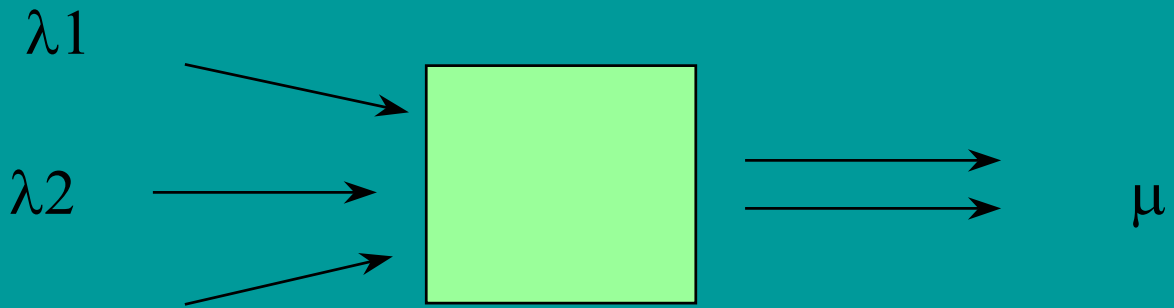


5. Ruuhkan valvonta

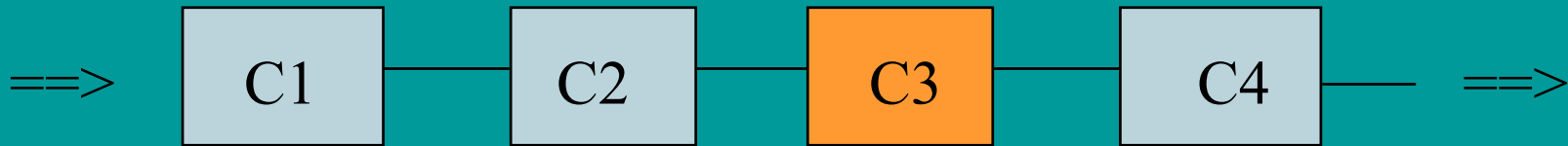
- **yleistä ruuhkan valvonnasta**
- **ruuhkan estäminen**
 - liikenteen tasoittaminen
 - vuotava ämpäri, vuoromerkkiämpäri
 - liikennevirran määrittely
- **ruuhkan säätely**
 - kuorman rajoittaminen
 - pääsyvalvonta, hidastuspaketit
 - kuorman purkaminen
 - pakettien tuhoaminen

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?



jos $\sum \lambda_i > \mu \Rightarrow$ ruuhkaa



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
 - uudelleenlähetysten 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

Ruuhkanvälttämispolitiikat

- **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

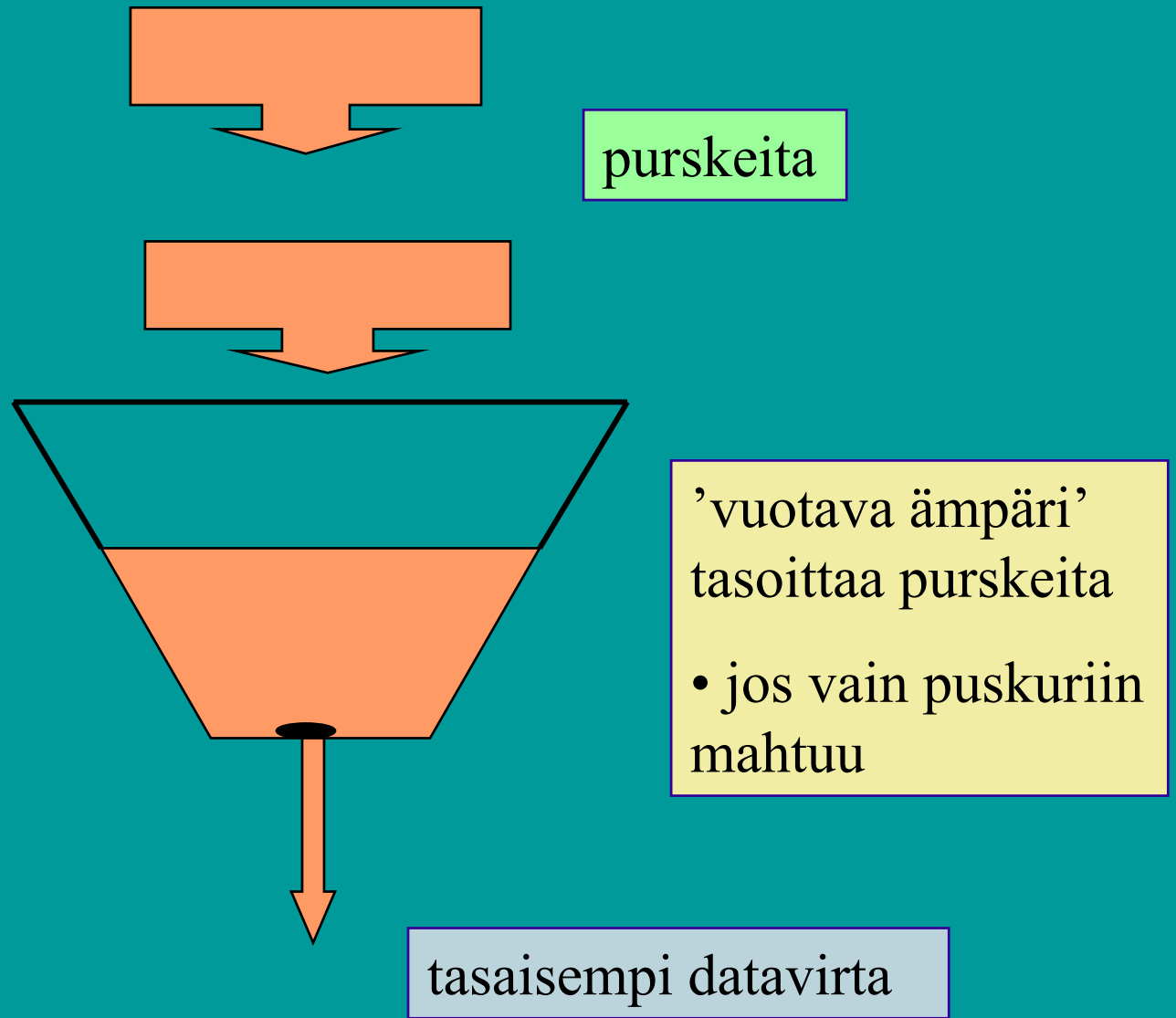
- **Reitittimet antavat lähettäjiille tietoa verkon ruuhkautumisesta**
 - Yksittäinen bitti kertoo ruuhkasta linkissä
 - Reititin kertoo, millä nopeudella linkillä voi lähettää
 - Tieto voidaan lähettää suoraan lähettäjäille
 - Hillintäpaketti (Choke packet)
 - tai liittää se vastaanottajalle menevään pakettiin
 - ECN-ehdotus
 - Hitaaampi tapa

Liikenteen tasoitus (traffic shaping)

- **liikenne tyypillisesti purskeista**
 - juuri purskeisuus 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)

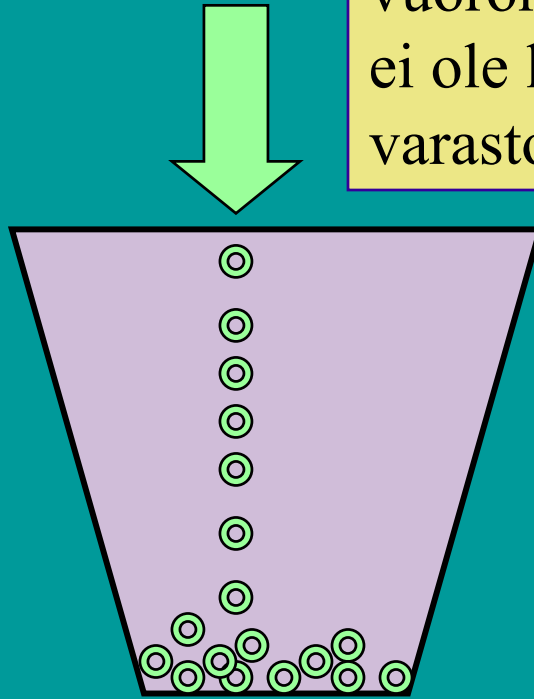
- **purskeisuutta tasoittaa iso puskuri, josta liikenne valuu tasaisesti**
 - ‘vuotava ämpäri’
 - yksi tavu / yksi paketti lähtee jossain aikayksikössä, jos on lähetettävää
- **jos datapurske mahtuu puskuriin, se aikanaan pääsee matkaan**
 - äärellinen jono
 - yläraja saapumistiheydelle



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

lähettämistä oikeuttavia
vuoromerkkejä putoaa tasaisesti, jos
ei ole lähetettävää, niin niitä
varastoidaan äärelliseen 'ämpäriin'



vuoromerkit säätelevät
lähetyksenopeutta,
paketteja voi lähettää
korkeintaan
vuoromerkkivauhtia

lähettä saa kerralla
korkeintaan niin suuren
purskeen kuin ämpärissä
on vuoromerkkejä

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
 - turha varaus tuhlaa resursseja

hidastuspaketti (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)

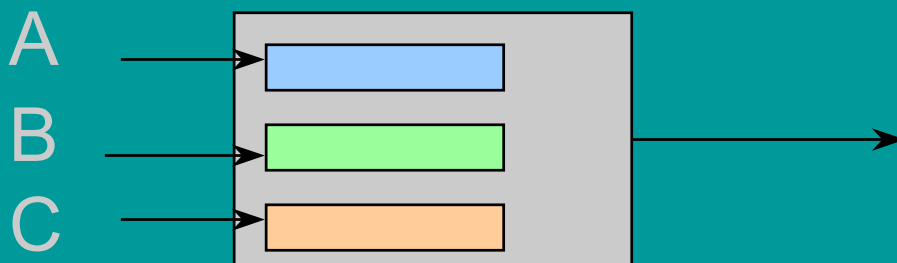
- **jos liikaa kuormaa, reititin huolestuu**
 - lähettäjälle hidastuspaketti
 - lähettäjä hidastaa lähetystään
 - vähentää ensin puoleen
 - ja sitten taas puoleen
 - perustuu vapaaehtoisuuteen
 - reilu jonotus
- **useita kynnysarvoja**
 - lievä, vakava, erittäin vakava varoitus
- **muita ruuhkan ‘mittoja’**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

Hidastuspaketin ongelmia:

- **lähettäjän hidastus vapaaehtoisista**

- reilu jonotus:

- kullakin lähettäjällä oma jono jokaiseen ulosmenolinjaan



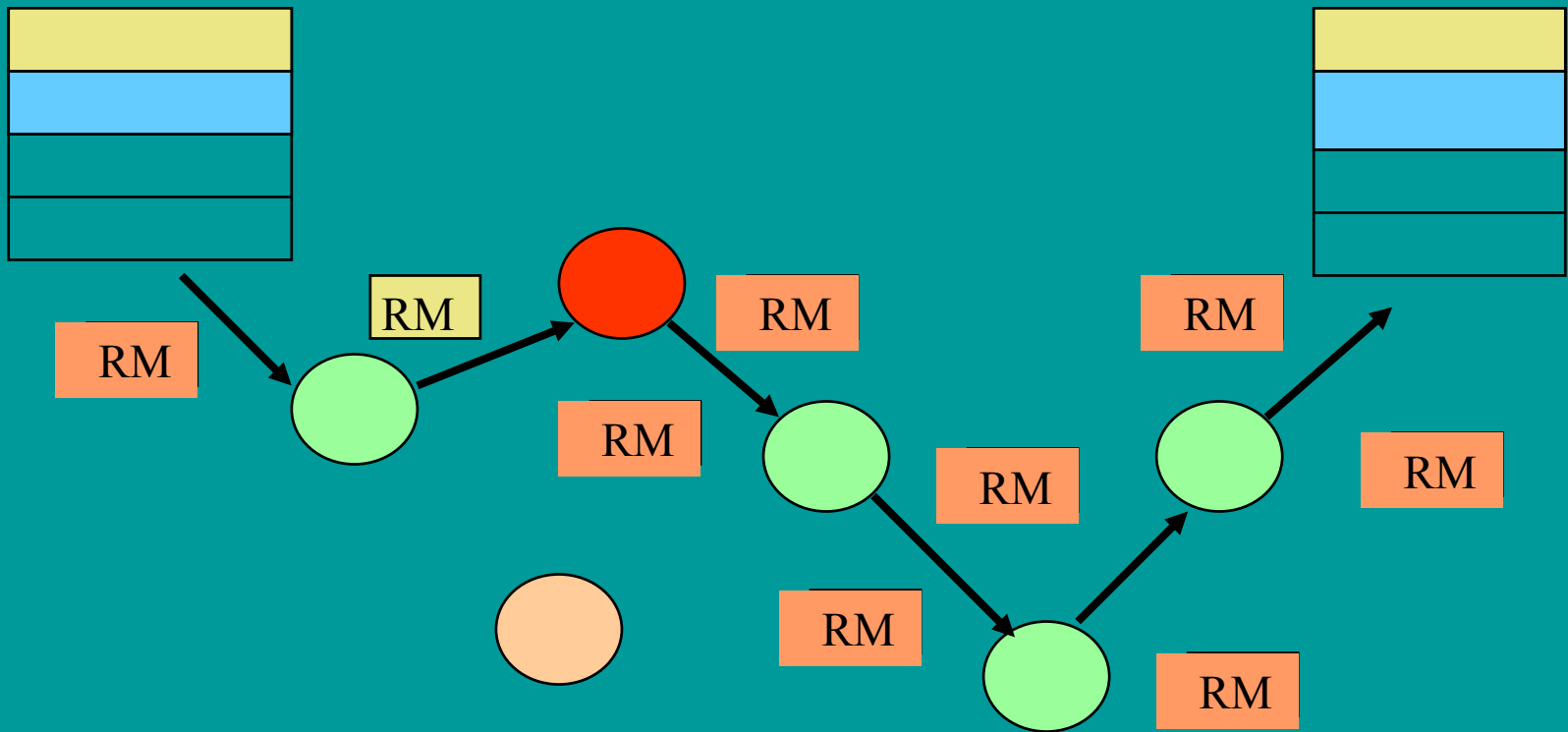
Lähetetään vuorotellen eri jonoista.

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

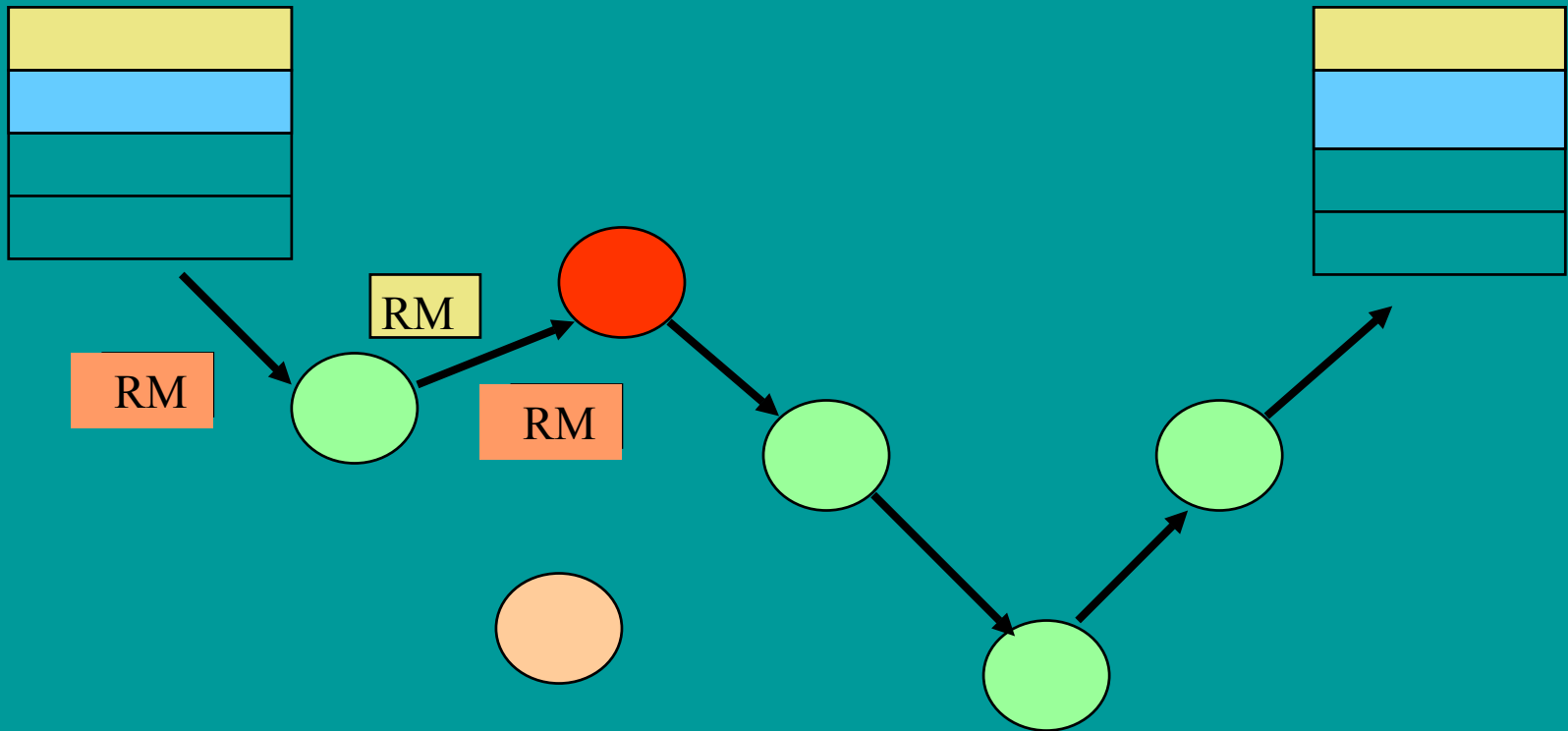
Atm ABR -ruuhkanvalvonta

- **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



Tieto suoraan lähettäjälle



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

- **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