Tietoliikenteen perusteet

SOVELLUSKERROS

(Application layer)

Kurose, Ross: Ch 2

Sisältöä

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

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

Sovellusarkkitehtuuri

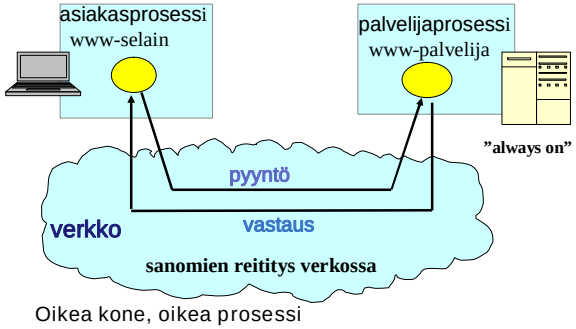
- Asiakas-palvelija-malli (esim. selain ja www-palvelin)
  - Aina toiminnassa oleva palvelinohjelma, jolla kiinteä, tunnettu IP-osoite
  - Asiakasohjelmat ottavat yhteyttä palvelimeen ja pyytävät siltä palvelua

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

- Vertaistoimijamalli (esim. BitTorrent, eMule, Skype)

  - Vertaisisännät kommunikoivat suoraan keskenään
  - Ei tarvitse olla aina toiminnassa, IP-osoite voi muuttua
  - Jokainen toimii sekä palvelijana että asiakkaana
- Hybridimalli (esim. Napster, pikaviestimet)

Asiakas-palvelija-malli



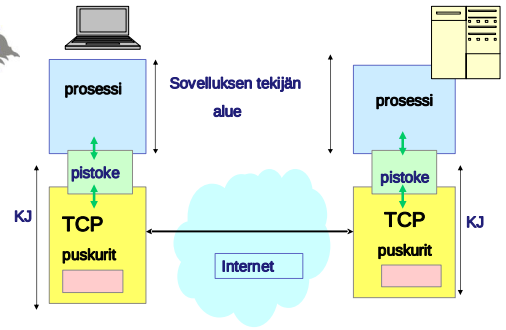
Oikea kone, oikea prosessi

Sovelluksen rajapinta tietoliikenteeseen

- **Pistoke (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
- **Lähetys (send):** anna sanoma KJ:lle
- **Vastaanotto (receive):** ota sanoma KJ:ltä.

  Sovellus odottaa, jos sanoma ei ole vielä saapunut

Ohjelmoija valitsee käyttääkö KJ kuljetuskerroksella yhteydellistä vai yhteydetöntä palvelua!



KJ = käyttöjärjestelmä

Prosessien kommunikointi TCP-pistokkeita käyttäen

KJ:n rajapinta laitteistoon

- **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.**

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

Kuljetusprotokollat: TCP

- **TCP** (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

- **UDP** (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 aikatakuita** (ns. 'best effort'-palvelu)
Ei myöskään datan salakirjoitusta => SSL (Secure Socket Layer)

Kumpi?

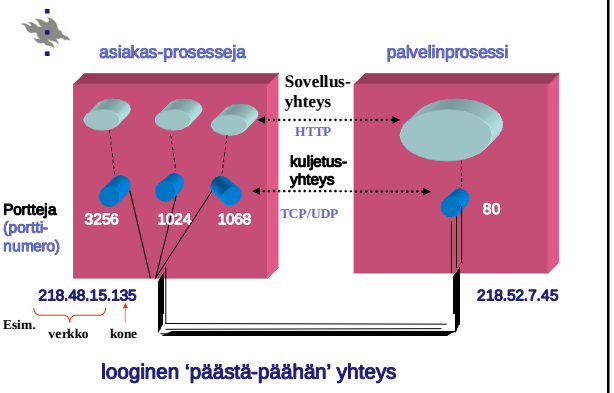
Applications	Application-Layer Protocol	Underlying Transport Protocol
Electronic mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
Remote terminal access	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP
File transfer	FTP [RFC 959]	TCP
Remote file server	NFS [McKusik 1996]]	UDP or TCP
Streaming multimedia	Often proprietary (e.g.,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

- **Sanomissa oltava lähettäjän ja vastaanottajan IP-osoite ja porttinumero**
- **IP-osoite à oikea kone** www.iana.org
  koneen (verkkokortin) yksilöivä 32-bittinen tunniste
  osoitteen verkko-osa yksilöi verkon
  osoitteen koneosa yksilöi koneen verkossa
- **porttinumero à oikea prosessi**
  Yleisillä palveluilla standardoidut tunnetut porttinumerot:
  - www-palvelin kuuntelee porttia 80,
  - Postipalvelin kuuntelee porttia 25

  KJ osaa liittää porttinumeron prosessiin



looginen 'päästä-päähän' yhteys

Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

World Wide Web
HTTP

WWW ja HTML (Hyper Text Markup Language)

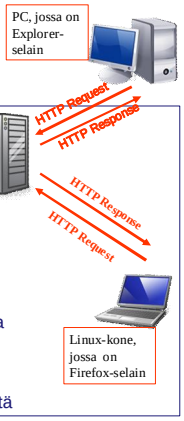
- **WWW-sivu, WWW-dokumentti**
  HTML-tekstiä, jossa viittauksia muihin objekteihin
  muu HTML-tiedosto, kuva- tai äänitiedosto, Java applet, …
  Sivu muodostuu usean tiedoston sisällöstä, jotka noudetaan palvelijalta
- **Viittaus URL-osoitteella** (Uniform Resource Location)
  http://www.someschool.edu/someDept/pic.gif
  koneen nimi
  Viitatun objektin polkunimi

HTML (HyperText Markup Language)

- **Standardi siitä, kuinka sivun rakenne kuvataan**
  Muotoilut, eri osiien sijoittelu sivuille
  Viittaukset muihin objekteihin
- **SGML** (Standard Generalized Markup Language)
  yleinen merkkauskieli
  kertoo, kuinka dokumentit muotoillaan ~ladontamerkinnät
- **XML** (Extensible Markup Language)
  rakenteellinen tietosisällön kuvaus, myös merkitys kuvattu
- **Näistä enemmän kurssilla:**
  582304 XML-metakieli (4 op) (kevät 2008)

HTTP (HyperText Transfer Protocol)

(RFC 1945, RFC 2616()



- **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

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 (nonpersistant connection)

Tutki sivu

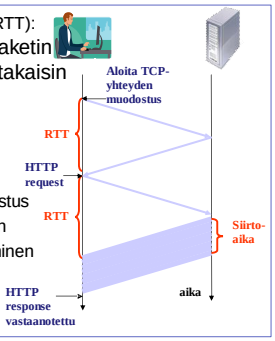
Etsi uudet viitteet ja hae ne samalla tavalla

Näytä sivu käyttäjälle

Lopullinen ulkoasu on kiinni selaimen kyvyistä

Vastausaika (response time)

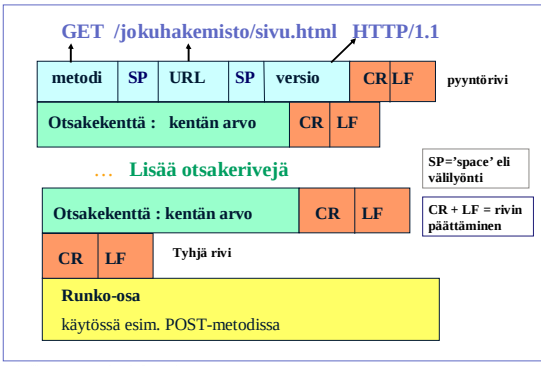
- **Kiertoviive** (Round-trip time, RTT): aika, joka kuluu pikkupaketin siirtoon palvelimelle ja takaisin
- **Vastausaika = 2 RTT + siirtoaika**
  - 1 RTT TCP-yhteyden muodostus
  - 1 RTT pyyntö + ensimmäisten vastausbittien saapuminen
  - Tiedoston siirtoaika



Suorituskyky?

- 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
- 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.

HTTP-pyyntö: yleinen rakenne



Esimerkki: HTTP-pyyntö

Pyyntörivi: GET/ POST/ HEAD –metodi

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.1
Host: www.someschool.edu
User-Agent: Mozilla/4.0
Connection: close
Accept-language: fr
```

otsakerivit

Yksi tyhjä rivi merkkinä sanoman loppumisesta

(Ylimääräinen carriage return, line feed)

Otsakeriveillä välitetään parametritietoja

HTTP-pyyntömetodeja

(HTTP/1.1: http://www.w3.org/protocols/rfc2616/rfc2616.html)

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

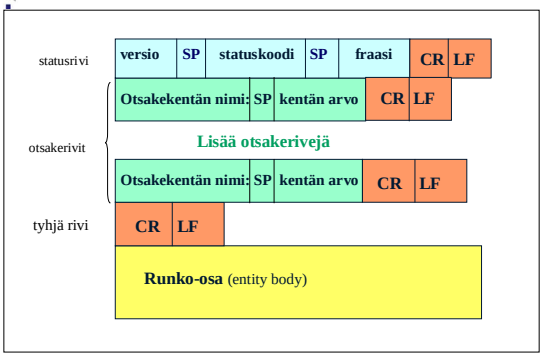
Connection: **close** sulje yhteys lähetyksen jälkeen

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

Accept-language:**fi** dokumentin kieli

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_HTTP_headers

HTTP-vastaus: yleinen rakenne



Esimerkki: HTTP-vastaus

Statusrivi → `HTTP/1.1 200 OK`

Vastauksen aikaleima

otsakerivejä:

```
Connection: close
Date: Thu, 22 Feb 2007 12:00:15 GMT
Server: Apache/1.3.0 (Unix)
Last-Modified: Mon, 29 Jan 2007 09:23:24 GMT
Content-Length: 6821
Content-Type: text/html
```

Datan aikaleima

Pyydetty data, esim. HTML-tiedosto →

```
data data data data data …
```


HTTP: statuskoodeja ja fraaseja

Vastaussanoman 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)

- **HTTP on tilaton protokolla**
  Palvelija ei talleta mitään istuntoon liittyvää
- **Selain**
  Tallettaa asiakaskoneelle (tiedostoon) palvelimen pyynnöstä ja sen tarpeita varten käyttäjäkohtaista tietoa (= evästeen)
  Lähettää tiedot palvelijalle joka pyynnön yhteydessä.
- **Palvelin**
  Ylläpitää tietokantaa käyttäjistä (back-end database)
  yksikäsitteiset käyttäjätunnisteet (tav. numero)
- **Evästeiden talletus ja lähetys**
  HTTP-vastauksessa otsakerivi: **Set-cookie: "tieto"**
  HTTP-pyynnössä otsakerivi: **Cookie: "tieto"**

Mihin evästeitä käytetään?

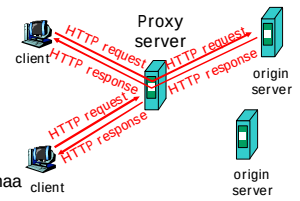
- **Käyttäjien tunnistamiseen**
  Palveluntarjoaja muistaa käyttäjän edellisestä sanomasta
  - Ensimmäisellä käyttökerralla tietojen kyselyä
  - Jatkossa tunnistuseväste mukana sanomissa
- **Istunnon vaiheen tallentamiseksi**
  Autentikointi vain kertaalleen esim. www-postinlukuohjelman yhteydessä
- **Ostoskorina**
  Selaile palveluntarjoajan sivuilla ja kerää ostokset koriin. Lähetä lopuksi tilaus
- **Yksityisyys?**
  Palveluntarjoaja saa koottua tietoa käyttäjästä
  Hakukoneilla voi kerätä lisää.
  Väärinkäyttö? Mainosposti?

http://www.cookiecentral.com

Proxy-palvelin eli verkkovälimuisti

Säilyttää kopioita haetuista objekteista

- Pyyntö ohjautuu ensin välimuistiin
  haetaan verkon yli vasta, jos ei löydy välimuistista
- Etuja
  lyhentää vastausaikaa
  vähentää verkkoliikennettä
  vähentää palvelimen kuormaa



[*Myös asiakaskone voi ylläpitää välimuistia!*]

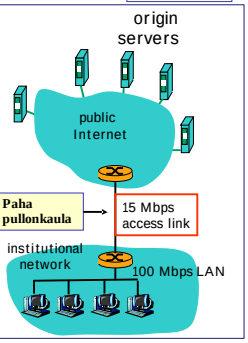
KuRo08: Fig 2.11

Proxy-palvelimen käytöstä

KuRo08: Fig 2.12

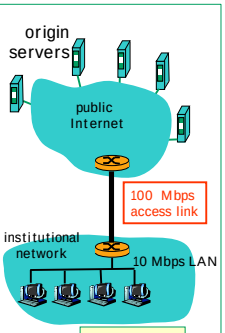
- **Oletetaan**
  Haettavan objektin koko on 1 Mb
  15 pyyntöä/sek => 15 Mbps
  Viive Internetin reitittimeltä palvelimelle ja takaisin = 2 sec
- **Tällöin**
  paikallisverkon käyttöaste = 15%
  ei ruuhkautunut => siirtoaika muutamia kymmeniä ms

  Reitittinlinkin käyttöaste = 100%
  Saantiaika = Internet delay + Access delay + LAN delay
  = 2 sec + **mins** + msecs



Proxy-palvelimen käytöstä

- **Parannus?**
  Hankitaan nopeampi yhteys, esim. 100 Mbps
- **Tällöin**
  Paikallisverkon käyttöaste = 15%
  Reitittinlinkin käyttöaste = **15%**
  Saantiaika = Internet delay + Access delay + LAN delay
  = **2 sec** + msecs + msecs
- **Mitähän nopeampi linkki maksaa?**
  Voi olla kallis ratkaisu!



KuRo08: Fig 2.12

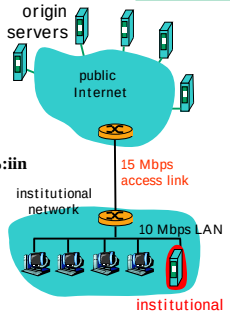
Proxy-palvelimen käytöstä

KuRo08: Fig 2.13

- **Parannus?**
  Asennetaan proxy-palvelin
- **Oletetaan,**
  osumatodennäköisyys (hit rate)= 0,4. (tyypillisesti välillä 0,2-0,7)
- **Tällöin**
  40% pyynnöistä löytyy heti läheltä
  Reitittinlinkin käyttöaste putoaa 60%:iin ei jonotusviipeitä, saantiaika ~10 ms

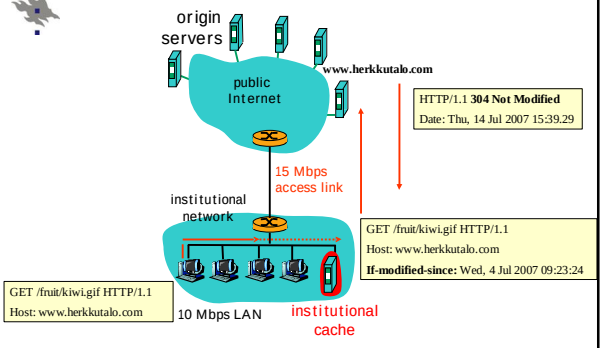
  60% pyynnöistä palvelimelta saakka

  Saantiaika = Internet delay + Access delay + LAN delay
  = 0.6* (2+ 0,01) sec + 0,4*0,01 sec
  = **1,2 secs**



Conditional GET

- Välimuistiin talletettu objekti haetaan verkosta vain, jos objektia on muutettu
  - Aikaleima silti tarkistettava
- GET-pyynnön 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**



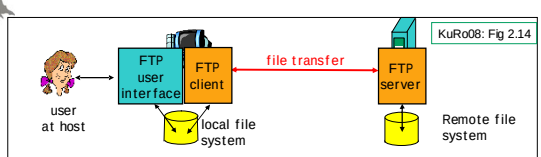
Muita URL-osoitteita

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

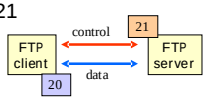
Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

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
```

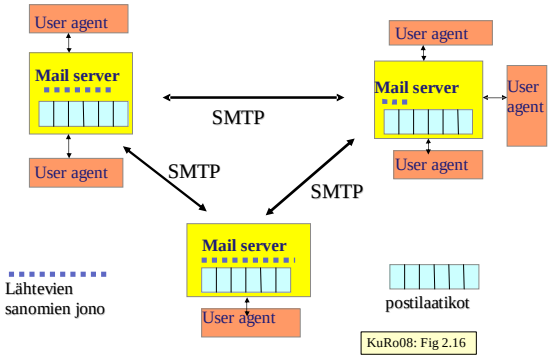

Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Sähköposti
SMTP, IMAP, POP3

Sähköpostin komponentit

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

Sähköpostin komponentit

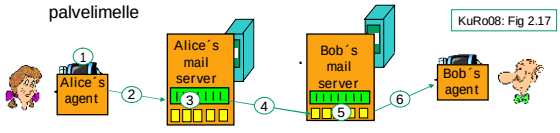


KuRo08: Fig 2.16

Esimerkki: Alice Bobille

1. Alice kirjoittaa viestin posti-ohjelmalla: ”to:” bob@someschool.edu
2. Alicen postiohjelma lähettää viestin omalle posti-palvelimelle
3. Alicen postipalvelin avaa TCP-yhteyden Bobin posti-palvelimelle
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

KuRo08: Fig 2.17



SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) (RFC 821)

- **Postipalvelimet kuuntelevat porttia 25**
- **Asiakas muodostaa säilyvän TCP-yhteyden palvelimeen**
  luotettava
  yksi yhteys: lähetetään kaikki samalle palvelimelle menevät viestit
- **Lähetyksessä:** Kättely, Viestien välitys, Lopetus
- **Pyyntö-vastaus-protokolla**
  Pyyntö: ASCII-tekstiä
  Vastaus: status-koodi ja fraasi tekstinä
- **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

SMTP:n kättely

C: MAIL FROM: <Bob@princeton.edu>
S: 250 <Bob@princeton.edu> OK
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

Viesti(t)

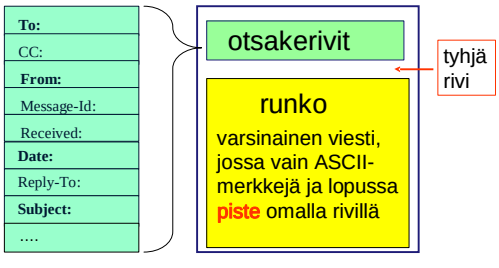
C: QUIT
S: 221 princeton.edu closing connection

SMTP:n lopetus

Sähköpostiviestin rakenne

Eri asia kuin SMTP: eri standardit (RFC 822)

Esim.



SMTP:n rajoitteita

- Kaikki esitettävä 7-bittisenä ASCII:na
  = IRA, International Reference Alphabet
  Myös binääridata, esim. kuvat ja ääni
- **Yksittäinen viesti loppuu omalla rivillä olevaan pisteeseen**
  eli lopussa ASCII-merkit: CRLF.CRLF
  Vanha protokolla!

CR = carriage return
LF = line feed

- Binääridata on koodattava s.e. siinä ei esiinny CRLF.CRLF
  MIME-laajennus

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

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

MIME-versio
Koodaus-menetelmä
multimediadatan tyyppi, alityypit, parametrit
koodattu data

```
From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.........................
......base64 encoded data
```


MIME

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

MIME-versio:
Content-Transfer-Encoding:
Content-Type:

- **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!
.
```

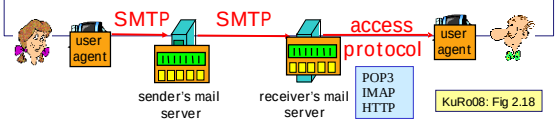
Nykyisin yleensä linkki www-sivulle, josta kuvan voi hakea!

Postinnoutoprotokollat (mail access protocols)

Posti omalta postipalvelimelta postiohjelmaan

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

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



KuRo08: Fig 2.18

ESMTP (Extended Simple Mail Transfer Protocol) RFC 2821 (uusin versio RFC 5321 (lokakuu 2008))

- 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
- EHLO aloittaa

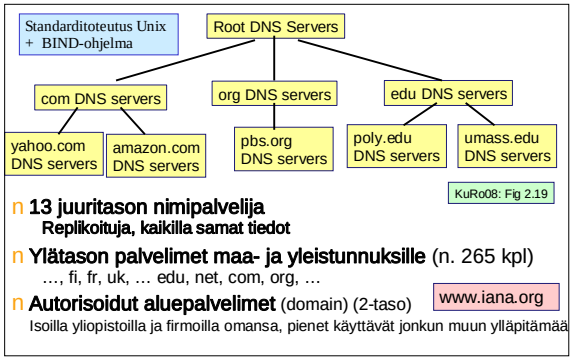
Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Internetin nimipalvelu
DNS

DNS (Domain Name System)

- Hakemistopalvelu ja sovelluskerroksen protokolla
  - Isännät ja nimipalvelimet käyttävät
  - Käyttää itse UDP-kuljetuspalvelua DNS-sanomien kuljettamiseen
- 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
- Sallii aliasnimet, palvelijan replikoinnin
  - Esim. WWW.cs.helsinki.fi ja cs.helsinki.fi ovat aliasnimiä
  - Esim. www-palvelijaan voi liittyä useita IP-osoitteita, rotaatio
- Hajautettu, hierarkinen tietokanta (hakemisto)
  - Toteutettu useiden replikoitujen nimipalvelimien yhteistyönä
  - skaalautuvuus, kuormantasaus, ylläpito, vikasietoisuus, ..
  - Jos oma nimipalvelija ei tunne, se kysyy muilta.

Hajautettu, hierarkinen tietokanta

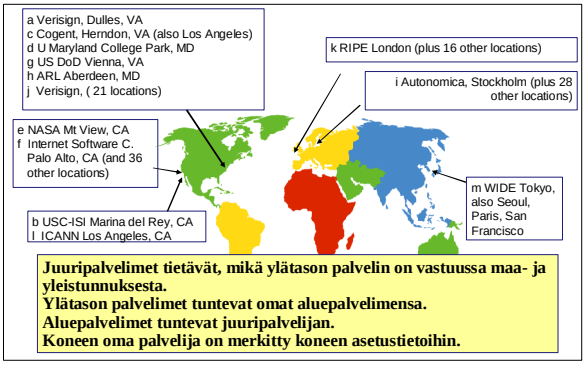


- 13 juuritason nimipalvelija
  - Replikoituja, kaikilla samat tiedot
- Ylätason palvelimet maa- ja yleistunnuksille (n. 265 kpl)
  - …, fi, fr, uk, … edu, net, com, org, …
- Autorisoidut aluepalvelimet (domain) (2-taso)
  - Isoilla yliopistoilla ja firmoilla omansa, pienet käyttävät jonkun muun ylläpitämää

www.iana.org

Juuripalvelimet (2007)

KuRo08:Fig 2.20

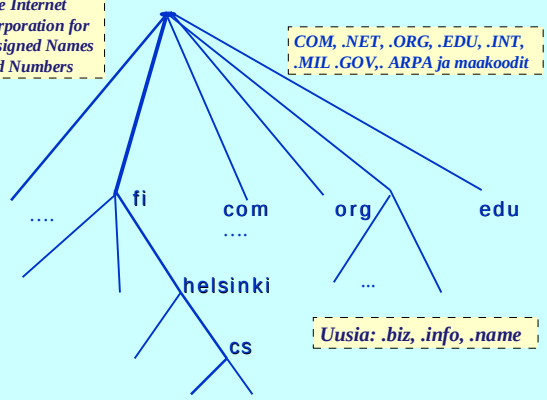


Juuripalvelimet tietävät, mikä ylätason palvelin on vastuussa maa- ja yleistunnuksesta.
Ylätason palvelimet tuntevat omat aluepalvelimensa.
Aluepalvelimet tuntevat juuripalvelijan.
Koneen oma palvelija on merkitty koneen asetustietoihin.

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

DNS-nimiavaruuden vyöhykejako

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

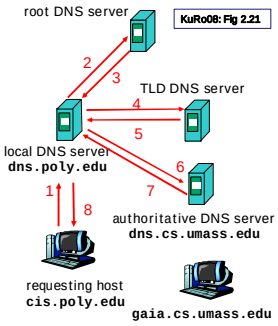
IP-nimen selvittäminen

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



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

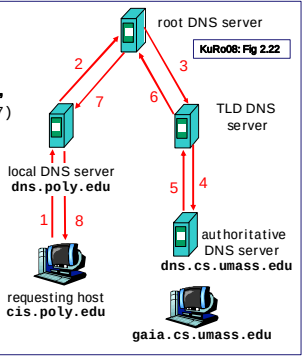
Kysy ensin omalta aluepalvelimelta. `(1,8)`

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.



DNS-välimuisti

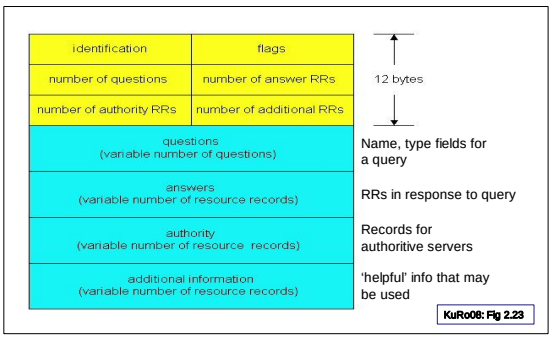
Suorituskyvyn parantamiseksi nimipalvelijat varastoivat välimuistiinsa näkemiään DNS-resurssitietueita.

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

DNS- resurssitietue

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

DNS-sanoman rakenne



DNS-sanoma

- Kysely ja vastaus käyttävät samaa formaattia
  Kyselystä voi generoitua vastaus, jossa on useita resurssitietueita
  Esim. Palvelijafarmien kuormantasaaminen:
  vastauksessa on useita IP-osoitteita (rotaatio)
- Identification-kenttä
  Kyselyn tunniste (16-bittinen numero) ja vastauksessa sama numero => kysely ja vastaus helposti yhdistettävissä toisiinsa.
- 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

- **Isäntäkoneet asiakkaan ja palvelijan roolissa**
  Jaetaan uusi versio käyttöjärjestelmästä, korjaustiedosto ohjelmaan, MP3-tiedostoja, videoleikkeitä, …
  Jokainen vertainen voi toimija jakelijana
- **Skaalautuvuus, kuormantasaus**
- **Kone on satunnaisesti Internetissä**
  IP-osoitekin voi vaihdella kerrasta toiseen
- **Miten löytää vertaistoimija(t)?**
  Keskitetty hakemisto: kiinteä IP-osoite, josta voi kysellä
  Kyselyn tulvitus: kysellään potentiaalisilta toimijoilta
  Hiukan keskitetty hakemistopalvelu, joka tekee jatkokyselyt
- **Kun kohde löytynyt, kopiointi suoraan sieltä**
  Kyselyn tuloksena IP-osoite
  Nouto HTTP-protokollaa käyttäen

BitTorrent-liikenne jo 30% Internetin koko liikenteestä?

Skaalautuvuus

KuRo08: Fig. 2.24

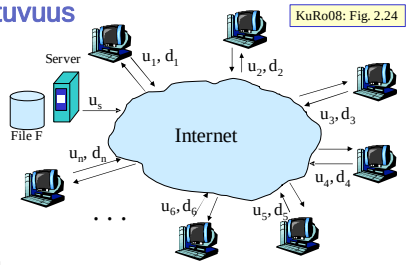
Asiakas-palvelinmalli:

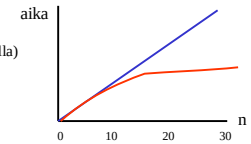
Palvelimen siirrettävä n*F bittiä => siirtoaika = nF/u_s

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.





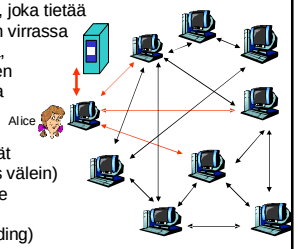
Vertaistoimijamalli (alussa tiedosto on palvelimella)

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

Summamerkki

BitTorrent

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



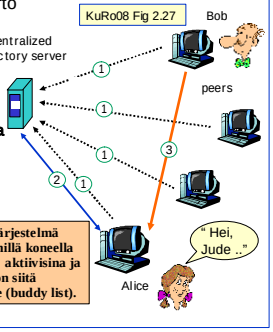
Keskitetty hakemisto

Esim. Napster

Keskitetty hakemisto, hajautettu siirto

KuRo08 Fig 2.27

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. **Tietosto haetaan saadusta osoitteesta**



Ongelmia:
Suorituskyky
Vikasietoisuus
Tekijänoikeudet

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

Kyselyn tulvitus

Esim. Gnutella

Kysely tulvitettuna, kopiointi suoralla yhteydellä

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

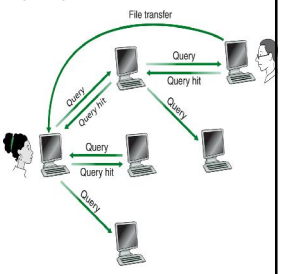


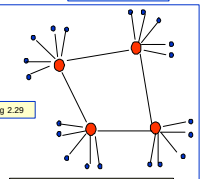
Figure 2.28 Search and file transfer in Gnutella

Hierarkkiset verkot: heterogeeniset toimijat

Esim. KaZaA, Morpheus

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

Skype?



KuRo08: Fig 2.29

ordinary peer
super peer
neighoring relationships in overlay network

DHT (Distributed Hash Table) **hajautettu hajautustaulu**

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

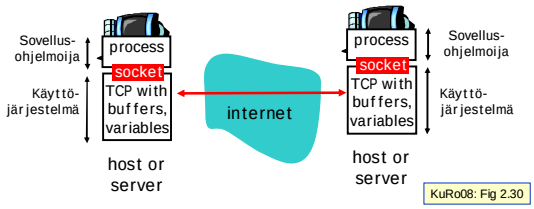
Verkkosovelluksia, sovellusprotokollia

Pistoke Verkkosovelluksen ohjelmointia

Perusteellisemmin kurssilla:
Verkkosovellusten toteuttaminen

Pistoke (socket)

- Kuljetuspalvelun ja sitä käyttävän sovelluksen rajapinta isäntäkoneessa
  Sovelluksen tietoliikenne = KJ:n palvelupyyntöjä
  Pistoke on "palveluluukku"
- **Alunperin Berkeley UNIXin (BSD) mukana**



KuRo08: Fig 2.30

Pistoke

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

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

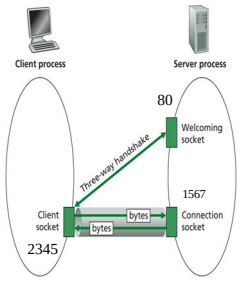
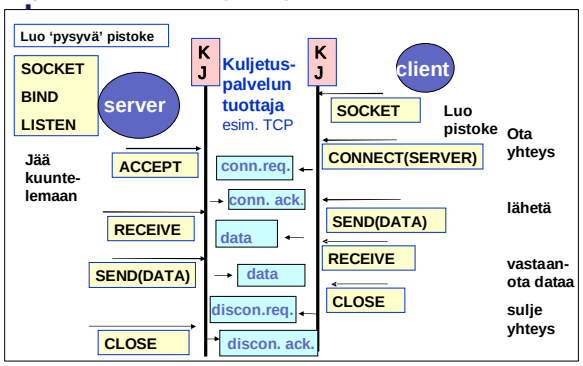


Figure 2.31: Client socket, welcoming socket, and connection socket

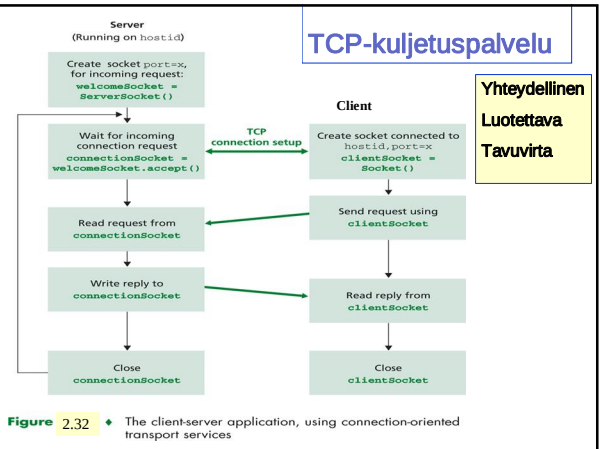
TCP-kuljetuspalvelu



Posix: Pistokerajapinta (API)

```
socfd = 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 lähetys, mihin koneeseen ja porttiin (TCP)
send(sockfd, buf[], buf_len, flags)
recv(sockfd, buf[], buf_len, flags)
    tavuvirran lähetys ja vastaanotto (TCP)
send(sockfd,msg[], msg_len, flags, addr[], addr_len)
recv(sockfd,msg[], msg_len, flags, addr[], *addr_len)
    sanoman lähetys ja vastaanotto, mukana kone  ja portti (UDP)
close(sockfd), shutdown(sockfd, how)
    yhteyden lopettaminen (TCP)
```

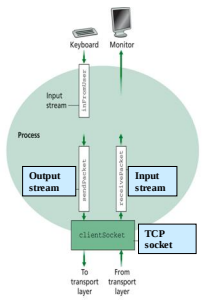

TCP-kuljetuspalvelu



Yhteydellinen
Luotettava
Tavuvirta

Figure 2.32 ♦ The client-server application, using connection-oriented transport services

TCP-asiakasohjelma



Asiakasohjelma lukee käyttäjän näppäimistöltä syöttämän rivin ja siirtää sen pistokkeeseen.

Palvelinohjelma lukee datarivin omasta pistokkeestaan ja muuttaa rivin kirjaimet isoiksi kirjaimiksi sekä kirjoittaa muutetun rivin pistokkeeseen.

Asiakasohjelma lukee omasta pistokkeestaan muutetun datarivin ja tulostaa sen näytölle.

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);
      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();
   }
}
```

yhteyspyyntö

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);
     }
  }
}
```

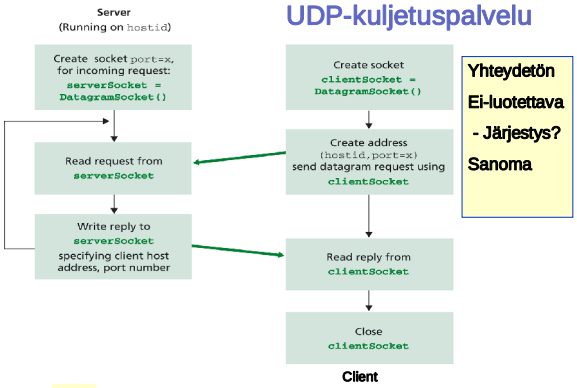
Yhteyspistokkeen luonti

Muuttaa isoiksi kirjaimiksi!

UDP-kuljetuspalvelu

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

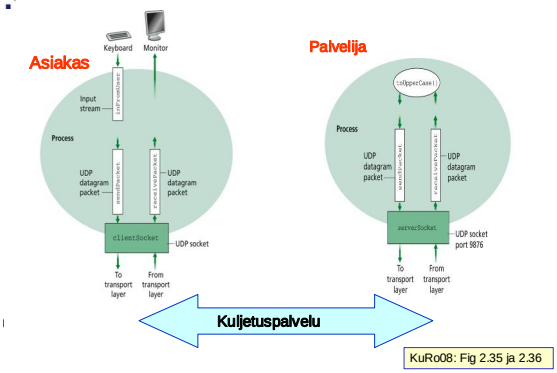
UDP-kuljetuspalvelu



Yhteydetön
Ei-luotettava
- Järjestys?
Sanoma

Figure 2.34 ♦ The client-server application, using connectionless transport services

UDP-esimerkki



KuRo08: Fig 2.35 ja 2.36

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

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

Ks. myös kurssikirja s.170.