Horváth Zoltán horvath.zoltan@zmne.hu

URH ÉS MIKROHULLÁMÚ FÖLDFELSZÍNI PONT-PONT RÁDIÓ-ÖSSZEKÖTTETÉS TERVEZÉSÉNEK TÁMOGATÁSA HULLÁMTERJEDÉSI MODELLEK ALKALMAZÁSÁVAL

Absztrakt

Az URH és mikrohullámú földfelszíni pont-pont rádió-összeköttetés tervezése nem egyszerű feladat. A domborzat figyelembe vétele, időigényes, szubjektív hibákkal terhelt. Nem elegendő az optikai láthatóság vizsgálata. A szerző bemutatja azokat az algoritmusokat, melyek a rádió-összeköttetés automatizált tervezését elősegíti.

Not so easy task to plan a radio connection between two points, close to the surface used VHF or higher frequencies. To count the the effect of the terrain over the radio connection is too consumptive of time and involved of subjective mistakes. The monitoring of optical visibility is not enough in this case. The author show us that algorithms which ones conduce to plan radio connection by automated proceedings.

Kulcsszavak: URH, mikrohullám, rádió-összeköttetés, automatizált tervezés ~ VHF, radio connection, automated planning

1. A RÁDIÓCSATORNA, MINT EGY RENDSZER KRITIKUS ELEME

A rádiórendszerek egyes elemeinek, rendszertechnikai részegységeinek vizsgálata során belátható, hogy összeköttetés tervezése szempontjából az átvitel "leggyengébb láncszeme" a *rádiócsatorna*.

Míg a többi rendszerelem emberi tervezés eredménye, tulajdonságaik jól meghatározhatóak, addig a rádiócsatorna tulajdonságainak vizsgálatára, befolyásolására kevés lehetőség áll rendelkezésre.

A rádiócsatorna az adóantenna bemenete és a vevőantenna kimenete közötti kétkapu (1. ábra), melynek csillapítása a szakaszcsillapítás.

Az antennák egyik fő feladata a rádiórendszerekben a jelátalakítás. Az adóantenna a bemenetére juttatott, vezetett hullámot alakítja át térhullámmá, a vevőantenna a térhullámot alakítja vissza vezetett hullámmá. Az adó- és vevőantenna közötti térrészben a rádióhullámok közvetítő közeg nélkül, a rádiócsatornában haladnak.

Az adó- és a vevőantenna közötti térrészben a rádióhullámok többféle mechanizmus útján terjedhetnek. URH és mikrohullámú frekvenciatartományban a talaj csillapító hatása olyan nagy, hogy a felületi hullámú terjedési mód figyelmen kívül hagyható, az összeköttetés gyakorlatilag térhullámokkal jön létre.

A föld felszínéhez közeli két pont között számos terjedést módosító tényezővel kell számolni, mint a föld véges vezetőképessége, görbültsége, domborzat hatása, a föld felületéről történő visszaverődés hatása, a légkör törésmutatójának magasságfüggése. Meg kell vizsgálni (reflexió, diffrakció), hogy meddig használható a számítások során a geometriai optika.

A földfelszín fölötti optikai rálátás önmagában nem elegendő a szabadtéri térerősség jelenlétéhez.



1. ábra: A rádiócsatorna

A rádiócsatorna szakaszcsillapítása (*a*_{sz}):

$$a_{sz} = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{be}}{P_{ki}} \right) \quad [dB]$$

ahol: Pbe be

P_{ki}

bemeneti teljesítmény maximális kivehető hatásos teljesítmény

2. SZAKASZCSILLAPÍTÁS BECSLÉSE EGY HULLÁMTERJEDÉST GÁTLÓ AKADÁLY ESETÉN

Amennyiben egy akadály terheli a rádiócsatornát, a szakaszcsillapítás számítása során figyelembe kell venni a diffrakciós fadinget.

A diffrakciós fading:

$$L[dB] = 20 \cdot \lg \left| \frac{E}{E_0} \right|$$

ahol: E a fading által csökkentett térerősség
E₀ a szabadtéri térerősség

Ez alapján a szakaszcsillapítás:

$$a_{sz} = a_0 - L [dB]$$

ahol: a_0 a szabadtéri csillapítás
L az akadály(ok) okozta diffrakciós fading

A Huyghens-elv alapján a hullámterjedés a hullámfrontban található elemi centrumok útján jön létre. Ha a forrás és a vizsgált pont köré ellipszoidsereget rajzolunk (2. ábra), melynek nagytengelyei (*b*) rendre:

$$b = d + k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

ahol: d a forrás és a vizsgált pont távolsága
k természetes szám
 λ hullámhossz

A Fresnel-ellipszoidok által zónázott azonos zónában található elemi centrumok egymás hatását erősítik, az egymással szomszédos zónában található elemi centrumok egymás

hatását gyengítik. A legbelső zónától (I. Fresnel-ellipszoid) eltekintve az egyes zónák egymás hatását gyakorlatilag semlegesítik.



2. ábra: Fresnel-zónák

A 3. ábrán látható a rádiócsatorna vertikális síkmetszete. Igen jó közelítéssel (horizontális terjedést feltételezve) x_0 helyen az I. Fresnel-zóna sugara (r_0):



A 3. ábra alapján az I. Fresnel-zónába a benyúlás mértéke (v_0):

d

$$V_0 = \frac{y_0}{r_0}$$

A késél okozta fading a benyúlás mértékének függvényében a 4. ábrán látható. Kiszámítva (v_0) értékét az egy késél okozta fading ($L(v_0)$) meghatározható:

az összeköttetés távolsága



 $L(v_0)$ függvény értelmezési tartományát felosztva az egyes tartományokhoz közelítőfüggvény rendelhető, mely segítségével (v_0) ismeretében L számítható.

Ezek a függvények a következők:

$$L_{(v_0)[dB]} = \begin{cases} 20 \cdot \lg(1) & v_0 \in (-\infty; -0, 8) \\ 20 \cdot \lg(0, 5 - 0, 62 \cdot v_0) & v_0 \in [-0, 8; 0) \\ 20 \cdot \lg(0, 5 \cdot 10^{-0, 95v_0}) & v_0 \in [0; 1) \\ 20 \cdot \lg\left(0, 4 - \sqrt{0, 1184 - (0, 38 - 0, 1 \cdot v_0)^2}\right) & v_0 \in [1; 2, 4) \\ 20 \cdot \lg\left(\frac{0, 225}{v_0}\right) & v_0 \in [2, 4; \infty) \end{cases}$$

3. SZAKASZCSILLAPÍTÁS BECSLÉSE TÖBB HULLÁMTERJEDÉST GÁTLÓ AKADÁLY ESETÉN

Rendszerint a rádiócsatornát nem egy, hanem több akadály terhel. A többszörös késél okozta diffrakció számítás valamennyi algoritmusának alapjául az egyetlen késélre vonatkozó fading számítása szolgál. A különbség az egyes késélek figyelembevételében, a késélek egymásra hatásának modellezésében van. Négy terjedési modellt vizsgáltam.

A *Bullington modell* a rádiócsatorna két végpontjából a legmagasabb helyszög adat látható két késél felhasználásával, egyeneseket fektetve az adó és közeli késéle, valamint a vevő és közeli késéle csúcsára, az egyenesek metszéspontja jelöli ki egy virtuális késél helyét és csúcsát (5. ábra). Ez a megoldás igen durva megközelítést jelent.



5. ábra: Bullington modell

A szakaszcsillapítás:

$$a_{sz} = a_0 - L(h_a; h_{cs} \{\vartheta_{a\max}; \vartheta_{b\max}\}; h_b)$$

Ennél lényegesen jobban használható az *Epstein-Peterson modell*. A rádiócsatorna egyik végpontjából a másik irányba haladva az egyes késélek okozta fadinget a szomszéd késélek csúcsaira, mint virtuális adó, illetve vevőpontra számítja, majd az eredő diffrakciós fading ezek összege (6. ábra). Ez a modell túlbecsüli a térerősséget, tehát alábecsüli a csillapítást, ezért EMC vizsgálatoknál használatos.



6. ábra: Epstein-Peterson modell

A szakaszcsillapítás:

$$a_{sz} = a_0 - \sum_{i=1}^{n-1} L(h_{i-1}; h_i; h_{i+1})$$

Ennek ellenpéldája a szintén gyakorlatban is használatos *Deygout modell*. A rádiócsatornában a benyúlás mértéke alapján kiválasztja a legdominánsabb késélt. Ezt 49

követően, kiszámítva a hozzátartozó fadinget a domináns késélnél kétfelé választja a rádiócsatornát. Az algoritmus az adó, illetve a vevőantenna felé mindaddig folytatódik, míg a virtuális rádiócsatornák késélt tartalmaznak (7. ábra).



 h^{\ast} : a Fresnel-ellipszoid nagytengelyétől mért távolság

7. ábra: Deygout modell

A szakaszcsillapítás:

 $a_{sz} = a_0 - \sum_{i=1}^{n-1} L(v_i)$ ahol (a 7. ábra alapján, feltételezve, hogy $v_3 > v_1 > v_2$ és $v_3 > v_4$): $v_3 = v(h_a; h_3; h_b);$

 $v'_{1} = v(h_{a}; h'_{3}; h_{b});$ $v'_{1} = v(h_{a}; h'_{1}; h_{3});$ $v'_{2} = v(h_{1}; h'_{2}; h_{3});$ $v'_{4} = v(h_{3}; h'_{4}; h_{b});$

Programozás-technikailag az eljárás rekurzív algoritmust eredményez. A módszer túlbecsüli a szakaszcsillapítást, tehát alábecsüli a térerősséget, ezért összeköttetések számításánál használatos.

Epstein-Peterson és Deygouth módszerén kívül a gyakorlatban még a *Japán modell* használatos. Epstein-Peterson módszeréhez hasonlóan a rádiócsatorna egyik végpontjától (adó) indul a másik végpont (vevő) felé. Az egyes késélek okozta fading értékét úgy határozza meg, hogy a virtuális vevőt a vizsgált késélt sorrendben követő késélre helyezi. Az adó pozícióját nem változtatja, viszont az adó virtuális magasságát a vizsgált és az azt sorrendben megelőző késélek csúcsaira fektetett egyenes adó antenna helyén kimetszett magassága adja (8. ábra).



8. ábra: Japán modell

A szakaszcsillapítás:

$$a_{sz} = a_0 - \sum_{i=1}^{n-1} L(h\{h_{i-1}; h_i\}; h_i; h_{i+1})$$

Ez a modell Epstein-Peterson és Deygouth módszerével számított csillapítás értékeinek köztes értékét adja, de az eredmény a vizsgálat irányára nem szimmetrikus

ÖSSZEFOGLALÁS

Megvizsgálva a különböző hullámterjedési modelleket megállapítható, hogy URH és mikrohullámú földfelszíni pont-pont összeköttetés esetén – térhullámú terjedést feltételezve – nem elegendő az optikai láthatóság vizsgálata. Az egy késél okozta többletcsillapítás számítása kidolgozott, erre épülve számos terjedési modell létezik. A modellek jól algoritmizálhatóak.

Az említett modellek alkalmazása napjainkban egyre szélesebb körben megvalósul. A térképi információk digitális formában történő elérhetősége, feldolgozhatósága lehetőséget biztosít ezen modellek tervező munkába történő alkalmazására. A térinformatikai alapú tervező, elemző munka ezáltal gyorsabbá, olcsóbbá, megbízhatóbbá válik és új minőséget rejt magában.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- J. D. Parsons: The Mobile Radio Propagation Channel, Pentech Press, London, 1992;
- Wireless Communication, Radio Propagation modells, (http://people.deas.harvard.edu/~jones/es151/prop_models/propagation.html);
- Dr Istvánffy Edvin: Tápvonalak, antennák és hullámterjedés, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967;
- Géher Károly fsz.: Híradástechnika, Műszaki könyvkiadó, Budapest, ISBN 963 160173 0.