

Pápics József

A TKI fejlesztési eredményei a nemzetközi műholdas kommunikáció területén



Budapest, 2021. április

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	Műholdas kommunikáció szerepe a nemzetközi kommunikációs kapcsolatokban	3
2.1	Az INTERSZPUTNYIK szervezet kapacitás fejlesztési kihívásai.....	4
3	INTERCHAT – műholdas távbeszélő csatornaképző berendezés az INTERSZPUTNYIK számára	4
3.1	Csatornaképző egység.....	5
3.2	Közös egységek.....	5
3.3	Szolgálati összeköttetés elemei.....	6
3.4	Konstrukció, állomás elrendezés.....	6
3.5	Berendezés vizsgálatok, gyártásba vezetés	8
3.6	Kereskedelmi tevékenységek, telepítések INTERSZPUTNYIK tagállamokban.	8
4	INTERCHAT berendezés továbbfejlesztése, műholdas adatkommunikációs szolgáltatások fejlesztése	9
4.1	ADPCM beszédkódolás alkalmazása INTERCHAT telefonkapacitás bővítésére.....	9
4.2	VSAT alapú megoldások üzleti adatkommunikációs igények kielégítésére	9
5	Szélessávú műholdvevővel és műholdas adóberendezéssel kapcsolatos TKI fejlesztések	11
5.1	Szélessávú műholdas vevőberendezés közösségi televíziójel vételére.....	11
5.2	Műholdas áramkör fejlesztések; 11 GHz-es mikrohullámú műholdas fedélzeti adóegység („MAJÁK”) fejlesztése a TKI-ban.....	11
6	Összefoglaló	12
7	Hivatkozások	12

1 Bevezetés

A magyarországi Távközlési Kutató Intézet a magyar elektronikai, távközlési és infokommunikációs ipar egyik központi kutató-fejlesztő intézményeként működött 1950 és 1994 között. Sokirányú tevékenysége mellett, a magyar mikrohullámú kutatás fellegváraként, fő szakterülete a mikrohullámú rendszerek és eszközök elméleti kérdéseinek tisztázása, és erre alapozva, távközlő berendezések fejlesztése és gyártásának támogatása volt.[24.]

A magasan kvalifikált szakértői gárda kiemelkedő eredményeket produkált a hazai mikrohullámú távközlési gerinchálózatok kifejlesztése, gyártásba vitele és elterjesztése terén, és az évtizedek során felhalmozott elméleti és gyakorlati szakértelem és tudás birtokában a hazai és nemzetközi szerződéseinek megfelelően szerepet vállalt a műholdas kommunikáció kritikus feladatainak megoldásában is.

Ebben az összefoglalóban a TKI

- műholdas nemzetközi beszédátviteli összeköttetések kialakításával
- a műholdas TV csatornák vételével, továbbá egy speciális fejlesztéssel,
- egy műholdas adóegység kidolgozásának

eredményeiről adunk visszatekintést.

2 Műholdas kommunikáció szerepe a nemzetközi kommunikációs kapcsolatokban

A kommunikációval foglalkozó szakemberek számára az űrtávközlés már a '60-as évektől az emberiség „úrtevékenységének”[1.] egy fontos szegmensét jelentette, és ennek fontossága napjainkban (2021) sem csökkent. A második világháború utáni rakétatechnika fejlődésével lehetőség nyílt arra, hogy rádiójeleket továbbító berendezések (műholdak) kerülhessenek Föld körüli pályára, amelyek segítségével nem csak távoli kontinensek közt lehetett kiépíteni kritikus és minőségi kommunikációs kapcsolatokat, hanem használatukkal a földi kommunikációs infrastruktúrával el nem látott helyeket is gyorsan és gazdaságosan lehetett bekapcsolni a kommunikációs vérkeringésbe. Ha figyelembe vesszük, hogy az első optikai tengeralatti összeköttetések csak a '80-as évek végétől jelentek meg, addig különösen, a nagy sáv szélesség igényű TV jelek, továbbá a nyalábolt, vagy egyedi (vivőhullámú) beszédjelek (illetve kisebbeségű adatjelek) továbbítására nagy távolságok közt a műholdas jelátvitel volt gyakorlatilag az egyedüli lehetőség. Természetesen a 80-as évek előtt, de még a '80-as években sem volt minden ország birtokában az a technika-technológia, amely a műholdas kommunikáció létrehozását számukra önállóan lehetővé tette volna. A gazdasági szükségszerűség miatt is az élet úgy hozta, hogy országok csoportjai alakítottak ki közösen, saját céljaikra alkalmas nemzetközi műholdas kommunikációs rendszereket, és ezeket fejlesztő és üzemeltető szervezeteket. Ezek közül kiemelésre méltó a „nyugati államok” INTELSAT (<https://en.wikipedia.org/wiki/Intelsat>), és a „szocialista országok” később hasonló módon kialakított INTERSZPUTNYIK (<https://intersputnik.int/>) szervezete.

A műholdas kommunikációs csatornák jellegzetesen erőforrás korlátosak (sáv szélesség, teljesítmény), és az átviteli (csatorna)kapacitásukat jelentősen meghatározza a műholdon rendelkezésre álló kommunikációs eszközök átviteli sáv szélessége, valamint az ott használható rádiófrekvenciás teljesítmény és antenna nyereség (adó-vevő).

A nemzetközi távbeszélő forgalom szempontjából az irányonként kis csatornaszámú összeköttetések gazdaságos megoldásához a frekvenciaosztásos, többszörös hozzáférésű (FDM; **F**requency **D**ivision **M**ultiplex), beszédcsatornánként egyedi vivőhullámú (SCPC; **S**ingle **C**hannel **P**er **C**arrier) megoldások terjedtek el. Ilyen esetekben (sok vivőfrekvenciás

jelátvitelnél) kritikus az aktív eszközök nemlineáris torzítása miatti teljesítmény visszatartás (back-off), aminek következtében gyakorlatilag a műholdon nem volt lehetséges a kommunikációs eszközök rendelkezésére álló átviteli sáv szélesség kihasználása (teljesítménykorlátos átvitel.) (Elméleti háttér pl. [2.]

2.1 Az INTERSZPUTNYIK szervezet kapacitás fejlesztési kihívásai

Az INTERSZPUTNYIK rendszerben először alkalmazott analóg SCPC megoldás a műszaki megoldása problémái miatt nem biztosította a rendszer műholdjai által biztosított sáv szélesség gazdaságos kihasználását (teljesítménykorlát), továbbá nem volt kompatibilis a hasonló célú INTELSAT digitális jelátvitelű SCPC/SCPC/4PSK megoldásokkal. A kezdetben használt csatornaképző berendezés műholdas rendszer kapacitásbővítést gátló meglévő korlátai, műszaki hiányosságai, illetve az INTELSAT megfelelőségi igény miatt szükségessé vált egy olyan, a nemzetközi kapcsolatokban alkalmazható digitális adatátvitelt biztosító új INTERSZPUTNYIK csatornaképző berendezés kidolgozása, amely az akkor legmodernebb beszédaktiválást használó (vivőjel sugárzás csak aktív beszéd esetén – „burst” üzemmód.) PCM/ADM-(2)4PSK megoldásokkal *INTELSAT kompatibilis* módon, az INTERSZPUTNYIK rendszer műholdas átviteli útja sajátosságai mellett, lényegesen növeli

- a rendelkezésre álló átviteli utak beszédcsatorna kapacitását, (akár sávkorlátig)
- a rendszerbe csatlakoztatható műholdas földi állomások számát, ezáltal célszerűen
- a műholdas rendszerbe kapcsolható tagországok számának növelését.

A digitális adatátvitel során, de különösen a beszédaktiválás alkalmazásakor, az átvitt jel visszaállítása (demodulálás) szempontjából a műholdas átviteli út lényegesen kritikus jellemzője az *átviteli út frekvencia stabilitása*, a névleges értékétől (pilotjel) való időbeli eltérése. A frekvencia stabilitást az átviteli útban alkalmazott (lokál) oszcillátorok frekvencia stabilitása határozza meg. A frekvencia eltérések forrásai az adóág -, a műhold szakasz (jelentős +/-60 KHz ingadozás tartalékolt pilotjeladás-vétellel kompenzált), - továbbá a vevőág frekvencia transzlációban szerepet játszó lokál oszcillátorok. Az átviteli út teljesítményingadozását a vételi oldalon, KF szinten működő, pilotjelen alapuló erősítésszabályozás (AGC) korrigálta. Az alkalmazott földi - és műholdas technológiák miatt a tervezett INTERSZPUTNYIK SCPC/PCM/4PSK rendszerben az INTELSAT-hoz képest mindhárom átviteli szakaszon lényegesen nagyobb frekvencia eltéréssel kellett megküzdenni.

Az adóág frekvencia pontossága határozza meg, hogy a műholdon a különböző földi állomásokról felsugárzott vivőhullámok a névleges pozíciójuktól mennyire térhetnek el, ugyanis ez befolyásolja a szomszéd csatornákból eredő torzítás/zavar mértékét. Ezek kivédése kritikus digitális alapsávi jelformálási/szűrőtervezési feladatot (torzításmentes átvitelhez szükséges Nyquist-követelmények kielégítése) jelent mind a modulátor, mind a demodulátor áramkörök tervezésénél. Különösen a demodulátor tervezésénél jelentett lényeges kihívást, hogy az INTELSAT rendszerben alkalmazott csatornaképzőhöz képest a névleges értéktől háromszor nagyobb frekvencia eltérés (+/-3KHz) lehetősége mellett kellett a vivő-visszaállítást, illetve a demoduláció feladatait megoldani. (További részleteket a [3.] hivatkozásban.)

3 INTERCHAT – műholdas távbeszélő csatornaképző berendezés az INTERSZPUTNYIK számára

A TKI nemzetközi elismertsége, továbbá a TKI és a szovjet NIIR (<https://niir.ru/en/>) hagyományosan jó tudományos együttműködése adta az alapját annak, hogy az INTERSZPUTNYIK szervezet a nemzetközi műholdas telefonátvitel fenti kihívásoknak megfelelő fejlesztését a két kutatóintézet (NIIR, TKI) együttműködésében megvalósítandó

feladatként rögzítette. A felek a csatornaképző nevéül az INTERCHAT/INTERCSAT (Dr. Sárkány Tamás) nevet választották.

Előzetes egyeztetések után 1983-tól elkezdődött egy nagyon intenzív fejlesztési folyamat, műszaki és együttműködési tervek készítésével ([3.]). A TKI-ban a fejlesztés a rádiórelé berendezéscsalád fejlesztéséért felelős főmérnökségen (Rákosi Ferenc/Dr. Herpy Miklós főosztály) Dr. Baranyi András irányításával és osztályán kezdődött, és később Dr. Henk Tamás főosztályvezető által vezetetten, gyakorlatilag a TKI teljes szervezetét bevonva széles műszaki innovációs együttműködés keretében valósult meg.

Az INTERCHAT berendezésben az alábbi digitális adás és vételi módszereket fogadták el:

- PCM csatornáknál négyállapotú fázis moduláció (PCM—4PSK) koherens demodulációval. (INTELSAT kompatibilitás)
- ADM (**Adaptive Delta Modulation**, https://en.wikipedia.org/wiki/Delta_modulation#Adaptive_delta_modulation) csatorna esetén kétszintű fázisdifferencia moduláció koherens demodulációval (ADM—2/4 DPSK).
- speciális szolgálati kommunikációs elvárások alkalmazása

A fejlesztési feladatok dandárját a TKI végezte. A csatornaképző berendezés rendszertechnikai kiépítése a beszédcsatornák (telefon, szolgálati) digitális jelátvitelére, az üzembiztonság, valamint a szolgálati kommunikáció elvárásai szerint, moduláris struktúrában, egyszerűen és jól áttekinthető valósult meg.

3.1 Csatornaképző egység

A csatornaképző egység (csatornaegység) kialakítása (Lásd [4.] 3.1 bekezdés) biztosította, hogy a magyar és a szovjet berendezés fejlesztések (ADM), továbbá a szolgálati csatornák átvitele egységes megoldásban legyenek megvalósíthatók, alkalmazhatók.

Az INTERCSAT berendezés megvalósításának nehézségei elsősorban a csatornaegység kidolgozása során jelentkeztek. A csatornaegységben valósult meg a

- PCM (ADM) jelfeldolgozás, a digitális jelfolyam fázisbizonytalanságának feloldása ([12.]) és a beszéddekódolás ([13.])
- a modem funkciók ellátása különös tekintettel a vivő - és az órajel helyreállításra továbbá az csatornaszűrési feladatok ellátása.

A szűrés feladata kettős: egyrészt el kell nyomni a szomszédos csatornák vivőhullámait, másrészt biztosítani kell a torzításmentes átvitelhez szükséges Nyquist-követelmények kielégítését. Szokásos esetben mindkét feladatot egyetlen szűrő láthatja el. Figyelemmel azonban az extrém (+/-3 KHz) frekvencia ingadozásra az INTERCSAT-berendezés demodulátorában a zavaró szomszéd csatornás interferenciák elnyomását a bemeneten levő 512 KHz-es sávszűrő a vivőfrekvenciás sávban valósítja meg, míg a Nyquist-karakterisztika kialakítása viszont az alapsávban történt, a komparátor előtt elhelyezett aluláteresztő szűrővel. A PLL-hurkot tartalmazó vivő és órajel visszaállító áramkörök *átkapcsolható sáv szélességű hurokszűrőkkel* kerültek megvalósításra. A „burst” elején, az előkód (preamble) ideje alatt a gyors felszinkronizálás érdekében mindkét áramkör gyors működését nagy sáv szélesség beállításával, míg a beszédátvitel ideje alatt a szükséges zavarvédelmet kis sáv szélességű szűrők bekapcsolásával lehetett biztosítani. A nagy frekvenciaingadozás melletti gyors vivő visszaállítást szabadalommal védett egyedi megoldás biztosította.

3.2 Közös egységek

Az adó-, vevő-, a pilot és a lokálegységek „közös” egységek, mivel ezeket az állomás valamennyi csatornaegysége közösen hasznosítja. Míg a csatornaegységek hibája csupán a

szóban forgó csatorna megszakítását eredményezi, a közös egységek hibája a teljes állomást tenné üzemképtelenné. Ezért a fokozott megbízhatóság érdekében *közös egységek 1+1 tartalékolása valósult meg*: két azonos („A” és „B” jelű) egység alkalmazásával bármelyik hibája esetén automatikus átkapcsolás történik a tartalékegységre. Az átkapcsolást az adó blokk esetében egy KF sávon kívüli folytonossági pilotjel, a vevő blokk esetében a vételi pilotjel kimaradása vezérelte. A lokál blokkban a vezérlő áramkör mindhárom előállított lokáljel szintjét és frekvenciáját figyelte, és bármelyik lokáljel hibája esetén a három kimeneti pont egyidejűleg kapcsolódott át a tartalék áramkörre. A közös berendezésekben alkalmazott megoldások természetesen támaszkodtak a felelős főmérnökség múltbeli eredményeire. (További részletek: ([4.] 3.2 bekezdés) és [5.]-[13.]

3.3 Szolgálati összeköttetés elemei

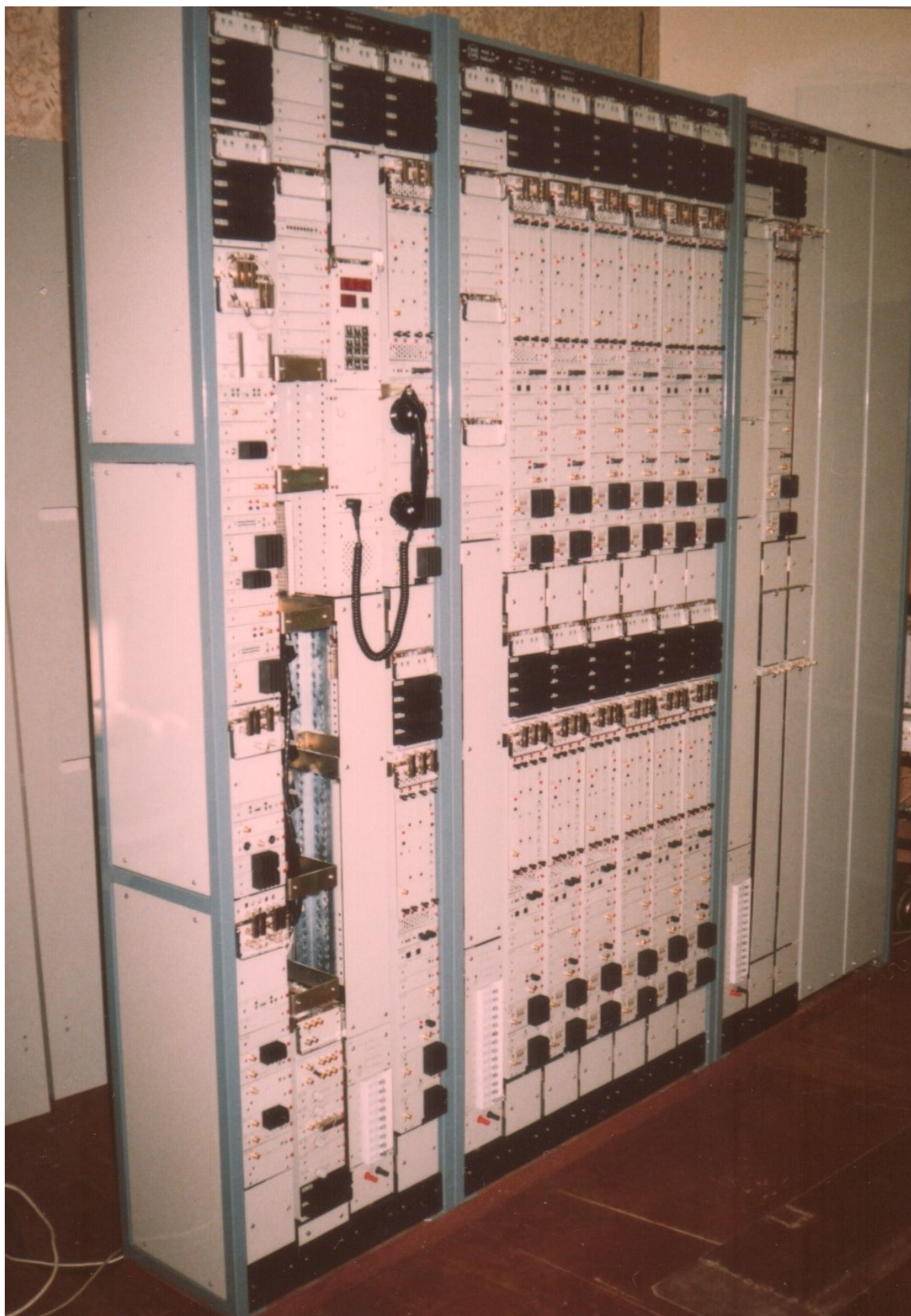
Az INTERCSAT berendezés szolgálati összeköttetése ([14.]) a szolgáltatások választéka és a szolgálati csatornák kihasználhatósága tekintetben eltért az ismert úrtávközlési rendszerekben alkalmazott megoldásoktól. A szolgálati berendezés felhasználói termináljai a csatornaképző berendezés közös egységeivel együtt a központi egységeket tartalmazó rackbe szerelt kapcsolóblokkhoz csatlakoztak. A szolgálati műholdas összeköttetések számára két duplex, *több földi állomás hozzáférésű szolgálati csatorna* vivő-pár volt kijelölve az INTERCSAT berendezés frekvenciatervében. A szolgálati összeköttetés hálózatához *szolgálati terminálokkal* lehet hozzáférni. A hálózatban legfeljebb 90, egy-egy állomáson pedig legfeljebb 3 terminál működése volt biztosított. A szolgálati berendezés nemcsak távbeszélő összeköttetés, hanem távgépíró összeköttetés létesítésére is használható volt.

3.4 Konstrukció, állomás elrendezés

A berendezés rendszertechnikai kialakítása (Lásd [4.] 3.3 bekezdés, illetve 1. ábra) megfelelt a legkritikusabb elvárásoknak, különös tekintettel a csatornaképző rendszer közös elemeinek tartalékolt megvalósítására. Konstruktív-gyártási és állomási létesítési szempontok tekintetében az INTERCHAT berendezésnél a TKI legfejlettebb, a harmadik generációs GTT-80/KTT-80 rádiórelé berendezéscsaládnál egységesített és univerzálisan alkalmazható slim-rack konstrukciós modul-elemei kerültek alkalmazásra. A berendezés modulrendszerű kiképzéséből adódóan a csatornaképző berendezés központi egységei (tartalékolt KF adó, KF vevő, Pilot egység, lokáljel források, a szolgálati kapcsoló egység két szolgálati csatornablokkal), továbbá 5x12 forgalmi beszédcsatornák átvitelére szolgáló csatornaegységei egy-egy slim-rack keretcsoportha szervezeten kerültek beépítésre.

Az 1. sz. ábrán a NDK földi állomásán látható 13 forgalmi csatornás INTERCHAT berendezés látható.¹ Az ábrán a bal oldali 4 oszlopban helyezkednek el a központi egységek tartalékolt egységei a két szolgálati csatornablokkal, és a további 1+6 slim-rack csoportban 12 forgalmi csatornablokkot tartalmazó csatornaegységek. Ezek első oszlopában a jelosztó és áramellátó blokkok, míg a 2-7 oszloponként 2-2 csatornablokk volt elhelyezhető. Az ábra „érdekessége”, hogy az NDK induló igény miatt 13 forgalmi csatornaegységet kellett telepíteni, így a bővíthetőség érdekében a második 12 csatornát tartalmazó csatornaegységek számára előre telepített mechanikai keret második oszlopában csak egy csatornablokk, míg az első oszlopban a jelosztás ennek megfelelő egységei kaptak csak helyet.

¹ Itt a Neu-Golm Németországban telepített berendezésről van szó, melyet a TKI 1990-ben telepített. A szállítás emlékeztető történelmi körülmények közt a német újraegyesülés idején történt. A telepítés az NDK-ban kezdődött, és a munkák már az egyesült Németországban fejeződtek be. A beruházást a Deutsche Bundespost hagyta jóvá. A 13+2 telefoncsatornás INTERCHAT berendezést a Deutsche Bundespost az INTERSZPUTNYIK földi állomás részeként az NSZK-Oroszország viszonylatban a nyilvános nemzetközi telefonhálózat részeként évekig használta 1990, az üzem behelyezés után.



1. ábra NDK földi állomásán telepített 13 forgalmi csatornás INTERCHAT berendezés

A 2. számú ábra a szolgálati összeköttetés felhasználói eszközeit és környezetét mutatja. (További részletek:[5.]-[13.]



2. ábra Az INTERCHAT szolgálati csatorna állomási kezelői eszközei és környezete

3.5 Berendezés vizsgálatok, gyártásba vezetés

1984 végére már elkészültek a kritikus műszaki követelményeket többoldalú módon ellenőrzöttén teljesítő INTERCSAT berendezés egységeinek első labormintái, amelyek készen álltak arra, hogy az egyik kritikus fejlesztési célkitűzést, az INTELSAT „referencia” csatornaképzővel való kompatibilitást ellenőrizni lehessen. Ennek érdekében a laborminta berendezések a taliándörögdi² magyar műholdas földi állomáson kerültek üzembe helyezésre. A cél az volt, hogy a dubnai szovjet műholdas földi állomáson üzemben lévő INTELSAT csatornaképzővel is lehessen igazolni a sikeres telefonösszeköttetést, a műszaki kompatibilitást. A TKI és a NIIR-es kollégák várakozásának megfelelően, a TKI laborminta eszközök üzembe helyezése után az egyeztetett műholdas frekvenciákon, a dubnai INTELSAT csatornaképző berendezéssel a DUBNA-Taliándörögdi beszéd összeköttetés azonnal és hibátlanul létrejött. Az műholdas földi állomásokon végzett részletes mérések a laborszinten már ellenőrzött műszaki követelmények teljesítésén kívül azt is igazolták, hogy a berendezés beszédátvitel szempontjából együttműködhet nyugati gyártmányú INTELSAT PCM/4PSK SCPC berendezésekkel. A részletes műholdas vizsgálatokhoz, és a kereskedelmi értékesítések előkészítésének első lépéseként 1985-ben elkészült az INTERCSAT-berendezés két négycsatornás mintaállomása. Az egyik mintaállomás 1985 ősztén Dubnába, a másik állomást pedig Taliándörögdre került a két mintaállomás közötti részletes próbaüzem megindításához. A sikeres rendszerteszt után, illetve azzal párhuzamosan a gyártást és telepítést menedzselő önálló osztály felállításával, a végleges gyártási - és felhasználási dokumentációk elkészítésével, alvállalkozók bevonásával, a TKI készen állt a berendezések megrendelések ütemének megfelelő gyártására, és rendszerbe állítására az INTERSZPUTNYIK szervezet földi állomásain.

3.6 Kereskedelmi tevékenységek, telepítések INTERSZPUTNYIK tagállamokban.

Az INTERCHAT berendezések kereskedelmi ügyleteit a BUDAVOX³ kollégái intézték. Az első szerződésre 1987-ben került sor egy 12 csatornás (+2 szolgálati csatorna) INTERCHAT berendezés nyári szíriai szállítására. TKI ezzel a sikeres szállítással és üzembe helyezéssel egyértelműen „élesben” bizonyította, hogy professzionális munkát képes végezni nem csak a K+F feladatokban, hanem az értékesítési, üzembe helyezési és az üzemvitel támogatási feladatokban is. (felhasználói személyzet oktatása, stb.). A szíriai üzlet után a TKI szakemberei további csatornaképző berendezéseket telepítettek Irak, Észak-Korea (Koreai olimpia idejére), Kína, Kuba, Magyarország, Szovjetunió (két berendezés), NDK, Nicaragua számára.

² Balaton, a műholdas földi állomás neve.

³ Budavox Híradástechnikai Külkereskedelmi Rt.

A magyarországi taliándörögdi állomásra, illetve az állomásról a jeleket az Orion gyártású GTT 8000/960 típusú berendezésekkel felépített rádiórelé lánc továbbította a Kabhegy-Rábaszentandrás útvonalon a Győrben lévő főállomásig. Az INTERCHAT berendezés megalkotása kiemelkedő műszaki-tudományos eredmény volt. Erre a megrendelő félnek (INTERSZPUTNYIK, NIIR), elsősorban politikai és katonai okokból sürgősen szüksége volt. Amint azonban sorra épültek a sok Terabit/s átviteli kapacitású interkontinentális optikai szálvezetős kábelek, a mindennapi, polgári telefon és adatforgalom számára az így létrehozott kommunikációs lehetőség világszerte gazdaságtalanná vált.

4 INTERCHAT berendezés továbbfejlesztése, műholdas adatkommunikációs szolgáltatások fejlesztése

Az INTERCHAT berendezés kifejlesztése, gyártásba vitele, értékesítése és az INTERSZPUTNYIK tagországokba történő telepítése (Kubától, Kínáig és Észak-Koreáig) további motivációt adott a TKI-beli műholdas K+F tevékenységek folytatásának, az egyedi, új megoldások kidolgozásának. 1987-től a vonatkozó K+F fejlesztések két fontos területen folytak:

- műholdas csatornakapacitás bővítés, a műhold transzponderek energia hatékonyságának fokozásával (ADPCM⁴ alkalmazása a telefonkapacitás bővítésére)
- kisméretű műholdas földi állomásokkal (VSAT⁵) megvalósítható műholdas adatkommunikációs hálózatok és szolgáltatások kialakításának feltételei és módszerei

4.1 ADPCM beszédkódolás alkalmazása INTERCHAT telefonkapacitás bővítésére

A TKI kutatók által javasolt megoldásban ([15.]-[18.]) két szabványos ADPCM kódolású telefoncsatornát időosztású keretszervezésben az SCPC-PCM-QPSK átvitelhez kidolgozott beszédaktivizált (burst) üzemi QPSK modemen keresztül kerül továbbításra. Ezt az akkor eredetien új megoldást DCPC (**D**ouble **C**hannel **P**er **C**arrier) átvitelként jellemezték. A DCPC átvitelű telefoncsatornák függetlensége természetesen azt is jelentette, hogy az időosztásos keretszervezésnek megfelelően egyedi csatornához rendelt vivőkisugárzás is csak az aktív beszédcsatornák idején történik. Ez a megoldás a műholdas átvitel energetikai lehetőségeit tovább optimalizálta, és a teljesítménykritikus műholdas átviteli kapacitást a hagyományos SCPC-PCM-QPSK átvitelhez képest minimálisan megkészszerzte. A TKI szakemberek a megoldást a korábban megismert hatékonysággal gyártásba vezették, azonban a gyakorlati hasznosításra az akkori világpolitikai, hazai események (1989-1991.), a TKI átalakítás (Lásd „A TKI megszűnése” [25.]), továbbá az INTERSZPUTNYIK szervezet érdekviszonyainak átalakulásával nem került sor.

4.2 VSAT alapú megoldások üzleti adatkommunikációs igények kielégítésére

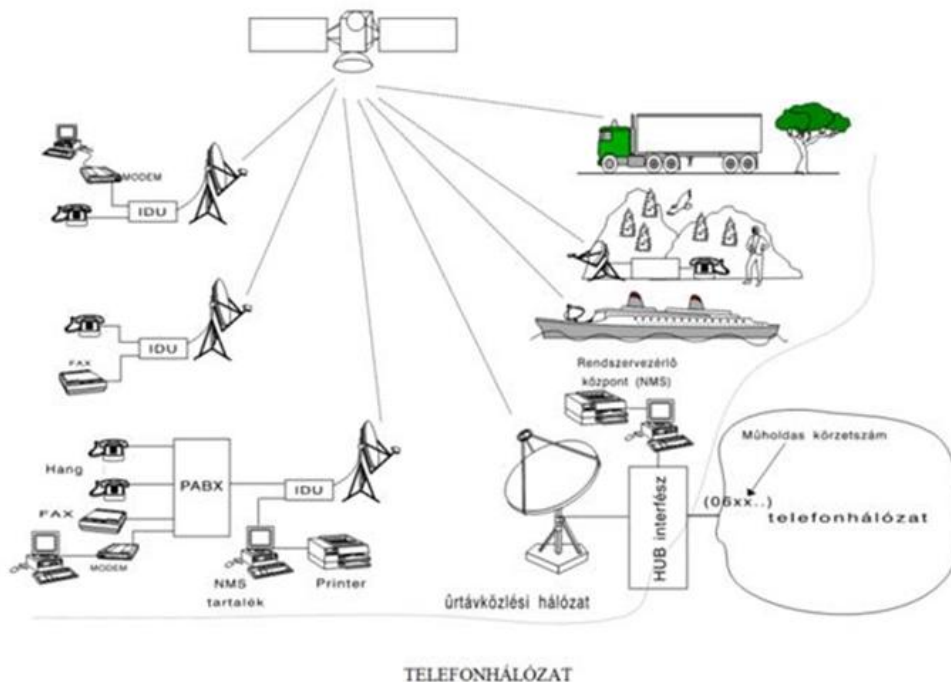
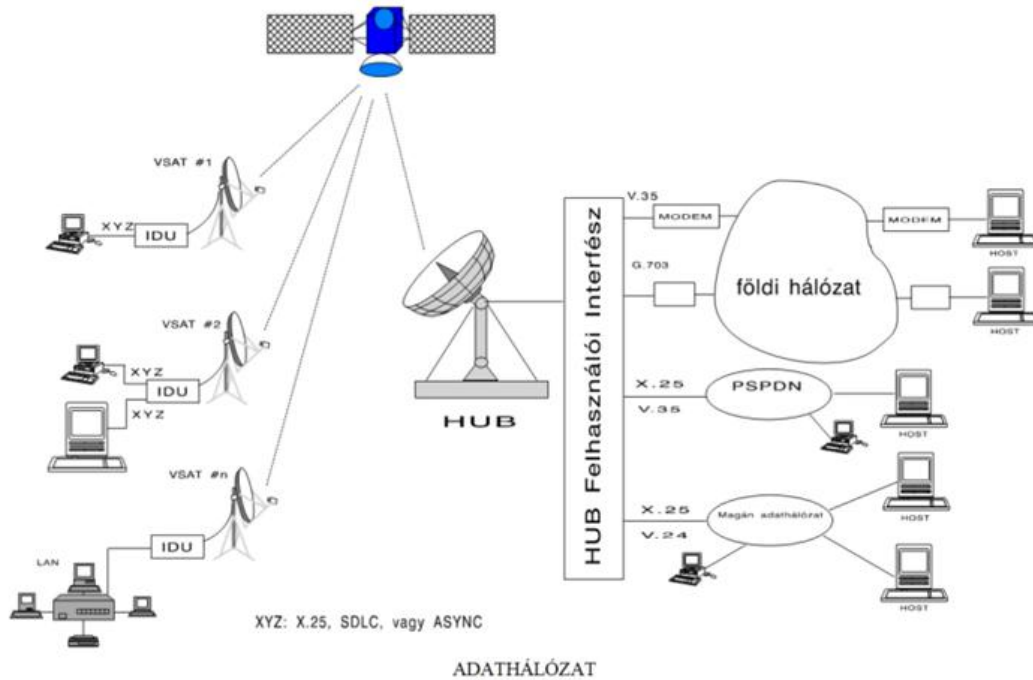
Különösen az 1980-as évek második felében vált egyre kritikusabbá a megbízható telekommunikáció, és ezen belül az ember-gép, gép-gép kapcsolatot biztosító **adatkommunikáció** rendelkezésre állása, amely nélkül egy adott vállalkozás versenyképessége, a gazdaság fejlődési szükséglete nem volt biztosítható. Magyarországhoz hasonlóan számos ország hagyományos földi telekommunikációs infrastruktúrájának kiépítése messze elmaradt a gazdaság igényeitől, és a megfelelő hálózati csatlakozás vezetékes megoldása adott telephelyeken vagy csak korlátozott minőségben, vagy egyáltalán nem volt belátható idő alatt

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_differential_pulse-code_modulation

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Very-small-aperture_terminal

biztosítható. A vezeték nélküli megoldások jelentették a kritikus távközlési igények kielégítését. (Lásd többek közt a TKI kiscsatornás mikrohullámú fejlesztéseit. [25.]

A mikrohullámú eszközök technológiai fejlődése a 80-as években lehetővé tette a műsorszórás vevőantennáihoz hasonló méretű, de már adásra is alkalmas kisméretű földi adatkommunikációs állomások (VSAT; Very Small Aperture Terminal) kialakítását. A VSAT-okat könnyen a felhasználók igénye szerinti késedelem nélkül helyszínre lehetett telepíteni egy olyan távközlési hálózat részeként, amelyben a VSAT-ok egy nagyobb méretű, a földi telekommunikációs kapcsolatokat biztosító földi állomásal (hub vagy gateway) létesítettek kapcsolatot, ezáltal kétirányú integrált távközlési információszolgáltatás széles választékát lehetett biztosítani a VSAT telephelye és a távközlési hálózat más végpontja közt.



A fentiekből látható, hogy a VSAT-okkal kialakított távközlési rendszerek, függetlenül a földi infrastruktúra fejlettségétől, megoldást kínáltak a távközlési problémák megoldására az ipar és az üzleti élet széles területén. Jellegzetes példája a VSAT hálózat alkalmazásának az az elképzelt vállalat vagy ügynökség, amely egy központból és többszáz kirendeltségből tevődik össze, és amelyek között intenzív kétirányú adatforgalom bonyolódik le, elsődlegesen a központi adatbázis és a kirendeltségek személyi számítógépei között prompt ügyletek bonyolítása céljából (pl. egy pénzügyi központ sokszáz kirendeltségén igényt benyújtó ügyfél kiszolgálásának biztosítása, hitelkártya ellenőrzés.stb.).

A TKI munkatársai a VSAT-os hálózati és szolgáltatási megoldások minden részletére kiterjedően komplex üzleti terveket dolgoztak ki annak az érdekében, hogy a TKI képes legyen a megfelelő minisztériumi/hatósági engedélyek birtokában önálló szolgáltatóként, vagy megoldás szállítóként a magyarországi piacon megjelenni. ([19.]) A korábban (lásd: 4.1. pont) említett 80-as évek végi események ennek megvalósítását a TKI-ban lehetetlenné tették, azonban a tudás és az innováció gyakorlati hasznosítását végül a Matáv Rt. támogatása részben lehetővé tette. (SAT-NET Kft., 1995.)

5 Szélessávú műholdvevővel és műholdas adóberendezéssel kapcsolatos TKI fejlesztések

5.1 Szélessávú műholdas vevőberendezés közösségi televíziójel vételére

A '80-as években erősödő igény mutatkozott meg a TV műsorok műholdas sugárzására és műholdas TV műsorok vételére. A várható export lehetőségek és hazai igények kielégítésére TKI szakemberei a hasonló nemzetközi kezdeményezéseknek megfelelően 1983-ban egy olyan szélessávú mikrohullámú vevőt fejlesztését kezdeményezték, amely műholdról sugárzott öt TV-csatorna egyidejű vételére alkalmas a 11,7-12,1 és a 12,1-12,6 GHz-es frekvenciatartományokban. A tervek szerint a vevőberendezés a lakótelepi kábeles TV elosztó hálózatokat látta el TV kép- és hangjelekkel.

A műholdas televízió műsorszórás vételéhez kifejlesztett mikrohullámú vevő a tervezett tömeggyártás szempontjainak megfelelően egyszerű felépítésű volt, és olyan új áramköri megoldásokat alkalmazott, amely egyaránt használhatóvá tette egyéni vagy közösségi vételre a megfelelő méretű (nyereségű) antennával; pl. a vevő teljes mikrohullámú része a KF-előerősítővel együtt az antennatükhöz erősített fémcsőben helyezték el. A vevő zajtényező csökkentésére opcionálisan alkalmazható mikrohullámú előerősítő is rendelkezésre állt.

A földi vevő antennáját fejlesztés fázisában 1,5 m átmérőjű paraboloid-tükörből és olyan primer sugárzóból készült, amelyet kétkarú logaritmikus spirál alkot szélessávú balun-transzformátorral. Az specifikált nyeresége min. 41,5 dB, feszültség-állóhullámaránya max. 1,5; nyalábszélessége a félteljesítményű pontok között 1,2 fok volt. Olyan Cassegrain-rendszerű körpolarizált tölcserő tartalmazó tápfej kifejlesztése is a tervek része volt, melynek érdekessége a polarizáció forgásiirányának távvezérléssel történő átkapcsolása. (részletek: ([20.]-[21.]))

5.2 Műholdas áramkör fejlesztések; 11 GHz-es mikrohullámú műholdas fedélzeti adóegység („MAJÁK”) fejlesztése a TKI-ban

A műholdon üzemelő elektronikus áramkörökkel szemben kiemelkedően fontos a világűr rendkívüli körülményei közti működés megbízható garانتálása. Ehhez igen magas színvonalú, sokrétű áramköri, technológiai, illetve mérés-technikai feladatok kiemelkedő megoldására van szükség. A kritikus elektromos paraméterek mellett különleges figyelmet kell fordítani az üzemi feltételeknek, továbbá a speciális konstrukciós és technológiai követelményeknek való megfelelésre [22.]. A fejlesztés során elkészült példányok (repülőminőségnek megfelelő

technológiai és felbocsátási példányok) számára a műszaki feladat megoldásával párhuzamosan az alkalmazási körülményekhez illeszkedő speciális adóegység vizsgálati módszert [23.] is ki kellett dolgozni, amelyben a világűrbe juttatás és az ottani működés körülményei is modellezhetőek voltak.

A fejlesztés az MTA Interkozmosz Tanács és a Távközlési Kutató Intézet között megkötött, 1981-1985 évre vonatkozó Kutatási Szerződés keretében készült el 1985 decemberében.

Az elvárások szerint több példányban elkészült és átadott adóegységek, és az azok vizsgálati eredményeinek elemzését magába foglaló Műbizonylatok a TKI-ban elért, hazai és külföldi összehasonlításban is magas színvonalú kutatási munka sikerét dokumentálják.

6 Összefoglaló

A hatékony kutatás-fejlesztés során elért elméleti eredmények alapvető jelentőségűek a szakterületi tudás, a szakkultúra és a mérnöki alkalmazás-képességek bővítésében, és azokra alapozva a felmerülő kihívásokhoz szükséges gyakorlati alkalmazások megvalósításában. Amikor az 1980-as években az INTERSZPUTNYIK, az Interkozmosz, vagy a hazai igények fejlesztési kihívásainak kellett megfelelni, akkor a TKI-ra nemzetközi elismertsége miatt nem véletlenül esett a választás kutatás-fejlesztési megbízásra. A döntések helyességét a TKI szakemberek azzal igazolták, hogy rugalmasan és rövid idő alatt voltak képesek világszínvonalú eredményeket produkálni mind a nemzetközi (INTERCHAT az INTERSZPUTNYIK nemzetközi műholdas telefonátvitel számára, műhold adóberendezés szovjet igényre), mind a hazai igények kielégítésére (szélessávú műholdvevő).

A műholdas kommunikáció területén különösen az INTERCHAT berendezés megalkotása jelentett nemzetközi viszonylatban is kiemelkedő műszaki-tudományos eredményt. A fejlesztések során a kor elérhető élvonalbeli technikáját és innovatív egyedi megoldásokat alkalmazták. Az 1983-ban elkezdett intenzív rendszertervezési folyamatot követően az 1984 végére már kész laborminta példányokkal, a Taliándörög-Dubna műholdas kapcsolattal egyértelműen sikerült igazolni, hogy a tervezési célok teljesültek. 1985-ben az előzetes konstrukciós és gyártási dokumentumok alapján elkészültek a többszintű, részletes vizsgálatokhoz használt „mintaállomások”, amelyek sikeres műholdas vizsgálatait követően a végleges gyártási, telepítési, oktatási és üzemeltetési dokumentumok birtokában 1986-ban a TKI INTERCHAT csatornaképző berendezése készen állt az INTERSZPUTNYIK rendszerben történő telepítések számára. A tagállamok számára a szállítások 1987-ben kezdődtek Szíriában, és azt követően TKI Irak, Észak-Korea (Koreai olimpia idejére), Kína, Kuba, Magyarország, Szovjetunió (két berendezés), NDK, Nicaragua számára telepített INTERCHAT berendezéseket⁶.

A TKI eredményei a műholdas távközlés területén is igazolták, hogy a K+F eredményeket gyorsan és hatékonyan képes üzleti sikereket generáló termékekké váltani.

7 Hivatkozások

- [1.] Dr. Ferencz Csaba; Az űrtevékenység helyzete és trendje. Híradástechnika XXXVI. évfolyam 1985. 12. szám. (529-543)
- [2.] PRIBELSZKY GYÖRGY: Műhold-retranszlátor csatornkapacitása homogén SCPC rendszerekben. Híradástechnika XXXVII. évfolyam 1986. 3. szám.

⁶ További értékesítésekre a TKI átalakítás (Lásd „A TKI megszűnése” [25.]), továbbá az INTERSZPUTNYIK szervezet érdekviszonyainak átalakulásával nem került sor.

- https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1986/03/1986_03_09.PDF
- [3.] L. Ja. KÁNTOR, V. M. DOROFJEV, V. I. DJACSKOV, V. V. LOGINOV (NIIR, SZU) BÁRÁNYI ANDRÁS, UHERECZKY LÁSZLÓ, HENK TAMÁS, RÁKOSI FERENC (TKI, MNK); INTERCSAT: Csatornaképző berendezés az INTERSZPUTNYIK nemzetközi hírközlő rendszer számára. Híradástechnika XXXVII. évfolyam 1986. 7. szám. (289-294)
- https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1986/07/1986_07_02.PDF
- [4.] DR. BARANYI ANDRÁS, UHERECZKY LÁSZLÓ, DR. HENK TAMÁS, KOLUMBÁN GÉZA, DR. SÁRKÁNY TAMÁS, KASZAVITZ IVÁN, PÁPICS JÓZSEF, DR. FÜRJES LAJOS; INTERCSAT csatornaképző berendezés műholdas hírközléshez. Híradástechnika XXXVI. évfolyam 1985. 11. szám. (481-488)
- https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1985/11/1985_11_02.PDF
- [5.] Baranyi A., Uherezky L., Henk T., Kolumbán G., Sárkány T., Kaszavitz I., Pápics J., Fürjes L., Farkas J., Bács E., Hanzó L.: Az Intercsat berendezés fejlesztése a TKI-ban. 35 éves a TKI, Jubileumi tudományos konferencia. Budapest, 1985. szeptember. p.p. (13-14.)
- [6.] J. Pápics, T. Henk: Improved carrier recovery from 4PSK signals. 8th Colloquium on Microwave Communication. 25-29. August 1986. Budapest. Conference proceedings. pp (175-176)
- [7.] Dr. A. Baranyi, Dr. T. Henk, Dr. T. Sárkány, J. Pápics, L. Uherezky, G. Kolumbán, I. Kaszavitz, Dr. L. Fürjes: INTERCSAT SCPC Terminal Equipment for Satellite Telecommunication. BUDAWOX Telecommunication Review, 87 / 1 p.p. (1-8).
- [8.] Dorofejev V.M., Loginov V.V., Gyerjugin Sz. N., Baranyi A., Henk T., Kaszavitz I., Pápics J., Esztó P., Hanzó L. : Rezultátü iszpitányii kanaloobrazujussej apparaturü "INTERCSAT". Elektroszvjáz, 1987. Moszkva.
- [9.] Dr. Henk T., Dr. Baranyi A., Dr. Fürjes L., Kaszavitz I., Kukucska P., Mesterházy T., Pápics J.: PSK rendszer az Intercsat berendezésben. HTE Mikrohullámú szeminárium közleményei, Budapest, 1985. jan. 15-16. p.p. (101-104.)
- [10.] Pápics J., Kaszavitz I.: Vivőhullám és órajel helyreállítása az Intercsat berendezésben. HTE Mikrohullámú szeminárium közleményei, Budapest, 1985. jan. 15-16. p.p. (122-125.)
- [11.] Kaszavitz I., Dr. Henk T., Pápics J., Dr. Sárkány T.: Az Intercsat berendezés mérési paraméterei és mérőmódszerei. HTE Mikrohullámú szeminárium közleményei, Budapest, 1985. jan. 15-16. p.p. (134-137.).
- [12.] BÁCS ERNŐ, GUBÁNYI MIHÁLY LÁSZLÓ, UHERECZKY LÁSZLÓ; Az INTERCSAT-rendszer PCM csatornaegységének rendszerteknikai és realizálási problémáiról. XXXVI. évfolyam 1985. 11. szám. (489-493), https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1985/11/1985_11_03.PDF
- [13.] BÁCS ERNŐ, HANZÓ LAJOS - UHERECZKY LÁSZLÓ; Beszéddetektorok paraméterei, realizálása és alkalmazása SCPC rendszerekben. Híradástechnika XXXVI. évfolyam 1985. 10. szám. (446-450)
- [14.] ESZTÓ PÉTER, ABRUSÁN GYÖRGY, TÓTH ISTVÁN; Az INTERCSAT-berendezés szolgálati összeköttetése. Híradástechnika XXXVI. évfolyam 1985.11. szám. (494-497), https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1985/11/1985_11_03.PDF
- [15.] J. Pápics, I. Kaszavitz, L. Fürjes, T. Henk and G. Szarka: SCPC Terminal Equipment Applying ADPCM Encoding for the Intersputnik Global Satellite Network. ICDS8 proceedings. pp. (679-685) Guadeloupe. 24-28 April 1989.

- [16.] Pápics József: Beszámoló az ICDS8 konferenciáról. Híradástechnika, XLI. évfolyam, 1990. 3. szám. P.P- (72-76)
(https://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/1990/03/1990_03_05.PDF)
- [17.] J. Pápics, I. Kaszavitz, P. Dobozi, F. Kocsis: Double Channel ADPCM Terminal Equipment for the Intersputnik Global Satellite Network. Híradástechnika 1991-es első szám, angol nyelvű.
- [18.] J. Pápics, I. Kaszavitz, P. Dobozi, F. Kocsis: SCPC Terminal Equipment Applying ADPCM Encoding for the Intersputnik Global Satellite Network. Proceedings of the International Symposium on Satellite Communication Present and Future, October 1-5, 1990. Odessa, USSR pp. A28/1-13.
- [19.] J.Pápics, I. Kaszavitz, F. Kocsis, J. Farkas: TKI's Activities to Establish VSAT Networks in Hungary, SATELCOMM '91 Pan-European Satellite Communications 24-26 April 1991, Bucharest, Romania.
- [20.] Dr. Sárkány Tamás: Tudományos nap a Távközlési Kutató Intézetben. Híradástechnika XXXV. évfolyam 1984. 3. szám. (121-123)
- [21.] DR. BERCELI TIBOR - DR. BABITS LÁSZLÓ - GELEJI VILMOS - GRÁNÁSY JÓZSEF - JUHÁSZ KÁLMÁN—KOLUMBÁN GÉZÁNÉ: Mikrohullámú vevő műholdas televízió műsorszórás vételére. Híradástechnika XXXVI. évfolyam 1985. 3. szám. (97-103)
- [22.] 1 Vékes Lajos: 11 GHz-es mikrohullámú műholdas fedélzeti adóegység. Bognár Géza Tudományos Emlékülés, Távközlési Kutató Intézet. Budapest, 1988. (187-189)
- [23.] 2 Vékes Lajos: A 11 GHz-es FEDÉLZETI „MAJÁK” ADÓEGYSÉG ELSŐ FELBOCSÁTÁSI PÉLDÁNY. IX. kötet. Budapest, 1985 december. (nem publikus.)
- [24.] Távközlési Kutató Intézet. A [Wikipédiából, a szabad enciklopédiából](#).
- [25.] Herpy Miklós – Sipőcz István: Távközlési Kutató Intézet: A magyar mikrohullámú kutatás fellegvára (1950–1990). Budapest: 2020–2021.)
https://itf.njszt.hu/324rtr4/uploads/2021/01/tavkozlesi_kutato_intezet_1950-1990.pdf