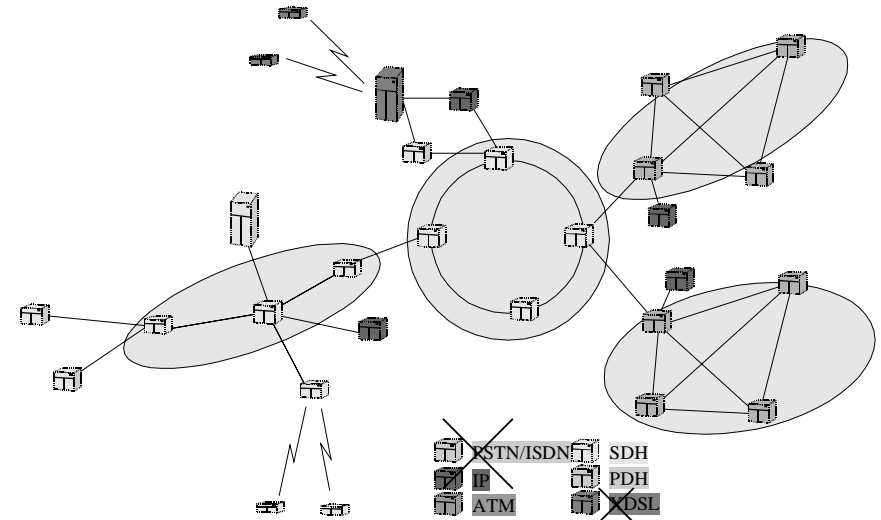
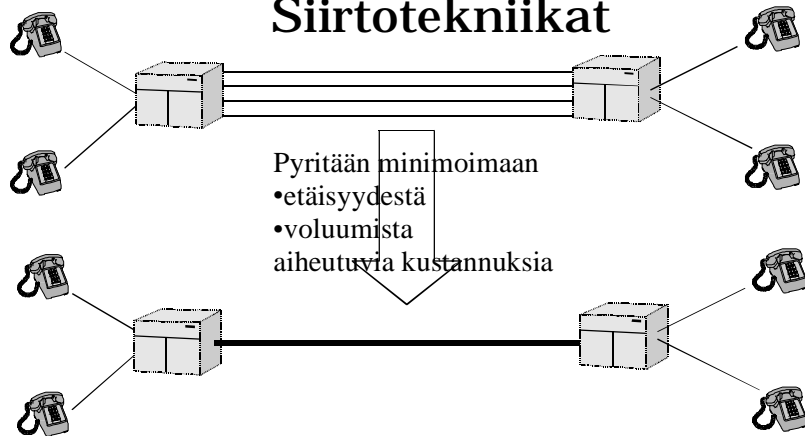


Siirtotekniikat

Marko Luoma



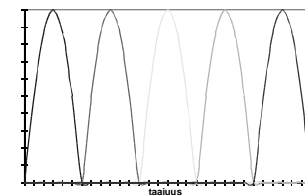
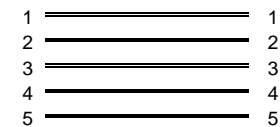
Siirtotekniikat



Yhteyden jakaminen

7	Sovelluskerros
6	Eistyskerros
5	Yhteyserkerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserkerros
1	Fyysinenkerros

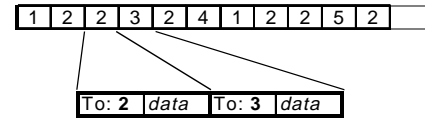
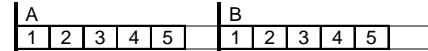
- ◆ Tilajako
 - ✓ jokaiselle yhteydelle oma johto
 - ✓ yhteys tunnustetaan johdon perusteella
- ◆ Taajuusjako (FDM = Frequency Division Multiplexing)
 - ✓ oma kantoaalto
 - ✓ yhteys tunnustetaan perustaajuuden perusteella
 - ✓ valokuidussa aallonpituusjako (WDM = Wavelength DM)



Yhteyden jakaminen

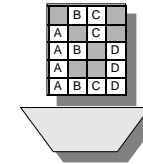
◆ Aikajako (TDM = Time DM)

- ✓ synkroninen (PDH, SDH)
 - ✓ yhteys tunnustetaan sijainnin perusteella (tiedyt bitit kehyksessä)
- ✓ asynkroninen (ATM, IP = Internet Protocol, X.25, kehysvälitys (Frame Relay))
 - ✓ yhteys tunnustetaan paketissa olevan tiedon perusteella
 - yhteystunniste
 - kohdeosoite



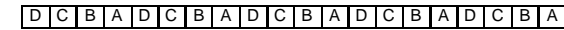
7	Sovelluskerros
6	Estitystapokerros
5	Yhteyserros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserros
1	Fyysinenkerros

Synkroninen vs Asynkroninen



7	Sovelluskerros
6	Estitystapokerros
5	Yhteyserros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserros
1	Fyysinenkerros

Synkroninen-kanavointi
•Kiinteä aikavälien käyttö



Asynkroninen-kanavointi
•Vapaa aikavälien käyttö



Synkroninen vs Asynkroninen

◆ Synkroninen

- ✓ Kiinteä aikavälien käyttö
- ✓ Informaatio ei tarvitse L2 osoitetta
- ✓ Hukkaa resursseja, mikäli kommunikaatio ei ole jatkuvaa ja tasanopeuksista
- ✓ Helppo toteuttaa nopeita kytkimiä.

◆ Asynkroninen

- ✓ Vapaa aikavälien käyttö
- ✓ Informaation tarvitsee L2 osoitteen
- ✓ Ei hukkaa resursseja, mikäli on jotain lähetettävää
- ✓ Vaatii erillisen pääsynvalvonnan, mikäli halutaan jakaa resursseja reilusti / kontrolloidusti.

7	Sovelluskerros
6	Estitystapokerros
5	Yhteyserros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserros
1	Fyysinenkerros

Siirtojärjestelmät

◆ Seuraavaksi tutustutaan tarkemmin muutamiin siirtojärjestelmiin:

- ✓ PDH
 - ✓ Kaiken alku ja juuri. Tämän, kun ymmärrät – ymmärrät kaiken !
- ✓ SDH
 - ✓ Viilattu PDH. Nykypäivän tekniikkaa.

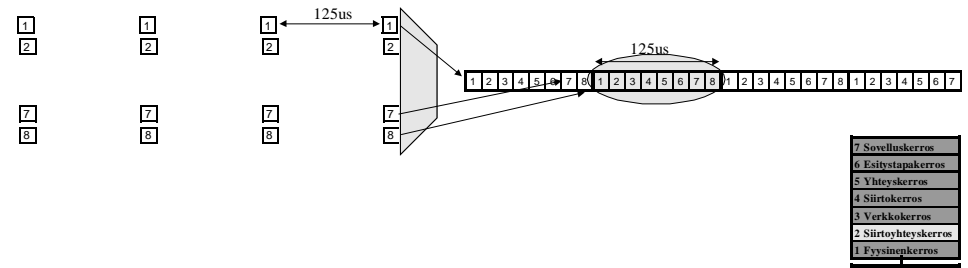
7	Sovelluskerros
6	Estitystapokerros
5	Yhteyserros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserros
1	Fyysinenkerros

PDH intro

- ◆ PDH kehitettiin puheen digitoimisen myötä tekniikaksi, jolla voidaan hyödyntää verkon siirtokapasiteettia tehokkaammin.
- ◆ Keskeisesti tekniikan kehittymiseen vaikuttivat puheendigitoinnissa tehdyt valinnat:
 - ✓ Näytteenottotaajuus 8kHz
 - ✓ Kvantisointi 8-bittiä

Kanavointi

- ◆ Käytetään aikajakoista kanavoitinta (TDM)
- ◆ Kanavoinnissa pyritään hyödyntämään olemassa olevaa siirtoyhteyttä tehokkaammin.



PDH-hierarkia

- ◆ PDH-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

7	Sovelluskerros
6	Esitystapakerros
5	Yhteyskerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserros
1	Fyysinenkerros

PDH E1 (PCM30)

- ◆ E1 sisältää:
 - ✓ 1 synkronoitumis- ja hallintakanavan
 - ✓ 1 merkinantokanavan
 - ✓ 30 puhekanavaa
- ◆ PDH E1 -järjestelmässä siirretään siis 32 aikaväliä, kukin 64kbit/s. Tästä seuraa kokonaisnopeus 2048kbit/s
- ◆ Kanava on PDH-kehysten yksittäinen aikaväli (125us / 8 bittiä), joka muodostuu TDM-kanavoinnin yhteydessä.

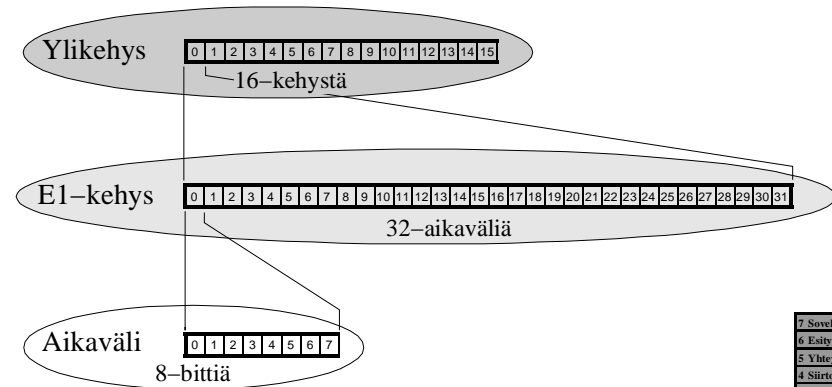
7	Sovelluskerros
6	Esitystapakerros
5	Yhteyskerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyserros
1	Fyysinenkerros

PDH E1 –kehys

- ◆ PDH E1 –kehys muodostuu 32 aikavälistä
 - ✓ Aikaväli 0 on varattu synkronointiin ja hallintaan
 - ✓ Aikaväli 16 on varattu merkinannolle
 - ✓ Aikavälit 1–15 ja 17–31 ovat informaatiokanavia
- ✓ 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.

7	Sovelluskerros
6	Esitystapakerros
5	Yhteyskerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyskerros
1	Fyysinkerros

E1–kehysrakenne



7	Sovelluskerros
6	Esitystapakerros
5	Yhteyskerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyskerros
1	Fyysinkerros

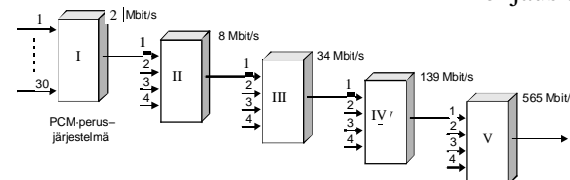
Ylikehys

- ◆ 16–perkkäistä kehystä muodostaa ylikehysen.
- ◆ Ylikehys mahdollistaa aikavälin 16–käytön kanavakohtaisen merkinannon välittämiseen.
- ◆ Aikavälissä 16 olevat 8–bittiä on jaettu siten, että
 - ✓ Bitit 1–4 on aikaväleille 1–15
 - ✓ Bitit 5–8 on aikaväleille 17–31
- ◆ Ylikehysen ensimmäisen kehysen aikaväli 16 on varattu lukituksen muodostamiselle (vertaa yksittäisen kehysen aikaväli 0)

7	Sovelluskerros
6	Esitystapakerros
5	Yhteyskerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyskerros
1	Fyysinkerros

Ylemmät hierarkiat

- ◆ PDH–järjestelmän monikerrat
 - ✓ PDH E1 (PCM 30) 2,048Mbit/s
 - ✓ PDH E2 (PCM 120) 8,448 Mbit/s
 - ✓ PDH E3 (PCM 480) 34,368 Mbit/s
 - ✓ PDH E4 (PCM 1920) 139,264 Mbit/s
- ◆ Monikerrat perustuvat neljän alemman tason kehysen aikajakaiseen kanavointiin ylemmäksi kehukseksi. Tähän ylempään kehukseen liitetään myös hallinta– ja ohjaus aikavälejä.



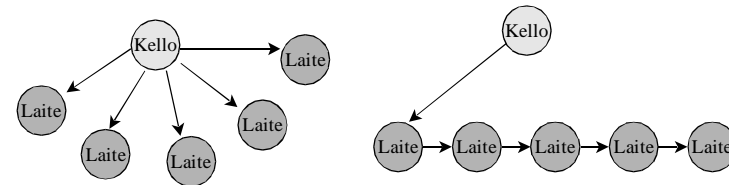
7	Sovelluskerros
6	Esitystapakerros
5	Yhteyskerros
4	Siirtokerros
3	Verkkokerros
2	Siirtoyhteyskerros
1	Fyysinkerros

Yhteenveto (PDH)

- ◆ Opetus:
 - ✓ PDH kehitettiin digitaalisen puheen siirtämiseen
 - ✓ PDH idea oli mahdollistaa useamman puhelun välittäminen yhdellä johdolla
 - ✓ Dataliikenteelle PDH ei ole optimaalinen siirtomedia.
 - ✓ Dataliikennettä voidaan kuitenkin siirtää varsin hyvin PDH:ssa
- ◆ PDH–tekniikkana:
 - ✓ Perustuu 8–bitin aikaväleihin, joita on 32– kappaletta E1–kehyksessä.
 - ✓ E1–kehyksiä generoidaan 125us välein ---> 2Mbps

Synkroninen Digitaalinen Hierarkia

- ◆ SDH on yhteinen nimi standardeille, jotka määrittelevät digitaalisen siirtotekniikan nopeuksilla 155Mbit/s ---> 10Gbit/s
- ◆ Synkroninen hierarkia tarkoittaa: Kaikki verkon kytkimet toimivat saman kellon tai samasta kellosta johdetun signaalin tahdissa.



Synkroninen Digitaalinen Hierarkia

- ◆ Tiedonsiirrossa:
 - ✓ Tieto on pakattu kehyksiin:
 - ✓ Jotka on nimetty STM– x eli Synchronous Transport Module
 - ✓ Joiden koko on x kertaa 2430–tavua
 - ✓ Kehyksiä generoidaan 125us välein eli 8000 kertaa sekunnissa.
 - ✓ Näin ollen SDH järjestelmän perusnopeus on

$$S = 8000\text{Hz} * 2430 * 8\text{bit} = 155,52\text{Mbps}$$



STM–1 kehysrakenne

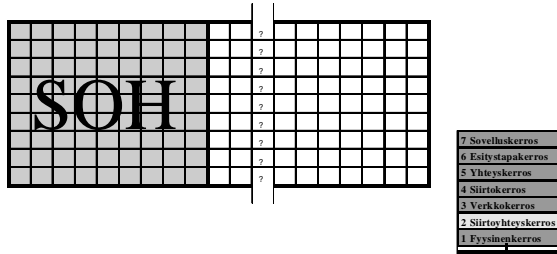
- ◆ Siirtolinjalla kehys kulkee rivi kerrallaan.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	?	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	?	534	535	536	537	538	539	540
541	542										?						809	810
811	812										?						1079	1080
1081	1082										?						1349	1350
1351	1352										?						1619	1620
1621	1622										?						1889	1890
1891	1892										?						2159	2160
2161	2162										?						2429	2430



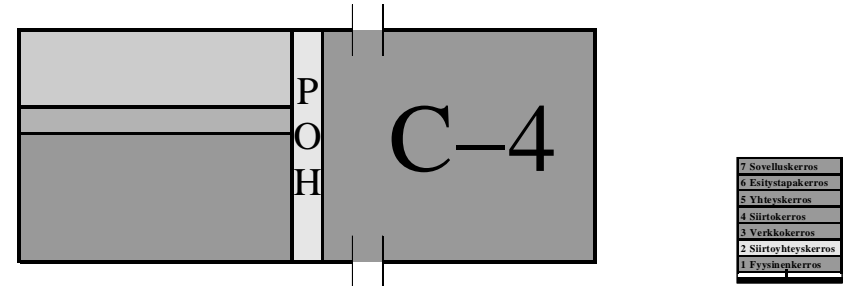
STM-1 siirto-otsikko

- ◆ STM-1 -kehiksen yhdeksän ensimmäistä saraketta muodostavat siirto-otsikon (Section Overhead)
- ◆ SOH-tavuja käytetään:
 - ✓ verkonhallintaan
 - ✓ kehyksen alun havaitsemiseen

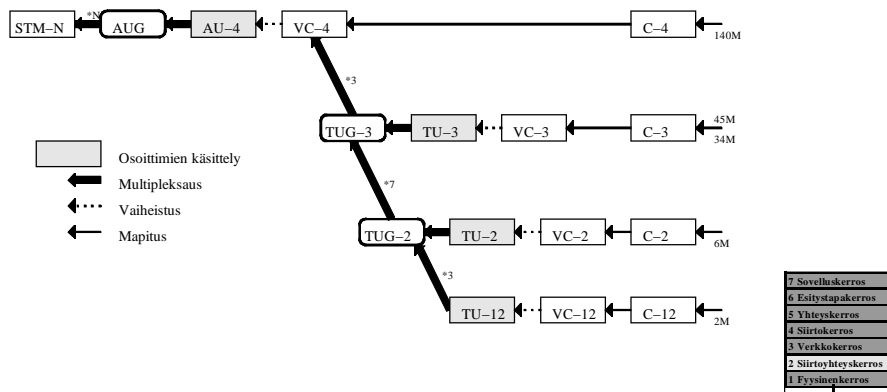


Virtuaalikontti

- ◆ Virtuaalikontti VC-4 koostuu:
 - ✓ hyötykuormasta C-4; STM-1 kehyksen 260 viimeistä saraketta
 - ✓ polkuotsikosta POH; hyötykuormaa edeltävä sarake



VC-4:n sisältö



VC-4:n sisältö

- ◆ Yhdessä VC-4:ssä voidaan samanaikaisesti kuljettaa useammanlaisia alemman nopeuden signaaleita:
 - ✓ Jos koko kapasiteetti käytetään TU-3:en kuljettamiseen, voidaan kuljettaa kolme TU-3:sta.
 - ✓ Jos koko kapasiteetti käytetään TU-2:iin, voidaan kuljettaa $3 * 7 = 21$ TU-2:sta.
 - ✓ TU-12:a puolestaan voidaan kuljettaa $3 * 7 * 3 = 63$ kappaletta yhdessä VC-4:ssä.
 - ✓ Vaihtoehtoisesti voidaan kuljettaa esim. yksi TU-3, yhdeksän TU-2:sta ja käyttä jäljellä oleva kapasiteetti $((3-1)*7-9)*3 = 15$ TU-12:n kuljettamiseen.



SDH hierarkia

- ◆ SDH–hierarkiassa on määritelty seuraavat siirtonopeudet:
 - ✓ STM–1; 155.52 Mbit/s
 - ✓ STM–4; 622.08 Mbit/s
 - ✓ STM–16; 2488.32 Mbit/s
 - ✓ STM–64; 9953.28 Mbit/s
- ◆ Ylemmän tason STM–kehukset muodostetaan multipleksaamalla neljä edellisen nopeustason kehystä (tai 16 sitä edeltävän tason kehystä jne.).

7. Sovelluskerros
6. Edistyskerros
5. Yhteyserros
4. Siirtokerros
3. Verkkoerros
2. Siirtoväyläkerros
1. Fyysinen kerros

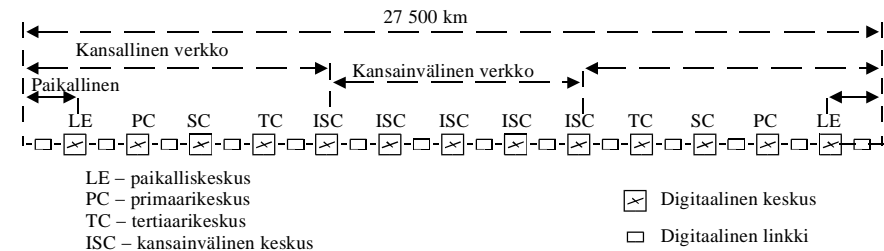
Verkot voivat olla

- ✓ Täysin synkronoituja
- ✓ Plesiochronisia
- ✓ Sekaverkkoja
 - § koostuvat synkronoiduista osaverkoista

Ajastuspoikkeamien vaikutukset

- ✓ Regeneroinnissa bittivirheitä
- ✓ Analogisten signaalien laatu heikkenee
- ✓ Luiskahduksia
 - § PCM signaalissa toistetaan tai menetetään kehys

Hypoteettinen referenssiyhteys



- ◆ **Päästä päähän ajastusvaatimuksia tarkastellaan referenssiyhteyttä vasten.**
- ◆ **Yhteysvälikohtaiset ajastusvirheet summautuvat päästä päähän yhteydellä.**

- ◆ **Synkronoimalla kansalliset verkot molemmissa päissä ajastusvirheitä vähennetään plesiochroniseen toimintaan verrattuna.**
- ◆ **Kansainväliset yhteydet ovat useimmiten plesiochronisia.**



Kuinka usein luiskahtaa

- ◆ Jos yhteyden molemmat päät on sisäisesti synkronoitu PRC – kelloihin, teoreettisesti luiskahduksia tulee noin kerran 70 päivässä.
- ◆ Referenssiyhteydellä luiskahduksia on teoreettisesti kerran $70/12 = 5.8$ päivässä tai jos kansalliset osuudet on synkronoitu kerran $70/4 = 17.5$ päivässä

» Luiskahdusvaatimus päästä päähän on kuitenkin löysempi:

Keskimääräinen luiskahdustiheys	Osuus ajasta 1v kuluessa
alle 5/ 24h	98,90 %
5/24h . . . 30/1h	alle 1%
yli 30/1h	alle 0,1%