

**SIGNIFICANCE OF SPECTRUM
MONITORING SYSTEMS IN THE FIELD OF
ESTABLISHMENT PROTECTION****A SPEKTRUM MONITOR RENDSZEREK
JELENTŐSÉGE AZ OBJEKTUMVÉDELEM
TERÜLETÉN**DOMJÁN András¹**Abstract**

Wireless data connection has been built due to recent technological developments including either infocommunicational applications or any electronic devices surrounding us. We use radio connections in many cases because it's comfortable only, in other cases it would be too complicated to build it or not possible physically at all. Radio spectrum inspecting system mentioned in the title should be the strategic element of the modern building protection because the mechanical and technical devices used in our everyday life are based on electronic mechanism. Due to the mentioned reasons the detection of electro-magnetic force field could be the base during the realization of a complex security system. I'm going to describe the advantages of a spectrum-monitor function that was built as a part a complex building protection system and the tasks to be solved in connection with detection. I will show you how an RF-monitor application could detect a remote controlled listener or improvised explosive structure within a building during switching on.

Keywords

Electromagnetic field, Radiospectrum-monitor system, principle of detecton, selectivity

Absztrakt

Napjaink technológiai fejlesztéseinek köszönhetően szinte kivétel nélkül minden területen vezeték nélküli átvitel került kialakításra az infokommunikációs alkalmazásoktól kezdve a közvetlen környezetünkben található egyéb berendezések működtetéséig. A mindennapi életünk során alkalmazott műszaki-technikai eszközeink mindegyike elektromos működésen alapul, ezért az elektromágneses erőtér jelenléte a detektálás alapját képezi egy komplex biztonsági rendszer megvalósítása során. A következőkben ismertetem a rendszer részeként kiépítésre kerülő spektrum monitor funkció nyújtotta előnyöket, és a detektálással összefüggő megoldandó feladatokat. Bemutatom hogyan képes az RF² monitor alkalmazás épületen belül detektálni egy előre definiált védett területen megjelenő (pl.: a bekapcsolás folyamata során), távvezérelt lehallgató vagy improvizált robbanó szerkezetet.

Kulcsszavak

elektromágneses sugárzás, RF monitor rendszer, detektálás alapelve, szelektivitás

¹ andras.domjan@gmail.com | ORCID: 0000-0002-0178-5263 | Head of Information Protection Department/Információvédelmi Osztályvezető | Counter Terrorism Centre/Terrorelhárítási Központ

² Rádiófrekvenciás

A VÉDELMI RENDSZER TERVEZÉSE

Egy komplex objektumvédelmi rendszer megtervezése során a teljes kockázatanalízis elvégzésével tudjuk feltárni, hogy valójában milyen veszélyekkel kell számolnunk az épület majdani működtetése folyamán.

A fenyegetettséget figyelembe véve, alapvetően két fő csoportba sorolhatjuk a kiemelten védett objektumok védelme során jelentkező veszélyeket. Ezen területek közül az egyik kategóriába az épület elleni közvetlen támadásokat, a másikba az épületek funkciójához, továbbá az ott dolgozók munkájához fűződő bizalmas információk jogosulatlan megszerzésére irányuló tevékenységeket sorolhatjuk. [1] A terjedelemre való tekintettel, cikkemben csak a robbantás elleni védelem és az információvédelem egy-egy speciális -táv-irányításos lehallgató berendezések- szempontjából közelítem a komplex védelem megvalósításának egy lehetséges változatát, amelynek kiépítésében meghatározó szerep jut a rádió spektrum ellenőrzésére. A nyílt sajtóban is közzétettek több olyan esetet, amikor a világ különböző részein megtalálható kormányzati épületeket értek támadások. Köztük nagy számban szerepelnek robbantásos merényletek, valamint titkos lehallgatáson alapuló információszerzési cselekmények. A két kategória detektálhatósága tekintetében a működtetésük alapját jelentő rádiótávírányítású eszközök jelentik a közös pontot. A távolról vezérelhető vagy indítható robbanó-, és lehallgató szerkezetek esetében - a felhasználásukat megelőzően - lehet esélyünk a védekezésre, valamint a komolyabb károk bekövetkezésének a megakadályozására. Ennek a feladatnak a megoldására szükség van egy, a védendő épületben történő állandó és valós idejű rádió spektrum figyelő rendszer kiépítésére.

A rádióspektrum (hatósági) ellenőrzése

A frekvenciagazdálkodás a nemzetközi és a nemzeti jogszabályokban rögzített módon, minden államnak komoly gazdasági hatással bíró feladatköre. Nemzetközi szinten az ITU-R³ által rögzített alapelvek határozzák meg a frekvencia kiosztással és a használt spektrum ellenőrzésével kapcsolatos eljárási rendeket és módszereket. A frekvenciakészlet védelmén túl a nemzeti szabályozás célja a rádiós átvitel zavartalanságának biztosítása is. Hazánkban az elektronikus hírközlésről szóló 2003. évi C. törvény (a továbbiakban Eht.) írja elő tételesen a kijelölt állami szerv részére a tevékenység megkezdésétől a hatósági ellenőrzési kötelezettségig a frekvenciagazdálkodással összefüggő feladatokat. Az Eht. 11.§ (3)(4) -es bekezdése a következőket tartalmazza:

„(3) A Hivatal köteles a frekvenciahasználattal kapcsolatos nemzeti, illetve nemzetközi megállapodásokon alapuló nemzetközi rádiómegfigyelést, ellenőrzést, felderítést, zavarvizsgálati és zavarelhárítási tevékenységet végezni, amelynek során jogosult a rádióadások műszaki-forgalmi megfigyelésére és azok rögzítésére, jogszabályban meghatározott feltételek szerint.

(4) A hírközlés védelme, a frekvenciahasználat hatékonysága és káros zavaroktól való mentessége, valamint az elektromágneses összeférhetőség (EMC⁴) biztosítása céljából a Hivatal rádiómérő és rádió-zavarelhárító szolgálatot tart fenn.”⁵ [2] A jogszabályból is egyértelműen látható, hogy a rádióspektrummal összefüggésben rögzített feladatkörként a

³ International Telecommunication Union Radiocommunication Sector - Nemzetközi Távközlési Unió Rádiós tagozata

⁴ Electromagnetic Compatibility - elektromágneses kompatibilitás vizsgálatok (az elektromágneses sugárzás okozta zavarok mérése)

⁵ 2003. évi C. törvény - az elektronikus hírközlésről 10. oldal (Netjogtár - Letöltés ideje: 2020. december 10.)

mérési tevékenység kiemelt helyen szerepel. Ennek érdekében a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (a továbbiakban a Hatóság) a SIMON⁶ projekt részeként egy országos mérő-iránymeghatározó rendszert hozott létre. A rádiómegfigyelés segítségével folyamatosan detektálja az éterbe kisugárzott elektromágneses hullámok jelenlétét, a rádióállomások jeleinek jellemzőit. A rádióellenőrzés során az engedéllyel rendelkező rádióadók műszaki paramétereit mérik, hogy azok mennyiben felelnek meg a nyilvántartásban szereplő értékekkel. A rádiófelderítési feladatkör hivatott az ismeretlen rádiófrekvenciás sugárzások helyének a megállapítására, amely fixen telepített, gépjárműbe szerelt vagy kézi iránymérő műszerek segítségével történik. [3]

A hatósági ellenőrzési feladatkörökből egyértelműen látszik, hogy a hírközlés szabályainak betartása és betartatása meglehetősen összetett tevékenység, amelynek kivitelezéséhez komoly műszaki - elsősorban rádiótechnikai - ismeretekre és műszerezettségre van szükség.

A detektálás alapelve

A törvény szövege is megemlíti az elektromágneses összeférhetőség (EMC) szempontjából való ellenőrzés szükségességét. Az érzékelés alapját képezi a parazita elektromágneses hullámok berendezések általi sugárzása, amelyek a vezeték nélküli összeköttetéseken felül megjelennek az éterben, és megfelelően paraméterezett mérő-ellenőrző rendszer segítségével felfedhetők a rendelkezésre álló rádió spektrumból.

Ezt az elvet kezdték vizsgálni, majd alkalmazni 2007 körül IED⁷-k felderítésére az amerikai hadseregnél, a háborús övezetekben. A kísérletek során drónokra telepített RF vevőkkel próbálták felkutatni a nyílt terepen rejtett vezeték nélküli improvizált robbanószervezeteket (RCIED⁸). Az egységeik ellen elkövetett robbantásos merényletek számának markáns növekedése rávilágított a védelmük ezen területének hiányosságára, és arra, hogy leghatékonyabban a megelőzéssel lehet harcolni az ilyen jellegű tevékenységgel szemben. [4]

Az épületeinket behálózzák a különböző információ és villamos energia továbbítására kiépített vezetékrendszerek. Az objektumvédelem szempontjából egy további detektálási lehetőségként jelentkezik ezen vezetékes hálózatok - mint antennák - által „összegyűjtött” úgynevezett vezetett jelek vizsgálata. Itt ugyanúgy az RF spektrumanalízis kerül szóba a gyenge-, és erősáramú vezeték rendszerek esetében is.

A mérés szempontjából nagyon lényeges jellemző a mérőműszer és a vizsgálandó eszköz közötti távolság, ugyanis az elektromágneses hullámok esetében - a sugárforrástól távolodva - a jelszint hatványozottan csökken. Ezt a kiindulási értéket figyelembe véve meglehetősen alacsony jelszintet képvisel a vevő bemenetén.

A detektálási szint határának vizsgálata során meg kell említeni a Johnson - Nyquist tétel néven ismert termikus zaj fogalmát, amely alapján a sávszélességtől függően becsülhető az adott abszolút „zajszint”. [5]

⁶ Spektrum és Interferencia Monitor rendszer

⁷ Improvised Explosive Device - improvizált robbanóeszköz

⁸ Radio Controlled Improvised Explosive Device - rádióvezérlésű improvizált robbanó szerkezet

A SPEKTRUM MONIOR RENDSZER AZ OBJEKTUMVÉDELEMBEN

A hatósági rádió felügyeleti rendszerhez és a harctéri RCIED felderítési metodikához hasonlóan a komplex objektumvédelem egyik fontos egységének kell tekinteni az információvédelem és a robbantás elleni védekezés részeként kiépített spektrum mérő-ellenőrző hálózatot. Az országosan kialakított mérőpontok analógiájára, a védendő területeken (irodák, tárgyalók, előadó termek) elhelyezett szondák segítségével tudjuk megfelelő hatékonysággal detektálni az épületbe bekerült távirányítós IED-k és lehallgató berendezések jelenlétét.

A hatékony felderítés érdekében a mérés és ellenőrzés menete folyamatosan kell történjen, továbbá egy komplex egységet kell alkotnia az épület behatolásjelző-, és videó megfigyelő rendszerével.

A rendszer alapvetően három fő részből tevődik össze:

- mérőmodulok (antennák);
- központi egység (jelfeldolgozás, adattárolás);
- felügyeleti (operátor).

Az RF monitor rendszer elvi felépítése

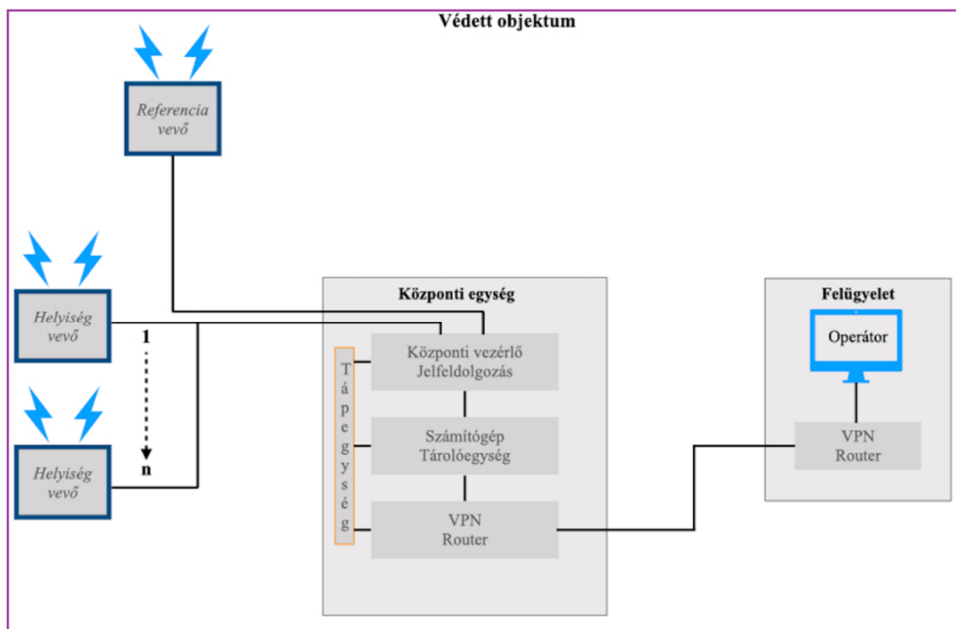
A helyiségekbe beépített mérő modulokhoz közvetlenül vannak csatlakoztatva a különböző tartományú és sáv szélességű antennák. Az érzékelés teljesítményszintje döntő a hatékony működés szempontjából, ezért az antennák elhelyezése és vezetékezése kulcsfontosságú a rendszer kiépítése során.

A központi mérő-feldolgozó egység és az operátor munkaadománysának egymáshoz viszonyított elhelyezkedése - a hálózati összeköttetés miatt - kevésbé lényeges szempont, mivel annak menedzselése akár távfelügyelet formájában is megoldható.

A mérési eredmények feldolgozása valós időben kell, hogy történjen különös tekintettel a rendszer védelmi jellegére és az esetleges szükséges intézkedések megtétele miatt.

A védendő objektum területén elhelyezett mérőegységek hálózaton keresztül vannak összeköttetésben a központi egységgel. Ennek az egyik fő feladata, hogy a mért jelek egy helyen legyenek kiértékelve, lehetőség szerint egymáshoz többféle szempontból is viszonyítva. Ez az értékelés történhet egymás utáni (időben) ún. soros módon vagy párhuzamos szervezésű jelfeldolgozással, amely lényegesen nagyobb hatékonysággal bír. Ezt a műveletet a központi számítógép végzi, amely egy adatbázist hoz létre a mérési eredményekből, melyet további vizsgálatokkal statisztikai elemzésekkel - különböző időtartományokra vonatkoztatva - tudunk szűrni, vizsgálni.

A keletkezett adatok lehetnek a kiindulópontjai egy későbbi alaposabb technikai átvizsgálás, ellenőrzés megtervezésének. Így különösen a még nem beazonosított spektrumösszetevők vagy meghatározott időben ismétlődő rádiófrekvenciás jelek pontos sugárzási helyének a felkutatásában.



1. ábra: RF monitor rendszer elvi rajza (Forrás: szerző által szerkesztett)

Mérési elvek, módszerek

A megfelelő hatékonyság elérése céljából folyamatos frekvencia figyelést kell végeznünk, melyet bizonyos időtartamig rögzítünk egy esetleges későbbi feldolgozás érdekében.

A detektálást követően az ellenőrzés alapját a spektrumanalízis jelenti, amelyet a digitális jelfeldolgozás segítségével akár valós időben is megtehetünk. Első lépésként a vizsgálandó jeleket szeparálnunk kell a keletkezésük szerint, szét kell választanunk az úgynevezett külső és belső forrásokra (mikró- és - makrókörnyezet). Ezt hívjuk térbeli elhatárolásnak. Ennek a megvalósítása érdekében a belső antennarendszeren felül alkalmazni kell egy külső (referencia) mérőpontot is. A szeparációt segítik az építmények szerkezetéből adódó tulajdonságok, mint a térelhatároló és térelválasztó falak, amelyek a szabadterei terjedési viszonyokhoz képest jelentős csillapítással rendelkeznek. Az objektumoknak a rádióhullámokra gyakorolt hatásán felül meg kell említeni az elektromágneses sugárzás tekintetében meglehetősen zsúfoltnak számító környezetünket, amely jelentősen megnehezíti a veszélyt jelentő eszközök kiszűrését. Ehhez szükséges egy rendszeresen frissített adatbázis megléte, illetve a mérési eredmények feldolgozásához, adott esetben mesterséges intelligencia (AI⁹) alkalmazása. A jelerősség, vivőfrekvencia, sáv szélesség, moduláció, akár az alkalmazott csatorna- és blokk kódok megállapítása is lehetséges. Ezek ismeretében van esélyünk az esetleges rejtett adattartalom kiszűrésére. Az információvédelem vagy akár az RCIED felderítés esetén, a monitor rendszer pozitív jelzése is elégséges lehet egy rejtett eszköz jelenlétének a felfedésében.

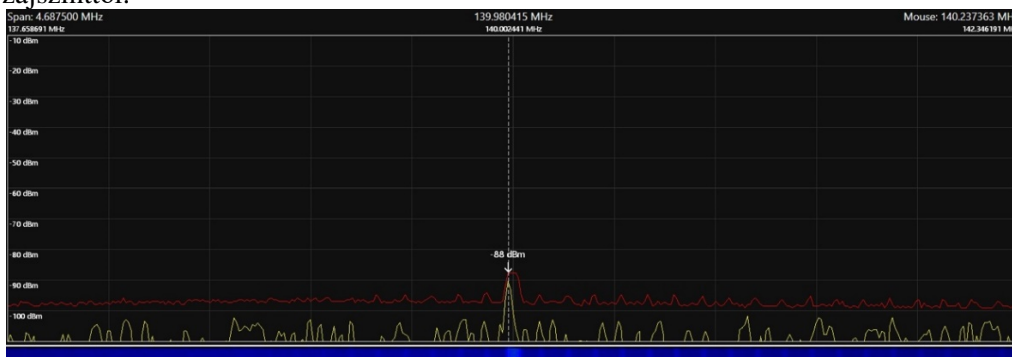
⁹ Artificial Intelligence - mesterséges intelligencia

A 24/7 monitor rendszer jelentősége

A lehallgatás elleni védelem során a TSCM¹⁰ tevékenység kiemelt részeként említik a szakértők a rádióspektrum folyamatos figyelését, a védendő objektumon belül. Az információvédelem alapját képező taktikai elem - spektrumanalízis - megszakítás nélküli végzése elengedhetetlen az illegális megfigyelés szembeni hatékony védekezés szempontjából. A mai technikai eszközök kínálta lehetőségek (SDR - szoftverrádió) képesek biztosítani számunkra a megfelelő paraméterű rendszer kiépítésének lehetőségét. A technikai elhárítást végzők körében sokszor alakul ki hamis biztonságérzet az átvizsgálás során, mégpedig a rádióspektrum ellenőrzése kapcsán. A kellő felkészültség hiányában a feladatot végrehajtók hajlamosak abban a tévhitben befejezni a munkájukat, hogy az átvizsgálás ideje alatt folytatott frekvencia ellenőrzés - aktív vezeték nélküli eszköz kutatására vonatkozólag - valós negatív eredményt jelentett. A spektrum monitor rendszerekre vonatkozólag létezik egy jelölő szám, amely százalékos arányként mutatja, hogy a frekvencia vizsgálat ideje alatt, milyen hatásfokkal képes felderíteni az ismert jelek közül a rejtett eszköz elektromágneses hullámait. Ez a POD¹¹. A mérési tevékenységet statisztikai szempontból megközelítve egyértelművé válik mindenki számára, hogy az úgynevezett POD értéke a vizsgálat időtartamára levetítve, elenyésző százalékot jelent az éves viszonylathoz képest. Konkrétan vizsgálva a POD által meghatározott százalékot egy rendszeresen átvizsgált objektum esetén: a frekvencia ellenőrzési tevékenység heti 1 óra időtartamban, éves viszonylatban körülbelül 50 órát jelent, ez egy évre számítva 0,5%-os találati arányt képvisel. [6]

Egy komplex objektumvédelmi rendszer esetében az éter folyamatos minitorozásán felül, nem szabad figyelmen kívül hagyni a kapacitív-, induktív csatolásokon keresztül az erőátviteli hálózatokon (230VAC) megjelenő (vezetett) jelek ellenőrzését sem. A rejtett eszközök sok esetben közvetlen közelségbe kerülhetnek a vezetékes hálózathoz, amelynek folyamatos vizsgálata javíthatja a találati arányt. [7]

A következő ábrán bemutatásra kerül egy 140 MHz-es FM adónak a 230 V-os hálózaton megjelenő spektrumképe. A villanyvezetékek közelébe - teszt jelleggel elhelyezett - RF sugárzó (-30 dBm) jele, jól érzékelhető módon megjelenik vonali jelként az erőátviteli hálózaton (-88 dBm). A jelszintek közötti jelentős csillapítás ellenére, markánsan elkülönül a zajszinttől.



2. ábra: 140 MHz-es rádió adó vonali (230VAC) spektrumképe (forrás: szerző által mérés során rögzített (2020. 05. 21.))

¹⁰ Technical Surveillance Countermeasures – rejtett lehallgató-, megfigyelő eszközök felkutatásának végrehajtása

¹¹ Probability of Detection – detektálás valószínűsége

A teszt eszköz frekvencia értékét szándékosan választottam a 140 MHz-körül tartományba, mivel az adott vezeték hálózat (230VAC) viszonylag „csendes” volt, ezen a szakaszon.

Figyelembe véve a 24/7 monitor rendszer hatékonyságát - a statisztikai felderíthetőséget figyelembe véve - a következőkben bemutatott rejtett eszközökkel szemben az eseti jelleggel végrehajtott technikai átvizsgálás (TSCM) meglehetősen nagy hibaszázalékúnak tekinthető. Ez nem megengedett a megfelelő biztonsági szint elérése érdekében.

A távirányítású improvizált robbanószerkezet és a lehallgató berendezés

Alkalmazásuk szempontjából mindkét szerkezetet a célhelyre kell juttatni a kívánt „hatás” elérése érdekében. Taktikailag egy improvizált robbanószerkezet, valamint a távvezérelt lehallgató berendezés esetén is csak a tényleges műveleti helyszínen történik meg az „élesítés” - bekapcsolást követően, távolról indíthatóvá válik -, majd ezután a rejtett szerkezet úgynevezett „várakozó” állapotba kerül. A szerkezetek felderítésére a várakozástól a vezérlőjel kiadásáig van lehetőségünk, mivel a konkrét indítójel megjelenésével gyakorlatilag az elektronikai működés sebességétől függően (néhány század másodperc) bekövetkezik a nem kívánt hatás. Egy vezeték nélküli lehallgató berendezés a bekapcsolás után egy újabb rádiós csatornán - az adatátvitelhez szükséges sáv szélességben - keresztül kezd sugározni, ami relatív könnyen felfedhető az RF-spektrum figyelésével.

A rádió spektrum tekintetében az ISM¹² sáv használata a legelterjedtebb, mivel az adott csatornákon működő rádióadóknak nem szükséges külön hatósági engedéllyel rendelkezniük. Az ISM csatornák közül Európában a 27 MHz, a **433 MHz**, a 868 MHz és a 2,4 GHz-eseket használják. Az utóbbi időben az 5 GHz-es tartomány is kezd forgalmasabbá válni. A 433 MHz-es sávot külön kiemelten kell kezelni, mivel háborús konfliktusok szempontjából érintett területeken is (Közel-Kelet, volt Szovjetunió, Perzsa-öböl, Afrika) engedélyezettnek számít.

Az RCIED konkrét felépítése meghatározza a felderíthetőségét a merénylet elkövetése előtt. Jelen esetben az egyik legfontosabb szempontot jelentik a működtetésében kulcsszerepet játszó rádiós modul alkotó speciális áramköri elemek, amelyek nagyban hozzájárulnak a spektrumfigyelés útján történő detektáláshoz.

Főbb szerkezeti elemei

Mindkét ábrán a rádiósugárzás ikonja szimbolizálja az adott berendezésből származó elektromágneses hullámokat, amelyek detektálására képes rendszert tervezünk a komplex objektumvédelmi részeként.

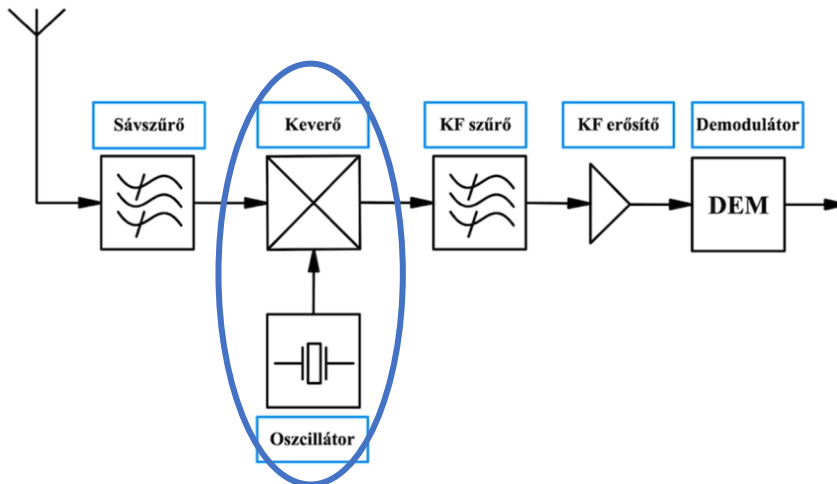
Az 1-es számú ábrán egy RCIED elvi rajza látható, amelyek közül a tervezett merénylet helyszínén maga a vevőegység - a robbanószerkezetbe szerelve - teszi lehetővé számunkra a pokolgép robbanása előtti felfedését. Jól érzékelhető, hogy a vezérlő (adó) térben elkülönül az improvizált eszköztől, és ez a távolság elsősorban az adó műszaki paramétereitől függ. Az üzemszerű működés tekintetében a két eszköz helyzete az adó RF sugárzási teljesítményétől, a terjedési paramétereiktől és a vevő érzékenységétől függ. Az adó által kisugárzott jel szintje nagyságrenddel meghaladja a vevőegység által produkált teljesítmény szintet.

¹² Industrial, Scientific and Medical band - Ipari-, kutatási-, egészségügyi frekvencia sáv

A „Vevőegység” néven jelzett alkatrész többnyire a „távolkeleti” RF-alkatrészeket gyártó cégek kínálatából, akár nagyobb mennyiségben is elérhető az internetes piacon keresztül, a világ bármely pontjáról. Az áramkörü kialakításuk egy-egy főbb vevőtípusra koncentrálódik, közöttük jellemzően a „szuperheterodin” - elv a legnagyobb számban előforduló.

A terjedelemre való tekintettel, a vevő elvét jelen dolgozatomban nem ismertetem, annak csak a témakörrel kapcsolatban érintett részével foglalkozom.

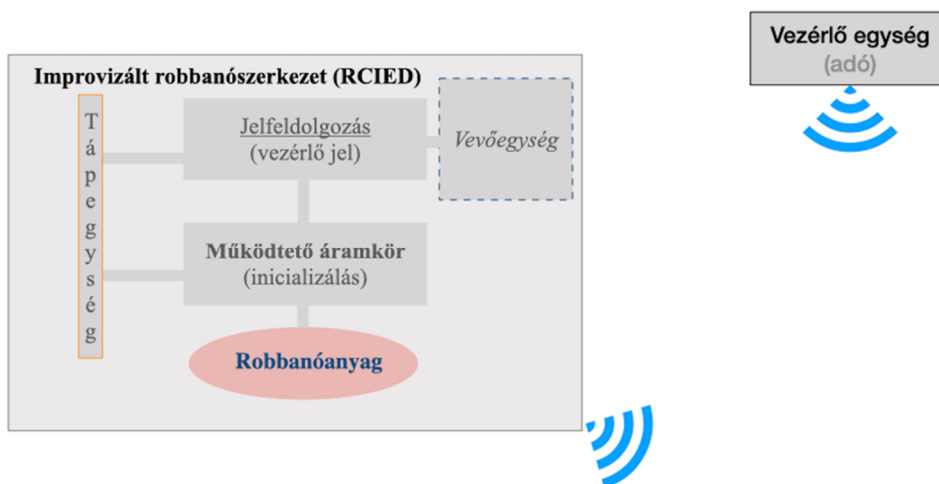
A következő ábrán a vevő elvi felépítése látható, amelyen a detektálás szempontjából a „legaktívabb” részegységként a mixert emelném ki a rezgéseltő alkatrészrel együtt.



3. ábra: A szuperheterodin vevő elvi rajza (forrás: szerző által szerkesztett)

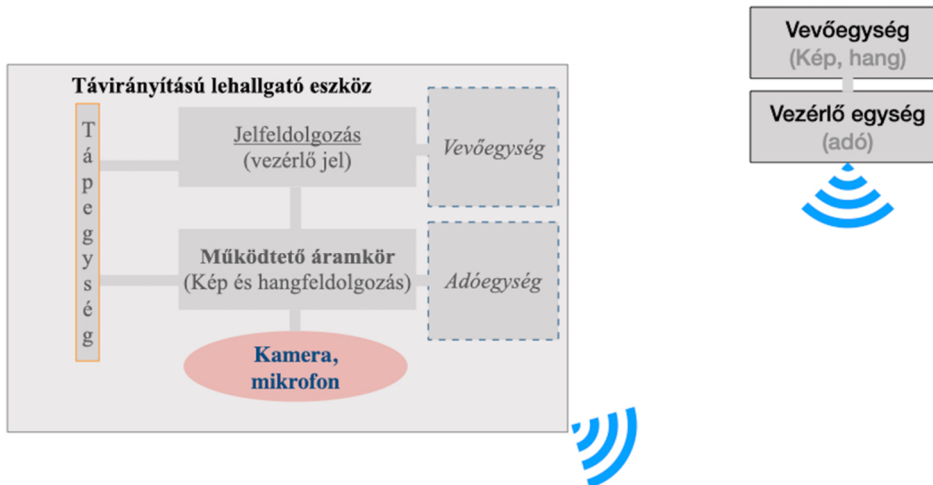
A mixerben a vevő-, és az oszcillátor frekvenciája kerül összeszorzásra, ez által megjelenik a kettő különbsége is, ami általában a soron következő részegység - középfrekvencia - tartományába eső érték. Ebből adódik, hogy a helyi oszcillátor a venni kívánt frekvencia közeli értékén rezeg (sugároz).

A gyakorlati tapasztalat szerint a gyártók törekednek a nemkívánatos, úgynevezett parazita RF összetevők sugárzásának a csökkentésére, de a legnagyobb igyekezetük ellenére mindig mérhető valamilyen szintű jel a távolság függvényében.



4. ábra: RCIED elvi felépítése (Forrás: szerző által szerkesztett)

A következő ábrán egy távolról vezérelhető lehallgató berendezés elvi felépítése kerül bemutatásra. Rögtön szembetűnik a két szerkezet közötti hasonlóság a rádiós kapcsolat kialakítása alapján. Mindkét eszköz tartalmaz egy vevőegységet, amely meghatározó a működése szempontjából. Az RCIED-től eltérően a távirányítású lehallgató eszköz szerkezeti elemei között megfigyelhetünk egy külön adóegységet is, ami a megszerzett információ vezeték nélküli továbbítására szolgál.



5. ábra: Távirányítású lehallgató berendezés elvi felépítése (Forrás: szerző által szerkesztett)

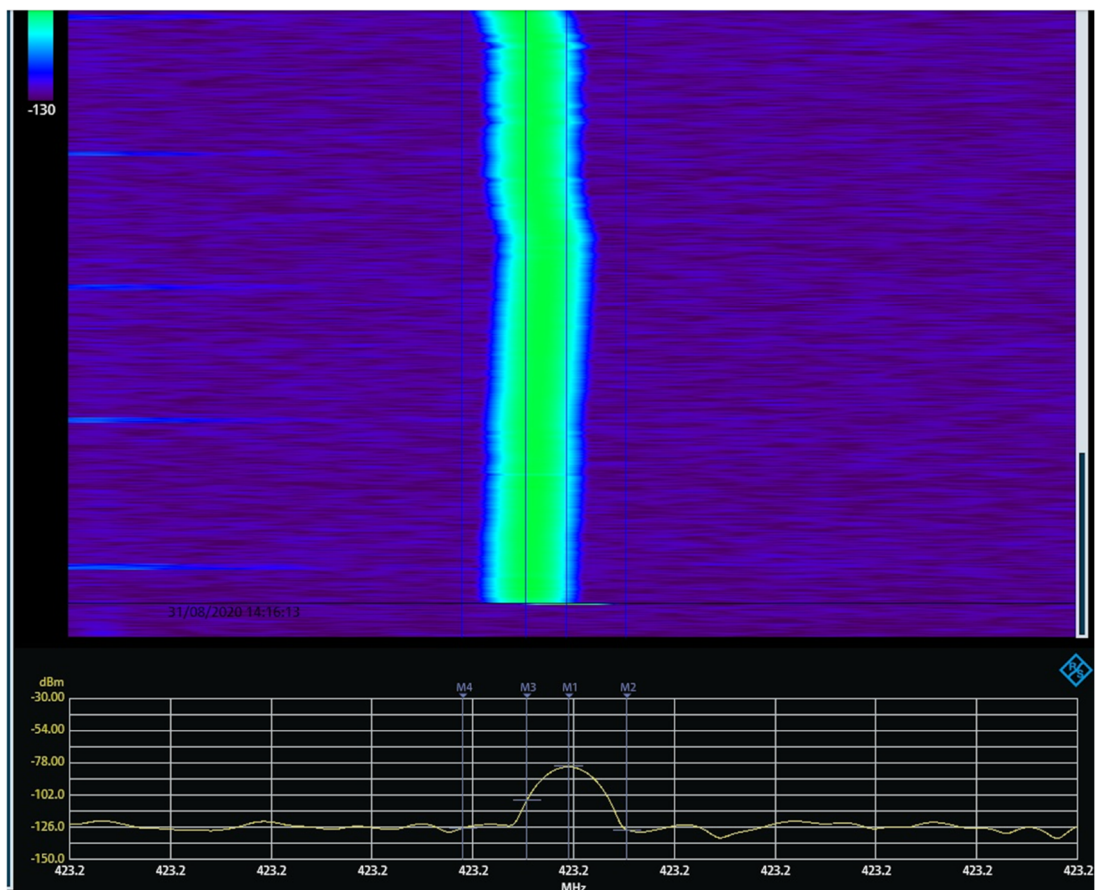
A bemutatott két rádióvezérelt eszköz közös jellemzője, hogy egy távolról leadott jellel indítható, de míg egy rejtett lehallgató „csak” információszivárgási csatornát jelent számunkra (közvetett hatás), addig egy távvezérelt improvizált robbanószerkezet súlyos sérüléseket, illetve jelentős anyagi károkat okozhat a detonáció hatására.

A két ismertett berendezés közös eleme (vevőegység) kapcsán van lehetőségünk a védendő objektumon belül felfedni a rejtett eszközöket, amennyiben rendelkezünk a kellő érzékenységű és természetesen időben folyamatosan működő detektáló rendszerrel.

A bűnös célú - fentebb bemutatott - elkövetésekből adódóan, a monitor rendszernek képesnek kell lennie az időbeni spektrumváltozások pontos érzékelésére, és adott esetben egymástól való megkülönböztetésére is. Alkalmas kell legyen egy rádióvezérlésű improvizált robbanóeszköz vagy egy lehallgató berendezés védett épületrészen történő bekapcsolásának felismerésére.

A következő spektogramon (6. ábra) egy RXB8 jelű rádiós modul bekapcsolási folyamata figyelhető meg egy spektrumanalizátor segítségével.

A kép felső része mutatja a frekvencia időbeni változását (alulról felfelé haladva), a jelszinteket a színek szimbolizálják (kb. -80 dBm a zöld sáv). A kezdő pillanattól és a „kanyargásból” következik, hogy a frekvenciamenet - ami leginkább hőmérsékletfüggő a vizsgált típusú modulok esetében - időben változó, esetenként alkatrészfüggő is.



6. ábra: 433 MHz-es vevő modul bekapcsolási frekvencia változása az időtartományban (szerző által mérés során rögzített (2020.06.10.))

Az ábra alsó felére esik az amplitúdó-frekvencia érték megjelenítése, amely közvetlenül a bekapcsolásról nyújt értékes információkat. Leolvasható a kezdő frekvencia, a sáv szélesség, a jelszint, majd az állandósult csúcserték is.

A monitor rendszernek ezt a folyamatot kell tudni rögzítenie, - megfelelő felbontással - hogy az a későbbi feldolgozás során összehasonlítható és természetesen adott esetben megkülönböztethető is legyen más jelektől, a vizsgálatok alkalmával.

ÖSSZEGZÉS

A bemutatott spektrum monitor rendszer védelmi képességeként ismertetett RCIED és lehallgató szerkezetek detektálására való alkalmasságának az egyik leglényegesebb feltevése az érzékenységen túlmenően, a szelektálási tulajdonsága. A mai világunkban az éter „zsúfoltsága” nem elhanyagolandó jellemző sem a városi, sem a közvetlen környezetünkben sem.

A komplex objektumvédelmi rendszer egyik fő összetevőjeként bemutatott spektrum monitor tevékenység hatékony végrehajtásához - a referencia szint mérés kiegészítéseként - szükséges lehet a Hatóság által üzemeltetett rádiómegfigyelő hálózathoz való kapcsolódás, hogy a makrókörnyezetről mindig valós adatokkal rendelkezünk.

A meglehetősen alacsony jelszintek érzékeléséhez megfelelő karakterisztikájú antennákat kell illeszteni a vevőmodulokhoz, a lehető legrövidebb csatlakozóvezetékek használatával.

A bevezetőben ismertetett, elsősorban kényelmi szempontok miatt zsúfolttá váló rádió spektrum elemzése során, a speciális tulajdonságokat is figyelembe vevő analízátor szoftver nélkülözhetetlen a releváns eszközök felismerése és megkülönböztetése céljából. A megfelelő részletességgel rögzített mérési adatok teszik lehetővé a feldolgozó program számára, hogy a rádióspektrumban nagyon rövid idő alatt, alacsony jelszinten lezajló folyamatokat is a legkisebb reakcióidővel tudja kellő biztonsággal veszélyesnek vagy veszélytelennek nyilvánítani. Ennek végrehajtására bonyolult algoritmusok és részletes adatbázisok szükségesek a nagy és gyors számítási kapacitás mellett.

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

- [1] Domján András, „A KIEMELTEN VÉDETT OBJEKTUMOK BIZTONSÁGA A FENYEGETETTSÉG TÜKRÉBEN,” *Hadmérnök*, XII/3 szám, pp. 26-36, 2017.
- [2] 2003. évi C. törvény - az elektronikus hírközlésről, „Netjogtár,” Letöltés helye: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0300100.tv>. Letöltés ideje: 10. 12. 2020.
- [3] Tomka Péter, „hiradastechnika.hu,” július 2004. Letöltés helye: https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004_07/HT0407-7.pdf. Letöltés ideje: 01. 10. 2010.
- [4] Christopher M. Griffith, *Unnamed Aerial Vehicle-Mounted High Sensitivity RF Receiver to Detect Improvised Explosive Devices*, Monterey, California: Naval Postgraduate School, 2007. 09.
- [5] Horváth Zsolt, „mti.kvk.uni-obuda.hu,” 2014. Letöltés helye: <http://mti.kvk.uni-obuda.hu/adat/tananyag/passziv/Passziv8Zajok2014.pdf>. Letöltés ideje: 15. 10. 2020.

- [6] Paul. D. Turner, „intersecmag.co.uk,” jan. 2017. Letöltés helye: <http://www.intersecmag.co.uk/wp-content/uploads/2017/01/int-jan-feature-34-36.pdf>. Letöltés ideje: 10. 2018.
- [7] Paul. D. Turner, „intersecmag.co.uk,” 20. 02. 2020. Letöltés helye: <http://www.intersecmag.co.uk/remote-control/>. Letöltés ideje: 10. 06. 2020.