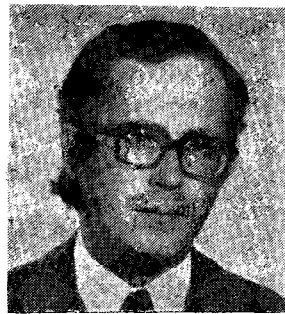


Új eljárások a Tv-műsorok műholdas átvitelére: a MAC módszerek

STEFLEER SÁNDOR
PKI



ÖSSZEFOGLALÁS

A közvetlen műsorszóró műholdak (DBS) közeli üzembéállítása felvetette az egységes TV-normák kialakításának a követelményét, amit csak fokozott a műsorokkal együtt sugárzott kiegészítő szolgáltatások iránti igények növekedése. Ezen kettős éel kielégítésére az EBU-ban számos új multiplexelési eljárás javaslatát vizsgálták meg. Ezek közül a MAC rendszer-család D2—MAC/Packet nevű tagja a közeljövőben felhasználásra is kerül az első (NSZK—Francia) műholdaknál. Az ide vezető utat vázolja a cikk, a MAC-család tagjainak rövid bemutatásával.

1. Bevezetés

A műsorszóró műholdak sugárzási alapjellemzőit a Rádióigazgatási Világörtekezlet (WARC—BS) 1977-ben szabályozta [1]. Ez kiterjedt többek között a jómínőségű közösségi és egyéni vétel érdekében a föld felszínén biztosítandó elektromágneses teljesítmény fluxus megadására is (-111 ill. -103 dBW/m²). Az első két, ilyen feltételeket is teljesítő műhold (az ún. DBS) fejlesztését az NSZK és Franciaország közösen és szinte azonnal elindította. Pályára állításukat eleinte 1983-ra ígérték, később azonban ezt az időpontot többször is módosították. A legutolsó információk szerint a fellövésre 1987 májusában kerül sor a francia ARIANE hordozó rakétával [2]. Az 1977 óta eltelt 10 év azonban a távközlési technika és politika területén olyan nagy változásokat hozott, hogy a WARC'77 által definiált földfelszíni teljesítményfluxus mellett az ellátott területek jelentős megnövekedése lehet számolni. Ez azt jelenti, hogy az eredetileg nemzeti műsorbővítésre szánt műholdas programok Európa legnagyobb részén vehetők lesznek. Figyelembe véve, hogy történelmi okokból Európa területén többféle színes TV-szabvány létezik, az immáron regionális (a teljes európai kontinenst átfogó TV műsorok PAL vagy SECAM kódolású adása esetén kompatibilis vétel nem lenne mindenütt lehetséges. A műszaki lehetőségek és a szolgáltatási igények fejlődése szoros kölcsönhatásban van. A távközlési technológia javulása lehetővé tette a rendelkezésre álló műholdas átviteli kapacitás jobb kihasználását. Azaz a műsorszórás régi gyakorlata: „egy szolgáltatás — egy RF csatorna” kezdett közeledni a távközlésben a multiplexelés következtében már régebben kialakult elvhez: „egy csatorna — sok szolgáltatás”. A műsorszóró

STEFLEER SÁNDOR

1960-ban szerezte meg oklevelét a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának gyengeáramú szakán. Az Elektromechanikai Vállalatnál mint fejlesztőmérnök, később pedig mint laboratóriumvezető a tv adástechnikai mérőműszerek fejlesztését vezette. 1974 óta a Posta Kísérleti Intézet tudományos főmunkatársa. Szakterü-

lete a távközlő rendszerek számítógépes távfelügyelete, valamint a széles sávú, több szolgáltatású hírközlő rendszerek. A HTE-nek 1960 óta tagja, a Pollákh—Virágh és a Puskás Tivadar díjak tulajdonosa, a Vételtechnikai Szakosztály vezetőségi tagja, valamint a Műszaki Tudományos Bizottság titkára. Számos magyar és idegen nyelvű szakkikk szerzője ill. konferencia előadója.

csatornák másodlagos kihasználása a képűtség (teletext) megjelenésével vette kezdetét, azaz a digitális (adat jellegű) információk és az analóg program jelek együttes átvitele vált szükségessé. Az adatcsatornák többcélú felhasználása volt a következő lépés. További kapacitás-igényt jelent a képjellet kísérő hangcsatornák számának növelése (többnyelvű műsorok és/vagy kommentátor-funkciók biztosítása céljából.)

A mikrohullámú- és a digitális technika fejlődése és az össz-európai érdek következtében elérkezett az ideje egy egységes, sokszolgáltatású TV-jel átviteli szabvány kidolgozásának. Mivel ez jelentős minőségi ugrást jelent a megszokott analóg TV-technikához képest, kompatibilitási okokból rendkívül széles tömegeket, sok száz millió TV-nézőt érint. Erre a nagy váltásra, azaz az egységes (kvázi-digitális) televíziózás bevezetésére a legjobb lélektani pillanatoknak a DBS műsorszórás kezdete látszik. Az ennek vételére szolgáló vevők megjelenésével együttjáró komplexitás-növekedés valószínűleg elviseli a járulókos analóg/digitális jelfeldolgozás okozta többlet igényeket is. Megindulhat tehát — szinte párhuzamosan — egyrészt a műholdas jeleket a normál (rég) TV-vevők számára átalakító rendszerek, valamint a közvetlen műhold vételre is alkalmas új típusú sokszolgáltatású (digitális) TV-vevő készülékek fejlesztése.

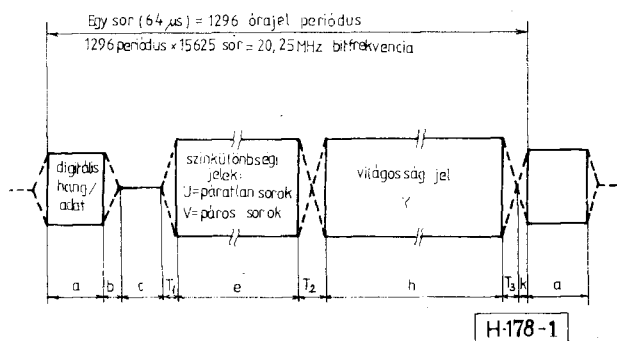
Ennél a küszöbnél állunk pillanatnyilag, ezért indokoltnak látszik az új TV-jel átviteli eljárások megismerése. Természetesen erre egyetlen cikk keretében a sok fontos részlet miatt nincs lehetőség, így itt most — a teljesség igénye nélkül csak a legfontosabb alapokat ismertetjük, a [3] és [4] alapján.

Beérkezett: 1986. II. 26. (□)

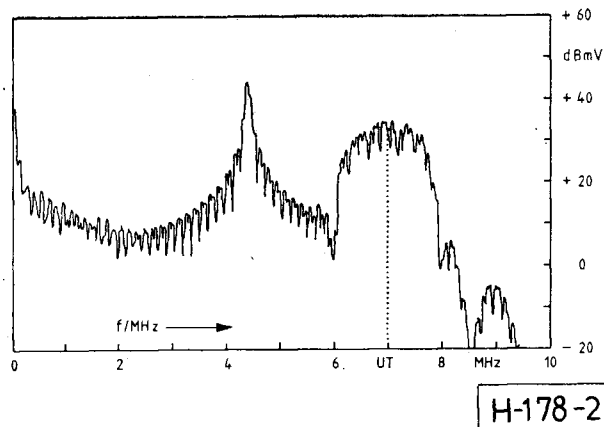
2. A MAC rendszer-család

Az EBU (European Broadcasting Union) tagállamaiban már régóta folyó kutatások eredményeképpen hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a földfelszíni TV-műsorszórásnál használt analóg modulációs eljárások: a csonkaoldalsávú amplitúdómoduláció (AM—VSB) a képjelre és a frekvencia-moduláció (F3E) a hangjelre, valamint ezeknek és a színsegédvívó frekvenciáknak kombinálására használt frekvenciaosztású multiplexelés nem adja az elvárható minőséget a műholdról történő sugárzás esetén. Ennek oka az energia-mérlegben keresendő: az igen nagy távolságban (~36 000 km) lévő és viszonylag kisteljesítményű (~250 W) műhold-adó még az elképzelhető legnagyobb nyereségű antennák és legkisebb zajú vevők használata esetén sem tudja még csak közelítőleg sem biztosítani azt a földfelszíni vevő/zaj (C/N) értéket, ami a földi adásoknál könnyűszerrel elérhető. Ez különösen a hangjeleknél okoz nem kielégítő jel/zaj viszonyt. A még a WARC'77 előtt tervezett „klasszikus” FM-modulált segédvívós rendszer a DBS-műholdaknál nem vált be. Ezután a digitális kódolási és modulációs megoldások jöttek szóba itt is.

A brit IBA (Independent Broadcasting Authority) 1981-ben javasolta a képjelek intermodulációs torzításainak elkerülésére azok újszerű, időmultiplex átvitelét, amit aztán számos (más országokból is származó) kiegészítés követett a hang- és adatjelek átvételére vonatkozólag. Ez az ún. MAC (Multiplexed Analogue Component) eljárás a videojel összetevőit, tehát a világosságjelet (Y), a szintkülönbségi jeleket (U/V) és a szinkronjeleket az eredeti soridőben, de egymástól függetlenül, időben egymás után továbbítja (1. ábra). Ehhez azonban szükséges az összetevők időbeli kompressziója. Ennek módszere a jelek mintavételezése, majd pedig a mintáknak közbelső tárolása, végül pedig más sebességgel történő kiolvasása. Mintavételezésre célszerű volt a CCIR 601. sz. ajánlásban szereplő stúdió-



1. ábra. A MAC/Package jelek alapsávi felépítése. $a = \sim 10,32 \mu s$ (206 ill. 105 bit a C- ill. a D2-rendszerek-nél) sorszinkronizálásra, dig. hang/adat jelek átvételére; $b = \sim 0,2 \mu s$ (4 órajel) átmeneti rész; $c = \sim 0,74 \mu s$ (15 órajel) szintrögzítésre; $T_1 = \sim 0,49 \mu s$ (10 órajel) átmeneti rész; $e = \sim 17,23 \mu s$ (349 órajel) komprimált; szintkülönbségi jelek; $T_2 = \sim 0,25 \mu s$ (5 órajel) átmeneti rész; $h = \sim 34,2 \mu s$ (697 órajel) komprimált világosság-jel; $T_3 = \sim 0,3 \mu s$ (6 órajel) átmeneti rész; $k = \sim 0,05 \mu s$ (4 ill. 1 órajel a C ill. D2 rendszerek esetén)



2. ábra. Egy PAL-videojel spektruma digitálisan modulált segédvívóval (színsáv jelek, $m = 75\%$)

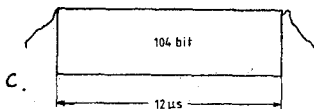
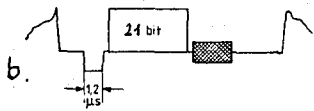
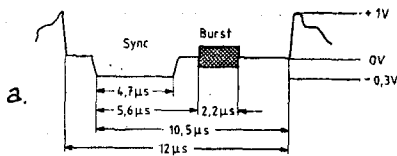
normát választani, azaz 13,5 MHz-et az Y-jelre és 6,75 MHz-et az U és V jelekre. A kiolvasás egységesen 20,25 MHz-el történik. Így a világosság-jel 3:2 arányban, a színjelek pedig 3:1 arányban kerülnek komprimálásra. Ennek következtében viszont az átviteli úton megnövekszik a szükséges csatorna-sávszélesség. Ha a világosságjeletében pl. 5,6 MHz-es alapsávi sávszélességből indulunk ki, akkor a MAC-képjel átviteléhez min. 8,4 MHz széles csatornára van szükség. Nyilvánvaló, hogy a kompresszió miatt a jel/zaj azonos arányban romlik, ami azonban megfelelő ellenintézkedések esetén nem okoz képminőség romlási problémákat.

A stúdió-normától eltérően az U és V jelek a MAC rendszerben az egymás után következő sorokban váltakozva kerülnek átvitelre, aminek az az előnye, hogy a színjelek felbontása vízszintes és függőleges irányban kb. egyforma. A képjel összetevők időmultiplex átvitele eleve kizárja a jelösszetevők közötti nemkívánatos kölcsönhatásokat, ami pedig a műhold-transzponderek erős nonlinearitása miatt az FDM átvitelnél probléma. Az ily módon összetett MAC-videojel a műhold-adót a szokásos módon frekvenciában modulálja. Eddig a pontig a MAC-rendszer család minden tagja lényegében véve megegyezik. Jelentős eltérések vannak viszont a kísérő hang/ok ill. a járulékos adatinformációknak a képjellel történő kombinálásánál, melyek a fejlesztés során egy-egy lépcsőnek felelnek meg.

2.1 A—MAC: a MAC-rendszerű képjelek és a digitális hang/adat jelek frekvenciamultiplexelése

Az alapsávi FDM-multiplexelés a videojel sávja felett a digitális hang- és adatjelekkel digitálisan modulált segédvívót helyez el (2. ábra). Az EBU által erre javasolt fontosabb rendszerjellemzők:

video sávszélesség	5 MHz
hang vételi küszöb	BER < 10^{-3} , 8 dB-es C/N mellett
bitsebesség	32 kbit/s többszörösei max. 2,04 Mbit/s
moduláció	2—PSK, oldalsáv elnyomó szűrővel
segédvívó frekvencia	7 MHz



H-178-3

3. ábra. Időmultiplexelt hang/adatjelek elhelyezése a sorkioltási időintervallumban. a. eredeti (analog) TV-jel sorkioltása, b. SIS-jelek a sorkioltás alatt, c. hang/adat/szinkron jelcsomag a sorkioltás alatt. (MAC/Packet)

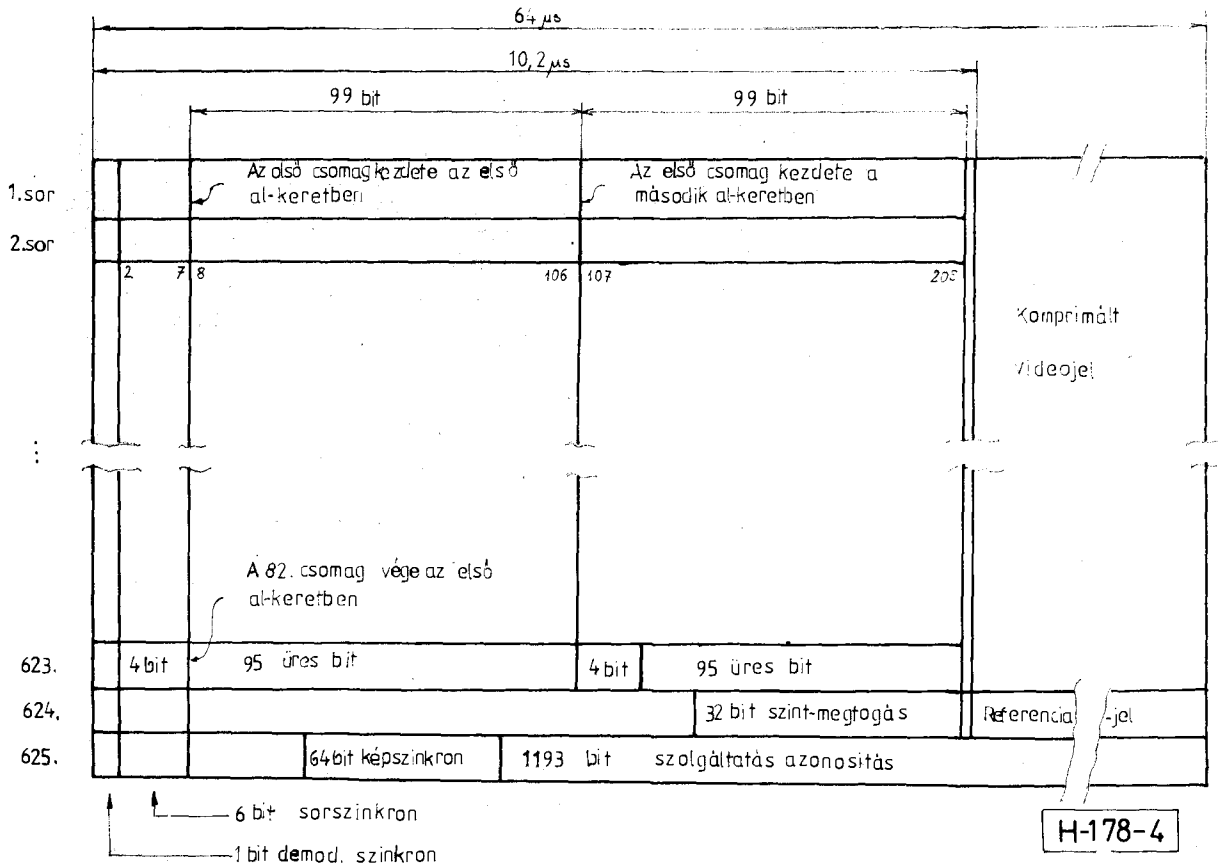
RF löket a segédvívó
következtében 2,5 MHz

A javaslat a hang/adat jelek multiplexelésére a csomag-multiplexelést ajánlja. Ebből adódik az újabb MAC-eljárások Packet mellékneve.

Az A-rendszer hátránya, hogy a maximális, tehát 2,04 Mbit/s-os adatsebesség mellett is legfeljebb 5 db jóminőségű hangcsatorna átvitelére alkalmas, ami egyrészt nem mindig elegendő, másrészt viszont a műholdas csatorna kapacitását sem optimálisan használja ki.

2.2 B—MAC: a MAC-rendszerű képjelek és a digitális hang/adat jelek alapsávi időmultiplexelése

Az alapsávi eljárások a digitális jelek átvitelére a videojel többé-kevésbé módosított sorkioltási intervallumát használják fel (3. ábra). A rendszer maximális átviteli kapacitását a rendelkezésre álló video sáv szélesség és a sorkioltásnak a teljes soridőhöz viszonyított aránya ($12 : 64 \mu s$) szabja meg. 6 MHz-es video sáv szélességgel számolva a bináris jel minimális időtartamára 83,3 ns adódik, ami megfelel 12 Mbit/s pillanatnyi ill. $(12/64) \times 12 = 2,25$ Mbit/s kihasználható jel-sebességnek. Ezt az elméleti értéket azonban a csatorna nem ideális tulajdonságai miatt nem lehet elérni. Egy megvalósított — és az EBU által is megvitatott — variáns 104 bitet iktat be a sorkioltó intervallumba, ami megfelel 1,625 Mbit/s kihasználható jelsebességnek. Ezzel 4 kompondált hangcsatorna és némi járulékos adatátvitel biztosítható — ami megint csak nem jelenti a műhold optimális kihasználását. Mindenesetre az EBU a továbbiakban már nem foglalkozik a B—MAC rendszerrel a műholdas műsorszórással kapcsolatban.



H-178-4

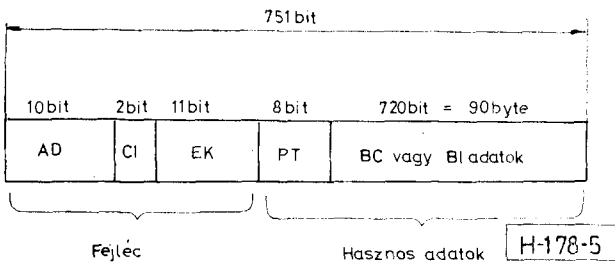
4. ábra. A C—MAC-jelek digitális keret struktúrája (egy teljes kép)

2.3 C—MAC/Packet: a MAC-rendszerű képjelek és a digitális hang/adatjelek rádiófrekvenciás idő-multiplexelése

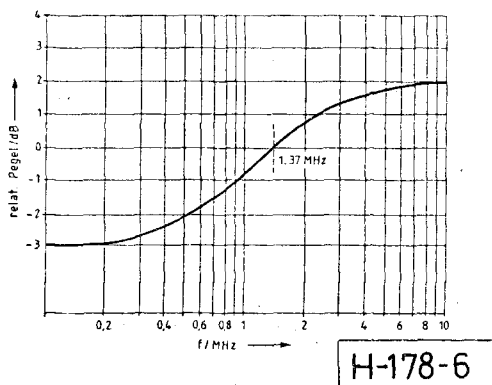
Ennél az eljárásnál a MAC-jel a soridő aktív része (52 μ s) alatt frekvenciamodulálja a vivőt, a sorkioltás ideje alatt viszont a vivőt digitálisan modulálják a burst-szerűen megjelenő hang- és adatjelek, melyek egyúttal a sor-, kép- és esetleg a színsegédvivő frekvencia szinkronizálását is elvégzik. A digitális modulációt a legkedvezőbb spektrum-burkoló görbe érdekében 2—4 PSK-ra választották. A fontosabb rendszer jellemzők [6]:

video sávszélesség	6 MHz
videojel	PAL, vagy SECAM, vagy NTSC
video moduláció	FM (13,5 MHz csúcs-lököt)
hang vételi küszöb	BER 10^{-3} (8 dB C/N mellett)
hang/adat moduláció	2—4 PSK
pillanatnyi adatsebesség	20,25 Mbit/s
közepes kihasználható	
hang/adat jelsebesség	kb. 3 Mbit/s
hangcsatorna kapacitás (kódolás függő)	max. 8 db zenecsatorna
adatátviteli kapacitás (kódolás függő)	max. 400 kbit/s
átvivő csatorna sávszélesség	14 MHz

A C—MAC/Packet rendszer digitális keretszerkezése a 4. ábrán látható. Minden TV-sor idejének első kb. 10 μ s ideje alatt 206 bit szolgál a digitális sorszinkron (6 bit) és a kódolt hang/adat impulzusok



5. ábra. A C—MAC/Packet jelek csomag struktúrája AD=cím-bitek; CI=folyamatossági index; EK=hiba-védelem; PT=csomagtípus leíró; BC=kódolt hang; BI=rendszer információk



6. ábra. A C—MAC eljárásnál alkalmazott preemfázis

(198 bit) továbbítására. A soridő további részében a 20,25 MHz-el mintavételezett MAC-videojel található. A hang/adatjelek két digitális alkeretbe szervezettek és csomagstrukturájuk. Ezek felépítése az 1—623. sorokban azonos (5. ábra), a 624. sor még nem teljesen specifikált, a 625 viszont teljes egészében speciális adatsor. Ez tartalmazza többek között a képszinkronizáló kódot is.

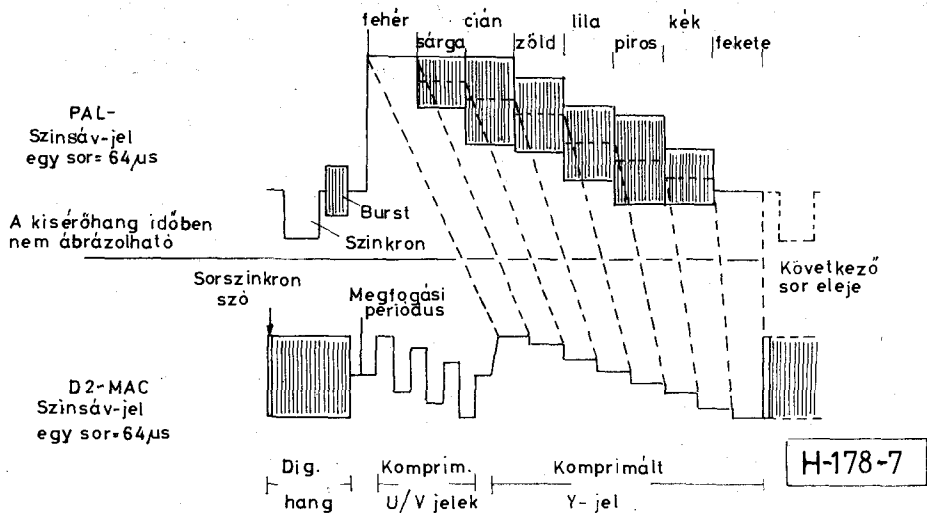
Az FM—MAC alkalmaz kismérvű preemfázist is (6. ábra), valamint 600 kHz-es energiadisziperziót. Összességében véve optimálisan használja ki a műhold csatorna kapacitását, de az igényelt széles átviteli sáv (14 MHz) miatt a földfelszíni rendszerekben történő továbbvittele változatlan formában nehézségeket okoz. Mindazonáltal ez a rendszer képezi az alapját a többi szabványosítás alatt álló MAC-variánsnak és több ország már elfogadta, mint a saját DBS-nél tervezett jelátviteli módszert.

2.4 D—MAC/Packet: az átkódolt C—MAC rendszer

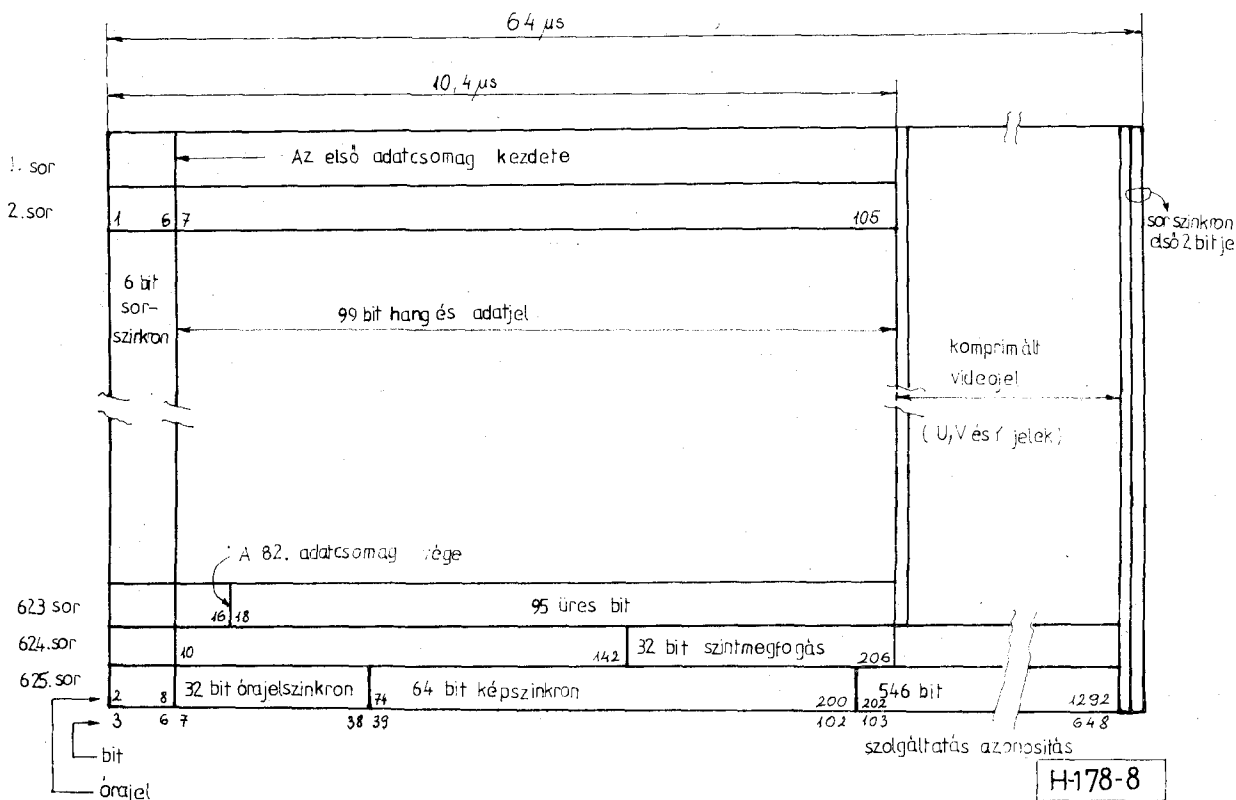
A D—MAC/Packet rendszert nem-műholdas szakaszokon történő alapsávi jelátvitelre fejlesztették ki, a C—MAC rendszerű jelek digitális hang/adat részének átkódolásával. Az átvitelhez szükséges sávszélesség csökkentése érdekében itt a hang/adatjelek 2—4 PSK modulációja helyett az előnyösebb spektrum-burkolóval rendelkező duobiner kódolást alkalmazzák. Kizárólag a műhold vevőállomáson vett, C—MAC/Packet rendszerű jelek szélessávú kábelben történő szétosztására szolgál. A fejállomásról a műhold jelét 10,5 MHz-es csatorna-sávszélességgel alapsávon juttatják el a megfelelő vevőkészülékkel rendelkező előfizetők-höz. Modulált változata nincs, mert a spektruma nem fér be a szokásos 7 vagy 8 MHz-es KTV csatorna-raszterbe [5].

2.5 D2—MAC/Packet — a KTV-kompatibilis C—MAC/Packet

A kifejezetten KTV-hálózatok számára (7 vagy 8 MHz-es raszterben történő továbbításra) alkalmas D2—MAC/Packet rendszer a C—MAC-ból származik egyrészt a hang/adat jelek duobiner kódolásával (mint a D—MAC) másrészt viszont a bitsebességnek az adatsomagokon belül 20,25 MHz-ről 10,125 MHz-re történő csökkentésével. Ez utóbbi természetesen átviteli kapacitás csökkenést von maga után, nevezetesen a C—MAC két digitális alkerete közül az egyik nem kerül továbbításra. Ennek következtében a hangcsatornák és az adatátvitelre felhasználható maradék bitek száma is a felére csökken. Ettől eltekintve a D2—MAC biztosítja a C—MAC jel transzparens átvitelét, akár műholdról, akár földi TV-adóról történő sugárzás, vagy KTV-hálózaton keresztül történő továbbítás esetén. A D2—MAC/Packet eljárásnál a MAC-rendszerű kép és a duobiner kódolású hang/adatjelek multiplexálása az alapsávban megy végbe (a B-rendszerhez hasonlóan) és ez az összetett jel (7. ábra) modulálja frekvenciában a vivőt. FM demoduláció után tehát az alapsáv azonnal rendelkezésre áll, ami a vétel-



7. ábra. PAL-es D2—MAC/Packet alapsávi jelek, összehasonlítása (színsáv)



8. ábra. A D2—MAC/Packet multiplex keretstruktúrája

technikát leegyszerűsíti. A TV2—MAC/Packet digitális keret-struktúrája a 8. ábrán látható. A C-és D2-rendszerek legfontosabb tulajdonságait az 1. táblázat hasonlítja össze.

2.6 E—MAC: az új típusú, szélesformátumú TV-képre továbbfejlesztett MAC-rendszer

A TV-kép minőségének további javítása érdekében folyó fejlesztések (HDTV: nagyfelbontású TV, szélesformátumú TV, javított PAL-rendszer stb.) nagy eredménye, hogy az ilyen jelek előállítására és megjelenítésére szolgáló eszközök létrehozásával

egyidejűleg megszülettek (legalábbis kísérleti szinten) a jelek műholdas átvitelére szolgáló elképzelések is. Ezek azonban még semmilyen szinten nem elfogadott rendszerek. Jelenleg 2 javaslat áll vizsgálat alatt a széles formátumú TV-jelek átvitelére:

Az IBA javaslata csak 4,73:3-ra növeli a normális (4:3) oldalirányú TV-képet és mivel a járulékos képinformációkat a képköltés alatti sorokban viszi át, megtartja a videojel eredeti (a C—MAC-nál 8,4 MHz-es) sáv szélességét, de a hang és adat csatornák kapacitását csökkenti a (C—MAC-nál

A két legfontosabb MAC-eljárás, a C-és a D2-MAC/ Packet rendszerek legfontosabb jellemzőinek összehasonlítása

	C—MAC videó: FM hang/adat: 2—4 PSK	D2—MAC videó: FM hang/adat: FSK
Adatjel kódolás	bináris	duobiner
Csomag jellemzők	hang/adat: 195 aktív bit/sor 162 csomag/kep videó: 20,25 Mbit/s	hang/adat: 98 aktív bit/sor 81 csomag/kép videó: 20,25 Mbit/s
Hang/adat csatorna kapacitás	8 db HQI 1/55 kbit/s vagy pl. 4 db HQL2/400 kbit/s	4 db HQI1/28 kbit/s vagy pl. 2 db HQL2/199 kbit/s
Bithiba arány (BER)	$< 10^{-3}$	$< 10^{-3}$
Adat-jel feldolgo- zás	C/N=7,7 dB-nél	C/N=8 dB-nél
Vevő készülék jellemzők	20,25 Mbit/s 2 demodulátor (FM és 2—4 PSK) Egyszerű szűrő Demod. után nincs alapsáv	10,125 Mbit/s 1 demodulátor (FM) Bonyolultabb szűrő Demod. után alap- sáv
Alapsáv rögzítése házi videón	nem lehetséges	lehetséges
Földi jelszétosztás	14 MHz-es spec. hálózat	normál KTV hálózat

Jelmagyarázat:

HQI =komandált kódolástú zenecsatorna, egyszerű hiba-
védelemmelHQL2 = lineáris kódolástú zenecsatorna, összetett hiba-
védelemmel

940 kbit/s-re, ami megfelel 2 db HQI hang+170 kbit/s adat csatornának. A D2—MAC-nál értelem-szerűen ezen értékek feleződnek). A képjel felbon-tása és jel/zaj viszonya változatlan marad. Nagy hátrány az, hogy a képkioltás alatt nem marad hely a képújtság jelek számára.

A másik, a CCETT javaslat az új képméret-arányt 5,33:3-ra definiálja és megtartja a MAC-rendszer eredeti hang/adatátviteli kapacitását, viszont a képjel felvontóképessége és a jel/zaj romlik kb. 3,5 dB-el. Nyilvánvaló, hogy a D2—MAC átvivő rendszer esetén (ahol amúgyis csökkenteni kellett a hang/adat átviteli kapacitást) csak ez utóbbi javaslat alkalmazható, különösen, ha a teletext jeleket eredeti helyükön kell átvinni.

Az E—MAC rendszer jelentősége elsősorban a nagyméretű, vetített TV-képeknél fog megnyil-vánulni.

3. Értékelés

Az előző fejezetekben ismertetett különböző MAC-rendszerek jelentősége nem egyforma. Az A—MAC és a B—MAC nem is szerepel már az EBU, vagy a CCIR által javasolt rendszerek között annak ellenére sem, hogy pl. a B—MAC Ameriká-ban és Ausztráliában elfogadásra talált, és a MOTO-ROLA-cég a kódolást és dekódolást leegyszerűsítő nagybonyolultságú (VLSI) integrált áramkörti kész-letet hozott forgalomba a B—MAC számára. [8] A C—MAC viszont Anglia és egyes skandináv államok által az 1980-as évek végére tervezett saját DBS műholdak már bejelentett jelátvivő rendszere. Ez nem is csoda, mivel a C—MAC bonyolultsága ellenére minden bizonnyal a leg-gazdaságosabb csatornakihasználási módszer.

Nyugat- és Közép-Európa számára azonban a legnagyobb jelentősége minden bizonnyal a komp-romisszumokat is tartalmazó D2—MAC-nek van. Egyrészt azért, mert az első valódi DBS műsor-szolgáltatás az elkövetkező hónapokban ténylege-sen ezzel indul, másrésztől viszont azért, mert ez lehetőséget biztosít egy olyan egységes európai TV-szabvány léterehozására, mely a stúdiótól a földi és műholdas adókon ill. KTV-n keresztül a vevőkészülékig homogén és emellett elegendően sok szolgáltatást is biztosít.

Mindez oda hat, hogy a D2—MAC eljárással már nem csak az EBU keretein belül kell foglalkozni, hanem Magyarországon is érdeklődésre tarthat számot, így várhatóan a HÍRADÁSTECHNIKA hasábjain is egyre többször fog szerepelni vala-milyen formában.

IRODALOM

- [1] Final Acts of the WARC for planning of the broad-cast satellite service in the frequency bands 11,7—12,2 GHz (in regions 2 and 3) and 11,7—12,5 GHz (in region 1). UIT, Geneve, 1977.
- [2] Rolf Thiele: Rundfunkversorgung durch Satelliten, Media Perspektiven, 10/1984.
- [3] Horst Hessenmüller: Der Weg zu einer einheitlichen Farbfernsehnorm für Rundfunk-satelliten in Europa. Der Fernmelde Ingenieur 1985. Aug.
- [4] Christoph Dosch: C—MAC/Paket, Normvorschlag der Europäischen Rundfunk Union für den Satellitenrundfunk. Rundfunktechnische Mitteilungen 1985. H. 1.
- [5] Christoph Dosch: D-und D2—MAC/Paket — die mitglieder der MAC Fernseh-standard-familie... Rundfunktechnische Mitteilungen 1985. H. 5.
- [6] Mertens, H and Wood, D.: The C—MAC/Paket system for direct satellite television. EBU Review Technical No. 200 (Aug. 1983).
- [7] D2—MAC/Paket for DBS. FUBA Communication.
- [8] Juler E. Kadish: A Chip-set for B—MAC. Inter-national Broadcast Engineer May 1985.