



Szoftveresen támogatott rádiófrekvenciás tesztelés

Erős Ákos

Budapest

2021

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	3
1.1.	A dolgozat témája	3
2.	A telefon rádiófrekvenciás tesztelése	4
2.1.	A telefon rádiós működése	4
2.2.	Az RF tesztelés eszközei	6
2.3.	A teszt elvégzésének menete	8
2.4.	A TMX eszközparkjának bemutatása	9
2.5.	A teszteléssel járó előnyök	11
2.6.	Kihívások és profilok karbantartása	11
3.	A program fejlesztésének menete	12
3.1.	Az igényt kiváltó tényezők	13
3.2.	Lehetséges megoldás a problémára	14
3.3.	Kezdetleges verzió elkészítése	16
3.4.	Funkcionálisan teljes verzió elkészítése	26
3.5.	Felmerülő igények teljesítése	41
4.	A végleges megoldás bemutatása	43
4.1.	Felület és navigáció	43
4.2.	Működés testre szabása és források kiválasztása	44
4.3.	Feldolgozott mérések adatainak felhasználása	45
4.4.	RF profilok kezelése	46
4.5.	Mérések ábrázolása és azoknak eltolása	49
4.6.	Műveletek riportokkal	50
4.7.	Készülék információ	51
4.8.	A program szerkezete	52
5.	Összefoglalás	57
5.1.	Levont következtetések	57
5.2.	Kitekintés a további fejlesztésekre	58
6.	Irodalomjegyzék	59
7.	Ábrajegyzék	60
8.	Melléklet	60

1. Bevezetés

Már a 90-es években lehetett a számítógépek teljesítményét, a következő mondattal jellemezni: képzeljünk el egy vadászgép pilótát, aki egy rét felett halad el és képes minden fűszálat megszámolni. 20 év telt el azóta és a számítógépek teljesítménye hihetetlen mértékben fejlődött. Mellette magas szintű és akár platform független program nyelvek állnak rendelkezésre. Ezek a nyelvek kellő kitartással elsajátíthatók, a számítógépekben rejlő potenciál, így nagy mértékben kiaknázható. A számunkra átláthatatlan adathalmaz, akár értékes információvá alakítható. Az internet nem csak a programozás területén áll rendelkezésünkre. Ha egy olyan munkakörbe kerülünk, amelyben szakmailag kevés ismerettel rendelkezünk, akkor nagy eséllyel tudunk a mindennapi munkavégzéshez, hasznos információkat szerezni.

1.1. A dolgozat témája

A dolgozat egy olyan számítógépes program kifejlesztésével foglalkozik, egy létező telefonos szerviz számára, amely a rádiófrekvenciás (Radio Frequency - RF) teszt részlegnél felmerülő karbantartói és rutin feladatok elvégzését segíti. A kész számítógépes programnak megoldást kell találnia, az RF tesztelés során használt árnyékoló ládák amortizációja miatti rendszeres hibák korrigálására, az RF profilok fenntartható és átlátható karbantartásával. Egységesítenie kell minden olyan funkciót, amelyek más különálló programmal, vagy táblázat segítségével kerültek korábban megvalósításra. A programnak igazodnia kell a folyamatokhoz és a műszerparkhoz, valamint azokat is érdemes úgy kialakítani, hogy a programban rejlő potenciál, maximálisan kiaknázható legyen. A fejlesztés Java¹ programnyelven és normál munkavégzés mellett kerül megvalósításra: ezért megfelelően kell kommunikálni a fejlesztés előrehaladását, gyakorlati alkalmazás során pedig, a tesztelési folyamatot nem akadályoztathatja (több lépcsős megvalósítás szükséges). A dolgozattal céloom rámutatni, hogy alapvető szoftverfejlesztési ismeretek birtokában (ami az internet segítségével bővíthető), lehetséges egy olyan programot készíteni, amely jelentős (egyben pozitív) kihatással lehet az általunk aktuálisan betöltött munkakörre. A véglegesített megoldás leírása mellett fontosnak tartom, az RF teszteléssel kapcsolatban szerzett tapasztalatok és a programhoz vezető út részletezését is (a fejlesztés több szakaszából kerestem elő dokumentumokat). A dolgozatban szereplő fotókat céges engedéllyel, én készítettem. A program felületének és a dolgozat ábráinak készítésekor is felhasználtam, ingyenesen elérhető képeket a Pixabay² weboldalról.

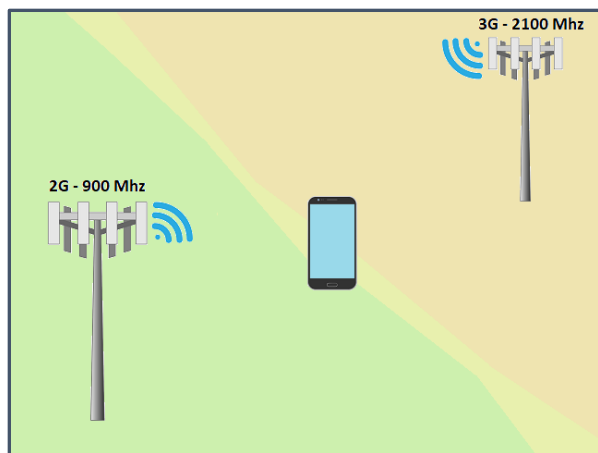
¹ <https://www.oracle.com/java>

² <https://pixabay.com>

2. A telefon rádiófrekvenciás tesztelése

Mielőtt rátérnék a szoftver kifejlesztésének a menetére, feltétlen szükséges megismerni azt a környezetet és annak alkotórészeit, amelyben a végleges program elhelyezésre kerül. Ez a környezet egy rádiófrekvenciás teszt részleg, amelyet a dolgozat a TMX Mobile Solution (továbbiakban TMX) példáján mutat be. Alkotórészei a felhasználó telefonkészülékei (illetve egyéb eszközei), valamint az azok teszteléséhez szükséges speciális mérő berendezések.

2.1. A telefon rádiós működése



1. ábra – Cellahatárra érkező telefonkészülék

Habár mostanra az okostelefonok egy nagyon sokoldalú eszközzé fejlődtek, az alapvető funkciójuk továbbra is a hívás indítás-fogadás, valamint az adatforgalom lebonyolítása. Egy átlagos felhasználó természetesnek veszi, hogy két telefon vezeték nélkül összeköttetésbe kerül, vagy szélessávval csatlakozik a készüléke az internethez. A háttérben ezek az eszközök a helyzetüktől függően, különféle rádiós

adó-vevő bázisállomásokhoz (Base Transceiver Station - BTS) csatlakoznak (lásd 1. ábra). Ezek a rádiós adó-vevő tornyok, ha a régiónból indulunk ki, használhatnak második generációs GSM 900-1800 (Global System for Mobile Communication), harmadik generációs WCDMA I-VIII (Wideband Code-Division Multiple Access), vagy negyedik generációs LTE 1-3-7-20 (Long Term Evolution) adatkommunikációs szabványokat. Ezen felül már vannak ötödik generációs megoldások is, de a dolgozat azokat nem érinti. A telefon vezérlő áramkörébe épített modem felvérteti a készüléket a bázisállomáshoz való csatlakozási képességgel, közöttük a kommunikáció felfele és lefele irányban, tehát oda-vissza is történhet. A telefonban lévő erősítő végfokozatok és antenna rendszer kellő erősségű jelet tud előállítani, hogy a kapcsolattartásra akár nagy távolságokból is lehetőség nyíljon. A telefon jelének maximális teljesítménye a GSMA³ (GSM Association) szervezet által előírt szabványban wattban (W) és decibelben (dB) meghatározott, a készülék rádiós besorolásától (Power Class) függő és hálózati szabványonként eltérő lehet. A mi szempontunkból a 33-30 dB (GSM 900-1800) [1], 24 dB (WCDMA I) [2], valamint 23 dB (LTE 20-3-1-7) [3] jelerősség értékek lesznek irányadók. Ezek egy civil felhasználásra szánt telefon (Power Class 3) által előállított, maximális

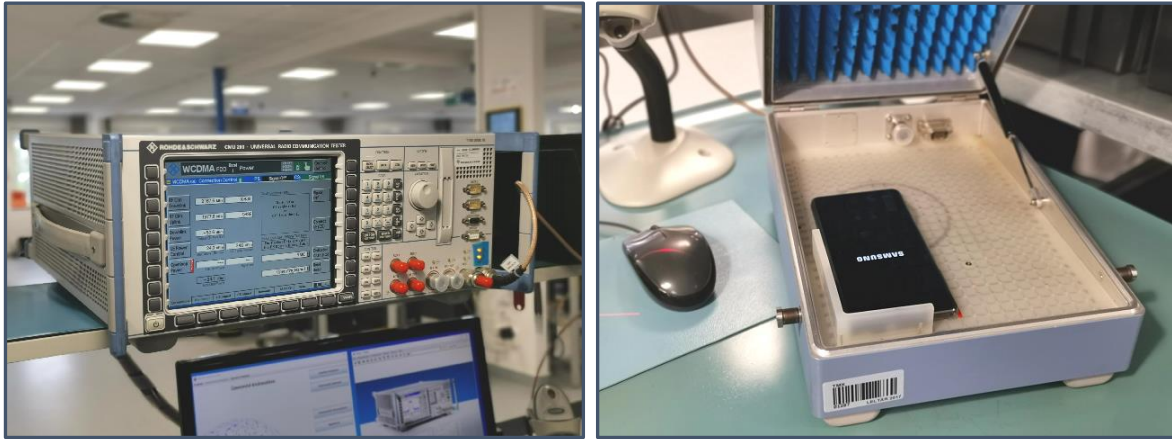
³ <https://www.gsma.com>

jelerősség szintek. A készülékeknek az időjárási körülményektől és a bázisállomástól való távolság függvényében, nem kell folyamatosan a maximális jelszinten sugározni. A jelerősség szabályozható, ezáltal értékes akkumulátor üzemidő takarítható meg.

A telefonok tartalmaznak egy egyéni azonosítót, egy úgynevezett IMEI számot (International Mobile Equipment Identity), amellyel a hálózaton pontosan azonosíthatók. Ennek a számnak az első 8 karaktere a TAC szám (Type Allocation Code), amely az eszköz gyártóját és típusát írja le. Ezeknek a számoknak a központi adatbázisát, a GSMA szervezet tartja karban. A TAC-ot követő számok azonosítják egyedileg a készüléket. Mindemellett a készülékbe helyezhető (vagy akár integrálható) egy SIM kártya (Subscriber Identity Module), amely tartalmaz továbbá egy IMSI számot (International Mobile Subscriber Identity). Ennek a számnak a része az ország- és hálózatkód (Mobile Country Code - MCC és Mobile Network Code - MNC), valamint egy azonosító, amelyből a telefonszám is származtatható. A bázisállomás által kibocsátott rádiós cellához, egy fix csatornán (Broadcast Channel), egy regisztrációs folyamat során kíséri meg a telefon a csatlakozást. Az IMSI és IMEI adatok alapján kerül azonosításra a felhasználó és telefonkészüléke (csak az arra jogosult eszközök és felhasználók csatlakozhatnak). A további kommunikációt egy éppen szabad csatornán, azaz frekvencián (amely le és fel irányban általában különböző) fogja tartani a bázisállomással. A hálózaton érkehetnek a készülék felé hang, illetve adathívások, de a készülék is indíthat ilyeneket. A bázisállomások az irányított antennáik révén, általában több irányba és több cellát hoznak létre. Ezek a cellák a bázisállomások között valamelyest átfedésben vannak (lásd 1. ábra), így a telefonkészülék mozgás közben is a hálózat állandó részegysége tud maradni. A bázisállomások egy úgynevezett cella váltás művelettel (Handover) képesek egymás között, a telefon felé irányuló kommunikációs feladatokat delegálni.

Ha ezt a funkcionalitást egy szerviz szemszögéből nézzük, akkor elengedhetetlen, hogy a javítási folyamat végén megjelenő készülék alkalmas legyen hívások lebonyolítására és internetelésre (tehát a bázisállomással történő megfelelő kommunikációra). Ez az ellenőrzés legegyszerűbben különféle szolgáltatói SIM kártyák segítségével végezhető el, a manuális minőségellenőrzési folyamat (Quality Check - QC) részeként. A tesztelendő készülékbe érvényes kártyát helyezünk és egy második (teszt) készülék segítségével hívástesztet végzünk. A megfelelő adatátviteli sebesség, mobilbörgészőben ellenőrizhető. Viszont, ha a telefon által kibocsátott jelről szeretnénk átfogóbb képet kapni, tehát hogy a telefon megfelelő jelerősséggel és megfelelő frekvencián sugározza a jelet, ahhoz további speciális eszközökre lesz szükségünk. Ezekkel a műszerekkel a telefon jelerőssége és milyensége számszerűsíthető, a telefon gyártója (valamint szabványok) által támasztott előírásoknak megfeleltethetően.

2.2. Az RF tesztelés eszközei



2. ábra – CMU 200 RF tesztelő műszer (bal) és CMU-Z11 Shield Box (jobb)

Egy telefon rádiófrekvenciás teszteléséhez különféle gyártók készítenek komplett megoldásokat. Ilyen gyártó például, a Rhode and Schwarz⁴ (továbbiakban R&S), az Agilent⁵ vagy a VIAVI⁶ (régebben Aeroflex). Ezek a berendezések elsősorban RF tesztelő (mérő) műszereket, árnyékoló ládákat és antenna rendszereket foglalnak magukba, de ide tartoznak még a különféle árnyékolt RF kábelek és teszt SIM kártyák is. A dolgozatban csak olyan eszközökről lesz szó, amelyek második, harmadik és negyedik generációs hálózatok (2G-3G-4G) tesztelésre alkalmasak, tehát nem fogjuk érinteni az ötödik generációs hálózati jelek ellenőrzésére alkalmas műszereket.

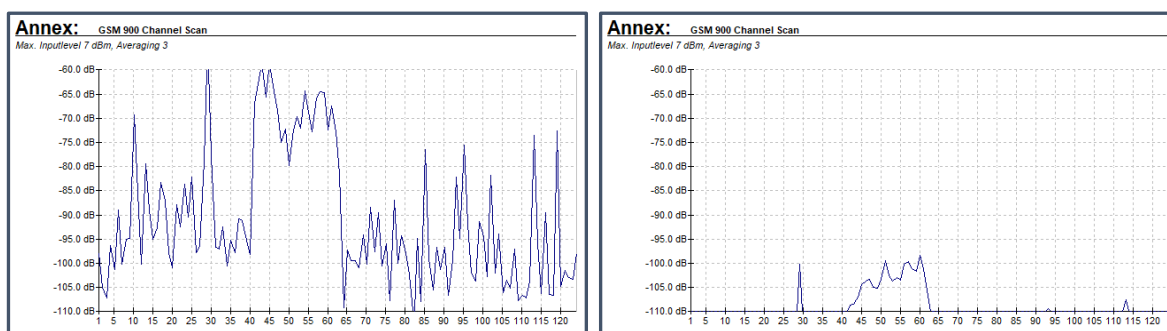
Az RF tesztelő műszer (továbbiakban tesztműszer) képes a bázisállomáshoz hasonló funkcionalitások megvalósítására és rádiós jelek mérésére (lásd 2. ábra). Jelgenerátorai segítségével, a felhasználó által paraméterezett, szabványos cellát hoz létre: ez lesz a teszhálózat. A teszhálózat felől érkező rádiós jeleket, analizátorok segítségével képes részletesen vizsgálni. A teszhálózatához, kimondott teszteléshez gyártott SIM kártyákkal lehet csatlakozni. A teszhálózatnak szabványosított ország- és hálózatkódja van (MCC-001 és MNC-01), a teszt SIM kártya ezeket az azonosítókat tartalmazza. Maga az RF tesztelés egy mágnesesen árnyékolt ládában (Shield Box) történik (lásd 2. ábra). A Shield Box-ba elhelyezett antenna rendszerhez, a tesztműszer egy koaxiális kábellel csatlakozik. Ez a kábel kellőképpen árnyékolt és n-Type csatlakozóval van ellátva. Ez a fajta csatlakozó [4] nagy frekvencia-tartományban, jó minőségű csatlakozást biztosít. A tesztelendő készülék, ha nem közvetlenül a tesztműszerhez csatlakoztatjuk az alaplapját, ezzel az antennával fog kommunikálni. A Shield Box vaskos, fémes anyagokból álló felépítése [5] és megfelelő belső kialakítása (általában

⁴ <https://www.rohde-schwarz.com>

⁵ <https://www.agilent.com>

⁶ <https://www.viavisolutions.com>

speciális szivacsborítás) felel azért, hogy a különféle rádió frekvenciás zavaró tényezők (Electro Magnetic Interference - EMI) [6], a tesztelés menetére ne, vagy csak minimálisan legyenek kihatással. Ezekből a zavaró tényezőkből több fajta is létezik. Állandó zavaró tényező (általános zaj) az elektromos hálózatok, tápegységek, vagy lámpatestek által gerjesztett elektromágneses hullámok. Véletlenszerűen zavaró tényezők (ritkábban vannak jelen), a különféle elektrosztatikus kisülések, kozmikus sugárzás, a napkitörések, vagy akár a villámlás. Ember alkotta készülék által, célirányosan előállított rádió frekvenciás jelek is jelen lehetnek, mint zavaró tényezők. Habár az ezeket a jeleket kibocsátó eszközök, az elektromágneses kompatibilitás (Electro Magnetic Compatibility - EMC) [6] figyelembevételével lettek tervezve (lehetőleg más berendezéseket működésük közben ne zavarjanak), de ezek is okozhatnak problémát a tesztelés során. Ilyenek a különféle rádió és tévé csatornák jelei, nem beszélve az egyre sűrűbben jelen lévő, vezetékmentes hálózatok jeleiről. Egy telefon rádiófrekvenciás tesztelésének szempontjából a legnagyobb ellenség, az élesben használt mobilhálózatokon a tesztfrekvenciákkal azonos, vagy közeli csatornákon kommunikáló készülék. Az azonos frekvencián sugárzott jelek nem csak jelentősen zavarják, de akár ki is olthatják egymást. A Shield Box zárt állapotban, nagyban redukálja a potenciálisan zavaró jeleknek az erősségét (lásd 3. ábra). A rádiófrekvenciás jelek visszaverődésének következtében, a telefon saját jele is fel fog lépni, mint zavaró tényező a Shield Box belsejében.



3. ábra – Foglalt frekvenciák keresése: nyitott (bal) és zárt (jobb) Shield Box

A tesztműszerek (ha olyan kiépítésűek) önállóan fizikai gombokkal is vezérelhetők, de szokott hozzájuk tartozni egy külön vezérlőszoftver is (továbbiakban tesztszoftver), amelyet egy személyi számítógépre kell telepíteni. A tesztszoftver általában egy köztes szoftverréteg segítségével (NI-VISA), kommunikál GPIB (IEEE-488 szabvány), vagy UTP csatlakozón keresztül a tesztműszerrel. Ezáltal lehetőség nyílik egy komplett teszt sorozat (teszt script) végrehajtására. A készülék így megszakítás nélkül egy körben, többfajta hálózati szabványon és csatornán is tesztelhető. Ez nagy mennyiségű készülék tesztelése esetén hasznos tud lenni, hiszen akkor fontos szempont, hogy a tesztelés folyamatos és jó dinamikájú legyen. A tesztműszer üzemeltetéséhez és a teszt elvégzéséhez, emberi beavatkozás is szükséges.

2.3. A teszt elvégzésének menete

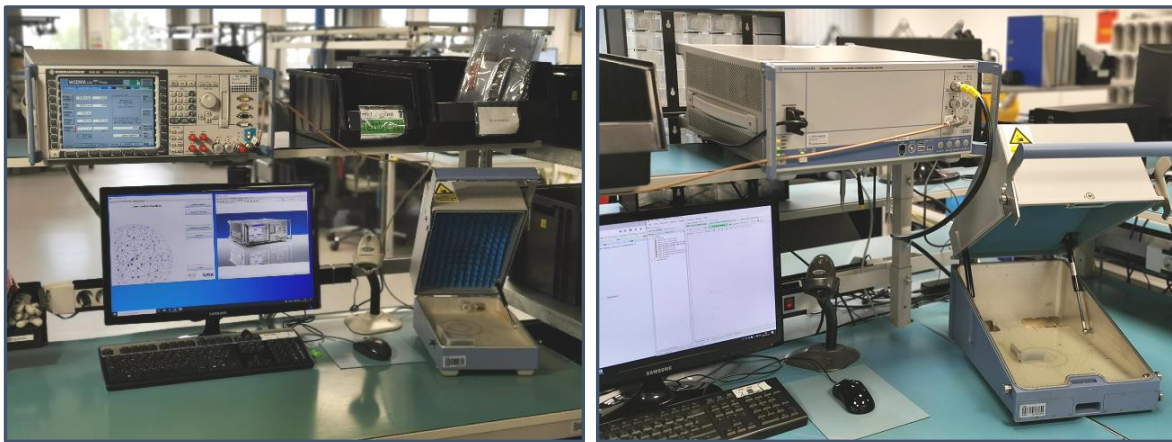
Tapasztalataim alapján, első lépésként érdemes elindítani a tesztszoftver segítségével a tesztműszer jelgenerálását (cella létrehozást). Így a bootolást követően a tesztelendő készülék számára, a tesztálózat már azonnal elérhető lesz. Ha a tesztszoftver úgy van konfigurálva, akkor előtte még ki kell választani a megfelelő RF profilt is. Lehetőség van a megfelelő RF profil alkalmazására a csatlakozás pillanatában is, a TAC szám segítségével. Az RF profil tartalmazza azokat a veszteség (csillapítás) értékeket, ami a készülék és a Shield Box-ban lévő antenna között van. Minden készüléktípushoz egyedi profil tartozik, a készülékek egymástól eltérő kialakítása miatt. Miközben a jelgenerálás indul, a teszt SIM kártya behelyezése után, a bekapcsolt készüléket a profilhoz tartozó pozícióba és tájolásba kell helyezni (lásd 2. ábra), majd a Shield Box-ot zárni kell. A Shield Box csak ebben, a jó fémes kontaktus által biztosított, zárt állapotban fogja a tesztelendő készüléket a külső jelektől megfelelően védeni. A készülék a bootolást követően fog a tesztálózathoz csatlakozni. Az úgynevezett repülőgép üzemmód ki-be kapcsolásával, vagy a SIM tálcá bekapcsolt állapotban történő betolásával (hot-swap) is csatlakozhatunk, de a tapasztalatok alapján a készülék így, gyakran nem adja ki az előírt maximális teljesítményt, ezért a hidegindítás alkalmazása javasolt. A tesztelés a szoftveres oldalon folytatódik: a készülék regisztrál (csatlakozik a tesztálózathoz), létrejön egy adathívás (vagy hanghívás), majd megindul az előre meghatározott teszt sorozat.

Mérésre kerül többek között, a készülékből kimenő jelnek (Transmit - TX) a teljesítmény szintje (dB), valamint a frekvencia- (Hz) és fáziseltolódása (°). A telefon vételi (Receive - RX) teljesítménye (dB) is számszerűsítésre kerül. Hogy konkrétan milyen tesztelemelek futnak le, azt a teszt script határozza meg. A legtöbb tesztelemeleknek van alsó és felső határértéke. Az optimális (elvárt) érték, általában a kettő között középen helyezkedik el. A tesztműszer képes a különféle hálózati szabványok közötti váltásra, ezért több hálózati szabvány megszakítás nélkül vizsgálható. A teszt egy átment (PASS - P) vagy hibás (FAIL - F) eredménnyel zárul: átment jelölés esetén általában nincs további teendő. A tesztről készült riport igény szerint, egy kijelölt mappába menthető. Beállítástól függően, a fájl nevében szereplő IMEI számmal utólag kereshető. A hálózati hibás készülékek viszonylag nagy eltérésekkel fognak hibás eredményre futni (10-40 dB veszteség az ideális jelszinthez képest). Kiértékelni főleg azokat a teszt riportokat kell, amelyek úgy lettek hibásak, hogy közel vannak a határértékekhez. Mivel vannak pontatlanul mérhető készüléktípusok, ezért kellő körültekintéssel kell ítéletet hozni. Érdemes azonos típusról tesztek visszanézni, bejövő hibát és cserélt alkatrészeket figyelembe venni. Az ügyfélnek úgy kell megfelelő minőségű készüléket biztosítani, hogy közben kerülni kell a (gyártó kárára történő) felesleges alkatrész felhasználást.

2.4. A TMX eszközparkjának bemutatása

A tesztműszer gyártójának ajánlása és az adott szervíz lehetőségei is befolyásolják, hogy egy készülék műszeresen milyen szinten kerül tesztelésre. Az összes lehetséges csatorna és tesztelem vizsgálata, sok időt venne igénybe, de nem biztos, hogy a tesztelés alaposabb lenne. Erre a körülményre, egy Agilent által kiadott [7] RF tesztelési ajánlás is felhívja a figyelmet: érdemes megfigyelni, hogy milyen tesztelek hajlamosak a hibára futásra és azokra kell fókuszálni. A dolgozatban vizsgált TMX-nél végzett RF teszteknel, hálózati szabványonként három hasonló, válogatott mérés kerül elvégzésre, a csatornatartomány alsó, felső és középső részén. Ez szabványonként három vizsgálandó csatornát jelent, fel és le irányban egyaránt.

A TMX szervizének az RF teszt részlegén többnyire R&S mérő eszközök vannak használatban, kiegészülve néhány Aeroflex Shield Box-al és kellekkel. Ezen az RF teszt részlegen, különféle funkciókat betöltő állomások kerültek kialakításra (lásd 4. ábra), aminek folyamatában aktív szerepet vállaltam. Dolgozatom írásának idején (2021. szeptember), három darab első szintű (2G-3G) tesztállomást és egy második szintű (4G) tesztállomást jelent.



4. ábra – TMX-es RF teszt állomások: R&S CMU (bal) és R&S CMW (jobb)

Az első szintű teszt állomás összetétele:

- R&S CMUgo tesztszoftver, National Instruments⁷ NI-VISA szoftver csomag
- National Instruments USB-GPIB adapter és hozzá tartozó GPIB kábel
- R&S CMU 200 Universal Radio Communication Tester
- R&S CMU-Z11 Shield Box, benne CMU-Z10 antenna rendszer
- Aeroflex 4933 Shield Box, benne Aeroflex 4916 antenna rendszer (opcionális)
- Aeroflex type-N végződésű koaxiális kábelek
- RF teszteléshez használható SIM kártyák.

⁷ <https://www.ni.com>

Az első szintű tesztállomás a R&S CMU 200-as (2G-3G) tesztműszerrel és hozzá tartozó CMU-Z11 Shield Box-al operál. Ezzel az úgynevezett általános tesztállomással, a TMX-nél tapasztalt RF hibák nagyrésze kiszűrhető, ami a következőképpen lehetséges. A 2G-3G-4G hálózati szabványok jelei, felépítésükben eltérőek lehetnek. Viszont a közösen használt vagy közel álló frekvenciák miatt, szabványtól függetlenül, ugyanazon végfokozatok által kerülnek erősítésre és a felerősített jel ugyanazon az antennán (antenna rendszeren) fog megjelenni. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az első szintű állomás WCDMA I szabvány tesztje (2100 MHz-es tartomány), a magas frekvenciákért felelős végfokot, míg a GSM 900 szabvány tesztje (900 MHz-es tartomány), az alacsony frekvenciákért felelős végfokot is megdolgoztatja, a készülék főantennája mellett. Ha bármelyik tesztnél hiba keletkezik, az a második szintű tesztállomás, LTE szabvány tesztjei során is általában kimutatható. Az állomásnál, az Aeroflex 4933 Shield Box által, nagyobb méretű készülékek is tesztelhetők (táblagépek, routerek).

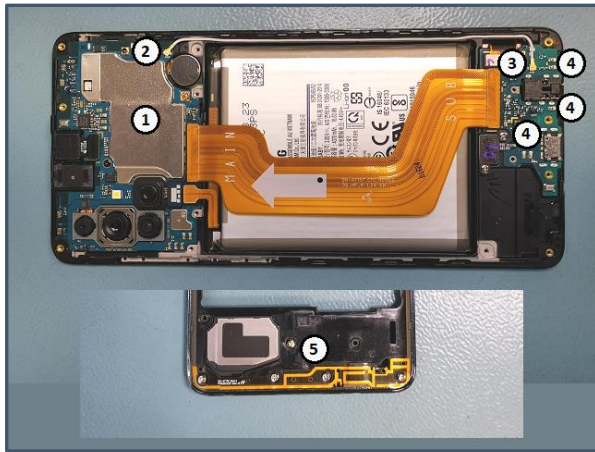
A második szintű teszt állomás összetétele:

- R&S CMWrun tesztszoftver, National Instruments NI-VISA szoftver csomag
- R&S CMW 290 Functional Radio Communication Tester
- R&S CMW-Z10 Shield Box, benne CMW-Z11 antenna rendszer
- Aeroflex 4933 Shield Box, benne Aeroflex 4916 antenna rendszer
- R&S és Aeroflex type-N végződésű koaxiális kábelek
- RF teszteléshez használható SIM kártyák.

Az LTE tesztelés ezen az állomáson megy végbe, a CMW 290-es (2G-3G-4G) tesztműszerrel és a hozzá tartozó CMW-Z10 Shield Box-al. Így a hálózati, vagy azzal kapcsolatos hibával beérkezett készülékek, kellőképpen bevizsgálásra kerülnek. Evidencia készül, 4G hálózati teszt formájában is. Kapacitás függvényében, az állomás befogható általános 2G-3G tesztelésre is.

Ehhez a kialakításhoz már 2011-ben hozzájárult egy olyan gyártói előírás, amely a tesztelés menetének módját nem, de az RF teszt elvégzését kötelezővé tette. Lehetőség volt a tesztelemelek szelektálására és kizárólag olyanok elvégzésére, amelyekkel ténylegesen hibákat lehet detektálni. Már ebben az időben látszott, hogy a hibás végfokozatok, vagy a sérült antenna rendszer jelentősen kihatással van a készülék kimenő és vételi teljesítményére. Elvértve lehetett találni a kimenő jelben modulációs hibákat, elsősorban frekvencia-eltolódást, de ez nem volt akkor sem és jelenleg sem nagyon jellemző. 2018-ban a CMW műszerek megjelenésekor került a három műszeresen teljesen azonos CMU állomás kialakításra (közös RF profil használatával). Így egyre több házon belüli RF profil került készítésre és alkalmazására. A szervizbe beérkező, nagy mennyiségű nem hálózati hibával beérkező készülék (mint minta), ezt szintén elősegítette.

2.5. A teszteléssel járó előnyök



5. ábra – A jel útja az alaplaptól az antennáig

A hálózati teszt, műszerekkel történő elvégzésének egy igen markáns előnye, hogy olyan hibák is kiszűrhetők vele, amelyek a manuális tesztelés során nem biztos, hogy jelentkeznek. Ezek a hibák elsősorban, a telefon antenna rendszerében fellépő meghibásodás esetén jönnek létre. A telefon jele, miután erősítésre került, általában több alkatrészen keresztül kerül a telefon főantennájára (lásd 5. ábra). Az

alaplapon (1) erősítésre kerül, majd az esetek többségében egy miniatűr koaxiális kábelre (2) és onnan egy alpanelre (3) kerül. Ezen az alpanelen több érintkező (4) is található. Ezek az érintkezők vannak kapcsolatban, az igencsak vékony és sérülékeny antennafóliával (5). Ha minden fémes kontaktus rendben van és a fólia sem sérült, az ideális jelszint ezen a főantennán fog megjelenni. Ha sérült az antennafólia, vagy rossz az érintkezés az egyes elemek között, akkor az műszeres teszteléssel, a kimenő jel teljesítményéből, nagyon jól kimutatható. Ez általában 15-20 dB jelerősség vesztes formájában lesz jelen, az ideális értékhez képest. Manuális tesztelés során, ha csak nem közvetlenül az alaplapnál szakad meg a jel, gyakran kimegy a teszt hívás és a probléma manuálisan nem észlelhető. Az antenna rendszer megmaradt része még képes elegendő jelet kibocsátani magából a bázisállomáshoz való csatlakozáshoz. Az ilyen készülék csak a bázisállomáshoz közel lesz képes hívásokat lebonyolítani, illetve az akkumulátorhasználat a folyamatos erősítések miatt drasztikusan nőni fog. Ezért érdemes a felhasználó által beküldött hálózati hibás készülékeket, műszeresen és kellő alaposággal vizsgálni. A mérés eredménye, mint evidencia (a készülék a gyártói előírásoknak megfelel) tárolásra kerül, igény szerint kiadható. Ha a műszeres teszt kellő sebességgel elvégezhető, akkor mint minőségellenőrzési elem is alkalmazható a folyamatok során (a TMX-nél így járnak el).

2.6. Kihívások és profilok karbantartása

Egy gyártó (mint partner) is elvárhatja a szervíz részéről, hogy a műszeres tesztek elvégzésre kerüljenek. A szükséges műszerek beszerzése és üzemeltetése elég nagy anyagi kihívást jelent. Nem beszélve a műszerek ajánlott éves felülvizsgálatáról (kalibrálásáról), aminek elvégzése szintén plusz költséget jelent. Az RF tesztek gyakorlott operátoroknak kell végeznie, hogy kellő sebességgel és megfelelő kiértékeléssel történjen a tesztelés. Ha a gyártói

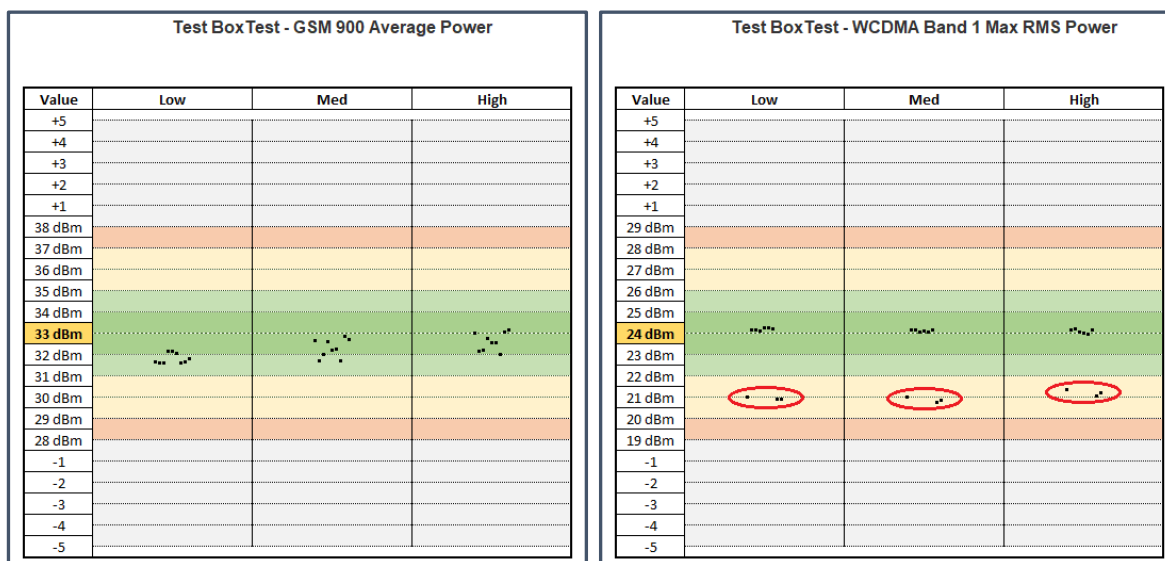
igény változik, a műszerparkot cserélni kell, a feleslegessé vált műszereket (ha nincsenek bérelve) hasznosítani kell. Amennyiben a gyártó nem biztosít RF profilokat, akkor azt hozzá értő személynek el kell készítenie, karban kell tartania és a problémás kiértékeléseknél segítséget kell nyújtania. Mivel az esetlegesen detektált hálózati hiba sokszor alkatrészcserét von maga után, nagyon nem mindegy, hogy az elkészült profilok mennyire megbízhatók.

Az RF profil, amennyiben az nem harmadik féltől származik, házon belül kell létrehozni. A gyártási folyamatok során [8] is alkalmazott, úgynevezett arany minta (Golden Sample) lesz a mérvado, a profil erről lesz mintázva. Ez egy olyan referencia készülék (vagy annak sorozata), amelyhez a többi készülék hasonlításra kerül. Ha nincs ilyen készülék, akkor egy kizárólag gyári alkatrészekből álló, nem hálózati hibás készülékre is lehet referenciaként tekinteni (a profil utólagos ellenőrzése mellett). Egy kimondottan mintavételező RF script segítségével lemérhető a referencia készülék veszteségértéke, egy számára kedvező pozícióban (ez készülékenként eltérő lesz). A veszteségértékeket, a teszt stabilitása miatt, érdemes 30 dB alatt tartani (a tesztműszer erősítése is véges), de a legtöbb elkészült profilnál, ez 25 dB alatt szokott lenni. Az optimális munkavégzést támogatva, ajánlatos általános pozíciókat fenntartani és azokon a helyeken profilt készíteni (mintavételezni). Akkor érdemes teljesen egyedi pozíciót nézni, ha a veszteségértékek ezeken nem megfelelők. Így az operátorok számára a gyakran használt készülékelhelyezések memorizálhatók: ez nagyban növeli a tesztelés hatékonyságát. Ha azonos és kifogástalan műszaki állapotú teszteszközöket használunk, akkor az RF profilt elégséges egyszer központilag létrehozni, utána az több állomásnál is használható. A profilokat bizonyos esetekben (pl. öregedő műszerparknál), szükséges lehet utólagosan karbantartani. Ha a mérések folyamatosan és főleg jó készülékeknél nem a várt helyre érkeznek, akkor több jó készülék tesztreportját visszanezve, a profilon manuálisan módosítást kell végezni. A tesztműszer bemenetén (IN - készüléknél TX értéket befolyásolja), illetve kimenetén (OUT - készüléknél RX értéket befolyásolja) a csillapítás értékeket emelni, vagy csökkenteni kell. A tesztszoftver segítségével ez számszerűen és profilonként állítható.

3. A program fejlesztésének menete

A program létrejöttéhez közvetlenül hozzájárult a műszerpark alakulása (Shield Box beszerzés), valamint egy gyártói észrevétel. A több lépcsőben megvalósított fejlesztés ideje alatt, a műszerpark összetétele és a folyamatok is többször változtak. Ez a készülő programra kihatással volt, illetve a program is okozott változásokat a folyamatokban. A kezdeti elképzeléstől elindulva, a kezdetleges és funkcionálisan teljes verzió át haladva ismertetem, a mindennapi használatra alkalmas program készítésének a folyamatát.

3.1. Az igényt kiváltó tényezők

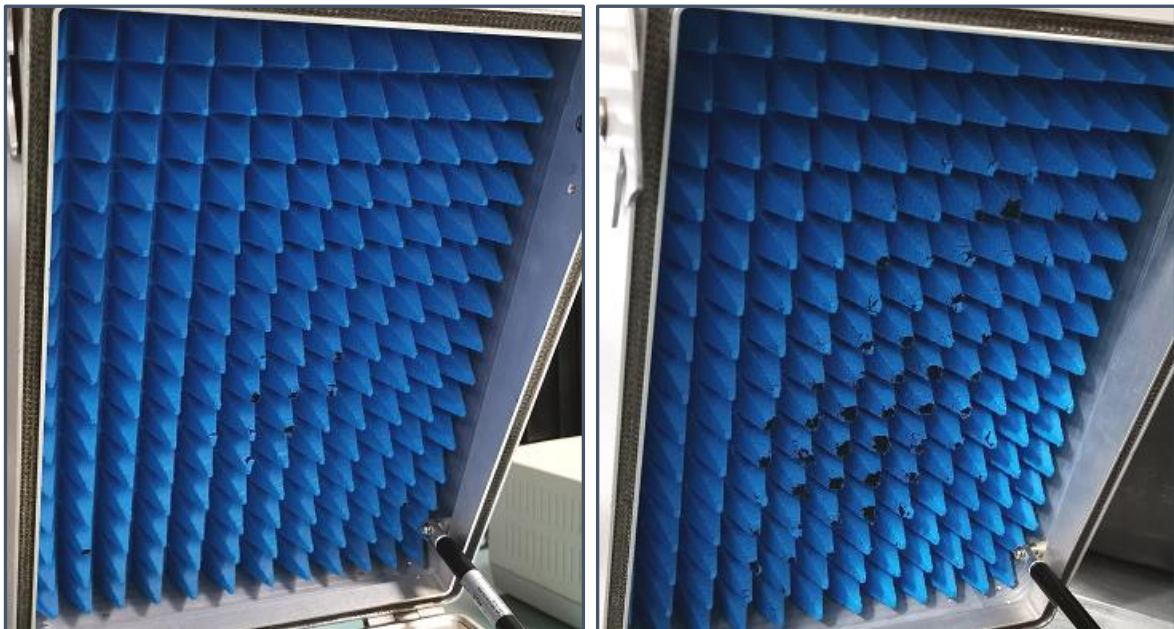


6. ábra – Azonos mérések több Shield Box-al: GSM 900 (bal) és WCDMA I (jobb)

Az 2018-ban egységesítésre került állomások egy nem várt eseménysorozatot indítottak be. Míg a TMX tulajdonában lévő korábban használt két darab CMU-Z11 Shield Box műszaki állapota között nem volt lényeges különbség, a harmadik beszerzett példány láthatóan rosszabb állapotban volt. Használatba vétel előtt végeztem összehasonlító méréseket. Habár láttam egyes szabványokon eltéréseket, a tesztek még hatértéken belül futottak le, ezért nagy jelentőséget nem tulajdonítottam neki. 2018. júliusban, amikor egy harmadik féltől származó profil használata beszüntetésre került és ideiglenesen a házban belüli volt használva, akkor ütközött ki először, az ebből adódó probléma. Az érintett gyártó megjegyzést tett arra, hogy a TMX által készített profillal végzett mérések nem pontosak, a mért értékek jó készülékek esetén sincsenek közepén. Ezt a dolgot készítéskor, a kész programmal is sikerült kimutatnom. Egy RF profil készítését követően (azt felhasználva), háromszor azonos módon mértem a referenciát, három különféle Shield Box-ban (lásd 6. ábra). Míg alacsony frekvenciákon (GSM 900) látszólag nincsen nagyobb probléma: a mérési eredmények némi szóródása mellett, az összes mérési pont hasonló helyre érkezik (középtértekhez közel). A probléma a magas frekvenciájú szabványokon (WCDMA I, GSM 1800) már tetten érhető. Míg két Shield Box mérései hasonlóan viselkednek és a várt középtértekre érkeznek, a harmadik Shield Box mérései viszont a magas frekvenciájú szabványokon körülbelül 3 dB-el alacsonyabb helyre kerülnek. A Shield Box-ot az észrevételt követően átvizsgálva, három olyan tényezőt lehetett látni, amely az eltéréseket okozhatja:

- a Shield Box belsejében a szivacs piramisok töredezték
- a Shield Box szélén lévő fémháló jelentősen korrodált
- a Shield Box aljában lévő antenna enyhén korrodált.

Habár ezeket az eszközöket általában ellátják korrózió elleni védelemmel, a műszaki állapota egy Shield Box-nak a külső körülmények, igénybevétel és idő függvényében változhat. A leglátványosabb vizuális eltérés a TMX-nél használt Shield Box-ok között, a tesztelendő telefon saját jelét elnyelő szivacs piramisok (RF Absorber pyramid) töredezett csúcsai (lásd 7. ábra). Ezek a Shield Box-nak nem fémes (szénport tartalmazó) alkotó elemei [9], általában hajlamosak az efféle elváltozásra. Nem került pontosan kivizsgálásra, hogy a látható tényezők közül melyik és milyen mértékben járul hozzá a méréseknél tapasztalható eltérésekhez. Sokkal valószínűbb, hogy a jelenség az antenna rendszer műszaki állapotára vezethető vissza. A problémára mindenesetre valamilyen megoldást kellett találni, ha már a közös állomások és a hozzájuk tartozó több száz RF profil elkészítésre került. A Shield Box gyártói szervizelése, anyagi megfontolásból nem került megvalósításra. Harmadik féltől származó új piramisok beszerzésére sem került sor, a mérések további nem várt elváltozásának elkerülése végett. A profilt manuálisan igazítani a problémás frekvenciákon is nehézkes ilyen felállásban: ha a jó műszaki állapotban lévő Shield Box-ok szerint igazítjuk középére, akkor a rosszabb állapotúnál a mérések továbbra is alacsony értékűek lesznek. Ha a rosszabb állapotú Shield Box-hoz igazítjuk, akkor a jó állapotúaknál a mérések túl magasak lesznek. Beállítható úgy is, hogy minden mért érték a felső és alsó határértékektől hasonló távolságra legyen, de ez szintén pontatlan méréseket eredményezne (tehát nem ideális).



7. ábra – CMU-Z11 Shield Box-ok eltérő műszaki állapotban

3.2. Lehetséges megoldás a problémára

Tehát a műszerpark műszaki állapota adott (nem fog változni) és a műszeresen azonos állomásokra is szükség van. Viszont a profil karbantartás során említett, potenciális minták

nagy számmal vannak jelen. Két olyan gondolat fogalmazódott meg bennem, amellyel a méréseket az eltérő műszaki állapotú műszerekhez igazodva, pontosabban lehetne elvégezni:

- **a napi több száz generálódott tesztriport értékeit számszerűsíteni lehetne**
 - az egy típushoz tartozó és egy állomásnál tesztelt méréseket
 - vizuálisan ábrázolni lehetne (pontokkal): a jó készülékek mérései, tömörebb mintázattal lesznek jelen
 - átlagolni lehetne: a középértéktől való eltérés mennyisége és iránya konkrétan behatárolható.
- **a profilokat RF teszt állomásonként külön mappában kellene tárolni**
 - így minden Shield Box műszaki állapotától függetlenül, a profil középére igazítható, valamint a méréseik potenciálisan középére érkeznek
 - megvalósítható a mappák közötti profilok szinkronizálása, hogy a profilt csak egyszer kelljen létrehozni, majd utána adott állomáshoz igazítani.

A gondolatmenet kialakulásának megkeresésében, a bevezető szövegben említett, vadászgépes hasonlatot fogom felhasználni. A karbantartó személy, a riportok méréseit eddig nehézkesen látta át, fejben is maximum 1-3 tesztriportig visszamenően tudta a méréseket vizualizálni. Számítógépes képességekkel megtámogatva viszont több száz, vagy akár több ezer riport mérését is képes lesz hatékonyan (akár vizuálisan) értelmezni, ráadásul másodpercek leforgása alatt. A csoportosítást, tehát az egymáshoz tartozó riportok összefűzését, a számítógép fogja neki elvégezni: a kapott eredmény függvényében tudja majd a profil karbantartását elvégezni. Nem csak az adott problémás profilra fog rálátni, hanem az összes használatban lévő profilra egyszerre, minden állomásnál (tehát az RF teszt egészére). A feldolgozáshoz nagyon sok adat kell, ami viszont rendelkezésre áll, a naponta elkészülő több száz tesztriport formájában (bennük a sok nem hálózati hibás készülék méréseivel). Így ami jelenleg csak nyers adat formájában létezik és ritkán van rá szükség, most értékes információvá alakítható: a gyári alkatrészekkel összerakott készülékekkel, a jó készülékek méréseinek várt helye behatárolható. Ezzel egy úgynevezett virtuális arany minta helye számszerűsíthető, vagy vizuálisan kirajzolható. Ezt a mintát akkor lehet a legpontosabban meghatározni, ha minél több jó mérés, minél szorosabban helyezkedik el egymáshoz képest. Ha nincsen elegendő jó mérés, további biztosítás (tehát nem hálózati hibás) készülékek bevonásával az RF tesztelés folyamatába, a minta pontossága javítható (a virtuális arany minta „nemesfém tartalma” növelhető).

A Shield Box-ok eltérő műszaki állapota miatt, nem elég meghatározni az RF profil optimális állapotát: a csillapítás adatbázisokat állomásonként (gyakorlatilag Shield Box-onként), külön mappában kell tárolni, ezáltal a profilok egymástól függetleníthetők. A riportok

csoportosítását is eszerint kell majd elvégezni. A logikailag összetartozó méréseket szeretnénk egyben látni, tehát minden Shield Box-hoz tartozó profilt, egyénileg akarunk majd finom hangolni. A mappák között a profilok szinkronizálását (kezdő csillapítás értékek átvitelét), szintén a program végezné el, ezzel lényegesen megkönnyítve a karbantartó személy munkáját.

3.3. Kezdetleges verzió elkészítése

Elsőre merész elgondolásnak tűnt a profilok ilyen szoftveres jellegű karbantartása, de az igény egy megoldásra hónapok múlva (a műszerparkban bekövetkező változások és karbantartások ellenére) is megmaradt. Még 2018-ban engedélyezésre került egy prototípus készítése, amellyel az elgondolás működőképességét megvizsgálhatom. A fejlesztés megkezdhetem, amint a normál munkavégzés melletti kapacitás ezt lehetővé teszi.

3.3.1. Megvalósíthatóság és a műszerpark alakulása

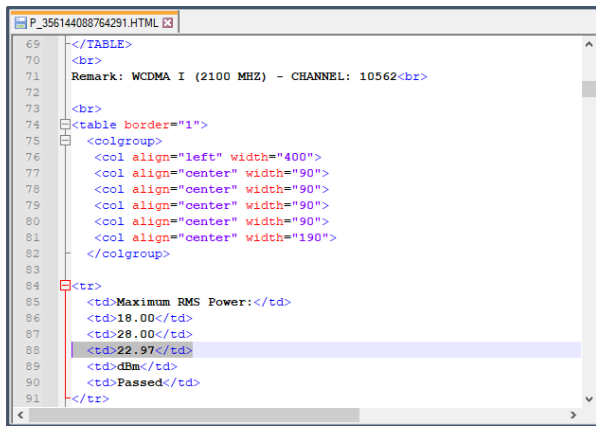
A megvalósíthatóság nagyban függött attól, hogy milyen jellegű adatokkal kell a programoknak dolgoznia. A tesztirportok szöveges alapú HTML⁸ vagy TXT⁹ fájlok, amelyekből a megfelelő mérési értékek szövegfeldolgozó segítségével kinyerhetők. A mérési értékek közül a telefon kimenő és vételi teljesítményére lesz szükség, mivel ez a két mérés befolyásolható az RF tesztelő szoftveren belüli, csillapítás értékek állításával. Ahhoz, hogy a csillapítást majd a program módosítani tudja, meg kellett vizsgálni a CMUgo és Lector (Aeroflex) tesztszoftverek csillapításainak a tárolási módját. Mindkettő a csillapításokat kódolatlan szöveges fájlokban tárolta, ezek közül a CMUgo egy tabulátorokkal elválasztott, táblázatszerű fájlban. Eredetileg szempont volt, hogy a program működőképes legyen, az akkor még használatban lévő Aeroflex tesztműszerekkel is.

A 2018-ban megjelenő, új gyártói elvárás előírta, az újabb R&S CMW tesztműszer használatát, amely kombináltan 2G-3G-4G tesztek elvégzésére is alkalmasa. A fókusz így ennek kiismerésére és kiaknázására helyeződött át, az Aeroflex tesztműszerek kezdetek folyamatosan a háttérbe szorulni. A hivatalos gyártói RF tesztek kombináltan és elsősorban az új CMW tesztműszerrel, míg a házon belüli tesztek első körben CMU tesztműszerrel (WCDMA I, GSM 900-1800), illetve második körben CMW tesztműszerrel (WCDMA VIII, LTE 1-3-7-20) kerültek elvégzésére. Azokból a harmadik féltől származó Aeroflex profilokból, amikhez nem volt CMW műszerhez gyártói profil, házon belüli CMU és CMW profilok készültek. Így egyre jobban kezdett elengedhetetlenné válni, hogy a házon belüli profilok használata, főleg az egységesített CMU állomásoknál, szakszerű és zökkenőmentes legyen.

⁸ <https://html.spec.whatwg.org/>

⁹ <https://www.howtogeek.com/465420/what-is-plain-text/>

3.3.2. Tesztriportok feldolgozása



8. ábra – HTML alapú CMU tesztriport

2019. áprilisban kezdtem meg a fejlesztést. Korábbi ismereteim birtokában, a Java programnyelvre esett a választás. Ehhez társult a licenc szempontjából megfelelő Eclipse¹⁰ fejlesztői környezet, valamint az AdoptOpenJDK¹¹ 11 (HotSpot) Java keretrendszer. A CMUgo riportjait feldolgozó első funkció, konzolos formában került megvalósításra. A programnak

először egy ömlesztett, válogatott riportokat tartalmazó mappát kell pásztáznia. Már a benne lévő fájlok nevében információ van: melyik IMEI számú készülékről van szó és mikor készült a teszt, valamint jó vagy rossz eredményre futott-e? Emellett a szöveges tartalmát beolvasva, a riport fejléc adataiból további információ nyerhető ki: melyik széria számú CMU futtatta és melyik profil került futtatásra. Kezdetekben a hasznos adatok (lásd 8. ábra), tehát a releváns mérések helye a szöveges fájlban, kizárólag sor és karakter sorszám szerint került meghatározásra. Figyelembe kellett venni, hogy a tesztriport mentésre kerülhet kibontott, illetve tömör formátumban (beállításától függően), illetve a hardveres opció lista is CMU műszerenként eltérő lehet (növeli a riport terjedelmét). Tehát nem mindig egyértelmű, hogy melyik sorból kell adatot kinyerni. Miután a különféle variációk meghatározásra kerültek, a konkrét értékek feldolgozása megvalósulhatott beépített Java fájlolvasó rutinok segítségével.

Ezután jöhetett a létrejött logikai riportok csoportosítása, úgynevezett logikai riportcsokrok képzése: az egy CMU állomáshoz és egy típushoz tartozó riportok összegyűjtése, csokoronként külön tömbökbe (ArrayList¹²) és azokon átlagszámolás végzése. A szelektálás először a futatott tesztprofil mellett, a teszteléshez használt CMU széria száma alapján történt. Az átlagszámolásnál fontos volt kikötni egy maximális eltérést a határértékhez képest, tehát csak az átment és elfogadható riportok (határértéken túl, de maximális eltérésen belül) legyenek átlagolva. Az átlagszámolás, az ideális középértéktől való eltérés számszerűsítését jelenti. Ez adott hálózati szabvány, adott csatornáján, kimenő és vételi teljesítményére külön számolandó:

$$\frac{(\text{mért érték} - \text{várt érték}) + \dots}{\text{átment riportok száma} + \text{elfogadható riportok száma}}$$

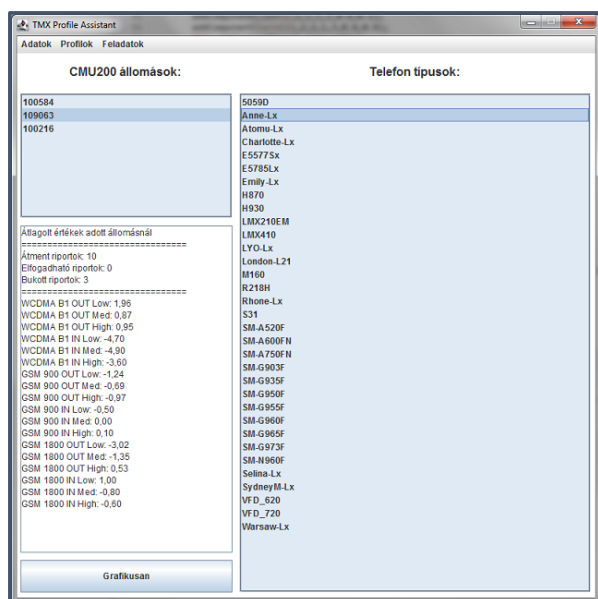
¹⁰ <https://www.eclipse.org>

¹¹ <https://adoptopenjdk.net>

¹² <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/ArrayList.html>

Később a szöveges feldolgozást tovább kellett fejleszteni, hogy az élesben használt tesztriportokat tartalmazó mappákból is lehessen meríteni. Figyelembe kellett már venni, hogy lehetnek olyan riportok, amelyek csak fejlécc adatot tartalmaznak, tartalmi részt nem (megszakadtak futtatás közben). A mappába véletlenül kerülő ismeretlen fájl sem szabad, hogy a feldolgozást megszakítsa, ezt kivételkezeléssel kellett megoldani. Meg kellett tudni határozni, hogy melyik teszt script által futatott tesztek azok, amelyeket a program képes feldolgozni: a többi figyelmen kívül kell hagyni. Mivel minden nap új mappa készül a riportok számára, több mappán is rekurzívan el kell végezni a beolvasást, majd csak utána végezni a csoportosítást.

3.3.3. Grafikus felület létrehozása



9. ábra – Állomások és riportcsokrok listázása

Miután már kellő mennyiségű riportból sikerült meríteni és átlagot számolni, szükségessé vált valamilyen formában a program által létrehozott logikai objektumokat, vizuálisan is megjeleníteni. A program eddig a pontig 3 fő logikai osztállyal rendelkezett: riport, riportcsokor és állomás. Ahhoz, hogy ez a felhasználó számára könnyen átlátható legyen, a programot el kellett látni egy alapszintű grafikus felülettel. Ehhez nagyon jó támpontot adott a ZetCode oldalon lévő Java

Swing¹³ ismertető anyag [10], ahol az alapokat egy grafikus felület létrehozásához, át tudtam ismételni. Az grafikus felület első körben egy ablakból, szimpla menüsorral és benne egy panellel állt. Ezen a panelen két lista (JList¹⁴) és egy szövegdoboz (JTextArea¹⁵) került elhelyezésre. 2019. májusra, az állomások és riportcsokrok szemléltetésére két lista került feltöltésre, bennük a logikai objektumokkal (lásd 9. ábra). Míg az állomások listaelemként, szövegesen a szériaszámukkal vannak reprezentálva, a riportcsokrok a telefon típusaként. Az állomásra kattintva, a hozzá tartozó riportcsokrok a másik listába betöltődnek. A riportcsokorra kattintva, megjelenik szövegesen a középértéktől való eltérés átlaga mellett, az összesítő információ is. Kiderül hány átment riport, hány elfogadható riport és hány rossz (az átlagszámolásba nem kerülő) tesztriport került feldolgozásra. A középértéktől való eltérés

¹³ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/javax/swing/package-summary.html>

¹⁴ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/javax/swing/JList.html>

¹⁵ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/javax/swing/JTextArea.html>

hálózati szabványonként, valamint alsó, középső és felső csatornatartományonként, külön a kimenő és bemenő teljesítmény értékekre kerül megjelenítésre. Az ideális a nulla közeli érték. Amennyibe a mérések túl magasra érkeznek az érték pozitív, ha pedig alacsonyra akkor negatív irányba fog a nullától távolodni. A program, már ebben az állapotában is, rá tudott mutatni a problémás profilokra: ahol az átlagérték nagymértékben tér el a nullás középértéktől, ott a profilon karbantartás végzendő. További Swing anyagok átnézése mellett, a Java AWT¹⁶-ról is szükséges volt ismereteim frissítése, egy szintén ZetCode-os Java 2D anyag [11] segítségével. Az AWT-re majd később, egy tervben szereplő pontgrafikonhoz lesz szükség.

Hogy könnyebb legyen a program számára a feldolgozás, azokat a ritkán használt tesztszoftver mappákat, amelyekben a ritka típusok profiljai voltak, törlésre kerültek. Emellett a használatban maradt RF teszt scriptek (CMU és CMW) is átnézésre kerültek, majd szinte az alapokról újra lettek építve: az eredmény az lett, hogy kevesebb, stabilabb és egységesebb RF teszt scriptek maradtak használatban, amely a tesztelést is gyorsította. Ez a változás nem állt meg ennyiben. 2019. júliusban lehetőség volt mérlegelni, a hivatalos gyártói RF tesztek elvégzését (kötelező jelleg megszűnt). Hosszas egyeztetést követően eldőlt, hogy minden gyártó, minden készüléke egységesen házon belüli (két körös) folyamattal, RF scripttel és RF profillal kerül a jövőben tesztelésre. Az Aeroflex tesztműszerek, teljes kivonásra kerülnek.

3.3.4. Pontgrafikon készítése és rangsorolás

A folyamatok és a műszerpark változása alapvetően megváltoztatta a programmal kapcsolatos elvárásokat: kísérleti próbálkozásból egy olyan eszközzé kell alakulnia, amely az összes RF tesztelt készülékre kihatással lesz. A program eddigi fejlesztései is jókor készültek el, összhangban az elmúlt év folyamatbéli fejlesztéseivel (egységesített állomások, scriptek módosítása). Ez nagyban hozzájárulhatott ahhoz, hogy 2019 második felében is hasonló mennyiségű készülék kerüljön RF tesztelésre (elvárás helyett, már minőségjavítás céljából). A kötelező jelleg megszűnését követően, egy határérték növelést történt, illetve mérlegelni kellett melyik készülékek kapjanak 3G-4G tesztet a CMW tesztműszeren (hálózati hibás készülékek). A hangsúly minél több 2G-3G teszt elvégzésére került (biztosítás partnerek készülékein is). A változások alatt elkészült program funkció, igen fontos volt a megvalósíthatóság szempontjából: a CMUgo program csillapítás adatbázisának beolvasása (logikai profilok képzése) és módosítás nélküli visszaírása a lemezre. Mivel a tesztelés menetében ez nem okozott fennakadást, a program most már nagyon nagy valószínűséggel megvalósíthatóvá vált. Bebizonyosodott, hogy a profilok a programmal a későbbiekben majd módosíthatóak lesznek.

¹⁶ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/java/awt/package-summary.html>



10. ábra – Kezdetleges pontgrafikon (bal) és rendszerezett riportcsokrok (jobb)

2019. augusztusban valósulhatott meg az egyik eredeti elképzelés, ami a kész programnak az egyik legfontosabb funkcióját biztosítja. Ez a méréseket grafikusán ábrázoló programrész, egy úgynevezett pontgrafikon. Az átlagszámoláshoz hasonló bontásban, a méréseket nem számszerűen, hanem grafikusán ábrázolja (lásd 10. ábra). A hálózati szabványok, valamint a kimenő és vételi teljesítmény mérések ábrázolása között, vezérlő gombokkal lehet váltani. Ebben az esetben a grafikon újra rajzolásra kerül. A grafikon háttere, egy táblázatkezelőben került kialakításra, majd képernyőmentéssel lett felhasználva. A középértéket szaggatott vonallal jelöli és függőlegesen tőle távolodva, színekkel jelöl bizonyos tartományokat: a zöld tartományba eső mérések a középértékhez közel lesznek (ideális), a sárga tartományba lévők rossz riportokat nem eredményező (elfogadható) helyen, valamint a vörös sávban a határértékhez már elég közel (problémás). Az alsó, középső és felső csatornatartomány mérései vízszintesen, egymástól elkülönítve kerülnek kirajzolásra. Maga a rajzolás egy ImageIcon¹⁷ objektumra történik az AWT segítségével. A háttér megjelenítését követően, a pontok kirajzolása a három mérési tartományban vízszintesen közepén, függőlegesen a mért érték függvényében kezdődik. A további mérések vízszintesen felváltva jobbra, majd balra (minimális kihagyással, hogy a különálló mérések jobban láthatók legyenek) folyamatosan távolodva a tartomány közepétől. Amint elérnék a tartományok szélét, visszaállnak középre,

¹⁷ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/javax/swing/ImageIcon.html>

viszont: a következő körben a jobbra és balra eltolás értéke további egy pixellel kerül eltolásra. Ez eredményezi, hogy ha két pont egy helyre kerülne kirajzolásra (azonos mért érték), mérete nagyobb lesz, ezzel vizuálisan jobban szemlélteti az egy helyre érkező méréseket (sűríti a mintázatot). Amint elkészült a programnak ez a funkciója, több, a szerviz irányítását végző személynek is bemutattam. Egyöntetűen mindenkinek tetszett a fejlesztés iránya, valamint további biztatást kaptam a programozási munkálatok folytatására.

A program a pontgrafikon mellé, egy fejlettebb riportcsokor listázást is kapott. A pontgrafikon tartományaihoz hasonlóan, a riportcsokrok is egy vizuális besorolást kaptak. Ehhez a listában lévő elemek már nem a szöveges reprezentációjukkal, hanem az erre jobban alkalmas ListCellRenderer¹⁸ interfész segítségével kerültek megjelenítésre (lásd 10. ábra). A besorolás az átlagszámolás eredményének kiértékelését követően került meghatározásra: kevés eltérés a középértéktől (zöld nyíl), még elfogadható eltérés a középértéktől (sárga nyíl), problémás eltérés a középértéktől (vörös nyíl). Ha bármelyik csatornatartományban a középértéktől való eltérés átlaga egy megszabott mennyiséggel tér el a nullától, a riportcsokor besorolása megváltozik. Mindig a legnagyobb eltérés fogja befolyásolni a riportcsokor besorolását. Ezzel a megkülönböztetett jelöléssel fel tudja hívni a karbantartó személy figyelmét arra, hogy az adott profil mérései közel lehetnek a határértékhez: tehát érdemes a pontgrafikonját áttekinteni, valamint, ha van rá mód, a szükséges módosításokat elvégezni.

Az állomások összesítő adatainál egy fontos információ került megjelenítésre, először az elfogadható (kis hibára futó), későbbiekben az átment tesztriportok arányára helyezve a hangsúlyt. Ennek a százalékos számnak a kiszámoláshoz, a következő képlet került beépítésre:

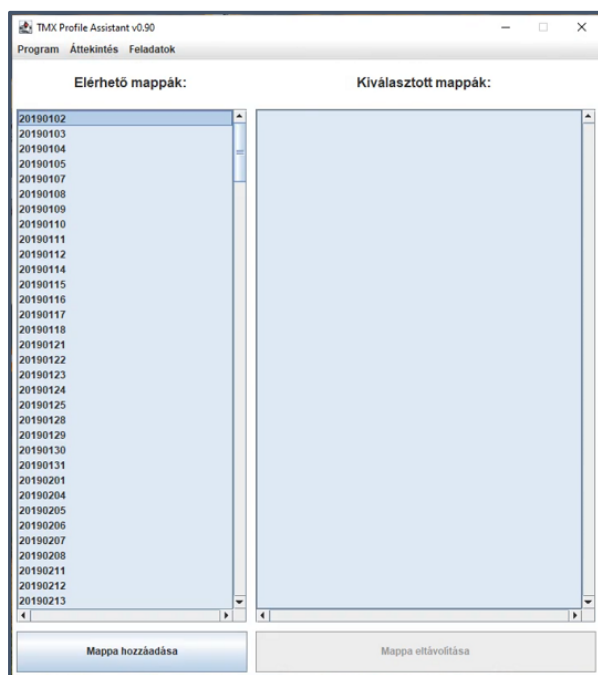
$$100 * \frac{(\text{átment riportok száma} + \text{elfogadható riportok száma})}{\text{átment riportok száma}}$$

Ez a szám az úgynevezett átment-elfogadható arány, amellyel egy állomás karbantartottsága jellemezhető lesz. Minél nagyobb, annál kevesebb tesztriport futott kisebb hibára (tehát a jó tesztriportok mérései feltételezhetően, túlnyomórészt a középértékhez közel érkeznek).

3.3.5. A profilok kompenzálásának megvalósítása

Az élesben használt program legfontosabb funkciójához, a profil kompenzáláshoz elengedhetetlen lesz meghatározni, hogy melyik nap tesztriportjai legyenek feldolgozva és belőlük riportcsokrok képezve, ami alapján a karbantartás elvégezhető. 2019. szeptemberben a program stabilitásának javítása mellett, maguk a mappák is grafikusán egy listába kerültek megjelenítésre (lásd 11. ábra). A mappákat kijelölve és egy gombra kattintva, átkerülnek egy másik listába. Ezek a másik listában lévő mappák fognak részt venni a feldolgozásban. Ezáltal

¹⁸ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/javax/swing/ListCellRenderer.html>

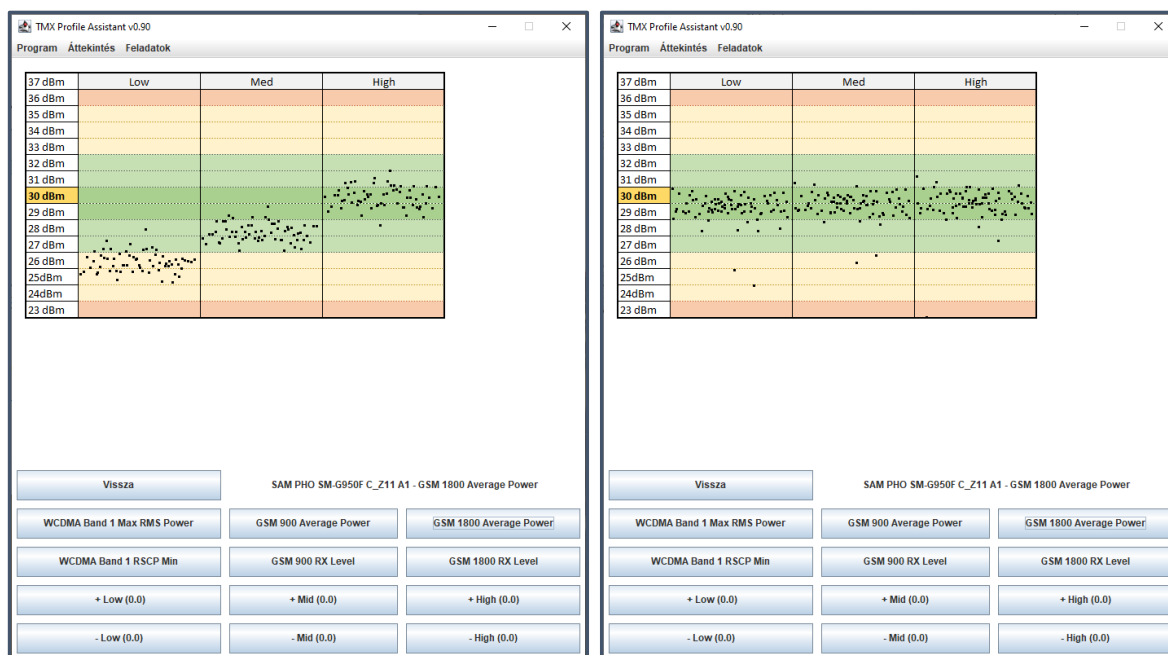


11. ábra – Forrás mappák kiválasztása

valamivel kevesebb lett a kódban az olyan érték, amelyet a felhasználás függvényében változtatni kell (erre a későbbiekben is érdemes törekedni). Mivel a riportokat tartalmazó hálózati mappában több évnyi tesztriport is található, a kiválasztható mappák számát elnevezésük alapján limitálni kellett, 1-2 éves intervallumra. A profilok szoftveres kompenzálásának a megvalósítására, kétfajta lehetséges megoldást gondoltam ki. Az egyik az emberi beavatkozást teljesen mellőző (a program által automatikusan végzett), míg a másik az azt igénylő (manuálisan jóváhagyott):

- a mérések átlagából kiszámolt, középértéktől való eltérés mértékét és irányát figyelembe véve, a profilt időszakosan, egy nullához közeli eltérésre ösztönözní
 - ehhez szükséges egy számítógép által automatikusan kiszámolt kompenzálás, amely periodikusan a minták számának és összetartásának függvényében kerül meghatározásra.
- a mérések ábrázolásával létrehozott mintázat vizuális kiértékelését követően, egy ideális mintázatot előállítva, a profilt egy hasonló mintázat elérésére ösztönözní
 - ehhez szükséges a mérésekből előállított mintázatnak, a karbantartó által előidézett, függőleges deformáció mértékéből kiszámolt kompenzálása.

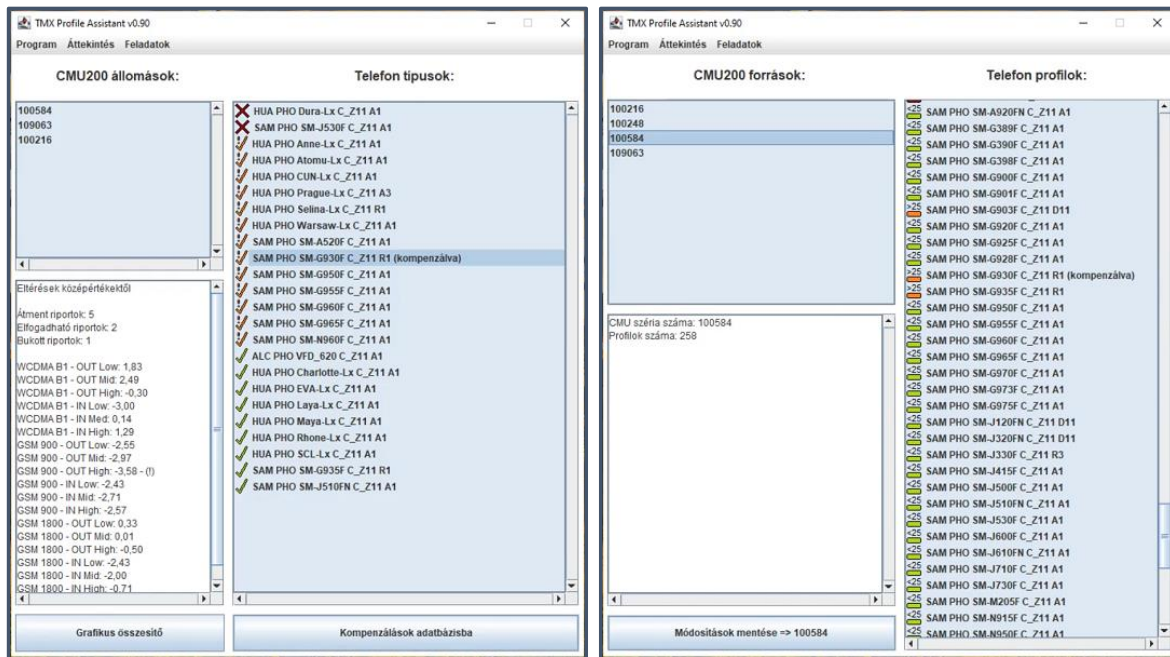
A két megoldásból az utóbbi került megvalósításra. A legfontosabb szempont az volt, a profilokért felelős karbantartó személy maradjon továbbra is, aki a módosításokat alapos mérlegelést követően végzi el (még akkor is, ha ez számítógép által támogatva van). Egy automatizált karbantartó algoritmus megírása nem csak bonyolultnak ígérkezett, de figyelmetlenségből elkövetett mérésekből, akár félrevezethető is lett volna. Egy rosszul karbantartott RF profil felesleges alkatrészcsereket eredményez, tehát a programnak nem szabad negatív irányba terelnie a profilok állapotát (a megváltozott folyamatok miatt, minden partner RF tesztelt készülékek érintett). Bevezetésre került a kompenzálás is mint logikai objektum: ez fogja a profil módosításának számszerűsített értékét tartalmazni. Ez ideális esetben ugyanannyi, mint amennyivel kézzel a tesztszoftverben az IN és OUT csillapítás értékek módosításra kerülnének, ezáltal befolyásolva további tesztriportokon mért értékeket.



12. ábra – Érintetlen pontgrafikon (bal) és ugyanaz eltolást követően (jobb)

A kompenzálás hozzáfűzésre került a logikai riportcsokrokhoz és logikai profilhoz. A pontgrafikon felülete úgy került módosításra, hogy belekerültek olyan vezérlő gombok, amelyek a mintázatot csatornatartományonként képesek eltolni, függőlegesen felfele és lefele irányba is (lásd 12. ábra). Ez kimenő teljesítmény esetén 0,5 dB, vételi teljesítmény esetén 1 dB lépést jelent. Ennek segítségével a mintázatot át lehet úgy alakítani, hogy a mérések a középértékhez közel legyenek: tehát vizualizálunk egy olyan állapotot, amelyet majd a jövőben látni szeretnénk, a kompenzálást követő méréseknél. Az eltolás mértéke lépésenként folyamatosan összeadódik és létrejön egy olyan negatív vagy pozitív szám, amely értékében ahhoz hasonló, amit egy kézzel végzett profilkarbantartás során a profilon módosításra kerülne. A különbség viszont az, hogy ott egy vagy három riport alapján kell döntést hozni, itt pedig nagyon sok mérést megtekintését követően van rá lehetőség. A mérések sűrű ábrájából kirajzolódik a jó készülékek mérésének helye (tehát a virtuális arany minta), amelyen vizuális korrekciókat lehet elvégezni: ezzel módosítva a további mérések értékét.

A riportcsokrokat megjelenítő felület (lásd 13. ábra) már nem csak jelöli felkiáltójellel, hogy melyik tartománynál szükséges ezt a bizonyos korrekciót elvégezni, hanem a módosított riportcsokrot, kompenzálva felirattal látja el. A kész kompenzálás profilba vitelére egy külön gomb jött létre, amely egy profillistázó oldalra léptet (lásd 13. ábra). Az állomás nevére kattintva, annak összes profilja megtekinthető, jelölve azoknak maximális csillapítás értékét is. A kompenzált profil neve mellett, szintén kompenzált felirat jelenik meg, illetve a módosított értékek is láthatók. Ezzel a módszerrel sikerült, egy normál munkavégzéstől elkülönített csillapítás adatbázis profilját, az elképzeléseknek megfelelően módosítani.

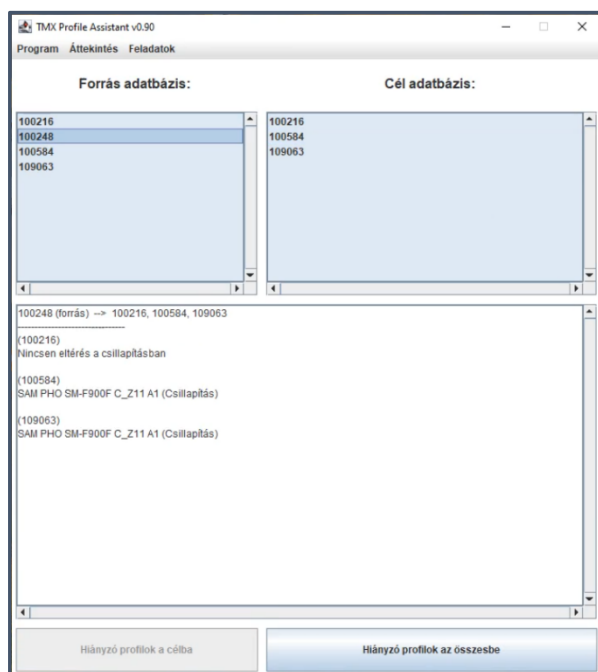


13. ábra – Kompenzálás riportsokron (bal) és annak profilba vitele (jobb)

3.3.6. Mappák szinkronizálása és első eredmények

Az deformálható pontgrafikonnal felszerelt program, további munkatársaknak került bemutatásra. Ennek eredményeképpen valamilyen szinten prioritást kapott, hogy egy kezdetleges, de élesben is bevethető verzió, minél előbb elkészüljön. A további fejlesztésekhez szükséges volt a programkódot átnézni és ahol lehet a szerkezetét optimalizálni. 2019. szeptemberre, megjelentek az első saját grafikus elemek is (Swing grafikus elemek leszármazottjai), amelyekkel egy sorban lehetett a megfelelő paraméterekkel létrehozni őket, ezáltal átláthatóbbá tenni a kódot. Megvalósult a több fajta RF script támogatottsága is, tehát a feldolgozó már tudta mikor, milyen értékeket kell beolvasnia (2G vagy 3G). Ezt követően elkészült az RF profilok szinkronizálása, a hozzá tartozó grafikus felülettel (lásd 14. ábra). Ehhez már volt előkészület azáltal, hogy a program egyszerre több csillapítás adatbázist is be tudott olvasni: ezek a logikai csillapítás adatbázisok lesznek összevetve. Ahol profilhiány van, oda egy másik logikai adatbázisból, a logikai profil átmásolható. A tényleges pótlás, a logikai adatbázis fizikális lemezre írásával jön létre. Lehetőség van az összes adatbázisban egyszerre, vagy egy kijelölt adatbázisban a profilhiányt pótolni. Ez a funkció teszi lehetővé, hogy az egyik állomásról létrehozott friss profil, szinkronizálást követően, minden állomásnál elérhető legyen ugyanabban a formában (az RF profilok állomásonként külön mappában lesznek tárolva).

A funkció elkészültével megindult a közös állomások csillapítás adatbázisainak (pontosabban az egy közösnek) a különválasztása, tehát három darab mappa került kialakításra. A CMUgo tesztszoftverek is át lettek konfigurálva, hogy mindegyik egy külön mappában lévő csillapítás adatbázist érjen el. Csak az egyik mappába kerültek az eredeti (de már a program



14. ábra – RF profilok szinkronizálása

által újraírt) profilok, a másik két mappát a profil szinkronizáló rész töltötte fel. A profilok megfelelő biztonsági mentéséről is gondoskodni kellett: a napi operációt a program miatti módosítások nem zavarhatták. 2019. novemberben történt meg a profilkompenzáló rész, éles adatokkal történő tesztelése. Egy készülék profilja, három darab új készülékkel (mint minta) újra létrehozásra került, a kész profil ki lett szinkronizálva. A létrehozás helyén a profillal készült mérések közepén voltak, de a másik kettőnél egy enyhe és egy jelentősebb eltérés volt a középértékektől.

Ezt a program szemléltette a pontgrafikon segítségével. A grafikon elmozdítását követően (majd a profilokat módosítva), az új mérések a másik két állomásnál is, a grafikon közepén kezdtek kirajzolódni. A grafikus eltolással megvalósított profil kompenzáció működőképessége beigazolódott. Be lett tervezve egy olyan kompenzálás, amely során 30 napi adatokkal átnézésre kerül az összes állomás problémásnak jelölt profilja (a program által). Egy nem tervezett funkciót viszont előtte be kellett építeni: ha egy profil kompenzálásra került, azt ne lehessen véletlenül újra kompenzálni. Ehhez a kompenzálás mentését követően, a listában szereplő riportcsokrokat el kell távolítani. Egy profilok állapotán rontó módosítást követően (majd azt kijavítva), a program újabb verzióinál elengedhetetlen kelékké vált a teszt profil és a hozzá tartozó célirányosan átalakított tesztelő riportok. Ezekből az egyik értékei pont közepén vannak, a másik kettő pontosan ± 1 dB eltérést tartalmaz. Ezekkel a tesztriportokkal mind a pontgrafikon tájolása, mind a profilkompenzációs része a programnak, kellőképpen tesztelhető.

A program kezdetleges CMU műszereket támogató verziója, ettől a ponttól kezdve használhatónak mondható. Miután a kompenzálások az élesített programmal megtörténtek, 1-2 hét leforgását követően drasztikus javulás volt észlelhető a korábban említett átment-elfogadható riport arányban. Ezt a program állomásinformációs részével számszerűsíteni is lehetett. 2019. áprilisban ezek a számok a három egységesített CMU tesztállomásnál: 90,5%, 88,7% és 84,6%. A 2019. decemberi adatok magukért beszéltek: 97,1%, 96,9% és 97,4%. Átlagosan 9% javulást sikerült elérni. Ez nem tűnik nagy számnak, de 100 tesztriportból nem mindegy, hogy 85 evidenciaértékű, avagy 95. Ha 100 tesztriportból, 5-ben lesznek kisebb

eltérések, az már ideálisnak mondható. A még ennél is magasabb arány a kiterjesztett határértékeknek is köszönhető, viszont a mostani arányszám a folyamatok változása miatt már az összes, a TMX-nél RF tesztelt készüléket lefedi (tehát jóval nagyobb a merítés is). Az elért eredmények dokumentálásra és cégen belül publikálásra kerültek. Eldőlt, hogy a programot érdemes tartósan és az RF tesztelési folyamat állandó részévé tenni.

3.4. Funkcionálisan teljes verzió elkészítése

A program már ebben a kezdetleges állapotban is hozzájárult ahhoz, hogy a nyáron átalakított műszerpark és folyamatok mellett, a mindennapi RF tesztelés zökkenőmentesen haladjon. A problémás profilok láthatóvá lettek téve és korrigálásra kerültek: a TMX-nél elfogadták ezt a fejlesztési irányt. A megnövekedett átment-elfogadható arány lehetőséget kínált arra, hogy az RF tesztelés folyamatát még jobban a részleg és a cég igényei szerint kerüljenek kialakításra. Az RF scripteket tovább módosíthatók, hogy szakszerűbb tesztelést lehessen végezni. A programból készülhet egy olyan stabil verzió, amely a mindennapi használat során rendszeresen bevethető. A CMU műszer mellett a CMW műszert is támogatná, valamint az RF tesztek végző operátorok munkáját is segíthetné. Összeírására kerültek azok a fejlesztési irányok és megvalósítandó funkciók, amelyekkel majd foglalkoznom kell. A kellő egyeztetések is lezajlottak az összes érintett területtel, hiszen a program az RF tesztelési (közvetve a javítási) folyamatokra valószínűsíthetően további ráhatással lesz.

3.4.1. A grafikus felület átalakítása



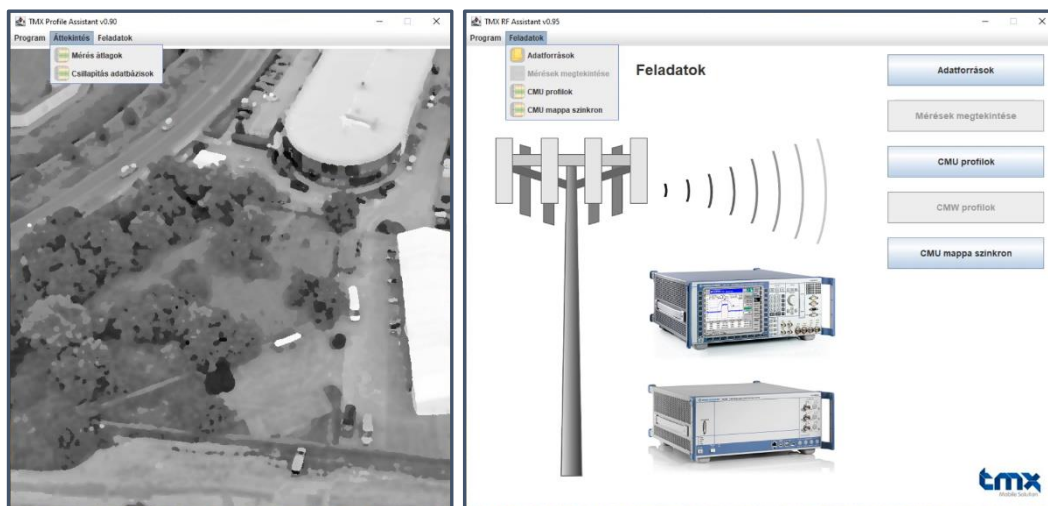
15. ábra – Vegyszerek kiválasztása egy másik fejlesztésben

2020. januárban, egy másik program fejlesztését kellett előtérbe helyeznem. Az RF teszten elért eredményeket látva, felkérést kaptam egy másik program elkészítésére, amely ki tudja váltani (vagy egészíteni) a szerviztérben kihelyezett vegyszerek biztonsági adatlapjait. Ez a biztonsági adatlapokat megjelenítő program

(lásd 15. ábra), az ismereteim további bővítését igényelte: felhasználóbarátnak és auditok során bemutathatónak kellett lennie a felületnek. A grafikus elemeket logikusan és egységes kinézettel kellett elhelyezni. Több elrendezés vezérlő közötti választás mérleges során egy nagyon jó összefoglalót találtam a GridBagLayout¹⁹-ről az Oracle oldalán [12]. Ezt a vezérlőt főleg fejlesztői keretrendszerek használják, de lehetséges a közvetlen használata is. Ez egy

¹⁹ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.desktop/java/awt/GridBagLayout.html>

testre szabható, négyzet rácson alapuló elrendezést tesz lehetővé. A rács celláira helyezett elemek több cellát is elfoglalhatnak, a cellák mérete súlyozható, de a grafikus elemek pixelben megadott mérete is kihatással van a rácsra. Az adatlap megjelenítőnél 3×6-os rácsot alkalmaztam. Egy nem várt kihívás is jelentkezett, a biztonsági adatlapok PDF²⁰ fájljainak képpé konvertálása közben. Magát a konverziót egy külső modul megoldotta, viszont amíg a lemezre írás művelet tartott, szerettem volna egy értesítési ablakkal tudatni a felhasználót a művelet állapotáról. Az értesítési ablak grafikus tartalma nem frissült, csak üresen megjelent: a lemezművelet, az egy szálon működő programnál, a grafikus alrendszer is megakasztotta. Megoldást keresve a problémára, a Baeldung oldalán fellelhető leírás [13] megismertetett a Timer²¹ osztállyal. Habár a Swing használata mellett nem annyira szerencsés alkalmazni (később még okozott problémákat), de a konvertálást egy időzítő azonnali indításával egy másik programszálon tudtam terelni. Így a grafikus alrendszer a fő programszálon tovább tudott menni, valamint az értesítési ablak mozgásba lendülhetett.



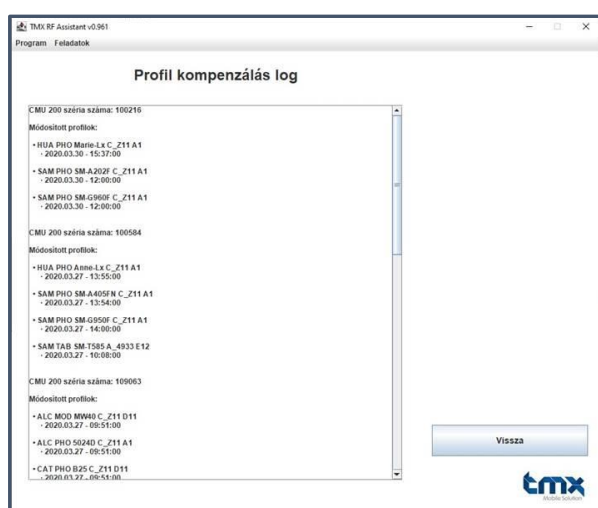
16. ábra – A kezdetleges grafikus felület (bal) és az átalakított (jobb)

2020. februárban a profilkarbantartó még igen kezdetleges állapotban volt, az elkészült adatlap-megjelenítővel összehasonlítva. Kezelése körülményes volt, bizonyos műveletek után újra kellett indítani. A grafikus felület a program megnyitásakor egy háttérrel és egy szimpla menüsorral fogadta a felhasználót, nehezen volt átlátható. Mivel a program a jövőben a mindennapok részévé fog válni (akár egy partnernek is be kell tudni mutatni), ezért ésszerű lépésnek tűnt a biztonsági adatlapos fejlesztés során létrehozott grafikai megoldások átemelése, a profilkarbantartóba (lásd 16. ábra). Az elrendezés vezérlő itt már egy új 4×10-es rácsmérettel dolgozott és a program állandó eleme lett a felület vízszintes bal negyedét elfoglaló, navigációs

²⁰ <https://www.adobe.com/hu/acrobat/about-adobe-pdf.html>

²¹ <https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/Timer.html>

gombosor (a felső menüsor megtartásra került). A program rendes kezdőoldalt kapott, valamint minden eddigi aloldala az új felülethez igazítva került áttervezésre. Gondolva a leendő funkcionalitásokra, a fejlesztés a végleges nevét is elnyerte: RF Assistant. Az értesítési ablak átemelésére is nagy szükség volt, hiszen a sok apró tesztriport lemezzről és hálózatról való feldolgozása hosszas feladat (6-8 másodperc egy nap riportjainak a feldolgozása). Az értesítés rendszer átemelése után a konzolon véletlenszerűen kivételek kezdtek megjelenni, amelyek a grafikus alrendszerben (AWT) keletkeztek. Hosszas kísérletezés és fórumokban való utánajárást követően, a listák feltöltésénél lett meg a megoldás. Kiderült, hogy nem javasolt a listát tömegesen, egyesével feltölteni elemekkel (az egész adatszerkezetét érdemes cserélni). Ha a felöltés egy másik szálon történik a processzor sebességével (nem kézzel), a grafikus alrendszer nem lesz képes kellő sebességgel vizuálisan is követni az eseményeket. Ezt orvosolva, a kezdetleges verzióban elérhető funkciókat az új felületben is elérhetővé kellett tenni. Javítások és kódoptimalizálás után, a logolás funkció megvalósítása került előtérbe.

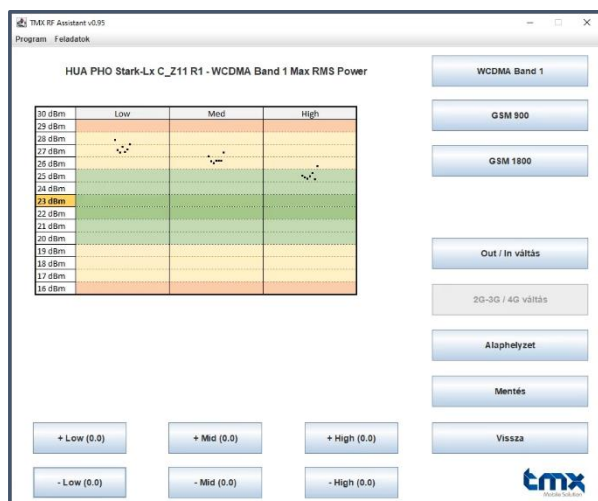


17. ábra – Log áttekintése egy későbbi verzióban

Minden profil kompenzációs mentését követően, az érintett állomás profiljainak adataival és egy időbélyeggel ellátva jöjjön létre egy log bejegyzés, majd ez kerüljön időrendben tárolásra a lemezen. Ezek a bejegyzések (a program által végzett módosítások) később közvetlen a grafikus felületen, egy szövegdobozban formázva is megjeleníthetők lesznek (lásd 17. ábra). A karbantartónak látnia kell, honnan meríthet méréseket adott profil karbantartásához. A

profilon végzett utolsó módosítás után létrejött riportok tartalmazzák a karbantartó számára hasznos méréseket, az előtte lévőkre nincsen szüksége (mivel a profil egy régebbi állapotát tükrözik). Az átlagszámolást és a pontgrafikont is csak akkor lehet pontosan kiszámolni, illetve a valóságot tükrözve kirajzolni, ha csak ezek a hasznos mérések kerülnek felhasználásra (forrás mappák kiválasztásánál figyelni kell az intervallumra). Az elképzelés az volt eredetileg, hogy a karbantartás bizonyos intervallumonként (mondjuk 1-2 hetente) lesz majd elvégezve, köztes karbantartásokra nem kerül sor. Tehát (feltételezhetően) a merítésben szereplő riportok profiljai a merítés intervallumában változatlanok, egy állapotot fognak tükrözni. Ha mégis sürgősen be kellene avatkozni egy problémás profilnál: a log megtekintésével látni lehet, hogy a merítés intervallumának kezdetét milyen dátumtól kell indítani.

3.4.2. Napi használat megkezdése és tesztek szigorítása



18. ábra – Pillanatkép egy karbantartás előtt álló profilról

Az elkészült logolásnak és a stabil állapotnak hála (a fejlesztések mellett) megindulhatott az első nagykompenzálás, amely már több hónapnyi adatokkal dolgozott. Ez az előzőtől nem csak a felhasznált adatmennyiségben különbözött. Olyan profilok is kompenzálásra kerültek, amelyek nem kaptak problémás besorolást, de láthatóan nem voltak középen (lásd 18. ábra). Mindenhol, ahol legalább három mérés jelen volt és szorosan összetartott, az

értékek középre húzásra kerültek. Ez azért is volt hasznos, mert a lazább határértékek miatt (főleg a vételi oldalon) olyan eltérések is voltak a középértékektől, amelyek már a profil stabilitását veszélyeztették. Látszott, hogy az RF teszt egészét átlátni teljesen más lehetőséget kínál a profilkarbantartásra, mint amikor csak operátori jelzésre kerül kivizsgálásra egy problémás esetet. Még azoknál az állomásoknál is volt teendő, ahol nem a fejlesztés beindítását serkentő Shield Box volt használatban. A profilok átnézésére mostantól bármikor lesz lehetőség, illetve amint a kellő mintaszám rendelkezésre áll, a karbantartás is elvégezhető (heti rendszerességgű átnézés tűnt célszerűnek). A rendszeres napi használat miatt jött az igény a log tartalmának gyors áttekintésére, tehát ne külső fájlból kelljen arról információt szerezni. Az erre a célra kialakított felület, egy szövegdobozban, időrendben és formázva mutatta a módosításokat (lásd 17. ábra). A már lassan közel 99%-os elfogadható-átment arány és a mérések többségének középre érkezése, új lehetőségeket kínált 2020. márciusra. A tesztszoftver által alapértelmezett határértékek között is lehetne RF tesztelni (± 5 dB kimenő és vételi oldalon). Kérésre elkezdtem a kivizsgálását annak, hogy a szigorúbb határértékek mellett, az átment-elfogadható arányt lehetséges-e 95% környékén tartani (tehát 100 riportonként, 5 alkalommal fut a teszt kisebb eltérésekre). Ezek a határértékek, még a régebben a partnerek által támasztott előírásoknál is szigorúbbak. Az RF scripteket eszerint lettek módosítva, illetve, hogy sikerüljön a működésüket jobban megértenem, ismételten szétszedésre és összerakásra kerültek. Ez jelentős időt vett igénybe, de sikerült a tesztek stabilitásán ezáltal javítani. Az RF scriptek esetleges további módosítása egy rugalmasabb riport feldolgozást is megkövetelt: egy soronként vizsgáló és konkrét kifejezést kereső riport feldolgozást (sor és karakterszám helyett). Ez a feldolgozást 1-2 másodperccel / nap riportjai tovább növelte, de később erre lesz megoldás.

A scripteken való változtatás még magában kevés lett volna ahhoz, hogy a szigorúbb tesztek mellett is egy 95% körüli elfogadható-átment arány kerüljön elérésre. A változtatást követően ez az arányszám 90% környékére esett vissza: az operátorok munkafolyamatában is változtatásokat kellett eszközölni. A mindennapi rutinjuk során eddig nem alkalmazott, vagy figyelmen kívül hagyott lépések szigorúan betartott elvégzésére is szükség volt:

- ha a készülékhez rossz profil kerül társításra és a teszt lefut, a riportot törölni kell
- ha rossz pozícióban kerül a készülék és a teszt lefut, a riportot törölni kell
- kerülni kell a repülőgép üzemmódot és a SIM tálcá bekapcsolt állapotban való betolását
 - a teszthálózatra csatlakozáshoz mindig hidegindítást kell alkalmazni
- kisebb eltérést látva a középértéktől, a tesztet meg kell szakítani és újra kell kezdeni.

Az operátorok nehezen vették, a program által generált módosításokat, de alkalmazásuk indokolt volt, ezt számukra is érthetővé tettem. A véletlenül rosszul tesztelt készülékek (rossz profil vagy pozíció), nem csak szóródást idéznek elő a pontgrafikon kinézetében, hanem ezzel megnehezítik a profilkarbantartást. Ha kis hibára futnak, attól még bele kerülnek az átlagszámolásba és így az elfogadható-átment arány számolásába is, annak hatékonyságát rontva. Hibázások előfordulhatnak, de ezt egyből korrigálni kell: a rossz méréseket el kell távolítani a merítésből. Ami a program használata előtt sejthető volt, a pontgrafikon már a kezdeti állapotban is konkrétan kirajzolta (lásd 10. ábra). Ha a tesztet úgy indítják, hogy a jelgenerálás indítását követően, egy repülőgép üzemmód kikapcsolásával egyből csatlakoznak a teszthálózathoz, vagy betolják az előre bekészített SIM tálcát: a WCDMA teszt kimenő teljesítmény tesztje, hajlamos lesz 3 dB értékkel alacsonyabbra érkezni, mint a várt érték. Egy ± 7 dB határértéknél ez nem feltétlenül probléma, de ± 5 dB-re csökkentve a tartományt, a szóródás miatt, elég közel kerülhetnek a mérések a határértékhez, növelve a kis eltérési riportok számát. Ez szigorúan hidegindítás használatával redukálható, illetve a profil közép igazítását követően, tesztelés közben könnyen detektálható. Ha jelenség fennáll, két 19-21 dB körüli WCDMA kimenő teljesítmény méréssel indul a tesztelés (24 dB-t várunk). A tesztelést így megszakítva, majd a telefont és a tesztet is újraindítva, a jelenség általában megszűnik. Az új folyamatokhoz mindenkinek hozzá kellett szokni, de idővel kialakult a rutin.

A mindennapi felhasználás során szerzett további tapasztalatok alapján, került a program módosításra. A riportcsokrokat már lehetőség volt mintaszám alapján is rangsorolni (lásd 19. ábra). Ez azért hasznos, mert részben érdemes a gyakorta beérkező típusok profiljaira kiemelten figyelni, másrésről hiába van egy profil problémásnak jelölve, ha csak egy minta áll rendelkezésre. A középértéktől való eltérés átlaga is megszűnt, a középeltérés vette át a helyét.

A középeltérés, a középértéktől való eltérés átlagszámolás képletének átalakításával jött létre (megszűnt a középértéktől való eltérés iránya, abszolút mértékére került a fókusz):

$$\frac{|mért\ érték - várt\ érték| + \dots}{átment\ riportok\ száma + elfogadható\ riportok\ száma}$$

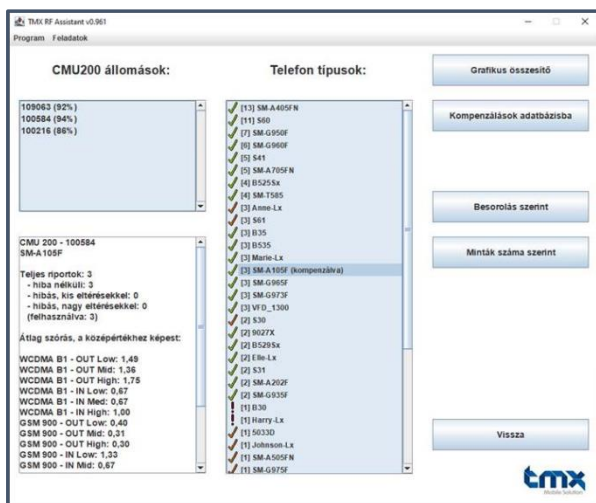
Hogy miért célszerűbb középeltérést számolni, a program teszteléséhez használt módosított riportok mutatták meg. Vegyük ezeknek a riportoknak, a WCDMA kimenő teljesítmény méréseit egy csatornatartománynál: 23 dB, 24 dB (közép) és 25 dB. Az eredeti és átalakított képleteket alkalmazva, a következő eredményt kapjuk, ezekre a mérésekre:

- középértéktől való eltérés átlaga: $(23 - 24 + 24 - 24 + 25 - 24) / 3 = 0$
- középeltérés: $(|23 - 24| + |24 - 24| + |25 - 24|) / 3 = 0,66$.

Most módosítsuk a riportokon a méréseket: 22 dB, 24 dB és 26 dB-re, majd számoljuk újra:

- középértéktől való eltérés átlaga: $(22 - 24 + 24 - 24 + 26 - 24) / 3 = 0$
- középeltérés: $(|22 - 24| + |24 - 24| + |26 - 24|) / 3 = 1,33$.

A középértéktől való eltérés átlagszámolása szerint minden jónak mondható, hiszen nulla az átlagos eltérés a középértékhez képest mindkét esetben. Joggal gondolhatjuk, hogy minden megfelelően működik és középre kerül. A valóságban viszont mindkét esetben, a középértékhez képest szóródás tapasztalható, amelynek a mértékét a középeltéréssel be lehet határolni.



19. ábra – Szórás számolás és mintaszámra szortírozás

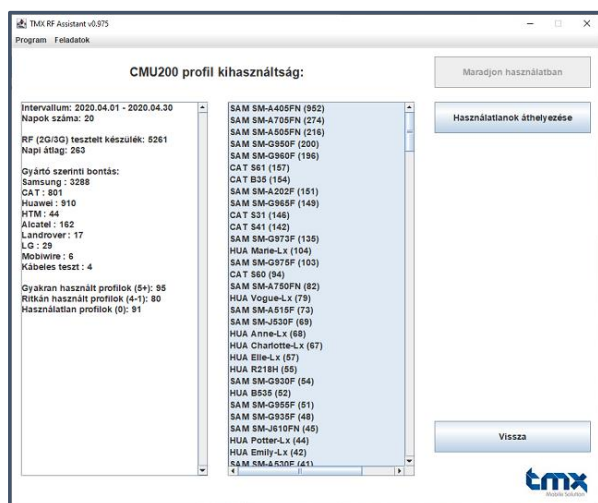
Az középeltérésre való átálláskor már kezdett látszani, hogy a program kezdi kinőni azt a keretet, amelyet a kezdetleges verzióban megálmodtam neki (nagyon nehezen végeztem el a szükséges módosításokat). Az új grafikus felület és a bővített funkciók miatt a program osztályait és a program szerkezetét átláthatóbbá kellett tenni. A már nagy számban jelen lévő osztályok közül külön Java csomagokba kerültek a grafikus vezérlő elemek osztályai,

a panelek, a logikai elemek és az adatok feldolgozásáért felelő osztályok. A belső szerkezet egy réteges irányba módosult: a program belépési pontjául szolgáló osztály lett az adatvezérlő, tehát a feldolgozásért felelős objektumok kizárólag rajta keresztül érhetők el. Az ablak központilag felel a paneleken zajló események kezeléséért és az értesítésekért. A logikai objektumokkal való számolási munka a paneleken megy végbe. Az új szerkezet kialakítása után újabb események befolyásolták a fejlesztés előrehaladását.

3.4.3. Váratlan tényezők és további fejlesztések

A Covid első hullámának hatását, a TMX-nél is érezni lehetett, így a program fejlesztésére is kihatással volt. A vírus megjelenése előtti hetekben kiemelt figyelem irányult a program felhasználó baráttá tételére, hiszen bizonyos esetekben nem a karbantartó személy, hanem nagy valószínűséggel annak helyettese fogja azt kezelni. A vírus elsősorban a műszakok átrendezése miatt, elvette a szabad kapacitást a fejlesztés elől, így az gyakorlatilag 2020. áprilisban szünetelt és csak a következő hónapban indult újra. A riportcsokor információ került csak bővítésre: hány különálló telefon vett részt a középeltérés kiszámolásában, illetve a számoláshoz felhasznált riportok kerültek felsorolásra. Az RF tesztelés főmunkaidőben eléggé monoton tevékenység, ami bizonyos esetekben lehet előnyös is: mivel sok időmet az elmúlt időszakban a programmal és az RF scriptekkel (valamint azok működésének megértésével) való foglalkozás vette el, nagyon jó volt közvetlenül is meg tapasztalni a program kihatását az RF tesztelés folyamatára. Tesztelés közben néhány szóródásra hajlamos típuson kívül, joggal várhattam el a mérések közepre érkezését és kis eltérési riportokkal is csak elvétve lehetett már találkozni. A tesztelés mellett, volt időm gondolkodni a leendő CMW modul készítésén is. A program már valamilyen szinten használja az objektum orientált szemléletet, az egységbezárt objektumaival, amelyeknek egy része a való életből lett leképezve (riport, állomás). Az öröklésre viszont még nem igen támaszkodott. A CMW modul megvalósításánál ezt remekül lehetne alkalmazni: a logikai objektumokat (riport, riportcsokor, állomás, profil) általánosítani kellene, majd azokból származtatni a CMU és CMW variánsokat. Tehát a program eddigi részei általános objektumokat fogadnának, pontosabban azoknak leszármazottjait. Egy CMU objektummal a program ugyanúgy kell viselkedjen ahogy eddig, egy CMW objektummal hasonlóan, a meghatározott eltérések mellett. Ilyen módon a meglévő kódnak, egy igen nagy része újrahasznosítható. Amikor időm engedte, az átalakított szerkezetben az általánosítás egy részét, gond nélkül el lehetett végezni, majd a programot ilyen alakban is működőképpé tenni. A vírushelyzet másik hatása a programra, a fejlesztés szempontjából, előnyösnek volt mondható. Az adatlapmegjelenítő megvalósítását (valamint annak alkalmazását) követően, felkérést kaptam egy digitális ESD (Electro Static Discharge) napló készítésére is. Egy kihelyezett táblagépen működő programnak egy nagy hátulütője lett volna: a felhasználóktól kézi beavatkozást igénylő eszköz, vírushelyzetben nem túl szerencsés (nagyon sok kolléga fogta volna meg a kijelzőjét). Így egyeztetést követően 2020. májusban, kizárólag a profilkarbantartó további bővítésére tudtam fókuszálni.

Először egy nagyon várt funkció került megvalósításra, amely az operátorok munkáját könnyítette. Ez a riportok feldolgozását követően használható, a riportok kihasználtságát



20. ábra – Profilok kihasználtságát mutató felület

mutató felület (lásd 20. ábra). Erre azért volt szükség, mivel a CMUgo tesztszoftver esetén úgy került kialakításra a tesztelés, hogy egy listából kell a megfelelő RF profilt kiválasztani (a hozzá tartozó RF scripttel együtt). A listában közel 300 elem található. A feldolgozott tesztriportokat nyersen felhasználva, egy újfajta logikai objektumba kategorizálva (állomástól független, azonos nevű profilok) láthatóvá válik, hogy egy adott készüléktípusból adott intervallumon

belül, hány eltérő IMEI számú példány kerül RF tesztelésre. Ezáltal a profillistát tartalmazó fájlt (amelyet a program már kezelni tud), a kihasználtság függvényében lehet módosítani. A két elérhető profillista közül az egyik a gyakran használt profilokkal, a másik a ritkán vagy nem használt profilokkal kerül feltöltésre (kivételek megadása mellett). Ez a napi munka során használt lista elemszámát jelentősen redukálta.

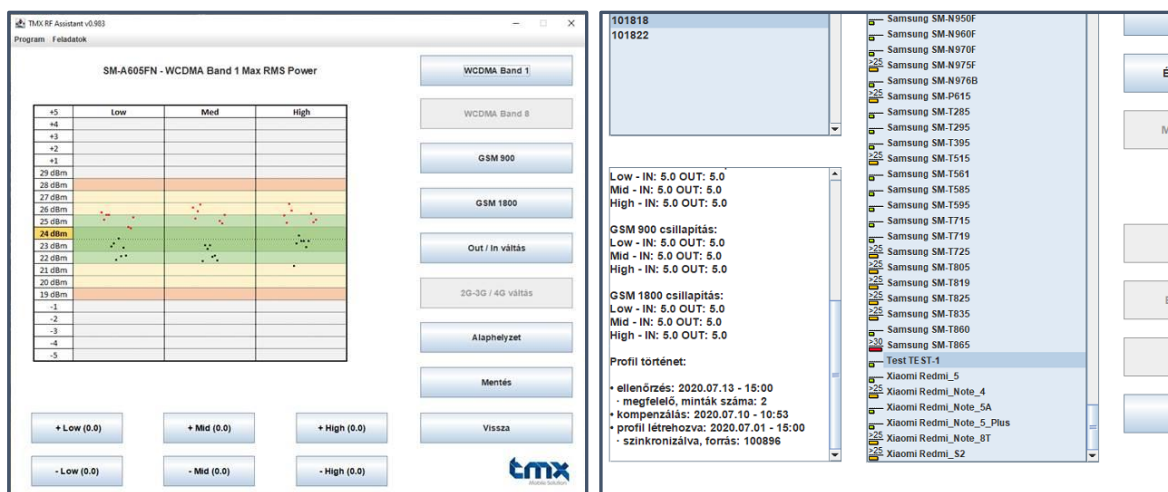
Egy másik váratlan tényező egy előkészítés alatt álló RF script módosítást is jelentősen befolyásolt. A program folyamatosan került felkészítésre a CMW modulra az általánosítással. Valamilyen formában a futatott RF scriptek működését is hasonlóvá akartam tenni a CMU és CMW műszer között. Ehhez újfajta RF scriptek kerültek előkészítésre. Részben tartalmaztak egy eddig nem használt LTE teszt elemet (jelszinten és nem sáv szélességen alapuló vételi teszt), illetve az LTE tesztek is 3 csatornatartományban kerülnek majd mérésre (2G-3G teszt scriptekhez hasonlóan). A megnövekedett tesztidő miatt viszont érdemes lesz majd a WCDMA Band VIII tesztet a CMU műszer 2G-3G tesztjébe átcsoportosítani. A program fel lett készítve ezeknek a tesztelemeknek az esetleges kezelésére (a mai napig benne van), de a gyakorlatban nem került kihasználásra a funkció. Az egyik CMU nem sokkal ezután, végérvényesen meghibásodott. Habár pótlásra került egy másik részlegről, egy szükséges opció hiányzott belőle (WCDMA Band VIII tesztelemeket nem tudta futtatni). Mérlegelést követően a szabvány tesztelése elvetésre került. Sokkal hasznosabb hálózati hibás készülékeknél az LTE tesztekre jobban fókuszálni és azt alaposabban végezni. Az elvetett szabványhoz köthető hardveres elemek, WCDMA Band I és GSM 900 tesztelése során használatba lesznek véve. Az új műszer eltérő széria száma miatt a feldolgozáskor az állomásnévnek, a továbbiakban az adott állomás tesztprogramjában beállított, fejléc adatból lesz érték adva (Shield Box széria száma). Így a tesztműszerek az állomásoknál szabadon cserélhetők lesznek (pl. kalibráció idejére).

3.4.4. CMU modul véglegesítése

Az egyre több felszabadult fejlesztési idő miatt, nagyon sok kisebb funkció megvalósulhatott. A lognál már a módosítás értéke is tárolásra került, amelyből szükség esetén maga a kompenzálás logikai objektuma és annak inverze is előállítható. Ez szükség esetén egy módosítás visszavonást tenne lehetővé (a funkció elő van készítve, de nincs élesítve). Az eddig kódban meghatározott, a feldolgozás során használt határérték limit is beállíthatóvá vált (mi számítson még elfogadható riportnak). Ez a problémás profilok korrigálásánál jelenthet segítséget. A pontgrafikon felülete is fejlődött: túlzott eltolásra már konkrét értékkel jelezte a gomb felületén, hogy nem célszerű a művelet. Egyre több olyan metódus, amely még nem az arra kialakított programrétegben volt, áthelyezésre került (elősegítve az általánosítást).

A fejlesztésekkel szinkronban 2020. júniusban, a CMU profilok elnevezésénél megszűntek a rövidítések, hogy a CMW műszernél lévő profilokkal egyértelműen lehessen összetársítani (mind a programnak, mind fejben). A program profillista és profil beolvasását e szerint kellett módosítani (a rövidítésekből már csak a Shield Box nevét kellett feloldani). Ez nem csak az olvashatóságot javította a profil kiválasztásakor, hanem erre az akkor már tervben lévő operátori résznél is szükség lesz. Ugyanis majd létre fog jönni egy profil információs bejegyzés, amelyhez társulni fog a két azonos nevű CMU és CMW profil. A profilban fellelhető adatokat fogja majd (elsősorban tájolási) információval kiegészíteni. Az azonos nevű, de csak 2G teszt scripttel társított profilokkal is kezdeni kellett valamit. Eleinte a program szinkronban kezelte őket a profil 2G-3G variánsával, de ez több problémát is okozott, így nyár folyamán ezek a profilok felszámolásra kerültek. A profilok átszervezéséhez társult még egy átrendezés is, ami mind a négy R&S tesztállomást hasonló elrendezésűre alakította (Shield Box jobb kézre essen). Mondhatjuk, hogy ebben az időszakban a program és a folyamatok nem csak egymással párhuzamosan, de látványosan és egymással összhangban alakultak. A fejlesztési irányvonalakba jobban be lettek vonva az operátorok (valamint a helyettes) meglátásai. A program közeljövőben való alakulása, valamint, hogy az operátori részben milyen funkciókat szeretnének majd látni, napi téma kezdett lenni (minden hasznosítható információ feljegyzésre került). De mielőtt az operátori részre, vagy akár CMW modul fejlesztésére kerülne sor, véglegesíteni szerettem volna a CMU műszerrel kapcsolatos funkcionálisokat.

Több olyan funkcionalitás, amely a végleges program működésénél már elengedhetetlen, elkezdett megvalósulni. Az első, hogy a log bejegyzésekből a riportokhoz hasonlóan csokrok képződnek (állomás és profil szerint), majd bekerülnek a profil logikai objektumába. Ezzel először is, a bejegyzések megfelelő szortírozásával, megvalósítható egy úgynevezett profiltörténet, amellyel egy profil életciklusa nyomon követhető. Ezt később meg



21. ábra – Irreleváns mérések a grafikonban (bal) és profiltörténet (jobb)

lehet jeleníteni a profil információs oldalán (lásd 21. ábra). Másodszor, a profil mostantól tud válaszolni egy fontos kérdésre: mikor volt utoljára kompenzáva. Egy ilyen profilt a riportcsokorhoz társítva, a folyamatosan mentésre kerülő log bejegyzések teljesen új értelmet nyertek. A középeltérés számolásánál, illetve a pontgrafikon kirajzolásánál, a program magától tudni fogja, milyen riportokat tekinthet relevánsnak. A grafikon az irreleváns, módosítás előtti méréseket pirossal jelöli (lásd 21. ábra). Eltolás esetén csak a releváns, fekete pontok mozognak. Így a karbantartónak nem kell figyelnie, hogy milyen mappákból végez merítést.

Nem sokkal ezután egy újabb hasznos funkció következett, amely a hálózatról beolvasott több száz (vagy akár ezer) tesztriport feldolgozását gyorsítja. A processzor és a memória közötti egységről elnevezve, létrejött a riport-gyorsítótár, mint egy adatrétegben elhelyezett feldolgozó objektum. Ennek az egységnek a feladata, hogy a kapott adott napi logikai tesztriportokat, tömören egy fájlba írja ki, valamint képes legyen azt visszaolvasni. Ez a feldolgozást rekurzívan végző, riport beolvasó részben került beékelésre. Mielőtt feldolgozásra kerülnének adott nap tesztriportjai, a program ellenőrzi, a (mappa nevével azonos) gyorsítótárazott riportokat tartalmazó fájl (továbbiakban gyorsítótár) meglétét. Ha létezik azt olvassa be, majd visszaadja a riportokat. Amennyiben nem létezik, a riportok nyersen kerülnek beolvasásra, valamint a gyorsítótár elkészül. Kivétel az aktuális napi mappa, mivel annak a tartalma munkavégzés során változhat. Öt napi gyorsítótárba tehető tesztriportoknál a következő módon alakult a feldolgozás sebessége:

- nyers riportok beolvasása (régí eljárás): 24 másodperc
- nyers riportok beolvasása, gyorsítótár készítéssel: 36 másodperc
- gyorsítótárazott riportok beolvasása: 1 másodperc.

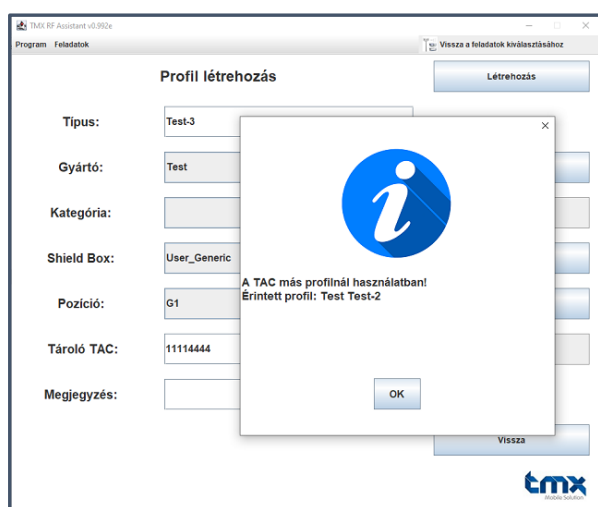
Ez a nagyságrendű gyorsulás teljesen új méretű merítéseket tett lehetővé. Egy esetleges karbantartás szinte azonnal elvégezhető (ha kellő mennyiségű gyorsítótár áll rendelkezésre).

A pontgrafikonhoz hasonlóan, a középeltérés is bontásra került: módosítás előttire és utánira (a kettő összevethető). Ha csökken a szóródás, a karbantartás sikeres volt, amennyiben változatlan vagy növekszik, akkor nem. Létrejött a profilok általános szóródását jellemző, úgynevezett kombinált középeltérés (hálózati szabványok középeltérésének az átlaga), amely a következőképpen kerül kiszámolásra, külön a kimenő és bemenő vonalra:

$$\frac{\text{alsó csatorna középeltérése} + \text{középső csatorna középeltérése} + \text{felső csatorna középeltérése} + \dots}{3} + \dots$$

hálózati szabványok száma

Karbantartás során, ennek a számnak a csökkentésére kell törekedni. A riportcsokrok besorolás szerinti listázása esetén e számmal a csokrok egymáshoz képest jobban rangsorolhatók. A pontgrafikon piros színű irreleváns mérései is tovább lettek bontva, szürke és fehér pontokra. Erre azért volt szükség, hogy a módosítás előtti és utáni állapot összevetésére minden esetben legyen lehetőség. Ha a mérítés intervallumában egynél több módosítás következett be a profil állapotában, akkor a jelenlegi módosítás előtti állapot csak akkor adható vissza, ha figyelembe vesszük az előző módosítás időpontját is. Eszerint több módosítás esetén: a releváns méréseket fekete pontokkal, az előző állapotot méréseit szürke és a vizsgálat szempontjából teljesen irreleváns méréseket pedig fehér pontokkal fogja a program kirajzolni. A pontok kirajzolásának sorrendjénél körültekintőnek kell lenni (fekete pontok kerüljenek legfelülre).

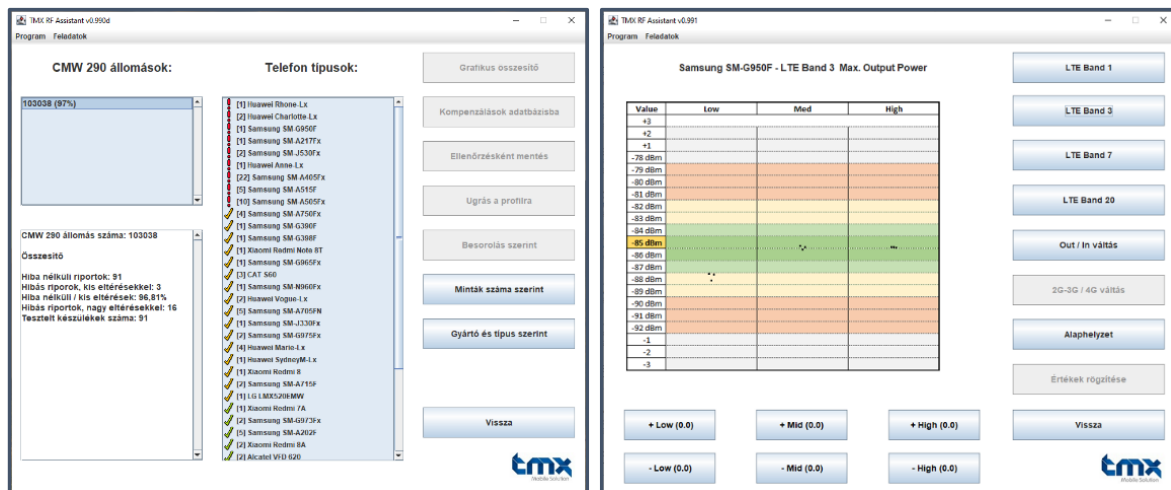


22. ábra – Profil létrehozás egy későbbi verzióban

2020. júliusban a CMU modul utolsó funkcionalitása került beépítésre. Elkészült a profil létrehozására alkalmas felület, amellyel a profiltörténetben meg lehetett határozni a profil kezdeti állapotát (lásd 22. ábra). A log bejegyzések kategorizálva lettek: létrehozás, módosítás és ellenőrzés. Az ellenőrzés log bejegyzés végül kikopott, de a megálmodott folyamat megmaradt. Ez az RF profil szoftveresen támogatott létrehozásának a módja: **létrehozás,**

szinkronizálás, kompenzálás és ellenőrzés. Létrehozást követően eleve biztosítani kell, minden Shield Box-ban a középre igazítást, valamint a profilt utólag ellenőrizni kell. Minden RF profilon végzett módosítás a profil születésétől kezdve, mostantól szigorúan csak a profilkarbantartóval végezhető (a tesztszoftverrel nem). Ezért a profil manuális, a tesztszoftverhez hasonló számszerű szerkesztése is lehetővé vált. Minden módosításnak nyomot kell hagynia, hiszen feldolgozáskor ezek mindig figyelembe vannak véve.

3.4.5. CMW modul elkészítése



23. ábra – CMW riportcsokrok (bal) és LTE mérések a grafikonon (jobb)

A CMU modul befejezéséhez közeledve, egy humán változás is végbement, amely részben a fejlesztésekhez vezethető vissza. 2020. augusztusban kiváltam az RF teszt részlegből, annak irányítását egy másik személy vette át. Egy akkor frissen alakított, a szerviz folyamatok fejlesztésért felelős csoportba kerültem áthelyezésre. Azonban az RF profilok és a műszerek állapotáért, továbbra is én feleltem. Megindult a helyettesem számára a tudásátadás, főleg az RF profilok karbantartásával kapcsolatban. A jövőben a fejlesztéssel kapcsolatos funkciók alakításába jelentős beleszólása lesz. Az év elejétől végrehajtott RF fejlesztések egy project feladatba lettek összegyűjtve. A következő lépések meghatározása mellett egy év végi határidő lett megcélózva a program funkcionális befejezésére.

Az új felállásban a beállítások oldal kialakításával kezdtem, hogy ne a kódból kelljen például a működéshez szükséges mappákat, vagy (a scriptek módosítását követően) a mérési határértékeket beállítani. Ezen felül a program több helyen elírás elleni védelmet kapott (értesítéssel egybekötve), főleg a profil létrehozása felületen. Ezt követően, fokozott tempóban kezdődött meg a CMW modul készítése. A CMW profil- és riport objektum is származtatásra került, az általános vagy CMU objektumokból. Az objektumok által használt csillapítás és mérési értékek tárolására szolgáló tömbök méretben kibővítésre kerültek: az eddigi 2G-3G értékek mellett, bizonyos esetekben 4G értékeket is tárolni kell majd. Az eredeti tömbméret 24 elemről, 48-ra emelkedett (három ki és három bemenő csatorna van, hálózati szabványonként). A CMW 2G-3G tesztelő script olyan módon lett módosítva, hogy elemeiben pontosan egyezzen a CMU műszer scriptjével. Először az így készült CMW riportok kerültek beolvasásra és ezek a kibővített objektumok, a megfelelő mérési értékekkel felöltve. Nem sokkal ezt követte a CMW profilok beolvasása, ami a CMU variánshoz képest bonyolultabbnak ígérkezett. A CMW adatbázis fejléc fájlja szöveges és tabulátorral elválasztott szerkezetű, de az konkrét csillapítás

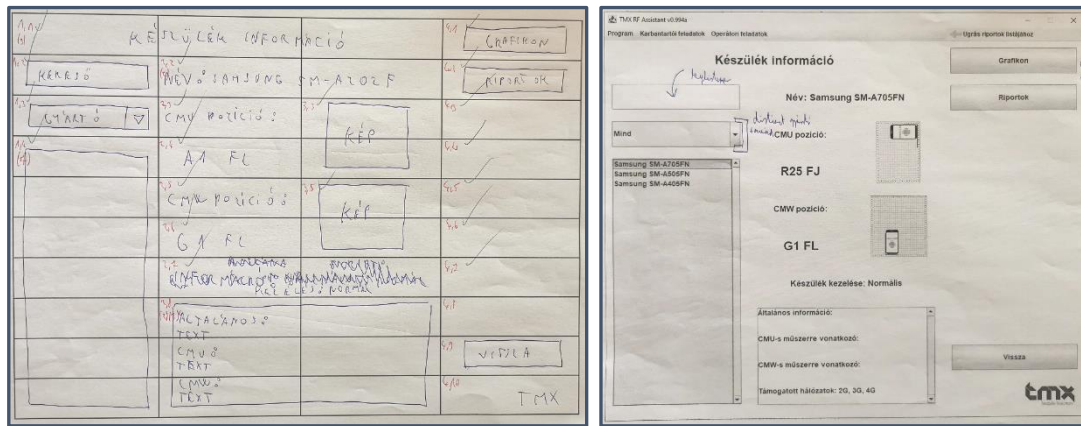
értékeket nem tartalmaz. Az értékek hálózati szabványonként és külön a ki és bemenő ágon különálló (XML²² szerkezetű) fájlokban vannak tárolva. Nem beszélve arról, hogy nincsen a profilhoz tartozó script társítás sem, a scriptet a felhasználó választja ki. Az RF profil a TAC szám alapján kerül társításra a tesztelés során, a regisztrációs folyamatot követően. Tehát ezt alapvetően máshogy kellett megközelíteni (a profilok beolvasása hosszas, értesítésre is szükség volt), de időben sikerült megvalósítani. Így elkészülhettek a CMW riportcsokrok is, amelyeket a program már egy bejáratott felületén sikerült megjeleníteni (lásd 23. ábra).

2020. szeptemberben kiértékelésre kerültek, a szigorúbb ± 5 dB határértékek, a kombinált középeltérés és pontgrafikon segítségével. A telefon vételi mérései, általában nagyobb szóródást mutattak, mint a kimenő mérések. ± 5 dB alkalmazása vételi oldalon, feleslegesen rontja az elfogadható-átment arányszámot (ezen érdemes változtatni). Ezért a pontgrafikon fel lett készítve többfajta, különböző sávozás megjelenítésére (a riportcsokrok besorolás számolása is átalakításra kerül). A grafikon felülete további gombokkal egészült ki és miután a 4G LTE méréseket tartalmazó riportok beolvasására kerültek, megjelenhettek azok is grafikusán (lásd 23. ábra). A grafikon bővítése előtt, a középeltérés megfelelő átalakításáról is gondoskodni kellett, hogy a megjelenített riportcsokrokból minden elérhető információ kinyerhető legyen. Megjelent a lehetőség a minimális RF script verzió megadására, készülve a tervezett CMW script revíziókra (a feldolgozás script verzióhoz is köthető). A gyorsítótár általánosítását követően a CMW riportok már kellő sebességgel lettek beolvasva, de a TAC számok megfelelő kezeléséről még gondoskodni kellett. A TAC számok a tesztszoftverben, első alkalommal, kézzel kerülnek társításra, ezért hibázás esetén legyen lehetőség a korrekcióra.

Hamarosan működésbe lépett a CMW profiloknál is a grafikus kompenzálás, így megkezdődhetett az előzőleg tervezett új, háromcsatornás (tisztán 4G) scriptek alkalmazása. A CMW profilok 4G részének eddig csak a középső csatornája volt karbantartva, kérdéses volt az alsó és felső mérések kimenetele (szoftveres kompenzálassal már gyorsan lehet korrigálni). Miután a scriptcsere és annak beállítása végbement, a program fel lett készítve az újfajta tesztriportokkal való munkára is. Ezt követően megtörtént az első CMW nagykompenzálás, ami a kezdeti 88%-os elfogadható-átment arányt, 1 hét alatt 93%-ra tudta emelni (a merítésbe be kellett vonni, nem hálózati hibás készülékeket is). 2020. októberben a karbantartói funkciók és működésük maradéktalanul ellenőrzésre került. Az utolsó, elkészült karbantartói funkció a profil pozíciójának áthelyezés lett, amely lényegében törli a profilt, majd azt újra létrehozza (bizonyos adatok megtartása mellett).

²² <https://www.w3.org/TR/2006/REC-xml11-20060816/>

3.4.6. Operátori funkciók elkészítése

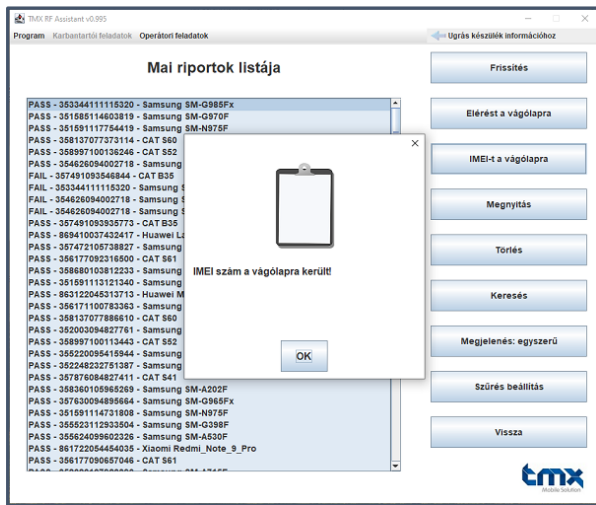


24. ábra – Készülék információ képernyőterve (bal) és a kész felület (jobb)

Az operátori részre már korábban történtek előkészületek: ilyen volt a korábban említésre került CMU profil átnevezés is. Egy újfajta logikai objektum került kidolgozásra (készülék), amely a készülék kezelésével kapcsolatban tartalmazhat általános, vagy műszer specifikus információkat. A legfontosabb ilyen, hogy a készüléket hova és milyen helyzetben kell a Shield Box-ba helyezni. Mivel ehhez az objektumhoz a CMU és CMW profil is társulni fog (amennyiben léteznek), a profilok által a pozíció már ismert, csak a készülék tájolását kell mellé tárolni. Fontos lehet egy olyan értéket is beletenni, amelyik a készülék problémás kezelésre hívja föl az operátor figyelmét. Ezek az objektumok először sima szöveges alakban kerültek tárolásra. Látva a nagyobb adatmennyiséget és hogy kicsit szabványosabb legyen az adattárolás, kidolgozásra került egy saját XML olvasó-író egység az adatrétegben. A gyorsítótáron és logon kívüli adatok ebben az új formátumban kerültek tárolásra. A program adatrétegében (a szerkezet előnyeit kihasználva) eszerint lettek elvégezve a módosítások.

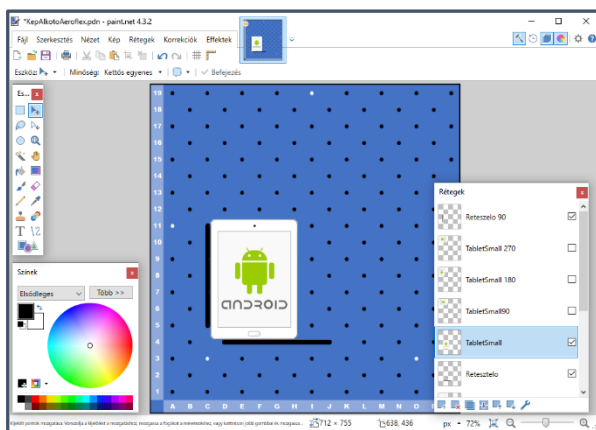
2020. novemberre a CMW állomás elfogadható-átment aránya 90%-ra állta be, ezért a vételi határérték (egyeztetés után) ± 7 dB-re lett növelve, egységesen a CMU és CMW műszernél is. Ez a régen elvárt határértéknél még mindig szűkebb, viszont ezáltal sikerült javítani az átment-elfogadható arányokon: pár nap múlva 95% és 97% között kezdtek el mozogni. Ez azt jelentette, hogy karbantartói oldalon a fejlesztésekkel elértem a kitűzött célokat. A fejlesztést át lehetett teljes mértékben irányítani az operátori funkciók megvalósítására. A készülék objektumok, XML-be írásának és olvasásának a megvalósítása után, a program új kezdőképernyőt kapott. Különváltak az operátori és karbantartói feladatok, a karbantartói feladatok jelszóval kerültek levédésre. Ezt követően az operátorokkal való folyamatos egyeztetés mellett, megindult az operátori felületek tervezése (lásd 24. ábra). Eddig nem volt jellemző a fejlesztésre, de most kimondottan hatékonyan bizonyult több panel egyszerre történő tervezése, a felületek gyors elkészítése, majd a mögöttes logikának a folyamatos

megvalósítása. Az operátori részhez köthető az adott napi riportokat listázó felület, a riportok keresésére szolgáló felület, valamint a készülék információt megjelenítő felület, amelyeket egyszerre terveztem. A készülék információ szerkesztésére alkalmas felület később készült el.



25. ábra – Értékesítési ablak finomhangolása

megvalósult (ehhez egy külön segédprogramot használtak eddig). A keresés funkció okozott kisebb fejtörést. Habár a program viszonylag gyorsan tudott keresni a gyorsítótárnak hála, de bizonyos riportokat nem talált a keresést követően. A megszakadt tesztriportok alapvetően nem kerülnek feldolgozásra, így a gyorsítótárban sem lesznek jelen és végül a keresés sem fogja látni őket. Miután a riportok feldolgozása és a gyorsítótár is ennek figyelembevételével átdolgozásra került, az operátorok elkezdheték használni a már meglévő funkciókat.



26. ábra – Pozíciós sablon szerkesztése

programban volt ilyen funkció, a megoldást átemeltem). Ez jóval kényelmesebb, mint a pozíciók tárolására eddig használt táblázat és benne a kézzel való navigáció. Magát a pozíciós információt képpel is érdemes illusztrálni, így végül egy kisméretű és nagyítható kép került megjelenítésre. A kis kép mérete úgy lett alakítva, hogy a megfelelő tájolás még látszódjon rajta (ne kelljen mindig nagyítani). Mivel nem a program fogja a képeket kirajzolni, általános ábrák

Mivel feldolgozott tesztriportokban a program nem szenved hiányt, ezért a friss tesztriportokat listázó felület és közvetlen utána a riportok keresésére alkalmas oldal került először kidolgozásra. Az egyeztetés a felületekről folyamatos volt: az értesítési rendszer paneljeiből például szükséges volt kisebb verziót készíteni (lásd 25. ábra). Az operátorokat zavarta az eredeti mérete. A riport törlési lehetősége és elérési útvonalának a vágólappra másolása hamar

További egyeztetéseket követően, a készülék információs bejegyzéseinek tartalma végleges formát öltött, majd megindult a készülék információs oldalon lévő lista feltöltése. Ezen az oldalon egy gyorskereső funkció alapról be volt tervezve, ahol adott kifejezésre keresve, minden egyes billentyű leütésével szűkül a találati lista (az adatlap-megjelenítő

készültek. A sok közös pozícióban használt készülék miatt ez előnyös volt (sok idő lett volna minden készüléket lefotózni). A Shield Box-ok háttérét alkotó mintázat, a pontgrafikonhoz hasonlóan, táblázatkezelő segítségével lett elkészítve. Az ábrákhoz sablon is készült, a Paint.NET²³ program rétegkezelésének segítségével (lásd 26. ábra).

A készülék információs oldal mellett, az operátorok első használatból eredő kérései is teljesítésre kerültek: adatok gombbal való újra olvasására lehetőség, listában kurzoros navigáció és különféle fókuszállítások. 2020. decemberre az operátorok már a pontgrafikont is elérhették (grafikus eltolás nélkül), ezzel is ösztönözve őket, a hibásan tesztelt mérések törlésére. Riportok kiértékeléskor, a pontgrafikon számukra is hasznos lehet. A készülék információnak a szerkesztő oldala maradt a végére. A szerkesztendő információs bejegyzések, a profil létrehozásakor fognak majd létrejönni (törölni őket, amíg a profil létezik, nem lehet). A még hiányzó bejegyzéseket a profillisták alapján kódból generáltam és több napon keresztül a program felültén dolgoztam tovább. A több száz pozíciós információt tartalmazó táblázatból, a szerkesztő felülettel, felvittem a programba az adatokat és az általános ábrákat elkészítettem.

Ezt követően el tudtam készíteni, a fejlesztést összefoglaló dokumentumot. Ebben kifejtettem, hogy a fejlesztett programot operátori és karbantartói szempontból is teljesnek ítélem, valamint az RF teszt folyamatait, amennyire módomban állt, optimalizáltam. Ezzel párhuzamosan a RF tesztműszerek és profilok felügyeletét is átdelegáltam a régi helyettes kollégámnak. Célravezetőbbnek tartottam, ha a felügyeletet olyan személy végzi, aki rendszeresen foglalkozik készülékek RF tesztelésével és jó rálátása van a részleg napi operációjára. A felszabadult kapacitást kiaknázva egyéb feladataimra, köztük újabb fejlesztések megvalósítására helyeztem a hangsúlyt.

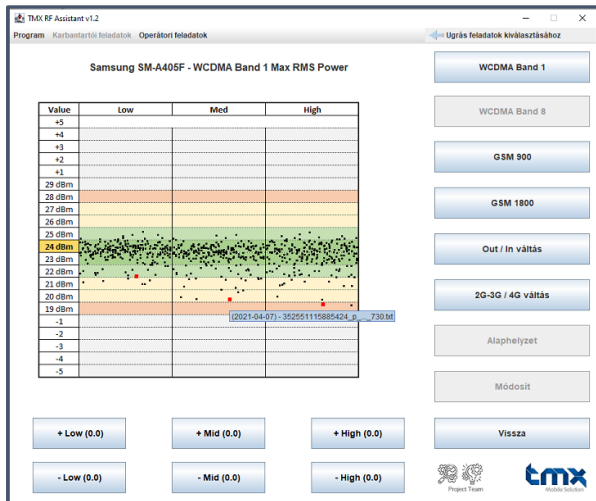
3.5. Felmerülő igények teljesítése

A profilkarbantartó befejezését követően össze lettek írva olyan ötletek és észrevételek, amelyek félre lettek téve későbbi megvalósítás céljából. Ezeket a fejlesztési irányokat, már részben a kész programot használó operátorok és az új karbantartó személy határozta meg. Hamarosan szükség volt egy új program gyors kifejlesztésére, amelyet a már meglévő olvasó-író és grafikus elemeknek hála viszonylag hamar, 2021. januárra működőképes állapotba sikerült hoznom. Ez egy tevékenységeket CSV²⁴ fájlba rögzítő program, amelyhez külön frissítő is készült. A programhoz szükséges elemek a profilkarbantartóból lettek átemelve, de mivel ez már a harmadik fejlesztés volt, amely gyakorlatilag ugyanazokat az osztályokat

²³ <https://www.getpaint.net/>

²⁴ <https://www.w3.org/TR/tabular-data-primer/>

használja, kellett egy jobb megoldás. A projectekben elhelyezett module.info fájl áruklodott a modulok használatának lehetőségéről. Erről sikerült találnom olyan anyagot, amelyik a modulokat az Eclipse környezetben mutatja be [14]. Ez megértette velem, hogy a Java elemeket nem csak csomagokba, hanem modulokba is lehet szervezni. A modulok exportálhatnak csomagokat, amelyeket más projectben a modulra hivatkozva el lehet érni. A tevékenységrögzítő és frissítője, majd 2021. februárban (második nekifutásra), a profilkarbantartó is át lett állítva a közös modul (kódbázis) használatára. A közös kódbázisba (Commons) a grafikus osztályok többsége, illetve a fájlműveletekkel kapcsolatos osztályok kerültek átszervezésre. Az átalakítást (valamint a frissítés funkció átemelését) követően, a profilkarbantartóban addig észlelt hibák javításra kerültek, a felület hangolva lett és elkészült a riportcsokrok módosítás szerinti rendezése.



27. ábra – Interaktív pontgrafikon

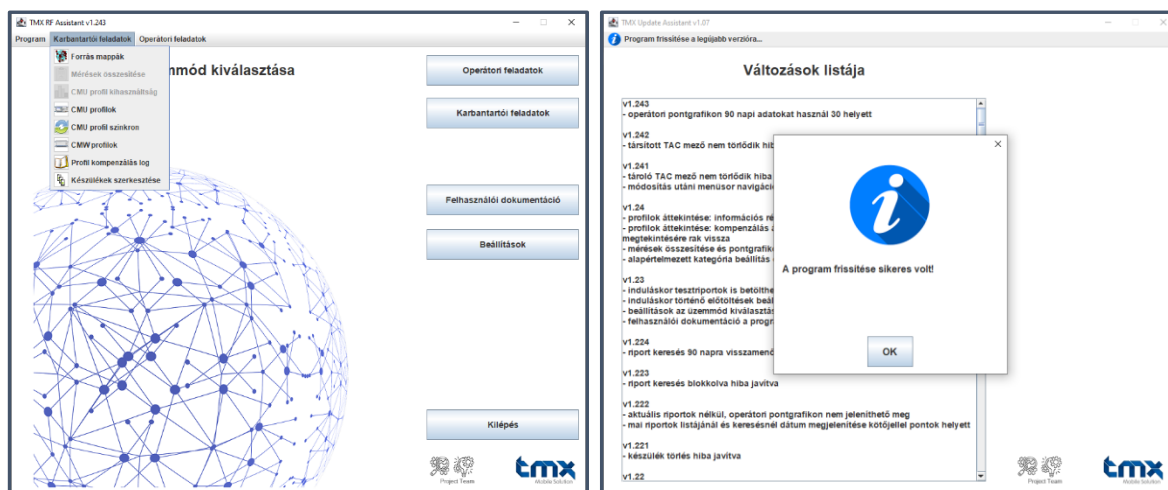
Látványosabb bővítésre egészen 2021. áprilisig várni kellett, amíg a korábban említett ESD napló (a közös kódbázist kiaknázva) prioritásban elkészült, illetve az adatlap-megjelenítő is a közös kódbázis használatára lett állítva. Közvetlenül a bővítések megkezdése előtt, a cégen belül, részletesen be kellett mutatnom az elkészült programokat és azoknak a funkcióit. A programok mostanra már, mint a

folyamatok szerves elemei kerültek bemutatásra. Ezért előírták a forráskódok és programfájlok átlátható és egy központi helyen történő tárolását, illetve a felhasználói dokumentáció elkészítését. A profilkarbantartó használati útmutatója közel 30 oldal terjedelmű lett. Elhelyeztem benne a profilok karbantartásával kapcsolatos, hasznos információk is. Mielőtt külön kérésre, 2021. júniusban átadtam volna a forráskódot a cég informatikai részlegének, a programba újabb funkciókat valósítottam meg. Ilyen a pontra való kattintással, az összefüggő méréseket mutató interaktív pontgrafikon (lásd 27. ábra). Ehhez a pontokból is logikai objektumot kellett képezni, hogy a pozíciójukat a felületen meg tudják mondani (az átlapoló pontok okoztak nehézséget). A kompenzálás log tárolása átkerült szabványos CSV formátumba, valamint a profilok kihasználtságát mutató oldalt is átalakítottam (kétlistásra). Még több kisebb módosítást elvégezve (majd a dokumentációt megírva), júniusban leálltam az önálló fejlesztésekkel. A fejlesztés további irányzatai, a TMX informatikai részlegével közösen kerülnek majd meghatározásra.

4. A végleges megoldás bemutatása

A program kialakításának részletezése során, sok jelenleg is használt funkció és az azzal kapcsolatos működési elv is leírásra került. Ebben a fejezetben inkább, a megvalósult funkciók összegzésére szeretnék összpontosítani, leginkább felhasználói szemszögből. Az utolsó, még önállóan fejlesztett verzió kerül bemutatásra. A fejezet végén a program vázlatos felépítésébe is betekintés lesz, a program kódjában megtalálható Java osztályok rövid leírása mellett.

4.1. Felület és navigáció

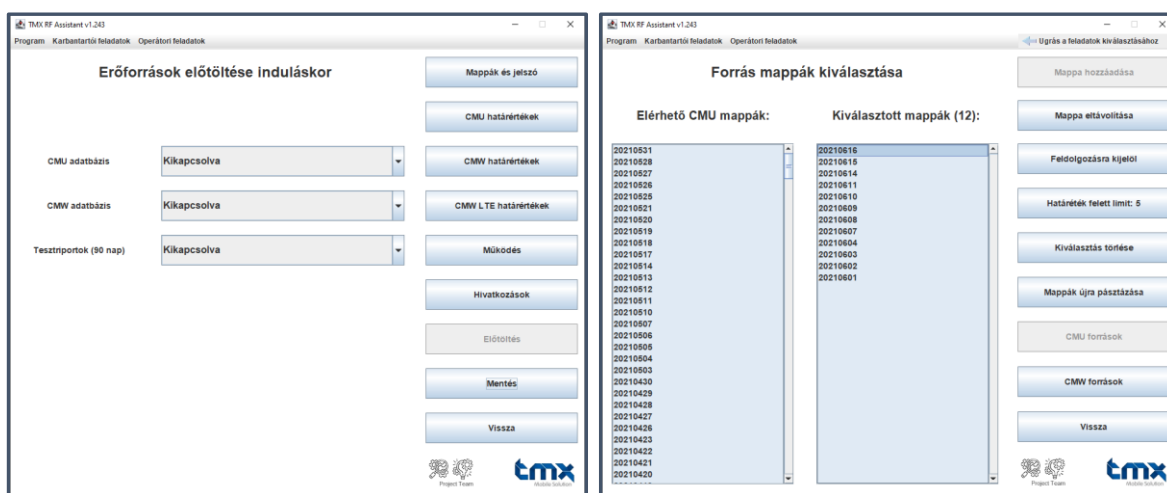


28. ábra – A kezdőképernyő(bal) és a program frissítője (jobb)

A program az indítását követően, ellenőrzi a működéshez szükséges (hálózati) fájlok meglétét. Amennyiben ez rendben van, megkezdődhet a riportok és csillapítás adatbázisok előtöltése (ha be volt állítva). A felhasználónak az oldalsó navigációs gombokkal, vagy a felső menüsorral lehetősége van az operátori és karbantartói feladatok elérésére (lásd 28. ábra). A karbantartói feladatok jelszóval vannak védve, csak annak megadásával érhetők el. Egy felhasználói útmutató is elérhető a programon keresztül, ilyenkor egy külső PDF fájl kerül megnyitásra. A program felületén folyamatosan jelen vannak az oldalsó navigációs gombok, a visszalépés opció mindig a legalsó gomb szokott lenni (természetesen a felső menüsor is mindig elérhető). Néhány felületen, a menüsoron egy ugrás gomb jelenik meg, ezzel közvetlenül lehet váltani a felületek között. A megjelenő értesítések a program felületén nem engedik a beavatkozást, azokat feltétlenül nyugtázni kell (vagy megvárni megszűnésüket).

Amennyiben a program működéséhez szükséges fájlok nem elérhetők, az alapfunkciók tiltásra kerülnek. Az alapfunkciók a karbantartó által is tilthatók, valamint így a programfrissítés indításkor kikényszeríthető. Ilyenkor a kezdőlapon egy frissítés gomb jelenik meg, amelynek megnyomásával egy külső frissítő program indul el (lásd 28. ábra). Ez elvégzi a szükséges módosításokat, kijelzi a változások listáját és végül megnyitja a frissített programot.

4.2. Működés testre szabása és források kiválasztása

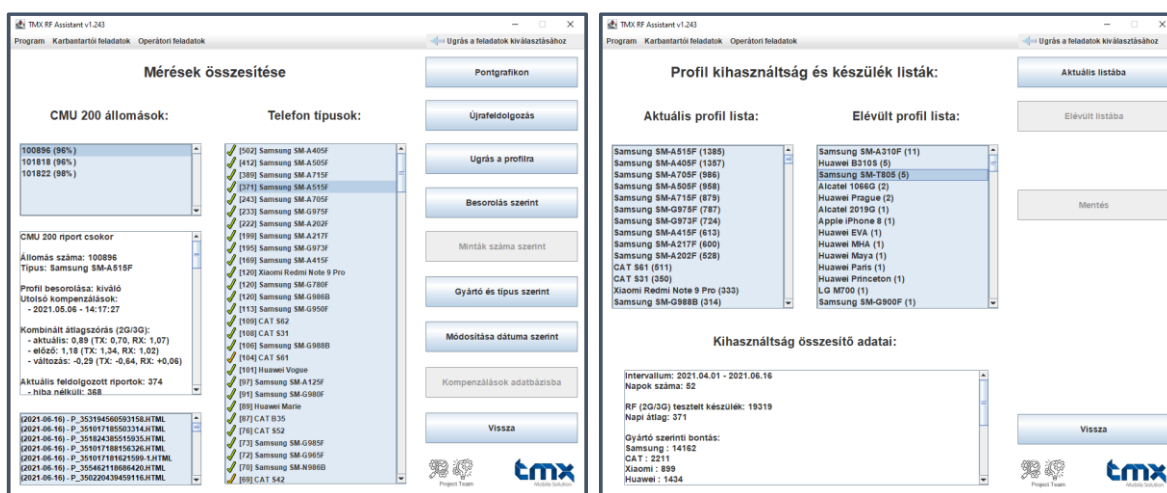


29. ábra – Beállítások (bal) és forrás mappa kiválasztás (jobb)

A program központi hálózati mappájának meghatározásán kívül (a menüben található), a program további beállításai egy külön felületen érhetők el (lásd 29. ábra). A beállítások lehetnek lokálisak (adott mappában lévő programra érvényes), vagy globálisak (minden programra érvényes). Mindenki számára elérhető lokális beállítás, hogy a program előtöltse indításkor a csillapítás adatbázisokat és 90 napra visszamenőleg a tesztriportokat. A globális beállítások jelszóval vannak védve, csak a karbantartó érheti el őket. Ilyenek a program működéséhez szükséges egyéb mappák: csillapítás adatbázisok mappája, RF scriptek mappája, tesztriportok és gyorsítótárjuk mappája. Globális beállítás (külön a CMU és CMW műszerre), a riport feldolgozást befolyásoló mérési határértékek (hálózati szabványonként), vagy a minimum engedélyezett RF script verzió. Globálisan meghatározható még a profil alaphelyzetbe állításakor felvett érték, a profil létrehozásánál preferált kiválasztási opciók, a karbantartói jelszó és a program használatához szükséges minimális verziószám (ennek léptetése indítja be a frissítést). Ezen a felületen tudja a karbantartó még azt a lokális beállítást változtatni, hogy a források kiválasztásakor CMU vagy CMW mappák kerüljenek pásztázásra.

A források kiválasztása felület (lásd 29. ábra) szolgál arra, hogy kijelöljük azokat a mappákat, ahonnan a tesztriportokat szeretnénk feldolgozni (meríteni). A felületen külön gombbal lehet váltani a CMU és CMW források között. A mappák alaphőz pásztázásra kerülnek, de erre külön gomb is van. Az elérhető mappák között csak idei, vagy előző évi dátummal ellátott mappák fognak megjelenni. Duplakattintással, vagy gombbal lehet az elemeket (akár többet egyszerre) a kiválasztott mappák listába tenni (a kiválasztás törölhető). Az elfogadhatónak vehető riportok határérték beállítással meghatározhatók. A feldolgozásra való kijelölés gomb megnyomásával a kiválasztás nyugtázható: a program a kezdőképernyőre lép vissza és aktiválja a mérések összesítése gombot (rajta az intervallum nagyságával).

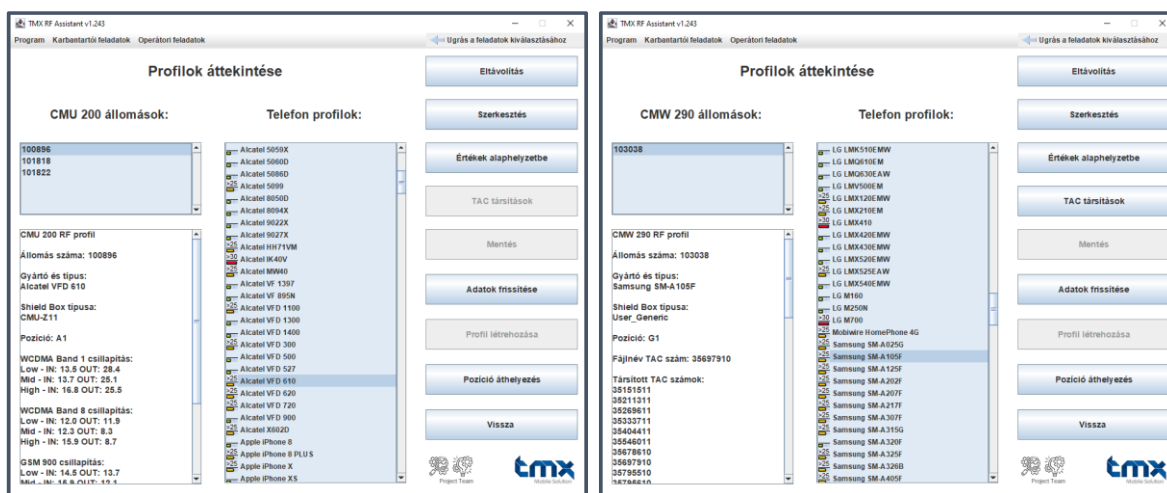
4.3. Feldolgozott mérések adatainak felhasználása



30. ábra – Riportcsokrok listázása (bal) és profil statisztika (jobb)

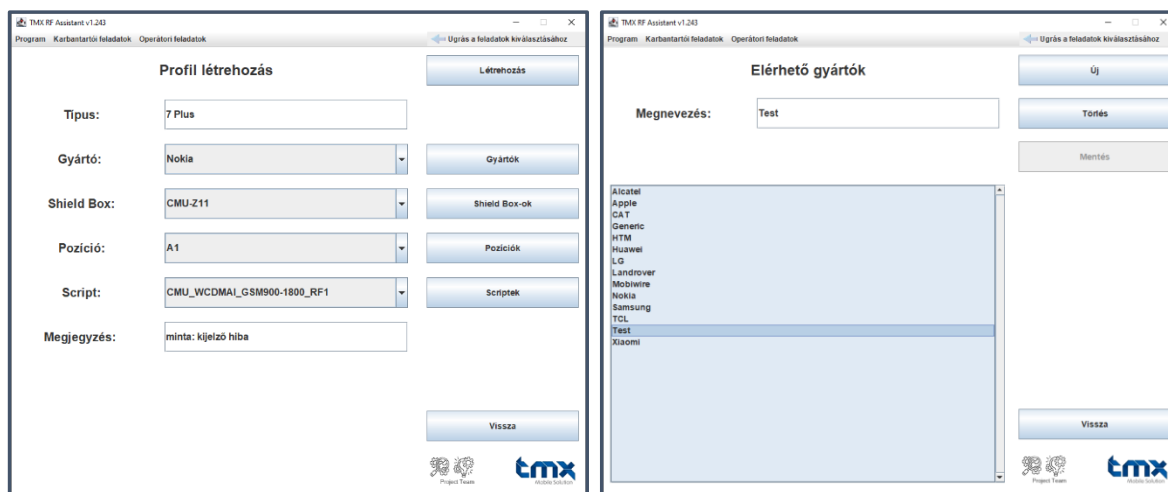
A források kiválasztását és feldolgozását követően, több felületen lehet a kapott adatokkal dolgozni. A mérések összesítése felület (lásd 30. ábra) állomásonként tudja listázni az elkészült riportcsokrokat (a feldolgozás bármikor ismételhető). A riportcsokrok (állomás kiválasztását követően) rendezhetők kapott besorolásuk szerint (szóródás), a minták száma szerint, a profil legutolsó módosítása szerint és nevük (gyártó + típus) szerint is. A riportcsokorról lehetőség van az érintett profilra ugrani (felület váltással), illetve a profil kompenzációját követően ugyanezt megtenni, a kompenzált értékek átvitele mellett. Az állomások a listákban szériaszámukkal (Shield Box szériaszáma) és átment-elfogadható arányukkal együtt jelennek meg. Rájuk kattintva megtudható, hogy a feldolgozás során adott állomáshoz tartozó, mennyi hiba nélküli, elfogadható (kis eltérések), illetve hibás tesztriport került feldolgozásra. Az egész állomásra jellemző kombinált középeltérés (2G-3G és 4G), külön kimenő és bemenő ágra is megtekinthető. A kis eltéréseket tartalmazó riportok, hibájának jellege kategorizálásra kerül, illetve ezek a riportok egy külön listában megjelennek és duplakattintással megnyithatók. A riportcsokrok a minták számával (2G-3G és 4G), nevükkel és a besorolásuknak megfelelő mintázattal vannak megjelölve: zöld pipa - jó, sárga pipa - elfogadható, vörös felkiáltójel - problémás, óra - nincsen releváns (utolsó módosítás utáni) mérés. A riportcsokorról úgyszintén megtudható (érintett profil besorolása mellett), hogy milyen riportok kerültek feldolgozásra (átment, elfogadható, hibás). Az is kiderül, hogy ez hány különböző IMEI számú készüléket jelentett. Ezek közül a releváns és az utolsó módosítás előtti riportok külön listába kerülnek, ahol dupla kattintással megnyithatók. A kombinált középeltérés mellett, a középeltérés csatornára bontva is elérhető: ahol az kiugróan nagy, ott az eltérés mértékétől függően 1 vagy 2 felkiáltójelet is megjelenít (ezek az értékek befolyásolták a csokor besorolását). Amennyiben a merítés intervallumában módosítás is volt, az előző állapotról is

Ugyanezeket a feldolgozott adatokat fel lehet használni (CMU mérések esetén) a profilok kihasználtságát mutató felületen (lásd 30. ábra). Itt viszont nem riportcsokrok képződnek, hanem állomástól függetlenül az azonos nevű profilok kerülnek összevonásra. Az RF scriptek társítását tartalmazó fájl alapján két lista kerül felöltésre, az aktuálisnak és az elévültnek számító profilokkal. A profilok az egyik listából a másikba helyezhetők (gombbal vagy duplakattintással). A profilok nevükkel és a feldolgozásra került, azonos nevű profil felhasználó riportok számával jelennek meg. Ezáltal látható, hogy adott készüléktípusról, adott intervallumban hány teszt készült. A kihasználtság adatok összesítésre kerülnek a kezdő, valamint a befejező dátummal, a napok számával, az intervallumban tesztelt készülékek számával és egy napi átlaggal. Gyártószerinti bontás is rendelkezésre áll, valamint összesítésre kerül, hogy hány gyakran, ritkán vagy használatlan profil volt adott intervallumban.



Az RF profilok azonos felületen, de külön érhetőek el a CMU és CMW műszerekhez (lásd 31. ábra). A csillapítás adatbázis beolvasását követően (ami bármikor megismételhető), az állomások listázásra kerülnek, majd azokra kattintva pedig a profilok is. Az állomások a szériaszámukkal, a profilok meg a nevükkel és besorolásukkal kerülnek megjelenítésre. Besorolása (maximális csillapítás értéke) szerint egy profil lehet: zöld - 25 dB alatti (normális), sárga - 30 dB alatti (elfogadható), vörös - 30 dB feletti (problémás). Az állomásra kattintva profiljainak összesített és besorolás szerinti darabszáma is megtekinthető. A profilra kattintva

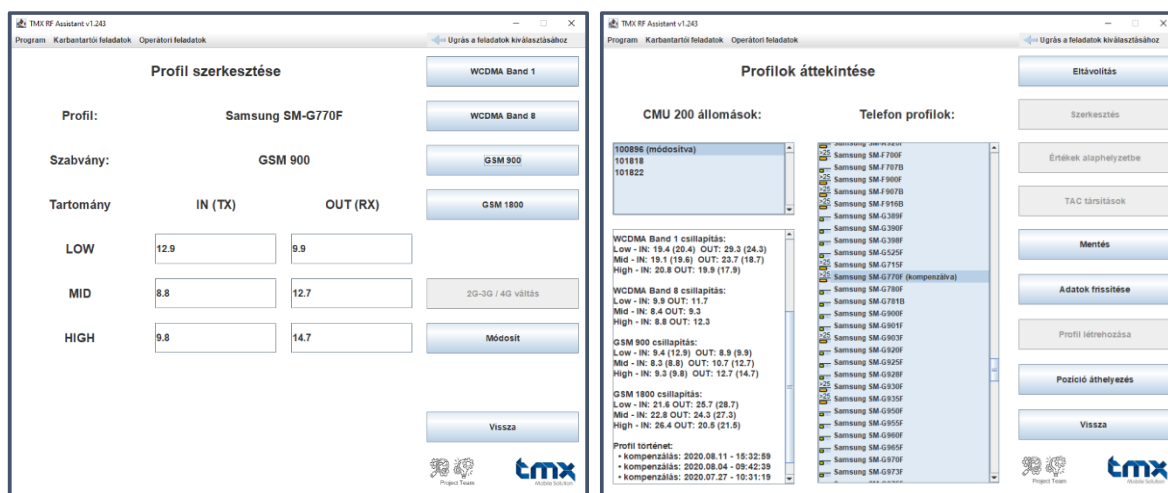
megtudható, hogy ahhoz milyen Shield Box és pozíció tartozik. A tételeken felsorolt profiltörténet mellett (létrehozás és módosítások), a csillapítás értékek számszerűsítve, hálózati szabványonként, külön a ki és bemenő ágra megtekinthetők. CMW profil esetén a TAC társítások és a csillapítás tárolásához használt (fájlnevekben szereplő) TAC szám is látható. A TAC társítások kezelésére (törlésre és hozzáadására) egy külön felületen van lehetőség.



32. ábra – CMU profil létrehozása (bal) és gyártók szerkesztése (jobb)

Az állomásra kattintva, a profil létrehozása felület is elérhetővé válik (lásd 32. ábra). A beállításokban megadott gyártó, Shield Box és pozíciója, valamint RF Script (CMU profil esetén) alaphoz kitöltésre kerül, de legördülő menüvel változtatható. A legördülő menük tartalma egy szerkesztésére alkalmas felületen módosíthatók (lásd 32. ábra). A Shield Box kiválasztásakor mindig a hozzá tartozó pozíciók listázódnak ki. A típus és (CMW profil esetén) a TAC szám megadása kötelező (ütközésekre a program figyelmeztet). A megjegyzés mezőbe a felhasználó mintáról lehet információt írni (például kijelző hiba). Amennyiben létező profilt szeretnénk a Shield Box-on belül másik (optimálisabb) pozícióba helyezni, ugyanez a felület kerül megnyitásra, viszont csak a profil pozícióját lehet módosítani (CMW profil esetén a tároló TAC is módosítható). A profil törlésére is bármikor adott a lehetőség.

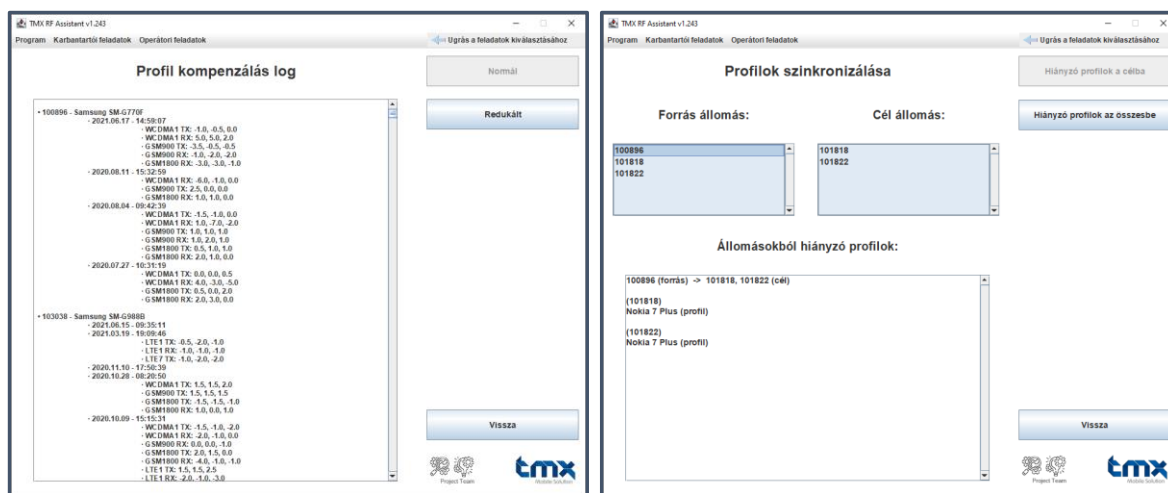
A profil konkrét csillapítás értékeit lehet egységesen (a beállításokban megadott) számmal felülteni, egy úgynevezett alaphelyzetbe állítani. Ezáltal a mintavételező script kihagyásával is van lehetőség profil létrehozásra. Ilyenkor egy alacsony csillapítás értékekre állított profillal a készülékről három mérést kell végezni. A források kiválasztásánál, az elfogadható riportokhoz tartozó határérték emelésével, a mérések feldolgozhatók és a profil középére igazítható. Ezt csak problémás esetekben érdemes használni. Szintén a problémás esetekhez használható a profilok manuális szerkesztését megvalósító felület (lásd 33. ábra). Itt a profil minden csillapítás értékét külön, számszerűen lehet módosítani. A szabványok közötti váltásra külön gombokkal van lehetőség.



33. ábra – CMU profil szerkesztése (bal) és kompenzált profil (jobb)

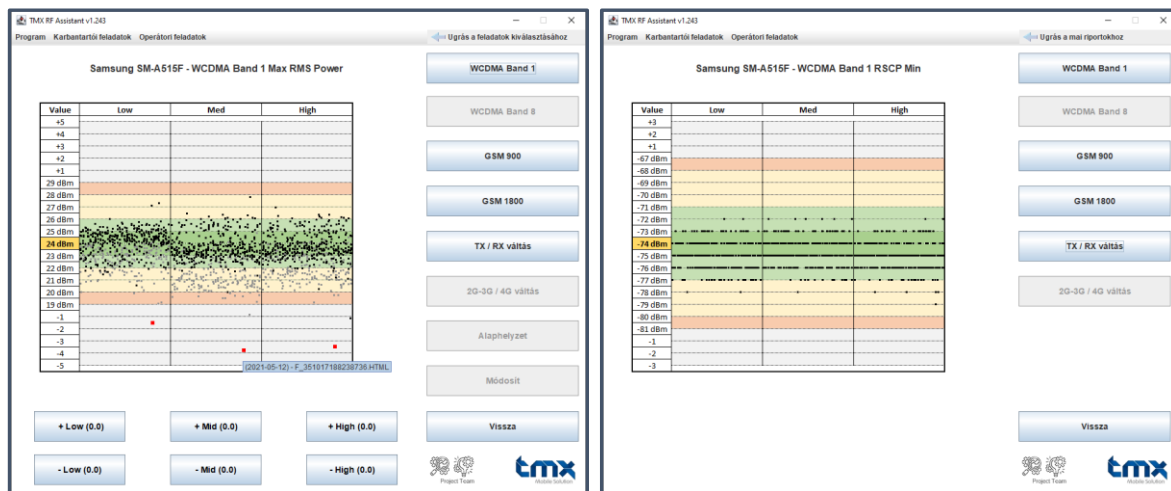
A profil alaphelyzetbe állítása, manuális szerkesztése, vagy a pontgrafikon eltolási mértékének profilba vitele: egységesen kompenzálnak számít. Kompenzálást követően a profilon és annak állomásán is megjelenik a kompenzálnak felirat. Biztonsági megfontolásból, amennyiben a profil kompenzálation esett keresztül, annak alaphelyzetbe állítása és további szerkesztése tiltásra kerül. Az új és kompenzált csillapítás értékek mellett zárójelben, láthatóak lesznek a kompenzálation előtti értékek is (lásd 33. ábra). Mentést követően a profilokon végzett módosítások egy külön log fájlba tárolásra kerülnek, valamint a következő feldolgozás során figyelembe lesznek véve. A tárolásra került log a profiltörténetet is módosítja, illetve különféle részletességgel az arra kialakított felületen bármikor megtekinthető (lásd 34. ábra).

A profilok szinkronizálására szolgáló oldal, jelenleg csak CMU profilok esetén érhető el. Az oldalra lépve a csillapítás adatbázisok betöltődnek. A forrás adatbázist kiválasztva a profiljai összehasonlításra kerülnek a többi adatbázissal (lásd 34. ábra). A hiányzó profilekat (amennyiben vannak), lehetséges egyszerre az összes, vagy csak egy célzott adatbázisba átvinni a célállomás listában lévő elemek kiválasztásával.



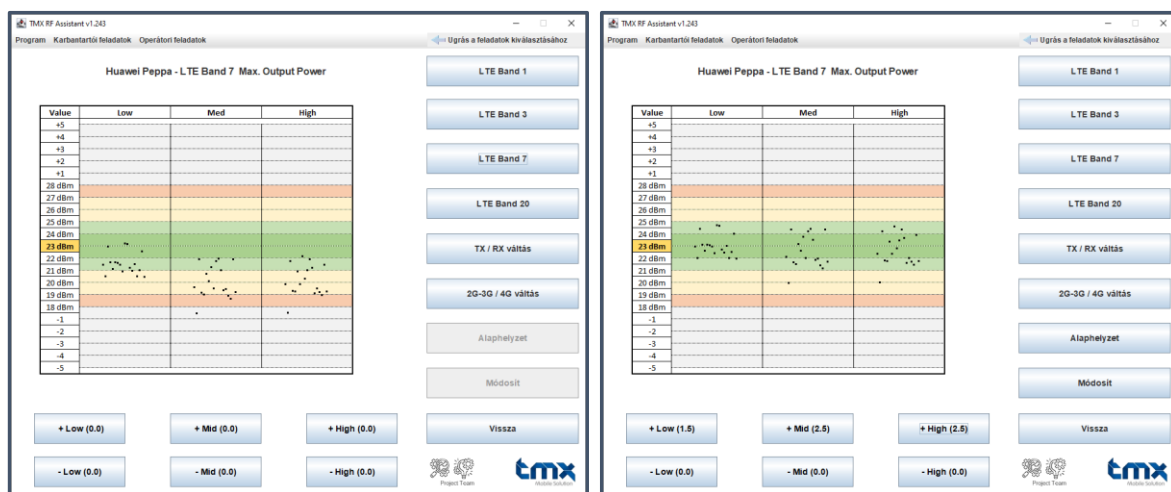
34. ábra – Log áttekintése (bal) és profilok szinkronizálás (jobb)

4.5. Mérések ábrázolása és azoknak eltolása



35. ábra – Karbantartói (bal) és operátori (jobb) pontgrafikon

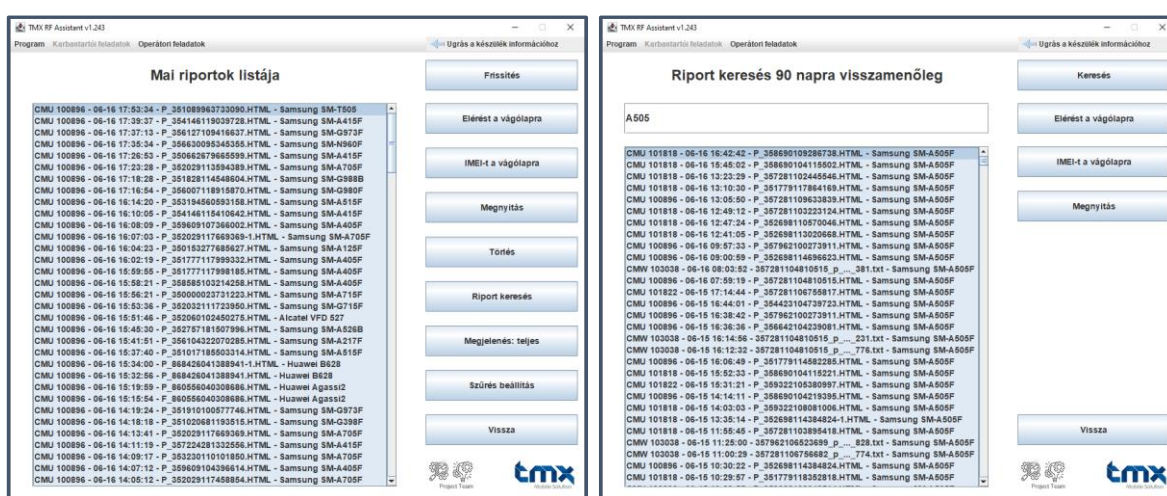
Mind a karbantartó és az operátorok számára is elérhető a méréseket grafikusán ábrázoló pontgrafikon (lásd 35. ábra). A karbantartó a mérések megtekintése oldalról, míg az operátor a készülék információs felületről tudja azt elérni. A kirajzolt mérések száma nagyban függ a mérítés intervallumától. A karbantartó ezt manuálisan állítja, míg az operátornak ez fixen 90 napra visszamenőleg kerül kiválasztásra. Mindkét grafikon képes, az oldalsó navigációs gombok által, az összes elérhető hálózati szabvány, bemenő és kimenő méréseit megjeleníteni (mérésektől függően aktiválódnak a gombok). A ki és bemenő mérések grafikonjának az eltérő mintázata a mérések pontosságából ered (kimenő tizedes, vételi egész szám). Az operátori pontgrafikon fekete pontokkal csak a releváns méréseket jeleníti meg, míg a karbantartói szürkével az utolsó módosítás előtti méréseket is (több módosítás esetén, a még régebbi méréseket fehérrel). Az összefüggő mérések, mindkét grafikonnál, a pontokra kattintva pirossal kerülnek kijelölésre. A kurzort ott tartva, az érintett riport fájlneve is megjelenik.



36. ábra – Módosítás előtti (bal) és módosítás utáni (jobb) pontgrafikon

A vizuális eltolást lehetővé tevő gombok csak a karbantartói grafikon esetén kerülnek megjelenítésre. Felületükön eltolást követően, megjelenik az összes eltolás mértéke az adott csatornán (lásd 36. ábra). Amennyiben az eltolás mértéke a profil csillapítását 25 dB felé emeli, a felirat először sárgára, majd 30 dB-t elhagyva vörösre vált és már a profil konkrét csillapítás értékét fogja kiírni (közeledik a műszer maximális erősítése). A módosításokat elvégezve és nyugtázva, a mérések megtekintése oldalon a riportcsokor felett kompenzálva felirat lesz jelen. Egy külön gombbal lehet az érintett profilokon az elvégzett módosítást alkalmazni, majd a profilok áttekintése felületen van mód, a csillapítás adatbázisba véglegesen menteni.

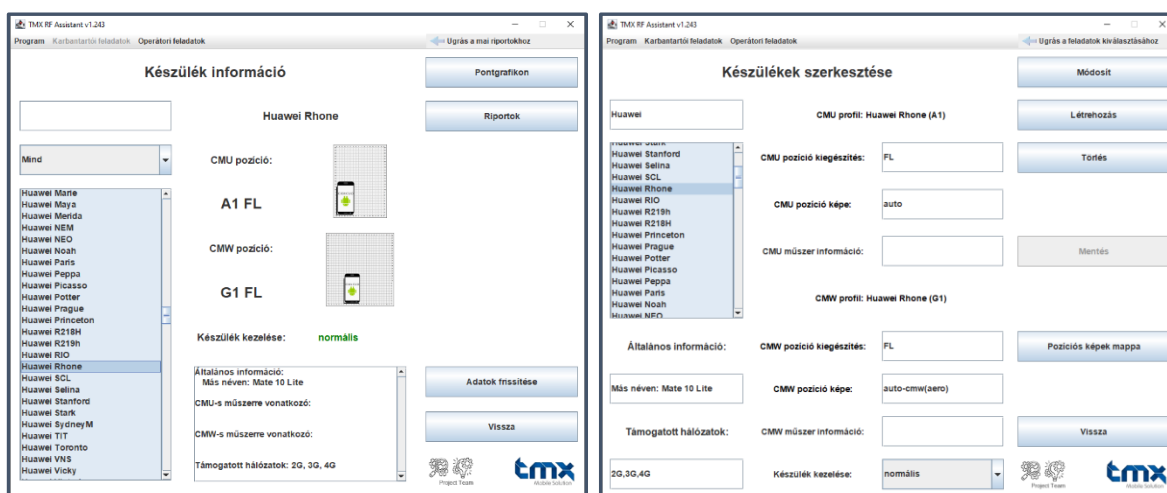
4.6. Műveletek riportokkal



37. ábra – Adott napi riportok (bal) és riportok keresése (jobb)

A program az operátorok számára lehetővé teszi az aktuális napi riportok listázását (lásd 37. ábra). A felületre lépve a lista mindig frissítésre kerül, de erre külön gomb is lehetőséget ad. A riportokat lehetőség van dupla klikkeléssel külső programmal megnyitni. Külön gomb van a rosszul tesztelt riportok törlésére (törlés előtt a program figyelmeztet), illetve a riport elérési útvonatát vagy a hozzá tartozó IMEI számot a vágólapra másolni. A riportok különféle részletességgel kerülhetnek megjelenítésre, illetve lehet őket adott állomásra, vagy adott típusú tesztműszerre is szűrni. Aktuális napnál régebbi riportok megtekintésére a riportok keresése oldalon van lehetőség (lásd 37. ábra). Ez a felület a gyorsítótár alkalmazásával viszonylag gyorsan, 90 napra visszamenőleg minden riportot feldolgoz. Így adott kifejezésre a keresés, szinte azonnal végbemegy. IMEI számra lesz keresve, ha csak szám került megadásra (mivel az ENTER gomb is indít keresést, vonalkód-olvasó is alkalmazható). Gyártóra és készülék típusra lesz keresve, ha a kifejezés szám mellett egyéb karaktert is tartalmaz. Keresést követően a kifejezést tartalmazó mező alaphelyzetbe áll. A találatok megnyitása mellett az elérési útvonatuk, vagy IMEI számuk szintén vágólapra másolható. Törlésre itt már nincsen lehetőség.

4.7. Készülék információ

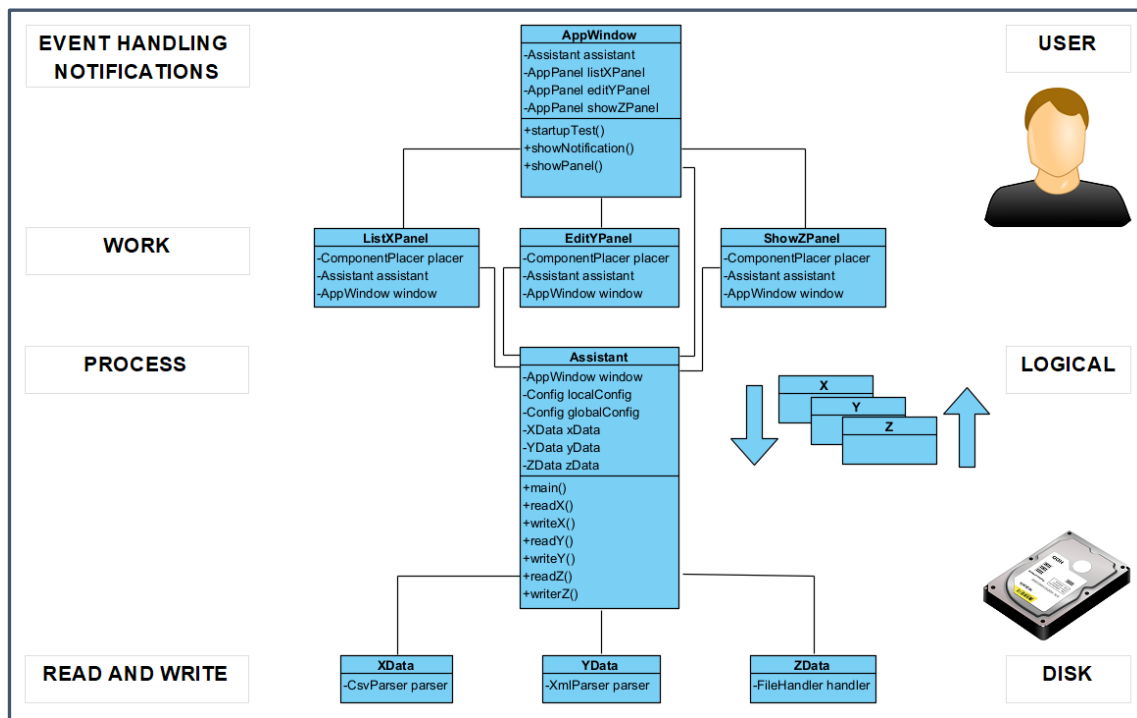


38. ábra – Készülékek megtekintése (bal) és szerkesztése (jobb)

A program külön felületet kínál a készülékekkel kapcsolatos információ megtekintésére és maguknak az információk bejegyzéseknek a szerkesztésére (lásd 38. ábra). A szerkesztő felület csak a karbantartó számára érhető el. A készülék információs oldalra először lépve, a profil információs bejegyzések és a hozzájuk szükséges csillapítás adatbázisok betöltődnek, a készülékek listázásra kerülnek. Dedikált gomb szolgál a bejegyzések újra olvasására: ez a felület más oldalakra lépést követően is megőrzi az aktuális állapotát. A készülékek listáját lehet gyártóra szűrni, vagy akár kifejezés megadásával is szűkíthető a lista tartalma (minden egyes karakter leütés, a listát folyamatosan szűkíti). A készüléket kiválasztva annak megjelenik a CMU és a CMW műszer profiljához tartozó pozíciója és tájolása. A pozíciót ábrázoló képekre kattintva, az külön értesítés ablakban és nagyítva kerül megjelenítésre. A képek alatt látható a készülék kezelésének módja (normális vagy problémás), lejjebb a készülékre vonatkozó általános és műszerspecifikus információ, valamint a támogatott hálózati szabványok. Problémás készülék kezelése során a szövegdoboz halványsárgára váltja hátterét, ilyenkor fokozott figyelemmel kell lenni a benne megjelenített tartalomra. Adott készülékről, az állomás kiválasztását követően, visszamenőleg 90 napi adatokból a pontgrafikon kirajzolható. Ugyancsak 90 napra visszamenőleg van lehetőség adott készüléktípusról állomástól független riportokat keresni (kereső felület nyílik meg, előre kitöltött kifejezéssel).

A karbantartó a szerkesztő oldalon, bizonyos megkötések mellett, a bejegyzések összes tulajdonságát szerkeszteni tudja. A támogatott hálózatok és tájolás előre definiált kifejezések lehetnek, az általános és műszerspecifikus információ szabadkezes. Bizonyos mezők, csak a profilok létezése esetén aktívak (amíg a profil létezik, a bejegyzés nem törölhető). A pozíciós kép fájlneve megadható, de alapból a profil és tájolás információ segítségével meghatározható. Új bejegyzések is létrehozhatók, de azok a profil készítése során eleve létrejönnek.

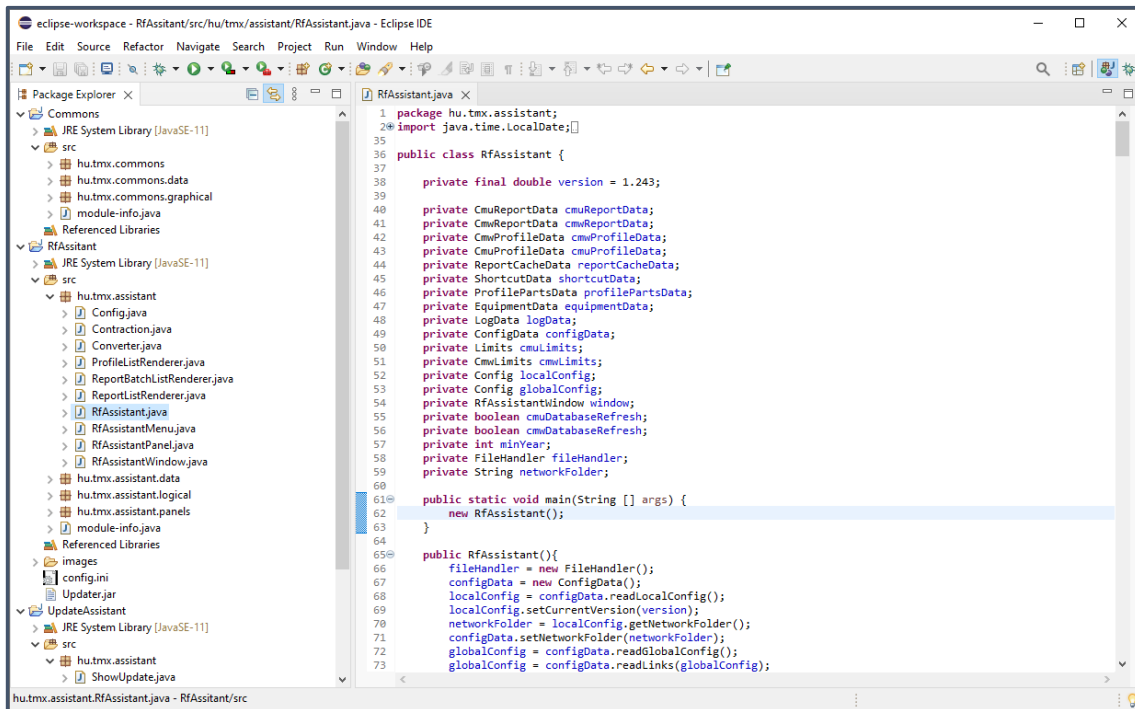
4.8. A program szerkezete



39. ábra – A program logikai szerkezete

A kész program szerkezete bizonyos részekben centralizált, de alapvetően rétegszerű felépítésű (lásd 39. ábra). A program belépési pontja az adatvezérlő (Assistant) osztályban található, amely létrehoz magából egy példányt, ez lesz az adatvezérlő objektum. Ez a vezérlő egyből létrehozza az adatfeldolgozó (Data) objektumokat, amelyek különféle adatok feldolgozására vannak kialakítva. A lemezzel főleg ezek lesznek kapcsolatban. Attól függően, hogy az adatfeldolgozónak milyen író-olvasó áll a rendelkezésre, a feldolgozás történhet szimplán szövegesen, vagy a CSV és XML formátumokat betartva. Az adatvezérlő egyetlen ablakot hoz létre, majd saját magát átadja paraméterként. Ez az ablak (Window) létrehozza, az összes felhasználói felületét (Panel), ezután átadja paraméterként magát és az adatvezérlőt is. Az ablaktól a panelek értesítéseket, az adatvezérlőtől pedig logikai objektumokat tudnak kérni. A számítási munka nagy része ezeken a paneleken fog végbe menni. A felhasználó a panelekkel lesz kapcsolatban, a bekövetkezett interakciók központilag az ablakhoz futnak be. A kéréseket az ablak a panelek felé továbbítja. Amennyiben szükséges, megvalósítja a panelek közötti adatcserét. A panelek közötti váltást is az ablak intézi, ha kell, azokat alaphelyzetbe állítja. Amennyiben egy adat elérése hosszas időt venne igénybe, az ablak a panellel képes másik programszálon is kommunikálni, így az értesítési rendszer is működőképes marad. A szerkezet előnye az, hogy a nyers adatok feldolgozása egy alsóbb rétegben történik, míg a számítási munka egy felsőbb rétegben, kész logikai objektumokkal. Így a feldolgozás vagy adattárolás módja bármikor cserélhető, csak a megfelelő objektum visszaadásáról kell gondoskodni.

4.8.1. Fejlesztői környezet és modulok kialakítása



40. ábra – A program fejlesztői környezete

A program fejlesztése az Eclipse fejlesztői környezetben zajlott, az AdoptOpenJDK 11 HotSpot jelenlétében (lásd 40. ábra). Az AdoptOpenJDK biztosította más gépeken is a kész JAR²⁵ fájlok futtatását. Két project kell, hogy a program működőképes legyen: a közös kódbázist tartalmazó Commons projectre, valamint a profilkarbantartó RfAssistant projectjére. A programfrissítő alkalmazás külön projectben került elhelyezésre (UpdateAssistant), amely szintén használja a közös kódbázist. A kialakított csomagok, az áttekinthetőséget javítják. A közös kódbázis data csomagja lemezre író-olvasó osztályokat, míg a graphical csomagja grafikus felülettel kapcsolatos osztályokat tartalmaz. A project gyökerében egy általános adatkonverter osztály van. A profilkarbantartó adatfeldolgozó osztályai a data, logikai osztályainak többsége a logical, a felületeit megvalósító panelek pedig a panels csomagban kerültek elhelyezésre. A project gyökerében maradt az adatvezérlő, a programablak, annak menüje, egy általános panel, egy adatkonverter, a konfiguráció és rövidítés osztálya, valamint listaelem megjelenítők.

Mivel a program céges környezetben és kizárólag munkaidőben készült, ezért a konkrét forráskód nem került bele a dolgozat mellékletébe. Érdemi kipróbálásához, szintén sok tesztadatra lenne szükség. A mellékletben található egy olyan videónak az elérhetősége, ahol a program 80 napi éles adatokat használva látható működés közben (megtekintése ajánlott).

²⁵ <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/deployment/jar/basicsindex.html>

4.8.2. Adatréteg osztályai

Elnevezés	Rövid leírás
RFAssistant	Az adatréteg vezérlőt valósítja meg, programnak a belépési pontja. Kapcsolatban van az összes adattípust feldolgozó objektummal. A riportok szortírozását ő végzi el.
FileHandler	Lemezre írás és olvasás és egyéb fájlműveletek elvégzése.
CsvParser	Szabványos CSV fájlokhoz a feldolgozása és készítése.
XmlParser	Szabványos XML fájlokhoz a feldolgozása és készítése.
XmlElement	Az XML feldolgozó kimenete, egy név és érték pár.
XmlPart	XML feldolgozás során használt segédobjektum (adat, nyitó-záró tag).
ConfigData	A program konfigurációs fájljainak az olvasása és írása.
CmuProfileData	CMU csillapítás adatbázisból profilok kinyerése és visszaírása.
ShortcutData	CMU script társításoknak a kezelése.
CmwProfileData	CMW csillapítás adatbázisból profilok kinyerése és visszaírása.
CmwFileData	CMW profil feldolgozás során használt segédobjektum. Az adott profilhoz tartozó, csillapítás értéket tartalmazó fájlokhoz a kezelése.
ProfilePartsData	Profil létrehozás során használt, a profilokhoz tartozó építőelemek tárolása és beolvasása.
ReportData	CMU riportok feldolgozása.
CmwReportData	CMW riportok feldolgozása.
ReportCacheData	CMU és CMW riportokhoz gyorsítótár készítése és visszaolvasása.
LogData	A profilokon végzett módosítások tárolása és visszaolvasása.
EquipmentData	A készülék információ bejegyzések tárolása és visszaolvasása.

4.8.3. Logikai réteg osztályai

Elnevezés	Rövid leírás
CommonConverter	Általános adatkonverziós segédeszköz. Elsősorban dátumok és idő kezelése, kerekítések és kódolt szöveg előállítása.
▼ Converter	Az általános adatkonverziós segédeszközt bővítő, a profilkarbantartónál egyedi átalakítások elvégzése.
Config	A működését befolyásoló lokális és globális beállítások.
Profile	Az általános RF profil megvalósítása. Típus adatainak, valamint 2G-3G kimenő és bemenő csillapítás értékeknek a tárolása. Összesítő információt nyújt magáról.
▼ CmuProfile	Az általános profil bővítése, CMU műszerre jellemző összesítő információval.
▼ CmwProfile	Az általános profil bővítése, CMW műszerre jellemző összesítő információval és 4G csillapítás értékek kezelésével.
Database	Az általános csillapítást adatbázis megvalósítása. Azonosítóval ellátott és profilokat tárol.
▼ CmuDatabase	Az általános csillapítás adatbázis bővítése, CMU műszerre jellemző összesítő információval.
▼ CmwDatabase	Az általános csillapítás adatbázis bővítése, CMW műszerre jellemző összesítő információval.
Shortcut	A CMU script társítás megvalósítása. Profil nevének, társított script nevének és a profillista számának a tárolása.
Contraction	Teljes kifejezés és rövidítés pár, a tényleges profilnevekben szereplő rövidítések feloldásához.

ProfileParts	Egy logikai profil készítése során használható, alkotóelemek gyűjteménye: gyártó, script, pozíció és Shield Box.
ShieldBox	A Shield Box megvalósítása. Megnevezéssel és hozzá tartozó pozíciók tárolásával.
Station	Az általános tesztállomás megvalósítása. Azonosítóval ellátott és riportcsokrokat tárol. Összesítő információt nyújt magáról.
▼CmuStation	Az általános tesztállomás bővítése, CMU műszerre jellemző összesítő információval.
▼CmwStation	Az általános tesztállomás bővítése, CMW műszerre jellemző összesítő információval.
Limits	Egy CMU riport kiértékeléséhez szükséges, mérési határértékek gyűjteménye. Intervallum és középpérték lekérdezhető.
▼CmwLimits	Egy CMW riport kiértékeléséhez, a CMU határértékek bővítése, több hálózati szabvány határértékével.
Report	Egy CMU teszt riport megvalósítása. A készülék adatainak, valamint 2G-3G kimenő és vételi méréseinek a tárolása.
▼CmwReport	A CMU teszt riport bővítése, 4G mérések tárolásával.
ReportBatch	Az általános riportcsokor megvalósítása. Azonos állomáshoz és profilhoz tartozó, riportok tárolása. Átlagszámolások végzése és magáról összesítő információ nyújtása. A beleágyazott profil története alapján, riportok relevancia szerinti kiadása.
▼CmuReportBatch	Az általános riportcsokor bővítése, CMU műszerre jellemző összesítő információval.
▼CmwReportBatch	Az általános riportcsokor bővítése, CMW műszerre jellemző összesítő információval és 4G riportokon való átlagszámolással.
ProfileUsage	Állomástól független, azonos nevű profillal készített, CMU riportok tárolása és azok számának összesítése.
Compensation	A CMU kompenzálás megvalósítása. 2G-3G kimenő és bemenő csillapítás értékek eltérésének a tárolása. Önmagáról másolat készítése, az értékek nullázása és negálása.
▼CmwCompensation	A CMU kompenzálás bővítése, 4G csillapítás értékek eltérésnek a tárolásával.
Log	Logbejegyzés megvalósítása. Készülék nevével, időbélyeggel és a profilon végzett módosítás értékével.
LogBatch	A logcsokor megvalósítása. Azonos állomáshoz tartozó, azonos profillal tesztelt logbejegyzéseket tárol. Összesítő információt nyújt magáról.
Point	Logikai pont megvalósítása. X és Y koordinátákkal, valamint színnel és csoportazonosítóval.

4.8.4. Grafikai réteg osztályai

Elnevezés	Rövid leírás
AppWindow	Általános program ablak. Értesítések kezelésével és másik programszálon való indítási lehetőséggel.
▼RFAssistantWindow	A közös kódrendszer ablakának a kibővítése. A profilkarbantartó menürendszerrel ellátott ablaka. Szoros kapcsolatban van, a felületeket megvalósító panelekkel, központilag vezérli azok eseményeit. Kapcsolatban van az adatvezérlő réteg vezérlő objektumával is, amit továbbít a panelek felé.
RFAssistantMenu	Az ablak grafikus menürendszere, menüelemeket tartalmaz.

AppMenuItem	Általános grafikus menüelem.
AppNotification	Testreszabott, több fajta alakzat felvételére és működésre képes értesítés ablak. Tájékoztatásra és adatok bevitelére.
AppTask	Másik programszál használatához, feladat megvalósítása.
ComponentPlacer	Elhelyező megvalósítása, a grafikus elemek elrendezésért felelős. A panelre az elemek, négyzetrácson történő elhelyezése, valamint eltávolítása. A négyzetrács súlyozásának a kiszámítása.
Cell	A súlyozás kiszámolásához, négyzetrács cellájának a megvalósítása, szélességgel és magassággal.
AppImage	Grafikus elemekhez használható kép, átméretezés funkcióval.
AppLabel	Grafikus elem. Panelre helyezhető statikus szöveg.
AppButton	Grafikus elem. Panelre helyezhető gomb.
AppTextField	Grafikus elem. Panelre helyezhető szövegbeviteli mező.
AppPasswordField	Grafikus elem. Panelre helyezhető jelszóbeviteli mező.
AppComboBox	Grafikus elem. Panelre helyezhető legördülő opciólista.
AppScrollPane	Grafikus elemekhez használható görgetősáv.
AppList	Grafikus elem. Panelre helyezhető többelemes lista. Beépített görgetősávval és adatmodellel. Elemei közvetlen kezelhetők.
ProfileListRenderer	Profiloknak listában történő, grafikus reprezentációja.
ReportListRender	Riportoknak listában történő, grafikus reprezentációja.
ReportBatchListRenderer	Riportsokroknak listában történő, grafikus reprezentációja.
AppTextArea	Grafikus elem. Panelre helyezhető szövegdoboz, görgetősávval.
PointGraph	A pontgrafikont megvalósító panel. A kapott riportsokor és paraméterek alapján, a mérések grafikus ábrázolása.
FakePanel	Panelre helyezhető, névvel ellátott, üres helykitöltő panel.
AppPanel	Általános ablakra helyezhető grafikus panel, beépített elrendezővel és feladat fogadására (másik szál) alkalmassággal.
▼ RFAssistantPanel	Az általános grafikus panel bővítése, a programra jellemző kinézettel. A program felületei, ezt az általános panelt bővítik.
▼ SelectTask	A program kezdőképernyőjének a felülete.
▼ EditConfig	Beállítások szerkesztésének a felülete.
▼ SelecProfile	Profilok áttekintésének a felülete.
▼ CreateProfile	Profilok létrehozásának a felülete.
▼ SelectProfilePart	Profil létrehozáshoz szükséges elemek szerkesztő felülete.
▼ SelectTac	CMW profilok TAC társításainak szerkesztő felülete.
▼ SyncProfile	CMU profilok szinkronizálásának a felülete.
▼ SelectSourceFolder	Források kiválasztásának a felülete.
▼ SelectReportBatch	Mérések áttekintésének a felülete.
▼ SelectProfileUsage	CMU profil kihasználtságnak a felülete.
▼ ShowGraph	Karbantartói és operátori pontgrafikon felülete.
▼ ShowLog	Program által elvégzett módosítások, áttekintő felülete.
▼ SelectReport	Aktuális napi riportok listájának felülete.
▼ SearchReport	Visszamenőleges riport keresésnek a felülete.
▼ SelectEquipment	Profil információ megtekintésének a felülete.
▼ EditEquipment	Profil információ szerkesztő felülete.

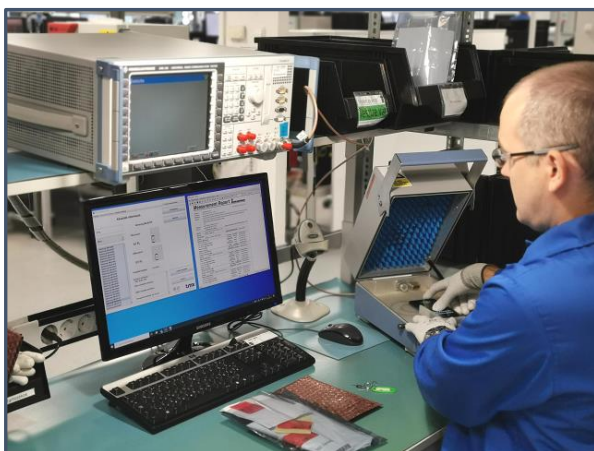
5. Összefoglalás

Ennek a még 2018-ban felvázolt programnak a megvalósulásához körülbelül két évre volt szükség. Készítése 2019-től 2021-ig zajlott, valamint nem csak programozási feladatokból állt. A kódolással párhuzamos változások a műszerparkban a folyamatok fejlesztését is szükségessé tették. A program és a folyamatok közötti összhangra folyamatosan figyelni kellett. A program készítése során, az internet segítségével, ismereteim folyamatos bővítésére volt szükség. Ennek ellenére elmondható, hogy viszonylag egyszerű megoldásokkal is el tudtam indulni, majd azokból tudtam lépésről-lépésre tovább építkezni. Nagyban segítette a munkámat, hogy egy olyan területen készült a fejlesztés, ahol már több éves tapasztalattal rendelkezem.

5.1. Levont következtetések

Nem sokkal a dolgozat megírása előtt lehetőségem volt arra, hogy félórát besegítsek az RF tesztelésben. Mivel több, mint egy éve nem RF teszteltem napi szinten, így minden egyes behelyezett készülék előtt én is rászorultam a profil információs felület megtekintésére (lásd 41. ábra). A mérések közepre érkezésén nem lepődtem meg, hiszen az RF teszten ez már régóta megszokott dolog. A program meglepte óta többször kaptam visszajelzést arról, hogy a fejlesztés pozitív irányba befolyásolta az RF teszten dolgozó kollégák munkáját. Ezek és saját tapasztalataim alapján a program tesztelésre kifejtett hatását az alábbi pontokban összegzem:

- Shield Box-tól függetlenül lehetővé tette a mérések pontosabb elvégzését
- a korosnak mondható műszerpark élettartamát pár évvel meghosszabbította
- nagyban növelte az evidencia értékű tesztriportok számát, szűk határértékek mellett
- kevesebb kiértékelést tett szükségessé, ezáltal a teszt elvégzését gyorsította
- hozzájárult az RF tesztelés tömeges, minőség ellenőrzési célból való elvégzéséhez
- könnyebbé tette az RF teszten dolgozó karbantartó és az operátorok munkáját is.



41. ábra – RF tesztelés folyamatban

5.2. Kitekintés a további fejlesztésekre

Miután az elkészült fejlesztések (köztük a profilkarbantartó) átadásra kerültek az informatikára, egyeztetések következtek a sorsukkal kapcsolatban. Mivel a programok közül három is aktív használatban van, ezért biztosítani kell azok további zavartalan működését, korszerűbb keretek között. A programok forráskódját integrálni kell az informatika részleg által használt GitLab²⁶ verzió kezelő rendszerbe. Magukat a projecteket, az IntelliJ²⁷ fejlesztő környezettel kompatibilissé kell tenni, Maven²⁸ használata mellett. Az informatikán dolgozó fejlesztő kollégáknak a programok működését nagyon apró részleteséggel magyaráztam el. Ezt követően ők már tölem független végezték el ezeket a lépéseket.

Miután részletes oktatást kaptam, az említett keretrendszerekkel kapcsolatban, felkérését kaptam arra, hogy (felügyelet mellett) az új projectekben a portolásból adódó hibákat kijavítsam és a programok által használt adatformátumokat egységesítsem. Első körben a programokat kompatibilissé kellett tenni az UTF-8²⁹ karakterkódolással, valamint az objektumok vizsgálatához instanceof operátort kellett használnom. Ezt követhette az adatformátumok egységes alakra hozása: csak JSON³⁰ és CSV maradhatott. 2021. szeptemberre sikerült az új és működőképes JAR fájlokat előállítani. A programok által használt adatok konverziója után jöhetett az új verziókra történő átállás és a régi Eclipse verziók felszámolása.

A profilkarbantartó esetében az XML-t használó feldolgozó egységek JSON formátum használatára lettek átállítva. JSON feldolgozó már kellett egy korábbi fejlesztésemhez, így az rendelkezésre állt. A gyorsítótár saját formátumról CSV-re lett módosítva (mérete csökkent). Maga a CSV író-olvasó optimalizálásra került, így a felesleges szóközöktől is megszabadított logbejegyzések feldolgozása láthatóan gyorsabb (több mint egy éve gyűlnek a bejegyzések). 2021. októberben kaptam engedélyt az átállástól független hibák javítására és új ötletek megvalósítására. Több hibát orvosoltam: a CMW riportokat feldolgozó rutint újraírtam, valamint egyszerűsítéseket eszközöltem a kódban. Maradt még kapacitás a feldolgozott riportok tovább memóriában tartására, illetve profilérték importálás megvalósítására. 2021. november óta a TMX informatikai részlegén (mint fejlesztő), várom a további igényeket. CMW profil szinkron és biztonsági mentések kezelése már szóba került. A részlegen kapott Java képzés során kiderült, hogy a forráskódom minősége még lényegesen javítható. A felhasználói felület modernebb alapokra helyezését, valamint adatbázis használatnak a lehetőségét is mérlegeljük.

²⁶ <https://about.gitlab.com>

²⁷ <https://www.jetbrains.com/idea>

²⁸ <https://maven.apache.org/>

²⁹ https://www.w3schools.com/charsets/ref_html_utf8.asp

³⁰ <https://www.json.org/json-en.html>

6. Irodalomjegyzék

- [1] electronicsnotes, „GSM Power Control & Power Class,” [Online]. Available: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/2g-gsm/power-amplifier-control-classes.php>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [2] National Instruments, „Introduction to UMTS Device Testing,” [Online]. Available: http://download.ni.com/evaluation/rf/Introduction_to_UMTS_Device_Testing.pdf. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [3] ETSI, „ETSI TS 136 101,” 06 2011. [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136100_136199/136101/10.03.00_60/ts_136101v100300p.pdf. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [4] Amphenol RF, „N-Type Connectors,” [Online]. Available: <https://www.amphenolrf.com/connectors/n-type-connectors.html>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [5] RF Wireless World, „RF Shielding,” [Online]. Available: <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/RF-shielding.html>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [6] apitech, „An Introduction to Electromagnetic Compatibility,” [Online]. Available: <https://www.apitech.com/tools-resources/engineering-tools/introduction-to-electromagnetic-compatibility>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [7] J. Wegner, „Effective Test Procedures,” Anritsu, [Online]. Available: https://dl.cdn-anritsu.com/en-us/test-measurement/files/Technical-Notes/White-Paper/Eff_Test_Proc_Cell_TelAnritsu.pdf. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [8] C. Boucher, „Your Golden Sample: Follow This Golden Rule For Successful Manufacturing,” NOA Labs, 27 07 2018. [Online]. Available: <https://medium.com/noa-labs/your-golden-sample-follow-this-golden-rule-for-successful-manufacturing-dd2d80e3f2ab>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [9] D. MacArthur, „What Every Electronics Engineer Needs to Know About: Absorbing Materials,” In Compliance, 28 09 2018. [Online]. Available: <https://incompliancemag.com/article/what-every-electronics-engineer-needs-to-know-about-absorbing-materials>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [10] J. Bodnar, „Java Swing,” ZetCode, 27 04 2021. [Online]. Available: <https://zetcode.com/javaswing>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [11] J. Bodnar, „Java 2D tutorial,” ZetCode, 13 07 2020. [Online]. Available: <https://zetcode.com/gfx/java2d>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [12] Oracle, „How to Use GridBagLayout,” [Online]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/layout/gridbag.html>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [13] E. Paraschiv, „Java Timer,” Baeldung, 20 05 2021. [Online]. Available: <https://www.baeldung.com/java-timer-and-timertask>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].
- [14] D. Vohra, „Using Module Dependencies, Part 1,” developer.com, 10 05 2018. [Online]. Available: <https://www.developer.com/java/data/using-module-dependencies-part-1/>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2021].

7. Ábrajegyzék

1. ábra – Cellahatárra érkező telefonkészülék.....	4
2. ábra – CMU 200 RF tesztelő műszer (bal) és CMU-Z11 Shield Box (jobb).....	6
3. ábra – Foglalt frekvenciák keresése: nyitott (bal) és zárt (jobb) Shield Box	7
4. ábra – TMX-es RF teszt állomások: R&S CMU (bal) és R&S CMW (jobb).....	9
5. ábra – A jel útja az alaplaptól az antennáig.....	11
6. ábra – Azonos mérések több Shield Box-al: GSM 900 (bal) és WCDMA I (jobb).....	13
7. ábra – CMU-Z11 Shield Box-ok eltérő műszaki állapotban.....	14
8. ábra – HTML alapú CMU tesztriport.....	17
9. ábra – Állomások és riportcsokrok listázása	18
10. ábra – Kezdetleges pontgrafikon (bal) és rendszerezett riportcsokrok (jobb).....	20
11. ábra – Forrás mappák kiválasztása	22
12. ábra – Érintetlen pontgrafikon (bal) és ugyanaz eltolást követően (jobb)	23
13. ábra – Kompenzálás riportcsokron (bal) és annak profilba vitele (jobb)	24
14. ábra – RF profilok szinkronizálása.....	25
15. ábra – Vegyszerek kiválasztása egy másik fejlesztésben.....	26
16. ábra – A kezdetleges grafikus felület (bal) és az átalakított (jobb).....	27
17. ábra – Log áttekintése egy későbbi verzióban.....	28
18. ábra – Pillanatkép egy karbantartás előtt álló profilról	29
19. ábra – Szórás számolás és mintaszámra szortírozás.....	31
20. ábra – Profilok kihasználtságát mutató felület	33
21. ábra – Irreleváns mérések a grafikonban (bal) és profiltörténet (jobb).....	35
22. ábra – Profil létrehozás egy későbbi verzióban.....	36
23. ábra – CMW riportcsokrok (bal) és LTE mérések a grafikonon (jobb).....	37
24. ábra – Készülék információ képernyőterve (bal) és a kész felület (jobb).....	39
25. ábra – Értesítési ablak finomhangolása	40
26. ábra – Pozíciós sablon szerkesztése	40
27. ábra – Interaktív pontgrafikon.....	42
28. ábra – A kezdőképernyő(bal) és a program frissítője (jobb).....	43
29. ábra – Beállítások (bal) és forrás mappa kiválasztás (jobb).....	44
30. ábra – Riportcsokrok listázása (bal) és profil statisztika (jobb)	45
31. ábra – CMU profilok (bal) és CMW profil (jobb) listája	46
32. ábra – CMU profil létrehozása (bal) és gyártók szerkesztése (jobb)	47
33. ábra – CMU profil szerkesztése (bal) és kompenzált profil (jobb)	48
34. ábra – Log áttekintése (bal) és profilok szinkronizálása(jobb)	48
35. ábra – Karbantartói (bal) és operátori (jobb) pontgrafikon.....	49
36. ábra – Módosítás előtti (bal) és módosítás utáni (jobb) pontgrafikon.....	49
37. ábra – Adott napi riportok (bal) és riportok keresése (jobb)	50
38. ábra – Készülékek megtekintése (bal) és szerkesztése (jobb).....	51
39. ábra – A program logikai szerkezete	52
40. ábra – A program fejlesztői környezete	53
41. ábra – RF tesztelés folyamatban.....	57

8. Melléklet

1. Működést (80 napi adatokkal) szemléltető videó elérhetősége:

<https://drive.google.com/file/d/1EbcOIaY72mylQo8-o0G1gcQg3o2ntyQC/view?usp=sharing>

2. Az intézményi TDK kiegészítő dokumentumai