

Puhetie, PCM järjestelmä, johtokoodi

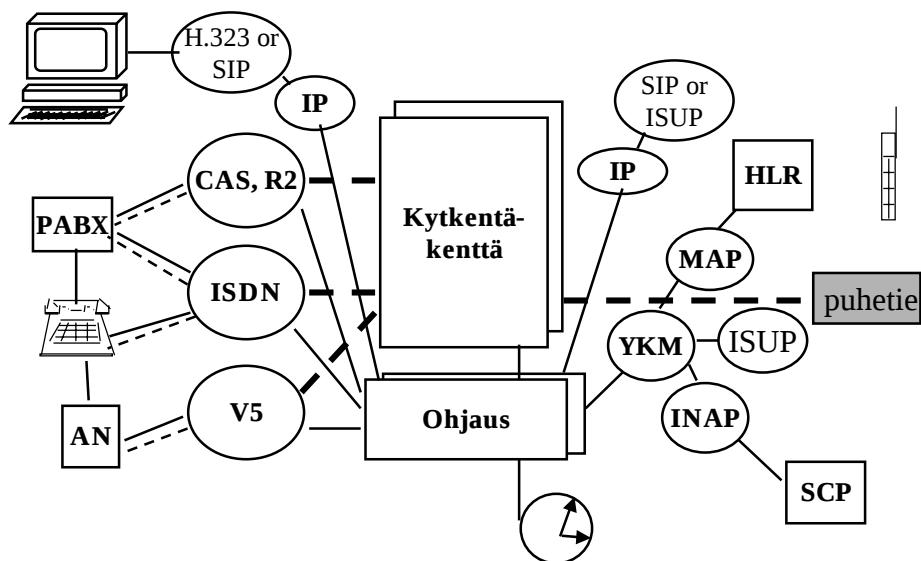
✓ PCM ~ Pulse Code Modulation

- Näytteenotto
- Kvantisointi
 - Lineaarinen
 - Epälineaarinen
- Kvantisointisärö

✓ TDM-kanavointi

- PCM-kehysrakenne, CRC4 -ylikehys
- PCM 30, PCM 120, PCM 480, PCM 1920 (ks s38.118)
- PCM-johtokoodit

Kurssin kuva välitysjärjestelmästä



Vaatimuksia puhetielle ja kytkentäkentälle

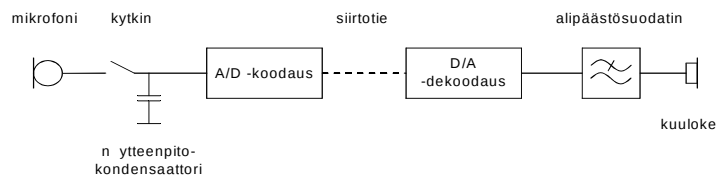
- ✓ **Kyt Kentä Kentän täytyy ymmärtää puhetien bitit ja aikavälit samalla tavalla kuin liitetty siirtojärjestelmät**
 - kenttä ja siirtotiet täytyy synkronoida
- ✓ **Puhe täytyy koodata tehokkaasti**
- ✓ **CRC -ylikehyksellä täytyy varmistaa, että transparentti siirto (mitä tahansa oktetin arvoa voi lähettää digitaalisessa verkossa vapaasti) on mahdollista**
- ✓ **Keskuksen täytyy valvoa puheteitä:**
 - puhelu ei saa tarjota viallisille yhteyksille
 - tarvittaessa puhelu täytyy purkaa vikaantuneelta yhteydeltä
 - havaituista vioista täytyy tiedottaa naapurille

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.
- ✓ **Puheensiirossa 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 puheensiirto

- ✓ Siirtoyhteys on periaatteessa yksinkertainen mikrofoni, A/D-muunnin, D/A-muunnin ja kaiutin
- ✓ Tosiasiassa joudutaan signaalia käsittelemään ennen varsinaista muunnosta

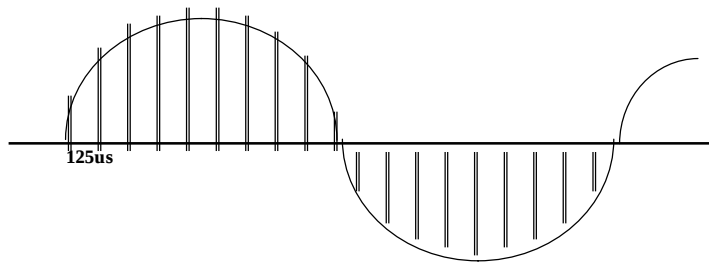


Pulse Code Modulation - PCM

- ✓ 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



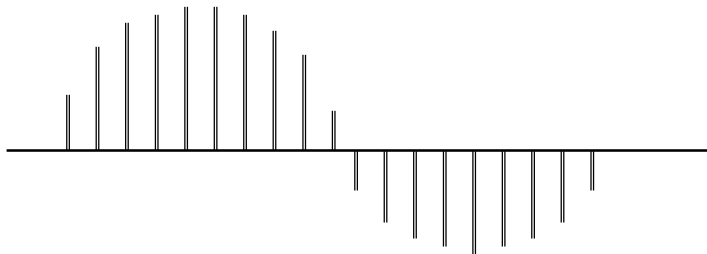
© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

3 - 7

Pulse Amplitude Modulation PAM

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



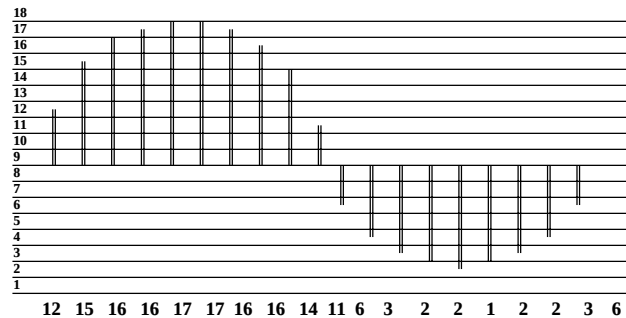
© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

3 - 8

Kvantisointi likiarvoistaa näytteet

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



© Rka/ML -k2002

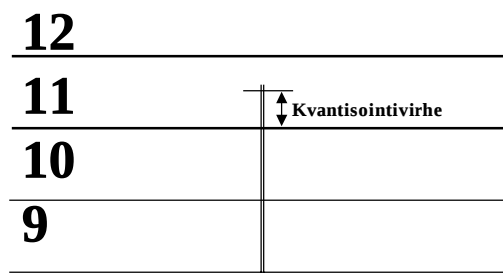
Tiedonvälitystekniikka

3 - 9

Kvantisointikohina

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

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



© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

3 - 10

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:
 - Epälineaaraisella kvantisoinnilla
 - Kompressoinnilla ennen lineaarista kvantisointia
- ✓ Epälineaarinen kvantisointi voidaan toteuttaa esimerkiksi viritetyillä vastusverkoilla, kun taas kompressio vaatii epälineaarisen vahvistimen.
- ✓ Riippumatta toteutustavasta on epälineaariselle 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

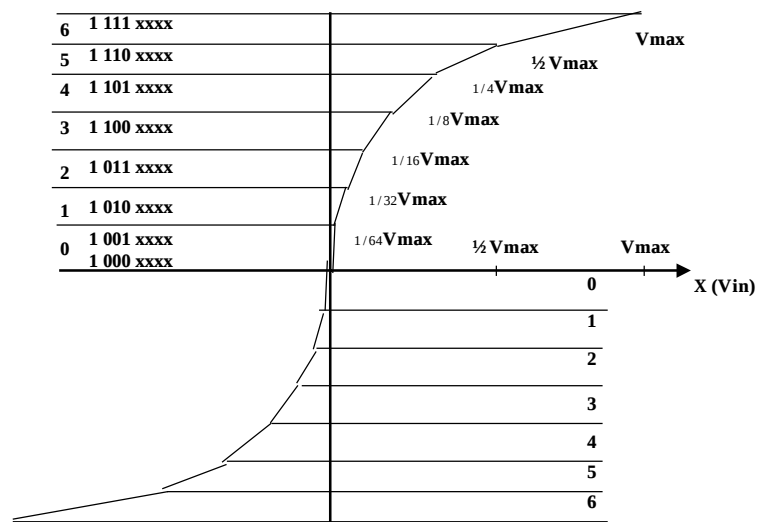
✓ Epälineaarisuus on määritelty ns. A-lailla

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

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

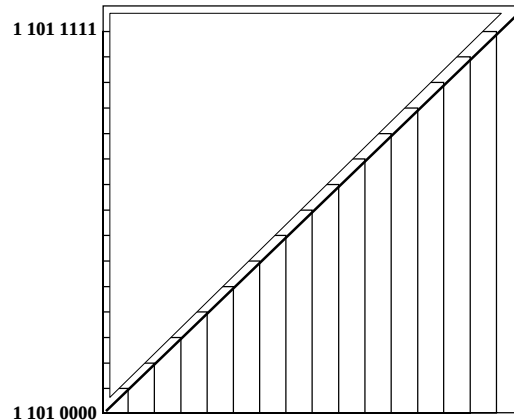
A:n arvoksi on valittu 87,6

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.

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

PCM-hierarkia

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

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

- ✓ Näitä puhekanavia kanavoidaan yhteydelle ryhmiä:
 - 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-kehyksen yksittäinen aikaväli (125µs), joka muodostuu TDM-kanavoinnin yhteydessä.
- ✓ PCM 30 -järjestelmässä siirretään siis 32 aikaväliä, kukin 64kbit/s. Tästä seuraa kokonaisnopeus 2048kbit/s

PCM 30 -kehys

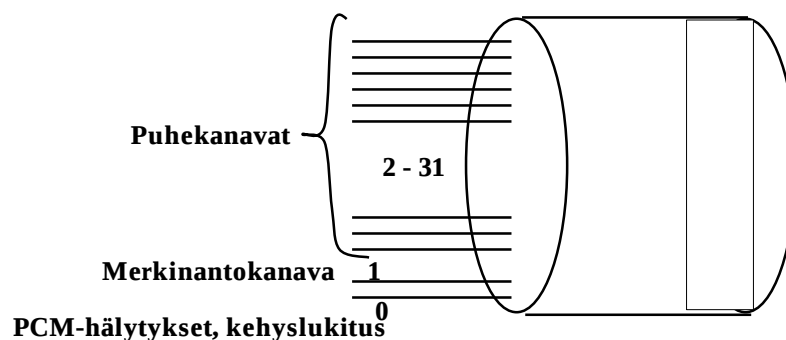
✓ PCM 30 -kehys muodostuu 32 aikavälistä

- Aikaväli 0 on varattu synkronointiin ja hallintaan
- Aikaväli 16 on varattu merkinannolle
- Aikavälit 1-15 ja 17-32 ovat yksittäisiä puhekanavia

✓ Parillisen ja parittoman siirtokehyksen rakenne on erilainen

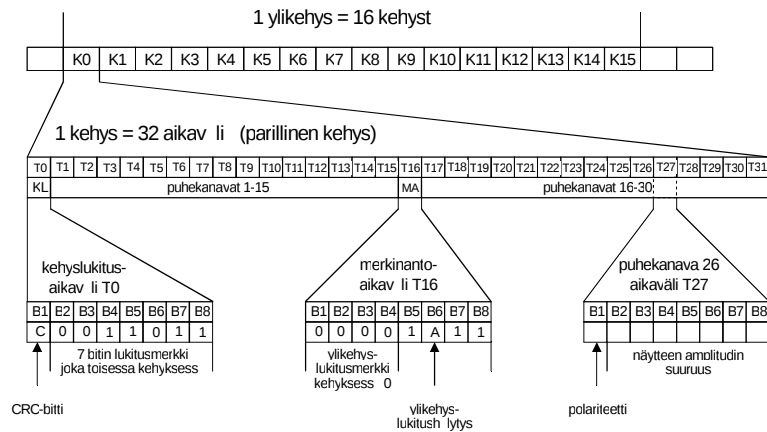
- Parillinen kehys sisältää synkronoitumiseen tarvittavan kehyslukitusmerkin (C0 01 10 11) aikavälissä 0. C on CRC-bitti, jolla varmistetaan kehyslukitusinformaatio.
- Pariton kehys siirtää hälytystietoja. Jotta väärää kehyslukitusta ei sattuisi on parittoman kehyksen aikavälin 0 toinen bitti asetettu kiinteästi arvoon 1.

PCM- aikavälien käyttö Suomen YKM-verkossa



Eli t16 onkin nyt puhekäytössä!

Parillinen PCM 30 -kehys

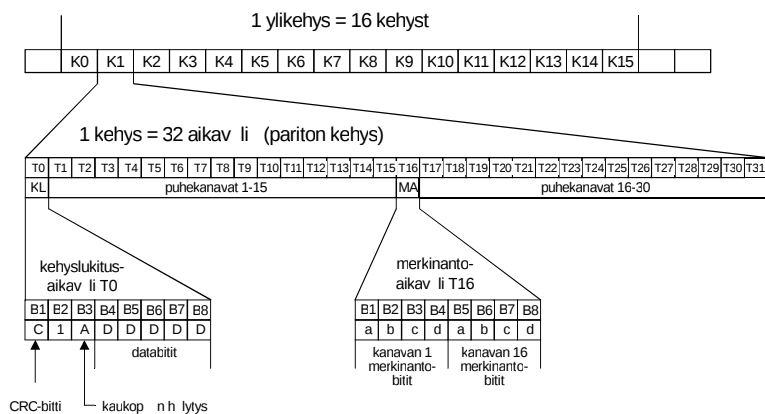


© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

3 - 21

Pariton PCM 30 -kehys



© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

3 - 22

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

kehyshnr t0/1 t0/2 Tsl-0/bitti x

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					
	II- puolikas	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					

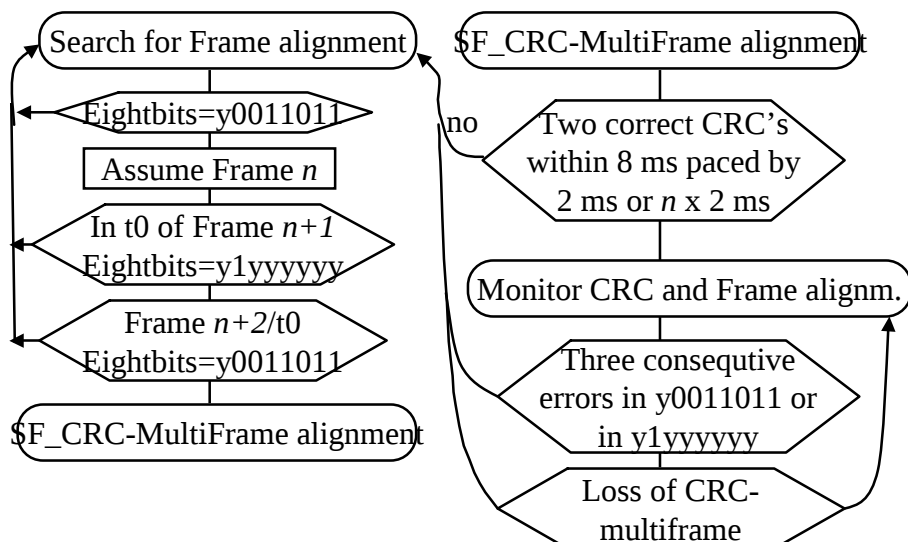
C1...C4 - CRC4 -bitit
E - CRC4-error bitit
001011 - CRC4 -kehysmerkki
A - kaukopään hälytys(t0-kehyslukitus menetetty)

© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

3 - 23

E1 Kehyslukitus algoritmi/ G.706



© Rka/ML -k2002

Tiedonvälitystekniikka

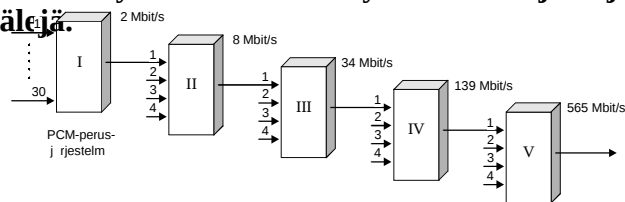
3 - 24

Ylemmät hierarkiat

✓ PCM-järjestelmän monikerrat

- PCM 30 (E1) 2,048 Mbit/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.

✓ Binaärinen 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:

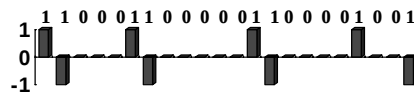
- AMI - Alternate Mark Inversion
- HDB3 - High Density Binary 3

Alternate Mark Inversion - AMI

✓ AMI-koodissa

- Binäärinen ykkönen vaihtaa polaritettia jokaisella esiintymiskerralla
- Binäärinen nolla ei aiheuta muutosta johdolla

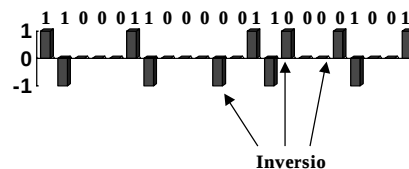
✓ Heikkous on tahdistuksen katoaminen, jos pitkiä nollassarjoja esiintyy.



High Density Binary 3 - HDB3

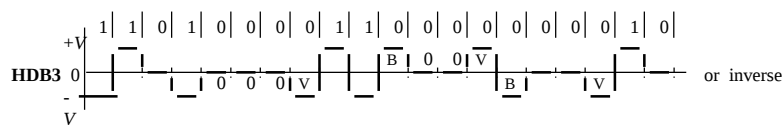
✓ HDB3 -koodissa

- Binäärinen ykkönen vaihtelee, kuten AMI-koodissa
- Binäärinen nolla
 - Ensimmäinen nolla siirretään 'ykkösenä' mikäli edellisessä nollassarjassa 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