

1 ISDN, B-ISDN & INTERNET

Tämä seminaariesitelmä käsittelee ISDN ja B-ISDN Internet-yhteyksien yhteensopivuutta Internetin pääprotokollien kanssa. Lukijalta odotetaan teletekniikan peruskäsitteiden tuntemusta sekä perehtyneisyyttä mm. TCP/IP, ATM ja ISDN-tekniikoihin.

1.1 Yleistä televerkoista

1.1.1 Internet

Internetin käyttö on kehittynyt ja laajentunut muutaman viime vuoden aikana erittäin voimakkaasti johtuen mm. sähköpostin ja WWW-palvelun yleistymisestä. Internet on muuttunut yliopistojen ja korkeakoulujen piirissä toimineesta tietoverkosta yritysten ja viime vuosina myös kotitalouksien käyttämäksi tietoverkoksi. Internetin huima kasvu on edesauttanut informaatioteknologian kehitystä, mutta samalla aiheuttanut teknologiastandardien kehityksen nurinkurisuuden. Tänä päivänä Internet-standardit seuraavat teknologiakehitystä. Internetin ennustetaan saavuttavan 500 miljoonaa käyttäjää maailmanlaajuisesti vuosituhannen vaihteeseen mennessä.

Internet-protokollapino on suunniteltu tiedon välitykseen topologiaaltaan moni-muotoisissa pakettikytkettäisissä verkoissa. Osoitteistuksen monipuolisuuden vuoksi IP-protokollien avulla voidaan välittää yleis- ja monilähetyksiä (broadcast ja multicast). Lisäksi Internet-verkot on suunniteltu hierarkisiksi, joten vika jossain verkon osassa (aliverkossa), ei välttämättä vaikuta muihin verkon osiin millään lailla.

Yhteydet Internet-verkoissa määritellään Internet-osoitteiden ja palveluporttien avulla. Internet-osoite määrittää päätelaitteen rajapinnan sijainnin verkossa ja palveluportin numero kertoo, mitä palvelua päätelaitteen toivotaan tukevan. Näin kaksi yhteyden osapuolta voivat käyttää useaa eri internet-palvelua samanaikaisesti eli kyseessä on eräänlainen palvelujen yhteensovittaminen osoiteyhteydellä.

1.1.2 ISDN

ISDN-tekniikkaa ryhdyttiin kehittämään 1980-luvun alkupuolella. ISDN:n ensimmäinen tuleminen nähtiin 1980-luvun lopussa, jolloin sen ennustettiin leviävän hyvin nopeasti. Innostus kuitenkin laantui nopeasti käyttäjien huomattua ISDN-standardoinnin puutteet ja siitä johtuvat laitteiden yhteensopimattomuudet. Huhtikuussa 1989 18 operaattoria eri Euroopan maista allekirjoitti ns. EuroISDN MoU-sopimuksen (Memorandum of Understanding). Tässä aiesopimuksessa allekirjoittaneet teleoperaattorit lupautuivat toteuttamaan tulevat ISDN-ratkaisunsa ETSI:n European Telecommunications Standards Institute) määräyksien mukaan. Tästä sai

alkunsa EuroISDN-käsite, jolla eri maiden ratkaisut harmonisoitiin samankaltaisiksi.

EuroISDN määrittelee kaksi liittymätyyppiä (S0- ja S1-liittymä) sekä välttämättömät peruspalvelut. MoU-sopimuksen pohjalta laitevalmistajat uskalsivat lähteä suunnittelemaan EuroISDN-yhteensopivia päätelaitteita. Tänä päivänä EuroISDN-määrittelyt ovat käytössä kaikissa niissä Euroopan maissa, joissa ISDN-palveluja tarjotaan. EuroISDN on levinnyt myös Euroopan ulkopuolelle, ja siitä on kovaa vauhtia tulossa yleismaailmallinen ISDN-määrittely.

Osana digitaalista puhelinverkkoa, ISDN tarjoaa huomattavan suorituskykyisän televerkon perusliittymiin. ISDN jäänee multimediatarpeiden kannalta rajoittuneeksi väliajan tekniikaksi, mutta tämä nk."väliaika" on pitkä. Nopeat kuparitilaajaverkon tekniikat, kaapeliTV-verkkojen käyttö datasiirrossa sekä optiset laajakaistayhteydet kilpailevat ISDN:n kanssa markkinoista, mutta nämä tekniikat tulevat todelliseen laajaan palvelukäyttöön verrattain hitaasti.

1.1.3 Televerkkot

Televerkkojen puolella kaistanleveys on perinteisesti ollut hyvin kapea. Vaikka runkoverkko on jo monin paikoin digitalisoitunut (esim. koko Suomi) niin tilaajaliittymät ovat vielä useimmiten analogisia, mistä johtuu, että digitaalisetkaan verkot eivät tarjoa loppukäyttäjälle kovin nopeita yhteyksiä. Toisaalta digitaalisten runkoverkkojen kapasiteetit on mitoitettu analogisten tilaajaliittymien mukaan. Digitaalisessa runkoverkossa puhekanavan nopeus on 64 kbit/s mikä tarkoittaa, että periaatteessa analogiset puhelinlinjat voitaisiin muuttaa tämän nopeuden digitaalisiksi dataliittymiksi ilman, että runkoverkon kapasiteettia tarvitsisi lisätä. Parannusta tilaajaliittymien nopeuteen saadaan esimerkiksi digitaalisella ISDN-liittymällä tai analogisella xDSL-modeemitekniikalla, joilla päästään jo luokkaan 100 kbit/s...Mbit/s liittymänopeuksiin. 2 Mbit/s nopeudella voidaan siirtää jo normaalia videokuvaa MPEG-koodattuna. Näitä tekniikoita käyttämällä voidaan perinteistä puhelinverkkoa ja joka kotiin tulevaa kaapelia alkaa käyttää laajakaistaisena multimediamiaverkkona tai ainakin nopeana liittymäverkkona Internettiin.

1.2 Internet-yhteystyypit

Seuraavassa on kuvattu perinteiset Internet-yhteyden luomismuodot: terminaaliyhteys, PPP/SLIP modeemiyhteydet sekä kiinteät tietoliikenneyhteydet.

1.2.1 Terminaaliyhteys

Jokseenkin vanhentunut tapa luoda Internet-yhteys on käyttää terminaaliyhteyttä yhteydenotossa ISP:n (Internet Service Provider) palvelimeen, jossa ISP toimii isäntänä. Yhteys palvelimeen syntyy, kun käyttäjän pääte soittaa ISP:n numerosarjaan modeemin avulla.

Terminaaliyhteys on halvin Internet yhteyden muodostamistapa, mutta se on toiminnoiltaan erittäin rajoitettu.

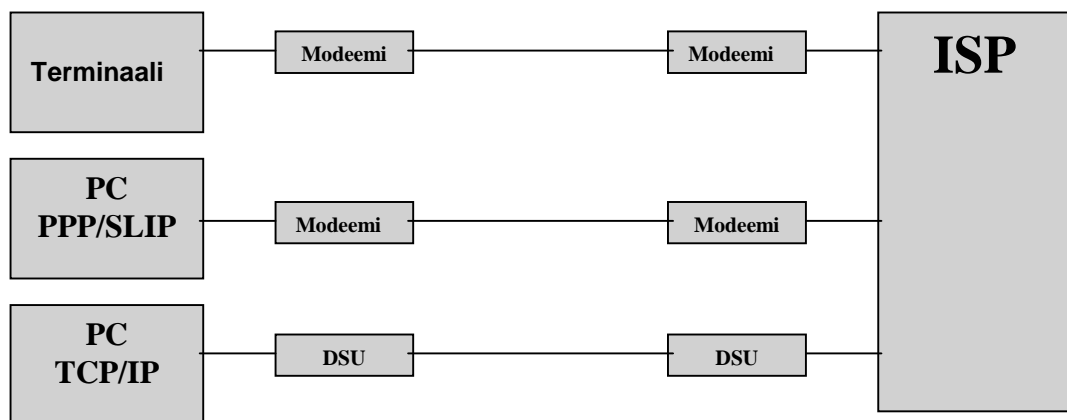
1.2.2 PPP/SLIP-modeemiyhteydet

Modeemin ja PC:n avulla luotu PPP/SLIP-yhteys ISP:n palvelimeen on kotikäyttäjälle erittäin yleinen Internet yhteyden luomistapa. Erona terminaaliyhteyteen on, että käyttäjän oma kone toimii yhteydessä host:na.

SLIP (Serial Line Interface Protocol) mahdollistaa IP-yhteyden modeemilinjan välityksellä. Laitteistovaatimuksena on ainoastaan modeemi ja sarjaportti FIFO-puskurilla (First in First Out). PPP (Point-to-Point Protocol) soveltuu myös sarjaportin välityksellä tapahtuvaan IP-yhteyteen. Lisäksi HDLC-perustaisena (High Level Data Link Control) se kykenee välittämään muitakin protokollia, kuten DecNet ja Appletalk.

1.2.3 Kiinteä tietoliikenneyhteys

Kolmas vaihtoehto yhteyden luomiseen on kiinteä tietoliikenneyhteys. Kiinteä yhteys voidaan luoda esimerkiksi yhdistämällä yrityksen Ethernet-verkko ISP:n lähimpään kytkimeen tai reitittimeen. Kiinteä yhteys takaa asiakkaalle sovitun kaistanleveyden ympäri vuorokauden sekä jatkuvan yhteyden. Kiinteä yhteys soveltuu parhaiten yrityksille ja organisaatiolle, jotka saavuttavat kustannussäästöjä mm. tehokkaamman ajankäytön ja säästyneiden puhelinmaksujen muodossa.



Kuva 1. Eri Internet-yhteys vaihtoehdot

1.2.4 Liittymän valinta ja siihen vaikuttavat kriteerit

Valittaessa Internet liitintä tulee kiinnittää huomiota sen käyttötarkoitukseen ja muihin erityistarpeisiin (siirtonopeus, kaistanleveys, maksimiviive, QoS jne.) mitä liittymältä vaaditaan. Esimerkiksi Internetin huvikäyttäjän tarpeet poikkeavat suuresti yrityksen tilausten välittämiseen käytettävästä EDI-sanomaliikenteen tarpeista tai vaatimaan ammattikäyttöön tarvittavasta liikkuvan kuvan reaaliaikaisesta siirrosta. Liittymän hinta on erityisen tärkeä kriteeri, kuten myös liittymän huoltoon ja ylläpitoon liittyvät seikat.

1.2.5 ISDN -liitäntä

ISDN liittymä toimii yllä kuvatun PPP/SLIP yhteyden tavoin. Käyttäjä soittaa ISP:n palvelimeen ja kytkeytyy Internetiin. Kytkeytymisaika, joka analogisella modeemilla saattaa kestää 15-30 sekuntia, on ISDN:n tapauksessa vain muutama sekunti. Alla on kuvattu lähemmin eri ISDN -liittymiä ja niiden käyttämiä tietoliikenneprotokollia.

1.2.5.1 S0-liittymä (N-ISDN)

ISDN-perusliittymä koostuu 2B+D -kanavista. B-kanavat (2 x 64 kbit/s) välittävät tietoa ja D-kanava (16 kbit/s) toimii merkinantokanavana. D-kanavaa voidaan hyödyntää myös pakettimuotoiseen tiedonsiirtoon. Perusliittymään voidaan liittää 8 päätelaitetta. Päätelaitteita voivat olla ISDN-puhelin, ISDN-faxi, tietokoneen datasovitin tai tiedonsiirtokortti, ISDN-päätesovitin tai lähiverkon reititin.

1.2.5.2 S1-liittymä (B-ISDN)

ISDN-järjestelmäliittymä on muotoa 30B+D. Tässä B-kanavat vastaavat tilaajaliittymän kanavia välittäen 64 kbit/s, mutta D-kanava välittää 64 kbit/s. Järjestelmäliittymä vastaa eurooppalaista 2048 kbit/s bittitaajuudella toimivaa PCM-järjestelmää.

B-ISDN-tilaajille tarjolla olevien siirtonopeuksien perusteella on määritelty kolme siirtopalvelua. Ensimmäinen näistä muodostuu kaksisuuntaisesta 155,52 Mbit/s:n palvelusta. Toinen palvelu on määritelty asymmetrisenä siten, että liikenne tilaajalta verkkoon kulkee 155,52 Mbit/s:n nopeudella ja verkosta tilaajalle nopeudella 622,08 Mbit/s. Kolmannessa palvelussa liikenne molempiin suuntiin kulkee nopeudella 622,08 Mbit/s.

155,52 Mbit/s:n nopeus pystyy luonnollisesti tukemaan kaikkia kapeakaistaisen ISDN:n palveluja. Se tarjoaa yhden tai useamman perus- tai järjestelmäliittymän palvelut, minkä lisäksi se tukee useimpia B-ISDN-palveluita. 155,52 Mbit/s:n nopeus mahdollistaa yhden tai useamman videokanavan riippuen videon resoluutiosta ja käytetystä koodaustekniikasta. 155,52 Mbit/s:n palvelu tulee todennäköisesti olemaan yleisin B-ISDN-siirtopalvelu.

Korkeampaa 622,08 Mbit/s:n nopeutta tarvitaan, kun halutaan käsitellä useita videolähetyksiä. 622,08 Mbit/s:n nopeus on järkevä verkosta käyttäjälle kulkevissa yhteyksissä, mutta normaalle käyttäjälle 155,52 Mbit/s on aivan riittävä. Kaksisuuntainen 622,08 Mbit/s:n palvelu sopii esimerkiksi videoiden jakelupalvelun tarjoajalle.

ISDN infrastruktuuri mahdollistaa digitaalisen datan monipuolisen siirron eri tietoverkoissa. Tämän toteuttamiseksi B-ISDN tarvitsee äärimmäisen joustavan kytkennällisen verkko-arkkitehtuurin. ATM-teknologia on kehitetty täyttämään nämä B-ISDN tarpeet. Samalla kun ATM:ää voidaan ajatella hyvin suurilla nopeuksilla toimivaksi fyysiseksi siirtomenetelmäksi, niin B-ISDN on verkkoarkkitehtuurin määritelmä, joka käyttää ATM-teknologiaa. Euroopan tutkimusprojekteissa kehitetty Integrated Broadband Communication Network (IBCN) on käytännössä samanlainen kuin B-ISDN.

1.2.6 Frame Relay -liitäntä

Frame relay on pakettikytkentäiseen tekniikkaan perustuva tiedonsiirtoprotokolla, joka toimii siirtoyhteyskerroksella (OSI-malli, 2. kerros). Se jakaa siirrettävän datan vaihtelevan pituisiin kehyksiin. Frame relay:n otsikko-osa on vain noin $\frac{1}{4}$ perinteisten pakettivälitteisten protokollien otsikko-osasta. Alunperin se suunniteltiin tiedon-siirtoon nopeudelle 2 Mbit/s asti, nykyisin Frame Relay Forum lupaa kapasiteettia aina 50 Mbit/s:in saakka.

Kun verrataan frame relay:tä ja perinteistä datasiirtoa, huomataan selkeitä eroja. Perinteisessä aikajakoisessa multipleksoinnissa ja piirikytkentäisessä tiedonsiirrossa verkko on sitoutunut tarjoamaan tietyn kaistanleveyden yhteyden päästä päähän koko sen keston ajan. Tilastollista multipleksointia tukeva tiedonsiirto, kuten frame relay, rakentuu virtuaaliyhteyksille. Ne varaavat kaistanleveyttä vasta sitten, kun tietoa tarvitsee siirtää. Näin kapasiteettia ei varata tiedonsiirron taukojen ajaksi. Kiinteän kaistanleveysosuuden sijaan Frame Relay -liikenne käyttää täyttä kaistanleveyttä lähettäen dataa lyhyinä purskeina. Tämän tyyppinen tiedonsiirto sopii hyvin datasiirtoon.

Seuraava esimerkki kuvaa hyvin paketti- ja kehysvälitteisten tiedonsiirtoprotokollien eroja. Kun pakettiverkko vaatii kuittauksen jokaiselle paketille kaikilta ohitetuilta solmupisteiltä, frame relay kirjaa kaikkien ohitettujen solmupisteiden osoitteet ja vasta lopullinen vastaanottaja lähettää kuittauksen vastaanotetun paketin tallettamien osoitetietojen perusteella.

1.2.7 SMDS ja Internet

SMDS on paljolti frame relay:n kaltainen pakettikytkentäiseen tekniikkaan perustuva tiedonsiirtoprotokolla. SMDS on kuitenkin vähemmän käytetty kuin Frame Relay, koska se ei tarjoa käyttäjälleen Frame Relay:tä parempaa palvelua. SMDS Internet liittymää käytetään lähinnä tilanteissa, jolloin halutaan ostaa Internet yhteys ei-paikalliselta ISP:ltä. SMDS:ä käytetään myös yhdistämään tietoliikenneverkkojen välisiä yhteyksiä.

SMDS tarjoaa lähes täydellisen yhteensopivuuden IP-protokollan kanssa. IP ja SMDS ovat molemmat yhteydettömiä, kuten suurin osa tämän päivän LAN ratkaisuistakin. Lisäksi SMDS sisältää broadcast ja multicast ominaisuudet. Näistä enemmän IP over SMDS -osiossa.

1.2.8 ATM ja Internet

ATM -standardin mukaiset perusliitäntänopeudet ovat 155,52 ja 622,08 Mbit/s vastaten SDH:n (Synchronous Digital Hierarchy) perusnopeutta STM-1 (Synchronous Transport Module) ja sen nelikertaa STM-4. Tämä vastaa yhdysvaltalaisista SONET (Synchronous Optical Network) -kehysnopeutta. Isoilla verkkoyhteyksillä nopeus voidaan nostaa jopa yli 2,4 gigatavuun.

ATM:n nopeutta 155 Mbit/s pidetään tarpeettoman suurena kaikkiin työasema-liitäntöihin, joten myös pienempiä nopeuksia on määritelty. Tällaisia ovat esim. 2, 34 ja 100 Mbit/s.

B-ISDN pyrkii keskittämään kaikki telekommunikaatiopalvelut samaan verkkoon ja ATM teknologia on kehitetty täyttämään nämä tarpeet. Tällä hetkellä ATM edistyy vauhdilla tietoverkkojen alueella yhdistäen niitä ja korvaten vanhoja. ATM:n tulevaisuus riippuu kuitenkin paljolti taloudellisista näkökohdista.

1.3 ISDN, B-ISDN ja Internet protokollat

Seuraavassa käsitellään eri ISDN, B-ISDN ja Internet protokollia sekä niiden soveltuvuutta IP -muotoisen liikenteen välittämiseen.

1.3.1 TCP/IP

1970-luvulla alkoi uuden protokollaperheen, TCP/IP:n kehitys. Se sai nimensä kahden tärkeimmän protokollansa mukaan. Vuonna 1980 ARPANET:in (Advanced Research Projects Agency Network) jatkoprojekti DARPA muutti verkkojaan toimimaan TCP/IP:llä ja vuonna 1983 kaikkien koneiden tuli tukea sitä. Tällöin myös TCP/IP liitettiin osaksi Berkleyn BSD 4.2 Unixia. Erityisesti tämä nopeutti TCP/IP:n leviämistä. Nykyään TCP/IP on käytännössä tietoliikennetekniikan tärkein protokolla Internetin räjähdysmäisen kasvun ansiosta.

TCP/IP:n perusprotokollia ovat IP, ICMP, TCP ja UDP. Verrattaessa TCP/IP:tä ISO:n OSI-malliin sijoittuvat tietosäikeprotokolla UDP ja yhteydellinen protokolla TCP kuljetuskerrokseen ja Internetprotokolla IP sekä Internet komentoviestiprotokolla ICMP verkkokerrokseen. Sovitus ei ole täysin tarkka, koska TCP/IP kehitettiin ennen OSI-mallia. Rakenne viisikerroksisena on hieman yksinkertaisempi. Kuvassa 3. on kuvattu TCP/IP-protokollat OSI-mallin mukaisesti.

Kuljetuskerroksen tehtävänä on huolehtia datan siirrosta työaseman ja palvelimen välillä. Siirron luotettavuus riippuu valitun protokollan toteutuksesta. Kuljetus-kerroksen Transmission Control Protocol (TCP) -protokolla tarjoaa luotettavan päästä-päähän -yhteyden. TCP:tä käyttävät mm. tiedostonsiirto-protokolla FTP ja pääteprotokolla telnet.

Sovellus	FTP	Telnet	SMTP	WWW	SNMP	ICMP			
Kuljetus	Transmission Control Protocol (TCP)				User Datagram Protocol (UDP)				
Internet	Internet Protocol (IP)					RIP	OSPF		
	ARP								
Verkko	Ethernet	802.3	Token Ring	X.25	Frame Relay	FDDI	SMDS	ATM AAL5	Others

Kuva 2. TCP/IP protokollapino

Sovellus	SNMP,BOOTP,DNS, lpr rsh,rlogin	FTP, Telnet,SMTP
Esitystapa	XDR	
Yhteysjakso	RPC	
Kuljetus	UDP, TCP	
Verkko	IP, ICMP, RIP, BGP,EPG,GGP,OSPF	
Siirtoyhteys	ARP, RARP	
Fyysinen		

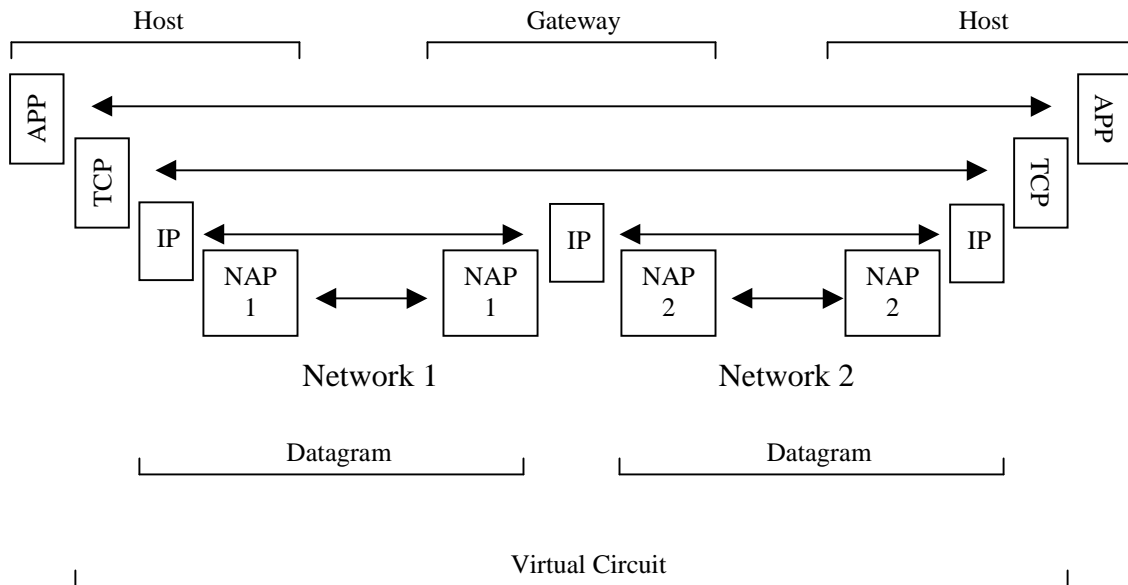
Kuva 3. TCP/IP protokollat OSI-mallin mukaisesti

1.3.1.1 IP

IP, Internet Protocol, on yhteyskäytäntö, joka on riippumaton käytettävästä tiedonsiirtoväylästä. Tieto välitetään vastaanottajalta toiselle IP-paketissa. IP-paketissa on otsikko, joka sisältää IP:n tietoja. Lisäksi paketissa on datakenttä, jossa on seuraavan kerroksen informaatiota. IP-paketti on kapseloitu alla olevan verkon kehykseen. Tällä kehyksellä on usein maksimipituus (MTU, Maximum Transmission Unit), joka riippuu käytetystä verkosta. IP-standardi ei määrää paketin maksimi-pituutta, mutta painottaa, että aliverkkojen tulisi pystyä käsittelemään vähintään 68 tavun paketteja. Jos verkko ei pysty käsittelemään tätä suurempia paketteja, niin verkkokerroksen tehtävänä on pilkkoa paketit pienemmiksi ja koota ne uudelleen IP:n ymmärtämällä tavalla. Vastaanottaja kokoaa palaset yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä 68 tavua muodostuu IP-otsikon maksimipituudesta (60 tavua) ja datakentän minimipituudesta.

IP-pakettien lähettäjä ja vastaanottaja ilmaistaan IP-osoitteella. IP-osoite on 32-bitin kokonaisluku, joka esitetään yleisesti pisteillä erotettuna desimaalilukuna, esim. 130.233.224.50. IP-protokolla reitittää paketin lähittäjältä vastaanottajalle automaattisesti ilman, että lähittäjän tarvitsee tietää tiedonsiirrosta muuta kuin saajan IP-osoite.

IPv6 on uusin versio Internet protokollasta. Se on tarkoitettu IPv4:n seuraajaksi. IPv6 laajentaa nykyisen 32-bittisen osoiteavaruuden 128-bittiseksi, jolloin maapallon jokaiselle neliömetrille riittänee oma IP -osoite.



Kuva 4. TCP:n ja IP:n välinen yhteys.

1.3.1.2 ICMP

ICMP, Internet Control Message Protocol ohjaa IP:n toimintaa ja voi esimerkiksi ilmoittaa, jos vastaanottajaa ei tavoiteta. IP -protokolla tarjoaa epäluotettavan yhteydettömän siirtopalvelun. Tarvitaan siis jokin tapa ilmoittaa lähettäjälle, jos paketille tapahtuu matkalla jotain. ICMP on protokolla, joka tarjoaa mahdollisuuden erilaisten ohjaus- ja virhesanomien lähettämiseen reitittimien ja isäntien välillä. ICMP-sanomat kuljetetaan IP-sanomien sisällä, mutta kuitenkin ICMP:n katsotaan olevan osa IP-toteutusta eikä ylemmän kerroksen protokolla. ICMP hoitaa erityyppisiä ohjaus- ja informaatiotehtäviä. Eri tehtäviä varten ICMP:llä on omat sanomatyypinsä.

1.3.1.3 TCP

TCP, Transmission Control Protocol, muodostaa kaksisuuntaisia yhteydellisiä tietoliikenneyhteyksiä. IP:n huolehtiessa vain yhdestä paketista kerrallaan TCP huolehtii peräkkäisten pakettien perillepääsystä ja lähettää uudelleen kadonneet tai vaurioituneet paketit. TCP-paketti sisältää lähettäjän ja vastaanottajan IP -osoitteiden lisäksi myös TCP-porttien numerot sekä tarkistussumman, joka on pakollinen toisin kuin UDP:ssä, jossa sitä ei kaikissa järjestelmissä käytetä. Tietoturvan kannalta merkittävä on yhteyden sekvenssinumero. Avattaessa TCP yhteyttä saavat molemmat osapuolet koneiden ISN -laskurien mukaiset sekvenssinumerot, joita kasvatetaan 4ms välein. Näitä numeroita käytetään vuonohjauksessa vanhentuneiden pakettien havaitsemiseksi.

1.3.1.4 UDP

UDP, Universal Datagram Protocol, on TCP:n tapainen, mutta paljon kevyempi protokolla, jonka luotettavuustaso on heikko. UDP tarjoaa

yhteydetöntä tiedonsiirtoa. UDP olettaa, että alla oleva verkkoprotokolla on IP. UDP lähettää datagrammeja, joissa IP pakettiin on lisätty lähettäjän ja vastaanottajan osoite sekä tarkistussumma. Esimerkiksi verkonhallintaprotokolla SNMP käyttää UDP:tä.

1.3.1.5 ARP

ARP, Address Resolution Protocol, selvittää IP-osoitteen ja fyysisen osoitteen vastaavuuden. Kun verkon laite haluaa tietää toisen laitteen osoitteen, se saa sen selville joko nimipalvelimesta tai paikallisista osoitetauluista. IP-osoitteen yhteisestä verkko-osasta tiedetään, että laitteet sijaitsevat samassa verkossa. Esimerkiksi kun työasema lähettää ARP-request paketin nimipalvelimelle nimipalvelin palauttaa ARP-reply paketin, jossa on työaseman kovo-osoite, esim Ethernet-osoite. ARP-kehys kulkee Ethernet-kehysten sisällä.

1.3.1.6 Muita TCP/IP-protokollia

SMTP, Simple Mail Transfer Protocol, on Internetin sähköpostiprotokolla. RIP, Routing Information Protocol, vaihtaa reitittimien välillä reititystietoja. SNMP, Simple Network Management Protocol, on yksinkertainen verkonhallintaprotokolla. RPC, Remote Procedure Call, on ohjelmien välinen kommunikointitapa, joka perustuu aliohjelmakutsuun.

1.3.2 IP over ISDN

IP-datagrammeja voidaan kuljettaa piiri-, paketti- ja kehysmuodoissa. Seuraavassa käsitellään IP over ISDN:n piiri- ja pakettimuotoisia kuljetustapoja. Kehysmuotoista kuljetustapaa on käsitelty IP over Frame Relay ja IP over SMDS -osioissa. IP over ATM -osiossa käsitellään IP-pakettien välittämistä ATM-verkossa. Lopuksi käsitellään SNMP-protokollaa TCP/IP:n verkonhallinta protokollana.

1.3.2.1 IP over ISDN piirikytkettynä

Piirikytkentäisessä ISDN yhteydessä B-kanava luo point-to-point yhteyden käyttäjien tai käyttäjän ja ISP:n välille. Ongelmana on B-kanavan puutteellisuus piiri-kytkentäisessä yhteydessä. Piirikytkettynä B-kanava ei tue Data Link Layer-protokollaa ja IP-datagrammit joudutaan kuljettamaan käyttäen data link -kehystä.

SLIP kehitettiin tarjoamaan IP-datagrammeille yksinkertaista kapsulointia modeemilinjan välityksellä. SLIP ei kuitenkaan takaa virheetöntä yhteyttä, jota verkkokerros vaatii Data Link Layer-kerrokselta. Lisäksi SLIP tukee ainoastaan IP- datagrammeja.

PPP kehitettiin korjaamaan nämä SLIP:n puutteet. PPP käyttää HDLC:n kaltaista kehysrakennetta (LAPB, LAPD ja LAPF) ja tukee jaksotusta, merkinantoa sekä muita data link -toimintoja. Lisäksi PPP -kehysrakenne sisältää tunnistuskentän, jonka ansiosta PPP tukee useita eri protokollia saman yhteyden aikana.

Piirikytkentäistä IP yhteyttä käyttävät ohjelmat avaavat siis ISDN:n B-kanavalle piirikytkentäisen yhteyteen, jonka jälkeen PPP proseduurit toimivat kuten normaalilla modeemiyhteydellä.

Multilink PPP (ML), joka on kuvattu RFC 1990:ssa, on jatke PPP:lle ja mahdollistaa useiden yhtäaikaisten kanavien ylläpidon. ML spesifikaatiot määräävät kuinka IP datagrammeja paloitellaan, uudelleen kootaan ja ajastetaan useiden B-kanavien välillä.

1.3.2.2 IP over ISDN pakettikytkettynä

Pakettikytketty IP yhteys pohjautuu X.25 –standardiin. IP-paketit kulkevat PLP paketeissa. X.25 –standardi ei sisällä ylempien protokolla kerroksien tiedon tunnistusta data paketeista. Multiprotokolla kapsulointi X.25:ssä ja ISDN-pakettikytkentä on määritelty RFC 1356:ssa. RFC 1356 sisältää useita vaihtoehtoja käyttäen NLPID:tä.

Jos IP on ainut protokolla, jota käytetään tietyn X.25 VC:n sisällä, kapsulointi on muotoa:

Call Request Packet			Call User Data	
Header information	Address	Facilities	NLPID	(SNAP Header)
[3]	[1-17]	[0-109]	[1]	[5]

Data Packet

Header information	Higher Layer PDU
[3]	

Kuva5. IP datagrammi X.25 paketeissa käyttäen NLPID:tä tai SNAP kapsulointia

X.25 Call Request –paketin Call User Data –osion ensimmäinen osan NLPID:n arvoksi määräytyy tällöin 0xCC, joka kertoo kaikkien tämän VC:n sisäisten pakettien käyttävän IP-protokollaa.

Jos SNAP kapsulointia käytetään tietyllä VC:llä NLPID kentän arvoksi tulee 0x80. Tällöin seuraavat 5 oktetia Call user data kentässä sisältävät SNAP -otsikon.

Kolmas vaihtoehto kapsuloinnille on nk. nollakapsulointi. Nollakapsuloinnissa ylemmän protokollan tunniste liitetään kaikkiin siirrettäviin paketteihin. Tämä mahdollistaa useiden eri protokollien multipleksoinnin yhden VC:n sisällä. Nolla-kapsuloinnissa NLPID kentän arvoksi tulee 0x00.

X.25 käyttää ITU-T:n X.121 suosituksessa määriteltyä host (isäntä) -osoitteistusta luodessaan VC yhteyksiä ja määrää loogisen kanavanumeron jokaiselle VC:lle.

1.3.2.3 IP over Frame Relay

IP over Frame Relay määrittelee IP-pakettien välittämistavan Frame Relay -verkossa, kun kyseessä on IP-aliverkko, joka on yhteydessä muihin aliverkkoihin.

Multiprotokolla kapsulointi Frame Relay:ssä on määritelty RFC 1490:ssä. Kehysformaatti muistuttaa paljolti X.25:ssä käytettävää formaattia.

Call Request Packet

Header information	Address	Facilities	0x00
[3]	[1-17]	[0-109]	[1]

Data Packet

Header information	NLPID	(SNAP Header)	Higher Layer PDU
[3]	[1]	[5]	

Kuva 6. IP datagrammi X.25 paketissa käyttäen nolla kapsulointia

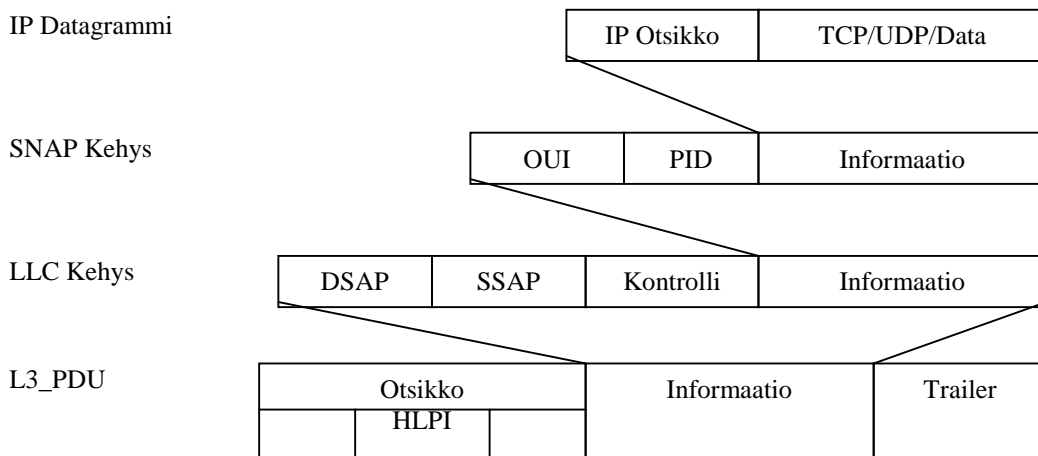
Frame Relay käyttää nollakapsulointia, jolloin ylemmän protokollan tunniste on liitettynä kaikkiin paketteihin. Toinen vaihtoehto Frame Relay:ssä on määrätä eri protokollat käyttämään eri DLCI:tä, mutta tämä johtaa kaistanleveyden tehottomaan käyttöön ja ei täten ainakaan pitkällä tähtäimellä kannata.

1.3.2.4 IP over SMDS

IP over SMDS, määrittelee IP-pakettien välittämistavan SMDS -verkossa, kun kyseessä on IP-aliverkko, joka on yhteydessä muihin aliverkkoihin.

SMDS tarjoaa monin tavoin lähes täydellisen yhteensopivuuden IP-protokollan kanssa. IP ja SMDS ovat molemmat yhteydettömiä. Lisäksi SMDS sisältää broadcast ja multicast ominaisuudet.

IP datagrammien kuljetus SMDS:n yli on määritelty RFC 1209:ssä. IP kapsulointi SMDS:ssä on hoidettu useimmista muista protokollista poikkeavasti. SMDS vaatii SNAP koodauksen ja SMDS ei tue NLPID proseduureja.



Kuva 7. IP datagrammi SMDS L3_PDU paketissa käyttäen LLC/SNAP kapsulointia.

RFC 1209 kapsulointikehys on määritelty seuraavasti:

- SIP L3_PDU informaatio kentän sisältö on koodattu IEEE802.2 Logical Link Protokollan mukaisesti. LCC:n käyttö on huomioitu kirjoittamalla korkeamman protokollan tunniste L3_PDU Header:in sisältämään HLPI -kenttään.
- LLC kehys sisältää lähettäjän ja vastaanottajan osoitteet DSAP (Destination Service Access Point) ja SSAP (Source Service Access Point) kentissä. Multiprotokolla kapsuloinnissa DSAP ja SSAP molemmat kentät sisältävät arvon 0xAA. 0xAA määrää käytettäväksi SNAP proseduureja. Kontrollikentän arvolla 0x03 käytetään UI kehystä.
- LLC informaatiokenttä sisältää SNAP kehyksen. SNAP kehys koostuu OUI, PID ja informaatio -kentistä.
- Korkeamman tason protokolla sisältää IP tai ARP datagrammin.

Vaikka korkeamman tason protokollien kapsulointi näyttäisi kärsivän SMDS:ssä NLPID:n puutteellisuudesta pystytään kaikki SNAP EtherType -tyyppiset protokollat kuljettamaan SMDS L3_PDU:ta käyttäen.

1.3.2.5 IP over ATM

IP over ATM, määrittelee IP-pakettien välittämistavan ATM-verkossa, kun kyseessä on IP-aliverkko, joka on yhteydessä muihin aliverkkoihin.

Multiprotokollakapsulointi, IP-datagrammien kuljetus, reititys, osoiteen selvitys (ARP) ja multicasting kaikki toteutuvat ATM ympäristössä. Multiprotokolla-kapsulointi, IP datagrammien kuljetus ja ARP:n käyttö ATM ympäristössä ovat määritelty RFC 1483:ssa ja 1577:ssä. Standardin mukaan IP over ATM -toteutusten täytyy tukea joko tiedon kapselointia IEEE 802.2 LLC/SNAP menetelmällä tai eri yhteyksien jakamista omille virtuaaliyhteyksilleen. Menetelmä valitaan yhteydenmuodostuksen yhteydessä joko manuaalisesti tai merkinannon avulla riippuen siitä käytetäänkö pysyviä tai kytkentäisiä virtuaaliyhteyksiä. Käytettäessä LLC-kapselointia IP-protokollalle täytyy AAL5 kehyksen ensimmäisiksi tavuiksi pakata kahdeksan tavua LLC/SNAP-otsikkotietoja.

Usean eri protokollan ATM-verkossa, täytyy jokainen siirrettävä protokolla välittää omalla virtuaaliyhteydellään. LLC (Logical Link Control)-kapseloinnin avulla on mahdollistaa välittää erilaisia protokollia samalla virtuaaliyhteydellä. Eri protokollia välitettäessä lähetettävään tietoon lisätään LLC-otsikko, joka kertoo minkä tyyppistä protokollaa seuraavassa tietokehyksessä käytetään. Tällaisessa VC pohjaisessa multipleksoinnissa eri protokollien paketit on järjestetty omiin VC-kanaviin. Tällöin korkeampien protokollien paketit sijoitetaan suoraan AAL5 CS-PDU. AAL5 PDU puolestaan kuljetetaan protokollalle määrätyissä soluissa VP/VC:tä pitkin. Protokolla tunnistetaan esim. puhelun luomisen aikana käyttäen Q.2931 signaalintiproseduureja.

IP over ATM pystyy hyödyntämään sekä pysyviä (PVC) että signaloituja virtuaaliyhteyksiä (SVC). Pysyviä virtuaaliyhteyksiä käytettäessä on

kuitenkin huomattava, että IP over ATM -ympäristön ylläpito käy kohtuuttoman työlääksi, mikäli verkossa olevien koneiden määrä kasvaa.

Käytettäessä protokollia, jotka eivät kuulu ISO:n standardoimiin täytyy LLC-kapseloinnin yhteydessä käyttää myös SNAP-menettelyä. Kuten kuvasta 8. näkyy korkeamman tason protokollien paketit on ensin kapsuloitu LLC/SNAP kehyksiin ja sitten sijoitettu AAL5 CS-PDU:n. LLC/SNAP käyttöä vaaditaan RFC määrittelyissä 1483 ja 1577.

AAL5 CS-PDU

Payload Field			AAL5 Trailer			
LLC Header	(SNAP Header)	Data	PAD	Control	Length	CRC
[3]	[5]	[1-9180]	[0-47]	[2]	[2]	[4]

Kuva 8. IP Datagrammi AAL5 CS-PDU käyttäen LLC/SNAP kapsulointia

Osoitteen selvitys on eräs ATM-standardin ongelmakohtista. Perinteisen ARP-protokollan proseduurit eivät sovellu sinänsä multicast ympäristöön. IP over ATM -standardissa perinteisen ARP-protokollan proseduurit on korvattu IP over ATM -protokollapinoon (Kuva 9.) kuuluvilla ATMARP ja InATMARP-protokollilla. ATMARP (ATM Address Resolution Protocol)-palauttaa kohteen ATM-osoitteen, kun sille on annettu kohteen IP-osoite. InATMARP-protokolla vastaa perinteisissä IP-verkoissa käytössä olevaa RARP (Reverse Address Resolution Protocol) -protokollaa. InATMARP, (Inverse ATM Address Resolution Protocol), palauttaa kohteen IP- ja ATM-osoitteen, kun sille on annettu virtuaaliyhteyden tunnus (VCI). Näitä toimintoja varten aliverkossa tulee olla vähintään yksi ATMARP-palvelin, joka toteuttaa kummaltakin protokollalta vaadittavat toiminnot.

Ylemmät sovelluskerrokset
TCP-protokolla
Internet-protokolla / IP, ATMARP / InATMARP
LLC/SNAP
AAL-5
ATM
Fyysinen taso

Kuva 9. IP over ATM -protokollapino

IP-ajattelun ja ATM-ajattelun periaatteellinen ero ei ole suuri: kummassakin ajattelumallissa voidaan yhden suuren putken sisällä (VP tai IP-osoite) kuljettaa pienempiä samaan kohteeseen kulkevia yhteyksiä (VC tai portti). On kuitenkin huomattava, että virtuaaliväylät on tarkoitettu lukumäärältään jopa useiden satojen virtuaalikanavien reitittämisen yksinkertaistamiseen, kun taas IP-osoitteiden luomat putket pitävät sisällään parhaimmillaan vain muutamia saman koneen eri TCP-portteihin kulkeutuvia yhteyksiä.

1.3.2.6 SNMP & TCP/IP verkonhallinta

SNMP on TCP/IP:n verkonhallintaprotokolla. TCP/IP:n valtaisan suosion johdosta SNMP-protokolla on tällä hetkellä tärkein olemassa oleva verkonhallintaprotokolla.

SNMP on yksinkertainen kutsu / vastaus protokolla. SNMP:stä on kaksi eri versiota: SNMPv1 ja SNMPv2. Suurin etu SNMP:n käytössä on sen yksinkertaisuus. SNMP:n asentaminen on yksinkertaista ja pystytettynä SNMP vaatii itselleen vain vähän verkon resursseja. Yksinkertainen toteutus mahdollistaa myös SNMP:n helpon laajennettavuuden tulevaisuuden vaatimuksia vastaavaksi.

SNMPv1 ei kuitenkaan missään nimessä ole täydellinen verkonhallintaprotokolla. SNMPv1:tä pidetään yleisesti niin yksinkertaisena, että tieto jota SNMPv1:n avulla voidaan käsitellä ei ole riittävän yksityiskohtaista eikä tarpeeksi hyvin organisoitua, että sillä voitaisiin hallita tulevaisuuden verkkoja. Lisäksi SNMPv1 sisältää useita turvallisuusaukkoja, jotka antavat verkkoon tunkeutujalle mahdollisuuden päästä käsiksi verkossa kulkevaan informaatioon. Ratkaisuksi SNMPv1:n ongelmiin on kehitetty uusi versio nimeltään SNMPv2. SNMPv2 tarjoaa SNMPv1:tä yksityiskohtaisempia verkonhallintaominaisuuksia sekä täyttää tärkeimmät turvallisuuskriteerit.

1.4 Yhteenveto

ISDN infrastruktuuri mahdollistaa digitaalisen datan monipuolisen siirron eri tietoverkoissa. Internet on puolestaan tämän hetken tärkein tietoverkko. Tämän seminaariesitelmän tarkoituksena oli tarkastella näiden kahden suhdetta.

Internet-protokollapino on suunniteltu tiedon välitykseen topologiaaltaan monimuotoisissa pakettikytkentäisissä verkoissa. Osoitteistuksen monipuolisuuden vuoksi IP-protokollien avulla voidaan välittää sekä yleisettä monilähetysliikennettä (broadcast ja multicast).

N-ISDN, Frame Relay ja SMDS tarjoavat käyttäjälle edullisen tavan hyödyntää Internettiä.

B-ISDN tarvitsee äärimmäisen joustavan kytkennällisen verkkoarkkitehtuurin. ATM teknologia on kehitetty täyttämään nämä B-ISDN:n tarpeet. Samalla kun ATM:ää voidaan ajatella hyvin suurilla nopeuksilla toimivaksi fyysiseksi siirtomenetelmäksi, niin B-ISDN on verkkoarkkitehtuurin määritelmä, joka käyttää ATM-teknologiaa.

IP-ajattelun ja ATM-ajattelun periaatteellinen ero ei ole suuri: Kummassakin ajattelumallissa voidaan yhden suuren putken sisällä (VP tai IP-osoite) kuljettaa pienempiä samaan kohteeseen kulkevia yhteyksiä (VC tai portti).

Erityisiksi ongelmakohtiksi sovitettaessa IP-liikennettä ATM-verkkoihin muodostuvat monilähetysyhteydet ja ATM- ja IP-osoitteiden vastaavuuksien selvittäminen ja ylläpito.

1.5 Lyhenneluettelo

AAL, ATM Adaptation Layer, ATM sovituserros.

ATM, Asynchronous Transfer Mode, asynkroninen toimintamuoto.

ATMARP, ATM Address Resolution Protocol, ATM-osoitteen selvitysprotokolla.

B-ISDN, Broadband Integrated Services Network, laajakaistainen digitaalinen monipalveluverkko.

CPI, Common Part Indicator, AAL-5 sovituserroksen osa.

InATMARP, Inverse ATM Address Resolution Protocol, käänteinen ATMARP-protokolla.

IP over ATM, Protokollapino, jonka avulla IP-liikennettä voidaan välittää ATM-verkoissa; käytetään myös nimeä classical IP over ATM.

IP, IPv4 Internet protocol, internet-liikenteen verkkoprotokolla.

IPv6, IPng Internet Protocol v6, next generation, internet-liikenteen uudistettu verkkoprotokolla.

ISDN, Integrated Services Digital Network, digitaalinen monipalveluverkko.

ITU-T, International Telecommunications Union –Telecommunications Branch. Kansainvälinen telealan standardointielin.

LAN, Local Area Network, lähiverkko.

LLC, Logical Link Control, siirtoyhteyskerroksen hallintamenettely.

MTU, Maximum Transmission Unit, verkkokehyksen maksimipituus.

QoS, Quality of Service, yhteyden laatutaso.

RIP, Routing Information Protocol, reititys -protokolla.

RPC, Remote Procedure Call, ohjelmien välinen kommunikointitapa.

SMTP, Simple Mail Transfer Protocol, Internetin sähköpostiprotokolla.

SNMP, Simple Network Management Protocol, yksinkertainen verkonhallintaprotokolla.

SVC, Switched Virtual Connection, kytkentäinen virtuaaliyhteys.

TCP, Transmission control protocol, internet-verkkojen yhteydellinen pakettivälitysprotokolla.

UDP, User Datagram Protocol, internet-verkkojen yhteydetön pakettivälitysprotokolla.

UNI, User Network Interface, käyttäjän ja verkon välinen rajapinta.

VCI, Virtual Channel Identifier, virtuaalikanavan tunniste.

VPI, Virtual Path Identifier, virtuaaliväylän tunniste.

1.6 Lähteet

- Kessler, Southwick, 1998. ISDN: concepts, facilities and services.
- Balaji Kumar, 1998. Broadband Communications.
- Peterson & Davie, 1996. Computer Networks, A System Approach.
- Mika Ilvesmäki, Diplomityö: ATM-tekniikan käyttö internet-liikenteen välityksessä
- Jon Postel: RFC 768, User Datagram Protocol, <ftp://ftp.funet.fi/rfc/rfc768.txt>
- Jon Postel: RFC 793, Transmission Control Protocol, <ftp://ftp.funet.fi/rfc/rfc793.txt>
- Theodore Socolofsky, Claudia Kale: RFC 1180, A TCP/IP Tutorial, <ftp://ftp.funet.fi/rfc/rfc1180.txt>