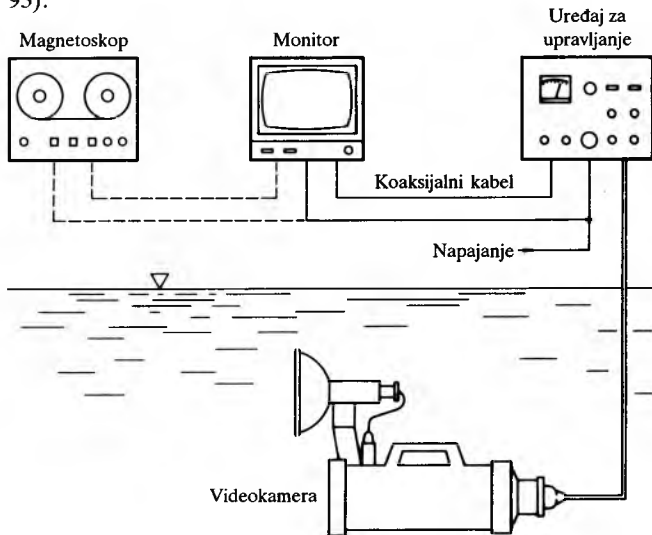


trasom, brine se za informiranje putnika, ustanovljuje gdje se vozilo nalazi, na pokazivaču prikazuje koliko ima vozila te podatke pohranjuje za statistiku. Sustav za automatsko upravljanje omogućuje u željezničkom prometu postavljanje vlaka na određenu trasu na temelju njegova opisa te rasporeda odlazaka i dolazaka (sl. 92).

Informacija za putnike. Putnici mogu biti informirani o odlasku i dolasku vozila, npr., vlakova ili tramvaja na videomonitoru ili preko zvučnika. Tim se obavijestima može upravljati ručno ili automatski. Automatske se informacije za putnike koordiniraju sa sustavom oznake vozila pa su broj vozila i njegov položaj osnova za odašiljanje informacija.

Primjena zatvorenoga televizijskog sustava u pomorstvu. Zatvoreni se televizijski sustav sve više primjenjuje u pomorstvu, bilo za podvodna istraživanja mora, bilo za podvodna snimanja brodova u moru ili brodogradilištu (sl. 93).

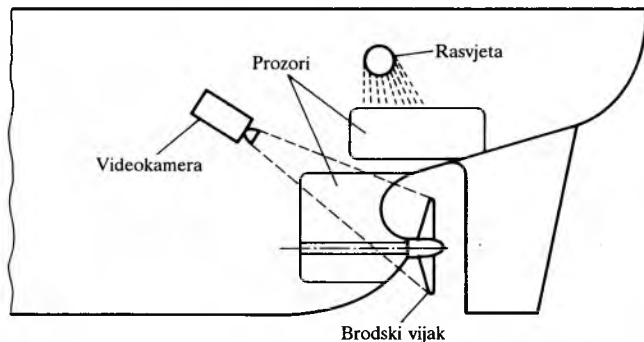


Sl. 93. Zatvoreni televizijski sustav za snimanje i promatranje pod morem

Uređaji za takve sustave su jednostavni, kompaktni i lagani, a kamere za podvodna snimanja su prijenosne i vodonepropusne. Takvim se kamerama može snimati do maksimalne dubine od 300 m, uz upotrebu dodatne svjetiljke od 500 W.

Videokamera može imati mikrofilm na držaču kamere ili iznad optike. Duljina je priključnog kabela ograničena na 100...300 m i njoj se prilagođuje snimanje na brodovima i pod vodom jer bi se zbog gubitaka u kabelu smanjilo razlučivanje i oštrina slike.

Primjer je primjene zatvorenoga televizijskog sustava i promatranje brodskog vijka u radu (sl. 94). U blizini brodskog vijka u trupu broda nalaze se prozirni dijelovi (prozori), tako da se daljinski upravljanom televizijskom kamerom može snimati rad vijka i pratiti ga na monitoru. Brodski se vijak osvjetljuje pod određenim kutom stroboskopskom svjetiljkom pa se naizgled mirna slika brodskog vijka snima televizijskom kamerom i snimka šalje do monitora i magnetoskopa. Tako se može u povoljnom položaju snimati i promatrati oštećenje



Sl. 94. Snimanje brodskog vijka videokamerom

brodskog vijka zbog kavitacije. Frekvencija se stroboskopskih bljeskova može prilagođavati frekvenciji vrtnje vijka tako da se njegov promatrani dio ne pomiče više od desetinke svoje karakteristične duljine koju osvjetljuje bljesak.

Osvjetljivanje bljeskom obično traje nekoliko desetaka mikrosekundi da bi se na monitoru dobila smirena slika dijela vijka koja traje 1/25 s. To znači da je nakon 1/25 s kamera ponovno spremna za snimanje. Osim kavitacijskih promjena tako se može pratiti i obraslost brodskih vijaka dok oni normalno rade.

Nadzor na brodovima za prijevoz vlakova. Na brodovima specijaliziranim za prijevoz vlakova sve je češća potreba za zatvorenim televizijskim sustavom kojim bi se nadzirao i pratio utovar i istovar vagona, njihov razmještaj po palubama, iskorištenost dizala za transport među palubama itd. To je dosad bila dužnost službenih osoba koje su obavljale odgovorne dužnosti na brodu, ali ni kapetan broda, niti prvi časnik nisu imali vizualni pregled onoga što se u nekom trenutku na brodu događa. Na zapovjedničkom mostu kapetan broda ili prvi časnik mogu na monitorima pratiti pojedine situacije na brodu.

Na teretnim se brodovima upotrebljavaju pneumatska dizala za transport tereta između paluba i tu se već sada primjenjuje zatvoreni televizijski sustav. Osim za nadzor položaja dizala, taj sustav služi i za upravljanje dizalom.

Na brodovima za prijevoz kontejnera i teretâ na kotačima (osobni automobili, kamioni i željeznička vozila), moguće je pomoću jedne ili dviju televizijskih kamera pratiti na monitoru, sa zapovjedničkog mosta ili iz kormilarnice, ukrcaj tereta na brod.

DIGITALNA TELEVIZIJA

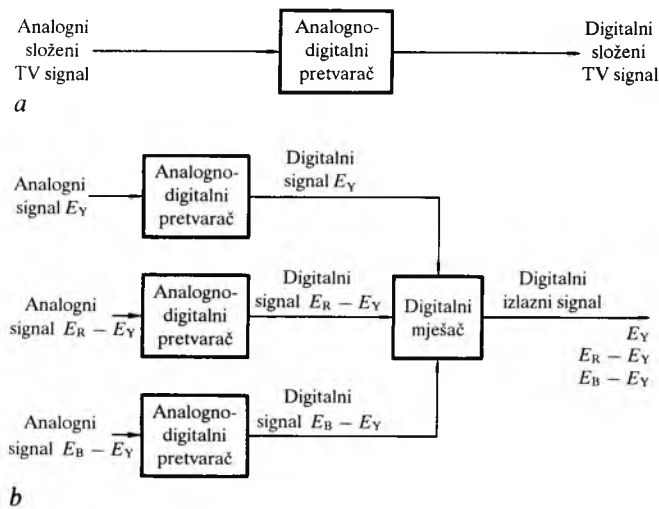
Kvalitetu televizijske slike mogu pogoršati različiti parametri. Najčešći je uzrok pogoršanju kvalitete slike šum (v. *Elektronika, uređaji. Šum*, TE 4, str. 627), koji se može pojaviti u različitim oblicima. Najčešće je to tzv. bijeli šum s normalnom (Gaussovom) razdiobom vjerojatnosti amplituda. U televizijskom su centru glavni izvori šuma kamere, teletina i magnetoskopi, a u prijenosnom sustavu prijenosni radiokomunikacijski uređaji.

U televizijskoj se slici u boji šum očituje kao slučajna promjena svjetljivosti (svjetline), superponirane elementima slike, te promjena tona i zasićenosti boje. Da bi se televizijski signal zaštitio od utjecaja šuma i drugih smetnji, on se iz analognog oblika pretvara u digitalni. Osnovne su prednosti digitalnog signala mnogo manja osjetljivost prema smetnjama, mogućnost obnavljanja bez gubitaka i velika pouzdanost u radu. Prema tome, radi postizanja kvalitetnije slike teži se potpunij digitalizaciji televizijskog signala na putu od kamere do prijammnika. Pritom treba u prvoj fazi predvidjeti dekodiranje digitalnog signala u samom televizijskom prijammniku, kako bi dosadašnji prijammnici, uz neznatne dodatke, bili i u dalje upotrebljivi.

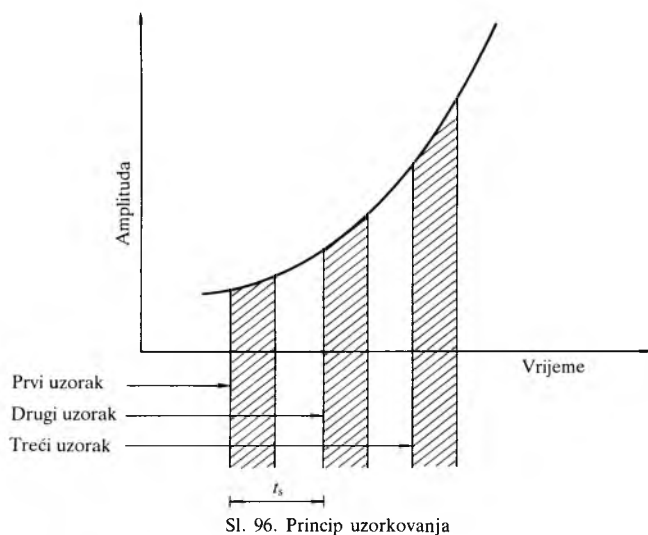
Analogno-digitalna pretvorba videosignala

Dva su osnovna pristupa pretvaranju analognog videosignala u digitalni: kodiranje videosignala razdvojenog u luminantnu komponentu i dvije krominantne komponente te kodiranje složenog videosignala (sl. 95). Analogno-digitalna pretvorba videosignala izvodi se u tri koraka. Prvi je korak *uzorkovanje analognog signala* s konstantnom frekvencijom uzorkovanja, drugi je *kvantiziranje* koje amplitudi svakog uzorka pridjeljuje jedan od svih mogućih amplitudnih koraka, a treći je *kodiranje* koje svaki kvantizirani uzorak pretvara u slijed impulsa (v. *Muzički instrumenti*, TE 9, str. 166).

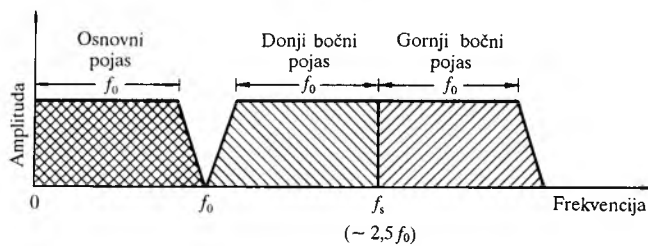
Uzorkovanje. Na vremenskoj osi intervali t_s predstavljaju razmake između pojedinih vrijednosti amplitude videosignala (sl. 96). Frekvencija je uzorkovanja $f_s = 1/t_s$. Pritom je potrebno zadovoljiti Nyquistov kriterij prema kojemu frekvencija uzorkovanja signala sa širinom frekvencijskog pojasa f_0 mora biti $f_s \geq 2f_0$. Ako je frekvencija uzorkovanja približno $2,5f_0$ (sl. 97), donji se bočni pojas neće preklapati s osnovnim



Sl. 95. Analogno-digitalna pretvorba složenog videosignala (a) i signala rastavljenog na komponente (b)



Sl. 96. Princip uzorkovanja



Sl. 97. Uzorkovanje frekvencijom $f_s \approx 2,5 f_0$

pojasom televizijskog signala. Uzorkovanje se može prihvatiti kao amplitudno moduliranje signala frekvencijskim nosiocem kojemu je frekvencija jednaka frekvenciji uzorkovanja. Pri amplitudnoj se modulaciji pojavljuju dva bočna pojasa sa širinama jednakim širini osnovnog pojasa signala.

Za videosignal u sustavu PAL, kojemu je širina osnovnog pojasa 5 MHz, potrebna je, dakle, minimalna frekvencija uzorkovanja 10 MHz.

Uzorkovanje složenog videosignala. Složeni videosignali u sustavima NTSC i PAL mogu se uzorkovati višekratnicima frekvencije krominantnog nosioca $3f_k$ ili $4f_k$. Radi smanjenja frekvencijskog pojasa potrebnog za prijenos videosignala mogu frekvencije uzorkovanja biti niže od frekvencija koje zadovoljavaju Nyquistov kriterij. Tada su gubici razlučivosti sitnih detalja slike maleni.

Da bi se izbjeglo preslušavanje između smetajućih komponenata, za frekvenciju se uzorkovanja odabire frekvencija

$$f_s = 2f_k + 0,25f_h, \quad (19)$$

gdje je f_k frekvencija krominantnog nosioca, a f_h horizontalna frekvencija.

Uzorkovanje videosignala rastavljenog na komponente. Za videosignal rastavljen u tri komponente uzima se za luminanciju E_Y frekvencija uzorkovanja 13,5 MHz, a za obje komponente razlike boja $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$ frekvencija 6,75 MHz.

U Europskom radiodifuzijskom savezu razmatra se zajednička digitalna norma za Europu, te se 1979. prihvatilo komponentno kodiranje. U skladu s međunarodno usvojenom Preporukom 601 CCIR (tabl. 4) studijski se digitalni televizijski sustav 13,5 MHz/6,75 MHz s horizontalnim frekvencijama 525 i 625 linija označuje kao sustav 4:2:2. U tako definiranom sustavu od četiri uzorka E_Y dva su uzorka $(E_R - E_Y)$ i dva $(E_B - E_Y)$. Svaka se od komponenata videosignala rastavljenog u komponente posebno digitalizira i prenosi kao tri odvojena niza impulsa. Prema toj je normi potrebna brzina prijenosa $(13,5 + 2 \cdot 6,75) \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 216 \text{ Mbit/s}$.

Tablica 4
OSNOVNI SUSTAV KODIRANJA*

	Sustav sa 525 linija, 60 poluslika u sekundi	Sustav sa 625 linija, 50 poluslika u sekundi
Kodirani signali	$E_Y, (E_R - E_Y), (E_B - E_Y)$	$E_Y, (E_R - E_Y), (E_B - E_Y)$
Broj uzorka za cijelu liniju - luminantnog signala E_Y - za svaki signal krominantnih razlika $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$	858 429	864 432
Struktura uzorkovanja	Ortogonalna. Ponavlja se za susjedna uzastopna vremena poluslike i slike.	
Frekvencija uzorkovanja - luminantnog signala E_Y - signala krominantnih razlika $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$	13,5 MHz 6,75 MHz	
Vrsta impulsnokodne modulacije	Linearna impulsnokodna modulacija, 8 bita po uzorku za $E_Y, (E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$	
Broj uzorka za vidljivu liniju - luminantnog signala E_Y - signala krominantnih razlika $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$	720 360	

* Preporuka 601 CCIR

Kompozitnim se načinom analogni kompozitni signal pretvara kao cjelina u niz impulsa. Više su razine sustava tipa 4:4:4, zatim 8:4:4 i druge predviđene za grafičke primjene i sustave s većim razlučivanjem, npr. za visokokvalitetnu televiziju. Velika brzina prijenosa digitalnog videosignala omogućuje maksimalnu kvalitetu proizvedenog signala u TV studiju.

Kvantiziranje. Drugi je korak u digitalizaciji videosignala kvantiziranje, pri čemu se amplituda svakog uzorka pretvara u jednu od N odabranih amplitudnih razina. Pri izvedbi digitalnih sklopova potrebno je odrediti broj amplitudnih razina. One se kodiraju u binarnom brojanom sustavu gdje je njihov broj određen sa $N = 2^m$, pri čemu je m broj impulsa potreban da se prenese jedna amplitudna razina. Istraživanja subjektivnih ocjena jasnoće slike pokazala su da je za razlučivanje najsitnijih detalja televizijske slike potrebno $2^8 = 256$ amplitudnih razina.

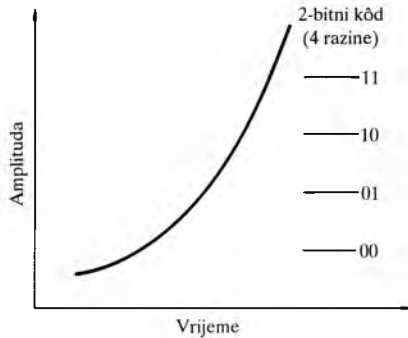
Ako se smanji broj amplitudnih razina, u slici se pojavljuju izobličenja: šum kvantiziranja i izobličenje konture.

Šum kvantiziranja se očituje u slici i povećava se sa smanjenjem broja amplitudnih razina (v. *Elektronika, uređaji. Šum*, TE 4, str. 634).

Izobličenje konture uočava se na televizijskoj slici kod površine relativno ujednačenih razina. Zbog neznatnih promjena amplitude signala tih površina pretpostavlja se da površine imaju jednu od dviju susjednih razina. Ako je broj

amplitudnih razina malen, na površinama ujednačenih razina pojavit će se konture.

Kodiranje i dekodiranje videosignala. Amplitudna se razina određuje kodiranjem kojim se tvore kodirane riječi od određenog broja bitova (sl. 98). Za određivanje četiriju razina dovoljna su dva bita (za $m = 2$ slijedi $N = 4$).

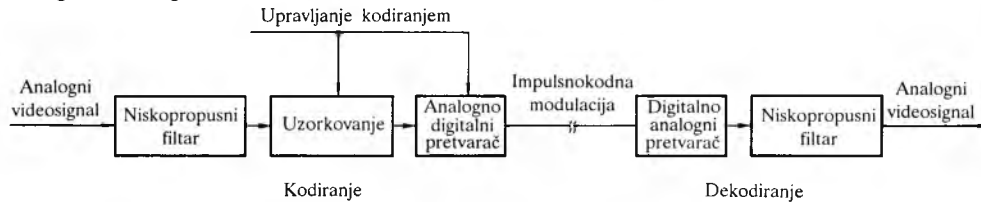


Sl. 98. Analogni signal kvantiziran u četiri razine

Televizijski se signali kodiraju binarnim kodom. Za prijenos videosignala u boji u sustavu NTSC pri frekvenciji uzorkovanja $3f_k$ i osam impulsa za svaki uzorak potrebna je brzina $3 \cdot 3,58 \text{ MHz} \cdot 8 \text{ bit} = 85,92 \text{ Mbit/s}$. Kad se doda paritetni bit kao zaštita od pojave pogreške, te bitovi za format i sinkronizaciju poruke, povećava se brzina prijenosa na 100 Mbit/s . Ako se u jednoj sekundi prenesu bar dva bita, potreban je pojas širine 50 MHz .

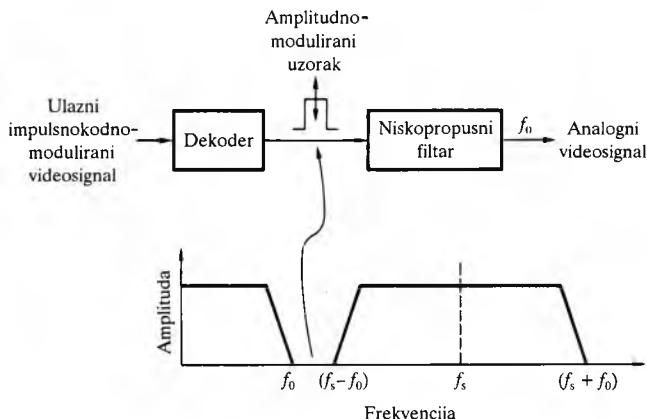
Osnovni sustav kodiranja i dekodiranja prikazan je na sl. 99. Analogni se videosignal propušta kroz niskopropusni filter da bi se uklonile visoke frekvencije koje su preblizu frekvenciji uzorkovanja.

Videosignal u digitalnom obliku jest skup pravokutnih impulsa, pa ih je potrebno na izlazu iz dekodera rekonstruirati u kontinuirani analogni videosignal.



Sl. 99. Blok-shema sustava kodiranja i dekodiranja

Digitalni televizijski impulsokodnomodulirani (PCM) signal pretvara se u analogni tako da se svaka binarno kodirana riječ u dekodera pretvara u kvantizirani amplitudnomodulirani uzorak na frekvenciji f_s . Tako dobiveni uzorci propuštaju se kroz niskopropusni filter da bi se izdvojilo osnovno frekvencijsko područje f_0 , a potisnulo frekvencijsko područje $f_s \pm f_0$ (sl. 100). Da bi se poboljšao frekvencijski odziv videosignala, potrebno je izdići više frekvencije. Budući da amplituda televizijskoga signala u boji opada s frekvencijom,



Sl. 100. Pretvorba digitalnog impulsokodnomoduliranog videosignala u analogni signal

izdizanjem frekvencije u okolišu 4 MHz neće se na odašiljačkoj strani preopteretiti dinamička karakteristika analogno-digitalnog pretvarača. Izdizanje se izvodi dodavanjem niskopropusnog filtra na ulaz analogno-digitalnog pretvarača. Dodavanjem takva filtra na izlaz iz dekodera poboljšat će se frekvencijski odziv, tako da će u okolišu frekvencije $4,43 \text{ MHz}$ biti gotovo horizontalan.

Dakle, pri digitalizaciji televizijskoga signala u boji primjenjuje se impulsokodna modulacija (PCM; v. *Elektronika, uređaji*. Sum, TE 4, str. 634) kod koje se kvantizacijske razine prikazuju u obliku binarne kodne riječi ostvarene karakterističnim rasporedom impulsa s dva moguća stanja, obilježena obično sa 0 i 1.

S gledateljeva se stajališta digitalizirana PCM slika sastoji od pravokutnog niza elemenata slike, od kojih svaki predstavlja kontinuiranu svjetljivost koja odgovara prosječnoj vrijednosti osvjetljenja analogne slike u okolišu te točke. U televizijskim se sustavima elementi slike određenog niza uvijek definiraju horizontalnim i vertikalnim razlaganjem.

Za sustav PAL potrebna je brzina prijenosa 216 Mbit/s , od čega za luminantni signal 108 Mbit/s , a za svaku krominantnu komponentu po 54 Mbit/s . Moguće je smanjiti brzinu prijenosa odašiljanjem samo aktivnog dijela slike, pa se tako smanjuje brzina na minimalnu vrijednost od $165,9 \text{ Mbit/s}$.

Brzina se prijenosa može smanjiti redukcijom redundancije u televizijskoj slici. Pod redundancijom se razumijeva onaj dio informacije koji nije prijeko potreban za rekonstrukciju prenošene informacije.

Usporedba kodiranja složenoga televizijskog signala i signala rastavljenog na komponente

Kodiranje složenog videosignala moglo bi imati prednosti pri digitalizaciji, jer se cijeli lanac sastoji od nekoliko digitalnih i analognih odsječaka spojenih u kaskade. Drugi način kodiranja televizijskog signala rastavljenog na komponente mogao bi biti u prednosti prema prvome kad se u

prijenosnom lancu nalazi samo nekoliko združenih digitalnih i analognih odsječaka. Međutim, obje metode digitalizacije televizijskog signala imaju svrhu i opravdanje kad se televizijski signal u digitalnom obliku prenosi od kamere do prijavnika. Postoji također mogućnost da se videosignal rastavljen u komponente pretvori u složeni videosignal prije prijenosa. Tako bi s gledišta prijenosa televizijskog signala nestale razlike između sustava NTSC, PAL i SECAM, što bi olakšalo međunarodnu razmjenu televizijskih programa.

SATELITSKI PRIJENOS TELEVIZIJSKOG SIGNALA

Radiokomunikacijski sateliti služe ostvarivanju veza od mjesta do mjesta, radi prijenosa televizijskih i telefonskih informacija te prijenosa podataka (v. *Sateliti, umjetni Zemljini*).

Satelitski prijenos ima dvije namjene: za radiodifuziju i radiokomunikacije (telekomunikacije). Radiodifuzijski sateliti izravno emitiraju televizijski signal u frekvencijskom području od 12 GHz , pa se prilikom primanja signala mora konvertirati frekvencija, kako bi se televizijski signal mogao obrađivati u prijammicima. Ti se televizijski signali primaju preko individualnih satelitskih antena različita promjera ili preko zajedničkih antenskih sustava te se distribuiraju kabelnim mrežama, što smanjuje troškove po kućanstvu.

Na Svjetskoj administrativnoj konferenciji za radio WARC 79 (Word Administrative Radio Conference) u Ženevi 1979. utvrđeno je da se frekvencijski opseg $11,7 \dots 12,5 \text{ GHz}$ i širina