

Tietoliikenteen perusteet

SOVELLUSKERROS

(Application layer)

Kurose, Ross: Ch 2

Sisältöä

- n Verkkosovellusten periaatteet
- n World Wide Web ja HTTP
- n Tiedostonsiirto ja FTP
- n Sähköposti ja SMTP, IMAP, POP3
- n Nimipalvelu ja DNS
- n Vertaistoimijat (peer-to-peer)
- n Pistoke ja sen käyttö

Oppimistavoitteet:

- Osata selittää asiakas-palvelija –malliin perustuvien verkkosovellusten toimintaperiaatteet
- Tuntea sovellusprotokollien syntaksia ja semantiikkaa
- Osata selittää nimipalvelun, www:n ja sähköpostin toimintaideat
- Tunnistaa pistokkeiden käytön periaatteet





Verkkosovellus

Verkkosovellusten periaatteet



Verkkosovellus

- n Sovelluksen ohjelmat eri isäntäkoneissa**
www-selain ja www-palvelin, postiohjelma ja postipalvelin, ...,
vertaisverkkosovellukset
- n Sovellusprotokolla kuvaa näiden sanomanvälityksen**
DNS, HTTP, SMTP, FTP,
Syntaksi, semantiikka, järjestys
- n Sanomat välitetään käyttäen verkon tarjoamaa
kuljetuspalvelua**
osa järjestelmän perusrakennetta
sovelluksista riippumatonta
- n Reititys tapahtuu vasta verkkotasolla, mutta
sovellutasolla tiedettävä osoite**



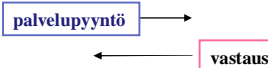
Sovellusarkkitehtuuri



n Asiakas-palvelija-malli (esim. selain ja www-palvelin)

- n Aina toiminnassa oleva palvelinohjelma, jolla kiinteä, tunnettu **IP-osoite**
- n Asiakasohjelmat ottavat yhteyttä palvelimeen ja pyytävät siltä palvelua

Google, e-Bay, Facebook, YouTube, Amazon, ..



n Vertaistoimijamalli (esim. BitTorrent, eMule, Skype)

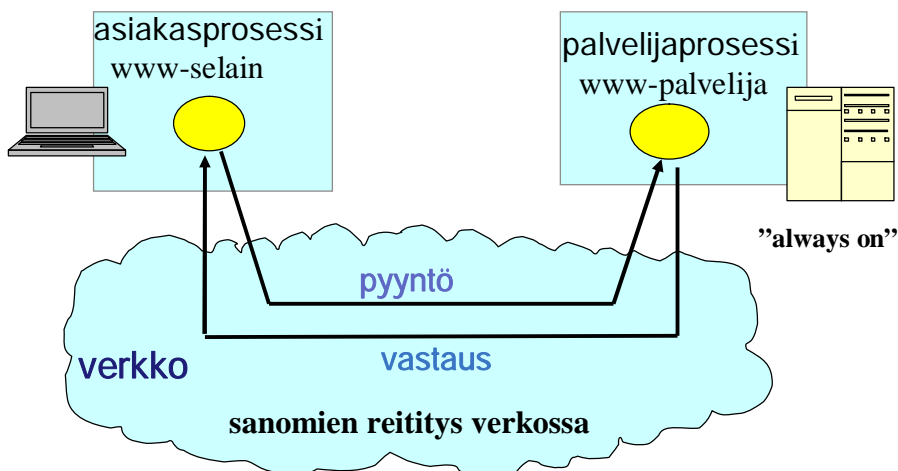
- n Vertaisiännät kommunikoivat suoraan keskenään
- n Ei tarvitse olla aina toiminnassa, IP-osoite voi muuttua
- n Jokainen toimii sekä palvelijana että asiakkaana



n Hybridimalli (esim. Napster, pikaviestimet)



Asiakas-palvelija-malli



Oikea kone, oikea prosessi

Sovelluksen rajapinta tietoliikenteeseen

nPistoke (socket) (verkkosovelluksen ohjelmointirajapinta, API)

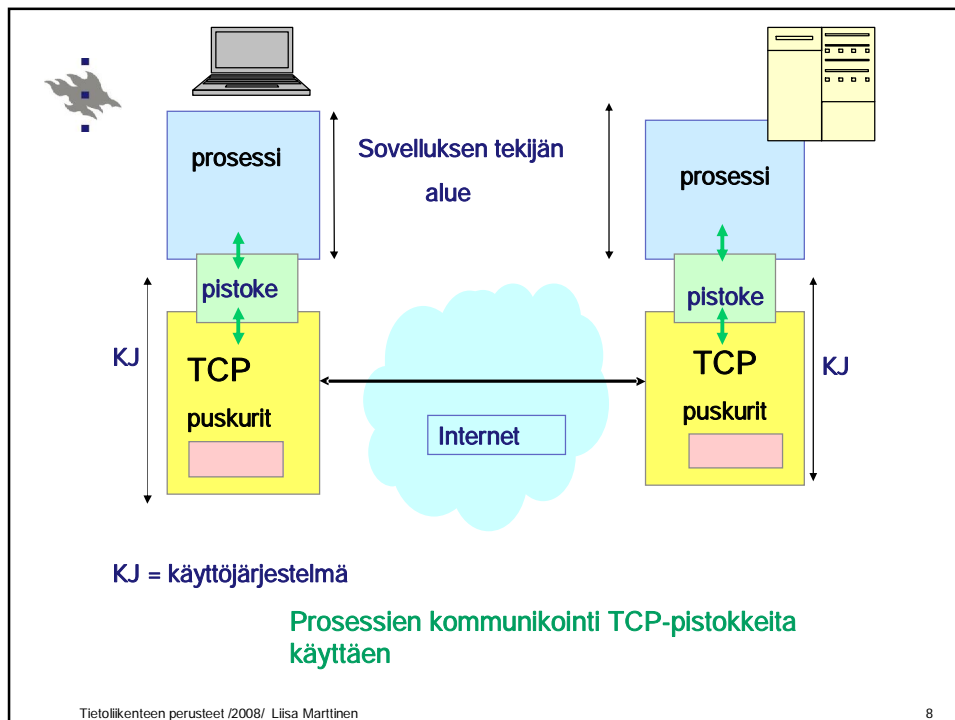
- yhteyden muodostaminen
- lue /kirjoita sanoma
prosessi kirjoittaa verkkoon ja lukee verkosta lähes samalla tavoin kuin kirjoittaa tiedostoon ja lukee tiedostosta
- 'luukku' tai 'ovi', josta dataa sisään /ulos

nLähetys (send): anna sanoma KJ:lle

nVastaanotto (receive): ota sanoma KJ:ltä.

Sovellus odottaa, jos sanoma ei ole vielä saapunut

Ohjelmoija valitsee käyttääkö KJ kuljetuskerroksella yhteydellistä vai yhteydetöntä palvelua!





KJ:n rajapinta laitteistoon

n KJ:n kannalta tietoliikenne normaalia siirräntää (I/O:ta)

Lähtevä liikenne:

Protokollan mukaan

Sovellus pyytää kuljetuspalvelua KJ:n palvelupyynnöllä **send**
Kuljetuskerros hoitaa omat tehtävänsä ja kutsuu verkkokerroksen rutiinia
Verkkokerros tekee hommansa ja kutsuu laiteajurin rutiinia
Laiteajuri vie datan ja komennot verkkokortin ohjaimen rekistereihin
Verkkokortti siirtää bitit linkille (linkkikerros ja fyysinen siirto)

Tuleva liikenne

Protokollan mukaan

Verkkokortti ottaa vastaa linkiltä tulevat bitit (fyysinen siirto ja linkkikerros)
ja aiheuttaa keskeytyksen.
KJ:n laiteajuri siirtää bitit verkkokortilta keskusmuistiin
Ajuri kutsuu verkkokerroksen rutiinia, joka suorittaa omat toimintonsa
Verkkokerros kutsuu kuljetuskerroksen rutiinia, joka tekee omat toimensa
Sanoma sovellukselle vasta, kun se sitä pyytää palvelupyynnöllä **receive**.

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

9



Kuljetuspalvelun laatuvaatimuksia

Application	Data Loss	Bandwidth	Time-Sensitive
File transfer	No loss	Elastic	No
E-mail	No loss	Elastic	No
Web documents	No loss	Elastic (few kbps)	No
Real-time audio/video	Loss-tolerant	Audio: few kbps–1Mbps Video: 10 kbps–5 Mbps	Yes: 100s of msec
Stored audio/video	Loss-tolerant	Same as above	Yes: few seconds
Interactive games	Loss-tolerant	Few kbps–10 kbps	Yes: 100s of msec
Instant messaging	No loss	Elastic	Yes and no

Figure 2.4 ♦ Requirements of selected network applications

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

10



Kuljetusprotokollat: TCP

nTCP (Transmission Control Protocol) [RFC 793]

Yhteydellinen palvelu (connection-oriented)

Yhteyden muodostus ennen datan siirtoa (handshaking)

Kaksisuuntainen TCP-yhteys (full-duplex)

Yhteyden purku (shutdown)

Luotettava kuljetuspalvelu

Järjestyksen säilyttävä tavuvirta sovellukselle

segmenttinumerot, kuittaukset, uudelleenlähetykset

Vuonvalvonta (flow control)

Lähettäjä hiljentää vauhtia, jos **vastaanottaja** ei ehdi käsitellä

Ruuhkanvalvonta (congestion control)

Lähettäjä hiljentää vauhtia, jos **reitittimet** eivät ehdi käsitellä



Kuljetusprotokollat: UDP

nUDP (User Datagram Protocol) [RFC768]

Kevyt kuljetuspalvelu, pieni yleisrasite

Ei yhteyden muodostusta eikä purkua

Ei takuita sanoman perillemenosta

Sanoman segmentit vain lähetetään verkkoon

Sanoman segmenttejä voi puuttua ja ne voivat

saapua epäjärjestyksessä, virheelliset yleensä hylätään

Ei vuonvalvontaa, ei ruuhkanvalvontaa

UDP voi lähettää niin paljon kuin haluaa

Huom! Kummassakaan ei ole takuita siirtonopeudelle eikä

viipeelle => ei mitään aikatakuuta (ns. 'best effort'-palvelu)

Ei myöskään datan salakirjoitusta => SSL (Secure Socket Layer)



Kumpi?

Applications	Application-Layer Protocol	Underlying Transport Protocol
Electronic mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
Remote terminal access	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP
File transfer	FTP [RFC 959]	TCP
Remote file server	NFS [McKusik 1996]	UDP or TCP
Streaming multimedia	Often proprietary (e.g., Real Networks)	UDP or TCP
Internet telephony	Often proprietary (e.g., Net2phone)	Typically UDP

Figure 2.5 ♦ Popular Internet applications, their application-layer protocols, and their underlying transport protocols



Osoittaminen

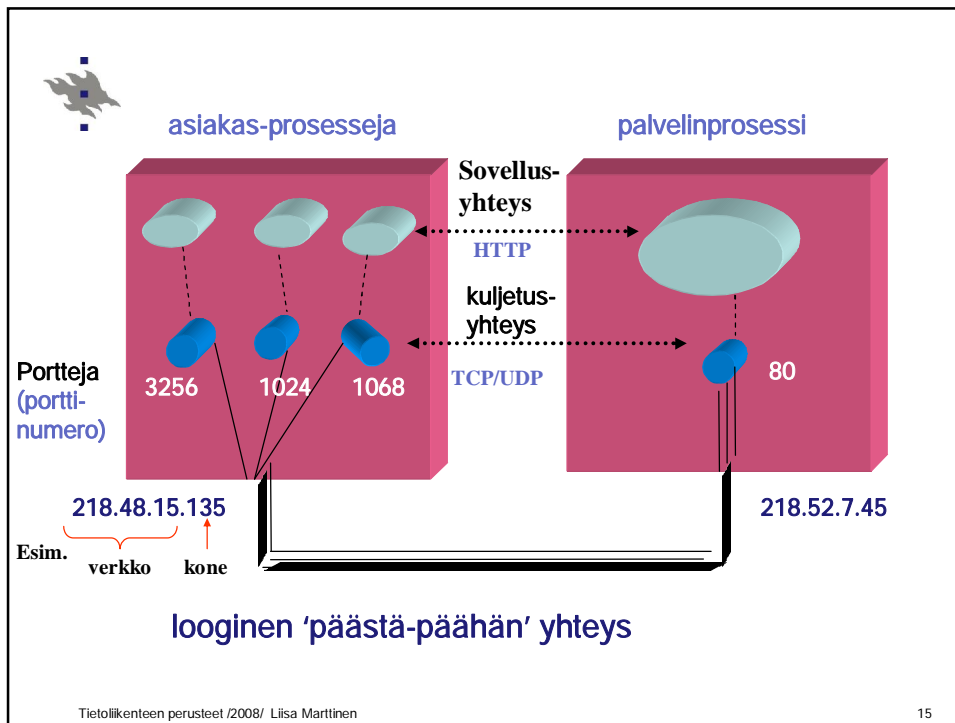
n Sanomissa oltava lähettäjän ja vastaanottajan IP-osoite ja porttinumero

n **IP-osoite** → **oikea kone** www.iana.org
koneen (verkkokortin) yksilöivä 32-bittinen tunniste
osoitteen verkko-osa yksilöi verkon
osoitteen koneosa yksilöi koneen verkossa

n **porttinumero** → **oikea prosessi**
Yleisillä palveluilla standardoidut tunnetut porttinumerot:

- www-palvelin kuuntelee porttia 80,
- Postipalvelin kuuntelee porttia 25

KJ osaa liittää porttinumeron prosessiin





WWW ja HTML (Hyper Text Markup Language)

n WWW-sivu, WWW-dokumentti

HTML-tekstiä, jossa viittauksia muihin objekteihin
muu HTML-tiedosto, kuva- tai äänitiedosto, Java
applet, ...
Sivu muodostuu usean tiedoston sisällöstä, jotka noudetaan
palvelijalta

n Viittaus URL-osoitteella (Uniform Resource Location)

<http://www.someschool.edu/someDept/pic.gif>

koneen nimi

Viitatus objektin
polkunimi



HTML (HyperText Markup Language)

n Standardi siitä, kuinka sivun rakenne kuvataan

Muotoilut, eri osien sijoittelu sivuille
Viittaukset muihin objekteihin

n SGML (Standard Generalized Markup Language)

yleinen merkkuskieli
kertoo, kuinka dokumentit muotoillaan - ladontamerkinnot

n XML (Extensible Markup Language)

rakenteellinen tietosisällön kuvaus, myös merkitys kuvattu

n Näistä enemmän kurssilla:

582304 XML-metakieli (4 op/2ov)



HTTP (HyperText Transfer Protocol)

(RFC 1945, RFC 2616)

PC, jossa on
Explorer-
selain



WWW:n sovellusprotokolla

Tekstimuotoiset sanomat
pyyntö – vastaus

Asiakas

Selain: FireFox, Internet Explorer, Opera,
Apple Safari, ...

pyytää, noutaa ja näyttää objektit

Palvelija

etsii objektin (tiedoston) koneen hakemistosta
ja lähettää sen vastauksena asiakkaalle

Tilaton protokolla

Palvelija ei muista mitään edellisistä pyynnöistä

Palvelin, jossa
on Apache-
www-palvelija



HTTP Request
HTTP Response

HTTP Response
HTTP Request

Linux-kone,
jossa on
Firefox-selain



Selaimen toiminta

Kun käyttäjä kirjoittaa/klikkaa [url-linkkiä](#) tai siihen on viitattu sivulla:

Muodosta **TCP-yhteys** palvelinkoneeseen

Yhteyspyyntö porttiin **80**, odota hyväksymisvastaus

Laita HTTP-pyyntö TCP-yhteyteen liitettyyn pistokkeeseen

Ota pistokkeesta palvelimen lähettämä HTTP-vastaus

Palvelin sulkee TCP-yhteyden (*nonpersistent connection*)

Tutki sivu

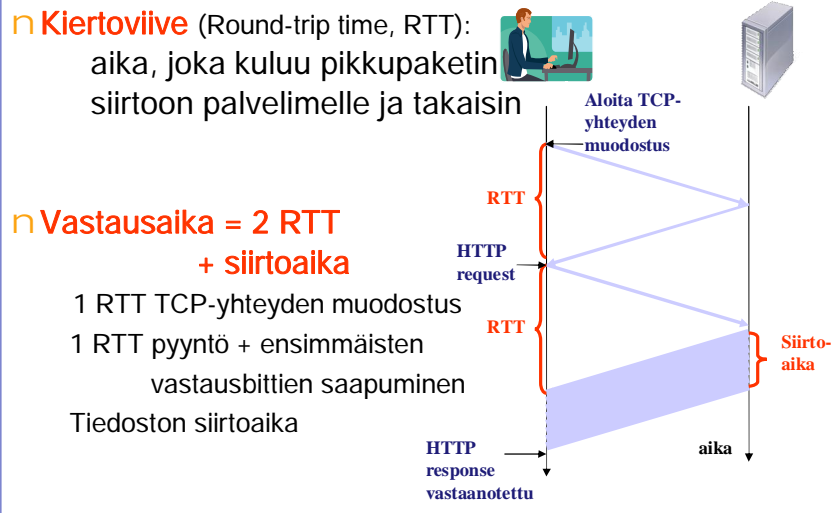
Etsi uudet viitteet ja hae ne samalla tavalla

Näytä sivu käyttäjälle

Lopullinen ulkoasu on kiinni selaimen kyvyistä



Vastausaika (response time)



21



Suorituskyky?

- n Jos sivulla viitataan 10 objektiin**
- 11 peräkkäistä TCP-yhteyden muodostusta ja purkua?
KJ varaa ja vapauttaa puskuritilaa;
muodostuksiin kuluu kaikkiaan 22 RTT
- Avataan useita rinnakkaisia yhteyksiä?**
Puskuritilat yhteyksille
- n Käytetään säilyvää TCP-yhteyttä (persistent)**
Oletus uusimmissa standardeissa: Palvelin jättää yhteyden (toistaiseksi) sulkematta. Ajastin on säädettävissä.
Seuraavat samalle palvelimelle kuuluvat pyynnöt ja vastaukset käyttävät samaa yhteyttä
- Liukuhihnoitettu** (pipelining) / liukuhihnoittamaton: seuraava pyyntö lähtee jo ennenkuin edelliseen on saatu vastaus / ei lähde.

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

22

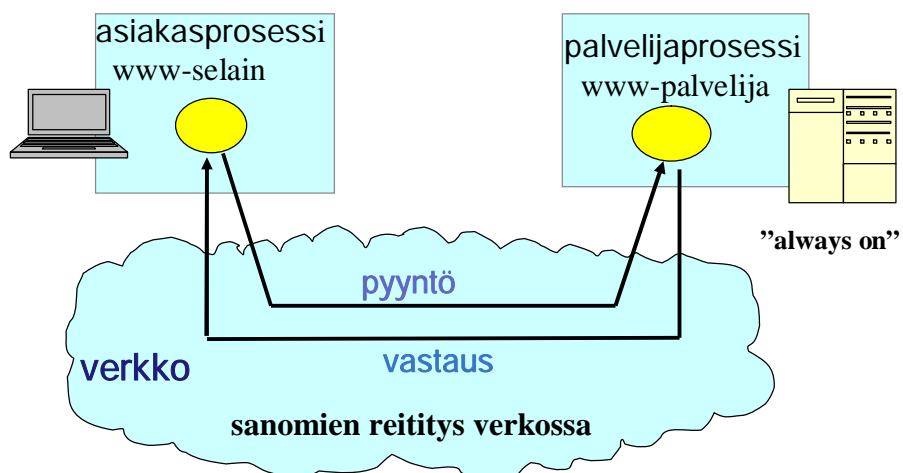


Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

World Wide Web HTTP



Asiakas-palvelija-malli



Oikea kone, oikea prosessi



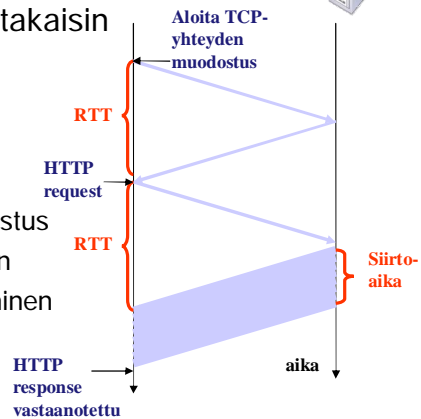
Vastausaika (response time)

n Kiertoviive (Round-trip time, RTT):
aika, joka kuluu pikkupaketin
siirtoon palvelimelle ja takaisin



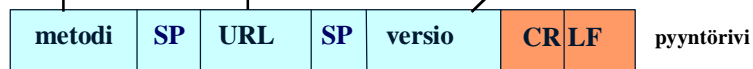
**n Vastausaika = 2 RTT
+ siirtoaika**

1 RTT TCP-yhteyden muodostus
1 RTT pyyntö + ensimmäisten
vastausbittien saapuminen
Tiedoston siirtoaika

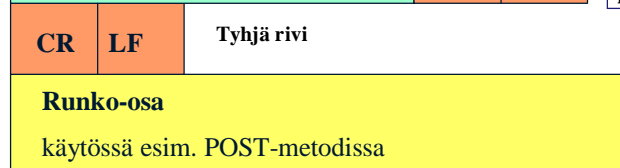
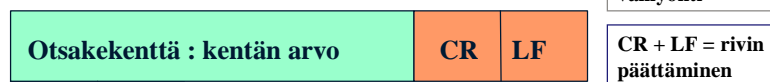


HTTP-pyyntö: yleinen rakenne

GET /jokuhakemisto/sivu.html HTTP/1.1



... Lisää otsakerivejä



SP='space' eli
välilyönti

CR + LF = rivin
päättäminen



Esimerkki: HTTP-pyyntö

Pyyntörivi: GET/ POST/ HEAD -metodi

GET /somedir/page.html HTTP/1.1

otsakerivit

Host: www.someschool.edu

User-Agent: Mozilla/4.0

Connection: close

Accept-language: fr

Yksi tyhjä rivi
merkinä sanoman
loppumisesta

(Ylimääräinen carriage return, line feed)

Otsakeriveillä välitetään parametritietoja



HTTP-pyyntömetodeja

GET Nouda objekti (download),
nouda objekti vain jos annettu ehto pätee (**conditional GET**):

If-Modified-Since, If-Unmodified-Since,
If-Match, If-None-Match, or If-Range

HEAD Nouda vain otsaketiedot

POST Voidaan myös lähettää tietoa

lomakkeen täyttö se. kenttien sisällöt annetaan mukana
olemassa olevien dokumenttien kommentointi
sanomien lähettäminen uutisryhmiin tai ilmoitustauluille
tiedoston lisääminen hakemistoon; yhteisjulkaisun
laajentaminen

PUT Talleta objekti palvelimelle (upload)
polkunimi pyyntörivillä, talletettava runko-osassa

DELETE Poista objekti palvelimelta

Web-julkaisu -
työkalut käyttävät



Otsakekenttä : kentän arvo	CR	LF
----------------------------	----	----

Host: **WWW.jokupaikka.fi** kone, jossa dokumentti on

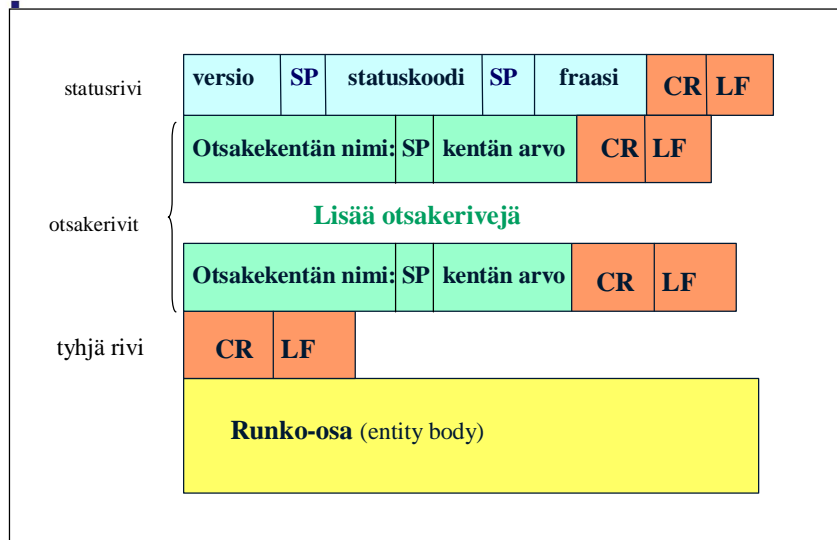
Connection: **close** sulje yhteys lähetyksen jälkeen

User-agent: **Mozilla/4.0** selaimen tyyppi

Accept-language: **fi** dokumentin kieli

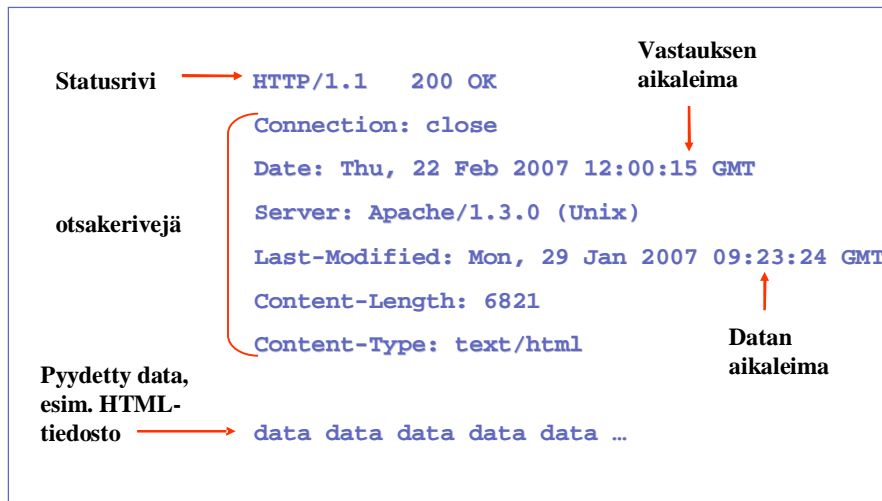


HTTP-vastaus: yleinen rakenne





Esimerkki: HTTP-vastaus



HTTP: statuskoodeja ja fraaseja

Vastaussanomien 1. rivillä esim.:

- 200 OK** Pyyntö onnistui, pyydetty objekti mukana vastauksessa
- 301 Moved Permanently:** Objekti on siirretty, uusi URL on mukana vastauksen otsakekentässä **Location**. Asiakas tekee uuden noudon uudesta URL:sta
- 302 Moved Temporarily** Siirretty tilapäisesti
- 400 Bad Request** Palvelija ei ymmärtänyt pyyntöä
- 403 Forbidden** Ei ole oikeutta lukea pyydettyä tiedostoa
- 404 Not Found** Pyydettyä objektia ei löydetty
- 500 Internal Server Error** Virhe palvelimessa
- 505 HTTP Version Not Supported** Palvelija ei tue asiakkaan käyttämää HTTP-versiota. Syntaksissa on jotain liian uutta tai liian vanhaa.



Evästeet (cookies)



n HTTP on tilaton protokolla

Palvelija ei talleta mitään istuntoon liittyvää

n Selain

Tallettaa asiakaskoneelle (tiedostoon) palvelimen pyynnöstä ja sen tarpeita varten käyttäjäkohtaista tietoa (= evästeen)
Lähetää tiedot palvelijalle joka pyynnön yhteydessä.

n Palvelin

Ylläpitää tietokantaa käyttäjistä (back-end database)
yksikäsitteiset käyttäjätunnisteet (tav. numero)

n Evästeiden talletus ja lähetys

HTTP-vastauksessa otsakerivi: **Set-cookie: "tieto"**

HTTP-pyynnössä otsakerivi: **Cookie: "tieto"**



Mihin evästeitä käytetään?

n Käyttäjien tunnistamiseen

Palveluntarjoaja muistaa käyttäjän edellisestä sanomasta
Ensimmäisellä käyttökerralla tietojen kyselyä
Jatkossa tunnistuseväste mukana sanomissa

n Istunnon vaiheen tallentamiseksi

Autentikointi vain kertaalleen esim. www-postinlukuohjelman yhteydessä

n Ostoskorina

Selaile palveluntarjoajan sivuilla ja kerää ostokset koriin.
Lähetä lopuksi tilaus

n Yksityisyys?

Palveluntarjoaja saa koottua tietoa käyttäjistä
Hakukoneilla voi kerätä lisää.
Väärinkäyttö? Mainosposti?

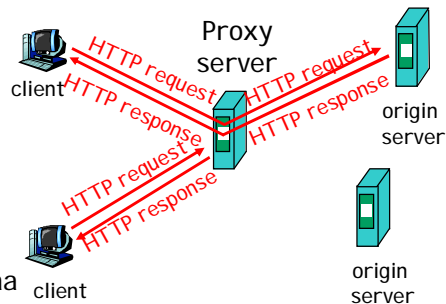
<http://www.cookiecentral.com/>



Proxy-palvelin eli verkkovälimuisti

Säilyttää kopioita haetuista objekteista

n Pyyntö ohjautuu ensin välimuistiin haetaan verkon yli vasta, jos ei löydy välimuistista



n Etuja

lyhentää vastausaikaa
vähentää verkkoliikennettä
vähentää palvelimen kuormaa

[Myös asiakaskone voi ylläpitää välimuistia!]

KuRo08: Fig 2.11



Proxy-palvelimen käytöstä

KuRo08: Fig 2.12

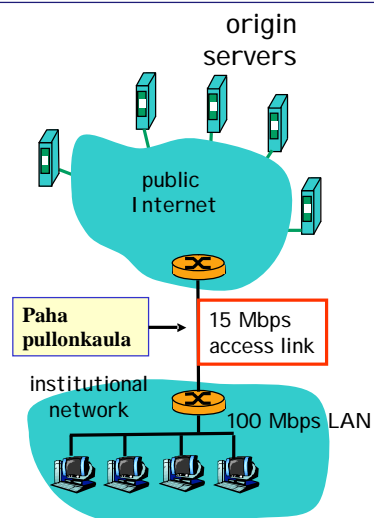
n Oletetaan

Haettavan objektin koko on 1 Mb
15 pyyntöä/sek => 15 Mbps
Viive Internetin reitittimeltä palvelimelle ja takaisin = 2 sec

n Tällöin

paikallisverkon käyttöaste = 15%
ei ruuhkautunut => siirtoaika muutamia kymmeniä ms

Reitinlinkin käyttöaste = 100%
Saantiaika = Internet delay +
Access delay + LAN delay
= 2 sec + mins + msec



Proxy-palvelimen käytöstä

Parannus?

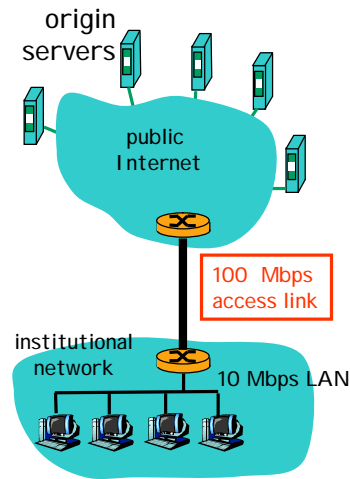
Hankitaan nopeampi yhteys,
esim. 100 Mbps

Tällöin

Paikallisverkon käyttöaste = 15%
Reititinlinkin käyttöaste = **15%**
Saantiaika = Internet delay +
Access delay + LAN delay
= **2 sec** + msec + msec

Mitähän nopeampi linkki maksaa?

Voi olla kallis ratkaisu!



KuRo08: Fig 2.12

Proxy-palvelimen käytöstä

Parannus?

Asennetaan proxy-palvelin

Oletetaan,

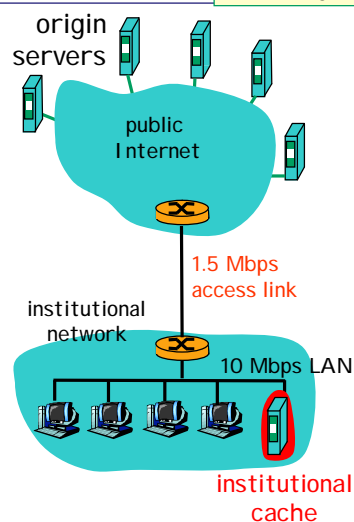
osumatodennäköisyys (hit rate)= 0,4.
(tyypillisesti välillä 0,2-0,7)

Tällöin

40% pyynnöistä löytyy heti läheltä
Reititinlinkin käyttöaste putoaa 60%:iin
ei jonotusviipeitä, saantiaika 10 ms

60% pyynnöistä palvelimelta saakka

Saantiaika = Internet delay +
Access delay + LAN delay
= $0,6 * (2 + 0,01) \text{ sec} + 0,4 * 0,01 \text{ sec}$
= **1,2 secs**

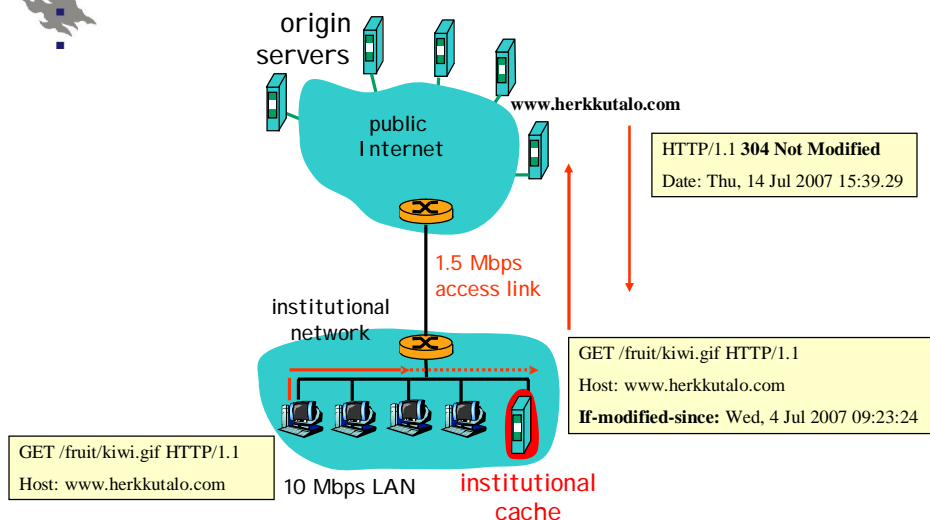


KuRo08: Fig 2.13



Conditional GET

- Välimuistiin talletettu objekti haetaan verkosta vain, jos objektia on muutettu
 - Aikaleima silti tarkistettava
- GET-pyyynnön otsakkeessa
 - If-modified-since: aikaleima**
esim. Mon, 5 Feb 2007 09:23:24
- Jos ei muutettu, vastauksen otsakkeessa
 - HTTP/1.0 304 Not Modified'**
Eikä objektia mukana
- Muuten objekti mukana normaalisti





Muita URL-osoitteita

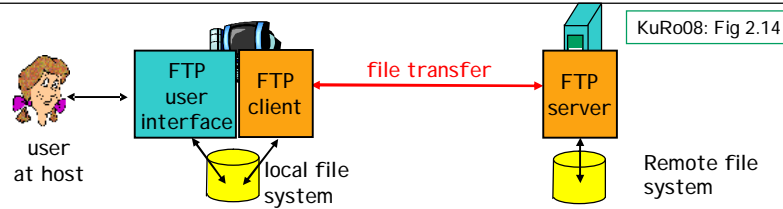
- n <file:///C:/webs/html/mottle.gif>
Avaa paikallinen tiedosto (asiakkaan tiedostojärjestelmässä)
Selain ei generoi HTTP - pyyntöä, KJ huolehtii
- n <ftp://usc.edu/pubs/myfile.doc>
Hae tiedosto ftp-protokollaa käyttäen
- n <news:hy.opiskelu.tht.tili>
Avaa uutistenlukuohjelman käyttöliittymä ja muodosta yhteys uutispalvelimeen
- n <mailto:oskari.olematon@cs.helsinki.fi>
Avaa postiohjelman käyttöliittymä, välitä sähköposti postipalvelimelle
- n <mms:video.avi>
Avaa multimediasoitin
Nouda MultiMedia Streaming - protokollaa käyttäen



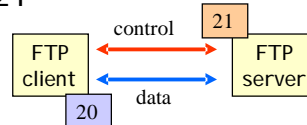
Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Tiedostonsiirto
FTP

FTP: File Transfer Protocol (RFC 959)



- Tiedostojen kopioiminen koneelta koneelle
Asiakas voi selata etäkoneen hakemistoissa FTP-sanomilla, voi noutaa tai tallettaa haluamansa tiedoston (download/upload)
 - FTP-palvelin kuuntelee porttia 21 yhteys kontrollitiedon välitystä varten
 - Asiakas kuuntelee porttia 20 palvelija avaa tiedoston siirtoa varten
 - FTP-palvelin **ylläpitää tilatietoa** mm. työhakemiston polku, autentikointi
- 2 TCP-yhteyttä



FTP-pyyntöjä ja -vastauksia

- Kaikki sanomat 7 bitin ASCII-muodossa
- Asiakkaan pyyntöjä
 - USER** username
 - PASS** password
 - LIST**
 - RETR** filename
 - STOR** filename
- Palvelimen vastauksia
 - 331** Username OK, password required
 - 125** Data connection already open, transfer starting
 - 424** Can't open data connection
 - 452** Error writing file



Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

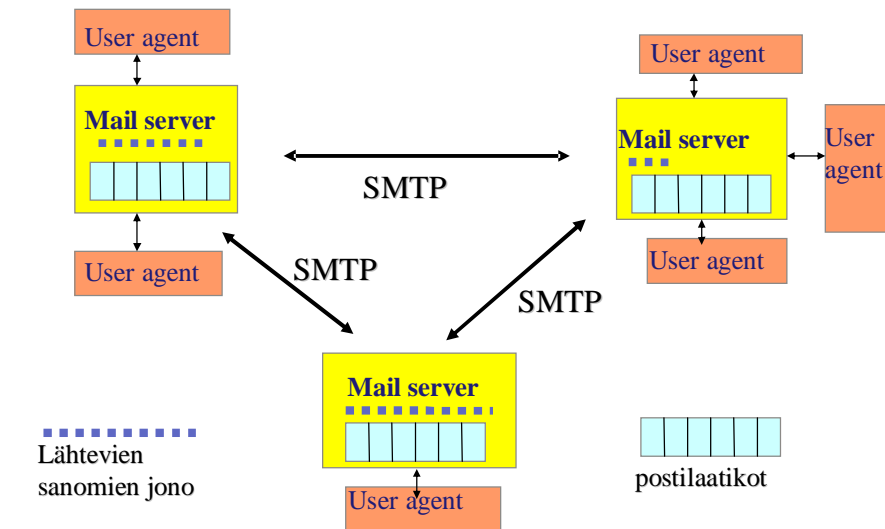
Sähköposti SMTP, IMAP, POP3



Sähköpostin komponentit

- n **Postiohjelma** (user agent)
Postin lukeminen ja lähettäminen
Eudora, Outlook, elm, pine, Messenger, Pegasus, Kmail, ...
Posti talletettuna omalle postipalvelimelle
- n **Postipalvelin** (mail server)
Kullakin käyttäjällä on **oma saapuvien postien laatikko**
Yhteinen lähtevien postien laatikko
- n **Postiprotokolla SMTP**
Protokolla, jolla postipalvelin välittää postin suoraan vastaanottajan postipalvelimelle
asiakas = lähettävä postipalvelin
palvelin = vastaanottava postipalvelin

Sähköpostin komponentit

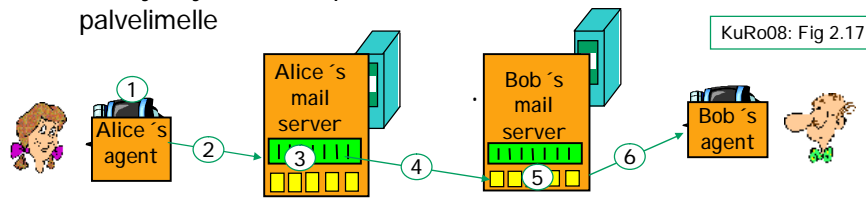


Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

47

Esimerkki: Alice Bobille

1. Alice kirjoittaa viestin postiohjelmalla: "to:"
bob@someschool.edu
2. Alicen postiohjelma lähettää viestin omalle postipalvelimelle
3. Alicen postipalvelin avaa TCP-yhteyden Bobin postipalvelimelle
4. Alicen postipalvelin siirtää viestin SMTP-protokollalla Bobin postipalvelimelle käyttäen TCP-yhteyttä
5. Bobin postipalvelin laittaa viestin Bobin postilaatikkoon
6. Bob lukee viestin omalla postiohjelmalla



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

48



SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) (RFC 821)

- n Postipalvelimet kuuntelevat porttia 25
- n Asiakas muodostaa säilyvän TCP-yhteyden palvelimeen luotettava
yksi yhteys: lähetetään kaikki samalle palvelimelle menevät viestit
- n Lähetyksessä: Kättely, Viestien välitys, Lopetus
- n Pyyntö-vastaus-protokolla
Pyyntö: ASCII-tekstiä
Vastaus: status-koodi ja fraasi tekstinä
- n Push-protokolla: työntää tietoa vastapäähän
vrt. HTTP on ns. pull-protokolla



Esimerkki

```
S: 220 helsinki.fi
C: HELO princeton.edu
S: 250 Hello princeton.edu } STMP:n kättely

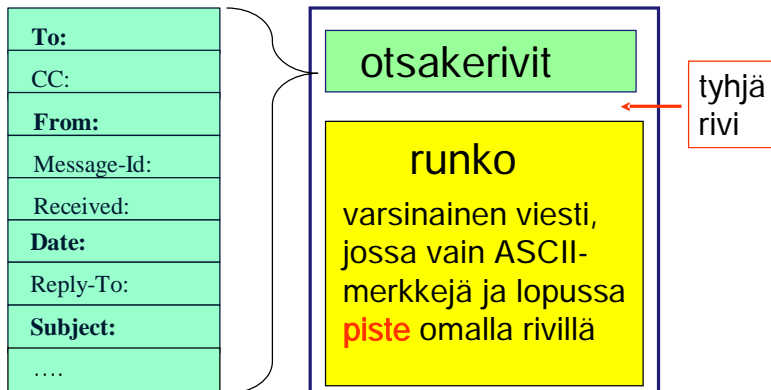
C: MAIL FROM: <Bob@princeton.edu>
S: 250 <Bob@princeton.edu> OK } Viesti(t)
C: RCPT TO: <pekka.puupaa@cs.helsinki.fi>
S: 250 <pekka.puupaa@cs.helsinki.fi> OK
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: dataa ... dataa
C: dataa ... dataa
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 princeton.edu closing connection } STMP:n lopetus
```



Sähköpostiviestin rakenne

Eri asia kuin SMTP: eri standardit (RFC 822)

Esim.



SMTP:n rajoitteita

n Kaikki esitettävä 7-bittisenä ASCII:na

= IRA, International Reference Alphabet

Myös binääridata, esim. kuvat ja ääni

n Yksittäinen viesti loppuu omalla rivillä olevaan pisteeseen

eli lopussa ASCII-merkit: **CRLF.CRLF**

Vanha protokolla!

CR = carriage return

LF = line feed

n Binääridata on koodattava s.e. siinä ei esiinny

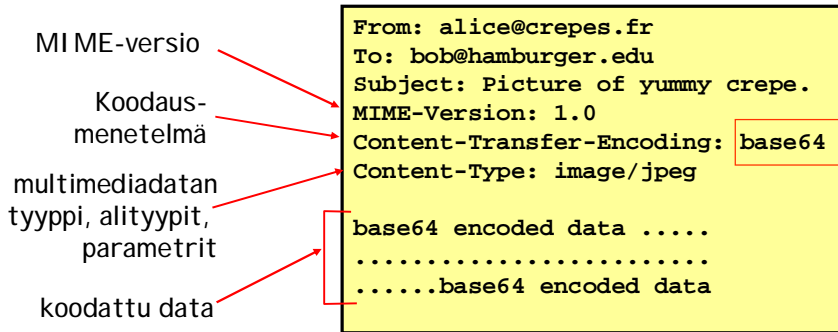
CRLF.CRLF

MIME-laajennus



MIME (Multipurpose Internet Mail Extension, RFC 2045, 2056)

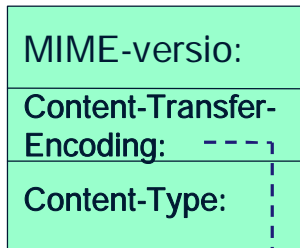
- n Kaikki on koodattava 7-bittiseksi ASCII-koodiksi
- n Lisää kenttiä otsakkeeseen: vastaanottajan postiohjelma osaa käynnistää oikean sovelluksen viestin näyttämiseksi.



MIME

n MIME-sisältötyyppejä

- text/plain; charset=us-ascii
- text/html
- image/gif, image/jpeg,
- video/mpeg
- application/postscript
- application/msword
- application/octetstream
- multipart/mixed



n Base-64-koodaus

Sanoma 24 bitin ryhmät on jaettu 6 bitin osiksi, jotka kukin on koodattu ASCII-merkiksi. 64 eri vaihtoehtoa



Moniosainen MIME-viesti

```

...
Content-Type: multipart/mixed; Boundary=StartOfNextPart
-- StartOfNextPart
Hei Allu,
sinulle kaunis kuva kissastani Villestä.
-- StartOfNextPart
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg
base64 encoded data .....
.....base64 encoded data
-- StartOfNextPart
Haluatko muita kuvia!
.

```

Nykyisin yleensä linkki www-sivulle, josta kuvan voi hakea!

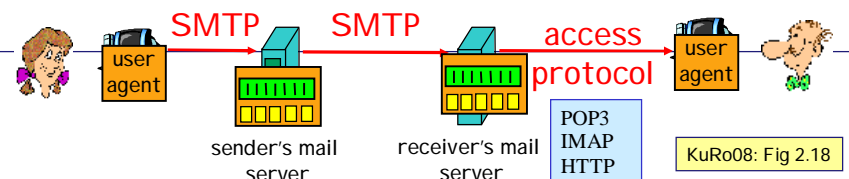


Postinoutoprotokollat (mail access protocols)

Posti omalta postipalvelimelta postiohjelmaan

- n **POP3:** Post Office Protocol versio 3
Viestien lataamiseen omalle koneelle, ei postikansioita
- n **IMAP:** Internet Mail Access Protocol
Monipuolisempi: postikansiot (folders), lataa vain otsikot, viestien säilytys postipalvelimelle
- n **HTTP:** Esim. TKTL:lla käytettävä IlohaMail, Hotmail, ...
Web-palvelija käyttää IMAP-palvelijaa

Koska SMTP on 'PUSH'-protokolla, sitä ei voi käyttää sanomia haettaessa ('PULL').





ESMTP (Extended Simple Mail Transfer Protocol) RFC 2821

n Runsaasti laajennoksia jo 1995 (RFC 1868)

- * 8BITMIME — 8 bit data transmission, RFC 1652
- * ATRN — Authenticated Turn, RFC 2645
- * SMTP-AUTH — Authenticated SMTP, RFC 2554
- * CHUNKING — Chunking, RFC 3030
- * DSN — Delivery status notification, RFC 1891
- * ETRN — Extended Turn, RFC 1985
- * HELP — Supply helpful information, RFC 821
- * PIPELINING — Command pipelining, RFC 2920
- * SIZE — Message size declaration, RFC 1870
- * STARTTLS — Transport layer security, RFC 3207

n EHLO aloittaa



Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Internetin nimipalvelu DNS



DNS (Domain Name System)

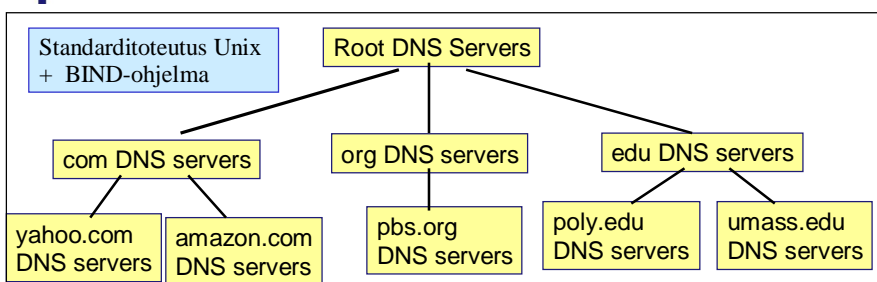
- n Hakemistopalvelu ja sovelluskerroksen protokolla
 - Isännät ja nimipalvelimet käyttävät
 - Käyttää itse UDP-kuljetuspalvelua DNS-sanomien kuljettamiseen
- n Nimien muuttaminen **IP-osoitteiksi** (ja päinvastoin)
 - Posix: `gethostbyname(hydra.cs.helsinki.fi)` 218.214.4.29
 - Kone = hydra = 29, verkko = cs.helsinki.fi = 218.214.4.0
- n Sallii aliasnimet, palvelijan replikoinnin
 - Esim. `WWW.cs.helsinki.fi` ja `cs.helsinki.fi` ovat aliasnimiä
 - Esim. `www`-palvelijaan voi liittyä useita IP-osoitteita, rotaatio
- n Hajautettu, hierarkinen tietokanta (hakemisto)
 - Toteutettu useiden replikoitujen nimipalvelimien yhteistyönä
 - skaalautuvuus, kuormantasaus, ylläpito, vikasietoisuus, ..
 - Jos oma nimipalvelija ei tunne, se kysyy muilta.

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

59



Hajautettu, hierarkinen tietokanta



KuRo08: Fig 2.19

- n 13 juuritason nimipalvelija
 - Replikoituja, kaikilla samat tiedot
- n Ylätason palvelimet maa- ja yleistunnuksille (n. 265 kpl)
 - ..., fi, fr, uk, ... edu, net, com, org, ...
- n Autorisoidut aluepalvelimet (domain) (2-taso) www.iana.org
 - Isolla yliopistoilla ja firmoilla omansa, pienet käyttävät jonkun muun ylläpitämää

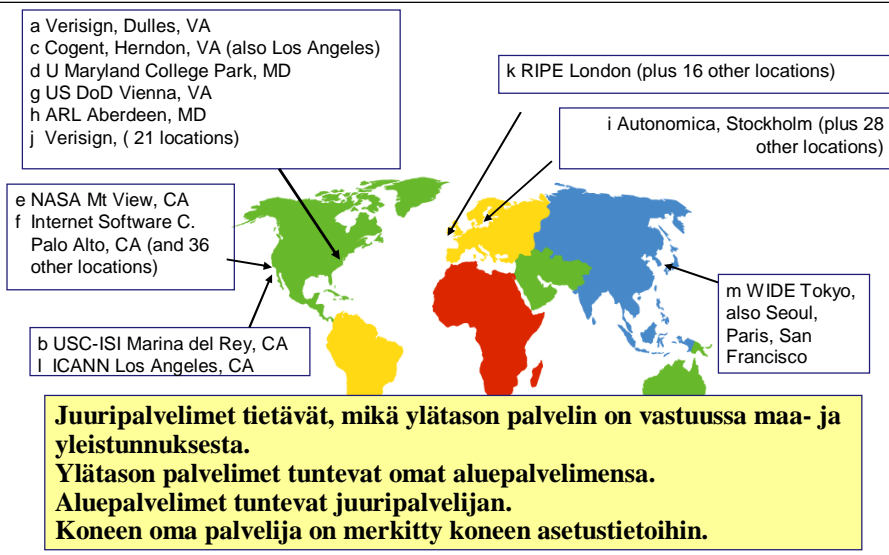
Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

60



Juuripalvelimet (2007)

KuRo08:Fig 2.20



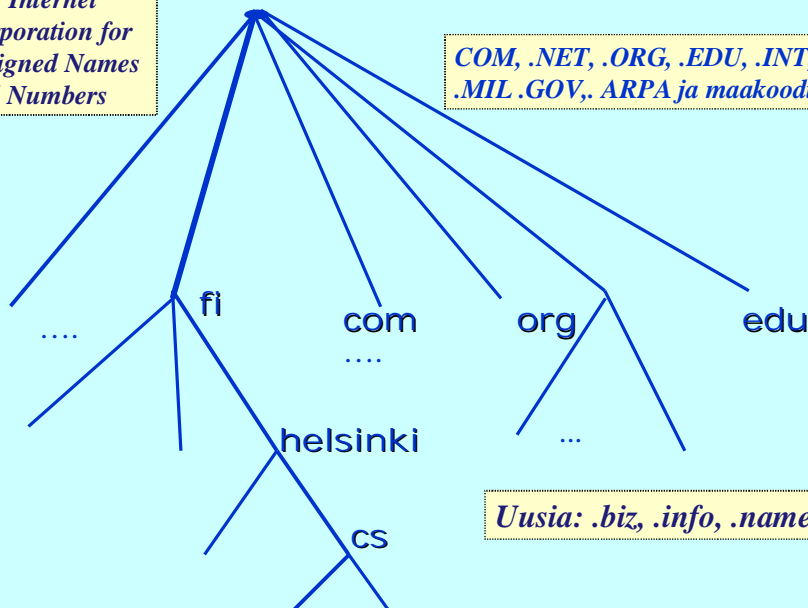
Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

61

ICANN
The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers

Domain -nimiavaruus

COM, .NET, .ORG, .EDU, .INT, .MIL, .GOV, .ARPA ja maakoodit



Uusia: .biz, .info, .name

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

62



DNS-nimiavaruuden vyöhykejako

- n DNS-nimiavaruus jaettu vyöhykkeisiin (zone)
 - n kukin vyöhyke kattaa osan nimipuusta
 - n vyöhykkeellä on yksi siitä vastaava nimipalvelija (primary) ja yksi tai useita apunimipalvelijoita (secondary)
- n Vyöhykejako on hallinnollinen
 - n tarpeen mukaan nimipalvelijoita vastaamaan omasta alueestaan



IP-nimen selvittäminen

- n sovellusohjelma kutsuu kirjastorutiinia parametrina nimi merkkijonona
 - n esim Unix:ssa `gethostbyname()`
- n kirjastorutiini lähettää UDP-datasähkeen paikalliselle DNS-palvelimelle, joka etsii nimeä vastaavan IP-osoitteen ja palauttaa sen kirjastorutiinille
 - n etsinnässä tarvitaan usein monien palvelimien yhteistyötä
 - n Iteratiivinen kysely / rekursiivinen kysely
 - n Välimuistin käyttö

Iteratiivinen kysely: "kerro keneltä pitää kysyä"

gaia.cs.umass.edu

Isäntäkone (1)

Kysy omalta aluepalvelijalta

Aluepalvelija (**poly**) (2)

Ota yhteys juuritasolle

Juuripalvelin (3)

Kerro, mistä löytyy ylätason palvelin **edu**-tunnuksille

Ylätason palvelin (**edu**) (4, 5)

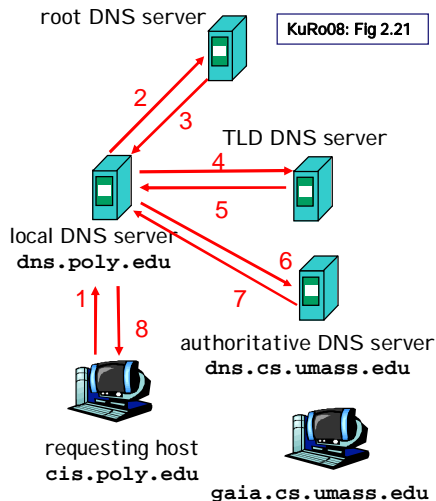
Kerro, mistä löytyy aluepalvelija

umass.edu-tunnuksille

Aluepalvelija (6,7)

Tuntee **cs**-verkon koneet.

Kerro koneen IP-osoite



KuRo08: Fig 2.21

Rekursiivinen kysely: "kysy muilta, jos et itse tiedä"

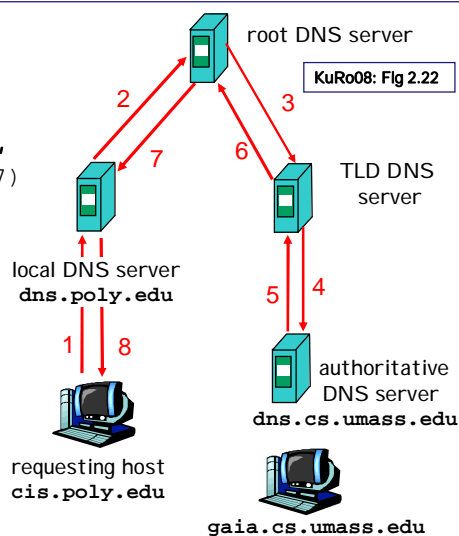
Kysy ensin omalta aluepalvelimelta. (1, 8)

Jos oma aluepalvelija ei tiedä, se kysyy juuripalvelijalta. (2, 7)

Jos juuripalvelin ei tiedä, se kysyy ylätason palvelijalta. (3, 6)

Jos ylätason palvelija ei tiedä, se kysyy aluepalvelijalta. (4, 5)

Aluepalvelija tuntee omat verkkonsa ja koneensa.



KuRo08: Fig 2.22



DNS-välimuisti

Suorituskyvyn parantamiseksi nimipalvelijat varastoivat välimuistiinsa näkemiään DNS-resurssitietueita.

- n Ei tarvitse aina hakea uudestaan
 - n Kuormittaa vähemmän ylemmän tason nimipalvelimia
 - n Nopeuttaa tavallisimpia kyselyjä: löytyy läheltä
- n Tiedon oikeellisuus
 - n Tietueelle määrätty elinaika (TTL, time to live) kertoo voimassaoloajan (yleensä muutama päivä)
 - n Kun umpeutuu, tieto poistetaan.
 - n Yleensä muutokset paikallisia:
koneen lisäys, koneen poisto, joskus uusi verkko

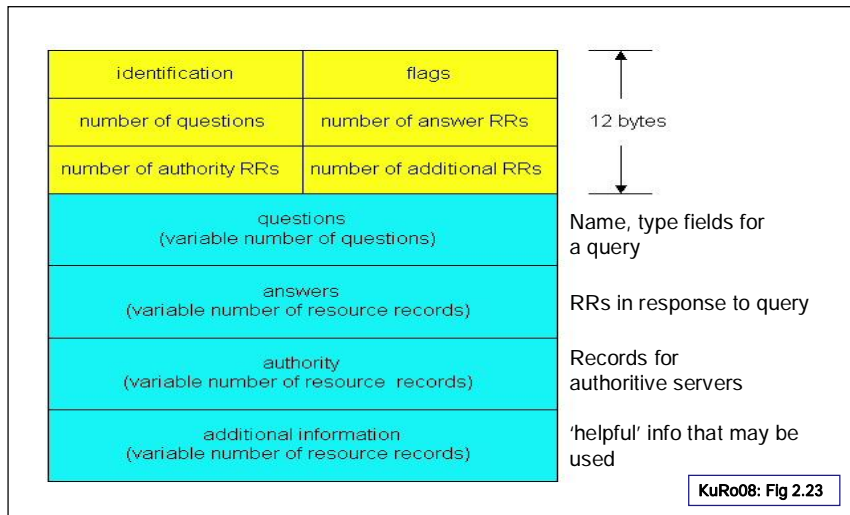


DNS- resurssitietue

- n Kentät: (nimi, arvo, tyyppi, elinaika)
- n Tyyppi määrää nimen ja arvon merkityksen:
 - n **Tyyppi = A** (host address)
nimi = koneen nimi, arvo = IP-osoite
esim: (relay1.bar.foo.com, 145.37.3.126, A, TTL)
 - n **Tyyppi = NS** (name server)
nimi = aluenimi (domain), arvo = autorisoidun palvelimen nimi
esim: (foo.com, ds.foo.com, NS, TTL)
 - n **Tyyppi = CNAME** (canonical name)
nimi = koneen aliasnimi, arvo= kanoninen, oikea konenimi
esim: (foo.com, relay1.bar.foo.com, CNAME, TTL)
 - n **Tyyppi = MX** (mail exchange)
nimi = koneen aliasnimi, arvo = postipalvelimen kanoninen nimi
esim: (foo.com, mail.bar.com, MX, TTL)



DNS-sanoman rakenne



DNS-sanoma

- n Kysely ja vastaus käyttävät samaa formaattia
Kyselystä voi generoitua vastaus, jossa on useita resurssitietueita
Esim. Palvelijafarmien kuormantasaaminen:
vastauksessa on useita IP-osoitteita (rotaatio)
- n Identification-kenttä
Kyselyn tunniste (16-bittinen numero) ja vastauksessa sama numero => kysely ja vastaus helposti yhdistettävissä toisiinsa.
- n Lipukkeet (flags)
Pyyntö vai vastaus
Käytä rekursiivista kyselyä
Rekursiivinen kysely mahdollista
Vastaus tulee suoraan autorisoidulta palvelijalta



Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Vertaistoimijat peer-to-peer



Vertaistoimijat: file sharing

n Isäntäkoneet asiakkaan ja palvelijan roolissa

Jaetaan uusi versio käyttöjärjestelmästä, korjaustiedosto ohjelmaan, MP3-tiedostoja, videoleikkeitä, ...

Jokainen vertainen voi toimija jakelijana

BitTorrent-liikenne
jo 30% Internetin
koko liikenteestä?

n Skaalautuvuus, kuormantasaus

n Kone on satunnaisesti Internetissä

IP-osoitekin voi vaihdella kerrasta toiseen

n Miten löytää vertaistoimija(t)?

Keskitetty hakemisto: kiinteä IP-osoite, josta voi kysellä

Kyselyn tulvus: kysellään potentiaalisilta toimijoilta

Hiukan keskitetty hakemistopalvelu, joka tekee jatkokyselyt

n Kun kohde löytynyt, kopiointi suoraan sieltä

Kyselyn tuloksena IP-osoite

HTTP-protokollaa käyttäen



Skaalautuvuus

KuRo08: Fig. 2.24

Asiakas-palvelinmalli:

Palvelimen siirrettävä $n \cdot F$ bittiä \Rightarrow siirtoaika = nF/u_s .

Hitain asiakas d_{\min} saa tiedoston ajassa F/d_{\min}

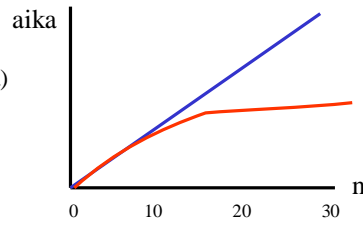
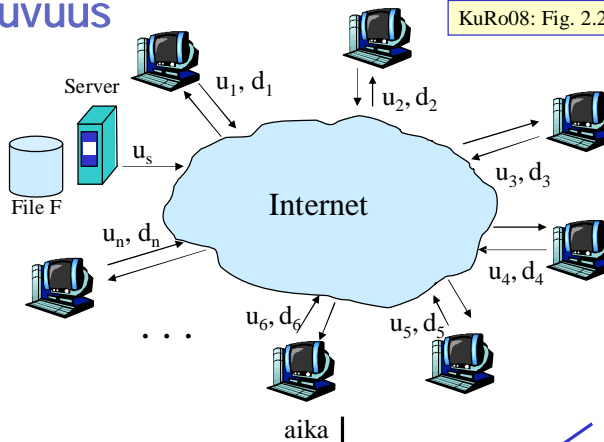
Siirtoaika = $\max(nF/u_s, F/d_{\min})$

Kun n kasvaa, palvelimen kuorma kasvaa ja siirtoaika kasvaa.

Vertaistojamalli (alussa tiedosto on palvelimella)

Siirtoaika = $\max(F/u_s, F/d_{\min}, nF/(u_s + V u_i))$

Summamerkki



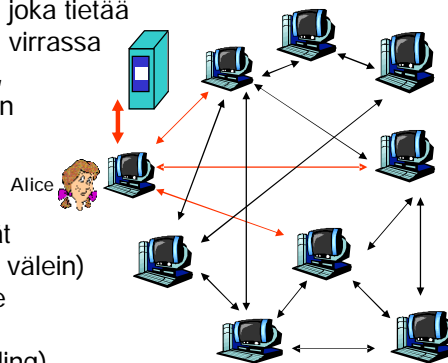
Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

73



BitTorrent

- n Ladataan ja samaan aikaan jaellaan yhdenkokoisia lohkoja (esim. 256 KB) bittivirtaa (torrent)
- n Rekisteröidytään "tracker"-solmuun, joka tietää mitkä koneet ovat mukana missäkin virrassa
- n Trackerilta saa muiden IP-osoitteita, joihin voi yrittää ottaa TCP-yhteyden
- n Naapureilta kysellään lohkolistoja ja pyydetään lähettämään lohkoja (harvinaisimmat ensin)
- n Itse lähetetään 4:lle, jotka lähettävät suurimmalla nopeudella (arvio 10 s välein) ja 30 s välein lähettää satunnaiselle naapurille kokeeksi
- n Vapaa matkustus -ongelma (free-riding)
- n BitTorrentissa paljon muita piirteitä!



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

74



Keskittetty hakemisto

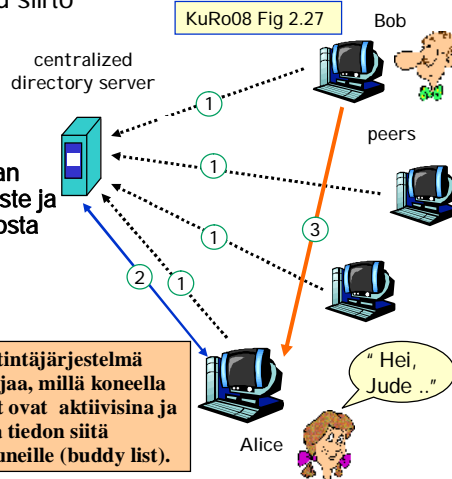
Esim. Napster

Keskittetty hakemisto, hajautettu siirto

1. Aina kun liitytään Internetiin, ilmoitetaan hakemistolle IP-osoite ja jaettavat tiedostot
2. Tiedostoa haettaessa kerrotaan haetun tiedoston nimi tai tunniste ja vastauksena tulee IP-osoite, josta tiedoston voi hakea.
3. Tietosta haetaan saadusta osoitteesta

Ongelmia:
 Suorituskyky
 Vikasietoisuus
 Tekijänoikeudet

Pikaviestintäjäjärjestelmä pitää kirjaa, millä koneella käyttäjät ovat aktiivisina ja ilmoittaa tiedon siitä kiinnostuneille (buddy list).



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

75



Kyselyn tulvitus

Esim. Gnutella

Kysely tulvitettuna, kopiointi suoralla yhteydellä

- n Käyttää pystyssäolevia TCP-yhteyksiä kyselyn hajauttamiseen (**overlay network**)
- n Välittää kyselyn edelleen, jollei itse pysty sitä täyttämään
- n Jos pystyy, niin lähettää tästä tiedon samaa reittiä, jota kyselykin tuli
- n Kopiointi suoralla yhteydellä

Tulvitus ei saa jatkua loputtomiin!
 => Kyselyssä hyppylaskuri

Miten uusi tulija löytää kumppanit?
 • lista, keskuskone => TCP-yhteys näihin
 • ping-sanoma ja pong-sanoma (IP-osoite)

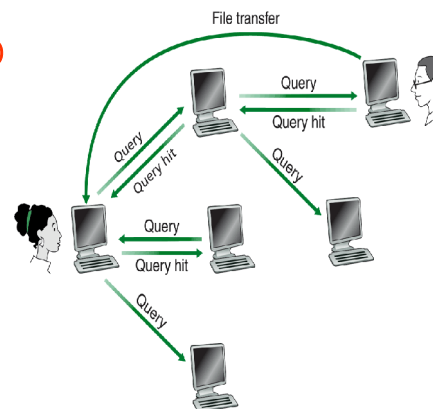


Fig. 2.28 Search and file transfer in Gnutella

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

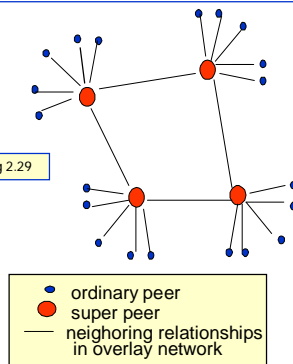
76

Hierarkkiset verkot: heterogeeniset toimijat

- n **Joko superjäsen tai ryhmän jäsen** jäsenet tuntevat oman superjäsenensä super tuntee muita supereita
- n **Superjäsen tietää jäseniensä tiedostot** kertovat yhteyttä ottaessaan
- n **Superjäsen kysyy muita tiedostoja tuntemiltaan toisilta superjäseniltä**
- n **Tiedoston kopiointi suoralla yhteydellä**

Esim. KaZaA,
Morpheus

KuRo08: Fig 2.29



Skype?

DHT (Distributed Hash Table) hajautettu hajautustaulu

hajautettu hakemisto, joka kuvaa tiedostotunnisteet IP-osoitteeksi siten, että kaikki haetun tiedoston sijaintipaikat voidaan selvittää ilman yletöntä tietoliikennettä.

Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Pistoke Verkkosovelluksen ohjelmointia

Perusteellisemmin kurssilla:
Verkkosovellusten toteuttaminen



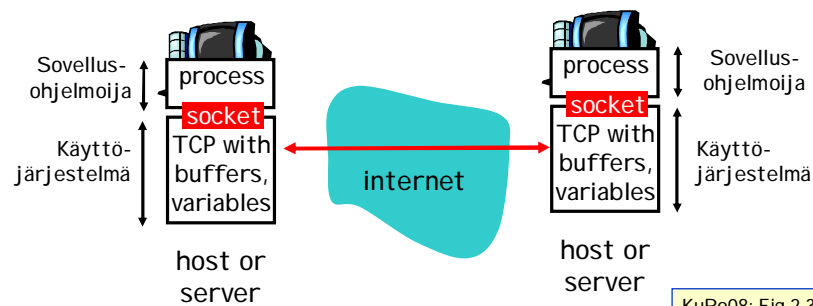
Pistoke (socket)

- n Kuljetuspalvelun ja sitä käyttävän sovelluksen rajapinta isäntäkoneessa

Sovelluksen tietoliikenne = KJ:n palvelupyyntöjä

Pistoke on "palveluluukku"

- n Alunperin Berkeley UNIXin (BSD) mukana



Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

79



Pistoke

- n Sovellus luo pistokkeen ja liittää sen porttiin tai KJ voi valita porttinumeron
 - n Yksi pistoke per porttinumero
 - n Palvelimella on pysyvä (standardi)portti ja kutakin asiakasyhteyttä varten luotu tilapäinen portti (yhteysportti)
 - n Asiakasohjelmalle tilapäinen KJ:n valitsema
- n Kaksisuuntainen (full duplex)
 - n Samaan pistokkeeseen kirjoitetaan ja siitä luetaan
- n Lähetys (send)
 - n Kirjoita pistokkeeseen
- n Vastaanotto (receive)
 - n Lue pistokkeesta

Tietoliikenteen perusteet /2008/ Liisa Marttinen

80



TCP-kuljetuspalvelu

Welcoming socket = vastaanottopistoke?
Connection socket = yhteyspistoke?

Yhteyspyyntö palvelun porttiin

Palvelija luo yhteyttä varten uuden portin
Voi palvella useita yhteyspyyntöjä

Tavallisesti palvelija luo yhteyttä varten myös oman prosessin

Lue /kirjoita tavuja

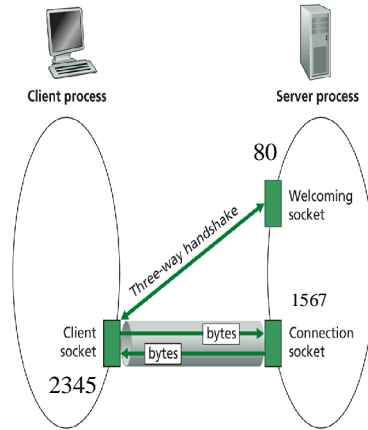


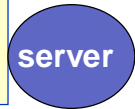
Figure 2.31: Client socket, welcoming socket, and connection socket



TCP-kuljetuspalvelu

Luo 'pysyvä' pistoke

SOCKET
BIND
LISTEN



Jää kuuntelemaan

ACCEPT

RECEIVE

SEND(DATA)

CLOSE

Kuljetuspalvelun tuottaja TCP

K
J

conn.req.

conn. ack.

data

data

discon.req.

discon. ack.

client

SOCKET

Luo pistoke Ota yhteys

CONNECT(SERVER)

SEND(DATA) lähetä

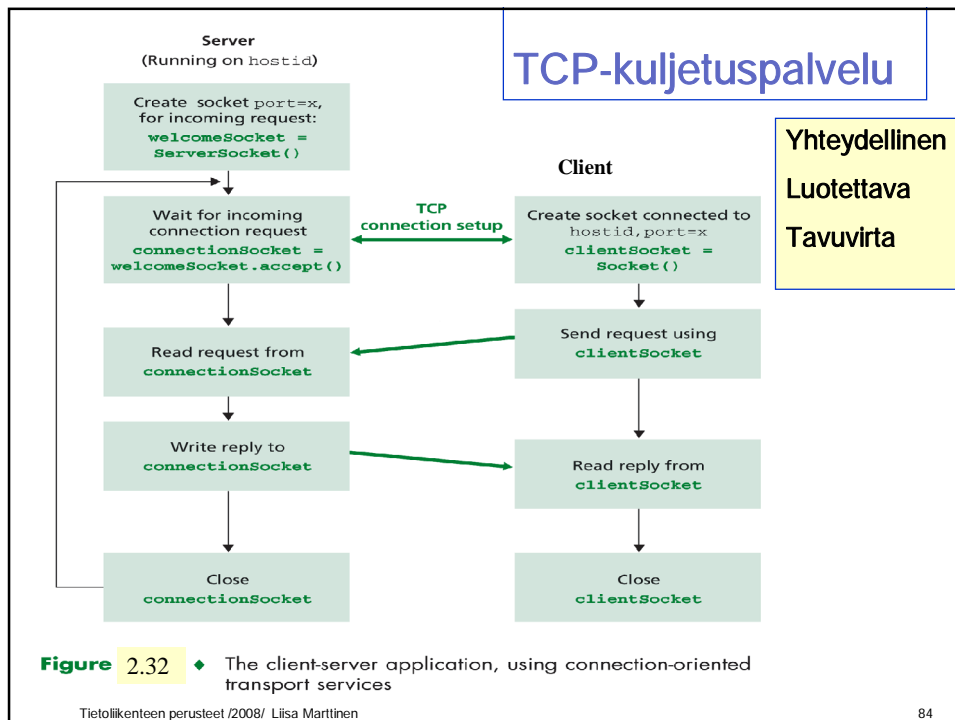
RECEIVE vastaan-ota dataa

CLOSE sulje yhteys



Posix: Pistokerajapinta (API)

```
sockfd = socket(domain, type, protocol)
    luo yhteydellinen (TCP) tai yhteydetön (UDP) pistoke
bind(sockfd, addr[], addr_len)
    porttinumeron kytkeminen prosessiin
listen(sockfd, backlog)
    yhteyspyynnön odottaminen (welcoming socket) (TCP)
sockfd = accept(sockfd, addr[], *addr_len)
    yhteyspyynnön hyväksyminen, luo uusi pistoke (connection socket)
connect(sockfd, addr[], addr_len)
    yhteyspyynnön lähetyks, mihin koneeseen ja porttiin (TCP)
send(sockfd, buf[], buf_len, flags)
recv(sockfd, buf[], buf_len, flags)
    tavuvirran lähetyks ja vastaanotto (TCP)
send(sockfd, msg[], msg_len, flags, addr[], addr_len)
recv(sockfd, msg[], msg_len, flags, addr[], *addr_len)
    sanoman lähetyks ja vastaanotto, mukana kone ja portti (UDP)
close(sockfd), shutdown(sockfd, how)
    yhteyden lopettaminen (TCP)
```





TCP-asiakasohjelma

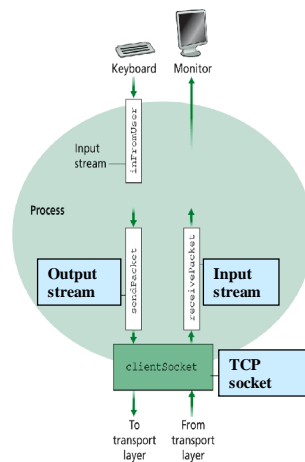


Figure 2.33 TCPclient has three streams



Esimerkki: TCP-asiakas (Java)

```
import java.io.*; import java.net.*;
class TCPClient {
    public static void main(String argv[]) throws Exception {
        String sentence;
        String modifiedSentence;
        BufferedReader inFromUser =
            new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        Socket clientSocket = new Socket("hostname", 6789); yhteyspyyntö
        DataOutputStream outToServer =
            new DataOutputStream(clientSocket.getOutputStream());
        BufferedReader inFromServer =
            new BufferedReader(new InputStreamReader(
                clientSocket.getInputStream()));
        sentence = inFromUser.readLine();
        outToServer.writeBytes(sentence + '\n');
        modifiedSentence = inFromServer.readLine();
        System.out.println("FROM SERVER: " + modifiedSentence);
        clientSocket.close(); Sulkee myös TCP-yhteyden
    }
}
```



Esimerkki: TCP-palvelija (Java)

```
import java.io.*; import java.net.*;
class TCPServer {
    public static void main(String argv[]) throws Exception {
        String clientSentence;
        String capitalizedSentence;
        ServerSocket welcomeSocket = new ServerSocket(6789);
        while(true) {
            Socket connectionSocket = welcomeSocket.accept();
            BufferedReader inFromClient = new BufferedReader(
                new InputStreamReader(connectionSocket.getInputStream()));
            DataOutputStream outToClient =
                new DataOutputStream(connectionSocket.getOutputStream());
            clientSentence = inFromClient.readLine();
            capitalizedSentence = clientSentence.toUpperCase() + '\n';
            outToClient.writeBytes(capitalizedSentence);
        }
    }
}
```

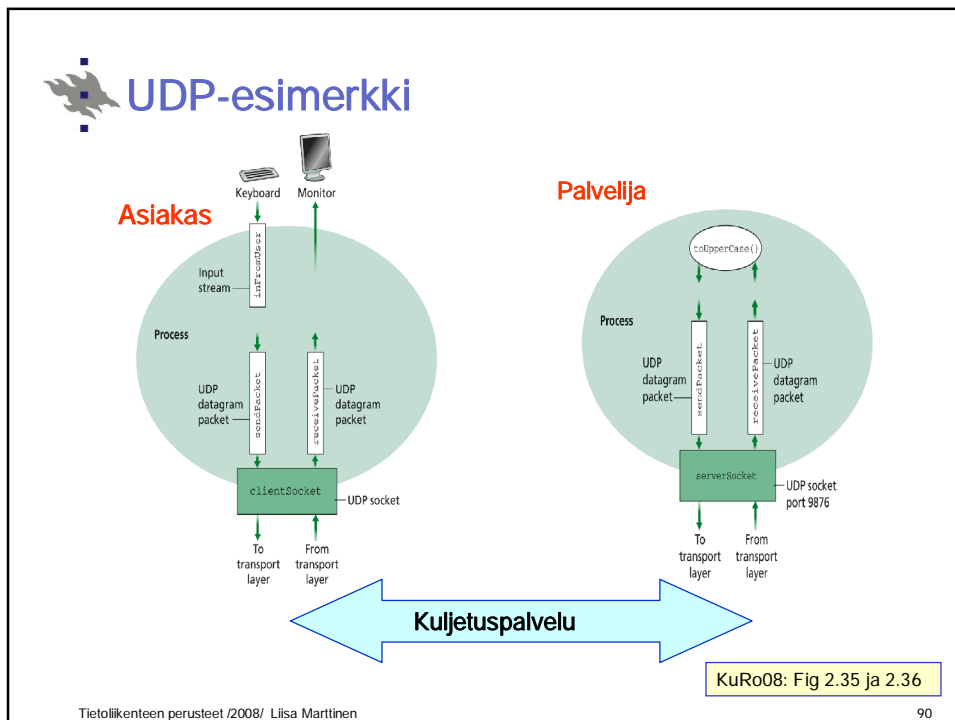
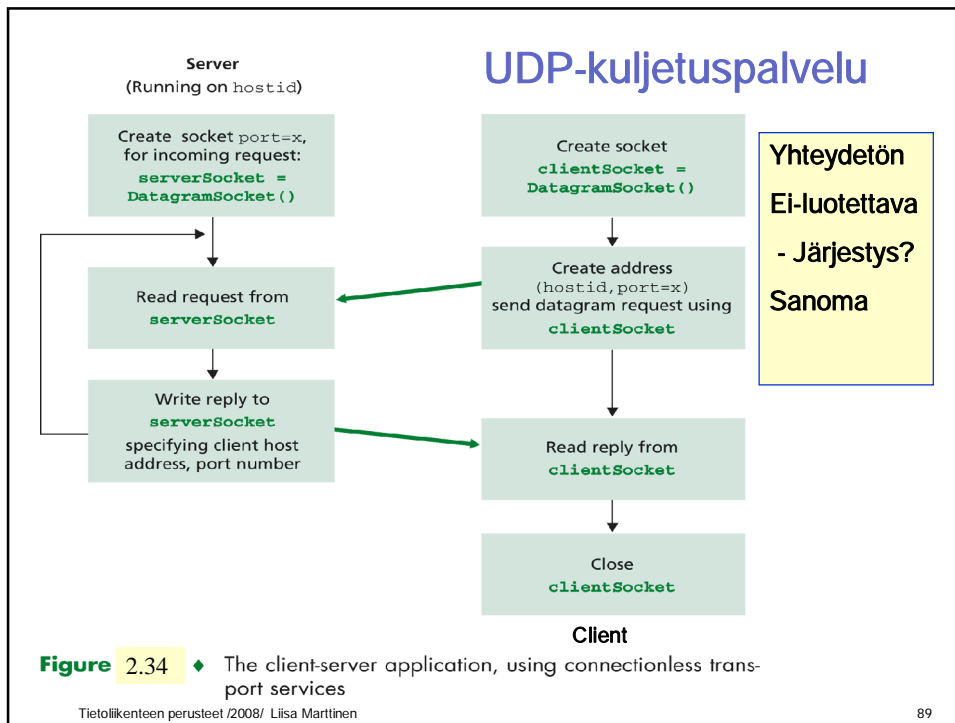
Yhteyspistokkeen
luonti

Muuttaa isoiksi
kirjaimiksi!



UDP-kuljetuspalvelu

- n Ei kättelyä, yhteydenmuodostusta /purkua
- n Ei-luotettava
- n Sovellusprosessi lukee ja kirjoittaa kokonaisia yksittäisiä sanomia
- n Lähettäjä kertoo KJ:lle sanoman lisäksi kohteen IP-osoitteen ja portin
POSIX: `send(sockfd, msg[], msg_len, flags, addr[], addr_len)`
- n Vastaanottaja saa KJ:ltä mahdollista vastausta varten lähettäjän IP-osoitteen ja portin
POSIX: `recvfrom(sockfd, msg[], msg_len, flags, addr[], *addr_len)`





Esimerkki: UDP-asiakas (Java)

```
import java.io.*; import java.net.*;
class UDPClient {
    public static void main(String args[ ]) throws Exception {
        BufferedReader inFromUser =
            new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        DatagramSocket clientSocket = new DatagramSocket();
        InetAddress IPAddress = InetAddress.getByName("hostname");
        byte[] sendData = new byte[1024];
        byte[] receiveData = new byte[1024];
        String sentence = inFromUser.readLine();
        sendData = sentence.getBytes();
        DatagramPacket sendPacket =
            new DatagramPacket(sendData, sendData.length, IPAddress, 9876);
        clientSocket.send(sendPacket);
        DatagramPacket receivePacket = new DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);
        clientSocket.receive(receivePacket);
        String modifiedSentence = new String(receivePacket.getData());
        System.out.println("FROM SERVER:" + modifiedSentence);
        clientSocket.close();
    }
}
```

IP-osoitteen
selvittäminen!

Vapauttaa pistokkeen



Esimerkki: UDP-palvelin (Java)

```
import java.io.*; import java.net.*;
class UDPServer {
    public static void main(String args[]) throws Exception {
        DatagramSocket serverSocket = new DatagramSocket(9876);
        byte[] receiveData = new byte[1024];
        byte[] sendData = new byte[1024];
        while(true) {
            DatagramPacket receivePacket =
                new DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);
            serverSocket.receive(receivePacket);
            String sentence = new String(receivePacket.getData());
            InetAddress IPAddress = receivePacket.getAddress();
            int port = receivePacket.getPort();
            String capitalizedSentence = sentence.toUpperCase();
            sendData = capitalizedSentence.getBytes();
            DatagramPacket sendPacket =
                new DatagramPacket(sendData, sendData.length, IPAddress, port);
            serverSocket.send(sendPacket);
        }
    }
}
```

Pura paketti:
data, IP-osoite
ja portti

Lähetä muokattu data.



Kertauskysymyksiä

- n Asiakas-palvelija-malli? Vertaisverkkomalli?
- n Kuinka asiakas löytää palvelimen?
- n Miten KJ osaa antaa bitit oikealle sovellukselle?
- n Miten koneen nimestä saadaan selville sen IP-osoite?
- n Miten HTTP-protokolla toimii?
- n Miksi SMTP ei riitä, vaan tarvitaan POP3 tai IMAP?
- n Mitä hyötyä on proxy-palvelimesta?
- n Miksi käytetään evästeitä?
- n Mikä on pistoke ja missä sitä käytetään?

Ks. myös kurssikirja s.170.