

A rádióamatőr és a digitalizált világ 2.

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

Együtt a professzionális technikával

A professzionális hírközlésben az agyunk hibajavító képességét nem szívesen, legfeljebb kényszerhelyzetben alkalmazzák. Az automatikus ismétléskérés már régebben, az Amtor, Pactor, Clover idejében bekerült a rádióamatőr összeköttetések rendszerébe. A csomagkapcsolt összeköttetések jelenleg is ezt a módszert alkalmazzák. Felhasználásuk széles körű elterjedését a speciális, gyorsan adásról vételre és viszont kapcsoló rádiók hiánya okozta és okozza. Ez a helyzet nem változik azzal, hogy a vezérlő célprocesszoros (TNC) egység helyett egy PC-t használunk.

A hibajavítás lehetőségét tehát előre be kell építeni a kisugározni kívánt jel-sorozatunkba. Olyan biteket adunk az átvinni kívánt információhoz, melyek segítségével a vétel során felismerhetjük, majd kijavíthatjuk a meghibásodott biteket. A professzionális technikában alkalmazott FEC (Forward Error Correction – előre történő hibajavítás) bitjei megnövelik az átvinni kívánt információ mennyiségét, adott sebességnél megnövelik az átvitel időtartamát. Ne higgyük azt, hogy ez rosszabb eredményt ad, mint az ismétléskéréses hibajavítás! Az ismétlések szintén megnyújtják az átvitel időtartamát.

Más szóval azt is mondhatjuk, hogy „felhígítjuk” az eredeti jelünket. Az adott karaktert leíró, például 7 bithez egy-egy jól ismert, optimalizált matematikai művelettel hozzáadunk például újabb 7 bitet. A vevőprogramunk ismeri az általunk alkalmazott matematikai műveletet, és a 14 bitből hibátlanul vissza tudja állítani az eredeti karaktert jellemző 7 bitet. Ez még akkor is lehetséges lesz, ha a 14-ből néhány bit elvesz vagy értékét az ellenkezőjére változtatja. A professzionális technikában leggyakrabban a konvolúciós kódolást alkalmazzák „hígításra”, redundancia-növelésre. Például a műholdas műsorszórásban alkalmazott kódolás során 1 védendő bite legrosszabb esetben 1 javító bit jut (1/2-

es javítási viszony). Hatalmas előnye a FEC alkalmazásának, hogy a javító bitjei a kisugározott jelforgalomba épülnek, nincs szükség gyors adás-vétel átkapcsolásra. Átalakítás nélkül használhatjuk a régi, lassú, relés átkapcsolású adó-vevőket.

Az ionoszféra torzítása a fázis/frekvencia és az amplitúdó időbeni változásában jelentkezik. Az ionoszféráról reflektált és a felsugárzott (adókimeneti) jel lényegesen eltérhet egymástól. Az eltérés nem csak nagyságban, hanem spektrumuk elrendezésében is jelentkezik. Hibajavítási filozófiánk erre a két zavaró tényezőre kell koncentrálnia.

Hogyan védhetem ki a szelektív fading hatását, amely például azt jelenti, hogy a 2,4 kHz-es SSB-sávban eltűnik (kioltódik) az 1,2–1,5 kHz-es sáv rész? Úgy, hogy az átvinni kívánt információt egyidőben sugározzuk több frekvencián, például az 1,2–1,5 kHz-es sáv mellett (ez eltűnt!) a 2,2–2,5 kHz-es sávban is. A professzionális technika gyakran *frekvencia diversity*-nek nevezi ezt a megoldást.

Az analógtechnikában alkalmazott több frekvencián, szimultán sugárzott, azonos modulációt alkalmazó módszer (frekvencia diversity) és a digitális, több frekvenciát használó átvitel közötti lényeges különbség, hogy az utóbbi bit- vagy bitsoport szinten alkalmaz más-más frekvenciát. Ahogyan ezt a digitális technikában mondják, a biteket átszövjük a különböző vivőkre (angolul: interleaving, – azaz: átszövés). A módszer a frekvencia-átszövés; a szakmai neve pedig *frekvencia interleaving*. Ez a megoldás tehát az előzetes hibakorrekció (FEC) kategóriájába tartozik.

A változó terjedési úthossz miatti torzítás egy későbbi időben történő ismétléssel védhető ki. Az időbeni, késleltetett ismétlés a digitális világban bit- vagy bitsoport szinten történik. A késleltetésnek rövidhullámon olyan hosszúnak kell lennie, hogy kis eséllyel kerüljön az eredeti és az ismételt jel azonos, szelektív fading okozta jelkioltási időtartamba. A módszert időátszövésnek (*time interleaving*nek)

nevezük. Ez a megoldás is az előzetes hibakorrekció (FEC) kategóriájába tartozik.

Ha az előzetes hibavédelmeket alkalmazzák, akkor könnyen belátható, hogy az adás időtartamát nem változtatva, nő az adás elfoglalt sávzélessége. Olyan modulációt kell tehát használni, amely sávtakarékos. Az ionoszféra jelentős amplitúdótorzítása miatt a vivő modulációját érdemesebb a szögmoduláció köréből (frekvencia vagy fázis) választani.

Összegezve: próbáljuk meg kitalálni, hogyan épül fel az a modulált jelstruktúra, ami képes hatásos hibajavítást (FEC) megvalósítani!

a) Az átvinni kívánt információt tömören leíró bitsorozatot (pl. 7 bit karakterenként) konvolúciós kódolással kibővítjük úgy, hogy 1 információs bitre akár több javító bit jusson.

b) Több, egymást nem zavaró vivőn utazzon az információ (frekvencia-átszövés).

c) Az ionoszféra időtorzítását, az impulzus zajokat, az egymást követő fadingek időtávolságát figyelembe véve kell megismételni az átvinni kívánt információt (időátszövés).

A valóságban a frekvencia- és átviteli idő optimalizálás miatt az információt (pl. egy karaktert jellemző bitek) bitszinten javítjuk, illetve optimalizáljuk (az optimalizálás szempontja a minimális időkéleltetés és a lehető legjobb sávkihasználás). A professzionális hírközlésben az átszövés (interleave) szót használják a bitek frekvenciában és időben történő szétterítésére. Időben és frekvenciában szövjük át az adatsorunkat, melyek információs és hibajavító biteket tartalmaznak.

Az előbbieket könnyebb lesz megérteni, ha mindjárt egy jellegzetes példát analizálunk.

Az MT63, a hibajavítás csodája

Az MT63 új üzemmód: rádióamatőrök közötti, számítógéppel támogatott, billentyűtől billentyűig történő átvitel megvalósító, rendkívül hatásos, FEC-et alkalmazó jelátviteli megoldás.

A leggyakrabban használt MT63-változat 64 vivőt sugároz ki egyidőben. A vivők távolsága 15,625 Hz, azaz a teljes spektrum 1 kHz-es sávot foglal el. Az egyes vivők fázismoduláltak (BPSK), a moduláció sebessége 10 szimbólum/s. A szimbólumsebesség nem azonos a bitsebességgel, hiszen ebben a 64-vivős rendszerben a vivők fázishelyzete több bitnyi információt is tartalmaz.

A 10/s-os változási sebesség és a 15,625 Hz-es vivőtávolság azt jelzi, hogy a moduláló oldalsávok nem fednek át. Ezt a „szorosan pakolt” vivőkiosztást a professzionális technikában (digitális műsorszórásban!) gyakran alkalmazzák (ortogonális, frekvenciaosztásos moduláció – OFDM).

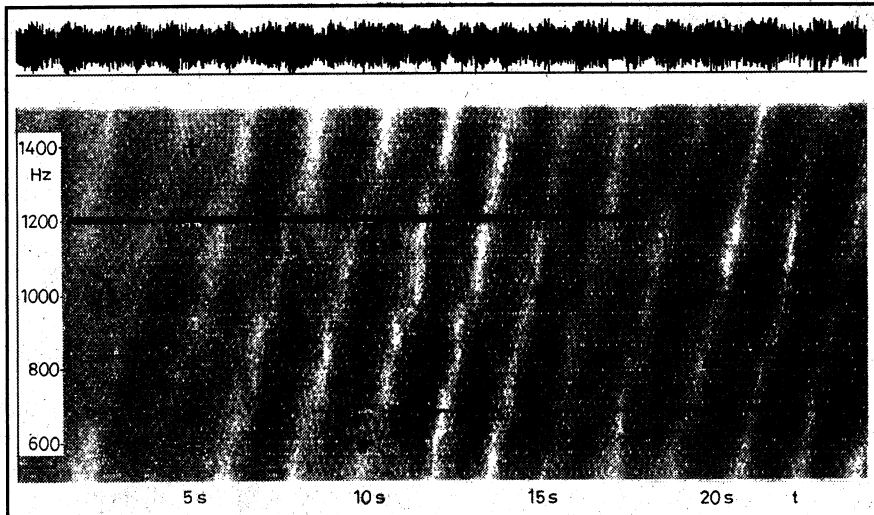
A 7 bittel leírt karaktereket az MT63-ban alkalmazott konvolúciós FEC-kódoló 64 bitre egészíti ki. Ez a nagymértékű redundancia-növelés biztosítja, hogy még 16 bit elvesztése esetén is visszaállítható az eredeti karakter! A 64 bit/karakter és a 10 szimbólum/s sebesség azt jelenti, hogy másodpercenként 10 karaktert tudunk átvenni.

Az impulzus zajok, a periodikusan ismétlődő szelektív fading torzításának kiküszöbölésére mindegyik kódolt karaktert 32 szimbólumidőre (3,2 s) szöjük (húzzuk szét időben) a 64 vivőt moduláló adatsorban. Ez a 3,2 s-os késleltetés nagyon jól érzékelhető az adás indulásakor (a vevő ennyivel később kezd írni a vett jelet) és az adásból vételre kapcsoláskor (ennyit kell várni, amíg a partner megkezd a választ).

Az 1 karaktert leíró bitek mind a 64 vivőn megjelennek mint moduláló jelek. A vivők egy részének elvesztése (pl. keskenysávú zavar) nem okoz hibát a vett karakterekben (frekvenciaátzöves).

Az MT63-at SP9VRC, Pawel fejlesztette. A számítógép-program forráskódjához bárki szabadon hozzáférhet. Ez egyúttal biztatás a továbbfejlesztésre; nem kell mindent előlről kezdeni, további ötleteket lehet hozzáadni.

Az MT63 további érdekessége az objektív riportadás. A digitális üzem-



3. ábra

módok megszokott, táviróportoktól (pl. 589) kölcsönzött vételjelentéseket adnak. Az MT63-at hallgatva (64 modulált vivőt hallunk egyidőben az 500–1500 Hz-es sávban) logikátlanak tűnik a távirójelszerű minősítés (1 vivő, szinuszos jellegű, tiszta hang), hiszen a hangszóróból leginkább a régi zavaróadók hangjára emlékeztető, „vartyogó” zajt hallunk. A minősítést, riportadást segítő, az MT63 vétel közben méri a vett jel szintjét (jel-zaj viszonyát), ebből kialakítja a megszokott 1-től 9-ig terjedő „S” riportot. A vétel minőségét azonban nem csak a hangerő (jelnagyság) jellemzi, hanem a vételben lévő hibák száma is. A vevőnk nem hibaarányt mér, hanem a demodulátor döntésének megbízhatóságát adja meg %-ban; 100% a kifogástalan vétel. A vétel során mért adatok (jel-zaj és döntési megbízhatóság) közül a legjobbat a program megőrzi és a következő adásperiódusban a „küldj rádióriportot” parancsra a partnernek az összeköttetés szövegébe illesztve elküldi. Például:

```
...RADIO CHECK DE HA5WH...
To station: HA5VW
Data and time: 2002. 01. 08. 12:02:21
UTC (13:02:21 local)
Signal/noise: S9
Confidence: 100%
...END OF CHECK...
```

A vételminősítést, a két jellemző adatot, a képernyőn „mutatós műszereken” folyamatosan figyelhetjük a vétel során. A terjedési jellemzőket részben a két adat változásán keresztül, részben a képernyőn látható „vízesés” típusú spektrumanalizátoron is láthatjuk. Az összeköttetések „látványa” egyedülálló. Meg kell próbálni!

A 3. ábrán jellegzetes MT63 spektrumképet mutatunk be; a jelek egy SSB-vevő kimenetéről származnak. A 64 vivő az 500–1500 Hz-es sávban helyezkedik el. Az ábra felső részén egy oszcilloszkóp rajzolatához hasonló időfüggvény mutatja az ionoszféra okozta burkolótorzítást. A vízszintes tengelyen az idő, a függőlegesen a frekvencia értékei szerepelnek. A vett jel nagyságát a spektrumkép szürkésége jellemzi. A fekete tónus nagy jelre, míg a fehér jelhiányra utal. A spektrumban látható jobbra dőlő fehér sávok a szelektív fading jelkioltó hatását mutatják. 1200 Hz körül egy zavaró vivő (fekete vízszintes vonal) is van. A jelentős számú vivő és zavar ellenére a vett jelben egyetlen karakterhiba sem volt. A kép a Spektrogram nevű, hangfrekvenciás analízáló programmal az Oslo–Budapest útvonalon készült (www.visualisationsoftware.com/gram.html).

(Folytatjuk)

Fizessen elő a

RÁDIÓTECHNIKA és a HOBBY Elektronika

Címünk: 1374 Budapest, Pf. 603.

Tel./fax: 239-4932, 239-4933

folyóiratokra!

A szerkesztőségben regisztrált HÉ előfizetőknek díjmentes nyók-film melléklet.