálva a WiFi szabvány az alsóbb, a fizikai és az adatkapcsolati rétegbeli (OSI 1. és 2. réteg) funkciókat szabályozza. A rendszer működése szempontjából meghatározó, hogy olyan rádiós frekvenciákat használ(hat), amelyben a berendezések üzemeltetése nem engedélyköteles (license-free); a konkrét értékeket tekintve a 2,4 GHz-es ISM sáv és az 5 GHz-es tartomány egy része használható. Ezen frekvenciasávokban a hatósági szabályozásból következően az egyes felhasználók nem kapnak védelmet a más adatforgalmakból származó zavaró interferencia jelenségek ellen, így ezzel mindenképpen számolni kell a kommunikáció tervezése során.

Természetesen bizonyos korlátozások itt is érvényben vannak, például az egyes rádiós eszközök adóteljesítménye maximum 100 mW lehet az európai szabályozás szerint (léteznek ettől eltérő esetek is) annak érdekében, hogy a sávon belüli más kommunikációk számára gyakorolt zavaró hatás kézben tartható legyen. Kötött továbbá a rádiós technológia, amely direkt szekvenciális szórt spektrumú (DSSS) megoldás lehet vagy ortogonális frekvenciaosztásos multiplexálás (OFDM). Mivel a Bluetooth eszközök is azonos frekvenciasávban működnek, így a frekvenciaugrásos szórt spektrumú (FHSS) rádiójel által keltett zavarra számítani kell. A szórt spektrumú hozzáférés a WiFi esetében (is) azt jelenti, hogy speciális korrelációs tulajdonságokkal rendelkező ún. szóró kód alkalmazásával az átvinni kívánt információt a szükségesnél lényegesen szélesebb frekvenciasávban sugározzuk ki. Ennek az első pillantásra pazarló megoldásnak az az előnye, hogy jelentős védelmet tud biztosítani a korrelálatlan fehér zaj, a keskenysávú zavaró jelek, valamint az ortogonális szóró kódokkal azonos sávban sugárzott jelek zavaró hatása ellen.

Az információátvitelben az egyik legfontosabb cél sok esetben a minél magasabb adatátviteli sebesség elérése anélkül, hogy az adatfolyamban hibák keletkeznének, illetve úgy, hogy a hibák száma egy

meghatározott korlát alatt maradjon. Természetesen előfordulnak olyan esetek is, ahol elegendő az alacsony átviteli sebesség is, azonban fokozottan elvárjuk a hibamentességet – ez alkalmazásfüggő. Mindenesetre a hibakritériumok teljesítése érdekében bizonyos jellemzői kritériumokat teljesíteni kell. Ezen jellemzők a hasznos jel teljesítményével, illetve a hasznos és a zaj vagy interferencia jellegű (más forrásból származó szándékosan sugárzott, más számára hasznos, vagy akár rosszindulatú) jel teljesítményének arányával függenek össze. A kettő közül az előbbi jellemző is gyakorlatilag az utóbbira vezethető vissza, de ekkor a zavarjelet maga a vevőzaj, a termikus zaj jelenti. Például egy rendszer működéséhez szokásosan előírják a minimálisan szükséges vételi teljesítményt, mivel kisebb szintek esetén a vevőberendezés saját zaja már olyan alacsony jel-zaj viszont eredményezne, amivel már demodulálásnál, dekódolásnál nem lennének tarthatók a bithiba kritériumok. (Megjegyezzük, hogy jelen esetben digitális modulációjú rendszereket vizsgálunk.)

A vételi jelszintet jellemző paraméterek közül az egyik az RSSI (Received Signal Strength Indicator), amely az adott vételi sávban mérhető összes – beleértve a feltehetőleg túlnyomórészt kitevő hasznos, valamint a zavaró – jelteljesítményt jelenti, és sokszor triviális megnevezéssel csak „térerő”-ként hivatkoznak rá. Valójában az adott helyen mérhető rádiós teljesítménysűrűség és az antenna hatásos felületének vagy az elektromos térerősség és az antenna hatásos hosszának szorzatából adódik, és [W] dimenziójú, logaritmikus értékekre átszámítva dBm-ben jelenítik meg. Első megközelítésben megfelelő paraméter annak megítélésre, hogy a rádiós kapcsolattól „mire számíthatunk”. Amennyiben a hasznos jel teljesítményét kívánják leírni, úgy különböző, a rádiós technológiától függő esetekben használják az RSCP (Received Signal Code Power) és az RSRP (Reference Signal Received Power) értékeket. Az előbbi a szórt spektrumú rendszerekben az adott szóróköddel dekódolható jel teljesítményét jelenti, míg az utóbbi alatt a referencijel (pilot) teljesítménye értendő (dBm értékben). Egy WiFi hálózat esetében a maximális, a vevő által még tolerált teljesítmény -20 dBm, bizonyos esetekben -10 dBm. A vevő érzékenysége, tehát a minimális, még feldolgozható teljesítményszintű jel -85 dBm lehet, bár ez a jel bevezető részére (preamble) vonatkozik. A hálózatban megengedett maximális kisugárzási teljesítményszint és az alkalmazott szabvány kiegészítés függvényében ez az érték növekszik körülbelül -75 dBm szintig. A kisugárzott teljesítményt egyébiránt gyakran az izotróp antennára vonatkoztatják, és EIRP-ként (Equivalent Isotropically Radiated Power, esetleg Effective Isotropically Radiated Power) hivatkoznak rá.

A jellemzőségeit leíró dimenzió nélküli, a hasznos és zavaró teljesítmények arányát kifejező mennyiségek ugyancsak elterjedten használatosak. A legismertebb ezek közül a jel-zaj viszony (SNR, Signal-to-Noise Ratio) vagy jel-interferencia-zaj viszony (SINR, Signal-to-Interference-and-Noise Ratio), melyet a teljes, a vevőszűrő által meghatározott vételi sávra értelmeznek. Hasonlóan dimenzió nélküli mennyiség a hasznos bitenergia és a zaj teljesítmény sűrűség arányát megadó  $E_b/N_0$  és a szórt spektrum esetében az egy chip-re jutó energia és a zaj teljesítmény sűrűség arányát megadó  $E_c/N_0$ . (A dimenzió nélküliség levezetését ez esetben az olvasóra bízunk.) A jellemzőségeit leírására használatosak még a bonyolultabb módszerrel számítható, vagy a szabványban definiált táblázat alapján kereshető RSRQ (Reference Signal Received Quality) és CQI (Channel Quality Indicator) értékek, melyek részletes ismertetését jelen dokumentumban mellőzzük. Az IEEE 802.11 szabvány az SNR értékekre közvetlenül nem hivatkozik, az egyes modulációs módok átkapcsolását annak függvényében írja elő, hogy a kerethiba arány kézben tartható legyen (ez egyes szabvány részekben 10%, másutt 8%).

Az OSI (Open System Interconnection) szerinti felosztás 2. rétege az adatkapcsolati réteg (Data Link Layer), amelyet tovább osztanak az alsóbb szintű MAC (Medium Access Control) és a felette levő LLC (Logical Link Control) alrétegekre, melyek közül a szabvány csak a MAC működését írja le. A közösen használt rádiós közeg megfelelő kezelése igen fontos feladat, a létrejövő adatütközéseket, illetve a csatorna kihasználtságát

igyekezni kell elkerülni. Erre az egyes szabványverziókban különböző bonyolultságú eljárásokat használnak (CSMA, CSMA-CD, CSMA-CA stb. – ezek részletes leírása a szakirodalomban megtalálható).

A szabványban meghatározott lehetséges hálózati működési módok közül néhányat érdekességként érdemes megemlíteni. A fizikai rétegben definiálnak infravörös (IR) tartományban működő rendszert is, amely a gyakorlati használatban nem terjedt el. Hasonló sorsra jutott a direkt szekvenciális spektrumszórással szemben a Bluetoothból is jól ismert frekvenciaugratáson (Frequency Hopping Spread Spectrum) alapuló rádiós megoldás. Az így definiált fizikai rétegek felett egyébként ugyanaz a MAC réteg működik. A MAC rétegről megjegyezhető, hogy ez sem csak az általánosan elterjedt DCF (Distributed Coordination Function) módban használható a már említett ütközésselkerülő megoldásokkal. Definiált az ún. PCF (Point Coordination Function) mód is, amelyben a WiFi hozzáférési pont központilag ütemezi az egyes felhasználók közeghozzáféréseit. A két mód közötti megkülönböztetés a keretek közötti megfelelő hosszúságú várakozási idők (Inter-frame Space, IFS) betartásával lehetséges, amely egyébként a két mód együttes alkalmazására is lehetőséget ad. A PCF módot is ismerő eszközök csak elvétve találhatók a piacon. Az eddigiek mellett megjegyzendő, hogy a WiFi hálózat a kiemelt jelentőségű hozzáférési pont beiktatása nélkül is tud üzemelni, ekkor beszélhetünk ad hoc működésről, amikor az egyes felhasználók közvetlenül egymással kommunikálnak (az összefüggő hálózat létrehozása ekkor természetesen további problémák kezelésének szükségességét vonja maga után).

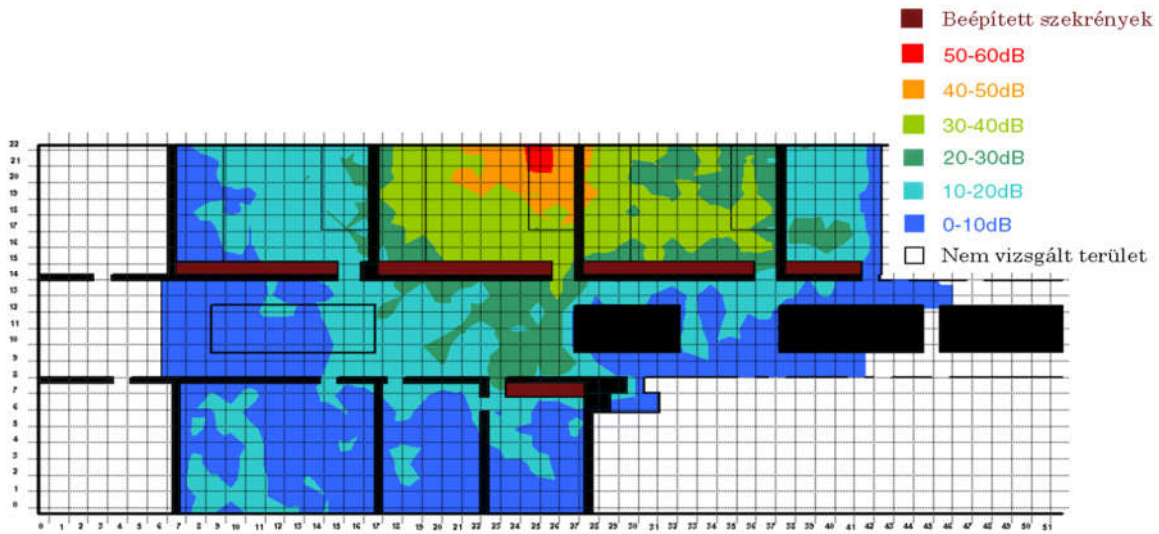
## Helymeghatározás hő térkép alapján

A vezetékes távközlési hálózatokban nem kérdéses a szolgáltatást használó előfizető helye, és amennyiben a hálózat bizonyos szinten támogatja a helymeghatározási funkciót, úgy ez az információ gyorsan el is érhető (de pl. a régi vezetékes analóg telefonhálózatokban a hívó fél beazonosítása nem volt triviális). A vezeték nélküli hálózatok esetében azonban csak a kapcsolódó hálózati hozzáférési pont helyét tudjuk biztosan. Amennyiben az előfizető szeretné meghatározni a helyzetét akár pusztán a saját pozíciójának ismeretéhez, akár valamilyen hálózati kérésre, úgy kiegészítő technológiák alkalmazására van szükség. A jelenlegi távközlési hálózatokban egyre több helyfüggő szolgáltatás (Location-based Services) jelenik meg, így a helymeghatározás jelentősége is megnövekedett. Azonban nem feltétlenül szükséges az említett kiegészítő technológiaként a jól ismert GPS rendszert használni, mivel nem feltétlenül van szükség minden esetben ilyen pontosságra, nem feltétlenül elérhető a szolgáltatás (pl. beltérben nincs rálátás a műholdakra), illetve az is lehetséges, hogy a mobil eszköz nem tartalmaz GPS vevőt. Bizonyos feltételek megléte mellett a helymeghatározás lehetséges egy WiFi hálózatban is.

A klasszikus helymeghatározási módszereknél előre megadott, ismert pozíciójú pontokhoz viszonyítva határozható meg a saját pozíció. Például az ún. háromszögelési módszer esetében (síkban történő pozícionálási szükségletet feltételezve) három előre megadott ponttól mérjük meg a távolságunkat, rádiós esetben az elektromágneses hullám terjedési sebességének és a megmért terjedési időnek az ismeretében. A beltéri WiFi hálózatok esetében ez a módszer két fő ok miatt nem működik. Egyrészt a rádióhullám az adó- és a vevőberendezések között nem csak egyenes vonalban terjed, különféle visszaverődések alakulnak ki, esetleg nincs is direkt rálátás a két pont között. Emiatt a terjedési idő nagy valószínűséggel nem tükrözi a két pont tényleges távolságát. Másrészt a gyakorlatban előforduló távolságokat feltételezve nanoszekundum pontossággal lenne szükséges a jelterjedési idő mérése, ami a WiFi berendezésekkel nem lehetséges.

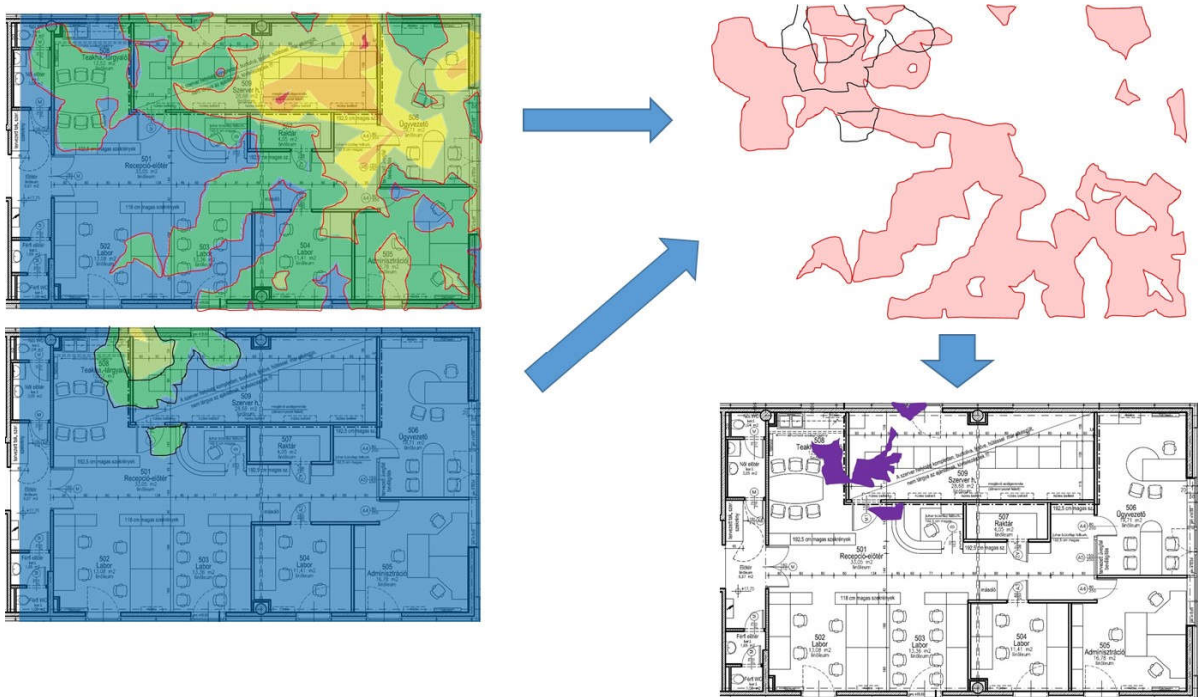
A másik lehetőség a helymeghatározásra, hogy a jelszintet mérjük. A beltérben történő jelterjedés esetében a vételi teljesítmény értékek meglehetősen hektikusan, analitikus formában nehezen leírhatóan változhatnak, azonban ha meghatározunk egy léptéket, akkor az adott WiFi hozzáférési ponthoz készíthetünk

egy hőterképet az adott helyszínen (ld. 1. ábra). Matematikai analógiával élve az egyenletrendszer numerikus megoldásához látunk hozzá (valójában tényleg ez történik).



1. ábra WiFi lefedettség térkép (hőterkép)

Több WiFi hozzáférési pont esetén több ilyen térkép készíthető (mindegyik hozzáférési ponthoz egy). Amennyiben a mobil eszközzel megmérjük az egyes hozzáférési pontokhoz tartozó jelszinteket, úgy behatárolhatjuk a lehetséges tartózkodási helyünket az egyes térképek alapján. A szűkített területek metszeteit képezve a nem illeszkedő területek kizárásával pedig végül pontosan meghatározhatjuk a helyzetünket. Természetesen a pontosság függ a terület nagyságától, a mérésbe bevont hozzáférési pontok számától, azok elhelyezkedésétől. Egy egyszerű példa a lehetséges tartózkodási hely szűkítésére a 2. ábrán látható (ebben a példában két beltéri 3G cellából származó mérések alapján).



2. ábra A lehetséges pozíciók szűkítése

Gyakorlati esetben természetesen nagyobb számú hozzáférési pont szükségessége (pl. 10-15 db), de ez erősen függ a szolgáltatási terület méretétől. A szolgáltatás nyújtásához a hálózat üzemeltetője a fentebb említett lépték szerinti pontokon mért jelszint értékeket adatbázisban tárolja. A helymeghatározó szolgáltatás használatkor az előfizető készüléke megkeresi az elérhető hozzáférési pontokat, és méri az ezekről származó jelszintet. A mért és a tárolt értékeket összevetése alapján becsülhető a felhasználó pozíciója. Az összehasonlításhoz különböző algoritmusok alkalmazhatók, amelyek figyelembe veszik a lehetséges szórásokat, kezelik az egyes hozzáférési pontoktól származó jelek esetleges hiányát. A kialakított rendszer helyzetbecslési pontossága bizonyos korlátok között változtatható a rendszerjellemzők megfelelő beállításával (pl. alkalmazott hozzáférési pontok száma, a raszter sűrűsége, kvantálási szintek, algoritmus típusa stb.)

## Rövidítések

WLAN – Wireless Local Area Network

## Mérési feladatok

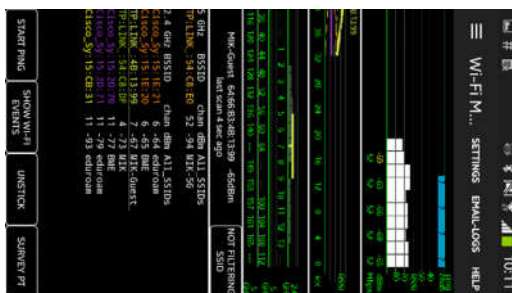
Az alábbi mérési feladatok elvégzéséhez egy legalább az Android 4.1 verzióját futtató mobiltelefon szükséges. A feladatok megoldása előtt az összes feladatot olvassa el, mert egymásra épülhetnek!

0. Telepítse fel a telefonra az Aruba Utilities alkalmazást! Indítsa is el!



3. ábra Aruba Utilities letöltése.

1. A telefonra az előző lépésben telepített alkalmazás menüjében kiválasztható a jelerősségmérési funkció. Az alkalmazás a mérés során egy listában jeleníti meg a közeli WLAN access pointok jelerősségeit és egyéb adatait.



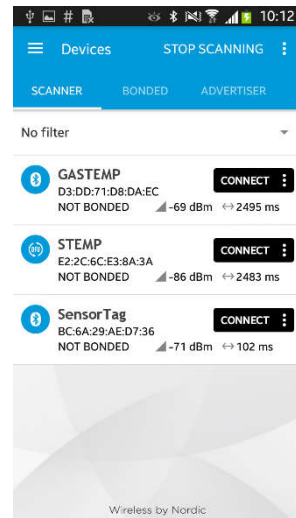
4. ábra Aruba Utilities

Végezzen méréseket a telefonra telepített alkalmazás segítségével az I épület aulájában körülbelül 5x5 méteres rácpontokon! A méréseket a BME SSID-t sugárzó access pointok közül 4 szabadon választott eszközre végezze el.

2. Ábrázolja a mért jelerősségeket az 1. sz. mellékletben található térképen szintvonalas módszerrel



5. ábra Master Control Panel letöltése.



6. ábra Nordic Semiconductors Master Control Panel

Windows 10 Mobile rendszerhez alternatív megoldásként használható a WiFi Analyzer nevű alkalmazás. Bluetooth LE kereséshez Windows 10 Mobile esetén alkalmazható a Bluetooth Beacon Interactor alkalmazás.



7. ábra WiFi Analyzer letöltése.



8. ábra A Bluetooth Beacon Interactor letöltése.

## 1. sz. melléklet: I épület térképe

A hallgató feladata a mérésre történő felkészülés alkalmával a térkép kinyomtatása. Kérjük egy példányt hozzon magával a mérésre!

