

# Ipari diszpécseri DMR-rádiózás korszerűsítési tapasztalatai az analóg-digitális átállás kapcsán

TURCSÁN ZSOLT

NOVOFER Zrt.

tzs@novofer.hu

*Kulcsszavak: dPMR, DMR, hangminőség, beszédérthetőség*

**A digitális PMR-rádiózás közel tíz éve váltja fel a hagyományos, analóg beszéd- és adatrádiózást. Az analóg rendszerek felhasználói igényei alapján a gyártók és integrátorok az elmúlt évtizedekben folyamatosan fejlesztették az analóg rendszerek kommunikációs képességeit, többek között csatornavédelemmel, titkosítással, trónkölési megoldásokkal, egyéni- és csoporthívásokkal, helymeghatározási képességekkel. A digitális technológiák számtalan kényelmi és értéknövelő szolgáltatást kínálnak. Ezek egy része, mint például könnyen használható titkosítás, földrajzilag elkülönülő hálózatok költséghatékony összekötése és fejlett helymeghatározási szolgáltatások, egyértelmű előnyként jelentkeznek marketing- és technikai oldalon is, míg a digitális beszédkódolás hatása és a hálózatok összekötéséhez szükséges adatátviteli hálózatok, illetve az elosztott elemek helyett megjelenő központi elemek megbízhatósága számtalan kérdést és problémát vet fel a tervezés, megvalósítás során. A cikk végigkíséri a különböző méretű és összetettségű magyarországi hálózatok átalakítási tervezési, kivitelezési és üzemeltetési kérdéseit, tapasztalatait, értékeit és hátulütőit.**

## 1. Bevezetés

Az iparban is széles körben használt keskenysávú, analóg URH diszpécseri beszédátviteli megoldásokat (PMR) a 2000-es évektől kezdődően egyre szélesebb körben váltotta fel az alapvetően sávtakarékosabb, digitális modulációra épülő dPMR változat. Az új rendszerek elsősorban a meglévő, de elavult rendszerek leváltásával (migráció-korszerűsítés) jöttek létre, így a korszerűsítési-megújítási folyamatban olyan felhasználói körhöz jutottak el, akik azokat a munkájukhoz évek óta, nap mint nap használták, ezért gyakorlott felhasználóként különösen érzékenyek voltak a változások pozitív és negatív hatásaira egyaránt.

A cikk két korszerűsítéssel kapcsolatos esetet mutat be, melyek során két olyan – eltérő forrású – problémával találkoztunk, amik a korszerűsítést megelőző rövid tesztelési és bevezetési folyamatok alatt nem kerültek elő és a felhasználók korábbi rendszerekben megszokott, analóg hangminőséggel kapcsolatos elvárásaival ütköztek. A fejlődés és az egyes ismertebb dPMR megoldások első szakaszbeli bemutatása után a második szakasz egy gyakorlati eseten keresztül áttekinti a digitális kódolás-dekódolásból fakadó hangminőséggel kapcsolatos felhasználói problémákat, míg a harmadik szakasz egy területileg nagyterjedésű rendszer összeköttetési problémáiból fakadó, hangminőséggel és rendelkezésre állással kapcsolatos nehézségeit mutatja be.

## 2. A dPMR rendszerek fejlődése

Az 1920-as évek végétől fejlődésnek indultak, majd rohamosan terjedtek az elsősorban beszédátviteli igényeket kiszolgáló vezeték nélküli, kétirányú kommunikációs

megoldások, népszerű nevükön rádiótelefonok. Hasonlóan a vezetékes távközlési megoldáshoz, ezek a rendszerek is alapvetően a távolság miatt közvetlenül nem működőképes, emberek közötti kommunikációs igények kiszolgálására születtek. A rendszereknek – hasonlóan más ipari megoldásokkal együtt – a második világháborúhoz köthető technikai fejlődés nagy lökést adott, így az 1960-as évekre más meglehetősen kiforrott, a civil életben is elterjedt megoldások és gyártmányok jöttek létre.

A Galvani Manufacturing-ból létrejövő Motorola mellett a PYE, a Philips, a SIMOCO és az Ericsson is korán képviseltette magát megoldásaival, melyek alapvetően az analóg AM/FM/PM, keskenysávú (50 kHz alatti csatornaosztású) kialakításokkal üzemeltek évtizedeken keresztül, egyre korszerűbb kiegészítő kényelmi és kapacitásbővítést eredményező trónkölési megoldásaikkal.

A rádiótelefon-rendszerek terjedésének és az új kommunikációs megoldások térhódításának hatására az erre a célra használható frekvenciatartományok (tipikusan a 80, 160, 300 és 450 MHz-es sávok egyes részei) szűkösse váltak és a felhasználói igények között is megjelentek a kényelmi funkciók (szelektív hívás, titkosítás stb.), így kézenfekvő volt a sávtakarékosabb digitális modulációs eljárások bevezetése. Az ilyen célú digitális rendszerek a TETRA- és a GSM-technológiával párhuzamosan, némileg azok után, a 2000-es években születtek és kerültek szabványosításra, így számos jellemzőjükben követték az ottani megoldásokat.

Míg a sávtakarékosságra két eltérő filozófiájú megoldás is létrejött és a mai napig is létezik (FDMA és TDMA), addig a hang digitális előfeldolgozására, kódolására és dekódolására ezen a területen szinte egyeduralkodó vált az amerikai DVSI AMBE+2™ rendszere, illetve annak al-

változatai. Az AMBE+2 kódolás kifejezetten élőbeszéd tömörítésére lett optimalizálva, kód-tár alapon (codebook-based speech coder) és a vokóder mind hardveres, mind szoftveres változatban licencelhető, megvásárolható.

Az FDMA-rendszerek tipikus képviselője a Kenwood™ és Icom™ NXDN nyílt szabványán alapuló Nexedge™ és IDAS™ rendszerek, elsősorban az ázsiai piacokra célozva. A rendszer jellemzője, hogy a 12,5 kHz-es csatornaosztást 2 db 6,25 kHz csatornára osztja, így egyidőben párhuzamosan két kommunikáció folyhat.

A TDMA-rendszerek tipikus példája a Motorola™, Yaesu™, Hytera™ stb. által is használatos, az ETSI Standard TS 102 361-on alapuló megoldások, ahol a 12,5 kHz-es csatornaosztást időben két időrésre osztva történik a felhasználó szempontjából párhuzamosan két kommunikáció.

### 3. Ipari szolgáltatói hálózat migrációja

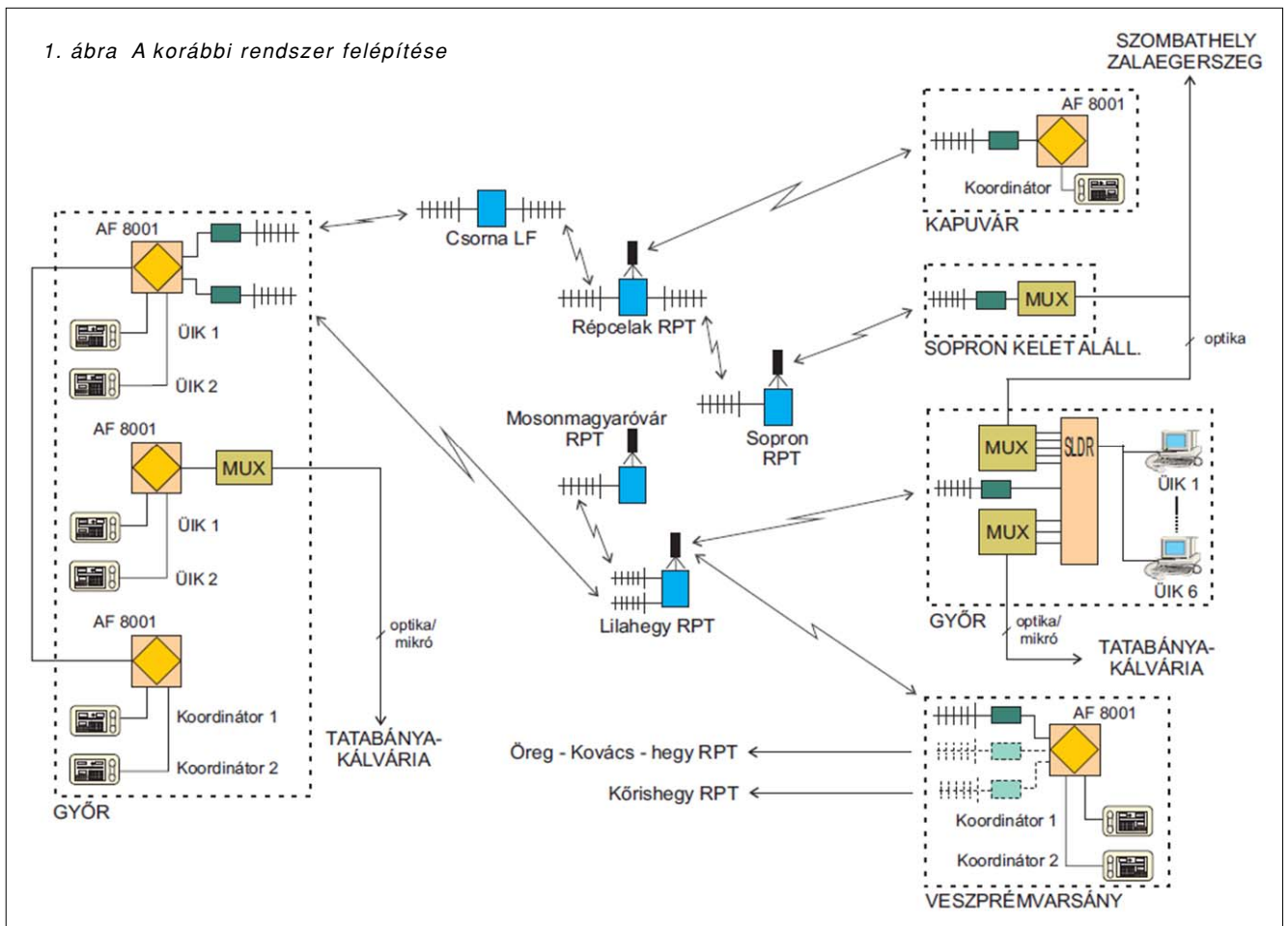
Az egyik vezető hazai ipari szolgáltató vállalat több megyére kiterjedő analóg diszpécseri rendszere az 1960-as években a volt BRG gyármányait felhasználva épült fel (1. ábra), majd az 1990-es évek végi rekonstrukcióját követően nyerte el jelenlegi formáját már Motorola berendezésekre alapulva. A rendszer közel 30 bázisállomást tartalmaz, melyeket hasonló vezeték nélküli berendezések segítségével kötöttünk össze rendszerré. A beszédátvitel mellett analóg jelzésekre épülő hívóazonosítással és hangrögzítéssel is kiegészítve évtize-

deken keresztül kiszolgált a felhasználói igényeket. A rendszer legnagyobb hátránya volt, hogy a felhasználóknak kézzel kellett bázisállomást (csatornát) választania, mivel a rendszer nem tartalmazott automatikus eljárást erre a funkcióra.

A rendszer amortizációjával és a digitális technológia elérhetőségével, elterjedésével együtt felmerült az igény a modernizációjára, így kiválasztásra került a rendszer egy kisebb, négy bázisállomásból álló, önállóan átalakítható része, kísérleti bevezetés céljaira. A rendszer korszerűsítése során az analóg bázisállomásokat digitális (DMR szabványú) átjátszó állomásokra cseréltük, a bázisállomások egymás és a diszpécseri munkahelyek közötti analóg, vezeték nélküli összeköttetéseit IP-alapú hálózattal helyettesítettük és teljes készülékcsere hajtottunk végre. A teszrendszer elsődleges célja az egyes bázisállomások által lefedett területek közötti szabad és felhasználói beavatkozás nélküli átmenet, átjárhatóság (roaming) tesztelése volt.

A terepi tesztek során egyre több felhasználót vontunk be, akik jelezték, hogy a rendszer számtalan előnye mellett a hangminősége jelentősen eltér a korábban megszokott, analóg rendszerhez köthető hangminőségtől, megnehezítve ezzel a beszélgetésben részt vevő partner beazonosítását, illetve fokozottabb koncentrációt, odafigyelést igényel a beszédértés. Gyakorlatias megfogalmazásuk szerint a rendszerből kijövő hang olyan, mintha azt egy beszédszintetizátor állított volna elő.

1. ábra A korábbi rendszer felépítése



A probléma feltárására tesztekert folytattunk le, melyekben a végkészülékek eltérő viselkedést mutattak ezen a kritikus területen. Míg a kézi berendezések és a mobil berendezések közötti eltéréseket egyértelműen a mikrofon és a hangszóró körüli akusztikai kialakítással magyarázhattuk és szoftveres beállítással némileg korrigálhattuk, addig a számítógépes kezelő rendszer lényegesen gyengébb hangminőséget produkált mindkét irányban. A kezelő rendszert megvizsgálva kiderült, hogy az akusztikailag kedvezőbb mikrofon és hangszóró megoldás mellett a hang kódolására és dekódolására használt szoftveres megoldás csak közelíti a végkészülékekbe épített hardveres vokóder áramkör tulajdonságait, így azt is hardveres megoldással kellett kiegészíteni, USB-felületű külső vokóder beépítésével. A probléma feltárása során irodalmi adatok alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a magyar nyelvű környezetben az eltérő kódolási-dekódolási eljárások jelentős mértékben ronthatják a beszédérthetőséget, így minden olyan alkalmazásnál, ahol a beszéd érthetősége kritikus, célszerű azonos kódolási- és dekódolási eszközt és eljárást alkalmazni.

A rendszer kiegészítésével és finomhangolásával elérhetővé vált egy olyan állapot, amiben a felhasználók elfogadhatónak ítélték a hangminőséget és beszédérthetőséget, de az évtizedeken keresztül megszokott analóg hangminőséget és beszédérthetőséget nem sikerült maradéktalanul teljesíteni. Ennek oka alapvetően a sávtakarékos kódolás jellemzőiből fakad, kiegészítve azzal, hogy a vokóder alapvetően az angol és hasonló nyelvekből kiindulva született, így a magyar nyelv hangzásbeli sajátosságaira kevésbé készítették fel.

A tesztekben számtalan eltérő orgánnummal, hangszínnel és beszédstílussal rendelkező kolléga vett részt, így kiderült, hogy a vokóder kialakításából fakadóan eltérően kezeli az egyes felhasználók beszédét. A beszéd összesített spektrális felépítése egyéni jellemző, a vokóder kialakítása során az ideális beszélőt tekintve egyfajta átlagot képezve hozták létre az eljárás paraméte-

rezését, így néhány felhasználó hangja nagyon jól érthető és beazonosítható maradt, míg számos kolléga hangjából minden egyéni jellemző eltűnt és beszédérthetőségük is korlátozottá vált. Az általunk vizsgált felhasználók számára néhány hetes-hónapos használati időszak alatt a rendszer által biztosított hangminőség és beszédérthetőség elfogadhatóvá vált, annak ellenére, hogy a bevezetés után a rendszerben további, a hangminőséggel összefüggő változtatást nem hajtottunk végre.

Miután a DMR-rendszer szabványosított megoldása nagyon kevés finomhangolási lehetőséget kínál (elsősorban az analóg mikrofon áramkörökre összpontosítva), így a migrációs folyamat során több időt kell hagyni az erre érzékenyebb felhasználóknak a hangminőség és beszédérthetőség változásának feldolgozására, megszokására, illetve kifejezetten javasoljuk a bevezetést megelőzően terepi tesztekben bemutatni a felhasználóknak a rendszer által biztosított beszédátvitel jellegzetességeit, tulajdonságait.

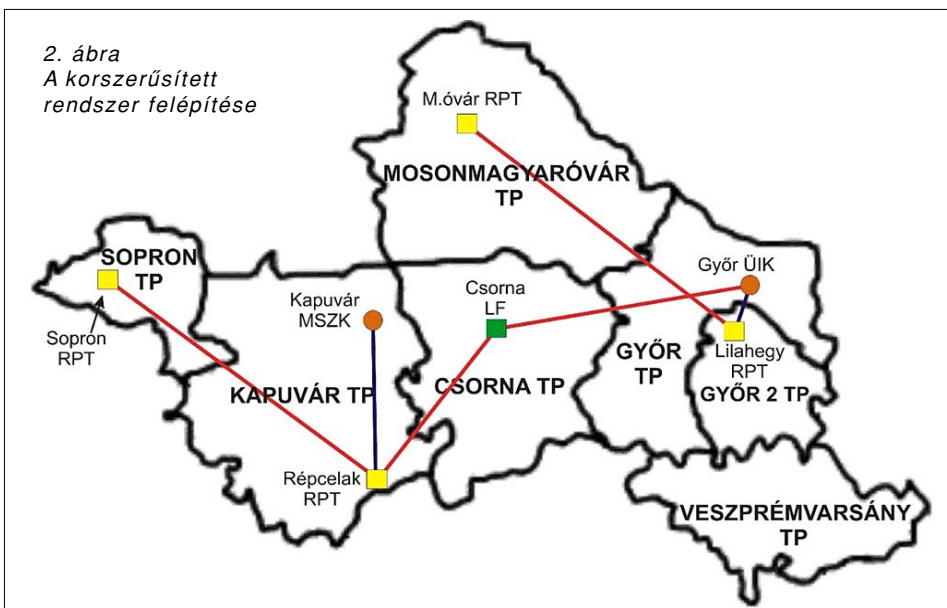
#### 4. Közösségi szolgáltatói hálózat migrációja

Egy, a Balaton vonzaskörzetében 15-20 évvel ezelőtt létesült többcsatornás, két bázisállomással rendelkező trónkölt diszpécseri URH-rendszer bővítését kellett végrehajtani, korlátozott anyagi és technológiai erőforrások rendelkezésre állása mellett.

Az ellátott és lefedett terület növelése, az elérhető telephelyek költségének minimalizálása és a párhuzamosan használni kívánt beszédcsatornák mennyisége miatt öt, IP-hálózattal összekötött telephellyel üzemelő, telephelyenként egy frekvenciás, két időrésszel üzemelő DMR-rendszert választottunk ki, melyek összekötésére nem állt rendelkezésre dedikált hálózat, helyette 3G/LTE, illetve „vezetékes” szolgáltatói nyílt internet-hálózatokat biztosított a megrendelő.

A rendszer tesztelése során a korábban is említett hangminőséggel, beszédérthetőséggel összefüggő anomáliák mellett további problémák is mutatkoztak a beszéd szakadozottságával, időszaki kimaradásával kapcsolatban.

A problémákat elemezve kiderült, hogy az alkalmazott DMR-rendszer IP-alapú összeköttetési igénye sávszélességét tekintve ugyan alacsony, de a csomagok késleltetésével szemben korántsem megengedő, tipikusan 70-80 ezredmásodperc feletti késleltetés hatására a beszédérthetőség drasztikusan romlik, majd a késleltetés további növekedése esetén az összeköttetés megszakad.



A rendszerben felhasznált telephelyek mindegyike a területi rádiófrekvenciás lefedettség okán került kiválasztásra, a telephelyen jelen lévő szolgálatok korábban nem igényelték a stabil internet kapcsolatot, így a rendelkezésre álló „vezetékes” internetelérések jellemzően 2,4 és 5,8 GHz-es adatátviteli eszközökkel voltak bekötve a szolgáltatók hálózatába. A hálózatok és a felhasznált vezeték nélküli internet-eléréshez használt technológia elemzése során kiderült, hogy ezek az eszközök lényegesen magasabb késleltetést visznek a szolgáltatásba, mint a tisztán vezetékes és dedikált mikrohullámú eszközökön megvalósított megoldások. Egy-egy szakasz, átlagosan 30-40 ezredmásodpernyi késleltetése önmagában elfogadható a DMR-rendszer stabil üzeméhez, azonban a rendszer tervezett felépítéséből fakadóan (csillagtopológiával egy központi és négy tagállomás) a legtávolabbi állomások két szakasszal kapcsolódtak egymáshoz, ami együttesen és időszakosan a stabil működést meghaladó késleltetést hozott az IP-rendszerbe.

A probléma kezeléséhez megvizsgáltuk az elérhető vezetékes szolgáltatókat, ám eredménytelenül, mivel az érintett térségekbe és telephelyekre jellemzően a futó SZIP projekt keretein belül kerülnek optikai internet-eléréssel rendelkező vezetékes hálózatok. A telephelyek dedikált mikrohullámú összeköttetését a távolságok miatti többszörös átjátszás költségigénye és a megoldás kialakításának időbeni lefutása egyaránt megakadályozta.

A rendelkezésre álló publikus és zárt célú LTE-szolgáltatók megoldásait összehasonlítva megállapítottuk, hogy a csillagstruktúrát stabilan fenntartani ezen összeköttetésekkel sem lehet, így a rendszer átszervezésre került, páronként összekötött és három részre szétdarabolt alrendszerre. A bázisállomás-párokat a rendelkezésre álló IP-kapcsolatok redundáns felhasználásával kötöttük össze. A fő diszpécseri helyszínen kedvező rádiófrekvenciás elhelyezkedése miatt mindhárom rész egy-egy bázisállomását közvetlenül elérhetővé tettük, így a megrendelő a szolgálati viszonyaihoz is igazodó bontással olyan megoldáshoz jutott, ami jelen körülmények között biztosítja a stabil üzemét.

A SZIP projektben megvalósulás alatt álló optikai hálózatok kialakítása és csatlakoztatása után könnyen és minimális költséggel átalakítható a rendszer annak érdekében, hogy az eredetileg tervezett funkcionalitás maradéktalanul megvalósuljon.

## 5. Összefoglalás

A fenti két gyakorlati példán alapuló tapasztalat segítséget nyújthat meglévő, analóg rendszerek modernizációjában előforduló nehézségek kezeléséhez. Ezek a nehézségek egyfelől az évtizedes megszokások kényszerű felhagyásának következményeiből fakadhatnak, mint például a beszédérthetőség és hangminőség változása az analóg és digitális jelfeldolgozás, kódolás hatásai miatt, másfelől a megrendelő és a térség gazdasági, alapinfrastrukturális sajátosságaiból gyökereznek.

Mindkét esetben szükség volt és lesz arra a mérnöki munkára, amellyel a prospektusokból és marketing anyagokból előre nem látható felhasználói problémákat kezelni lehet, a lehető legteljesebb módon szem előtt tartva az egymásnak némileg ellentmondó felhasználói igényeket.

### Hivatkozások

- [1] Dr. Gósy Mária: Fonetika, a beszéd tudománya, Budapest, Osiris Kiadó, 2004.
- [2] Németh Géza, Zainkó Csaba, Bartalis Mátyás, Olasz Gábor: Többnyelvű vasúti hangos utastájékoztató korpusz alapú TTS módszerrel, In: Beszédkutatás, Vol. 23, 2015, pp.233–241.
- [3] Christopher Redding, Nicholas DeMinco, Jeanne Lindner: “Voice Quality Assessment of Vocoders in Tandem Configuration” NTIA Report 31-386, Apr. 2001.
- [4] Silage Dennis: Digital Communication Systems using SystemVue, DaVinci Engineering Press, a division of Cengage Publishing, 2006.

### A szerzőről



**TURCSÁN ZSOLT** 1996-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán, okleveles villamosmérnökként. Rádiós adatátviteli modemek fejlesztése után a NOVOFER Távközlési Innovációs Zrt-nél helyezkedett el, mint tervező, projektvezető. Munkája során több készülék- és rendszer-generáción átívelve tervezett, épített és korszerűsített több megyére kiterjedő, illetve országos keskenysávú beszéd- és adatátviteli rádiós rendszereket analóg, digitális DMR-, NXDN- és TETRA-technológiákkal. Jelenleg a NOVOFER Zrt. vezérigazgatója, tervezője, felelős műszaki vezetője, a HTE tagja.

