

Palvelun laatu (QoS) Internetissä

(Kurose-Ross, Computer Networking, (2 ed), 579-594, (1 ed) 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, viiveen vaihtelu
 - virheettömyys

10/29/2002

Tosiaikainen interaktiivinen lähetys

- ◆ viiveherkkä (delay-sensitive)
- ◆ huojuntaherkkä (jitter-sensitive): viiveen vaihtelu
- ◆ hävikinsietävä (loss-tolerant)
 - Internet-puhelin (viive 150-400 ms, hävikki 10-20 %)
 - videokonferenssi (viive muutama sata ms)

10/29/2002

Internet-puhelin

Lähetetään vain puheryöppyjä ei taukoja:

- 20 ms välein 160 tavun lohkoja



Vastaanotossa viivettä, viiveen vaihtelua (=> huojuntaa) sekä **virheellisiä** tai **puuttuvia** lohkoja

10/29/2002

Paremmat takeet palvelun laadulle

- ◆ **Integrated Services (IntServ)**
 - sovelluksilla erilaisia datavoita, 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

10/29/2002

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

10/29/2002

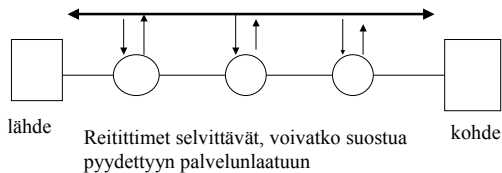
Takuu perustuu resurssien varaamiseen

- ◆ 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

10/29/2002

Yhteyden muodostusvaihe

'Signalointi' yhteyden muodostamiseksi



10/29/2002

Yhteyden muodostuksessa tarvitaan

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

10/29/2002

Tspec: Token_Bucket_Tspec

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

31

0

10/29/2002

Liikenteen tasoitus (traffic shaping)

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

10/29/2002

10

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
 - » jos saapumistiheys liian suuri, niin dataa katoaa

10/29/2002

11

Vuoromerkkiämpäri (Token bucket)

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

10/29/2002

12

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 vuosuunnilleen saisi kuormittamattomalta reitittimeltä”
 - » hyvä laatu, ilman takuita

10/29/2002

Taatun palvelun perusidea:

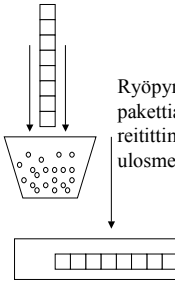
- ◆ Liikenne kuvataan vuoromerkkiämpärin avulla
 - lähetyslupien määrä sekunnissa = r
 - vuoromerkkiämpärin koko = b lähetyslupaa
- ◆ palvelu haluttuna siirtonopeutena R bps
- ◆ => maksimiviive reitittimessä on rajoitettu
 - Jotta puskuri ei vuotaisi yli lähettäjä saa lähettää t :n mittaisena aikana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

10/29/2002

Oletetaan alkutilanteeksi ämpäri täynnä lupia.

$R' > r$

Maksimissaan voitulla b :n paketin kokoinen ryöppy



Esim. $b = 20$ lupaa
 $r = 2$ lupaa/s

Yhdellä luvalla saa lähettää yhden paketin

Ryöpyyn kaikki b pakettia siirtyvät reitittimen ulosmenojonoon

Jos paketeille on luvattu siirtonopeus R' pakettia /s, niin jonon purkaminen kestää b/R' sekuntia eli viimeisenkin paketin viive on rajoitettu.

Todellisuus on hieman monimutkaisempi!

Valvotun kuorman palvelu

- ◆ Hyvä ‘best-effort’-palvelu:
 - lähes kaikki paketit ehjinä perille
 - jonotusviive reitittimessä 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 viiveelle

10/29/2002

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

10/29/2002

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

10/29/2002

◆ 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 reittien valitsemisesta
- 'signaalointiprotokolla'
 - ◆ isäntäkoneet voivat varata siirtokapasiteettia tietovuolle

10/29/2002

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

10/29/2002

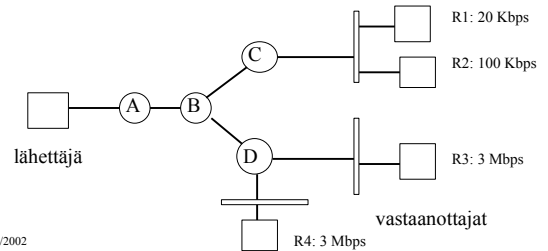
Esimerkki: videolähetyksen urheilukilpailusta

◆ 'sessio' (istunto, Session)

- useita monilähetyksdatavioita
- useita lähettäjiä
- joka vuolla sama monilähetysosoite
- reitittimet tunnistavat paketeista, mihin sessioon ja mihin vuohon ne kuuluvat
 - ◆ esim. Monilähetysosoite => sessio
 - ◆ IPv6:n vuonimiö => vuo
- lähettäjä lähettää usealle vastaanottajalle videokuvaa kilpailusta
 - ◆ joka paketissa monilähetysosoite => vastaanottajat

10/29/2002

◆ Monilähetyksprotokolla on muodostanut monilähetykseen lähettäjältä vastaanottajille



10/29/2002

◆ Jokainen vastaanottaja lähettää varausanomaa

- ◆ käyttäen esim. reverse path forwarding algoritmia
- ◆ kertoo millä nopeudella haluaa vastaanottaa lähettäjältä

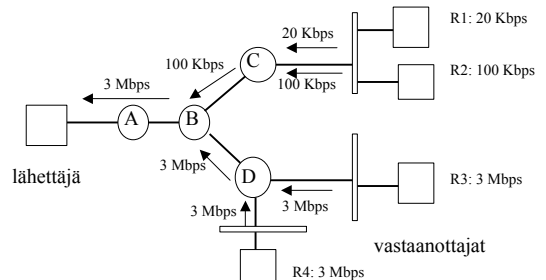
◆ sanoman saanut reititin varautuu antamaan pyydetyn kapasiteetin

- ◆ pakettien skedulointia

◆ reititin lähettää eteenpäin vain suurimman saamistaan varauksista

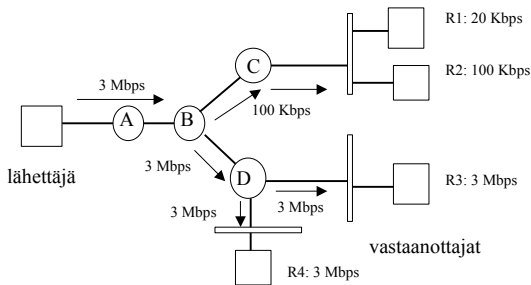
10/29/2002

Varausanomaa



10/29/2002

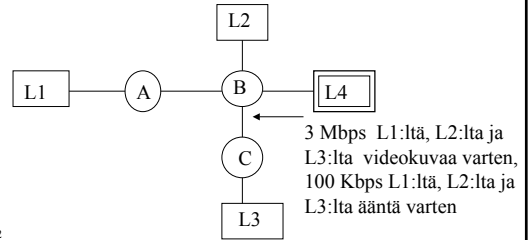
Tehdyt varaukset



10/29/2002

Videokonferenssi, jossa 4 osallistujaa

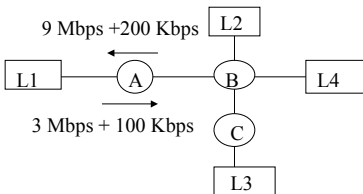
- ◆ kullakin videokuva- ja audioyhteys muihin
 - videokuva tarvitsee 3 Mbps ja audioyhteys 100 Kbps



10/29/2002

Reitittimet varaavat seuraavasti:

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



10/29/2002

◆ Pääsytesti (admission test)

- testaa, voidaanko varaus hyväksyä
- jos ei => hylkäys
- RSVP ei määrää millainen testin pitää olla

◆ Polkusanomat (path messages)

- lähettäjät ilmoittavat, mitä reittiä varaukset tulee lähettää
- kulkevat monilähetyspuuta
- reititin A kertoo IP-osoitteensa ja lähetyksensä

- ◆ Tspec'in

10/29/2002

Varaustyylejä

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

10/29/2002

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

10/29/2002

- » platinakortti > kultakortti > standardiluottokortti

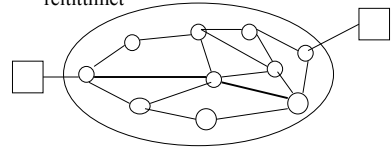
Diffserv eli eriytyneet palvelut (Differentiated Services)

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

10/29/2002

Diffserv-arkkitehtuurin kulmakivet

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



10/29/2002

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

10/29/2002

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!

10/29/2002

DS-kenttä

- ◆ IPv4: TOS-kenttä (Type of Service)
- ◆ IPv6: liikenneluokkakenttä (Traffic Class Field)



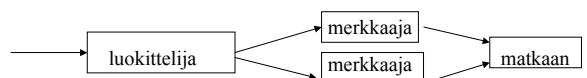
- DSCP (Differentiated service code point)
- CU (currently unused) ei toistaiseksi käytössä

- ◆ DS-kenttä määrää paketin kohtelun muissa reitittimissä

10/29/2002

Pakettien luokittelu ja merkkkaus

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



10/29/2002

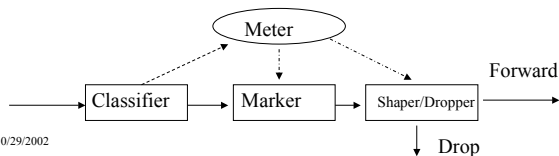
Liikenneprofiili ja liikenteen valvonta

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

10/29/2002

Liikenteen mittaus

- ◆ Liikenteenmittaaja vertaa pakettivuota sovitettuun ja pääättelee onko se sovitun mukaista
 - » Diffserv-arkkitehtuuri ei määrittele mitä poikeavan vuon paketeille tapahtuu



10/29/2002

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'

10/29/2002

Diffserv-kritiikkiä

- ◆ vuosien varrella useita yrityksiä tuoda QoS pakettiverkkoon
 - atm-verkko
 - TCP + RSVP
- ◆ Diffserv usean teleoperaattorin välillä
 - yhteistyö tarpeen
- ◆ Laskutus, tarkistukset, rangaistukset
- ◆ Onko palveluiden välillä oikeasti eroa?

10/29/2002

