

## 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 lähetyksen 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-pyyntön sanoma tulee palauttaa echo-vastauksessa

- ping-ohjelma lähettää echo-pyyntön 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 siirtoyhteyserroksen osoitteeksi
  - lähiverkkoon liitetyt laitteet ymmärtävät vain LAN-osoitteita
    - » esim. ethernetin 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 yleislähetystenä
    - “Lähiverkko-osoitteeni on xxxxx.xx. Mikä on IP-osoitteeni?”
    - 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

7.2.2001

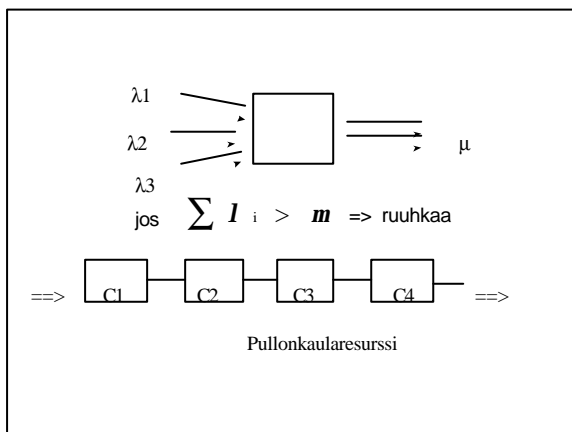
19

## 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?

7.2.2001

20



## 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
  - kaksipisteysteys
    - » suora palaute vastaanottajalta lähettäjälle

7.2.2001

22

## 'open-loop' control

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

7.2.2001

23

## '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

7.2.2001

24

◆ lähetykäyttäytymisen 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

7.2.2001

26

### Ruuhkan estäminen

---

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

### Ruuhkaan vaikuttavia tekijöitä

---

- ◆ siirtoyhteyskerros
  - » uudelleenlähetysoptimointi
  - » epäjärjestyksessä saapuneiden talletuspolitiikka
  - » kuittauspolitiikka
  - » vuonvalvontapolitiikka
- ◆ verkkokerros
  - » virtuaalipiiri <=> tietosäike
  - » pakettien jonotuspolitiikka
  - » pakettien poistamispolitiikka
  - » reititys algoritmi
  - » pakettien elinikä

7.2.2001

28

### ◆ kuljetuskerros

- » uudelleenlähetysoptimointi
- » epäjärjestyksessä saapuneiden talletuspolitiikka
- » kuittauspolitiikka
- » vuonvalvontapolitiikka
- » ajastinaikojen asetukset

7.2.2001

29

### Liikenteen tasoitus (traffic shaping)

---

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

7.2.2001

30

## 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

7.2.2001

31

## Vuoromerkkiämpäri (Token bucket)

- ◆ lähettäminen vaatii vuoromerkkin
- ◆ 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 vuoromerkkiämpärin perään

7.2.2001

32

## 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!

7.2.2001

33

## 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

7.2.2001

35

## hillintäpaketti (choke packet)

- ◆ voidaan käyttää kaikenlaisissa verkoissa
- ◆ reititin tarkkailee kuormitusta
  - » ulosmenolinjojen käyttöastetta
  - » jonopituuksia
  - » esim
$$U_{new} = aU_{old} + (1-a)f$$

a kuinka nopeasti aikaisempi historia unohtuu  
f kuormitettu vai ei (0 tai 1)

7.2.2001

36

◆ jos liikaa kuormaa, reititin huolestuu

- lähettäjälle hillintäpaketti
- lähettäjä hidastaa lähetystään
  - » vähentää ensin puoleen
  - » ja sitten taas puoleen
- perustuu vapaaehtoisuuteen
  - » reilu jonotus

◆ useita kynnyksiarvoja

- » lievä, vakava, erittäin vakava varoitus

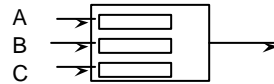
◆ muita ruuhkan 'mittoja'

- » jonon pituus
- » puskurikäyttö

## Hillintäpaketin ongelmia:

◆ lähettäjän hidastus vapaaehtoista

- reilu jonotus:
  - » kullakin lähettäjällä oma jono jokaiseen ulosmenolinjaan



Lähetetään vuorotellen eri jonoista.

7.2.2001

38

◆ Hillintäpaketin vaikutuksen hitaus pitkillä linjoilla

◆ Ratkaisu:

- ei pelkästään lähettäjälle
- myös välissä olevat reitittimet alkavat hidastaa

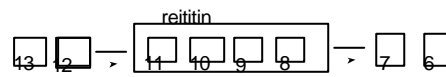
7.2.2001

39

## 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: ?

7.2.2001

40

◆ 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