

VHF/UHF sávi műsorszóró rendszerek hatékonyságának mérőszámai

ETO 621.396.74.029.6:654.195.6.021:65.011.44

A műsorszóró hírközlő rendszerek feladata az információ továbbítása egyetlen, központi adótól igen sok, véletlen elhelyezkedésű vevőig. A cél az, hogy minél több nézőt, hallgatót lássanak el kifogástalan vételi lehetőséggel.

A fenti cél teljesítésének, azaz a műsorszóró rendszer hatékonyságának, mérése fontos feladat a beruházások létesítése előtt és utána is.

A műsorszóró rendszer hatékonyságának vizsgálata kétoldalú, mert egyrészt

- a vevő (az egyén) oldaláról, másrészt
- az adó oldaláról kell vizsgálatot végezni.

Az első szempont szerinti vizsgálatnál arra kell választ kapni, hogy az adott vevőponton mi a tökéletes minőségű vétel bekövetkezésének valószínűsége. Ezt az ellátottsági valószínűség [1] értéke egyértelműen megadja.

A második szempont szerinti vizsgálatnál választ kell kapni arra, hogy

- a rendszer, az előbbieken megfogalmazott feladatát milyen mértékben teljesíti,

valamint lehetőséget teremteni arra is, hogy

- különböző paraméterekkel rendelkező rendszereket összehasonlíthassunk.

Az eddigi gyakorlatban alkalmazott módszerek erre a célra az „ellátott terület”-et használták, különböző definícióknak megfelelően [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Ez a mérőszám azonban korántsem felel meg a célnak és a különböző rendszerek összehasonlítására sem ad módot.

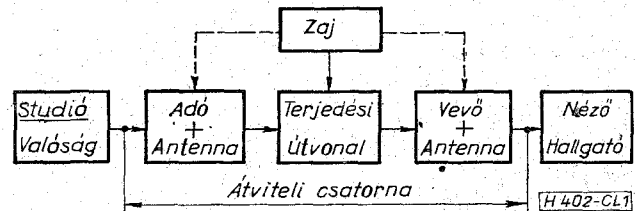
A cikk célja olyan mérőszámok kialakítása, amelyek az ellátott terület hiányosságait kiküszöbölve, realisabb eredményeket adnak a műsorszóró rendszerek hatékonyságára vonatkozóan. A téma matematikai alapjait [1] ismerteti és ezen eredmények felhasználásával történik a mérőszámok kialakítása is. Az elméleti eredmények gyakorlatba történő átvitele – a módszer egzaktásra törekvése és számításigényessége miatt – mindenkor a számítógép igénybevételét feltételezi.

1. Fogalmak

A cikkben alkalmazott fogalmak megnevezései több esetben hasonlóak az eddigi módszerek fogalmainak elnevezésével. Miután ezek általában csak neveikben egyezők, de tartalmukban nem, az egyértelműség érdekében az alapfogalmak meghatározását [1] ismételtelen megadjuk.

1.1. Műsorszóró hírközlő rendszer

Műsorszóró hírközlő rendszer alatt az 1. ábrán látható rendszert értjük.



1. ábra

1.2. A tökéletes minőségű vétel meghatározása

Tökéletes minőségű vételről (a továbbiakban: TMV) beszélünk akkor, ha az átviteli csatorna által okozott zajok az átvitelre, a berendezésekre előírt műszaki specifikációk által megengedett szint alatt maradnak és a nézőben, hallgatóban keltett szubjektív érzet a vett jelet hibátlannak érzi.

1.3. Az ellátottság meghatározása

Ellátottnak nevezünk egy adott helyet (illetve adott helyen levő egyént), ha az ott felállított, a rendszer előírásai által meghatározott minőségű vevőkészülék minden időpontban TMV-t biztosít.

1.4. Az ellátottsági valószínűség meghatározása

Egy adott hely (vagy egyén) ellátottságának valószínűségét, azaz a TMV bekövetkezésének valószínűségét, ellátottsági valószínűségnek nevezzük.

1.5. Az ellátottsági valószínűség folgtonossága

Könnyen belátható az, hogy az ellátottsági valószínűség, mint helyfüggvény, folytonos függvény és 0 és 1 között minden értéket felvesz.

Az ellátottsági valószínűség a 2. ábrának megfelelően

$$p = p(x, y) \quad (1)$$

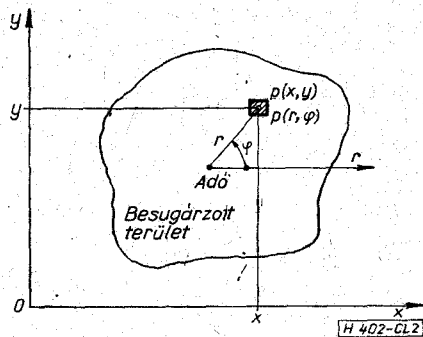
vagy

$$p = p(r, \varphi) \quad (2)$$

alakban adható meg. A vonatkozási pont vagy egy alkalmasan választott 0 pont, vagy az adó helye lehet, a célnak leginkább megfelelően.

A következőkben az alábbi mérőszámokat vezetjük le, amelyek egy része abszolút, a többi pedig relatív mérőszám:

- ellátott terület,
- ellátott lakosság,
- ellátottság szintje és mértéke,
- hatékonyság mértéke.



2. ábra

2. Ellátott terület

A műsorszóró rendszerek hatékonyságának legfontosabb mérőszáma a hagyományos módszerek esetében az ellátott terület, amely jelenti azon területek összességét, melyek felett a vételi térerősség nagyobb egy adott szintnél a területek és az idő bizonyos százalékában (a pontos meghatározás [6, 7, 8]-ban megtalálható).

Az ellátott terület illetően megfogalmazása és számítása helytelen következtetések levonására ad lehetőséget, hiszen az adott ellátott területen belül a TMV valószínűsége igen változó lehet. Így a rendszerről a valóságosnál lényegesen kedvezőbb képet ad. Továbbá nem fejezi ki a műsorszóró rendszerek alapvető célját: a lakosság ellátottságát és nem ad lehetőséget az adók egymás közötti összehasonlítására.

Az ellátott területet, mint mérőszámot, a következő meghatározással és értelmezéssel tehetjük pontosabbá és használhatóbbá:

Definíció:

Az ellátott terület az a, vizsgált területtel egyenértékű terület, melyen az ellátottsági valószínűség, azaz $P(TMV) \equiv 1$ mindenütt és amelyet az alábbi felszín szerinti integrállal adhatunk meg:

$$T = \int_A p(A) dA, \tag{3}$$

ahol A a vizsgált terület, $p(A)$ az ellátottsági valószínűség felszín szerinti függvénye.

Polár koordinátákra való áttéréssel (3) az alábbi alakú lesz:

$$T = \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} p(r, \varphi) r dr d\varphi. \tag{4}$$

Amennyiben azt a területet kívánjuk meghatározni, mely felett az ellátottsági valószínűség nagyobb egy adott a értéknél, akkor (3) a következő lesz:

$$T = \int_A \kappa(A) dA \tag{5}$$

ahol

$$\kappa(A) = \begin{cases} 1 & \text{ha } p(A) \geq a \\ 0 & \text{ha } p(A) < a. \end{cases} \tag{6}$$

A $\kappa(A)$ karakterisztikus függvényt $p(A)$ -val az alábbi szerint állíthatjuk elő:

$$\kappa(A) = [p(A) + (1 - a)], \tag{7}$$

ahol a szögletes zárójelek az egész rész képzést jelentik.

Így

$$T = \int_A [p(A) + (1 - a)] dA. \tag{8}$$

A fenti módon definiált ellátott terület, amely abszolút mérőszám, egyértelműen és realisabban írja le a rendszer hatékonyságát, mint a hagyományos megfogalmazások.

3. Ellátott lakosság

Az ellátott területhez hasonlóan definiálható a következő mérőszám, az ellátott lakosság, amely már a kitzűött célnak jobban megfelel, hiszen sokkal inkább érdekes a jó minőségű vétellel rendelkezők száma, semmint az ellátott terület nagysága. Ugyanakkor az ellátott terület növekedésével nem nő ugyanolyan arányban az ellátott lakosság.

Ha ismert a népsűrűség $\rho(A)$ függvénye, amelyről első közelítésben feltételezhetjük, hogy folytonos, akkor az ellátott lakosságot az alábbi módon definiálhatjuk:

Definíció:

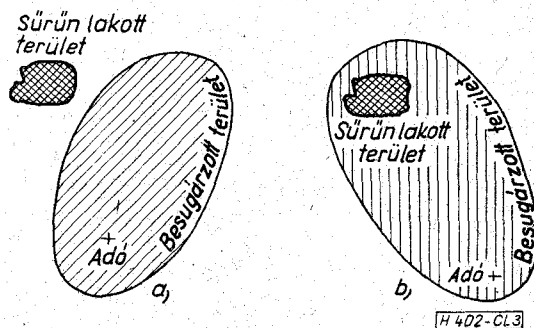
Az ellátott lakosság az a vizsgált terület összlakosságával egyenértékű lakosság, akik mindegyikének vétele tökéletes minőségű, azaz $P(tmV) \equiv 1$ mindenkinél és amelyet az alábbi összefüggéssel adhatunk meg:

$$R = \int_A p(A) \rho(A) dA. \tag{9}$$

Amennyiben $\rho(A)$ nem folytonos függvény, akkor (9) helyett annak integrálközelítő összege írható fel:

$$R = \sum_i p(A_i) \rho(A_i) A_i. \tag{10}$$

ahol A_i az i -dik elemi területdarabka, $p(A_i)$ az A_i területelemhez tartozó ellátottsági valószínűség, $\rho(A_i)$ az A_i területelem népsűrűsége.



3. ábra

(3)-hoz hasonlóan (9) is átírható polár koordináta-rendszerbe és vizsgálható azon területek lakossága is, ahol az ellátottsági valószínűség nagyobb egy adott értéknél.

A 3. ábra alapján nyilvánvaló az ellátott lakosság mérésének előnye az ellátott területtel szemben, hiszen az ellátott terület mindkét esetben ugyanakkora, de az ellátott lakosság a b) esetben lényegesen nagyobb lesz.

4. Ellátottsági szint és az ellátás mértéke

További mérőszámok alakíthatók ki, ha az ellátott terület és lakosság változását vizsgáljuk az adótól mért távolság függvényében. Az így kialakított mérőszámok már alkalmasabbak annak leírására, hogy a besugárzás mennyiben felel meg a lakosság adó körüli eloszlása által támasztott követelményeknek.

A 4a ábra az ellátott terület (T) és a teljes körülrzárt terület (T_0), a 4b ábra pedig az ellátott lakosság (R) és az összlakosság (R_0) alakulását ábrázolja az adótól mért távolság függvényében. Az ábrák egyes görbéi a távolság függvényében az alábbiak szerint írhatók fel:

$$T_0(r) = r^2 \pi \quad [\text{km}^2], \quad (11)$$

$$T(r) = \int_0^r \int_0^{2\pi} p(t, \varphi) t d\varphi dt \quad [\text{km}^2], \quad (12)$$

$$R_0(r) = \int_0^r \int_0^{2\pi} \varrho(t, \varphi) t d\varphi dt \quad [\text{lakos}], \quad (13)$$

$$R(r) = \int_0^r \int_0^{2\pi} p(t, \varphi) \varrho(t, \varphi) t d\varphi dt \quad [\text{lakos}]. \quad (14)$$

Mivel az adók besugárzási képessége véges, így az ellátott terület és lakosság függvénye véges határértékkel rendelkezik, tehát a

$$T^* = \lim_{r \rightarrow \infty} T(r) = \lim_{r \rightarrow \infty} \int_0^r \int_0^{2\pi} p(t, \varphi) t d\varphi dt \quad (15)$$

és

$$R^* = \lim_{r \rightarrow \infty} R(r) = \lim_{r \rightarrow \infty} \int_0^r \int_0^{2\pi} p(t, \varphi) \varrho(t, \varphi) t d\varphi dt \quad (16)$$

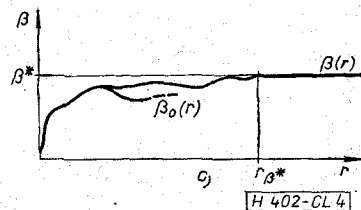
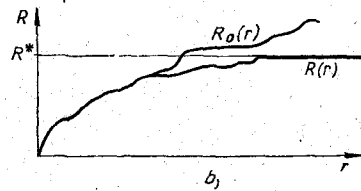
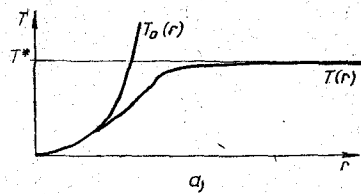
határértékek léteznek.

Képezve (11) és (13) segítségével a

$$\beta_0(r) = \frac{R_0(r)}{T_0(r)} \quad [\text{lakos}/\text{km}^2] \quad (17)$$

hányadosfüggvényt, akkor megkapjuk az r sugarú körön belüli átlagos népsűrűséget.

Bevezetve az alábbi definícióval „az ellátottsági szint” mérőszámot, választ kaphatunk arra, hogy az átlagos népsűrűség milyen hányada ellátott a távolság függvényében.



4. ábra

Definíció:

Az ellátott lakosság és az ellátott terület függvényének hányadosát, azaz a

$$\beta(r) = \frac{R(r)}{T(r)} \quad (18)$$

függvényt az ellátottsági szint függvényének nevezzük.

A 4c ábrán látható $\beta_0(r)$ és $\beta(r)$ várható alakulása.

Miután mind $R(r)$ -nek, mind $T(r)$ -nek létezik véges határértéke, így $\beta(r)$ is véges határértékkel rendelkezik és az így definiált

$$\beta^* = \lim_{r \rightarrow \infty} \beta(r) = \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{R(r)}{T(r)} = \frac{R^*}{T^*} \quad (19)$$

határértéket *átlagos ellátottsági szint*nek nevezzük. Az ellátottsági szint önmagában, mint abszolút mérőszám nem elegendő; célszerű azt figyelemmel kísérni, hogy milyen mértékű az eltérés $\beta_0(r)$ és $\beta(r)$ között. Az ideális az lenne, ha

$$\beta(r) = \beta_0(r) \quad (20)$$

lenne mindenütt. Mivel az adó teljesítménye véges, ezért elegendő a vizsgálatot az

$$\gamma_{\beta^*} = \min_{0 \leq r \leq \infty} \{r | \beta(r) = \beta^*\} \quad (21)$$

távolságig végezni, amelyet a *besugárzás határának* nevezünk.

Az összehasonlításhoz képezzük a

$$\gamma(r) = \max_{0 \leq t \leq r} \left| \frac{\beta(t) - \beta_0(t)}{\beta_0(t)} \right| \quad (22)$$

értéket, amely megadja a maximális eltérést az ideálistól a távolság függvényében a besugárzás határáig. Ennek segítségével már előállítható a mérőszám, amely százalékosan mutatja az ellátás legkisebb mértékét.

Definíció:

Az alábbi összefüggéssel megadott értéket az ellátás mértékének nevezzük.

$$\alpha(r) = (1 - \gamma(r)) 100 \quad [\%] \quad (23)$$

Az ellátottsági szint és az ellátás mértéke, amely a távolság függvényében százalékosan fejezi ki az ellátottság legkisebb értékét, jól jellemzik az adó és a környezet kapcsolatát.

5. A hatékonyság mértéke,

Amint azt a bevezetőben már kifejtettük, a műsorozó rendszerek célja:

- minél több lakos ellátása,
- minél nagyobb megbízhatósággal (azaz minél nagyobb ellátottsági valószínűséggel).

E cél mérésére az előzőekben tárgyalt mérőszámok nem, vagy csak közvetve alkalmasak. Nyilván olyan mérőszám kialakítása szükséges, amely a kitűzött cél elérését a legjobban reprezentálja.

A helyzet akkor lenne a legjobb, ha a nagy népsűrűségű területekhez tartoznának a nagy ellátottsági valószínűségek és a kis ellátottsági valószínűségű helyek alacsony népsűrűségűek lennének.

Tekintve a besugárzott területen előforduló népsűrűség értékeket, azok valószínűségi változóknak tekinthetők és így a

$$\varrho_M = \max_{\substack{0 \leq r \leq r_p \\ 0 \leq \varphi \leq 2\pi}} \varrho(r, \varphi) \quad (24)$$

értékre normalizált változó, ϱ/ϱ_M is valószínűségi változó, azaz ha

$$X = \varrho(r, \varphi) / \varrho_M, \quad (25)$$

akkor X valószínűségi változó és

$$0 \leq X \leq 1. \quad (26)$$

Az ellátottsági valószínűség értékeit vizsgálva megállapítható, hogy az is valószínűségi változó. Jelölje Y ezt a valószínűségi változót és akkor

$$Y = p(r, \varphi) \quad (27)$$

és

$$0 \leq Y \leq 1. \quad (28)$$

Ha $h(x, y)$ az X, Y változók együttes sűrűségfüggvénye, akkor erre igaz az, hogy

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) dx dy = \int_0^1 \int_0^1 h(x, y) dx dy = 1. \quad (29)$$

Megállapítható, hogy a műsorozó rendszer hatékonysága akkor a legjobb, ha a sűrűségfüggvény maximuma az (1,1) pont környékén van.

Ha egy alkalmas súlyfüggvényt veszünk, amelynek értéke

$$0 < s(x, y) < 1 \quad x, y \in (0, 1) \quad (30)$$

és

$$\left. \begin{aligned} s(1, 1) &= 1 \\ s(0, 0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

akkor a

$$0 \leq \int_0^1 \int_0^1 s(x, y) h(x, y) dx dy \leq 1 \quad (32)$$

integrál értéke megfelelő módon fejezi ki a célt.

Mivel az $x=0$ és az $y=0$ értékek vizsgálata a gyakorlatban értelmetlen (hiszen lakatlan területen és az adótól igen távol vizsgálatot végezni szükségtelen), a „hatékonyság mértéké”-t az alábbi módon definiálhatjuk.

Definíció:

Legyen $s(x, y)$ egy súlyfüggvény, melyre

$$0 < s(x, y) < 1 \quad x, y \in (0, 1) \quad (33)$$

és

$$\left. \begin{aligned} s(1, 1) &= 1 \\ s(0, 0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

akkor a

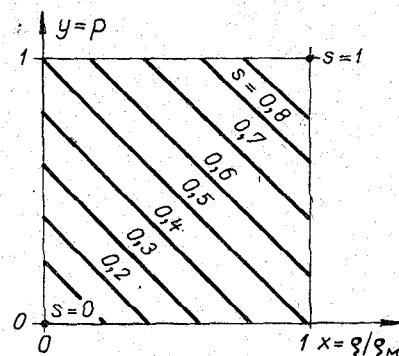
$$H_s = \int_0^1 \int_0^1 s(x, y) h(x, y) dx dy \quad x, y \in (0, 1] \quad (35)$$

értéket az s súlyfüggvényhez tartozó hatékonyság mértékének nevezzük.

Legegyszerűbb esetben a súlyfüggvény a következő lehet:

$$s(x, y) = \frac{x+y}{2} \quad x, y \in [0, 1], \quad (36)$$

amelynek megfelelő paraméterezés látható az 5. ábrán.



5. ábra

Természetesen (36)-tól eltérő más súlyfüggvény is alkalmazható, de ennek kezelése a legegyszerűbb.

6. Összefoglalás

A cikk célja a műsorozó rendszerek hatékonyságának leírására alkalmazható mérőszámok kialakítása és egzakt meghatározása volt,

Összefoglalóan megállapítható, hogy az ellátott terület önmagában nem fejezi ki a kívánt cél megvalósítását. Az ellátott lakosság már közelebb áll ehhez, de nem fejezi ki az adó elhelyezésének jóságát. Ezt a célt jobban megközelíti az ellátottsági szint és az ellátás mértékének meghatározása.

A műsorszóró rendszerekkel szemben támasztott követelmények teljesítését a hatékonyság mértéke írja le legjobban és ez alkalmas arra is, hogy segítségével különböző rendszereket összehasonlíthassunk.

I R O D A L O M

[1] Dr. Cserny: Műsorszóró hírközlő rendszerek hatékonyságának vizsgálata a VHF/UHF sávban. Híradástechnika, XXVI. 8. sz. 233—239, 1975.

- [2] Am-es és dm-es hullámhosszúságú adóállomások helyének megválasztása, I. Posta Műsz. Dok. Közl., 1968, 4. szám, 226-269.
- [3] Thiessen: Über den Einfluss der Geländebeschaffenheit auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Bereich IV. Rundfunktechnische Mitteilungen, 8, 27—38, Február 1964.
- [4] Livingston: Presentation of coverage information. Proc. IRE., 48, 1102-1112, Jüni 1960.
- [5] Kirby: Measurement of service area for television broadcasting. Trans. IRE., PGBS-7, 23, February 1957.
- [6] CCIR: Documents of the XIth Plenary Assembly, Vol II. Pt. 1., New-Delhi, 1970.
- [7] Technical data used by the European VHF/UHF Broadcasting Conference. Stockholm, 1961.
- [8] TV és URH-FM adók által ellátott terület számítási módszere (PRTMI háziszabv.). PRTI SZ 13—62, 1962.