

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Ilari Taipalus

Opinnäytetyö

Laajaverkkotekniikat

Työn valvoja
Tampere 2010

Lehtori Ilkka Tervaoja

Tekijä: Ilari Taipalus
Työn nimi: Laajaverkkotekniikat
Ajankohta: Huhtikuu 2010
Sivumäärä: 32 sivua
Koulutusohjelma: Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto: Tietoliikennetekniikka
Työn valvoja: Lehtori Ilkka Tervaoja

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena on saada käytössä olevien laajaverkkotekniikoiden kirjo pääpiirteissään yhteen yksien kansien väliin. Työssä on selitetty tärkeimpien laajaverkkotekniikoiden toiminta, kehysrakenteet ja tekniikan käyttämä laitteisto ymmärrettävästi. Työ keskittyy tällä hetkellä käytössä oleviin tekniikoihin, kuin ATM, SDH ja MPLS, mutta luo myös katsauksen alan käsitteistöön ja vanhempiin tekniikoihin, joista uudemmat tekniikat ovat kehittyneet. Jokaisesta tekniikasta kerrotaan sen nykytila ja pyritään myös hieman arvioimaan sen tulevaisuudennäkymiä.

Laajaverkkotekniikat muodostavat rungon tietoverkkoyhteiskunnalle, jossa elämme. Nopean tiedonsiirron kapasiteetin ja toiminnallisuuden vaatimukset kasvavat jatkuvasti sekä yrityksissä että myös yksityiskäytössä. Tästä syystä pyritään jatkuvasti kehittämään uusia tekniikoita ja menetelmiä, jotka optimoisivat tietoverkkojen kaistankäytön ja samalla minimoisivat verkon kuormituksen.

Avainsanat: laajaverkkotekniikka, tietoverkko, kehysrakenteet

Author: Ilari Taipalus
Title: WAN technologies
Date: April 2010
Number of pages: 32 pages
Degree programme: Information Technology
Specialisation: Telecommunications Engineering and Data Network Systems
Thesis supervisor: Lecturer Ilkka Tervaoja

ABSTRACT

The aim for this thesis is to make an overview of WAN technologies. The report explains in an understandable format the function, the frame structure and the equipment used by the most important WAN technologies. The thesis focuses on WAN technologies used at the moment such as ATM, SDH and MPLS, but it also makes an overview of their predecessors. The thesis also explains the concepts on the specific field of technology. In each section of a technology the thesis aims to explain the present situation and the future scenario of the specific technology.

WAN technologies are the core of the information network society we live in. The need for fast data transfer concerning capacity and functionalities grow increasingly with both company and private use. For that reason new technologies and methods are being developed to optimize bandwidth use of data networks and at the same time minimize the load of the network.

Keywords: WAN technology, information network, frame structure

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| 1. JOHDANTO | 9 |
| 2. PERUSKÄSITTEITÄ..... | 10 |
| 2.1. Piirikytkentäisyys | 10 |
| 2.2. Pakettikytkentäisyys | 10 |
| 2.3. Yhteydellinen yhteys | 10 |
| 2.4. Yhteydetön yhteys | 11 |
| 3. LAAJAVERKKOTEKNIIKAT | 12 |
| 3.1. X.25 | 12 |
| 3.1.1. X.25-verkon elementit..... | 12 |
| 3.1.2. X.25-yhteyden toiminta..... | 13 |
| 3.2. Frame Relay..... | 14 |
| 3.2.1. Frame Relay -yhteyden toiminta | 14 |
| 3.2.2. Frame Relay -kehyksen rakenne | 15 |
| 3.2.3. Frame relay -tekniikan nykytila | 15 |
| 3.3. ATM | 16 |
| 3.3.1. ATM-solun rakenne | 17 |
| 3.3.2. ATM-yhteyden toiminta..... | 18 |
| 3.3.3. ATM-yhteyksien priorisointi..... | 19 |
| 3.3.4. ATM-verkon sovittaminen Ethernet-verkkoon | 20 |
| 3.4. FDDI..... | 20 |
| 3.4.1. FDDI-verkon toiminta..... | 21 |
| 3.4.2. Käytetyt kaapelityypit | 22 |
| 3.5. SDH/SONET | 23 |
| 3.5.1 Hierarkia ja synkronointi..... | 23 |
| 3.5.2. Kontit..... | 24 |
| 3.5.3. SDH-verkon laitteet..... | 25 |
| 3.5.4. SDH-järjestelmä suhteessa PDH-järjestelmään | 26 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 3.6. SMDS | 26 |
| 3.6.1. SMDS-palvelun toiminta..... | 27 |
| 3.6.2. SMDS-palvelun nykytila..... | 28 |
| 3.7. MPLS | 28 |
| 3.7.1. Pakettien otsikointi | 29 |
| 3.7.2. MPLS-menetelmän käyttö..... | 30 |
| LÄHTEET | 31 |

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

| | |
|--------|--|
| AAL | ATM-sovituskerros (ATM Adaption Layer) |
| ADM | SDH-verkon päätelaite (Add Drop Multiplexer) |
| ATM | Asynkroninen siirtomuoto (Asynchronous Transfer Mode) |
| BECN | Ruuhkanhallintabitti FR-verkossa (Backward Explicit Congestion Notification) |
| B-ISDN | Laajakaistainen ISDN (Broadband ISDN) |
| CDDI | Rengastopologiainen kupariverkko (Copper Distributed Data Interface) |
| CIR | Liikennemäärä, joka voidaan taata FR-verkossa (Committed Information Rate) |
| CLP | Prioriteettibitti ATM-solussa (Cell Loss Priority) |
| CPE | Asiakkaan laitteet SMDS-palvelussa (Customer Premises Equipment) |
| DCE | Verkon reunalaite (Data Circuit-terminating Equipment) |
| DE | Prioriteettibitti FR-kehyksessä (Discard Eligibility) |
| DLCI | Yksilöi virtuaalisen piirin FR-verkossa (Data-Link Connection Identifier) |
| DQDB | MAN-verkon tiedonsiirtostandardi (Distributed Queue Dual Bus) |
| DTE | Verkon päätelaite (Data Terminal Equipment) |
| DXC | Vaihte renkaiden välillä SDH-tekniikassa (Digital CROSS Connect) |
| E3 | Suurikapasiteettinen tiedonsiirtoväylä (E-carrier 3) |
| FCS | Kehyksentarkistuskenttä FR-kehyksessä (Frame Check Sequence) |
| FDDI | Rengastopologiainen kuituverkko (Fiber Distributed Data Interface) |
| FEC | Luokkamääre MPLS-otsikoidulle paketille (Forwarding Equivalence Class) |
| FECN | Ruuhkanhallintabitti FR-verkossa (Forward-explicit congestion notification) |
| FR | Kehyvälitteinen datasiirtotekniikka (Frame Relay) |
| GFC | Solunohjauskenttä ATM-solussa (Generic Flow Control) |
| HDLC | Siirtoyhtyskerroksen protokolla (High-level Data Link Control) |
| HEC | ATM-solun virheentarkistuskenttä (Header Error Control) |
| IP | Verkkokerroksen protokolla (Internet Protocol) |

| | |
|-----------|--|
| ISDN | Piirikytkentäinen puhelinverkkojärjestelmä (Integrated Services Digital Network) |
| LAPD | Merkinantoprotokolla (Link Access Protocol on D-channel) |
| LAN | Lähiverkko (Local Area Network) |
| LANE | Käytetään yhdistämään ATM- ja Ethernet-verkkoja (LAN Emulation) |
| LDP | Otsikonjakeluprotokolla MPLS-menetelmässä (Label Distribution Protocol) |
| LEC | LAN-emulointiasiakas ATM-tekniikassa (LAN Emulation Client) |
| LECS | LAN-emulointipalvelu ATM-tekniikassa (LAN Emulation Services) |
| LER | MPLS-menetelmän reunareititin (Label Edge Router) |
| LSP | MPLS-otsikoidun paketin reitti (Label Switched Path) |
| LSR | MPLS-verkon reititin (Label Switch Router) |
| MAC | Siirtoyhteyserroksen alikerroksen protokolla (Media Access Control) |
| MAN | Kaupunkiverkko (Metropolitan Area Network) |
| MPLS | Otsikointiin perustuva tiedonsiirtomenetelmä (Multi-Path Label Switching) |
| NNI | ATM-kytkimien välinen linkki (Network-to-Network Interface) |
| OSI-malli | Tiedonsiirtoprotokollamalli (Open Systems Interconnection Reference Model) |
| PAD | Sovittaa yhteen X.25-verkon datan (Packet Assembler/Disassembler) |
| PDH | Tiedonsiirtostandardi nopeaan tiedonsiirtoon (Plesiochronous Digital Hierarchy) |
| PDN | Julkinen dataverkko (Public Data Network) |
| PDU | Datayksikkö SMDS-palvelussa (Protocol Data Unit) |
| PLP | X.25-yhteyden verkkokerroksen protokolla (Packet-Layer Protocol) |
| POH | Loogista polkua kuvaava tieto SDH-kontissa (Path OverHead) |
| PSE | X.25-verkon kytkin (Packet-Switching Exchange) |
| PT | Datan tyyppin kertova kenttä ATM-solussa (Payload Type) |
| PVC | Pysyvä virtuaalipiiri (Permanent Virtual Circuit) |
| QoS | Tietoliikennepalvelun laatu (Quality of Service) |
| SDH | Tiedonsiirtostandardi nopeaan tiedonsiirtoon (Synchronous Digital Hierarchy) |
| SDU | SMDS-palvelun datayksikkö (Protocol Data Unit) |

| | |
|-------|---|
| SIP | SMDS-palvelun käyttämä protokolla (SMDS Interface Protocol) |
| SMDS | LAN-verkkoja yhdistävä palvelu (Switched Multimegabit Data Service) |
| SNI | Tilaajan verkkolaitteet SMDS-palvelussa (Subscriber Network Interface) |
| SONET | Tiedonsiirtostandardi nopeaan tiedonsiirtoon (Synchronous Optical NETworking) |
| STM | Tiedonsiirron standardi SDH-järjestelmässä (Synchronous Transfer Module) |
| SVC | Kytkeäminen virtuaalipiiri (SVC, Switched Virtual Circuit) |
| TC | Palvelun laatu MPLS-menetelmässä (Traffic Class) |
| TM | Polun päätelaite SDH-järjestelmässä (Terminal Multiplexer) |
| TTL | Kehyksen elinaika (Time To Live) |
| UNI | ATM-päätelaitteen ja -kytkimen välinen linkki (User-to-Network Interface) |
| V.24 | Fyysisen kerroksen liityntästandardi X.25-tekniikassa |
| WAN | Laajaverkko (Wide Area Network) |
| VC | Virtuaalinen kontti SDH-järjestelmässä (Virtual Container) |
| VCI | Virtuaalikanava (Virtual Channel) |
| VPI | Virtuaalipolku (Virtual Path) |
| VPN | Virtuaalinen sisäverkko (Virtual Private Network) |
| X.25 | Pakettivälitteinen datasiirtotekniikka |

1 JOHDANTO

Laajaverkko on verkko, joka voi ulottua maantieteellisesti paikkakunnalta toiselle tai jopa useiden maiden alueelle. Lopulta laajaverkot yhdistävät mantereet yhteen yhteiseksi verkoksi. Laajaverkot voivat myös yhdistää useita lähiverkkoja toisiinsa, usein teleoperaattorin hoitaessa yhdistävän tekniikan.

Tämän työn tarkoituksena on, että lukijalla olisi työn lukemisen jälkeen yleiskäsitys käytetyistä laajaverkkotekniikoista. Työssä käsitellään laajaverkkotekniikoita vanhemmista tekniikoista, kuten X.25 ja ATM lähtien ja edetään kohti nykypäivän uudempiä optista kuitua käyttäviä tekniikoita. Vanhojen tekniikoiden sisällyttäminen työhön on tärkeää, sillä monet uudet tekniikat ovat ainoastaan kehitettyjä versioita vanhoista tekniikoista. Tällöin voidaan saada kokonaiskuva siitä, miten tämän päivän laajaverkkotekniikoihin on päästy.

Usein verkkotekniikoiden tärkein kehitysalue on nopeuden nostaminen. Hyviä esimerkkejä tällaisista tekniikoista ovat FDDI ja SDH. Tämän lisäksi erityisesti kuitulinjojen käyttäminen on parantanut yhteyksiä luotettavuutta ja vakautta muun muassa häiriösietoisuutensa ansiosta. Tässä työssä arvioidaan myös eri tekniikoiden tulevaisuudennäkymiä. Koska laajaverkkotekniikoista ei ole kovin paljoa suomenkielistä kirjallista materiaalia, olen käyttänyt työssäni paljon internet-lähteitä, joista suurin osa on englanninkielisiä. Etenkin uusien tekniikoista englanninkieliset internet-lähteet olivat ainoa väylä tiedonhankintaan. Tästäkin syystä syntyi ajatus opinnäytetyöstä, joka kokoaisi suomenkielellä ajankohtaisen yleiskatsauksen laajaverkkotekniikoiden nykytilaan ja toimintaperiaatteisiin.

2 PERUSKÄSITTEITÄ

2.1 Piirikytkentäisyys

Piirikytkentä (Circuit switching) on tiedonsiirtomenetelmä, jonka aikana perustetaan yhteys, joka on avoinna koko ajan kuin yhteyttä tarvitaan. Yhteyttä käytettäessä piiri kahden päätteen välillä tulee olla muodostunut ennen kuin dataa voidaan siirtää. Yhteys pysyy auki riippumatta siitä, onko kanavalla liikennettä. Piirikytkentäisen verkon tiedonsiirtoväylä on ennalta määrätty kahden pisteen välille. Datan välittämiseen piirikytkentäisen yhteyden läpi kuuluu aina kolme eri vaihetta:

1. yhteyden muodostus (siirtokanava varataan)
2. datan siirto
3. yhteyden lopetus (siirtokanava vapautuu).

Yhteys jaetaan kaikkien prosessien välillä, jotka käyttävät siirtotietä. Tiedonsiirtonopeus on vakio koko yhteyden ajan. /1 s. 65/

2.2 Pakettikytkentäisyys

Pakettikytkentä (Packet switching) tarkoittaa tiedonsiirtomenetelmää, jossa informaatio jaetaan määrämittäisiksi jaksoiksi eli paketeiksi. Pakettien koko ilmoitetaan tavuina ja se vaihtelee käytettyjen tietoliikenneprotokollien välillä. Paketeiksi jaettu data siirretään sitten tiedonsiirtokanavaa käyttäen sitä ainoastaan siirron tarvitseman ajan. Toisin kuin piirikytkennässä, jokaiselle paketille annetaan erilliset osoitetiedot, joten pakettien kulkema reitti saattaa vaihdella. Tästä syystä pakettien vastaanottojärjestyskin vaihteilee. Järjestys kuitenkin muutetaan lopulta vastaanottajan päässä oikeaksi, jolloin vastaanottaja saa alkuperäisen datan. /3 s. 261/

2.3 Yhteydellinen yhteys

Yhteydellisen yhteyden alussa muodostetaan aina ensin yhteys kahden osapuolen välille ennen kuin dataa siirretään. Yhteydelle annetaan tällöin yhteystunnus. Tällöin vastaanottaja osaa odottaa tulevaa dataa. Yhteydellistä yhteyttä käytettäessä yhteyden reitti pysyy samana koko yhteyskeston ajan. Yhteydellä on myös selkeä alku ja loppu. Yhteydellinen yhteys on tehokas siirrettäessä suuria datamääriä ja sen protokollat voivat myös tarjota mahdollisuuden automaattisiin uudelleenlähe-

tyspyyntöihin hävinneen datan uudelleenlähettämiseksi tai bittivirheiden korjaamiseksi. Yhteydellinen yhteys mahdollistaa myös varmennusviestin datan perille pääsemisestä. Yhteydellinen yhteys voi olla piiri- tai pakettikytkentäinen. Pakettikytkentäisiä yhteydellisiä datasiirtotekniikoita ovat X.25 ja ATM. /3 s. 263/

2.4 Yhteydetön yhteys

Yhteydetön yhteyden pääperiaatteena on, että yhteyttä ei erikseen muodosteta dataa lähetettäessä. Data jaetaan paketteihin, joille annetaan kohdeosoite ja mahdollisesti järjestysnumero. Paketit voivat siis kulkea eri reittejä, mutta päätyvät vastaanottajalle, jolla paketit järjestetään järjestysnumeroiden mukaiseen järjestykseen, jolloin vastaanottaja saa kokonaisuudessaan vastaanotetun datan tai viestin. Yhteydetöntä yhteyttä käytettäessä datan perillemenosta ei saada samalla lailla tietoa kuin yhteydellisessä yhteydessä, jolloin ruuhkatilanteissa kaikki paketit eivät välttämättä pääse määränpäähensä. Yhteydellinen yhteys on aina pakettikytkentäinen. /3 s. 263 ; 17/

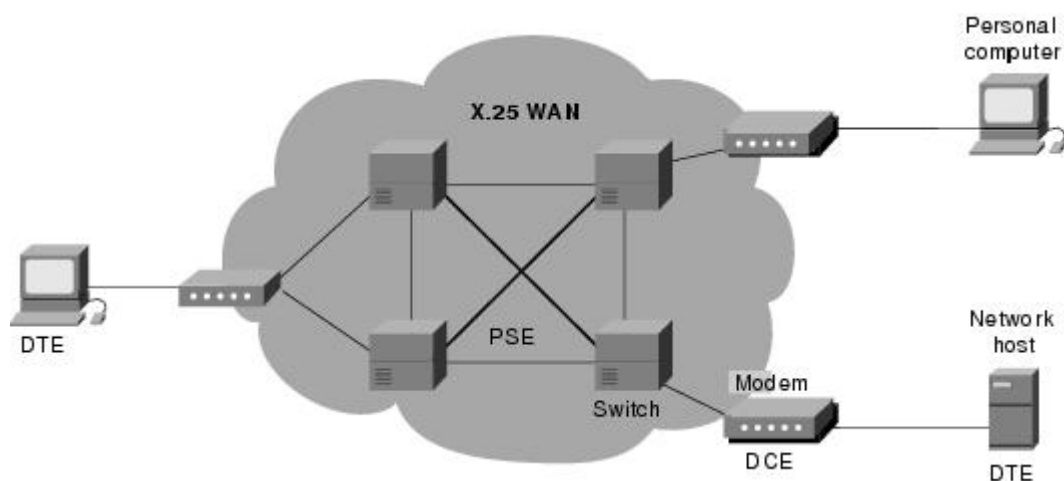
3. LAAJAVERKKOTEKNIIKAT

3.1. X.25

X.25 on pakettikytkentäinen, yhteydellinen protokollastandardi laajaverkkoyhteyksiä varten. X.25-protokollan avulla tietokoneet eri tekniikoiden verkoissa voivat kommunikoida keskenään. X.25-protokollan kehittäminen aloitettiin jo 1970-luvun puolella, mutta se on edelleen laajasti käytössä. Nykyään X.25 on kuitenkin monin paikoin korvattu yksinkertaisemmilla protokollilla, kuten IP-protokollalla.

3.1.1 X.25-verkon elementit

X.25-verkko koostuu kolmesta eri elementistä, joita ovat PSE (Packet-Switching Exchange), DCE (Data Circuit-terminating Equipment) ja DTE (Data Terminal Equipment). PSE-laitteet ovat kytkimiä, jotka muodostavat X.25-verkon ytimen kuljettaen ja reitittäen dataa kohti päämääräänsä. Jokaisen laitteen kohdalla PSE tarkistaa reititystaulun ja lähettää paketin eteenpäin nopeinta vastaanottajalle johtavaa reittiä pitkin seuraavalle PSE-laitteelle. DCE-laitteet (esim. modeemi) välittävät tietoa PSE- ja DTE-laitteiden välillä. X.25-verkossa dataa lähettäviä ja vastaanottavia päätteitä kutsutaan nimellä DTE. Ne välittävät käyttäjän haluaman tiedon DCE-laitteelle, joka lähettää tiedon edelleen PSE-kytkinten kautta vastaanottajan DCE-laitteelle ja sieltä edelleen vastaanottajan DTE-päätteelle. Kuva 1 havainnollistaa X.25-verkon toimintaa. /6 ; 8/

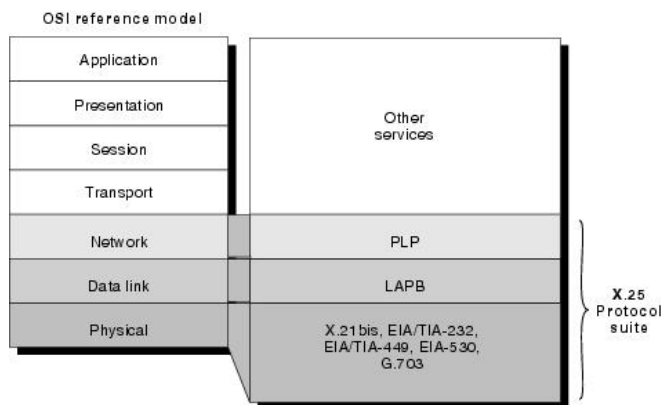


Kuva 1. X.25-verkon komponentit. /6/

3.1.2 X.25-yhteyden toiminta

X.25-yhteys saattaa olla kytkentäinen virtuaalipiiri (SVC, Switched Virtual Circuit), jolloin yhteys muodostetaan aina ennen laitteiden kommunikointia, tai pysyvä virtuaalipiiri (PVC, Permanent Virtual Circuit), jolloin yhteys laitteiden välillä on aina olemassa. X.25-protokolla voidaan jakaa kolmeen käsitteelliseen kerrokseen, jotka vastaavat OSI-mallin kolmea alinta kerrosta. Fyysisellä kerroksella käyttäjän X.25-liityntään käytetään V.24-protokollaa. Jos etäisyys solmuun on pidempi kuin kaapelin suurin sallittu pituus, voidaan käyttää joko puhelinverkkoa ja kantoaalto-modeemeita tai kiinteätä johtoa ja kantataajuusmodeemeita.

Siirtoyhteyseros toimii LAPB-protokollan (Link Access Protocol, Balanced) avulla, joka on HDLC-kehiksen alatyyppejä. Sen tehtävänä on varmistaa tarkistussummien avulla, että yhteydessä toimivat laitteet saavat aikaan virheettömän yhteyden. X.25-protokollan verkkokerroksella hoidetaan yhteyden osapuolien reititys ja kanavointi PLP-protokollan (Packet-Layer Protocol) avulla. X.25-verkossa data jaetaan useimmiten 128 tavun paketteihin, mutta kuitenkin 64 tavun ja 4096 tavun välille. Paketit jaotellaan kolmostasolla eri kanaviin tunnisteidensa perusteella. Jos verkon laidalla oleva DTE-laite ei pysty käsittelemään tulevaa dataa oikein niin, että pakettien muoto X.25-verkossa olisi yhtenäinen, käytetään verkon laidalla DTE- ja DCE-laitteiden välillä PAD-laitteita, jotka muuttavat käyttäjältä tulevan datan X.25-verkolle sopivaksi, jolloin saavutetaan täysi toiminnallisuus. /5 s. 132 ; 6/



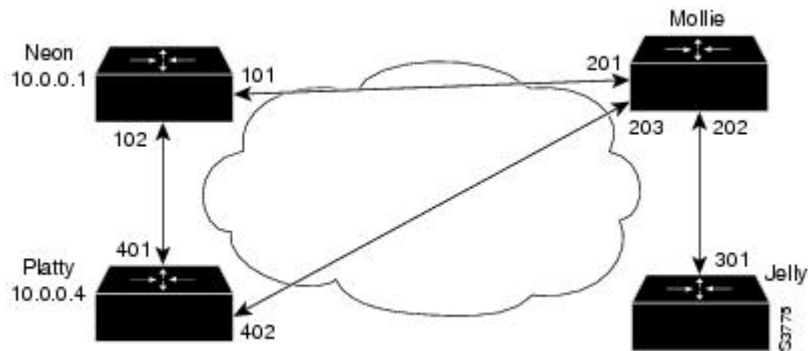
Kuva 2. X.25-protokolla suhteessa OSI-malliin. /6/

3.2 Frame Relay

Frame Relay on pakettikytkentäinen, yhteydellinen laajaverkkoprotokolla, joka on kehittyneempi versio X.25-tekniikasta. Alun perin se oli ISDN-verkkoa varten suunniteltu, mutta myöhemmin sen käyttökohteet ovat laajentuneet muihinkin tapauksiin, esimerkiksi lähiverkkojen yhdistämiseksi yhdeksi virtuaaliverkoksi. Frame Relay -tekniikassa ei ole käytössä virheenkorjausta eikä vuonhallintaa, joten laadukkaan siirtotien tärkeys korostuu. Virheenkorjaus hoituu tällöin ylemmillä kerroksilla. Erona X.25-tekniikkaan Frame Relay -tekniikassa tarkistetaan paketit ainoastaan yhteyksien päissä, kun X.25-pakettisiirrossa jokainen paketti tarkistetaan lähetys- ja vastaanottopisteiden välillä. Lisäksi FR-tekniikka toimii ainoastaan OSI-mallin siirtotasolla siinä missä X.25-tekniikassa tiedonsiirto tapahtuu siirtotasoon HDLC-kehyksissä verkkotasolla. Hyvän esimerkin Frame Relay:n kuormituksesta solmuille antaa se, että siinä missä X.25-solmussa on laskettu suoritettavan 28 toimenpidettä, joutuu FR-solmussa suorittamaan ainoastaan 8 toimenpidettä. /1 s. 380 ; 5 s. 134/

3.2.1 Frame Relay -yhteyden toiminta

X.25-yhteyden tavoin Frame Relay -yhteys saattaa olla kytkentäinen virtuaalipiiri (SVC) tai pysyvä virtuaalipiiri (PVC). Käytännössä toimiva Frame Relay -verkko käyttää aina pysyvää virtuaalipiiriä. Frame Relay -verkko toimii kehysvälittäjien eli Frame Relay -kytkinten avulla. Muita Frame Relay -verkon elementtejä ovat reitittimet. Kytkin ylläpitää taulukkoa, johon on merkitty kaikki yhteydet ja osoitetiedot. Nämä osoitetiedot sisältävät DLCI-arvon, jonka avulla voidaan yksilöidä reitittimen ja kytkimen välinen virtuaalipiiri. Näiden DLCI-numeroiden perusteella Frame Relay -verkko ja Ethernet-lähiverkko voivat olla yhteydessä keskenään reitittimen kautta, jolloin yhdistävänä protokollana toimii IP-protokolla. DLCI-arvojen lisäksi tärkeänä FR-verkon toiminnan kannalta voidaan pitää CIR-lukua (Committed Information Rate), joka kuvaa yhteyden liikennemäärää. CIR on luku, jonka mukaisen verkon liikennemäärän palveluntarjoaja takaa tilaajalle. /2 s. 249 ; 5 s. 135/



Kuva 3. Esimerkki Frame Relay -osoitteistuksesta. /19/

3.2.2 Frame Relay -kehysten rakenne

Standardinmukainen Frame Relay -kehys koostuu kuvan 4 mukaisista kentistä. Liput määrittävät kehysten alun ja lopun. Osoitekentästä löytyy piirin yksilöivä DLCI-arvo. Lisäksi osoitekentässä on Congestion Control -bitit eli ruuhkanhallintabitit. FECN- ja BECN-bittejä käytetään kertomaan solmulle eli esimerkiksi FR-kytkimelle polun ruuhkautumisesta, jotta kytkin osaa vähentää liikennettä. DE-bitillä voidaan asettaa kehykselle prioriteetti, jolloin vähemmän tärkeät kehykset voidaan ruuhkan helpottamiseksi hylätä. FCS-kenttä (Frame Check Sequence) hoitaa kehysten eheyden tarkistuksen. /9/

Kentän pituus bitteinä

| 8 | 16 | Vaihtelee | 16 | 8 |
|-------|--------|-----------|-----|-------|
| Liput | Osoite | Data | FCS | Liput |

Kuva 4. Frame Relay -kehysten rakenne.

3.2.3 Frame relay -tekniikan nykytila

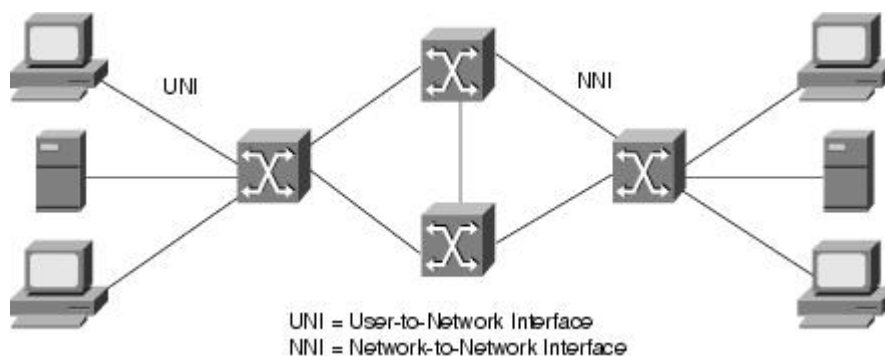
Frame Relay -tekniikassa pakettien koot vaihtelevat. Yhteyksien nopeudet ovat maksimissaan 2 Mbps, joka ei nykyajan yritysten lähiverkkojen yhdistämiselle ole riittävä nopeus. FR-tekniikkaa ei siis sovellu esimerkiksi reaaliaikaisen kuvan tai äänen siirtoon. Tekniikka soveltuu kuitenkin pusrkeisen lähiverkkoliikenteen datan siirtojärjestelmäksi. Koska uudet tekniikat tarjoavat nopeuden lisäksi myös uusia ominaisuuksia, Frame Relay -tekniikka onkin korvautumassa esimerkiksi MPLS-

(MultiProtocol Label Switching) ja VPN-ratkaisuiden (Virtual Private Network) myötä. /9/

3.3 ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) eli asynkroninen siirtomuoto on perustaltaan pakettikytkentäinen protokolla, jonka avulla pyrittiin luomaan yksi yhteinen verkostandardi, joka samalla nostaisi siirtonopeuksia. ATM-tekniikan avulla voidaan välittää yhtäaikaaisesti esimerkiksi dataa, ääntä ja kuvaa samaa tekniikkaa käyttämällä. Hyvänä puolena ATM-tekniikassa voidaan pitää verkon joustavuutta, sillä verkkoa voidaan käyttää monenlaisiin tarkoituksiin monilla eri nopeuksilla ilman, että sitä tarvitsee määritellä ennalta. Verkkoa voidaan käyttää niin suurta kaistaa vaativaan videokuvan siirtoon kuin myös lyhyttä viivettä vaativaan puheen siirtoon tai hyvää bittivirhesuhdetta vaativaan datasiirtoon. ATM-tekniikan suunnittelussa täytyi tästä syystä tehdä kompromisseja, joten reititettyjen IP-verkkojen ominaisuudet ovat jossain suhteessa paremmat verrattaessa ATM-verkkoihin. ATM-verkot ovat yhteydellisiä, sillä tietoa siirrettäessä muodostetaan kiinteä yhteys lähettäjän ja vastaanottajan välille. Yleensä ATM-tekniikan siirtotienä toimii optinen kuitu, mutta lyhyillä matkoilla ATM-tekniikan siirtotienä saatetaan käyttää kierrettyjä parikaapeleita. /1 s.388;10/

ATM-tekniikassa päätelaitteen ja ATM-kytkimen välistä linkkiä kutsutaan nimellä UNI-yhteys (User-to-Network Interface). ATM-kytkimien välinen linkki puolestaan on NNI-yhteys (Network-to-Network Interface). Nämä yhteydet voidaan muodostaa eri fyysisten yhteyksien yli. /10/



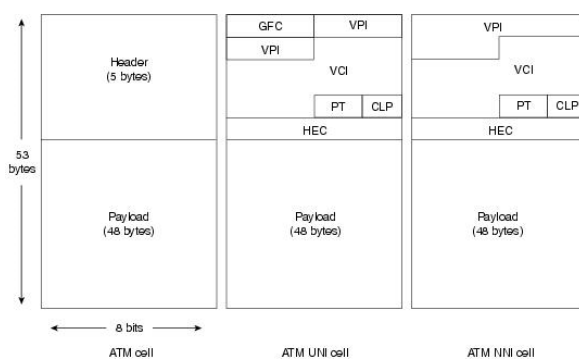
Kuva 5. ATM-verkon rakenne. /20/

3.3.1 ATM-solun rakenne

Alunperin B-ISDN-tekniikan (laajakaistainen ISDN) kuviteltiin olevan piirikytkentäinen, mutta lopputulos oli ATM-tekniikan vuoksi lähempänä pakettikytkentää. ATM-tekniikassa data jaetaan pieniin 53 tavun mittaisiin paketteihin, jotka siirretään siirtolinjalle. Pienen kokonsa tähden ATM-tekniikassa paketteja kutsutaan soluiksi. Tästä syystä ATM-tekniikan voidaan sanoa olevan solukytkentäinen. Kuvan 6 mukaisesti ATM-solu muodostuu 5 tavun otsaketiedosta ja 48 tavun dataosuudesta. ATM-tekniikka tarjoaakin ainoastaan soluille keinon siirtyä paikasta toiseen.

Kiinteämittaisen solurakenteen käyttö tarjoaa useita etuja verkon toimintaan muun muassa puskurihallinnassa ja muistinhallinnassa. Lisäksi verkon toiminta voidaan ennustaa paremmin, koska paketin koko on tiedossa. Vaikka X.25-tekniikassa tiedonsiirtonopeus on vakioitu tietyn mittaiseksi ja paketit ovat kiinteämittaisia, suuren kuormituksen aikana verkon tiedonsiirrossa ilmenee huomattaviakin viiveitä. Samalla tavoin Frame Relayn suuret kehykset kuormittavat solmupisteitä niin, että verkon ruuhkautumista tapahtuu suurilla liikennemäärillä. Tässä ATM-tekniikalla on huomattava etu, sillä solut ovat pieniä, eivätkä täten ruuhkauta solmupisteitä samalla tavalla. ATM-tekniikan edut tulevat parhaiten esille, kun tiedonsiirto on purskeista. /1 s. 389 ; 3 s. 275/

ATM-tekniikassa solun otsikossa sijaitsee CLP-bitti (Cell Loss Priority), jonka perusteella solulle voidaan antaa prioriteetti. Tällöin suuren kuormituksen aikana voidaan vähiten tärkeimmät bitit jättää huomiotta. Lisäksi solun otsikossa on GFC-kenttä (Generin Flow Control) eli solunohjauskenttä sekä HEC-
virheentarkistus kenttä (Header Error Control). PT-kenttä (Payload Type) kertoo minkälaisesta datasta on kyse. Erona NNI-tyyppisessä ATM-solussa on ainoastaan GFC-kentän muuttuminen VPI-arvolle varatuksi tilaksi. /10/



Kuva 6. ATM-solun otsake. /10/

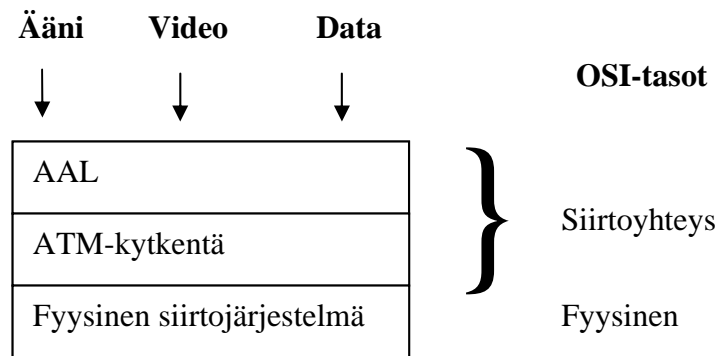
3.3.2 ATM-yhteyden toiminta

ATM-tekniikan juuret ulottuvat 1980-luvun puolenvälin tietämille. 1990-luvulla siitä muodostui standardi nopeille runkoverkoille. ATM-tekniikkaa on käytetty perustana monille uudemmille runkoverkoissa käytetyille nopeille tiedonsiirtotekniikoille. Aivan kuten X.25-pakettiverkossa ja Frame Relay -verkossa, ATM-yhteydessä loogista yhteyttä kutsutaan virtuaalikanavaksi (Virtual Channel). Virtuaalipolku (Virtual Path) puolestaan niputtaa useita virtuaalikanavia. Virtuaalikanavat yksilöidään sille määriteltävän tunnisteiden mukaan, joka jaetaan kahteen osaan: VPI-arvo (Virtual Path Identifier) kertoo virtuaalipolun arvon ja VCI-arvo (Virtual Channel Identifier) kertoo virtuaalikanavan arvon. Verkon solmukohdissa ylläpidetään taulukkoja, joissa on kaikki solmun kautta kulkevat kanavat yksilöityinä VPI/VCI-arvoin. Joka solmussa määritellään uudelleen solun VPI/VCI-arvo ja kulkuun riippuen solun tulosuunnasta ja edellisestä VPI/VCI-arvosta. Solun VPI/VCI-arvo voi siis vaihtua joka solmussa, sillä solmun tulee valita aina vapaa arvo seuraavalle yhteysvälille. /10 ; 4 s. 151/



Kuva 6. ATM-verkon looginen rakenne. /10/

Jotta voitaisiin parhaalla mahdollisella tavalla palvella monien eri ATM-tekniikan käyttämien palvelujen käyttämiä tarpeita, käytetään AAL-kerrosta (ATM Adaption Layer) eli ATM-sovituserrosta osana ATM-tekniikan kerrosrakennetta. AAL-kerros huolehtii siitä, että ATM-tekniikan ominaisuudet on suhteutettu oikeanlaisiksi siirrettäessä erilaista dataa, kuten ääntä, dataa tai kuvaa. OSI-malliin verrattuna ATM-kerrosrakenteen toiminta on kuvan 10 mukaista. ATM-sovituserros ja ATM-kytkentäkerros voidaan asettaa samalle tasolle OSI-mallin siirtoyhteyserroksen kanssa. ATM-kerrosrakenteen fyysinen kerros, joka voi olla esimerkiksi SDH, vastaa OSI-mallin fyysistä kerrosta. SDH on tarkemmassa käsittelyssä luvussa 3.5. /5 s. 141/



Kuva 10. ATM-kerrosmalli suhteessa OSI-malliin. /5 s. 141/

3.3.3 ATM-yhteyksien priorisointi

Puhuttaessa ATM-tekniikasta eli asynkronisesta siirtomuodosta sana *asynkroninen* ei kuitenkaan tarkoita, että kaikki tieto bittitasolla siirtyisi asynkronisesti. Tässä yhteydessä tarkoitetaan ainoastaan sitä, että siirtokanavalla esiintyvä tiedonsiirtoviive lähettäjän ja vastaanottajan välillä ei ole vakioitu, vaan ATM-verkon tiedonsiirtoon käyttämä aika vaihtelee. Jotta tiedonsiirrosta tulisi tasaista, voidaan tietoa puskuroida vastaanottopäässä.

Koska toisille palveluille on tärkeää, että tieto siirtyy tietyssä ajassa, määrittelee ATM-sovituseros neljä palveluluokkaa eri aikakriittisyyden tasoille. Näitä ovat A-, B-, C- ja D-luokat. A-luokka on yhteydellinen palveluluokka, jossa lähettäjän ja vastaanottajan kellot täytyy synkronoida tiedonsiirtoa varten, sillä A-luokkaa käytetään reaaliaikaiseen puheen siirtoon puhelinyhteyksissä. Tällöin AAL-tyyppinä toimii AAL 1. B-luokka eroaa A-luokasta siten, että sen bittinopeus ei ole vakio, joten sitä voidaan käyttää tiedonsiirtoon, jossa yhteysnopeus saa vaihdella ja AAL-tyyppi on AAL 2. C-luokan erona B-luokkaan on se, että se ei ole aikariippuva, joten yhteyttä voidaan käyttää perinteisiä yhteydellisiä palveluita, kuten Frame Relayta käytettäessä. Tässä luokassa AAL-tyyppi on joko AAL 5 tai AAL 3/4, joka on yhdistetty AAL 3 - ja AAL 4 -sovellusprotokollista samankaltaisuutensa vuoksi samaksi yhteiseksi tyyppiksi. D-luokka on ainoa palveluluokka, joka on yhteydetön. Sitä voidaankin käyttää käytettäessä IP-protokollan kaltaisia yhteydettömiä datapalveluita. D-luokan AAL-tyyppinä toimii AAL 3/4. /3 s. 276 ; 18/

Jos jollekin siirtotielle on siirtymässä dataa enemmän kuin siirtotien kapasiteetti on, voidaan solut, joita ei pystytä siirtämään, jättää puskurimuistiin, jolloin ne voidaan

lähettää eteenpäin kuormituksen tasaannuttua. Silloin kun tiedonsiirron tulisi olla reaaliaikaista, voidaan yli jäävät solut jättää kokonaan huomiotta, koska jälkeensä siirrettynä niistä ei olisi mitään hyötyä. /3 s.276/

Fyysisellä kerroksella ATM-solut voidaan siirtää joko ilman kehystystä tai pakattuna SDH-kontteihin siirron ajaksi. Jos solut siirretään kehystämättöminä, joudutaan käyttämään soluotsakkeen HEC-virheentarkistusta, sillä ATM-soluun ei kuulu erottimia, joilla solun alku ja loppu voitaisiin todeta. Tällöin solut tarkastetaan bitti bitiltä, kunnes saadaan oikea tulos solun otsakkeeksi. Kun tarkistuksessa on hypätty tarpeeksi monta kertaa solun otsakkeeseen, joka on todettu oikeaksi, voidaan todeta yhteyden olevan synkronoituna. /5 s. 143/

3.3.4 ATM-verkon sovittaminen Ethernet-verkkoon

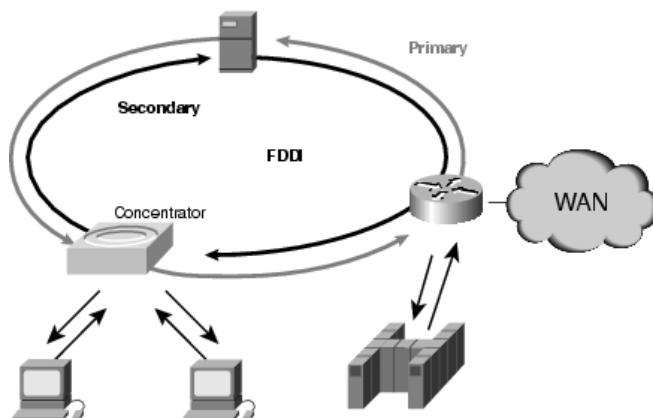
Sen lisäksi, että ATM eroaa periteisistä Ethernet-verkoista yhteydessänsä takia, IP-verkkojen käyttämät MAC-osoitteet eivät ole suoraan yhteensopivia ATM-verkkojen kanssa. Tästä syystä Ethernet-verkkojen yhdistämiseksi ATM-verkkojen kautta lähiverkon toiminta joudutaan emuloimaan käyttämällä LAN-emulointia (LANE, LAN Emulation). Emulointi voi tapahtua siirtoyhteyserroksella tai esimerkiksi verkko- tai kuljetuserroksella. Jotta lähiverkkoa pystyttäisiin emuloimaan ATM-verkossa, vaaditaan emuloinnin tarvitsemat komponentit. Näitä ovat LAN-emulointiasiakas (LAN Emulation Client, LEC) ja LAN-emulointipalvelu (LAN Emulation Services, LECS). /2 s. 227/

3.4 FDDI

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) on rengastopologiaan perustuva optisia siirtoyhteyksiä käyttävä verkko. Se käyttää siirtotienä valokuitua, mutta samaa periaatetta käyttäen on käytössä myös kuparikaapeleita siirtotienä käyttävä verkko, jota kutsutaan nimellä CDDI (Copper Distributed Data Interface). FDDI tarjoaa 100 Mbps siirtonopeuden kahdenkertaisella siirtotiellä. Kahdenkertaisen ansiosta FDDI-verkkoa voidaan pitää erittäin luotettavana siirtotienä. /11/

3.4.1 FDDI-verkon toiminta

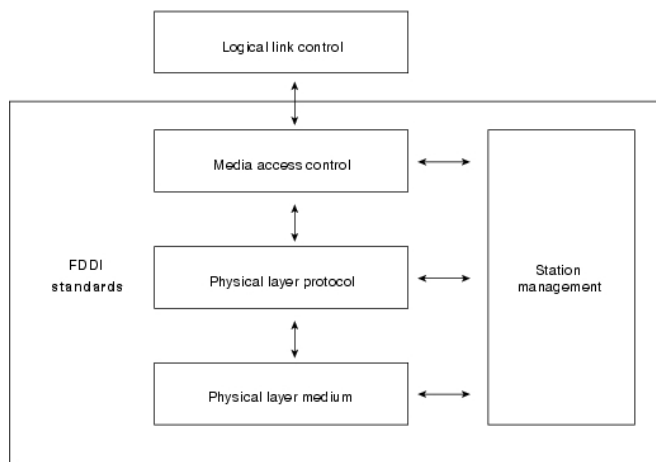
FDDI-verkon toiminta vastaa hyvin pitkälti Token Ring -verkon toimintaa. Se käyttää muun muassa tokenin kierrättämistä (token passing), jossa siirtotiessä kulkee token-signaali, joka antaa kahden solmupisteen välille luvan kommunikoida. Erona Token Ringiin voidaan pitää renkaan kahdennusta. Renkaassa kulkee kaksi kuitua, joista toista käytetään varsinaiseen tiedon siirtämiseen, jolloin toinen lähinnä varmistaa tiedon pääsyn perille. Data näissä kahdessa siirtotiessä kulkee kuvan 11 mukaisesti päinvastaisiin suuntiin. Jos tiedonsiirrossa ensisijaista siirtotietä pitkin ilmenee ongelmia, voidaan ottaa toinen siirtotie käyttöön, jolloin rengas voi jatkaa toimintaansa tiedon kulkiessa rengasta toiseen suuntaan. Jos näitä tiedon kulkemisen varmistusominaisuuksia ei tarvita, voidaan toinenkin renkaan siirtoteistä ottaa käyttöön datan siirtoa varten, jolloin siirtonopeus on 200 Mbps. /8/



Kuva 11. FDDI-renkaiden toiminta. /11/

FDDI ei varsinaisesti ole laajaverkkotekniikka, sillä renkaan maksimipituus on 100 kilometriä. Alunperin FDDI suunniteltiin kytkettäväksi suoraan tietokoneisiin, mutta yleensä sitä käytetään yhdistämään useita lähiverkkoja toisiinsa ja joskus myös esimerkiksi kaupunkialueella runkoverkkona. FDDI on immuuni radiotaajuuksisille ja sähkömagneettisille häiriöille, mikä antaa sille edun suhteessa kuparikaapelointiin. Lisäksi FDDI-siirtotiellä on hyvin pieni vaimennus, jonka takia FDDI sopii hyvin pitempien etäisyyksien nopeaan tiedonsiirtoon. Vaikka FDDI-verkko on loogisesti rengasverkko, siihen voidaan liittää tähtiverkkoja, joten sen ei tarvitse välttämättä näyttää renkaalta. FDDI-verkossa käytetään tiedonvälitykseen ja reititykseen reitittämiä sekä keskittämiä (concentrator). Keskittimien tehtävänä FDDI-verkossa on yhdistää kaksi rinnan kulkevaa kuitua toisiinsa. Tällöin toisessa renkaassa oleva katkos ei johda koko renkaan toimimattomuuteen.

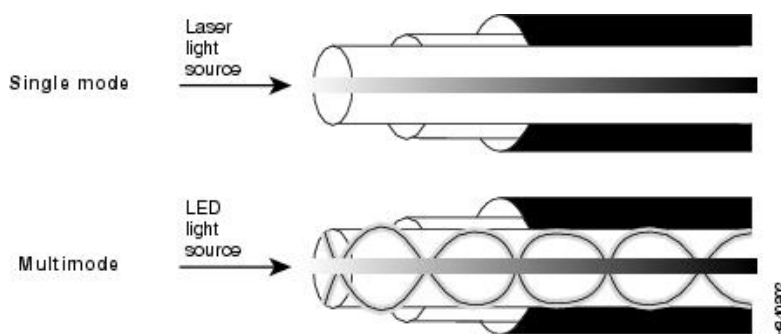
OSI-mallissa FDDI-tekniikka ulottuu ainoastaan siirtoyhteyskerroksen alempaan osioon eli MAC-kerrokseen. Sen tarkoituksena onkin ainoastaan tarjota yhteysrajapinta ylemmille kerroksille. /11/



Kuva 7. FDDI-tekniikan sijoittuminen OSI-malliin. /11/

3.4.2 Käytetyt kaapelityypit

Koska kuituyhteyksien rakentaminen on huomattavasti kalliimpaa perinteiseen kuparikaapelointiin verrattuna, saatetaan kuparikaapeleita käyttää lyhyillä välimatkoilla myös FDDI-verkossa. FDDI-verkossa voidaan käyttää yhteensä neljää eri kaapelityyppiä. Erilaisia kuituja ovat monimuotokuitu ja yksimuotokuitu. Niiden erona ovat valon lähde sekä käyttäytyminen siirtotieissä. Monimuotokuidussa valonlähteenä käytetään LEDiä, jolloin valosäteet taittuvat kuidun seinissä koko matkan ajan. Yksimuotokuidussa käytetään laseria, jolloin valo ainoastaan kulkee keskellä kuitua, sillä ytimen halkaisija on niin pieni. Valon käyttäytymistä eri kuitutyypin sisällä havainnollistaa kuva 13. Kuitujen lisäksi voidaan käyttää myös suojaattuja tai suojaamattomia kuparikaapeleita. /11/



Kuva 13. Yksimuoto- ja monimuotokuidun erot. /11/

3.5 SDH/SONET

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) on pitkien etäisyyksien nopeaan tiedonsiirtoon kehitetty standardi. Vastaavasta tekniikasta on Pohjois-Amerikassa ja Japanissa käytössä pienin eroavaisuuksin SONET-standardi (Synchronous Optical Networking). Yhdessä SDH- ja SONET-verkot muodostavat maailmanlaajuisen standardin, joka mahdollistaa nopeat siirtoyhteydet ympäri maailman käyttäen siirtotietään optista kuitua. SDH korvasi aiemmin käytössä olleen PDH-tekniikan (Plesiochronous Digital Hierarchy). SDH-tekniikka paransi siirtoverkon nopeutta ja helpotti verkon muunneltavuutta sekä tarjosi edullisemmän vaihtoehdon PDH-tekniikkaan verrattuna. Tämän lisäksi SDH-kehyksissä kulkee tietoa, joka helpottaa verkon valvontaa ja hallintaa. SDH toimii OSI-mallin fyysisellä kerroksella. /1 s. 372/

3.5.1 Hierarkia ja synkronointi

SDH-tekniikassa tiedonsiirto on synkronoitua, jolloin kaikki verkon laitteet on synkronoitu samaan aikaan. Jotta kaikkien eri kelloilla toimivat signaalit saataisiin synkronoitua keskenään, käytetään osoittimia sovittamaan kaikki signaalit samaan SDH-verkon kelloon. Tällöin eri nopeuksiset tai eri vaiheessa olevat STM-signaalit saadaan kompensoitua. SDH käyttää hierarkkista järjestelmää, jossa nopeus määräytyy hierarkiatason mukaan. Hierarkia määräytyy taulukon 1 mukaisesti. Kuten taulukosta nähdään, eri tasot ovat 155 Mbps:n monikertoja hierarkiatason mukaan. /12/

Taulukko 1. Hierarkiatasojen vaikutus yhteyden nopeuteen.

| Hierarkiataso | Nopeus / Mbps |
|---------------|---------------|
| STM-1 | 155,520 |
| STM-4 | 622,080 |
| STM-16 | 2 488,320 |
| STM-64 | 9 953,280 |

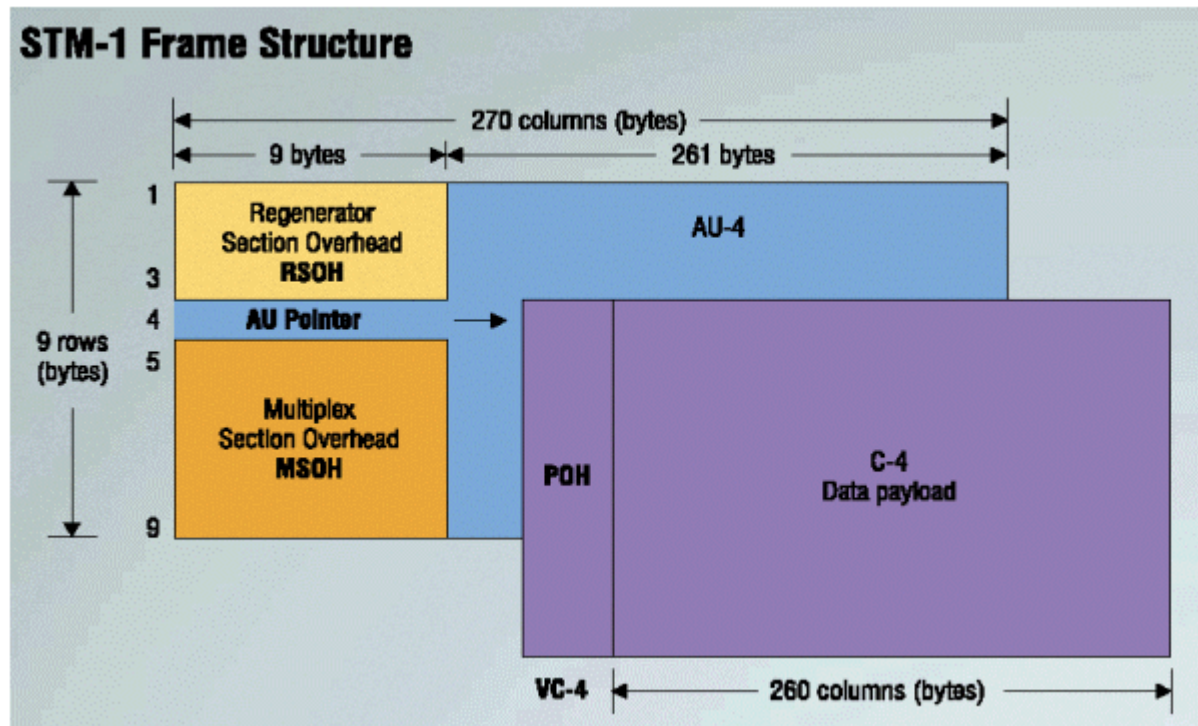
STM-1-kehys on tiedonsiirron perusyksikkö SDH-tekniikassa. SDH-verkon tahdistus peräisin vanhan PCM-pohjaisen puhelinverkon tekniikasta, joten sitä käytetään myös kuljettamaan perinteisiä puhekanavia. SDH-verkon tahdistuksen perustasta johtuen siinä siirtyy 8000 kehystä sekunnissa. STM-1 -hierarkiatason nopeus mää-

räytyy kehyksien siirtonopeuden ja pituuden perusteella. Koska kehys siirretään 125 millisekunnin välein, nopeudeksi saadaan $\frac{8000b}{125ms} = 64kb/s$. Yhden kehyksen ollessa 2430 tavua, yhteyden nopeudeksi määräytyy $64kb/s * 2430 = 155,52 Mb/s$. Kun SDH-tekniikkaa kehitettiin, siitä tuli osa laajakaistaisen ISDN-arkkitehtuurin osa. Siihen liitettiin myös solukytkeä, jonka reititys ei ollut riippuvainen kanavointilaitteiden aikaväleistä. Tästä syntyi käsite asynkroninen kytkentä eli ATM. Tästä syystä SDH yhdistetäänkin usein ATM-verkkoihin. Kun SDH-tekniikkaa käytetään yhdessä ATM-tekniikan kanssa, SDH toimii siirtotienä ATM-kehysille. ATM-tekniikan lisäksi SDH-tekniikkaa käytetään myös IP-liikenteen siirtoväylänä. SDH toimii siis fyysisen tason kuljetusprotokollana, jonka kautta kulkee suuri osa nyky-yhteiskunnan tietoliikenteestä. Nopeimmat yhteydet ovat käytössä runkoverkoissa, pienempiä käytetään alue- ja paikallisverkoissa. /1 s. 374 ; 12/

3.5.2 Kontit

SDH-järjestelmässä käytetään datan siirtämiseen kontteja. Niihin otsikoidaan loogista polkua kuvaavalla tiedolla POH (Path OverHead), jolloin saadaan aikaiseksi virtuaalinen kontti (VC, Virtual Container). Niissä POH-otsikkotiedon lisäksi kulkee dataa, jota kutsutaan hyötykuormaksi. Sen sisältönä kulkevat alijärjestelmien yksiköt. Tällaisia alijärjestelmien yksiköjä voivat olla erityyppisten kehysten data (esim. E1-kehys). Kontit toimivat samalla tavoin kuin postijärjestelmä. Säkkiin laitetaan kirjeitä kunnes säkki on täynnä. Tällöin jatketaan seuraavalla säkillä. Lopulta säkit laitetaan postiautoon, joka vie säkit postin toimipisteeseen. Tällöin säkit puretaan ja kirjeet jatkavat matkaansa yksilöllisiin määränpäihinsä. Esimerkissä säkki ja kuljetusauto vastaavat virtuaalikontteja ja kehyksiä. Lomitus SDH-verkossa tapahtuu siis konttien välillä, joten yhteyden nopeus käyttäjällä määräytyy sen mukaan, kuinka paljon yhteen konttiin mahtuu dataa. Jokaisessa STM-1-kehyksessä on yksi VC-4-kontti, jonka paikka kehyksen sisällä määritellään POH-otsakkeessa. VC-4-kontti saattaa sisältää pienempiä kontteja, kuten VC-3. SDH-kehys sisällä saattaa olla useitakin erilaisia kontteja, joskin yhteensopivat kontit on määrätty erikseen. Kontit saattavat kuljettaa mukanaan esimerkiksi useita ATM-soluja. STM-1 -kehys on esitetty kuvassa 14. Kuvaa on helpoin tulkita 9*270 -kokoisena kaksiulotteisena taulukkona. Siirtolinjalla kehys kulkee tavuittain eli kahdeksan bitin oktetteina rivi kerrallaan. STM-1-kehysen ensimmäiset yhdeksän saraketta

muodostavat siirto-otsikon SOH (Section OverHead). Siirto-otsikkoa käytetään havaitsemaan kehyksen alku sekä verkonhallintaan. STM-1-kehyksessä ennen hyötykuormaa löytyy polkuotsikko POH, joka on kymmenen sarakkeen mittainen. Tämän jälkeen 260 viimeistä saraketta muodostuu VC-4 -kontin hyötykuormasta /5 s. 143 ; 1 s. 378/

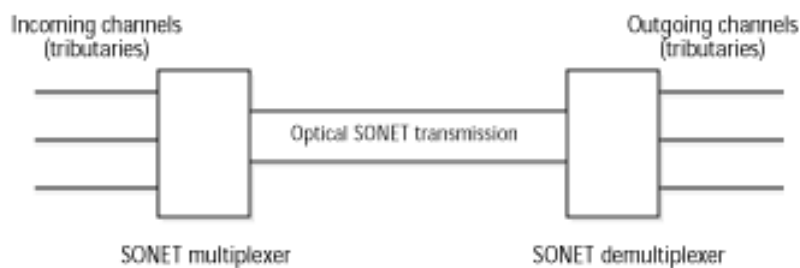


Kuva 14. STM-1-kehiksen rakenne. /21/

3.5.3 SDH-verkon laitteet

Jotta SDH-verkko voisi tarjota maailmanlaajuisen valtaväylän nopeaan tiedonsiirtoon, täytyy verkossa olla paljon laitteita, jotka yhdistävät verkkoja. Verkkojen yhdistämiseen tarvitaan useita päätelaitteita (ADM, Add Drop Multiplexer). Niiden tehtävänä on pitää linja synkronoituna, lomittaa alijärjestelmien datavirta SDH-kehiksiin sekä muodostaa kehykset. Niiden avulla voidaan myös tehdä linjasta rengasmuotoinen. Linjan päissä käytetään polun päätelaitteita (TM, Terminal Multiplexer), jotka käsittelevät datasiirron SDH-verkon ja alijärjestelmien kanssa. Lisäksi käytetään vaihteita (DXC, Digital CROSS Connect), jotta renkaat voisivat kommunikoida keskenään. SDH-linjaan voidaan liittyä myös vaihteen kautta. Jotta signaali pysyi tarpeeksi voimakkaana pitkällä siirtoetäisyyksillä, käytetään linjassa sopivin välein toistimia, jolla voidaan myös korjata linjalla olevat vääristymät. Päätelaitteiden välistä yhteyttä kutsutaan linjaksi, polun päätelaitteiden välistä yhteyttä

poluksi ja kahden laitteen välistä yhteyttä lohkoksi. SDH-järjestelmässä lähetys multipleksoidaan siirtotielle useista pienemmistä kanavista eli alijärjestelmien yksiköistä (tributaries). Nämä pienemmät kanavat saattavat käyttää siirtotienään kuitukaapeloinnin sijaan myös kuparikaapelointia, mutta nämä kaikki kanavat muuttuvat multiplekserin kautta yhdeksi suuremmaksi datavirraksi, joka kulkee optista siirtotietä pitkin. Kanavat puretaan edelleen demultiplekserissä siirtotien toisessa päässä, jolloin data lähtee jälleen pienempiä kanavia pitkin kohti määränpäättään. /1 s. 374 ; 8/



Kuva 15. Optisen SDH/SONET-tiedonsiirron perusidea. /8/

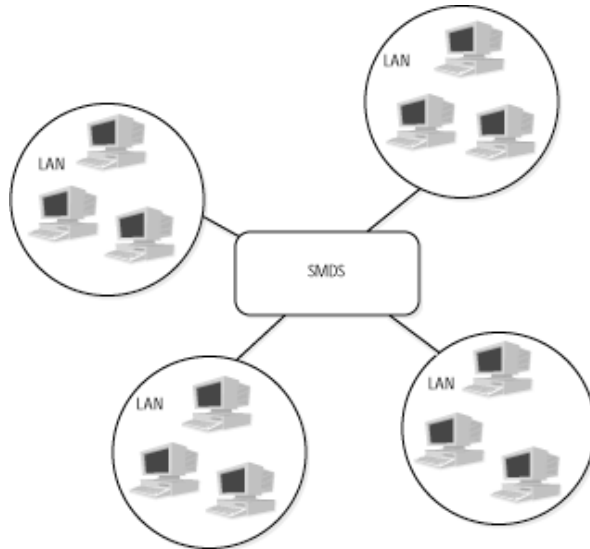
3.5.4 SDH-järjestelmä suhteessa PDH-järjestelmään

PDH-tekniikkaa käytettäessä kaikki oli hyvin niin kauan kuin tietoa haluttiin siirtää vain digitaalisten keskusten välillä. Ongelmaksi muodostui se, jos siirtotien varrella tuli saada jollekin tilaajalle tietoa. Jotta saatiin yksi liittymä liitettyä E3-linjaan, täytyi koko hierarkia purkaa pienemmiksi 64 kbps yhteiksi ja jälleen koota linjan tasolle. Tällainen järjestelmä oli turhaa rakentaa yhden liittymän takia. SDH-arkkitehtuuri oli suuri kehitysaskel PDH-tekniikasta, sillä sen toiminta perustuu synkroniseen lomitukseen, jolloin siirtolinjasta voidaan purkaa pienempiä yhteyksiä ilman, että koko kanavointihierarkiaa tarvitsee purkaa. Tästä käytetään nimitystä yksitasoinen lomitus. /1 s. 372/

3.6 SMDS

SMDS (Switched Multimegabit Data Service) on palvelu, jonka avulla yritykset voivat yhdistää omia eri paikoissa sijaitsevia LAN-verkkoja keskenään julkisten dataverkkojen (PDN, Public Data Network) yli. Koska siirtotienä käytetään julkisia verkkoja, SMDS on edullisempi vaihtoehto verrattuna omistettuun kiinteään yhteyteen. SMDS-yhteydet ovat pakettikytkentäisiä ja yhteydettömiä, joten ne käyttävät yhteyslinjaa ainoastaan kun dataa oikeasti tarvitsee siirtää. Koska SMDS ei itses-

sään ole protokolla vaan palvelu, se käyttää tiedonsiirrossa standardinmukaisia protokollia. SMDS toimii ainoastaan lähiverkkojen välisenä yhdistävänä palveluna, joten se jättää virheentarkastuksen ja vuonohjauksen LAN-verkkojen tehtäväksi, eikä varsinaisesti puutu pakettien sisältöön. /8 ; 14/

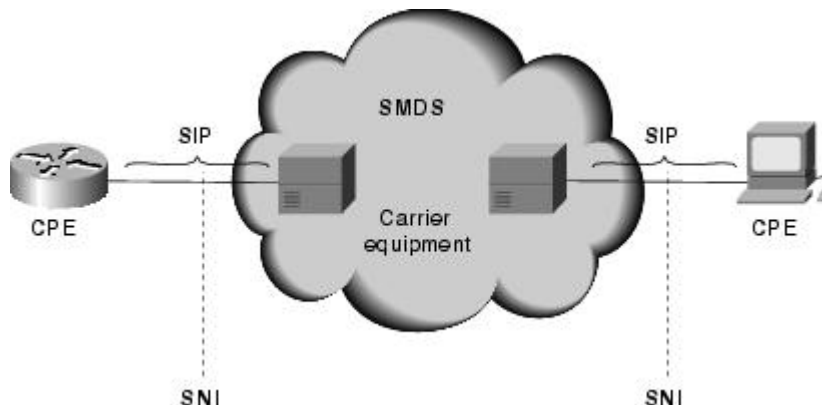


Kuva 16. SDMS-palvelu yhdistää useita LAN-verkkoja. /8/

3.6.1 SMDS-palvelun toiminta

SMDS voi käyttää siirtotienään kuitu- tai kuparilinjoihin. Sen tukemia nopeuksia ovat 1,544 Mbps:n signaalitasolla 1 (DS-1) ja 44,736 Mbps:n signaalitasolla 3 (DS-3). SMDS-verkkojen toimintaan vaaditaan asiakkaan laitteet (CPE, Customer Premises Equipment), siirtotien laitteet sekä tilaajan verkkolaitteet (SNI, Subscriber Network Interface). Tiedonsiirrossa CPE:n ja siirtotien laitteiston välillä käytetään SIP-protokollaa (SMDS Interface Protocol). SIP mahdollistaa CPE:n yhteydenoton SNI:n yli SMDS-verkkoon. SIP-protokolla toimii OSI-mallin fyysisellä kerroksella sekä siirtoyhteyserroksen MAC-alikerroksella. ATM-tekniikan tavoin SMDS käyttää tiedonsiirrossa vakiomittaisia soluja, joiden koko on 53 tavua. SMDS perustuu avoimeen MAN-verkkoihin suunniteltuun DQDB-standardiin (Distributed Queue Dual Bus), joka tarjoaa SMDS-palvelulle kaikki sen tarvitsemat ominaisuudet. SMDS-palvelun tiedonsiirto toimii best effort -periaatteella. SMDS-palvelussa käytetyt datayksiköt voivat enkapsuloida kokonaisia IEEE 802.3-, IEEE802.5- sekä FDDI-kehysiksi. SMDS-yhteyksien osoitteistus perustuu siihen, että jokainen verkko-osoite sisältää maakoodin, aluekoodin sekä paikallisnumeron. Näiden tietojen perusteella LAN-verkot voivat olla yhteydessä toisiinsa. Lisäksi voidaan käyttää

ryhmäkoodia, jonka avulla voidaan lähettää dataa useaan LAN-verkkoon samanaikaisesti /13 ; 14/



Kuva 17. SNI tarjoaa rajapinnan CPE:n ja siirtotien laitteiden välillä käyttäen SIP-protokollaa. /13/

SIP-protokolla muodostuu kolmesta eri tasosta. Kolmas ja toinen taso operoivat OSI-mallin siirtoyhteyskerroksen MAC-alikerroksella. Ykköstaso taas toimii OSI-mallin fyysellä kerroksella. Kolmostason toiminta alkaa, kun sille tulee käyttäjätietoa SMDs-palvelun datayksiköissä, joita kutsutaan nimellä SDU (Service Data Unit). Data enkapsuloidaan, jolloin saadaan kolmostason datayksikkö PDU (Protocol Data Unit). Kakkostasolla datayksiköt segmentoidaan 53 oktetin soluihin ja siirretään ykköstason hoidettavaksi siirtotielle. Ykköstasolla yhteyden nopeus määrittyy signaalitason perusteella joko tasolle DS-1 tai DS-3. /13 ; 14/

3.6.2 SMDs-palvelun nykytila

Koska nykyään pystytään siirtämään suurempia määriä raakaa dataa, datan pilkkominen soluihin tuli tarpeettomaksi. Koska markkinoilla on jo tehokkaampia menetelmiä, IP- ja Ethernet-pohjaiset järjestelmät sekä MPLS ovat vieneet SMDs-tekniikan paikan markkinoilla. /8 ; 14/

3.7 MPLS

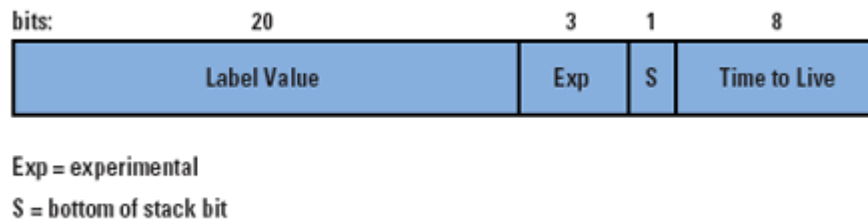
MPLS (MultiProtocol Label Switching) on menetelmä, jonka avulla voidaan tehokkaasti luoda suorituskykyisiä tietoliikenneyhteyksiä runkoverkkoa käyttäen ilman solmuissa tapahtuvaa reititystä. MPLS syntyi tarpeesta luoda verkon kuormitukselta ja viiveeltä parempi menetelmä tiedonsiirtoon. MPLS syntyi IETF:n vastuksena Ciscon Tag switching -menetelmään, IBM:n aggregate routebased IP switching -menetelmään ja Cascaden IP Navigator -menetelmään, jotta tekniikalle voi-

taisiin luoda yhteinen standardi. Nimensä mukaisesti MPLS toimii siten, että IP-verkkoon saapuessaan paketteihin lisätään otsikkotieto, jonka perusteella paketit on mahdollista siirtää solmulta toiselle ilman varsinaista OSI-mallin kolmannen kerroksen tarvetta reitittää liikennettä. Tämä mahdollistaa nopean ja tehokkaan tiedon siirron, koska pakettien välityksessä voidaan toimia ohjelmistotason sijaan laitteistotasolla. MPLS on hyvin skaalautuva ja protokollariippumaton menetelmä. MPLS mahdollistaa reitin määrittämisen palvelunlaadun ja sovellusten kaistanleveyden tarpeen mukaan käyttämällä mitä tahansa sopivaa protokollaa. Tämän lisäksi MPLS tarjoaa uusia mahdollisuuksia VPN-yhteyksien (Virtual Private Network) käyttöön. MPLS-menetelmän etuna on riippumattomuus mistään erityisestä siirtoyhteyserroksen tekniikasta, kuten ATM-, SDH- tai Frame Relay -tekniikasta. Näillä kaikilla MPLS toimii OSI-mallin toisen ja kolmannen kerroksen välissä. /15 ; 21/

3.7.1 Pakettien otsikointi

MPLS-menetelmässä paketteihin lisätään etuliite, MPLS-otsikkotieto, jonka sisällä on lisää tunnisteita. Tätä kutsutaan tunnisteipinoksi. Tunnisteipino pitää sisällään neljä kenttää: 20-bittinen otsikko, 3-bittinen kenttä palvelun laadulle QoS (Traffic Class, TC), 1-bittinen lippu pinon pohjalle sekä 8-bittinen TTL-kenttä (Time To Live). Koska MPLS-reitittimet eivät tarkista paketin IP-otsaketta, TTL-kenttä sijaitsee tunnisteipinossa, joten TTL-toiminto on toiminnassa myös MPLS-menetelmässä. Tunnisteipino on havainnollistettu kuvassa 18. Nämä MPLS-otsikoidut paketit toimitetaan MPLS-otsikon perusteella eteenpäin, joten paketin IP-osoitteen tarkastusta ei tarvitse tehdä. Kun otsikoton paketti saapuu MPLS-verkkoon, ensimmäisenä määritellään mihin FEC-luokkaan (Forwarding Equivalence Class) se kuuluu. Tämän jälkeen uuteen MPLS-otsikkoon lisätään yksi tai useampia tunnisteita. MPLS-menetelmän reunareitittämiä kutsutaan nimellä LER (Label Edge Router). Niiden tehtävänä laittaa MPLS-otsikkotieto verkkoon tuleville paketeille ja ottaa pois meneviltä paketeilta otsikko pois. MPLS-verkon sisällä olevia reitittämiä, jotka pystyvät reitittämään ainoastaan MPLS-otsikoituja paketteja kutsutaan nimellä LSR (Label Switch Router). LER- ja LSR-laitteiden välillä otsikoiden jakelu tapahtuu LDP-protokollan (Label Distribution Protocol) avulla. Reitittäessä paketteja eteenpäin luodaan paketille FEC-luokan mukaisesti määritelty reitti, jota kutsutaan nimellä LSP (Label Switched Path). Tälle reitille määrite-

tään myös palvelunlaatuun liittyvät ominaisuudet. Siihen kuuluu kuinka paljon resursseja käytetään ja minkälaista jonotus- ja hylkäyskäytäntöä LSR-laitteella käytetään pakettien suhteen kyseisellä FEC-luokalla. /21 ; 16/



Kuva 18. MPLS-otsakkeen muoto.

3.7.2 MPLS-menetelmän käyttö

MPLS perustuu kahteen pääkomponenttiin, lähetyksenkomponenttiin (forwarding component) ja hallintakomponenttiin (control component). Lähetyksenkomponentti huolehtii pakettien välityksestä eteenpäin otsikkotietojen perusteella ja hallintakomponentti on vastuussa siitä, että otsikonvälitystiedot ovat ajan tasalla. MPLS on verrattavissa ATM-tekniikkaan, mutta MPLS soveltuu paremmin IP-liikenteen tiedonsiirtotekniikaksi. Koska otsikkokytkenässä käytettävät menetelmät ovat käytössä ATM-kytkentälaitteissa, ATM-kytkennät sopivat hyvin yhteen otsikkokytkenän kanssa. Erona on VPI/VCI-arvokentän vaihto MPLS-tunnistepinon ylimpään tunnisteeseen. MPLS-menetelmä on kehitetty käyttäen hyväksi ATM-tekniikasta opittuja vahvuuksia ja heikkouksia. Koska MPLS tukee erimittaisia kehyksiä ja kuormittaa verkkoa ATM-tekniikkaa vähemmän, se on jo osittain korvannut ATM-tekniikkaa. Tulevaisuudessa on mahdollista, että MPLS korvaa ATM- ja Frame Relay -tekniikat kokonaan. MPLS-menetelmän mahdollisuus käyttää useita eri protokollia käyttäen verkkoa tehokkaasti antaa sille suuren edun vanhempiin tekniikoihin verrattuna. IP- ja ATM-pakettien lisäksi MPLS soveltuu myös SDH- ja Ethernet-kehysten siirtämiseen. /16/

LÄHTEET

Painetut lähteet

1. Granlund, Kaj. 2003. Tietoliikenne. Jyväskylä: Docendo Finland Oy.
2. Jaakohuhta, Hannu. 2005. Lähiverkot - Ethernet. Helsinki: Edita Publishing Oy.
3. Volotinen, Vesa. 1999. Tietoliikenne: Televerkot ja päätelaitteet. 1999. Helsinki: WSOY
4. Pekka Uotila. 1997. Tietoliikenteen tekniikka: Verkot ja protokollat. Espoo: Suomen Atk-kustannus Oy.
5. Ahola, Antti; Sundell, Lasse. 2006. Tietokonekommunikaatio. Opetushallitus.

Sähköiset lähteet

6. Cisco Internetworking Handbook - X.25 [online] [viitattu 25.2.2010]
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/X25.html>
7. Wikipedia - X.25 [online] [viitattu 25.2.2010]
<http://en.wikipedia.org/wiki/X.25>
8. WAN Technologies By JoAnne Woodcock [online] [viitattu 10.3.2010]
<http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb727043.aspx>
9. Cisco Internetworking Handbook - Frame Relay [online] [viitattu 25.2.2010]
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/Frame-Relay.html>
10. Cisco Internetworking Handbook - ATM [online] [viitattu 24.2.2010]
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/atm.html>
11. Cisco Internetworking Handbook - FDDI [online] [viitattu 1.3.2010]
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/FDDI.html>
12. Wikipedia - Synchronous optical networking [online] [viitattu 3.3.2010]
http://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_optical_networking
13. Cisco Internetworking Handbook - SMDS [online] [viitattu 4.3.2010]
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/SMDS.html>

14. Wikipedia - SMDS [online] [viitattu 4.3.2010]
<http://en.wikipedia.org/wiki/SMDS>
15. Cisco Internetworking Handbook - SMDS [online] [viitattu 8.3.2010]
http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/technology/handbook/MPLS_Tag-Switching.html
16. Wikipedia - MPLS [online] [viitattu 8.3.2010]
<http://en.wikipedia.org/wiki/MPLS>
17. Wikipedia - Circuit Switching [online] [viitattu 23.2.2010]
http://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_switching
18. ATM [online] [viitattu 8.4.2010]
<http://keskus.hut.fi/opetus/s38116/1997/esitelmat/40562u/>
19. Cisco.com [online] [viitattu 9.4.2010]
<http://www9.cisco.com/en/US/i/Other/Software/S3501-4000/s3775.jpg>
20. Cisco ATM guide [online] [viitattu 9.4.2010]
<http://www.cisco.com/en/US/docs/internetworking/design/guide/nd2008.html>
21. Cisco SDH Graphical Overview [online][viitattu 9.4.2010]
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk482/tk876/technologies_tech_note09186a008011927d.shtml
22. Cisco MPLS [online][viitattu 9.4.2010]
http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_4-3/mpls.html