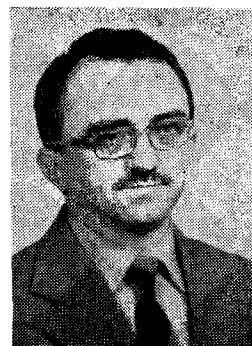


12 GHz-en végzett hullámterjedési mérések eredményeinek kiértékelése

DR. BOGNÁR ZOLTÁN —
CZAPÁRY ANDRÁS

Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola
Távközlési és Automatizálási Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

A 12 GHz-es indítandó hullámterjedési mérést ismerteti a cikk. Egy-idejű szakaszcsillapítást, keresztpolarizációs csillapítást és esőintenzitást mérünk egy adó és egy vevő felhasználásával. Az esőmérő gyors működésű és jó felbontást tesz lehetővé. A mért 5 paraméterből 4 továbbit állítunk elő adatszelekcióval, hogy információt gyűjtünk a többutas terjedésről. A nyert adatok kiértékelése a két-dimenziós sűrűségfüggvények előállításával kezdődik, amelyek a H és V polarizációban mért csillapítások a HV és VH keresztpolarizációs csillapítások, valamint az eső havi eloszlásfüggvényeit szolgáltatják. A korrelációs tényezőket is meghatározzuk. A mikroprocesszoros adatfeldolgozó rendszer kinyomtatja az óras maximum, minimum és medián értékeket is.

1. Bevezetés

A mikrohullámú távközlési csatornák tervezéséhez, ezen keresztül a frekvenciasávok legjobb kihasználásához szerte a világon számos hullámterjedési mérést végeztek. Ezekből sok tapasztalat gyűlt össze, melyek alapvető útmutatást adnak arra, hogy milyen paramétereket kell mérni, milyen jelenségeket kell vizsgálni, ha az ország területén vagy annak egy kisebb részén jellemző információkat akarunk kapni a tervezéshez. A mikrohullámú csatornák beruházási költségeit ismerve nyilvánvaló, hogy nem lehet pusztán olvasmányokra támaszkodva tervezni.

A 12 GHz-es sávban először a Posta Kísérleti Intézet végzett Budapest területén méréseket, majd vizsgálatokat az ország más részein. Méréseinket ezek továbbfolytatásaként szerveztük a Tudomány-szervezési és Informatikai Intézet anyagi támogatásával. A szervezést és kivitelezést a Távközlési és Automatizálási Intézet Vezetéknélküli Távközlési Osztálya végzi Czapáry András, Szabó Zsolt, Kolos Tibor, Kalász Gyula és Oláh Ferenc főiskolai adjunktusok részvételével. Az állami megbízásként folyó munkát dr. Bognár Zoltán főiskolai docens irányítja.

2. A mérőrendszer felépítése

A felépítést a kivitelezés folyamán kissé módosítottuk, hogy a mérések a lehető legtöbb szükséges információt nyújtsák a szakaszról. Az 1. ábrán látható a rendszer vázlata. Az adó és vevő oldali RF részeket részletesen ismertettük (1), így itt csak az adás és vétel idődiagramját mutatjuk be (2. ábra). Látható, hogy a vett jelből egy 4 ms-os periódusban veszünk mintát, így valamennyi azonos idejűnek

DR. BOGNÁR ZOLTÁN

1962-ben szerzett oklevelet a BME Villamosmérnöki Karán. Az Orionban fejlesztőmérnökként 1971-ig, közben évekig a Távközlési Kutató Intézetben és a Finommechanikai Vállalatnál a mikrohullámú rendszerek fejlesztésén dolgozott. 1965–66-ban mikrohullámú szakmérnöki tanfolyamot végzett a BME-n. 1971–1980-ig a Postavezérigazgatóság Vezetéknélküli Táv-

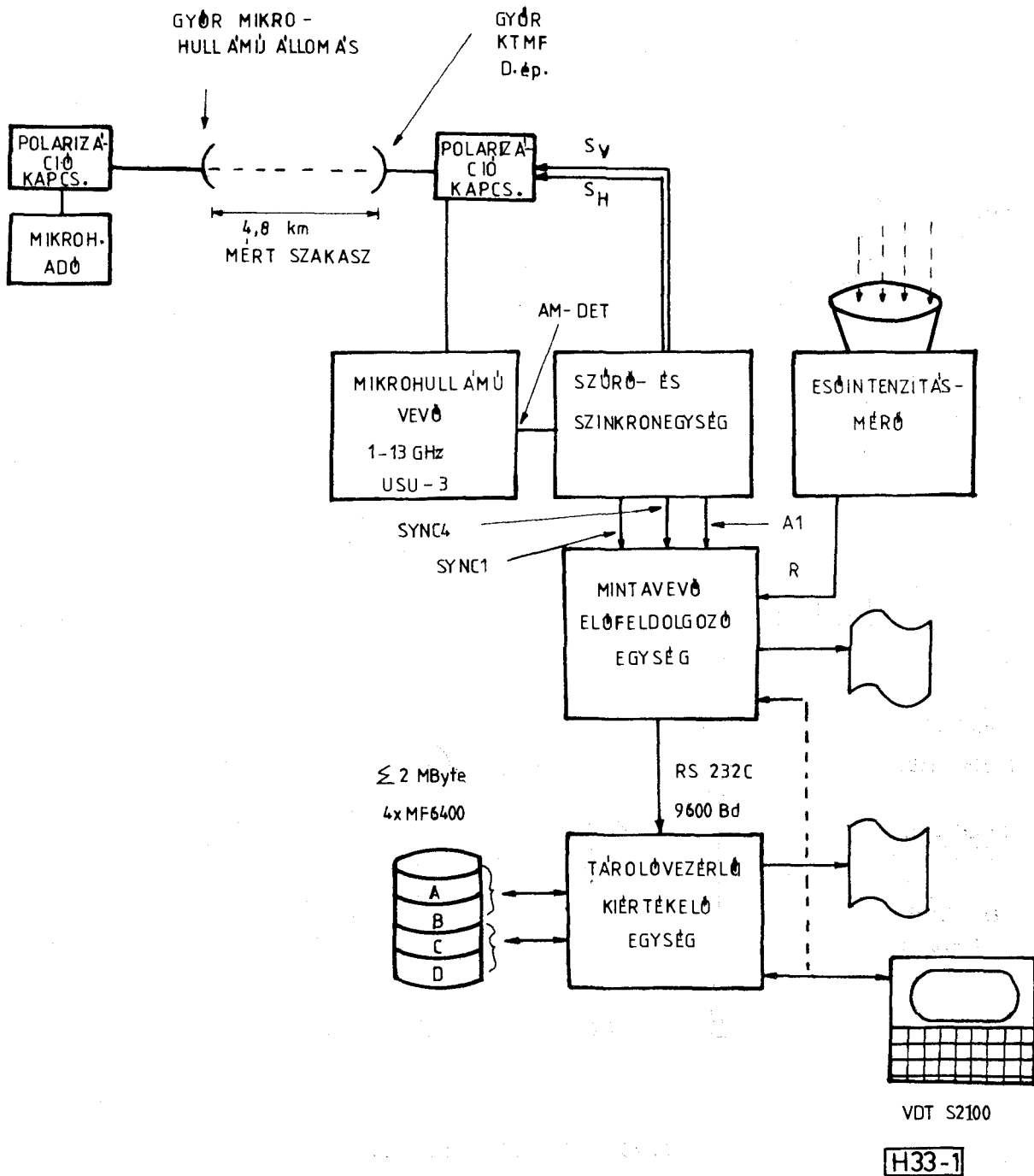
közlési Szakosztályán dolgozott a mikrohullámú rendszerek szakterületén. 1973-ban védte meg doktori disszertációját, melynek témája „Rádiócsatornák megbízhatósága valóságos terjedési feltételek mellett”. 1976–77-ben Zambiában oktatott, oktatásszervezési tevékenységet végzett a Nemzetközi Távközlési Egyesület megbízásából. 1980-tól a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola docense, a Vezeték Nélküli Távközlési Osztály vezetője.

tekinthető. Ezt az indokolja, hogy 100 dB/s sebességű fading esetén is legfeljebb 0,4 dB-t változhatnak a mintaamplitúdók, ami jelentősen kisebb a tervezett felbontásnál (1. 1. táblázat). A táblázat a mérési tartományokat is mutatja. Az esőintenzitást saját készítésű műszerrel mérjük (2).

A mérési adatok feldolgozását egy 2 processzoros adatgyűjtő rendszer végzi, melyet az alábbiakban ismertetünk:

A mikrohullámú adó PIN diódás kapcsolója 2 ms-ig 10 kHz-cel szaggatott H polarizációjú jelet, 2 ms-ig V polarizációjú jelet juttat az ADÁS oldali parabola antennára. A VÉTEL oldalon a parabola antenna jele tápvonalak közbeiktatásával PIN diódás kapcsolókkal realizált polarizáció kapcsolóra jut, amely felváltva a mindenkori vett H polarizációjú és vett V polarizációjú jelet kapcsolja az USU-3 mérővevő bemenetére. A PIN-diódás kapcsolókat működtető S_H és S_V kapcsoló vezérlő jeleket a szűrő és szinkron egység állítja elő a mindenkori vett jelből. A mintavevő és előfeldolgozó egység egyik bemenetére az USU-3 vevő AM-DET kimenete kapcsolódik (jele A1), amely tehát időmultiplex jel. Az időmultiplex jelből helyes időpontban történő mintavétel időzítésére szolgál a SYNC1 és SYNC4 jelű csatorna. Az F_H fading és a P_{HV} polarizációs csillapítás mintavétele és mérése a megfelelő 1 ms-os időrés 8-ik 100 μ s-jában történik. Az F_V fading és a P_{VH} polarizációs csillapítás mintavétele és mérése a megfelelő 1 ms-os időrés 3-ik 100 μ s-jában történik. A mintavevő és előfeldolgozó egység másik bemenetére az esőintenzitás mérő kimenete kapcsolódik (jele R). Az R jel időben lassan változik, mintavétele

* Beérkezett: 1985. II. 12.)

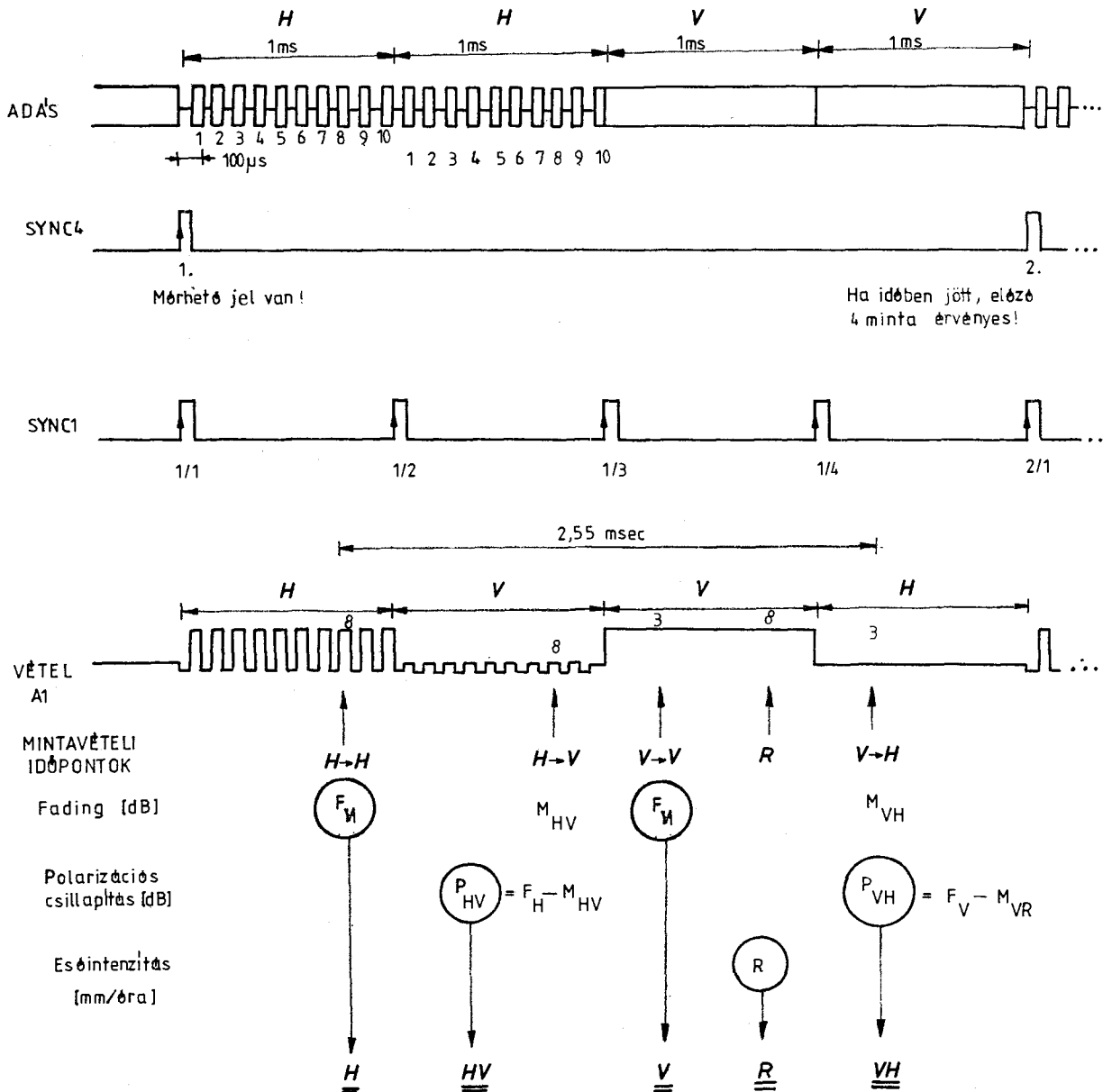


1. ábra. A mérőrendszer vázlatja

és mérése az F_V fading 1 ms-os időrésének a 8-ik 100 μ s-jában történik. A mintavevő és előfeldolgozó egység MC6802 CPU-val, 50 kByte RAM, 12 kByte EPROM memóriával rendelkező mikroprocesszoros egység, ESZR méretű rackfiókban helyezkedik el. Párhuzamos printer interfésszel, videoterminál csatlakoztatására alkalmas soros 1200 Bd sebességű, RS232C interfésszel, valamint adatátviteli rendeltetésű soros 9600 Bd sebességű, RS232C interfésszel rendelkezik. 25 μ s konverziós idejű AD572 típusú, Analog Devices gyártmányú A/D Konvertert alkalmazunk analóg/digitál átalakítóként. A mintavétel egyidejűsége 2,55 ms, a konverzió 12 bites a nagyobb pontosság érdekében.

A mintavevő és előfeldolgozó egység két fontosabb funkciója:

- Az ún. *órás* feldolgozáshoz a H , V , HV , VH , R jellemzőket reprezentáló 8 bites alapidatokat gyűjti 8 ms felbontásban. Maximum, minimum és medián meghatározásokat végez, az eredményeket nyomtatja.
- Az ún. *havi* feldolgozáshoz a H , V , HV , VH , R jellemzőket reprezentáló 8 bites alapidatokat 0,5 s felbontásban gyűjti és átmenetileg 1 órára tárolja. Az 1 órás adatmennyiséget az adatátviteli interfészen mintegy 1 perc alatt át-küldi a tárolóvezérlő és kiértékelő egységhez.



H33-2

2. ábra. Mintavételi időpontok

A tárolóvezérlő és kiértékelő egység i8085 CPU-val, 56 kByte (bankelhető) RAM memóriával, 6 kByte EPROM memóriával rendelkező mikroprocesszoros egység, ESZR méretű rackfiókban helyezkedik el. Párhuzamos printer interfésszel, videoterminál csatlakoztatására alkalmas soros 1200 Bd sebességű, RS232C interfésszel, valamint adatátviteli rendeltetésű soros 9600 Bd sebességű, RS232C interfésszel rendelkezik.

A 4 db MF6400 típusú MOM floppy-diszk 2 MByte tárolási kapacitással a havi feldolgozások tárolási igényének, valamint az archivált adatok feldolgozási igényének kielégítését szolgálja. A berendezéshez EPROM és PROM égető csatlakoztatható.

A tárolóvezérlő és kiértékelő egység fontosabb funkciói:

- A mintavevő és előfeldolgozó egységtől átvett 1 órás adatmennyiség időbeli eloszlásainak meghatározása, nyomtatása, átmeneti tárolása.
- Havi kétdimenziós sűrűségfüggvények előállítására 6 bites felbontásban.
- Eső időtartam eloszlásainak meghatározása.
- Kétdimenziós sűrűségfüggvényeket alapul vevő különféle feldolgozások.

Alapparaméter minták	Mérési tartomány	Felbontás
síkpolárizációs csillapítás (H és V)	50 dB	1 dB
polárizációs csillapítás (V → H és H → V)	30 dB	1 dB
esőintenzitás (R)	5–200 mm/6	5 mm/e

I. táblázat Mérési alapparaméterek

I. táblázat. Mérési alapparaméterek

3. Mért jellemzők és kiértékelésük

Síkpolárizált jelekkel végezzük a mérést, amikor ezeket csillapítását és a közöttük levő polarizációs csillapítást mérjük. Szétválasztjuk a mért jeleket esős és esőmentes időben mért jellemzőkre, így tanulmányozhatjuk az eső, illetve több utas terjedés hatását. A feldolgozás során előállítjuk a csillapítások és polarizációs csillapítások havi eloszlásfüggvényét, az óras max, min és medián értékeket, egyes korrelációs együtthatókat és regressziós görbéket az alábbiak szerint:

$\left. \begin{matrix} H \\ H \rightarrow V \\ V \\ V \rightarrow H \\ R \end{matrix} \right\}$	primer adatok	a 9 v. v. havi eloszlás-függvénye a 9 v. v. óras max, min és medián értéke
$\left. \begin{matrix} H \\ H \rightarrow V \\ V \\ V \rightarrow H \end{matrix} \right\}$	esőmentes időben adatszelekcióval	Korrelációs együtthatók: esős időben: $H, V; H, VH; H, R; V, HV; V, R; VH, R; HV, R$. esőmentes időben: $H, V; H, VH; V, HV$ regressziós görbe

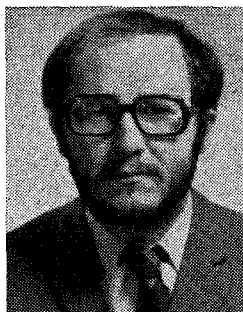
A kiértékelés alapját a korrelációs együtthatónál a fent feltüntetett v. v. párok kétdimenziós hisztogramjának előállítására képezi. Tekintve, hogy diszkrét eloszlásról van szó, az együttes hisztogramot egy-egy kétdimenziós $S_H \times S_V, S_H \times S_{VH}, S_H \times S_R, \text{ ill. } S_{VH} \times S_R$ méretű mátrix képviseli.

Az S -ek itt a felbontást jelentik, melyek végleges értékét a mérőrendszer kiépítettsége korlátozza, de fennáll, hogy

$$S_H, S_V \geq 50, S_{VH} \geq 30, S_R \geq 40. \quad (1)$$

A feldolgozás ismertetéséhez tekintsük csak a H, V hisztogramot, melynek elemei b_{HIVJ} -k. Ebből az egyedi H és V hisztogramokat a

$$b_{Hi} = \sum_{j=1}^{S_V} b_{HIVj} \quad \text{és} \quad b_{Vj} = \sum_{i=1}^{S_H} b_{HIVj}. \quad (2)$$



CZAPÁRY ANDRÁS,

a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola Távközlési és Automatizálási Intézetének adjunktusa. 1973-ban végzett a BME Villamosmérnöki Kar Híradás-

technika Szakán. 1978-ban digitális elektronikai szakmérnöki képzést szerzett. 1973–75 között a BEAG Elektroakusztikai Gyárban dolgozott, mint fejlesztőmérnök. Társszerzője több szabadalomnak. 1978 óta mikroprocesszorok alkalmazásával, hardver és szoftver tervezési kérdéseivel foglalkozik. A Főiskolán oktatói munkája során számos jegyzetet írt. Az utóbbi években szakmai érdeklődése és munkája mikroprocesszoros belépésellenőrző és riasztórendszerek tervezése. Tagja a HTE Mikroszámítógépes Programnyelvek és Operációs Szakosztály Vezetőségének.

Természetesen az is fennáll, hogy a teljes havi mintaszám

$$B_H = \sum_{i=1}^{S_H} b_{Hi} = B_V = \sum_{j=1}^{S_V} b_{Vj}. \quad (3)$$

Az egydimenziós hisztogramokból az eloszlásfüggvények az alábbiak szerint állíthatók elő, pl.:

$$F_H(h) = \frac{1}{B_H} \sum_{h_i \leq h} b_{Hi}, \quad (4)$$

ahol h végigfut a H teljes fadingtartományon (50 dB), melyet a h_i diszkrét értékek képeznek. Az eloszlások jellemzői az alábbiak szerint számíthatók: várható érték:

$$M(H) = \frac{1}{B_H} \sum_i h_i b_{Hi} \quad (5)$$

szórás:

$$D(H) = \sqrt{\frac{1}{B_H} \sum_i h_i^2 b_{Hi} - M(H)^2}. \quad (6)$$

Fentiek ismeretében meghatározható a két v. v. korrelációs együtthatója is:

$$r_{H,V} = \frac{\frac{1}{B_H B_V} \sum_{i=1}^{S_H} \sum_{j=1}^{S_V} h_i v_j b_{HIVj} - M(H) \cdot M(V)}{D(H) \cdot D(V)}. \quad (7)$$

Az együttes eloszlások ismerete lehetőséget ad egyes eseményekre vonatkoztatott feltételes eloszlások előállítására is, pl.:

$$F_{H|R=0}(h) = \frac{1}{B_{H|R=0}} \sum_{h_i \leq h} b_{H|R=0}. \quad (8)$$

Ez természetesen azonos eloszlást ad, mint az esőmentes időben adatszelekcióval nyert H, V vagy H, VH együttes hisztogramból (2), (3) és (4) szerinti peremeloszlás.

Két v. v. együttes eloszlásának ismeretében statisztikai becslést is adhatunk a kettő közötti függ-

vényszerű kapcsolatra, pl. a H polarizációban mért csillapítás (A_H) és az esőintenzitás (R) között:

$$A_H(R) = M(\xi_H | \xi_R = R) \quad (9)$$

alakú regresszió képzésével, ahol M a várható érték képzést jelöli. A (9) alakú függvényt ξ_H -nak ξ_R -re vonatkoztatott regressziójának nevezzük [3]. Ezt alkalmazva:

$$A_H(R_K) = \frac{\sum_{i=1}^{S_H} h_i b_{H_i R_K}}{\sum_{i=1}^{S_H} b_{H_i R_K}} \quad (10)$$

empirikus függvényt kapjuk.

Az esőcsillapítás eloszlásának meteorológiai mérésekből való becslése céljából 30 mp, 1, 5, 10 perces, 1 órás átlagolással is veszünk fel esőintenzitás eloszlásfüggvényt.

A CCIR által ajánlott (4) 1 órás feldolgozást is végzünk abból a célból, hogy vizsgálható legyen a paraméterek napi változása. Ennek alapján felvehető a nap meghatározott órájában valamelyik paraméter éves eloszlása vagy az óras maximumok, minimumok vagy mediánértékek havi eloszlása.

A mérőrendszer lehetővé teszi az egyidőben mért paraméterek kinyomtatását, mellyel pl. a regressziós becslés jósága szemléletesen ellenőrizhető. Az eső jellegét naplózással rögzítjük.

Összefoglalás

A fentiekben ismertetett mérés láthatóan számos alapinformációt ad a távközlési csatornák tervezéséhez. Az empirikus eredmények felhasználását tovább könnyíti, ha illeszkedő függvényeket keresünk az eloszlásfüggvényekhez. Az eloszlásfüggvények közelítését elsősorban Nakagami-m eloszlásfüggvé-

nyekkel lehet megkísérelni. Vizsgálhatók a paraméterek a „legrosszabb hónap” kiválasztása céljából is.

A CCIR-ben ajánlott (5), a mélyfadingekre vonatkozó $p_M K \cdot Q$ együtthatók is meghatározhatók, melyek a mélyfadingek megjelenési valószínűségét, a klimatikus és domborzati hatást jelentik.

Méréseinknek korlátai is vannak. Az esőintenzitás és a csillapításadatok között akkor tudnánk felállítani szorosabb függvénykapcsolatot, ha az esőintenzitást a szakasz több pontján mérhetnénk. Ezt nem vállalhattuk a tetemes költségnövekedés miatt. További korlát, hogy jöllehet a csillapítások tulajdonságainak vizsgálata megmutatja a több utas terjedés hatását, ennek mérését a légkör tulajdonságainak (p , e , T vagy N_0 és ΔN) mérésével kellene kísérni, ami már a meteorológiai jellemzőkből való becslést is lehetővé tenné.

Mindezek ellenére úgy véljük, hogy méréseink hasznos, új alapinformációkkal járulnak hozzá a hazai hullámterjedési kutatásokhoz. Az itt alkalmazott mérési elv más frekvenciasávokra is alkalmazható a későbbi vizsgálatokhoz.

A szerzők és a mérőcsoport tagjai köszönetet mondanak a Főiskolán, a Magyar Postánál, Távközlési Kutató Intézetnél, Tudományszervezési és Informatikai Intézetnél és másutt dolgozó kollégáknak az eddigiekben nyújtott segítségükért és támogatásukért.

I R O D A L O M

- [1] *Kolos Tibor—dr. Bognár Zoltán*: Hullámterjedési mérések a 12 GHz-es sávban. KTMF. Tud. Ülészak, 1984. V. 13—15.
- [2] *Dr. Bognár—Kalász—Szabó*: Nagy sebességű esőintenzitás-mérés hullámterjedési vizsgálatok céljára.
- [3] *Prékopa András*: Valószínűségelmélet, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1972.
- [4] CCIR Rec. 311—4 Genf, 1982.
- [5] CCIR Rec. 338—4 Genf, 1982.