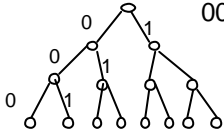


Osoitteen

1. bitti
2. bitti
3. bitti
- jne



Kun $n = 32$ ei ole tarpeeksi nopea nykyisiin runkoreitittimiin!

- content addressable memory (CAM)
- välimuistin käyttö

Kytkeäosa

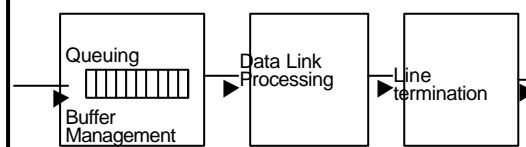
- **Kytkeä muistin kautta**
 - portit tavallisia käyttöjärjestelmän I/O-laitteita
 - keskeytys ilmoittaa paketin saapumisesta
 - CPU kopioi paketin sisääntuloportista muistiin
 - CPU tutkii osoitteen ja reitistystaulusta etsii vastaavan ulosmenoportin
 - CPU kopioi paketin muistista tähän ulosmenoporttiin
 - muistin saant nopeus rajoittaa toimintaa
- **nykyiset reitittimet**
 - käyttävät linjakortin omia prosessoreita

13.2.2002 • Memory shared multiprocessors 50

- **Kytkeä väylän kautta**
 - sisääntuloportit siirtävät paketin väylän kautta suoraan oikeaan ulosmenoporttiin
 - vain yksi paketti kerrallaan voi kulkea väylässä
 - jos väylä on varattu, paketti joutuu odottamaan
 - väylän nopeus rajoittaa kytkentänopeutta
 - Gbps nopeudet riittävät LANeille ja yritysverkoilla
- **Kytkeä kytkentäverkon kautta**
 - ristikkäinkytkin (crossbar switch)
 - $2N$ väylää, jotka yhdistävät N sisääntuloporttia N :ään ulosmenoporttiin
 - voivat tukkeutua => odotusta sisäänmenoportissa
 - Cisco 12000: 64 Gbps

Ulosmenoportit

Ulosmenoportti lähettää paketin taas seuraavaan verkkoon

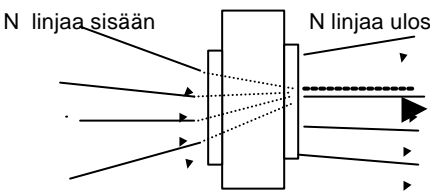


13.2.2002 52

Jonotus reitittimessä

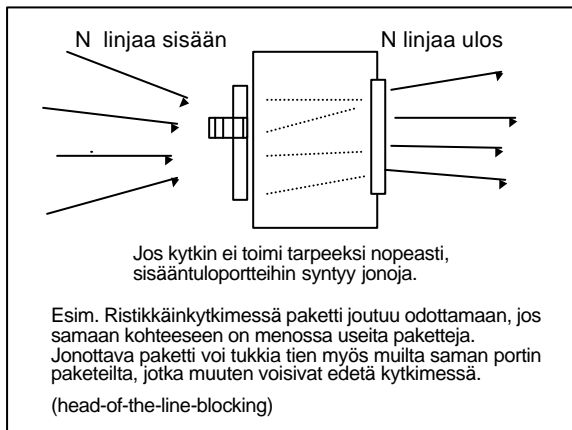
- **Sekä sisäänmeno- että ulostuloporttiin voi syntyä jonoa**
 - näissä jonoissa reititin voi kadottaa paketteja, kun puskuritila ei enää riitä
 - se kummassa jonossa paketit katoavat, riippuu kytkimen ja linjan nopeuden suhteista
 - jonoa voi syntyä myös, koska useasta lähteestä pyritään samaan kohteeseen

13.2.2002 53



Kytkin toimii riittävällä nopeudella, joten sisääntulossa ei tarvitse jonottaa.

Yhdelle linjalle liian paljon liikennettä => ulosmenoportin puskuritila täyttyy ja paketteja katoaa!



4.3. Internetworking

- **verkot erilaisia: nyt ja aina**
 - palvelu: yhteydellinen / yhteydetön
 - osoittaminen: yksitasoinen / hierarkkinen
 - monilähetys/yleislähetys
 - pakettin koko
 - toiminnot :
 - palvelulaatu (qos) , virheiden käsittely, vuonvalvonta, ruuhkanvalvonta, turvaus ja laskutus
 - protokolla

13.2.2002 56

- **ongelmana on erilaisten toiminnallisuuden yhteensopivuus**
 - luotettavuus
 - ruuhkan valvonta
 - kuittaukset
 - toimitusaikatakuut

13.2.2002 57

Yhteydettömien verkkojen yhdistäminen

- **verkkokerroksen protokollien oltava (lähes) samoja**
- **osoittaminen**
 - IP: 32-bittinen osoite
 - OSI: puhelinnumeron kaltainen osoite
 - osoitteiden yhteensovittaminen?
 - globaalisosioiteavaruus? standardi?

13.2.2002 58

Pakettien paloittelu (fragmentation)

- **kaikissa verkoissa paketilla jokin maksimikoko**
 - laitteisto (TDM-viipaleen pituus)
 - käyttöjärjestelmä (käytetty puskurinkoko)
 - protokolla (pituuskentän bittien lukumäärä)
 - standardinmukaisuus
 - virheistä johtuvan uudelleenlähetysten vähentäminen
 - tasapuolisuuden tavoite
- **48 tavua (atm) => 65515 tavua (IP)**

13.2.2002 59

Liian iso paketti verkkoon

- **liian iso paketti paloittelaa yhdyskäytävässä**
- **missä paketti kootaan?**
 - samassa verkossa, missä paloiteltiin
 - kaikki paketit ohjattava samaan yhdyskäytävään
 - jatkuva pilkkomista ja kokoamista!
 - vasta määränpäässä
 - pieni pakettikoko => lisää yleisrasitetta
 - kaikkien solmujen kyettävä kokoamaan paketteja

13.2.2002 60

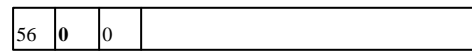
Pakettien kokoaminen

- **edellyttää palojen 'numerointia'**
 - on tiedettävä, mikä paketti mikä osa on kyseessä
- **kaikissa paloissa alkuperäisen pakettin tunnistus + sijainti paketissa**
 - sijainti: pakettiin kuuluvan ensimmäisen tavun sijainti alkuperäisessä paketissa
- **lisäksi tieto, onko pala pakettin viimeinen**

13.2.2002

• tai tiedettävä pakettin pituus

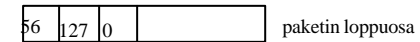
61



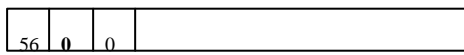
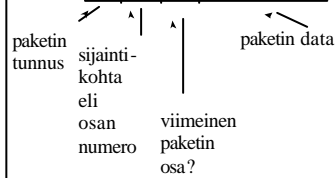
alkuperäinen paketti



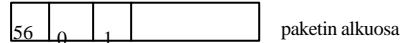
paketin alkuosa



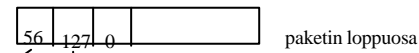
paketin loppuosa



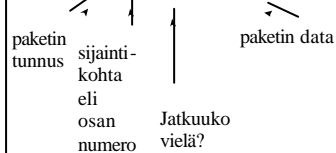
alkuperäinen paketti



paketin alkuosa



paketin loppuosa

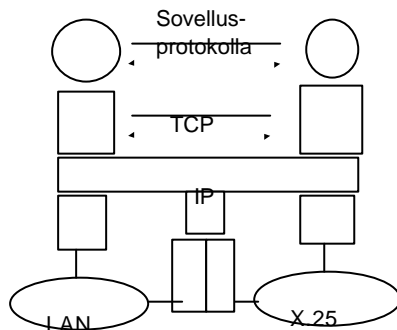


4.4. Internetin verkkokerros

- **Internet**
 - on kokoelma 'itsenäisiä' aliverkkoja eli autonomisia järjestelmiä (AS, Autonomous Subsystem)
 - joita yhdistää runkolinjat
- **IP-protokolla**
 - verkkotason protokolla, joka pitää Internetin koossa
 - tavoite: kuljettaa paketti (datasäike, datagram) lähteestä kohteeseen yli kaikkien välissä olevien erilaisten verkkojen

13.2.2002

64



IP kuljettaa lähdekoneelta kohdekoneelle

- **Tässä tehtävässä tarpeen:**
 - osoitteet
 - kuljetuskerroksen protokolla
 - liian ison datasäikeen paloittelu
 - 'eksyneiden' pakettien hävittäminen (time-to-live)
 - tarkistukset (checksum)
- **hyviä lisäominaisuuksia (?)**
 - kuljetuspalvelun eriyttäminen (type of service)
 - lisäpiirteitä: lähdereititys, tieto kuljetusta reitistä,

13.2.2002

66

IP-protokolla

• IP-datasähke

- otsake
- dataosa

• otsake

- 20 tavun kiinteä osa
 - tunnistiedot, pituustiedot, tarkistusbitit (-summa)
 - osoitteet, minkä kuljetusprotokollan sanoma
 - liian pitkän paketin paloittelu ja kokoaminen
 - erilaisen palvelun tarjoaminen eri sovelluksille
- vaihtelevan mittainen valinnainen osuus
 - lisäoptioita

13.2.2002

67

		TOS	
Tunniste		Flag	Siirtymä
Elinaika	Protokolla	otsakkeen tarkistussumma	
Lähtäjän IP-osoite			
Vastaanottajan IP-osoite			
Optiot (jos on käytössä)			
data			

IPv4 - datasähke

Versio	HL	TOS	Datasähkeen pituus (tavuja)	
Tunniste		Flag	Siirtymä	
Elinaika	Protokolla	otsakkeen tarkistussumma		
Lähtäjän IP-osoite				
Vastaanottajan IP-osoite				
Optiot (jos on käytössä)				
data				

IPv4 - datasähke

IP-otsakkeen kentät

• Versio IPv4 (IPv6)

• IHL

- otsakkeen pituus vähintään viisi 32 bitin sanaa (20-60 tavua)

• type of service (8 bittiä)

- kertoo halutun palvelun
 - nopeus, luotettavuus, kapasiteetti
 - ääni <-> tiedostonsiirto

- yleensä ei käytössä (käytössä uusissa Cisco-reitittimissä)

13.2.2002

70

Type of service -bitit:

- presedence-kenttä (3 bittiä)

- sanoman **prioriteetti** 0-7
 - 0 normaali
 - 7 verkon valvontapaketti

- D-bitti, T-bitti, R-bitti

- mikä on tärkeää yhteydessä
 - D: viive (Delay),
 - T: läpimeno (Throughput)
 - R: luotettavuus (Reliability)

- lisäksi vielä 2 käyttämätöntä bittiä

13.2.2002

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

• Datagram length

- koko datasähkeen pituus
- maksimi 65535 tavua
 - maksimipituus vielä riittävä, mutta tulevaisuuden nopeille verkoille jo ongelma
- yleensä koko 576 -1500 tavua

• Identification

- datasähkeen numero
- kaikissa saman datasähkeen osissa sama tunnus

13.2.2002

72

IP-otsakkeen kentät jatkuvat: liput

- **DF- bitti (Don't fragment)**
 - kieltää paloittelun
 - esim. jos vastaanottaja ei kykene kokoamaan datasähkettä
- **MF- bitti (More fragments)**
 - ilmoittaa, onko datasähkeen viimeinen osio vai tuleeko vielä lisää

13.2.2002

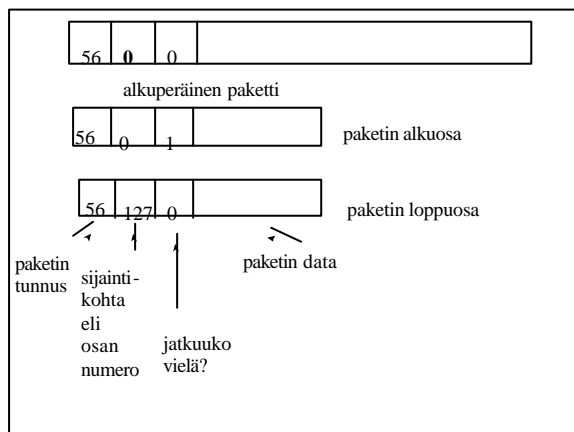
73

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- **Fragment offset**
 - osion paikka datasähkeessä
 - osioiden oltava 8 tavun monikertoja (paitsi viimeisen)
 - 13 bittiä => korkeintaan 8192 osiota yhdessä datasähkeessä
- **lisäksi 1 käyttämätön bitti**

13.2.2002

74



IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- **Time to live**
 - rajoittaa paketin elinaikaa
 - maksimi 255 sekuntia
 - vähenee
 - joka hypyllä reitittimestä toiseen
 - myös odottaessaan reitittimessä (ei yleensä)
 - paketti hävitetään kun laskuri menee nolllille
- **Protocol**
 - mille kuljetuskerrokselle kuuluu
 - esim. TCP- tai UDP-siirtoon kuuluva

13.2.2002

76

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- **Header checksum**
 - tarkistussumma lasketaan vain otsakkeelle
 - 16-bitin sanat lasketaan yhteen yhden komplementin aritmetiikalla
 - laskettava uudestaan joka reitittimessä
- **Source address, Destination address**
 - kohteen ja lähettäjän osoitteet muodossa
 - verkon numero ja isäntäkoneen numero = IP-osoite

13.2.2002

77

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- **Options**
 - vaihtelevan mittaisia
 - 1. tavu kertoo option koodin
 - voi seurata pituuskenttä
 - datakenttiä
 - täytettä jotta 4 tavun monikertoja
 - käytössä 5 optiota
 - mutta reitittimet eivät välttämättä ymmärrä

13.2.2002

78

Optiot

- **Security**
 - datasähkeen luottamuksellisuus ja salassapidettävyys
- **Strict source routing**
 - datasähkeen kuljettava tarkalleen annettua reittiä
- **Loose source routing**
 - kuljettava ainakin annettujen reitittimien kautta
- **Record route**
 - reitin varrella olevat reitittimet liittävät tunnuksensa
- **Timestamp**
 - tunnuksen lisäksi liitettävä myös aikaleima

13.2.2002

79

4.5. IP-osoitteet

- jokaisella verkon isäntäkoneella ja reitittimellä on oma yksikäsitteinen osoite muotoa
 - verkon numero
 - isäntäkoneen (liitännäkortin) numero
- **osoite on 32-bittinen**
 - osoitteen luokasta riippuen bitit jaetaan verkon numeroon ja isäntäkoneen numeroon eri tavoin
- **osoitteet palvelun tarjoajille jakaa ICANN**
(The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
 - nämä puolestaan jakavat muille

13.2.2002

80

osoitteet merkitään yleensä desimaalimuodossa

- kukin osoitteen neljästä tavusta kirjoitetaan desimaalilukuna (0-255)
- luvut erotetaan pisteillä
- esim.
 - heksadesimaaliosoite C0 29 06 14 on 192.41.6.20 eli C0 => 192, 29 => 41, 06 => 6, 14 => 20
- pienin osoite on 0.0.0.0 ja suurin 255.255.255.255

13.2.2002

81



IP-osoitteiden muodot (alkuperäinen luokallinen osoitus)

IP-osoitteiden luokat

- **A-luokka hyvin isoille verkoille**
 - 7 bittiä verkko-osoitteeseen, 24 bittiä isäntäkoneille
 - 126 verkkoa, 16 miljoonaa konetta/verkko
- **B-luokka keskikokoisille verkoille**
 - 14 bittiä verkoille, 16 bittiä koneille
 - 16382 verkkoa, 65528 konetta/verkko
- **C-luokka pienille verkoille**
 - 21 bittiä verkoille, 8 bittiä verkon koneille
 - noin 2 miljoonaa verkkoa, 254 konetta/verkko

13.2.2002

88

Osoiteluokkien ongelmia

- **verkon kasvu => ongelmia**
 - C-luokan verkossa max 256 osoitetta
 - liian vähän useimmille yrityksille => tarvitsevat B-luokan osoitteen tai monta C-luokan verkko-osoitetta
 - B-luokan verkkoja liian vähän (max 16382) ja niissä liian paljon osoitteita (max 65536)
 - 100000 verkkoa jo 1996!
 - useassa B-verkossa alle 50 konetta
- => **B-luokan osoitteita tuhlaantuu ja osoitteista pulaa**

13.2.2002

84

CIDR (Classless InterDomain Routing)

- verkko-osa voi olla minkä tahansa kokoinen (ei vain 8,16,24 bittiä)
 - a.b.c.d/x, jossa x ilmoittaa verkko-osan bittien lukumäärän
 - esim. yritykselle, jolla 2000 konetta varataan 2048 = 2^{11} koneosoitetta, jolloin verkko-osaa varten jää 21 bittiä
 - C-luokan verkkoja
 - yritys voi itse vielä jakaa koneosoitteen 11 bittiä aliverkko-osoitteeksi ja koneosoitteeksi

13.2.2002

85

CIDR-idea jatkuu

- jaetaan osoitteet neljään osaan, kukin osa varataan yhdelle maanosalle (Eurooppa, Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, Aasia+Pasific)
 - kullekin noin 32 miljoonaa osoitetta
 - 320 miljoonaa jää vielä varastoon
- reititetään myös maanosien mukaan
 - osoitteet 194.0.0.0 - 195.255.255.255 Eurooppaan
- => pienemmät reititustaulut

13.2.2002

86

Muita Internet-protokollia

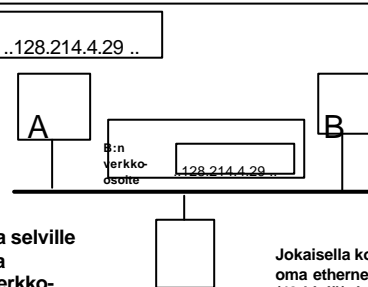
- **ICMP (Internet Control Message Protocol)**
 - verkon koneiden (reitittimien ja isäntäkoneiden) kommunikointiin esim. virhetilanteissa
- **ARP (Address Resolution Protocol)**
 - protokolla lähiverkon koneen verkko-osoitteen selvittämiseksi
- **OSPF (Open Shortest Path First)**
 - linkkitilareititykseen perustuva reititysprotokolla
- **BGP (Border Gateway Protocol)**
 - eri alueiden välinen reititysprotokolla
- **IPv6**
 - uudempi versio IP-protokollasta

- Näitä käsitellään Tietoliikenne II -kurssilla

13.2.2002

87

IP-paketissa on vain vastaanottajan IP-osoite



Pitää saada selville IP-osoitetta vastaava verkko-osoite.

Yleislähetyksenä kysely: "Kenen IP-osoite?"

Jokaisella koneella oma ethernet-osoite (48 bittiä), jota käytetään MAC-kehyksessä