

Fürjes János

furjes.janos@chello.hu

FIZIKAI HOZZÁFÉRÉST NEHEZÍTŐ TECHNOLOGIA A MŰHOLDAS TÁVKÖZLÉSBEN

Absztrakt

Jelen írás a digitális műholdas kommunikációban alkalmazott újfajta megoldásokat mutat be, amelyek megnehezítik a kommunikációs csatornához való hozzáférést.

This paper shows new technologies which makes more difficult to access to the communication channel.

Kulcsszavak: *DoubleTalk, Carrier-in-Carrier technológia, Műholdas kommunikáció, Digitális jelfeldolgozás ~ DoubleTalk, Carrier-in-Carrier technology, Satellite Communication, Signal Processing*

BEVEZETÉS

A legújabb hibajavító eljárásoknak, illetve a nagykapacitású és sebességű FPGA áramköröknek köszönhetően a műholdas hírközlésben is olyan, megbízható lehallgatás biztosítási rendszert sikerült kialakítani, amellyel a külső lehallgatók lehetőségei lekorlátozódtak. A nagy spektrum hatékonyság mellett, védett összeköttetések kialakítására nyílik lehetőség, költséghatékony módon.

A MŰHOLDAS TÁVKÖZLÉS TÖRTÉNETE

1945-ben Arthur C. Clarke angol író volt az első, aki felvetette mesterséges távközlési műholdak indítását. Három geostacionárius pályára állított hold az egész bolygót lefedte volna. 1946-tól az amerikai kutatók a II. világháború során megszerzett német V-2 rakétákkal és Aerobee rakétákkal végeztek felsőlégköri méréseket. Azelőtt az ionoszféra kutatására rádióhullámokat és 30 km magasságig eljutó ballonokat használtak. A rakétás kutatások során 200 km-ig mérték a légköri nyomást, sűrűséget és hőmérsékletet. Az első műhold a

Szputnyik-1 volt, amelyet a Szovjetunió indított 1957. október 4-én. Az eddigi legnagyobb, Föld körül keringő műhold a Nemzetközi Űrállomás.

A műholdak felhasználási területei szerint számos típusba sorolhatók:

- távközlési műholdak;
- csillagászati műholdak;
- Földfigyelő vagy távérzékelő műholdak;
- navigációs műholdak;
- felderítő műholdak;
- űrállomások;
- meteorológiai műholdak. [1]

Ezek közül a legfontosabb és nagy jelentőséggel bíró típusa a távközlési műholdak, amelyek rádió és mikrohullámú frekvenciát használva kommunikációs feladatokat látnak el. A legtöbb távközlési hold geoszinkron vagy közel geo stacionárius pályát használ, de vannak alacsony pályán is.



1. ábra Az Intelsat VIII. generációs műholdja [2]

TÁVKÖZLÉSI MESTERSÉGES HOLDAK [3]

A távközlési műholdak olyan műholdak, melyeknek célja a telekommunikáció segítése rádió- és mikrohullámú frekvenciákat használva. A legtöbb távközlési műhold geoszinkron vagy közeli geostacionárius pályán kering. Az utóbbi időben vannak alacsony Föld körüli pályát használó rendszerek is. A felszíni földi állomások parabolaantennákkal küldenek vagy fogadnak adatokat a műholdakról.

A távközlési műholdak az optikai kábelek és a tengeralatti kábelek kiegészítői. Az optikai kábeles kommunikációval ellentétben a műholdas kommunikációban fellép egy legkevesebb 270 milliszekundumos jelkésés, amely megfelel a rádiójel haladási idejének a 35800 km-re lévő műholdhoz és vissza. A műholdas internetes kapcsolat késése 600-800 milliszekundum, amely a földi internetes kapcsolatnak a 10-szerese.

ÚRTÁVKÖZLÉS [4]

Az űrtávközlés feladata az irányító központok, és az űreszközök közötti, vagy két földi állomás közötti kommunikáció műhold segítségével. A rendszer mindenképpen aszimmetrikus, mivel az űreszközök mérete, és tömege erősen korlátozott, a földi eszközök mérete jóval kevésbé korlátozott.

A rendszer földi szegmensre és űrszegmensre tagolandó.

Az űrszegmens része a földi irányító központ is. A földi vevőállomás különálló adó és vevő részre bontható, amely azonban egy egységbe épül. Egy ilyen állomás lehet fix, vagy mobil. A Földről a műholdra irányuló sugarat uplinknek, míg a visszafelé irányút down-linknek nevezik. A műhold szerkezete fogja egybe a tápegységet, a rakéta hajtóművet, a hőszabályzóegységet, a műholdat irányító egységet, valamint magát a hasznos terhet, amely az antennákat és a jeltovábbító egységet jelenti.

Az űrtávközlésben használt vivőfrekvenciákat nemzetközi szabványok írják elő, szokásos értékük 3..31GHz közötti mikrohullám.

Egy műhold antennája által lefedett terület lehet globális, zónás, pontszerű. A műholdpályák alapján elliptikus, cirkuláris, geostacionárius lehet a pálya. Az űrtávközlésben a geostacionárius műholdakat alkalmazzák főként, mivel ilyenkor a földi állomás a műholdat mindig az ég egy adott pontján "látja", valamint a műhold a Föld csaknem feléről látható.

A műhold elhelyezkedése miatt az űrtávközlés alkalmazásának a következő előnyei vannak:

- olcsó földi állomás (akár mobil is);
- egyszerre a Föld jelentős része belátható;
- ebből fakadóan egyszerre több vevőt is kiszolgálhat, amelyet többnyire frekvenciaosztással, vagy időosztással valósítanak meg.

Az űrtávközlés alkalmazásának hátrányai:

- lehallgathatóság;
- nagy késleltetési idő

Régóta folyik a küzdelem a műholdas távközlés lehallgathatóság elleni védelem érdekében. Itt nem csak az információ végzett titkosításról, hanem a lehallgatás elleni fizikai védelemről is szó van. A fizikai hozzáférés megnehezítése illetve lehetetlenné tétele az utóbbi időkig nem volt megvalósítható. Ezen a helyzeten próbált változtatni a ComTech cég 2002-ben. Ekkor szabadalmaztatták azt a technológiájukat, amely nem csak, hogy kisebb sávszélesség felhasználása mellett nyújtott kétirányú állandó kapcsolatot, hanem a fizikai hozzáférést is lehetetlenné tette.

VIVŐ A VIVŐBEN ELJÁRÁS, „DOUBLE TALK” TECHNOLÓGIA

Egy műholdas kommunikációs szolgáltatás életképességét és realizálható pénzügyi hasznát nagyban meghatározza az űrszegmens igénybevételenek díja. Az űrszegmens díja pedig az elfoglalt sávszélesség és a kisugárzott teljesítmény arányában közel lineárisan nő. Optimális megoldás esetén a transzponderek (műholdas átjátszók) közel azonos sávszélességű és teljesítménysűrűségű adásokat tartalmaznak. Hagyományosan, az alkalmazott modulációs és kódolási eljárások fixen meghatározzák az átvitel paramétereit. Az újabb előrevetett hibajavítási eljárások (FEC), mint a Turbó szorzatkód és az Alacsony eloszlású paritás ellenőrző kódok magasabb megbízhatóságú összeköttetést biztosítanak alacsonyabb teljesítmény sűrűség mellett, mint a régebbi Viterbi és Reed-Solomon kombinációt, vagy a pragmatikus Trellis kód modulációt alkalmazó eljárások. Különösen a magasabb rendű (16,32 QAM) modulációs eljárások, nagyobb átviteli kapacitás mellett, igen jelentős teljesítmény többlet igényvel bírnak. A teljesítmény növelésének lehetséges módja az adó-vevő antenna fizikai méretének növelésével a felhasznált energia csökkenthető, azonos ekvivalens

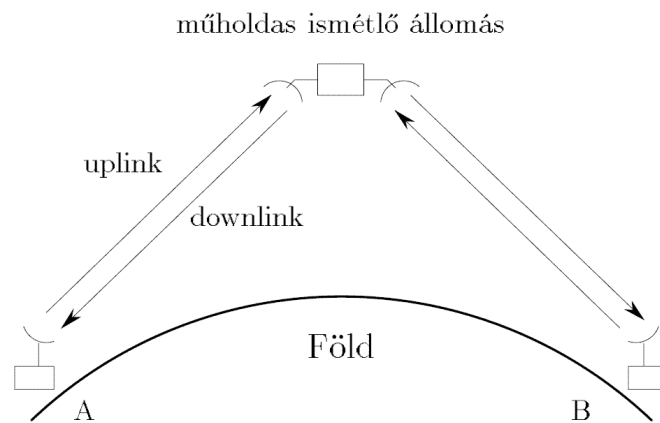
kisugárzott teljesítmény sűrűség mellett. Természetesen az antenna fizikai méretének növelése nem költséghatékony megoldása a teljesítmény sűrűség növelésének, illetve bizonyos helyeken nem kivitelezhető, például épületek tetején, vagy nagy szélterhelésnek kitett körzetekben.

A régebbi generációjú műholdak által vehető teljesítménysűrűség limitálva volt, a fedélzeten alkalmazott átjátszó erősítők nemlineáris tulajdonságai miatt, ami miatt az EIRP értéke limitálva van. A két rendszer együttes alkalmazása nagy differenciát okoz a sávszélesség kihasználtság és a realizálható haszon között, a az új technológiák javára.

A Comtech és a Applied Signal Technology cégek által közösen fejlesztett eszközzel drasztikus növelhető a spektrum kihasználtság, és az elérhető szolgáltatói pénzügyi haszon.

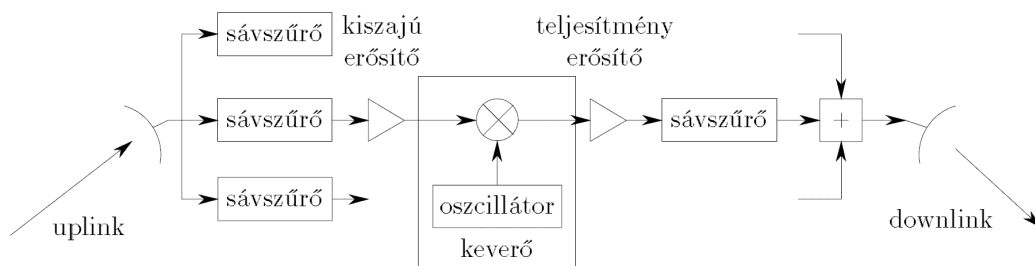
A technológia alapjai

A műholdas összeköttetések során a műhold, mint ismétlő állomás működik, az alábbi ábra szerint.



2. ábra Műholdas összeköttetések felépítése [5]

A műholdakon általában megkülönböztetnek uplink és downlink frekvenciákat. Az uplink frekvencián érkező jeleket veszi a fedélzeten lévő berendezés, majd ezt erősítve, frekvenciában áthelyezve sugározza vissza a Föld irányába.

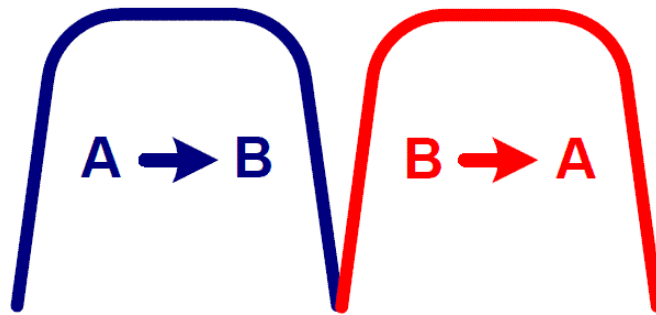


3. ábra Műholdas transzponder felépítése [6]

Amennyiben két-irányú¹ összeköttetést kell megvalósítani, akkor mindkét állomásnak más-más uplink és downlink frekvenciákkal dolgoznak.

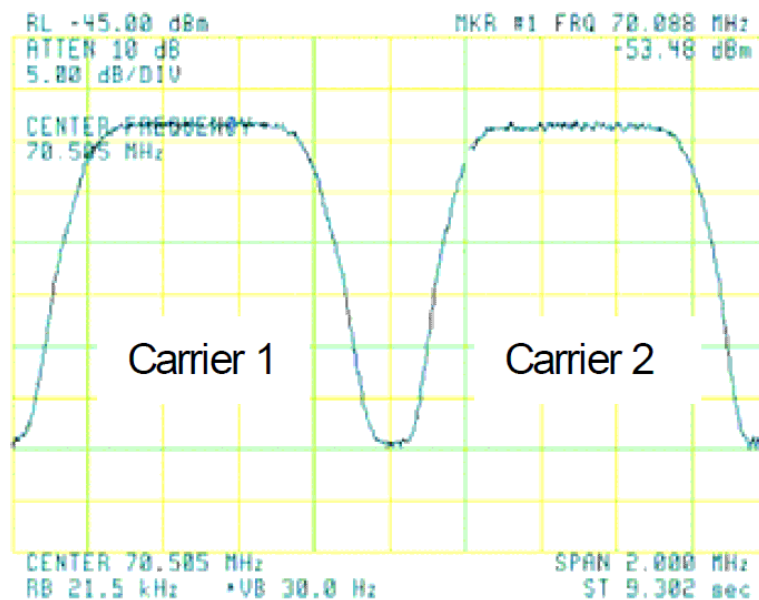
¹ Full-duplex teljes kétirányú összeköttetés

A spektrumban vizsgálva a hagyományos összeköttetéseket, a következő képek kapjuk.



4. ábra Full-duplex összeköttetés frekvencia viszonya

A hagyományos összeköttetések megbízhatóságát nagyban befolyásolja a két spektrum elválasztása, mivel ezek egymásba csúszása zavarként jelentkezik.

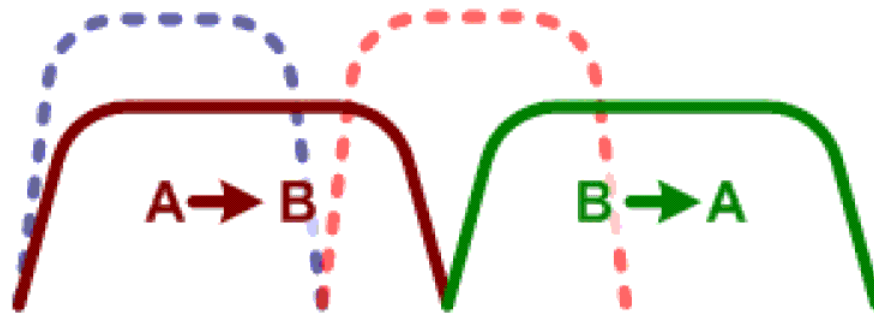


5. ábra Egy valós spektrum mérési eredménye [7]

Vivő a vivőben eljárás alapja

Az előző fejezetben az összeköttetés megbízhatóságát befolyásoló tényezőként a spektrumok egymástól történő elválasztását láthattuk. Amennyiben a két állomás azonos frekvencián működik, akkor elvben nem lehet összeköttetést megvalósítani.

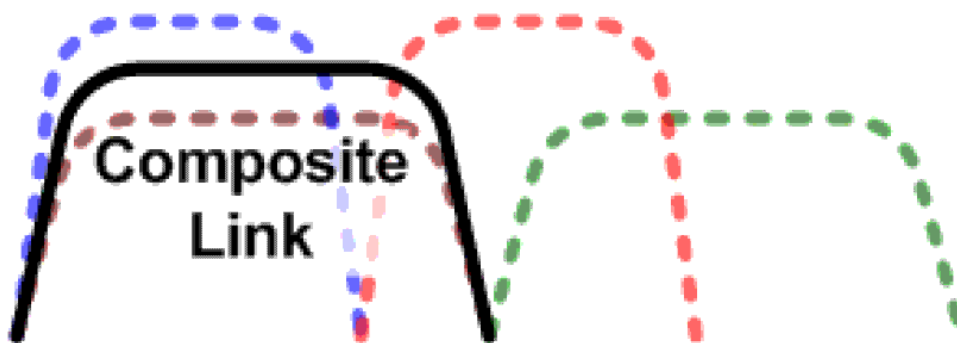
Ha a hagyományos konvolúciós és Reed-Solomon hibajavító eljárások helyett egy robusztusabb megoldást használunk, akkor az elfoglalt sávszélesség azonos adatsebesség mellett megnő, mint azt az alábbi ábra mutatja:



6. ábra Robosztusabb hibajavítás hatása az elfoglalt sáv szélességre

Ebben az esetben a kialakított rendszer kevésbé érzékeny a zavarokra, így megbízhatóbb összeköttetés alakítható ki.

A kifejlesztett új eljárás lényege az, hogy megtehető az adó és vevő frekvencia egymásra helyezése, úgynevezett kompozit eljárással egymásra tehető.

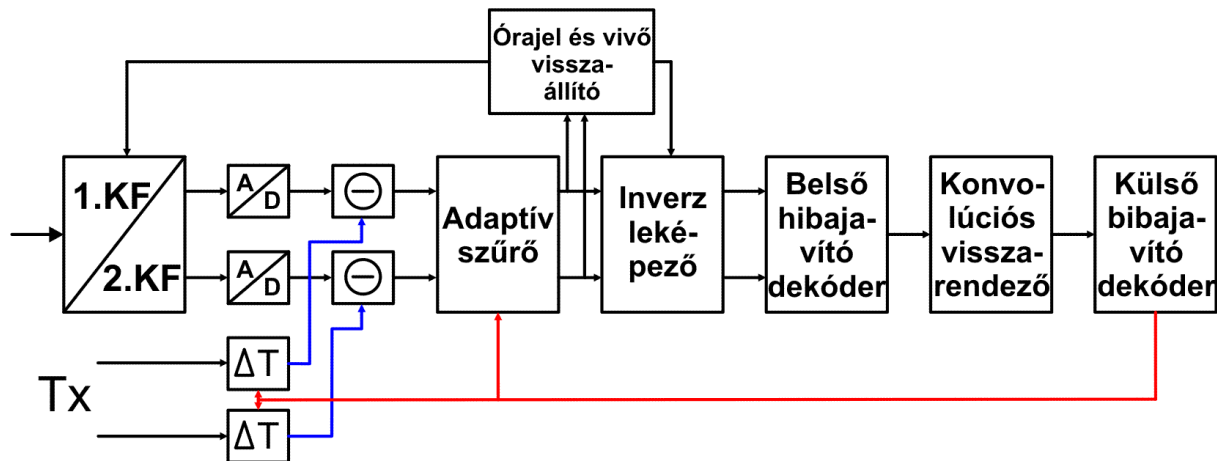


7. ábra Kompozit összeköttetés spektrum viszonya [8]

Ebben az esetben a műholdon a vett teljesítmény sűrűség megnő. Így a vevőkre mind a két jel összege kerül vissza sugárzásra.

Önmagában a megnövelt hibatűrő képesség még nem teszi lehetővé a két pont közötti full-duplex kapcsolat létesítését. Ehhez szükséges az úgynevezett „Adaptív elnyomó eljárás”.

Az eljárás lényege, hogy az adó oldalán tárolásra kerül a kisugárzott jel, és ez a műholdra történő oda és visszasugárzás késleltetésével, kivonásra kerül az eredeti jelből. A kivonáson kívül a legkorszerűbb FPGA elemeket felhasználva, olyan adaptív kiegyenlítő szűrő kerül alkalmazásra, amellyel a hibajavító megfelelő működéséhez szükséges jel-zaj viszony biztosíthatóvá válik. A kiegyenlítő szűrők folyamatosan követik és dinamikusan kompenzálják a vett jelből a késleltett kisugárzott jelet.



8. ábra Adaptív kiegyenlítő eljárás a vevőben [9]

Mint a 8. ábrából látható, az adó (modulátor) kimenetén keletkező adatfolyamot egy átmeneti tárolóban kell elhelyezni. Az átmeneti tároló kimenetét változtatható késleltetéssel kinyerhető az eredetileg kisugárzott jel. A késleltetés mértékét (bizonyos határok között) a vevő elején elhelyezkedő adaptív szűrő szabályzó jele, illetve a külső hibajavító dekóder bithiba jele vezérli. E kettős szabályzó rendszerrel megbízhatóan elnyomható az eredetileg kisugárzott komponens. A technológia eddigi áttörését az adaptivitást biztosító FPGA áramkör sebessége és komplexitása korlátozta. A kiegyenlítő szűrőből párhuzamosan sokat kell futtatni, ahhoz, hogy a megfelelő eredmény megkapjuk.

Az így kialakított vevőben a kisugárzott jel kb. 30 dB-es csillapítással kerül a demodulátor egység bemenetére, amellyel nagy biztonságú összeköttetést lehet megvalósítani. [10]

Ezzel az eljárással csak egy irányban (viszonylatban) lehet full-duplex összeköttetést kialakítani. Ha több irányra van szükség, akkor páronként kell felépíteni a kapcsolatokat, különböző frekvenciákon. Ez az eljárás pont-multipont összeköttetésre nem alkalmas.

Figyelembe véve az adási és vételi teljesítmény sűrűséget, elmondható, hogy a 16QAM double-talk eljárás spektrum hatékonysága megfelel a 256 QAM adásának.

Lehallgatás elleni védelem

A double-talk technológia önmagában biztosítja a harmadik fél általi lehallgatás elleni védelmet. Amennyiben az adott helyen nem ismert a kisugárzott modulált jel, akkor nem állítható vissza egyik adás sem. A klasszikus hadászati rádiófelderítés nem képes saját eszközeivel ezt a problémát megoldani. A kisugárzás helyén telepített vevővel lehallgatható az adás, de ezt fedett módon hátországból nem lehet kivitelezni.

Irodalomjegyzék

- [1] Wikipédia: Műhold - <http://hu.wikipedia.org/wiki/Műhold>
Letöltve: 2009. november 16.
- [2] <http://www.orbital.com/images/Low/Intelsat18.jpg>
Letöltve: 2009. november 19.
- [3] http://hu.wikipedia.org/wiki/Távközlési_műhold
Letöltve: 2009. november 20.
- [4] Dr. Mihály Zsigmond - A műholdas mobil hírközlés alapjai 1997 – egyetemi jegyzet – p10.
- [5] Dr. Mihály Zsigmond - A műholdas mobil hírközlés alapjai 1997 – egyetemi jegyzet – p12.
- [6] Dr. Mihály Zsigmond - A műholdas mobil hírközlés alapjai 1997 – egyetemi jegyzet – p13.
- [7] ComTech – CDM 625 User Guide, Comtech Corporation, 2008. p 2
- [8] ComTech – CDM 625 User Guide, Comtech Corporation, 2008. p 3
- [9] ComTech – DoubleTalk™ Carrier-in-Carrier™, , Comtech Corporation, 2004. p 5
- [10] ComTech – DoubleTalk™ Carrier-in-Carrier™, , Comtech Corporation, 2004. p 4