

5. Siirtoyhteyskerros

linkkikerros (Data Link Layer)

- yhtenäinen linkki solmusta solmuun

- bitit sisään => bitit ulos



- ongelmia:

- siirtovirheet

- havaitseminen
 - korjaaminen

- solmun kapasiteetti

- vuonvalvonta

- yhteisen kanavan käyttö

3.4.2001

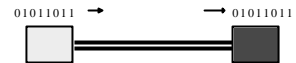
1

5.1. Kaksipisteyhteydet

Virhevalvonta

- * virheiden havaitseminen
- * virheiden korjaus

Vuonvalvonta



3.4.2001

2

Bittivirta <=>kehysiä

- tavoite

- bittivirheiden hallinta

- muuttuu

- katoaa

- monistuu

- bittivirta kehyksinä

- kehys tarkistettavissa

- tarkistustietoa

3.4.2001

3

Kehysten kuljetus

- tavoite

- kaikki kehykset
 - kukin kehys virheettömästi
 - lähetyjärjestyksessä

- vastaanottaja kertoo lähettäjälle

- ACK: kehys vastaanotettu ok

- tietty kehys
 - kaikki kehykset tähän asti

- NAK: kehyksessä vikaa => lähetettävä uudelleen

- Saako lähettää lisää vai pitääkö keskeyttää

- vuonvalvonta

3.4.2001

4

Virheet

- Kahdenlaisia virheitä:

- yhden bitin virheet
 - usean peräkkäisen bitin vääristyminen (burst error)

- Virheiden esiintymistiheys

- BER (bit error rate)
 - mitä suurempi BER, sitä lyhyempiä kehyksiä kannattaa käyttää

3.4.2001

5

Missä virhe hoidetaan?

- kuittaava linkkikerros havaitsee virheet ja korjaa ne

- yhteydetön, kuittaamaton & virhe

- => kuljetuskerros havaitsee ja korjaa

- ja jos ei, niin sovelluskerros havaitsee ja korjaa

- ja jos ei, niin asiakas havaitsee ja korjaa

3.4.2001

6

Virheiden havaitseminen ja korjaaminen

Virheiden takia dataan lisäinformaatiota:

- **virheen korjaamiseksi** (error-correcting code, forward error control)
 - lisäinformaatiota niin paljon, että vastaanottaja sekä havaitsee että kykenee itse korjaamaan virheen
- **virheen havaitsemiseksi** (error-detecting code, feedback/backward error control)
 - lisäinformaatiota, jotta vastaanottaja havaitsee virheen tapahtuneen => korjauksena uudelleenlähetyt

3.4.2001

7

Virheen korjaus/havaitseminen

- **virheen korjaava koodaus**
 - kallis koko ajan
 - paljon lisäinformaatiota
 - rajoitettu korjauskyky
 - esim. kokonaan kodonnut kehys
- **virheen havaitseva koodaus**
 - virheen sattuessa kallis
 - uudelleen lähettäminen maksaa
 - uudelleen lähettäminen on hidasta

3.4.2001

8

Virheen korjaus

- Käytetään esim.
 - CD- ja DVD-levyissä, digitaalitelevisiossa
 - nopeissa modeemeissa, kannettavissa puhelimissa
 - satelliittiyhteisissä, avaruusluotaimissa
- Esimerkkejä
 - Hamming-pariteettitarkistus (Tito-kurssilla)
 - pystyy korjaamaan yhden virheellisen bitin
 - virheryöpyyn, jos se jaetaan yhden bitin virheiksi
 - Reed-Solomon-koodit
 - lohkokodeja, jotka pystyvät korjaamaan virheryöppyjä

3.4.2001

9

Virheen havaitseminen

- Pariteettibitti
 - parillinen pariteetti
 - pariton pariteetti
- horisontaaliset ja vertikaaliset pariteetit
- Internet tarkistussumma
- CRC (Cyclic redundancy code (tai check))
 - yleisesti käytetty virheen paljastusmenetelmä
 - perustuu polynomien aritmetiikkaan (modulo2-aritmetiikkaan, XOR)
 - useita tarkistusbittejä => havaitaan usean bittivirheen ryöppy

3.4.2001

10

Pariteetti

- esimerkki yksinkertaisesta virheen havaitsevasta koodista
- jokaiseen merkkiin lisätään yksi ylimääräinen ns. pariteettibitti
 - lisäyksen jälkeen kaikissa merkeissä on parillinen (tai jos niin sovitaan pariton) määrä ykkösiä
- paljastaa kaikki yhden bitin virheet
 - kehyksen pituudesta riippumatta
- ei paljasta kahden bitin virheitä

3.4.2001

11

Pariteettibitin käyttö

- erityisesti asynkronisessa tiedonsiirrossa merkkejä siirrettäessä
- käytännössä paljastaa noin puolet virheellisistä bittijonoista
 - esim. modeemeissa syntyy useita virheitä
 - linjahäiriöt aiheuttavat usein pitkiä virheryöppyjä

3.4.2001

12

Horisontaaliset ja vertikaaliset pariteetit

- järjestetään bittijono kaksiolotteiseen taulukkoon
- lasketaan pariteetti jokaiselle vaaka- ja pystyriville

1001010		1	
0111010		0	
1110001		0	horisontaaliset
1000111		0	pariteetit
<u>0011001</u>		1	
1011111		0	taulukon pariteetti
			vertikaaliset
			pariteetit

Virheiden havaitseminen

- Ei löydy lyhyitä virheryöppyjä, joissa neljä bittiä vaihtuu sopivasti

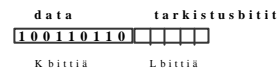
1001010
0111010
1100010
1000111
0011001

Internetin tarkistussumma

- lasketaan 16-bittisiä sanoja yhteen
- otetaan summasta yhden komplementti
- käytetään Internet-protokollissa
 - UDP- ja TCP -protokollissa
- monia virhekombinaatioita jää havaitsematta
- riittävän hyvä, jos virheitä vähän

CRC:n perusidea

- tarkistusavain (virittäjä, virittäjäpolynomi)
 - bittejä yksi enemmän kuin tarkistusbittejä
 - lähettäjä ja vastaanottaja tuntevat
- lähettäjä
 - laskee lähetettävälle datalle tarkistusbitit ja liittää ne kehykseen
- vastaanottaja
 - tarkistaa, onko koko saapunut kehys (data + tarkistusbitit) pysynyt muuttumattomana



Esimerkki data = 101110, virittäjä = 1001, (polynomina $X^3 + 1$), tarkistusbittejä 3

Lähetettävä data = 101110??? tarkistusbitit

	101011	
1001	101110000	
	<u>1001</u>	
	1010	
	<u>1001</u>	
	1100	
	<u>1001</u>	
	1010	
	<u>1001</u>	
	0011	

Modulo 2-
aritmetiikka:

1+1 = 0 (XOR)

Lähetetään: 101110 011

Vastaanottaja: jakaa saamansa kehyksen virittäjällä. Kehys on ok, jos jakojäännös on 0!

Standardoituja virittäjäpolynomeja

- CRC-12 = $x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$
- CRC-16 = $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
- CRC-32 = $x^{32} + x^{26} + x^{23} + \dots + x^4 + x^2 + x + 1$

CRC: n virheiden havaitsemiskyky

- kaikki virheröpyt, joiden pituus < tai = virittäjän
- useimmat virheröpyt, joiden pituus on suurempi
 - CRC-32: P{ryöppy > 33 havaitaan} = 0.9999999998
- Huom
 - » Arvioinneissa lähtökohdaksi otettiin täysin satunnainen bittien jakautuminen, mutta todellisuudessa näin ei ole!
 - » Joten havaitsemattomien virheiden määrä on arvioitua suurempi.

Vuonvalvonta

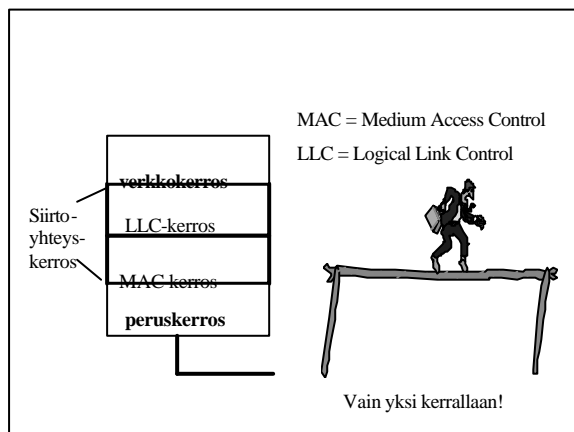
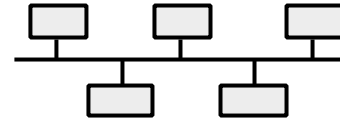
- Liukuva ikkuna
 - ikkunan koko rajoittaa lähettämistä
 - » jos kehyksen numero ei ole ikkunassa, sitä ei oteta vastaan
 - kuittaus siirtää ikkunaa eteenpäin
- stop-sanoma
 - Receive not ready

3.4.2001

19

5.3. Yhteiskäyttöinen kanava

- yleislähetys (broadcast)
 - » multiaccess channel
 - » random access channel
- LAN (Ethernet)
- langaton
- ongelma: käyttövuoron 'jakelu'



Eri yhteiskäyttötapoja on hyvin paljon

- kilpailu Aloha, CSMA, CSMA/CD
 - 'se ottaa kun ehtii'
- vuorotellen: pollaus, vuoromerkki
 - 'sinä ensin ja sitten on minun vuoroni'
- kanava jaetaan: TDMA, FDMA, CDMA
 - 'käytä sinä tätä puolta ja minä tätä toista'

3.4.2001

22

Törmäys

- yksi yhteinen kanava lähettäville
- lähetys onnistuu vain, jos yksi lähettää
- Jos useampi kuin yksi lähettää, syntyy yhteentörmäys (collision)
 - kaikki törmänneet sanomat tuhoutuvat ja ne on lähetettävä uudelleen
 - vaikka törmäisivät vain yhden bitin verran
 - kaikkien havaittavissa
 - LAN: törmäyssignaali
 - satelliittikanava: kuuntelee oman lähetyksensä
 - WLAN: ilmoitus vastaanottajalta

Aika

- jatkuva aika
 - lähetykset voivat alkaa milloin vain
 - ei mitään synkronointi, ei yhteistä aikaa
- viipaloitu aika (slotted time)
 - aika lokeroitu aikaviipaleiksi
 - lähetys voi alkaa vain aikaviipaleen alussa
 - aikaviipaleessa
 - ei kukaan lähetä => hukkaan
 - yksi lähetys => ok
 - useita lähetyksiä => törmäys
 - vähentää törmäyksiin (=hukkaan) menevää aikaa
 - törmäykset täydellisiä

Lähetyskanavan kuuntelu (carrier sense)

- käynnissä olevan lähetksen havaitseminen
 - asema tutkii, onko kanava jo käytössä
 - ennen lähetystä tutkitaan, onko joku muu lähettämässä
 - jos on, ei lähetetä
 - yleensä lähiverkot (CSMA)
 - asema ei tutki kanavan käyttöä
 - asema lähettää aina kun haluaa
 - lähettämisen jälkeen havaitaan onnistuiko
 - esim. satelliitilähetys

Kanavan kuuntelu

- ei aina paljasta jo alkanutta lähetystä
 - etenemisviipeen takia
- tai ole järkevää
 - esim. satelliittikanavan kuuntelu ei paljasta sitä, onko joku toinen maa-asema jo aloittanut lähetksen
 - langattomassa lähiverkossa lähettäjän ympäristön kuuntelu ei kerro sitä, onko vastaanottaja saamassa sanomia muualta

3.4.2001

26

Yleislähetysprotokollia

Esimerkkejä:

- CSMA/CD (Aloha, CSMA)
 - mm. Ethernet-verkossa käytetty kilpailuprotokolla
- CDMA
 - radiolinjoilla käytetty koodinjakoon perustuva protokolla

3.4.2001

27

ALOHA

- Hawaiilla, 70-luvulla radiotietä varten
- puhdas ALOHA:
 - asema lähettää aina, kun sillä lähetettävää
 - ja samalla kuuntelee, onnistuiko lähetys
 - lähiverkossa törmäys havaitaan 'heti', sillä siirtoviive pieni
 - toisin satelliitilla!
 - jos törmäys, niin lähettäjä odottaa satunnaisen ajan ja yrittää uudelleen
 - maksimaalinen tehokkuus ~18%

Viipaloitu ALOHA

- lähetysaika jaettu aikaviipaleiksi
- lähetys voi alkaa vain aikaviipaleen alussa
- törmäykset täydellisiä
 - » lähetykset samassa aikaviipaleessa
 - » törmäysvaara-aika = yhden aikaviipaleen mittainen
- suorituskyky kaksinkertaistuu
 - maksimi ~37%
 - siis 37% tyhjiä, 37% onnistuneita, 26% törmäyksiä

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- toiminta
 - kuuntele linjaa ennen lähettämistä
 - jos linja vapaa lähetä (yleensä)
 - jos linja varattu odota satunnainen aika ja yritä uudelleen
- Suorituskyky:
 - törmäysvaara vain jos asemat lähettävät niin samanaikaisesti, että eivät siirtoviipeen vuoksi havaitse toista lähetystä
 - ongelma, jos siirtoviive on pitkä

CSMA-protokollat

- Useita versioita, jotka hieman eroavat toisistaan
 - miten toimitaan, kun kanava varattu?
 - jätetään odottamaan ja lähetetään heti kanavan vapauduttua => jos useita odottajia, tulee varmasti törmäys
 - luovutaan ja yritetään uudestaan satunnaisen ajan kuluttua => hukkaa lähetyvuoroja
 - viipaloitu aika vai ei?
 - vaikka kanava on vapaa, ei silti aina lähetetä
 - lähetykselle väylälle todennäköisyydellä p!

CSMA/CD (Collision Detection)

- keskeyttää lähettämisen heti, kun havaitsee törmäyksen tapahtuneen
 - törmäyksen aiheuttama hukka-aika pienenee
- 'epävarmuuden aika' on 2τ , τ on maksimi etenemisviive kahden aseman välillä
- jos törmäys
 - => havaitaan ja lopetetaan lähetyks
 - => yritetään uudestaan satunnaisen ajan kuluttua

3.4.2001

32

Varausprotokollat

- ei törmäyksiä!
- lähetyksvuorot varataan etukäteen
- varausvaihe
 - usein kilpaillaan varauksista
 - törmäyksiä, mutta vähän
- lähetyksvaihe
 - kaikki varanneet lähettävät sanomansa
- hyvin paljon erilaisia versioita
 - etenkin satelliittiyhteyksille

Kanavan jakoprotokollat

- TDMA
 - aikajako
 - asemalla oma aikaviipale
- FDMA
 - taajuusjako
 - asemalla oma taajuusalue
- CDMA
 - koodijako
 - asemalla oma koodi
 - asemat voivat lähettää yhtäaikaan!

CDMA (Code Division Multiple Access)

- yksi kanava
 - usea samanaikainen lähetyks
 - kukin koko kanavan taajuudella!
- yhden bitin lähetyksaika jaetaan pienempiin osiin (aikasiruihin)
 - » 64 tai 128 sirua bittiä kohden
- kullakin asemalla oma 'sirukuvio' 1-bitin lähetykseseen
 - » (0-bitti on tämän yhden komplementti)

Esimerkiksi

- aseman A 1-bitti: 00011011
0-bitti: 11100100
 - aseman B 1-bitti: 00101110
0-bitti: 11010001
 - aseman C 1-bitti: 01011100
0-bitti: 10100011
 - aseman D 1-bitti: 01000010
0-bitti: 10111101
- Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua

Kaikki bittikuviot parittain ortogonaalisia

- $A \cdot B = 0 = 1/m \sum A_i B_i$ (sisätulo)
- $A \cdot A = 1$
- $-A \cdot A = -1$
- \Rightarrow yhteissignaalista löydetään eri asemien omat lähetykset

3.4.2001

37

- kukin asema lähettää omat 1-bittinsä ja 0-bittinsä
- kun moni lähettää samanaikaisesti tuloksena on yhteissignaali S.
 - » lähetettyjen signaalien 'summa'
- aseman datan 'purkaminen' yhteissignaalista
 - » A = aseman oma bittikuvio
 - » $S \cdot A$ tuottaa aseman lähettämän bitin
 - kerrottuna bitin aikasirujen lukumäärällä

3.4.2001

38

Esimerkki

- » merkintä 1 = 1, 0 = -1,
- » helpompi laskea yhteen

- $S = (-2 -2 0 -2 0 -2 4 0)$
- $C = (-1 1 -1 1 1 1 -1 -1)$
- $S \cdot C = (2 -2 0 -2 0 -2 -4 0)$
= -8 \Rightarrow -1
- eli C lähetti 0-bitin

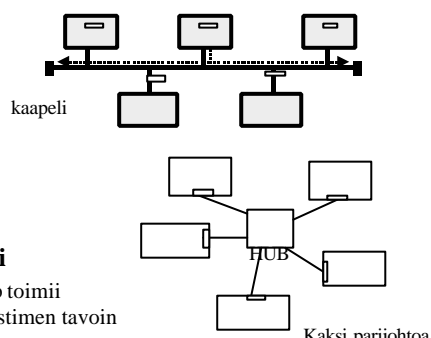
3.4.2001

39

5.5 Ethernet-lähiverkko

- Yleisin lähiverkkoteknologia
 - IEEE:n standardoima LAN-verkko
 - CSMA/CD (kuulosteluväylä)
 - Muita lähiverkkostandardeja
 - esim.
 - Token ring (vuororengas)
 - FDDI
 - WLAN (langaton lähiverkko)
- ei käsitellä tällä kurssilla**

Eetteriverkon rakenne

- väylä
 
- ◆ tähti
 - hub toimii toistimen tavoin

Kaapelit

- 10Base2 ohut kaapeli
 - » 10 \Rightarrow 10 Mbps
 - » Base \Rightarrow kantataajuus
 - » 2 \Rightarrow 200 m
- 10Base-T kierretty pari & central hub
 - » helppo hallita, kallis, suosio kasvaa
- 10Base-F valokaapeli
 - » kallis, luotettava, tehokas
- 100Base-T, 100 Base-F
 - » Fast Ethernet

Lyhyet etäisyydet, pieni määrä laitteita

- sovittimesta keskittimeen (hub) maks. 100 m
- väylä
 - pituus maks. < 200 metriä,
 - syynä vaimeneminen
 - solmuja maks. 30 kpl
 - syynä CSMA/CD => liikaa törmäyksiä
 - maks. 5 väylää voidaan yhdistää **toistimilla**
 - => ~1000 m, 150 laitetta
- valokuitua käytettäessä hieman pitemmät etäisyydet

3.4.2001

43

Signaalin koodaus

- Manchester-koodaus
 - tahdistus
 - » **jännitteen muutos keskellä bittiä**
 - ei kellopulsseja
 - mutta lisää kaistanleveyttä
- **CSMA/CD**
- jos väylä vapaa, lähetetään heti
- muuten jäädytään odottamaan ja lähetetään heti linjan vapauduttua
- entä kun tapahtuu törmäys?

3.4.2001

44

Törmäyksen jälkeinen uudelleenlähetys

- **Binary exponential backoff**
 - törmäyksen jälkeen aika jaetaan lokeroiksi
 - 51.2 μ s vastaten 512 bittiä eli 64 tavua
 - 1. törmäyksen jälkeen asema odottaa satunnaisesti joko 0 tai 1 lokeron ajan ennen kuin yrittää uudelleen
 - 2. törmäyksen jälkeen odotus on 0, 1, 2 tai 3 lokeroa
 - n. törmäyksen jälkeen valitaan odotusaika väliltä:
0 - 2ⁿ⁻¹ lokeroa
 - 10. törmäyksen jälkeen väliä [0-1023] ei enää kasvateta
 - 16. törmäyksen jälkeen luovutetaan ja ilmoitetaan 'asiakkaalle' (eli verkkokerrokselle) epäonnistumisesta

- binäärinen eksponentiaalinen perääntymien on joustava
 - kuorma kasvaa => väli kasvaa
- vaihtoehtona kiinteä valintaväli
 - » aina [0- 1023]
 - » aina [0-1]
 - » aina [a-n]
- entä suorituskyky?

3.4.2001

46

Ethernet-kehys

preamble	Destin. address	Source address	type	data	CRC
8 B	6 B	6 B	2 B	46-1500 B	4 B

3.4.2001

47

MAC-protokolla

- tahdistuskuvio (preamble)
 - » 7 tavua 10101010 tahdistusta varten
 - » kehyksen alku 10101011
- kohde- ja lähdeosoitteet
 - » osoitteessa 6 tavua (tai 2 tavua)
 - » 0xxxxx... yksilöosoite
 - » 1xxxxx ... ryhmäosoite
 - » 11111 kaikkia
 - » yksi bitti: paikallinen vai globaali osoite

3.4.2001

48

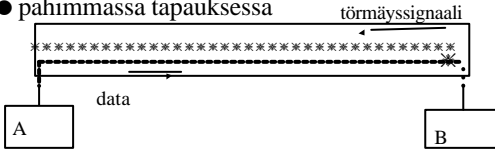
kehiksen pituus

- 64-1500 tavua
 - kehyksen pituus **vähintään 64 tavua**
 - » tarvittaessa täytettä (PAD)
- **jotta lähettäjä ehtii havaita kehyksen törmäyksen**
 - kehyksen lähetys ei saa päättyä ennen kuin alku on perillä ja mahdollinen törmäysääni kuuluu
 - alku perillä => loppukin onnistuu

3.4.2001

49

Väylää kuunneltava

- pahimmassa tapauksessa 
 - törmäyssignaali
- => kehyksen lähetysten minimikesto:
2*etenemisviive väylällä

3.4.2001

50

- 10 Mbps
 - LAN-pituus korkeintaan 2500 m
 - toistimia korkeintaan 4
 - lähetysten kestettävä ainakin 51.2 µs
 - eli 64 tavua

3.4.2001

51

Ethernetin hyvät puolet

- yleisesti käytetty
- yksinkertainen protokolla
- asemien lisääminen helppoa
- passiivinen kaapeli,
- ei modeemia,
- kevyellä kuormalla lähetysviive nolla

3.4.2001

52

Ethernetin huonot puolet

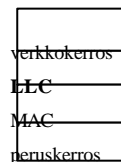
- analoginen törmäyksen havaitseminen
- pienin kehys 64 tavua
 - => yleisrasitetta, jos sanomat lyhyitä
- epädeterministinen
- ei prioriteetteja
- raskas kuorma
 - => törmäyksiä => suoritusnopeus laskee

3.4.2001

53

LLC (Logical Link Control)

- LAN-verkot
- vuonvalvonta, virhevalvonta, yhtenäinen rajapinta erilaisiin verkkoihin
- ~ OSI-malli, HDLC
- Palvelut:
 - epäluotettava datasäikepalvelu,
 - luotettava datasäikepalvelu,
 - luotettava yhteydellinen palvelu



3.4.2001

54

5.6 Silta (bridge)

- LAN-verkkojen yhdistäminen
- keskittimillä (hub)
 - » toistin, toimii perustasolla, käsittelee bittejä
 - » lähettää vastaanottamansa bitit kaikille muille
 - » yhteinen törmäysalue => vain pieniin verkkoihin
 - » vain samanlaisiin verkkoihin
- silloilla
 - » linkkitason olio
 - » voi **periaatteessa** yhdistää myös erilaisia verkkoja
 - mitä erilaisempia sen hankalampaa

Käyttötarpeita

- osastoverkot
- maantiede: hajautus
- etäisyydet: yhdistäminen
- kuormituksen jakaminen
- häiriöiden rajoitus paikalliseksi
- suojaus: lähiverkkojen looginen eristäminen

3.4.2001

56

Sillan portit

- Lähiverkko liitetään siltaan **portin** kautta
 - yksinkertaisissa silloissa vain kaksi porttia
 - monipuolisissa useita
- Portti
 - MAC-piiri
 - noudattaa lähiverkon protokollaa
 - esim. CSMA/CD
 - ohjelmisto
 - huolehtii alustuksesta
 - puskurin hallinnasta

Tuntumaton silta

(transparent bridge, spanning tree bridge)

- tavoitteena tuntumattomuus
 - » 'plug and play'
 - ei mitään muutoksia laitteistoon, ohjelmistoon
 - ei reititystaulujen ja parametrien asettelua
 - ei vaikuta itse LANien toimintaan
- tuntumaton silta
 - vastaanottaa kaikki siihen kytketyiltä LANeilta tulevat kehykset
 - joko hylkää tai reitittää edelleen

3.4.2001

58

- Tuntumaton silta
 - tekee itse kaikki reititysratkaisut
 - silta alustaa itse itsensä
 - silta sopeutuu dynaamisesti verkon muutoksiin
- eri LANeista voi tulla sanomia yhtäaikaan
 - talletetaan puskuureihin
- edelleen lähetettävistä sanomista valmistetaan niiden kohdeverkkoa vastaava kehys

3.4.2001

59

Sillat reitittävät kehykset toisiin LANeihin

- siltojen reitittaulut

	laitte-osoite	portti
A		1
B		1
C		2
D		2
E		2

Jokaisella laitteella oma yksikäsitteinen osoite

Silta B1

Silta B2

Reittitaulut

- Alkutilanteessa kaikkien siltojen reittitaulut ovat tyhjiä
- reittitaulua päivitetään aina, kun kehys saapuu
- vanhentuneet tiedot poistetaan
 - ajastin laukeaa

3.4.2001

61

Silta käsittelee kaikkia kehukset:

Kehys: lähdeLAN X; kohdeLAN Y; tuloportti I;

- X, Y reittitaulussa
 - X ja Y samassa **portissa** => hylkää kehys
 - X ja Y eri **porteissa** => lähetä eteenpäin
 - päivitä X, I
- X ei taulussa
 - lisää X, I => silta oppii (**backward learning**)
- Y ei taulussa
 - lähetä Y kaikista muista porteista => tulvitus
 - päivitä X, I

3.4.2001

62

Tulvitus (flooding)

- tulvitus on ongelma
 - sanomat jäävät kiertämään silmukoissa
 - koko verkko tukkeutuu
- **siis silmukoita ei saa muodostua!**
 - eli verkon loogisen rakenteen pitää olla puu
 - muodostetaan verkolle virittävä puu (spanning tree)

3.4.2001

63

Virittävä puu

- sillat muodostavat ja ylläpitävät
 - valitse juuri
 - silta, jolla pienin sarjanumero
 - valitse kustakin sillasta/ LAN:ista lyhin reitti juureen
 - => **virittävä puu**
 - muut sillat jäävät käyttämättä
 - tulvitus vain **virittävän puun siltoja pitkin**

3.4.2001

64

Siltojen edut

- verkkojen ja asemien määrää helppo kasvattaa
- erilaisia lähiverkkoa
- sillat eivät näy ylemmille kerroksille
- voidaan kerätä tietoja ja säädellä pääsyä
- luotettavuus ja suorituskyky kasvaa

3.4.2001

65

Siltojen haitat

- sillat puskuroivat ja aiheuttavat viivettä
- ei vuonsäätelyä => sillan kapasiteetti voi ylittyä
- kehysrakenteen muuttaminen => virheitä jää havaitsematta
- **Yleisesti edut selvästi suuremmat kuin haitat**

3.4.2001

66

4.5 Erittäin nopeat lähiverkot (High-speed LANs)

- nopeus >> 10 Mbps, 100 Mbps - Gbps
- eri ratkaisuja
 - **Fast Ethernet, Gigabit Ethernet**
 - FDDI, HIPPI, WLAN, atm, jne
- Näitä ei käsitellä kursilla!

3.4.2001

67

Linkkitason protokollia

- Linkkitason protokollia on useita
 - **HDLC** (High-level Data Link Control)
 - useita, enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeavia yhteensopimattomia versioita
 - käsitellään jonkin verran harjoituksissa
 - **PPP** (Point-to-Point Protocol)
 - soittoyhteys modeemin tai ISDN:n kautta tietokoneeseen
 - yleisimmin käytettyjä linkkiprotokollia

3.4.2001

68

5.8. PPP (Point-to-Point Protocol)

- IETF:n vaatimuksia
 - hyvin toimiva kehystys
 - kehysten virhetarkistus (virheellinen kehys tuhotaan!)
 - havaitsee, jos yhteys ei toimi ja ilmoittaa tästä verkkokerrokselle
 - useat verkkokerroksen protokollat voivat käyttää
 - verkko-osoiteista sopiminen mm. IP-osoitteet neuvoteltavissa yhteyden muodostuksen aikana
 - autentisointi mahdollista
 - ei vuonvalvontaa

3.4.2001

69

PPP-kehys

Tavuja	1	1	1	1-2	vaihtelee	2-4	1
	01111110	osoite	kontrolli	protokoll	data	CRC	01111110

- **lipputavu 01111110**,
 - character stuffing, DLE = 01111110
- **osoitekenttä aina 11111111** (=yleislähetys)
- **kontrollikenttä aina 00000011**
 - osoite- ja kontrollikenttä voidaan jättää kokonaan pois
- **protokolla: mille protokollalle data on tarkoitettu**
 - esim. IP, IP:n Control Protocol, PPP:n Link Control Protocol
- **data: sisältää yleisimmälle protokollalle tarkoitettua dataa**
 - maksimi sovitaan, oletusmaksimi 1500 tavua
- **CRC: tarkistusbitit;**

● LCP (Link Control Protocol)

- » muodostaa ja testaa linjayhteyksiä
- » neuvottelee yhteyden ominaisuuksista
- » purkaa yhteyden, kun sitä ei enää tarvita
- » vrt. TCP-yhteys

● NCP (Network Control Protocol)

- » neuvottelee verkkokerroksen optioista
- » oma NCP kullekin verkkoprotokollalle
- » TCP/IP: tärkein tehtävä IP-osoitteen antaminen päättelle dynaamisesti

3.4.2001

71

Yhteydenotto PPP:llä

- **soitto modeemilla reitittimeen**
 - » fyysinen yhteys
- **PPP-parametrien valinta**
 - » LCP-paketteja vaihtamalla
- **verkkokerroksen konfigurointi**
 - » TCP/IP: IP-osoitteen antaminen PC:lle
 - » PC => tilapäinen Internet isäntäkone
- **PC voi lähettää ja vastaanottaa tavallisen isäntäkoneen tapaan**

3.4.2001

72

Yhteyden purku

- NCP purkaa verkkoyhteyden ja vapauttaa IP-osoitteen
- LCP purkaa siirtoyhteyserroksen

3.4.2001

73

Linjayhteyden muodostus

- Dead
 - » ei kantaaltoa, ei peruserroksen yhteyttä
- Established
 - » peruserroksen yhteys muodostettu
 - » sovitaan LPC-optioista
- Authenticate
 - » osapuolet varmistuvat toistensa identiteetistä
- Network
 - » NCP konfiguroi verkkokerroksen

3.4.2001

74

- Open
 - » tiedonsiirto voi alkaa
- Terminate
 - » kun tiedonsiirto suoritettu => lopetustilaan
 - » tästä palataan alkutilaan lopettamalla kantaaltoa

3.4.2001

75

LPC-pakettityypit

- optioista ja niiden arvoista sopiminen
 - Configure-
 - » request ehdotettuja optioita ja arvoja
 - » ack kaikki hyväksytään
 - » nak optioita, joita ei voida hyväksyä
 - » reject optioita, joista ei voida neuvotella
- linjan sulkeminen
 - Terminate-
 - » request linjan sulkemispyyntö
 - » ack OK, linja suljetaan

3.4.2001

76

- tuntemattomat sanomat
 - Code-reject tuntematon pyyntö
 - Protocol-reject tuntematon protokolla
- linjan testaus
 - Echo-request palauta tämä kehys
 - Echo-reply tässä kehys takaisin
 - Discard-request hylkää tämä testisanoma

3.4.2001

77

Pääsy Internetiin

- Modeemilla puhelinverkon yli
 - » modeemi muuttaa tietokoneen digitaalisen datan analogiseen muotoon
 - » lähinnä tiedonsiirto tilaajasilmukan yli
 - » tiedonsiirtonopeus < 56 Kbps
- ISDN-teknologia käyttäen
- ADSL (asymmetric digital subscriber line)
 - » kehittynyt modeemitekhnologia => 8 Mbps
- Kaapeli-TV
 - kaapelimodeemi, yleislähetys

Pääsy Internetiin

- lähiverkko (LAN)
 - Ethernet
 - Token Ring
 - langaton lähiverkko
- matkapuhelin
 - WAP
 - GPRS,UMTS
- muut langattomat esim. VSAT

3.4.2001

79

Modeemi

- muunnokset digitaalisen ja analogisen signaalin välillä
- kehittynyt modeemi moduoli
 - amplitudia
- vaihetta

3.4.2001

80

Modeemeja

- QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
 - » 9600 bps 2400 baudin linjalla, 16 eri 'tasoa'
- V.32bis
 - » 14 400 bps 2400 baudin linjalla, 64 tasoa => 6 bittiä
 - » faksi
- V.34
 - » 28 800 bps
- pienikin linjahäiriö tuhoaa monta bittiä!

3.4.2001

81

Paikallissilmukka valokaapelia!

- tulevaisuudessa nykyinen puhelinliitäntä (~3 k Hz) ei riitä
 - Video on Demand
- ratkaisuja:
 - valokaapeli joka kotiin
 - TV-kaapeli; tulee jo joka kotiin
 - xDSL
 - laajakaista langatonyhteys

3.4.2001

82

xDSL-modeemit

- digitaalinen paikallissilmukka (Digital Subscriber Loop)
 - kierretyn parin kaistanleveys >> 4000Hz
 - » 4000 Hz:n rajoitus puhelintekniikasta
- useita hieman erilaisia ratkaisuja
 - ADSL
 - HDSL
 - VDSL

3.4.2001

83

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop)

- kaksi eri nopeutta
 - hidas tilaajalta palvelulle (esim. tilausvideo)
 - nopea palvelulta tilaajalle
- samanaikainen puhelin- tai ISDN-yhteys
- "monimutkainen erittäin kehittynyt modeemi"

3.4.2001

84

ISDN

- yhdistää ääni- ja datapalvelut
 - ääni, kuva, data erikseen tai yhdessä
- päästä-päähän digitaalinen
 - digitaalinen 'bittiputki'
- evolutionäärinen kehitys
 - N-ISDN (Narrowband ISDN)
 - 64 kbps
- hyvin suurisuuntainen hanke aikanaan

3.4.2001

85

ISDN-tulevaisuus?

- massiivinen yritys
- runsaasti standardointia
 - » kestänyt yli 10 vuotta
- tekninen kehitys ajoi ohi
 - » 64 kbps \leftrightarrow 10 Mbps
- Internet-käyttö
 - » 2B+D \Rightarrow 144 kbps \sim 28.8 kbps



3.4.2001

86

B-ISDN (Broadband ISDN)

- nopeus 155 Mbps
- ATM-teknologia
 - pakettikytkentä virtuaalipiiri
 - kiinteän kokoisia paketteja eli soluja
- mullistus aikaisempaan
 - piirikytkentä
 - kytkintekniikka
 - tilaajasilmukka (local loop)



3.4.2001

87

Matkapuhelimet, taskutietokoneet

- GSM
- WAP
- GPRS (General Packet Radio Service)
- I-MODE (japanilainen puhelin Internetin käyttöön)
- taskutietokoneet
 - PALM

3.4.2001

88

Yhteenveto

- Sovelluskerros: sovelluksen tarpeet
 - HTTP, DNS, SMTP
- Kuljetuskerros: sanomien kuljetus prosessien välillä luotettavasti
 - TCP: virheet, vuonvalvonta, ruuhka; UDP
- Verkkokerros: reititys koneiden välillä
 - IP, osoitteet, reititysprotokollat
- Siirtoyhteyskerros: kahden solmun välillä
 - MAC: CSMA/CD, CDMA; PPP
 - Ethernet, silta

Kiitos kestävyydestä!

