

A rádióamatőr és a digitalizált világ

Dr. Gschwindt András HA5WH, andras.gschwindt@mht.bme.hu

Napjainkban gyakran szokás a digitalizálás forradalmáról beszélni. Egyre több hírközlési, műsorszórási területen jelennek meg a teljesen digitalizált rendszerek. A rádiótelefonok átütő sikeréhez szintén a digitalizálás, a gyors jelkezelés adta az alapot. Nem mondhatjuk, hogy a rádióamatőr nem találkozott eddig digitális jelekkel, hiszen a klasszikus morzekód is a kétállapotú jelátviteli sorába tartozik. A szintén klasszikus távgépíró mágikus, tiszteletet ébresztő, mechanikus adó-vevő gépe a múzeumba került, de a rádiócsatorna jellemzői változatlanok maradtak. Az adást és a vételt ma már számítógépek vezérlik.

A jól ismert rádióamatőr szolgálat meghatározásának csak az első néhány szavát kell idéznünk: „...önképzést, egymással való levelezést megvalósító szolgálat...” Az önképzés tehát meghatározó része az amatőr tevékenységének, amit tudatosan vagy játszva (hobbiként!) végez. Hogyan kapcsolódik a rádióamatőr tevékenysége a digitális forradalomhoz? Hogyan csatlakozik, alkot egységet a rádiózás és a számítástechnika? Melyek azok a jellegzetes vezeték nélküli átviteli megoldások, melyekkel az amatőr találkozhat? Hol ad ez alapot az önképzéshez? Sok-sok kérdés, melyek megválaszolására egyetlen szerző sem vállalkozhat. Jelen cikk is csak a szerző véleményét tükrözi azzal a hittel, hogy segít eligazodni a különböző digitális-rádiós rendszerek között, rámutatva a professzionális hírközlés és az amatőr önképzés kapcsolataira.

A megújult RTTY és társai

A rádiótávgépíró (RTTY) a kézi távíró mellett a gépi átvitelt jelentette és jelenti. Nem szabad jelen szerepét lebecsülni, hiszen a legutóbbi amerikai (ARRL) statisztika szerint a legtöbb, valamilyen digitális üzemmódot alkalmazó ezt kedveli. Az évente ismétlődő versenyekben az RTTY-t használók köre nem csökken.

A távgépírók rádiós átviteli rendszerét az évek során igyekeztek javítani.

Előkerült a professzionális hírközlési alapokra támaszkodó *Amtor* és *Pactor*. Az *Amtor* először alkalmazott visszakerdezés jellegű (ARQ) hibajavítást. A *Pactor*, majd a *Pactor II.* az *Amtor* javított változatai. A „szuper” *Clover* a legmodernebb megoldás; a professzionális hírközlés is alkalmazza. Még napjainkban is hallani állomásokat ezekben az üzemmódokban. Jellegzetes adás-vétel váltásaikról könnyen felismerhetők. Később előkerült a *Packet*, melynek csomagjait jelenleg is sok állomás küldi mind rövid-, mind ultrarövidhullámon.

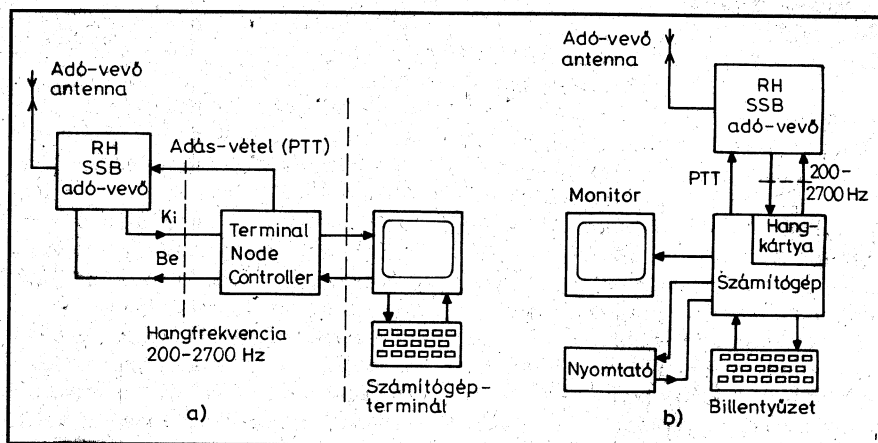
A kérdés csak az, vajon miért nem váltak tömegessé ezek a rendszerek? A válasz viszonylag egyszerű: bonyolultak és drágák voltak. A gondot egyetlen doboz, a TNC jelenléte okozta. A TNC, ami egy célprocesszor az adó-vevőhöz illesztéshez szükséges áramköri elemekkel kiegészítve, egy meglehetősen drága és csak néhány speciális feladatra alkalmas egység. A válaszra váró csomagok gyors adás-vétel átkapcsolást biztosító adó-vevőket igényeltek. Sok régebbi adó-vevő berendezés ezt nem tudta/tudja. A TNC-hez monitor is kellett. Mai áron számolva, a járulékos berendezések ára közelítette az adó-vevő árát. A hazai jövedelmi viszonyainkat figyelembe véve nagyon kevesen engedhették meg ezt az *Amtor*-, *Pactor*- vagy *Packet*-orientált beruházást. A három digi-

tális üzemmód jól illusztrálta a (profi) rádióamatőrök innovációs képességét, de átütő, tömegeket mozgató változást nem hozott. Kivételt az URH-sávok jelentenek, ahol a csomagkapcsolt rendszerek nagyobb számban működnek, bár működésük hálózat jellegű és nem a billentyű-billentyű (kezelőtől kezelőig) közvetlen összeköttetést valószínűsíti meg.

Belép a számítógép

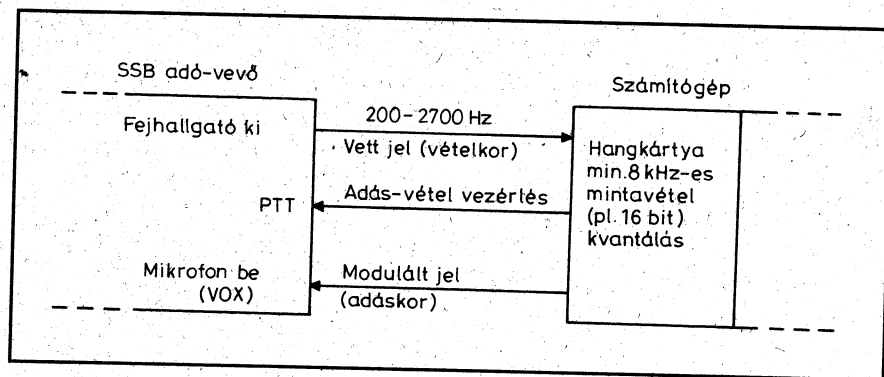
A számítógépek, a „házi PC-k” megjelenése okozta az igazi áttörést, a rádióamatőrök tömeges belépését is a „digitalizált világba”. A '90-es évek végére a PC-k, a személyi számítógépek tömegessé váltak. Fejlesztési irányukat a multimédia- és a játék-alkalmazások határozták meg. A játékhöz hang kellett; megjelent a hangkártya, amely nélkül a mai gépek elképzelhetetlenek.

Megszületett a rádiózáshoz szükséges számítógép, amivel különböző üzemmódokat lehetett generálni. Igaz, mindez csak a hangfrekvenciás sávban történt, hiszen a gépek itt tudtak digitalizálni (vétel) és hangfrekvenciás sávba eső jeleket szintetizálni (adás). Ez a funkció tökéletesen illeszkedik az SSB adó-vevőkhöz. Az egyoldalsávú adók nem tesznek mást, mint a hangfrekvenciás sávban (tipikusan a 200 Hz–2700 Hz között) lévő



1. ábra

jeleket transzponálják egy elnyomott, rádiófrekvenciás vivő fölé (USB) vagy alá (LSB). Úgy is fogalmazhatnánk, hogy az adó-vevők bármilyen jelet tudnak adni vagy venni, amelyek modulált spektruma nem szélesebb 2...2,5 kHz-nél. A számítógép számolási sebessége határozza meg, hogy a modulált jel változási sebessége (bitsebesség) maximálisan mekkora lehet. Az adás-vétel moduláló, illetve demoduláló funkciója mellett az adás-vétel átkapcsolásának számítógépre bízása már gyerekjáték...



2. ábra

Az 1. ábrán láthatjuk a régi és az új összehasonlítását. Az a részen a régi, de már nem a mechanikus gépet alkalmazó vétel építőelemeit, míg a b részen a „biztos alap” képét láthatjuk. Első ránézésre a változás nem nagy. Az a ábra szerint a TNC tudása biztosítja az összeköttetésekhez szükséges ismereteket. A terminál egy kisképeségű processzort és monitort tartalmaz, ami a TNC-ből érkező biteket értelmezi, megjeleníti (vétel) vagy a bilyentyűzet karaktereit írja le bitekkel (adás) a TNC számára. A b ábrán látható, hogy a számítógéphez nyomtatót kapcsolhatunk, de nem ez az „igazi” eltérés, hiszen hasonló funkciót egy klasszikus terminál is elláthat. A legfontosabb, meghatározó különbség a számítógép könnyű programozhatóságában van. Könnyen cserélhetek, írhatok programot a gépbe és szinte csak az én tudásomon (vagy az amatőr társaimon) múlik, hogy milyen modulációs rendszert valósítok meg. Nem szabad elfelejteni, hogy mindez csak úgy történhet, ha a jeleim az adó-vevő által feldolgozható sávban (tipikusan 200 Hz–2700 Hz között) maradnak. Az összeköttetésekhez szükséges minden tevékenységet a számítógép végzi (vezérlés, bitek kezelése, demoduláció, moduláció stb.).

Be és ki a számítógépből

Jól ismert, hogy a gépben minden jelfeldolgozás (sávszűrés, moduláció, demoduláció) digitális formában történik. Az adó-vevőnkől vételtkor kijövő hangfrekvenciát tehát a számítógép digitalizálja. A digitalizálás során a hangkártya bemenetére kapcsolt jelből mintát veszünk (úgy, hogy közben nem veszítünk a jelünkben). A mintavétel frekvenciáját a bemenőjel legnagyobb frekvenciájú komponensei határozzák meg. Ez általában 3 kHz alatt marad, ezért a legtöbb jelfeldolgozó program 8 kHz-es, esetleg 11 kHz-es

mintavételezést használ (Shannon mintavételi tétele alapján legalább kétszeres frekvenciát, azaz 3 kHz esetén 6 kHz-est kellene használnunk).

A hangkártyák többsége általában 15 kHz-es bemenőjelet is tud fogadni, melyet 44 kHz-cel mintavételez. Rádióamatőr felhasználás esetén tehát nagy tartalékunk van. A vett mintákat digitális jelekké kell alakítanunk. Az átalakítás okozta pontatlanság zajt (kvantálási) okoz. Itt is hatalmas a tartalék, hiszen a hangkártyák legalább 16 bites felbontással mérik meg a mintavételezett jel amplitúdóját. Ez az érték a csúcspotenzitás alatt 90 dB-lel megjelenő zajkomponenseket eredményez. Gondoljunk arra, hogy hasznos jeleink jel-zaj viszonya legtöbb esetben 30-40 dB alatt van, de egy gyenge DX-állomásnál ez csak néhány dB. Van bőven tartalék, a kvantitási zaj nem zavar! A például 8 kHz-es mintavétel és 16 bites kvantálás 128 kbit/s-os jel-sorozattá alakítja a vevőből kijövő jelünket.

Mi a helyzet a kimenettel? Ekkor a kijövőjel analóg lesz, a gépben digitális formában meglévő modulált jelformát D/A átalakítás után kapjuk meg a kimeneten. A multimédia célra kialakított D/A konverzió itt is számunkra (rádióamatőr célra) hatalmas tartalékkal rendelkezik, tehát nem kell félnünk káros termékek kisugárzásától. A gépből származó jelek az SSB-adó modulátorán áthaladva az SSB-szűrőn mennek keresztül, amely szintén vigyáz a sávon kívüli termékek kis szinten tartására.

A 2. ábrán áttekinthetjük az adó-vevő és az azt segítő számítógép kapcsolatát, a számítógép be- és kimenetén megjelenő jelek legfontosabb jellemzőit. A valóságban a két rendszer elválasztására nagy gondot kell fordítani (földelési utak, RF-visszahatás, ...). Ne feledkezzünk meg az adás-vétel átkapcsolásáról! A legegyszerűbb megoldás a beszédindító áramkör (VOX)

használat. Ekkor a gépen futó program indulásakor megjelenő modulált jel (hangfrekvencia) hatására adásra, megszünetelésre vételre kapcsol az adó-vevőnk. Az alkalmazott programtól függően lehetőség van más átkapcsolási módra is (pl. a PTT vezérlése a gép valamelyik Com kimenetén keresztül). A lehetséges megoldásokra részletes instrukciót találunk a programok ismertetésében.

Hasonló a helyzet a ki- és bemenet színtezésével is. Ezekre is részletes adatokat, kapcsolási rajzot találunk az egyes programok leírásában.

Melyik a jó moduláció (program)?

A válasz természetesen nem egyszerű. Nagyon sok szempontot kell figyelembe vennünk a megfelelő üzemmód kiválasztásához. Ezek egy része szubjektív: „... ezt szeretem, mert egyszerű kezelni, ... zavarvédett, keskenysávú az átvitel, ... szépen fütyül, ... nagyon jó hibavédelemmel rendelkezik, ... látványos a képernyő, minden mozog, változik stb”. Az ember-gép kapcsolat gyakran meghatározó és részben elszakad a műszaki valóságtól, de ez is az örömszerzés egyik módja, ezért hobbi a rádióamatőr tevékenység.

Valószínű, hogy elképedve nézné a mérnök, aki 30-40 éve távgépíró (AFSK) demodulátort konstruált, ha meglátná a számítógép monitorán megjelenő „műszer-előlapot”, az információ-áradatot reánk zúdító képet. Ezen nem csak a vett jelet olvashatjuk, de szemünk előtt zajlik az ionoszféra változása, a jelünk küzdelme a többutas hullámterjedés okozta torzítással, a reflektáló rétegek gyors átrendezésétől adódó frekvenciaváltozás, a vett jel környezetében lévő adók spektrumképe stb.

Az áttörést – a digitális moduláció, a jelátvitel rádióamatőr „forradalmát” –

egy fázismodulált üzemmód hozta. A PSK31 ma már tömegével „ejti káprázatba” és ragasztja a billentyűk mellé a rádióamatőröket. Pedig ez a moduláció nem egy csoda. A professzionális hírközlésben már régen alkalmazott kétállapotú fázismoduláció (BPSK) rádióamatőr megfelelője (lásd: „Új” távgépíró üzemmód, a PSK31, Halmi Béla, RT 2001/2., 88–90. o.).

A programot néhány ügyes megoldással SP9VRC optimalizálta rádióamatőr – alapvetően billentyű-billentyű közötti – összeköttetésre. A 31 bit/s-os átviteli sebességhez nagyon kis elfoglalt sáv szélesség tartozik. A fázismodulált jel elvileg végtelen sáv szélességű, de a modulációt megvalósító program a már kész, az SSB-adó vezérlésére alkalmas jelet egy sávszűrőn vezeti át, amely leszűkíti a spektrumot. A szűrés okozta spektrumtorzulás a modulált jel modulációval arányos amplitúdó-változását okozza. Ez azonban nem zavaró, hiszen lineáris erősítőket használunk az SSB-adókban (lásd: *Kérdezz-felelek: PSK31*, Dr. Gschwindt András, RT 2001/5., 241–242. o.).

Ötlet ötlet hátán, és az eredmény lenyűgöző. Az SSB-vevőnk sávjában 8–10 állomás is forgalmazhat egyidőben! Rádásul a PSK31-hez fejlesztett vevőprogramok olyan képernyő-kialakítást tesznek lehetővé, melyen több adást figyelhetünk egyidőben és láthatjuk az ionoszféra okozta fázistorzítás (fázisbizonytalanság) időbeni változását is. Természetesen a vételi kép színélrendezését magunk is kialakíthatjuk, módosíthatjuk.

A PSK31 méltó vetélytársa lett a klasszikus RTTY üzemmódnak. (Ma már közel azonos számú rádióamatőr használja a két jellegzetes, digitális üzemmódot.) Átütő sikerének titka a keskeny sáv szélesség, a rendkívül könnyű kezelhetőség és a meglehető

SSB adó-vevőnk változtatást nem igénylő felhasználása.

A RTTY-t kedvelők hada is igyekezett újat alkotni. Megszületett az MMTTY nevű program, melynek háttérirodalma túltesz az eddigi legjobb, távgépíró-oktatással foglalkozó könyvön/demonstrációs anyagon. Az alapot három japán amatőr alkotta, akikhez később kanadai, amerikai, cseh, spanyol, német segítők csatlakoztak, és ezzel 18 főre nőtt az alkotógárda. Meg is látszik az eredménye! A több, mint 50 oldalas „Help” az üzembehelyezési/üzemeltetési útmutatón kívül lehetőséget ad a terjedéstől függően más-más demodulátorok kipróbálására, különböző szűrők beiktatására. Nem csoda, hogy megjelenése óta növekedett az RTTY üzemmódot használók száma. Természetesen az eredeti távgépíró-struktúrához senki nem nyúlt, nem adtak hozzá hibajavító eljárást. A PSK31 méltó versenytársa lett a reneszánszát élő RTTY-nak.

Feltétlenül meg kell jegyezni, hogy a keskenysávú jelek adása-vétele stabil frekvenciájú adó-vevők alkalmazását kívánja. Egy-egy összeköttetés ideje alatt maximum néhány Hz-et változhat a frekvencia. Ez a szigorú követelmény kizárja a régi, analóg VFO-val rendelkező berendezések használatát.

Az átvitel hibáinak csökkentése

A rövidhullámú összeköttetések többsége az ionoszféráról egy vagy több alkalommal visszaverődő jelekkel jön létre. Tudjuk, hogy az ionoszféra nem homogén, a benne lévő elektronok száma helytől és időtől függ. Rádásul a különböző magasságú, elektronsűrűségű rétegek közötti mozgás nagyon gyors lehet. Gyakran egy szélfújta függöny mozgásához hasonlítják átrendeződésüket. Van, aki különböző

elektronsűrűségű, gyorsan mozgó, formájukat átrendező felhőkként igyekszik megjeleníteni az 50...500 km-rel fölöttünk zajló eseményeket.

Mi történik a modulált vivővel, miközben áthalad ezeken a rétegeken? Röviden szólva: minden rossz. Széles és keskeny sávban változik az amplitúdó és a mozgások miatt a vivő frekvenciája is megváltozhat (Doppler-fading). A változások nagyságrendje időben 0,1...10 ms, frekvenciában 5...20 Hz is lehet. Aki az RTTY-vevők kijelzőjét (frekvencia-analizátor) figyelte egy-egy távolabbi összeköttetés során, jól látta, hogy a start- és a stopjelek amplitúdója egymástól függetlenül is változhat (szelektív fading) és a 170 Hz-es távolságuk is időre időre nőhet vagy csökkenhet (Doppler-fading).

Az ionoszféra által „megtépett” jelünket a jelfelismerő, döntő áramkörünk nehezen vagy egyáltalán nem tudja hibátlanul visszaállítani. Nagyon szemléletes a látvány a PSK31 kijelzőjén (DigiPan szoftver), ahol jól követhető, hogy a 180°-os fázisváltozásból gyakran lesz kisebb vagy nagyobb, az ionoszféra időben és térben változó reflexiók jellemzői miatt. Jól ismert a többutas terjedés fogalma. A vevőantennákba érkező jelek széles és keskeny sávban erősíthetik vagy kiolthatják egymást.

Az RTTY vagy a PSK31 nem tesz semmit az ionoszféra torzításainak kiküszöbölésére. Az egyetlen védelem, melyet az operátor épít be az összeköttetésbe, az ismétlés. Többször leírja a QTH-t, az operátor nevét és az adott riportot. Lehet, hogy a szelektív vagy a Doppler-fading részben vagy egészben megsemmisíti az információt, de a maradékokból az emberi agy jóvoltával visszaállítható az eredeti. Klasszikus, jól bevált megoldás, melyet még az ismétlés-kérés is segítheti.