

1. ISDN – FYYSINEN KERROS

OSI-mallin mukaisen fyysisen kerroksen tehtäviin ISDN:ssä kuuluu laitteiden aktivointi, digitaalisen tiedon linjakoodaus, full-duplex tiedon-siirto B- ja D-kanavilla sekä ko. kanavien multipleksointi sopiviin kehyk-siin. ISDN-standardeissa määritellään näiden asioiden lisäksi myös fyysisen liitännöiden toteusta. Standardit ovat erilaisia eri liittymätyypeille.

ISDN:n avulla voidaan muodostaa yhteyksiä, jotka näyttävät päätelaitteiden kannalta suorilta fyysisiltä yhteyksiltä. Liikennöinti B-kanavalla tapahtuu esim. kommunikoivien tietokoneiden valitsemilla protokollilla, eikä ISDN sanele tällaisilla yhteyksillä muuta kuin fyysisen kerroksen siirtomeka-nismin.

1.1 Johdanto

Perinteisestä puhelinverkosta kehittyvä ISDN eroaa vanhasta erityisesti siinä, että se perustuu digitaaliseen siirtotekniikkaan ja tiedon esittämiseen. Elektroniikan jatkuva kehitys on edistänyt puhelinverkon digitalisoitumista, mutta asiakkaiden ja puhelinkeskusten välinen liikenne on pysynyt pitkälti analogisena. Viime aikoina Internetin käytön yleistymisen on edistänyt myös käyttäjälinjojen digitalisointia.

Puhuttaessa digitaalisuudesta on hyvä erottaa toisistaan kaksi asiaa: välitettävä data (tieto) sekä signaali. Dataa voidaan muuntaa eri menetelmillä sähköiseksi signaaliksi.

- *Digitaalinen data* sisältää vain tiettyjä tarkasti rajattuja arvoja, esim. lukuja tai tekstiä ASCII-merkkeinä.
- *Analoginen data* taas voi saada mitä tahansa arvoja tietyltä väliltä, esim. puhe aaltoliikkeeksi tulkittuna.
- *Analogisessa signaalissa* jännite voi vaihdella vapaasti sovittujen rajojen puitteissa. Tällaista signaalia voidaan tuottaa esim. puhelimella (analogisesta datasta) tai modeemilla (digitaalisesta datasta).
- *Digitaalisessa signaalissa* jännite voi saada vain tiettyjä diskreettejä arvoja, jolloin se näyttää muodostuvan pulsseista. Tällaista signaalia voidaan tuottaa esim. digitaalipuhelimella (analogisesta datasta) käyttämällä sopivaa koodausta tai suoraan digitaalisesta datasta sähköiseen muotoon muuttamalla.

Signaalia voidaan joutua manipuloimaan (moduloimaan) ennen sen lähettämistä pidemmälle fyysiselle siirtoyhteydelle ja korjaamaan matkan varrella. Pitkillä siirtoyhteyksillä analogista signaalia joudutaan vahvistamaan, jolloin se vääristyy. Digitaalista signaalia sen sijaan voidaan toistimilla muodostaa uudelleen periaatteessa loputtomiin. Verkkojen digitalisoituminen merkitsee nimenomaan käytettävän signaalin ja

välitystekniikan digitalisoitumista, ei sitä että kaiken välitettävän datan tulisi olla digitaalista.

1.2 Fyysisen kerroksen tehtävät

ISDN-standardit määrittelevät millaista digitaalista signaalia ISDN-yhteensopivien laitteiden pitäisi lähettää. Perustapauksessa päätelaitteet on erotettu verkosta erillisellä verkkopäätteellä, niin että laitteet ovat yhteydessä verkkopäätteeseen, joka välittää tiedonsiirtoa varsinaiseen verkkoon (so. lähimpään puhelinkeskukseen). Tiedonsiirtomekanismeissa voi olla eroja näillä kahdella eri osuudella.

ISDN-standardit ottavat kantaa lähinnä OSI-mallin kolmen alimman kerroksen (fyysinen kerros, siirtoyhteyserros, verkkokerros) asioihin. Lisäksi on määritelty useita palveluita, joiden voidaan katsoa kuuluvan mallin ylimmälle kerrokselle (sovelluskerros). Siirtoyhteyserros- ja verkkokerroksen määrittelyt liittyvät pääasiassa yhteyksien muodostukseen ja hallintaan. Varsinkin tietokoneiden kautta tapahtuvan tietoliikenteen näkökannalta ISDN näyttää suoralta fyysisen kerroksen yhteydeltä, jossa tiedonsiirto tapahtuu B-kanavien kautta vapaasti valittavilla protokollilla, esimerkiksi IP:llä.

OSI-mallin fyysisen kerroksen tehtäviin ISDN:ssä kuuluu [1]:

- Tiedon (signaalin) koodaus siirtoa varten
- Full-duplex tiedonsiirto B-kanavalla
- Full-duplex tiedonsiirto D-kanavalla
- D-kanavan ruuhkan esto
- Kanavien multipleksointi (perusliittymässä ja järjestelmäliittymässä)
- Laitteiden aktivointi
- Tehonsyöttö verkosta
- Laitteiden tunnistus
- Viallisten laitteiden eristys

1.3 Arkkitehtuuri

1.3.1 Laitetyypit

ISDN-arkkitehtuurin määrittelyn helpottamiseksi on ITU-T:n standardeissa määritelty muutama laityyppi ja näiden välille referenssipisteet.

Päätelaitteiksi (*terminal equipment* eli TE) kutsutaan ISDN-verkkoon kytkettäviä käyttäjien laitteita. Osa laitteista voi olla ISDN-yhteensopimattomia (esim. tavallinen analogiapuhelin), jolloin tarvitaan päätesovitin (*terminal adapter* eli TA). Päätelaitteet ja sovitimet kytketään verkkopäätteeseen (*network termination* eli NT), näistä tyyppin 1 laiteet (NT1)

suorittavat fyysisen kerroksen tehtäviä ja tyyppin 2 laitteet (NT2) siirtoyhteys- ja verkkoyhteyskerroksen tehtäviä.

Jokin fyysinen laite saattaa toteuttaa useamman edellä kuvatun laitetyyppin tehtäviä, esim. olla NT1 + NT2 + TA.

1.3.2 Rajapinnat

Laitetyyppien väliin jää määrittelyissä käytettäviä referenssipisteitä. S-rajapinta erottaa päätelaitteita (tai päätesovittimia) ja verkkopäätteitä. T-rajapinta on NT2- ja NT1-laitteiden välissä ja R-rajapinta epästandardin mukaisten päätelaitteiden ja päätesovittimen välissä. Verkkopäätteestä verkkoon olevaa liityntää nimitetään U-rajapinnaksi. Yksinkertaisissa konfiguraatioissa ei NT2-tason toiminnallisuutta tarvita välttämättä ollenkaan, jolloin S- ja T-rajapinnat sulautuvat yhdeksi.

1.3.3 Liittymät

ISDN:ssä on kaksi keskeistä liittymätyyppiä. Perusliittymä (*basic access*) muodostuu kahdesta 64 kbit/s datasiirtoon käytettävästä B-kanavasta ja yhdestä 16 kbit/s pääasiassa signaalointiin käytettävästä D-kanavasta. Järjestelmäliittymästä (*primary access*) on kaksi versiota: eurooppalainen 2,048 Mbit/s (30 B-kanavaa ja yksi 64 kbit/s D-kanava) sekä "amerikkalainen" 1,544 Mbit/s (23 B-kanavaa ja yksi 64 kbit/s D-kanava). Kullekin näistä liittymistä on omanlainen kehysrakenteensa.

1.3.4 Laitekonfiguraatiot

Tyypillinen laitekofiguraatio kotikäytössä on integroitu verkkopäätte ja päätesovitin (NT1 + NT2 + TA), johon on yhdistetty ISDN-kortilla varustettu kotimikro sekä yksi tai useampi analogiapuhelin. Yrityskäytöstä esimerkiksi käy lähiverkossa toimiva reititin (NT2 kytkettynä erilliseen yksinkertaiseen NT1-päätesovittimeen), joka reitittää tietyt IP-osoitteet ISDN:n läpi suoraan asiakkaan lähiverkkoon jossa on myös vastaavanlainen järjestely.

Normaalisti ISDN-standardit määrittelevät perusliittymälle yhden kilometrin maksimietäisyyden verkkopäätteen ja päätelaitteen välille. ISDN-standardit sallivat kuitenkin myös useamman kuin yhden laitteen kytkemisen fyysisesti saman väylän kautta verkkopäätteeseen (*passive-bus configuration*). Tällaisessa tapauksessa maksimietäisyys ei saisi ylittää 200 metriä. Jos päätelaitteet ovat väylän päässä lähekkäin (alle 50 metriä), sallitaan maksimietäisyydeksi 500 metriä. Toisaalta useita laitteita voidaan kytkeä normaaleilla johdotuksilla samaan verkkopäätteeseen, jos tässä on siihen tarvittavat liittymät.

Usean päätelaitteen konfiguraatiot samassa väylässä vaativat D-kanavan ruuhkanhallintaa, koska D-kanavaa ei voida antaa laitteiden "omistukseen" samalla tavalla kuin B-kanavia.

1.4 Fyysiset liitännät

ISDN:ssä tiedonsiirto on full-duplex-tyyppistä eli kapasiteettia löytyy koko ajan kumpaankin liikennöintisuuntaan. Perusliittymän T/S-rajapinnoissa on kummallekin liikennöintisuunnalle varattu oma johdinpari. Tällöin ei tarvita kaiun poistoa ja linjakoodauksesta voidaan tehdä yksinkertaisempaa. Fyysiset liitinkappaleet on määritelty ISO:n standardissa ISO 8887.

Liittimissä on kahdeksan pinniä, joista vain kuutta käytetään ISDN:ssä. Tiedonsiirtoon tarvitaan neljä johdinta eli kaksi paria ja ylimääräistä paria voidaan käyttää tehonsyöttöön jos ei haluta käyttää tiedonsiirtojohtimia myös tähän tarkoitukseen. Tehonsyöttö tapahtuu normaalisti verkkopäätteestä päätelaitteisiin.

Taulukko 1. Perusliittymän johdotus.

Pinnin koodi	Päätelaite	Verkkopäätte
A	(Virtalähde 3)	(Virtanielu 3)
B	(Virtalähde 3)	(Virtanielu 3)
C	Lähetys	Vastaanotto
D	Vastaanotto	Lähetys
E	Vastaanotto	Lähetys
F	Lähetys	Vastaanotto
G	Virrankäyttö 2	Virtalähde 2
H	Virrankäyttö 2	Virtalähde 2

1.5 Linjakoodaus

Digitaalisen signaalin välittämistä voidaan helpottaa sopivan linjakoodaustavan valinnalla. Yksinkertaisin linjakoodaustapa lienee NRZ-L (*nonreturn to zero-level*), jossa 0-bittejä vastaa jännitteen korkeampi taso ja 1-bittejä matalampi taso. Tällainen yksinkertainen linjakoodaus kuitenkin tuottaa useita ongelmia, joita pyritään välttämään monimutkaisemmilla koodaustavoilla. ISDN-liittymissäkin on käytössä useita erilaisia linjakoodaustapoja.

Linjakoodauksen hyvyyden arvioinnissa tulee ottaa seuraavat asiat huomioon [1]:

- signaalin spektri
- synkronointikyvyt
- virheen havaitsemisen tuki
- hinta ja toteutuksen monimutkaisuus

Jos signaalin spektrissä ei ole mukana korkeataajuisia komponentteja, merkitsee tämä että lähetykseen vaaditaan vähemmän kaistanleveyttä ja tiedonsiirtonopeutta voidaan kasvattaa. Toisaalta erityisen haluttavaa on tasavirtakomponentin puuttuminen, jolloin sähköinen eristäminen (esim.

muuntajan avulla) on mahdollista. Tasavirtakomponentti merkitsee myös turhaa tehon siirtoa.

Jotta vastaanottaja pystyy havaitsemaan kunkin bitin paikan pitää signaalissa olla riittävästi vaihtelevuutta. Erillinen johdin synkronointipulsseja varten on yleensä liian kallis ratkaisu.

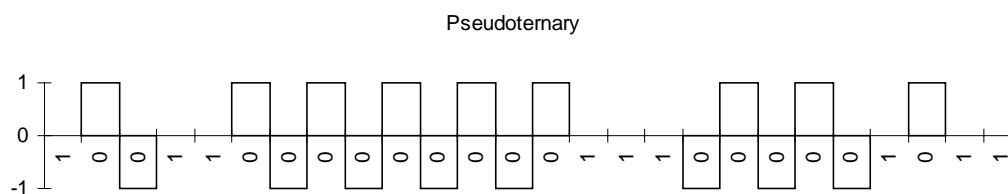
Fyysisellä kerroksella on hyvä pystyä havaitsemaan siirtovirheet niin että ylemmän tason protokollat saavat nopeasti tietoon uudelleenlähetyksen tai virheenkorjauksen tarpeen. Jos linjakoodauksessa on "laittomia" pulssi-järjestyksiä, voidaan näiden esiintymisestä suoraan havaita siirtovirhe.

ISDN:ssä eri liittymissä ja rajapinnoissa käytössä olevat linjakoodaustavat on lueteltu taulukossa 2.

Taulukko 2. Linjakoodaustavat ISDN:ssä.

Liittymä / rajapinta	Linjakoodaustapa	Tiedonsiirtonopeus
Perusliittymä, T/S-rajapinnat, ITU-T I.430	Pseudoternary	192 kbit/s
Perusliittymä, U-rajapinta, ANSI T1.601	2B1Q (two binary, one quaternary)	160 kbit/s (80 kbaud)
Järjestelmäliittymä (Am.), T/S-rajapinta	B8ZS (bipolar with 8-zeros substitution)	1,544 Mbits/s
Järjestelmäliittymä (Eur.), T/S-rajapinta	HDB3 (high-density bipolar-3 zeros)	2,048 Mbit/s

Perusliittymän normaali linjakoodaustapa on *pseudoternary*, jossa 1-bittiä vastaa nollasignaali (ei jännitettä) ja 0-bitit esitetään vuorotellen positiivisella ja negatiivisella jännitetasolla ($0,75 \text{ V} \pm 10\%$). Tällaisessa koodaustavassa päästään tehokkaasti eroon tasavirtakomponentista, mutta pitkät 1-bittien sarjat tuottavat synkronointiongelman. ISDN-perusliittymässä tätä ongelmaa pyritään välttämään kehysrakenteeseen sisällytetyillä tasapainotusbiteillä.

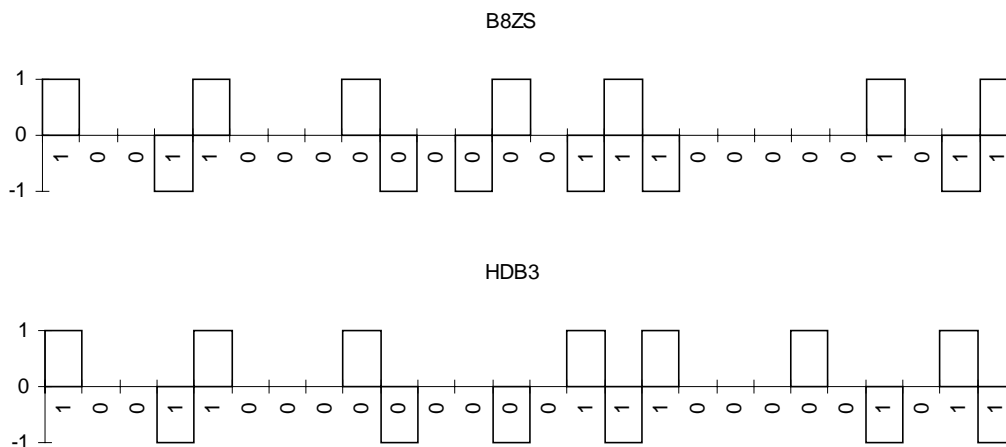


Kuva 1. Perusliittymän linjakoodaus.

Järjestelmäliittymien linjakoodaus perustuu käännettyyn *pseudoternary*-koodaukseen nimeltä *bipolar-AMI*, jossa siis 0-bitti koodataan nollasignaalilla ja 1-bitit vuorotellen positiivisella ja negatiivisella jännitetasolla. Näissä liittymissä synkronointiongelmaa ratkotaan tuomalla pitkiin nolla-

signaalin jaksoihin tahallisia koodivirheitä, jotka vastaanottaja havaitsee ja tulkitsee 0-bittijonoiksi.

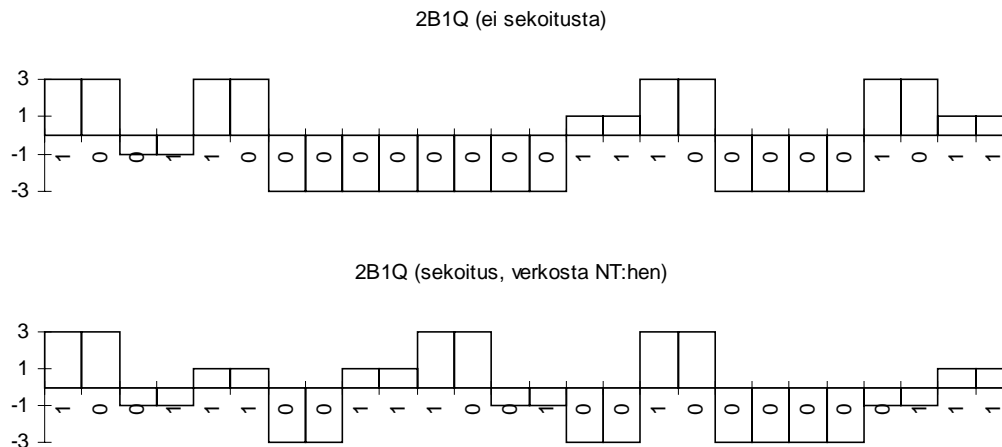
Amerikassa käytössä olevassa B8ZS:ssä korvataan kahdeksan nollan sarja kahdella koodivirheellä. Euroopassa käytössä oleva HDB3:ssa taas korvataan neljän nollan sarja yhdellä koodivirheellä (koodivirhe vuorotellen positiiviseen ja negatiiviseen suuntaan).



Kuva 2. Järjestelmäliittymien linjakoodaus.

U-rajapinnalla käytettävä 2B1Q pienentää modulointitaajuutta käyttämällä neljää jännitetasoa ($\pm 0,833$ V ja $\pm 2,5$ V), jolloin jokaisella pulssilla saadaan koodattua kaksi bittiä. Synkronointiongelmia poistetaan sekoittamalla dataa (*scramble*) tietyn algoritmin mukaan ja poistamalla sekoitus vastaanotto-päässä. Näin signaalista saadaan sattumanvaraisemman näköistä, jolloin pitkien pulssien osuus pienenee.

Kunkin kahden bitin sarjan ensimmäinen bitti määrää signaalin merkin (0 = negatiivinen ja 1 = positiivinen) ja toinen signaalin amplitudin (0 = 2,5 V ja 1 = 0,833 V). Eri kombinaatioille käytetään merkintöjä +3, +1, -1 ja -3.



Kuva 3. 2B1Q-linjakoodaus.

1.6 Kehystys

Kehystyksen (*framing*) tarkoituksena on tuoda tiedonsiirtoon rakennetta. ISDN:ssä käytetään fyysisellä kerroksella “synkronista kehystystä”, ts. kaikki kehykset ovat aina saman pituisia. Kehyksiin multipleksoidaan siirrettävät B- ja D-kanavat. Lisäksi niihin kuuluu joukko lähinnä synkronointiin ja virheen havaitsemiseen käytettäviä bittejä.

1.6.1 Perusliittymä

Perusliittymässä tietoa siirretään 48 bitin kehyksissä (kehyksen lähetys kestää 250 mikrosekuntia), joiden rakenne on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Perusliittymän kehysrakenne.

Bitin numero	Päätelaitteesta verkkopäätteeseen	Verkkopäätteestä päätelaitteeseen
1	F = Kehyksen aloitusbitti (+1)	F = Kehyksen aloitusbitti (+1)
2	L = Tasapainotusbitti (-1)	L = Tasapainotusbitti (-1)
3-10	B = Ensimmäisen B-kanavan 1.oktetti	B = Ensimmäisen B-kanavan 1.oktetti
11	L = Tasapainotusbitti	E = Edellinen vastaanotettu D-kanavan bitti (kaiku)
12	D = D-kanavan 1.bitti	D = D-kanavan 1.bitti
13	L = Tasapainotusbitti	A = Aktivointibitti
14	Fa = Apukehysbitti (käytetään monikehyksissä)	Fa = Apukehysbitti (käytetään monikehyksissä)
15	L = Tasapainotusbitti	N = N-bitti (käytetään monikehyksissä)
16-23	B = Toisen B-kanavan 1.oktetti	B = Toisen B-kanavan 1.oktetti
24	L = Tasapainotusbitti	E = Edellinen vastaanotettu D-kanavan bitti (kaiku)
25	D = D-kanavan 2.bitti	D = D-kanavan 2.bitti
26	L = Tasapainotusbitti	M = M-bitti (käytetään monikehyksissä)

27-34	B = Ensimmäisen B-kanavan 2.oktetti	B = Ensimmäisen B-kanavan 2.oktetti
35	L = Tasapainotusbitti	E = Edellinen vastaanotettu D-kanavan bitti (kaiku)
36	D = D-kanavan 3.bitti	D = D-kanavan 3.bitti
37	L = Tasapainotusbitti	S = Varattu tulevaan käyttöön
38-45	B = Toisen B-kanavan 2.oktetti	B = Toisen B-kanavan 2.oktetti
46	L = Tasapainotusbitti	E = Edellinen vastaanotettu D-kanavan bitti (kaiku)
47	D = D-kanavan 4.bitti	D = D-kanavan 4.bitti
48	L = Tasapainotusbitti	L = Tasapainotusbitti

Jokainen perusliittymän kehys sisältää 16 bittiä kummallekin B-kanavalle sekä 4 bittiä D-kanavalle. Loput 12 bittiä käytetään kehystykseen yms. Jokainen kehys alkaa aina positiivisella kehysbitillä ja negatiivisella tasavirran tasapainotusbitillä. Päätelaitteelta tulevissa kehyksissä eri merkkisiä tasapainotusbittejä on yhteensä kymmenen paikkaamassa pseudoternary-linjakoodauksen ongelmia.

Verkkopäätteeltä tulevissa kehyksissä on useampia erityiskäyttöön varattuja bittejä. D-kanavan ruuhkan hallinnassa käytetään hyväksi kaiutusbittejä joissa verkkopäätte lähettää aina viimeisimmän D-kanavalta vastaanottamansa bitin. Joka kehyksessä on myös aktiivointibitti päätelaitteiden ohjaukseen esim. virransäästötilaan / aktiiviseksi.

Lopuilla biteillä voidaan toteuttaa ns. Q-kanava, jolloin päätelaite voi lähettää apukehysbitissä joka viidennessä kehyksessä yhden Q-kanavan databitin. Täten Q-kanavan tiedonsiirtonopeudeksi tulee 800 bit/s (1 bitti * 1/5 kehys * 4000 kehystä/sekunti). Q-kanava perustuu siis "monikehys"-rakenteeseen (*multiframe*).

Jos Q-kanavaa käytetään, asettaa verkkopäätte joka 20. kehykseensä M-bitin ykköseksi (normaalisti aina nolla). Verkkopäätte osoittaa sitten Q-kanavan kehykset asettamalla joka viidenteen kehykseen apukehys- ja N-bitit arvoihin 1 ja 0 (normaalisti 0 ja 1). Koska päätelaitteen lähettämät kehykset on määrittelyissä määrätty tulemaan kaksi bitti-paikkaa verkkopäätteen kehyksien jäljessä, voi laite lähettää välittömästi Q-kanavan bitin arvon apukehysbitissään (joka on normaalista 0).

1.6.2 Järjestelmäliittymä

Järjestelmäliittymissä kehystysbittien suhteellinen lukumäärää on huomattavasti pienempi kuin perusliittymän kehysrakenteessa. Pitkien yhtäjaksoisien bittikuvioiden ongelmaa vältetään monimutkaisemman linjakoodauksen avulla (B8ZS tai HDB3).

Amerikkalaisessa 1,544 Mbit/s järjestelmäliittymässä tietoa siirretään 193 bitin kehyksissä (kehysten lähetys kestää 125 mikrosekuntia), joiden rakenne on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. 1,544 Mbit/s järjestelmäliittymän kehysrakenne.

Bitin numero	Käyttö
1	Kehystysbitti
2-9	Ensimmäisen B-kanavan oktetti
10-17	Toisen B-kanavan oktetti
...	...
186-193	D-kanavan / 24. B-kanavan oktetti

Jokaisessa kehyksessä on siis vain yksi kehysbitti: tätä käytetään kuitenkin kolmeen eri tarkoitukseen. Kehykset muodostavat 24 kehyksen monikehyksen. Joka neljännessä kehyksessä (kehyksissä 4,8,12,16,20,24) kehysbitti käytetään synkronoinnin ylläpitoon, niin että bittikuvio 001011 toistuu joka monikehyksessä. Samaan tapaan sijoitetaan kehysbiteistä laskettu 6 bitin CRC (kehyksissä 2,6,10,14,18,22). Joka toinen kehysbitti jää ohjaustoimintojen toteutukseen.

Eurooppalaisessa 2,048 Mbit/s järjestelmäliittymässä tietoa siirretään 256 bitin kehyksissä (kehyksen lähetys kestää 125 mikrosekuntia), joiden rakenne on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. 2,048 Mbit/s järjestelmäliittymän kehysrakenne.

Bitin numero	Käyttö
1-8	Kehystyskanavan oktetti
9-16	Ensimmäisen B-kanavan oktetti
17-24	Toisen B-kanavan oktetti
...	...
249-256	D-kanavan / 31. B-kanavan oktetti

Kehystyskanavalla lähetetään vuorotellen kahdenlaisia oktetteja:

- Synkronointikuvio C0011011, missä C-bittiä voidaan käyttää monikehyksissä 4-bit CRC:hen.
- Ohjausoktetti E1ASSSSS, missä E:tä voidaan käyttää signaloimaan havaittu CRC-virhe, A on "hälytysbitti" (*alarm*) ja S-bittejä voidaan käyttää kansallisiin toteutuksiin.

1.6.3 U-rajapinta

USA:ssa U-rajapinnan standardointi on sujunut Eurooppaa nopeammin. ANSI:n vuonna 1992 julkaisema T1.601-standardi määrittelee verkko-päätteen ja puhelinkeskuksen välisen liikenteen perusliittymässä. Standardin mukaisella U-linjalla käytetään 240 bitin kehyksiä, joiden rakenne on esitetty taulukossa 5. Tiedonsiirtonopeus on 160 kbit/s, jolloin kehyksen lähetys kestää 1,5 millisekuntia.

Taulukko 6. T1.601-standardin mukainen kehysrakenne.

Bitin numero	Käyttö
1-18	Synkronointikuvio 101000000010001010 (monikehyksen alussa eri kuvio)
19-26	Ensimmäisen B-kanavan oktetti
27-34	Toisen B-kanavan oktetti
35-36	Kaksi D-kanavan bittiä
...	(2B+D toistuu yhteensä 12 kertaa)
235-240	M-kanava (4 kbit/s) ohjaukseen

M-kanavaa käytetään monikehystyyppisesti: joka kahdeksannessa kehyksessä on “käännetty” synkronointikuvio osoittamassa monikehyksen alkua. Eri kehyksien M-biteille on määritelty eri tehtäviä, mm. virheenhavaitsemista CRC:n avulla, laitteiden aktivointia jne.

Koska U-rajapinnalla käytössä on vain yksi johdinpari, joudutaan laitteisiin rakentamaan kaiunpoisto. Tämä on helpompaa kun modulointitaajuutta saadaan alennettua edellä esitetyllä 2B1Q-linjakoodausmenetelmällä. Koska 2B1Q:llä saadaan kaksi bittiä koodatuksi yhdellä pulssilla, saadaan standardin mukaiseksi modulointinopeudeksi 80 kbaud.

1.7 Ruuhkan hallinta D-kanavalla

Jos samaan väylään on kytkettynä useita päätelaitteita, täytyy näitä estää sotkemasta D-kanavaa samanaikaisilla lähetyksillä. D-kanavalta vastaanottamastaan datasta päätelaitteet pystyvät suodattamaan muille tarkoitetun osuuden pois verkkoyhteyskerroksen logiikalla (jokaisessa LAPD-kehyksissä kulkee vastaanottajan osoite). Sen sijaan lähetyksessä on sama ongelma kuin esim. Ethernetissä. ISDN:ssä ruuhkan hallinta on ratkaistu seuraavanlaisella mekanismilla:

- Jos päätelaitteella ei ole D-kanavalle lähetettävää, lähettää se kehyksissään D-kanavan bittipaikoilla ykköstä (= nollasignaalia).
- Jos päätelaitteella on D-kanavalle lähetettävää, tutkii se ensin verkkopäätteen kaiuttamia D-kanavan bittejä. Jos näistä riittävän moni on ykkönen, saa laite alkaa lähettää LAPD-kehystä. Odotettavan bittiketjun pituus riippuu LAPD-kehyksen tyypistä sekä päätelaitteen voimassa olevasta prioriteetista seuraavasti:
 - LAPD-kehys sisältää signointitietoa ja laite on normaalilla prioriteetilla: 8 bittiä
 - LAPD-kehys sisältää signointitietoa ja laite on alhaisella prioriteetilla: 9 bittiä
 - LAPD-kehyksessä ei ole signointitietoa ja laite on normaalilla prioriteetilla: 10 bittiä

- LAPD-kehyksessä ei ole signalointitietoa ja laite on alhaisella prioriteetilla: 11 bittiä
- Jos lähetävä päätelaite huomaa että sen verkkopäätteeltä vastaanottamat kaiutusbitit eivät vastaa sen D-kanavalle lähetettäviä arvoja, pitää sen lopettaa lähetys ja palata takaisin odottamaan uutta tilaisuutta. Tällainen tilanne syntyy kun useampi kuin yksi päätelaite on alkanut lähettää samaan aikaan. Laitteet jotka ensimmäisenä lähettävät 1-bitin (= ei linjasignaalia) muiden lähettäessä 0-bitin, havaitsevat ensimmäisenä kaiussa eroavuuden ja lopettavat lähetyksensä. Lopulta enää yksi lähettää ja saa LAPD-kehystensä läpi.

Päätelaitteiden pääsy D-kanavalle varmistetaan tässä mekanismissa niin, että laitteen on siirryttävä alhaisemmalle prioriteetille aina kun se on saanut LAPD-kehysten lähetettyä (eikä se pääse näin ollen varaamaan kanavaa kokonaan itselleen). Kun laite havaitsee riittävän määrän kaiutettuja ykkösbittejä, saa se siirtyä ko. LAPD-kehystyyppin osalta taas takaisin normaalille prioriteetille.

1.8 Yhteenveto

Fyysisen kerroksen tärkeimmät määrittelyt liittyvät fyysisiin liitännöihin, linjakoodaukseen sekä kehystykseen. ISDN-standardeissa, lähinnä ITU-T:n I.430:ssa, näitä määrittelyjä on tehty melko tarkasti. Jostain syystä U-rajapinnan standardointi näyttää jääneen alkuvaiheessa puolitehen. Toinen silmiinpistävä liikkumavaran jättö näkyy järjestelmäliittymien kehystyskanavassa, jota ei ole standardoitu kovin tiukasti.

ISDN:n fyysisen kerroksen arkkitehtuuri on nykytekniikalla melko helposti toteutettavissa ja riittää "low-bandwidth"-tiedonsiirtoon. B-ISDN:n tuomat suuremmat tiedonsiirtonopeudet vaativat kuitenkin omat fyysisen kerroksen ratkaisunsa.

1.9 Lähteet

- [1] Stallings, William: *ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM*, 3. painos, Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice-Hall, 1995.
- [2] Kessler, Gary C., Southwick, Peter V.: *ISDN Concepts, Facilities, and Services*, New York, McGraw-Hill, 1998.
- [3] ITU-T:n www-sivut <http://www.itu.int/>
- [4] 3Com:n www-sivut <http://www.3com.com/>
- [5] ZyXEL:n www-sivut <http://www.zyxel.com/>
- [6] Easytel:n www-sivut <http://www.easytel.fi/>
- [7] Eiconin www-sivut <http://www.eicon.com/>