

Meteorológiai radarok WiFi zavartatása

HORVÁTH ZOLTÁN¹, VARGA DÁVID¹, LUKOVSZKI CSABA², MICSKEI TIBOR³

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,

¹Híradástechnikai Tanszék, ²Távközlési és Médiainformaticai Tanszék,

³Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék

horvathz@hit.bme.hu, varga.david@duvinet.hu, lukovszki@tmit.bme.hu, micskeit@gmail.com

Kulcsszavak: meteorológiai radar, 802.11a, WiFi, WLAN, RLAN, zavartatás, interferencia, DFS, szabályozás

Milyen problémákat okoz a WiFi-hálózatok terjedése a meteorológiai megfigyelésben? Zavarhatják-e a radarok a WiFi-hálózatunk forgalmát? Napjainkban az európai időjárás-előrejelző rendszer részeként három meteorológiai radar működik Magyarországon az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) felügyelete alatt. Az egyre terjedő WiFi (Wireless Fidelity) hálózatoknak következtében a meteorológiai állomások egyre gyakrabban szembesülnek az 5 GHz-en működő IEEE 802.11a szabványú WiFi adók zavaró hatásával. Ezen interferenciák jelentősége korántsem jelentéktelen, hiszen nemcsak a sok esetben kritikus, rövid távú meteorológiai előrejelzés hatékonyságát rontják egyre jelentősebb mértékben, de a jövőben is beláthatatlan lehet a következményük. Erre a jelenségre hozták létre a DFS (Dynamic Frequency Selection) megoldást, mely napjainkban a legelterjedtebb módja a meteorológiai radarok és WiFi adók közti interferencia problémák kiküszöbölésének. Habár széles körben alkalmazzák, nem jelent általános megoldást a gyakorlatban. A cikkünkben összefoglaljuk a probléma jelentőségét, valamint felvázoljuk a jelen és a jövő megoldási lehetőségeit.

1. Bevezetés

Történetünk kezdete sok évvel ezelőttre nyúlik vissza. A korszerű meteorológiai radarok megjelenése forradalmasította a pontos rövid távú meteorológiai előrejelzést. Azzal viszont kevesen számoltak, hogy a vezeték nélküli hálózatok (továbbiakban: WiFi – Wireless Fidelity), WLAN (Wireless Local Area Network) vagy RLAN (Radio Local Area Network) [2] robbanásszerű elterjedése bizonyos esetekben ezen rendszereket hátrányosan befolyásolja, zavarja – nemcsak hazánkban, de az egész világon.

Cikkünk következő szakaszában bemutatjuk, hogy ez a zavaró hatás hogyan jelentkezik a meteorológiai radarok képernyőjén és ennek milyen súlyos következményei lehetnek, valamint a probléma könnyebb megértéséhez ismertetjük a radarok működését. Ezt követően utánajárunk, hogy pontosan milyen okokra vezethető vissza a zavartatás. Mindezeket a szakirodalomban megtalálható, az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) és a Nemzeti Hírközlési Hatóság (NHH) által rendelkezésre bocsátott adatok, valamint saját méréseink alapján mutatjuk be. Végül ismertetjük a problémára jelenleg nem teljes körűen alkalmazható DFS megoldást, valamint annak hátrányait és nemzetközi javítási törekvéseket. Rámutatunk továbbá, hogy ezen javításokkal csak hosszú távon érhetünk el eredményeket és még akkor sem garantálható a zavartatás megszűnése. Ezért ezeket segítő további lépéseket javasolunk, melyek a folyamatot felgyorsítják, valamint hosszú távon teljes megoldást adnak. A probléma jellege miatt azonban rövid távon – átmenetileg – is hatékony eszközökre van szükség, így ilyen műszaki megoldásokra is javaslatot teszünk – melyek részletesebb kifejtését az NHH-nak készített terjedelmes ta-

nulmányunk („A WiFi DFS megoldás hatékonyságának elemzése és a radarzavartatás elhárításának lehetőségei” – kivonat: [1]) tartalmazza.

2. A meteorológiai radar zavartatásának problémája

2.1. A jelenség és jelentősége

Magyarországon az európai időjárásjelző rendszer részeként az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) jelenleg három meteorológiai radart üzemeltet – Budapesten, Napkoron illetve Pogányvárnál (lásd 4. ábra). E radarok az ország és környezete légterében található légköri csapadékszint mérésére szolgálnak, melyek a rövid távú meteorológiai előrejelzésekben nélkülözhetetlenek. Sajnálatos módon ezen megfigyelések által előállított meteorológiai előrejelzéseket a széles körben elterjedt vezeték nélküli eszközök egy része jelentős mértékben zavarhatja.

Az OMSZ által rendelkezésünkre bocsátott 1. ábrán látható radiális sávok, szektorok a zavaró adók által sugárzott jelek következtében jelennek meg. Ezek jelentős mennyiségű csapadéknak felelnek meg, így hatásuk meglehetősen zavaró. Az is veszélyes, amikor a valódi felhőkből származó értékek szuperponálódnak a zavarból származókkal (az ábra bal alsó része), mivel így hamis konklúziót vonhatunk le a várható csapadék mértékét illetően.

A probléma jelentőségét az adja, hogy akár egyetlen WiFi-eszköz okozta zavartatás is megakadályozhatja heves viharok előrejelzését, melyekkel az elmúlt években is gyakran előforduló katasztrófák előzhetők meg. Ennél még súlyosabb lehet a helyzet, ha ugyanez a légiközle-

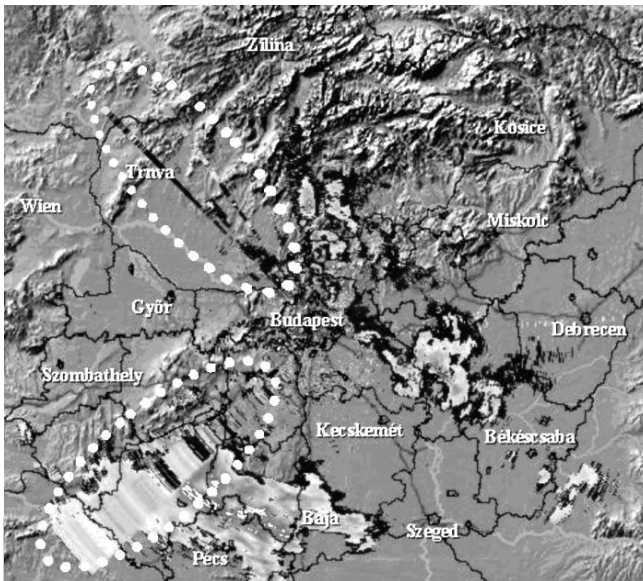
kedésben jelenik meg – ugyanis a légi irányítás is ezen radarmérésekből származó információt használja. A helyzet azonban a gyakorlatban még rosszabb, ugyanis általában nem csak egy, hanem gyakran akár 5-8 zavaró sáv is jelen van a radarképen, ami a 360°-os észlelési tartományból összesen akár 30°-90°-ot is kitakarhat.

A radarok egyenként maximum 240 km sugarú körben képesek méréseket végezni. A három magyarországi radar képéből egy az országot lefedő úgynevezett kompozit csapadékintenzitás-térkép készül. Ezen kompozit képek az OMSZ honlapján [18] 15 percenként kerülnek frissítésre.

2.2. A meteorológiai radarok működése

A zavartatás okának jobb megismeréséhez röviden tekintsük át a meteorológiai radarok működését [14,16]. A radar működése során adott magassági szöget (eleváció) tartva fordul körbe, miközben nagyteljesítményű impulzusokat bocsát ki, illetve eközben veszi a vízcseppek és jégszemcsék (általában hidrometeorok) által visszaszórt jelet. A visszaérkezés időpontjából kiszámítha-

1. ábra RLAN zavar a meteorológiai radarképen
A radarképen a felhőzetten kívül RLAN állomások által okozott interferenciazavarok is megjelennek a pontozott területen, melyek lehetetlenné teszik a csapadékeloszlás pontos megfigyelését.



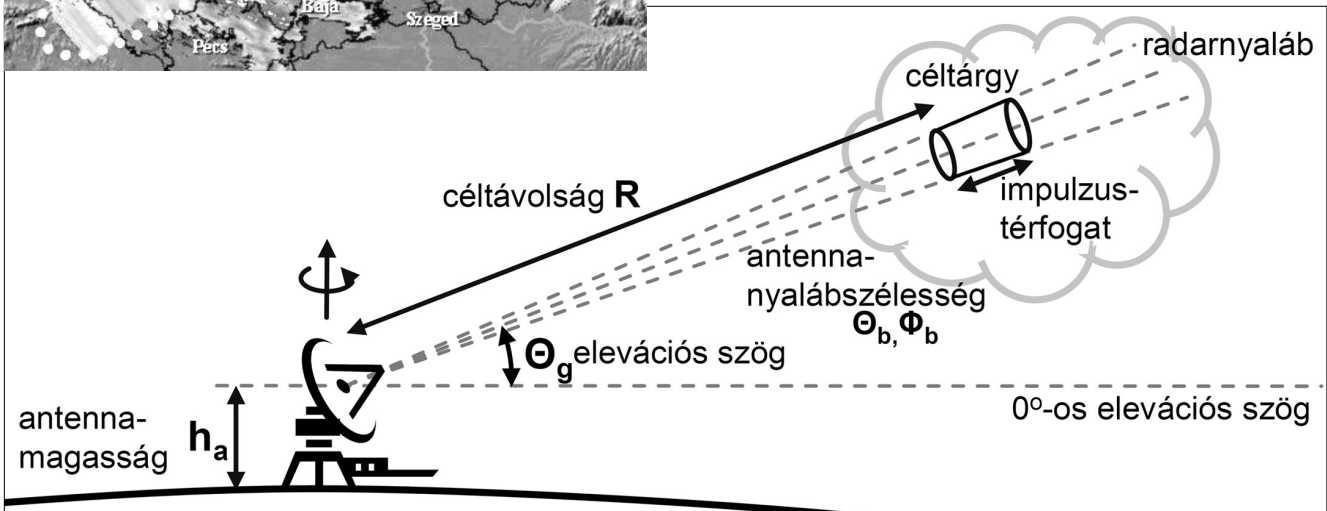
tó, hogy milyen messziről érkezik vissza a jel, az intenzitásból pedig a hidrometeorok méretére és sűrűségére lehet következtetni – természetesen a már ismert távolságnak megfelelő csillapítással kompenzálva az intenzitásértéket. A pásztázás során a radar egy kör megtétele után emeli az elevációs szöget 0-90°-ig.

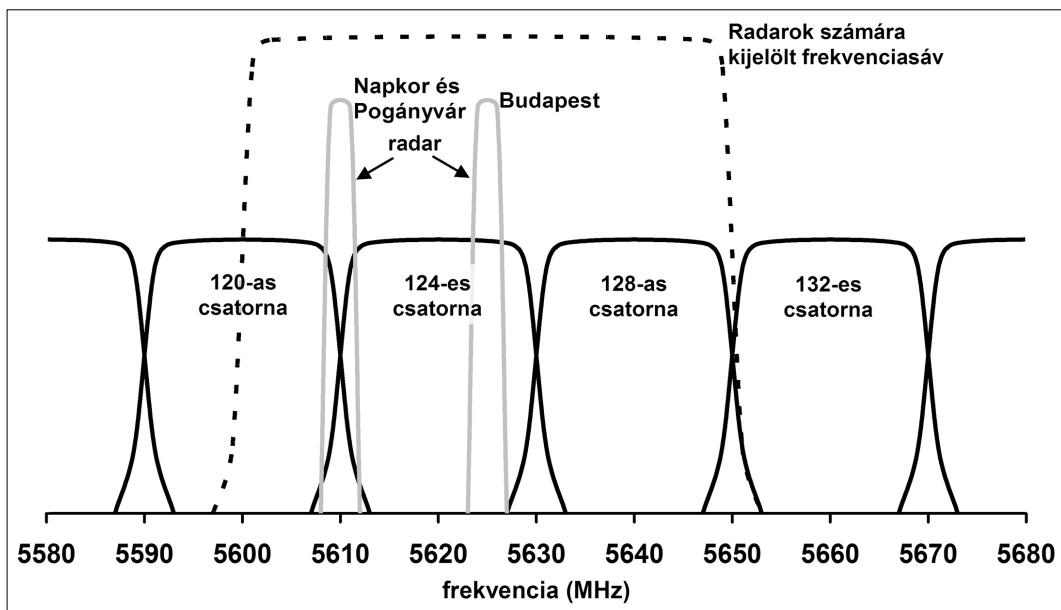
2.3. A zavartatás tartalmazó radarkép kialakulásának magyarázata

Amennyiben a radar frekvenciatartományában WiFi-eszköz is üzemel és éppen ad, amikor a radar a közel 1°-os nyílásszögű antennájával arra néz, akkor ez az additív jel is feldolgozásra kerül. Mivel ezek a WiFi-eszközök a földfelszín közelében helyezkednek el, a zavar tipikusan 0-1°-os elevációnál jelentkezik, melyhez a horizonton látszódnó légkör – körülbelül 240 km-es távolság – vizsgálata tartozik. A radarantenna főnyalábjának keskenysége (3 dB-re vonatkozó 1°-os irányélességi szöge) miatt többnyire csak 1-2° szélességben jelentkezik a zavar. Ennek megfelelően a radarképen egy keskeny, közel folytonos sáv, vagy nagyon vékony körcikk jelenik meg. A csapadéktól eltérően ennek intenzitása a radartól távolodva folyamatosan nő. Ennek az az oka, hogy a WiFi-eszköz közel állandó teljesítménnyel ad, de ezt szinte folytonosan teszi, így a radar szinte mindig veszi a jelet. Mivel a radar működéséből adódóan a beérkezési időhöz egy távolságot is rendel, ez okozza a radiális irányú cikket. A távolsággal együtt viszont az említett módon kompenzációt is végez, s így az időben később jövő – „távolibb” – ugyanolyan teljesítményű jelekhez nagyobb intenzitást rendel. A képen ez okozza a sugárirányú elszíneződést.

A keletkező rajzolat ezért jellemzően a WiFi jelének a radarnál vett teljesítményétől függően a radartól néhány 10 km-es távolságban kezdődik (itt van a kompenzációval együtt az érzékenységi szint) és 240 km-es távol-

2. ábra
A meteorológiai radar működésének vázlatja
A meteorológiai radarok folyamatos forgást végeznek, illetve emelik az elevációt és eközben a periódikus kibocsátott rádióhullám-impulzusok visszaverődéséből határozzák meg a csapadékintenzitást az adott távolságban.





3. ábra
A 802.11a csatornák és a meteorológiai radarok által használt sávok a frekvenciatartományban

Az ábrán a magyarországi radarok számára kijelölt 5600-5650 MHz-es tartomány és az azzal átlapolódó, 802.11a eszközök által használt 120-as, 124-es és 128-as csatornák láthatók, valamint a hazai három radarállomás által ténylegesen használt frekvenciasáv.

ságig folyamatosan erősödik. A rajzolat radiálisan eltérő – gyakran nem folytonos mintázatot mutat (lásd 1. ábra). Ennek magyarázata, hogy a WiFi-eszköz nem folytonosan ad, a csatornája időbeli kitöltési tényezője 100%-nál kisebb.

3. A zavarítás oka

Az 5600-5650 MHz-es frekvenciatartományban az IEEE 802.11a szabványú eszközök lehetnek többnyire zavaró hatással a radarokra. A vonatkozó szabvány [3] ugyan nem szól a kérdéses frekvencián való működésről, de nem is tiltja azt.

Ezért készültek, és Magyarországon is kaphatóak olyan 802.11a szabványú eszközök, amelyek működési frekvenciája erre a tartományra hangolható szoftveres vagy hardveres úton. A zavart fokozhatja az ilyen áthangolt eszközök esetén a megengedettnél nagyobb, vagy szőgtartományban erősebben koncentrált teljesítmény kibocsátása.

Tapasztalataink szerint nemcsak a 802.11a szabványban rögzített 36-161 sávok használhatóak a gyakorlatban, mivel a helyi szabályozások, – köztük a magyar is –, engedélyezheti a használatukat vezeték nélküli hozzáférési rendszerek – például a WiFi – számára. A magyarországi szabályozások [17] ténylegesen lehetővé teszik az 5470-5725 MHz közti frekvenciatartományban RLAN-és WMAN-eszközök használatát, azzal a feltétellel, hogy semmilyen módon nem zavarhatják a meteorológiai radarok működését. Az ajánlás szerint a radarok 30 km-es körzetében nem kívánatos a szélessávú eszközöket az adott – 5600-5650 MHz-es – 50 MHz széles sávban használni (3. ábra).

E sávval döntően összesen három – egymással nem átlapolódó – 20 MHz széles 802.11a csatorna van átfedésben: a 120-as, a 124-es és a 128-as csatorna, melyek rendre az 5590-5610 MHz, 5610-5630 MHz és 5630-5650 MHz közötti tartományt jelentik. A probléma fő okát tehát ez a egyes használatra szánt sáv okozza.

A sávokon belül a magyarországi szabályozás [17] ugyan megengedi WiFi-eszközök üzemeltetését, de azokra 1 W-os, illetve 500 mW-os maximális átlagos EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) korlátot ír elő – automatikus adóteljesítmény szabályozás mellett (TPC – Transmit Power Control), illetve nélkül.

A magyarországi radarokat azonban nem mind a három csatorna zavarja a jelenlegi radarbeállítások szerint, hiszen Pogányvárnál és Napkoron 5610 MHz-en, Budapesten 5625 MHz-en üzemelnek (lásd 3. és 4. ábra). Figyelembe véve, hogy a radarok által leggyakrabban használt 0,8 μ s-os impulzushossz esetén a radarjel – a -3 dB-re vonatkoztatott – sáv szélessége 1,25 MHz, így a zavar jelenleg csak a 120-as és 124-es csatornák esetén áll fenn. A WiFi és a radarok által használt spektrum átlapolódása miatt tehát amennyiben az eszközök nem rendelkeznek a dinamikus frekvenciaválasztás (DFS – Dynamic Frequency Selection) képességgel, vagy az nem megfelelően működik, akkor mindenképpen zavarni fogják a radarméréseket.

Természetesen az adott csatornákat használó radarhoz közeli WLAN-hálózatokban is problémát jelenthet a radar jele, az időszakosan csomagvesztést okozhat, vagy jól működő DFS esetén váratlan csatornaváltást és így a kapcsolat akár percig történő megszakadásához vezethet. Sok esetben megtörténhet tehát az, hogy a radar és a WiFi-eszköz kölcsönösen zavarja egymást úgy, hogy arról a jóhiszemű WiFi-felhasználó nem is értesül. Tovább rontja az a helyzetet, ha a felhasználó illegális módon a megengedettnél nagyobb teljesítménnyel sugároz, vagy szándékosan kikapcsolja a TPC illetve DFS mechanizmusokat – ezzel jelentős kárt okozva.

4. Megoldási javaslatok

A továbbiakban áttekintjük, milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a probléma megoldására. Röviden bemutatjuk a már létező és alkalmazott DFS-t, ugyanakkor ennek korlátai miatt további általunk javasolt lehetősé-

geket vázolunk, melyek segíthetnek az interferencia megszüntetésében. A megelőzési, szabályozási, piacfelügyeleti lehetőségek mellett számba vesszük azon műszaki megoldásokat is, melyekkel a zavarás észlelhetővé, szűrhetővé válik, vagy éppen csatornafoglalás segítségével előzhető meg a kölcsönös zavartatás.

4.1. A dinamikus frekvenciaválasztás (DFS)

A dinamikus frekvenciaválasztás (Dynamic Frequency Selection) a napjainkban leginkább elterjedt technológiai megoldás, amely a meteorológiai radarok és WLAN eszközök közötti interferenciát igyekszik feloldani. Működésének alapja, hogy amennyiben a DFS-képes WLAN-eszköz radarjeleket észlel, úgy egy másik csatorna használatára tér át. Több mérés, számítás és a tapasztalat azonban azt mutatja, hogy ez sok esetben nem történik meg [1,9-13]. Ennek megértéséhez át kell tekintenünk a két DFS-hez kapcsolódó szabványt; az IEEE 802.11h szabványt [4], illetve az ETSI EN 301893 direktívát [5-8].

Az IEEE 802.11h [4] az eredeti IEEE 802.11 [2], illetve ezen belül az IEEE 802.11a szabványt [3] egészíti ki a rádióspektrum és az adóteljesítmény menedzsmentjéhez szükséges funkciókkal. Ismerteti az implementálandó új eljárásokat, üzenettípusokat, használt keretformátumokat. Ugyan a szabvány létrehozásának elsődleges célja az európai radarrendszerekkel való együttműködés biztosítása volt, alkalmazásával lehetőség nyílik a rádióspektrum egyenletesebb kihasználására, illetve az adóteljesítmény változtatásával (TPC – Transmit Power Control) a hatótávolság vagy energiafogyasztás befolyásolására is.

A szabvány ismerteti az egyes rétegek közötti horizontális, azaz állomások közötti és vertikális, azaz az állomáson belüli kommunikáció folyamatát, nem szól viszont arról, hogy ezt a gyártók hogyan valósítsák meg. Nem határozza meg továbbá azon feltételeket sem, ame-

lyek teljesülése, esetünkben a radarjel érzékelése, elindítja a bővített funkciók működését az eszközökben. Ezekről a feltételekről az ETSI EN 301893 dokumentumok [5-8] tartalmaznak információkat.

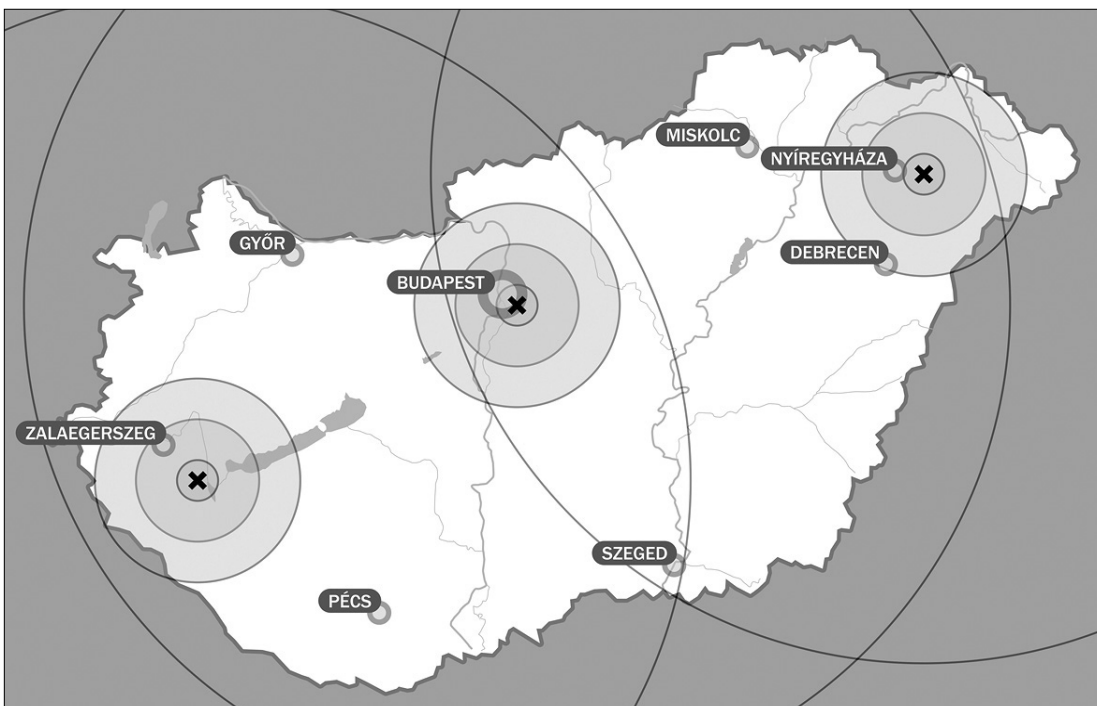
A szabványon túl az ETSI EN 301893 ajánlások azon gyakorlati követelményeket fogalmazzák meg, amelyeknek minden 5 GHz-en üzemelő eszköznek meg kell felelnie. A követelmények között szerepelnek az eszközök által kibocsátott jelek minőségére vonatkozó előírások csakúgy, mint például spektrummenedzsmentre vonatkozó követelmények, amely főként a DFS-t jelenti.

A gyakorlatban egy eszközt akkor nevezhetünk DFS-képesnek, ha az megfelel az érvényben levő ETSI EN 301893 szabvány DFS-re vonatkozó tesztheinek. Kérdéses azonban, hogy ez a DFS-képesség megfelelő védelmet jelent-e a meteorológiai radarok számára. A következőkben erre keresünk választ.

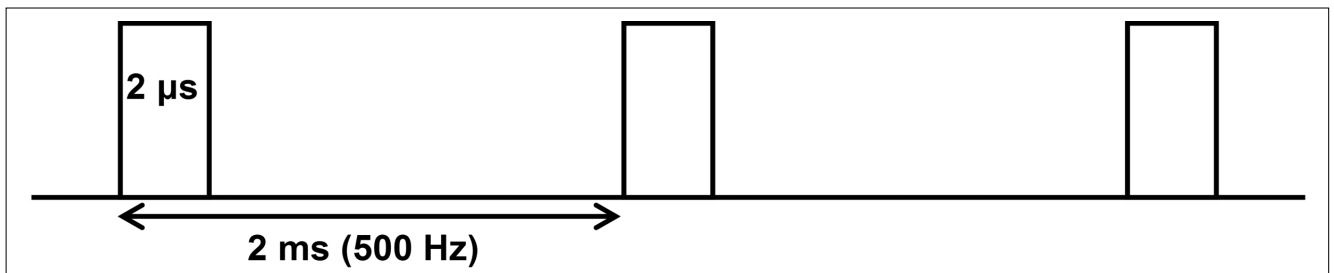
A válasz meglehetősen árnyalt, hiszen egy hatékonyan működő DFS-nek számos alkalmazási körülménnyel, radarműködéssel, valamint radarjel-típussal kell felvennie a harcot. A következőkben csak a hazai radarok működése alapján vonunk le következtetéseket.

A Magyarországon használt radarjelek specifikációját vizsgálva elmondható, hogy a valóságos radarimpulzusok rövidebbek, követési frekvenciájuk pedig kisebb, tehát minden valószínűség szerint bonyolultabb a detektálásuk, mint a szabványban [5-7] szereplő radarjeleknek. E tulajdonság miatt a DFS egy nem körültekintő implementációját vizsgálva akár jelentheti azt is, hogy az eszköz ugyan megfelel a vonatkozó ETSI szabványnak [5-8], ám a valóságban nem feltétlenül állja meg a helyét [1].

Fontos megemlítenünk azonban azt is, hogy a jelenlegi ETSI előírásokban szereplő, a WLAN eszközök DFS-bevizsgálására vonatkozó eljárások sem minden esetben megbízhatóak, így előfordulhat, hogy a bevizsgált



4. ábra
A három magyarországi radarállomás elhelyezkedése
Az ábra a Zalaegerszeg melletti Pogányvárnál, Budapesten és a Nyíregyháza melletti Napkoron található radarállomások helyét és az azokat övező 10, 30, 50 és 240 km sugarú köröket – a zavartatásban érintett, illetve a radarok által megfigyelhető területet mutatja.



5. ábra Egy DFS-képességet vizsgáló radarjelminta

Ilyen és ehhez hasonló radarműködést utánzó mintákkal kell tesztelni az eszközöket. Az ábra a 2 ms-onként ismétlődő 2 μ s hosszú impulzusokat mutatja.

és a szabványnak megfelelőnek minősített eszköz, nem-hogy a magyar, de még a tesztben szereplő radarjelminták észlelése esetén sem működik megfelelően.

Másik fontos hiányosság a rejtett bázisállomás problémája miatt is felléphet. A DFS szabványban a dinamikus frekvenciaválasztás képességét a Master eszközök (általában a hozzáférési pontok) valósítják meg, így elsődlegesen ők felelősek a radarjelek észleléséért is. Ugyanakkor bizonyos DFS Slave eszközök (általában a kliensek) is képesek lehetnek a radarjelek érzékelésére, ez azonban számukra nem kötelező.

A valóságban könnyen előfordulhat olyan helyzet, hogy a radarral a DFS Slave eszköz antennája „néz szembe”, míg a DFS Master eszköz antennájának pont a „háta mögött” van a radar, sőt ha az épp egy ház falára van felelősítve, akkor az is nagy mértékben csökkenti a radar jelszintjét a Master eszközben. Ilyen helyzetben a radart érzékelni képes Master eszköznél a radar jele akár 50-60 dB-lel is gyengébb lehet, mint a Slave-nél, vagy akár egyáltalán nem is érzékelhető. Ekkor a Slave eszköz jele a radaron megjelenhet zavaroként. Amennyiben a Slave eszköz nem képes a radarjelek érzékelésére, a Master pedig eleve nem is „hallja” azt, úgy abban az esetben a hálózat nem fog másik csatornát választani és a zavaró jel állandósul a radarnál.

Mindezek mellett további problémát jelent, hogy a DFS nem csak a radar-WiFi interferenciát hivatott megoldani, hanem a működés WiFi-WiFi zavarás esetére is kiterjed. Emiatt pedig egy igen dinamikus környezet is létrejöhet, melyben a radar frekvenciáján időszakosan hol megjelenő, hol eltűnő zavarforrások jelentkeznek, ami a radarjelek WiFi-oldali észlelését illetve a radaroldalon a WiFi zavarás tényének megbízható megállapítását is kedvezőtlenül befolyásolja.

A fentiek alapján mindenképpen a legnagyobb hangsúlyt a WiFi-eszközök bekapcsoláskor, illetve frekvenciaváltásakor elvégzendő radarészlelési tesztekre kell fordítani ahhoz, hogy egy radar jelenlétét minél biztosabban meg lehessen állapítani, s ezzel a zavaró sávhasználatot meg lehessen előzni. Ennek biztosításához javasoltuk, hogy a kezdeti észlelési időtartamot az ETSI EN 301 893 1.3.1-es [6] és 1.4.1-es [7] előírásokkal szemben legalább 10 percre szükséges megnövelni. Ez az 1.5.1-es [8] szabványba már beépítésre is került. Ugyanakkor szintén javasoltuk azt a módosítást, miszerint azon csatornák használatát, ahol a radarészlelés megtörtént, a továbbiakban (a WiFi-eszköz kikapcsolásáig) mellőzni kell –

hiszen a radarok valószínűleg továbbra is ugyanazt a frekvenciasávot fogják használni.

A szabványok mellett fontos megvizsgálnunk, hogy a piacon lévő eszközök ezeket milyen mértékben valósítják meg. Összesen mintegy 50 különféle, Magyarországon széles körben használt WiFi-eszközt – access pointokat és klienseket – vizsgáltunk meg 2008-ban, hogy milyen mértékben támogatják a DFS-t. Az adatokat elemezve megállapítottuk, hogy a mintából mindösszesen 2 eszköz felel meg legalább a 1.3.1-es szabványnak [6], amelyek alapján azok a korábbi szabványokhoz képest hatékonyabbnak mondhatók, nagyobb – még mindig közel sem megfelelő – valószínűséggel képesek a radarokat észlelni és így csatornát váltani. A megvásárolható eszközök döntő többsége jelenleg is egy elavult, 4-5 éves DFS-sel [5] kompatibilis.

A DFS-sel kapcsolatban összegzésül elmondható, hogy a jelenlegi szabványok [5-7] műszaki szempontból sem alkalmasak maradéktalanul a probléma megoldására, de jelenleg az eszközök még ezen előírásoknak sem felelnek meg [1].

4.2. Szabályozás és megelőzés

Mivel a fentiek alapján a DFS nem küszöböli ki teljes mértékben az interferenciát, ezért alternatív illetve kiegészítő megoldásokra is szükség van. Mint az imént is láthattuk, különböző szabványokkal és szabályozással befolyásolható a kialakult helyzet. Ezek viszont csak hosszú távon lehetnek hatásosak, ugyanis például a DFS-nél tapasztalható jelenség máshol is igaz; a szabvány vagy szabályozás hatása csak évek alatt, igen lassan és fokozatosan fejti ki hatását – figyelembe véve a szabvány véglegesítési fázisát, az eszközök újratervezését, tesztelését, minősítését, gyártósorra vitelét és a terjesztést. Mivel a már meglévő eszközöket a felhasználók csak azok korszerűtlenné válása vagy meghibásodása után cserélik le, ezért a nem megfelelő eszközök egy része akár 8-10 évig is még problémát jelenthet.

Ettől függetlenül természetesen a jövőre való tekintettel e hosszú távú megoldásokat is lehetőség szerint alkalmazni kell. Ezek közé sorolhatók az alábbi lépések [1]:

- 1) A meteorológiai radarok által használt sávot azok kizárólagos használatába kell adni. Ezzel az interferencia elsődleges okát lehetne megszüntetni, míg a 802.11a-s eszközök számára a többi sáv megmaradna, így jelentős korlátozást nem jelentene.

- 2) A DFS hatékonyságát fokozó műszaki megoldásokat kell kidolgozni és ezeket a vonatkozó szabványokba beépíteni [5,11,12].
- 3) A nem megfelelő DFS-képességű eszközök forgalmazását piacfelügyeleti eszközökkel kell mérésékelni.
- 4) A jelenlegi szabályozások [17] értelmében is tilos a radarok zavarása, így a hatóságok – hazánkban a Nemzeti Hírközlési Hatóság (NHH) – még intenzívebb fellépése indokolt.
- 5) A felhasználók és szolgáltatók tájékoztatása a problémáról és bevonásuk annak megoldásába.

A tájékoztatásnak és az iránymutatásnak eleget téve az NHH már 2005-ben kiadott majd 2006-ban frissített „Szélessávú adatátvitel rádiós hozzáférési eszközökkel” [17] című tájékoztatója részletesen tárgyalja az 5,6 GHz-es sávban működő rádiós rendszerekre vonatkozó szabályokat. Ennek célja pontosan az, hogy szabályozás útján próbálja meg elkerülni a radarok és WLAN eszközök interferenciáját. A dokumentum kiemeli, hogy „A radarok zavarása szigorúan tilos!”. Ehhez azt ajánlja, hogy a radarok 30 kilométeres körzetében ne használjanak WLAN eszközt az 5600-5650 MHz-es sávban. Ezt a 30 km sugarú – sötétebb árnyalatú – kört ábrázolja a 4. ábra is. A számításaink és méréseink is azt igazolják, hogy ennél távolabbról is zavarhatják a WiFi-eszközök a radarokat, így javasolt a 30 km helyett az 50 km-es védőtávolság betartása. Ezt a tartományt az ábrán látható nagyobb – világosabb árnyalatú – kör mutatja. Előbbi Magyarország területének 9%-át, utóbbi 25%-át jelenti.

4.3. Zavarok észlelése és szűrése

A korábbi megállapítások alapján a DFS jelenleg nem oldja meg a problémát és ezt a megfelelő szabályozástól [8,12,15] is csak hosszú távon várhatjuk. Éppen ezért szükség van olyan alternatívákra, melyek segítségével az interferencia káros hatásai rövid távon is mérsékelhetőek. Erre nyilvánvalóan csak a WLAN-eszközök működésének megváltoztatása nélkül van lehetőség, azaz a meglévő zavarokat szükséges a radaroldalon szűrni. Sokszor azonban már az is igen nagy segítség lenne, ha alkalmas szűrés hiányában automatikusan észlelni lehetne a WiFi-eszközök okozta zavart és a radarkép egyes képpontjaihoz hozzá lehetne rendelni azt az információt, hogy az meteorológiai szempontból értékes-e vagy az interferencia következménye.

A detektálásra és szűrésre a következő megoldásokat javasoljuk [1]:

1. Amennyiben a radarjel vételével egy időben nem csak annak frekvenciasávját, hanem egy sávszűrővel az azon kívüli, de a radarral átlapolódó csatorna frekvenciatartományán kívüli sávot is figyeljük, úgy ennek aktivitása valószínűleg interferáló WLAN-eszközre utal. Ezzel a detektálást megvalósítottuk. Korlátozottan szűrésre is lehetőség van, ha a radar sávjában érzékelt intenzitásból kivonjuk az azon kívül észlelt WLAN-jel intenzitását – amennyiben feltesszük, hogy az interferencia és a WLAN-ok általában tapasztalható spektrumképe megegyezik.

2. A nemkívánatos zavarokat időtartományban is detektálhatjuk, illetve szűrhetjük. Ezt úgy tehetjük meg, hogy a radarimpulzus után csak abban az időablakban vesszük figyelembe a visszaérkező jeleket, amikor azok hidrometeorok visszaszórásából létrejöhetnek. Az időablakot a felhők évszaktól függő jellemző minimális és maximális magasságából és a radar elevációs szögéből számíthatjuk ki.

3. Az interferenciát észlelhetjük, illetve szűrhetjük is, ha más forrásból származó képi információk is rendelkezésre állnak. Például műholdképek vagy földi kamerarendszer segítségével a felhőzetről a radarok által használt sávon kívüli – interferenciamentes – észlelést alkalmazva a különböző képen a zavar megjelenik, míg a képi információk alapján a radarkép hiányzó részei részlegesen pótolhatóak.

4. A zavardetektálásra és -szűrésre háromdimenziós képközelítési eljárás is felhasználható. Megfelelően sűrű, átlapolódó radarréteget használva egy térrészt több radarral is megfigyelhetünk, így a felhőzetről a radarok által készített háromdimenziós adatokat összevetve az eltérések észlelhetők és különböző algoritmusok segítségével – vagy legalább 3 radar esetén – többségi szavazással meghatározhatók az adott térrészhez tartozó meteorológiai fontos jellemzők.

5. Az interferencia detektálására a zavarok és a meteorológiai jelenségek eltérő dinamikája is lehetőséget nyújt. Az interferencia hirtelen létrejövő és megszűnő jelenség, így két egymást követő radarképen ez nem egyezik meg. Ezzel ellentétben a meteorológiai jelenségek statikusnak mondhatók, 1-2 perces időtartomány-

Jótanácsok

WiFi-felhasználóknak és -szolgáltatóknak

1. Ha nem használjuk a 802.11a-t (5 GHz), akkor tiltsuk le! A 802.11b/g (2,4 GHz) használjuk inkább!
2. Ne a 120-128-as számú csatornákat használjuk, amennyiben statikus csatornakiosztást alkalmazunk a 802.11a (5 GHz) esetén!
3. Engedélyezzük a DFS (Dynamic Frequency Selection, automatikus csatornaválasztás) opciót, amennyiben nem használhatunk rögzített csatornát!
4. Használjunk irányított antennát (pont-pont topológia esetén és pont-multipontban a végpontok esetén), de ügyelve arra, hogy az antennák főnyalábjába egyetlen radarállomásra se essen!
5. Csak a szükséges adóteljesítményt használjuk (általában a WiFi-eszköznel beállítható), figyelembe véve az irányított antenna nyereségét!
6. Engedélyezzük a TPC (Automatic Transmit Power Control) opciót, amennyiben az lehetséges!
7. Csak az ETSI EN 301 893 V1.3.1-nek vagy újabb előírásnak megfelelő eszközt használjunk!
8. Engedélyezzük az RTS/CTS használatát az eszközünkön!

ban a hirtelen csapadékintenzitás-változás nem jellemző, főleg akkor, ha a korábbi mérésekből a mozgási vektorokat kiszámolva megbecsüljük, milyen radarképet kellene kapnunk és ezzel hasonlítjuk össze az esetlegesen zavart is tartalmazó mért eredményt.

6. Lehetőség jelenthet a WiFi- és a radarjelek elkülönítésére, ha utóbbiak esetén megfelelő modulációt alkalmazunk, a visszaszórt jelet pedig alkalmas demodulátoron keresztül detektáljuk. Ezzel a módszerrel elérhető, hogy a zavaró WLAN-jel csupán megnövekedő zajszint formájában legyen észlelhető. Sajnálatos módon ehhez szükség lenne a radarjel aktív formálására, ami az úgynevezett magnetronos radarok estén – mint amilyenek általában a meteorológiai radarok – nincsen lehetőség, így ez csak a más elven működő – általában katonai célú és jóval költségesebb – radaroknál jelenthetne megoldást.

4.4. Egyéb lehetőségek az interferencia megszüntetésére

A fenti módszerek – a korábbi megfontolások alapján – a radaroldalon próbálják meg a zavart megszüntetni. Ezzel szemben a következő újszerű lehetőséggel [1] mód nyílik a WLAN-eszközök működésének beavatkozásába, annak érdekében, hogy az interferenciát csökkentsük.

A megoldás lényege, hogy a WLAN-ok által támogatott RTS/CTS ütközésselkerülő és erőforrás-foglaló mechanizmust használjuk [2]. A radar – illetve az azzal összekapcsolt alkalmas WLAN-eszköz – a meteorológiai észlelés mellett CTS kereteket is sugározna, mellyel éppen a radarnyalábra eső terület WiFi-eszközeivel közli, hogy a csatornát adott időre lefoglalja. Az ezt vevő eszközöknek erre az általa kért időre az adásukat vissza kell tartaniuk.

A megoldás előnye, hogy egy már meglévő mechanizmust használunk a probléma megoldására, így ezzel nem csak a meteorológia észlelést óvjuk meg a WLAN-interferenciától, hanem kiküszöböljük a WLAN-ok radarok általi zavarását, elnyomását is. Sajnos hátrányként jelentkezik, hogy az RTS/CTS bár az eszközökön támogatott, mégis gyakran kikapcsolják ezt a lehetőséget a felhasználók, illetve a szolgáltatók – csökkentve ezzel a javasolt eljárás hatékonyságát. Hasonló csatornafoglalást lehet elérni néhány, a 802.11h szabványban definiált vezérlőkeret segítségével is [4].

Természetesen az eddig bemutatott hosszútávú és rövidtávú lehetőségek egyike sem képes azonnali és teljes körű megoldást nyújtani. Éppen ezért azokat az interferenciákat is kezelni kell, amelyeket az ismertetett módszerek alkalmazott csoportjával nem sikerült megszüntetni.

Ebben az esetben a klasszikus megoldás használható; a zavaró eszközt fel kell deríteni, majd annak üzemeltetőjénél kezdeményezni kell a zavarás megszüntetését. Ehhez a tradicionálisnak számító, úgynevezett háromszögletes technikán kívül olyan eszközeink is lehetnek, mint például a műholdképekkel segített „jelölt”-keresés vagy a megfelelő érzékelőkkel rendelkező robotrepülő (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) [1].

5. Összefoglalás

Cikkünkben bemutattuk, milyen hatást gyakorolhatnak a 802.11a-s WLAN-eszközök a meteorológiai radarok mérési eredményeire, s hogy ennek a gyakorlatban milyen jelentősége van. A probléma feltárása közben megvizsgáltuk a meteorológiai radarok működését és hazai jellemzőit, végül áttekintettük milyen létező megoldások állnak rendelkezésre és milyen további alternatívákat javasoltunk az interferencia megszüntetésének érdekében.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk az Országos Meteorológiai Szolgálatnak (OMSZ), a Nemzeti Hírközlési Hatóságnak (NHH) – különösen Biczó Zoltánnak és Hernádi Györgynek –, valamint a BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszékéről dr. Seller Rudolf nagymértékű segítségével, és a BME HSN Laboratóriumának a támogatásáért.

A szerzőkről



HORVÁTH ZOLTÁN 2006-ban szerzett okleveles mérnök-informatikus diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Jelenleg a Híradástechnikai Tanszék Multimédia-hálózatok Laboratóriumában végzi doktoranduszi tanulmányait, vesz részt a kutatás-fejlesztési projekteknél és a Számítógéphálózatok tárgy oktatásában. Főbb kutatási területei közé tartozik városi kiterjedésű, vezeték nélküli – köztük közösségi – hálózatok tervezése és az ezekhez kapcsolódó technológiák (pl. WiMAX) tesztelése. A Nemzeti Hírközlési Hatóság felkérésére részt vett egyes ETSI-szabványok hazai alkalmazásának, EMC-vizsgálatok és eszköztesztelések kidolgozásában. Tagja az IEEE-nek és titkára a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület Projektmenedzsment Szakosztályának.



LUKOVSZKI CSABA jelenleg kutató a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Itt szerzte az M.Sc fokozatát is távközlési szakirányon, 1998-ban. Azóta számos kutatás-fejlesztési projekt résztvevője, 2004-től a MUSE integrált és a SCALOPES európai uniós projekt helyi koordinátora és nemzetközi munkacsoport-vezetője. Munkája során hozzáférési és nagyvárosi hálózatokban végzett kutató munkát az Ethernet alkalmazásával és az Ethernet IP, IPv6 együttműködési kérdéseivel kapcsolatban. Kutatási témái az IPv6 kapcsolástól és címzési rendszerektől az Ethernet eszközeivel megvalósított hozzáférési szolgáltatások, helyreállítás, biztonsági kapcsolás, szolgáltatás minőség biztosítás, traffic engineering, topológia felderítés, valós bridge-ek teljesítmény analíziséig terjednek. Az elmúlt években számos cégnek készített rövidebb-hosszabb kutatói tanulmányokat. Jelenleg is aktív tagja a HTE Távközlési Szakosztályának.



VARGA DÁVID 2007-ben végzett villamosmérnökként a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Eleinte WiMAX-tesztálózat kiépítésében és mérések elvégzésében vett részt. Később kifejlesztett egy kiegészítést a 802.11 szabványú WLAN-ok működésének módosítására, mellyel a vezeték nélküli állomások infrastruktúra módban is képesek közvetlen kommunikációra egymással. Tanulmányt készített az Országos Meteorológiai Szolgálattal együttműködve a Nemzeti Hírközlési Hatóság számára ETSI szabványú eszköztesztelés-sel, EMC mérésekkel és interferencia vizsgálattal kapcsolatosan. Jelenleg egy WLAN alapú beltéri helymeghatározó rendszert fejleszt.



MICSKEI TIBOR a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karának végzős hallgatója. Jelenleg a Szélessávú Hírközlés és Villamosság-tan Tanszék Mikro-hullámú Távérzékelés Laboratóriumában egy radar-teszter eszköz kialakításában vesz részt.

Irodalom

- [1] Horváth, Z., Micskei, T., Varga, D., Lukovszki, Cs., "Interference on Meteorological Radar and WiFi in 5 GHz band", Budapest, 2008.
http://www.hit.bme.hu/~hotvathz/publication/radar_wifi_interference_summary_2008.pdf
- [2] „ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition (R2003) – Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”, 2003.
- [3] „IEEE Std 802.11a-1999(R2003) – Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band”, 2003.
- [4] „IEEE Std 802.11h-2003 – Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Am.5: Spectrum and Transmit Power Management Extensions in the 5 GHz band in Europe”, 2003.
- [5] „ETSI EN 301 893 V1.2.3: Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive”
- [6] „ETSI EN 301 893 V1.3.1: Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive”
- [7] „ETSI EN 301 893 V1.4.1: Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive”
- [8] „ETSI EN 301 893 V1.5.1: Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive”
- [9] ITU-R Radio Communication Study Groups, „Studies on the effect of wireless access systems including RLANs on terrestrial meteorological radars operating in the band 5600-5650 MHz (documents 8A/103-E and 8B/65-E)”, International Telecommunication Union (ITU), Geneva, Switzerland, 30 August 2004.
- [10] Brandao, A.L., Sydor, J., Brett, W., Scott, J., Joe, P., Hung, D., "5 GHz RLAN interference on active meteorological radars", Vehicular Technology Conference (VTC), 2005. 30 May–1 June 2005, Vol.2, pp.1328–1332.
- [11] European Telecommunications Standards Institute, "DFS Update: European Weather Radars – Details & Overview", BRAN#52, Sophia-Antipolis, October 8-11, 2007.
http://www.ieee802.org/18/Meeting_documents/2007_Sept/BRAN52d014_European_Weather_Radar_Signals_-_Details__Overview.pdf
- [12] Wi-Fi Alliance, Spectrum & Regulatory Committee, "Spectrum Sharing in the 5 GHz Band – DFS Best Practices", 10 October 2007.
http://www.ieee802.org/18/Meeting_documents/2007_Nov/WFA-DFS-Best%20Practices.pdf
- [13] ITU – Radiocommunication Study Groups, „Theoretical analysis and testing results pertaining to the determination of relevant interference protection criteria of ground-based meteorological radars”, Draft new Report ITU-R M.2136, Working Party 5B, 3 December 2008.
- [14] ITU – Radiocommunication Study Groups, "Technical and operational aspects of ground-based meteorological radars", Draft new Recommendation ITU-R M. [MET-RAD], Working Party 5B, 3 November 2008.
- [15] EUMETNET, "Recommendation on C-Band Meteorological radars design to ensure global and long-term coexistence with 5 GHz RLAN", 35th EUMETNET Council, Reading, UK, 4 December 2008.
- [16] Collier, C. G., "Applications of Weather Radar Systems: A Guide to Uses of Radar Data in Meteorology and Hydrology", John Wiley and Sons, New York, 1989., p.294.
- [17] Nemzeti Hírközlési Hatóság: Szélessávú adatátvitel rádiós hozzáférési eszközökkel 2. kiadás, Budapest, 2006. október 1.
<http://www.nhh.hu/dokumentum.php?cid=9034>
- [18] Országos Meteorológiai Szolgálat: Radarfelvételek, Budapest 2007-2009., <http://www.met.hu>