

HÍRADÁSTECHNIKA

A hazai mikrohullámú átviteltechnika fejlődése az egységes távközlés irányában*

DR. RÁKOSI FERENC,
DR. BERCELI TIBOR,
DR. FRIGYES ISTVÁN,
DR. HERPY MIKLÓS

Távközlési Kutató Intézet,
Budapest

Bevezetés

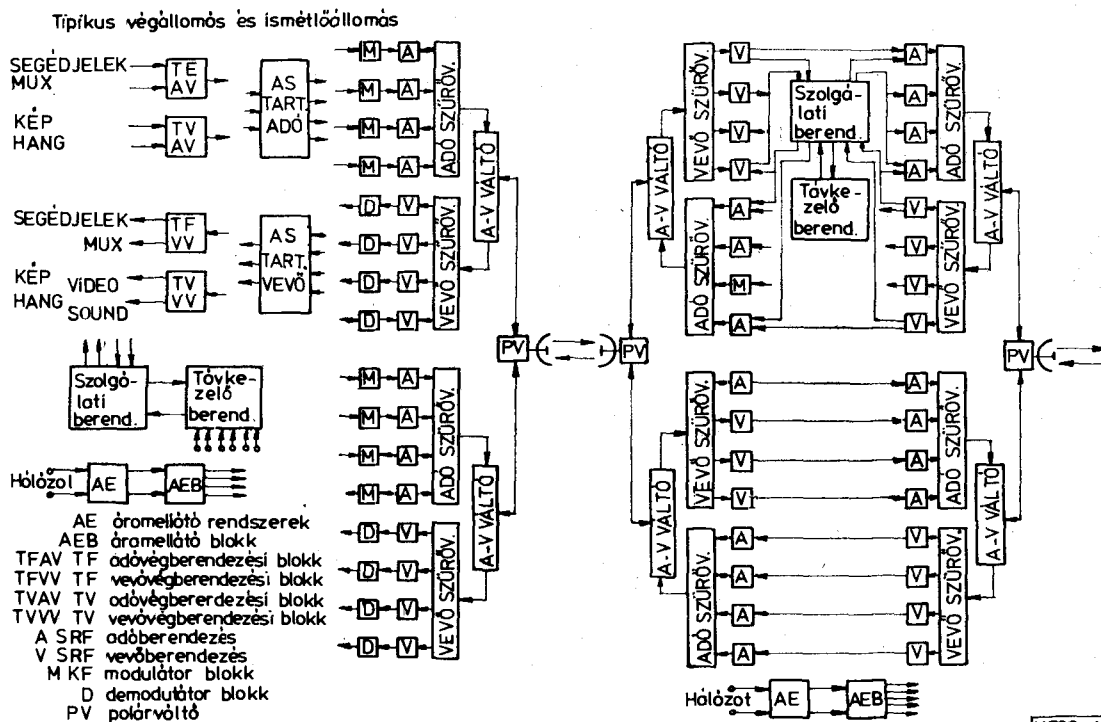
A mikrohullámú átviteltechnika a korszerű távközlő hálózatok szerves része. Szolgáltatásai sokrétűek és sok átviteli feladatra optimális megoldást adnak. Jelen cikkben áttekintést adunk a hazai mikrohullámú átviteltechnika fejlődéséről és ennek keretében bemutatjuk, hogy a szolgáltatások fajtái, a berende-

zések és az áramkörök megoldásai és kivitelei az egységes távközlés irányában haladnak. A témakör igen széles volta miatt az áttekintés csak a fő eredményekre és a fejlődés fő vonalára terjed ki.

Impulzusmodulált átvitel

A mikrohullámú átviteltechnika hazai művelése nemzetközi összehasonlításban is viszonylag korán, már a 40-es évek végén megkezdődött. Az első fejlesztés kiskapacitású impulzusmodulált berendezés kidolgozására irányult. E munka eredményeként az

* A Híradástechnikai Tudományos Egyesület és a Közlekedéstudományi Egyesület rendezésében megartott előadás kibővített anyaga. (Beérkezett: 1981. V. 16.)



1. ábra. Rádiórelé rendszer általános felépítése

Rádiórelé berendezések kapacitásának növekedése

Frekvencia (GHz)	Csatorna-szám	Magyar	USA	Japán	Francia
4	600	1963	1951	1956	1962
6	1800	1967	1958	1964	1969
6	2700	—	—	1977	1977
5	3600	—	—	1979	—
6	6000 (SSB/AM)	—	1979	—	—

Frekvenciamodulált átvitel

A frekvenciamodulált analóg pont-pont közti közvetlen átlátású földi mikrohullámú rádiórelé rendszerek kutatása négy évtizedes múlttal rendelkezik. A rendszer általános felépítése az 1. ábrán látható.

Az első nagytávolságú összeköttetést a 4 GHz-es frekvenciasávban 600 TF-csatorna vagy 1 fekete-fehér TV-kép + hangátvitelére alkalmas kapacitással a Bell Telephone Laboratories (BTL) 1951-ben telepítette New York és San Francisco között. Világviszonylatban az 50-es évek második felében kezdődött a mikrohullámú rendszerek elterjedése.

Magyarországon a kutatói munka 1955-ben kezdődött a TKI-ban. A hazai rendszerek kapacitásának időben való növekedését az amerikai, japán és francia adatokkal összehasonlítva az 1. táblázat szemlélteti.

A mikrohullámú rádiórelé rendszerek technológiai fejlődése három generációs korszakra bontható világviszonylatban (2. táblázat).

A magyar kutatási munka főbb eredményeit a 3. táblázat mutatja. Az első generációs berendezések kidolgozásánál a kutatás a mikrohullámú rendszer összes építőelemére kiterjedt. A rendszer kidolgozásával párhuzamosan folyt a speciális alkatrészek (mikrohullámú csövek, félvezető diódák, ferrites eszközök, tápvonal elemek, antennák stb.), a speciális technológiai eljárások, a konstrukció és a szükséges speciális mérőműszerek kidolgozása. A további berendezeskidolgozások során azonban a kutatási terület gazdaságossági okok miatt szűkíteni kellett és egyre jobban támaszkodni kellett a külföldi (nagyreszt tőkés) alkatrészekre. A berendezéseket a TKI az ORION és FMV fejlesztőivel együtt dolgozta ki. A 4 és 6 GHz-es berendezéseket a FMV, a 7 és 8 GHz-eseket az ORION gyártja.

A kutatási-fejlesztési munkában közel 25 éves a szovjet—magyar együttműködés (TKI—NIIR). Ez az együttműködés a Druzsba berendezés közös fejlesztésével teljesedett ki és napjainkban is nagymértékben segíti a hazai kutatási-fejlesztési munkát.

A kutatás jelenleg a harmadik generációs berendezéscsalád kidolgozásának befejezésére irányul. A munka 1975-ben indult és jelenleg a 7 és 8 GHz-es 960 csatornás berendezés, továbbá a 6 GHz-es 1800 csatornás berendezés van készen. Főbb jellemző adatok a 4. táblázatból láthatók.

Befejeződött a rendszerhez tartozó modem és végberendezéscsalád fejlesztése.

A fejlesztés jelenlegi szakaszában már értékelhetők a harmadik generációs technológia előnyei.

Jelentősen nőtt a berendezések megbízhatósága, csökkent azok mérete és teljesítményfelvétele. Az

2. táblázat

Rádiórelé berendezések technológiai fejlődése

Első generációs berendezések	Második generációs berendezések	Harmadik generációs berendezések
— Mikrohullámú jelforrás klisztron	— Mikrohullámú jelforrás tranzisztor	— Mikrohullámú jelforrás tranzisztor
— Teljesítmény erősítő HH cső	— Teljesítmény erősítő HH cső	— Teljesítmény erősítő tranzisztor
— KF és alapsávi áramkörök aktív elemelektromos	— KF és alapsávi áramkörök aktív elemelektromos	— KF és alapsávi áramkörök aktív elemelektromos és IC
— Huzalozott szerelés	— Nyomatott szerelés	— Nyomatott szerelés és hibrid szerelés
— Mikrohullámú áramkörök tápvonalban	— Mikrohullámú áramkörök tápvonalban	— Mikrohullámú áramkörök tápvonalban és hibrid integrált kivitelben
— Félvezető dióda az adó és vevőkeverőben	— Félvezető dióda az adó és vevőkeverőben és a sokszorozókban	— Félvezető dióda az adó és vevő keverőben és a sokszorozókban — Miniatur koaxiális csatlakozók — Félmerekv koaxiális kábelek — Miniatur elektro-mechanikus alkatrészek
— Megbízhatóság kicsi	— Megbízhatóság közepes	— Megbízhatóság nagy
— Fogyasztás nagy	— Fogyasztás lényegesen kisebb	— Fogyasztás tovább csökkent — Új símm rack konstrukció

integrált eszközök alkalmazása szigorú klímáigénybevételek mellett is lehetővé tette a minőségi jellemzők javítását és azok stabilitásának fokozását. Ugyanakkor növelhető volt a nyújtott szolgáltatások száma és szintje, és jelentősen egyszerűsödött a berendezések üzemviteli rendszere és karbantartása.

A mikrohullámú berendezések műszaki, konstrukciós és üzemeltetési tulajdonságait a Schmideg Iván

által kidolgozott korszerűségi tényezővel jellemezzük:

$$A = \frac{S^{0.5} \frac{MTBF}{10^4}}{P_{DC}^W \frac{V_{dm3}}{N}}$$

S = rendszerérték,
 P_{DC} = egyenáramú teljesítményfelvétel,
 $\frac{V}{N}$ = csatornánkénti térfogat konstrukciós jellemzői,
 MTFB = megbízhatósági jellemző.

A különböző berendezések összehasonlítását az 5. táblázat tartalmazza.

Az összehasonlítás alapján megállapítható, hogy a hazai harmadik generációs berendezések: a KTT-80 és GTT-80 korszerűségi szintje csak kevés elmarrással rendelkezik a legkorszerűbb termékekhez képest.

A berendezéscsalád fejlesztése során néhány alapvetően új áramkört és rendszertechnikai megoldást dolgoztunk ki. Így a lokállátás a korábban szokásos frekvenciasokszorozós rendszer helyett fáziszárt hurkos frekvenciastabilizátorként működik, ami lehetővé teszi a lokálfrekvenciák csatornánkénti egyszerű átprogramozását, illetve az oszcillátor frekvencia-modulátását. Rendszerünkben a mikrohullámú alaposzcillátor frekvenciája egységesen 2 GHz, amelyből sokszorozással állítjuk elő a 6...8 GHz-es lokálfrekvenciákat. A kiszajú mikrohullámú oszcillátornak és a kisszámú sokszorozásnak köszönhetően a lokálzaj igen alacsony szinten tartható.

Új konstrukciós elveket valósítanak meg mikrohullámú végerősítőink, amelyekkel az adókeverők

3. táblázat
 A hazai analóg berendezésfejlesztés főbb eredményei

Generáció	Berendezés	év Átv. kapacitás csatorna sz.
Első	KTT 4000 GTT 4000/A GTT 4000/600	1957 TV 1960 TV 1963 600 v. TV
Második	Druzsha 6000/1920 KTT-8000 GTT-70/4000/1920 GTT-70/6000/1920 KTT 8000/960 GTT 4000/960 GTT 6000/960	1967 1920 v. TV 1969 300 v. TV 1972 1920 v. TV 1974 1920 v. TV 1977 960 v. TV 1976 960 v. TV 1977 960 v. TV
Részben harmadik	LD-IC 7000/24 LD-IC 8000/24	1977 24 1979 24
Harmadik	KTT-80/7000/960 KTT-80/8000/960 GTT-80/6000/1920 GTT-80/4000/1920	1976 960 v. TV 1979 960 v. TV 1980 1920 v. TV 1982 1920 v. TV

4. táblázat

Harmadik generációs berendezéscsalád fő jellemzői

Frekvencia tartomány (MHz)	Frekvencia terv	Duplex csatornák száma	Referencia vonalak hossza (km)	Telefon csatornák száma	Adóteljesítmény (W)	Vevőzajtbecsítő (dB)
3800—4200 3200—3900	CCIR KGST Szovj. Posta	6 6 8	2500	1920/ 1980	5	6,5
5670—6270 5925—6425	KGST CCIR	8 8	2500	1920/ 1800	3	7,0
7125—7425 7250—7550 7425—7725	CCIR	6	2500	960	1,6	7,5
7125—7425 7250—7550 7425—7725	CCIR	10	—	300		
7900—8400 7900—8400	KGST Szovj. Posta	8 8	2500	1020		

5. táblázat

A berendezések korszerűségi összehangolása

Rendszer	Megjelenés éve	„A” tényező
Simens FM1800/6000	1965	2
Thomson CSF FH 740L	1974	15
ITALTEL R 23	1968	9
SEL FM 1800/4000	1973	80
GTE CTR 1407	1974	150
SIEMENS FM 860/6700	1977	400
BTM RRH-6	1975	120
Druzsha	1967	1
GTT-70 6000/1800	1974	8
KTT-80, GTT-80	1980	250

kimenetén előállított 1,5 mW szintű rádiófrekvenciás jelet 2...5 W szintre erősítjük. Az erősítést a bemeneti jel leosztása után a 2 GHz-es frekvenciasávban végezzük, ahonnan sokszorozással jutunk vissza az eredeti frekvenciasávba. A frekvenciaosztáshoz egy PLL hurokból és VCO oszcillátorból álló áramkört használunk, amely az osztás mellett limitálást és jelentős erősítést is biztosít.

A különböző frekvenciasávokban működő berendezések rendszertechnikája, mechanikai konstrukciója és áramkörkészlete nagymértékben egységesített, ami egyben azt jelenti, hogy a berendezéscsalád építőelemeiből különböző kapacitású és frekvenciasávú további rendszerek is könnyen felépíthetők.

A mikrohullámú rendszerek üzemviteléhez segédberendezések is szükségesek.

A csatornatartalékoló berendezések fejlődését a 6. táblázat alapján lehet áttekinteni.

A távkezelő berendezések helyzetéről pedig a 7. táblázat ad rövid áttekintést.

A szolgálati berendezések fejlődését és jelenlegi helyzetét a 8. táblázat mutatja.

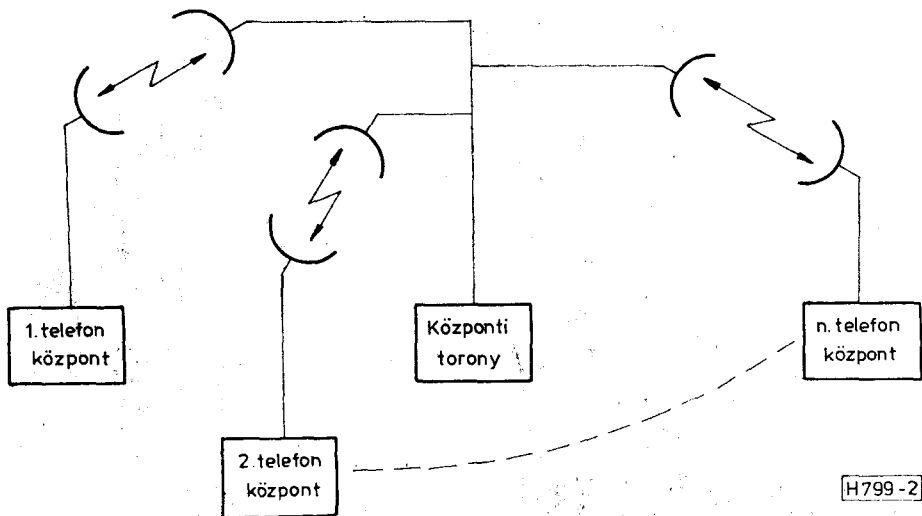
Csatornatartalékoló berendezések fejlődése

Fej. ideje	Megnevezés	Max. csat. kapac.	Méret (adó + vevő)	Súly	Fogyasztás	Tartalékolás irkv. tart.	Kapcsoló elemek	Jellemző aktív elemek
1959—1962	GTT4000/600 Automatika berendezés	5+1				Alapsávi és KF	Nagyszintű vákuum jelzőgők	Elektroncsövek és germánium félvezetők
1967—1969	GTT8000/300 MA 3/1	3+1	1 db 1550 × 600 × 225 mm-es keret	kb. 120 kg	kb. 150 W	KF	Diódás, elektronikus KF kapcsoló	Germánium és szilícium félvezetők
1969—1970	DRUZSBA MA6/2	6+2	2 db Druzsba keret + 1 db kezelőasztal	kb. 2 × 120 kg + 100 kg	kb. 300 W	KF	Diódás, elektronikus KF kapcsoló	Szilícium félvezetők
1972—1974	GTT—70 MA5/1 MA6/2	5+1 6+2	1 db 2064 × 600 × 225 mm-es keret	kb. 160 kg kb. 180 kg	kb. 190 W kb. 230 W	KF	Diódás elektronikus KF kapcsoló	Szilícium félvezetők és monolit IC—k
1981—1983	KTT—80/ GTT—80 MA80	7+1 (6+2)	2 db 2210 × 122 × 225 mm-es oszlop		kb. 120 W	Alapsávi és KF	Tranzisztoros alapsávi kapcsolók és diódás KF kapcsoló	Szilícium félvezetők, monolit és hibrid IC—k

7. táblázat

Távkezelő berendezések fejlődése

	„Druzsba” távkezelő berendezések (szovjet berendezés honosítása) 1970	GTT—70 Variábilis távkezelő rendszer 1974	KTT—80, GTT—80 mikroprocesszoros távkezelő rendszer (fejlesztés alatt)
Egy központi berendezéssel távkezelhető állomások száma	20	8	64
Távjelzések száma állomásonként	154	8 × 32	8 × 16
Távparancsok száma állomásonként	95	8 × 32	8 × 16
Információátvitel	Több távirócsatornán időmultiplex	Egy táviró csatornán időmultiplex	Táviró vagy telefoncsatornán időmultiplex
Mechanikai konstrukció	Keret és kezelőpult	ESZR subrack	Slim-rack blokk
Jellemző alkatrészek	Tranzisztorok, mágneses tároló elemek	Kis, közepes integráltságú digitális áramkörök	Mikroprocesszorok és nagyintegráltságú digitális áramkörök
Kezelőszervek	Kezelőpulton elhelyezett nyomógombok, jelzőlámpák	Előlapon elhelyezett kontaktus nélküli nyomógombok, LED-ek	Kezelő billentyűzet, alfanumerikus display
Szolgáltatások	Távjelzés, riasztás, távparancs	Távjelzés, riasztás, távparancs	Távjelzés riasztás, távparancs + hírközlő láncok automatizált üzemvitelét segítő szolgáltatások
Variabilitás	Célberendezés	Kapacitásbeli variabilitás	Kapacitás és szolgáltatásbeli variabilitás



2. ábra. Digitális rádiórelé helyi átkérő hálózat számára

Szolgálati berendezések fejlődése

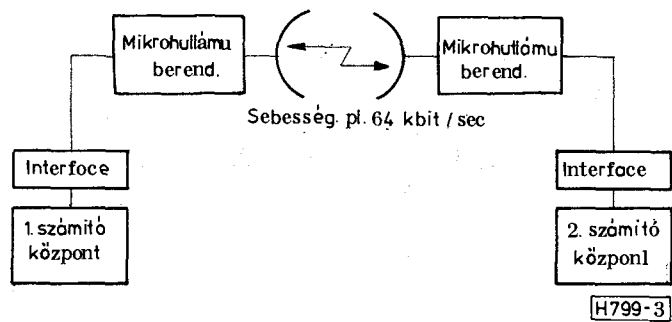
8. táblázat

		„DRUZSBA”	GTT-70	KTT-80; GTT-80
Jelátvitel módja		Keskenysávú rádiócsatornán	Telefon alapsáv alatt (0,3...54 kHz)	Telefon alapsáv alatt (0,3...54 kHz) (Speciális esetben sáv felett)
SZOLGÁLTATÁSOK	ALAP	<ul style="list-style-type: none"> — 2 OMNIBUSZ csatorna — 3 EXPRESSZ csatorna — távkezelő jelek átvitele — automatika jeleinek átvitele 	<ul style="list-style-type: none"> — 1 OMNIBUSZ (FIZIKAI) csatorna — 1...3 EXPRESSZ csat. — távkezelő jelek átvitele — automatika jeleinek átvitele 	<ul style="list-style-type: none"> — 1 OMNIBUSZ csatorna — 1...3 EXPRESSZ csat. — 1 távkezelő jelek csatornája — 1 automatika jeleinek csatornája — 1...3 POSTAI TF csatorna
	KIEGÉSZÍTŐ	—	60...252 kHz frekvenciasávban 48 TF csatorna	6 POSTAI TF csatorna 60...252 kHz frekvenciasávban 48 TF csatorna
Mechanikai méretek (alapszolgáltatás esetén)		„Keret konstrukció” 0,9 m ³	„Subrack konstrukció” 0,12 m ³	„Slim-rack” konstrukció 0,06 m ³
FOGYASZTÁS (W)		Hálózati táplálás 1800 W	Egyenáramú táplálás 300 W	Egyenáramú táplálás 100 W

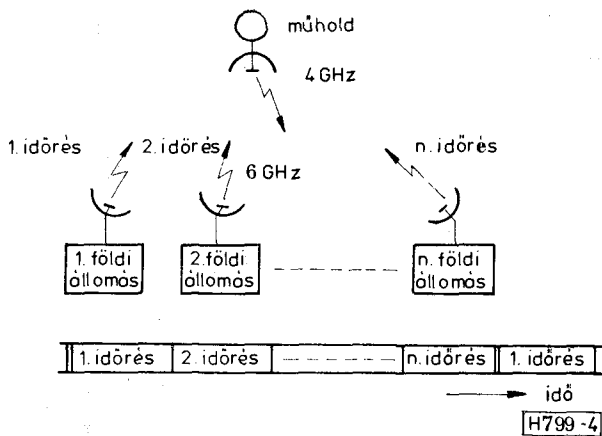
Digitális átvitel

A digitális mikrohullámú berendezések elterjedése világviszonylatban a 60-as évek végén kezdődött. E berendezések a hagyományos felhasználás mellett újabb szolgáltatásokat is nyújtanak:

- helyi átkérő hálózat (2. ábra) közepes vagy nagysebességű rádiórelé rendszerekkel oldható meg a nagyvárosokban,
- számítógépek nagysebességű összekötése (3. ábra), számítógéphálózatok kialakítása,
- a műholdas hírközlésben igen előnyösek az időosztású, esetleg kódosztású többszörös hozzá-



3. ábra. Számítóközpontok nagysebességű összeköttetése



4. ábra. Többszörös hozzáférésű műholdas hírközlés

férésű rendszerek, ezek telefon- és adatátvitelre egyaránt használhatók (4. ábra),

- a többszörös hozzáférésű rendszereket előnyösen lehet előfizetői hálózatokban alkalmazni,
- rövid távolságú, kis sebességű rádiórelé berendezéseket a rurál hálózati átvitelben lehet használni, melyek egyszerű elágaztatást biztosítanak.

A felsorolt, és még további lehetséges alkalmazások közül a magyar ipar szempontjából nyilvánvalóan elsősorban a földi rádiórelé rendszereknek van jelentősége. (Meggjegyezzük, hogy kísérleti és elméleti munka folyt a műholdas átvitel területén is, de jelentősebb ipari vonatkozás nélkül.)

A digitális információ átvitelére szolgáló rádiórelé berendezések kidolgozása és gyártása meglepően korán kezdődött meg Magyarországon.

A 6 csatornás deltamodulációs multiplexszel egybeépített DM400/6 berendezés fejlesztése 1965-ben és gyártása már 1967-ben megindult az ORION-ban és több mint 10 éven keresztül folyt, egyedülállóan nagy mennyiségben.

E berendezés mellett az ORION további kisebb sebességű berendezéseket dolgozott ki — részben a TKI közreműködésével — és gyárt, melyek sebessége 0,8; 2 és 8 Mbit/s, frekvenciasávja 0,4; 2 és 8 GHz.

A hazai fejlesztési eredmények főbb jellemzői a nemzetközi eredményekkel összehasonlíthatók a 9. táblázat alapján.

A TKI-ban jelenleg 13 GHz-es 34 Mbit/s sebességű 480 csatorna kapacitású berendezés kidolgozása folyik.

A berendezés két változata készül: az egyik elsősorban rövid távolságok áthidalására szolgál nagyvárosi átkérő hálózatban; a másik alkalmas arra, hogy gerinchálózatok részét képezze.

A berendezés működési frekvenciája 13 GHz, modulációs rendszere négyállapotú fázismoduláció. A berendezés mikrohullámú modulátorral és koherens demodulátorral működik. Az ismétlőállomások regeneráló típusúak és alapsávi ismétlésűek. A rövid távolságú változat 4 párhuzamosan haladó mikrohul-

Digitális rádiórelék fejlesztési eredményei

Frekvencia (GHz)	Csatornák száma	Magyar	USA	Japán	Francia
2	30	1974	—	—	1969
	120	1979	—	—	—
	240	—	—	1969	—
7	480	—	—	—	1972
8	30	1972	—	—	—
11	600	—	1976	—	—
	960	—	—	1973	—
13	480	—	—	—	1975
18	4032	—	1976	—	—
20	5760	—	—	1975	—

lámú csatorna kiépítését teszi lehetővé, melyek közül 2-2 egymás tartalékaul szolgálhat — bár a rövid áthidalandó távolság legtöbbször nem teszi szükségessé tartalék kiépítését. E változat adóteljesítménye 100 mW.

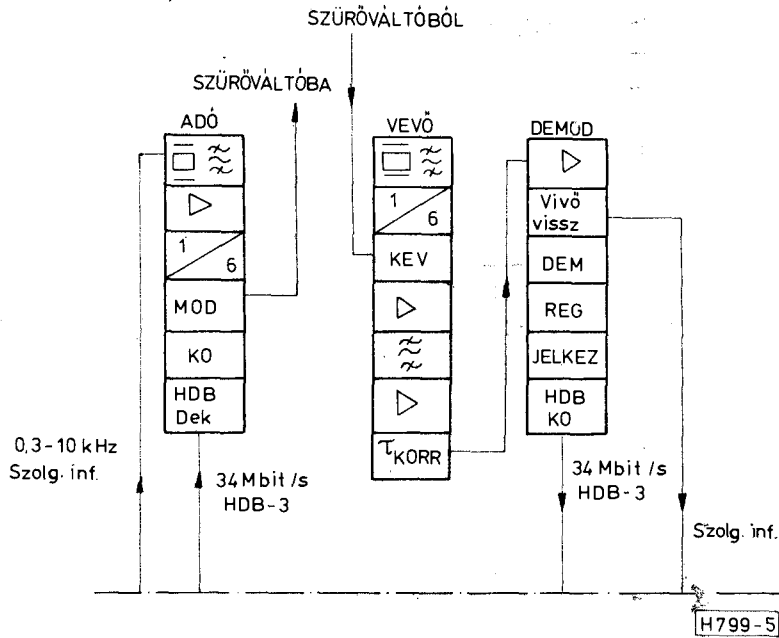
A nagytávolságú változat maximálisan 8 RF csatornával építhető ki, tartalékolatlanul vagy 7 + 1 tartalékolt változatban — ahol nyilvánvaló, hogy legtöbbször a tartalékolásra ténylegesen szükség van. Ennek adóteljesítménye kb. 1 W.

A konstrukció integrálása érdekében a berendezés felépítése megegyezik a harmadik generációs analóg rádiórelé berendezésekével; ugyanazokat az egységeket, blokkokat és közvetítő szerelvényeket alkalmazzuk. Ez lehetővé teszi a két gyártmány család azonos technológiával, azonos szerszámozással és nem lényegesen eltérő műszerparkkal való gyártását. Ugyancsak messzemenően törekszünk az egységes alkatrész-készlet és ahol lehetséges, az egységes áramkör-készlet alkalmazására.

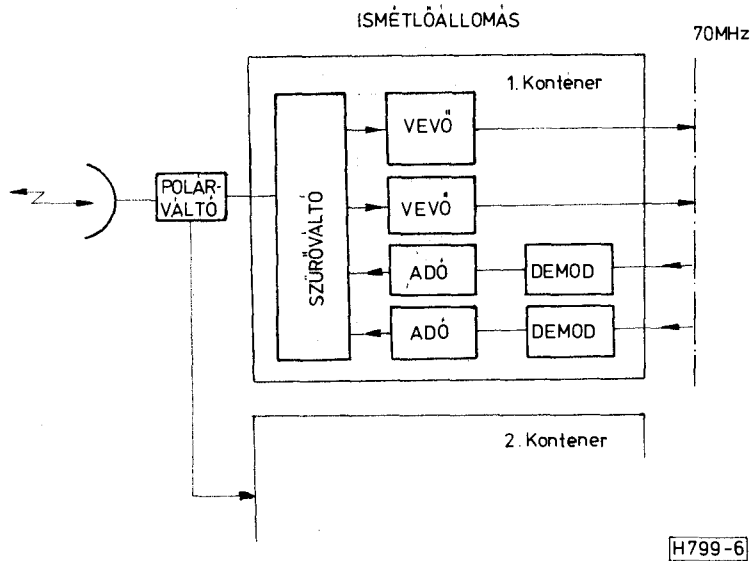
A rövidtávú változat egy konstrukciós különlegessége, hogy az szabad térben, az antenna közelében elhelyezett konténerben van telepítve. E megoldás választásával nem csekély nehézségeket kell megoldanunk, azonban lényegesen egyszerűsítjük ezáltal az ismétlőállomások elhelyezésének gondját, és főként az antenntápvonal csillapítását jelentősen csökkentjük. Ez teszi lehetővé a viszonylag kis, 100 mW adóteljesítmény alkalmazását. Konkrétan egy konténerbe két teljes adó-vevő-modem és a váltó rendszer van beépítve. Egy antennához két konténer csatlakozhat, amelyeket polárvaltó választ szét. A végállomás vázlatos felépítését az 5. ábra, az ismétlőállomását a 6. ábra tartalmazza.

Jövőbeni feladatok

A VI. ötéves tervben tervezett kutatási-fejlesztési munkák (OKKFT A-5) a rádiórelé berendezések területén:



5. ábra. Digitális rádiórelé végállomásának tömbvázlata



6. ábra. Konténeres rádiórelé ismétlő állomásának vázlatos felépítése

- A harmadik generációs analóg berendezésekhez, továbbá az új fejlesztésű digitális berendezésekhez alkalmazható segédberendezés-család kidolgozása.
- 34 Mbit/sec sebességű 13 GHz-es berendezések kidolgozása.
- 8 GHz-en 8 Mbit/s és 34 Mbit/s sebességű berendezések kidolgozása.
- 68 Mbit/s és 140 Mbit/s sebességű berendezések kidolgozása elsősorban a 10 GHz feletti frekvenciasávban.
- 0,7–2 Mbit/s sebességű rurál hálózati felhasználásra alkalmas kisfogyasztású berendezések

kidolgozása várhatóan a 2 GHz alatti és a 10 GHz feletti frekvenciasávokban.

- A harmadik generációs berendezések továbbfejlesztése GaAs alapú félvezető eszközök nyújtotta lehetőségek alapján.

A felsorolt feladatok mellett, tekintettel a műholdas közvetlen TV terén látható fejlődésre a TKI-ban elkezdődött a közösségi vételre alkalmas földi vevőberendezések kidolgozása.

A mikrohullámú analóg és digitális rádióberendezéseknek a VI. ötéves tervben végrehajtandó sikeres fejlesztése után a termékkészlet alakulását a francia

Várható analóg és digitális rádiórelé termékkészlet

Csatorna szám (Analóg)	Vállalat	Frekvencia GHz								Sebesség Mbit/s (Digitális)
		1,7—2,5	3,4—4,2	5,6—6,4	6,4—7,1	7,1—7,7	7,7—8,5	10,7—11,7	12,7—13,25	
		A D	A D	A D	A D	A D	A D	A D	A D	
2700	Thomson CSF FMV				×					
1800	Thomson CSF FMV		× × ×	× × ×	× ×			×	×	140
1260	Thomson CSF	× ×	× ×	× ×	× ×	× ×				
960	Thomson CSF ORION, FMV		×	×	× ×	× × ×	× × ×		× × ×	2 × 34
480	Thomson CSF ORION	×				×	×		×	34
300	Thomson CSF ORION	× ×	× ×	× ×	× ×	× ×	×			
120	Thomson CSF ORION	× ×				×	×			8,5
30	Thomson CSF ORION	×								2
24	Thomson CSF ORION	×				×	×			
10	Thomson CSF ORION									0,7

Thomson CSF cég 1980-as ajánlatával összevetve a 10. táblázat alapján lehet áttekinteni.

A kutatási-fejlesztési munkával szemben követelmény, hogy az elért eredmények a természetben hasznosíthatók legyenek. Ennek áttekintésére ad lehetőséget a 11. táblázat.

A mikrohullámú átviteltechnika már jelenleg is szorosan kapcsolódik a vezetékés átviteltechnikához. Mind az analóg, mind a digitális esetben a jelátalakítás, a multiplikálás és a jelzés átalakítás azonos eszközökkel történik. A konstrukció, az alkatrészválaszték a harmadik generációs technológiai bázison tovább integrálódást jelent. A tárolt programvezérlésű digitális központok megjelenésével lehetővé vált az IDHR hálózatok megvalósítása. A távközlés integrációja és a számítástechnikával való konvergenciája együttesen az információközlés és információfeldolgozás forradalmi átalakulásához vezet.

IRODALOM

- [1] *Berceli T., Hammer G., Rákosi P., Reiter Gy., Szénási S.*: Improved microwave repeaters for Hungarian all-solid-state communication systems, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, MTT-23. évfolyam, 1975. április, 341–348. old.
- [2] *Rákosi F., Herpy M., Várady Szabó M.*: Harmadik generációs rádiórelé rendszerek fejlesztési eredményei, 2. Mikrohullámú Szeminárium, Budapest, 1980. november 10–12.

11. táblázat

A hazai rádiórelé-termelés főbb adatai

1959–1980 között

— A teljes termelés	22-szeresére nőtt
— A kutatóintézeti kutatási ráfordítás ötévenként	10%-kal csökkent
— A kutatási költség a termeléshez viszonyítva átlagban	8%
— Szoc. értékesítés	90%
— Tőkés értékesítés	7%
— Hazai értékesítés	3%
— A kutató intézeti K+F létszám	150 fő
— A vállalati K+F létszám	150 fő

- [3] *Berceli T., Frigyes I., Reiter Gy.*: A 10 és 20 GHz közötti hírközlés és ennek áramkörtechnikája, Posta Kísérleti Intézet Tudományos Napjai, Budapest, 1978. november 14–18.
- [4] *Herpy M., Várady Szabó M.*: Trends in third generation radio relay systems, Proc. of the Sixth Colloquium on Microwave Communication, Budapest, 1978. aug.–szept. CST-1/2.
- [5] *Frigyes I.*: Delta-modulated radio relays of the Orion factory. Budavox Review, 1971/2.
- [6] *Ványai P.*: Digital microwave radio relay system for high speed data transmission, Budavox Review, 1977/3.
- [7] *Frigyes I., Szabó Z., Ványai P.*: Digitális mikrohullámú átviteltechnika, Műszaki Könyvkiadó, 1980.