

Internet-protokollia

- ◆ ICMP (Internet Control Message Protocol)
- ◆ ARP (Address Resolution Protocol)
- ◆ RARP (Reverse Address Resolution Protocol)
- ◆ OSPF (Open Shortest Path First)
- ◆ BGP (Border Gateway Protocol)
- ◆ IGMP (Internet Group Management Protocol)
- ◆ Mobile IP
- ◆ CIDR (Classless InterDomain Routing)
- ◆ IPv6

ICMP (Internet Control Message Protocol)

- ◆ Verkkoinformaation välittämiseen isäntäkoneiden ja reitittimien välillä
 - reitittimet ilmoittavat verkon ongelmista toisilleen
 - reitittimet ilmoittavat lähetysten kohtalosta isäntäkoneille
 - » "Destination network unreachable"
 - testauspakettien lähettäminen

-
- ◆ ICMP-sanomat kapseloidaan IP-paketteihin
 - TCP- ja UDP-segmenttien tavoin
 - IP-paketin protokollakentässä 'ICMP'
 - => paketti annetaan ICMP:n käsiteltäväksi
 - ◆ ICMP-sanomassa
 - tyyppi + koodi kertovat sanoman
 - 8 tavua sanoman aiheuttaneesta IP-paketista
 - ◆ jotta lähettäjä tietää, mikä paketti aiheutti sanoman

ICMP-sanomia

- ◆ Destination unreachable
- ◆ Time-To-Live exceeded
- ◆ Parameter problem
- ◆ Source quench
- ◆ Redirect
- ◆ Echo request, Echo reply
- ◆ Timestamp request, Timestamp reply

Summary of Message Types

- ◆ 0 Echo Reply
- ◆ 3 Destination Unreachable
- ◆ 4 Source Quench
- ◆ 5 Redirect
- ◆ 8 Echo
- ◆ 11 Time Exceeded
- ◆ 12 Parameter Problem
- ◆ 13 Timestamp
- ◆ 14 Timestamp Reply
- ◆ 15 Information Request
- ◆ 16 Information Reply

Type 3: Destination unreachable

Code

0 = net unreachable;

1 = host unreachable;

2 = protocol unreachable;

3 = port unreachable;

4 = fragmentation needed and DF set;

5 = source route failed.

6 = network unknown

7 = host unknown

Type 11:Time-To-Live exceeded

Sanoma hävitettiin, koska sen elinaika ehti kulua umpeen

Code

0 = time to live exceeded in transit;

1 = fragment reassembly time exceeded.

Type 12: Parameter problem

Virhe IP-otsakkeessa

- Sanomassa osoitin, joka kertoo virheellisen
- kohdan
 - » ilmoittaa virheellisen tavun
 - » esim. osoittimen arvo 1 kertoo, että vika on TOS-kentässä
- Sanoma lähetetään vain, jos IP-sanoma joudutaan virheen takia hävittämään

Type 4: Source quench

Tällä voidaan ilmoittaa lähettäjälle, että sen tulee vähentää lähettämistään

- reititin joutuu hävittämään paketteja puskuristaan
- vastaanottaja ei ehdi käsitellä paketteja sitä vauhtia kun niitä tulee

HUOM! Käyttöä ei suositella

- TCP-ruuhkanvalvonta
- TCP-vuonvalvonta

Type 5: Redirect

Reititin voi pyytää isäntäkonetta lähettämään sanoman toiselle reitittimelle

Code:

0 = Redirect datagrams for the Network.

1 = Redirect datagrams for the Host.

2 = Redirect datagrams for the Type of Service and Network.

3 = Redirect datagrams for the Type of Service and Host

Echo-sanomat

Type 0: echo reply

Type 8: echo request

Echo-pyyynnön sanoma tulee palauttaa echo-vastauksessa

- ping-ohjelma lähettää echo-pyyynnön koneelle ja pyynnön vastaanottanut kone palauttaa sen

Timestamp-sanomat

type 13: timestamp message

type 14: timestamp reply message

lähettäjä leimaa lähettäessään
ja vastaanottaja saadessaan ja
uudelleenlähettäessään

- The timestamp is 32 bits of milliseconds since midnight UT.

Traceroute-ohjelma

- ◆ Lähettää kohdekoneelle ICMP-sanomia, joissa TTL on 1, 2, 3,... sekuntia
 - reititin, jolla jonkin sanoman TTL loppuu, lähettää tästä ilmoituksen, jossa on reitittimen osoite ja aikaleima
- ◆ Lähettäjä saa näin selville kiertoajan ja reitittimen eli kuljetun reitin lähettäjältä kohdekoneelle

ARP (Address Resolution Protocol)

- ◆ muuttaa IP-osoitteen siirtoyhteyskerroksen osoitteeksi
 - lähiverkkoon liitetyt laitteet ymmärtävät vain LAN-osoitteita
 - » esim. eetteriverkon 48-bittisiä osoitteita
- ◆ yleislähetys lähiverkkoon
 - “Kenellä on IP-osoite vv.xx.yy.zz ?”
 - vastauksena osoitteen omistavan laitteen lähiverkko-osoite

◆ optimointia:

- kyselyn tulos välimuistiin
 - » talletetaan muutaman minuutin ajan
- kyselijä liittää omat osoitteensa kyselyyn
- alustettaessa jokainen laite ilmoittaa osoitteensa muille
 - » kysyy omaa osoitettaan
 - » jos tulee vastaus, niin konfigurointivirhe

-
- ◆ reitittimet eivät välitä ARP-kyselyjä
 - reititin vastaa itse ARP-kyselyihin (proxy ARP)
 - muihin verkkoihin menevät paketit lähetetään oletuspaikkaan, joka huolehtii niiden lähettämisestä

RARP (Reverse Address Resolution Protocol)

muuttaa lähiverkko-osoitteen IP-osoitteeksi

- **käynnistettäessä levytön työasema**
 - asema kysyy IP-osoitettaan yleislähetyksenä
 - “Lähiverkko-osoitteeni on xxxxx..xx. Mikä on IP-osoiteeni?”
 - RARP-palvelin vastaa kertomalla laitteen IP-osoitteen
- => kaikille laitteille voidaan käyttää samaa aloitustiedostoa

◆ reititin ei välitä RARP-viestejä

– joka verkossa oltava oma RARP-palvelin

– käytetään **BOOTP**-protokollaa

» käyttää UDP-viestejä, jotka reititin välittää toisiin verkkoihin

» lisäinformaatiota

- tiedostopalvelimen IP-osoite
- oletusreitittimen IP-osoite
- aliverkkomaski

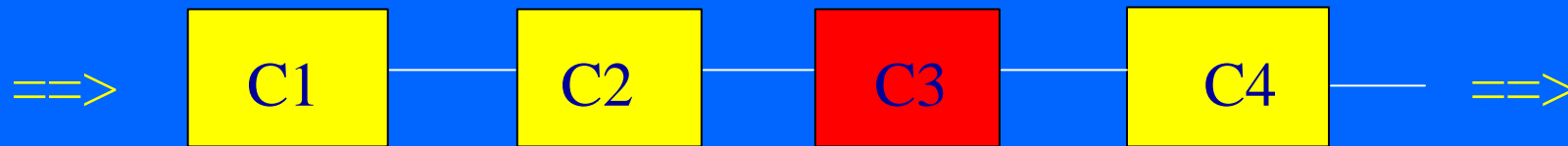
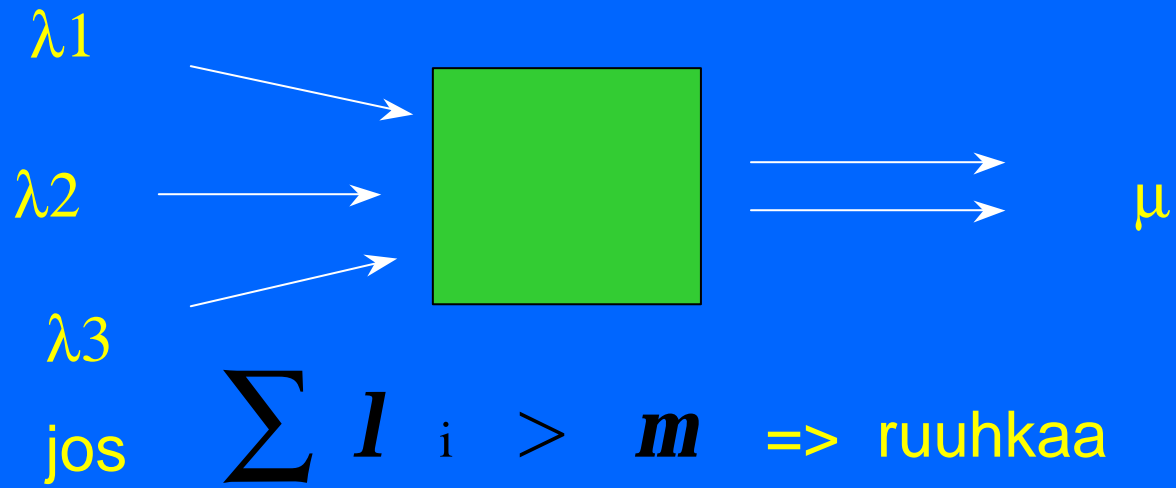
Ruuhkan valvonta verkkokerroksella

(Tanenbaum 5.3. ss. 374-393)

- ◆ yleistä ruuhkan valvonnasta
- ◆ ruuhkan estäminen
 - liikenteen tasoittaminen
 - » vuotava ämpäri, vuoromerkkiämpäri
 - » liikennevirran määrittely
- ◆ ruuhkan säätely
 - kuorman rajoittaminen
 - » pääsyvalvonta, hidastuspaketit
 - kuorman purkaminen
 - » pakettien tuhoaminen

Yleistä ruuhkasta

- ◆ suorituskyvyn rajat
 - palvelijaketju (reititin, linkki, reititin, ...)
 - ketjun maksimiteho korkeintaan hitaimman palvelijan teho
 - » suoritusteho: sanoma/aikayksikkö
 - hitain palvelija on pullonkaula
 - jos hitainta tehostetaan => missä / mikä on uusi pullonkaula?



Pullonkaularesurssi

ruuhkan valvonta \Leftrightarrow vuon valvonta

◆ ruuhkanvalvonta

- verkon selvittävä tarjotusta kuormasta
- globaali ongelma
 - » monta lähettäjä, monta vastaanottajaa

◆ vuonvalvonta

- lähettäjä ei saa lähettää enempää kuin vastaanottaja pystyy käsittelemään
- kaksipisteyhteys
 - » suora palaute vastaanottajalta lähettäjälle

'open-loop' control

- ◆ järjestelmä suunnitellaan sellaiseksi, ettei ruuhkaa synny
 - uuden asiakkaan hyväksyminen
 - pakettien hävittäminen
 - skedulointiperiaatteet
- ◆ järjestelmän tila ei vaikuta päätöksentekoon

'closed-loop' control

- ◆ palautesilmukka (feed back loop)
- ◆ seurataan järjestelmän tilaa
 - » puskurien täyttöaste
 - » uudelleenlähetyksen lukumäärät, viipeet, viipeiden vaihtelu
- ◆ ongelman havaittaja ilmoittaa
 - pakettien alkuperäiselle lähettäjälle, kaikille
- ◆ reitittimet aktiivisesti kyselevät
 - » nopeampi reagointi mahdollista

◆ lähetyssäätömuuttamisen muuttaminen ruuhkan vähentämiseksi

- liian hidas reagointi => ruuhka kasvaa
- liian nopea reagointi => heiluriliikettä

Toiminnan säätö ruuhkatilanteessa

- ◆ lisää kapasiteettia
 - kiintiön nostaminen
 - varajärjestelmän käyttö
- ◆ vähennä kuormaa
 - ei uusia käyttäjiä,
 - huonompi palvelu nykyisille käyttäjille
 - poistetaan käyttäjiä

Ruuhkan estäminen

- ◆ Minimoidaan ruuhkan mahdollisuus hyvällä suunnittelulla
 - protokollapinin eri tasoilla
- ◆ tasainen ja tunnettu liikennetarve
 - liikenteen tasoittaminen
 - liikennetarpeen määrittely etukäteen
 - » vuomääritys
 - » liikenteestä sopiminen

Ruuhkaan vaikuttavia tekijöitä

◆ siirtoyhteyskerros

- » uudelleenlähetyspolitiikka
- » epäjärjestyksessä saapuneiden talletuspolitiikka
- » kuittauspolitiikka
- » vuonvalvontapolitiikka

◆ verkkokerros

- » virtuaalipiiri \Leftrightarrow tietosähke
- » pakettien jonotuspolitiikka
- » pakettien poistamispolitiikka
- » reititysalgoritmi
- » pakettien elinikä

◆ kuljetuskerros

- » uudelleenlähetyspolitiikka
- » epäjärjestyksessä saapuneiden talletuspolitiikka
- » kuittauspolitiikka
- » vuon valvontapolitiikka
- » **ajastinaikojen asetukset**

Liikenteen tasoitus (traffic shaping)

- ◆ liikenne tyypillisesti purskeista
 - » aiheuttaa ruuhkaisuutta
- ◆ tasoitetaan liikennevirtaa puskurilla
 - » puskuri toimii jonona
 - vuotava ämpäri (leaky bucket)
 - vuoromerkkiämpäri (token bucket)
- ◆ liikennevirran määrittely
 - määrittelee asiakkaan oikeudet ja velvollisuudet

Vuotava ämpäri (leaky bucket)

- ◆ purskeisuutta tasoittaa iso puskuri, josta liikenne valuu tasaisesti
 - » ‘vuotava ämpäri’
 - » yksi tavu / yksi paketti lähtee jossain aikayksikössä, **jos on lähetettävää**
- ◆ jos datapurske mahtuu puskuriin, se aikanaan pääsee matkaan
 - » äärellinen jono
 - » yläraja saapumistiheydelle

Vuoromerkkiämpäri (Token bucket)

- ◆ lähettäminen vaatii vuoromerkin
- ◆ vuoromerkkejä generoituu tasaisella nopeudella
- ◆ jos ei lähetettävää, merkkejä jää säästöön
 - » korkeintaan niin paljon kuin ämpäriin mahtuu
 - » => sallii rajoitetut 'minipurskeet'
- ◆ joustavampi kuin vuotava ämpäri
 - » purskeet voivat aiheuttaa ruuhkaa => vuotava ämpäri vuoromerkkiämpäriin perään

Liikenteen määrittely (flow specification)

- ◆ sovitaan liikennevirrasta yhteyttä muodostettaessa
 - asiakas esittää kuorma- ja palvelutoiveet
 - palvelija: ok/ ei käy/ vastaehdotus
 - pyydetty palvelu
 - » pakettien katoamisen sietokyky (loss sensitivity): missä määrin asiakas sietää pakettien tuhoamista
 - » viiveherkkyys (delay, delay variation)
 - » takuu: onko toive vai ehdoton vaatimus
 - asiakas ei aina tiedä mitä todella haluaa!

Ruuhkan valvonta ja purkaminen

- ◆ Pääsyvalvonta (admission control)
- ◆ Hillintäpaketit (choke packet)
- ◆ Kuorman hävitys (load shedding)

Virtuaalikanavan ruuhkanvalvonta

- ◆ pääsynvalvonta (admission control)
 - » jos ruuhkaa, ei uusia virtuaalikanavia
 - » uusi kanava ok, jos kiertää ruuhka-alueen
- ◆ virtuaalikanavaa avattaessa
 - » sovitaan liikennekuormituksesta ja palvelun laadusta
 - » verkosta varataan tarvittavat resurssit
- ◆ resurssien varaus
 - milloin varataan, paljonko varataan
 - » liikenne on purskeista
 - » turha varaus tuhlaa resursseja

hillintäpaketti (choke packet)

- ◆ voidaan käyttää kaikenlaisissa verkoissa
- ◆ reititin tarkkailee kuormitusta

- » ulosmenolinjojen käyttöastetta

- » jonopituuksia

- » esim

$$U_{\text{new}} = aU_{\text{old}} + (1-a)f$$

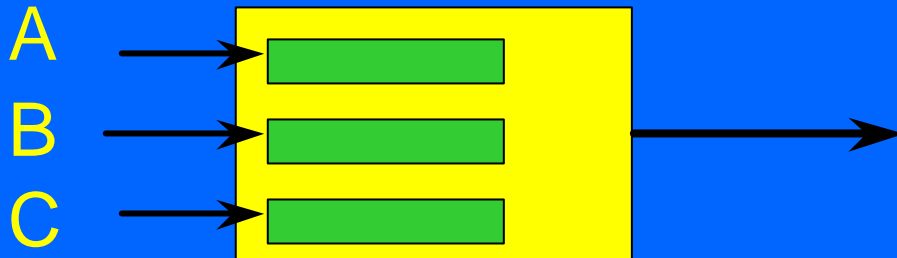
a kuinka nopeasti aikaisempi historia unohtuu

f kuormitettu vai ei (0 tai 1)

- ◆ jos liikaa kuormaa, reititin huolestuu
 - lähettäjälle hillintäpaketti
 - lähettäjä hidastaa lähetystään
 - » vähentää ensin puoleen
 - » ja sitten taas puoleen
 - perustuu vapaaehtoisuuteen
 - » reilu jonotus
- ◆ useita kynnyksarvoja
 - » lievä, vakava, erittäin vakava varoitus
- ◆ muita ruuhkan ‘mittoja’
 - » jonon pituus
 - » puskurikäyttö

Hillintäpaketin ongelmia:

- ◆ lähettäjän hidastus vapaaehtoisista
 - reilu jonotus:
 - » kullakin lähettäjällä oma jono jokaiseen ulosmenolinjaan



Lähetetään vuorotellen eri jonoista.

-
- ◆ Hillintäpaketin vaikutuksen hitaus pitkillä linjoilla
 - ◆ Ratkaisu:
 - ei pelkästään lähettäjälle
 - myös välissä olevat reitittimet alkavat hidastaa

Kuorman hävitys (Load Shedding)

- ◆ tuhotaan paketteja => kuorma kevenee
 - reititin täyttyy:
 - » mitä paketteja tuhotaan?



FTP: tuhotaan 8 => paketit 8-11 uudelleen
tuhotaan 11 => paketti 11 uudelleen
video: ?

◆ riippuu sovelluksesta

- » viini: vanha parempi kuin uusi
- » maito: uusi parempi kuin vanha

◆ eriarvoiset paketit

- » perusdata/muutokset
- » teksti / kuva

◆ käyttäjä ilmoittaa prioriteetin

- » arvokkaita ei tuhota
- » prioriteetin käytön valvonta: hinta/sallitun lähetyksen ylittävät paketit
- » IPv6:n prioriteetit

◆ paketti tuhottu, entä sanoma

- mitä tehdään ko. sanomalle