

Mérnöki és matematikai megfontolások a magyarországi mikrohullámú hálózat optimális bővítésének tervezésében

ETO 621.396.43:621.396.7.029 (439)

A hírhálózatok tervezésének kezdeti szakaszában az információk nagy biztonságu átvitelét úgy tekintették megoldottnak, hogy az átviteli úton nagy megbízhatóságú többszörös párhuzamos tartalékoltságu berendezéseket alkalmaztak.

Ez a megoldás nem minden értelemben helyes.

Nagy feltűnést keltettek a hírhálózat-tervezés azon elméleti vizsgálatai, melyek bebizonyították, hogy kisebb megbízhatóságú berendezésekből is lehet nagy megbízhatóságú hírhálózatokat kiépíteni.

A hírhálózat tervezők rájöttek, hogy más feladat az alkatrészek és berendezések megbízhatóságvizsgálata és más a hírhálózat megbízható információ átvitelének vizsgálata.

Az országos mikrohullámú hálózat rekonstrukciójával a különböző postaszervek által készített tervek foglalkoznak. Az egyes tervek készítői a fent említett megbízható információátvitelt úgy kívánják realizálni, hogy az adott irányokba párhuzamos tartalékoltságu vonalakat építenek ki, — vagyis tulajdonképpen az első sorokban említett módszert alkalmazzák.

A jelen dolgozat az előbbi gondolatot változatlanul hagyva az országos mikrohullámú körhálózat kiépítésénél esetleg alkalmazható új gondolatot ismerteti.

1. Az országos mikrohullámú hálózat

Az országos mikrohullámú hálózatnak az a feladata, hogy az ország különböző TV- és URH-adóinak telephelyére a modulációt eljuttassa, illetve adott irányokba a telefonforgalmat is lebonyolítsa.

Az első magyar mikrohullámú vonalat 1961-ben telepítették az 1. ábra szerint a Budapest — Kisvárdai nyomvonalra.

Ugyanez az ábra mutatja be a jelenlegi mikrohullámú hálózatot is, az egyes irányokba elmenő RF-csatornák számának megadása nélkül.

A közeljövőben az ország különböző pontjaira telepítendő URH- és IV-es sávú TV-adók modulációjának biztosítására tehát ezt az 1. ábrán bemutatott hálózatot kell bővíteni.

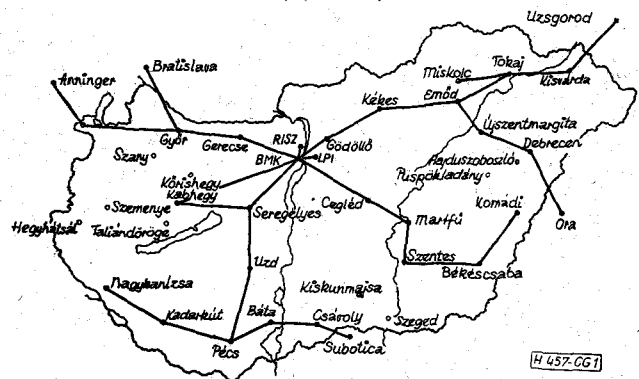
A bővítésre két lehetőségünk van, — az egyik az, hogy a jelenlegi irányokkal párhuzamos vonalakat építünk ki,

a másik az, hogy kialakítjuk a 2. ábra szerinti országos körhálózatot.

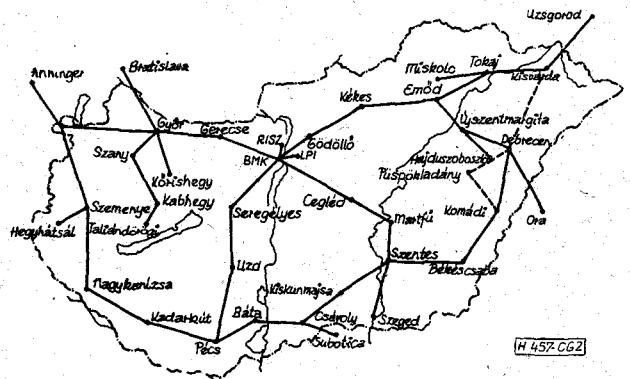
A dolgozat kizárólag csak a 2. ábra szerinti hálózatra alkalmazható megfontolásokkal foglalkozik.

Rajzoljuk át a 2. ábrát a könnyebb kezelhetőség érdekében a 3. ábrába és használjuk az ábrán megadott jelölésrendszert.

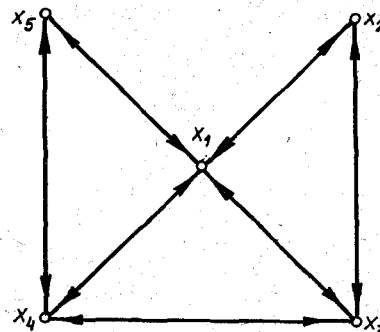
X_1 Budapest X_2 Kisvárdai
 X_3 Szentés X_4 Pécs
 X_5 Sopron



1. ábra. Az ország jelenlegi mikrohullámú gerinchálózatának nyomvonalrajza



2. ábra. A javasolt országos mikrohullámú gerinchálózat nyomvonalterve



3. ábra [H 457-GG 3]

Nevezük az X_i helyiségből X_j helyiségbe vezető információátviteli utakat pályáknak, — ezek legyenek azonos értékűek, tehát nincsenek kitüntetett információ átviteli utak és az adott $X_i - X_j$ reláció lehetséges pályáinak összegét nevezzük elérhetőségeknek.

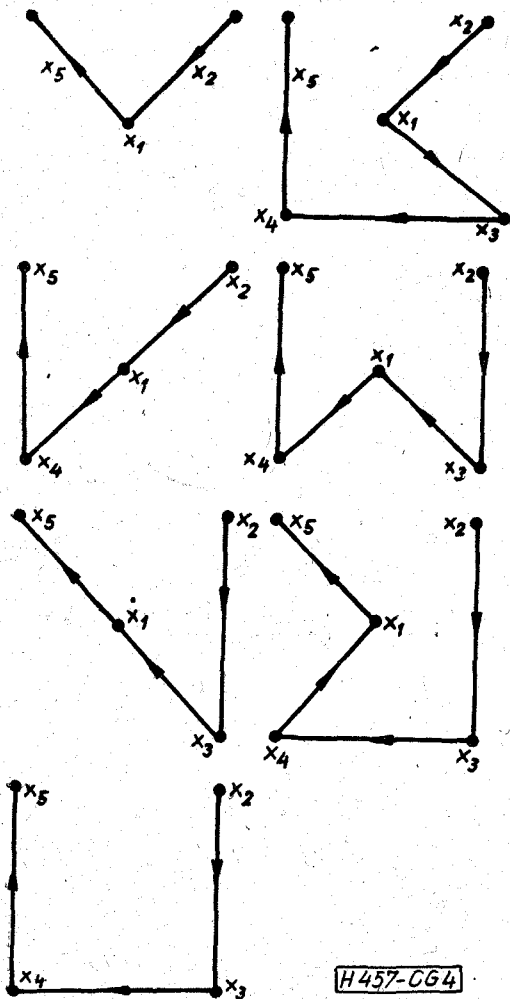
A dolgozatban egy később indokolandó szempont miatt nem vesszük figyelembe, hogy a rekonstrukciós tervben párhuzamos pályák is léteznek, azaz a megfontolások kör és párhuzam nélküli pályákra vonatkoznak.

A fenti megfontolások alapján az (1) kifejezéssel írjuk fel az országos körhálózat elérhetőségi mátrixát:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5		
$E =$	X_1	0	4	4	4	4	
	X_2	4	0	4	6	7	
	X_3	4	4	0	5	6	(1)
	X_4	4	6	5	0	4	
	X_5	4	7	6	4	0	

Az X_i oszlop és az X_j sor kereszteződésében az a szám áll, amely megmondja, hányféleképpen érhető el X_i -ből X_j .

Például a hetes szám az (1) kifejezésben azt jelenti, hogy Kisvárdából Sopronba az országos körhálózatban hétféleképpen lehet eljutni.



4. ábra. Kisvárdáról Sopronba

Erre az egy relációra a 4. ábrán bemutatott módszerrel azonos módon lehet az elérhetőségeket meghatározni.

A 2., illetve az azzal egyenértékű 3. ábra szerint az országos körhálózat 5 csomópontját az adott 7 pálya mentén 96 féleképpen lehet összekötni, ha az oda és visszautakat különbözőknek tekintjük. Más szavakkal, ha az (1) kifejezésben az E-mátrix elemeinek számát összeadjuk, akkor a 96 elérhetőséget kapjuk meg.

Ha az összes jelenleg is üzemelő és a közeljövőre tervezett párhuzamos pályákat is figyelembe vennénk gépi segítség nélkül már nehezen lehetne meghatározni az elérhetőségeket.

Az E-mátrix szimmetriája a 3. ábra szimmetriatulajdonsága és az egyszerűsítő feltételek miatt következett be. A tervezett országos körhálózat összes pályáit magába foglaló mátrix már nem lesz szimmetrikus.

Érdeemes egy gondolat erejéig a 2. ábrához, a javasolt körhálózat ábrájához visszatérni.

Ennek az ábrának alapján határoztuk meg az elérhetőségeket. Az elérhetőségek megszámlálásából az következik, hogy még anyagi áldozat árán is előnyös lenne Debrecent Kisvárdával összekötni. Enélkül az összekötés nélkül — az 1. ábra szerint ez még nincs kiépítve — az információ átvitelt tekintve a Szovjet—Magyar határállomás egy csökkent elérhetőségű szárnyvonal. Mint javasolt alternatívát ezt a relációt a 2. ábrán szaggatott vonallal rajzoltuk be.

Az E-mátrixhoz visszatérve az alábbi észrevételeket tehetjük.

Igaz, hogy E mind az említett 20 relációban megadja az elérhetőségek számát, de kérdés az, hogy pusztán az elérhetőségek számának ismerete elegendő-e egy bővítésnél a bővítés módját meghatározó döntéshez.

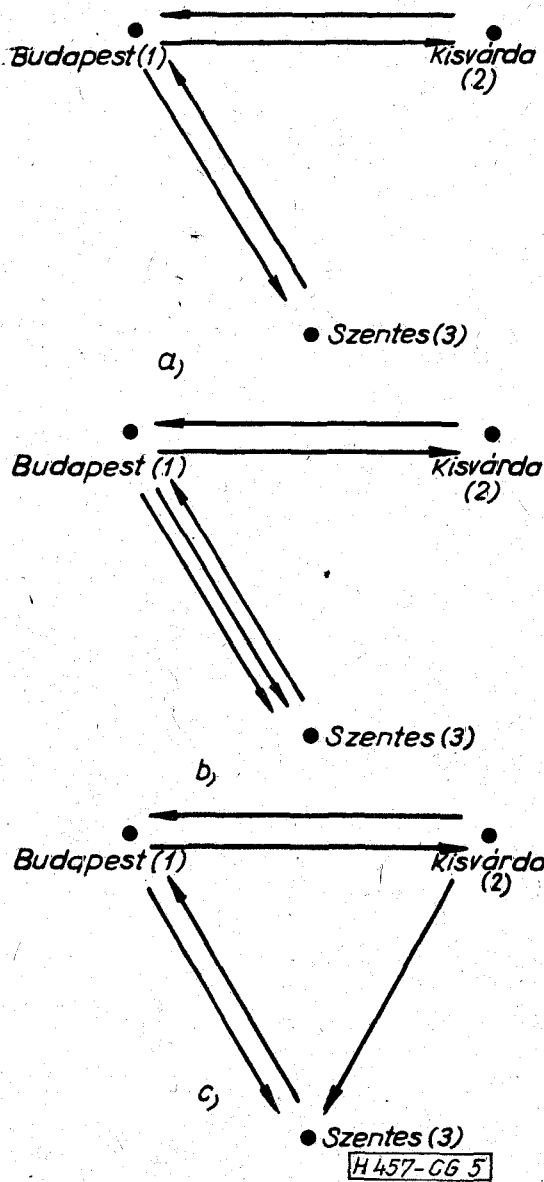
Két állomás összeköttetésének biztonsága nemcsak az E-mátrixban foglalt elérhetőségi számoktól függ, hanem attól is, hogy a különböző összeköttetések tartalmaznak-e közös pályákat. Minél több független párhuzamos út visz az egyik állomásról a másikra, annál kisebb az információátvitel során felmerülő konfliktus valószínűsége. Egyszerű számolás alapján meggyőződhetünk arról, hogy bár Kisvárdából Sopronba 7, Szentendről Pécsre pedig 5 féleképpen juthatunk el, mégis az utóbbi reláció a biztonságosabb, mivel itt több független párhuzamos összekötő utat találhatunk.

Konfliktuson azt értjük, hogy egy adott reláció esetén egy új információ átviteli igénynél a reláció összes lehetséges pályái más véletlenszerűen fellépő információ átvitel miatt foglaltak, tehát az új igény részére nem tudunk szabad pályát biztosítani.

2. A hálózat bővítése előtt elvégzendő számítások egy módszere

A módszert a valósághoz képest egyszerűsített 5. ábrán látható hálózaton mutatjuk be.

Tegyük fel, hogy a sokasodó információ átviteli igények kielégítéséhez már kevés az 5. ábrán látható konfiguráció négy vonala és egy ötödikkal akarjuk bővíteni a hálózatot.



5. ábra

mópontról a j -edik csomópontra n információátviteli igény kér átbocsátást:

$$P_n(t) = \frac{(\lambda_{i,j}t)^n}{n!} e^{-\lambda_{i,j}t} \quad (2)$$

Ha ezek a feltételek fennállnak, a következő eljárás segíthet a jobb konfiguráció kiválasztásában.

Célunk az, hogy összegyűjtsük a hálózatot egy időben terhelni kívánó információátviteli igények azon kombinációit, melyek az 5b irányban fejlesztett konfiguráción egyidejűleg kielégíthetők, az 5c konfiguráció esetén azonban konfliktushoz vezetnek: egy vagy több információátviteli igényt vissza kell utasítanunk.

Éppígy össze kell gyűjtenünk az 5c-n kielégíthető az 5b-n viszont konfliktushoz vezető igénykombinációkat.

Azt az eseményt, hogy a hálózatot olyan igénykombináció kívánja használni, melyet 5b kielégít, 5c viszont nem, nevezzük A -nak, azt pedig, hogy 5c megfelelné, 5b viszont nem B -nek.

Ha $P(A)$ nagyobb, mint $P(B)$, úgy az 5b hálózatot kell választani, egyébként az 5c-t kell kiépíteni.

Ezek után lássuk, hogyan határozhatók meg e valószínűségek.

Az 5. ábrán látható nyilak konkrét információátviteli igényeket és nem mikrohullámú relációkat szimbolizálnak. A négy igénykombináció valamelyikének bekövetkezése azt jelenti, hogy az 5b hálózaton kielégíthetők ezen igények, de 5c-n nem.

Mivel az összes páronként diszjunkt (idegen) eseményt alkotó ilyen igénykombináció szerepel itt, ezek logikai diszjunkciója éppen az A esemény (6. ábra).

$P(A)$ kiszámítása úgy történik — diszjunkt eseményekről lévén szó —, hogy a négy esemény valószínűségét összeadjuk.

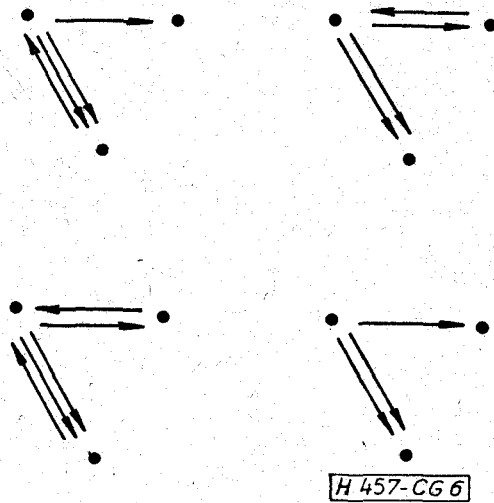
Egy ilyen esemény valószínűsége pedig a hat lehetséges igény valószínűségének megfelelő hat tényező ($P_1, P_2 \dots P_6$) szorzataként áll elő.

Ha az (i, j) irányban nem lépett fel igény (azaz az ábrán nincs neki megfelelő nyíl), úgy $P_{i,j} = e^{-3\lambda_{i,j}}$ (3 óra hosszat tart 1 igény lebonyolítása.)

Tegyük fel továbbá, hogy előzetes megfontolásokból nyilvánvalóvá vált az a néhány alternatíva — jövőben kiépítendő konfiguráció — amik közül választani kell, — esetünkben az 5b és 5c konfiguráció.

Tegyük fel azt is, hogy azok az információátviteli igények, melyek nem — kielégíthetőségének valószínűségét minimalizálni akarjuk, ismert $(\lambda_{1,2}, \lambda_{2,1}, \lambda_{1,3}, \lambda_{3,1}, \lambda_{2,3}, \lambda_{3,2})$ intenzitással egymástól független Poisson-folyamatként lépnek fel az összesen lehetséges hat irányban (azaz reláción) és hogy az igények — ha kielégíthetők — igen kicsiny szórásból eltekintve ugyanannyi ideig, mondjuk egyenként három óra hosszat tartják foglaltan a nekik kijelölt pályát, vagy pályákat.

A $\lambda_{i,j}$ paraméter csak az i -edik csomópontból a j -edik csomópontba irányuló információátviteli igények időbeli sűrűségétől függ, tehát a konkrét mikrohullámú hálózattól független. A $\lambda_{i,j}$ paraméter jelentését az alábbi képlet világítja meg: annak valószínűsége, hogy t időegység alatt az i -edik cso-



6. ábra. „A” esemény: az igények azon kombinációi, melyeket a II. hálózat nem képes kielégíteni, de az I. hálózaton lebonyolítható

Ha az (i, j) irányban egy igény lépett fel (azaz egy nyíl van a megfelelő irányban), úgy

$$P_{i,j} = 1 - e^{-3\lambda_{i,j}} \quad (3)$$

Ha az (i, j) irányban 2 igény lépett fel, úgy

$$P_{i,j} = 1 - e^{-3\lambda_{i,j}} [1 + 3\lambda_{i,j}] \quad (4)$$

Általánosságban, ha az (i, j) irányra k igény lépett fel, úgy $P_{i,j} = F_k(3)$, ahol $F_k(x)$ a k -ad rendű $\lambda_{i,j}$ paraméterű eloszlás eloszlásfüggvénye.

Ugyanígy kell a 7. ábra B eseményét is kiszámolni.

Már a $P(B)$ összegben szereplő tagok számából is érezhető, hogy — hacsak a $\lambda_{i,j}$ értékek nem mutatnak dominálónan sűrű észak-déli információ átviteli for-

galmat — a Kisvárdát Szentessel összekötő vonal megépítése a konfliktus elkerülésének szempontjából helyesebb.

Gazdasági vagy egyéb megfontolások természetesen más döntést sugallhatnak. A fenti számításokhoz az igények statisztikai felmérése és egy viszonylag egyszerűbb számítógépes program lefuttatása szükséges.

A módszer igazolása [5]-ben található „várakozási idő paradoxonok” címszó alatt.

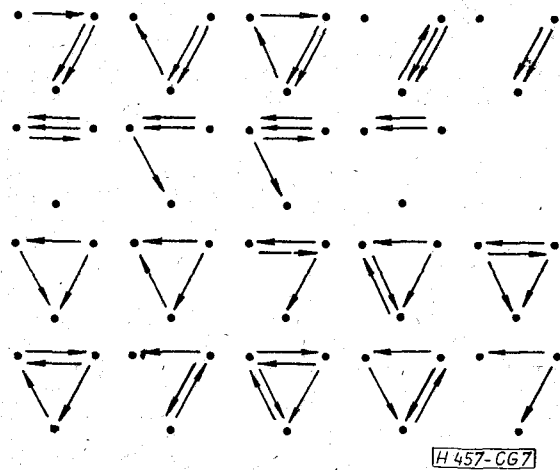
Sok továbbfejlesztési alternatíva, vagy nem-konstans információátvitel lebonyolítási idők — ezeket a fenti példában 3 órának vettük fel — esetén számítógépes szimuláció vezethet célra.

3. Összefoglalás

A cikk az Országos Mikrohullámú hálózat bármely irányú bővítése előtt alkalmazható megfontolásokat tartalmazza. Konkrét számítási módszert ad, amelyet a valóságban is működő részhálózaton mutat be. Optimalizálási célként az információ átviteli igények konfliktus valószínűségének minimalizálása szerepel.

IRODALOM

- [1] Von CH. Grandjean: Verkehrsberechnungen in Nachrichtennetzen mit Leitwegsuche durch Rundfrage. E. N. wesen. 1974, Band. 49.
- [2] Le Corre J., Pirotte A.: Vollautomatischer Fernmeldesystem mit Pulsmodulation für Militärische Zwecke. E. N. wesen. 1967. Band. 42. S. 216—233.
- [3] PRTMIG. Fejlesztési Osztályának tanulmánya. „Gerinc-, hálózati mikrohullámú összeköttetések fejlesztési igényeinek és lehetőségeinek vizsgálata” 1975.
- [4] Rényi A.: Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1968.
- [5] Feller A.: An Introduction to Probability Theory and its Applications. Wiley Publ. 1970.



H 457-667

7. ábra. „B” esemény: az igények azon kombinációi, amelyeket az I. hálózat nem képes kielégíteni, de a II. hálózaton lebonyolítható