

Kanavointi ja PCM järjestelmä

✓ Kanavointi

✓ PCM ~ Pulse Code Modulation

§ Näytteenotto

§ Kvantisointi

- Lineaarinen
- Epälineaarinen

§ Kvantisointisärö

✓ TDM-kanavointi

§ PCM 30, PCM 120, PCM 480, PCM 1920

Kanavointi pakkaa yhteyksiä “johdolle”

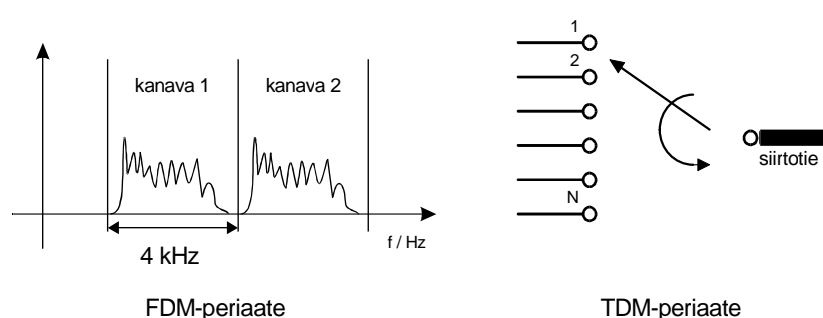
✓ Kanavoinnille on periaatteessa kolme vaihtoehtoista tapaa

§ Taajuusjakoinen kanavointi FDM

§ Aikajakoinen kanavointi TDM

§ Koodijakoinen kanavointi CDM

✓ Kanavoinnissa pyritään hyödyntämään olemassa olevaa siirtoyhteyttä tehokkaammin.



Frequency Division Multiplexing

- ✓ Perustuu kanta-aaltoon, jota moduloidaan lähetettävällä signaalilla
- ✓ Puheensirrossa käytettävä kaistanleveys on 4kHz
- ✓ Yksittäisten yhteyksien erotteluun tarvitaan ainoastaan kaistanpäästösuodatin
- ✓ Soveltuu analogiselle signaalille

Time Division Multiplexing

- ✓ Aikajakoinen välitystekniikka, joka perustuu näytteistykseen ja näyteiden lomittamiseen yhdelle siirtoyhteydelle.
- ✓ Käytetään yleisimmin televerkossa
- ✓ Soveltuu digitaalisen informaation siirtoon

Näytteenotto

✓ Nyquistin teoreema

§ Jos taajuusrajoitettua analogista signaalia näytteistetään säännöllisesti vähintään kaksinkertaisella taajuudella signaalin korkeimpaan taajuuskomponenttiin nähden, sisältää se kaiken informaation alkuperäisestä signaalista. Alkuperäinen signaali voidaan muodostaa uudelleen alipäästösuodattimella.

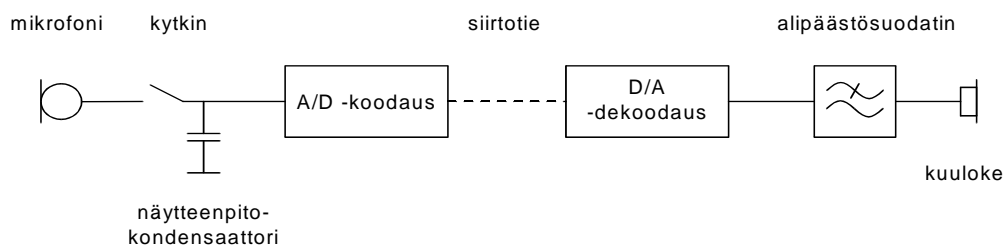
✓ Puheensierrossa on määritelty käytettäväksi taajuusalueeksi 300-3400Hz, jolloin tarvittava näytteenotto taajuus on 6,8kHz.

✓ Käytännössä, koska analogisissa järjestelmissä siirtokanava on 4kHz, käytetään digitaalisissa järjestelmissä 8kHz näytteenottoa.

Digitaalinen puheensierro

✓ Siirtoyhteys on periaatteessa yksinkertainen mikrofoni, A/D-muunnin, D/A-muunnin ja kaiutin

✓ Tosiasiassa joudutaan signaalia käsittelemään ennen varsinaista muunnosta

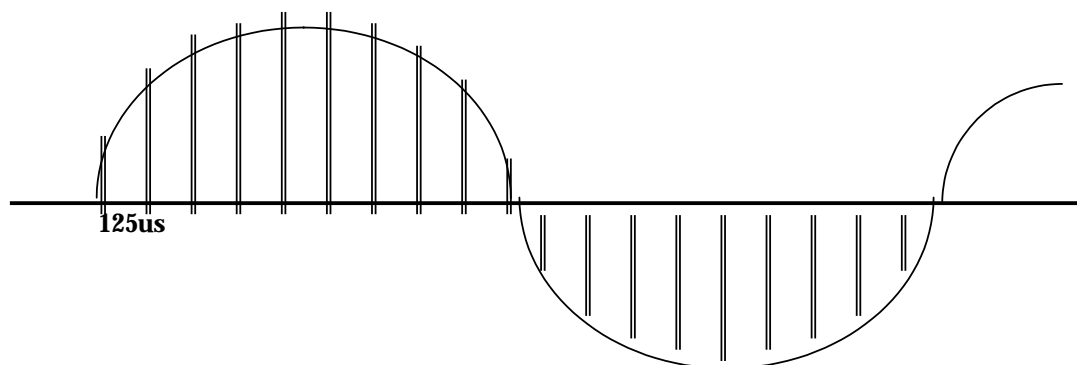


Pulse Code Modulation - PCM

- ✓ PCM:n idea on analogisen puhekanavan digitoiminen digitaalisiin kytkentä- ja siirtojärjestelmiin sopivaksi.
- ✓ PCM menetelmä on keksitty jo vuonna 1937 mutta ensimmäiset todelliset sovellutukset tulivat transistoritekniikan myötä 1960-luvulla.
- ✓ PCM-muunnoksella on neljä vaihetta:
 - § Suodatus
 - § Näytteistys
 - § Kvantisointi
 - § Koodaus

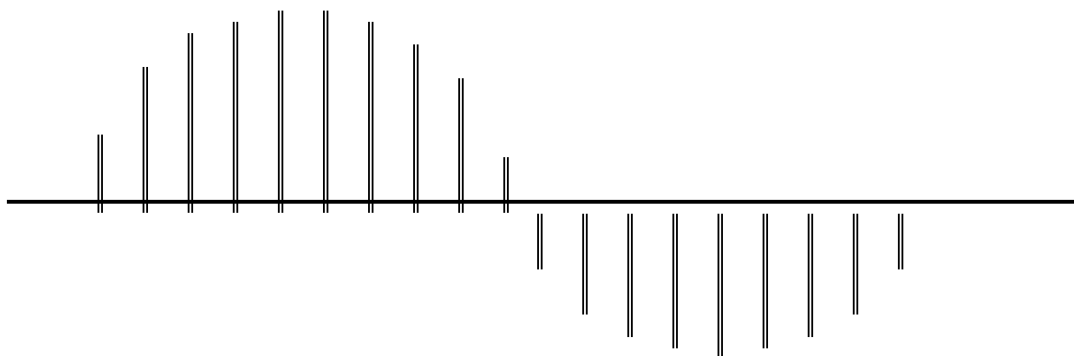
Analogisen signaalin näytteenotto

- ✓ Analogista signaalia näytteistetään 8kHz taajuudella, jolloin näyteväli on 125us.
- ✓ Näin muodostuu PAM-signaali



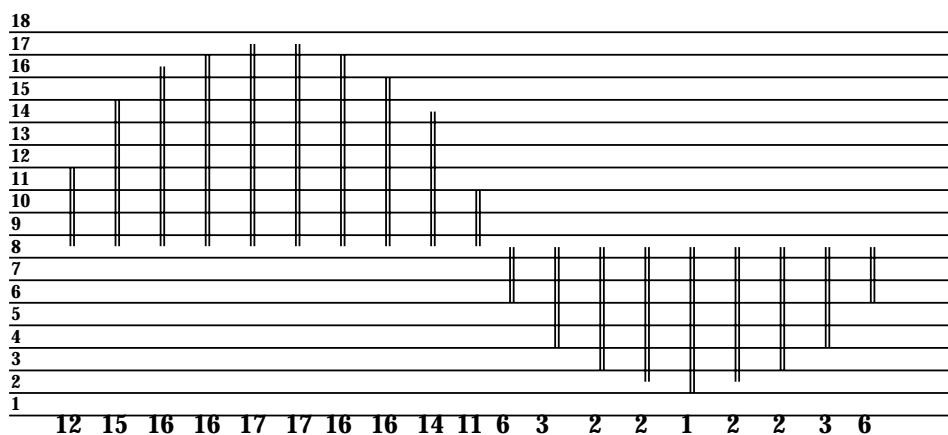
Pulse Amplitude Modulation PAM

- ✓ Analogisen signaalin näytteenotolla muodostuu amplitudiriippuva aikadiskreetti signaali PAM.
- ✓ PAM-signaalista muodostetaan PCM-koodia kvantisoinnilla.



Kvantsointi likiarvoista näytteet

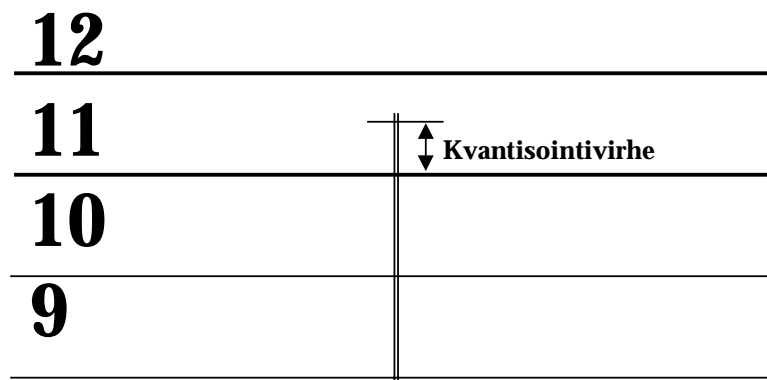
- ✓ Kvantsoinnissa jatkuvat amplitudiarvot diskretisoidaan.
- ✓ Kvantsoinnissa tulisi pyrkiä eri arvojen yhtä suureen esiintymis todennäköisyyteen.



Kvantisointikohina

- ✓ Kvantisoinnissa syntyy kohinaa, jota kutsutaan kvantisointikohinaksi. Kvantisointikohina muodostuu jatkuvien arvojen diskretisoinnista ja on maksimissaan $\frac{1}{2}$ kvantisointiaskelta.
- ✓ Lineaarisen kvantisoinnin signaali/kohina -suhde

$$S/D=6n+1,8 \text{ dB} \quad n=\text{sananpituus}$$



Lineaarinen vs epälineaarinen

- ✓ Näytteiden kvantisoinnissa tulisi pyrkiä mahdollisimman tasaiseen arvojen käyttöön, eli jokaisen tason esiintymistodennäköisyyden tuli olla yhtä suuri.
- ✓ Tästä seuraa myös mahdollisimman pieni kohina, koska tasoja on tiheämmässä signaalin tyypillisellä arvoalueella.
- ✓ Puhesignaali sisältää pieniä signaaliarvoja suuremmalla todennäköisyydellä kuin suuria signaalin arvoja

--> epälineaarinen kvantisointi

Epälineaarisuus

- ✓ **Epälineaarinen signaalin muunnos on mahdollista toteuttaa kahdella tavalla:**
 - § Epälineaarisella kvantisoinnilla
 - § Kompressoinnilla ennen lineaarista kvantisointia
- ✓ **Epälineaarinen kvantisointi voidaan toteuttaa esimerkiksi viritetyillä vastusverkoilla, kun taas kompressio vaatii epälineaarisen vahvistimen.**
- ✓ **Riippumatta toteutustavasta on epälineaarille muunnokselle olemassa funktio, jonka mukaan muunos tasot määräytyvät.**
 - § Euroopassa (ETSI) A-funktio
 - § USAssa (ANSI) μ -funktio

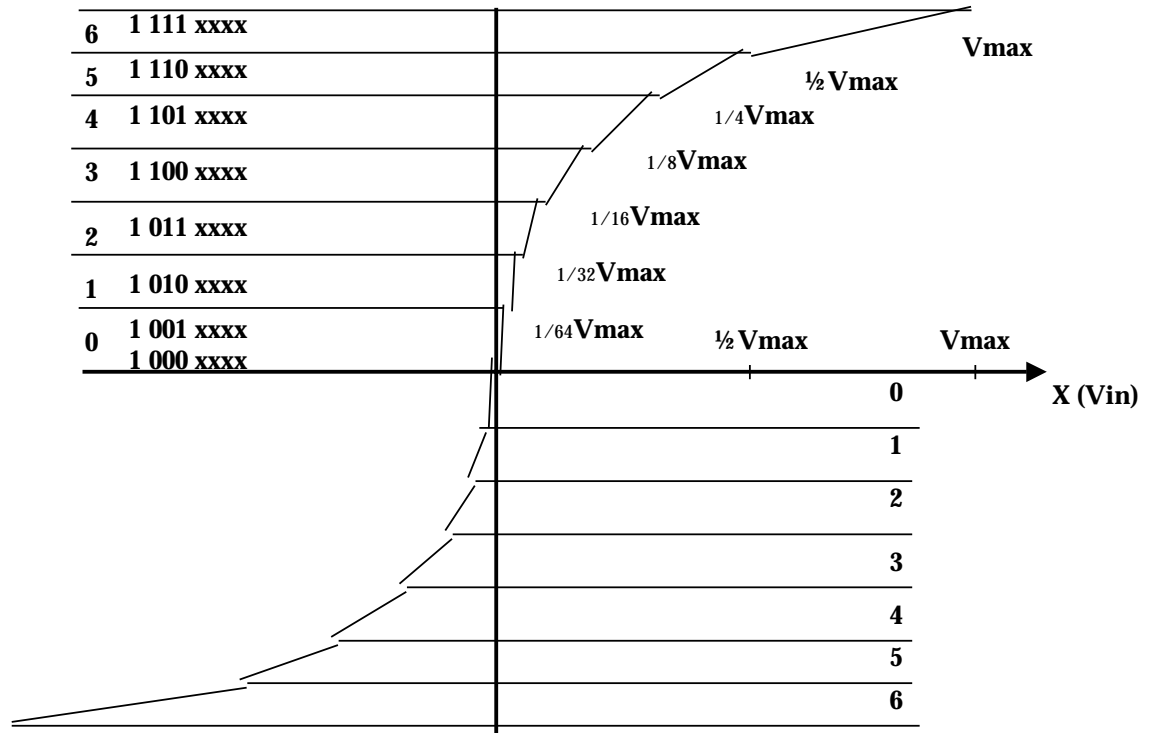
PCM-koodaus ja kvantisointi

- ✓ **ETSI:n määrittämiä noudattelevissa maissa suoritetaan puheen koodaus ja kvantisointi kahdeksalla bitillä.**
 - § 1-bitti kertoo signaalin polariteetin
 - § 2-4 -bitti kertoo epälineaarisen kvantisoinnin segmentin
 - § 5-8 -bitti antaa arvon kvantisointisegmentin sisällä
- ✓ **Epälineaarisuus on määritelty ns. A-lailla**

$$\left(\frac{A|x|}{1+\ln(A)} \right), 0 \leq |x| \leq \frac{1}{A}$$
$$\left(\frac{1+\ln|Ax|}{1+\ln(A)} \right), \frac{1}{A} \leq |x| \leq 1$$

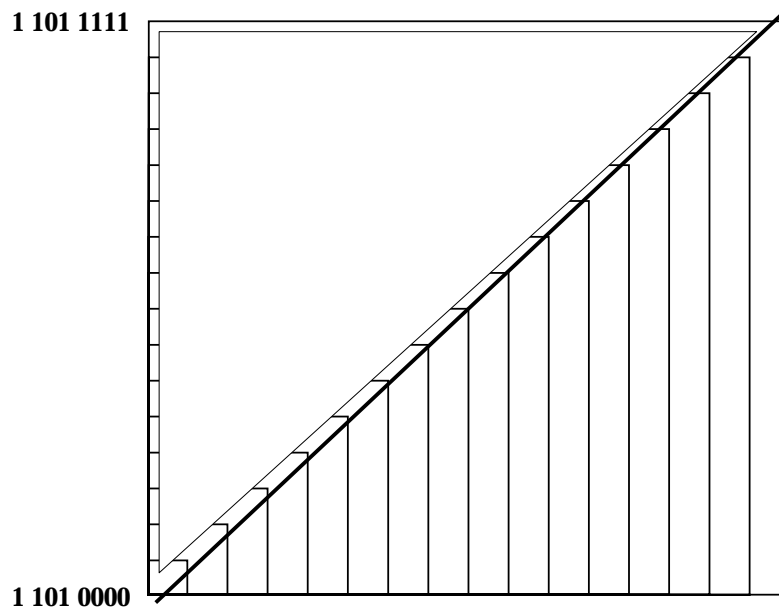
A:n arvoksi on valittu 87,6

A-lain mukainen kvantisointikuvio



Segmentin sisäinen kvantisointi

✓ Yksittäisen segmentin sisällä kvantisointi on lineaarinen



Lineaarinen vs epälineaarinen kvantisointi

- ✓ Lineaarista ja epälineaarista kvantisointia voidaan verrata niiden tuottaman signaalin resoluution paranemisella.
- ✓ Epälineaarinen kvantisointi on painotettu pienille signaalinarvoille, joilla resoluutio on jopa 24 dB parempi.

$$G_{\text{dB}} = 20 \log V_{\text{in}} / V_{\text{comp}}$$

PCM-hierarkia

- ✓ PCM-hierarkia muodostuu aikajakoisella kanavoinnilla suoritettavasta yhteyksien lomittelusta.
- ✓ Hierarkian perusnopeus on yhden puhekanavan vaatima bittinopeus

$$S = 8000\text{Hz} * 8\text{bit} = 64\text{kbit/s}$$

- ✓ Näitä puhekanavia kanavoidaan yhteydelle ryhmiiksi:
 - § 30-puhekanavaa
 - § 120-puhekanavaa
 - § 480-puhekanavaa
 - § 1920-puhekanavaa

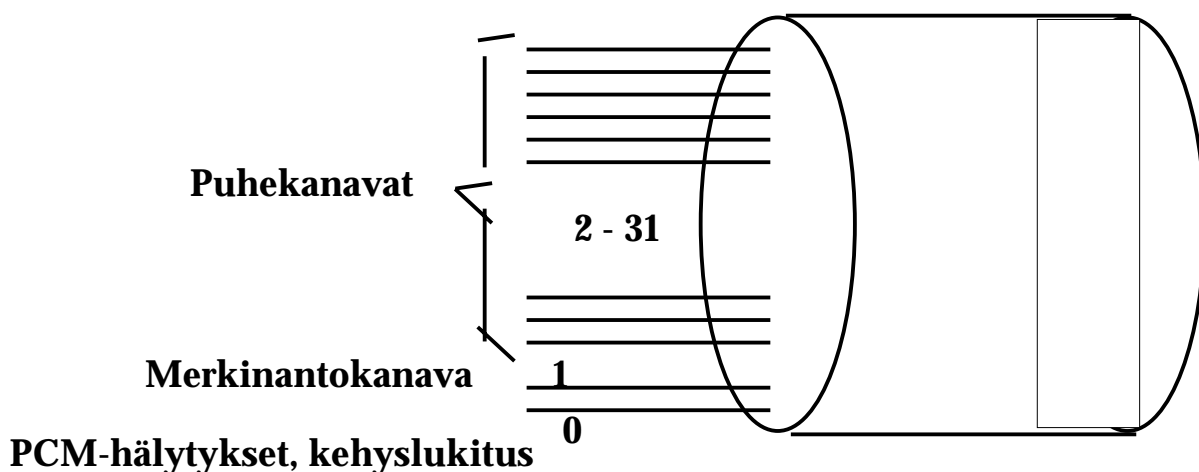
PCM 30 (E1)

- ✓ **Televerkon yleisin informaation kytkentä- ja siirtomuoto on PCM 30.**
- ✓ **PCM 30 sisältää:**
 - § 1 synkronoitumis- ja hallintakanava
 - § 1 merkinantokanava
 - § 30 puhekanavaa
- ✓ **Kanava on PCM-kehysen yksittäinen aikaväli (125us), joka muodostuu TDM-kanavoinnin yhteydessä.**
- ✓ **PCM 30 -järjestelmässä siirretään siis 32 aikaväliä, kukin 64kbit/s. Tästä seuraa kokonaisnopeus 2048kbit/s**

PCM 30 -kehys

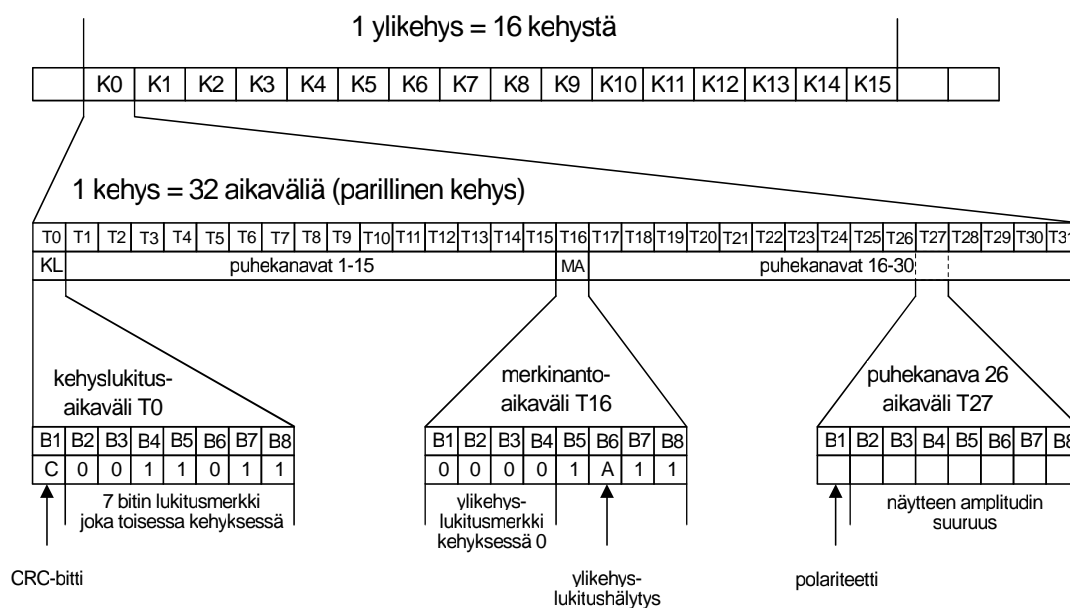
- ✓ **PCM 30 -kehys muodostuu 32 aikavälistä**
 - § Aikaväli 0 on varattu synkronointiin ja hallintaan
 - § Aikaväli 16 on varattu merkinannolle
 - § Aikavälit 1-15 ja 17-32 ovat yksittäisiä puhekanavia
- ✓ **Parillisen ja parittoman siirtokehysen rakenne on erilainen**
 - § Parillinen kehys sisältää synkronoitumiseen tarvittavan kehyslukitusmerkin (C0 01 10 11) aikavälissä 0. C on CRC-bitti, jolla varmistetaan kehyslukitusinformaatio.
 - § Pariton kehys siirtää hälytystietoja. Jotta väärää kehyslukitusta ei sattuisi on parittoman kehysen aikavälin 0 toinen bitti asetettu kiinteästi arvoon 1.

PCM- aikavälien käyttö Suomen YKM- verkossa

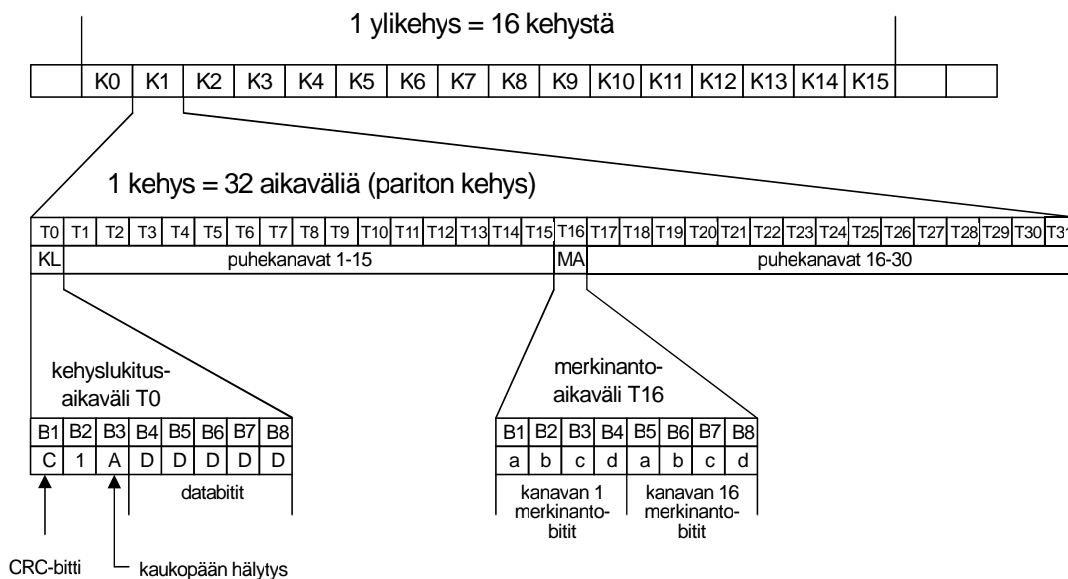


Eli t16 onkin nyt puhekäytössä!

Parillinen PCM 30 -kehys



Pariton PCM 30 -kehys



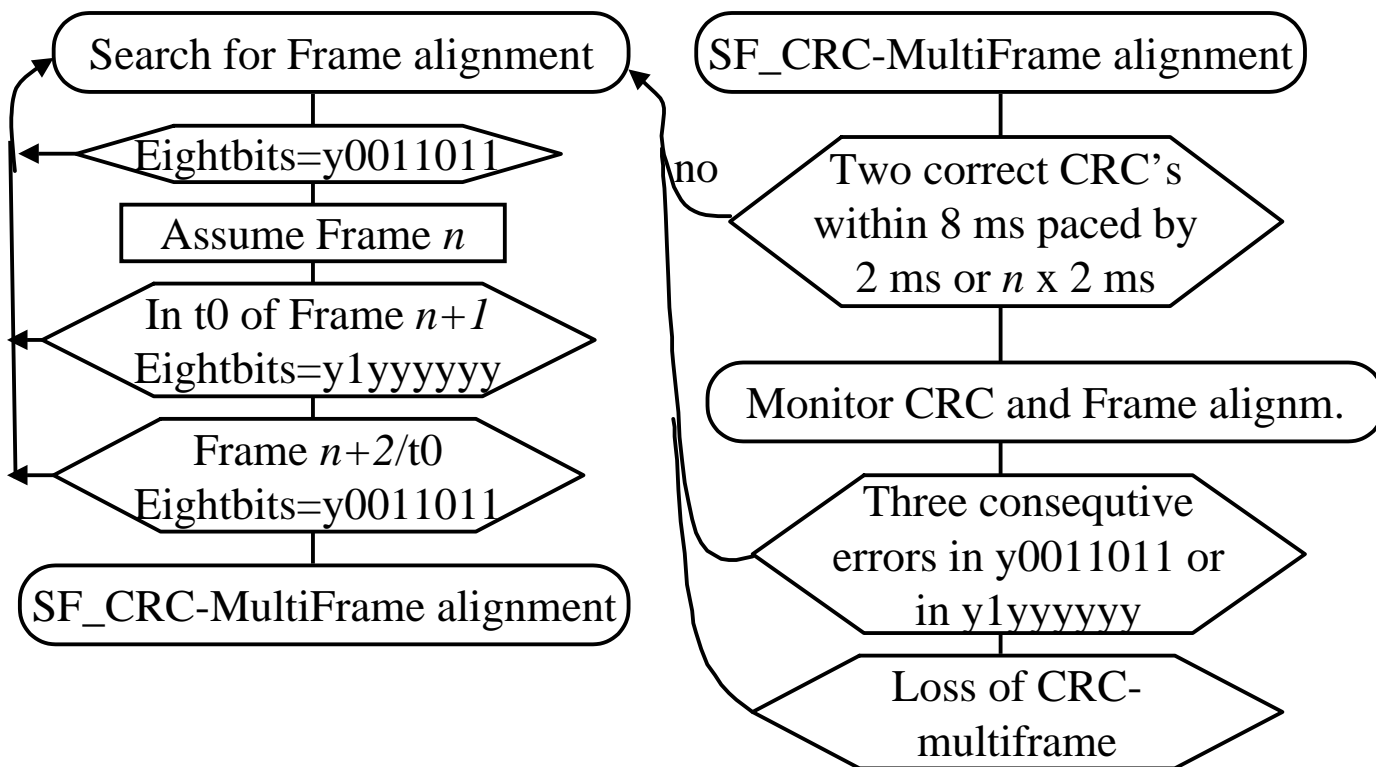
CRC-4 laskenta varmistaa, että kehyslukitus ei voi lukkiutua käyttäjän lähettämään kehyslukitusmerkkiin (x0011011)

kehysnr t0/1 t0/2

CRC-4 ylikehys	I-puolikas	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A					
		2	C2	0	0					
		3	0	1	A					
		4	C3	0	0					
		5	1	1	A					
		6	C4	0	0					
	7	0	1	A						
	8	C1	0	0						
	9	1	1	A						
	10	C2	0	0						
	11	1	1	A						
	12	C3	0	0						
	13	E	1	A						
	14	C4	0	0						
	15	E	1	A						

C1...C4 - CRC4 -bitit
 E - CRC4-error bitit
 001011 - CRC4 -kehysmerkki
 A - kaukopään hälytys(t0-kehyslukitus menetetty)

E1 Kehyslukitus algoritmi/ G.706

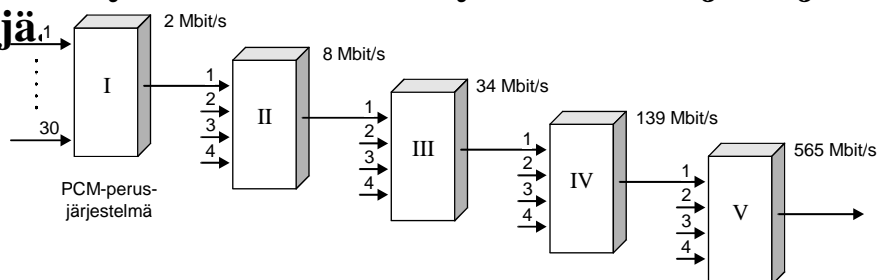


Ylemmät hierarkiat

✓ PCM-järjestelmän monikerrat

- § PCM 30 (E1) 2,048Mbit/s
- § PCM 120 (E2) 8,448 Mbit/s
- § PCM 480 (E3) 34,368 Mbit/s
- § PCM 1920 (E4) 139,264 Mbit/s

✓ Monikerrat perustuvat neljän alemman tason kehyksen aikajakoiseen kanavointiin ylemmäksi kehykseksi. Tähän ylempään kehykseen liitetään myös hallinta- ja ohjaus aikavälejä.

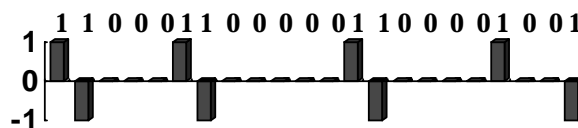


PCM-järjestelmän johtokoodi

- ✓ PCM-järjestelmässä hyödynnetään bipolaarista siirtoa.
- ✓ Binäärinen ykköstä siirretään ainoastaan 50% jakson aikaa.
 - § Ei tarvita erillistä tasajännitteen poistoa siirtoyhteydeltä
 - § Tehospektri keskittyy $\frac{1}{2}$ bittinopeuden kohdalle
- ✓ PCM-järjestelmissä käytetään kahta vaihtoehtoista johtokoodia:
 - § AMI - Alternate Mark Inversion
 - § HDB3 - High Density Binary 3

Alternate Mark Inversion - AMI

- ✓ AMI-koodissa
 - § Binäärinen ykkönen vaihtaa polaritettia jokaisella esiintymiskerralla
 - § Binäärinen nolla ei aiheuta muutosta johdolla
- ✓ Heikkous on tahdistuksen katoaminen, jos pitkiä nollosarjoja esiintyy.



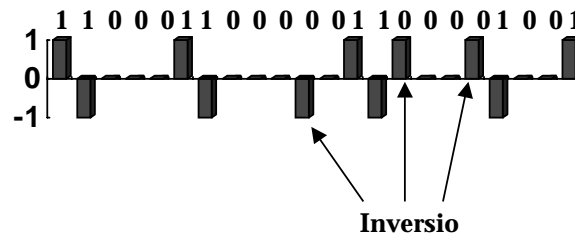
High Density Binary 3 - HDB3

✓ HDB3 -koodissa

§ Binäärinen ykkönen vaihtelee, kuten AMI-koodissa

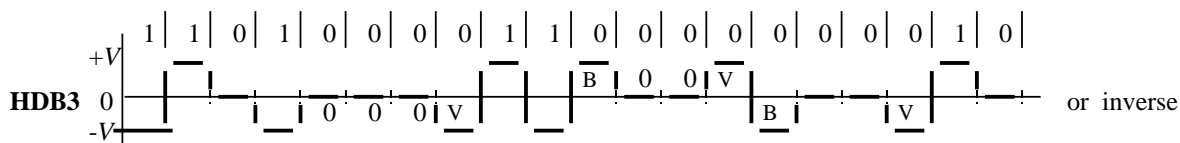
§ Binäärinen nolla

- Ensimmäinen nolla siirretään 'ykkösenä' mikäli edellisessä nollassa oli muokkaus
- Toista ja kolmatta nollaa ei siirretä
- Neljäs perättäinen nolla aiheuttaa muokkauksen eli siirretään samalla polariteetilla kuin edeltävä ykkönen tai 'ykkönen'



HDB3 korvaussäännöt

B pulssien lkm edellisen rikkeen jälkeen	Viimeisen B pulssin polariteetti	Linja koodi	Linja koodin esitys	B - bipolaaripulssi
Pariton	Negat (-)	000-	000V	
Pariton	Positiiv (+)	000+	000V	
Parillinen	Negat (-)	+00+	B00V	
Parillinen	Posit (+)	-00-	B00V	



HBD3 - high density bipolar 3
V - violation
B - balance

HDBN -vastaanotin alustaa itsensä etsimällä rikkeen ja dekodaa sen jälkeen N+1 -bitin ryhmiä

HDB3 -vastaanotin:

- Alustus
- Tulkitse 0=0, +/- = 1, laske pulssit
 - Kunnes löytyy AMI-koodin rike tulevasta signaalista = kaksi peräkkäistä + tai - pulssia,
 - =>tulkinta pariton & edellinen 000V = 0000, parillinen & ed. B00V = 0000
=>seuraava bitti aloittaa 4 -bitin ryhmän
 - laske pulssien lkm seuraavista biteistä
 - 0 --> tulkinta on 0
 - + --> tulkinta on 1 (inkrementoi lkm)
 - - --> tulkinta on 1 (inkrementoi lkm)
 - lkm = pariton & 000V
tulkinta = 0000
 - lkm=parillinen & B00V
tulkinta = 0000