

MMXVI. IV. ÉVFOLYAM IV. SZÁM

NEMZETBIZTONSÁGI

SZEMLE

KÜLÖNLENYOMAT



NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
NEMZETBIZTONSÁGI INTÉZET
BUDAPEST

Digitális PMR-ek és IP alapú kapcsolódási lehetőségeik

Balog Károly¹

Abstract:

Napjainkban az engedélyhez kötött és engedély nélkül is üzemeltethető PMR rádiótechnológia a mobiltelefonoknál már megtapasztalt paradigmaváltáson megy keresztül. Az újfajta digitális PMR rendszerek napjainkra jelentős elterjedtséget mutatnak a gyakorlatban. Mivel ezek az eszközök a hagyományos távközlési infrastruktúrákat kikerülhetik, felderítésük, ellenőrzésük adott esetben kizárólag a rádiófelderítés eszközrendszerével történhet. Azonban akár az egyedi készülékek akár az összetett rádiórendszerek egyaránt kapcsolódhatnak az internethez, az IP alapú kapcsolattal kiterjesztve a hatótávolságukat és kibővítve kommunikációs lehetőségeiket. A Jelen tanulmányomban, mind az egyedi, mind az ún. hibrid rendszerek kapcsolódási lehetőségeit vizsgálom. Áttekintem az ezzel kapcsolatos átviteli protokollokat, gyakorlati megoldásokat. Végül pedig megvizsgálom a rendszerek törvényes ellenőrzésének lehetőségét is.

Keywords: PMR, digitális PMR, VoIP, RoIP, Hibrid rendszerek

Absztrakt:

In these days, both - licensed and license-free PMR radio technology is going through massive paradigm shift as formerly seen at mobile phone technologies. In fact, the new types of digital PMR systems today show a significant relevance in practice. Since these devices can completely bypass the traditional telecommunications infrastructure, their detection and control is only possible by communication intelligence. However, either individual devices or complex radio systems can connect to the Internet, further extending their range of communication and expanding their opportunities for connection through IP-based connectivity. In this study, the connecting methods of both individual and hybrid systems are being examined; overviewing the associated transmission protocols and practical solutions. Finally, I will examine the possibility of lawful interception over systems as well.

Kulcsaszavak: PMR, digital PMR, VoIP, RoIP, Hibrid systems

¹ *Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola harmadéves doktorandusz, balog.karoly07@gmail.com* Orcid ID: 0000-0002-4960-4943

1. Bevezetés

Kutatási témámban a nemzetbiztonsági rádiófelderítésen belül annak új célterületével az engedélyhez kötött és engedély nélkül is használható PMR² eszközök digitális változatainak felderítési ellenőrzési kérdéseivel és annak technikai lehetőségeivel foglalkozom. Annak eredményeként, hogy az analóg PMR rádiótechnológia a mobiltelefonoknál már megtapasztalt paradigmaváltáson megy keresztül, neves európai, amerikai és japán gyártók szabványos digitális rendszerei és készülékei egyre jobban kezdenek teret hódítani a gyakorlatban. A digitális rádióknál kézenfekvő lehetőségként kínálkozik a más digitális jelzésátvitellel működő, pl. IP alapú rendszerekhez történő közvetlen csatlakozás. Ennek megvalósítására az amatőrök egyedi megoldásai mellett cégek által kínált egyedi és csoportos megoldások is kínálkoznak, a RoIP (Radio Over Internet Protocol) megoldásának kivitelezésére. Az IP alapú kapcsolatok hordozói vezetékes és vezeték nélküli hálózati megoldások egyaránt lehetnek, melyek akár többszörösen is egymáshoz kapcsolódhatnak, így változatos és komplex rendszereket kialakítva, melyek adott szükségletekhez igazodnak. A hordozóhálózat és a rádiórendszerek közötti kapcsolatot különféle átjárók (Gateway) biztosíthatják, melyekből funkciójukat tekintve szintén többféle létezik. Ezekből, és további hálózatképző elemekből változatos rádióhálózatok építhetők, az egyedi analóg készülékek megoldásaitól, egészen a trónkölt digitális rendszerek IP alapú megoldásáig. Jelen tanulmányomban áttekintem az erre szolgáló protokollokat, kodekeket, valamint a gyakorlatban előforduló egyszerűbb és komplexebb felépítésű hálózati megoldásokat. Végül pedig az NGN³ (All-IP) hálózatokhoz kapcsolódó PMR rendszerek ellenőrzésének lehetőségét vázolom, a rendszerek hálózati oldalról megvalósítható törvényes ellenőrzés kapcsán.

2. A vezeték nélküli technológiák áttekintése, a hálózat kiterjesztésének módjai

A digitális PMR technológia előretörésével nyilvánvaló lehetőségként merült fel a más digitális elvű kommunikációs megoldásokkal való összekapcsolásban rejlő előnyök kiaknázása. Ez főleg a diszpečser típusú, illetve a trónkölt rendszerek esetében kézenfekvő, azonban akár egyedi készülékeknél is kivitelezhető. Ezek a megoldások a különféle PMR rendszerek számára kiterjesztik a földrajzi lefedettségéből adódó korlátokat. A kapcsolódó távközlési rendszerek esetében pedig

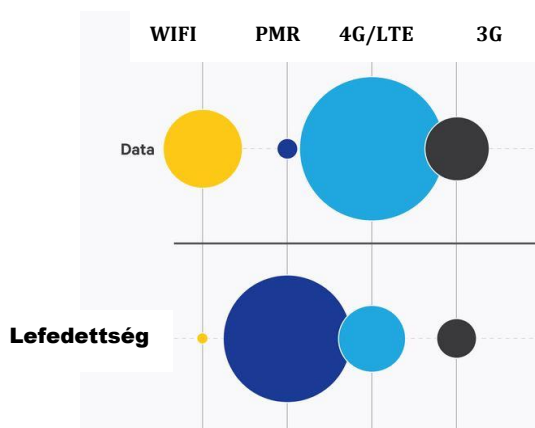
² PMR: *Professional / Private Mobile Radio* - professzionális / magán mobil rádió: A felhasználók által saját maguknak nyújtott zártkörű rádióalkalmazások gyűjtőneve

³ NGN: *Next Generation Networks* – Következő generációs hálózatok, az un. all IP típusú hálózatok

felhasználói (szolgáltatási) igényeket generálnak, amelyek elősegítik, annak jobb üzleti kihasználtságát új típusú szolgáltatások bevezetése révén. A következőkben összefoglalom, hogy az egyedi készülékek és PMR rendszerek, hogyan kapcsolódhatnak a különféle vezetékes és vezeték nélküli IP hálózatokon keresztül egymáshoz és más távközlési infrastruktúrákhoz.

Az összekapcsolódásra általában valamilyen IP alapú megoldás a kézenfekvő, amely lehet egy hagyományos vezetékes hálózati kapcsolat, illetve valamilyen vezeték nélküli technológia alkalmazása. Pl. földi cellás 2G, 3G, 4G (LTE⁴), vagy WLAN de akár mobil műholdas IP alapú kiterjesztések (Thuraya, Inmarsat BGAN) is rendelkezésre állnak a piacon, a hagyományos megoldásokon felül. Az egyes megoldások között a kritikus hálózati paraméterek az adatátviteli sebesség és a lefedettség tekintetében jelentős különbségek vannak, ahogyan ez a következő 1. ábrán látható.

Adatátvitel és Lefedettség viszonya



1. ábra Adatátvitel és lefedettség az elterjedtebb vezeték nélküli hálózatoknál ⁵
(szerző által szerkesztett)

Az 1. ábrából megállapítható, hogy nincs egyetlen különálló hálózati infrastruktúra sem, amelyik egyedül önmagában megfelelne a modern kommunikációs hálózatokkal szemben támasztott adatátviteli és lefedettségi komplex igényeknek. A PMR rendszerek az ábrán léptéki okokból nem szereplő mobil műholdas kommunikációs rendszerekkel együtt, messze a legnagyobb lefedettséget

⁴ LTE: Long Term Evolution – Hosszútávú fejlődés – negyedik generációs vezeték nélküli adatátviteli szabvány

⁵ Tait Communications: Tait Connection Magazine Issue 5, 2014. augusztus 16. (p. 6)
http://magazine.taitconnection.com/taitconnection/issue_5?pg=6#pg6 Letöltve: 2016. 10. 17.

biztosítják, azonban ehhez a PMR esetében nem társul megfelelő adatátviteli képesség. A mobil műholdas esetben pedig kvázi globális lefedettség mellett kb. a 2G/3G-nek megfelelő adatátvitelt biztosítanak. A másik véglet a WiFi, amely sokkal jobb adatátvitelt biztosít, mindezt viszont igen korlátos területen. Azonban ha szükség szerint integrálunk több kommunikáció hordozót, létrehozhatunk egy olyan kommunikációs hálózatot, amely megfelelően összekapcsolja a területet és a háttér irodai hálózatot a nagyobb hatékonyság és a zökkenőmentes felhasználói élmény érdekében. ⁶ A helyszíni/diszpécser típusú rendszerek és az IP alapú vezeték, valamint vezeték nélküli hálózati technológiák kombinálásával eltérő nagyságú és topológiájú hálózatok építhetők, melyek a VoIP⁷ és RoIP⁸ megoldások alkalmazásával változatos, az igényeknek megfelelő rendszerek létrehozását teszik elérhetővé. A következőkben áttekintem a VoIP és RoIP elméleti megfontolásait, majd ezek gyakorlati megoldásait is.

3. Radio over Internet Protocol (RoIP) áttekintése

Általános áttekintés

A RoIP (azaz Radio over IP) az általános kifejezést jelenti a kétirányú (two-way) rádióhálózatok esetében alkalmazott Voice over IP átviteli eljárásnak. Tehát az összes analóg/digitális rádióhálózat, amelyik IP alapú kapcsolattal rendelkezik, az RoIP átvitelt alkalmaz. A RoIP az üzemeltetők számára csökkenti a költségeket, javítja a megbízhatóságot és növeli az interoperabilitást, flexibilitást biztosít a hálózat kialakításához, fejlesztéséhez továbbá az alábbi konkrét lehetőségeket biztosítja rádióhálózatok összekapcsolása esetében.

- hozzáférés távoli rádiókhoz;
- pont-pont, pont-többpont, összeköttetés eltérő frekvenciatartományú és eltérő szabványú PMR rendszerek esetében is;
- rádió és diszpécser konzol közötti kapcsolat biztosítása;
- rádió és telefonhálózat közötti átjárás biztosítása;
- a rádióhálózaton belüli kábelezéseket jelentősen csökkenti;

Mindezek az alkalmazások hasznosítják a meglévő IP infrastruktúrát, mind a gerinchálózatok, mind a helyi LAN⁹ és a nagytávolságú WAN¹⁰ hálózatok tekinteté-

⁶ *Tait Communications /whitepaper/: Tougher LMR systems, 10 ways to protect and strengthen your LMR system (p. 22.)*

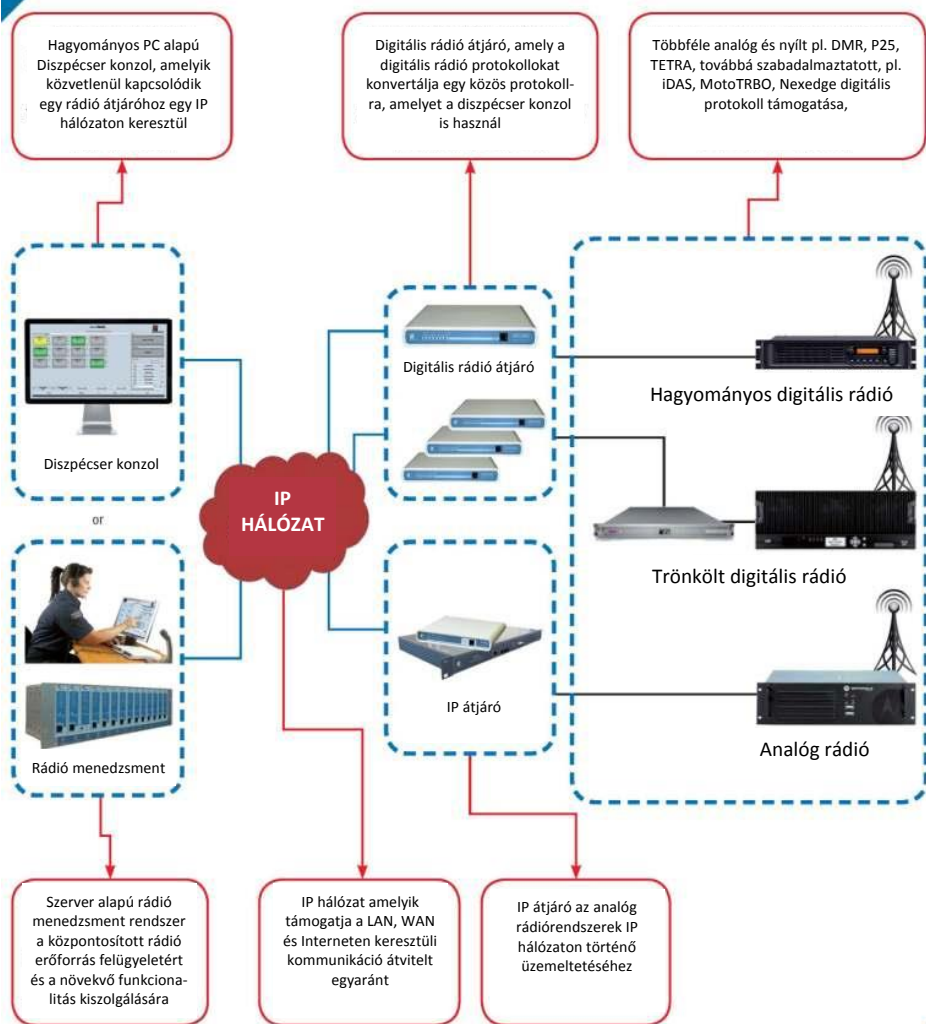
http://www.taitradio.com/__data/assets/pdf_file/0014/123503/Tait_Tougher_LMR_Systems_Guide.pdf Letöltve:2016. 10. 17.

⁷ *VoIP: Voice over Internet Protocol – Internet protokoll feletti hangátvitel*

⁸ *RoIP: Radio over internet Protocol – Internet protokoll feletti rádióösszeköttetés pl. digitális PMR, internet kapcsolaton keresztül átvitele másik rádióra, vagy egyéb IP kapcsolattal eszközre pl. okostelefonra, laptpra stb.*

⁹ *LAN: Local Area Network – Helyi hálózat*

ben. Ezeket reprezentáló komplex megoldás látható a következő 2. ábrán, ami a fent leírt funkciók kivitelezését szemlélteti.



2. ábra RoIP hálózatokban alkalmazott megoldások szemléltetése¹¹
(szerző által szerkesztett)

¹⁰ WAN: Wide Area Network – Nagy kiterjedésű hálózat

¹¹ Omnitronics: Radio Dispatch & Network Solutions, for Digital & Analog Radios
http://omnitronicsworld.com/files/2014/07/Radio-Dispatch-Networking-Solutions-brochure-JUNE14_web.pdf Letöltve: 2015. 06. 25.

VoIP technológia

A VoIP eredetileg a telefon kiváltására készült technológia, amelyiknél a szolgáltatók nagyszámú ügyfelét kell beszélőalapú igény szerinti szolgáltatásban részesíteni. A telefonáláshoz képest a rádiózásnál azonban itt az instant kommunikáción, általában a pont-többpont átvitelén, és legtöbbször félduplex ritkábban duplex üzenetváltásokon van a hangsúly. Általában elkülönült (saját) szervezet által menedzselte rendszerekről van szó, melyek felépítésüket tekintve meglehetősen felhasználó specifikusak.

A VoIP és a RoIP ugyan azt az eljárást használja a hang és adat csomagok továbbítására, azonban a rádióknál további lehetőség van jelzési és ellenőrzési funkciók megvalósítására. Ilyenek például¹².

- a PTT (Push To Talk) jelzése, azaz amikor megnyomjuk az adógombot, azaz jelezzük, hogy fel kell készülni az érkező üzenet vételére, szinkronizálására;
- a vivő működtetésű kapcsolás COS (Carrier Operated Switch) amikor is a rádió jele egy foglalt jelet vagy kulcsot sugároz ki a többi rádió számára a csatorna foglaltságának jelzésére;
- a folyamatban lévő hívás típusának jelzése (pl. broadcast, csoporthívás, vagy egyedi hívás);
- a rádiókészülék azonosítására;
- a speciális rádiófunkciók megvalósítása pl. a rádió kitiltása, felélesztése, távoli ellenőrzése, vész helyzet jelzése;
- továbbá a csatorna profil megváltozásával kapcsolatos változások jelzésére, pl. frekvencia és működési paraméter megváltozásakor.

VoIP szabványok

A VoIP szabványok RoIP átvitelre történő alkalmazásának jó néhány előnye van. Javul a gyártó független interoperabilitás az eltérő készülékek között, valamint a rádióhálózatba egyszerűen integrálhatóak a meglévő telefon és egyéb hangalapú rendszerek. Az ilyen rendszerek kompatibilisek a hagyományos kereskedelmi forgalmú hangrögzítőkkel, routerekkel, tűzfalakkal és egyéb hálózati eszközökkel. Sokféle szabvány létezik, amelyek lényegesek a beszéd és multimédia kommunikáció szempontjából, de egymás között nem átjárhatóak. Azonban a SIP¹³ és az

¹² *Omnitronics: Understanding RoIP Networks /White Papers/ revision 1.0*
<http://omnitronicsworld.com/solutions/radio-over-ip-roip/> (2015. 06. 25.)

¹³ *SIP: Session Initiated Protocol – Internet kommunikációs protokoll, amellyel tetszés szerinti sessiont (kapcsolatot) lehet egy vagy több felhasználóhoz rendelni. A SIP-re épül továbbá a 3G mobiltelefon multimédia támogatása, valamint az Újgenerációs hálózatok (NGN - Next Generation Networks) specifikációja is*

RTP¹⁴ általánosan elterjedt protokollok, amelyeket több digitális rádiószabvány is alkalmaz pl. a DMR,¹⁵ vagy az APCO P25.¹⁶ Nézzük meg, mire szolgálnak ezek.

Session Initiated Protocol (SIP)

A SIP egy szabványos protokoll, amelyik a VoIP esetében a hívások felépítésére és a kapcsolat bontására szolgál, tehát valójában csak a kommunikációs csatornák összekapcsolásához nyújt segítséget. Ez határozza meg továbbá a távoli eszköz IP címét (SIP címét) és az RTP átvitel által használt UDP¹⁷ port számát, valamint lekommunikálja, hogy milyen funkciókat használhatnak az átvitelnél. A SIP-en keresztül tehát nincs hangtovábbítás. Ezek alapján a SIP eszközök közé tartoznak azok a berendezések, amelyek létrehozzák és menedzselik a SIP folyamatát, pl. a rádió-VoIP átjárók (radio-to-VoIP gateway), vagy a SIP VoIP telefonkészülékek. Azok a regisztrációs szerverek, amelyek adatbázisban tárolják az eszközök regisztrációs információit, továbbá azok a proxy szerverek, amelyek átirányítják a kérélmeket vagy az üzeneteket. A SIP szerverek mindkét előző funkciót képesek betölteni egyszerre, tehát egyben regisztrációs és proxy funkcióval is rendelkeznek.

Real-time Transport Protocol (RTP)

Az RTP biztosítja az adattovábbítást audio és video átvitelnél IP alapú hálózaton telefonálás, video telekonferencia és televízió átvitel esetében. Úgy tervezték, hogy végponttól-végpontig biztosítsa az audio/video adatfolyamok valósidejű átvitelét az egyes csomagok átvitelének prioritálásával. Ez gyakran együtt járhat az átviteli minőség romlásával az azonnali szállítás javára. Az RTP egyaránt tud beszéd és a korábban felsorolt rádiójelzés információkat szállítani, azonban ez sok rendszerkonfigurálást igényel, és meglehetősen kis flexibilitással rendelkezik. Egyaránt használható unicast¹⁸ vagy multicast¹⁹ kapcsolatnál, valamint képes csomagkapcsolt hálózatok irányába történő adatküldés során fellépő hibák kezelésére is. Így képes az elveszett csomagok észlelésére, a hibás sorrendű csomagok kezelésére, helyreállításukra, továbbá a változó csomagszállítási időből adódó hibák (packet jitter) kezelésére.

¹⁴ RTP: Real-time Transport Protocol – Valós idejű szállító protokoll, melynek feladata a multimédia adatfolyam átvitele vagyis, hogy a megfelelő kodekkel kódolt és tömörített adatot csomagokra bontsa és az UDP-n keresztül elküldje.

¹⁵ DMR: Digital Mobile Radio – Európai digitális rádiószabvány

¹⁶ APCO P25: Project 25 – Amerika digitális rádiószabvány

¹⁷ UDP: User Datagram Protocol – Az internet egyik alapprotokollja, amely rövid gyors üzenetek küldésére szolgál, amikor a gyorsaság fontosabb a megbízhatóságnál.

¹⁸ Unicast kapcsolat: esetében a csomagok az egyik végponttól egy másik végpontnak kerülnek közvetlen elküldésre (a Multicast-nál régebbi technológia)

¹⁹ Multicast kapcsolat: esetében a csomagok egy feladótól több (arra feljogosított) címzethez is elküldésre kerülnek, ami megfelelő sávszélesség menedzselést igényel.

Real-time Transport Control Protocol (RTCP)

Az RTP protokoll adatátvitelének ellenőrzésére szolgáló monitoring protokoll, nagykiterjedésű multicast hálózatok esetén.

Az RTP és RTCP protokollokat függetlenül tervezték a hálózati konfigurációtól és karakterisztikától és a TCP és UDP protokollokat támogatják az unicast vagy multicast kivitelű hálózatokban.

Általános VoIP problémák

A **késleltetés**, amelyikből 2 féle fordul elő a csomagkapcsolt hálózatokban. Az egyik a konstans terjedési időből adódó, a másik pedig a csomagok változó késleltetéséből adódó jitter. A jitter kompenzálására a végberendezésekben buffertárolóban tárolják az audio adatokat, így folyamatos a jelfolyam lejátszása, akkor is, ha a következő csomag, késéssel érkezik. Ez a kompenzáció önmagában egy újabb késleltetés a rendszerben. A PMR rádiók azonban jobban tolerálják a késéseket, mint a telefon rendszerek, feltéve, hogy a rádió jelátvitel szinkronban van az audio jellel, azaz nem vágjuk le sem a bevezető, sem az utolsó szótagot a beszédben.

A **visszhang** (echo) a másik jellegzetes probléma, amelynek fő oka az előbb említett késleltetés. Ha késleltetés kerül a rendszerbe az vélhetően hallható lesz az átvitel során. A visszhang kiküszöbölésére digitális jelfeldolgozó algoritmusokat alkalmazhatnak, amelyek a DSP (Digital Signal Processor) jelfeldolgozás segítségével kiszűrik a visszhangot a vett audio folyamból.

A **csomagvesztés** a harmadik probléma, azaz néha nem érkezik meg az összes csomag a vevőbe. Szerencsére a digitális hang általában érthető marad viszonylag magas csomagvesztés esetén is, amit a VoIP rendszerekbe épített csomag adatvesztést kompenzáló (PLC – Packet Loss Compensation) algoritmusok biztosítanak. A jól megtervezett RoIP rendszerek elfogadható audio minőséget biztosítanak még 10%-os csomagvesztés esetén is. A vezetékes LAN és WAN hálózatok esetében csomagvesztés többnyire csak torlódás vagy túlterhelés esetén lép fel, azonban a vezeték nélküli Wi-Fi vagy mikrohullámú átvitel esetén a csomagvesztés normál esetben is előfordulhat.

A kodekek problémája

A codecs (coder /decoder) szállítja a hangot a csomagkapcsolt hálózatban. A szoftver codec digitalizálja a beszédet, majd kódolja és tömöríti azt, mielőtt továbbküldi a hálózatban. Így az eredetinel kisebb a szükséges adatátviteli sebesség. A VoIP rendszerekhez fejlesztett kodekek bizonyos audio információk elhagyásával érik el az adatok tömörítését, így alapvetően csökkentik a hangminőséget. A valós idejű VoIP átvitelhez valós idejű kodek szükséges az audio jelfeldolgozáshoz, azaz a digitális PMR rendszerekben általánosan alkalmazott 20 ms-ra szegmentált audio kódolásához és dekódolásához egyaránt 20 ms idő áll rendelkezésre. Összehasonlítva pl. az mp3 kódolással, amelyik nem képes valós idejű

kódolásra csak dekódolásra, azonban a real-time kodekekhez képest jóval nagyobb tömörítéssel is jobb hangminőséget képes elérni. Sajnos a jelenlegi digitális rádió szabványok és protokollok nem specifikálnak széleskörben implementált vagy szabadon hozzáférhető kodekeket, ehelyett az előzőekben említett RTP és SIP eljárást alkalmazzák.

Egy megoldás lehet olyan rádióátjárók alkalmazása, amelyeket kifejezetten digitális rádiók adatainak és funkcionalitásának átvitelére fejlesztettek ki. Ezek további előnyökkel rendelkeznek: csak egy vokodert (hangkódolót) kell implementálni a rádió átjáróban, amelyen osztoznak a felhasználók. A rádiók egyszerre tudnak kapcsolódni különféle diszpečser konzolokhoz. Ezeken felül az átjáró flexibilitást biztosít a rádió protokollok esetleges változása esetén, a jövőbeli igényeknek megfelelően. A következő 3. ábra a gyakorlatban elterjedten alkalmazott VoIP és RoIP kodekeket tartalmazza.

Kodek	bit /szekundum	megjegyzés
G.711	64000 (8 bit, 8 kHz)	a legszélesebb körben használt kodek (PCM)
G.726	48000, 32000, 24000 vagy 16000	Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)
GSM	13200	2G mobil telefon szabvány
G.729	8000	A legtöbb VoIP rendszerben használt
IMBE	7200	Improved Multi Band Excitation
AMBE	3600	Advanced Multi Band Excitation, széleskörűen használt digitális rádiószabványokban, hibajavítást is tartalmaz
ACELP		Algebraic Code Excide Linear Prediction
TETRA	7200	

3. ábra Általánosan használt kodekek VoIP és RoIP rendszerekben

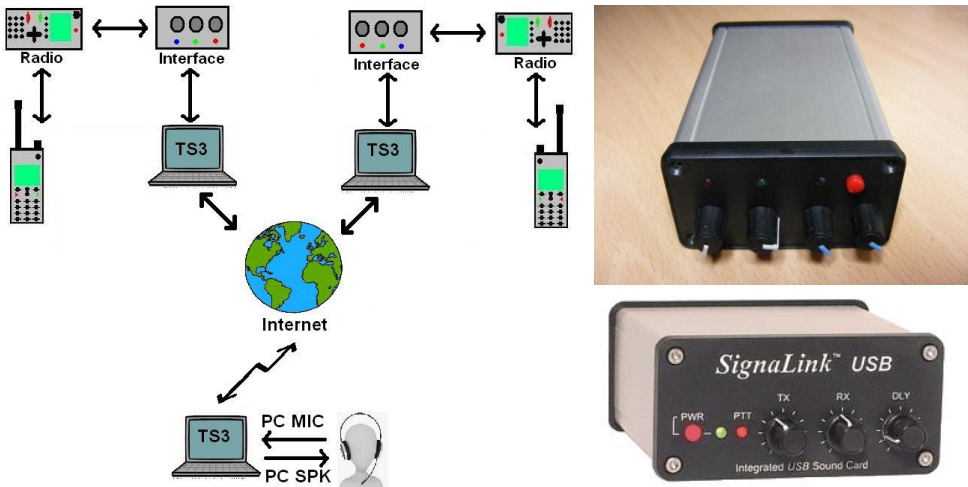
A G.729, IMBE, AMBE, és ACELP kodekek digitális rádiókban történő alkalmazása engedélyköteles, mivel ezek szabadalmazott termékek, tehát fizetni kell a használatukért.

4. Egyedi készülékek digitális átviteli megoldásai

A különféle rádiótechnológiák földrajzi kiterjesztésének kézenfekvő módjaként kínálkozik az IP hálózatok technológiája, főleg a digitális rádiók esetében, ahol a hang egyébként is digitális formában van jelen az egyes rendszerekben. Azonban nem csak rendszerek, de akár az egyedi (akár analóg) rádiókészülékek is csatlakozhatnak az IP alapú hálózatokhoz. A RoIP megoldása nem egyszerű, de kivitelezhető. A rádiókészülékek ebben az esetben egy interfészen - gyakorlatilag rádió adatmodemen keresztül kapcsolódnak egy számítógéphez, amelyik az internethez, vagy valamilyen magánhálózathoz csatlakozik. Ezt hívják „node”-nak. Két vagy több csomópont (node) összekapcsolásával alkotunk egy RoIP hálózatot.

Az interneten keresztül összekapcsolódó node-ok így akár földrészeket is áthidalhatnak. A nodok-nak nem kell minden esetben rádióhoz kapcsolódnia, pl. egy helyhez kötött diszpécser esetében elegendő a PC-hez csatlakoztatott fejhallgató/hangszóró és mikrofon, hiszen a digitális hang már a PC-n is rendelkezésre áll. Így ha csak a rádiós oldalon szükséges a mobilitás megtartása, a vezetékes oldalon a rádió elhagyható. A fentebb leírt pl. rádióamatőrök által alkalmazott megoldás felépítése látható a 4. ábrán

Professzionális interfészhez egyedi IP címet is rendelhetünk, így ez esetben még PC-re sincs szükség, csupán az interfész felprogramozásának idejére. Ezek a speciális rádiómodemek azonban meglehetősen drágák. Az 4. ábra jobb oldalán alul látható egy ilyen gyári kivitelű rádió interfész a Tigertronics cég Signalink gyártmánya, amelyik USB kapcsolaton keresztül képes az internethez kapcsolódó PC-t vezérelni. Az e fölötti kép egy ilyen interfész házi készítésű változatát ábrázolja. A Signalink eszköz közepes képességű okostelefon árérték arányú szerzhető be újonnan.



4. ábra Egyedi készülékek RoIP megoldása és interfész típusok ^{20 21}

²⁰ Digital Radio Hacker: ROIP

<http://www.digitalradiohacker.co.uk/roip-radio-over-internet-protocol> Letöltve: 2016. 10. 18.

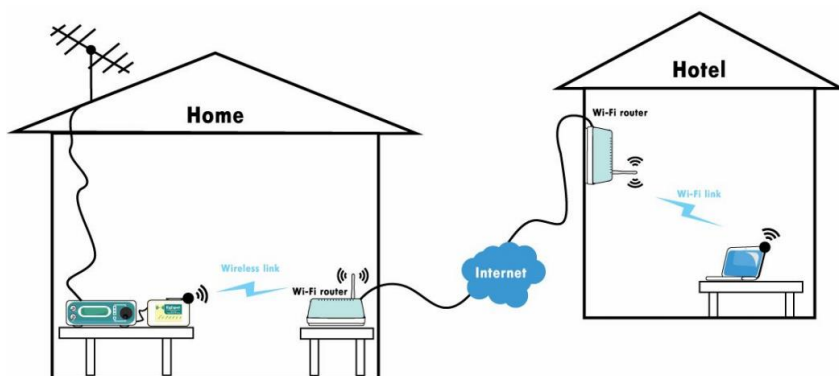
²¹ Waters & Stanton (Europe's Ham Store) Tigertronics - Signalink

<http://hamradiostore.co.uk/amateur-radio/data-modes/tigertronics.html> Letöltve: 2016. 10. 18.

További megoldások is léteznek az egyedi készülékek piacán. Ilyen például a Rigexpert WTI-1 típusú egyedi digitális módú interfésze, amelyik beszéd, adat és CW jelek interneten keresztül átvitelére szolgál. A WTI-1 (Wireless Transceiver Interface) amely az 5. ábrán látható, wi-fi kapcsolaton keresztül csatlakozik az internetes hálózathoz, Az első használat alkalmával az eszközt USB kábelen keresztül kell beállítani, majd ettől kezdve a hozzáadott szoftver segítségével a saját hálózatból, vagy az interneten bárhonnán vezérelni tudjuk az eszközhöz kapcsolt rádió-adóvevőt. Így akár másik országban lévő szállodai szobából is használható a távoli rádió, ahogyan ez a 6. ábrán látható. A készülék egy felső-közép kategóriás okostelefon árszintjén szerezhető be az interneten.



5. ábra Rigexpert RoIP interfész és csatlakoztatása rádióhoz ²²



6. ábra Rigexpert WTI-1 távoli vezérlése ²³

Az előző két megoldás egyáltalán nem használja a SIP és RTP átviteli protokolljait, így ezekkel teljesen egyedi módon oldható meg a beszédinformáció átvitel.

²² RigExpert WTI-1 Digital Mode Interfaces

<http://www.dxengineering.com/parts/reu-wti-1> Letöltve: 2016. 10. 18

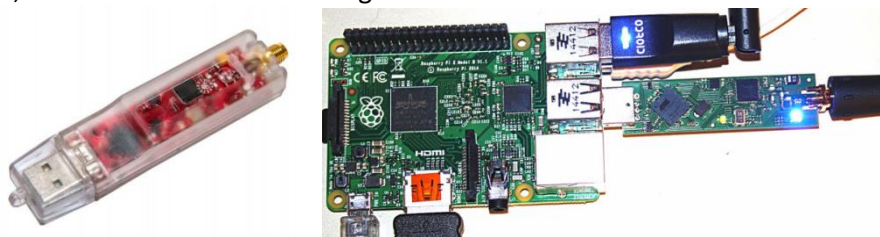
²³ RigExpert WTI-1 Wireless Transceiver Interface

<http://www.rigexpert.com/files/manuals/wti1/WTI%20User%20manual.pdf>

Letöltve: 2016. 10. 18

tele az interneten keresztül. A következő megoldás viszont már használja a SIP /RTP protokollokat.

Az egyedi (digitális) PMR rádiók lehetőségeinek kiterjesztésére az egyik legújabb megoldás a DV4mini D-Star/DMR/C4FM/P25 Hotspot (7. ábra). Az eszköz egy kisméretű USB stick formájában nyújt lehetőséget egy számítógéphez csatlakoztatva azt, a rádiós úton hozzákapcsolódó digitális PMR-ek jeleinek IP alapú átviteléhez. A nevében is említett digitális PMR szabványok szerinti jelek átvitelét támogatja. Tulajdonképpen egy hotspot de itt nem wi-fi jeleket viszünk át, hanem rádió átjáróként használjuk az eszközt a 70cm-es és 2m-es URH sávban. Ezt pl. amatőrök használhatják, ha rádiósan nem lehet elérni egy közelben lévő amatőr digitális átjátszót. Ekkor az internethez csatlakozó számítógépen létrehozunk egyet a DV4mini segítségével. A hozzáadott szoftverrel tudjuk konfigurálni az eszközt, azaz beállíthatjuk melyik internetes átjátszóra (reflektorra) csatlakozzon. Az eszköz legújabb változata a DV4mini-AMBE típus. Ennek segítségével a beépített beszédkódolóknak köszönhetően egy headset csatlakoztatásával PMR rádió nélkül, közvetlenül is kommunikálhatunk más rádiókkal az interneten keresztül.



7. ábra DV4mini kialakítása egy Raspberry PI 2 miniszámítógéphez csatlakoztatva²⁴

A lenti 8. ábrán a DV4mini által generált IP adatforgalom látható a Wireshark IP protokollelemző /csomagelemző/ szoftver segítségével. A baloldalon látható a forrás és a cél IP címe, a jobb oldalon pedig a korábban már említett RTP protokoll UDP portjainak értékei a forrás és a cél vonatkozásában.

DV4trameWireshark.pcapng [Wireshark 1.12.8 (v1.12.8-0-g5b6e543 from master-1.12)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: 192.168.10.118 Expression... Clear Apply Save

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
105	1.40583000	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
112	1.51394000	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
119	1.61306900	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
126	1.71189500	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
134	1.81103200	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
135	1.88696300	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	60	Source port: 62500 Destination port: 49423
143	1.91027200	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
150	2.01118400	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
157	2.10794900	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423
164	2.20616800	176.10.105.218	192.168.10.118	UDP	172	Source port: 62500 Destination port: 49423

²⁴ DV4mini: DStar/DMR/C4FM/P25HotspotUSBStick User Guide (Version 1. 2016.)
http://dv4m.ham-dmr.ch/Dokumentation/Manuals/Manual-DV4mini_English-V2_0-2016_07_23.pdf Letöltve:2016. 10. 22.

8. ábra DV4mini által generált IP forgalom²⁵

A DV sorozat legnagyobb tagja egy igen modern eszköz, a DV4mobile (9. ábra). Ez tulajdonképpen egy hordozható felhőprogramozású softverrádió több digitális PMR üzemmód támogatással (D-Star, DMR, C4FM/a Yaesu cég digitális szabványa/, hagyományos analóg FM, stb) melyek szoftver által változtathatók. Kimagasló képessége továbbá a Voice over LTE támogatása. Ez utóbbi esetében a rádió LTE kapcsolattal rendelkező un. CCS7²⁶ típusú átjátszóhoz (reflektorhoz) csatlakozhat, amelyek támogatják a felhőalapú rádióprogramozást, így nem szükséges un. codplug-ok alkalmazása a rádió felprogramozásához²⁷. Az eszköz beépített GPS modult is tartalmaz, továbbá lehetőség van a berendezés simplex átjátszóként történő üzemeltetésére is.



9. ábra DV4mobil 3 szabványú Voice over LTE képes készülék ²⁸

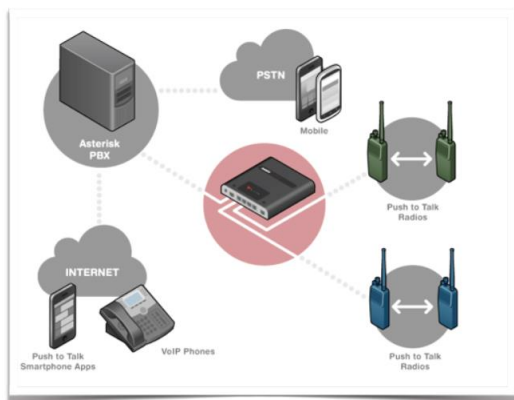
A következő 10. ábrán látható megoldás viszont már teljesen szabványos és az előzőekhez képest minőségi ugrást képviselő eszközt ábrázol, a Vocality Radio Relay eszközt. Ez képes a PMR rádiós eszközök RoIP kiterjesztésére, SIP, RTP, multicast, unicast és Vocality-Vocality szabványos összeköttetések menedzselésével. továbbá katonai szintű titkosításra is képes.

²⁵ DV4mini with Wires-X + News and answers to FAQ + New web site
<https://www.youtube.com/watch?v=y6gzQgLdmJY> Letöltve:2016. 10. 22.

²⁶ CCS7: Egy LTE kapcsolaton keresztül működő speciális azonosságellenőrzést és a különböző szabványú további átjátszók felé forgalomirányítást végző rádiószerver.

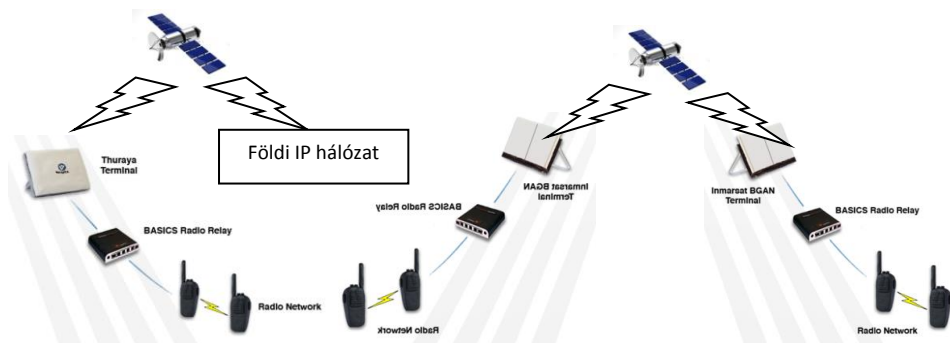
²⁷ Wireless Holding LLC.: Multi Protocol Digital Networks, Introduction and further development http://75.151.47.161/MPDN_DV4.pdf Letöltve: 2016. 10. 23.

²⁸ VA2PV Blog: DV4mobile first all mode digital tri band transceiver plus LTE with GPS
<http://www.va2pv.com/dv4mobile> Letöltve:2016. 10. 22.



10. ábra Vocolity Radio Relay és alkalmazási lehetőségei²⁹

Ez a RoIP átjátszó megoldás egy igen különleges és univerzális eszköz, amely nem csak a vezetékes IP hálózatok irányába biztosít átjárást a PMR eszközök számára, hanem a Thuraya mobil terminálon vagy az Inmarsat BGAN terminálon keresztül is biztosítja a műholdas IP hálózatokhoz történő csatlakozás lehetőségét a teljesen infrastruktúra hiányos területeken is (11. ábra).



11. ábra Vocolity Radio Relay Thuraya illetve Inmarsat műholdas kapcsolattal³⁰
(szerző által szerkesztett)

Itt a korábban említett VoIP átviteli problémákat (késleltetés, visszhang, csomagvesztés), amelyek műholdas és WAN hálózatokon keresztüli átvitelnél hatványozottabban fordulnak elő, a rendszer speciális módszerrel kezeli le. Így

²⁹ Vocolity: Radio over IP: Interfacing PTT radios with SIP Voice Switches
<http://www.vocolity.com/radio-to-sip> Letöltve:m 2016. 10. 18.

³⁰ Radio over ip with vocolity introduction
<http://documents.mx/documents/radio-over-ip-with-vocolity-introduction-5584bb4248fbe.html> Letöltve: 2016. 10. 18.

adáskor az RTP csomagfejléceket tömörítik a sávszélesség takarékoság érdekében, továbbá a csomagokat összerendezik küldés előtt a késések, torlódások, azaz a csomagvesztések minimalizálása érdekében. Vétel során intelligens késleltetési kompenzálást (de-jitteringet) alkalmaznak az érthetőbb beszéd érdekében.

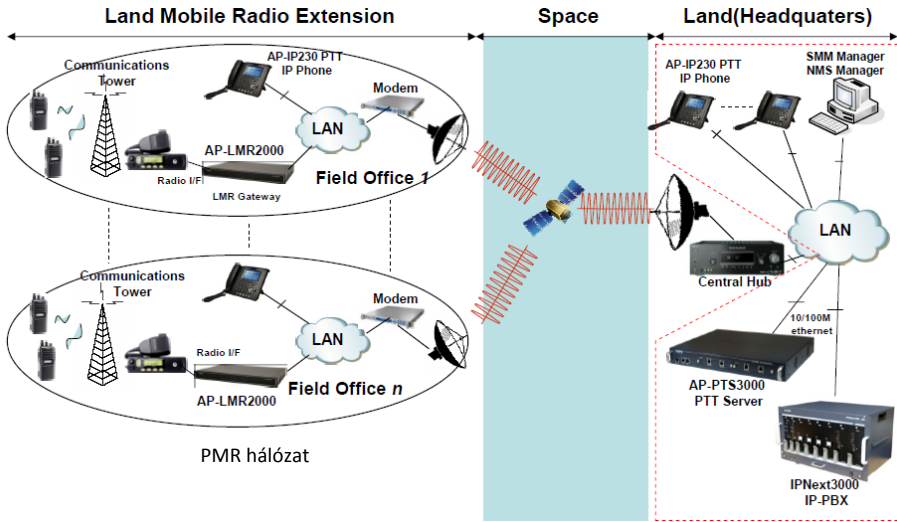
A berendezés működhet helyi rádióátjáróként pl. médiaszerver felé, különböző rendszerek helyi összekapcsolására, átjáróként történő alkalmazással, a hozzákapcsolt rádióhálózatok földrajzi kiterjesztésére (10. ábra bal oldali képen) a WAN és a műholdas IP hálózatok irányába. Ez utóbbinak az ellenpárja lehet egy földi IP hálózat (11. ábra bal oldala) vagy IP alapú eszköz, de egy másik azonos rendszerbeli mobil műholdas terminál is, ahogyan ez a 11. ábra jobb oldalán látható.

5. Rádióhálózatok IP alapú átviteli megoldásai

A következőkben bemutatok néhány példát IP alapú átviteli megoldásokra, amelyek a digitális és analóg rádiókészülékek és rendszerek összekapcsolásának széles lehetőségét biztosíthatják. Ezek némelyike speciális egyedi lehetőségeket biztosít a másikkal képest, a bemutatott megoldásoknál főleg a kiemelt hálózati biztonságot nyújtó megoldásokra koncentráltam.

A koreai AddPac cég VoIP és RoIP termékei a 2. ábrán látható funkciókat valósítanak meg a gyakorlatban. A termékeikből változatos hálózatok építhetők fel. Egy ilyen példát mutat be a 12. ábra, melynek az a különlegessége, hogy a PMR rádiós földi hálózatok központhoz való kapcsolódására műholdas átvitelt alkalmaznak. A cég AP-LMR1000 és AP-LMR2000 Radio Gateway berendezései a hagyományos funkciók mellett, képesek SHA-256/384/512 algoritmusú erős titkosítás alkalmazására az átvitel során. A korábban említett Real-time Transport Protocol (RTP) helyett pedig az un.TLS/SRTP (Secure Real-Time Transport Protocol) átvitelét is alkalmazhatják. Ez utóbbinál AES, DES, és 3DES cipherez algoritmust használnak az átvitel védelmére.

A fenti megoldások rádió átjárói a SIP és RTP/SRTP protokollokat részesítik előnyben, azonban ez nem teljesen magától értetődő a rádió átjárók esetében. Jó példa erre a HAM rádió operátorok által üzemeltetett Echolink hálózat, amelyik egy zárt kifejezetten rádióamatőrök részére fenntartott, hívójellel használható beszédalapú hálózat.



12. ábra Az AddPac cég RoIP megoldásai műholdas kapcsolattal ³¹
(szerző által szerkesztett)

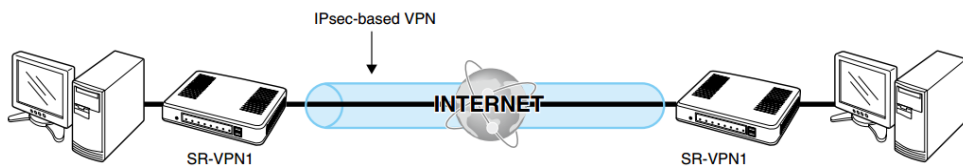
A japán ICOM cég a dPMR, tehát a keskenysávú PMR technológia mellett tette le a voksot. Az IDAS nevű rádiós termékvonalkuk a keskenysávú dPMR szabvány általuk kifejlesztett NXDN nevű változatát alkalmazza. Ehhez a termékvonálához került kifejlesztésre a VE-PG3 típusú RoIP rádió átjáró ³²(gateway), amelyik alapvetően kétféle üzemmódban működhet: konverter és átjátszó módban. Konverter módban a rádiók audio jeleit konvertálja és továbbítja a VoIP vagy analóg telefonok felé és biztosítja a kapcsolatot és a kommunikációt ezek között. Átjátszó (bridge) módban pedig két vagy több akár eltérő frekvenciasávú és üzemmódú rádió hálózatot kapcsol össze IP hálózaton keresztül biztosítva az átjárhatóságot közöttük.

Az ICOM cég kifejlesztett továbbá rádióhálózatokban is alkalmazható VPN megoldásokat. Az ún. VPN-ek (Virtual Private Network) azaz virtuális magánhálózat segítségével biztosítható, hogy a VPN routerhez csatlakoztatott eszközök pl. digitális rádiók, vagy számítógépek úgy küldjenek adatot egy megosztott hálózaton vagy nyilvánosan internet kapcsolaton keresztül mintha ez a saját hálózaton belül történne. Ez valamilyen titkosítás segítségével lehetséges (IP sec.). Ilyen routereket alkalmazhatnak az egyedileg kialakított rádióhálózatokban az átvitt információk védelme érdekében. Egy ilyen eszköz az ICOM cég IP alapú rádióhálózataiban is alkalmazott SR-VPN1 típusú VPN routere. Az eszköz 32 db titkosított

³¹ AddPac: Radio over IP Solution
http://www.addpac.com/addpac_eng2/down.php?file=762_f2.pdf Letöltve:2016. 10. 22

³² ICOM Global: VE-PG3 RoIP Gateway
<http://www.icom.co.jp/world/products/network/roip/ve-pg3/> Letöltve:2016. 10. 22.

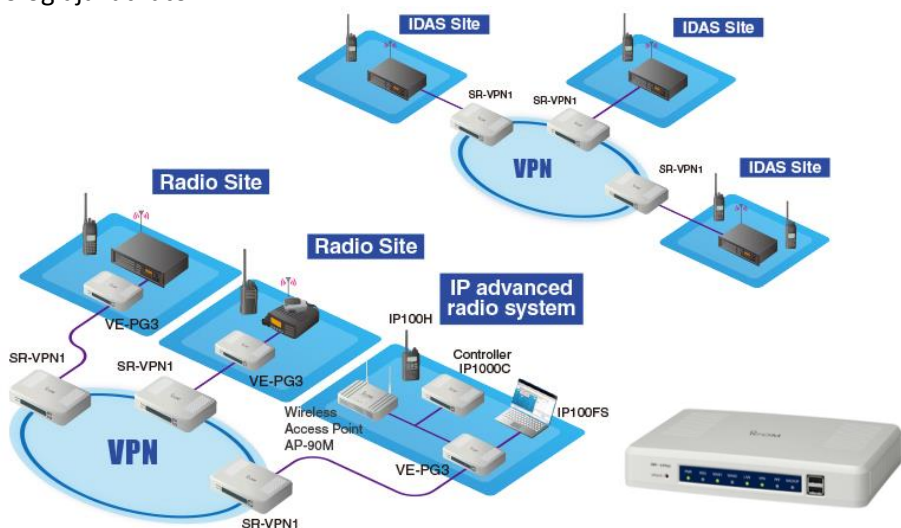
IP csatorna kezelésére képes egyidejűleg. A VPN átvitel elve látható a következő 13. ábrán.



13. ábra Az ICOM cég SR-VPN1 virtuális magánhálózati eszköze ³³
(szerző által szerkesztett)

Az eszköz a kulcsok integritásának ellenőrzésére (autentikáció ellenőrzésre) MD5 (Message Digest 5) 128 bites, vagy SHA-1 (Secure Hash Algorithm 1) 160 bites algoritmust alkalmazhat. A titkosító algoritmusok a következők lehetnek: 3DES (Triple DES, 168 bit), AES-CBC (Advanced Encryption Standard – Chiper Block Chaining, 128 bit), AES-CBC 192 bit, továbbá AES-CBC 256 bit.

A router támogatja az ún. IP multicast alapú átviteli eljárásokat is. A következő 14. ábrán a VPN hálózatban kialakított komplex összekapcsolt rádióhálózatok topológiája látható.



14. ábra Az ICOM SR-VPN1 és VE-PG3 eszközeivel kialakított komplex RoIP megoldásai³⁴

³³ ICOM Global: ICOM SR-VPN1 VPN router instruction manual
http://www.icom.co.jp/world/support/download/manual/pdf/SR-VPN1_IM_ENG_0.pdf
Letöltve: 2016. 10. 23.

³⁴ ICOM Global: ICOM SR-VPN1 VPN router instruction manual
http://www.icom.co.jp/world/support/download/manual/pdf/SR-VPN1_IM_ENG_0.pdf
Letöltve: 2016. 10. 23.

6. A PMR LTE integráció megoldásai

A jelenleg rendelkezésre álló és még nem teljesen kihasznált technológiák közül az LTE³⁵ mutatkozik az egyik legalkalmasabb jelöltnek a szélessávú IP alapú megoldások közül a PMR rendszerekkel történő összekapcsolásra. Az LTE képes eszközök között kiemelkedő 40%-os arányt képviselnek az okos telefonok, de növekszik a táblagépek és az LTE képes személyi hotspotok (MIFI) aránya is. Az LTE advanced rendszerek esetében a nem túl távoli cél a 300 megabit/s-os de akár az 1 GBit/s-os (fix telepítés esetén) átviteli sebesség elérése.

Hazánkban 2014. szeptember 29-én sikeresen lezárult a mobil adat- és hangforgalomra eddig meg nem nyitott és további, még ki nem osztott frekvenciasávok egyes blokkjai használati jogának állami értékesítése. Összesen 265 MHz-nyi új frekvenciablokkot vontak be (a 800 MHz-es, 900 MHz-es, 1800 MHz-es, 2600 MHz-es sávokból), ami jelentős előrelépés. A mobilkommunikációra eddig meg nem nyitott frekvenciák a 800 MHz-es sáv, ami rendkívül jó hullámterjedési jellemzőkkel rendelkezik (vidéki felhasználásra optimális), illetve a 2600 MHz-es sáv, ami különösen nagyvárosi környezetben, kapacitásbővítésre optimális. Mindkét frekvencián kizárólag LTE szolgáltatást fognak nyújtani a nyertes szolgáltatók. A 800 MHz-es sáv megnyitására égető szükség volt, mivel a GSM rendszereket nem kívánják megszüntetni, így egyelőre nem képzelhető el az erre kijelölt frekvencia-tartományok átallokálása LTE célra. A GSM modemek nagyon olcsók és kiforrottak, és jelenleg igen elterjedtek a gépek közötti M2M³⁶ kommunikációban³⁷.

Az MVM NET Zrt. 450 MHz-es frekvencián LTE MIMO³⁸ technológiát alkalmazó országos mobil adatátviteli hálózata is kiépítésre került, azonban ez elsősorban a kormányzati felhasználások számára lesz elérhető. Kiemelt alkalmazásként is az M2M technológia még számos kiaknázatlan területét célozta meg a rendszer, ami a telekommunikáció egyik leggyorsabban fejlődő területe napjainkban. A hálózatot nem terhelik sem publikus hang-, sem publikus adatforgalmak, így a szabad kapacitásokat az üzleti szegmensben kívánja a vállalat értékesíteni.³⁹

³⁵ LTE – Long Term Evolution

³⁶ M2M: Machine to Machine – Gépek közötti kommunikáció

³⁷ Bitport: Mindenki LTE-képes eszközt akar gyártani, 2014. 03. 24.:

<http://bitport.hu/egy-ev-alatt-kozel-ketszer-tobb-a-4g-lte-kepes-eszkoz-a-piacon>
Letöltve: 2015. 04. 19.

³⁸ LTE MIMO: LTE Multiple Input Multiple Output – Több antennás többutas rádió-átviteli technológia az átviteli hibák csökkentése illetve az adatátviteli sebesség növelése érdekében

³⁹ Elsőként az MVM NET kapott számtartományt a gépek közti kommunikáció biztosításához

<http://hirlevel.egov.hu/2016/09/12/elsokent-az-mvm-net-kapott-szamtartomanyt-a-gepek-kozti-kommunikacio-biztositasahoz/>
Letöltve: 2016. 10. 22.

A PMR-LTE integráció megvalósításának egyik példáját már megemlítettem egy korábbi cikkemben is.⁴⁰ De a tendencia, azóta is változatlan, azaz a piac legdinamikusabban fejlődő trendje a különféle PMR rendszerek/hálózatok LTE hálózatokkal történő kapcsolódásának kialakítása. Ennek egyik legfőbb alkalmazására a kritikus kommunikációk megvalósítása során kerülhet sor. A TCCA⁴¹ szerint is az LTE erre a legalkalmasabb technológia.⁴²

Emellett azonban az egyéb nem kritikus kommunikációt megvalósító kisebb egyedi hálózatok esetén is kiemelt jelentősége lesz az integrációnak a közeljövőben. Látható, hogy a tendencia már az amatőr digitális rádiók esetében is megjelent a gyakorlatban, ahogyan ezt a korábban bemutatott DV4mobil példája is jól szemlélteti.

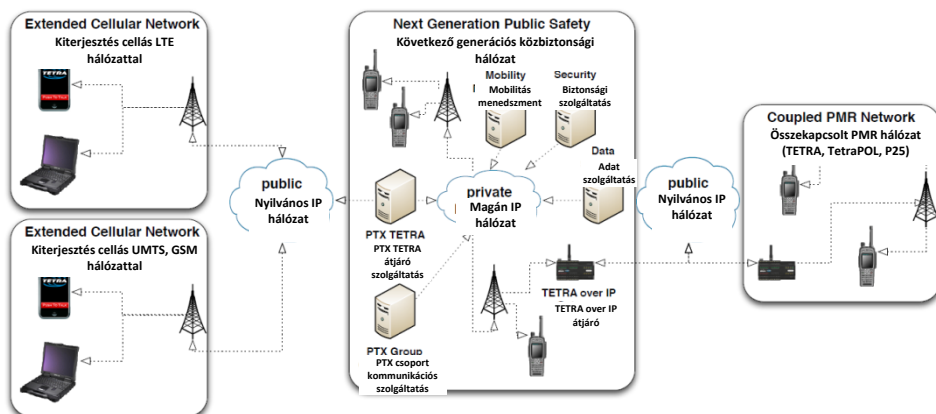
A küldetéskritikus TETRA hálózatok fejlesztésének tehát kulcsfontosságú tényezője a TETRA- LTE integráció megvalósítása, ami természetesen egy evolúciós folyamat, melynek a végső fázisában mind a beszéd, mind a szélessávú adatátvitel az LTE hálózaton kerülne átvitelre. Ennek megvalósulásáig azonban az LTE hálózatok csak kiegészítik a keskenysávú TETRA beszéd és adatátviteli szolgáltatásokat, ahogyan ez a következő 15. ábrán látható.

⁴⁰ Balog Károly: *A digitális PMR-ek szerepe a szervezett bűnözésben és a kiscsoportos direkt kommunikációban*, Nemzetbiztonsági Szemle 2015/2 szám (MMXV. III. évfolyam II. szám), 71–89. HU ISSN 2064-3756

http://uni-nke.hu/uploads/media_items/nbszemle-20152-balog.original.pdf (2016. 10. 22)

⁴¹ TCCA: TETRA Critical Communication Association

⁴² Phil Kidner (CEO TCCA): *LTE is the Future Single Global Standard for Critical Communications* <http://studylib.net/doc/18046730/lte-is-the-future-single-global-standard-for> Letöltve: 2016. 10. 23.



15. ábra Következő generációs közbiztonsági hálózat felépítése⁴³
(szerző által szerkesztett)

Összességében megállapítható, hogy az LTE technológia kiváló lehetőséget biztosít mind kapacitásban mind képességek/szolgáltatások fejlesztésében a jelenlegi PMR kommunikációs készülékek hálózatok széles skálája tekintetében.

7. Az All IP hálózatok ellenőrzésének kérdései a PMR rendszerek vonatkozásában

Napjainkban minden az un. all IP vagy NGN (Next Generation Network) hálózatok irányába mutat, így a fentebb leírtak alapján megjósolható, hogy a PMR/LMR hálózatok bizonyos részei (lásd a TCCA törekvéseit a TETRA esetében) a közeljövőben szervesen kapcsolódni fognak a szélessávú átvitel lehetőségét kínáló hálózatokhoz, aminek gerincét az IP alapú LTE technológia illetve a kialakulóban lévő 5. generációs rendszerek fogják képviselni. De természetesen az egyedi eltérő szabványú digitális PMR hálózatok esetében is látható az ez irányú tendencia. Összességében kijelenthető, hogy a hálózatok valamilyen módon kapcsolódni fognak az NGN-hez. Az eddig elkülönült rendszerek esetében ez újfajta ellenőrzési lehetőségek megoldását vetíti előre, a hagyományos rádiófelderítés módszereinek célirányos alkalmazása mellett. Az IP hálózatokhoz kapcsolódó PMR hálózatok tekintetében az ellenőrzés elviekben a hálózati oldal felől is megoldható. Ennek azonban előfeltételei vannak. Az All IP hálózatok esetében a forgalom a közös

⁴³ Sebastian Subik and Christian Wietfeld: *Integrated PMR-Broadband-IP Network for Secure Realtime Multimedia Information Sharing, Homeland Security Affairs, Supplement 5, Article 3 (May 2012)*

<https://www.chds.us/?serve&dl&f=/resources/journal/supplement/issue5/pdfs/supplement.5.3.pdf> Letöltve: 2016. 10. 25.

IP Core (mag) hálózaton keresztül bonyolódik. Elvileg itt adott esetben (un softswitch segítségével) szétválogathatók az egyes speciális kommunikációs szolgáltatások csomagjai, így akár a RoIP hálózatok különböző jelei is.

Jelenleg alkalmazott módszereknél azonban az általános IP forgalom ellenőrzés lehet aktív, amikor a szolgáltatási végponthoz közvetlenül kapcsolódik az ellenőrző eszköz, vagy passzív, amikor is egy adott rendszernél célirányosan egyes hálózati kapcsolatokra telepített egyedi csomagelkapók segítségével, a DPI (Deep Packet Inspection – azaz mély csomagelemzés) módszerével történik az ellenőrzés.⁴⁴ . Mindkét esetben meg kell oldani azonban a rádiókommunikáció metaadatainak azonosítóinak (forrás, cél, stb.) és kommunikáció tartalmának valamint dekódolásának problémáját (lásd a kodekek problémáját).

A VoIP és multimédia Li ellenőrzés általában kétlépcsős folyamatot takar. A VoIP jelzésektől el kell különíteni a VoIP tartalmat. Hívás esetén az un. softswitch agent elkapja az ellenőrzendő kommunikáció jelzésinformációit, ami RoIP esetben pl. a 8. ábrán látható forrás és cél IP címek továbbá az RTP protokoll UDP portjainak azonosítói. Azonban az azonosítókkal kapcsolatban azt el kell mondani, hogy itt általában nem beszélhetünk személyhez kötöttségről csak rádióhoz kötöttségről. A személyhez kötöttség adott esetben pl. beszélőazonosítással megállapítható, lásd később a hangfeldolgozásnál. Ha a címzési és utvonali információk megállapításra kerültek egy média átjárón keresztül ellenőrizhetők és elkaphatók a tartalominformációk is, és továbbíthatók a nemzeti törvények által arra felhatalmazott szervezetek részére a nemzetközi szabványoknak megfelelő ETSI 102 232 szabványai szerinti formában.

Ezzel az eljárással erőforrás és sávszélesség függvényében akár tömeges rádiójel feldolgozás is lehetséges, mivel a rádióforgalom ellenőrzés tekintetében a felhatalmazott szervezetek a nemzeti törvények értelmében akár szűrő kutató jellegű ellenőrzést is végezhetnek rádióforgalmi rendszerek tekintetében. Ennek jogi problémáit nem célok vizsgálni. Ebben az esetben azonban a nagymennyiségű beszédinformációk feldolgozása hagyományos módon csak nagyon nagyszámú emberi erőforrás alkalmazásával lenne lehetséges. Így ekkor automatizált beszédfeldolgozás bevezetésével lehetne egy ilyen feladatot megoldani.

A rádió beszédinformációk tömeges feldolgozására a más esetekben már kidolgozott (pl. GSM ellenőrzés) beszédfeldolgozási eljárások jelenthetnek segítséget. Ezek közül jónéhány még csak kezdeti stádiumban van, illetve bizonyos részek, meglehetősen nyelv specifikusak, így csak az elterjedtebb világnyelvekre léteznek az adott algoritmusok. Jelentős fejlődés várható azonban ezen a területen a mesterséges intelligencia kutatások beszéd és nyelv felismerési képességeinek rohamos fejlődése kapcsán.

⁴⁴ *Utimaco: Solutions for Internet Service Providers, Solutions for VoIP and IP Multimedia Interception*

<https://lims.utimaco.com/solutions/lawful-interception-management-solution/solutions-for-internet-service-providers/> Letöltve: 2016. 10. 22.

A beszédfeldolgozás lépései az elméleti szükségletek alapján a következő eljárások lehetnek: először a beszéd vagy nem beszéd problémáját kell megoldani, azaz el kell tudni különíteni a rögzített anyagokban a beszédet, az egyéb információkról, zajoktól (minden, ami nem beszéd jellegű) erre viszonylag kiforrott eljárások léteznek. Ezután a beszéd nyelvének azonosítása következhet, hiszen az egyes nyelvek beszédfeldolgozási algoritmusai speciálisak és csak az adott nyelvre vonatkoznak. Ezután következhet az esetleges beszélő azonosítás, ahol az egyes célszemélyek rendelkezésre álló mintáival hasonlíthatjuk össze a rögzített beszéd adatokat. Ettől függetlenül, vagy ezzel párhuzamosan, adott szavakat vagy kifejezéseket is kereshetünk a rögzítményekben, így általunk érdesnek tartott kommunikáció tartalmakat keresve. pl. valamilyen általános fenyegetettséggel kapcsolatos tárgyú adatbázis alapján.

8. Összegzés

Megállapítható, hogy napjainkban mind a még meglévő analóg, mind a digitális rádióhálózatok szervesen kapcsolódhatnak az IP alapú hálózatokhoz, azok területi lefedettségét jelentősen kiterjesztve, és egyéb IP alapú kommunikációs eszközök felé kapcsolódási lehetőséget biztosítva. Az egyes eltérő rádiószabványok és eltérő gyártók egyedi megoldásokat alkalmazhatnak a kapcsolódás biztosítására, de bizonyos egységes protokollok alkalmazására is lehetőség van. A RoIP rádió átjárók áthidalhatják az eltérő szabványú és hullámsávú rendszerek összekapcsolódásának problémáját, és egyedileg kialakított változatos topológiájú és funkciójú rádióhálózatok kialakítását teszik lehetővé. Ezek hagyományos ellenőrzési megoldásai mellett, amely alapvetően a rádiófelderítés módszere, előtérbe kerülnek az IP alapú hálózatok irányából végezhető ellenőrzési módszerek is. Mindkét esetben szükséges azonban megoldani a tömeges méretű beszéd-feldolgozási eljárások kidolgozását és alkalmazását a gyakorlatban.

Felhasznált szakirodalom

- TAIT COMMUNICATIONS: Tait Connection Magazine Issue 5, 2014. august 16.
http://magazine.taitconnection.com/taitconnection/issue_5?pg=6#pg6
- TAIT COMMUNICATIONS /whitepaper/: Tougher LMR systems, 10 ways to protect and strengthen your LMR system
http://www.taitradio.com/__data/assets/pdf_file/0014/123503/Tait_Tougher_LMR_Systems_Guide.pdf
- OMNITRONICS: Radio Dispatch & Network Solutions, for Digital & Analog Radios
http://omnitronicsworld.com/files/2014/07/Radio-Dispatch-Networking-Solutions-brochure-JUNE14_web.pdf
- OMNITRONICS: Understanding RoIP Networks /White Papers/ revision 1.0
<http://omnitronicsworld.com/solutions/radio-over-ip-roip/>
- RigExpert WTI-1 Wireless Transceiver Interface
<http://www.rigexpert.com/files/manuals/wti1/WTI%20user%20manual.pdf>
- DV4mini: DStar/DMR/C4FM/P25HotspotUSBStick User Guide (Version 1. 2016.)
http://dv4m.ham-dmr.ch/Dokumentation/Manuals/Manual-DV4mini_English-V2_0-2016_07_23.pdf
- WIRELESS HOLDING LLC.: Multi Protocol Digital Networks, Introduction and further development
http://75.151.47.161/MPDN_DV4.pdf
- VA2PV Blog: DV4mobile first all mode digital tri band transceiver plus LTE with GPS
<http://www.va2pv.com/dv4mobile>
- VOCALITY: Radio over IP: Interfacing PTT radios with SIP Voice Switches
<http://www.vocality.com/radio-to-sip>
- Radio over ip with vocality introduction
<http://documents.mx/documents/radio-over-ip-with-vocality-introduction-5584bb4248fbe.html>
- ADDPAC: Radio over IP Solution
http://www.addpac.com/addpac_eng2/down.php?file=762_f2.pdf
- ICOM Global: VE-PG3 RoIP Gateway
<http://www.icom.co.jp/world/products/network/roip/ve-pg3/>
- ICOM Global: ICOM SR-VPN1 VPN router instruction manual
http://www.icom.co.jp/world/support/download/manual/pdf/SR-VPN1_IM_ENG_0.pdf
- BITPORT: Mindenki LTE-képes eszközöket akar gyártani, 2014. 03. 24.:
<http://bitport.hu/egy-ev-alatt-kozel-ketszer-tobb-a-4g-lte-kepes-eszkoz-a-piacon>

- Elsőként az MVM NET kapott számtartományt a gépek közti kommunikáció biztosításához
<http://hirlevel.egov.hu/2016/09/12/elsokent-az-mvm-net-kapott-szamtartomanyt-a-gepek-kozti-kommunikacio-biztositasahoz/>
- BALOG KÁROLY: A digitális PMR-ek szerepe a szervezett bűnözésben és a kiscsoportos direkt kommunikációban, Nemzetbiztonsági Szemle 2015/2 szám (MMXV. III. évfolyam II. szám) pp. 71-89. HU ISSN 2064-3756
http://uni-nke.hu/uploads/media_items/nbszemle-20152-balog.original.pdf
- PHIL KIDNER (CEO TCCA): LTE is the Future Single Global Standard for Critical Communications
<http://studylib.net/doc/18046730/lte-is-the-future-single-global-standard-for>
- SEBASTIAN SUBIK AND CHRISTIAN WIETFELD: Integrated PMR-Broadband-IP Network for Secure Realtime Multimedia Information Sharing, Homeland Security Affairs, Supplement 5, Article 3 (May 2012)
<https://www.chds.us/?serve&dl&f=/resources/journal/supplement/issue5/pdfs/supplement.5.3.pdf>
- UTIMACO: Solutions for Internet Service Providers, Solutions for VoIP and IP Multimedia Interception
<https://lims.utimaco.com/solutions/lawful-interception-management-solution/solutions-for-internet-service-providers/>