

Jukka Helme

Tiedonsiirto ja yhteyskäytännöt

2. painos

Sisällys

Sisällys	3
Lukijalle	5
1. TIETOLIIKENNEPALVELUT	7
1.1 Joukkoviestintä ja kohdeviestintä	7
1.2 Puhelupalvelut	8
1.2.1 Puhelin	8
1.2.2 Matkapuhelin	9
1.2.3 Kuvapuhelin	9
1.2.4 Internet-puhelut	9
1.3 Datasiiroto puhelinverkossa	10
1.4 Sanomanvälityspalvelut	10
1.4.1 Sähkötyt.....	11
1.4.2 Telex ja telefax	11
1.4.3 Uudempiä palveluja.....	11
1.5 Tiedonhaku ja tapahtumankäsittely.....	12
1.6 Ohjaus, valvonta ja etäkättytö	12
1.7 Tietoaineistojen siirto.....	13
1.8 Tukipalvelut	13
2. JOHDATUS YHTEYSKÄYTÄNTÖIHIN.....	14
2.1 Asiakas – palvelinperiaate	14
2.2 Ohjelman pääosat.....	14
2.3 Tietoliikenneprotokolla	15
2.4 Avoimet järjestelmät	17
3. AVOINTEN JÄRJESTELMIEN YHTEYSKÄYTÄNNÖT (OSI).....	20
3.1 Ylemmät tasot.....	20
3.1.1 Sovellusohjelma ja sovellustason protokolla.....	20
3.1.2 Esitysmuototaso	20
3.1.3 Istuntotaso.....	21
3.2 Tietoliikenneohjelmisto	21
3.2.1 Kuljetustaso	22
3.2.2 Verkkotaso	22
3.2.3 Linkkitaso	23
3.2.4 Fyysinen taso	23
4. INTERNET	24
4.1 IP (Internet Protocol)	24
4.1.1 IP-kehys	24
4.1.2 Miten IP on toteutettu.....	25
4.1.3 IP ja käyttöjärjestelmä	26
4.2 TCP (Transport Control Protocol).....	26
4.2.1 TCP-kehys	26
4.2.2 TCPn käyttäjärajapinta	27
4.2.3 TCP-protokolla.....	28
4.3 User Datagram Protocol (UDP).....	28
4.4 Pragmatiikkaa – miten saan koneeni liitettyksi Internetiin?	28
5. YLEISET TIETOLIIKENNEVERKOT	29
5.1 Puhelinverkko	29
5.1.1 Digitaalinen puhelinyhteys	30
5.1.2 Modemi.....	30
5.2 ISDN-verkko.....	31
5.3 Frame Relay ja ATM	32

5.4 ADSL	33
5.5 Kaapelimodemi	33
5.6 Point-to-point –protokolla (PPP)	34
6. LÄHIVERKOT JA ALUEVERKOT	35
6.1 Klassinen Ethernet-verkko (CSMA/CD)	35
6.2 Muita lähiverkkoja	36
6.3 Uudemmat Ethernet-verkot	37
6.3.1 Nopea Ethernet.....	37
6.3.2 Gigabitin Ethernet	37
6.4 Langattomat lähiverkot	38
6.5 Sillatut lähiverkot	38
6.6 Virtuaaliset lähiverkot	39
6.7 Lähiverkot ja Internet	39
LIITE 1: Protokollaesimerkki	41
LIITE 2: Lisäesimerkki kerrostamisesta – tietojen välitallennus	42

Lukijalle

Tämä lyhyt suomenkielinen johdatus digitaalisen tietoliikenteen perusasioihin on syntynyt 1.-2. vuosikurssin opiskelijoille tarkoitetun kurssin ”Tiedonsiirto ja yhteyskäytännöt” tarpeisiin. Tavoitteena on ollut tutustua tavallisimpiin tietoliikennettä hyväkseen käyttäviin palveluihin ja näiden toteuttamiseksi tarvittaviin järjestelmiin pääpiirteissään. Lähestymistapa on ylhäältä alaspäin, soveluksista verkkoihin ja siirtoteihin etenevä. Painopiste on tärkeimpien yhteyskäytäntöjen esittelyssä ja varsinkin monimutkaisten järjestelmien suunnittelun vaatiman systemaattisen ja hierarkkisen ajattelutavan opettelussa. Kurssin suppeuden ja muiden sen aihepiiriä sivuavien kurssien vuoksi mm. varsinaista siirtotekniikkaa ja tietoturva-asioita on käsitelty varsin vähän.

Ohjelmistotekniikan osuus tietoliikennesovelluksissa kasvaa jatkuvasti ja myös tämän esityksen näkökulma on ohjelmistotekniikkaa painottava. Ymmärtämistä helpottaakin olennaisesti, jos lukijalla on ainakin jonkinlaiset ohjelmoinnin perustiedot. Myös digitaalitekniikan perusteiden tuntemuksesta on hyötyä.

Tähän uusintapainokseen (painos 2.1) on tehty vähäisiä, lähinnä korjauksenluonteisia muutoksia sekä lisätty uusi liite 2. Monistetta voidaan hyvin käyttää rinnan parin-kolmen aikaisemman vuoden monisteiden kanssa.

Espoossa 11.4.2008

Jukka Helme

1. TIETOLIIKENNEPALVELUT

Aloitamme tutustumisen tietoliikenteen maailmaan katsauksella tavallisimpiin sähköisiin tiedonsiirtopalveluihin. Tarjolla olevien erilaisten palvelujen joukko on nykyisin varsin lukuisa ja käyttäjän hämmennystä lisäävät vielä alan yritysten olennaisesti samoista palveluista käyttämät lukuisat eri kaupanimet. Käymme seuraavassa läpi palveluja ja niiden ominaisuuksia lähinnä käyttäjän kannalta ja siirrymme sitten palvelujen toteuttamiseksi tarpeellisiin verkkoihin kokonaisuuksista yksityiskohtiin edeten.

1.1 Joukkoviestintä ja kohdeviestintä

Sähköinen viestintä voidaan jakaa **joukkoviestintään**, kuten radio ja TV, sekä **kohdeviestintään** kahden pisteen välillä tai kooltaan rajoitetun, suljetun ryhmän kesken. Tässä kurssissa keskitymme lähinnä kohdeviestintään ja siinäkin pääosin ihmisen ja tietokoneen tai kahden tietokoneen väliseen digitaaliseen tiedonsiirtoon. Perinteinen puhelintekniikka jätetään vähemmälle.

Eräät uudet tietoliikennepalvelut on kuitenkin tarkoitettu periaatteessa kenen tahansa vastaanotettaviksi, joko täysin vapaasti tai tilauksesta, mutta joka tapauksessa suurelle joukolle ja ilman että vastaanottajajoukkoa on etukäteen rajattu. Tämän vuoksi näitä palveluita täytynee pitää joukkoviestintänä, millä voi olla mm. tärkeitä juridisia seurauksia.

Uutisryhmät (news) koostuvat joukosta lähetettyjä, samaan aihepiiriin liittyviä artikkeleita. Uutispalvelun tarjoaja ylläpitää artikkeleista muodostettua aiheittain järjestettyä tietokantaa, josta palvelun käyttäjät voivat käydä lukemassa haluamaansa aihepiiriin liittyviä artikkeleita. Palvelun tarjoajat vaihtavat myös jatkuvasti artikkeleita keskenään ja näin artikkelit voivat levitä maailmanlaajuisesti. Suurilla, kansainvälisesti leviävillä ryhmillä voi olla jopa miljoonia lukijoita.

WWW-palvelu (World Wide Web), josta usein – hieman virheellisesti – käytetään myös nimitystä Internet, koostuu joukosta tiedostoja, WWW-sivuja, jotka voivat tekstin ja kuvien lisäksi sisältää muunkinlaista informaatiota, esim. ääntä ja jopa liikkuvaa kuvaa. Sivut on asennettu siten, että ne ovat kenen tahansa osoitteen tuntevan luettavissa Internetin kautta. Haettuja sivuja ylläpitävä tietokone lähettää sivut niitä pyytäneelle koneelle, jossa on oltava käytettävissä riittävän suorituskykyinen selainohjelma sivujen tulkitsemista ja esittämistä varten. Joustavuutensa vuoksi WWW-sivuja käytetään myös käyttäjärajapintana monissa muissa sovelluksissa, kuten sähköpostin tai erilaisten tilausten käsittelyssä.

Sivun mukana voi tulla myös valmis tietokoneohjelma, joka suoritetaan vastaanottajan koneessa. Ohjelmalla on oletusarvoisesti rajoitetut oikeudet, mutta tähän liittyy joka tapauksessa selvä turvallisuusriski ja satunnaisen surffailijan on syytä olla varuillaan. Käyttäjä voi kieltää sivujen mukana ladattujen ohjelmien suorittamisen, mutta tätä piirrettä käyttävät myös monet hyödylliset sivut luvallisiin tarkoituksiin. Turvallisuusriskien lisäksi monimutkaisilla sivuilla on toinenkin haittapuoli: sivujen latausajat voivat muodostua pitkiksi, mikä saattaa karkoittaa käyttäjiä.

Multimedialla tarkoitetaan ääni- tai videotallenteiden lataamista tietoliikenneverkon välityksellä tai ohjelman seuraamista reaaliaikaisesti verkon yli. Jälkimmäisestä käytetään nimitystä **streaming**.

On syytä muistaa, että WWW-sivulla tai suurelle yleisölle ehkä kansainvälisestikin leviävässä uutisryhmässä julkaistu tieto on yhtä julkista, kuin jos se olisi painettu sanomalehdessä. Julkaisijalta edellytetään siis tiettyä vastuullisuutta ja julkaistaessa on syytä noudattaa hyvää lehtimiestapaa soveltuvin osin. Yleiseen levitykseen tarkoituilta elektronisiltakin julkaisuilta voidaan vaatia esim. vastaavan päätoimittajan nimeämistä. Vastuukysymyksissä noudatetaan vielä usein vanhoja, alun perin toiseen tarkoitukseen laadittuja lakeja eikä ennakkotapauksia välttämättä ole, joten tuloksena

saattaa olla yllättäviä ratkaisuja. Jos ja kun on kysymys kansainvälisestä toiminnasta, anglosaksisten ja eksoottisempien maiden oikeuskäytännön erikoispiirteet saattavat myös aiheuttaa yllätyksiä.

Tästä eteenpäin keskitymme kohdeviestintään ja käsittelemme myös yllä mainitut uudet palvelut yksityiskohtaisemmin niiden kohdeviestintäpalvelujen yhteydessä, joihin ne lähinnä liittyvät.

1.2 Puhelupalvelut

Näille palveluille on yhteistä, että viestintä on kahden ihmisen välistä ja keskustelumuotoista. Tarjolla on kuitenkin muitakin siirtoteitä kuin tavallinen puhelinverkko ja myös tiedon esitysmuoto voi vaihdella.

1.2.1 Puhelin

Tavanomaisia langallisia puhelinliittymiä on Suomessa n. 2,9 miljoonaa (v. 2000, 55 liittymää sataa asukasta kohti). Puhelintiheys on maailman korkeimpia ja liittymän löytää helposti lähes kaikkialta. Teknisesti verkko on kokonaan automatisoitu ja kokonaan digitaalinen. Puhelimen välittämän äänen laatu ei ole kovinkaan hyvä. Normien edellyttämä välitettävä taajuusalue on 300-3400 Hz. Tätä ei ole muutettu, vaikka vaatimus pohjautuu kauan sitten käytetyn tekniikan asettamiin rajoituksiin. Äänen laatu on juuri puheelle riittävä, joskin naisäänet välittyvät huonosti.

Puhelinverkossa käytetään nykyään maailmanlaajuisesti sovittua, ns. suljettua numerointia (ts. numero pysyy pääsääntöisesti samana soittajan sijainnista ja puhelun kulkureitistä riippumatta) ja Suomesta voi soittaa automaattivalinnalla lähes kaikkialle. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että verkko olisi kaikkialla teknisesti samanlainen, eroja on paljonkin pistorasioista ja käyttöjännitteistä alkaen. Puhelimia on myös monissa maissa varsin harvassa ja verkon toimivuudessa voi olla paljonkin toivomisen varaa. Puhelujen hinnatkin voivat kehityksissä olla tavalliseen tulotasoon nähden varsin korkeita.

Tavanomaisen puhelujen välityksen lisäksi puhelinverkossa on käytettävissä joukko lisäpalveluja. Jo kauan ovat olleet käytössä aikamerkki ja erilaiset nauhalta luettavat tiedotukset, kuten puhelinuutiset. Uudempia lisäpalveluja ovat

- välilyksely
- puhelun siirto
- puhelinneuvottelu
- koputus (puhelun aikana ilmoittaa uudesta, odottavasta puhelusta)
- soittajan (A-tilaajan) numeron ilmoittaminen
- jne.

Nämä palvelut tulivat ensin puhelinvaihteisiin, mutta puhelinverkon digitalisoitumisen myötä ne ovat yleistyneet myös yleisessä puhelinverkossa. Tarkempia tietoja näistä palveluista on puhelinluettelossa. Lähinnä yrityksille tarkoitettuja palveluja ovat mm.

- puhelinvaihteet, jolloin yrityksen sisäisistä puheluista ei veloiteta
- soittajalle ilmaiset palvelunumerot ja
- sarjaliittymät, joissa saman puhelinnumeron takana on useampi palvelupiste, joista jokin vapaana olevista vastaa.

Samoja palveluja voi soveltaa ja on jossakin määrin sovellettukin myös datasiirrossa. Palveluja ja välityslaitteita tilattaessa kannattaa erityisesti huolehtia siitä, ettei joudu maksamaan teleyhtiölle jokaisesta talon sisäisestä siirtotapahtumasta.

Puhelujen **veloitus** voi tapahtua joko kestoajan perusteella tai vuokralinjoilla kiinteänä kuukausi-veloituksena. Jälkimmäistä kannattaa käyttää lähes jatkuvasti käytössä olevilla linjoilla, esim. yrityksen puhelinvaihteen ja lähimmän puhelinkeskuksen välillä. Vuokrayhteydet voivat olla joko kiinteästi johonkin numeroon kytkettyjä tai valinnaisia. Datapuheluissa on mahdollista käyttää myös siirretyn tiedon määrään perustuvaa veloitusta. Myös muissa tietoliikennepalveluissa, joita tuonempana tarkastelemme, käytetään samoja veloituseriaatteita tai niiden yhdistelmiä.

1.2.2 Matkapuhelin

Matkapuhelinliittymien määrä Suomessa on jo ylittänyt tavanomaisten puhelinliittymien määrän ja on noin 3,4 miljoonaa (v. 2000). Jatkuvasti kasvava käyttäjämäärä ja kanavapula on pakottanut ottamaan käyttöön aina vain korkeampia taajuusalueita. Ensimmäinen, 1970-luvulla käyttöön otettu matkapuhelinverkko (autoradiopuhelin, ARP) toimi 160 MHz taajuusalueella. Seuraavaksi toteutettiin pohjoismaisena yhteistyönä 450 MHz verkko. Pohjoismaat olivat tässä asiassa edelläkävijöitä ja niinpä verkko tunnettiin maailmalla nimellä NMT (Nordic Mobile Telephone). Tämäkin verkko on jo poistunut käytöstä. Nykyinen 900 MHz taajuusalueella toimiva GSM-verkko (Global System for Mobile) ja uudempi 1800 MHz verkko pohjautuvat jo laajempaan kansainväliseen yhteistyöhön. Taajuuksien kasvaessa ovat verkon **solukoko** (yhden tukiaseman kattama alue) ja verkon kattavuus jatkuvasti pienentyneet. 900 MHz verkko alkaa jo vähitellen kattaa koko maan, mutta 1800 MHz verkko on käytössä vain suurimmissa kaupungeissa ja muutamalla päätiellä.

Kun matkapuhelimen käyttäjä voi liikkua verrattain vapaasti ja on jatkuvasti lähimmän tukiaseman kautta yhteydessä yleiseen puhelinverkkoon, **johdoton puhelin** (Cordless Telephone, CT) on kantamaltaan varsin rajoitettu ja sidoksissa johonkin tiettyyn puhelinliittymään. Käyttäjä voi liikkua lähinnä saman rakennuksen sisällä. Saman puhelinvaihteen alaisuudessa voidaan tosin käyttää useampia tukiasemia, kuten TTKilla useissa rakennuksissa käytössä olevassa DECT-verkossa. Hyvänä puolena on, että puheluista veloitetaan saman taksan mukaan kuin siitä kiinteästä liittymästä puhutuista puheluista, jonka "jatkojohtona" johdoton puhelin toimii ja yrityksen sisäiset puhelut ovat tavalliseen tapaan ilmaisia. Ns. Citypuhelin on tämän idean laajennus ja käytettävissä pääkaupunkiseudulla kehä III:n sisäpuolella.

1.2.3 Kuvapuhelin

Ensimmäisiä kuvapuhelinkokeiluja tehtiin Suomessa jo 1980-luvun alkupuolella. Näissä kokeiluissa käytettiin kuvan siirtoon tavallista puhelinlinjaa, mutta kuvan laatu ei ollut tyydyttävä. Viime aikoina on kuitenkin tullut myyntiin hinnaltaan kohtuullisia kuvapuhelimia, joissa kuvan laatu on olennaisesti parempi, joskin järjestelmän kyvyssä seurata nopeita liikkeitä on edelleen toivomisen varaa. Näiden yleistymistä rajoittaa kuitenkin se, että ne vaativat tuekseen ISDN-linjan (kahta puhelinlinjaa vastaavan siirtokapasiteetin). Varsinaisissa videokonferenssisovelluksissa kuvan laatu on parempi, mutta siirtokapasiteettia vaaditaan vielä enemmän, esim. kuutta puhelinlinjaa vastaavasti.

1.2.4 Internet-puhelut

Internet on luonnollisesti vain yksi mahdollinen siirtotie, jota käyttäen puheluita voidaan välittää. Asian saaman verraten laajan julkisen mielenkiinnon vuoksi tarkastelemme kuitenkin asiaa jo tässä yhteydessä lyhyesti. Teknisesti Internet ei sovellu erityisen hyvin puhelujen välitykseen. Sen käyttöä puoltavia syitä ovat kuitenkin

- halu käyttää hyväksi olemassaolevia datasiirtoon tarkoitettuja kuukausimaksullisia vuokrayhteyksiä, jolloin puheluista ei koidu lisäkustannuksia sekä

- halu kiertää työpaikoilla käytössä olevia kaukopuhelurajoituksia usein juuri em. vuokrayhteyksiä käyttäen.

Internetissä tieto kulkee lyhyinä sanomina, jotka saattavat kulkea vaihtelevia reittejä ja viipyä matkalla vaihtelevan pituisen ajan. Tällainen tapa soveltuu kyllä tietokoneiden väliseen tiedonsiirtoon, mutta ei mitenkään takaa puheensiirron vaatimaa kiinteää siirtonopeutta. Tilannetta voidaan jossakin määrin parantaa riittävää puskurointia käyttämällä, joskin tästä luonnollisesti aiheutuu viivettä, jonka voi havaita erityisesti puheenvuoron vaihtuessa.

1.3 Datasiirto puhelinverkossa

Ensimmäisten tietokoneiden tultua käyttöön ei kestänyt kovinkaan kauan, ennen kuin syntyi ajatus käyttää puhelinverkkoa kahden tietokoneen väliseen, digitaaliseen tiedonsiirtoon. Tähän käytetään sopivasti moduloitua **äänitaajuista** kantoaaltoa. Tietokoneen ja puhelinverkon välissä on sovitin, modulaattori-demodulaattori eli lyhyemmin **modemi**, joka muuntaa tietokoneessa käytetyt signaalit puhelinyhteydelle sopiviksi ja päinvastoin. Modemi huolehtii tietokoneen ohjaamana myös yhteyden muodostamisesta ja purkamisesta, siis mm. halutun puhelinnumeron muuntamisesta verkon vaatimiksi valintasiignaaleiksi (ellei sitten kyseessä ole kiinteä vuokrayhteys). Puhelinverkon kannalta kysymys on tavallisesta puhelusta.

Tavallisen puhelinyhteyden tarjoama siirtonopeus on kuitenkin teoriassakin korkeintaan 64 kbps, käytännössä usein selvästi alempi (huom! Tässä yhteydessä kilo tarkoittaa tasan tuhatta bittiä). Suurempaa nopeutta tarvittaessa on käytettävä ISDN-liittymää, jonka siirtonopeus on kaksinkertainen, tai useammasta puhelinlinjasta muodostettua liittymää. Viimeksi mainittuja on kuitenkin – ainakin toistaiseksi – saatavissa vain kuukausimaksullisina vuokraliittyminä. Myös näiden liittymien vaatimia sovittimia nimitetään usein modemeiksi.

Kiinteä ADSL-vuokraliittymä mahdollistaa tehokkaan koodaustekniikan ansiosta huomattavasti edellä mainittuja liittymiä nopeamman tiedonsiirron tavallista puhelinlinjaa käyttäen. Siirtonopeus verkosta käyttäjälle päin voi olla jopa 4 Mbps, toiseen suuntaan sensijaan selvästi alempi. Edellytyksenä on kuitenkin hyvälaatuinen puhelinlinja ja lyhyehkö etäisyys lähimpään keskuksen. Kyse on kuitenkin vain siirtotiestä tilaajan liittymän ja lähimmän keskuksen välillä, yhteyden muodostamisesta edelleen esim. Internetiin on maksettava erikseen.

Matkapuhelinverkossa on mahdollista käyttää modemyhteyttä tavallisen matkapuhelinlinjan päällä, mutta siirtonopeus on tällöin varsin hidas, 9600 tai korkeintaan 14400 bps. Tavallisen matkapuhelinverkon välitystekniikkaa niinkään hyödyntävä, mutta parannettua koodaustekniikkaa käyttävä **GPRS** (General Packet Radio Service) mahdollistaa 57-114 kbps siirtonopeudet ja mm. Internet-yhteydet. Käytetty **pakettivälitteinen** siirtotekniikka varaa kanavan kullekin käyttäjälle vain siksi aikaa, kuin tällä on jotakin lähetettävää, joten kustannukset pysyvät paremmin kurissa. Uudempi, lähiaikoina yleiseen käyttöön tulossa oleva **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications Service) käyttää käyttäjän kannalta katsoen samoja tiedonsiirron menettelytapoja, kuin GPRS, mutta käytetty laajakaistainen (Spread Spectrum) siirtotekniikka mahdollistaa paljon korkeammat siirtonopeudet, liikkeellä oltaessa 144 kbps, kävelyvauhdilla liikuttaessa 384 kbps ja sisätiloissa 2Mbps. Suuremmat nopeudet mahdollistavat myös multimediapalvelut, mm. videosihtaalien välittämisen.

1.4 Sanomanvälityspalvelut

Nämä palvelut ovat historiallisesti vanhempia, kuin puhelupalvelut. Edellä aloitimme kuitenkin puhelupalveluista niiden suuren merkityksen vuoksi. Kaikkein varhaisimmat sähkömagneettisia aaltoja hyväkseen käyttävät tiedonsiirtopalvelut – vainovalkeat ja erilaiset optiset lennättimet –

palvelivat lähinnä vain sotilaskäyttöä, mutta seuraava tekniikan edistysaskel otettiin välittömästi myös kaupalliseen käyttöön.

1.4.1 Sähköitys

Sähköityksen – kuten myös puhelimen ja radion – keksijäksi on tarjolla useampiakin nimiä, mutta amerikkalaisen taidemaalarin (!) ja keksijän Samuel F. B. Morsen (1791-1872) kehittämä järjestelmä johti ensimmäisenä näistä varsinaiseen tuotantokäyttöön. Ensimmäiset kokeilut suoritettiin v. 1835-1837 ja Washingtonin ja Baltimoren välinen linja (n. 65 km) otettiin käyttöön v. 1844.

Toinen mainitsemisen arvoinen henkilö alan varhaisemmassa historiassa on monitaitoinen keksijä (yli 1000 patenttia) Thomas A. Edison (1847-1931), joka toimi sähköttäjänä jo 15-vuotiaana. Tietoliikennealalla Edisonin tärkein keksintö oli “nelinkertaitelegrafi”. Tätä varhaista multipleksointimenetelmää käyttäen oli mahdollista lähettää – ilmeisesti useampaa jännitetasoa käyttäen – saman kaapelin välityksellä samanaikaisesti kahta sanomaa kumpaankin suuntaan.

Tiedonsiirtonopeus sähköitystä käyttäen on hidas. Ammattimainen “titari” pystyy lähettämään ja vastaanottamaan 120 merkkiä minuutissa, mikä merkkivalikoiman huomioon ottaen vastaa ehkä 12 bittiä sekunnissa. Palvelun tarvitsija ei yleensä myöskään pysty itse käyttämään laitteita vaan avuksi tarvitaan sähköttäjä.

1.4.2 Telex ja telefax

Näppäimistön ansiosta **kaukokirjoitus** (telex) oli sähköitystä helppokäyttöisempää ja nopeampaa (10 merkkiä/s). Laitteissa oli myös puhelimen tapaan automaattinen numeron valinta. Kuitenkin tätäkin palvelua käytettiin pääasiassa operaattorin välityksellä.

Nytemmin telexin korvaajiksi on ilmaantunut kaksi hieman toisistaan poikkeavaa ja keskenään kilpailevaa palvelua, **telefaksimile** (fax) ja **sähköposti**. Näistä hieman vanhempi on telefaksimile (fax), jonka etuna on joustavuus, mm. allekirjoitus näkyy asiakirjassa ja myös kuvia voidaan rajoitetusti lähettää. Laite liitetään tavalliseen puhelinlinjaan, mutta siirrettävän tiedon koodaukseen käytetään varta vasten faksimilea varten suunniteltuja standardeja.

1.4.3 Uudempia palveluja

Sähköpostia käytettiin TKKlla jo 1980-luvulla. Aluksi kysymyksessä ei kuitenkaan ollut nykyinen Internetiä hyväkseen käyttävä palvelu vaan yhdessä, siihen aikaan kaikkien TKKlaisten käyttämässä tietokoneessa toiminut ohjelma, joka siis palveli vain talon sisäistä käyttöä. Mahdollisuus lähettää liitteitä sähköpostin mukana on melkoisesti monipuolistanut sähköpostin käyttömahdollisuuksia, mutta palvelun käyttö vaatii tietokoneen ja viestit on kirjoitettava näppäimistöä käyttäen.

Edellä mainittujakin uudempi on mahdollisuus lähettää **tekstiviestejä** matkapuhelimelle. Telealan ammattislangissa tästä käytetään nimitystä **lyhytsanomapalvelu** (Short Message Service). Tämän palvelun käyttö on lisääntynyt nopeasti ja sen taloudellinenkin merkitys palvelun tarjoajille on jo varsin huomattava.

Mahdollisuus lähettää viestejä eri aiheita käsitteleviin **uutisryhmiin** perustuu Internet-palvelun tarjoajien välisiin sopimuksiin, joiden perusteella nämä vaihtavat jatkuvasti ryhmiin tulleita viestejä keskenään. Julkisen Internetin varaan rakentuvasta verkosta, jossa uutiset leviävät palvelun tarjoajalta toiselle varsin hajautetun organisaation puitteissa, käytetään nimitystä **Usenet**. Tässä verkossa hieman keskitetympin organisoitua on ainoastaan uusien ryhmien perustaminen. Pienel-lekin palveluyritykselle saattaa uutisvaihdon kautta tulla satoja megatavuja sanomia päivässä

ainakin ellei yritys ryhdy tarmokkaasti rajoittamaan palveluvalikoimaan kuuluvien ryhmien määrää. On myös mahdollista perustaa pelkästään oman organisaation sisällä toimiva uutispalvelu, kuten esim. TKKn piirissä toimiva Otax News.

Liiketapahtumiin liittyvien dokumenttien (tilaus, kuormakirja, lasku...) automaattiseen välitykseen liittyviä ohjelmia ja standardeja on käytetty jo varsin pitkään ja ne laadittiin aikoinaan suoraan esim. modemyhteyttä käyttäviksi. Ohjelmiin oli tällöin sisällytettävä paljon matalan tason tiedonsiirtoon, esim. modemyhteyden ohjaukseen ja siirtovirheisiin varautumiseen liittyviä piirteitä. Tiedonsiirtoon käytettiin tiukasti määrämuotoisia dokumentteja, ”sähköisiä lomakkeita”. Tiedonsiirto oli yritysten suuren koneiden välistä ja toiminta pohjautui paljolti luottamukseen ja vakiintuneisiin liikesuhteisiin. Tästä tietoliikennetekniikan sovellusalueesta käytetään nimitystä **organisaatioiden välinen tiedonsiirto** (Electronic Data Interchange, OVT/EDI). Sitten ohjelmia on muutettu uusia valmiita palveluita (esim. TCP) käyttäviksi, jolloin ohjelmista tulee yksinkertaisempia ja toiminta voidaan tarvittaessa melko helposti siirtää yhdestä tietoliikenneverkosta toiseen esim. hintojen muuttuessa. Toiminta on myös laajentunut valtavasti ja samantapaisia menettelytapoja on alettu soveltaa myös yritysten ja kuluttajan välillä mm. HTML-pohjaisia lomakkeita käyttäen. Samalla kansainvälinen standardointi ja tarkat suojaus- ja varmistustoimenpiteet ovat tulleet välttämättömiksi.

1.5 Tiedonhaku ja tapahtumankäsittely

Tietokannalla tarkoitetaan jotakin asiaa koskevaa järjestettyä tietojoukkoa, joka voi sisältää esim. tietoja jonkin yrityksen työntekijöistä, tuotteista tai kirjanpidosta, jossakin lehdessä julkaistuja artikkeleita tai vaikkapa puhelinluettelon. Teknisesti tietokanta voi koostua yhdestä tai useammasta toisiinsa liittyvästä tiedostosta. Käyttäjä voi esim.

- hakea tietokannasta tietoja tuotenumeron, henkilötunnuksen tms. **avaimen** perusteella
- tulostaa raportin kaikista annetut ehdot täyttävistä tietokantaan talletetuista tiedoista tai
- päivittää talletettuja tietoja, ei kuitenkaan mielivaltaisesti vaan siten, että suoritetaan jokin kyseisen sovelluksen kannalta mielekäs toimenpide, esim. uuden tuotteen lisääminen tuotetietokantaan.

Itse talletetut tiedot voivat olla määrämuotoisia tietueita (kuten esim. jonkin luettelon rivi), kuvia, WWW-sivuja tms. Tähän ryhmään kuuluvat siis mm. WWW-selainohjelmat.

Tietoliikennepalvelujen tarvetta nämä tehtävät aiheuttavat, kun tietoja on siirrettävä kahden tietokoneen tai tietokoneen ja jonkin toisen tietokoneen käyttäjän välillä. Mikäli koneet ovat eri tyyppisiä tai kuuluvat eri organisaatioille, on erityisen tärkeää käyttää standardoituja tiedon esitysmuotoja ja varmistua toimenpiteen luvallisuudesta. Lisäksi voi olla tärkeätä (esim. pankkisovelluksissa) varmistua siitä, että virhetilanteessakin molemmat tiedonsiirron osapuolet päätyvät samaan lopputulokseen eli toimenpide suoritetaan joko loppuun asti tai ei ollenkaan. Mikäli siirrettävä dokumentti on tietokoneohjelma, vastaanottajan on varmistauduttava siitä, ettei ohjelmaa käynnistetä luvattomasti. Tekstidokumenttien ja ääni- tai videotallenteiden osalta on puolestaan kiinnitettävä asianmukaista huomiota tekijänoikeuksiin.

1.6 Ohjaus, valvonta ja etäkäyttö

Teollisuuslaitoksen valvomossa tms. käytettyjen automaattisten prosessinohjausjärjestelmien ergonomiaa, siis esim. näyttöjen tarkoituksenmukaista ryhmittelyä tai värejä, on tutkittu varsin paljon. Tässä rajoitumme kuitenkin tiedonsiirron osuuteen tapauksissa, joissa valvonta ja ohjaus tapahtuu etäkäyttönä jonkin tietoliikennedyhteyden välityksellä. Tähän ryhmään kuuluvat myös erilaiset turvapuhelinjärjestelmät sekä itse tietoliikenneverkon, kuten puhelinkeskusten, valvonta ja ohjaus ylläpidon (maintenance) käyttöön varattuja kanavia ja yhteyskäytäntöjä käyttäen.

(Esimerkkinä viimeksi mainittuun ryhmään kuuluvasta ohjaustoimenpiteestä voisi olla käynnissä olevan puhelun siirto toiselle reitille kuormituksen tasaamiseksi tai kaapelin katkettua.)

Näissä sovelluksissa siirrettävät tietomäärät eivät yleensä ole erityisen suuria vaan esimerkiksi lyhyitä komentoja tai mittausarvojen lukemista. Tapauksesta riippuen vasteaikavaatimukset voivat sensijaan olla tiukkoja ja myös yhteyden luotettavuudelle ja virheettömyydelle voidaan asettaa suuria vaatimuksia. Palvelutason varmistamiseksi ja yhteyksien suojaamiseksi ulkopuolisilta käytetäänkin usein kiinteitä, aina päällä olevia vuokratyhteyksiä. Myös varayhteyksistä on huolehdittava, joskin sellaiseksi voi riittää valintainen puhelin- tai ISDN-linja. Luonnollisesti on myös varmistauduttava siitä, etteivät varsinainen ja varayhteys kulje samassa tai samassa kanavassa sijaitsevassa kaapelissa.

Tähän kategoriaan kuuluvat myös erilaiset virtuaalipääteohjelmat (esim. Telnet tai X-windows), joiden välityksellä voi käyttää kaukanakin sijaitsevaa tietokonetta ikään kuin käyttäjän näppäimistö, näyttö ja hiiri olisi liitetty suoraan kyseiseen koneeseen.

1.7 Tietoaineistojen siirto

Toisinaan halutaan yksinkertaisesti vain siirtää jokin tietoaineisto jokseenkin sellaisenaan paikasta toiseen tietoliikenneyhteyden välityksellä, esim. sanomalehden sisältö toimituksesta kirjapainoon. Aineisto voi olla huomattavan suuri. Tällöin tarvitaan riittävää tiedonsiirtonopeutta, jotta tehtävä saataisiin suoritetuksi kohtuullisessa ajassa. Lisäksi voi olla syytä järjestää **tarkistuspisteitä**. Jos siirrossa tulee jokin vaikeampi virhetilanne (esim. ohjelmien täydellinen sekoaminen, ei pelkkä bittivirhe tiedonsiirrossa), siirtoa ei tällöin tarvitse aloittaa uudelleen alusta, vaan voidaan aloittaa lähinnä edellisestä tarkistuspisteestä.

1.8 Tukipalvelut

Näille palveluille on yhteistä se, että ne eivät sellaisenaan tee mitään hyödyllistä vaan niitä käytetään tarvittaessa apuna jonkin muun palvelun yhteydessä.

Varsin usein tarvittu tukipalvelu on tietoliikenneyhteyden muodostaminen ja purkaminen. Kysymys voi olla joko (näennäisesti) suorasta yhteydestä kahden tiedonsiirron käyttäjän (ihmisen tai tietokoneohjelman) välillä tai vain yhteydestä yhden tietoliikenneverkon kahden päätelaitteen (esim. kahden modemin) välillä tai kenties vain kahta saman verkon solmua yhdistävän jänteen yli. Palveluun voi kuulua myös yhteyden automaattinen uudelleen muodostus, jos yhteys pääsee jostakin syystä katkeamaan ja sen uudelleen muodostaminen on mahdollista.

Aina ei tiedonsiirtoa varten tarvitse erikseen muodostaa yhteyttä, vaan yhteys voi olla kiinteästi kytketty (aina päällä) tai voidaan tyytyä lähettämään **datagrammi** (kertaluonteinen sanoma) ja toivoa, että kaikki menee hyvin. Vielä yksi mahdollinen tapa on käyttää **virtuaalista aliohjelmakutsua**, joka muodostuu yhdestä palvelupyynnöstä ja siihen saadusta vastauksesta ilman varsinaista yhteyden muodostamista. Käyttäjän kannalta kysymys on tavallisesta aliohjelmakutsusta, mutta palvelupyynnön tultua lähetetäänkin sanoma toiselle tietokoneelle, joka toteuttaa pyydetyn toimenpiteen ja lähettää vastauksen. Vasta tämän jälkeen palataan palvelupyynnön esittäneeseen pääohjelmaan.

Muista tukipalveluista mainittakoon erilaiset koodimuunnokset, salaus ja autentikointi (toisen osapuolen varma tunnistaminen).

2. JOHDATUS YHTEYSKÄYTÄNTÖIHIN

Lähdemme nyt tarkastelemaan, miten edellisessä luvussa esitellyn kaltaisia ja muita, käyttäjän omista tarpeista lähteviä tiedonsiirtoa käyttäviä sovelluksia toteutetaan. Lähtökohtana ovat sovellukselle asetettavat vaatimukset, joista tärkeimpiä ovat

- tiedonsiirron virheettömyys
- riittävä siirtonopeus
- luottamuksellisuus
- standardien mukaisuus, jotta vastaanottaja kykenisi tulkitsemaan tiedot sekä
- kaiken tämän toteuttaminen mahdollisimman alhaisin kustannuksin.

Vaatimukset ovat osaksi keskenään ristiriitaisia ja etenkin mahdollisia virhetilanteita on lukuisia erilaisia tiedonsiirron eri vaiheissa. Lisäksi vaatimusten painoarvo ja keskinäinen tärkeysjärjestys vaihtelee tapauksesta toiseen. Jotta tilanne pysyisi hallinnassa sovellus on jaettava osiin, joista kukin ratkaisee yhden osaongelman.

2.1 Asiakas – palvelinperiaate

Tietoliikennettä käyttävä sovellus (sähköposti, WWW-palvelu, jossain muualla sijaitsevan tietokoneen etäkäyttö, firman oma kirjanpito- tai tilaustenkäsittelysovellus...) voidaan karkeasti jakaa seuraaviin osiin

- tietokone, jonka ääressä käyttäjä istuu, ja siinä käytössä oleva ohjelma
- toinen tietokone ohjelmineen, jolta käyttäjä voi oman tietokoneensa ja tietoliikenneyhteyden välityksellä pyytää palveluja sekä
- jonkinlainen koneita yhdistävä tietoliikenneverkko, jonka välityksellä ohjelmat kommunikoivat keskenään.

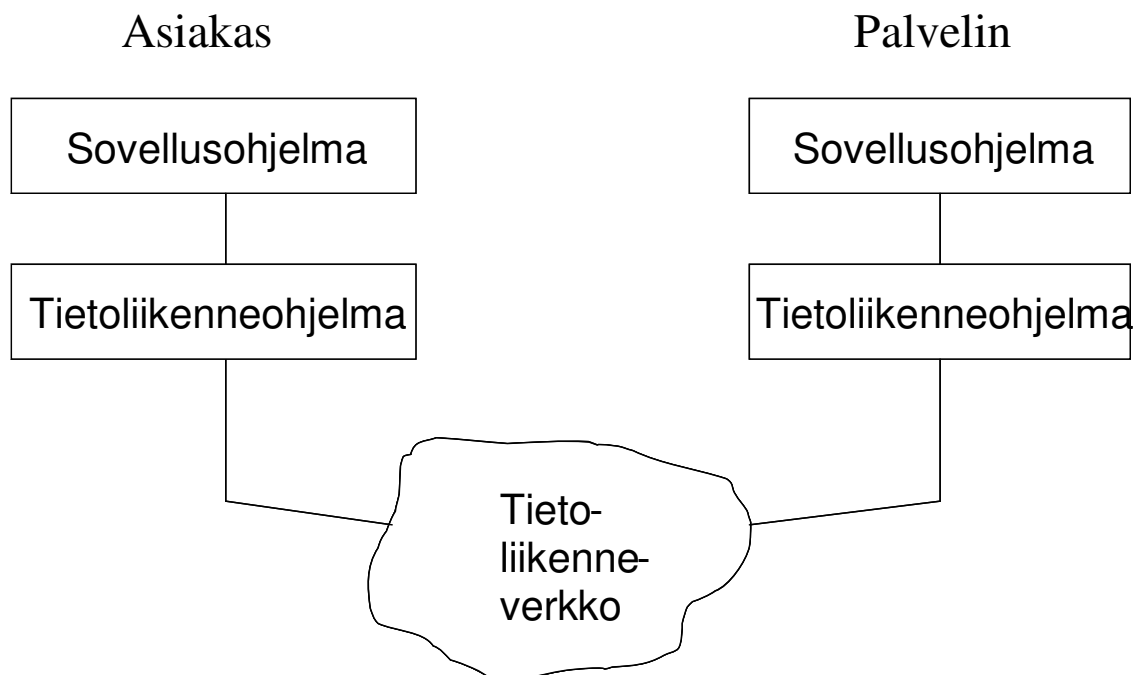
Ensimmäisestä, käyttäjän kanssa kommunikoivasta ohjelmasta käytetään tavallisesti nimitystä **asiakas (client)** ja toisesta ohjelmasta nimitystä **palvelin (server)**.

Toisinaan, esim. pelattaessa jotakin peliä verkon yli, on kysymys kahden eri tietokoneen ja niiden käyttäjien välisestä kommunikoinnista ja tilanne on melko symmetrinen (käytetään nimityksiä **peer-to-peer** tai **client-client**). Tällöin toiminnan aloittaja (perinteistä puhelinterminologiaa käyttäen **A-tilaaja**) on teknisessä mielessä asiakas ja toinen osapuoli (**B-tilaaja**) palvelin. Jos taas on kysymys monenkeskisestä tiedonsiirrosta yhdellä palvelimella voi olla useita asiakkaita tai asiakkaan ja palvelimen roolit voivat vaihdella tilanteen mukaan (esim. A pyytää palvelua B:ltä ja tämä puolestaan C:ltä).

2.2 Ohjelman pääosat

Sekä asiakas- että palvelinohjelma jakautuvat edelleen pienempiin osiin. Eräs tärkeä rajapinta (interface) on jako varsinaiseen sovellukseen (esim. sähköposti) ja tietoliikenneosaan. Tietoliikenneosa on käytännössä joukko aliohjelmaa (funktioita, metodeja). Tietoliikenneohjelmisto hankitaan yleensä valmiina. Asiakas- ja palvelinkoneen tietoliikenneohjelmat kommunikoivat keskenään jonkin verkon välityksellä. Myös sovellusohjelman asiakas- ja palvelinosat kommunikoivat (näennäisesti eli **virtuaalisesti**) suoraan keskenään. Tietoliikenneohjelma ja verkko toimivat välissä läpinäkyvästi ja huolehtivat monista tavallisista, sovelluksesta riippumatta samantapaisina toistuvista tietoliikenteeseen liittyvistä tehtävistä, mm. siirtovirheisiin varautumisesta ja niiden korjaamisesta mahdollisuuksien mukaan. Näitä rutiinitoimintoja ei siten tarvitse ohjelmoida joka sovellusta varten aina uudelleen. Tietoliikennepakkauksen käyttö on käytännössä

varsin samantapaista kuin valmiiksi ohjelmoitujen syöttö- ja tulostusohjelmien tai tiedostojen käsittelyrutiinien käyttö.



Kuva 2.1 Tietoliikennettä käyttävän sovelluksen pääosat

Sovellusohjelmat lähettävät toisilleen toiminnan aloittamiseen ja lopettamiseen sekä tiedonsiirron varsinaiseen tarkoitukseen (esim. sähköpostin välitykseen) liittyviä viestejä. Tietoliikennepakkauksen tarjoaman palvelun vuoksi sovellusohjelman laatija voi olettaa, että lähetetyt viestit myös aikanaan saapuvat virheettöminä perille. Tietoliikennepalvelu huolehtii myös mm. viestien pilkkomisesta siirron kannalta sopivan pituisiksi pätkiksi ja niiden uudelleen kokoamisesta.

Sovellusohjelmien toisilleen lähettämien viestien on oltava tiukasti määrämuotoisia, jotta vastaanottaja kykenisi tulkitsemaan ne. Sen sijaan tapa, jolla tietoliikenneohjelmia kutsutaan, ja parametrien järjestys riippuu käytettävästä ohjelmointikielestä ja jossain määrin myös koneen käyttöjärjestelmästä, joten ohjelmien siirtäminen uuteen ympäristöön vaatii enemmän tai vähemmän tapauskohtaista sovitustyötä.

2.3 Tietoliikenneprotokolla

Tietoliikenneprotokolla eli yhteyskäytäntö on kahden jonkin tietoliikenneyhteyden välityksellä keskenään kommunikoivan ohjelman noudattama menettelytapasopimus, jossa on spesifioitu

- miten tiedonsiirto aloitetaan ja lopetetaan ja mitä tietoja kussakin vaiheessa siirretään
- varaudutaanko virhetilanteisiin ja miten virheen sattuessa menetellään sekä
- ohjelmien välillä välitettävien sanomien muoto yksityiskohtaisesti.
- Sen sijaan protokollan käyttäjän esittämien palvelupyyntöjen osalta riittää listata, mitä palvelupyyntöjä on olemassa ja mitä tietoja (parametreja) kunkin pyynnön yhteydessä tarvitaan. Palvelupyyntöjen yksityiskohtainen muoto ei vaadi standardointia osapuolten välillä.

Ohjelman toimintaa voidaan havainnollistaa esim. digitaalitekniikasta tuttua tilakone-esitystä käyttäen (esimerkki tästä **liitteessä 1**). Protokolliksi kutsutaan sekä em. määrittelyt sisältäviä standardeja että niiden realisaatioita, sääntöjen mukaisesti toimivia ohjelmia.

Esimerkki Tietokannassa on tietoja firman tuotteista, niiden hinnoista ja saatavuudesta. Asiakaspuolen sovellusohjelma kommunikoi käyttäjän kanssa ja lähettää palvelimelle sopivalla tavalla koodattuja sanomia ja saa vastauksia, jotka liittyvät esim.

- toiminnan aloittamiseen ja käyttäjän tunnistukseen
- tuotteiden saatavuutta ja hintoja koskeviin kyselyihin
- tilausten tekemiseen tai
- toiminnan lopettamiseen.

■

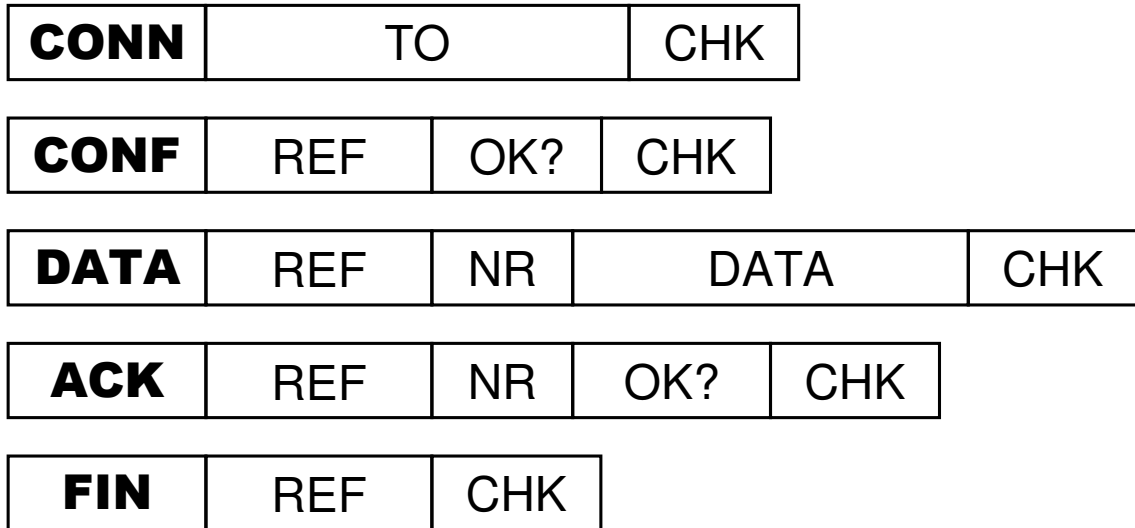
Tietoliikennepalvelujen käyttäjärajapintaan voi kuulua esim. seuraavan tapaisia funktioita (paluu-parametrit on selvyuden vuoksi merkitty tähdellä):

```
open(destination URL, destination port, connection id*, error*)
waitfor_open(connection id*, error*)
send(connection id, data, error*)
receive(connection id, data*, end*, error*)
close(connection id)
```

Tietoliikenneohjelmiston kannalta edellä mainitut sovellukseen liittyvät sanomat ovat vain välitettävää tietoa, jonka sisältöön ei kiinnitetä mitään huomiota. Tietoliikenneohjelmiston tehtävänä on vain lähettää sanomat luotettavasti toiselle osapuolelle.

Edellä esitetty sovelluksen ja tietoliikenneohjelmiston välinen rajapinta on sekä periaatteelliselta kannalta että käytännön ratkaisuissa muodostunut sangen keskeiseksi, koska käytännöllisesti katsoen jokaiselle tietokoneelle on saatavissa palvelun toteuttava aliohjelmopakkaus, joka vapauttaa tiedonsiirtoa käyttävän sovellusohjelman laatijan monista varsinaiseen sovellukseen liittymättömistä ohjelmointitehtävistä.

Esimerkkinä siitä, millaisia sanomia protokolla noudattavat osapuolet lähettävät toisilleen, tarkastellaan joukkoa (kuvitteellisia ja idealisoituja, mutta mahdollisia) sanomia, joita käyttäen tietoliikenneohjelmat voisivat kommunikoida keskenään jonkin siirtotien välityksellä.



Kuva 2.2 Tietoliikenneohjelmien toisilleen lähettämiä kehyksiä

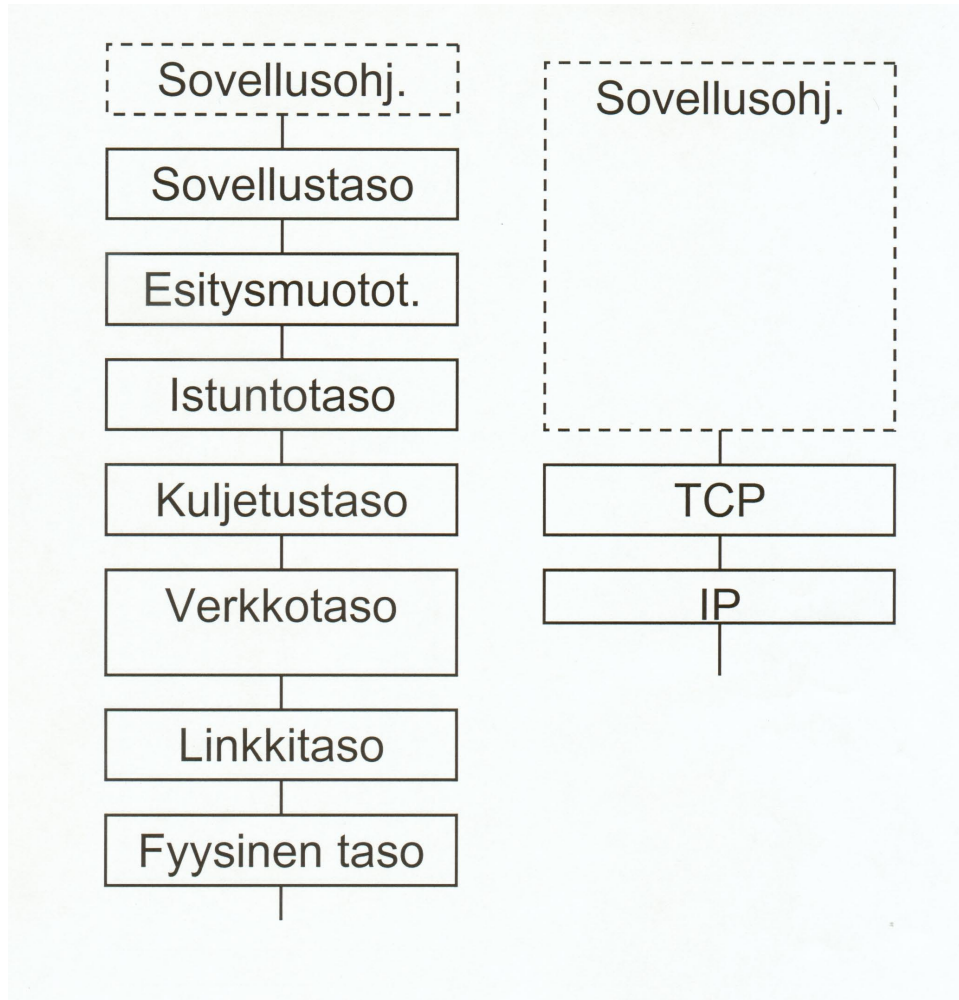
Sanoman ensimmäinen kenttä kertoo, minkä tyyppisestä sanomasta on kysymys (järjestyksessä: aloituspyyntö, vastaus siihen, tavallinen datakehys, datan kuittaus – onnistuiko – ja lopetuspyyntö). Yhteyttä muodostettaessa sille annetaan viitenumero, jota seuraavissa kehyksissä käytetään. Viimeinen kenttä puolestaan on tarkiste, jonka arvo voidaan laskea muiden kenttien perusteella. Kun laskettua arvoa ja vastaanotetussa kehyksessä olevaa tarkistetta verrataan toisiinsa, voidaan havaita, onko kehykseen tullut matkalla bittivirheitä. Kehyksen järjestysnumeroa tarvitaan mahdollisen uudelleenlähetyksipyyntöä yhteydessä.

Edellä mainittu sovellustason sanoma kulkee nyt datakehysten sisällä eikä sen sisällöllä ole tällä tasolla merkitystä.

2.4 Avoimet järjestelmät

Kuten edellä olevista esimerkeistäkin voi havaita, kaikissa protokollissa on pääpiirteissään samat elementit, olipa sitten kysymys sovellusohjelmien, tietoliikenneohjelmien tai esim. modemin toimintaa ohjaavien ohjelmien välisestä kommunikoinnista. Tarve jakaa protokollat hierarkkisesti useampaan osaan johtuu mm. erilaisten sovellusten ja myös vaihtoehtoisten verkkopalveluiden ja siirtoteiden moninaisuudesta.

Kansainvälisen standardointijärjestön (ISO) määrittelemä, yleispäteväksi tarkoitettu **avointen järjestelmien** arkkitehtuuri (OSI – Open Systems' Interconnection) jakaa tietoliikenneprotokollat seitsemään hierarkkiseen tasoon:



Kuva 2.3 OSI- ja Internet-protokollahierarkiat

Kuvan neljä ylintä tasoa (sovellusohjelma mukaan luettuna) vastaavat kuvan 2.1 sovellusohjelmaa ja alemmat tasot tietoliikenneohjelmaa.

- **Sovellustason** protokolla sisältää asiakas- ja palvelinohjelmien väliseen tiedonsiirtoon liittyvät sovellusohjelman osat (ei sen sijaan esim. kommunikointia käyttäjän kanssa tai varsinaiseen sovellukseen liittyviä ohjelman osia, jotka eivät vaadi osapuolten välistä kommunikointia).
- **Esitysmuototaso** yksinkertaistaa sovellustason protokollaa peittämällä näkyvistä erot, jotka johtuvat saman tiedon erilaisista esitystavoista eri ympäristöissä.
- **Istuntotaso** (yhteystapahtumataso) tekee mahdolliseksi jakaa laaja tiedonsiirtotehtävä useaan istuntoon ja huolehtii tiedon välitalletuksista (save) ja muulloinkin tarvittaessa. Tämä taso ohjaa myös ohjelmien välistä vuorottelua siirron aikana.
- **Kuljetuspalvelun** käyttäjärajapinta on samalla kuvan 2.1 esittämän karkeamman jaottelun mukainen tietoliikennepalvelun rajapinta ja tarjoaa siis luotettavan tietoliikenneyhteyden kahden ohjelman välille.
- **Verkkopalvelu** yhdistää toisiinsa kaksi tietokonetta jonkin tietoliikenneverkon yli. Verkko on samassa tietokoneessa toimivien ohjelmien yhteinen resurssi, jota yksittäiset ohjelmat käyttävät kuljetustason välityksellä. Verkko ei ole välttämättä luotettava.
- **Linkkitaso** yhdistää toisiinsa jonkin verkon kaksi naapurisolmua, esim. kaksi puhelinkeskusta tai käyttäjän ja lähimmän puhelinkeskuksen, ja lähettää sanomia niiden välillä.
- **Fyysisellä tasolla** siirretään yksittäisiä bittejä jonkin verkon kahden naapurisolmun välillä.

OSI ei ole mikään uusi keksintö, vaan on peräisin ajalta, jolloin tietoa siirrettiin lähinnä yritysten perinteisten suurkoneiden (mainframe) välillä. Mikrotietokoneet, lähiverkot ja Internet ovat yleistyneet vasta myöhemmin. Se ei myöskään ole ainoa tapa jakaa tietoliikenteeseen liittyvät tehtävät hallittavissa oleviin osiin ja eräitä ratkaisuja on arvosteltu paljonkin. Etenkin Internetiin liittyvien sovellusten yhteydessä käytetäänkin tavallisesti yksinkertaisempaa protokollahierarkiaa, joka on esitetty kuvassa 2.3 oikealla puolella.

Sovellusohjelma käyttää suoraan hyväkseen kuljetustason TCP-protokollaa, joka tarjoaa luotettavan tiedonsiirtopalvelun kahden ohjelman välille. Tiedonsiirto Internetiin liitettyjen tietokoneiden välillä tapahtuu verkkotason IP-protokollan ohjauksessa.

Internet-hierarkiassa sovellusohjelman tehtäväksi jää monia asioita, jotka voitaisiin tehdä myös standardoituja protokollia hyväksi käyttäen. Sovellusohjelman laatiminen olisi tällöin yksinkertaisempaa. Internet-hierarkiassa myös alemman tason toimintojen kuvaus jää puutteelliseksi, koska Internet ei ole oma, erillinen tietoliikenneverkkonsa vaan toimii muiden verkkojen päällä ja käyttää näitä hyväkseen. On siis syytä tarkastella myös OSI-arkkitehtuuria hieman lähemmin.

3. AVOINTEN JÄRJESTELMIEN YHTEYSKÄYTÄNNÖT (OSI)

OSI ei ole yksi ainoa, kaikki tietoliikennesovellukset kaikissa mahdollisissa ympäristöissä kattava standardi vaan se lähinnä vain jakaa sovelluksissa eteen tulevat lukuisat erilaiset tehtävät seitsemään hierarkiatasoon, joista kukin ratkaisee jonkin olennaisen osaongelman helpottaen näin ylempien tasojen protokollien suunnittelua.

3.1 Ylemmät tasot

Edellä yhden sovellusohjelman tilalle on tullut neljä hierarkiatasoa

- varsinainen sovellusohjelma
- sovellustason protokolla
- esitysmuototaso ja
- istuntotaso.

Käytännössä sovellusohjelma kuitenkin kirjoitetaan usein suoraan tietoliikenneohjelmiston (kuljetustason protokollan) päälle. Mitä hyötyä tarkemman jaottelun tekemisestä sitten voisi olla?

3.1.1 Sovellusohjelma ja sovellustason protokolla

Sovellusohjelman tehtävät voidaan tavallisesti jakaa ainakin seuraaviin osiin, joista kutakin varten on tavallisesti omat aliohjelmansa (funktionsa, metodinsa):

- kommunikointi ohjelman käyttäjän kanssa näytön, näppäimistön ja hiiren välityksellä
- paikallisen koneen omien tiedostojen käsittely
- kommunikointi toisen osapuolen kanssa sekä
- muut, esim. varsinaiseen sovellukseen liittyvät osatehtävät.

Sovellustason protokolla muodostuu joukosta asiakas- ja palvelinohjelmien keskinäiseen kommunikointiin käytettyjä, sovellukseen liittyviä aliohjelmiä. Edellä esimerkkinä olleen tuotetietokannan tapauksessa aliohjelmat voisivat olla esim. seuraavanlaisia

- aloitetaan toiminta (parametreina osoite, johon halutaan yhteys, käyttäjätunnus ja salasana)
- kysellään hinta- tai saatavuustietoja (tuotenumero) tai
- tehdään tilaus (tuotenumero ja määrä)

Nämä aliohjelmat muodostavat määrämuotoiset sanomat, joita sovellustason protokollat lähettävät toisilleen alemman tason protokollien välityksellä. Nämä aliohjelmat tarvitsee kirjoittaa vain kerran kullekin ohjelmointikielelle, koska aliohjelmiin liittyy vain tiedonsiirtoon liittyviä asioita, ei esim. näytön tai hiiren käsittelyyn liittyviä asioita, jotka riippuvat kulloisestakin käyttöjärjestelmästä. Tietoliikenneverkkojen kirjavuudesta johtuvat ongelmat on taas hoidettu alemmilla tasoilla.

3.1.2 Esitysmuototaso

Tämä taso peittää ylempien tasojen näkyvistä erot, jotka johtuvat siitä, että samojenkin tietojen talletustapa vaihtelee tietokoneesta ja käyttöjärjestelmästä toiseen. Usein tiedoilla on kolme erilaista esitystapaa, nimittäin

- asiakaskoneen käyttämä
- palvelinkoneen käyttämä sekä
- tiedonsiirrossa käytetty, standardoitu esitystapa.

Tason protokollat kommunikoivat keskenään ja ylläpitävät molempien osapuolien näkemää tietokantaa (esim. jotakin taulukkoa), johon tämän tason funktioita käyttäen voi lisätä tietueita (rivejä) tai hakea tietoa jonkin **avaimen** (edellä olevassa esimerkissämme vaikkapa nimen tai tuotenumeron) perusteella. Tämän tason funktiot eivät kuitenkaan tiedä mitään sovelluksesta, johon toimenpiteet liittyvät, joten samoja funktioita voidaan käyttää lukuisissa eri sovelluksissa.

Tämän tason standardeista mainittakoon ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1), joka sisältää samat asiat, kuin eri ohjelmointikielten tietotyypinmäärittelyt (integer, float, char, string...), mutta tietotyyppien esitystapa bittitasolla on standardoitu ja sitä käytetään tietojen siirtoon koneesta toiseen. Toinen tärkeä standardi on HTML (WWW-sivujen esitysmuoto). XML-standardi puolestaan keskittyy itse tietosisältöön ja pyrkii olemaan riippumaton sivujen taitosta yms. Tässä standardissa luvut muunnetaan ennen siirtoa merkkijonoiksi.

Jos annettuun tehtävään ei ole käytettävissä sopivaa standardia, on tietojen esitysmuodosta erikseen sovittava ja ohjelmien on muunnettava tiedot tähän esitysmuotoon. Monet kaupalliset sovellukset, esim. taulukkolaskenta- ja tietokantaohjelmat käyttävät omaa tiedon esitysmuotoaan, joka ei välttämättä ole edes julkinen. Tietojen jakaminen on silloin mahdollista korkeintaan toisen samaa sovellusta käyttävän koneen kanssa.

3.1.3 Istuntotaso

Pitkään työskenneltäessä tai suuria tietomääriä siirrettäessä voi olla tarpeen välillä tallettaa työskentelyn siihenastiset tulokset, jottei työskentelyä mahdollisen katastrofin satuttua tarvitsisi aloittaa uudestaan alusta.

Toinen tälle tasolle kuuluva tehtävä on kommunikoivien osapuolten välisen vuorottelun ohjaus. Vaikka siirtotie mahdollistaisikin kaksisuuntaisen samanaikaisen tiedonsiirron, monissa sovelluksissa ohjelmat (ja niiden käyttäjät) työskentelevät luonnostaan pikemminkin vuorotellen.

Tätä tasoa ei aina ole pidetty kovin tarpeellisena. Tasolle kuuluvat tehtävät on kuitenkin jollakin tavalla hoidettava, mutta varsinkaan tietojen välitalletusta ei tarvita läheskään kaikissa sovelluksissa.

3.2 Tietoliikenneohjelmisto

Myös varsinaisesti tietoliikenteestä huolehtiva ohjelmisto on OSI:ssa jaettu neljään hierarkiatasoon

- kuljetustaso
- verkkotaso
- linkkitaso (siirtoyhteystaso) ja
- fyysinen taso.

Em. hierarkiatasoista **toiseksi** ylin huolehtii yhteyden muodostamisesta ja tiedonsiirron ohjauksesta kahden tietokoneen välillä jonkin tietoliikenneverkon yli (esim. sopivien ohjaukomentojen antamisesta modemille). Tämän yläpuolella on kuitenkin vielä yksi hierarkiataso, koska

- monissa käytössä olevissa verkkotason protokollissa ei ole varauduttu korjaamaan siirron aikana sattuvia virheitä ja sitä paitsi
- periaatteessa yhdelle käyttäjälle tarkoitettussa mikrotietokoneessakin voi hyvin olla menossa useita töitä samanaikaisesti (esim. käyttäjä kirjoittaa tekstiä näyttöä ja näppäimistöä käyttäen ja samanaikaisesti tulostetaan toista työtä kirjoittimelle ja otetaan vastaan sähköpostia) ja tietoliikennelaitteet ovat käyttöjärjestelmän tiukasti valvomia käyttäjien yhteisiä resursseja

(kuten myös mm. kovalevy). Tietokoneiden välisen yhteyden lisäksi on siis vielä järjestettävä yhteys ohjelmien välille ja eri ohjelmille kuuluvat tiedot on pidettävä erossa toisistaan.

3.2.1 Kuljetustaso

Kuljetustason protokolla tarjoaa kahden tiedonsiirtoa käyttävän **prosessin** (toiminnassa olevan ohjelman) välille luotettavan, kaksisuuntaisen yhteyden. Jos sovellus vaatii luotettavaa tiedonsiirtoa eikä verkko, jonka kautta siirto tapahtuu, ole luotettava, virhetilanteet käsitellään viimeistään kuljetustasolla. Kuljetuspalvelu välittää ohjelmalta tulevat tiedot käyttöjärjestelmän valvomalle yhteiselle verkkopalvelimelle ja tältä tulevat kehykset vastaavasti oikealle vastaanottajalle. Ohjelmien yhteisten resurssien käyttäminen edellyttää kuljetuspalvelulta yhteistyötä koneen käyttöjärjestelmän kanssa.

Tavallisin kuljetustason protokolla varsinkin Internetin yhteydessä on yhteyspohjainen TCP. Tämän vaihtoehtona on datagrammipohjainen UDP. Jälkimmäinen ei sisällä virheenkorjausta ja edellyttää sen vuoksi verkkopalvelulta (ko. sovelluksen kannalta riittävää) luotettavuutta.

3.2.2 Verkkotas

Tietokoneiden välisen tiedonsiirron järjestämiseksi on käytettävissä lukuisia erilaisia verkkoja ja kiinteitä yhteyksiä, esim.

- puhelinyhteys (modemiyhteys) minuuttitaksalla tai kiinteä vuokrayhteys kuukausimaksuin
- erilaiset pakettikytkentäiset verkot (frame relay, ATM, X.25...) sekä
- lähinnä saman rakennuksen sisällä erilaiset lähiverkot tai suora kaapeli koneesta toiseen.

Verkkotason päätehtävänä on tietojen reititys verkon läpi lähettäjältä vastaanottajalle tarvittaessa yhden tai useamman välittävän solmun kautta. Valittaessa sopivaa verkkoa annettuun tehtävään on otettava huomioon ainakin

- koneiden lukumäärä verkossa ja koneiden välinen etäisyys
- erilaisten verkkopalvelujen ja vuokrayhteyksien saatavuus
- vaadittava siirtonopeus
- miten paljon siirtovirheitä sallitaan
- vaaditaanko siirrolta erityistä luottamuksellisuutta sekä
- kustannukset (valitaanko kiinteä kuukausiveloitus vai yhteysaikaan tai siirron määrään perustuva veloitus).

Internet on edellä mainittuja verkkoja hyväkseen käytävä, maailmanlaajuinen, nimenomaan tietokoneiden väliseen tiedonsiirtoon tarkoitettu verkko. Internetillä ei ole omaa infrastruktuuria vaan verkkoon kuuluvien tietokoneiden väliset sanomat, **IP-datagrammit**, kulkevat aina jonkin muun verkon välityksellä koneelta toiselle ja ne pakataan siirron ajaksi tämän toisen verkon vaatimiin kehyksiin. Alkuperäisen lähettäjän ja tiedon lopullisen määränvälillä tieto voi siis kulkea monen erilaisen verkon kautta. Verkkotas jakautuu siis sisäisesti vielä kahteen hierarkiatasoon, Internet-tasoon ja tämän alapuolella oleviin perinteisiin verkkoihin, joita voidaan kuitenkin käyttää myös suoraan, ilman että koneita on liitetty Internetiin. Verkko voi olla **yhteyspohjainen** (esim. perinteinen puhelinverkko) tai **datagrammipohjainen**, jolloin viestiin liitetään osoite ja se lähetetään matkaan muodostamatta ensin yhteyttä ja varmistumatta mitenkään viestin perillepääsystä (esim. Internet tai Ethernet-lähiverkko) ja verkon suorituskyky ja luotettavuus vaihtelevat tapauksesta toiseen.

Tavallisimpien verkkojen ominaisuuksia käsitellään lähemmin seuraavissa luvuissa.

3.2.3 Linkkitaso

Linkkitasolla välitetään kehyksiä jonkin tietoliikenneverkon kahden naapurisolmun välillä, esim. kahden puhelinkeskuksen tai kahden Internetiin liitetyn tietokoneen välillä. Mikäli siirtotie solmujen välillä on luotettava, esim. optinen kaapeli, ei välttämättä tarvita mitään erityistoimenpiteitä. Verkkotason palvelu huolehtii reitityksestä ja kehys lähetetään eteenpäin kohti seuraavaa solmua esim. label switching -tekniikkaa käyttäen (ks. kohta 5.3).

Toisinaan tiedonsiirto jonkin linkin yli on niin epäluotettavaa, että tieto on paketoitava vielä linkkitason kehykseen ja myös naapurisolmujen välisessä tiedonsiirrossa on varauduttava virhetilanteiden käsittelyyn. Virheitä tulee helposti mm. radioyhteydellä, esim. kännykän ja lähimmän tukiaseman välillä.

3.2.4 Fyysinen taso

Tällä tasolla siirretään yksittäisiä bittejä verkon kahden naapurisolmun välillä. Tason palvelu peittää näkyvistä siirtotien (kupari, radiotie tai kuitu) todelliset fyysiset ominaisuudet. Varsinaista merkinantoa tällä tasolla ei ole, joskin siirron aloittaminen on jotenkin ilmaistava ja bittien tahdistuksesta on huolehdittava.

4. INTERNET

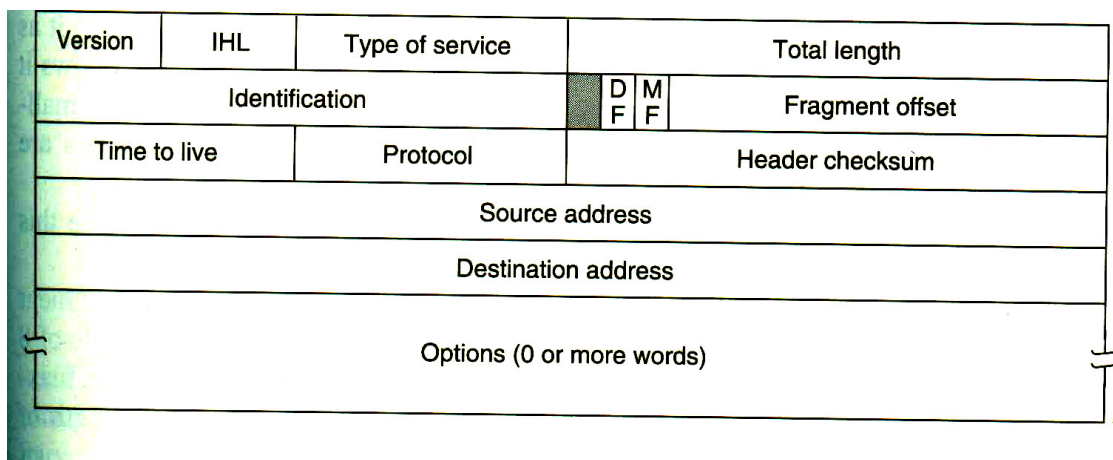
Internetin ytimen muodostavat yhtenäiseen suunnitelmaan pohjautuva osoitteisto ja joukko standardoituja yhteyskäytäntöjä, joiden välityksellä verkkoon liittyneet miljoonat tietokoneet ja niiden käyttäjät voivat olla yhteistyössä keskenään ja käyttää toistensa palveluja (enemmän tai vähemmän) hallitulla tavalla. Internet yhdistää toisiinsa lukuisia erityyppisiä yleisiä tietoliikenneverkkoja ja lähiverkkoja muodostaen näiden yläpuolelle standardoidun käyttäjärajapinnan ja peittäen eri verkkojen väliset erot käyttäjältä. Internetillä ei kuitenkaan ole varsinaisesti omaa infrastruktuuria vaan se käyttää hyväkseen olemassaolevia verkkoja. Siten mm. kaapelin (tms.) tyyppi sekä liittimien mitat ja johdinjärjestys riippuvat siitä verkosta, jonka varassa kulloinkin toimitaan. Sekä erilaiset perusverkot, että IP-palvelimien näiden yläpuolelle muodostama verkko kuuluvat OSIn verkkotasolle. Internetillä ja erityyppisillä perusverkoilla on kullakin mm. oma reititysmenettelynsä ja oma kehysrakenteensa.

Internet ei siten ole samalla tavalla keskitetysti ylläpidetty verkko, kuin esim. Helsingin puhelinverkko tai jonkin yrityksen lähiverkko, vaikka ylimpien tasojen osoitteista ja tärkeimmistä yhteyskäytännöistä päättääkin keskitetty elin, Internet Architecture Board (IAB). Internet ei myöskään ole sama asia kuin World Wide Web (WWW), joka on vain yksi verkon varaan rakennetuista lukuisista sovelluksista. Internetiä koskevista standardeista käytetään lyhennettä RFC (Request For Comments). Tähän kokoelmaan kuuluu kuitenkin myös paljon dokumentteja, jotka on luokiteltu kategoriaan ”Experimental” tai ”Informational” eli ne eivät ole virallisia standardeja. (RFC:t ovat vapaasti luettavissa mm. osoitteessa //ftp.funet.fi/rfc). Aloitamme tarkemman tutustumisen Internetin toimintaan sen tärkeimmästä yhteyskäytännöstä.

4.1 IP (Internet Protocol)

Internetiä käyttävät tietokoneet (hosts) lähettävät toisilleen IP-protokollan mukaisia datagrammeja (kuva 4.1). Kuten datagrammipohjaisissa yhteyskäytännöissä aina, palvelun käyttäjän tehtäväksi jää valvoa, että kehykset tulevat perille, ja varautua siirtovirheisiin. Datagrammit siirtyvät verkkoon kuuluvalla tietokoneelta toiselle ja lopulta vastaanottajalle jonkin verkon (puhelinlinjan, lähiverkon...) välityksellä, johon molemmat koneet kuuluvat.

4.1.1 IP-kehys



Kuva 4.1 IP-kehys

Kullakin datagrammikehyksellä on 16-bittinen tunnus (Identification). Käytettävä siirtotie saattaa asettaa rajoituksia kerrallaan lähetettävän kehyksen pituudelle. Tunnuksen perusteella saadaan matkalla mahdollisesti useampaan osaan jaettu kehys koottua jälleen yhteen vastaanottopäässä.

Kussakin osakehyksessä on tieto osan (fragment) paikasta kehyksessä ja siitä, onko osa kehyksen viimeinen (M-lippu). Osiin jakamisen voi myös kieltää (D-lippu). Elinaika-arvoa pienennetään asteittain kehyksen kiertäessä verkossa. Jos elinaika loppuu ennen kehyksen perilletuloa, kehys tuhotaan. Tämä auttaa valvomaan kehysten perillepääsyä ja estää kehyksiä kiertämästä ikuisesti verkossa. Protocol-kenttä kehyksessä ilmoittaa, minkä ohjelman on tarkoitus huolehtia kehyksen jatkokäsittelystä vastaanottopäässä (usein TCP). Vain kehyksen otsikko-osaa koskevan tarkistussumman tehtävänä on lähinnä estää kehystä eksymästä väärään osoitteeseen osoiteosassa sattuneen bittivirheen vuoksi.

IP-osoitteet ovat neljän tavun pituisia. Osoitteen alkuosa on vastaanottajan verkon tunnus (netid) ja loppuosa verkkoon liitetyn tietokoneen tunnus (hostid). Suurilla verkoilla on siis lyhyt tunnus ja pienillä, vain muutamia tietokoneita käsittävillä verkoilla pitkä. Osoitteita paperille kirjoitettaessa kukin tavu muunnetaan erikseen 10-järjestelmän luvuksi ja tavujen väliin tulee piste. Osoitteen perään, siitä vinoviivalla erotettuna, merkitään montako bittiä osoitteen alusta lukien kuuluu verkon tunnukseen, esim.

130.233.158.72 / 22

Tässä siis organisaation sisäiseen käyttöön jäisi 10 bittiä osoitteen lopusta.

Internetin jatkuvasti laajentuessa neljän tavun mittainen osoite on käynyt liian lyhyeksi ja edellä esitetyn tyyppiset kehykset (versio 4) korvautunevat vähitellen uudemmilla (versio 6). Näissä käytetään 16 tavun mittaisia osoitteita. Kehyksen otsikko-osa on yksinkertaisempi, mutta sitä on mahdollista laajentaa tarvittaessa. Mahdollisia laajennuksia ovat mm. salakirjoituksen käyttö ja lähettäjän autentikointi (henkilöllisyyden varmistaminen).

Pelkästään numeromuotoiset osoitteet eivät tietokonetta käyttävän ihmisen kannalta tietenkään ole erikoisen käteviä. Käyttäjän ei kuitenkaan tarvitse tuntea kuin koneen tekstimuotoinen tunnus (Universal Resource Locator, URL), esim.

comlab.hut.fi

Internetissä on erityisiä nimipalvelimia (Domain Name Server, DNS), joista voi kysyä tunnusta vastaavaa osoitetta tai päinvastoin. Jos ei paikallinen nimipalvelin tunne tunnusta, se pyytää apua joltakin verkon keskitetyistä nimipalvelimista, joissa on tallennettuna suuri määrä tunnuksia ja osoitteita.

4.1.2 Miten IP on toteutettu

IP-kehyksiä välittävistä palvelimista osa toimii verkon päätepisteinä ja välittää ainoastaan ko. tietokoneen tai lähiverkon käyttäjien kehykset jollekin keskuskoneelle ja sieltä tulevat kehykset käyttäjille, osa taas reitittää myös muilta palvelimilta tulevia kehyksiä verkossa eteenpäin. Koko Internet perustuu pitkälti käyttäjien välisiin välityssopimuksiin. Osa sopimuksista on tehty kaupallisten palvelun tarjoajien kanssa, osa muunlaisten yhteistyösuhteiden perusteella.

IP-palvelimelta toiselle kehykset voidaan luonnollisesti lähettää sellaisinaan esim. vuokratun puhelinlinjan välityksellä, mm. korkeakoulujen välinen Funet perustuu paljolti vuokrayhteyksiin. Internet on kuitenkin suunniteltu myös yhdistämään lukuisia erityyppisiä verkkoja toisiinsa. IP-datagrammi voi esim. kulkea ensin Ethernet-kehyksen sisällä käyttäjän mikrolta oman verkon keskuskoneelle (server, gateway), sieltä ISDN-yhteyttä käyttäen vastaanottajaorganisaation keskuskoneelle ja edelleen toisentyyppisen lähiverkon kautta vastaanottajan mikrolle.

Internet-yhteyksiin lähiverkon kautta liittyy vielä eräs pulma: saman organisaation sisällä koneita siirrellään usein huoneesta toiseen, jolloin erilaisten reititystaulujen ylläpito saattaisi muodostua varsin työlääksi. Ongelma ratkaistaan käyttämällä sanomia vastaanotettaessa ARP-protokollaa (Address Resolution Protocol). Tulevan IP-kehiksen saatuaan gateway-kone lähettää tätä protokollaa käyttäen verkkoon kyselyn, missä lähiverkon liitännässä haettu kone sillä hetkellä on.

4.1.3 IP ja käyttöjärjestelmä

Jos tietokoneessa on useita käyttäjiä – tai useita yhden käyttäjän töitä samanaikaisesti – IP-liittymä on kirjoittimen ym. oheislaitteiden tapainen käyttäjien yhteinen resurssi, joka on käyttöjärjestelmän tiukassa valvonnassa. Käyttäjän ohjelma esittää IP-liitäntää valvovalle ohjelmalle palvelupyyntöjä samaan tapaan kuin esim. tiedostoaliohjelmille halutessaan käyttää jotakin tiedostoa. Seuraavaksi esiteltävän TCP-protokollan eräs olennainen tehtävä on muodostaa linkki käyttäjän toiminnassa olevan ohjelman ja käyttöjärjestelmän IP-palvelimen välille.

4.2 TCP (Transport Control Protocol)

IP-kehiksiä käyttäen saamme kyllä tiedot siirrettyä lähettäjän koneelta vastaanottajan koneelle tarvittaessa hyvinkin kauas ja usean erityyppisen verkon välityksellä. Jos yritetään laatia tiedonsiirtoa käyttävä ohjelma (WWW-selain, sähköpostiohjelma, kaupankäyntisovellus...) suoraan IP-datagrammipalvelun varaan, kohdataan kuitenkin ongelmia:

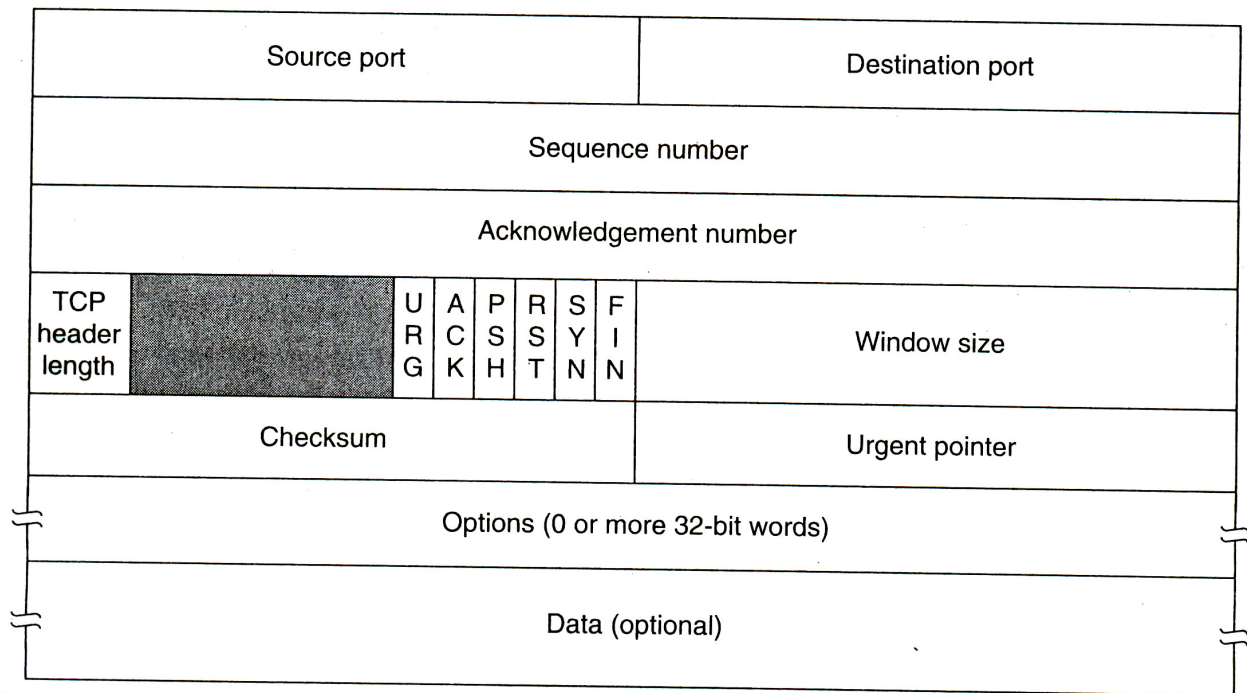
- Yhdessä tietokoneessa on usein samanaikaisesti käynnissä useita töitä, joilla ei ole paljonkaan tekemistä toistensa kanssa. Mikrotietokoneessakin käyttäjä voi olla esim. Telnet-protokollaa (tai ssh:ta) käyttäen pääteyhteydessä suurempaan tietokoneeseen ja sähköpostiohjelma voi samanaikaisesti tallettaa saapuneita viestejä levyille. Kolmas työ voi samanaikaisesti tulostaa jotakin tekstitiedostoa kirjoittimelle. Kirjoitin voi olla liitettynä samaan koneeseen ja sähköpostin lähettäjänkin samassa lähiverkossa, mutta useat työt voivat myös tarvita IP-palvelua samanaikaisesti. Koska IP-osoite on konekohtainen, tulisi samaa IP-yhteyttä käyttävät työt voida pitää erossa toisistaan ja mieluiten siten, ettei eri ohjelmien tai saman ohjelman eri käyttäjien tarvitse edes tietää toisistaan.
- IP-protokolla on datagrammipohjainen eikä siinä ole varauduttu siirtovirheisiin. Tarvittavien tarkistus- ja uudelleenlähetysrutiinien ohjelmointi erikseen kutakin palvelua käyttävää sovellusta varten ei kuitenkaan ole mielekästä, koska rutiinit ovat aina hyvin samantapaisia.

Edellä mainittuja tehtäviä hoitamaan on kehitetty kuljetustason yhteispohjainen TCP-protokolla, joka mahdollistaa luotettavan tiedonsiirron kahdessa (samassa tai) eri tietokoneessa toimivan ohjelman välillä. Kun IP-liitäntä ja sitä valvova ohjelma ovat tietokonekohtaisia ja ainakin usean käyttäjän koneessa käytettävissä vain käyttöjärjestelmän välityksellä samaan tapaan, kuin yhteiset IO-laitteet ja levy, on TCP-ohjelmisto paremminkin tavallisen aliohjelmopakkausten asemassa ja yhdelläkin ohjelmalla voi olla samanaikaisesti avoinna useita TCP-yhteyksiä. Tutustumme TCP-protokollaan hieman muita protokollia yksityiskohtaisemmin saadaksemme jonkinlaisen yleiskäsityksen siitä, mitä tietoliikenneprotokollat oikein pitävät sisällään.

4.2.1 TCP-kehys

Eri koneiden ja käyttäjien TCP-ohjelmat (protokollat) lähettävät toisilleen IP-palvelun välityksellä ja IP-kehiksen datakenttää hyväksi käyttäen TCP-kehiksiä (kuva 4.2).

Toisin kuin yhteispohjaisissa protokollissa yleensä, ei TCP-kehiksissä ole varsinaista kehiksen tyyppin (Open, Close, Send, Acknowledge...) ilmaisevaa kenttää. Sensijaan kehikseen kuuluu joukko koodibittejä, jotka kertovat mitä halutaan tehdä.



4.2 TCP-kehys

Portin numero kehyksen alussa ilmoittaa sovelluksen, jota halutaan käyttää. URL:ssa tämä voi näkyä myös osoitteen alkuosasta, esim. osoite

`www.comlab.hut.fi`

kuuluu WWW-palvelimelle (portti 80).

Porttinumerot 0-1023 on varattu standardisovelluksille, loput numerot ovat käytettävissä omille ohjelmille. Ohjelmista ja porttinumeroista on tällöin erikseen sovittava toisen osapuolen kanssa.

TCP-kehyksessä olevat järjestysnumerokentät viittaavat siirrettyjen tavujen määrään, eivät kehyks-numeroihin tms., kuten monissa muissa protokollissa. Alettaessa siirtää uutta kokonaisuutta laskenta voidaan nollata RST-lippua käyttäen. Kehyksen datakentässä on siirrettävää tietoa ja järjestysnumero (Sequence Number) ilmoittaa, mihin kohtaan siirrettävää kokonaisuutta tavut kuuluvat. URG-lippu ilmoittaa, että Urgent Pointer on käytössä ja osoittaa, mikä osa siirrettävästä tiedosta on kiireellistä. ACK-lippu ilmoittaa, että samalla kuitataan vastaanotettuja tietoja ja Acknowledgement Number -kentässä oleva luku ilmoittaa, mitä tavua seuraavaksi odotetaan ja kuittaa tätä edeltävät tavut vastaanotetuiksi. Window-kenttää käyttäen kehyksen lähettäjä ilmoittaa vastaanottopuskurinsa koon. Tätä enempää ei siis saa lähettää kerrallaan. TCP-kehyksessä voidaan siten lähettää vain uutta tietoa, vain kuittauksia tai molempia samalla kertaa. Tarkistussumma koskee koko lähetettävää kehystä, ei vain otsikkoa, kuten IP-kehyksissä. Läheskään kaikkiin TCPn realisaatioihin ei ole kuitenkaan sisällytetty urgent- eikä push-toiminteita.

4.2.2 TCPn käyttäjärajapinta

Jo edellä totesimme, että TCP on tiedonsiirtoa käyttävän sovelluksen kannalta lähinnä aliohjelmopakkaus. Palvelupyynnöt voivat käytännössä olla edellä kohdassa 2.3 esitetyn tapaisia aliohjelmakutsuja. Toiminta on hyvin samantapaista, kuin tavallisten tiedostojen käsittely.

4.2.3 TCP-protokolla

Protokollaksi sanan kapeammassa merkityksessä kutsutaan niitä sääntöjä, joita TCP-palveluohjelmat noudattavat kommunikoidessaan toistensa kanssa IP-palveluohjelman välityksellä ja myös TCP-palveluohjelman käyttäjien kanssa. Toimintaa havainnollistamaan voidaan hyvin käyttää mm. digitaalitekniikasta tuttua tilakone-esitystä.

4.3 User Datagram Protocol (UDP)

Toisinaan on tarkoituksenmukaisempaa käyttää TCP:n tilalla datagrammipohjaista protokollaa. Näin on syytä tehdä, jos

- tiedonsiirtoyhteydet ovat hyvin luotettavia (usein paikallisverkoissa)
- tarvittavat tarkistukset on hoidettu jo alemmalla tasolla
- virheiden seuraukset jäävät vähäisiksi tai
- nopea toiminta on selvästi tärkeämpää kuin virheettömyys.

UDP-protokolla yhdistää kaksi (samassa tai) eri tietokoneessa toimivaa ohjelmaa toisiinsa, kuten TCP:kin, mutta tarkistuksia ja uudelleenlähetystyksiä ei suoriteta. Tarkistussumman perusteella vastaanottaja voi kuitenkin todeta, onko virheitä tapahtunut vai ei. Tarkistussumman käyttö ei ole pakollista.

4.4 Pragmatiikkaa – miten saan koneeni liitettyksi Internetiin?

Internet koostuu suuresta joukosta vaihtelevalla tekniikalla toteutettuja käyttäjien IP-palvelimien välisiä yhteyksiä, joiden käyttö perustuu käyttäjien keskenään tekemiin välityssopimuksiin. Ellei sopivaa yhteistyökumppania muuten löydy, on turvauduttava kaupallisiin Internet-palvelun tarjoajiin (Internet Service Providers, ISP). Varsinaisen sanomavälityksen lisäksi tarvitaan myös mahdollisuus jonkin nimipalvelimen käyttöön.

Käyttäjän on myös saatava itselleen oma IP-osoite. Modemilinjan tms. välityksellä palvelukeskuksen konetta käyttävien osalta tämä ei tosin ole välttämätöntä. Osoitteen antaa viime kädessä Viestintävirasto. Yksityishenkilön ei kuitenkaan (ainakaan toistaiseksi) ole mahdollista asioida suoraan Viestintäviraston kanssa, pienenkin yrityksen sensijaan kyllä.

Sopimuksen lisäksi tarvitaan myös jonkinlainen tiedonsiirtoyhteys yhteistyökumppaniin. Vähän käyttävälle halvimmaksiksi tulee tavallinen puhelinyhteys modemia käyttäen, paljon käyttävälle kiinteä vuokrayhteys ja kuukausimaksu.

Ohjelmistopuolella tarvitaan ainakin TCP ja IP. IP-ohjelman on osattava ohjata valittua tietoliikenneyhteyttä, esim. modemia tai (yritysympäristössä) lähiverkkoa. Lisäksi tarvitaan WWW-selain, sähköpostiohjelma, pääteohjelma ym. sen mukaan, mihin yhteyttä aiotaan käyttää.

Mikäli on ostamassa konetta, kannattaa samalla kysellä em. ohjelmista. Shareware- ja ilmaisohjelmia on toki olemassa, mutta näiden asennus ja konfigurointi juuri omaan koneeseen ja käyttöympäristöön sopiviksi saattaa olla työlästä ja vaatia jonkin verran osaamista.

5. YLEISET TIETOLIIKENNEVERKOT

Tietoliikennepalvelun käyttäjät kommunikoivat toistensa kanssa verkon välityksellä. Verkko-palvelun tehtävänä on kuljettaa tiedot verkon läpi lähettäjältä vastaanottajalle mahdollisimman luotettavasti ja virheettömästi. Olennaisimpia tehtäviä ovat siten reititys ja varautuminen erilaisiin virhetilanteisiin siinä laajuudessa, kuin palvelun käyttötarkoitus vaatii. (Vertaa keskenään esim. videokuvan ja pankkitilitietojen siirron asettamia vaatimuksia toisaalta nopeuden ja toisaalta virheettömyyden kannalta).

Erityyppiset tietoliikenneverkot voidaan jakaa yleisiin verkkoihin ja lähiverkkoihin. Yleisillä verkoilla tarkoitetaan julkisia, kenen tahansa käyttöön tarkoitettuja verkkoja, kuten yleinen puhelinverkko (engl. Wide Area Networks, WAN). Lähiverkot (Local Area Networks, LAN) ovat jonkin yrityksen tms. sisäiseen käyttöön tarkoitettuja, useimmiten yhteen rakennukseen rajoittuvia verkkoja. Paitsi käyttötarkoitukseltaan, nämä verkkotyypit eroavat tavallisesti toisistaan myös tekniseltä toteutukseltaan.

Lähiverkkojen ja yleisten verkkojen väliin sijoittuvat alueelliset verkot (Metropolitan Area Networks, MAN), jotka voivat kattaa esim. Otaniemen tapaisen suuren kampusalueen. Omalta osaltaan selkeää jaottelua hämärtävät myös virtuaaliset lähiverkot, jotka on muodostettu yhdistämällä esim. usealla paikkakunnalla toimivan yrityksen lähiverkot yleisen verkon tuella käyttäjän kannalta yhtenäiseltä näyttäväksi kokonaisuudeksi. Aloitamme verkkojen läpikäynnin tarkastele-malla tavallisimpia yleisiä televerkkoja.

5.1 Puhelinverkko

Puhelinverkko on laajimmalle levinnyt kansainvälinen tietoliikenneverkko ja puhelinnumeroiden jako pohjautuu viime kädessä maailmanlaajuiseen suunnitelmaan (ITU-T:n suositus E.163). Vaikka automaattivalintaa käyttäen onkin mahdollista soittaa toiselle puolelle maailmaa tämä ei kuitenkaan tarkoita, että verkko olisi kaikkialla toteutettu teknisesti samalla tavalla. Jo yhden ja saman tele-operaattorin (teletoimintaa harjoittavan yrityksen tai julkisen laitoksen) verkon sisällä voi olla eri tyyppisiä ja eri ikäisiä laitteita. Kansainvälisillä yhteyksillä yhteensovitustarpeita on vielä enemmän. Tärkeimmät palvelutasovaatimukset on kuitenkin standardoitu, mm. yhteyden kullakin osalla sallittu vaimennus ja välitettävä äänitaajuusalue, 300-3400 Hz. Kapea taajuusalue pohjautuu paljolti aikaisemman, ainakin Suomessa jo käytöstä poistetun tekniikan asettamiin rajoituksiin. Seuraavassa tutustumme lyhyesti puhelinverkon tekniseen toteutukseen. Monet käsittelemistämme asioista toistuvat kuitenkin – mahdollisesti hieman toisistaan poikkeavissa muodoissa – myös muita tietoliikenneverkkoja käsiteltäessä.

Puhelinverkon kautta kulkee itse asiassa kahdenlaista tietoa: varsinaista välitettävää puhetta tms. ja sanomia, jotka ohjaavat puhelujen muodostamista ja purkamista, välittävät erilaisia palvelupyyntöjä tai palvelevat verkon ylläpitoa. Jälkimmäisen ryhmän sanomien ja menettelytapojen kokonaisuutta kutsutaan puhelintekniikassa perinteisesti **merkinannoksi**. Datasiirron yhteydessä samantapaisia menettelytapasopimuksia nimitetään **tietoliikenneprotokolliksi** tai **yhteyskäytännöiksi**. Mikäli merkinantoviestit käyttävät samaa siirtokanavaa, kuin välitettävä puhe (esim. erilaisina ääni-merkkeinä), puhutaan **kanavamerkinannosta**. **Yhteiskanavamerkinannossa** jokin kanava on varattu kokonaan useamman puhekanavan yhteisiin merkinantotarpeisiin.

Puhelinverkko jaetaan keskusten väliseen **runkoverkkoon** ja **pääsyverkkoon** (engl. access network), jonka välityksellä tilaaja liitetään lähimpään keskukseseen.

Runkoverkossa hoidetaan **multipleksointia** käyttäen useita yhteyksiä saman johdinparin tai radiokanavan välityksellä. Multipleksointia ja yhteiskanavamerkintää käytetään myös pääsivverkossa mm. yritysten puhelinvaihteita keskukseseen liitettäessä. Käsittelemme lyhyesti tavallisia multipleksointimenetelmiä.

- Aikaisemmin paljon käytetyssä **taajuusjakoisessa multipleksoinnissa** (Frequency Division Multiplexing, FDM) kullekin yhteydelle on oma taajuusalueensa. Tämä eroaa varsinaisesta taajuusmodulaatiosta sikäli, ettei kantoaaltoa välttämättä ole vaan kanavat alkavat alkuperäisestä puhetaajuudesta (kantataajuudesta) ja ensimmäiset kanavat ovat siten äänitaajuusalueella.
- Digitaalitekniikkaan perustuvassa **aikajakoisessa multipleksoinnissa** (Time Division Multiplexing, TDM) eri suunnilta tulevat signaalit (tavut) limitetään vuorotellen samalle yhteydelle, jolla voi lisäksi olla tahdistusbittejä.
- Optisiin kuituihin perustuvassa tiedonsiirrossa puhutaan aallonpituusmultipleksoinnista (Wavelength Division Multiplexing, WDM). Tämä tarkoittaa itse asiassa samaa, kuin taajuusjakoinen multipleksointi, mutta käytettävä taajuusalue (kantoaaltotaajuus) on satoja THz, ts. infrapunaisen tai näkyvän valon alueella.
- Tilajakoisella multipleksoinnilla tarkoitetaan yksinkertaisesti sitä, että kullakin signaalilla on oma johtimensa. Tätä termiä käytetään kuitenkin lähinnä puhuttaessa keskustusten sisäisistä kytkennöistä.

Pääsivverkon perusosa on **tilaajasilmukka**, tilaajan lähimpään keskukseseen yhdistävä johdinpari. Samaa johdinparia voidaan käyttää kumpaankin suuntaan kulkevien signaalien välitykseen, kunhan tulevasta signaalista poistetaan silmukan toisesta päästä heijastunut oma signaali, joka luonnollisesti tunnetaan. Tätä käytännössä melko hankalaa operaatiota nimitetään kaiunpoistoksi (echo canceling).

Tilaajasilmukassa kulkeva virta voi olla 20 mA ja vaimennus 35 dB (nämä luvut ovat suuntaa antavia). Silmukan pituus on tyypillisesti 3 km tai vähemmän, pisimmät silmukat Helsingin seudulla ovat n. 5 km. Merkinantoon tilaajan ja keskuksen välillä käytetään kahdesta erikorkuisesta äänestä muodostuvia signaaleja (Dual Tone Multiplexed Frequency, DTMF).

5.1.1 Digitaalinen puhelinyhteys

Suomen puhelinverkko on kokonaan digitalisoitu. Analoginen puhesignaali muunnetaan ennen siirtoa digitaaliseksi (biteiksi) ottamalla siitä näyte 8000 kertaa sekunnissa. Näytteen arvo muunnetaan sitten 8-bittiseksi luvuksi. Muunnosta ei kuitenkaan tehdä lineaarisesti, vaan siten, että tarkkuus on suurempi nolaa lähellä olevilla näytearvoilla. Kaavaa, jota käyttäen muunnos suoritetaan, nimitetään A-laiksi. Mainittakoon, että Pohjois-Amerikassa käytetään tästä hieman poikkeavaa μ -lakia.

5.1.2 Modemi

Ensimmäisten tietokoneiden tultua käyttöön ei kestänyt kovinkaan kauan, ennen kuin syntyi ajatus käyttää puhelinverkkoa kahden tietokoneen väliseen, digitaaliseen tiedonsiirtoon. Tähän käytetään sopivasti moduloitua **äänitaajuista** kantoaaltoa. Tietokoneen ja puhelinverkon välissä on sovitin, modulaattori-demodulaattori eli lyhyemmin **modemi**, jonka tehtävänä on muuntaa tietokoneen käyttämät kaksitasoiset sähköiset signaalit puhelinverkon käyttämiksi äänitaajuisiksi signaaleiksi ja päinvastoin. Moduloinnin käyttäminen on tarpeen, koska puhelinyhteydellä siirrettävän signaalin tasavirtakomponentti häviää matkalla.

Aikaisemmin modemeissa käytettiin yleensä kaksitaajuisia signaaleja (Frequency Shift Keying, FSK), uudemmissa modemeissa käytetään vaihemodulaatiota (Phase Shift Keying, PSK) tai QAM:ia (Quadrature Amplitude Modulation), jossa esiintyy sekä amplitudin että vaiheen muutoksia. Modemin ja tietokoneen välisessä liitännässä käytetään digitaalisia signaaleja. Liitäntä voi olla joko **symmetrinen** (kaksi johdinta kutakin signaalia kohti) tai **asymmetrinen** (signaaleilla yhteinen maajohdin). Näistä symmetrinen liitäntä mahdollistaa selvästi suuremmat siirtonopeudet kuin asymmetrinen. ITU-T:n suosituksessa V.24 on lueteltu joukko eri tilanteissa mahdollisesti tarpeellisia tietokoneen ja modemin välisiä signaaleja. Nämä signaalit voidaan karkeasti jakaa varsinaisiin siirrettäviin datasiignaaleihin, ohjaussignaaleihin ja ajoitussignaaleihin sekä toisaalta meneviin ja tuleviin signaaleihin. Yksityiskohtaisemmissa modemikohtaisissa standardeissa on määritelty tarkemmin, mitkä suosituksessa V.24 mainituista signaaleista ovat kussakin sovelluksessa käytössä. Liittimien mitat ja johdinjärjestys sekä nolaa ja ykköstä vastaavat jännitteet on nekin määritelty omissa, erillisissä standardeissaan. Varsinainen datan siirto modemin kautta vastaanottajalle voi tapahtua joko **asynkronisesti** tai **synkronisesti**.

Asynkroninen, merkkipohjainen tiedonsiirto on peräisin lennätinlaitteista ja ensimmäiset paperille kirjoittavat sähkömekaaniset tietokonepäätteet oli ”lainattu” nimenomaan lennätinverkosta. Tätä liikennöintitapaa käytettäessä linja on merkkien välillä ykköstilassa (lepotilassa eli lennätinterminologiaa käyttäen Z-tilassa). Kunkin 7- tai 8-bittisen merkin edellä on alkumerkkinä nollabitti (työtila eli A-tila) ja sen jälkeen loppumerkkinä ykkösbitti. Asynkronisuus tarkoittaa sitä, että merkkien välillä linja voi olla mielivaltaisen ajan lepotilassa, tämän ajan ei tarvitse olla edes kokonainen bitin kestoajan monikerta.

Synkronisessa tiedonsiirrossa merkkejä lähetetään jatkuvasti. Jos ei ole muuta lähetettävää, lähetetään sovittua täytemerkkiä (idle), jota käytetään myös tahdistusmerkkinä lähetyksen alussa. Erillisiä aloitus- ja lopetusbittejä ei siten tarvita.

Merkkikoodina käytettiin alun perin 7-bittistä ns. ASCII-koodia (American Standard Code for Information Interchange), jonka 128 merkkiin sisältyi 95 kirjoittuvaa merkkiä ja 33 alun perin lennätintekniikan tarpeita silmällä pitäen valittua ohjausmerkkiä. Tästä merkistöstä puuttuivat mm. ”ääkköset” (kirjaimet å, ä ja ö) ja monet muutkin eurooppalaisten kielten vaatimat kirjaimet (á, ô, ç, þ, ñ...). Vähitellen tästä on siirrytty 8-bittiseen ISO Latin 1 –merkistöön (ISO 8859-1), johon on lisätty em. kirjaimia Länsi-Eurooppalaisten kielten tarpeisiin. (Lisäksi on tarjolla lukuisa joukko eri tietokonevalmistajien omia 8-bittisiä merkistöjä, joiden tehtailussa on ”kunnostautunut” etenkin IBM). Muista merkistöistä mainittakoon Unicode, joka sisältää noin 100.000 merkkiä, mm. useita tuhansia Kiinan ja Japanin kielissä tarpeellisia kirjoitusmerkkejä. Eräs tapa koodata Unicode-merkkejä on UTF-8, jossa merkin pituus on 1-4 tavua, mutta koodaus on siten suunniteltu, että kunkin merkin alkukohta erottuu selvästi. 7-bittiset ASCII-merkit sisältyvät tähän koodiin sellaisinaan.

5.2 ISDN-verkko

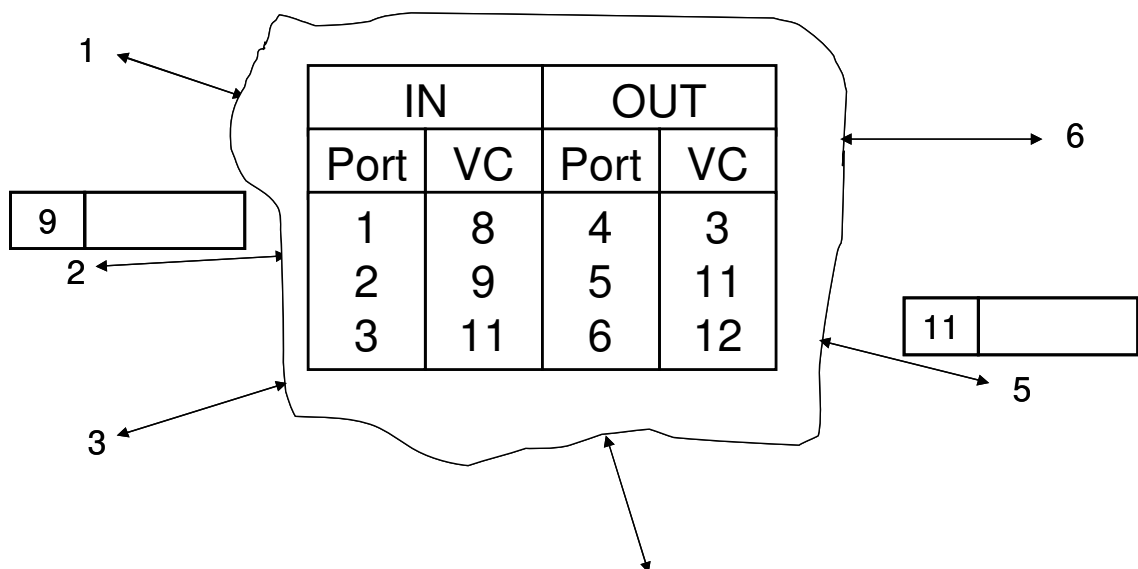
ISDN-verkko (Integrated Services Digital Network) tarjoaa tavallista puhelinverkkoa hieman nopeamman siirtotien. Käyttäjällä on käytettävissään tiedonsiirtoon kaksi tavallista digitaalista 64 kbps puhelinlinjaa ja yksi hitaampi 16 kbps pakettikytkentäinen linja, joka on varattu merkinantoa varten. Järjestelystä käytetään lyhennettä 2B+D. Kyseessä voi olla kiinteä vuokrayhteys tai valintainen yhteys, jonka muodostamista ja purkamista ohjataan em. pakettikytkentäistä merkinantokanavaa käyttäen. Molemmat puhelinlinjat voidaan myös tarvittaessa yhdistää yhdeksi 128 kbps linjaksi. Näin saadaan aikaiseksi nopea ja niin haluttaessa aikaveloitteinen yhteys. Vieläkin suurempaa nopeutta kaivattaessa on ainakin toistaiseksi turvaututtava kiinteisiin vuokrayhteyksiin.

ISDNn puitteissa on tarjolla myös nopeampi liittymä (30B+D) ja useampia erilaisia käyttäjärajapintoja. Puhutaan R-, S-, T- ja U-rajapinnoista. S-rajapintaa käyttäen liittymään voidaan liittää kahdeksan päätelaitetta, joista kaksi voi olla samanaikaisesti käytössä. Kahden puhelinlinjan ja merkinantoyhteyden vaatimat bitit on limitetty paketeiksi, jotka siirtyvät S-väylän välityksellä verkosta päätelaitteille ja päätelaitteilta verkkoon 144 kbps nopeudella. Jotta tällainen siirtonopeus tilaajan ja keskuksen välillä olisi mahdollinen tavallista puhelinverkon tilaajasilmukkaa käyttäen, käytetään U-rajapinnassa mutkikkaampaa johtokoodausta (mm. kolmea jännitetasoa). S- ja U-rajapintojen väliin sijoittuva T-rajapinta mahdollistaa mm. sujuvat videoyhteydet 384 kbps nopeudella (vastaa kuutta tavallista puhelinlinjaa). Tällöin tarvitaan kuitenkin nopeampi liittymä ja toisenlainen verkkopääte. R-rajapinta puolestaan ei ole yksi, aina samanlainen standardoitu rajapinta vaan tarkoittaa, että ISDN-liittymään on erilaisia sovittimia käyttäen mahdollista liittää laitteita, joiden käyttäjärajapinta poikkeaa S-rajapinnasta. Tällainen laite on esim. tavallinen puhelin.

5.3 Frame Relay ja ATM

Pysyvän, aina päällä olevan ja kalliin vuokrayhteyden sijasta on mahdollista muodostaa virtuaalinen, pakettikytkentäinen yhteys. Virtuaalisuus tarkoittaa sitä, että tilaajalle luodaan näennäisesti yksi tai useampi kanava, joita käyttäen tilaaja voi lähettää paketteja eri suuntiin. Lähettäessään paketin tilaaja liittää siihen kanavan numeron, jonka perusteella paketti toimitetaan vastaanottajalle. Eri käyttäjien paketit käyttävät keskusten välillä hyväkseen samoja siirtoteitä, joten tilaajaa laskutetaan vain todella siirretyn tietomäärän (ja siirtotien pituuden) mukaan.

Tällaisen ratkaisun toteuttamiseksi on tarjolla useampikin hieman toisistaan poikkeava tekniikka. Näistä useille on yhteistä kanavanumeroiden käsittelyssä käytetty tekniikka, **label switching**. Sama kanavanumero on käytössä vain tilaajalta lähimpään keskukseseen tai kahden naapurikeskuksen välisellä johdolla. Keskus ylläpitää taulukkoa kanavista ja päättää tulevan johdon numeron ja kehyksessä olevan kanavan numeron perusteella mitä johtoa pitkin kehys lähetetään eteenpäin ja mitä kanavan numeroa lähtevällä johdolla käytetään. Kehyksen otsikko (label), joka sisältää lähinnä vain kanavan numeron, vaihdetaan siis toiseksi. Yhteyden muodostus ja taulukkojen päivitys tapahtuu joko tilauksesta huollon toimenpitein tai lähettämällä keskukseseen sanoma erityistä, merkinantoon varattua kanavan numeroa käyttäen.



Kuva 5.1 Label switching -tekniikkaa käyttävä reititin

Label switching -tekniikka perustuu nykyaikaisen siirtotekniikan korkeaan luotettavuuteen ja niinpä keskus ei yleensä suorita kehykselle mitään virhetarkistuksia vaan vaihtaa vain otsikon.

Virhetarkistukset ja mahdollinen uudelleenlähetyksen pyytäminen jäävät siten kehyksen lopullisen vastaanottajan huoleksi ja tapahtuvat siis verkkotason yhteyden päätepisteissä.

Frame Relay -tekniikassa käytetään suhteellisen alhaisia siirtonopeuksia ja samantapaisia kehyksiä, kuin lähiverkoissa. Tekniikka onkin kehitetty lähinnä lähiverkkojen yhdistämistä varten.

ATM-tekniikassa käytetään kuitukaapeliyhteyksiä ja hyvin suuria siirtonopeuksia, esim. 155 Mbps. Tieto on pilkottu lyhyisiin, 53 tavun mittaisiin kehyksiin. Kehyksen otsikko-osa on viiden tavun pituinen ja siinä on mm. virtuaalisen polun numero.

Verkon ylläpitäjän kannalta on kätevää, että verkossa kulkee vain yhden tyyppisiä, lyhyitä kehyksiä riippumatta siitä, mitä siirrettävä tieto on. Monen sovelluksen kannalta pitkät kehykset ovat kuitenkin parempia ja niinpä varsinaisen ATM:n päälle onkin määritelty palvelukerros, ATM Application Layer (AAL), jossa käytetään pitempiä kehyksiä. Tietokoneiden välisen tiedonsiirron kannalta kiinnostavin kehystyyppi on AAL 5, jonka datakentässä voidaan lähettää jopa 65535 tavun mittaisia ylemmän tason kehyksiä. Muita kehystyyppisiä käytetään mm. audio- ja videosaalien siirtoon.

Tilaajan, joka on kiinnostunut virtuaalisesta pakettikytkentäisestä yhteydestä, ei välttämättä tarvitse tietää, millä tekniikalla yhteys on toteutettu.

5.4 ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop) mahdollistaa hyvin nopeat tiedonsiirtoyhteydet tilaajan ja keskuksen välityksellä tavallisen puhelinlinjan välityksellä. Tekniikan käyttö edellyttää hyvälaatuaista kaapelointia ja kohtalaisen lyhyttä etäisyyttä tilaajaliittymän ja keskuksen välillä. Tiedonsiirtoon käytetään taajuusjakomultipleksointia ja siirtoon käytetään useita kanavia samanaikaisesti 4 kHz ja 1 MHz taajuuksien välillä. Tiedonsiirtoon kullakin kanavalla käytetään QAM-modulaatiota. Alle 4 kHz taajuudet ovat edelleen käytettävissä normaaleihin puheluihin.

Asymmetrisyys tarkoittaa, että tiedonsiirto verkosta tilaajalle päin on usein huomattavasti nopeampaa kuin toiseen suuntaan. Tämä vastaa hyvin käytännön tarpeita esim. WWW-sivuja katseltaessa. Verkosta käyttäjälle päin on saatavissa jopa 4 Mbps yhteys ja toiseen suuntaankin 1 Mbps. Useimmiten varsinkin yksityisliittymissä tyydytään kuitenkin hitaampaan ja halvempaan vaihtoehtoon, alkaen 256 kbps nopeudesta molempiin suuntiin.

ADSL ei ole varsinaisesti tietoliikenneverkko, vaan kysymys on vuokrayhteydestä tilaajalta lähimpään keskukseseen. Tiedonsiirrosta keskukselta eteenpäin, esim. Internet-liittymästä, on maksettava erikseen. Tilaaja on myös enemmän tai vähemmän sidoksissa ADSL-liittymän tarjonnan yrityksen palveluihin, koska yhteyden toinen pää on ko. operaattorin keskuksessa.

5.5 Kaapelimodemi

Kaapelimodemi on luonteeltaan samantapainen kiinteä vuokrayhteys, kuin ADSL liittymä. Yhteyden toinen pää on nyt kaapeli-tv-yhtiön tiloissa ja yhtiö tarjoaa (usein pakettihintaan) Internet-liittymän tms. jatkoyhteydet. Tiedonsiirto tapahtuu varsinaisesti tv-ohjelman siirtoa varten tarkoitetun kaapelin välityksellä yhtä tai useampaa tarkoitukseen varattua tv-kanavaa käyttäen. Käytettävissä oleva kaistaleveys on siten (Suomessa) 5,5 MHz kanavaa kohti, mutta tästä kapasiteetista kilpailemassa voi olla huomattava joukko samanaikaisia kaapelimodemin käyttäjiä ja todellinen käytettävissä oleva siirtonopeus voi riippua paljonkin mm. vuorokaudenajasta. Yhteyksiin tilaajalta verkkoon päin käytetään usein samaa tv-kaapeliyhteyttä, jonka on siis tällöin kyettävä kaksisuuntaiseen toimintaan (näin mm. Helsingin HTV), mutta tähän voidaan käyttää myös puhelinverkkoa.

5.6 Point-to-point -protokolla (PPP)

IP-kehukseen ei kuulu lähetyksen tahdistuksen ja synkronoinnin vaatimia alku- ja loppumerkkejä, joten kehys vaatii ympärilleen vielä linkkitason kehyksen, ennen kuin se voidaan lähettää siirtotielle. Usein tämä on seuraavassa luvussa esiteltävä Ethernet-kehys, mutta jos on kyse kahden pisteen välisestä suorasta tiedonsiirrosta, kuten ADSL- ja kaapelimodemiyhteyksillä, ei osoitetietoja tarvita. Tällöin voidaan käyttää Ethernet-kehyksestä hieman yksinkertaistettua PPP-kehystä.



Kuva 5.2 PPP-kehys

IP-kehys sijoitetaan siis tämän kehyksen DATA-kenttään. Kehyksen alku- ja lopputavu (FLAG) on ”01111110”. Myös ADDR- ja CTRL-kenttien sisältö on aina sama ja nämä kentät ovat mukana historiallisista syistä. TYPE-kenttä ilmoittaa, mikä protokolla huolehtii kehyksen jatkokäsittelystä – usein IP – ja CRC on tarkiste.

6. LÄHIVERKOT JA ALUEVERKOT

Lähiverkot (Local Area Networks, LAN) yhdistävät toisiinsa samassa rakennuksessa tai rakennusryhmässä olevia tietokoneita. Siirtotienä on tavallisimmin parikaapeli tai koaksiaalikaapeli. Suurta siirtonopeutta tai -kapasiteettia tarvittaessa voidaan siirtotienä käyttää valokaapelia. Lyhyiden etäisyyksien ja useimmiten tavallista puhelinverkkoa parempilaatuisen kaapeloinnin ansiosta lähiverkoissa voidaan käyttää huomattavasti suurempia siirtonopeuksia kuin yleisissä tietoliikenneverkoissa. Myös siirron virhetodennäköisyys on huomattavasti yleisiä verkkoja pienempi. Rakenteeltaan verkko voi olla keskitetty tähtimäinen (hierarkkinen puu), väylätyyppinen tai rengastyyppinen.

Myös langattomat lähiverkot ovat yleistymässä. Näitä käyttäen ei yllätä langallisten verkkojen siirtonopeuksiin eikä virheettömyyteen, mutta nopeus voi lyhyillä etäisyyksillä (kymmeniä metrejä) olla huomattavasti suurempi kuin matkapuhelinverkossa tavallinen 9600 bps tai 14400 bps.

Alueverkoilla (Metropolitan Area Networks, MAN) tarkoitetaan edellä mainittua laajempaa aluetta, esim. laajaa tehdasaluetta tai Otaniemen tapaista kampusta palvelevaa verkkoa. Lähiverkkojen tapaan nämäkin verkot ovat tavallisesti käyttäjiensä hallinnassa. Nykyisin myös tekniset ratkaisut ovat samanlaisia kuin lähiverkoissa, joten puhumme näistä verkoista lähiverkkojen yhteydessä.

Alan nopean kehityksen vuoksi lähiverkkoja koskeva **terminologia** on vielä jossakin määrin vakiintumatonta. Erityisen kiusallista on, että eräillä termeillä on lähiverkkojen yhteydessä eri merkitys kuin perinteisten puhelinverkkojen ja muiden WAN-verkkojen yhteydessä. Tällaiset termit on tässä luvussa (ensimmäistä kertaa esiintyessään) merkitty **tähdellä**.

6.1 Klassinen Ethernet-verkko (CSMA/CD)

Eräs varhaisimmista ratkaisuista oli DECin, Intelin ja Xeroxin kehittämä koaksiaalikaapeli-pohjainen, väylätyyppinen lähiverkko, joka tunnetaan parhaiten kauppanimellä Ethernet. Tutustumme ensin alkuperäiseen, ns. paksuun Ethernetiin, josta on sittemmin kehitetty lukuisia variaatioita.



Kuva 6.1 Ethernet-kehys

Verkon siirtonopeus on 10 Mbps. Siirrettävät tiedot pakataan vähintään 64 ja enintään 1518 tavua pitkiin kehyksiin, joissa on myös lähettäjän ja vastaanottajan verkko-osoite (perusmuodossaan osoitteet ovat 16-bittisiä) sekä neljän tavun mittainen tarkiste (jäännöspolynomi). Kehyksiä ei sensijaan ole mitenkään numeroitu eikä niitä virhetilanteissa lähetetä automaattisesti uudestaan. Jos vastaanottajan tietoliikenneohjelma havaitsee tarkisteen perusteella, että siirrossa on tapahtunut virhe, kehystä ei anneta vastaanottajalle. Vastaanottajan huoleksi jää havaita kehysten häviäminen ja pyytää tarvittaessa lähettämään tiedot uudelleen. Tätä varten tarvittavat tiedot, esim. kehysten numero, on sisällytettävä varsinaisiin siirrettäviin tietoihin. Ethernet-väylän liitäntäpiirien ja ohjelmiston kannalta toiminta on datagrammipohjaista. Tyypikenttä kertoo, millaista tietoa kehyksessä on ja ohjaa tämän perusteella tiedon oikealle ohjelmalle (kuten protokollakenttä IP-kehyksessä).

Tämäntapaisessa verkossa on tietenkin mahdollista, että useampi verkkoon liitetty tietokone yrittää lähettää samanaikaisesti. Vastaanottajan tahdistusta varten ja yhteentörmäyksen havaitsemiseksi

kunkin kehyksen alussa on kahdeksan tavun mittainen prefiksi. Lähettäjän tietoliikenneohjelmisto tarkkailee väylää lähetyksen aikana ja pyrkii havaitsemaan yhteentörmäykset vertaamalla väylän tilaa lähetettyyn tietoon. Törmäyksen tapahtuessa odotetaan jonkin aikaa, ennenkuin kehys lähetetään uudelleen. Uuden yhteentörmäyksen todennäköisyyden pienentämiseksi odotusaika vaihtelee satunnaisesti. Jos saman kehyksen kohdalla tapahtuu useampia törmäyksiä, odotusaikaa pidennetään joka yrityksellä. Tällaisesta yhteentörmäysten käsittelytavasta käytetään nimitystä **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

Alkuperäisen Ethernetin (käytetään myös nimityksiä paksu Ethernet ja 10 base 5) runkona on molemmista päistään asianmukaisesti päätetty 0,5 in. vahvuinen ja enintään 500 m pitkä 50 Ω koaksiaalikaapeli, johon tietokoneet liitetään neliparisen haaroituskaapelin (drop cable) välityksellä. Liitäntä voidaan tehdä katkaisematta runkokaapelia. Pareista yksi on varattu lähteille ja yksi tuleville kehyksille, yksi ohjaussignaali, joka kytkee lähetyksen päälle ja yksi ohjaussignaali, joka ilmoittaa yhteentörmäyksestä.

Jotta kaksi tai useampia tietokoneita voitaisiin liittää toisiinsa tämäntyyppisen paikallisverkon välityksellä, tarvitaan siis

- koaksiaalikaapeli
- kullekin tietokoneelle haaroituskaapeli
- kullekin tietokoneelle liitäntäkortti, joka yhdistää haaroituskaapelin tietokoneen väylään sekä
- aliohjelmopakkaus (laiteohjain), joka kommunikoi Ethernet-portin kanssa.

Lisäksi on huolehdittava siitä, että eri sovellusohjelmat osaavat käyttää lähiverkkoa. Windows-käyttöjärjestelmäympäristössä esim. NetBIOS-aliohjelmopakkaus yhdistää koneet loogisesti toisiinsa siten, että sovellusohjelmien kannalta verkko näyttää yhdeltä koneelta. Koneet voivat siten käyttää toistensa tiedostoja ja IO-laitteita. Muihin käyttöjärjestelmiin on tehty vastaavia ohjelmistoja. Joissakin tapauksissa nämä ohjelmat on integroitu kiinteäksi osaksi käyttöjärjestelmää siten, että niitä ei tarvitse erikseen asentaa eikä käyttäjän tarvitse edes tietää niiden olemassaolosta.

Lähiverkkoon liitetyistä koneista jokin on tavallisesti **palvelin** (server), joka huolehtii verkon yhteisistä resursseista. Tällaisia voivat olla mm. levytila yhteisiä ohjelmia ja muita tiedostoja varten, kirjoitin, skanneri ja asianmukaisesti valvotut yhteydet ulkomailmaan. Palvelimia voi olla useampiakin eri tarkoituksia varten.

6.2 Muita lähiverkkoja

Ethernet on nykyisin ylivoimaisesti eniten käytetty lähiverkkotyyppi varsinkin uusissa verkoissa. Käytössä on kuitenkin edelleen paljon myös muunlaisia verkkoja.

Rengastyypinen lähiverkko muodostuu useista peräkkäisistä koneiden välisistä yhteyksistä, jotka on kytketty renkaaksi. Kysymys ei ole yhdestä yhtenäisestä johdinrenkaasta vaan kullakin verkkoon liitetyllä koneella on ainakin jonkinlainen puskurimuisti. Renkaita on hieman eri tyyppisiä ja käytetyt siirtonopeudet vaihtelevat.

Tämäntyyppinen lähiverkko on mm. IBM:n kehittämä **Token ring**, jonka nopeus voi olla 4 Mbps, 16 Mbps tai 100 Mbps. Myös tässä verkossa koneet lähettävät toisilleen kehyksiä verkon välityksellä, mutta lähetyksen hallinta on järjestetty toisin kuin Ethernet-tyyppisissä verkoissa. Vuorossa olevalla asemalla on hallussaan ”merkki” (token), tarkoitukseen varattu ohjaustietokehys. Lähetyksen päätyttyä asema luovuttaa merkin renkaassa seuraavalle.

Rengasverkko on myös alun perin alueverkoksi (MAN) kehitetty **FDDI** (Fiber Distributed Data Interface), jossa siirtotienä käytetään optista kuitua. Verkon nimellinen siirtonopeus on 100 Mbps.

Kuitukaapelin käyttö tekee mahdolliseksi jopa 100 km pitkät renkaat. Myös tässä verkossa kiertää merkki (token), jonka haltijalla on oikeus lähettää. Verkossa on kuitenkin mahdollista varata osa kapasiteetista esim. puheen siirtoa tai muuta kiinteällä nopeudella tapahtuvaa tiedonsiirtoa varten. Verkkoa on aikaisemmin käytetty yhdistämään lähiverkkoja toisiinsa, mutta tässä tehtävässä sen ovat pitkälti korvanneet nopeat Ethernet-tyyppiset verkot.

Token bus -verkko on tavallaan rengas- ja väylätyyppisten verkkojen yhdistelmä. Fyysisen rakenteensa puolesta verkko on väylätyyppinen, mutta verkossa kiertää merkki (token), jonka haltija on lähetyksvuorossa. Merkki kiertää asemalta toiselle tietyssä järjestyksessä ja näin muodostuu virtuaalinen rengas.

6.3 Uudemmat Ethernet-verkot

Alkuperäisestä Ethernetistä on kehitetty lukuisia muunnoksia, joilla ei enää välttämättä ole muuta yhteistä kuin kehysrakenne ja datagrammipohjainen toimintatapa.

Väylätyyppistä lähiverkkoa käytettäessä verkolla on taipumus laajeta ajan mittaan ja usein verkon mitat ylittävät ennemmin tai myöhemmin sallitut arvot, eikä verkko toimi. Keskitetty, tähtimäinen ratkaisu on hallittavuuden kannalta parempi ja helpommin ylläpidettävä. Tässä ratkaisussa kukin verkon asema on liitetty parikaapelin välityksellä **keskittimeen*** (hub). Liitännään käytetään kahta kaapelia, toista meneviä ja toista tulevia kehyksiä varten. Keskitin ainoastaan toistaa lähetetyt kehykset ja lähettää ne edelleen bitti bitiltä kaikille muille asemille. Väylä on siis tavallaan siirtynyt keskittimen sisälle. Yhteentörmäykset ovat mahdollisia välissä olevasta keskittimestä huolimatta. Uudemmat Ethernet-verkot ovat rakenteeltaan tähtimäisiä. Sen sijaan kehysrakenne ja käyttäjän näkemä ohjelmistorajapinta on säilytetty entisellään. Yksittäisiä kaapeleita, joista verkko muodostuu, nimitetään usein **segmenteiksi**.

6.3.1 Nopea Ethernet

Tavallista puhelinkaapelia parempilaatuista (kategoria 5) parikaapelia tai optista kuitua käyttäen on mahdollista päästä 100 Mbps siirtonopeuteen 100 m matkalla. Tähtimäisessä verkossa tämä tarkoittaa tietokoneen ja keskittimen välistä etäisyyttä. Kahden tietokoneen välinen etäisyys voi siten olla 200 m. Samaan keskittimeen voidaan liittää myös 10 Mbps nopeudella toimivia tietokoneita. Nopeasta Ethernetistä puhuttaessa tarkoitetaan tavallisesti nimenomaan 100 Mbps järjestelmää. Vielä nopeampia ratkaisuja on kuitenkin olemassa.

6.3.2 Gigabitin Ethernet

Kuitukaapelia käyttäen voidaan päästä 1 Gbps ja jopa 10 Gbps nopeuksiin. 1 Gbps nopeudella ja hyvin lyhyillä etäisyyksillä voidaan käyttää myös kategorian 5 parikaapelia ja perinteistä CSMA/CD-tekniikkaa yhteentörmäysten käsittelyyn.

Keskittimien sijasta nopeimmissa Ethernet-lähiverkoissa käytetään **kytkimiä** (switch*). Näissä on puskurimuistia, johon saapunut kehys voidaan väliaikaisesti tallettaa. Kehys lähetetään eteenpäin vasta, kun lähtevä kaapeli on vapaana. Yhteentörmäystä ei siis voi tapahtua.

Kuitukaapelin tyyppistä riippuen monen kilometrin etäisyydet ovat mahdollisia. Tällaisen kaapelin vetäminen tulee kuitenkin erittäin kalliiksi. Mikäli joku kaapelin reitin varrelle osuvista maanomistajista vastustaa hanketta tai vaatii kohtuutonta korvausta, saattaa asian juridiseen käsitte-lyynkin mennä vuosikausia. Käytännössä pitkillä etäisyyksillä käytetäänkin yleensä esim. puhelin-yhtiöltä vuokrattuja yhteyksiä ja muodostetaan ns. virtuaalinen lähiverkko. Näistä puhutaan myöhemmin enemmän.

6.4 Langattomat lähiverkot

Langattomien lähiverkkojen nopeudet ovat selvästi alempia kuin langallisten lähiverkkojen ja kantamat lyhyitä. Kanta-aaltotaajuudet ovat GHz-luokkaa ja monet laitteet toimivat teollisten mikroaaltolaitteiden taajuusalueilla. Tästä on se hyöty, että laitekohtaisia lupia ei tarvita, mutta toisaalta häiriöt esim. mikroaaltouuneista ovat mahdollisia. Myös sallittu lähetysteho on varsin rajoitettu. Kantamat ovat kymmeniä metrejä, ulkona hyvissä olosuhteissa satoja metrejä, eivätkä käytettävät taajuudet läpäise hyvin massiivisia seiniä. Radiolähiverkkoja on kahta päätyyppiä:

Ad-hoc -verkoissa mikrotietokoneisiin liitetyt lähettimet kommunikoivat suoraan keskenään. Tämän ratkaisun etuna on luonnollisesti yksinkertaisuus.

Infrastruktuuriverkoissa rakennuksessa on yksi tai useampia tukiasemia, joiden välityksellä liikennöinti tapahtuu. Tämä mahdollistaa liikennöinnin laajemmalla alueella, mutta tukiasemaverkko voi tulla kalliiksi ja sen toteuttaminen valmiissa rakennuksessa voi olla hankalaa. Jos liikkuvuus on tärkeää, kilpailevana vaihtoehtona on lähinnä matkapuhelinverkon käyttö. Esimerkkinä verrattain laajalla alueella toimivasta infrastruktuuriverkosta on TKKlla käytössä oleva Aaltoverkko.

Nykyisin ehkä eniten käytetty langaton lähiverkko on ns. langaton Ethernet (käytetään myös nimitystä Wi-Fi), joka toimii 2 GHz taajuusalueella ja mahdollistaa 11 MHz siirtonopeuden verkon kattamalla alueella. Uudemmat, myös Ethernet-pohjaiset mutta erilaista siirtotekniikkaa käyttävät standardit mahdollistavat jopa 54 Mbps nopeuden.

Jos keskenään kommunikoivat koneet ovat samassa huoneessa tai muuten näköyhteydessä toisiinsa, voidaan käyttää myös infrapunalinkkejä. Tällöin voidaan käyttää suurempia nopeuksia kuin radioyhteyksillä. Suunnattuja linkkejä käyttäen voidaan kantamakin saada melko pitkäksi.

6.5 Sillatut lähiverkot

Silta (bridge) yhdistää toisiinsa kaksi tai useampia samantyyppisiä lähiverkkoja siten, että verkko näyttää käyttäjän kannalta yhdeltä suurelta lähiverkolta. Silta sisältää myös puskurimuistia vastaanotettujen kehysten väliaikaiseen tallettamiseen eivätkä yhteentörmäykset etene sillan kautta pitemmälle. Edellä mainittu kytkin (switch) on myös oikeastaan moniporttinen silta. Silta tunnistaa kehyksissä käytetyt osoitteet, ottaa huomioon verkon rakenteen ja toistaa vain ne kehukset, joiden vastaanottaja on kyseisessä suunnassa. Silta rajoittaa siten liikenteen kasvua verkossa estämällä esim. jonkin osaston sisäisen liikenteen leviämisen koko verkkoon.

Monet sillat ovat itsekonfiguroivia. Ne toistavat aluksi kaikki kehukset ja oppivat vähitellen, missä kukin vastaanottaja sijaitsee. Tietoja kerätään kehysten lähettäjäosoitteista tutkimalla, mistä suunnasta kukin kehys tuli. Tällä tavalla voidaan myös huomata, että jokin kone on siirretty toiseen paikkaan verkossa.

Siltauksia ja kuitukaapeleita käyttäen voidaan toteuttaa laajojakin alueverkkoja, esim. koko Otaniemen käsittävä verkko. Verkon suuruus aiheuttaa kuitenkin omat ongelmansa.

Mikäli kaapeleista ja siltauksista muodostuu silmukka, paketti voi periaatteessa jäädä ikuisesti kiertämään verkossa. Monet lähiverkko-ohjelmistot selviävät kuitenkin tästä tilanteesta automaattisesti. Verkko konfiguroi itse itsensä siten, että jokin silta jää pois käytöstä. Tämä silta voidaan ottaa kuitenkin myöhemmin uudelleen käyttöön tilanteen muuttuessa, esim. vikatapauksessa.

Jossakin sijainniltaan keskeisessä verkon osassa saattaa olla paljon kauttakulkuliikennettä. Kuormituksesta selviäminen voi vaatia esim. nopean kuitukaapelin käyttöä ainakin tältä osin. Toinen vaihtoehto voisi olla käyttää kahta lähiverkkoa samassa rakennuksessa, toista kauttakulkuliikennettä ja toista ko. osaston sisäisiä tarpeita varten.

Suuressa verkossa turvallisuusongelmat korostuvat. Tarvittaessa on muodostettava suljettuja aliverkkoja salaamalla arkaluontoinen liikenne tai rajoittamalla pääsyä joihinkin verkon osiin.

6.6 Virtuaaliset lähiverkot

Sillatun verkon tapaan myös **virtuaalinen lähiverkko** näyttää käyttäjän kannalta yhdeltä suurelta lähiverkolta, mutta verkko saattaa koostua hyvinkin kaukana toisistaan sijaitsevista aliverkoista, jotka on yhdistetty toisiinsa jonkin WAN-verkon välityksellä. Tähän käytetään **etäsiltaa** (remote bridge), joka näyttää kummastakin yhdistettävästä verkosta katsoen tavalliselta sillalta.

Eri tyyppisiä verkkoja yhdistämään käytetään **reititintä*** (router*, gateway). Reititin on molempien yhdistettävien verkkojen kannalta päätelaite. Saatua kehystä ei välitetä eteenpäin vaan siitä otetaan varsinainen välitettävä tieto, joka pakataan uudestaan toisen verkon vaatimalla tavalla. Etäsilta muodostuu siten kahdesta reitittimestä ja välissä olevasta WAN-verkosta.

Mikäli kaksi kaukana toisistaan sijaitsevaa Ethernet-tyyppistä lähiverkkoa on yhdistettävä toisiinsa ja välissä on jokin (esim. frame relay -tyyppinen) pakettiverkko, lähetetään Ethernet-kehys verkkotason frame relay -kehysten sisällä tavallisena datana vastaanottavaan verkkoon. Menettelytapaa, jossa ylemmän hierarkiatason kehysten hyötykuormana on alemman (tai saman) tason kehys (eikä vielä ylemmän tason kehys, kuten tavallisesti), nimitetään **tunneloinniksi**.

Jos lähiverkot eivät ole samantyyppisiä, on reitittimien välityksellä lähetettävä ylemmän tason protokollakehys, esim. IP-kehys. Tällöin on reitittimien voitava jotenkin päätellä vastaanottavassa verkossa käytettävä osoite.

Lähiverkoissa käytetään yleensä huomattavasti suurempia siirtonopeuksia kuin WAN-verkoissa. Tämän vuoksi virtuaalisten lähiverkkojen yhteydessä on huolehdittava riittävästä tiedonsiirron puskuroinnista. WAN-verkot ovat myös usein huomattavasti virhealttiimpia kuin lähiverkot, joten virheiden korjauksesta on myös jotenkin huolehdittava.

Nimitystä "Virtual Private Network" (VPN) käytetään nykyisin lähinnä silloin, kun lähiverkot on yhdistetty toisiinsa Internetin välityksellä. Tällainen ratkaisu on kuitenkin siirron varmuuden, turvallisuuden ja nopeuden kannalta usein ongelmallinen. Usein kiinteä tai valintainen yhteys jonkin perinteisen verkon välityksellä on paljon varmempi ja huolettomampi. Kysymykseen voi tulla esim. ISDN tai alun perin nimetyn lähiverkkojen yhteenliittämiseen suunniteltu frame relay.

Tässä yhteydessä on myös hyvä muistaa, ettei Internetillä ole omaa infrastruktuuria. Jos palvelujen myyjä tarjoaa ratkaisuksi "VPNää" tai "Internetiä", kannattaa siis kysyä, minkä verkon tms. päälle palvelu on tarkoitus rakentaa.

6.7 Lähiverkot ja Internet

Lähiverkot on alun perin suunniteltu yrityksen tms. sisäiseen käyttöön ja verkkoon kuuluvien koneiden väliseen kommunikointiin käytetään esim. Ethernet-kehysjä. Nykyisin useimmat lähiverkot on kuitenkin liitetty Internetiin. Tällöin kullakin verkkoon kuuluvalla koneella on oma Internet-osoitteensa ja verkon palvelinkone (Internet-palvelin) hoitaa pitkälti samoja tehtäviä kuin kaupallinen Internet-palveluntarjoaja (ISP), jonka kautta yksityiskäyttäjä on liittynyt Internetiin.

Palvelinkone toimii Internetin reitittimenä, ottaa vastaan IP-kehyyksiä verkkoon kuuluvilta koneilta ja ohjaa ulkomaailmasta saapuvat IP-kehyykset lähiverkon välityksellä oikealle vastaanottajalle. Tilanteeseen liittyy kuitenkin joitakin erityispiirteitä.

Roskapostin, ilkivallan ja muiden väärinkäytösten estämiseksi lähiverkon ja ulkomaailman välistä liikennettä on syytä valvoa. Tähän käytetään **palomuuria** (firewall), joka on usein sama kuin em. palvelinkone. Palomuri tutkii saapuvien IP-kehysten sisällä olevia TCP-kehyyksiä ja mm. estää yhteydenotot käyttötarkoitukseltaan tuntemattomiin portteihin. Portin numerosta riippuen voi olla lisäksi sovelluskohtaisia palomureja (application firewall), esim. roskapostisuodatin.

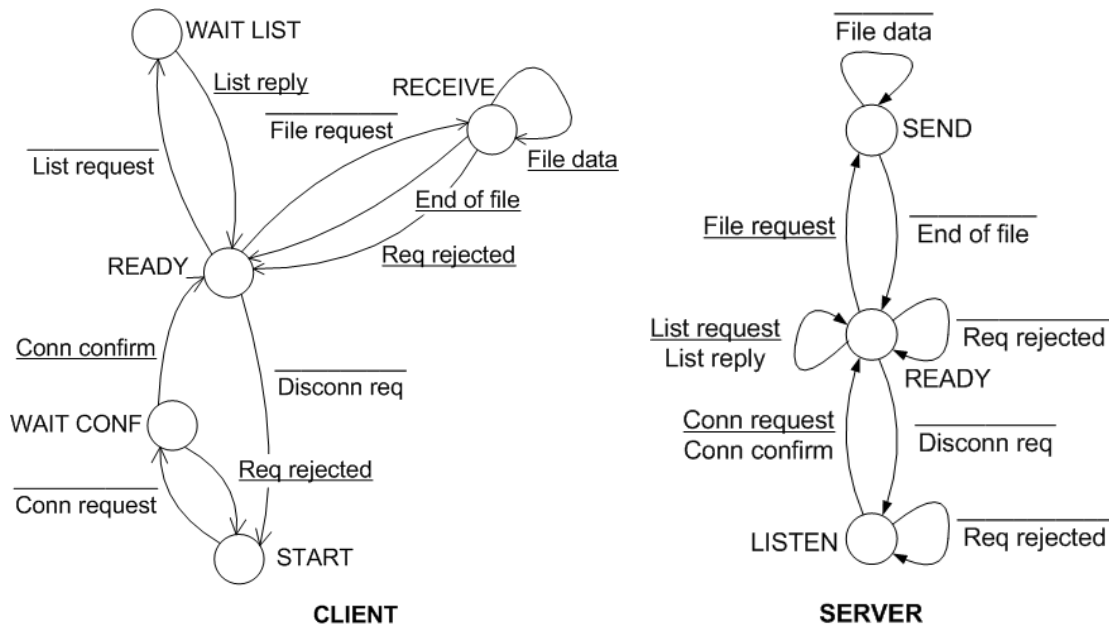
Internet-osoitteita on vain rajoitettu määrä ja yrityksellä voi olla enemmän tietokoneita kuin Internet-osoitteita. Lisäksi työaikana lähes kaikki koneet voivat olla samanaikaisesti käytössä. **NAT** (Network Address Translation) on yksi mahdollinen ratkaisu sekä osoitepulaan että turvallisuus-ongelmiin. NATia käytettäessä yrityksellä on vain yksi ulkoinen Internet-osoite. Palvelinkoneen ja yrityksen muiden koneiden välisessä kommunikoinnissa käytetään yrityksen sisäisiä osoitteita. Yrityksen ulkopuolelta tulevissa IP-kehyyksissä tieto vastaanottajasta yrityksen sisällä on sijoitettu TCP-portin numeron tilalle.

Palomureja ja NATia on kritisoitu mm. sillä perusteella, että IP-tason liikenteen tulisi toimia täysin riippumatta siitä, millaista tietoa IP-paketin datakentässä on ja millaista protokollaa lähinnä ylemmällä tasolla käytetään. Koko järjestelmän hallittavuuden kannalta protokollakerrosten tarkka erottaminen toisistaan (ortogonaalisuus) on tärkeää.

Lähiverkossa koneiden tunnistamiseen käytetään lähiverkko-osoitetta (esim. Ethernet-osoitetta). Käyttäjän IP-osoitteen tulisi kuitenkin pysyä samana verkkokortin, koneen tai koko lähiverkon vaihtumisesta huolimatta. Tarvittavien vastaavuustaulukkojen ylläpito manuaalisesti saattaisi muodostua varsin työlääksi. Avuksi on kehitetty **ARP-protokolla** (Address Resolution Protocol). Tätä protokollaa käyttäessään lähiverkon palvelinkone lähettää kaikille verkon koneille (lähiverkon yhteisosoitteeseen) kyselyn: ”Kenellä on IP-osoite ... ?” Vastauksena saadaan kyseisen koneen lähiverkko-osoite.

Kaikki lähiverkkoon liitetyt koneet eivät välttämättä ole käytössä 24 h vuorokaudessa. Nämä koneet eivät sen vuoksi voi toimia esim. WWW-palvelimina eivätkä sähköpostipalvelimina. Näitä tarkoituksia varten on verkossa omat palvelinkoneensa. Paikalle tultuaan käyttäjä voi noutaa sähköpostinsa palvelimelta tarkoitukseen suunniteltua sovellusohjelmaa ja protokollaa (esim. POP3 tai IMAP) käyttäen.

Liite 1: Protokollaesimerkki



Kuvassa on **sovellustason** protokollan toimintaa havainnollistettu tilakaavioesitystä käyttäen. Kaaviosta näkyvät vain asiakas- ja palvelinohjelmien tiedonsiirtoon liittyvät toiminnot. Toiminta muistuttaa FTP-protokollaa (File Transfer Protocol). Asiakas hakee tiedostoja palvelimelta ja voi myös pyytää listan saatavissa olevista tiedostoista. Siihen, mitä tiedostot sisältävät, ei tässä protokollassa kiinnitetä huomiota. Tilasiirtymien viereen on merkitty, mitä viestejä ohjelmat kussakin vaiheessa lähettävät toisilleen. Saapuva viesti on merkitty viivan yläpuolelle ja lähtävä viesti alapuolelle. Mieti, millaisia tietoja kuhunkin viestiin tulisi sisältyä. Sovellustasolla voidaan olettaa, että kerran lähetetyt viestit myös saapuvat ennemmin tai myöhemmin virheettömästi perille, tästä huolehtivat alempien tasojen protokollat, joiden välityksellä sovellustason viestit kulkevat.

Liite 2: Lisäesimerkki kerrostamisesta – tietojen välitalennus

Pitkien tietokonesessioiden aikana on hyvä aina silloin tällöin tallentaa työskentelyn tila esim. SAVE-komennolla. Jonkin katastrofin sattuessa tai keskeytyksen jälkeen, esim. seuraavana päivänä, voidaan työskentelyä sitten jatkaa viimeksi tallennetusta tilanteesta eikä jo tehtyä työtä tarvitse tehdä uudelleen.

Tilanne muuttuu monimutkaisemmaksi jos itse työskennellään yhdellä koneella, käsiteltävät tiedot – vaikkapa jokin tekstidokumentti – ovat toisella koneella ja työskentely tapahtuu verkon välityksellä. Käyttämässämme ohjelmassa voi tietenkin olla tarvittava SAVE-toiminne, mutta koska sitä tarvitaan monissa eri sovelluksissa ohjelmien teko yksinkertaistuu, mikäli käytettävissä on standardoidut menettelytavat ja valmis aliohjelmapaketti, jonka voi liittää tarvittaessa osaksi tiedonsiirtoa käyttävää ohjelmaa.

Vanhan OSI-tehtäväjaon mukaan tämä tehtävä kuuluisi istuntotasolle. Koska sovellusohjelmat käytännössä yleensä kirjoitetaan suoraan kuljetustason TCP-protokollaa ja aliohjelmapakkausta käyttäviksi, näiden asioiden ohjelmointi jää yleensä sovellusohjelman kirjoittajalle. Suunnittelemme nyt sovellustason ja kuljetustason väliin sijoittuvan protokollan, joka vapauttaa sovellusohjelmoijan tästä tehtävästä. Tarkoitus on ennen kaikkea havainnollistaa protokollien ja protokollahierarkian toimintaa lisäesimerkillä.

Palvelun käyttäjä (sovellusohjelma) voisi käyttää protokollaa esim. seuraavanlaisten aliohjelma-kutsujen välityksellä:

- ok = newsession(domain,port,ssid) Aloitetaan uusi työ. Domain on toisen osapuolen Internet-osoite ja port TCP-portin numero. Aliohjelma tarvitsee näitä ottaessaan TCPn ja muiden alemman tason protokollien välityksellä yhteyden toisen osapuolen vastaavaan aliohjelmaan. Sessid palauttaa järjestelmän istunnolle antaman tunnuksen ja funktion arvo kertoo, onnistuiko toimenpite.
- writeses(sessid,data) Lähetetään varsinaiseen sovellukseen (tekstinkäsittely, kirjanpito, peli...) liittyvää dataa.
- reads(es(sessid,data) Vastaanotetaan dataa.
- ifsave(sessid) Looginen funktio, joka kertoo onko toiselta osapuolelta tullut SAVE-pyyntö.
- save(sessid,myfile,yourfile) Sovellusohjelma tallettaa istunnon tilan tiedostoon ja pyytää protokollan välityksellä toista osapuolta tekemään samoin. Osapuolet ilmoittavat toisilleen, mihin tiedostoon tiedot on talletettu. Ohjelma jää odottamaan toisen osapuolen vastausta. Vastaanottajapuolen sovellusohjelma tallettaa tilansa tiedostoon ja kutsuu tätä aliohjelmaa, jos ifsave oli tosi.
- break(sessid,myfile,yourfile) Talletetaan istunnon tila ja päätetään työskentely tällä erää. Toimii kuten save, mutta lisäksi TCP-yhteys puretaan vastaanottajan kuitattua pyynnön.

- continue(sessid,yourfile) Jatketaan työskentelyä katastrofaalisen virheen tai breakin jälkeen. Yourfile ilmoittaa toiselle osapuolelle, mitä istuntoa halutaan jatkaa.
- finish(sessid) Lopetetaan työskentely kokonaan. Istunnon tilaa ei enää talleteta.

Aliohjelmakutsujen ei tarvitse olla samannäköisiä yhteyden molemmissa päissä ja ohjelmat on voitu esim. kirjoittaa eri ohjelmointikielellä, kunhan samat asiat tulevat jollakin tavalla hoidetuiksi.

Seuraavaksi olisi mietittävä, millaisia paketteja protokollaohjelma lähettää toisen osapuolen vastaavalle ohjelmalle TCPn välityksellä. Tässä törmäämme kuitenkin TCP-protokollan erityisluonteen aiheuttamaan ongelmaan. TCP ei lähetä käyttäjän sille välitettäväksi antamia tietoja vastaanottajalle paketteina – tässä tapauksessa SAVE-protokollapaketteina, jotka edelleen sisältäisivät datakentässään varsinaiset sovellusohjelman tiedot – vaan jatkuvana tavuvirtana, jossa ei ole pakettirajoja.

Pulmasta päästään sisällyttämällä protokollamme vaatimat komennot tähän tavuvirtaan sopivilla alku- ja loppumerkeillä sovellusohjelman datoista erotettuna esim. seuraavaan tapaan

...Kotka, Rankki 15, NW 5, selkeää. &komento;Helsinki, Katajaluoto...

Komento siis alkaa tässä &-merkillä ja päättyy puolipisteeseen. Jos sovellusohjelman datoihin sisältyy &-merkki, se muutetaan kahdeksi peräkkäiseksi &-merkiksi. Vastaanottopään protokollaohjelma poistaa komennot tavuvirrasta, suorittaa niiden edellyttämät toimenpiteet ja muuttaa kaksinkertaiset &-merkit entiselleen ennen tietojen antamista vastaanottopään sovellusohjelmalle. Komennot ovat tekstimuotoisia. Komennon alussa oleva, komennon tyyppin ilmoittava iso kirjain on sama kuin vastaavan aliohjelmakutsun alkukirjain edellä:

- &N; Aloitetaan uusi työ. Ennen viestin lähettämistä on otettava TCP-yhteys toiseen osapuoleen aliohjelmakutsussa olevaa domain-osoitetta ja porttinumeroa käyttäen.
- &S myfile; Protokolla välittää SAVE-pyyntön toiselle osapuolelle, joka kuittaa samantyyppisellä viestillä ja ilmoittaa oman tiedostonsa nimen.
- &B myfile; Kuten edellinen, mutta lisäksi suljetaan TCP-yhteys, kunhan toinen osapuoli on ensin kuitannut break-pyyntön. Vastaanottajapuolella sovellusohjelmalle menevä tavuvirta päätetään EOF-merkillä.
- &C yourfile; Jatketaan aiemmin keskeytettyä työskentelyä. Kaivetaan työn tilatiedot tiedostosta ja pyydetään toista osapuolta tekemään samoin. Parametri kertoo toiselle osapuolelle, mitä työtä halutaan jatkaa.
- &F; Välitetään toiselle osapuolelle lopetuspyyntö. Vastaanottajapuolella sovellusohjelmalle menevä tavuvirta päätetään EOF-merkillä.

Sovellusohjelman kutsuessa writeses-aliohjelmaa saadut datat välitetään sellaisenaan TCP:lle ja edelleen vastaanottajalle (&-merkit kahdennettava). Toiselta osapuolelta TCPn välityksellä tulevat datat annetaan edelleen sovellusohjelmalle vastauksena tämän readses-pyyntöön (&-merkit palautettava ennalleen).

Komennot ja sovellusohjelman tiedot välitetään toiselle osapuolelle TCP-protokollan välityksellä esim. seuraavantapaisia aliohjelmakutsuja käyttäen:

connid = open(domain,port) Avataan TCP-yhteys.

send(connid,data) Lähetetään tavuja.

receive(connid,data) Vastaanotetaan tavuja

close(connid) Suljetaan yhteys

SAVE-protokolla on siis viime kädessä joukko aliohjelmiä, jotka puolestaan käyttävät hyväkseen valmiiksi olemassa olevia TCP-palvelualiohjelmiä. Aliohjelmien kutsut, parametrien järjestys yms. voivat hieman vaihdella tapauksesta toiseen riippuen mm. ohjelmointikielestä, jolla aliohjelmat on kulloinkin kirjoitettu. Näiden aliohjelmien kirjoittaminen ohjelmointikielellä x käyttöjärjestelmää y varten on ohjelmointitaitoiselle vielä suhteellisen helppoa.

Ohjelmien välillä TCP:n välityksellä kulkevat komennot on kuitenkin standardoitava, jotta vastaanottaja kykenisi tulkitsemaan ne. Yhteydenottojen ja uudelleenaloituspyyntöjen käsittely edellyttää myös, että vastaanottajakoneessa on aina päällä oleva palvelinohjelma, joka päivystää sovittua TCP-porttia. Tämä voi olla jo vaikeampi prosessi, vaikka olisi kysymys vain firman tms. sisäisestä standardista. Ehdotuksen saaminen Internet-standardiksi edellyttäisi RFC-ehdotuksen ja hyvien perustelujen kirjoittamista ja neuvotteluja IETF:n (Internet Engineering Task Force) ja ICANNin (mm. standardoiduista porttinumeroista päättävä organisaatio) kanssa.