

Puhetie, PCM järjestelmä, johtokoodi

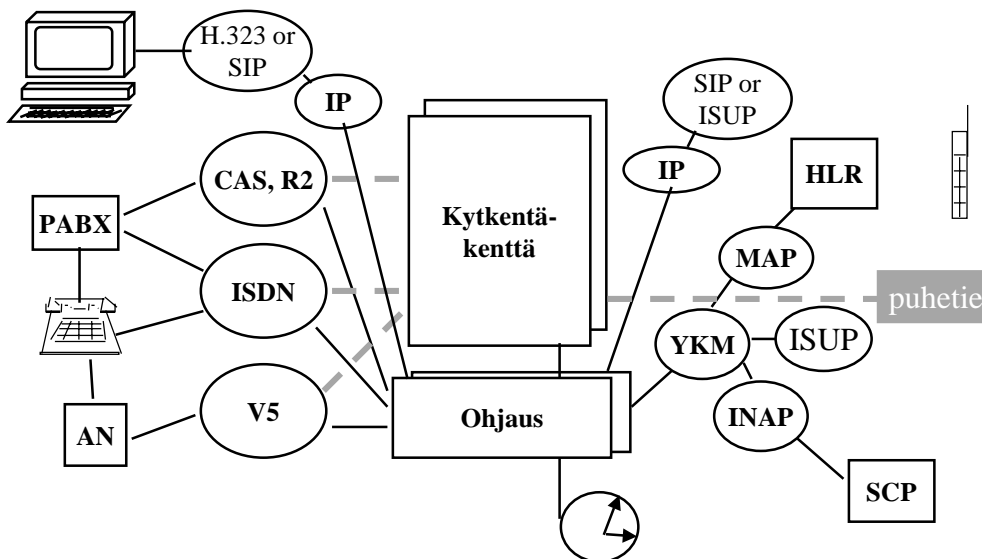
✓ PCM ~ Pulse Code Modulation

- § Näytteenotto
- § Kvantisointi
 - Lineaarinen
 - Epälineaarinen
- § Kvantisointisärö

✓ TDM-kanavointi

- § PCM-kehysrakente, CRC4 -ylikehys
- § PCM 30, PCM 120, PCM 480, PCM 1920
- § PCM-johtokoodit

Kurssin kuva välitysjärjestelmästä



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 alipäästösuoittimella.

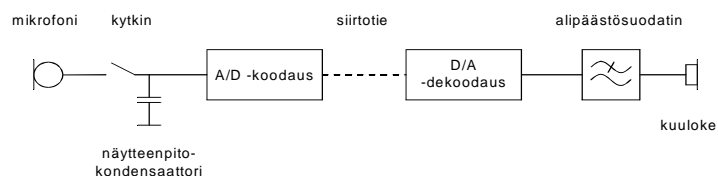
✓ Puheensierrossa on määritelty käytettäväksi taajuusalueeksi 300-3400Hz, jolloin tarvittava näytteenotto taajuus on 6,8kHz.

✓ 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

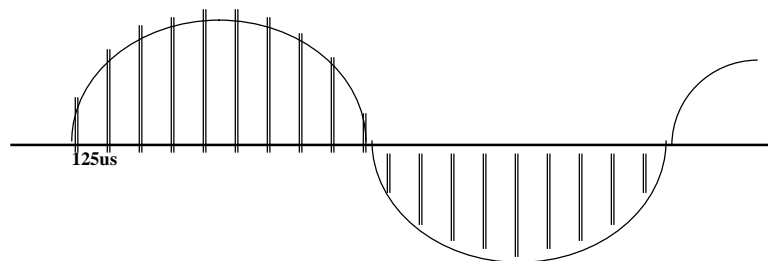


Pulse Code Modulation - PCM

- ✓ 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

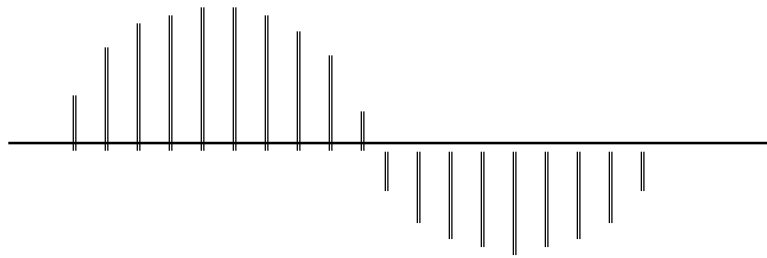
Analogisen signaalin näyteenotto

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



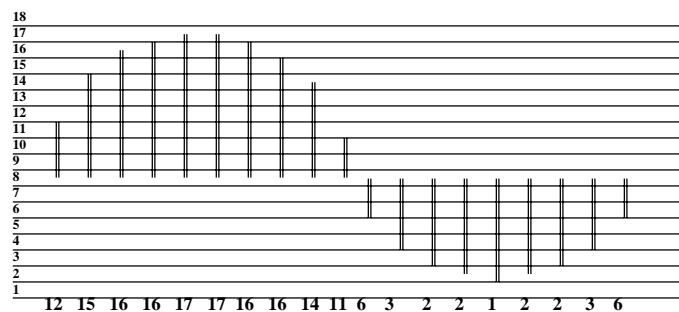
Pulse Amplitude Modulation PAM

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



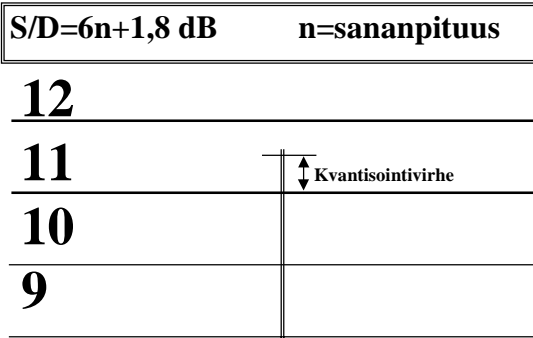
Kvantisointi likiarvoistaa näytteet

- ✓ Kvantisoinnissa jatkuvat amplitudiarvot diskretisoidaan.
- ✓ Kvantisoinnissa 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



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 epälineariselle muunnokselle olemassa funktio, jonka mukaan muunos tasot määräytyvät.**
 - § Euroopassa (ETSI) A-funktio
 - § USAssa (ANSI) μ -funktio

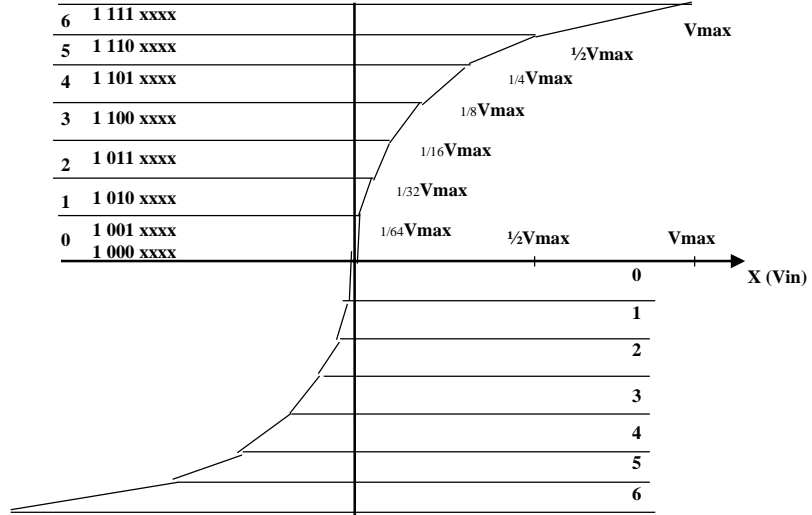
PCM-koodaus ja kvantisointi

- ✓ **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-laila**

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

A:n arvoksi on valittu 87,6

A-lain mukainen kvantisointikuvio



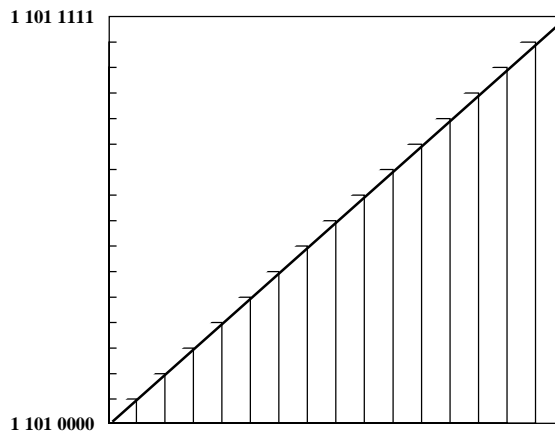
© Rka/ML -k2001

Tiedonvälitystekniikka I

3 - 13

Segmentin sisäinen kvantisointi

✓ Yksittäisen segmentin sisällä kvantisointi on lineaarinen



© Rka/ML -k2001

Tiedonvälitystekniikka I

3 - 14

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

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

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

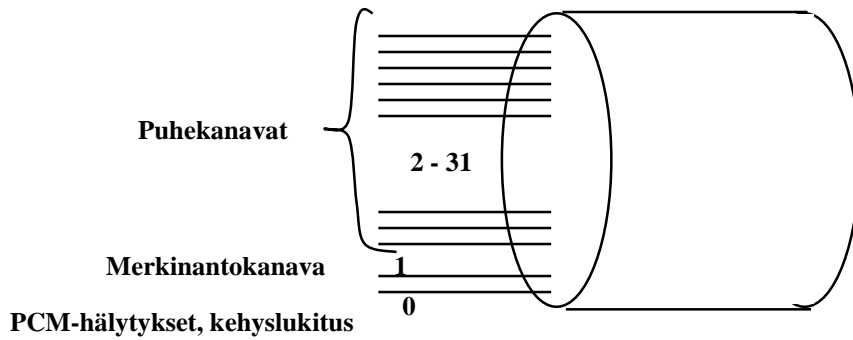
PCM 30 (E1)

- ✓ **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

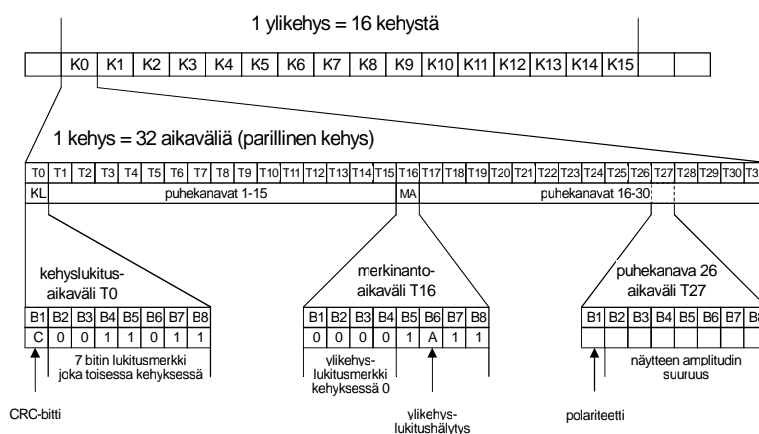
- ✓ **PCM 30 -kehys muodostuu 32 aikavälistä**
 - § Aikaväli 0 on varattu synkronointiin ja hallintaan
 - § Aikaväli 16 on varattu merkinannolle
 - § Aikavälit 1-15 ja 17-32 ovat yksittäisiä puhekanavia
- ✓ **Parillisen ja parittoman siirtokehysen rakenne on erilainen**
 - § Parillinen kehys sisältää 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

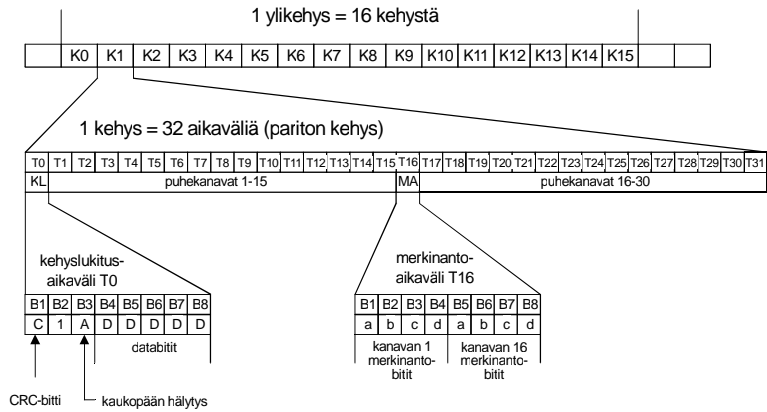


Eli t16 onkin nyt puhekäytössä!

Parillinen PCM 30 -kehys



Pariton PCM 30 -kehys



© Rka/ML -k2001

Tiedonvälitystekniikka I

3 - 21

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						
	II-puolikas	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

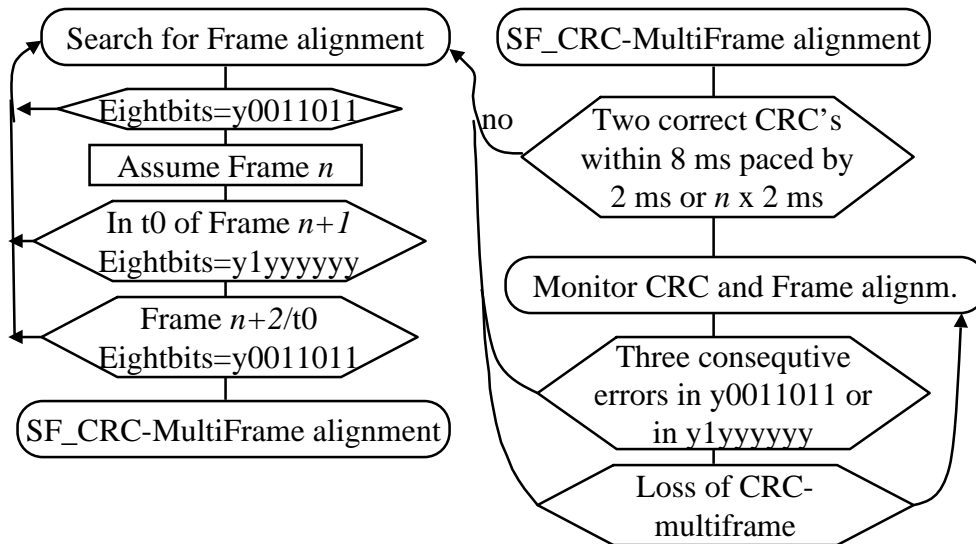
A - kaukopään hälytys (t0-kehyslukitus menetetty)

© Rka/ML -k2001

Tiedonvälitystekniikka I

3 - 22

E1 Kehylukitus algoritmi/ G.706



© Rka/ML -k2001

Tiedonvälitystekniikka I

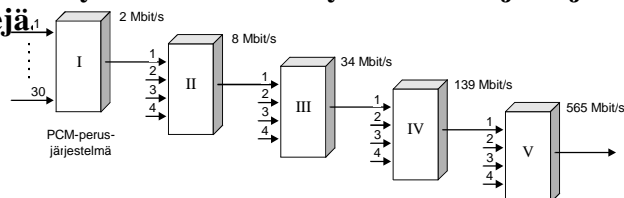
3 - 23

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.



© Rka/ML -k2001

Tiedonvälitystekniikka I

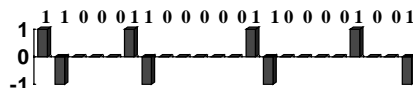
3 - 24

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

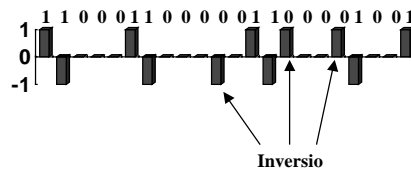
- ✓ AMI-koodissa
 - § Binäärinen ykkönen vaihtaa polaritettia jokaisella esiintymiskerralla
 - § Binäärinen nolla ei aiheuta muutosta johdolla
- ✓ Heikkous on tahdistuksen katoaminen, jos pitkiä nollassarjoja esiintyy.



High Density Binary 3 - HDB3

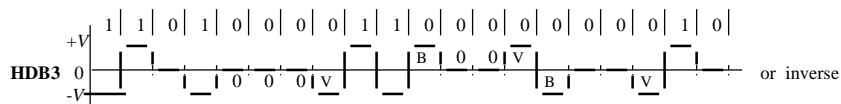
✓ HDB3 -koodissa

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



HDB3 - 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