

ATV - Radioamaterska televizija

Ureja: **Mijo Kovačević, S51KQ**, Cesta talcev 2/A, 3212 Vojnik, Telefon: 03 781-2210, <http://lea.hamradio.si/~s51kq>

Digitalna televizija - izbor standarda (4. del)

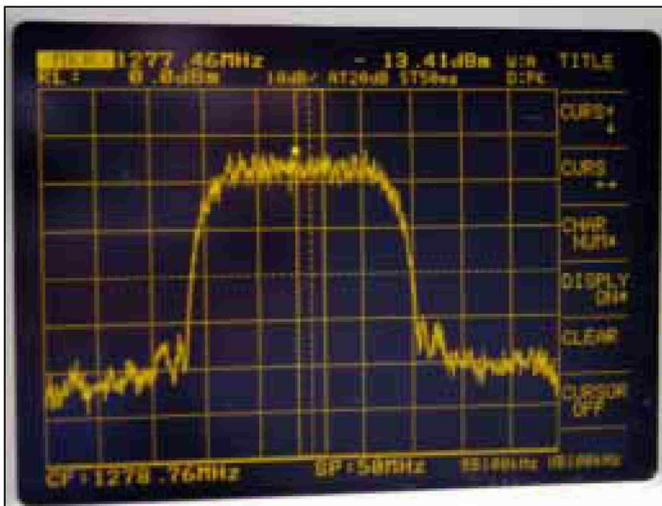
Mijo Kovačević, S51KQ

V predhodnih sestavkih smo spoznali osnovne značilnosti in tudi posebnosti pri uporabi digitalnih modulacij za prenos ATV signala. V tem zaključnem delu pa si bomo pogledali razlike med posameznimi digitalnimi standardi primernimi za digitalno televizijo in možnem izboru za radioamatersko D-ATV.

Kaj uporabiti za D-ATV

Pogosto ATV operaterji postavljajo vprašanja, kot so: zakaj D-ATV bazira na komercialnem DVB-S standardu? Odgovor na to ni težko najti. Ob iskanju možnih rešitev kako nadomestiti 'staro' analogno amatersko televizijo z nečim boljšim, bo vsakdo pomislil v smeri digitalnih rešitev. Kar je dobra startna točka, saj digitalni video sistem poleg nekaterih slabosti nudi tudi resne prednosti pred analognimi prenosi. Da ugotovimo, zakaj je bil DVB-S izbran za D-ATV, bomo začeli z opisom prednosti, ki jih nudi.

Ena od osnovnih prednosti digitalnega ATV sistema je dejstvo, da je kvaliteta slike kljub kompresiji in z njo povezanim dejanskim poslabšanjem, v povprečju boljša od analogne slike. Predvsem so tu mišljene situacije, ko analognega signala ni dovolj za sliko polne kvalitete. Pri tem niso upoštevani negativni efekti zaradi šuma, težav zaradi skupinske zakasnitve videa, težave, s katerimi se ubada večina amaterjev. Tudi avdio kvaliteta je izboljšana. Z digitalno ATV dobimo visoko kvalitetne avdio kanale, kateri ne morejo motiti - ne vpadajo v sliko. Pasovna širina pa zaradi tega skoraj ni razširjena, kot je to primer pri analogni ATV, kjer za dodatne tonske podnosilce potrebujemo tonske podnosilce iznad video signala. Druga pomembna prednost je dejstvo, da analogna ATV zasede z istim AV signalom širši del spektra. In ta širša zasedba pomeni: manj prostora za druge ATV uporabnike, višjo šumno pasovno širino.



Lepo oblikovan D-ATV signal na 23cm

Prva trditev je jasna. Doseči želimo čim boljši izkoristek frekvenčnih pasov in če je to moč doseči brez poslabšanja kvalitete ATV signala, je to dobro. Če pa ob tem dosežemo še ožjo zasedbo frekvenčnega pasu je to odlično. Tudi druga trditev je pomembna. Širša je pasovna širina signala, višji bo nivo šuma na sprejemu, saj je njegov nivo povezan s pasovno širino. Istočasno je tip modulacije opredeljen s svojimi minimalnimi nivoji. Ti določajo, pri katerih razmerjih šuma je še možno uspešno modulirati in



S55TVM je naš prvi in zaenkrat edini DATV repetitor

demodulirati nek signal. Nekatere modulacije so uporabne pri razmerjih šuma, pri katerih 'stara' - analogna ATV ni več uporabna. Ena izmed tovrstnih digitalnih modulacij je QPSK. Sedaj poznamo dve najpomembnejši prednosti: s primerno digitalno modulacijo bi zasedli ožji frekvenčni pas, istočasno pa bo naš signal še vedno uporaben ob do sedaj neugodnih razmerjih signal/šum. V praksi to pomeni, da od takega sistema lahko pričakujemo večjo učinkovitost ob manjši VF moči, boljšo kvaliteto slike in zasedbo ožjega frekvenčnega pasu.

Naslednja prednost digitalnega ATV sistema je v uporabi bitov za korekcijo napak, ki omogočijo popravke napak nastalih na oddajni trasi. V preteklem desetletju so razvili več različnih tehnik kodiranja in zaščite in s tem ustvarili digitalne komunikacijske sisteme zelo robustne.

O vseh teh prednostih je bilo že veliko debat v preteklih letih v krogih broadcasting inženirjev. Pri digitalnih televizijskih oddajnih sistemih je to pripeljalo do skupnega razvoja in standardiziranja digitalnih oddajnih tehnik in modulacij. Teoretiki in tehniki so stopili skupaj in rojena je bila DVB organizacija (<http://www.dvb.org>). DVB organizacija je za oddajo digitalne televizije razvila tri osnovne standarde. Različni standardi niso bili razviti kar tako za šalo, pač pa zaradi dejanskih potreb sled razlik med posameznimi mediji za prenos televizije kot so: satelit, kabel in zemeljske oddaje.

DVB-S

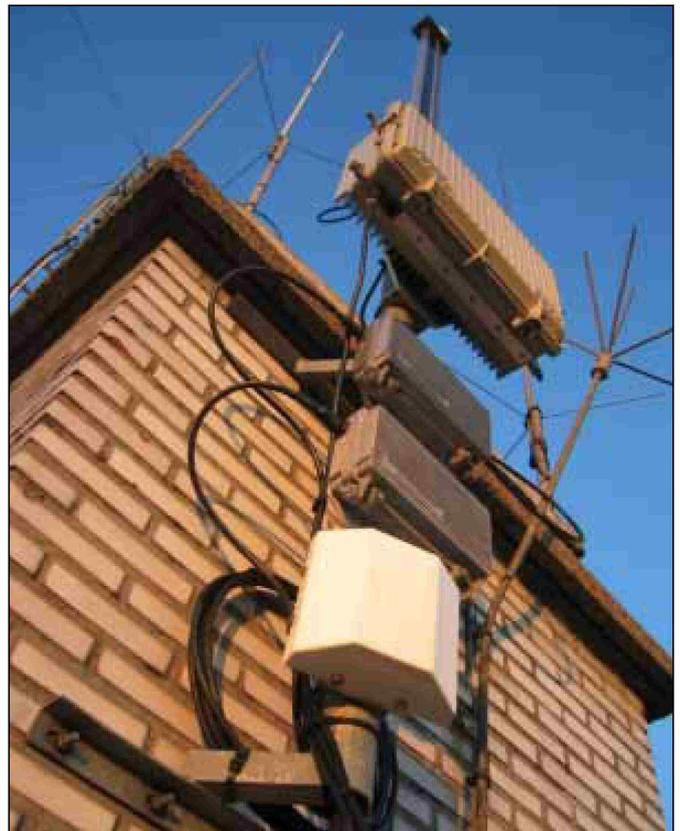
Za oddaje od zemlje do satelita in iz satelita na zemljo so razvili DVB-S standard. Za oddaje v kabljskih sistemih je bil razvit DVB-C standard, za zemeljske oddaje pa DVB-T standard. Te tri poti imajo različne lastnosti, npr. za oddajo iz satelita na zemljo je značilna optična vidljivost med sprejemno in oddajno točko, vendar zaradi velike razdalje na oddajni poti nastopi večja izguba signala. Zaradi tako velikih izgub potrebuje tak sistem demodulacijo z nizkim razmerjem signal/šum (low threshold demodulation). Uporabna modulacija za ta namen bi bila QPSK. Kot smo videli v predhodnih sestavkih, je QPSK zelo robustna modulacija. Po drugi strani pa ima slabo (nizko) razmerje signal/šum za posledico povečano število bitnih napak. Da bi obšli to slabost, uporablja DVB-S standard različne nivoje korekcij napak, imenovane Forward Error Correction (FEC). To ima za posledico zelo robustno zaščito pred napakami vseh vrst. FEC sestavlja Reed Solomon kodiranje, ki ščiti pred "burst" napakami, kot tudi dodatna konvolucijska razpršitev, katere namen je tudi razpršitev vpliva "burst" napak. Glede na to da satelitska komunikacija poteka na poti z optično vidljivostjo, je manjša verjetnost, da bi prihajalo do napak zaradi ovir ali refleksij na poti. Zaradi tega je v DVB-S standardu tovrstnim napakam posvečeno manj pozornosti.

DVB-C

Standard razvit za digitalne televizijske oddaje v kabljskih (zaprtih) sistemih se imenuje DVB-C. Kabljski sistemi so zaradi svoje zaprtosti relativno varni pred popačitvami in slabljenju signala na poti. V kabljski televiziji se tudi dosegajo višja razmerja signal/šum. Če je sistem izveden pravilno, v kablu ni negativnega "multipath" efekta. DVB-C standard je primeren za uporabo kompleksnejših digitalnih modulacij, začenši z QPSK, pa vse do 256 QAM. V primerih ko je kabljsko omrežje zelo dobro zasnovano so uporabne tudi modulacije vse do 1024QAM! Implementacija FEC korekcij v DVB-C standardu zato ni tako dobro izvedena kot v DVB-S standardu. FEC zaščita je zelo preprosta in omejena le na zaščito proti "burst" napakam. Na splošno gledano DVB-C na sprejemni strani zahteva visoko razmerje signal/šum. To je tudi eden izmed razlogov, zakaj DVB-C ni primeren za uporabo v amaterski televiziji. Poleg tega pa je DVB-C zaradi kompleksnejših modulacij bolj ranljiv kot DVB-S v primeru "multipath" refleksij, ki pa se jim pri D-ATV ni moč izogniti. Če pogledamo hardverske zahteve obeh sistemov, opazimo, da je na tržišču na voljo dovolj setov integriranih vezij prav za DVB-C standard. Tudi če bi izdelali hardver na bazi kompleksnih FPGA vezij, bi zato porabili več prostora, kot če bi modulator izdelali za DVB-S standard z istim hardverom, saj DVB-C uporablja kompleksnejše modulacije. Vsled tega matematične funkcije za filtriranje zahtevajo uporabo veliko daljših podatkov in s tem opazno večjo porabo programskega prostora.

DVB-T

Končno smo prišli do DVB-T standarda. Ta je bil razvit za zemeljske komunikacije z namenom, da izniči škodljive efekte "multipath" refleksij. Prenosne hitrosti pri digitalnih oddajah so visoke. Višja kot je bitna hitrost, višji so negativni efekti "multipath" refleksij. Slabljenje na poti signala je



ON0MTV DATV repetitor, nameščen na drogu

lahko frekvenčno odvisna, kar lahko ima za posledico delno pokvarjen signal. Refleksije pa lahko povzročijo napake/motnje, imenovane "Inter Symbol Interference". Velja si zapomniti: višja je bitna ali simbolna hitrost, večji bodo negativni efekti, ki jih povzročajo te motnje. Za zemeljske komunikacije je značilno, da je zelo velika možnost refleksij, saj skoraj nikoli ne obstaja direktna optična vodljivost med točkama. DVB-T standard pa je načrtovan tako, da se poizkuša izogniti tem težavam. Tako je učinkovita bitna povorka razpršena v eter na večje število digitalno moduliranih nosilcev. Ti digitalni nosilci so v modulirani z QPSK ali QAM. Večje je število nosilcev, nižja je učinkovita bitna hitrost, ki je lahko uporabljena za vsak posamezen nosilec. Nižja učinkovita bitna hitrost na posamezen nosilec pa pomeni nižji negativen vpliv refleksij na skupen signal. Kar pa je tudi osnovna ideja v DVB-T standardu - razpršitev povork podatkov preko velikega števila nosilcev. Seveda pa se pri tem takoj postavi vprašanje, kako v praksi izvesti tako veliko število digitalno moduliranih nosilcev? Pri DVB-T s hitrostjo 2K (2000) to pomeni 1705 nosilcev, za hitrost 8k pa kar 6817 nosilcev. Po klasičnem hardverskem principu s PLL vezji in VCO oscilatorji to seveda ni izvedljivo. Pri večjih nosilcih pa je zelo pomembno, da so vsi ti nosilci razporejeni drug za drugim na tak način, da se ne motijo med sabo. Tej razporeditvi pravijo tudi "orthogonal spaced". Na srečo obstaja pot do rešitve tega problema v matematiki. In sicer s pomočjo inverzne Fourierjeve transformacije IFFT (Inverse Fast Fourier Transformation). Ta deluje tako, da je povorka bitov kodirana po posebnem postopku s FEC bloki. Na izhodu je povorka podatkov mapirana še v vseh konstelacijskih točkah posameznih nosilcev. Taka povorka pa gre v IFFT procesiranje, ki izvede dejansko pretvorbo med frekvenco in časom. Po IFFT procesiranju sledi še naslednja obdelava, v kateri se dobijo dodatni OFDM zaščitni simboli. Ti so dodatna zaščita proti "multipath" refleksijam. Tak signal je sedaj že uporabljen za VF moduliranje na I/Q modulatorju. Vsi ti postopki so zelo zapleteni in najtežji za izvedbo v DVB napravah. Naš opis pa je zaradi lažjega razumevanja zelo posplošen. Kratica OFDM v izvirniku pomeni "Orthogonal Frequency Division Multiplexing". DVB-T standard je bil izdelan z najboljšo zaščito in robustnostjo in zaradi tega za svojo izvedbo zahteva veliko zelo hitrega hardvera. Še posebej je tu na udaru IFFT blok, ki ima velike zahtevke glede hardverske izvedbe. Poleg tega OFDM potrebuje za demodulacijo višja razmerja signal/šum.



S55TVM DATV enkoder od blizu



DATV tudi v Avstraliji

Izbor standarda za D-ATV

Ko primerjamo dobre in slabe lastnosti vseh treh standardov, pridemo do zaključka, v katerem bi DVB-T standard dobil največ točk, če je govor o robustnosti standarda. Seveda pa zahteve po visokem razmerju signal/šum, ki je potrebno za demodulacijo, ter zelo hiter in zahteven hardver za izvedbo tega sistema niso v prid uporabe na D-ATV. Prav tako komercialni DVB-T sprejemniki še niso zelo razširjeni, imajo neprimerno ceno in so v glavnem nedostopni amaterjem. Zato je DVB-T standard verjetno še zelo daleč od široke amaterske uporabe v praksi.

DVB-C ima slabšo zaščito pred napakami, višje modulacijske sheme za rezultirajo v potrebi po višjem razmerju signal/šum na sprejemu, kot tudi slabši zaščiti pred "multipath" refleksijami. Tu je še pomanjkanje širokopotrošnih DVB-C sprejemnikov in je vsled tega tudi ta standard manj primeren za D-ATV. Glede zahtevnosti hardvera pa je njegova prednost v tem, da je na voljo velika paleta kompleksnih integriranih vezij zanj. Torej bi ga bilo moč implementirati relativno enostavno.

DVB-S ima zelo dobro zaščito pred napakami, uporablja zelo robustno QPSK modulacijo, ki je uporabna tudi pri nizkih razmerjih signal/šum. Ni pa najboljša izbira glede "multipath" napak. V preteklih letih je bilo v Nemčiji in na Nizozemskem s to modulacijo opravljenih veliko poizkusov na področju amaterske televizije; rezultati so bili kljub omejitvam standarda zelo pozitivni. Testi so pokazali, da omenjene slabosti v praksi le niso tako izrazite, kot so pričakovali pred tem. Poleg tega je na tržišču dovolj cenjenih FTA (Free To Air) sprejemnikov, kar je velika prednost za uporabo na D-ATV področju. Hardverske zahteve na oddajni strani so sicer hujše kot pri DVB-C standardu, vendar preprostejše kot za izvedbo DVB-T oddajnika. Tako je trenutno DVB-S standard najprimernejši za uporabo na D-ATV.

Zaključek

Sedaj smo spoznali osnovne razlike med DVB standardi, spoznali tudi nekatere njihove prednosti pred analogno ATV, je prav, da v zaključku spregovorimo še nekaj besed o največjih pomanjkljivostih, ki jih prinašajo



Ultra linearna 23cm končna stopnja



Nov digitalni oddajnik najsevernejšega nemškega ATV repetitorja DBOHEX

digitalne modulacije za prenos video signalov. V preteklem sestavku o linearnosti ojačevalnih stopenj za digitalne video sisteme smo videli, da modulaciji, kot sta M-QAM in tudi OFDM, zahtevata zelo linearne ojačevalnike. Linearnost tukaj ne pomeni tisto linearnost, kot je potrebna pri SSB delu, temveč večjo od te! Velika nihanja amplitude nosilca lahko proizvedejo zelo visoke intermodulacijske nivoje v primeru, ko je signal ojačan nelinearno. Posledica je neželena razširitev spektra. QPSK modulacija zelo robustna in bo kljub neželeni spektralni razširitvi še vedno uporabna, vendar pa moramo vedno skrbeti za najboljšo možno spektralno učinkovitost. To pa pomeni nujnost lepo oblikovanega digitalnega signala brez neželenih bokov. Kot je bilo že omenjeno bomo za D-ATV delo potrebovali manj VF moči za enak domet v primerjavi s staro analogno ATV. To pa ne pomeni, da bodo VF ojačevalniki manjši! V praksi, če želimo držati boke dovolj nizko, morajo ojačevalniki delovati v super A klasi. Izhodni nivo sme biti največ 7-10dB pod 1dB kompresijsko točko, le tako bodo neželeni boki pod -40dBc. Vsled tega bo večina širokopotrošnih AB ojačevalnih hibridnih modulov, namenjenih za vgradnjo v ročne radijske postaje, neuporabnih! Zgraditi bo potrebno lastne zares ultra linearne ojačevalnike, ali pa v sili uporabiti ojačevalnike pravega A razreda z izjemno nizko pobudo in temu primerno nizko izhodno močjo.

Reference

- (1) "The future of Amateur television" 2002/03
Henk Medenblik, PE1JOK
Werner, PE1OBW
- (2) "Digital Amateur TV" 2001
Thomas Sailer, HB9JNX/AE4WA,
Stefan Reimann, DG8F



Del merilne opreme za DATV (PA1OKZ)