

MIKROHULLÁMÚ HÁLÓZATI ESZKÖZÖK SUGÁRZOTT TELJESÍTMÉNYÉNEK MULTIDIMENZIÓS VIZSGÁLATA A GYAKORLATBAN

Szerző: Horváth Zoltán <horvathz@jedlik.hu>

Konzulens: Dr. Szabó Csaba Attila <szabo@hit.bme.hu>

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Híradástechnikai Tanszék

Bevezetés

Napjainkban egyre nagyobb szerepet töltenek be a mikrohullámú hálózati eszközök, melyek szerepet játszanak a vezeték nélküli Internet-hozzáférésben is. A nagy elterjedtség és eszközsűrűség miatt a használt frekvenciasávokkal egyre inkább jól kell gazdálkodni, ezért nem engedhető meg, hogy az eszköz nem kívánt irányba is sugározzon, ezzel elektromágnesesen szennyezze a környezetét. Mobiltelefonszerű eszköz a nem szándékos sugárzás a felhasználót is éri és a teleppel rendelkező eszközök esetén az üzemidőt is jelentősen csökkentheti. A fentiek alapján rendkívüli jelentőségű a kisugárzott teljesítmény megfelelő irányban történő sugárzása, így célszerű ennek pontos vizsgálata.

A dolgozat célul tűzte ki, hogy éppen ezért a mikrohullámú hálózati eszközök elektromágneses kompatibilitásának vizsgálatához nyújt egy olyan kiegészítést, mellyel a kisugárzott teljesítmény iránykarakterisztikáját határozhatjuk meg nagy pontossággal egyszerű eszközök segítségével.

A dolgozat két eltérő megoldást is ad a jelteljesítmény idő, tér, frekvencia és polarizáció dimenziók szerinti hatékony méréséhez.

Adóteljesítmény irányának vizsgálata

Annak érdekében, hogy egy sugárzott teljesítmény irány és frekvencia szerinti eloszlását feltérképezhessük, azt irányban és frekvenciatartományban is mintavételezni kell. Az ezt megvalósító két eltérő módszer során az alábbi követelményeknek kívánunk eleget tenni:

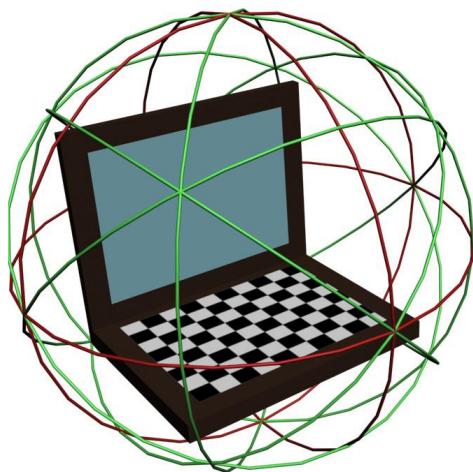
1. Minél nagyobb pontosság elérése;
2. Egyszerű mérőeszközök használata (vezérelhető magasságú antenna (max. 4 m), forgóasztal);
3. Minél automatizálhatóbb megoldás, kevés manuális beavatkozás;
4. A mérés időtartama a gyakorlatiasságnak megfelelően;
5. A vizsgálat eltérő polaritással is valósuljon meg.

Döntött síkok módszere

A javasolt mérésben az eszközt 9 sík mentén vizsgáljuk. (1. ábra) Minden sík az eszköznek egy egyenlítői síkja, mely egyenlítő a SUT (System Under Test, vizsgált rendszer) feltételezett középpontja körüli képzeletbeli gömbön helyezkedik el, melyet az eszközhöz rögzített koordinátarendszernek kell

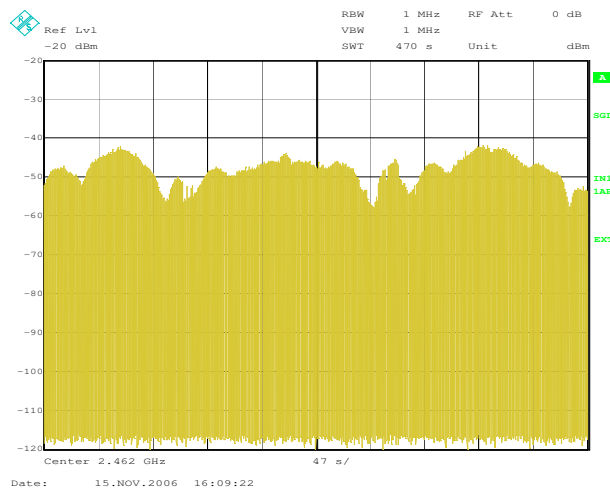
tekinteni. A térbeli derékszögű koordináta-rendszer tengelyeit a vizsgált eszköz geometriájához igazítsuk, annak elemeivel illetve szimmetriatengelyeivel egybeessen illetve merőleges legyen rájuk.

A vizsgálat során a 3 fő síkot szükséges meghatározni, mely e három tengelyre merőleges és az origón megy keresztül. Ez a földrajzi megnevezéseket használva az egyenlítő, a 0-180 fokos és a 90-270 fokos főkör. A SUT-ot a 3 tengely körül megforgatva e síkokat sűrolja a vizsgálati irány egyenese.



1. ábra

A vizsgált eszköz és a mérési irányokat mutató körök és pontok



2. ábra

Egy kör mentén végzett teljesítménymérés eredménye

A forgóasztal segítségével megvalósított forgatás kis szögsebességével lehet biztosítani a megfelelő felbontást. A méréshez használt spektrumanalizátor a körülforgási idővel megegyező pásztázási időt (sweep time), kihúzásnak (span) 0-t, sáv szélesség-felbontásnak (RBW) a jel sáv szélességét – tipikusan 20 MHz-et –, középfrekvenciának pedig az eszköz által használt csatorna középfrekvenciáját kell beállítani. Így az adott kör mentén a teljesítménykarakterisztikát ábrázoljuk. (2. ábra)

Ezzel a 3 síkkal 8 térszögtartomány keletkezett, melyeken belüli kisugárzásról nincs ismeretünk. Keskeny, tűszerű kisugárzások ebben a tartományban is lehetnek anélkül, hogy ki tudtuk volna mutatni azokat. 6 további – az eredetiekhez képest $\pm 45^\circ$ -ban megdőntött – mérési síkkal kiegészítve a mérés ugyan időigényesebb lesz, de a több mintavételi sík miatt pontosabb is. (1. ábra) A szélesebb nyalábú kisugárzások mindegyikét és a tűszerűek jelentős részét is így megtalálhatjuk.

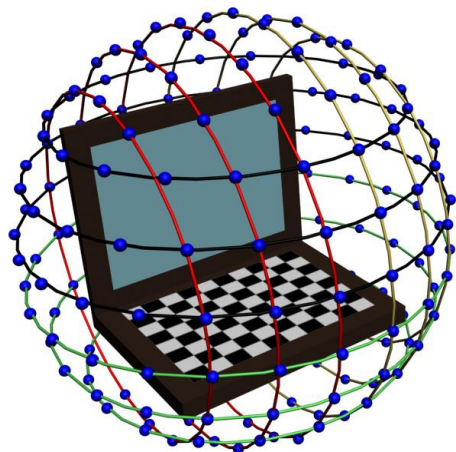
A körök metszéspontjaiban azok eltérő irányja miatt több polarizáció szerinti eredmény is adódik.

Egyenletes gömbi háló módszer

Ez esetben a méréseket nem az origón átmenő síkok mentén folytonosan, hanem a képzeletbeli gömbfelületen egyenletesen elhelyezkedő (1.) mérési pontokban végezzük.

A mérőantenna és a tárgy **távolságát** a vizsgálatnak keretet adó szabvány [2] 5 m-ben maximalizálja. A kis mérőtávolság nem előnyös, mert a nem pontos távolság-beállításból vagy a nem pont az adóantenna körüli forgatásból eredő távolságváltozás is jelentős vett teljesítménykülönbséget okozhat, mely a pontatlanságot növeli. Nagy távolság esetén a teljesítmény csökken, a zajszinthez közelebb kerül, a reflektált jelek dominánssá válhatnak. Ezek alapján a 3 méteres mérőtávolság ideális.

Ilyen távolságból a mérésekhez használt átlagos antennát geometriájából adódóan hozzávetőlegesen 2×2 fokos szögben éri a sugárzás, így teljes térszögtartományt lefedéséhez több mint 10000 mérési pontra (irány) van szükség. Ez az előírt [2] 30 MHz – 26,5 GHz-es frekvenciatartomány vizsgálatával igen hosszú ideig tart. A mérési pontok száma csökkenthető, ha nem törekszünk az összes – ritkán előforduló – kis nyílásszögű intenzív kisugárzás megtalálására. 4-8 óra alatt 50-200 pont mérhető le. Az alábbi megoldás egy 186 pontos mérést javasol, melyhez 15×15 fokos felbontás tartozik.



3. ábra

A vizsgált eszköz és a mérési irányokat mutató körök és pontok

Az automatizálhatóság (3.) és az egyszerűbb, rövidebb megvalósíthatóság (4.) miatt pedig célszerű, ha minden pont egy gömbi körön helyezkedik el. Egyszerű eszközöket használva (2.) a körökön való mozgást a forgóasztal segítségével érdemes megvalósítani. A körök között az antennamagasság állításával válthatunk. A 3 méteres mérőtávolságot és az antenna magasságtartományát figyelembe véve manuális beavatkozás nélkül, egy pozícióban 3 gömbi körön lévő pontok mérhetők meg. Az adott körre az antennát – megfelelő magassággal – ráállítva az asztal körbeforog, miközben a mérési pontoknál megáll a szükséges mérés elvégzéséig. Egy teljes kör megtétele esetén az antenna

magasságot megváltoztatva egy másik kör következik hasonlóan az előzőhöz.

A vizsgálat során szükséges **4 pozíció** beállítása manuálisan történik. Az eszköz természetes elhelyezkedése (egyenlítő fölötti öv) és a forgóasztal síkjára szimmetrikus pozíció (fejfel lefelé) (egyenlítő alatti öv) mellett a kezdeti pozícióhoz képest 90 fokkal jobbra/balra megdöntve (függőleges szimmetriasíktól balra/jobbra található öv) adja e pozíciókat. Utóbbi kettőnél csak a sapkák irányában mérünk, mivel az első kettő során az egyenlítő környéki öveket megvizsgáltuk.

Az egyes mérési pontok közvetlen szomszédjuktól vertikálisan és az elevációs szöget nézve is 15 foknyira helyezkednek el. Így az övi körök által meghatározott irányok az egyenlítő síkkal rendre $\pm 7,5$, $\pm 22,5$ és $\pm 37,5$ fokokat zárnak be. Ez mondható el a másik 6 körről is 90 fokkal elforgatva.

	Elevációs szög (fok)	Pontsorhoz tartozó sugár	Pontsorhoz tartozó pontok száma (számolt)	Pontsorhoz tartozó pontok száma	Pontok közötti szög (vízszintes síkban) (fok)	Antenna magassága a tárgy síkja felett (m)	Antenna-távolság (m)	Bejárt szögtartomány (fok)
Egyenlítői öv	7,5	0,9914454	23,794689	24	15	0,39494571	3,02588	360
	22,5	0,9238840	22,173215	22	16,363636	1,242599981	3,24716	360
	37,5	0,7933651	19,040762	19	18,947368	2,301888961	3,78136	360
Sarki sapka	7,5	0,9914454		2×6	15	0,39494571	3,02588	2×90
	22,5	0,9238840		2×5	16,363636	1,242599981	3,24716	2×81,81818
	37,5	0,7933651		2×3	18,947368	2,301888961	3,78136	2×56,84211
Pontok száma összesen:				186				

1. táblázat: A mérési pontokat meghatározó paraméterek egységsugarú gömbön

Az egyenlítői körön a mérési pontok 15 fokonként helyezkednének el, ezért arra 24 ilyen pont kerülne. Azonban a körök ettől távolodva egyre kisebb sugarúak, így a pontok azonos távolságát biztosítandó kevesebb mérési pontra van szükség. A forgóasztalt tehát ez ebből adódó szögeknek megfelelően kell a forgatás során léptetni. A sapkák lefedésénél hasonló helyzet áll elő, a „sarkok” közelében futó körökívekre 6-6, míg attól távolabb 5-5 illetve 3-3 mérési pont kerül.

Az **antennamagasság** megkapható a vizsgált tárgy és az adott elevációhoz tartozó gömbi kör mérési pontja közötti félegyenes és az antenna mozgását meghatározó függőleges egyenes metszéspontjából.

Ha az antenna emelése közben nem döntjük meg azt a vizsgálandó eszköz felé, úgy az antenna iránykarakterisztikáját is figyelembe kell venni. A korrekció mértékét az antenna főirányú nyeresége és az adott elevációs szöghöz tartozó nyeresége közötti különbség adja.

A 37,5 foknál magasabbról a vizsgálat a 3 méteres távolság mellett nem kivitelezhető az antenna oszlopának és egy átlagos rádiófrekvenciásan árnyékolt mérőszoba magassága miatt. Ekkor forgóasztaltól származó és az antenna a teremhez képest jelentős hely és helyzetváltoztatása miatti reflexió is megnövekedhet. Az antenna magasságának növelésével a mérőtávolság is megnő. A csillapításkorrekciót kalibráló méréssel vagy a szabadtéri csillapítást számításával (1) adhatjuk meg:

$$a_0 = 10 \cdot \log \frac{(4 \cdot \pi \cdot r)^2}{\lambda^2} \quad (1)$$

ahol r az adó-vevő távolság, λ a vivő hullámhossza méterben, az eredmény pedig dB-ben adódik.

Az egyenletes gömbi háló módszer jól **skalázható**. A pontosságot a körök és a pontok számának növelésével javíthatjuk, míg elhagyásukkal a méréshez szükséges időt csökkenthetjük, de utóbbival az ideális 2×2 fokok felbontástól már jelentősen eltérünk, ezért ez nem javasolt.

A sugárzás **polarizáció**jának leméréséhez a kevesebb kézi beavatkozás érdekében polárváltó mechanika használata javasolt. A polarizációváltások minimalizálása miatt minden kört vertikális majd horizontális polarizáltsággal mérjük végig. Polárváltó hiányában az eddigi gömbi körök által meghatározott mindkét tengelyre merőleges tengelyre a többihez hasonló gömbi köröket helyezünk el. Ez a pozíciók számát 6-ra növeli, de minden kör mentén az összes pontot megmérve pontonként éppen két egymásra merőleges módon – tehát mindkét polarizációval – fogunk mérést fogunk végezni.

Következtetések

A két módszerről megállapítható, hogy a kitűzött követelményeket teljesítik, és alkalmasak teljesítmény-kisugárzás mérésére. Univerzalitása miatt a második módszer használata javasolt.

Irodalomjegyzék

- [1] Chr. Bornkessel, D. Heberling, M. Neikes, A. Schramm: *3D Radiated Power Measurements of Mobile Phones at IMST With Regard to User Interaction*, IMST GmbH
- [2] EN 300 328-1 VI.6.1 *Elektromágneses összeférhetőségi és rádióspektrumügyek (ERM). Széles sávú átviteli rendszerek. A 2,4 GHz-es ISM-sávban működő, szórt spektrumú modulációt alkalmazó adatátviteli berendezések.*, ETSI, 2006