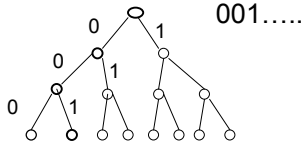


Osoitteen

- 1. bitti
- 2. bitti
- 3. bitti
- jne



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

- content addressable memory (CAM)
- välimuistin käyttö

Kytkentäosa

• Kytkentä 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

11/27/2002 • Memory shared multiprocessors

50

• Kytkentä väylän kautta

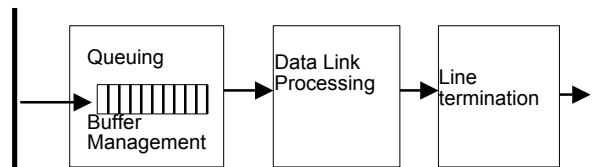
- sisääntuloportit siirtävät paketin väylän kautta suoraan oikeaan ulosmenoporttiin
- vain yksi paketti kerrallaan voi kulkea väylässä
- jos väylä on varattu, paketti joutuu odottamaan
- väylän nopeus rajoittaa kytkentänopeutta
 - Gbps nopeudet riittävät LANeille ja yritysverkoilla

• Kytkentä 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



11/27/2002

52

Jonotus reitittimessä

• Sekä sisäänmeno- että ulostuloporttiin voi syntyä jonoa

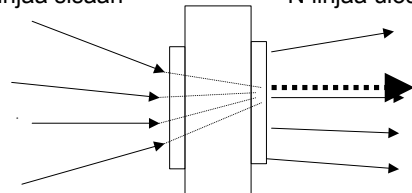
- näissä jonoissa reititin voi kadottaa paketteja, kun puskuritila ei enää riitä
- se kummassa jonossa paketit katoavat, riippuu kytkimen ja linjan nopeuden suhteista
- jonoa voi syntyä myös, koska useasta lähteestä pyritään samaan kohteeseen

11/27/2002

53

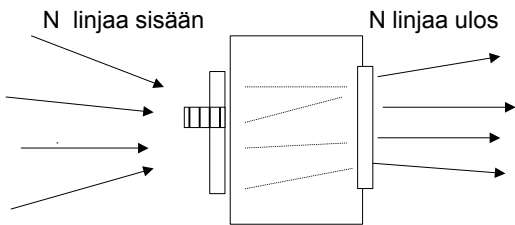
N linjaa sisään

N linjaa ulos



Kytkin toimii riittävällä nopeudella, joten sisääntulossa ei tarvitse jonottaa.

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



Jos kytkin ei toimi tarpeeksi nopeasti, sisääntuloportteihin syntyy jonoja.

Esim. Ristikkäinkytkimessä paketti joutuu odottamaan, jos samaan kohteeseen on menossa useita paketteja. Jonottava paketti voi tukkia tien myös muilta saman portin paketeilta, jotka muuten voisivat edetä kytkimessä.

(head-of-the-line-blocking)

4.3. Internetworking

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

11/27/2002

56

• ongelmana on erilaisten toiminnallisuuden yhteensopivuus

- luotettavuus
- ruuhkan valvonta
- kuittaukset
- toimitusaikatakuut

11/27/2002

57

Yhteydettömien verkkojen yhdistäminen

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

11/27/2002

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)**

11/27/2002

59

Liian iso paketti verkkoon

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

11/27/2002

60

Pakettien kokoaminen

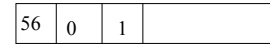
- **edellyttää palojen 'numerointia'**
 - on tiedettävä, minkä paketin mikä osa on kyseessä
- **kaikissa paloissa alkuperäisen paketin tunnistus + sijainti paketissa**
 - sijainti: pakettiin kuuluvan ensimmäisen tavun sijainti alkuperäisessä paketissa
- **lisäksi tieto, onko pala paketin viimeinen**

11/27/2002 • tai tiedettävä paketin pituus

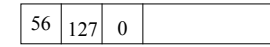
61



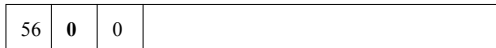
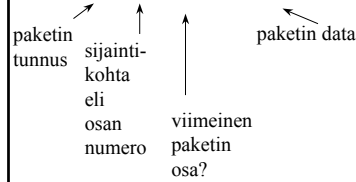
alkuperäinen paketti



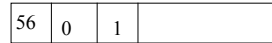
paketin alkuosa



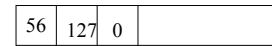
paketin loppuosa



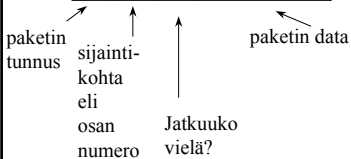
alkuperäinen paketti



paketin alkuosa



paketin loppuosa



4.4. Internetin verkkokerros

• Internet

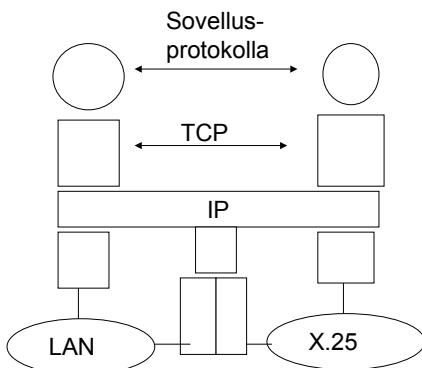
- on kokoelma 'itsenäisiä' aliverkkoja eli autonomisia järjestelmiä (AS, Autonomous Subsystem)
- joita yhdistää runkolinjat

• IP-protokolla

- verkkotason protokolla, joka pitää Internetin koossa
- tavoite: kuljettaa paketti (datasähke, **datagram**) lähteestä kohteeseen yli kaikkien välissä olevien erilaisten verkkojen

11/27/2002

64



IP kuljettaa lähdekoneelta kohdekoneelle

• Tässä tehtävässä tarpeen:

- osoitteet
- kuljetuserroksen protokolla
- liian ison datasähkeen paloittelu
- 'eksyneiden' pakettien hävittäminen (time-to-live)
- tarkistukset (checksum)

• hyviä lisäominaisuuksia (?)

- kuljetuspalvelun eriyttäminen (type of service)
- lisäpiirteitä: lähdereititys, tieto kuljetusta reitistä,

11/27/2002

66

IP-protokolla

• IP-datasähke

- otsake
- dataosa

• otsake

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

11/27/2002

67

		TOS	
Tunniste		Flag	Siirtymä
Elinaika	Protokolla	otsakkeen tarkistussumma	
Lähettäjän 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		
Lähettäjän 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)

11/27/2002

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

11/27/2002

71

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

11/27/2002

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 tulee ko vielä lisää

11/27/2002

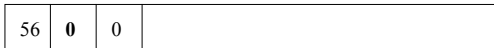
73

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

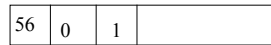
- **Fragment offset**
 - osion paikka datasähkeessä
 - osioiden oltava 8 tavun monikertoja (paitsi viimeisen)
 - 13 bittiä => korkeintaan 8192 osiota yhdessä datasähkeessä
- **lisäksi 1 käyttämätön bitti**

11/27/2002

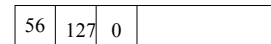
74



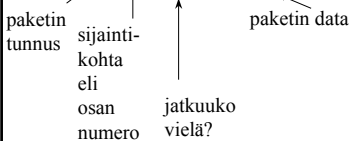
alkuperäinen paketti



paketin alkuosa



paketin loppuosa



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 nolille
- **Protocol**
 - mille kuljetuskerrokselle kuuluu
 - esim. TCP- tai UDP-siirtoon kuuluva

11/27/2002

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

11/27/2002

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

11/27/2002

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

11/27/2002

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

11/27/2002

80

• osoitteet merkitään yleensä desimaalimuodossa

- kukin osoitteen neljästä tavusta kirjoitetaan desimaalilukuna (0-255)
- luvut erotetaan pisteellä
- 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

11/27/2002

81

	0	8	16	24	31
A:	0	verkko-os.		koneosoite	
B:	10	verkko-osoite		koneosoite	
C:	110	verkko-osoite		koneos.	
D:	1110	monilähetysosoite			
E:	11110	varattu tulevaan käyttöön			

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

11/27/2002

83

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**

11/27/2002

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-osoiteeksi ja koneosoiteeksi

11/27/2002

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 reititystaulut

11/27/2002

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 -kursilla

11/27/2002

87

