

MINDENNAPUNK ELEKTRONIKÁJA

Rovatvezető:
dr. Hetényi László

Távbeszélő-összeköttetések létesítése műholdas hírközlő rendszerekkel

PRIBELSZKY
GYÖRGY
TKi

1. BEVEZETÉS

A műholdas hírközlő rendszereket ma már a hírközlés úgyszólván valamennyi területén széleskörűen alkalmazzák. A polgári felhasználású műholdas hírközlő rendszerekben — a földfelszíni hírközlő rendszerekhez hasonlóan — az esetek legnagyobb részében analóg forrásokból származó információt (távbeszélő-, rádió- és televíziójeleket) kell nagy távolságra továbbítani. Ezenkívül a műholdas hírközlő rendszereknek alkalmasnak kell lenniük távirójelek, adatok (hangfrekvenciás és nagy sebességű, ill. széles sávú adatok), továbbítására is. A műholdas hírközlő rendszerek a hírközlés különböző feladatainak megoldására, egykét kivételtől eltekintve, geostacionárius pályán levő műholdakat alkalmaznak. A geostacionárius műholdak előnye, hogy rögzített helyzetük következtében a hírközlő rendszer megvalósítása egyszerűbb mint mozgó műhold esetén. A geostacionárius műholdak alkalmazásának további előnye, hogy egy műholdas hírközlő rendszerben 24 órás hírközlési készenlét fenntartásához csak egy műholdra van szükség, szemben a mozgó műholdakkal, ahol 24 órás hírközlés biztosításához 3–4 műhold szükséges. A földi állomások a műhold fedélzeti retranszlátorain át létesíthetnek egymással összeköttetést. A *retranszlátorok* vagy *transzponder* demodulációt-remodulációt, vagy fedélzeti jelfeldolgozást általában nem alkalmaznak, csak frekvencia transzponálást, erősítést és szűrést. Meg kell azonban jegyezni, hogy intenzív kutatási tevékenység folyik a demoduláló-remoduláló és fedélzeti jelfeldolgozást is alkalmazó retranszlátorok kidolgozására.

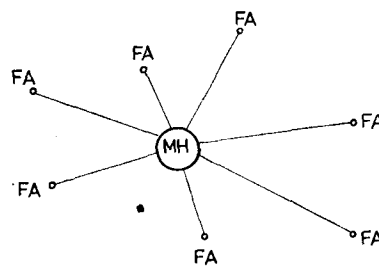
Ebben a közleményben csak az egyedi-beszédcsatornás távbeszélő-hálózatok és a távbeszélőcsatorna-képző berendezések felépítési elveinek, továbbá működésének áttekintésére szorítkozunk.

2. A MŰHOLDAS HÍRKÖZLÉS FŐBB JELLEMZŐI

Mivel a geostacionárius műhold által besugárzott földfelszíni terület meglehetősen nagy kiterjedésű, a műholdas hírközlő rendszer egyedülálló jellemzője és egyik legalapvetőbb előnye a *több-földiállomás-hozzáférés* (több-pont hozzáférés). Több-állomás-hozzáférésű rendszerben a műhold által besugárzott területen levő és a műholdhoz csatlakoztatható földi állomások közül — általában — *bármelyik bármelyikkel* létesíthet összeköttetést.

Ennek következtében a műholdas hírközlő rendszer ideális *csillag-topológiát* (1. ábra) alkot, melynek középpontja a hírközlési műhold. Azt a módszert, ahogyan a földi állomások a műhold retranszlátoraihoz hozzáférhetnek (a földi állomások rádiójeleinek a fedélzeti retranszlátorban való nyalábolásának módszerét) több-földi-állomás-hozzáférési módszernek vagy több-pont-hozzáférési módszernek nevezik. A *több-pont-hozzáférésnek* számos eljárása ismeretes. A polgári felhasználású műholdas hírközlés jelenlegi gyakorlatában a frekvencia-osztású több-állomás-hozzáférés (FDMA: Frequency Division Multiple Access) terjedt el széleskörűen, mert a műholdas hírközlés megvalósulásának kezdetén (az 1960-as évek közepén) a frekvenciaosztású nyalábolás elmélete és realizációs gyakorlata jól ismert volt a földfelszíni rádióhírközlés területéről. Mivel a digitális jelfeldolgozás és jeltovábbítás egyre inkább előtérbe kerül a műholdas hírközlés területén, a jövőt tekintve számolni kell az időosztású több-földiállomás-hozzáférés (TDMA: Time Division Multiple Access) kiterjedt alkalmazásával is.

Geostacionárius műhold esetén a műhold és a földi állomások közötti távolság 36 000 km és 39 000 km között változik aszerint, hogy a földi állomás a besugárzott területen belül hol helyezkedik el. Ennek következtében az útvonalcsillapítás értéke is jóval nagyobb mint földfelszíni rádióhírközlés esetén: a felmenő szakaszon (földiállomás—műhold irány) és 6 GHz-en 200,5 dB, a lemenő szakaszon (műhold—földiállomás irány) és 4 GHz-en pedig 196,7 dB. Az 1980-as évek előtt létesített polgári felhasználású interkontinentális és regionális műholdas hírközlő rendszerek a felmenő szakaszon a 6 GHz-es, a lemenő



MH: műhold
FA: földi állomás

B280-1

1. ábra. Csillag topológia

szakaszon pedig a 4 GHz-es frekvenciatartományban üzemelnek. A rendelkezésre álló frekvenciasáv mind a 4 GHz-es tartományban — 500 MHz, amelyben egy fedélzeti retranszlátor sáv szélessége 36 MHz. Frekvencia-újraterjesztés nélkül 12, frekvencia-újraterjesztéssel 24 retranszlátor helyezhető el maximálisan. A műholdas hírközlés céljaira a nemzetközi egyezmények alapján (Rádiószabályzat) kijelölt frekvenciatartományokban, 10 GHz alatt az elektromágneses hullámterjedést befolyásoló effektusok stabilak. Ennek következtében a műholdas hírközlő rendszerekben a szükséges fading-tartalék 3–7 dB, szemben a földfelszíni rádióhírközlő rendszerekkel, ahol a fading-tartalék 30–40 dB. Meg kell jegyezni, hogy a műholdas hírközlés területén a jövőben a 10 GHz feletti frekvenciatartományok alkalmazására is sor kerül az országos, regionális és interkontinentális hálózatokban egyaránt.

A földi állomások és a műhold közötti nagy távolság következtében a műholdas hírközlő rendszerekben a jelterjedési idő is jóval nagyobb, mint földfelszíni esetben. A felmenő és a lemenő szakaszon külön-külön, közelítően 1/8 másodperc, együttvéve pedig közelítően 1/4 másodperc. A nagy jelterjedési idő következtében a műholdas hírközlésben, általában csak egy ismétlés (retranszláció) engedhető meg. Ez a retranszlációk által okozott zavaró effektusok szempontjából előnyös, szemben a földfelszíni nagy távolságú hírközléssel (rádiórelé rendszerek vagy koaxiális kábelek) ahol a nagy számú retranszláció következtében keletkező zavaró effektusok halmozódása jelentősen rontja az átvétel minőségét.

3. EGYEDI-BESZÉDCSATORNÁS RENDSZEREK

A több-állomás-hozzáférési műholdas hírközlő hálózatok távbeszélő forgalma és a távbeszélő forgalom statisztikai jellemzői alapvetően eltérnek a földfelszíni távbeszélő-hálózatok forgalmától.

Ennek oka az, hogy a hírközlési műholdhoz csatlakozó földi állomások egy kontinens különböző országaiban, illetve különböző kontinensek különböző országaiban vagy nagy kiterjedésű országok különböző időzónáiban vannak. Ennek következtében egyrészt az azonos műholdhoz csatlakozó földi állomások forgalma, és így a földi állomások szükséges távbeszélő-csatorna kapacitása is különböző. Másrészt, a különböző időzónákban levő földi állomások között a csúcsgazdálkodási időszak a napnak más és más időszakaikra esik. A műholdas és a földfelszíni hírközlő rendszerek távbeszélő-forgalma közötti eltérés a csillag-topológiának (műholdas hálózat) és a vonal-topológiának (rádiórelé vonal), illetve a hurok-topológiának (földfelszíni távbeszélő-összeköttetés hurok) megfelelő hálózatban való duplex hírközlés eltérő sajátosságaival indokolható.

A műholdas távbeszélő-hálózatok forgalmának jellemzésére a forgalmi mátrix szolgál, melynek oszlopai és sorai az azonos műholdhoz csatlakozó földi állomásokat, a mátrix elemei pedig a földiállomáspárok között szükséges maximális távbeszélő-csatorna-kapacitást tüntetik fel. A forgalmi mátrix tipikus

példáját a 2. ábra szemlélteti. A több-földiállomás-hozzáférési műholdas távbeszélő-hálózat forgalma időpontról időpontra változik a műholdhoz csatlakozó földi állomásokra érkező hívások (igények) függvényében.

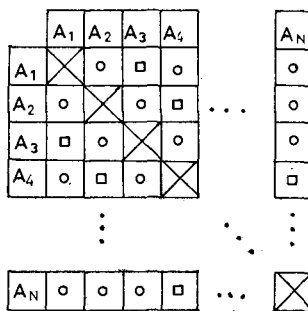
A műholdas hírközlőhálózatok távbeszélő-forgalmának felmérésére vonatkozó vizsgálatok eredményei és az üzemben levő műholdas hírközlőrendszereken végzett forgalomstatisztikai vizsgálatok alapján, a műholdas hírközlőrendszerek a távbeszélő-forgalom szempontjából két csoportra oszthatók:

I) A kis- és közepes forgalmú műholdas hírközlő-hálózatok csoportjára, amelyekben egy-egy földi állomás távbeszélő-csatorna-kapacitásának átlagértéke 12 távbeszélő-csatorna körül van.

II) A nagy forgalmú műholdas távbeszélő-hálózatok csoportjára, amelyekben egy-egy földi állomás távbeszélő-csatorna-kapacitásának átlagértéke lényegesen nagyobb, mint 12 távbeszélő-csatorna.

A 2. ábrán az I) csoportba tartozó földi állomásokat a körrel jelölt mátrix elemek mutatják. Meg kell jegyezni, hogy az I) csoportba tartozó műholdas hírközlőhálózatokban lehet egy-két olyan földi állomás, amelyek maximális csatorkapacitása 50–60 távbeszélő-csatorna. Ilyen például a műholdas távbeszélő-hálózatnak a távbeszélő-forgalom szempontjából központi (gócponti) állomása. Az I) csoportba tartozó műholdas távbeszélő-hálózatokat ezenkívül az is jellemzi, hogy a műholdhoz sok földi állomás csatlakozik.

Ezzel szemben a II) csoportba tartozó műholdas távbeszélő-hálózatok további jellemzője, hogy a műholdhoz kevés földi állomás csatlakozik. Az I) és II) csoportba tartozó távbeszélő-hálózatok egy műholdas hírközlő-rendszeren belül is előfordulhatnak. Műholdas hírközlő-rendszernek a hírközlési műholdat és a hozzá csatlakozó földi állomások összességét nevezik. Az, hogy a műholdas távbeszélő-hálózat az I) vagy a II) csoportba sorolható-e, a műholdhoz csatlakozó földi állomások számának és a földi állomások távbeszélő-csatorna-kapacitásának függvénye.



$A_1 A_2 \dots A_N$: Ország, illetve földi állomás

N : a műholdhoz csatlakozó földi állomások száma

o : a távbeszélő forgalom ≤ 12 távbeszélő csatorna

\square : a távbeszélő forgalom > 12 távbeszélő csatorna

H280-2

2. ábra. Forgalmi mátrix (példa)

A kis- és közepesforgalmú műholdas távbeszélő-hálózatokban (I) csoportba tartozó hálózatok) a fedélzeti retranszlátor rendelkezésre álló sávszélességének és adóteljesítményének jó hatásfokú kihasználása, továbbá a több-állomás-hozzáférési rugalmasság növelése szempontjából, optimális jeltovábbítási módszert az *egyedi beszédcsatornás* (SCPC: Single Channel Per Carrier) rendszerek jelentenek. Egyedi beszédcsatornás rendszerekben egy-egy vivőhullámot csak egyetlen távbeszélő-csatorna jele modulál (innen az elnevezés) analóg vagy digitális moduláció alkalmazásával.

Egyedi-beszédcsatornás jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszereket alkalmazó műholdas hálózatokban — akár analóg akár digitális moduláció esetén — a fedélzeti retranszlátor a földi állomások rádiójeleit a frekvenciaosztás elvén nyalábolja (SCPC—FDMA-rendszer). SCPC—FDMA vivőhullámokat alkalmazó műholdas távbeszélő-hálózatokban tehát a *vivőhullámok egy-hírforrás hozzáféréseik*, a műholdas rádió-csatorna (földi adó-, földi vevő-berendezés, valamint a fedélzeti retranszlátor) pedig *több-vivőhullám hozzáférést*.

Ezzel szemben a II) csoportba tartozó távbeszélő-hálózatok esetén a fedélzeti retranszlátor sávszélességét és adóteljesítményét akkor használhatjuk jó hatásfokkal, ha a földi állomásokon a vivőhullámokat *távbeszélőcsatorna-csoportokkal* (frekvencia- vagy időosztás elvén nyalábolt csatornák jelével) moduláljuk (MCPC: Multi Channel Per Carrier rendszerek) analóg vagy digitális moduláció alkalmazásával. Ebben az esetben a fedélzeti retranszlátor a földi állomások rádiójeleit analóg modulációs módszer alkalmazása esetén a frekvenciaosztás elvén, digitális modulációs módszer alkalmazása esetén pedig az időosztás elvén nyalábolja. Az előbbi esetben MCPC—FDMA rendszerről, az utóbbiban pedig MCPC—TDMA rendszerről beszélünk.

A továbbiakban itt csak az I) csoportba tartozó műholdas távbeszélő-hálózatok áttekintésére szorítkozunk. Az SCPC—FDMA műholdas hírközlő csatorna elvi felépítését a 3. ábra szemlélteti. Az ábrán csak két földi állomást tüntettünk fel az egyszerűség kedvéért.

Azokat a berendezéseket, amelyeknek feladata az SCPC—FDMA műholdas hálózatokban a hangfrekvenciás beszédjel feldolgozása, a vivőhullámok modulálása, a modulált vivőhullámok nyalábolása, illetve a nyalábolt vivőhullámok szétosztása, demodulálása és hangfrekvenciás beszédjellé való rekonstruálása, továbbá a szükséges járulékos műveletek és feladatok elvégzése, *távbeszélőcsatorna-képző* vagy röviden *csatornaképző* berendezéseknek nevezik. Az SCPC—FDMA rendszereknek, illetve csatornaképző berendezéseknek a távbeszélőjelek továbbításán kívül hangfrekvenciás adatok másodlagos nyalábolással való továbbítására és közepes sebességű adatoknak 48 kbit/s vagy 56 kbit/s sebességű továbbítására is alkalmasnak kell lenniük.

A műholdas hírközlő rendszerek az SCPC—FDMA rádiójelek továbbítására a hírközlési műhold külön erre a célra szolgáló retranszlátorát, vagy más típusú rádiójelek (pl. MCPC—FDMA jelek) továbbítására szolgáló retranszlátorának *szabad frekvencia-*

sávját használják. A hírközlési műhold SCPC—FDMA jelek továbbítására kijelölt retranszlátorában egy vagy több (azonos vagy különböző típusú) távbeszélő-csatorna-képző berendezéstől származó jel vihető át. SCPC—FDMA rendszerekben a műholdhoz csatlakozó földi állomások lehetnek azonos *jósági tényezőűek* (G/T érték: G = a földi állomás vevőantennájának nyeresége; T = a földi állomás vevőberendezésének zajhőmérséklete) vagy különböző jósági tényezőűek. Az előbbi esetben a műholdas hírközlő rendszert *homogénnek*, az utóbbiban pedig *inhomogénnek* nevezik. Inhomogén rendszerben a földi állomás jósági tényezőik tipikus értékei: $G/T = 41$ dB/K és $G/T = 31$ dB/K. Az egyedi beszédcsatornás távbeszélő-összeköttetések létesítésére szolgáló fedélzeti retranszlátorok, mind vételre, mind adásra, *globális nyalábú* fedélzeti antennát alkalmaznak, mivel ezek akkor jó hatásfokúak, ha a retranszlátorhoz sok, de kis- vagy közepes forgalmú földi állomás csatlakozik.

SCPC—FDMA rendszerekben a fedélzeti retranszlátorban továbbítható vivőhullámok maximális számát az alábbiak határozzák meg:

- A fedélzeti retranszlátor rendelkezésre álló sávszélessége és adóteljesítménye (a fedélzeti retranszlátorok sávkorlátosak és teljesítménykorlátosak),
- a jelfeldolgozás és jeltovábbítás módszere,
- az átviteli minőség előírt jellemzői.

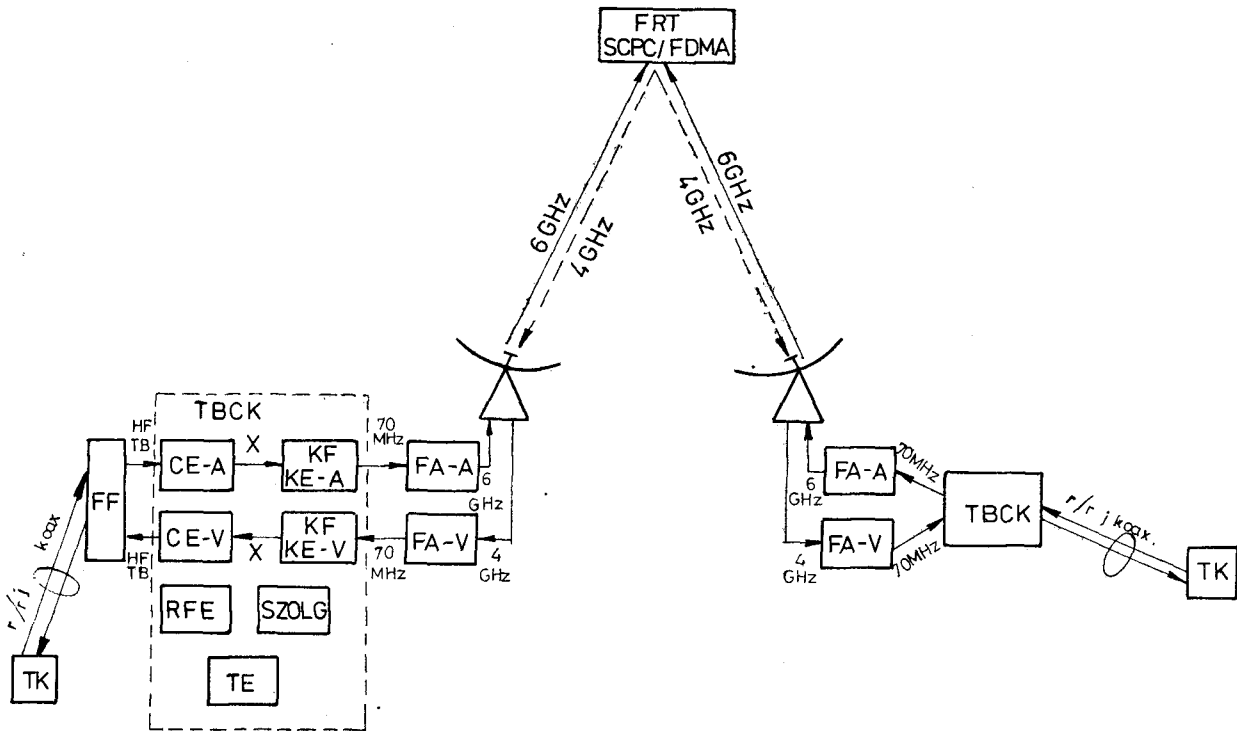
SCPC—FDMA jelek továbbítására a jelenlegi gyakorlatban 34 MHz, vagy 36 MHz sávszélességű fedélzeti retranszlátorokat alkalmaznak. A retranszlátorok hatásosan kisugárzott izotropikus teljesítmény* (az adóteljesítmény és az antenna nyereség összege dB-ben) pedig 23 dBW vagy 25 dBW a főnyaláb tengely irányában. Egyedi beszédcsatornás rendszer frekvenciatervének vázlatát a 4. ábra szemlélteti. A frekvenciatervben f_d értéke a megvalósítható frekvenciastabilitásnak és az alkalmazott modulációs módszernek (a modulált vivőhullámok sávszélességének) függvénye. Tipikus f_d értékek: 45 kHz, 80 kHz vagy 160 kHz.

36 MHz-es fedélzeti retranszlátor sávszélességen a továbbítható vivőhullámok maximális száma: 800, ha $f_d = 45$ kHz, 450, ha $f_d = 80$ kHz, és 200 ha $f_d = 160$ kHz. SCPC—FDMA rendszerekben egy duplex távbeszélő-összeköttetés létesítéséhez egy frekvenciapár felhasználására van szükség.

Az SCPC—FDMA jelek továbbítására kijelölt fedélzeti retranszlátorban nemcsak egy csatornaképző berendezés vivőhullámjai továbbíthatók, hanem lehetőség van több azonos típusú (azonos frekvenciatervet továbbá jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszert alkalmazó) vagy különböző típusú (különböző frekvenciatervet továbbá különböző jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszert alkalmazó) csatornaképző berendezésekből származó vivőhullámok *együttes továbbítására* is.

SCPC—FDMA rendszerekben az egyik alapvető problémát a csatornaképző berendezés csatorna demodulátorainak bemenetén szükséges *frekvencia-*

* (e. i. r. p): Effective Isotropic Radiated Power; dBW.



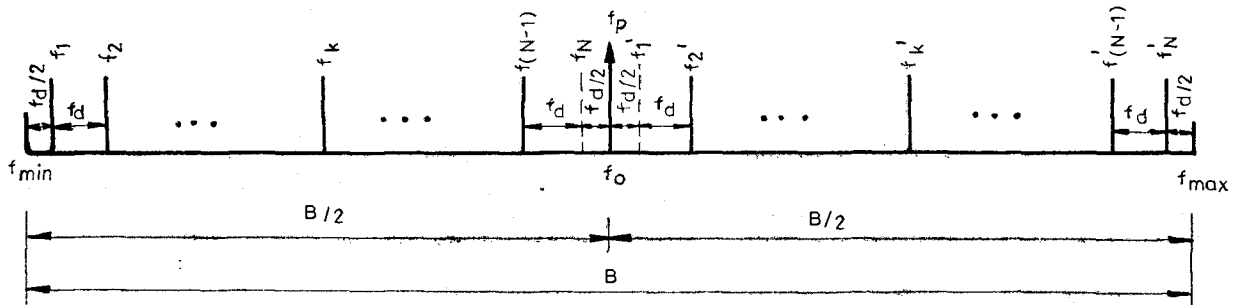
B 280-3

3. ábra. Egyedi-beszédcatornás műholdas hírközlőcsatorna blokkdiagramja

FRT } SCPC/FDMA vívőhullámok továbbítására szolgáló
 SCPC/FDMA } fedélzeti retranszlátor
 FA—A: Földi állomás adó; FA—V: Földi állomás vevő
 TK Transit központ; r/r, koax.: rádiórelé vonal vagy koaxiális kábel; FF: Földfelszíni csatlakozó egység; HF } Hangfrekvenciás
 távbeszélő-csatornák; TBCK: Távbeszélő-csatornáképző berendezés;
 CE—A: Csatorna egység adók; CE—V: Csatorna egység vevők

KF } KF közös egység adó
 KE—A }
 KF } KF közös egység vevő
 KE—V }

RFE: Referens frekvenciák egysége; Szolg.: Szolgálati összekötés egységei; TE: Tápegységek; X: A frekvencia a csatorna kijelölési módszer és a felépítési elv függvénye



B 280-4

4. ábra. Egyedi beszédcatornás frekvenciaterv

$B = f_{\max} - f_{\min}$: Az SCPC/FDMA vívőhullámokat továbbító műholdas rádiócsatorna sáv szélessége; $f_0 = \frac{f_{\min} + f_{\max}}{2}$: a sávközép frekvencia; f_p : a pilotjel frekvenciája; f_d : a vívőhullámok közötti frekvenciátávolság; f_1, f_2, \dots, f_N : az alsó felsáv vívőfrekvenciái; f'_1, f'_2, \dots, f'_N : a felső felsáv vívőfrekvenciái; f_N és f'_1 : információt nem hordozó vívőhullámok (a pilotjellel szomszédos két vívőhullám „üres” csatorna)

A csatorna-vívőfrekvencia-pozíciók meghatározására vonatkozó összefüggések az alábbiak, ha a vonatkoztatási frekvencia a pilotjel frekvenciája: Az alsó felsávban: $f_k = f_p - (f_d/2) - (N - k)f_d$. A felső felsávban: $f'_k = f_p + (f_d/2) + (k - 1)f_d$. $k = 1, 2, \dots, N$. A rendelkezésre álló frekvenciasávban továbbítható vívőhullámok száma, sávkorlátos műholdas hírközlő csatorna esetén: $2N = B/f_d$

bilitás biztosítása jelenti. A szükséges frekvenciastabilitás a vivőhullámok közötti frekvenciatávolságnak, valamint az alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszernek a függvénye. Az eltérés néhány kHz lehet maximálisan. A probléma kritikussá válik abban abban az esetben, ha a vivőhullámok maximális száma 800, a fedélzeti retranszlátorhoz csatlakozó földi állomások száma pedig 50 vagy ennél több. A felmenő szakaszon nagy stabilitású oszcillátorok alkalmazásával lehet biztosítani, hogy a fedélzeti retranszlátor vevőberendezésének bemenetén keletkezzen vivőhullámok közötti interferencia. SCPC—FDMA rendszerekben a frekvenciainstabilitás fő forrásai a fedélzeti retranszlátor tolóoszcillátora és a lemenő szakasz frekvenciaforrásai a csatornaképző berendezés csatornademodulátorainak bemenetéig. Ezek közül is a legjelentősebb a fedélzeti tolóoszcillátor frekvenciastabilitása.

A szükséges frekvenciastabilitás biztosítása érdekében az SCPC—FDMA hálózat valamely földi állomása — rendszerint a hálózat központi állomása — referens pilotjelet sugároz, amelynek frekvenciája, A FC *funkció* segítségével, spektrum-központosítási célt szolgál a hálózat valamennyi földi állomásán, beleértve a pilotjel-adó földi állomást is. A spektrum-központosítás biztosítja, hogy a vett vivőhullámok a csatornaképző berendezésben a nekik megfelelő csatornademodulátorokat megelőző szűrők áteresztő sávjának közepére essenek. A referens pilotjel szintje, AGC *funkció* segítségével, biztosítja a vett vivőhullámok szintjének egyenlőségét és szintstabilitását valamennyi földi állomáson.

Az alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszertől, valamint a csatornaképző berendezés felépítésétől függően, a pilotjel lehet modulálatlan vagy modulált.

Abban az esetben, ha a fedélzeti retranszlátor csak egy csatornaképző berendezés vivőhullámait továbbítja, a pilotjel frekvenciája a sávközépi frekvencia. Ha azonban a fedélzeti retranszlátor több csatornaképző berendezésből származó vivőhullámot továbbít és a csatornaképző berendezések különböző típusúak, akkor minden egyes csatornaképző berendezéshez külön pilotjel tartozik. Az SCPC—FDMA rendszer megbízhatóságának növelése érdekében a referens pilotjelet tartalékolni kell. A pilotjel-tartalékolás különböző módszerei ismeretesek és lehetőségek, amelyekre itt nem térünk ki.

A műholdas hírközlő rendszerek és a földfelszíni hírközlő rendszerek eltérő sajátosságaiból — elsősorban eltérő topológiájából — következik, hogy a műholdas hírközlés céljára nem ugyanazok a modulációs és nyalábolási módszerek az optimálisak, amelyek a földfelszíni hírközlés céljaira a legalkalmasabbak. Ezenkívül, műholdas hírközlő rendszerekben a fedélzeti retranszlátor rendelkezésre álló sáv szélességének és adóteljesítményének maximális kihasználása, a többállomás-hozzáférés maximális rugalmasságának biztosítása az alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszert továbbítani kívánt üzenettípusra külön-külön optimalizálni kell.

Az SCPC—FDMA rendszerekben *analóg* vagy *digitális* jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszereket egyaránt alkalmazhatunk. A jelenlegi gyakorlatban

háromféle jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszer terjedt el:

- I. Analóg frekvenciamoduláció (FM) preemfázis és szótag-kompondor, valamint konvencionális vagy csökkentett küszöbértékű (PLL: Phase Locked Loop) FM demodulátor alkalmazásával.
- II. Hétbités kódszavakat alkalmazó impulzus kódmoduláció (PCM) és négy állapotú digitális fázismoduláció (QPSK), koherens demodulációval.
- III. Adaptív deltamoduláció (ADM) és két vagy négy állapotú digitális differenciál fázismoduláció (DPSK), koherens demodulációval.

Mind analóg, mind digitális jelfeldolgozás és jeltovábbítás esetén, a fedélzeti retranszlátor adóteljesítményének megtakarítása érdekében, beszédjel-továbbítás esetén, az SCPC—FDMA rendszerek „*vivőhullám-impulzus*” (burst) üzemben működnek. Vagyis, a vivőhullámok beszédszünetekben ki vannak kapcsolva. A vivőhullám be/ki kapcsolását a *beszédjel-detektor* vezérli.

A fenti három módszer közül az adott esetben a legmegfelelőbbnek a kiválasztását a szükséges jeltovábbítási kapacitás és az SCPC—FDMA jeleket továbbító rádiócsatorna paraméterei befolyásolják. A főbb paraméterek az alábbiak:

1. A fedélzeti retranszlátor: — (e. i. r. p.) értéke —, sáv szélessége — bemenet/kimenet karakterisztikája —, AM/PM konverziója.
2. A fedélzeti retranszlátorhoz csatlakozó földi állomások G/T értéke.
3. A földi állomások G/T értékeinek azonossága vagy különbözősége. (A hálózat homogén vagy inhomogén.)

Meg kell jegyezni, hogy az idevonatkozó kutatások eredményei alapján ma már a fenti három modulációs módszernél alkalmasabb jeltovábbítási eljárások is rendelkezésre állnak SCPC—FDMA rendszerekben való alkalmazás céljára, amelyeknek gyakorlati alkalmazásával a jövőben számolni kell. Ilyenek például a *többdimenziós modulációs rendszerek* osztályai, továbbá a szimbólumok közötti interferenciától és „*jitter*”-től mentes modulációs rendszerek osztályai. A szóba jöhető jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszerek vizsgálatára, illetve összehasonlítására nem térünk ki.

Az SCPC—FDMA hálózatokban, rendszerint, szolgálati összeköttetést is kell létesíteni. Erre a célra több megoldás ismeretes és áll rendelkezésre, amelyekre itt nem térünk ki.

Az SCPC—FDMA rendszerek lehetnek *rögzített csatornások* (rögzített vivőfrekvencia kiosztásúak), vagy *szabad hozzáférések* (igény szerinti vivőfrekvencia kiosztásúak). Rögzített csatornás rendszerekben a vivőfrekvenciák a fedélzeti retranszlátorhoz csatlakozó földi állomások között előre rögzített módon vannak kiosztva. Szabad hozzáférést tartalmazó rendszerekben a vivőfrekvenciák a földi állomások között a pillanatnyi igénynek megfelelően, a hálózat pillanatnyi forgalma szerint vannak kiosztva és ezért a földi állomások közötti vivőfrekvencia-kiosztás az idő függvényében változik.

4. RÖGZÍTETT CSATORNÁS RENDSZEREK FELÉPÍTÉSI ELVEI

Először a rögzített csatornás SCPC/FDMA berendezések felépítési elveit fogjuk áttekinteni. Távbeszélőcsatorna-képző berendezések felépítése többféle elven lehetséges. A felépítési elv egyrészt a csatornakielölés (vivőfrekvencia-kijelölés) módszerének, másrészt pedig az alkalmazott modulációs rendszernek a függvénye.

Mivel az SCPC/FDMA rendszerek *tranzitközpontok közötti összeköttetések*, továbbá mivel a tranzitközpont és a földi állomás egymástól távol esnek, a tranzitközpont és a földi állomás között rádiórelé vonal vagy koaxiális kábel létesítésére van szükség. A csatorna-képző berendezésben alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszertől függetlenül, a berendezés és a tranzitközpont/földi állomás összeköttetés közötti csatlakozás mindig hangfrekvenciás. A csatlakozó berendezés a hangfrekvenciás illesztésre és rendszerint jelzés-átalakításra szolgál, mivel az esetek legnagyobb részében a műholdas SCPC/FDMA rendszerben alkalmazott jelzésrendszer az adott ország földfelszíni hírközlő hálózatában alkalmazott jelzésrendszerrel eltér.

A csatornaegységek a hangfrekvenciás távbeszélőjel analóg vagy digitális feldolgozására, a kijelölt vivőhullámoknak frekvenciaszintetizátorok alkalmazásával való generálására, valamint a vivőhullámok modulálására szolgálnak. A vivőhullámok az alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszertől függetlenül minden esetben *beszédjel-aktivizáltak*, azaz a vivőhullámok a beszédszünetekben kikapcsolt állapotban vannak. A vivőhullámok *be/ki* kapcsolását *beszédjel-detektor* vezérli. A beszédjel-aktivizált vivőhullámokkal a fedélzeti retranszlátor jeltovábbítási kapacitása 4–6 dB-el növelhető. A realizáció egyszerűsítése, valamint a megbízhatóság növelése érdekében minden csatornamodulátor azonos frekvencián üzemel. A csatornamodulátorok frekvenciájának értéke az alkalmazott csatorna kijelölési módszerétől és az adóoldali szűrési követelményektől függ alapvetően.

A csatornaegység vevők feladata a KF közös egységből érkező modulált vivőhullámok frekvenciájának a demodulátorok frekvenciájára való letranszponálása, a szükséges csatorna (vivőhullám) szűrési követelmények biztosítása, a vivőhullámok demodulálása, továbbá a hangfrekvenciás távbeszélőjel rekonstruálása. A csatornaszűrővel szemben támasztott követelmények realizálhatóságának könnyítése érdekében (valamennyi csatornaszűrő azonossága érdekében) a csatornademodulátorok azonos frekvencián működnek. A csatornademodulátorok frekvenciájának értéke a csatornakielölés választott módszerének, a szomszédos vivőhullámok frekvenciatávolságának, valamint az alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszernek a függvénye. A csatornademodulátorok többszörös transzponálásúak. A csatornamodulátorokat megelőző szűrőknek a termikus zaj és a szomszédos csatornák (vivőhullámok) közötti interferenciájából származó zaj eredőjének minimalizálását kell biztosítaniuk analóg jelfeldolgozás és jeltovábbítás esetén. Digitális jelfeldolgozás és jeltováb-

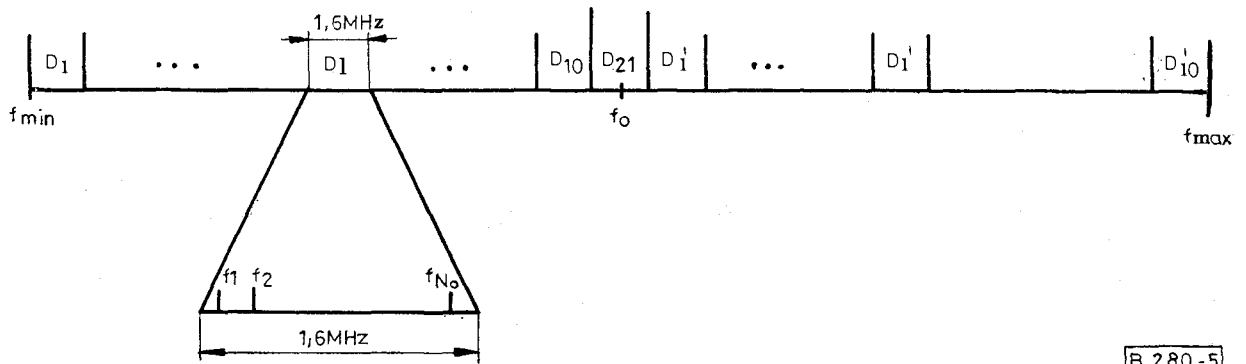
bítás esetén a demodulátorok előtti szűrés feladata a sávon belüli torzításoktól származó szimbólumok közötti interferencia és a szomszédos vivőhullámok közötti intermodulációtól származó szimbólumok közötti interferencia eredőjének minimalizálása. A csatornademodulátorokat megelőző szűrési követelményeknek demodulátor előtti (sávszűrő) és demodulátor utáni (aluláteresztő szűrő) szűrésre való megosztása a linearitással és a szimmetriával szemben támasztott követelményeket jelentősen szigorítja, mivel mind analóg, mind digitális jeltovábbítás esetén a szögmodulációs rendszerek valamely változata az optimális.

A KF közös egység a csatornaegységekből érkező modulált vivőhullámokat a frekvenciaszűrés elvén közös spektrumra nyalábolja és a földi állomás adó KF egységének bemenetére csatlakoztatja, illetve a földi állomás vevő KF egységéből érkező modulált vivőhullámokat a csatornaegységek között, a pilot jel által vezérelt frekvencia- és szintszabályozás (AFC és AGC funkció) után szétosztja. A 10 GHz alatti frekvenciatartományokban működő műholdas hírközlőrendszerek esetén az első KF értéke általában 70 MHz.

A referens frekvenciák egysége a szükséges nagy stabilitású vezérfrekvenciák generálására szolgál. A szükséges vezérfrekvenciák a csatornamodulátor frekvencia, a frekvencia szintetizátorok referens frekvenciája (a szomszédos vivőhullámok közötti frekvenciatávolság), a csatorna vevő egység lokálfrekvenciája, a pilot frekvencia, ezenkívül, digitális jelfeldolgozás és jeltovábbítás esetén, az órafrekvenciák származtatásához szükséges referens frekvencia.

A megbízhatóság növelésének érdekében, a KF közös egységek, a referens frekvenciák egysége, a tápegységek, valamint a pilotfrekvencia-forrás redundánsak (tartalékolva vannak).

A csatornakielölést (vivőfrekvencia-kijelölést) tekintve két módszer jöhet szóba: I) a frekvenciasáv *particionálását* alkalmazó módszer és II) a frekvenciasáv *particionálás* nélküli módszer. A frekvenciasáv *particionálás*át alkalmazó módszer elvét az 5. ábra szemlélteti. A módszer lényege az alábbi. A fedélzeti retranszlátor rendelkezésre álló frekvenciasávját (34–36 MHz) sávszűrőkkel részsávokra osztják. Ha egy részsáv sáv szélessége 1,6 MHz, akkor a létesíthető részsávok maximális száma a szomszédos vivőhullámok közötti frekvenciatávolság függvénye. Pl. ha a vivőhullámok 160 kHz-re vannak egymástól, akkor egy-egy részsávban 10 vivőhullám helyezhető el. Ebben az esetben a szűrési követelmények optimalizálása szempontjából a csatorna-képző berendezés adó- és vevőegységében 6 MHz körüli értékű és 1,6 MHz sáv szélességű közös középfrekvenciát célszerű választani. A csatornakielölés mechanizmusa az I) módszer alkalmazása esetén az alábbi. A csatornamodulátorok kimeneti frekvenciáját a frekvenciaszintetizátor a csatorna-képző berendezés KF sávjának valamelyik vivőfrekvenciájává transzponálja. Ezeket a vivőhullámokat a részsáv keverők a kijelölt részsávba transzponálják, amely a földi állomás KF frekvenciasávjába esik. A csatorna-képző berendezés *vevő egységében* a frekvenciatranszponálás az előbbi sorrend fordítottja. Ennél a csatornakielö-



В 280-5

5. ábra. A frekvenciasáv particionálásának elve

f_{\min} : az alsó határfrekvencia; f_{\max} : a felső határfrekvencia; D_1 : részsávok az alsó félsávban; D_1' : részsávok a felső félsávban; $1=1, 2, \dots, 10$; f_0 : sávközépfrekvencia; f_1, f_2, \dots, f_{N_D} : egy-egy részsávban levő csatorna-vivőhullámok száma

D_{21} : a pilotjel és a szolgálati összeköttetés jeleinek továbbítására szolgáló részsáv

Az $f_{\max} - f_{\min}$ szélességű frekvenciasávban elhelyezhető vivőhullámok (csatorna vivőhullámok) száma: $2N = 20N_D$

lési módszernél a csatornafrekvencia szintetizátorok által generálható frekvenciák száma megegyezik az egy-egy részsávban elhelyezhető vivőhullámok számával.

A II. módszer alkalmazása esetén a fedélzeti retranzslátor rendelkezésre álló frekvenciasávját nem osztjuk részsávokra. Ebben az esetben a csatornafrekvencia szintetizátorok által generálható frekvenciák maximális száma megegyezik a fedélzeti retranzslátor rendelkezésre álló frekvenciasávjában elhelyezhető vivőhullámok maximális számával. A csatornakijelölés mechanizmusa ennél a módszernél az alábbi. A csatornaképző berendezés adó egységében a csatornamodulátor frekvenciának a földi állomás KF sávjába való transzponálásához rendszerint csak egy keverési műveletre van szükség. A csatornaképző berendezés vevő egységében szükséges frekvencia-transzponálási műveletek száma, a korábban említettekén kívül, a csatornamodulátor frekvencia és a csatorna demodulátor frekvencia közötti eltérés mérté-

kének is függvénye. A szűrési követelményekre való optimalizálás, továbbá az alkalmazott jelfeldolgozási és jeltovábbítási módszer függvényében a szükséges frekvenciatranszponálási műveletek száma 3 vagy 4.

I R O D A L O M

- [1] Puente, J. G.—Werth, A. M. Demand: Assigned service for the Intelsat global network (IEEE Spectrum, Jan., 1971. pp. 59—69).
- [2] Тихоное, О. С. и др. Каналообразующая: Аппаратура „ГРАДНЕНТ-Н“. (Электросвязь, № 1, 1978. pp. 18—24).
- [3] Puente, J. G.—Schmidt, W. G.—Werth, A. M.: Multiple-Access Techniques for Commercial Satellites. (Proc. IEEE, Febr., 1971. pp. 218—229).
- [4] Bhargava, V. K.—Haccoun, D.—Matyas, R.—Nuspel, P. P.: Digital Communication by Satellite. (John Wiley and Sons, 1981.)
- [5] Фортуненко, А. А. (ред.): Основы технического проектирования систем связи через КСЗ (Изд. „Связь“, Москва 1970).