

Laboratoriotyö 5

Tutustuminen SDH- tekniikkaan

LUETTELO KUVISTA.....	IV
LUETTELO TAULUKOISTA	V
LYHENNE- JA KÄSITELUETTELO	VI
1. JOHDANTO	1
1.1 PDH - PLESIOKRONINEN DIGITAALINEN HIERARKIA.....	1
1.2 SDH:N KEHITTÄMINEN	2
1.3 SDH:N PERUSSTANDARDIT	3
1.4 SDH:N ETUJA.....	3
2. SYNKRONINEN DIGITAALINEN HIERARKIA.....	5
2.1 STM-1 KEHYSRAKENNE	5
2.2 YLEMMÄN TASON STM-KEHYKSET	6
2.3 STM-1-KEHYKSEN RAKENTAMINEN	7
2.4 ALIYKSIKÖT ELI TU:T.....	9
2.5 STM-1-KEHYKSEN OTSIKOT	11
2.5.1 Reittiotsikko, POH(Path Overhead)	11
2.5.2 Multiplexointilaittevälin otsikko, MSOH (Multiplexer Section Overhead).....	12
2.5.3 Toistinlaittevälin otsikko, RSOH (Regenerator Section Overhead)	12
2.6 SDH:N VERKKOLAITTEET	13
2.6.1 Terminaalimultiplekseri	13
2.6.2 Regeneraattori	14
2.6.3 Add and Drop -multiplekseri.....	14
2.6.4 Ristikytentälaite.....	14
2.7 SDH-VERKON LAITEVÄLIT.....	15
2.8 STM-1:N HYÖTYKUORMAN OSOITTAMINEN JA OSOITINOPERAATIOT	16
2.8.1 AU-4-osoitin.....	17
2.8.2 TU-3-osoitin	19
2.8.3 TU-1- ja TU-2-osoittimet	19
2.8.4 TU-2:ien ketjutus.....	20
2.9 SDH-VERKON TOPOLOGIOITA JA KYTKENTÄTAPOJA.....	21
2.9.1 Päästä-päähän yhteys.....	21
2.9.2 Ketju.....	22
2.9.3 Rengas	22
2.9.4 Mesh.....	23
2.10 VIRHETILANTEET SDH:SSA TIETOA SIIRRETTÄESSÄ	23
2.11 TIEDONSIIRRON YLEINEN TARKASTELU.....	24
2.12 VIRHETARKASTELUN MÄÄRITELMIÄ	24
2.13 HÄLYTYKSET	25
2.13.1 Hälytysten seuraukset.....	26
2.14 YHTEYDEN SUOJAAMINEN.	26
2.14.1 Rengas suojaaminen	27
2.14.2 Yksisuuntaiset rengasverkot.....	27
2.14.3 Kaksisuuntaiset rengasverkot	28
2.15 VERKON SYNKRONOINTI	29
2.16 SDH-VERKKOJEN YHDISTÄMINEN JA YHTEENSOPIVUUS	30
2.17 RAJAPINTA ATM OVER SDH.....	31
3. LABORATORIOTYÖ.....	32
3.1 ESITIEDOT	32
3.2 RYHMÄ	32
3.3 YLEISTÄ.....	32
3.4 TYÖN SUORITTAMINEN.....	32

3.5	TYÖN ARVOSTELU.....	33
3.6	LABORATORIOTYÖN TAUSTA	33
3.7	SOLMUJEN KALUSTUS	34
4.	ESITEHTÄVÄT.....	35
5.	TYÖOHJEET.....	36
5.1	SDH -VERKON ALUSTUS	36
5.2	VERKON KONFIGUROINTI SYNFO NET OHJELMALLA.....	37
5.3	RISTIKYTKENNÄN MUODOSTAMINEN	39
5.4	VAIMENNUKSEN VAIKUTUS MAPITETTUUN 2MBIT/S -SIGNAALIIN.	42
5.5	2 MBIT/S -SIGNAALIN UDELLEEN REITITYKSEN TESTAAMINEN	43
5.6	VAIMENNUKSEN VAIKUTUS STM-1 SIGNAALIIN	44
5.7	STM-1 -SIGNAALIN UDELLEEN REITITYKSEN TESTAAMINEN	45
5.8	SDH -JÄRJESTELMÄN SYNKRONOINNIN TESTAUS	46
5.9	SDH -SOLMUN YLÖSNOUSUAIKA	48
6.	LOPPUKYSYMYKSET	49
7.	LÄHDELUETTELO.....	50

LUETTELO KUVISTA

KUVA 1. PDH:N MULTIPLEKSOINTI.....	1
KUVA 2. STM-1-KEHYS.....	5
KUVA 3. STM-4 KEHYSRAKENTEEN MUODOSTUMINEN.....	7
KUVA 4. STM-N MULTIPLEKSOINTIRAKENNE	9
KUVA 5. ALIYKSIKÖT	10
KUVA 6. STM-1-OTSIKKORAKENNE	11
KUVA 7. ADD AND DROP -MULTIPLEKSERI.....	14
KUVA 8. DIGITAALISEN RISTIKYTKENTÄLAITTEEN KAAVAKUVA.....	15
KUVA 9. SDH-VERKON POLKU- JA LAITEVÄLIT.....	16
KUVA 10. HYÖTYKUORMAN OSOITTAMISEN PERIAATE STM-1-KEHYKSESSÄ [7].....	17
KUVA 11. AU-4-OSOITTIMIEN KÄYTTÖ [7].....	18
KUVA 12. AU-4-OSOITTIMEN H1- JA H2-TAVUJEN RAKENNE.....	18
KUVA 13. TU-3 -OSOITINRAKENNE JA C-3 MAPITUS	19
KUVA 14. KETJUVERKKO, JOSSA 1+1 VARMENNUS	22
KUVA 15. ADM:LLA TOTEUTETTU YKSISUUNTAINEN VARMISTETTU RENGAS-VERKKO	22
KUVA 16. MESH-VERKKOTOPOLOGIAN PERUSAJATUS	23
KUVA 17. KAKSIKUITUINEN YKSISUUNTAINEN REITTIKYTKETTY RENGAS [6].....	28
KUVA 18. KAKSIUUNTAINEN LINJAKYTKETTY RENGAS [6].....	28
KUVA 19. KELLOSIGNAALIEN HIERARKKINEN RAKENNE	29
KUVA 20. ATM-SOLUT SDH-KEHYKSESSÄ	31
KUVA 21. KÄYTÖSSÄ OLEVA LAITTEISTO	33
KUVA 22. KAAPELINVENTOSUUNNITELMA	37
KUVA 23. ALUEEN JA KÄYTETTÄVIEN SOLMUJEN MÄÄRITYS	38
KUVA 24. SIGNAALITASON MONITOROINTI.....	40
KUVA 25. RISTIKYTKENNÄN EDITOINTI	41
KUVA 26. APS -MITTAUS	44
KUVA 27. SOLMUN SYNKRONOINTI-IKKUNA.....	46
KUVA 28. SIGNAL STRUCTURE -TYÖKALUVALIKKO	47

LUETTELO TAULUKOISTA

TAULUKKO 1. STM -TASOJEN BITTINOPEUDET.....	3
TAULUKKO 2. REITTIOTSIKON TAVUT JA NIIDEN FUNKTIOT YKSITYISKOHTAISESTI.....	11
TAULUKKO 3. MULTIPLEKSOINTILAITEVÄLIN OTSIKON TAVUT JA NIIDEN FUNKTIOT YKSITYISKOHTAISESTI:	12
TAULUKKO 4. TOISTINLAITEVÄLIN OTSIKON TAVUT JA NIIDEN FUNKTIOT YKSITYISKOHTAISESTI.....	13
TAULUKKO 5. KÄYTÖSSÄ OLEVA LAITTEISTO.....	33
TAULUKKO 6. SOLMUJEN EROAVAISUUDET	34
TAULUKKO 7. VAADITTAVAT YHTEYDET	36
TAULUKKO 8. ALUEEN MÄÄRITYKSET.....	38
TAULUKKO 9. SOLMUJEN ID-KOODIT	39

LYHENNE- JA KÄSITELUETTELO

- ADM** Add-Drop Multiplexer
Syöttö-Pudotusmultiplexer; syöttö-pudotuskanavointilaite. Alemman tason kanavat liitetään yhteen tai haaroitetaan suoraan ylimmiltä tasoilta käsin. Alemman tason signaali saadaan näin siis liitettyä (l. lisättyä) ylemmän tason signaaliin tai pudotettua (l. erotettua) se siitä.
- AIS** Alarm Indication Signal
Signaalirakenne, joka lähetetään eteenpäin, kun SDH-laite on hälytystilassa.
- APS** Automatic Protection Switching
Automaattinen varmistuskytkentä, joka toteuttaa yhteyden tai yhteyden osan varmistuksen automaattisesti.
- Asynkroninen mapitus** SDH-mapitus, jossa käytetään tasausbittejä.
- ATM** Asynchronous Transfer Mode
Asynkroninen siirtomuoto, jossa data pilkotaan määrämuotoisiin paketteihin.
- AU** Administrative Unit (AU-n, n=3..4)
Hallintayksikkö; ryhmäyksikkö, johon sisältyy kontti VC-n (n=3,4) ja hallinnallinen AU-osoitin. AU-osoitin osoittaa VC-n:n vaiheen ja sijainnin bittivirrassa STM-1 -kehyksen suhteen. AU-n:n sijainti on kiinteä STM-1 -kehykseen nähden.
- AU-osoitin** AU-pointer
Ylemmän tason virtuaalikonttiin sen sisältämien tietojen paikantamista varten liitettävä osoitin.
- AUG** Administrative Unit Group
Hallintayksikkö tai hallintayksiköiden muodostama kokonaisuus, jolla

kiinteä sijainti STM-1 -kehyksessä. Voi sisältää joko kolme AU-3:ta tai yhden AU-4:n.

- BBE** Background Block Error
Taustalohkovirhe. Taustalohkovirheitä ovat sellaiset virheelliset lohkot, jotka eivät tapahdu osana SES:iä.
- C** Container (C-n, n=1..4)
Kontti. Määrämuotoisen hyötykuorman muodostama STM-1 -kehysten rakenneosana. Kontti on ilman otsikkotietoja oleva kehysten osa.
- CCITT** Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique
ITU-T:tä edeltävä maailmanlaajuinen puhelin- ja lennätinalan standardointijärjestö.
- DCC** Data Communications Channel
Datakanava; datakommunikointikanava. Siirto-otsikkoon sisältyvä kanava, jota käytetään verkohallinnassa tarvittavaan tietoliikenteeseen hallintajärjestelmien ja verkkoelementtien välillä. STM-1 -kehyksessä on kaksi datakanavaa: DCCM, joka muodostuu yhdeksästä multipleksointiosuuden otsikkoon kuuluvasta tavusta ja DCCR, joka muodostuu kolmesta toistinosuuden otsikkoon kuuluvasta tavusta.
- DEG** Degraded Signal
Huonontunut signaali. SDH-järjestelmän hälytys, joka annetaan, kun vastaanotetussa datassa on liikaa virheitä.
- DXC** Digital Cross-Connect Equipment
Digitaalinen ristikytkentälaitte; SDH-ristikytkentälaitte, jolla voidaan yhdistää virtuaalikontteja ja kytkeä ne haluttuun SDH - tai PDH -liitäntään.
- EB** Error Block
Virheellinen lohko. Virhetapahtuma, jossa vastaanotettu BIP -koodi on ristiriidassa sen tarkkaileman datan kanssa.

EPS	Equipment Protection Switching Laite varmistuskytkentä, joka toteuttaa yhteyden varmistamisen moninkertaistamalla käytettyjen korttien määrä.
ES	Error Second Virheellinen sekunti. Tiedonsiirron laadun mittaamiseen käytetty yksikkö.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute Eurooppalainen telealan standardointijärjestö.
G.703	ITU-T:n suositus: fyysiset ja sähköiset ominaisuudet asynkronisille digitaalisen hierarkian liitännöille. Sisältää myös synkronisten johtolaitteiden sähköisen liitännän STM-1 -standardin.
G.707	ITU-T:n suositus: SDH:n bittinopeudet
G.708	ITU-T:n suositus: SDH:n NNI.
G.709	ITU-T:n suositus: SDH:n kanavointirakenne.
G.826	ITU-T:n suositus: Määrittelee siirtoyhteyden suorituskykyparametrit sekä rajat eri virhetapahtumille.
Hyötykuorma	Payload informaatio, joka siirtojärjestelmän tai sen osan pitää välittää vastaanottajalle.
ITU-T	International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization Sector Kansainvälinen Televiestintäliitto.
LOF	Loss Of Frame Kehyksen menetys. Virhetilanne, joka aiheutuu, kehyksen sijainnin osoittavia tavuja ei voida tietyn ajan kuluessa tunnistaa vastaanotettavasta bittivirrasta.

LOP	Loss Of Pointer Osoittimen menetys. Virhetilanne, joka aiheuttaa tietyn määrän peräkkäisiä tunnistamattomia osoittimen arvoja.
LOS	Loss Of Signal Signaalin menetys. SDH-järjestelmän hälytys, joka annetaan, kun SDH-laite ei pysty vastaanottamaan tarpeeksi optista tehoa.
MS	Multiplex Section Multipleksointiosuus; kanavointiosuus. Kaksi multiplekseriä tai multiplekserin ja ristikytkentälaitteen yhdistävä osuus. Multiplekseri voi olla päätemultiplekseri tai syöttöpudotusmultiplekseri.
MSOH	Multiplex Section Overhead Multipleksointiosuuden otsikko. Siirto-otsikon rivien 5-9 muodostama osa. Multipleksointiosuuden otsikkoa käytetään multipleksointiosuuden multiplekserien tai ristikytkentälaitteiden väliseen yhteydenpitoon sekä tiedonsiirron ohjaukseen ja valvontaan.
NNI	Network Node Interface Verkon solmukohdan rajapinta.
Osoitin	Pointer Signaalin rakenneosa, jonka avulla tarvittavat signaaliin sisältyvät tiedot voidaan paikantaa.
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy Plesiokroninen digitaalinen hierarkia. Digitaalinen kanavointijärjestelmä, jossa signaaleilla on nimellisesti sama ajatus. Täysi synkronismi on voimassa vain rajoitetuilla yhteysväleillä tai verkon osilla, mutta koko verkkoa kattavaa synkronismia ei ole toteutettu. Kreikan sana plesiokroninen tarkoittaa "melkein synkroninen".
POH	Path Overhead Polkuotsikko; reittiotsikko. Jokainen virtuaalikontti VC-n sisältää

reittiotsikon, jossa on kontin osoite ja tietoa kontin sisällöstä. Reittiotsikkoa tarvitaan erilaisiin yhteydenhallintatehtäviin, mm. virheentarkistukseen.

PRC Primary Reference Clock
Korkeamman tason kellosignaali. Kellosignaali, jota käytetään tarkimpana kellosignaalina SDH-solmun synkronoinnissa ja se noudattaa ITU-T:n suositusta G.811. Tämä suositus määrittää kellon tarkkuudeksi $1 \cdot 10^{-11}$.

RDI Remote Defect Indicator
Kaukopään vikailmoitus. Palautesignaali, joka ilmoittaa verkkoelementille, että sen lähettämä signaali on vastaanotettaessa osoittautunut niin virheelliseksi, siirron onnistuminen on tarkistettava lisätoimenpitein.

REI Remote Error Indication
Kaukopään virheilmoitus. Palautesignaali, joka ilmoittaa verkkoelementille sen lähettämässä signaalissa havaittujen virheiden määrän. Kaukopään virheilmoitus välitetään verkkoelementeille riippumatta siitä, kuinka paljon virheitä on havaittu.

RS Regenerator Section
Toistinosuus; regeneraattoriosuus. Kaksi toistinta, multiplekserin ja toistimen tai ristikytkentälaitteen ja toistimen yhdistävä osuus.

RSOH Regenator Section Overhead
Toistinosuuden otsikko; regeneraattoriosuuden otsikko. Siirto-otsikon rivien 1-3 muodostama osa. Toistinosuuden otsikkoa käytetään multiplekserien, ristikytkentälaitteiden ja toistimien väliseen yhteydenpitoon sekä tiedonsiirron ohjaukseen ja valvontaan.

SDH Synchronous Digital Hierarchy
Synkroninen digitaalinen hierarkia. ITU-T:n suositusten mukainen televerkkojen tiedonsiirtotekniikka, jossa käytetään hyväksi synkronista kanavointia.

- SEC** Synchronous Equipment Clock
Kellosignaali, joka noudattaa ITU-T:n suositusta G.813.
- SES** Severely Errored Signal
Tiedonsiirron laadun mittaamiseen käytetty yksikkö, ES:n alajoukko.
- SOH** Section Overhead
Siirto-otsikko; osuuden otsikko. STM-1 -kehysten 9 ensimmäisen sarakkeen muodostama osa. Siirto-otsikko koostuu toistinosuuden ja multipleksointiosuuden otsikoista sekä AU-osoittimesta (AU-4).
- SONET** Synchronous Optical Network
Yhdysvaltalainen standardi, jonka pohjalta SDH on suunniteltu.
- SSM** Synchronization Status Message
Synkronoinnin tilan viesti osa S1-tavua ja se ilmoittaa naapuriverkkoelementeille kellon statuksen.
- SSU** Synchronization Supply Unit
Kellosignaali, joka noudattaa ITU-T:n standardia G.812.
- STM** Synchronous Transfer Module
SDH:n synkroninen kuljetusmoduuli; STM-signaali. STM-N -kehysten rakenteen mukainen signaali.
- STM-1 -kehys** STM-1 frame
STM-1 on 9*270 tavun kaksiulotteinen taulukkona kuvattava signaalirakenne, jota käytetään perusnopeuksisten signaalien kuljettamiseen SDH-verkossa. Perusrakenneosa, johon sisältyy joko yksi hallintayksikkö AU-4 tai useita yksiköitä AU-3 yhdessä siirto-otsikon SOH:n kanssa.
- STM-N -kehys** STM-N frame
N:stä STM-1 -kehyksestä muodostettu signaalirakenne. Käytännössä N voi saada arvon 1, 4, 16 tai 64.

- TM** Terminal Multiplexer
- Päätemultiplekseri; päätekanavointilaite, joka kanavoi tulevat signaalit STM-N -kehykseen ja poistaa siitä.
- TU** Tributary Unit (TU-n, n=1...3)
- Alijärjestelmäyksikkö, aliyksikkö. Alemman tason virtuaalikontin ja aliyksikön osoittimen muodostama STM-1 -kehyksen rakenneosana. AU:n ja TU:n ero on siinä, että AU:ita voidaan ristikytkeä verkkoon ja siirtää STM-1:ten välillä, kun taas TU on kehyksen sisäinen yksikkö, jota ei voida siirtää STM-1:ten välillä ilman ylempään tason AU:ta.
- TUG** Tributary Unit Group (TUG-n, n=2,3)
- Alijärjestelmäryhmä; alijärjestelmäyksikköryhmä; aliyksikköryhmä (SDH-kanavointihierarkian osa). Alijärjestelmäyksikkö (TU) tai ryhmä identtisiä alijärjestelmäyksiköitä. Alijärjestelmäyksiköitä on kahta tyyppiä: TUG-2 ja TUG-3.
- UAS** Unavailable Second
- Epäkäytettävyys sekunti. Tiedonsiirron laadun mittaamiseksi käytetty yksikkö. Jos tapahtuu UAS, tietoliikenneyhteys ei pysty siirtämään dataa.
- VC** Virtual Container (VC-n, n=1...4)
- Virtuaalikontti. Polkuotsikon ja kontin muodostama STM-1 -kehyksen perusrakenneosana. VC:tä on kahta eri tyyppiä: Alemman tason virtuaalikontti (LOVC, Low Order Virtual Container), joka sisältää kontin C-n (n=1,2,3) ja polkuotsikon (POH). Tällaista VC:tä voidaan käyttää STM-1 kehyksessä vain ryhmiksi koottuina. Ylempään tason virtuaalikontti (HOVC, High Order Virtual Container), jota voidaan käyttää STM-1 kehyksessä ilman muita virtuaalikontteja. Ylempään tason virtuaalikontti voi koostua yhdestä kontista (V-4, V-3) ja polkuotsikosta tai alijärjestelmäryhmästä (TUG-2, TUG-3) ja polkuotsikosta

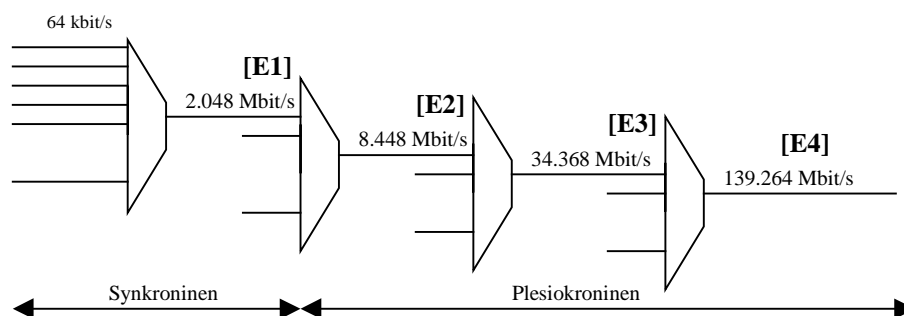
1. JOHDANTO

SDH:n määritelmä: The SDH (Synchronous Digital Hierarchy) is a hierarchical set of digital transport structures, standardised for the transport of suitably adapted payloads over physical transmission networks [1].

Suomennettuna: SDH on digitaalisten siirtorakenteiden jäsenely joukko, joka on standardisoitu sopivasti adaptoitujen hyötykuormien siirtoon fyysisten siirtoverkkojen kautta.

1.1 PDH - Plesiochroninen Digitaalinen Hierarkia

Ennen varsinaiseen SDH:n siirtymistä on hyvä käydä lävitse tilanne ennen SDH:ta. SDH:n edeltäjänä oli Plesiochroninen Digitaalinen Hierarkia eli PDH. PDH esiteltiin 70-luvulla yhdessä siirtoverkkojen digitalisoinnin kanssa ja on tarkoitettu lähinnä puhelinliikenteen käyttöön. PDH:n perussiirtonopeus on 2.048 Mbit/s (E1), joka muodostuu 30:stä 64 kbit/s :n äänikanavasta. Tämä E1 signaali sitten multipleksoidaan PDH verkoissa 8.448 Mbit/s (E2) kautta 139.264 Mbit/s :n (E4) signaaliksi, jossa on yhteensä 1920 multipleksoitua äänikanavaa. E4 signaalin multipleksointi E5:ksi eli 565 Mbit/s signaaliksi esiteltiin 90-luvun alussa mutta se ei saanut suurta suosiota jo laajalle levinneen SDH:n vuoksi. Nimestään huolimatta PDH on osittain synkroninen nimittäin 2.048 Mbit/s nopeuteen asti, joten 30 äänikanavaa multipleksoituvat synkronisesti E1:ksi.



Kuva 1. PDH:n multipleksointi

PDH:ssa on kuitenkin rajoituksia. Ensinnäkin jokaisen sisäänmenon tiedonsiirtonopeuden samassa multiplekserissä tulee olla vain karkeasti ottaen sama (kyse on E1 signaalien multipleksoinnista E2:ksi jne.). Tästä seuraa multipleksointia haittaava paikallisen kellon ja jokaisen linjan kellon välisestä erosta johtuva satunnainen bittien päällekkäisyys, joka korjataan käyttämällä täyttöbittejä. Tämä taas vaatii osoitteen jokaiselle täyttöbitille ja on äärimmäisen raskasta. Multipleksoinnissa on myös raskasta se, että saadaksesen yhden 64 kbit/s signaalin ulos multipleksoidusta signaalista, koko signaali on demultipleksoitava alimmalle tasolle asti ja tämä tuo mukanaan kaksinkertaiset kulut koska signaali on multipleksoitava takaisin suuremmalle siirtonopeudelle. PDH on myös point-to-point hierarkia, jossa jokaiselle vaadittavalle yhteydelle on oltava oma fyysinen yhteys, eikä tilaa jää esimerkiksi systeemin hallintaan ja verkkojen väliset yhteydet muodostuvat monimutkaisiksi käytettäessä useita eri lähiverkkoja. Tämänlaisessa verkossa on myös erittäin rajoittunut verkon hallinta sekä huollon tukimahdollisuus koska käytännössä plesiochronisessa kehyksessä ei ole vapaita bittejä. Oman ongelmansa muodostaa myös eri valmistajien omat verkkolaitteet, mikä käytännössä tarkoitti sitä, että vuorovaikutus eri valmistajien verkkojen välillä on mahdotonta. Muutamalla sanalla sanoen PDH on erittäin huonosti joustava ja kallis tiedonsiirtotekniikka. Tarve nopeammalle, joustavammalle ja taloudellisemmalle tiedonsiirtotekniikalle oli olemassa.

1.2 SDH:n kehittäminen

SDH:ta standardisoitaessa on pohjana käytetty yhdysvaltalaisista tiedonsiirtotekniikkaa SONET:a, jonka periaate esiteltiin Bellcore:n laboratoriossa 1984. SONET:n päämäärinä olivat: helpottaa multipleksointia, hallita plesiochronisia järjestelmiä, normalisoida optiset rajapinnat, parantaa optisen verkon hallintaa ja varmistaa sulava siirtyminen ATM verkkoon. Varovaisesti voitaisiin sanoa, että PDH on SONET johon on lisätty PDH-bittinopeudet 2 Mbit/s ja 34 Mbit/s.

Varsinainen työskentely SDH-standardin saamiseksi aloitettiin CCITT:ssa kesäkuussa 1986 tavoitteinaan luoda maailmanlaajuinen standardi synkronisille tiedonsiirtojärjestelmille ja jota käyttäen verkko-operaattorit voisivat rakentaa joustavia ja taloudellisia verkkoja. Joulukuussa 1988 ensimmäiset SDH standardit

hyväksyttiin – G.707, G.708 ja G.709. Tämänhetkistä SDH standardien kehittämistyötä tehdään kahdessa standardoimiskomiteassa: ITU-T:ssa ja ETSI:ssa.

1.3 SDH:n perusstandardit

Suositus G.707 määrittelee SDH-tekniikan bittinopeudet eri STM-N signaaleille, kehysrakenteet eri STM-N signaaleille, PDH ja ATM elementtien mapituksen ja multipleksoinnin STM-N kehykseen.

Taulukko 1. STM -tasojen bittinopeudet

STM-1	155 520 kbit/s
STM-4	622 080 kbit/s
STM-16	2 488 320 kbit/s
STM-64	9 535 280 kbit/s

Suositus G.708, Network Node Interface for the Synchronous Digital Hierarchy, määrittelee verkkosolmun sijainnin verkossa, siirtokehyksen rakenteen (STM-1 ja sen elementit), otsikkotavujen käytön siirtokehysessä sekä STM-N-rakenteen ja STM-1-kehyksen kanavoimisen siihen.

Suositus G.709, Synchronous multiplexing structure, määrittelee eurooppalaisen ja pohjoisamerikkalaisen hierarkian mukaisten signaalien muodostustavat STM-1-kehykselle [2]. Sen avulla lisätään ja vähennetään hyötykuormalle varattua tilaa siten, että SDH:n bittitaajuudesta poikkeavat signaalit (asynkroniset tai plesiokroniset signaalit) saadaan siirrettyä SDH-järjestelmän kautta [3].

1.4 SDH:n etuja

SDH:n avulla saatiin huomattavia parannuksia PDH:n verrattuna. Ensimmäkin SDH-standardien periaatteet suorasta synkronisesta multipleksoinnista ovat avain taloudelliseen ja joustavaan tiedonsiirtojärjestelmään. Tämä tarkoittaa sitä, että yksittäinen alemman tason signaali voidaan multipleksoida suoraan korkeamman bittinopeuden omaavaan SDH-signaaliin ilman välillisiä multipleksointeja. SDH

verkkoelementit voidaan liittää ”suoraan” käytössä olevaan verkkoon, mikä tuo myös huomattavia säästöjä.

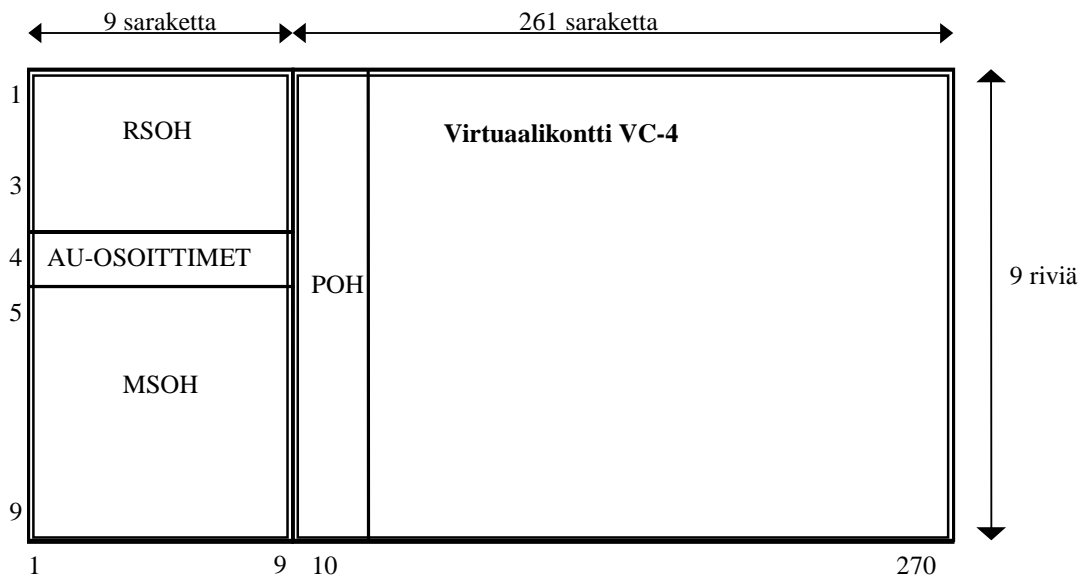
SDH:ssa on myös ajateltu verkon hallintaa ja ylläpitoa, joten noin 5% SDH:n signaalirakenteesta on määritelty tukemaan näiden proseduurien käyttöä.

SDH signaalissa pystyy myös kuljettamaan kaikkia mahdollisia alijärjestelmäsignaaleja (TU), joita käytetään tämän hetken tietoliikenneverkoissa. Tämän vuoksi se on helppo ottaa käyttöön jo käytössä oleviin verkkoihin, joissa SDH:n avulla saadaan aikaiseksi suurempi joustavuus.

2. SYNKRONINEN DIGITAALINEN HIERARKIA

2.1 STM-1 kehysrakenne

Informaation siirto SDH:ssa perustuu STM-1 kehysrakenteeseen. Kaikki siirrettävä data järjestetään 155.52 Mbit/s kehyksiin, joissa sijaitsee myös kaikki osoitetietous. STM-1 kehyksen rakenne muodostuu 270 pystysarakkeesta ja 9 vaakarivistä, joista kukin sisältää yhden tavun (kahdeksan bittiä). Koko kehyksen bittimääräksi saadaan $270 \text{ pystysaraketta} * 9 \text{ vaakariviä} * 8 \text{ bittiä} = 19\,440 \text{ bittiä}$. Kehystä luetaan vaakarivi kerrallaan vasemmalta oikealle ja ylhäältä alas 8000 kertaa sekunnissa, joka on sama kuin 64 kbit/s –kanavan näytteenottotaajuus. Yhden kehyksen ajaksi saadaan siten $125 \mu\text{s}$. Tästä voidaan laskea bittinopeudeksi $19\,440 \text{ bittiä} / 125 \mu\text{s} = 155.52 \text{ Mbit/s}$.



Kuva 2. STM-1-kehys

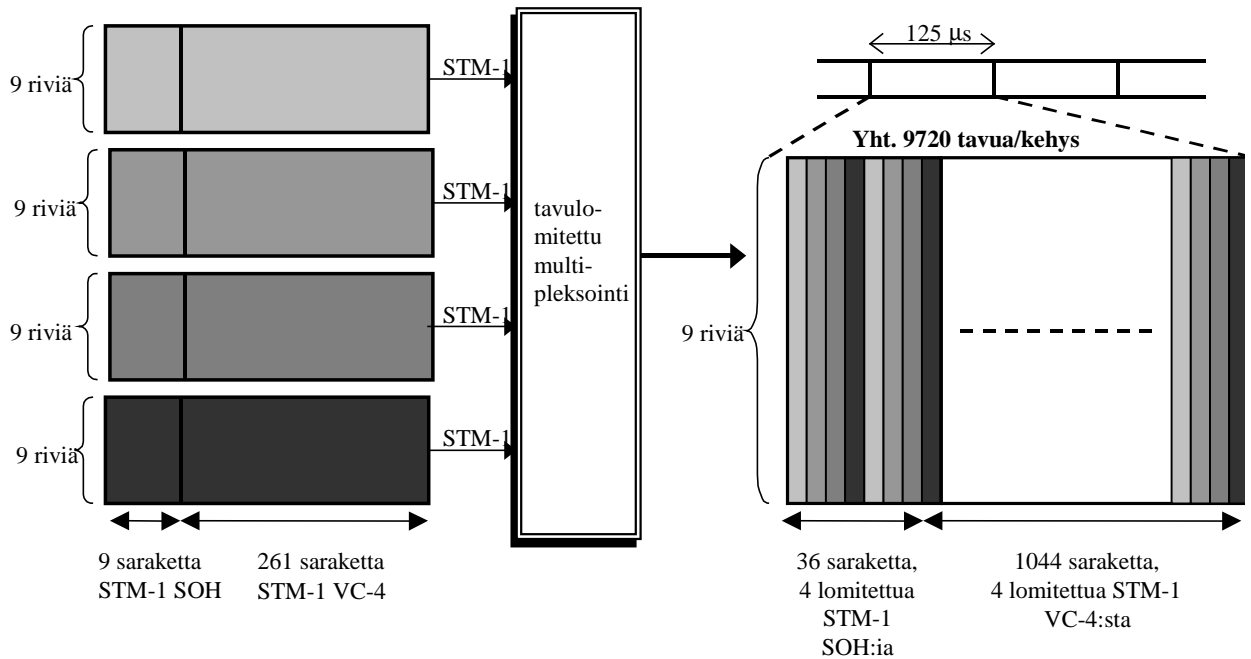
Kehyksen yhdeksän ensimmäistä saraketta muodostavat otsikkoalueen, SOH. Otsikkoalueen tavuja käytetään mm. verkonhallintaan, kehyksen alun havaitsemiseen, hyötykuorman alkamispaikan osoittamiseen ja virhetilanteiden havaitsemiseen. Siirto-otsikon kolme ylintä riviä muodostavat toistinlaitevälin otsikon RSOH ja alueen viisi alinta riviä muodostavat multipleksointilaitevälin

otsikon MSOH. Neljännellä rivillä sijaitsevat AU-osoittimet eli AU-pointterit. Euroopassa käytössä olevassa hierarkiassa on standardoituna ainoastaan AU-4-osoitin.

Viimeiset 261 saraketta muodostavat VC-4:n eli virtuaalisen kontin. Tämä taasen jakaantuu kahteen osaan eli reittiotsikkoon (POH) ja hyötykuormaan (C-4). Reittiotsikko on virtuaalikontin ensimmäinen eli koko STM-1 kehyksen kymmenes sarake. Se sisältää hälytys- ja huoltotietoja sekä reititystietoja päästä-päähän yhteyksille. Se generoidaan siinä solmussa, jossa hyötykuorma saapuu SDH-verkkoon. Reittiotsikko reititetään aina hyötykuormansa kanssa ja se puretaan vasta siinä solmussa, jonka kautta hyötykuorma poistuu SDH-verkosta.

2.2 Ylemmän tason STM-kehukset

Tarvittaessa suurempaa kuin 155.520 Mbit/s –siirtokapasiteettia voidaan käyttää ylempien STM-tasojen tarjoamia siirtonopeuksia. Multipleksoimalla tavulomituksella STM-1-kehyksistä voidaan rakentaa STM-1-kehyksen bittinopeuden moninkertoja. Ylempien nopeuksien ollessa alempien tarkkoja moninkertoja, sekä multipleksointi että purkaminen ovat yksinkertaisia operaatioita. Edes osoittimien käsittelyä ei tarvita. Tavulomitus tarkoittaa sitä, että kustakin alijärjestelmästä poimitaan yksi tavu kerrallaan SDH:n tapauksessa kuitenkin lomitetaan yksi sarake kerrallaan. Eli STM-4 signaalin ensimmäinen sarake on ensimmäisen STM-1 signaalin ensimmäinen sarake, STM-4 signaalin toinen sarake on toisen STM-1 signaalin ensimmäinen sarake jne. Näin jatketaan kunnes kaikki sarakkeet on lomitettu.



$$9720 \text{ tavua/kehys} * 8 \text{ bittiä/tavu} * 8000 \text{ kehystä/s} = 622.08$$

Kuva 3. STM-4 kehysrakenteen muodostuminen

STM-16 signaali multipleksoidaan samalla tavalla neljästä STM-4 signaalista. Vain ensimmäisen STM-1-kehysosan otsikkoa (SOH) käytetään koko korkeamman tason siirtokehysosan monitorointiin. Jokaisella STM-1-kehyksellä on kuitenkin oma tunnisteensa otsikossa. Vaikka nopeus on nyt nelinkertaistunut alkuperäiseen verrattuna, jokainen alemman STM-kehysosan tavu on edelleen suoraan osoitettavissa hierarkian ylemmän nopeuden kehyksessä.[4] Esimerkiksi STM-16 kehysosasta päästään tarvittaessa helposti lukemaan ja kirjoittamaan tietty 2 Mbit/s aikaväli. Jopa yksittäinen 64 kbit/s puhekanava on suoraan osoitettavissa, mikäli siirrettävä 2 Mbit/s signaali on tavusynkronisesti mapitettu SDH-kehysosaan.

2.3 STM-1-kehysosan rakentaminen

Kehysosan tärkein yksikkö on virtuaalikontti VC-4, joka siis koostuu kontista(C-4) ja reittiotsikosta (POH). Kontti on tarkoitettu tukemaan erilaisten alijärjestelmäsignaalien kuljetusta SDH-verkossa. Se tarjoaa 2340 tavun koollaan 149.76 Mbit/s siirtonopeuden, joka on suunniteltu erityisesti 140 Mbit/s alijärjestelmäsignaalien siirtoa varten.[5]

STM-N -kehyyksen rakentaminen on monimutkainen prosessi, joka käsittää mapittamista, multipleksointia sekä erilaisten otsikoiden asettamista kehykseen. Parasta on kuitenkin aloittaa aivan alusta.

Ensimmäiseksi alijärjestelmäsignaali kehystetään. Tällöin signaalista muodostuu kontti C (Container), joissa varsinainen tiedonsiirto SDH-verkoissa tapahtuu. Jotta taattaisiin yhdenmukaisuus kaikille SDH:n siirtomahdollisuuksille, hyötykuoren (kontin) koko jokaiselle erilliselle alijärjestelmäsignaalille on hieman suurempi kuin alijärjestelmäsignaalin varsinainen koko. Kehystämisesä alkuperäistä signaalia kasvatetaan bittipohjaisella positiivisella tasauksella määrättyyn kiinteään nopeuteen. Tällä bittinopeuden sovittamisella signaalista saadaan synkroninen. Esimerkiksi 140 Mbit/s alijärjestelmäsignaali täytyy synkronoida konttiin, jonka siirtonopeus on 149.76 Mbit/s.

Seuraavaksi konttiin lisätään reittiotsikko eli POH (Path Overhead). Tällöin siitä viimeinkin muodostuu virtuaalikontti VC. Virtuaalikontti muodostaa SDH-verkossa läpinäkyvän kanavan. Koko prosessia, jossa alijärjestelmäsignaali pakataan virtuaalikonttiin, kutsutaan mapitukseksi.

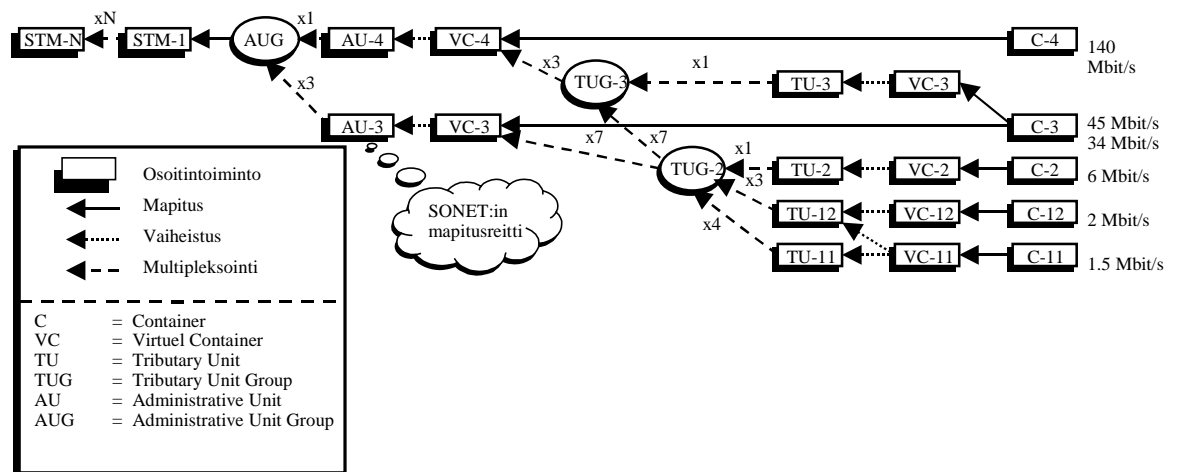
Mapituksen jälkeen alemman tason virtuaalikontille määritellään vaihe ylemmän tason virtuaalikonttiin nähden. Virtuaalikontin sijainnin määrittäminen tehdään ennen multipleksointia ylempään virtuaalikonttiin. Tieto sijainnista sijoitetaan TU-osoittimeen. Virtuaalinen kontti ja TU-osoite yhdessä muodostavat aliyksikön eli TU:n (Tributary Unit).

Aliyksikön määrittämisen jälkeen useita aliyksiköitä multipleksoidaan aliyksikköryhmäksi eli TUG:ksi. Tämän jälkeen määritellään VC-4:n sijainti suhteessa STM-1-kehykseen. Tieto tästä sijainnista sijoitetaan AU-4 osoittimeen. Virtuaalikontti VC-4 ja AU-4-osoitin muodostavat yhdessä AU-4-hallintayksikön (Administrative Unit). AU-4-osoitin on aina kiinteässä paikassa STM-kehyyksessä.

VC-4:n sijainti sen sijaan suhteessa STM-kehyykseen on kelluva. Tämä tarkoittaa sitä, että VC-4 voi liukua STM-kehyykseen nähden. Tästä johtuen yksi VC-4 voi sijaita kahdessa peräkkäisessä STM-1-kehyyksessä. Samalla tavoin alemman tason virtuaalikontit voivat liukua VC-4:n sisällä Ennen lopullista STM-1-kehyyksen

sijoittamista muodostetaan hallintayksikköjen ryhmä AUG (Administrative Unit Group), joka on suoraan multipleksoitavissa vastaavan kokoiseen STM-kehukseen.

Lopuksi AUG:n lisätään multipleksointilaittevälin otsikko, MSOH (Multiplexer Section Overhead) ja toistinlaittevälin otsikko, RSOH (Regenerator Section Overhead), jolloin saadaan lopullinen STM-1-kehys. Näitä voidaan sitten tarpeen vaatiessa multipleksoida korkeamman tason STM-N-kehysiksi. Ohessa vielä kuva STM-N:n multipleksointirakenteesta.

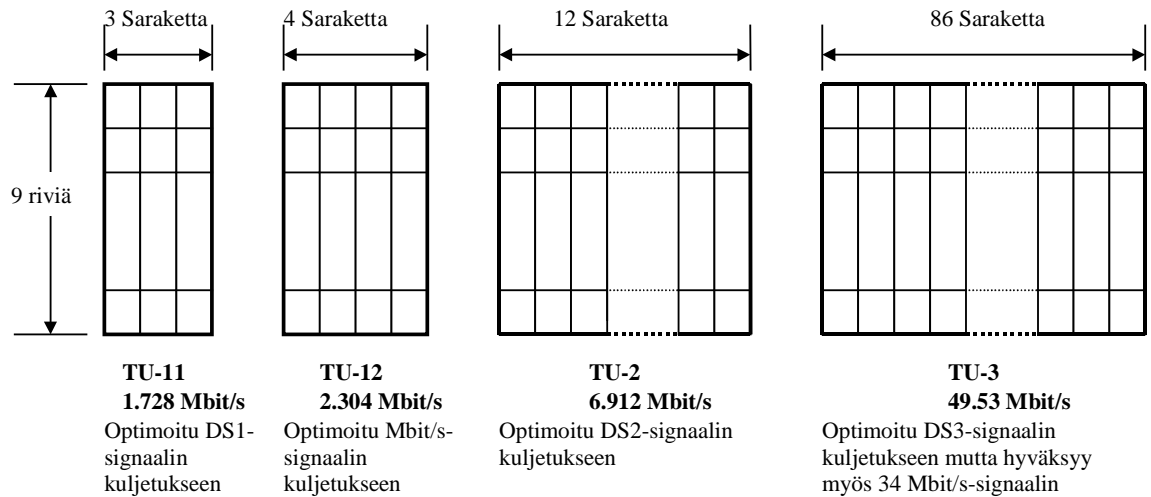


Kuva 4. STM-N Multipleksointirakenne

2.4 Aliyksiköt eli TU:t

Alempien alijärjestelmäsignaalien, muut kuin 140 Mbit/s-signaali, sijoittamiseen STM-kehukseen tarvitaan aliyksiköitä TU, kuten edellä mainittiinkin. TU:t on tarkoitettu tukemaan konttien kytkemistä ja kuljetusta, joiden kapasiteetti on selvästi pienempi kuin VC-4:n kapasiteetti. TU-kehys on suunniteltu sopimaan siististi STM-kehukseen, mikä on omiaan helpottamaan multipleksointia.

TU-kehys on neljä rilaista: TU-11, TU-12, TU-2 ja TU-3. Ja ne on esitelty kuvassa 5. siirtokapasiteetteineen, kokoineen ja kehyskuvineen.



Kuva 5. Aliyksiköt

Erikokoisia TU:ta voi multipleksoida yhteen VC-4-konttiin seuraavanlaisesti: 84 kappaletta TU-11:a, 63 kappaletta TU-12:a, 21 kappaletta TU-2:a ja 3 kappaletta TU-3:a. Mikään ei tietenkään estä multipleksoimasta erilaisia TU:ta samaan VC-4:ään, ylittämättä kuitenkin VC-4:n kapasiteettia ja ottaen huomioon TUG-rakenteet.

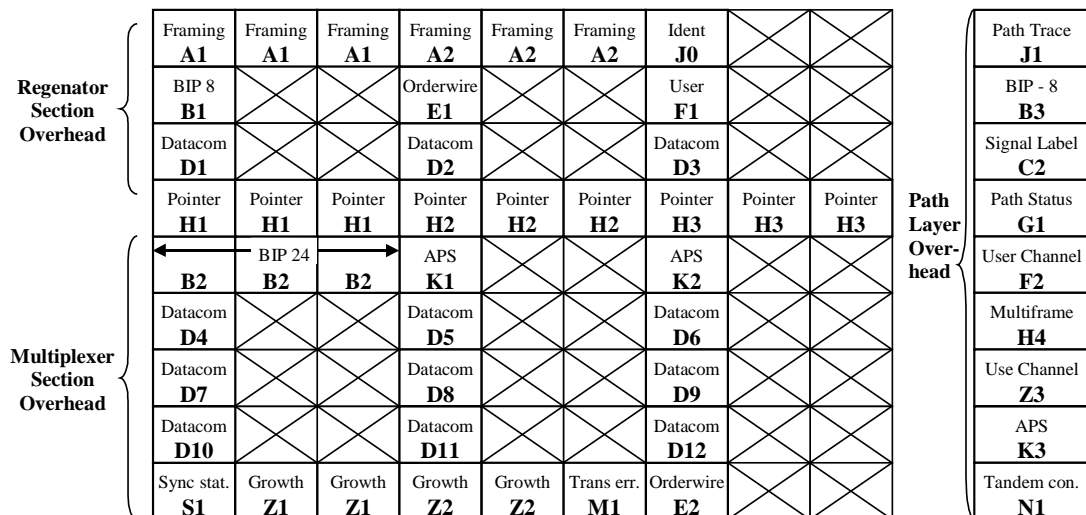
TU:n kehysrakente muistuttaa minitiedonsiirtokehysrakennetta. Se luodaan mapittamalla alemman tason alijärjestelmäsignaali TU:n "konttiin" eli alijärjestelmäsignaaliin lisätään alemman tason reittiotsikko (Low Order Path Overhead), jotta voitaisiin luoda TU:n virtuaalikontti (VC-11, VC-12, VC-2 tai VC-3, riippuen TU-tyypistä). Tämän jälkeen virtuaalikontti linkitetään TU-kehukseen TU-pointterilla.

TU:illa on kaksi erilaista toimintatapaa "kelluva" ja "lukittu". Kelluva tapa on suunniteltu minimoimaan verkon viivettä ja takaamaan tehokkaat signaalien ristiytykennät TU-tasolla. Tämä on saavutettu sallimalla jokaisen TU:n kellua VC-4:en välillä. Tästä johtuen jokainen TU tarvitsee myös edellämämainitun pointterinsa.

Lukittu tapa on suunniteltu erityisesti minimoimaan rajapinnan monimutkaisuutta ja 2 Mbit/s-signaalien massakuljetukseen päästä päähän yhteyksillä. Tämä on saatu aikaan "lukitsemalla" yksittäiset TU:t määrättyihin paikkoihin VC-4:ssä. Pointtereita ei tästä syystä käytetä. Tämä toisaalta saa sen aikaiseksi, että lukitun tavan TU:t eivät käy sovelluksiin joissa tarvitaan TU-tason ristiytykentöjä.

2.5 STM-1-kehiksen otsikot

STM-1-kehiksessä on kolmenlaisia otsikoita: reittiotsikko POH (Path Overhead), toistinlaitevälin otsikko RSOH (Regenerator Section Overhead) ja multiplexointilaittevälin otsikko MSOH (Multiplexer Section Overhead). Näitä otsikoita käytetään verkon valvontaan ja ylläpitoon. Kuvassa 6. on esitetty STM-1-kehiksen otsikot tavuineen.



Kuva 6. STM-1-otsikkorakenne

2.5.1 Reittiotsikko, POH(Path Overhead)

Tässä kappaleessa käsitellään vain korkeamman tason reittiotsikkoa (High Order Path Overhead, HO-POH) eli VC-4:n reittiotsikkoa. Alemman tason reittiotsikoita (Low Order Path Overhead, LO-POH), joita käytetään TU-11 ja TU-12 kanssa, ei käydä yksityiskohtaisesti läpi. POH:ta käytetään laadun tarkkailemiseen sekä siitä saadaan selville käytetyn kontin tyyppi. Alemmantason kuitenkin sen verran, että ne ovat neljän tavun mittaisia ja niistä puuttuvat laadun tarkkailu sekä huoltokanavat.

Taulukko 2. Reittiotsikon tavut ja niiden funktiot yksityiskohtaisesti

J1:	Tätä tavua käytetään lähettämään yhteensä 16 tai 64 tavun viestiä tavu kerrallaan. Jokaisella reitillä SDH-verkossa on oma viestinsä. Tämä viesti tukee jatkuvaa testausta minkä tahansa reitin pisteen ja lähteen välillä
------------	--

B3:	Virheentarkistustavu reittivirhettä varten.
C2:	Tavusta saa selville kontin rakenteen
G1:	Tavulla lähetetään tila- ja suorituskykymonitorointi informaatiota vastaanottavan pään päätelaitteelta lähetävälle laitteelle.
F2:	Huoltokanava operaattorille päätelaitteiden välille
H4:	Monikehys vaiheosoitus TU-kuormalle
F3:	Sama kuin F2 mutta käyttö riippuu virtuaalikonteista.
K3:	Automaattinen reititys VC-4 poluille
N1:	Tandem-yhteyden monitorointi

2.5.2 Multipleksointilaittevälin otsikko, MSOH (Multiplexer Section Overhead)

MSOH:n kautta menee tietoa pariteetin tarkastamisesta, varareitityksestä, siinä on sekä data- että äänikanava ja siihen kuuluvat irtonaisesti AU-pointterit.

Taulukko 3. Multipleksointilaittevälin otsikon tavut ja niiden funktiot yksityiskohtaisesti:

B2:	Virheentarkistustavuja käytetään mirrivirheiden monitorointiin
K1 ja K2:	Automaattiseen varmistuskytkentään käytetään tavua K1 ja bittejä 1-5 tavusta K2
D4- D12:	Datakanavatavut (DCCR) muodostavat 567 kbit/s datakanavan, jota voidaan käyttää käyttäjän datan siirtoon tai vaihtoehtoisesti verkonhallintaan
S1:	Synkronoinnin status, ilmoittaa käytetyn kellolähteen tyyppiin.
M1:	Kaukopään virrehälytystavu.
E2:	Huoltopuhelintavua voidaan käyttää puhelinkommunikointiin multiplekserien välillä.

2.5.3 Toistinlaittevälin otsikko, RSOH (Regenerator Section Overhead)

RSOH:n tärkein tehtävä on kehyksen kohdistaminen. Siinä on myös erilaisia kanavia datalle ja puheelle sekä pariteettitarkistus.

Taulukko 4. Toistinlaitevälin otsikon tavut ja niiden funktiot yksityiskohtaisesti.

A1 ja A2-tavut:	A1 ja A2-tavut eli kehystahdistustavut aloittavat jokaisen STM-1 kehyksen. Niiden sisältö on 11110110 00101000.
J0:	16:sta perättäin lähetetystä jäljitystavusta muodostuu toistinlaitevälin jäljitysviesti, jota käytetään varmistamaan, että vastaanotettu signaali tulee oikeasta paikasta
B1:	Virheentarkistustavua käytetään bittivirheiden monitorointiin.
E1:	Huoltopuhelintavua voidaan käyttää puhekommunikaatioon toistinten välillä.
F1:	Käyttäjän tavu on vapaasti käytettävissä esimerkiksi tilapäisille data- ja puheyhteyksille.
D1-D3:	Datakanavatavut (DCCM) muodostavat yhteensä 192 kbit/s datakanavan, jota voidaan käyttää käyttäjän datan siirtoon tai vaihtoehtoisesti verkonhallintaan

2.6 SDH:n verkkolaitteet

SDH:n verkkolaitteet on jaettu kolmeen eri ryhmään: synkronisiin johtolaitteisiin, multipleksointi- eli kanavointilaitteisiin ja ristikytkentälaitteisiin. Synkronisten johtolaitteiden standardit on jaettu optisten liitäntöjen suositukseen sekä optisten johtolaitteiden suositukseen.[2]

Synkroninen johtolaitteisiin kuuluu seuraavanlaisia laitteita: Terminaalimultiplekserit (TM) eli päätekanavointilaitteet, regeneraattorit ja synkroniset johtomultiplekserit. Laitteet ovat todellisuudessa ennemminkin osa toimivaa järjestelmää kuin erillisiä fyysisiä yksiköitä.

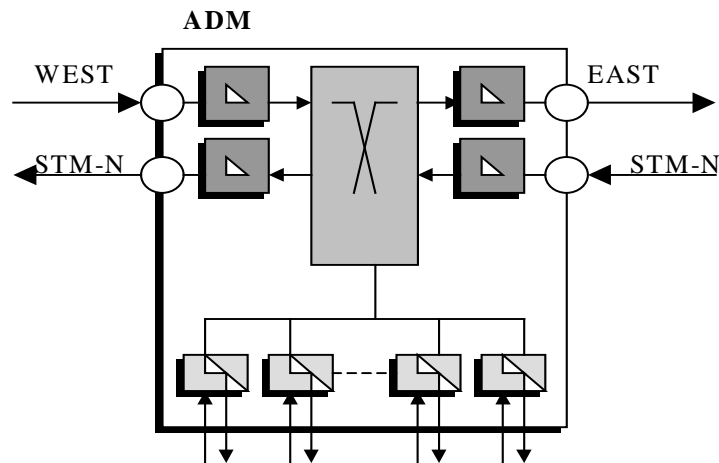
2.6.1 Terminaalimultiplekseri

Terminaalimultiplekserin tehtävänä on kanavoida tulevat alemman nopeuden signaalit SDH-kehykseen. Alemman nopeuden signaalit voivat olla PDH-signaaleja tai alemman nopeuden SDH-signaaleja. Päätekanavointilaitteessa ei kuitenkaan ole ristikytkentäominaisuuksia. Alemman nopeuden signaalit sijoittuvat (solmun konfiguraatiosta riippuvaan) kiinteään paikkaan lähtevässä SDH-kehyksessä.

2.6.2 Regeneraattori

Regeraattorin tehtävä, niinkuin nimikin sen jo sanoo, on regeneroida kellosignaalin ja amplitudin suhteet sisääntulevasta signaalista sellaisiksi, kuin ne ovat olleet ennen vaimennusta ja hajontaa. Regeneraattorit saavat kellosignaalin sisääntulevasta datavirrasta [6].

2.6.3 Add and Drop -multiplexeri



PDH-signaaleja tai alemman tason STM-N-signaaleja

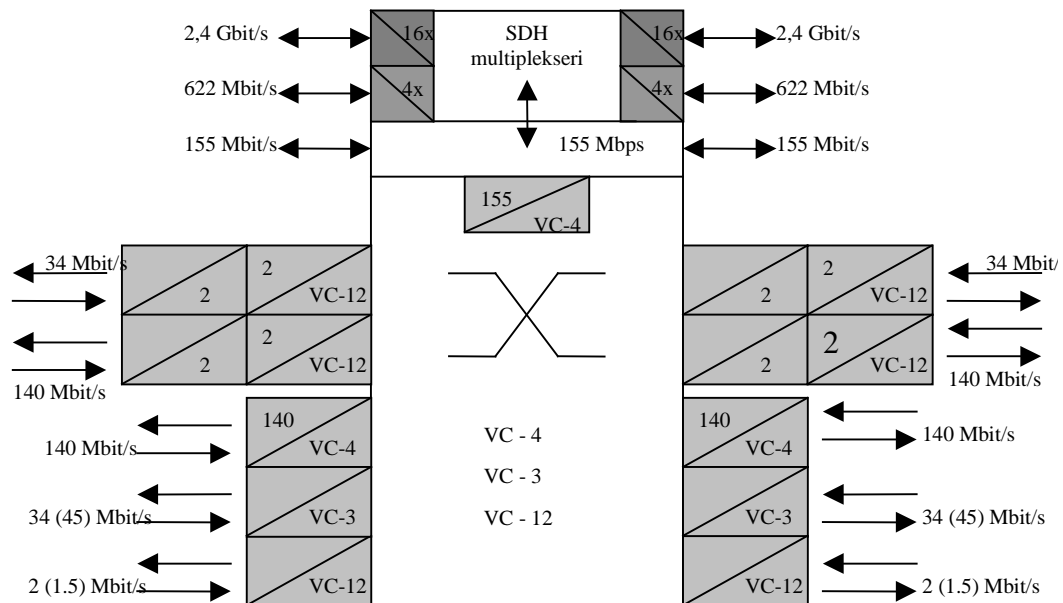
Kuva 7. Add and Drop -multiplexeri

Kanavointilaitteista käytetyin on syöttö-pudotusmultiplexeri (ADM, Add-Drop Multiplexer). Tämä multiplexeri on suunniteltu toimimaan erityisesti SDH-renkaan verkkoelementtinä. Siinä on kaksi kaksisuuntaista STM-N-liitäntää ja joukko PDH- ja/tai alemman nopeuden STM-N-liitäntöjä. Pääosa liikenteestä kulkee kuitenkin suoraan ADM-solmun läpi STM-N- liitännästä toiseen. Multiplexeri sisältää myös rajoitetusti ristikytkentäominaisuuksia STM-N- liitäntöjen ja muiden liitäntöjen välille [4].

2.6.4 Ristikytkentälaitte

Ristikytkentälaitteilla (Digital Cross-Connect, DXC) on siirtolaitteista eniten funktionaalisuuksia. Ne voivat käsitellä PDH- ja/tai SDH-signaaleja. Niissä voi myös olla liitäntöjä PDH-signaaleille ja/tai alemman tason SDH-signaaleille. Ristikytkentälaitte purkaa kontit kaikilta sisääntulevilta signaaleilta. Se voi reitittää kaikki sisään tulevat signaalit (tai osia niistä) jokaiseen lähtevään signaaliin, eri

hierarkiatasolta toiselle, siinä tapahtuu myös mapitus SDH:sta PDH:lle ja päinvastoin. Normaalisti kytkeminen tapahtuu tavallisimmilla konteilla (VC-12, VC-3, VC-4). Laite siis mahdollistaa täyden ristikytkennän liitännöjen välille.



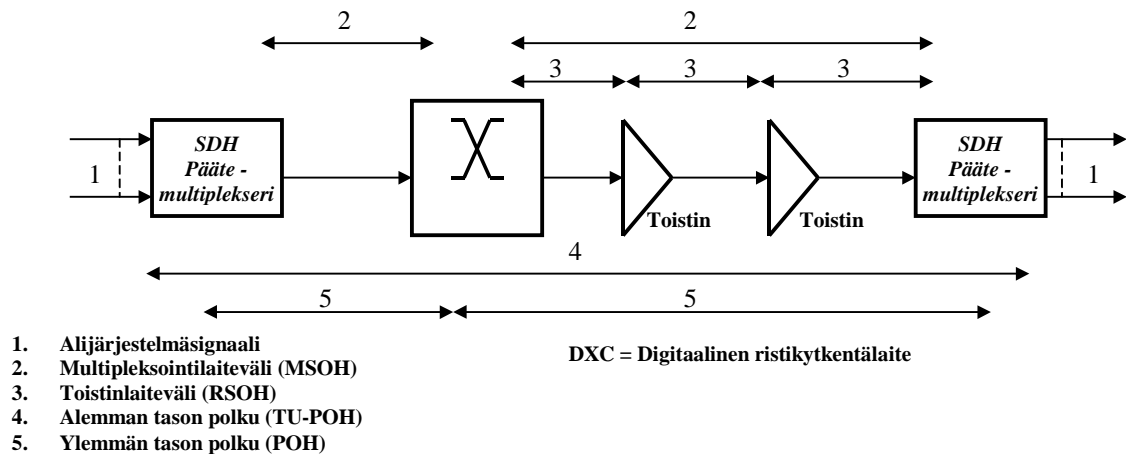
Kuva 8. Digitaalisen ristikytkentälaitteen kaavakuva

Ristikytkentälaitteita käytetään sellaisissa paikoissa, joissa useita erilaisia signaaleja tulee yhteen. Signaalien tulee myös olla täydellisesti muodostuneita, muuten ristikytkentälaitte generoi hälytyksiä ja verkon mittaamisesta tulee vaikeaa tai jopa mahdotonta [6].

Ristikytkentälaitteet ovat erittäin monimutkaisia laitteita ja siten monet verkko-operaattorit yrittävät minimoida niiden käyttöä verkoissaan ja korvata ne halvemmilla Add-Drop-multipleksereillä, missä ikinä se on mahdollista.

2.7 SDH-verkon laiteväli

Verkonhallinnan joustavuuden lisäämiseksi ja helpottamiseksi SDH-verkko on jaettu segmentteihin. Jokaiselle segmentille on STM-kehyksessä oma otsikkonsa, jotka ovat RSOH, MSOH, POH ja VC-POH. Kuvassa 9. esitetty SDH-verkon polku- ja laitevälikäsitteitä.



Kuva 9. SDH-verkon polku- ja laiteväli

SDH-verkon ”polku” on looginen yhteys pisteen , jossa alijärjestelmäsignaali asennetaan virtuaalikonttiin, ja sen pisteen, jossa alijärjestelmäsignaali puretaan virtuaalikontista välillä. Ylemmän tason poluksi kutsutaan VC-4-tason polkua ja alemman tason poluksi taasen VC-tason polkuja; esimerkiksi 2 Mbit/s-signaalista muodostettu VC-12.

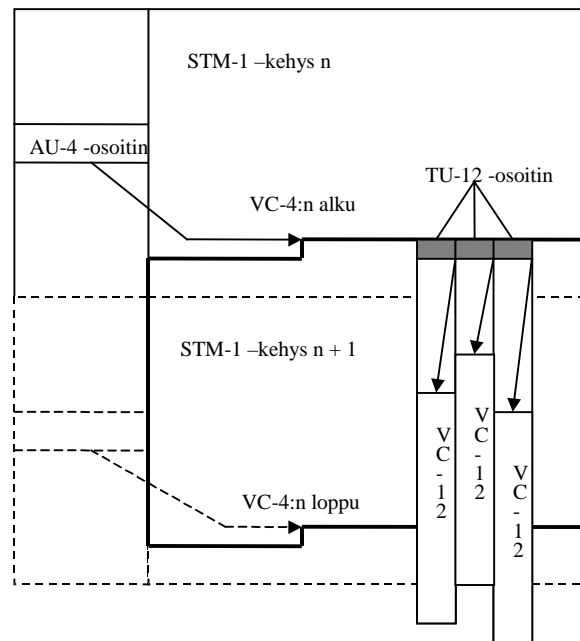
Toistilaitteväli pitää sisällään siirtotien ja siihen liittyvät laitteet. Toistinlaitteväli voivat sijaita joko toistimen ja solmun välillä tai sitten kahden toistimen välillä. Toistinlaittevälin alussa rakennetaan RSOH ja se puretaan, kun signaali saapuu solmulle.

Multiuplexointilaitteväli pitää sisällään siirtotien yhdessä siihen liittyvien laitteiden kanssa (mukaanlukien regeneraattorit), jotka mahdollistavat informaation lähettämisen kahden perättäisen solmun välillä (eli SDH multiplexerit ja ristikytentälaitteet). Signaalin tulosuunnassa ensimmäisessä solmussa muodostetaan multiplexointilaittevälin otsikko, MSOH ja se puretaan seuraavassa solmussa. Näitä toimintoja ei siis suoriteta toistinlaitteissa.

2.8 STM-1:n hyötykuorman osoittaminen ja osoitinoperaatiot

Hyötykuorma osoitetaan STM-1-kehyksen sisältä osoittimien avulla. Näihin osoittimiin on tallennettu virtuaalisten konttien vaihe suhteessa ylempään virtuaaliseen konttiin. Tämä vaihe voi kuitenkin muuttua SDH-laitteissa signaalia

ristikytettäessä tai uudelleenkäynnistymisen vuoksi. Signaalien nopeuserojen tasaaminen ja epäsynkronisuuskin vaikuttavat vaiheen muuttumiseen.

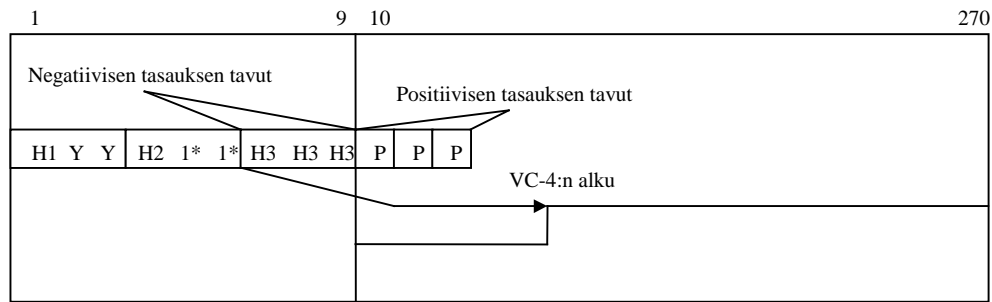


Kuva 10. Hyötykuorman osoittamisen periaate STM-1-kehyksessä [7]

2.8.1 AU-4-osoitin

AU-4-osoitinta käytetään osoittamaan hyötykuorman alkamispaikka STM-1-kehyksessä. Tarkasti ottaen AU-4-osoittimella paikannetaan VC-4:n ensimmäisen tavun, J1, paikka. Tämä tavu sijaitsee yleensä eri kohdassa STM-1-kehystä kuin hyötykuorman ensimmäinen tavu. Huomattavaa on, että osoittimen arvoa voidaan muuttaa vain joka neljännessä kehyksessä.

SDH-verkon ominaisuuksiin liittyy jo edellämainittu hyötykuorman liukuminen kehyksestä toiseen, kun signaali ei ole aivan synkroninen. Tällöin AU-4-osoitinta käytetään STM-1-signaalin ja hyötykuorman bittinopeuksien sovittamiseen. 10-bittinen AU-4-osoitin voi saada arvoja väliltä 0-782.



Y = 1001 SS11 (S-bitit määrittelemättä)

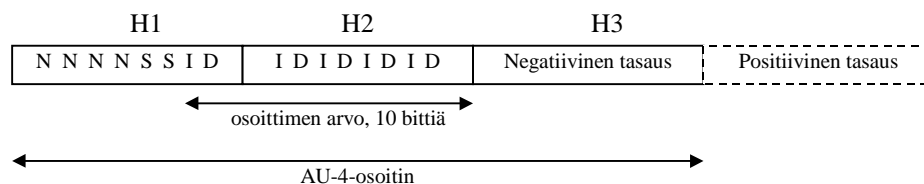
I* = 1111 1111

Kuva 11. AU-4-osoittimien käyttö [7]

Positiivista tasausta käytetään kompensoimaan hyötykuorman pienempää bittinopeutta STM-1-kehukseen nähden. Bittinopeuden saamiseksi kohdalleen, lisätään H3-tavujen jälkeen kolme täystavua tasausta kohden. Nämä kolme lisätavua on täytetty merkityksettömällä täyteinformaatiolla. Tasauksessa kasvatetaan seuraavan osoittimen arvoa inverttoimalla I-bitit.

Negatiivisella tasauksella kompensoidaan hyötykuorman suurempi bittinopeus STM-1-kehukseen nähden. Hyötykuorma saadaan mahtumaan kehukseen täyttämällä H3-tavut siirrettävällä hyötykuormalla. Negatiivisessa tasauksessa vähennetään seuraavan osoittimen arvoa yhdellä inverttoimalla D-bitit.

AU-4-osoittimen H1-tavu sisältää neljä N (New data flag)- ja kaksi S-bittiä. S-biteillä osoitetaan AU-osoittimen tyyppi. S-bittien arvo ”10” vastaa AU-4-osoitinta. N-bitit voivat saada arvot ”0110” ja ”1001”. Arvo ”0110” kuvaa normaalia toimintatilannetta. Normaaliksi tulkitaan myös tilanne, jossa edellämainitusta bittikuvioista yksi bitti on virheellinen [7].

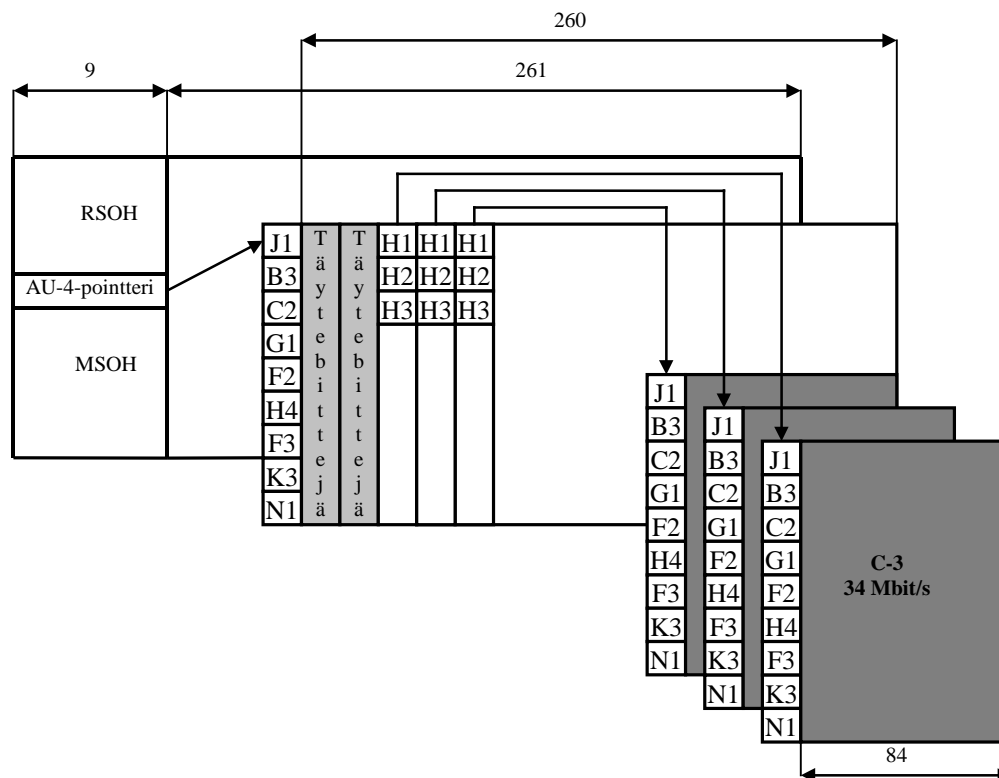


Kuva 12. AU-4-osoittimen H1- ja H2-tavujen rakenne

N-bittien arvolla ”1001” sallitaan osoittimen arvon muuttuvan täysin uudeksi. Tällainen tilanne on esimerkiksi peräkkäisten TU:ien ketjutus. Myös tässä tilanteessa

sallitaan yhden bitin virheellisyys, mutta kaikki muut bittikuviot ”0000”, ”0011”, ”1010”, ”1100” ja 1111” tulkitaan virheellisiksi.

2.8.2 TU-3-osoitin



Kuva 13. TU-3 -osoitinrakenne ja C-3 mapitus

TU-3-osoittimen muodostavilla tavuilla H1 ja H2 osoitetaan VC-3-virtuaalisen kontin alkamispaikka. H3- tavuja käytetään negatiiviseen tasaukseen, kuten AU-4-osoittimen H3-tavuja

TU-3-osoitin voi saada arvoja väliltä 0-764. VC-3-signaalin bittinopeussovitus ja bittien käsittely toimii samojen periaatteiden mukaan kuin AU-4-osoittimessakin. Käsittely tapahtuu kuitenkin vain yksi tavu kerrallaan eikä kolme tavua kerralla niinkuin AU-4-osoittimen yhteydessä.

2.8.3 TU-1- ja TU-2-osoittimet

TU-11-, TU-12- ja TU-2-osoittimilla mahdollistetaan joustava VC-11:n, VC-12:n tai VC-2:n sijoitus TU-11-, TU-12- tai TU-2-ylikehykseen. Ylikehys tarkoittaa TU-1- ja TU-2-tasojen aliyksikköjen olevan hajautettu neljään ylemmän tason

virtuaalikonttiin. Ylikehyksen kesto aika on siten neljän VC-4:n aika eli 500 μ s. Samalla on hajoitettu myös TU-11, TU-12 ja TU-2-aliyksikköjen osoitinrakenne [7].

2.8.4 TU-2:ien ketjutus

Ketjutuksella (concatenation) voidaan kasvattaa kanavan kapasiteettia sitomalla yhteen virtuaalikontteja. Tällä hetkellä on kaksi standardoitua TU-2:ien ketjutusmenetelmää: peräkkäisten TU:ien ketjutus ja virtuaalinen ketjutus.

Peräkkäisten TU-2:ien ketjutustapa vaatii TU-osoittimien N-bittien operointia. Peräkkäisen ketjutuksen ensimmäisessä TU-2:ssa on myös kaikille ketjun TU-2:lle yhteinen POH. Siirtokapasiteetin joustavuus ja allokointi on jonoketjutuksessa heikosti toteutettavissa [7]. Ketjuttamalla TU-2:ia muodostetaan VC-2-mc-rakenne, missä m kappaletta yhteenkuuluvia VC-2:ia kuljetetaan ketjutetusti m :ssä TU-2-aliyksikössä.

Virtuaalisessa ketjutuksessa TU-2:ien ei tarvitse sijaita peräkkäin. Rajoitteena on kuitenkin ketjutettujen aliyksiköiden sijainti saman VC-4:n sisällä. Tämän tyyppisen ketjutuksen käyttämiseksi tulee päätelaitteiden tukea kyseistä ketjutusmuotoa. Nyt TU-osoittimien N-bittejä ei tarvitse operoida erikseen. Signaalien lähetyspäässä kaikilla ketjutetuilla TU:illa pitää olla sama osoittimen arvo. Virtuaalisessa ketjutuksessa on myös vähemmän kapasiteettia kuin peräkkäisellä ketjutuksella johtuen siitä, että virtuaalisessa ketjutuksessa jokaisessa ketjutetussa TU-2:ssa tulee olla oma POH.

Myös korkeamman tason signaaleja voidaan ketjuttaa yhteen. Tämä tulee kyseeseen, kun tarvitaan suurempaa kapasiteettia kuin STM-1:n 149.76 Mbit/s. Lähinnä kyseessä on 622.08 Mbit/s ATM-signaali. Esimerkkinä toimii STM-4-ketjutus.

Tavallisestihan STM-4-signaali muodostetaan tavulomituksella neljästä erillisestä STM-1-signaalista. Tämän seurauksena STM-4-signaalin virtuaalikontissa on neljä erillistä VC-4:a POH:ineen. Kun taas ketjutetun STM-4:n (STM-4c) tapauksessa koko virtuaalikontin täyttää yksi VC-4-4c, jossa on vain yksi POH. Näin voidaan kuljettaa mapitettuja alijärjestelmäsignaaleja aina 600 Mbit/s nopeudella. Kerran muodostettu VC-4-4c kuljetetaan yhtenä kokonaisuutena koko verkon lävitse.

2.9 SDH-verkon topologioita ja kytkentätapoja

SDH-verkolla kuten muillakin tietoliikenneverkoilla on useita erilaisia perustopologioita. Verkkoa suunniteltaessa topologiaan vaikuttavat käytettävä verkkosovellus, verkon monimutkaisuus, luotettavuus, laajennettavuus, maantieteelliset seikat ja verkon olemassa olevat osat.

Verkon rakenteeseen vaikuttaa myös käytetäänkö yksisuuntaista, kaksisuuntaista vai broadcast-kytkentätapaa.

Yksisuuntaisessa kytkennässä (unidirectional) signaali kulkee vain yhteen suuntaan yksittäisen SDH-verkkoelementin läpi. Videokuvan jakelu voisi olla yksi tämän tyyppin käyttötarkoitus. Kaksisuuntaisessa kytkennässä (bidirectional) SDH-verkkoelementissä tapahtuu kaksisuuntainen ristiinkytkentä. Kaksisuuntaista käytetään puhelin- ja tietoliikenteen tarpeisiin.

Broadcast-kytkennässä tuleva virtuaalikontti kytketään SDH-verkkoelementissä useampaan lähtevään virtuaalikonttiin. Esimerkiksi Yleisradion verkko käyttää tätä kytkentätapaa.

2.9.1 Päästä-päähän yhteys

Yksinkertaisin verkkotyyppi on päästä-päähän-yhteys. Tämän tyyppinen verkko koostuu ainoastaan kahdesta solmusta ja niiden väliin jäävästä verkosta. Erikoistapauksena voidaan pitää tähti-rakennetta, jossa keskellä olevasta verkon laitteesta (ristiinkytkentälaitte) on päästä-päähän-yhteys useampaan suuntaan.

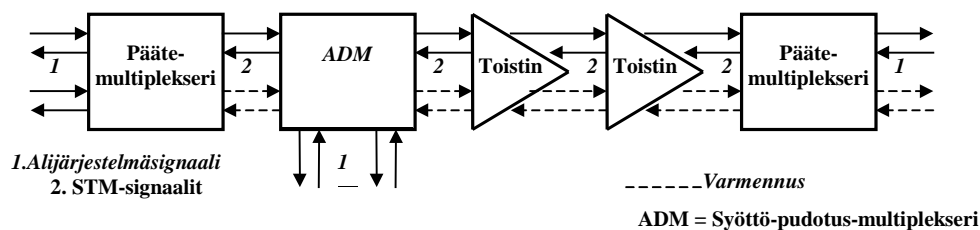
päästä-päähän-yhteydellä käytetään tarvittaessa 1+1 tai n+1-varmennettua siirtoa. 1+1-varmennuksessa yhtä käytössä olevaa STM-signaalia varmentaa yksi varmentava STM-signaali. N+1-varmennuksessa useita eli n:ää käytössä olevaa signaalia varmentaa yksi STM-signaali.

On olemassa myös kolmas tapa varmentaa yhteys siten, että varmentavissa signaaleissa ei kulje dataa yhteyden ollessa kunnossa ja se on n+m-varmennus, jossa edellisten tapaa n:ää STM-signaalia varmentaa m varmentavaa STM-signaalia. Tämä on kuitenkin kaikista monimutkaisin varmennustapa, joten pääasiassa käytetään kahta ensinmainittua varmennustapaa.

Näiden varmennustapojen lisäksi on olemassa 1:1 tai n:m varmennus, joissa priorisoimaton liikenne voi normaalissa tilanteessa kulkea pitkin varmistus yhteyttä tai yhteyksiä [8].

2.9.2 Ketju

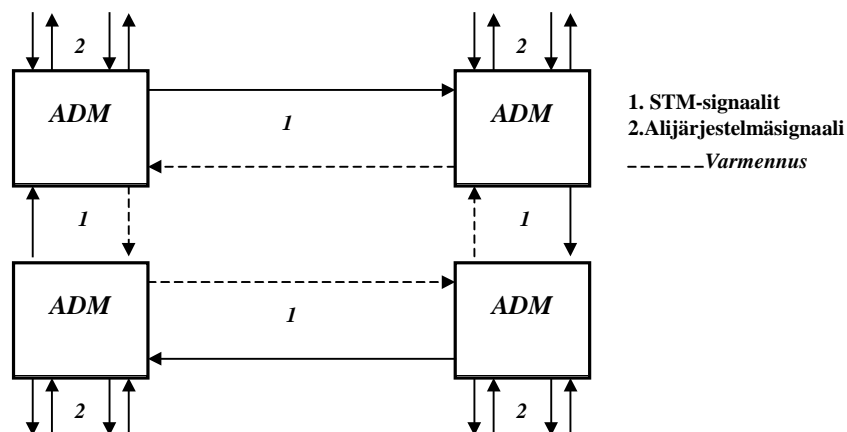
Ketjuverkko muodostuu useasta peräkkäisestä siirtolaitteesta. Ketjumaisesta verkosta voidaan ADM-multipleksereitä käyttäen pudottaa alijärjestelmäsignaaleja. Samalla periaatteella voidaan myös lisätä alijärjestelmäsignaaleja. STM-1-tasoinen haaroittaminen onnistuu käyttämällä ristikytkentälaitteita.



Kuva 14. Ketjuverkko, jossa 1+1 varmennus

2.9.3 Rengas

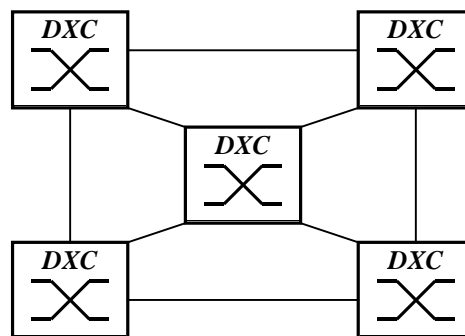
Rengasverkolle tyypillistä on sen luontainen varmennusominaisuus. Siirtotien tai renkaan solmukohdan vikaantumisen ei katkaise renkaan liikennettä kaksisuuntaisessa rengasverkossa. Tämän tyyppinen varmennus edellyttää, että tiedonsiirtokapasiteetti on tuplattu vikatilanteita silmälläpitäen [7].



Kuva 15. ADM:lla toteutettu yksisuuntainen varmistettu rengas-verkko

2.9.4 Mesh

Mesh-rakenteisessa verkossa SDH-verkkoelementtien välillä on runsaasti fyysisiä yhteyksiä. Tilanne voi olla jopa sellainen, että kaikista verkkoelementeistä on yhteys kaikkiin toisiin verkkoelementteihin. Mesh-verkkoratkaisu sisältää lukemattoman määrän eri reititysmahdollisuuksia ja on sekä erittäin luotettava että suuri kapasiteettinen. Monimutkaisuus kuitenkin tekee Mesh-verkosta vaikean verkonhallinnan synkronoinnin kannalta.



Kuva 16. Mesh-verkkotopologian perusajatus

2.10 Virhetilanteet SDH:ssa tietoa siirrettäessä

SDH:ssa tiedonsiirto on pääosin optista. STM-1 Optinen tiedonsiirto ei ole niin häiriöaltista kuin sähköinen. Valokaapeli vuorovaikuttaa ympäristönsä kanssa vähemmän kuin sähköjohto, johon monet erilaiset virhelähteet saattavat kytkeytyä. Optisessa kuidussa on kuitenkin sen fysikaalisista ominaisuuksista johtuvia virhetilanteiden muodostajia kuten: vaimeneminen kuidussa, absorptio, siroaminen, säteilyhäviöt ja optisen signaalin vääristyminen. Suurimpana uhkana on kuitenkin kuidun katkeaminen.

Kaapelivian tai muun vastaavan vian sattuessa SDH uudelleen reitittää liikenteensä muutamassa millisekunnissa. STM-kehys kantaa ohjeita siitä mitä tehdä, jos kehys ei voi saavuttaa vastaanottajaansa. Tämä tieto liitetään aina johonkin kehysrakenteen tavuun. Tavallisin ohje on palata takaisin ja yrittää uutta reittiä pitkin. Tämän tapahtuessa ADM:n ohjelmisto havaitsee uudelleenreititetyn kehyksen ja se käskää kytkimen kääntää kaiken vikakohtaan menevän liikenteen vaihtoehtoiselle reitille.

2.11 Tiedonsiirron yleinen tarkastelu

Tiedonsiirrolle on määritelty useita erilaisia laatuparametreja. Tarkastelu perustuu suositukseen ITU-T:n suositukseen G.826. Tämän suosituksen mukaisesti suorituskkytarkkailu perustuu bittivirran jakamiseen lohkoihin. Koko virhetarkastelu tulee palautumaan parametrien vertailuun ja tiettyjen rajojen määrittelyyn parametreille [9].

2.12 Virhetarkastelun määritelmiä

Lohko

Lohko on joukko peräkkäisiä bittejä siirtoyhteydellä. Jokainen bitti kuuluu vain yhteen lohkoon. Lohkokoko eli kuinka monta bittiä kuuluu yhteen lohkoon vaihtelee siirtoyhteyden nopeuden mukaan. Jokaista lohkoa tarkkaillaan tietynlaisella virheiden tunnistuskoodilla, esimerkiksi Cyklic redundance check ja Bit interleaved parity. Virheiden tunnistuskoodin bitit voivat olla fyysisesti erillään niiden tarkkailemasta lohkoista, eli ne saattavat sijaita siirtoyhteydellä eri ajanhetkessä.

Virheellinen Lohko (EB, Error Block)

Virheellinen lohko on tapahtuma, jolloin virheentunnistuskoodin tieto on ristiriidassa lohkon bittisisällön kanssa. Periaatteessa saattaa joko koodissa tai lohkoissa olla virhe, mutta oletuksena on ristiriidan sattuessa aina lohkon virheellisyys.

Virheellinen sekunti (ES, Error Second)

Virheellinen sekunti on sekunnin mittainen yksikkö, joka sisältää yhden tai useampia virheellisiä lohkoja.

Runsaasti virheitä sisältävä sekunti (SES, Several Errors Second)

Jos sekunnin mittainen jakso sisältää yli 30% virheellisiä lohkoja, on kyseessä tämänlainen sekunti. SES on virheellisen sekunnin alajoukko, eli se on myös ES.

Taustalohkovirhe (BBE, Background Block Error)

Taustalohkovirheiksi määritellään sellaiset virheelliset lohkot, jotka eivät tapahdu osana runsaasti virheitä sisältävänä sekuntina.

Epäkäytettävyysssekunnit (UAS, Unavailable Seconds)

Epäkäytettävyysssekunnit määrittelevät epäkäytettävyyssajan. Kun on tapahtunut kymmenen perättäistä SES:ia, siirtoyhteyden katsotaan olevan epäkäytettävyyssstilassa. Nämä kymmenen sekuntia luetaan tällöin myös epäkäytettävyyssajaan. Kun taas tapahtuu kymmenen perättäistä sekuntia, joista mikään ei ole SES, on siirtotie jälleen käytettävyyssstilassa.

2.13 Hälytykset

Seuraavaksi on esitetty muutamia tärkeimpiä hälytyksiä SDH-järjestelmässä. SDH-laite asettuu hälytystilaan jos joku määritelty virhetilanne tapahtuu. SDH-järjestelmässä on kaikenkaikkiaan noin 20 erilaista hälytystä.

Signaali hävinnyt (LOS, Loss Of Signal)

LOS-hälytys annetaan, jos SDH-laite huomaa signaalitason olevan jonkun määräyksen alapuolella, yleensä niin alhaalla ettei informaatiota voida enää erottaa. Laitteissa on yleensä siirtoyhteydestä riippuen sekä optisen että sähköisen tehon mittausta.

Kehyksen menetys (LOF, Loss Of Frame)

Kun SDH-laite ei pysty vastaanottamaan oikeanlaisia kehystavuja, laite ilmoittaa kehyksen menetetyksi. LOF-hälytys annetaan vain jos kehystavut ovat vääränlaisia tietyn ajan. Laitteen erottaessa jälleen oikeat tavut, hälytys poistuu.

Osoittimen menetys (LOP, Loss Of Pointer)

LOP-hälytys laukeaa, jos laite vastaanottaa tietyn määrän virheellisiä osoittimia. Hälytys poistuu, jos kolme peräkkäistä osoitinta vastaanotetaan virheettömästi tai kolme peräkkäisessä osoittimessa kaikki bitit ovat ykkösiä. Tässä tapauksessa tulee AIS-signaali.

Huonontunut signaali (DEG, Degraded Signal)

DEG-hälytys annetaan, jos virhemäärä siirtoyhteydellä ylittää jonkun valitun rajan, joka voi olla välillä $1E5 - 1E9$.

2.13.1 Hälytysten seuraukset

Kun SDH-verkon solmu on asettunut hälytystilaan, tästä annetaan tietoa sekä eteenpäin että taaksepäin. Datan siirtosuunnan mukaan siirtoyhteys jaetaan lähtösuuntaan (downstream) ja tulosuuntaan (upstream). Kun virhetilanne on huomattu esimerkiksi toistinosuuden otsikkotavuuissa, olisi saman signaalin analysointi alemmilla tasoilla resurssien tuhlausta. Siksi osuudella, jolla virhetilanne huomataan asetetaan kaikki bitit ykkösiksi. Kun alempi osuus huomaa tietyt bitit ykkösiksi se päästää signaalin suoraan eteenpäin, asetettuaan ensin oman osuutensa bitit ykkösiksi. Tällaista signaalia, jossa lopulta on pelkästään ykkösiä, kutsutaan AIS-signaaliksi. AIS on siis virhetilanteen seuraus datan lähtösuunnassa [10].

Kun tietty osuus huomaa virhetilanteen, täytyy tieto virhetilanteesta lähettää myös taaksepäin, jotta virheen aiheuttajaan päästään vaikuttamaan. Tulosuuntaa kohti siirretäänkin RDI-signaalia, joka kertoo, ettei siirtoyhteys pysty kuljettamaan dataa.

2.14 Yhteyden suojaaminen.

Se miten yhteys suojataan riippuu suurelta osin siitä, miten paljon ja miten tärkeää liikennettä suojattavassa yhteydessä kulkee. Jos verkossa kulkee vain vähän ei niin tärkeää dataa (tilannehan ei ole tämä yleensä), käytetään EPS-tekniikkaa (Equipment Protection Switching). Tässä tekniikassa laitteiden suojaus toteutetaan tuplaamalla käytettävät kortit. Erilaisia EPS:a ovat EPS 1+1 ja EPS n+1.

Jos liikennettä on paljon ja se on tärkeää (niinkuin tilanne yleensä on), käytetään joko kaapelilla suojausta tai/ja tekniikka nimeltä APS (Automatic Protection Switching). APS on laajemmalle levinneempi tekniikka kuin EPS.

Kaksi suojausarkkitehtuuria ovat APS:ssa muita merkittävimpiä. Ensimmäinen on lineaarinen suojausmekanismi, jota käytetään päästä-päähän yhteyksillä. Toinen perus muoto on ns. rengas suojausmekanismi, joka voi esiintyä monissa eri

muodoissa. Molemmat tekniikat käyttävät varapiirejä tai komponentteja taatakseen varmistusreitit. Kytkemistä kontrolloi otsikkotavut K1 ja K2.

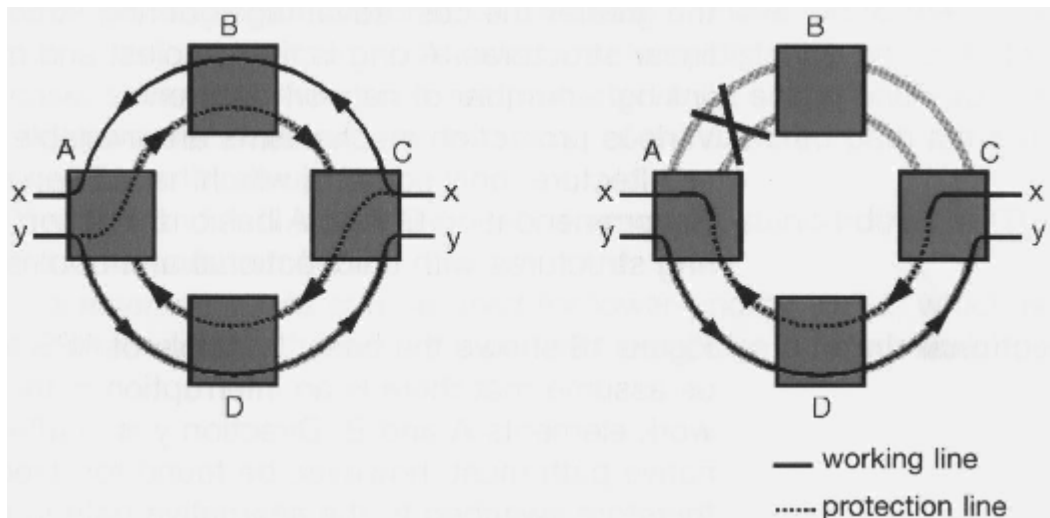
Yksinkertaisin varapiiri on 1+1 APS. Tässä, kuten edellä jo mainittiin jokaista toimivaa linjaa suojaa oma suojaava linja. Jos virhetilanne syntyy "suojausagentti" verkkoelementeissä kytkee rikki menneen linjan suojaavaan linjaan.

2.14.1 Rengas suojaaminen

Mitä suurempi käytettävä kaistanleveys käytetyissä optisissa kuiduissa on sitä suuremmat edut rengas-tyyppinen arkkitehtuuri tarjoaa verrattuna suoraviivaisempaan arkkitehtuuriin. Tämän tyyppiselle verkkoarkkitehtuurille on olemassa monenlaisia suojausmekanismeja, joista vain muutamat on standardoitu ITU-T:n suosituksessa G.841. Teksti keskittyy ainoastaan yksisuuntaisiin ja kaksisuuntaisiin ratkaisuihin.

2.14.2 Yksisuuntaiset rengasverkot

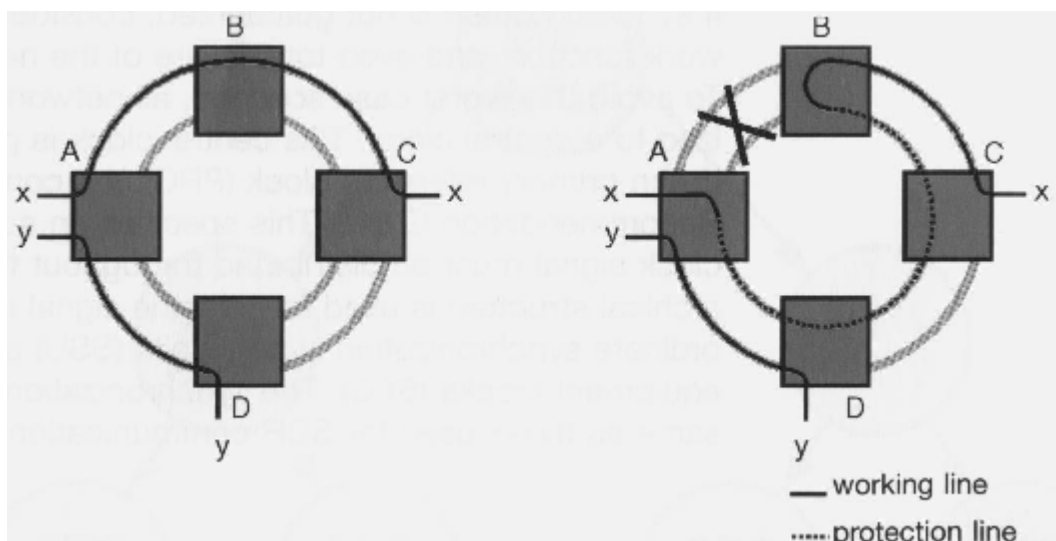
Kuva 17 näyttää APS:n perusteet yksisuuntaiselle rengasverkolle. Kuvitellaan, että verkkoelementtien A ja B välille tulee katkos. Suunta y säilyy muuttumattomana mutta suunnalle x täytyy löytää uusi reitti. Yhteys siirretäänkin sen vuoksi vaihtoehtoreitille verkkoelementtien A ja B välillä. Muut verkkoelementit (C ja D) kytkevät myös varareitille. Kytkemisprosessista käytetään nimeä linjakytketty (*line switched*). Vieläkin yksinkertaisempi tapa suojata on niin sanottu reittikytketty (*path switched ring*) rengasverkko (katso kuva 17). Tällä metodilla liikenne kulkee kokoajan molemmissa linjoissa (käytettävä ja suojaava linja) ja katkoksen tapahtuessa, vastaanottaja (tässä tapauksessa A) kytkeytyy suojaavaan linjaan ja jatkaa näin yhteyttä välittömästi.



Kuva 17. Kaksikuituinen yksisuuntainen reittikytketty rengas [6]

2.14.3 Kaksisuuntaiset rengasverkot

Kaksisuuntaisen verkon rakenteessa yhteydet verkkoelementtien välillä ovat kaksisuuntaisia, niinkuin nimikin antaa ymmärtää. Tämä näkyy kuvassa 18 nuolien puuttumisena verrattuna kuvaan 17. Verkon kokonaiskapasiteetti voidaan jakaa useisiin reitteihin, joissa jokaisessa on yksi kaksisuuntainen toimiva linja, kun taas yksisuuntaisessa rakenteessa kokonainen virtuaalinen rengas vaaditaan jokaisen reitin välille. Jos verkkoelementtien A ja B välille tulee katkos, verkkoelementti B laukaisee suojauskytkennän ja kontrolloi verkkoelementtiä A SOH:ssa sijaitsevien K1- ja K2-tavujen avulla.

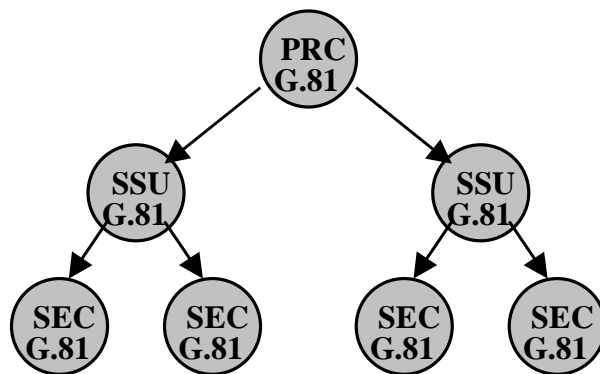


Kuva 18. Kaksisuuntainen linjakytketty rengas [6]

Vieläkin suurempi suojaus saavutetaan jos käytetään kaksisuuntaista rengasta neljällä kuidulla, jossa jokainen kuitupari kuljettaa käyttö- ja suojauskanavaa. Tämä johtaa 1:1 suojaukseen eli 100% redundanssiin. Haittapuolena on kuitenkin verrattain suuret kustannukset.

2.15 Verkon synkronointi

Synkronointi on SDH:ssa ensimmäisenä sanana erittäin hyvästä syystä. Jos synkronointia ei pystytä takamaan voi siitä olla seurauksena mittava verkon hyväksikäytön vaikeutuminen tai jopa täydellinen verkon toimintakyvyttömyys. Välttääkseen pahinta tapausta kaikki verkkoelementit on synkronoituja keskus kelloon (Central clock). Tämän kellosignaalin tuottaa korkean tarkkuuden primary reference (PRC)–kelloyksikkö, joka on tarkennettu ITU-T:n suosituksessa G.811. Suositus määrittää tarkkuudeksi 10^{-11} . Tämä kellosignaali pitää jakaa koko verkon lävitse. Tähän kellosignaalin jakamiseen on käytössä erityinen kellosignaalien hierarkia: kellosignaalia lähettävät alisteiset SSU:t (Synchronization Supply Unit) ja SEC:t (Synchronous Equipment Clock).



Kuva 19. Kellosignaalien hierarkkinen rakenne

Kellosignaali generoidaan uudelleen SSU:ssa ja SEC:ssa vaihelukittujen silmukoiden avulla. Jos kellosignaalin lähde ei toimi, verkkoelementti kytkeytyy joko saman tai alemman tason kellosignaalin lähteeseen tai jos tämä ei ole mahdollista niin se kytkee itsensä odotustilaan. Tämän tapahtuessa kellosignaali pidetään suunnilleen tarkkana kontrolloimalla oskillaattoria, joka käyttää tallennettuja taajuuden korjausarvoja viimeisiltä tunneilta ja ottaen oskillaattorin lämpötila huomioon. “Kelloluuppeja” tulee välttää erityisellä varovaisuudella, koska jos

tällainen tila sattuisi syntymään synkronointi ajelihtisi ajan myötä pois ja koko verkko menisi toimintakyvyttömäksi. “Verkkoluuppi” on tila jossa esimerkiksi SSU:n lähettämä kellosignaali määrittellään eriverkkoelementtien kautta omaksi kellosignaalikseen. Tällainen tila estetään signaloimalla verkkoelementtejä SSM:n avulla (Synchronization Status Message, osa S1-tavua). SSM ilmoittaa naapuriverkkoelementeille kellon statuksen.

Erityisiä ongelmia synkronoinnin kanssa aiheuttavat sillat eri verkkojen, joissa on riippumattomat kellosignaalit, välillä. SDH-verkot voivat tasoittaa hieman näitä eroja tiettyyn rajaan saakka osoitinoperaatioiden avulla. Osoittimien aktiivisuus on siis luotettava indikaattori kellolähteisiin liittyvien ongelmien seurannassa.

2.16 SDH-verkkojen yhdistäminen ja yhteensopivuus

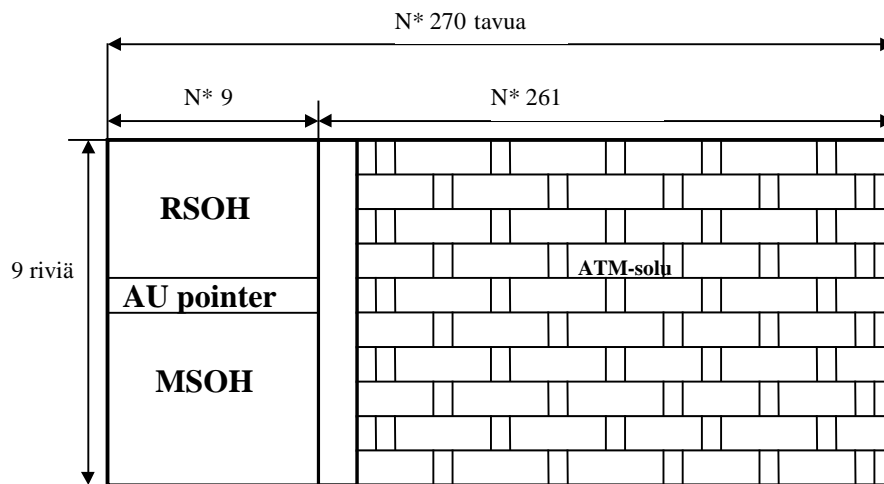
Yhteensopivuusongelmia eri SDH-verkkojen ja –laitteistoiden välillä voi syntyä, kun uusissa laitteistoissa otetaan käyttöön uutta toiminnallisuutta, jota olemassaolevat laitteistot eivät tue. Alunperin ITU-T- ja ETSI-suositukset keskittyivät sähköisten ja optisten liitäntöjen määrittelyyn. Sen jälkeen on tullut uusia suosituksia verkon kattavampaa toiminnallisuutta tukemaan. Näitä toimintoja ovat esimerkiksi verkon synkronointi, hälytykset reitin väärinyhdistymisestä, liikenteen varmistus ja suorituskyvyn monitorointi usean operaattorin yhdistetyissä verkoissa [11].

Yhden ja saman välittäjän SDH-verkossa operaattori voi taata yhteensopivuuden varmistamalla, että koko laitteisto päivitetään yhdellä kertaa, kun uutta toiminnallisuutta otetaan käyttöön. Mutta kun siirrytään SDH-verkosta ja –operaattorista toiseen, ja jos nämä käyttäytyvät eri toimittajien laitteita, verkot voivatkin tukea eri toimintoja [12].

Yhteensopivuuden varmistamiseksi kaikki eri tason signaalit olisi testattava, kuten myös verkon vasteet niihin. Jos esimerkiksi osuudelle sijoitetaan B2-virheitä (katso kehysrakenne), mutta kaukopään virheilmoitus REI ei palaudu, täytyy testata myös miten kaukopään verkkoelementti toimii, jos sille puolestaan lähetetään REI.

2.17 Rajapinta ATM over SDH

SDH:ssa ATM-solut mapitetaan jatkuvalla syötöllä riveittäin C1, C12, C3 ja C4 – kontteihin. Pointterin tulee osoittaa J1-tavun paikka kelluvassa kuormassa. Jos kontin siirtokapasiteetti ei aivan ole samaa kokoluokkaa ATM:n kaistanleveyden kanssa, ATM kaistanleveys voi jakautua useampaan STM-kehukseen käyttäen joko virtuaalista tai jatkuvaa ketjuttamista, joista jo edellä mainittiinkin. Mielenkiintoista on kuitenkin, että rajapintoja voidaan käyttää epäsymmetrisesti, esimerkiksi käyttäjä voi lähettää 622 Mbit/s nopeudella ja vastaanottaa 155 Mbit/s nopeudella. C-4 kontin kapasiteetti on siis 9 kertaa 260 tavua (ilman SOH:ia) ja kun tästä vähennetään 53 tavun mittaisen ATM-solun moninkerta saadaan yhteen C-4 konttiin mahtumaan 44 ATM-solua ja 8 tavua jää ylitse seuraavaa solua varten.



Kuva 20. ATM-solut SDH-kehyksessä

3. LABORATORIOTYÖ

3.1 Esitiedot

Varsinaisia esitietovaatimuksia ei aiheeseen liittyen ole. Kuitenkin olisi hyvä jos aihe olisi tullut tutuksi esimerkiksi kurssilla S-72.420 Tiedonsiirtojärjestelmien suunnittelumetodiikka.

3.2 Ryhmä

Laboratoriotyö suoritetaan kahden hengen ryhmissä.

3.3 Yleistä

Työ on osa S-72.141 Tiedonsiirtotekniikan laboratoriotyöt . Työ tehdään oppilaslaboratorion tiloissa huoneessa E306. Tavoitteena on se, että työn suoritettuaan opiskelijalla on suurempi tietämys SDH-tekniikasta ja hän osaa konfiguroida SDH-solmuja rakentaakseen tietoliikenneyhteyden. Työn laajuus on 15 – 20 tuntia riippuen tekijöiden perustietämystasosta. Tästä 8 – 12 tuntia on varattu materiaaliin tutustumiseen ja asian opiskelemiseen. Oppilaslaboratoriossa suoritettun työn osuus on 3 tuntia, loput ajasta kuluu tulosten analysointiin. Työstä vastaa laboratorion henkilökunta.

3.4 Työn suorittaminen

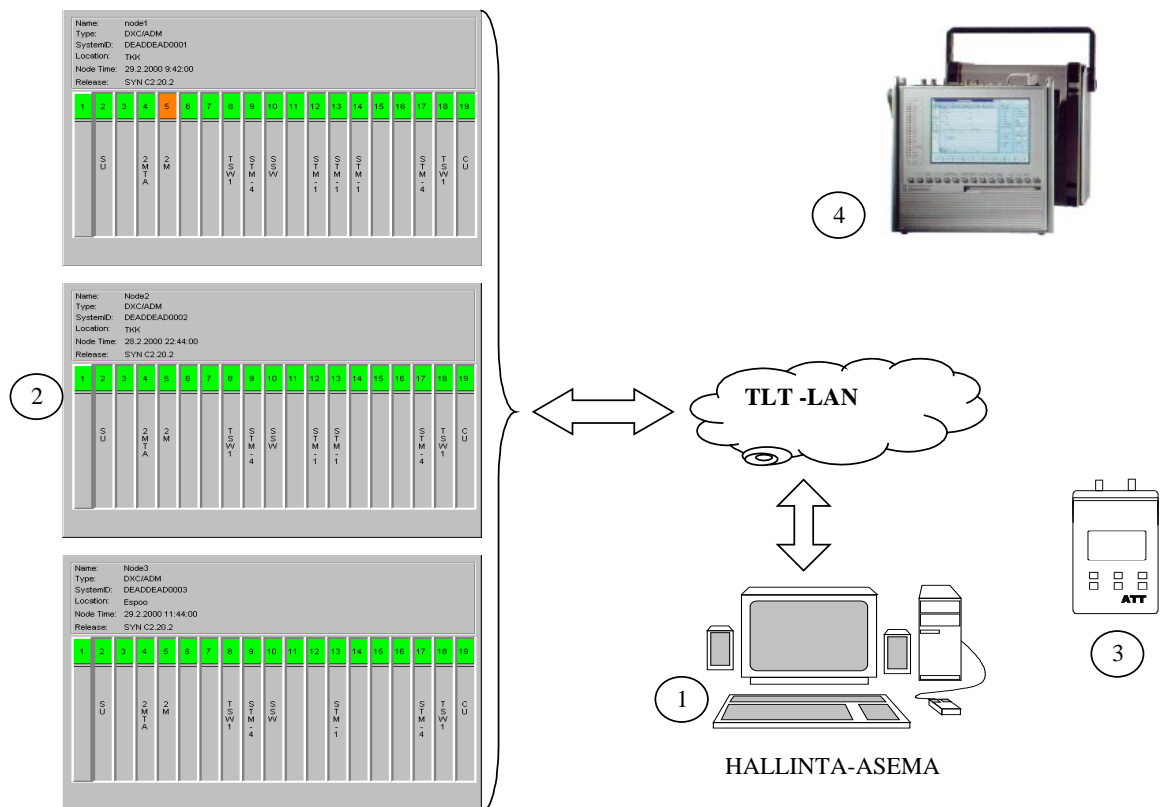
Harjoituksen aluksi laajennetaan SDH-perustietämystä omatoimisesti käymällä annettu SDH-tietopaketti sekä käymällä läpi W&G:n Multimedia Toolbook SDHCBT. Näiden tietojen pohjalta sekä tietenkin internetistä löydettävän tiedon pohjalta opiskelijoiden tulee vastata esitietotehtäviin. Esitietokysymyksiin vastaamisen jälkeen opiskelijat voivat varata laboratoriotyöajan kolmeksi tunniksi kerrallaan.

3.5 Työn arvostelu

Työ arvostellaan asteikolla hyväksytty/hylätty. Hylätyn työn saa korjattavaksi valvojalta

3.6 Laboratoriotyön tausta

Työssä käytettävät laitteet ovat sekä oppilaslaboratorion käytössä että niillä tehdään tutkimusta. Käytössä ovat kuvan 21 mukaiset laitteet.



Kuva 21. Käytössä oleva laitteisto

Taulukko 5. Käytössä oleva laitteisto

PC:	Mittari:
1. Pentium 90 Mhz	4. Wandel&Goltermann ANT-20E
SDH - solmut:	Sekä lisäksi käytössä on
2. Nokia STM-1/4 (3 kpl)	signaaligeneraattori
Vaimennin:	
3. 3M optical attenuator	

3.7 Solmujen kalustus

Jokaisesta solmusta löytyvät seuraavanlaiset kortit:

- 1 kpl SU (Service Unit) -kortti
- 1 kpl 2MTA 75Ω -kortti
- 1 kpl 2M 75Ω -kortti
- 1 kpl CU (Control Unit) -kortti
- 1 kpl SSW (Cross Connect Unit) -kortti

Sekä niiden lisäksi seuraavanlaiset kortit:

Taulukko 6. Solmujen eroavaisuudet

Kortti / solmun nimi	TSW	STM-1	STM-4
Helsinki	2	3	2
Imatra	2	2	2
Tampere	1	2	1

4. ESITEHTÄVÄT

Esitehtävien ja laboratoriotyön tarkoituksena on antaa perustiedot SDH-tekniikasta. Esitehtävien huolellinen tekeminen edesauttaa laboratoriotyön tekemistä ja samalla laboratoriotyöstä jää enemmän käteen. Ratkaistuasi kysymykset palauta ne Tietoliikennelaboratorion toisen kerroksen ilmoitustaulun alla olevaan palautuslaatikkoon (E-siipi). Noin viikon kuluttua palautuksesta saat tiedon ratkaisujen oikeellisuudesta. Mikäli kaikki olivat kunnossa, voit varata kolmen tunnin laboratoriotyövuoron.

1. Esitä SDH:n STM-1 :n kehysrakenne kaikkine otsakkeineen.
2. Mitkä ovat SDH:n laitevälit ja mitä ne pitävät sisällään.
3. Luettele synkronisen tiedonsiirron etuja.
4. Luettele synkronisen tiedonsiirron haittoja.
5. Esittele SDH:n käyttökohteita.
6. Miten 2Mbit/s -signaali mapitetaan VC-4 konttiin?

5. TYÖOHJEET

5.1 SDH -verkon alustus

Olet saanut verkko-operaattoriltasi tehtäväksi suunnitella SDH-verkon suurelle televiestintäyrittäjälle. Asentajat ovat jo laittaneet solmut paikoilleen ainoat työtehtävät, jotka teille on annettu on valokaapelien vetäminen ja verkon konfigurointi. Verkko tulee rakentaa kolmen paikkakunnan välille. Solmut on sijoitettu seuraaville paikkakunnille: pääkonttoriin Helsingissä, sivutoimipiste Tampereella ja huippusalainen R&D osasto Imatran kuusikossa. Vaadittavat yhteydet on lueteltu seuraavassa taulukossa

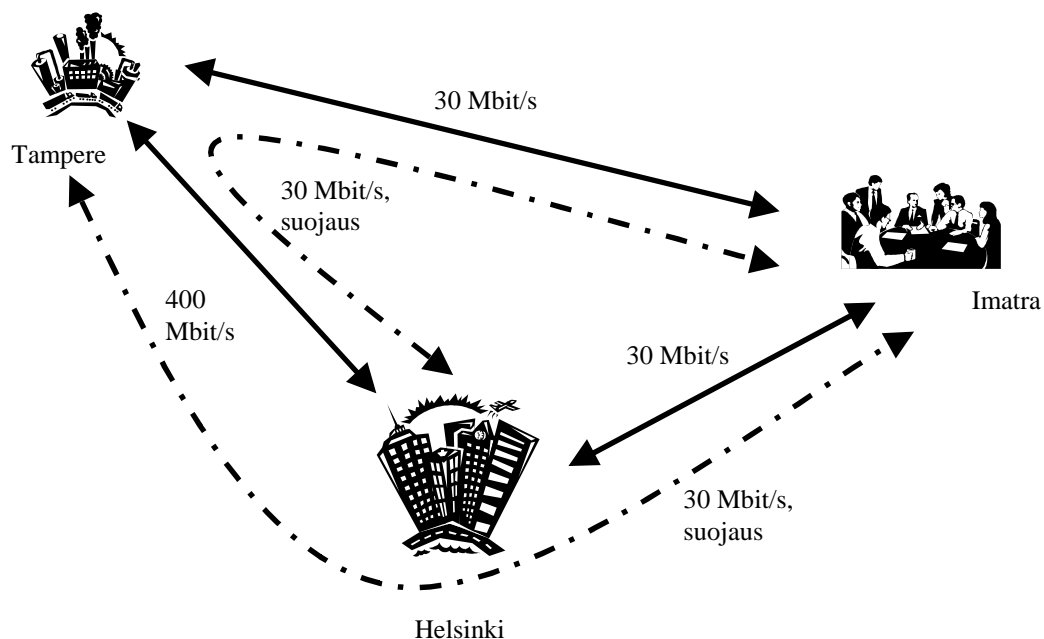
Taulukko 7. Vaadittavat yhteydet

Väli	tiedonsiirtotarve:
Helsinki → Tampere	n. 400 Mbit/s
Helsinki → Imatra	30 Mbit/s, suojattu
Tampere → Imatra	30 Mbit/s, suojattu

Millaisilla yhteyksillä (mitä kortteja käyttäisit yhteyksien luomiseen?) toteuttaisit yhteydet?

Yrityksesi kaapelinlaskentaryhmä kaikesta huolimatta on päättänyt kaikessa viisaudessa, että teidän tulee vetää kaapelinne seuraavan kuvan esittämällä tavalla . Katkoviivalla vedetyt suojauskytkenät toteutetaan käyttämällä varsinaisia

päälinoja. Ennen kaapelien vetämistä varmistaa, että solmut on kalustettu annetun listan mukaisesti ja hyväksyttyä valitsemat yhteytesi valvojalla.



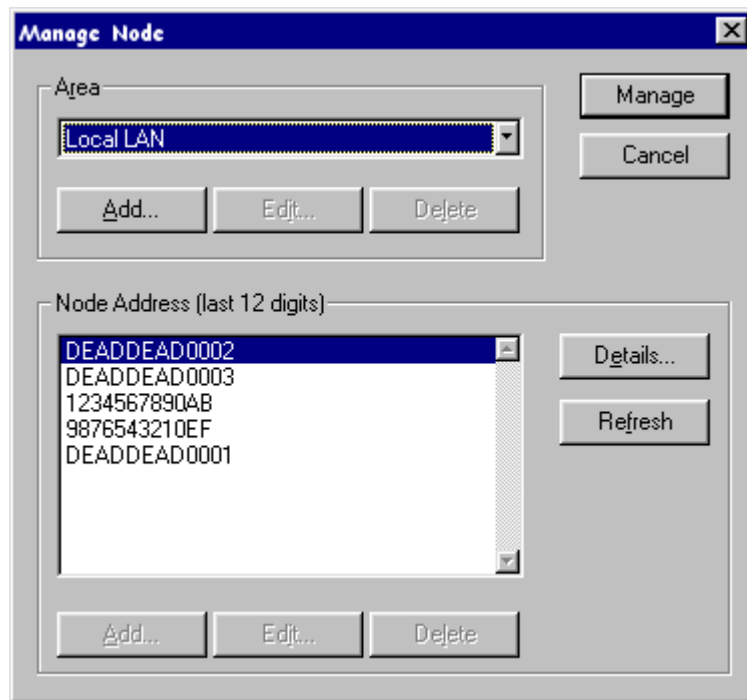
Kuva 22. Kaapelinvetosuunnitelma

Kaapelien kytkennöissä tulee huomioida, että lähettävän kortin Tx puoli tulee kytketyksi vastaanottavan kortin Rx -liittimeen ja päinvastoin lähettävän kortin Rx tulee kiinni vastaanottavan Tx- liittimeen. Yhteenliitettävien korttien tulee myös luonnollisesti olla samanlaisia (STM-1 -kortti liitetään toiseen STM-1 -korttiin etc.) Kaapeleita kytkettäessä on myös huomioitava, että kaapeleissa kulkee A-luokan laser ja sen osoittaminen silmään voi aiheuttaa pysyviä vaurioita silmän verkkokalvolla ja jopa johtaa sokeutumiseen. Pidä huoli myös siitä, että kaapelit tulevat kunnolla kytketyiksi, huono kytkentä aiheuttaa yllättäviä vaimennuksia.

Kaapeleita vetävä ryhmä on epähuomiossa suojannut Helsingistä lähtevän ja Imatraan saapuvan kaapelien liian heikolla kourulla ja tästä aiheutuu yhteydelle lisävaimennusta (Helsingin Tx ja Imatran vastaanavan Rx yhteyden väliin tulee asentaa vaimennin). Verkon valmistuttua alkaa sen konfigurointi.

5.2 Verkon konfigurointi Synfonet ohjelmalla

Avaa Synfonet-ohjelma ja eteesi avautuu seuraavanlainen ikkuna.



Kuva 23. Alueen ja käytettävien solmujen määrittäminen

Ensimmäiseksi sinun tulee määrittää käytettävä alue. Tämän tehdäkseen paina ylämpää Add-näppäintä ja siellä oleviin kenttiin tee seuraavanlaiset määrittäykset. Alueen nimeksi tulee Suomi.

Taulukko 8. Alueen määrittäykset

Määrittelmä:	Koodi:
AFI	39
IDI	246F
Area Address	00000116000000010001

Kun olet saanut alueen määritellyksi sinun tulee lisätä siihen ne solmut, joita tulet käyttämään. Tämän tehdäkseen paina alempaa Add näppäintä ja lisää seuraavan taulukon mukaiset solmut.

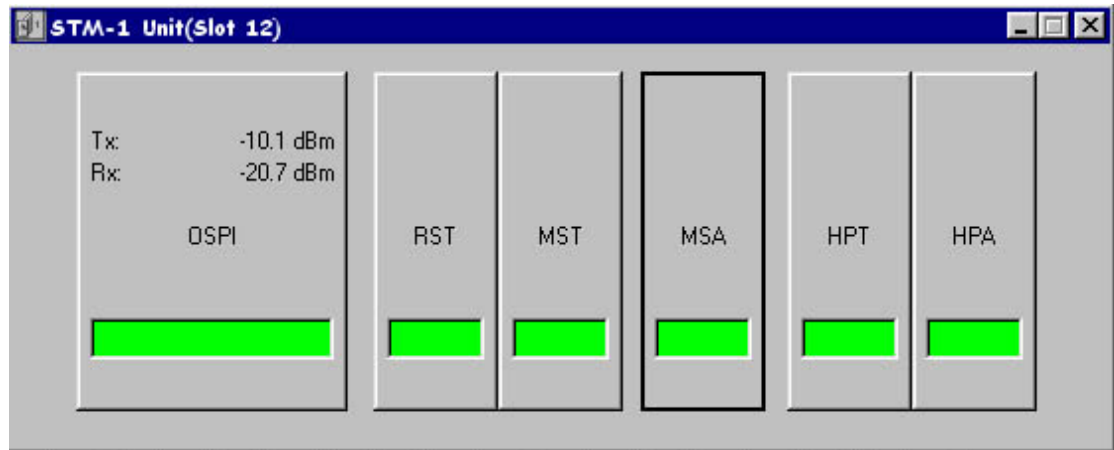
Taulukko 9. Solmujen ID-koodit

Solmun nimi:	System ID:
Helsinki	DEADDEAD0001
Tampere	DEADDEAD0003
Imatra	DEADDEAD0002

Nyt määriteltyäsi alueen ja siinä olevat solmut pääset konfiguroimaan solmuja valitsemalla halutun solmun ja painamalla Manage-näppäintä. Avaa nyt jokaiselle solmullesi oma Synfonet-ohjelma näin nopeutamme erilaisten konfigurointien tekoja.

5.3 Ristikytkenän muodostaminen

Ennen ristikytöntöjen tekemistä on hyvä tietää kulkeeko kaapeleissa signaali vai ei. Tämä tehdään solmunhallinta ohjelmassa seuraavalla tavalla. Tuplaklikkaa käytettävää olevaa korttia ja saat seuraavanlaisen ikkunan eteesi (esimerkkinä on STM-1-kortti). Nyt avaa OSPI (Optical SDH Physical Interface) määritä siellä signaali monitoroiduksi. Tämän jälkeen muista lähettää solmun konfiguroinnin muutos solmuun painamalla Data → Send to Node tai paina Ctrl + S. Tämä on erittäin tärkeä toimenpide ja tulee tehdä jokainen kerta, kun solmua konfiguroidaan. Ilman tätä päivittämistä solmujen tiedot eivät ole halutun mukaisia. Toista tämä kaikille käyttämillesi korteille. Jos kaikki on kunnossa, eli tietyn tasoinen signaali saapuu ja lähtee kortista pitäisi pelkästään vihreiden valojen palaa hallintaohjelmassa.



Kuva 24. Signaalitason monitorointi

Ristikytkentää siis tarvitaan, kun alemman tason signaaleja halutaan välittää eteenpäin korkeammalla nopeudella tai kun halutaan erottaa alemman tason signaali nopeammasta signaalista. Tähän mennessä ette ole tarvinneet ristikytkentöjä, koska mitään signaaleja ei ole välitetty verkossa. Mutta nyt: Helsingin päästä halutaan tärkeä 2 Mbit/s signaali välitetyksi tutkimuskeskukseen Imatralle. Aloitetaan signaalin mapitus korkeamman tason signaaliin.

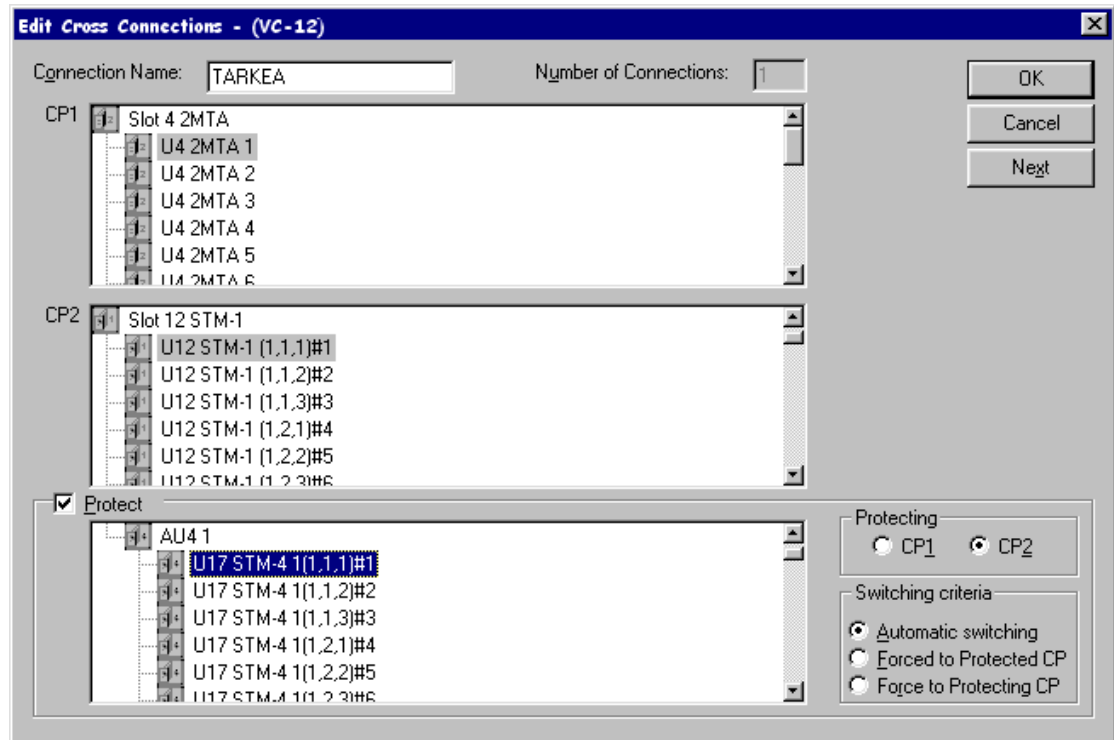
Aloitetaan signaalin mapitus Helsingin päästä. Ensimmäiseksi avaa ristikytkimen konfigurointi ikkuna joko menemällä Configure → Cross Connection tai painamalla Ctrl+X. Lähetettävä signaali on siis 2Mbit/s nopeuksinen PCM-signaali, joten se mapitetaan VC-12:ta käyttäen. Valitse VC-12 ja paina sen jälkeen Add -näppäintä.

Nyt avautuneessa ikkunassa voit lisätä ristikytkentöjä. Ikkunassa näet kaikki mahdolliset kortit joilla voit mapittaa VC-12 -signaaleja. Korttia klikkaamalla voit määrittää signaalien mapituksen tarkemmin. CP1 (Connection Point 1) tarkoittaa sitä liitäntää, johon signaali tulee ja CP2 tarkoittaa signaalien jatkoreittiä.

Nyt määritä CP1:ksi se kortti ja liitin mihin kytket PCM-signaalin. Esim. Slot 4 2MTA → U4 SMTA 1. Nyt olet määrittänyt paikan missä signaali tulee sisään SDH-verkkoon. Tämän jälkeen valitse jatkoyhteys. Esim. Slot 12 STM-1 → U12 STM-1 (1,1,1)#1. Signaali siis välittyy nyt slotissa 12 sijaitsevan STM-1 -kortin kautta eteenpäin.

Muista nyt, että yhteyden tuli olla suojattu. Tämän tehdäksesi valitse Protect ja sieltä suojaava yhteys. Esim. Slot 17 STM-4 → AU4 1 → U17 STM-4 1(1,1,1)#1. Viimeiseksi valitse vielä suojauksen tavaksi automaattinen kytkentä ja paina OK.

Seuraavassa kuvassa on esitetty esimerkki mapitus.



Kuva 25. Ristikytkennän editointi

Nyt sinun signaalisi kulkee Imatralla sekä pääreitillä että suojaavaa reittiä pitkin . Seuraavat vaiheet ovat signaalin mapittaminen haluttuun kanavaan Imatralla sekä suojaavan kanavan mapitus Tampereen kautta Imatralla.

Pidä aina tarkkaan mielessä mihin VC-12 yksikköön olet mapittanut signaalin, sillä vastaanottavassa päässä signaali on samassa VC-12:ssa. Pidä myös mielessä suojaavaa yhteyttä konfiguroidessa kumpaa CP:a olet suojaamassa.

Jos et löydä valitsemaasi STM-N -korttia ristikytkentä ikkunan VC-12 -signaalien ristikytkentöjen lisäämisikkunassa. Sinun täytyy sulkea ristikytkentä ikkuna ja konfiguroida STM-N -korttia. STM-N -kortin konfigurointi ikkunassa (kuva 24.) sinun tulee valita MSA (Multiplex Section Adaptation) -ikkuna. Täällä valitse Path

Terminated. Tämä funktio tarkoittaa, että nyt olet terminoinut haluamasi VC-4 -kontin niin, että voit muokata sen sisällä olevia alemman tason kontteja.

Saatuasi kaikki konfiguroinnit tehtyä sinun pitäisi pystyä kuulemaan PCM-signaali. Varmista vielä suojaava kytkentä katkaisemalla pääreitti vaimentimen kohdalta. Jos vielä kuulet signaalin automaattinen kytkentä toimii ja varareitti on oikein konfiguroitu.

5.4 Vaimennuksen vaikutus mapitettuun 2Mbit/s -signaaliin.

Nyt kun olet saanut tärkeän signaalin kulkemaan verkossa niin on aika hieman mittailla verkon ominaisuuksia. Mittauksissa käytetään Wandel & Goltermann ANT-20E mittaria. Aluksi tutkitaan sitä miten vaimennus vaikuttaa PCM- signaaliin. Kytke mittarissa olevat koaksiaalikaapelit solmuun Helsinki, kaapelit ovat kytkettyinä mittarin takalevyn liittimiin [14] ja [15], ja tee signaalille samanlainen ristikytkentä kuin ensimmäiselle PCM -signaalille. Eli reititä se kulkemaan Imatralle. Älä kuitenkaan tee vielä mitään suojaavaa yhteyttä. Imatran päässä tee luuppi siihen 2 MT -koaksiaaliliittimiin, joihin Imatran päässä tulet signaalin reitittämään. Signaali siis kulkee reittiä mittari → Helsinki → Imatra (luuppi) → Helsinki → mittari.

Tämän jälkeen avaa ANT-20 -hallintaohjelmassa kansio Application → Open. Täältä valitse mittaustavaksi W&G Framed-2M-Errorrest ja paina OK. Nyt mittari on konfiguroitu tekemään 2M -signaalilla virhetestiä. Seuraavaksi paina vain hallintaikkunan liikennevaloa ja mittari alkaa lähettämään 2M -signaalia.

Nyt vaimenna signaalia asteittain siihen asti, kun Imatran päässä vastaanottava kortti ilmoittaa, ettei se enää vastaanota mitään signaalia. Tee tämä vaimentaminen kuitenkin suhteellisen hitaasti ja ota ylös mittarista minkälaisia virheitä PCM-signaaliin oikein tuli ja vielä se missä järjestyksessä. Ota myös vaimentimelta ylös se rajavaimennus minkä jälkeen signaali ei enää ollut tunnistettavissa.

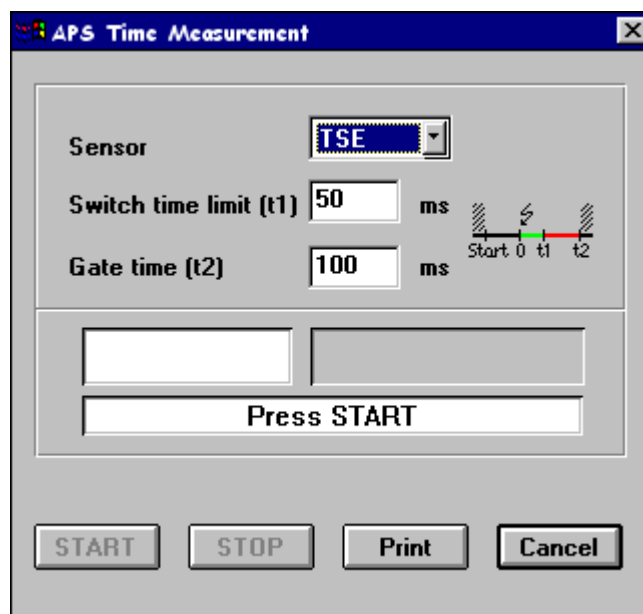
Hälytykset:

Maksimi sallittu vaimennus: _____ dB

5.5 2 Mbit/s -signaalin uudelleen reitityksen testaaminen

Kun olet saanut mitatuksi vaimennuksen vaikutuksen on aika testata miten automaattinen uudelleen reititys toimii. Tämän tehdäksesi sinun pitää ensiksi tehdä varmentava reitti mittarista tulevalle signaalille. Tämä käy helposti editoimalla jo tehtyjä kytkentöjä.

Saatuasi varmennusreitit konfiguroitua valitse APS -ikoni Signal Structure - työkaluvalikosta saat eteesi seuraavanlaisen ikkunan. Tässä paina vain START - ikonia ja seuraa mittarin antamia ohjeita.



Kuva 26. APS -mittaus

Uudelleen reititysaika: _____

Tulleet hälytykset :

Seuraavaksi pura kaikki VC-12 -tason signaalien ristikytkenät, mutta jätä kuitenkin vedetyt kaapelit paikoilleen.

5.6 Vaimennuksen vaikutus STM-1 signaaliin

Seuraava tehtäväsi on reitittää mittarilta tuleva 155 Mbit/s -signaali kulkemaan Helsingin kautta Imatralle ja tästä eteenpäin vielä Tampereelle, koska on huomattu, että Tampereen ja Helsingin välisessä yhteydessä on ollut ajoittain jotain kummallisia virheitä. Liitä siis mittariin kytketyt valokaapelit Helsingissä vielä vapaana olevaan STM-1 -korttiin ja aloita ristikytkeiden muodostaminen. Ne tapahtuvat aivan vastaavalla tavalla kuin VC-12 -tason signaaleilla muodostetut ristikytkenät paitsi, että olette muodostamassa VC-4 tason yhteyksiä. Pidä selvänä mielessä mihin korttiin signaali solmussa saapuu ja minkä kortin kautta sen on tarkoitus jatkaa eteenpäin. Tampereen päässä sinun tulee tehdä luuppi johonkin vapaana olevaan korttiin ja tehdä ristikytkeä siihen. Signaalin tulisi siis kulkea seuraavanlaista reittiä: mittari → Helsinki → Imatra → Tampere (luuppi) → Imatra → Helsinki → mittari.

Jos et löydä ristikytkeäeditorin VC-4 -tason yhteyksien alta sitä STM-n korttia, jota haluaisit käyttää niin tämä johtuu siitä, että sinulla on edelleen VC-4 polun terminointi vielä päällä kyseisessä kortissa. Muista sulkea ristikytkeä ikkuna, kun haluat poistaa terminoinnin.

Tämän jälkeen avaa ANT-20 -hallintaohjelmassa kansio Application → Open. Täältä valitse mittaustavaksi W&G EXC STM1 - 1310 - 2M -Errorres ja paina OK. Nyt mittari on konfiguroitu tekemään STM-1 -signaalilla virhetestiä. Seuraavaksi paina vain hallintaikkunan liikennevaloa ja mittari alkaa lähettämään 155Mbit/s -signaalia.

Ota seuraavaksi vaimennin kauniiseen käteen ja tee samat mittaukset kuin 2 Mbit/s -signaalin kohdalla. Eli vaimenna signaalia kunnes yhteys katkeaa. Ota saadut hälytykset ylös ja vielä siinä järjestyksessä kuin ne tulevat sekä maksimivaimennus millä signaali on vielä tunnistettavissa

Hälytykset:

Maksimi sallittu vaimennus: _____ dB

5.7 STM-1 -signaalin uudelleen reitityksen testaaminen

Kun saat mitattua vaimennuksen vaikutuksen signaalille automaattisen uudelleen kytkemisen testaus. Eli nyt tee varareitti mittarista Helsingin kautta Tampereelle. Suorita mittaus kuten 2 Mbit/s -signaalin kohdalla.

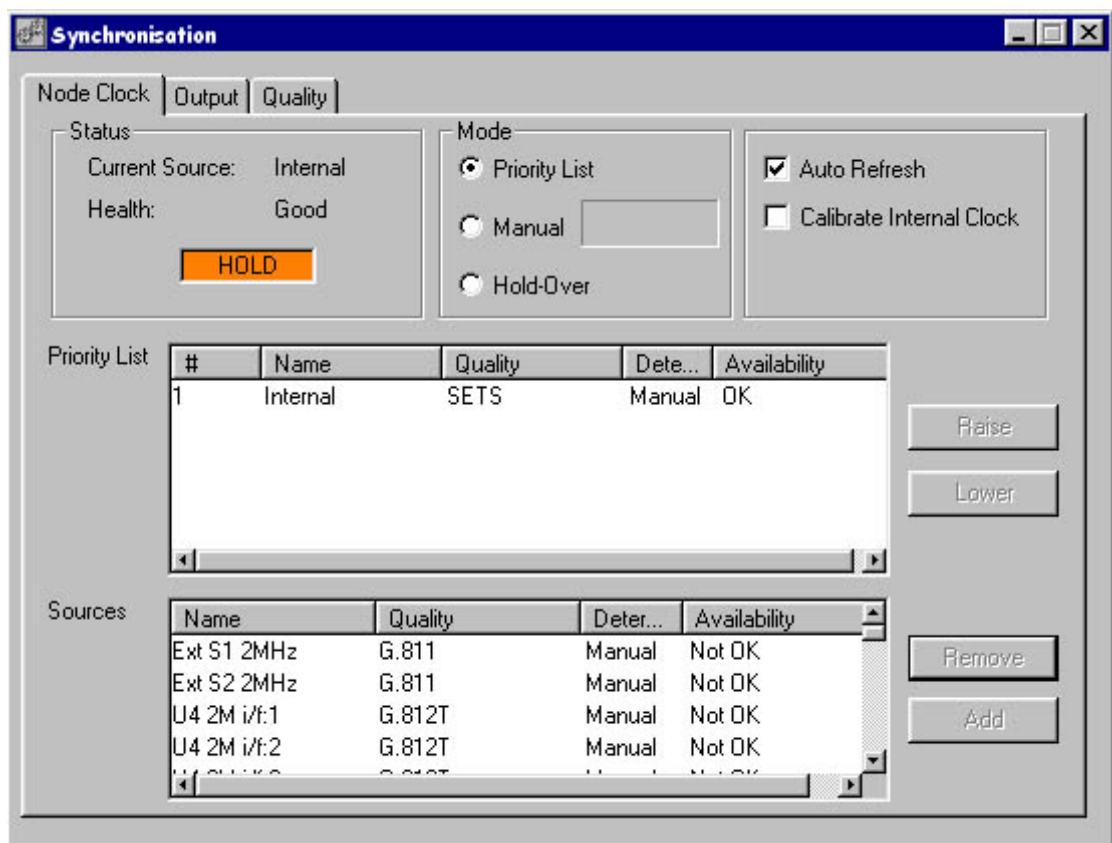
Uudelleen reititysaika: _____

Tulleet hälytykset :

5.8 SDH -järjestelmän synkronoinnin testaus

Pura taas jälleen kerran kaikki ristikytkennät ja sen jälkeen muodosta mittarin 155 Mbit/s -signaalille takaisinkytkentä pelkästään Helsinki -solmun sisällä. Tämän jälkeen käynnistä signaaligeneraattori ja valitse taajuudeksi 2.048 MHz ja signaalin vahvuudeksi 1 V. Kytke tämä signaali Helsinki solmun S1R -liittimeen.

Seuraavaksi avaa Helsinki solmun synkronoinnin konfigurointi -ikkuna valitsemalla Configure → Synchronisation tai valitsemalla Ctrl + Y. Saat eteesi kuvan 27 esittämän ikkunan.



Kuva 27. Solmun synkronointi-ikkuna

Tässä ikkunassa voit määrittää mistä lähteestä solmu ottaa synkronoivan signaalin ja mitä tämän signaalin laatu on. Mene nyt Sources valikkoon ja valitse sieltä Ext S1 2 Mhz, tämä on signaaligeneraattorista tuleva signaali, ja etsi sieltä myös se STM-1 -

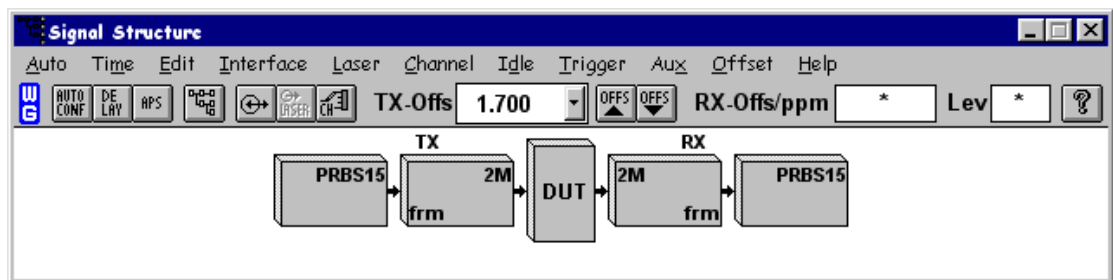
kortti, johon olet mittarin kytkenyt ja lisää nämä signaalit kellosignaaleiksi. Muuta nyt prioriteettilistassa signaalien järjestystä siten, että signaaligeneraattorilta tuleva signaali on prioriteetilla yksi, seuraavana on mittarilta tuleva signaali ja viimeisenä solmun sisäinen kellosignaali.

Aloita mittaus mittarilla ja aloita kellosignaalin poikkeuttaminen signaaligeneraattorilla.

Kuinka monta herziä voit signaalia poikkeuttaa niin, että solmu hyväksyy sen vielä kellosignaalikseen:

Mitä hälytyksiä saat aikaiseksi kellosignaalia poikkeuttamalla:

Nyt solmun pitäisi käyttää kellosignaalianaan 155 Mbit/s -signaalia, joka tulee mittarista. Aloita mittaus uudelleen. Muuta seuraavaksi mittarista lähtevän signaalin offsettiä painamalla Signal Structure -työkaluvalikossa OFFS-näppäimiä.



Kuva 28. Signal Structure -työkaluvalikko

Miten paljon voit lisätä offsettia 155 Mbit/s -signaalin ilman, että solmu siirtyy käyttämään sisäistä kellosignaaliaan:

Minkälaisia hälytyksiä saat aikaiseksi lisäämällä offsettia:

5.9 SDH -solmun ylösnousuaika

Viimeisenä mittauksena on SDH -järjestelmän ylösnousuaika sähkökatkoksessa. Tässä mittauksessa käytetään samoja ristikytkentöjä kuin edellisessä mittauksessa. Käynnistä jälleen mittaus ATN-20E :llä. Sammuta Helsinki -solmusta sähkö kääntämällä sen sulake pois päältä ja kytkemällä päälle.

Minkälaisia hälytyksiä saat aikaiseksi:

Mikä on järjestelmän ylösnousuaika:

6. LOPPUKYSYMYKSET

Vastaukset tulee palauttaa kahden viikon kuluessa laboratoriotyön suorittamisesta huoneeseen E206b tai sitten lähettämällä ne sähköpostilla työn valvojalle.

Vertailut voi tehdä esimerkiksi taulukoiden avulla. Ongelmien ilmentyessä ota yhteyttä valvovaan assistenttiin.

1. Kuinka paljon Long haul -signaalia voi vaimentaa ilman, että yhteys kärsii? (käytössä olevat kortit lähettävät Short haul -tasoista signaalia)

2. Vertaile saatuja tuloksia standardeihin. (ylösnousuajat, uudelleenreititysajat ...)
Käytä apuna ITU-T:n standardeja.

3. Minkä vuoksi PCM-signaalia vaimentamalla tuli erilaisia hälytyksiä kuin STM-1-signaalia käytettäessä?

4. Minkä vuoksi hälytykset tulivat mittauksissa saaduissa järjestyksissä?

Jotta työtä voitaisiin kehittää yhä edelleen, on sinun palautteesi meille erittäin tärkeää. Haluaisimme tietää:

5. Mikä oli vaikeinta?

6. Mikä oli mielenkiintoisinta ja miksi?

7. Opettikö työ sinulle mitään?

8. Mitä olisit halunnut tietää tai oppia lisää?

9. Kommentteja ja parannusehdotuksia?

7. LÄHDELUETTELO

- [1] ITU-T Recommendation G.707 (03/96) - Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)
- [2] Optinen tiedonsiirto, B. Optiset tiedonsiirtojärjestelmät. IV: Hellström, Bengt. Synchronous Optical Communication - Standards and Applications. V: Kaiharju, Vesa. SDH-siirtojärjestelmät. INSKO julkaisu 66-91
- [3] Opetusmoniste S-72.322, Televiestintäjärjestelmät, erä n:o 10. Syksy 1997
- [4] Luoma, Marko; Kantola, Raimo. SDH, kalvot luennolta 20.02.1998, S-38.110 Telecommunications Switching Technology. Teknillinen korkeakoulu, Teletekniikan laboratorio.
- [5] Introduction to SDH, Queenferry Telecom Division, Hewlett Packard
- [6] Pocket Guide Synchronous Communications Systems, SDH vol 1., Wandel & Goltermann GmbH & Co
- [7] Pasuri, Jari. SDH-laitteiden viive, S-72.141 erikoistyö 1997, Teknillinen korkeakoulu Tietoliikennelaboratorio
- [8] Gagnaire, Maurice. La nouvelle Hiérarchie Synchrone, opetusmoniste 28.03.2000, Ecole National Supérieure des Télécommunications
- [9] ITU-T Recommendation G.826 - Error Performance parameters and objectives for international constant bit rate digital paths at or above the primary rate, 1993
- [10] Salo, Pasi. SDH:n siirron virhetarkastelu, S-72.173 erikoistyö 14.12.1998, Teknillinen korkeakoulu Tietoliikennelaboratorio
- [11] Sexton, Mike; Reid, Andy. Transmission Networking: SONET and the Synchronous Digital Hierarchy. Artech house, 1992. ISBN 0-89006-551-9.
- [12] Tervo, Marja. Datasiirto SDH:ssa. S-72.171 erikoistyö 22.05.1998. Teknillinen korkeakoulu Tietoliikennelaboratorio

[13] SDH -sanasto. TSK/Tekniikan sanastokeskus. Puhelinlaitosten liito r.y.,
Helsinki 1995. ISBN 951-96626-3-4, ISBN 952-9794-07-X