

## Palvelun laatu (QoS) Internetissä

(Kurose-Ross, Computer Networking, ss. 536-556, Tanenbaum, ss. 393-395)

- ◆ Sovellus ei saa mitään takuita palvelun laadusta (Best effort)
  - joskus kaikki toimii hyvin, joskus ei
  - sovellus ei voi paljoa siihen vaikuttaa
- ◆ Tällainen palvelu ei sovi kaikille sovelluksille
  - ◆ audio/video
  - ◆ multimedia
  - ◆ IP-puhelu
- ◆ QoS-ajattelu myös Internetiin?
  - viive, viipeen vaihtelu
  - virheettömyys

## Paremmat takeet palvelun laadulle

- ◆ **Integrated Services (IntServ)**
  - sovelluksilla erilaisia datavoitoa, joilla erilaiset tarpeet
  - varataan etukäteen resurssit, jotta eri datavoiden vaatimukset voidaan täyttää
- ◆ **Differentiated Services (DiffServ)**
  - erilaisia paketteja, joilla erilaiset tarpeet
  - reititin kohtelee näitä paketteja eri tavoin
    - ◆ esim. omat ulosmenojonot tärkeille paketeille

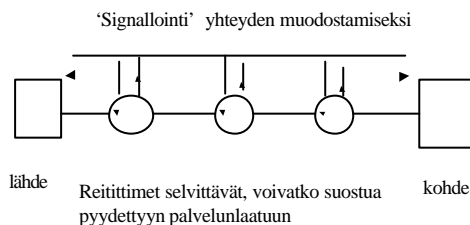
## IntServ eli Integroidut palvelut (Intergrated Services)

- ◆ Integrointi eli palvelun laatuajattelun liittäminen Internetiin
- ◆ Käyttäjä voi valita erilaisia palveluluokkia ja yhteyden laatutasoja
  - » kullekin sovellukselle palveluja sen tarpeiden mukaan
  - » laadusta joutuu yleensä maksamaan
- ◆ yhteysajattelu (liikennevuo)
  - sovitaan ensin yhteydellä käytettävän palvelun laadusta
  - verkko (= reitittimet) huolehtivat siitä, että sovellus saa tarvitsemansa palvelunlaadun

## Takuu perustuu resurssien varaamiseen

- ◆ Jokainen reititin yhteyden reitillä päättää, pystyykö se antamaan yhteydelle sen haluaman palvelun
- ◆ yhteyden muodostusvaiheessa (Call Setup) kunkin reitittimen on
  - tunnettava yhteyttä haluavan sovelluksen liikennevuo
  - tiedettävä millaista palvelua sovellus tälle liikennevuolle haluaa
  - tiedettävä oma tilansa eli pystyykö täyttämään vaatimukset
    - ◆ miten paljon resursseja on vielä jäljellä
    - ◆ miten paljon resursseja on jo varattu

## Yhteyden muodostusvaihe



## Yhteyden muodostuksessa tarvitaan

- ◆ Liikennekuvaus (traffic characterization)
  - Tspec (RFC 2210)
- ◆ Halutun palvelunlaadun määrittely (specification of the desired QoS)
  - Rspec (RFC 2215)
- ◆ Yhteydenmuodostuksessa käytetty protokolla (signallointiprotokolla)
  - kuljettava liikennekuvausten ja palvelumäärittelyn reitin reittimeltä toiselle
  - valittu protokolla **RSVP** (Resource reSerVation Protocol) (RFC 2205)

## Tspec: Token\_Bucket\_Tspec

1	
127	
Token Bucket Rate	
Token Bucket Size	
Peak Rate	
Minimum Policed Unit	
Maximum Packet Size	

31

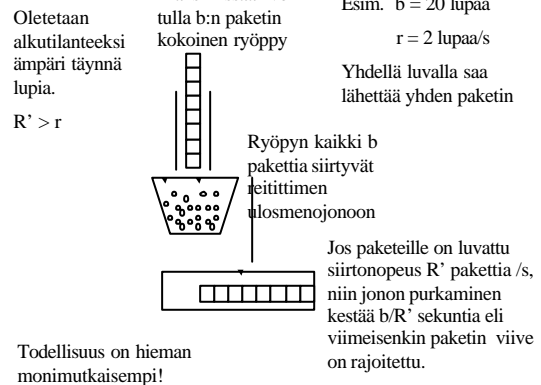
0

## Kahdenlaista palvelua

- ◆ **Taattu palvelu** (guaranteed service) (RFC 2212)
  - takaa rajat jonotusviiveille reitittimen jonoissa
    - » kokonaissiirtoviive riippuu käytetystä reitistä ja linkkien nopeuksista
- ◆ **Valvotun kuorman palvelu** (controlled-load service) (RFC 2211)
  - “vastaava palvelunlaatu, jonka sama vuo suunnilleen saisi kuormittamattomalta reitittimeltä”
    - » hyvä laatu, ilman takuita

## Taatun palvelun perusidea:

- ◆ Liikenne kuvataan vuotavan ämpärin avulla
  - lähetyslupien määrä sekunnissa =  $r$
  - vuotavan ämpärin koko =  $b$  lähetyslupaa
- ◆ palvelu haluttuna siirtonopeutena  $R$  bps
- ◆ => maksimi viive reitittimessä on rajoitettu
  - Jotta puskuri ei vuotaisi yli lähettäjä saa lähettää  $t$ :n mittaisena aikana  $t$  korkeintaan  $r*t + b$  bittia
  - Jos siirtonopeus jonosta on vähintään  $R (>r)$ , niin maksimiviive on korkeintaan  $b/R$



## Valvotun kuorman palvelu

- ◆ Hyvä ‘best-effort’-palvelu:
  - lähes kaikki paketit ehjinä perille
  - jonotusviive reitittimissä on lähes olematon
- ◆ sovellus ilmoittaa Tspec:insä ja kukin reititin varmistuu siitä, että sillä on tarpeeksi resursseja
  - ◆ kaistanleveyttä, puskuritilaa ja käsittelykapasiteettia
  - jos resurssit eivät riitä, niin ei hyväksytä
- ◆ sovellus ei voi esittää mitään erityisiä vaatimuksia virheettömyydelle tai viipeelle

- ◆ Yksinkertainen tapa toteuttaa monien nykyisten sovellusten tarpeet
  - sovellukset toimivat periaatteessa hyvin nykyisessä Internetissä, mutta eivät kestä verkon ruuhkautumista
  - esim. monet tosiaikaiset multimediasovellukset
    - » ‘joustavat’ sovellukset

## RSVP (Resource ReserVation Protocol)

- ◆ Sovellukset voivat varata itselleen resursseja Internetistä
  - tietovuot, monilähetykset, multimediasovellukset
    - ◆ esim. videolähetyksellä vastaanottajalle
  - resurssi ~ kaistanleveys, (puskuritila)
- ◆ vastaanottaja huolehtii varauksista
- ◆ resurssit varataan monilähetyksissä

- ◆ Protokolla kaistanleveyden varaamiseen
  - ei varausten toteuttamiseen verkossa
    - » on reitittimien asia huolehtia siitä, että tietovuot todella saavat niille varatun kaistanleveyden
      - ◆ skedulointi
  - ei myöskään määrää, mille linkeille varaukset tehdään
    - » reititysprotokollat huolehtivat reitien valitsemisesta
  - ‘signaalointiprotokolla’
    - ◆ isäntäkoneet voivat varata siirtokapasiteettia tietovuolle

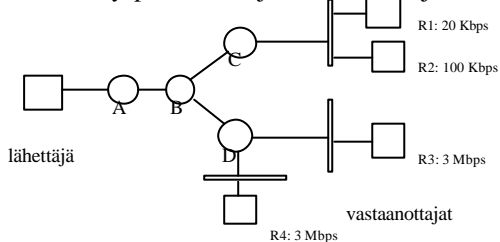
## Heterogeenisuus

- ◆ Tietovuon vastaanottajat voivat olla hyvin heterogeenisia
  - pystyvät vastaanottamaan eri nopeudella
    - ◆ Videota voidaan vastaanottaa nopeudella 28.8 Kbps, 128 Kbps tai 10 Mbps
    - ◆ koodataan video useana eri kerroksena
  - lähettäjän tarvitsee tietää vain vastaanottajajoukon korkein siirtonopeus

## Esimerkki: videolähetyks urheilukilpailusta

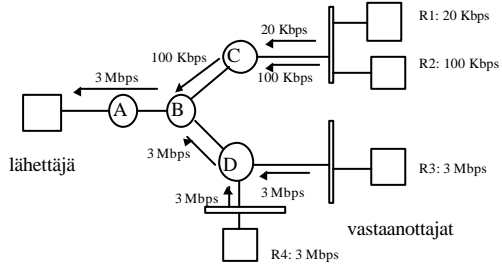
- ◆ ‘sessio’ (istunto, Session)
  - useita monilähetyksidataa
  - useita lähettäjiä
  - joka vuolla sama monilähetysoite
  - reitittimet tunnistavat paketeista, mihin sessioon ja mihin vuohon ne kuuluvat
    - ◆ esim. Monilähetysoite => sessio
    - ◆ IPv6:n vuonimiö => vuo
  - lähettäjä lähettää usealle vastaanottajalle videokuva kilpailusta
    - ◆ joka paketissa monilähetysoite => vastaanottajat

- ◆ Monilähetyksellä on muodostanut monilähetyksen lähettäjältä vastaanottajille

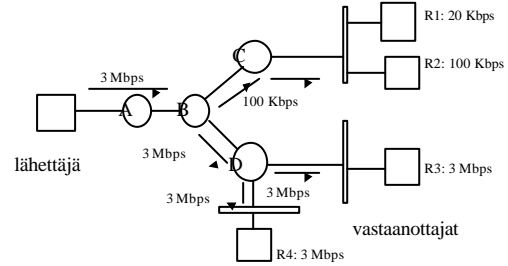


- ◆ Jokainen vastaanottaja lähettää varaussanomaa
  - ◆ käyttäen reverse path forwarding algoritmia
  - ◆ kertoo millä nopeudella haluaa vastaanottaa lähettäjältä
- ◆ sanoman saanut reititin varautuu antamaan pyydetyn kapasiteetin
  - ◆ pakettien skedulointi
- ◆ reititin lähettää eteenpäin vain suurimman saamistaan varauksista

## Varaussanomien

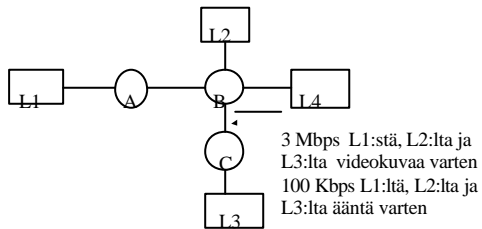


## Tehdyt varaukset



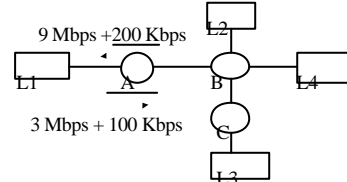
## Videokonferenssi, jossa 4 osallistujaa

- ◆ kullakin videokuva- ja audioyhteys muihin
  - videokuva tarvitsee 3 Mbps ja audioyhteys 100 Kbps



## Reitittimet varaavat seuraavasti:

- ◆ videokuvaa varten kullekin tulee  $3 * 3$  Mbps eli 9 Mbps ja kullakin lähtee 3 Mbps
- ◆ audioyhteyksiä varten riittää  $2 * 100$  Kbps (korkeintaan kaksi samanaikaista äänyhteyttä) tulevaan ja 100 Kbps lähtevään audiovirtaan



- ◆ Pääsytesti (admission test)
  - voidaan varaus hyväksyä
  - jos ei => hylkäys
  - RSVP ei määrää millainen testin pitää olla
- ◆ Polkusanomien (path messages)
  - lähettäjät ilmoittavat, mitä reittiä varaukset tulee lähettää
  - kulkevat monilähetyspuuta
  - reititin A kertoo IP-osoitteensa ja lähetyksensä
    - ◆ Tspecin

## Varaustyylejä

- ◆ Tyyli ilmoittaa
  - saako varauksia yhdistää
  - keiltä lähettäjiltä halutaan vastaanottaa
- ◆ Kaikilta lähettäjiltä ja varattu kaista on kaikkien lähetysten yhteiskäyttöön
- ◆ listan lähettäjiltä, kullekin ilmoitettu oma kaistaleveys
- ◆ listan lähettäjiltä, kaista kaikkien yhteiskäytössä
- ◆ pakettiradio /videokonferenssi
- ◆ vain samalla tyyllillä varattuja saa yhdistää

## Intservin ongelmia

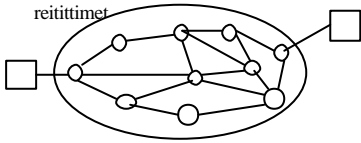
- ◆ Intservissä QoS on vuokohtainen
  - ◆ resurssit varataan koko vuolle päästä päähän
  - ◆ palvelunlaatu on vuokohtainen
- ◆ resurssivaraukset ja kirjanpito jokaisesta reitittimen kautta kulkevasta vuosta
  - ◆ OC-3-linkillä noin 256 000 yhteyttä yhdessä minuutissa runkoreitittimellä!
- ◆ Joukko ennalta määriteltyjä palveluluokkia, ei näiden keskinäisiä eroja
  - » ensimmäinen luokka <=> turistiluokka
  - » platinakortti > kultakortti > standardiluottokortti

## Diffserv eli eriytyneet palvelut (Differentiated Services)

- ◆ Internetiin skaalautuva ja joustava palvelun eriyttäminen
  - » verkossa pystytään käsittelemään eri liikennettä eri tavoin
  - » uusia palveluluokkia voi syntyä ja vanhoja poistaa
- ◆ ei määritellä eri palveluita eikä palveluluokkia
  - vaan toiminnalliset komponentit, joilla tällaiset palvelut voidaan toteuttaa

## Diffserv-arkkitehtuurin kulmakivet

- ◆ Kahdenlaisia toimintoja
  - reunatoiminnot (edge functions)
    - » isäntäkoneet tai ensimmäiset diffserv-taitoiset reitittimet
  - ydintoiminnot (core functions)
    - » muut reitittimet



## Reunatoiminnot

- ◆ Pakettien luokittelu
  - merkitsee saapuneet paketit
    - » DS-kenttä (differentiated service) saa tietyn arvon
    - » merkintä kertoo, mihin liikenneluokkaan paketti kuuluu
      - ◆ "behavior aggregate"
    - » eri merkinnöin varustetut paketit saavat eri palvelun verkon reitittimissä
- ◆ Liikenteen valvonta (traffic conditioning)
  - merkitty paketti joko lähetetään heti verkkoon, sitä viivästetään tai se jopa hävitetään

## Ydintoiminnot

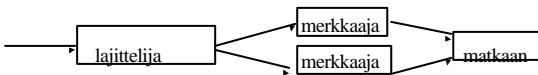
- ◆ Pakettien eteenpäin reitittäminen
  - kun merkitty paketti saapuu diffserv-kykyiseen reitittimeen, se ohjataan eteenpäin paketin luokan mukaisesti kohdeltuna (per-hop behavior)
    - ◆ miten paketti saa käyttöönsä linjakapasiteettia
    - ◆ miten sitä kohdellaan puskureissa
    - » paketin kohtelu riippuu **vain** sen merkinnästä, ei sen kohteesta tai lähteestä
      - ◆ ei tarvita tilatietoja eri yhteyksistä!

## DS-kenttä

- ◆ IPv4: TOS-kenttä (Type of Service)
  - ◆ IPv6: liikenneluokkakenttä (Traffic Class Field)
- |      |   |    |   |
|------|---|----|---|
| 0    | 5 | 6  | 7 |
| DSCP |   | CU |   |
- DSCP (Differentiated service code point)
  - CU ei toistaiseksi käytössä
  - ◆ DS-kenttä määrää paketin kohtelun muissa reitittimissä

## Pakettien luokittelu ja merkkkaus

- ◆ Luokittelija lajittelee paketit jonkin kentän perusteella
  - » lähde- tai kohdekone,
  - » lähde- tai kohdeportti
  - » protokolla, jne
- ◆ ja lähettää ne kyseisen luokan merkkaajalle, joka laittaa DS-kenttään sopivan arvon

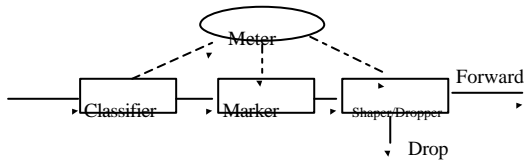


## Liikenneprofiili ja liikenteen valvonta

- ◆ Lähettäjä voi myös sopia käytetystä liikenneprofiilista
  - » huippunopeus
  - » purskeisuus
- ◆ jos lähetys poikkeaa sovitusta, niin
  - » ne voidaan merkitä eri tavoin
  - » niitä voidaan viivyttää
  - » tai ne voidaan hävittää

## Liikenteen mittaus

- ◆ Liikenteenmittaaja vertaa pakettivuota sovittuun ja päättää onko se sovitun mukaista
  - » Diffserv-arkkitehtuuri ei määrittele mitä poikkeavan vuon paketeille tapahtuu



## Ydintoiminnot (Per-Hop Behaviors)

- ◆ Ulkoisesti havaittava eri käsittely eri luokan paketeille
  - eri luokan paketeille eri suorituskyky
    - ◆ mitattavissa oleva ominaisuus
- ◆ Voidaan toteuttaa eri menetelmin
  - ◆ etuilua puskurijonoissa
  - ◆ taataan tietty prosentti linkkikapasiteetista
  - nopeutettu edelleenlähetys
    - ◆ aina vähintään tietyllä nopeudella eteenpäin
  - taattu edelleenlähetys
    - ◆ eri luokkia, joista kullekin vähintään tietty määrä puskurikapasiteettia ja kaistanleveyttä
    - ◆ luokkien sisällä kolme eri 'pudotusluokkaa'