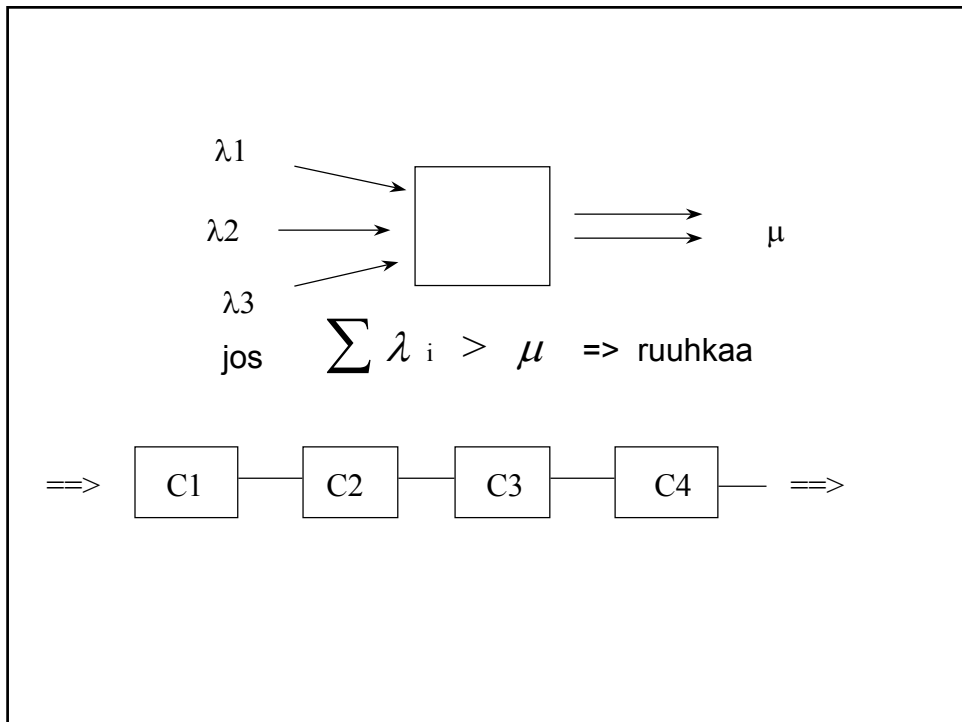


## 5. Ruuhkan valvonta

- **yleistä ruuhkan valvonnasta**
  - **ruuhkan estäminen**
    - liikenteen tasoittaminen
      - vuotava ämpäri, vuoromerkkiämpäri
      - liikennevirran määrittely
  - **ruuhkan säätely**
    - kuorman rajoittaminen
      - pääsyvalvonta, hidastuspaketit
    - kuorman purkaminen
- 10/15/2002 • 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?



## 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

## **‘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 havaitsija ilmoittaa**
  - pakettien alkuperäiselle lähettäjälle, kaikille
- **reitittimet aktiivisesti kyselevät**
  - nopeampi reagointi mahdollista

## • **lähetyskäyttäytymisen 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, jne
  - sopii hyvin virtuaalipiireihin
    - virtuaalipiirit => verkkokerroksella
    - datasähkeet => kuljetuskerroksella

# Ruuhkanvälttämispoliikat

- **siirtoyhteyskerros**

- uudelleenlähetyspolitiikka
- epäjärjestyksessä saapuneiden talletuspolitiikka
- kuittauspolitiikka,
- vuon valvontapolitiikka,

- **verkkokerros**

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

- **kuljetuskerros**

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

## Päästäpäähän ruuhkanvalvonta (end-to-end)

- **TCP käyttää**

- Kaikki tieto lähettäjän ja vastaanottajan välillä
- Verkkokerros ei anna mitään lisätietoa eikä avusta ruuhkanvalvonnassa
  - IP-kerros ei välitä ruuhkainformaatiota
  - Poikkeuksena ehdotettu ECN ja RED-jono

## Verkonavustama ruuhkanvalvonta

- **Reitittimet antavat lähettäjiille tietoa verkon ruuhkautumisesta**

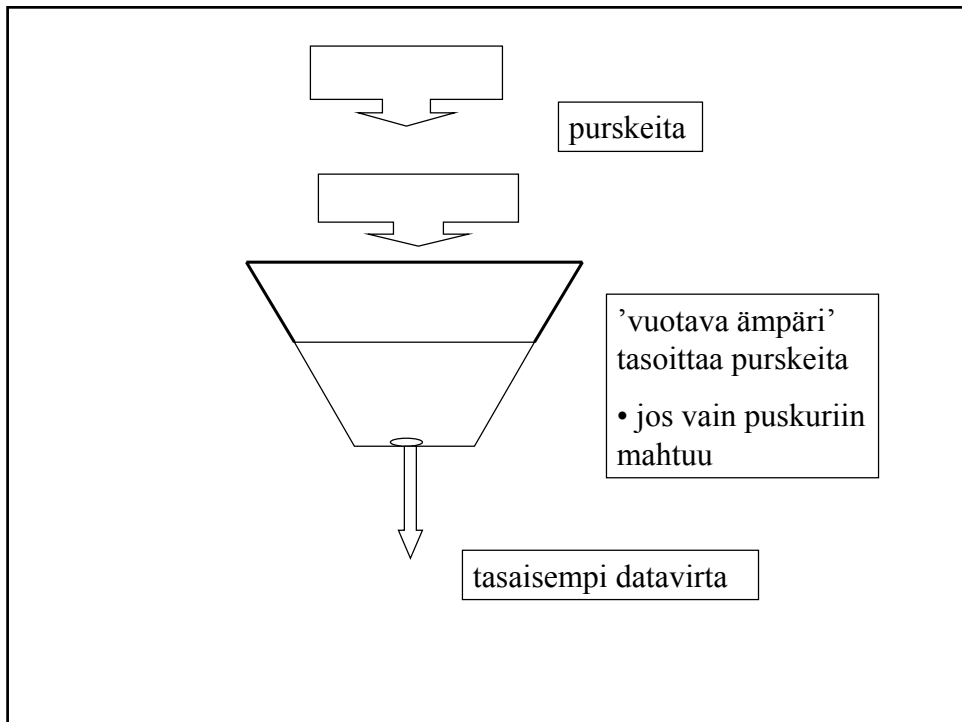
- Yksittäinen bitti kertoo ruuhkasta linkissä
- Reititin kertoo, millä nopeudella linkillä voi lähettää
- Tieto voidaan lähettää suoraan lähettäjälle
  - Hillintäpaketti (Choke packet)
- tai liittää se vastaanottajalle menevään pakettiin
  - ECN-ehdotus
    - Hitaaampi tapa

## Liikenteen tasoitus (traffic shaping)

- **liikenne tyypillisesti pusrkeista**
  - juuri pusrkeisuus aiheuttaa ruuhkaisuutta
- **tasoitetaan liikennevirtaa puskurilla**
  - puskuri toimii jonona
    - vuotava ämpäri
    - vuoromerkkiämpäri
- **liikennevirran määrittely**
  - määrittelee asiakkaan oikeudet ja velvollisuudet
    - ABR: peak cell rate, minimum cell rate

## Vuotava ämpäri (leaky bucket)

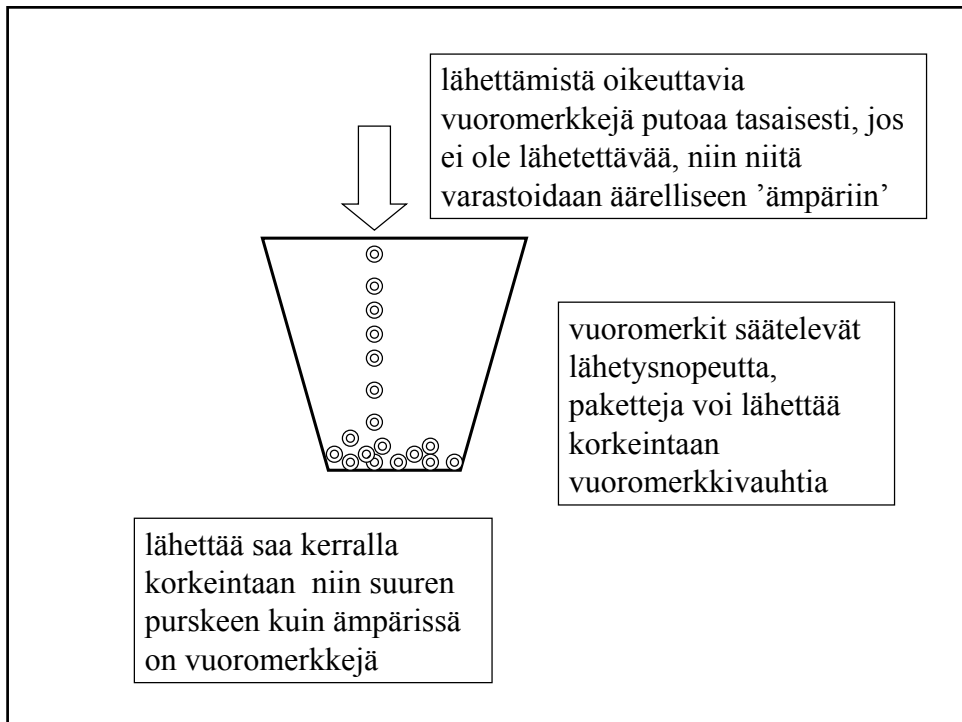
- **pusrkeisuutta tasoittaa iso puskuri, josta liikenne valuu tasaisesti**
  - ‘vuotava ämpäri’
  - yksi tavu / yksi paketti lähtee jossain aikayksikössä, jos on lähetettävää
- **jos datapusrke mahtuu puskuriin, se aikanaan pääsee matkaan**
  - äärellinen jono
  - yläraja saapumistiheydelle



## 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

## 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

## hidastuspaketti (choke packet)

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

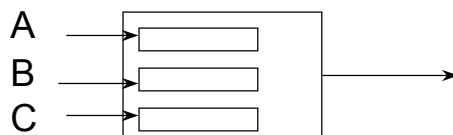
a kuinka nopeasti aikaisempi historia unohtuu  
f kuormitettu vai ei ( 0 tai 1)

- **jos liikaa kuormaa, reititin huolestuu**
  - lähettäjälle hidastuspaketti
  - 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

## Hidastuspaketin ongelmia:

- **lähettäjän hidastus vapaaehtoista**

- reilu jonotus:
  - kullakin lähettäjällä oma jono jokaiseen ulosmenolinjaan



Lähetetään vuorotellen eri jonoista.

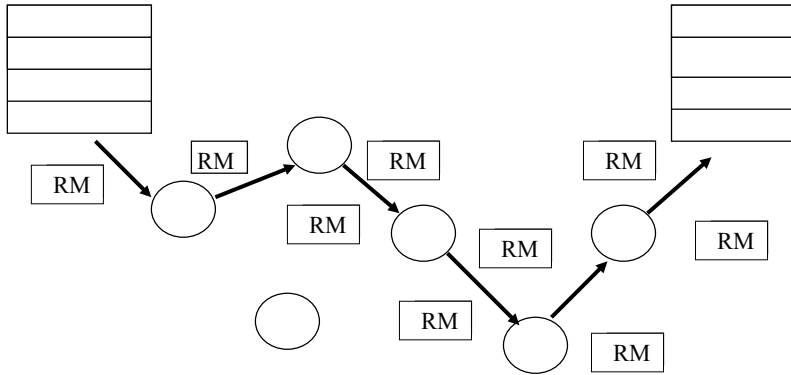
- **Hidastuspaketin vaikutuksen hitaus pitkillä linjoilla**
- **Ratkaisu:**
  - ei pelkästään lähettäjälle
  - myös välissä olevat reitittimet alkavat hidastaa

## Atm ABR -ruuhkanvalvonta

- **ABR** (available bit rate)
- **Atm-soluja** ('pieniä paketteja') **kuljetetaan lähettäjältä vastaanottajalle useiden kytkimien ('reitittimien') läpi.**
- **Soluvirrassa on datasolujen lisäksi erityisiä hallintasoluja RM-soluja**
  - Välittävät mm. ruuhkaan liittyviä tietoja reitittimien ja isäntäkoneiden välillä

○  
○  
○

# Tieto ensin vastaanottajalle



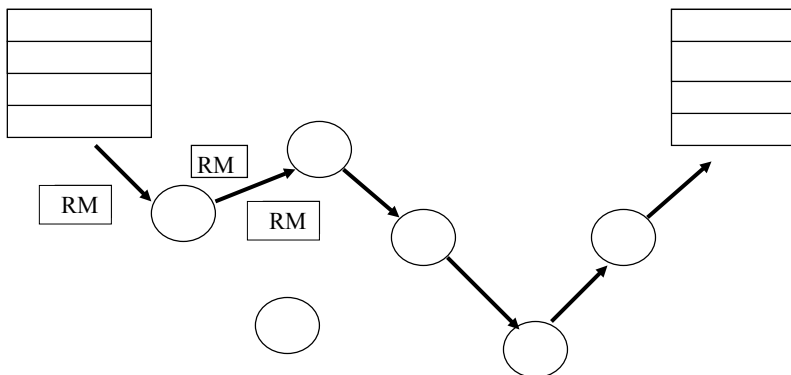
10/15/2002

130

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

○  
○  
○

# Tieto suoraan lähettäjälle



10/15/2002

131

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

# Ruuhkanvalvontamekanismit

## vastaanottajalle tietoa ruuhkasta

1. **EFCI-bitti** (explicit forward congestion indication bit)
  - tavallisessa datavälillä ilmoittaa vastaanottajalle ruuhkasta;
  - ruuhkautunut reititin asettaa
  - vastaanottaja lähettää ruuhkasta kertovan RM-solun lähettäjälle (CI-bitti (congestion indication) asetettuna)

## 2. RM-solun **CI -ja NI -bitit** (no increase)

- reititin asettaa: NI-bitti = lievä ruuhka  
CI-bitti = vakava ruuhka
- vastaanottaja palauttaa RM-solun lähettäjälle

## 3. RM-solun **ER-kenttä** (explicit rate)

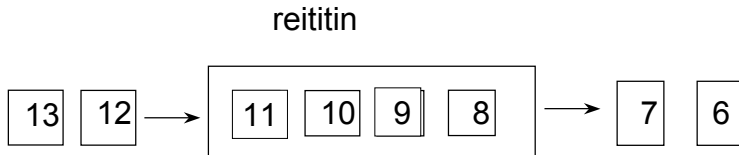
- kertoo todellisen siirtonopeuden
- ruuhkainen reititin voi asettaa kentän arvon pienemmäksi
- kaikille ko. reitin reitittimille alempi arvo

## Kuorman kevennys (Load Shedding)

- **tuhotaan paketteja => kuorma kevenee**

– reititin täyttyy:

- mitä paketteja tuhotaan?



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

10/15/2002

video: ?

134

- **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 lähetysmäärän ylittävät paketit

- **paketti tuhottu, entä sanoma**

– mitä tehdään ko. sanomalle