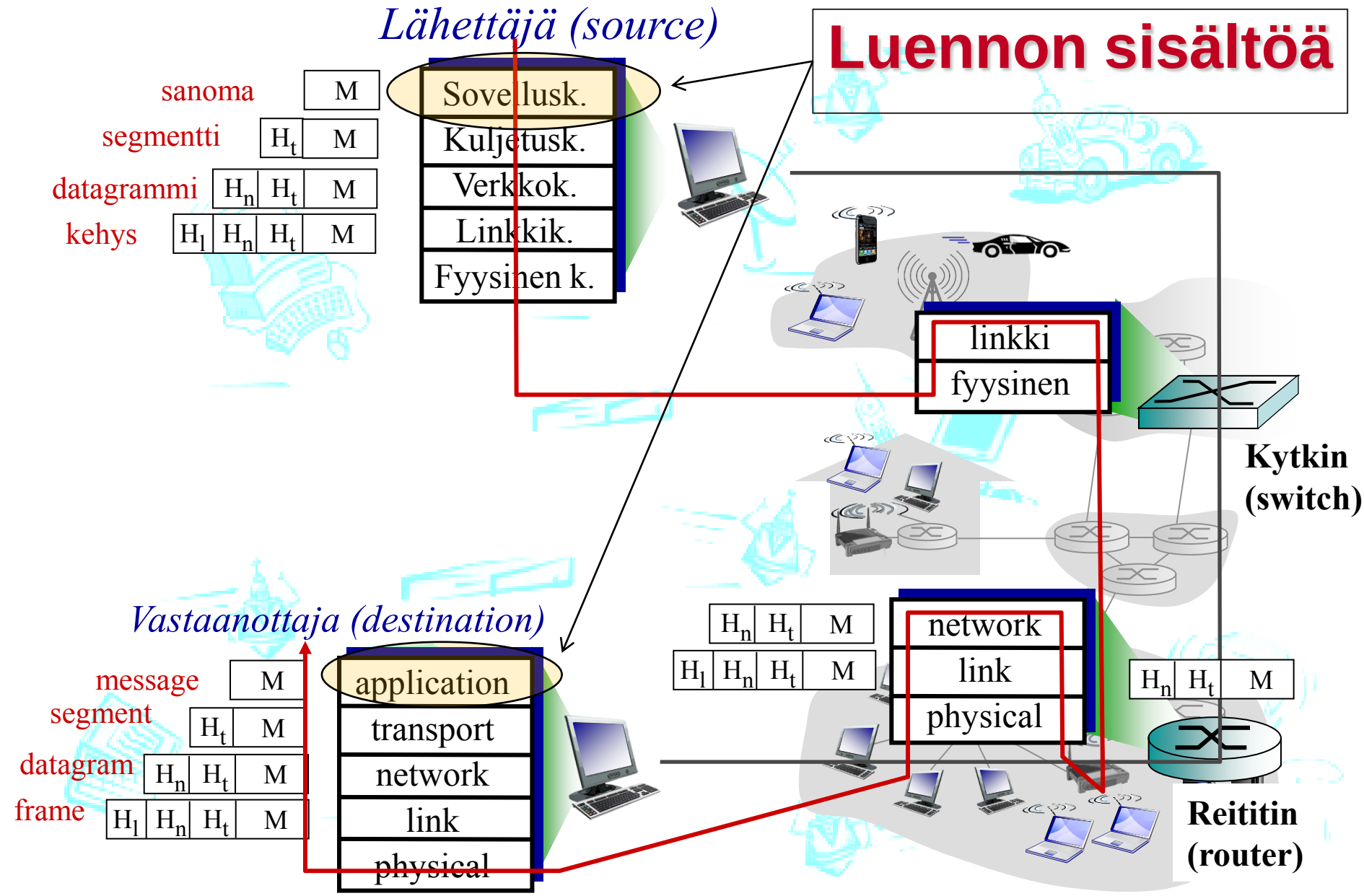
Tietoliikenteen perusteet

Luento 3: Sovelluskerros
verkkosovelluksen periaatteet, WWW, pistoke

Syksy 2014, Tiina Niklander

Luennon sisältöä



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

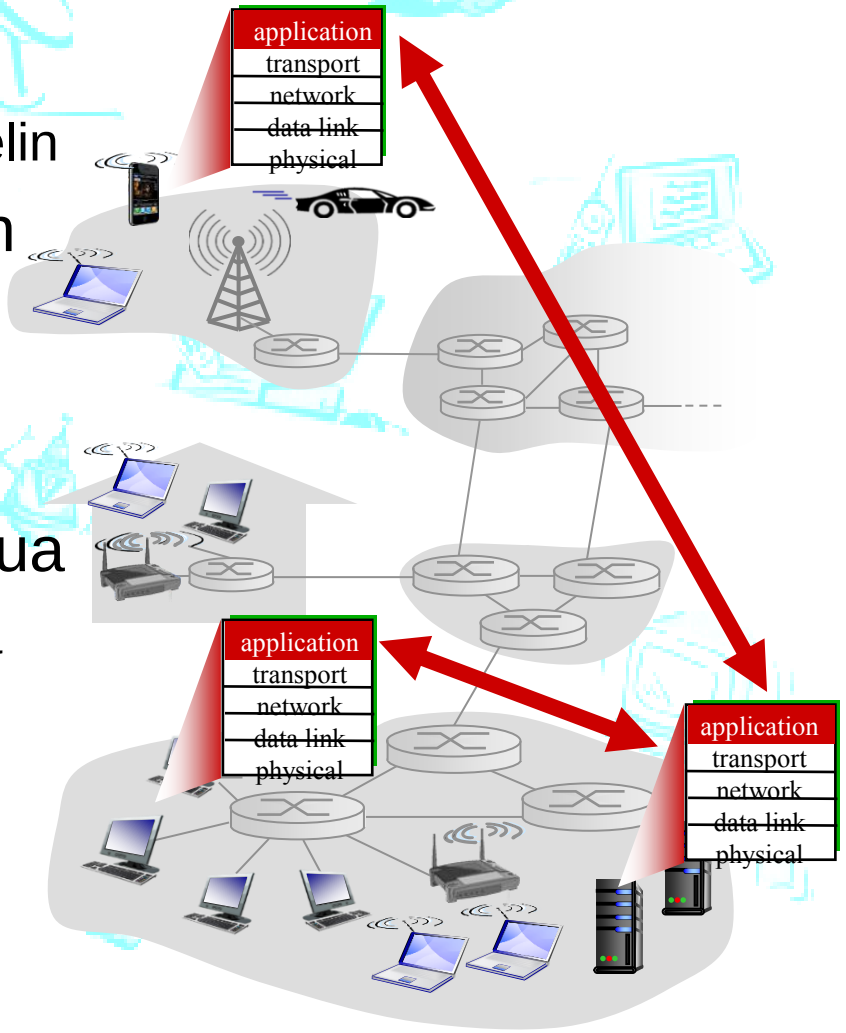
Oppimistavoitteet:
- Osaa selittää asiakaspalvelija–malliin perustuvien verkkosovellusten toimintaperiaatteet
-Tuntee sovellusprotokollien syntaksia ja semantiikkaa
- Osaa selittää www:n ja sähköpostin toimintaideat

VERKKOSOVELLUSTEN PERIAATTEET

Verkkosovellus

- Sovelluksen ohjelmat eri isäntäkoneissa
  - esim. www-selain ja www-palvelin
- Sovellusprotokolla kuvaa näiden sanomanvälityksen
  - Syntaksi, semantiikka, järjestys
- Sanomat välitetään käyttäen verkon tarjoamaa kuljetuspalvelua
  - osa järjestelmän perusrakennetta
  - sovelluksista riippumatonta
- Reititys tapahtuu vasta verkkotasolla, mutta sovellustasolla tiedettävä osoite

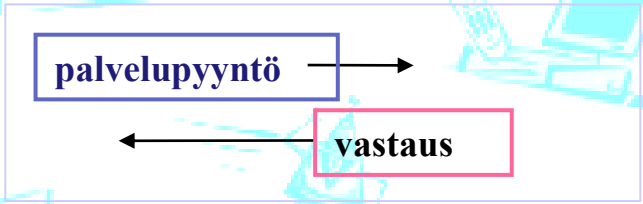
Fig 2.1 [KR12]



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

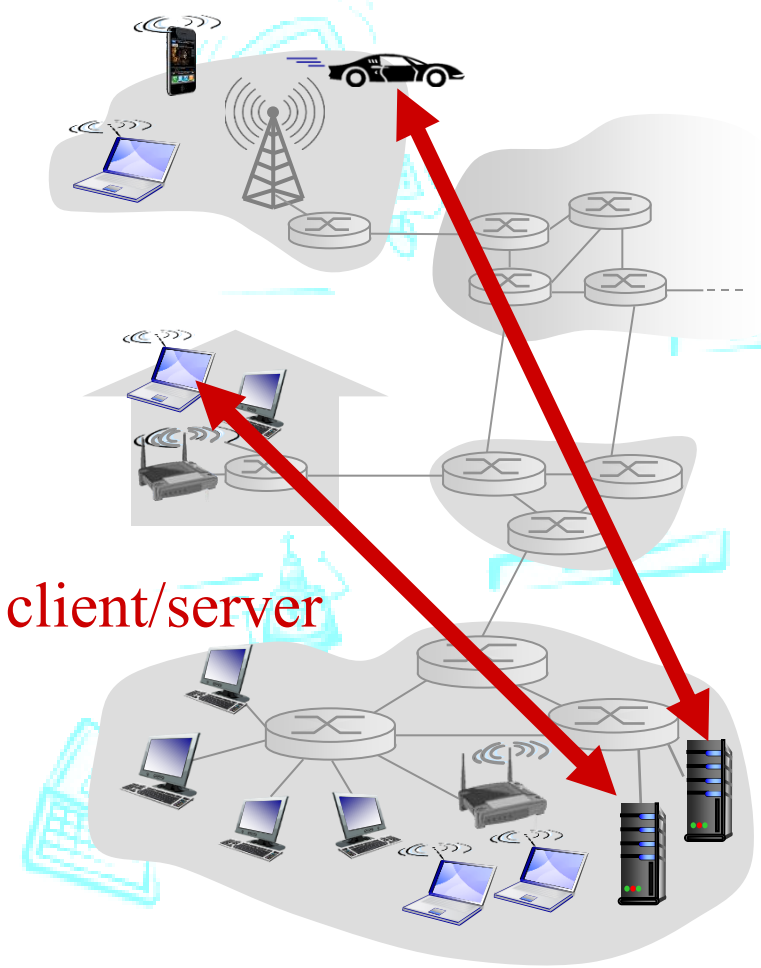
Sovellusarkkitehtuuri

- **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



- **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-palvelin arkkitehtuuri



Palvelin (server):

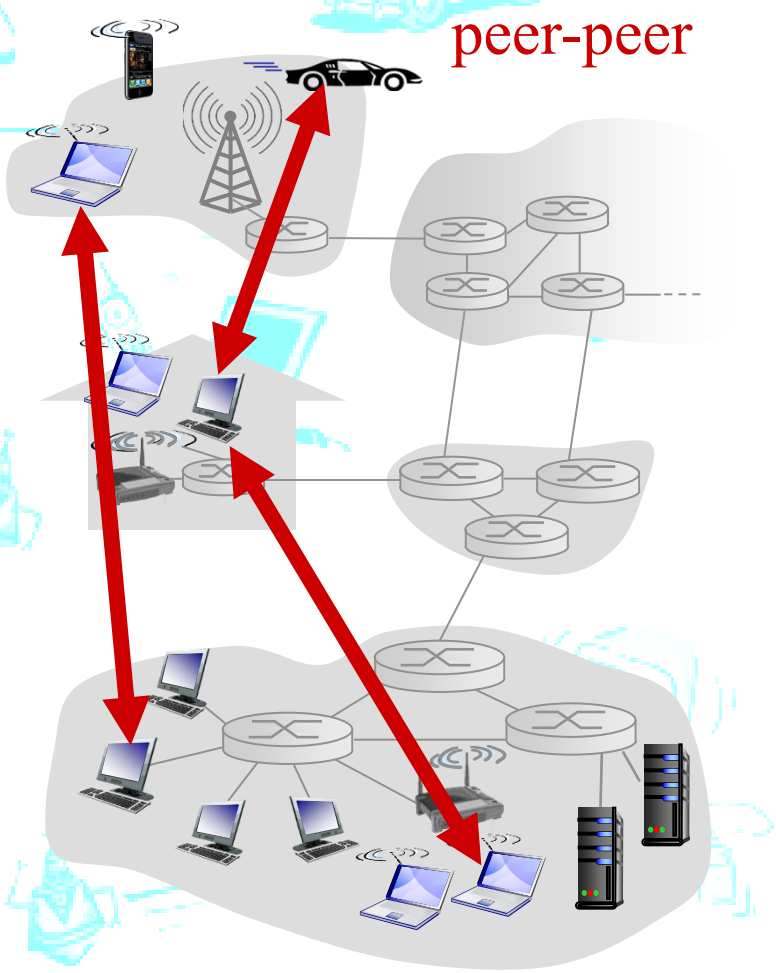
- Aina saatavilla (24/7)
- Pysyvä IP-osoite
- Palvelinkeskukset (data centers)

Asiakkaat (clients):

- Ottavat yhteyttä palvelimeen
- Verkkoyhteys voi vaihdella
- Usein dynaaminen IP-osoite
- Eivät kommunikoi suoraan toistensa kanssa

Vertaisverkko (P2P) arkkitehtuuri

- *Ei keskitettyä palvelinta*
- Vertaisisännät kommunikoivat suoraan keskenään:
- pyytävät palveluja toisiltaan ja antavat palveluja toisilleen
  - *Skaalautuu automaattisesti*– uudet vertaisisännät tuovat mukanaan sekä uutta palvelukysyntää että uutta palvelukapasiteettia
- Vertaisisäntiä liittyy ja poistuu, IP-osoitekin voi vaihtua
  - Verkon hallinta on monimutkaista



Prosessien kommunikoinnista

prosessi: sovellus, jota suoritetaan isäntäkoneella

- Prosessit samalla koneella: prosessien välinen kommunikointi (inter-process communication) joko yhteistä muistia tai viestien vaihtoa käyttäen (KJ määrittelee vaihtoehdot)
- Prosessit eri koneilla: Kommunikointi aina viestien (messages) vaihdolla

asiakkaat, palvelimet

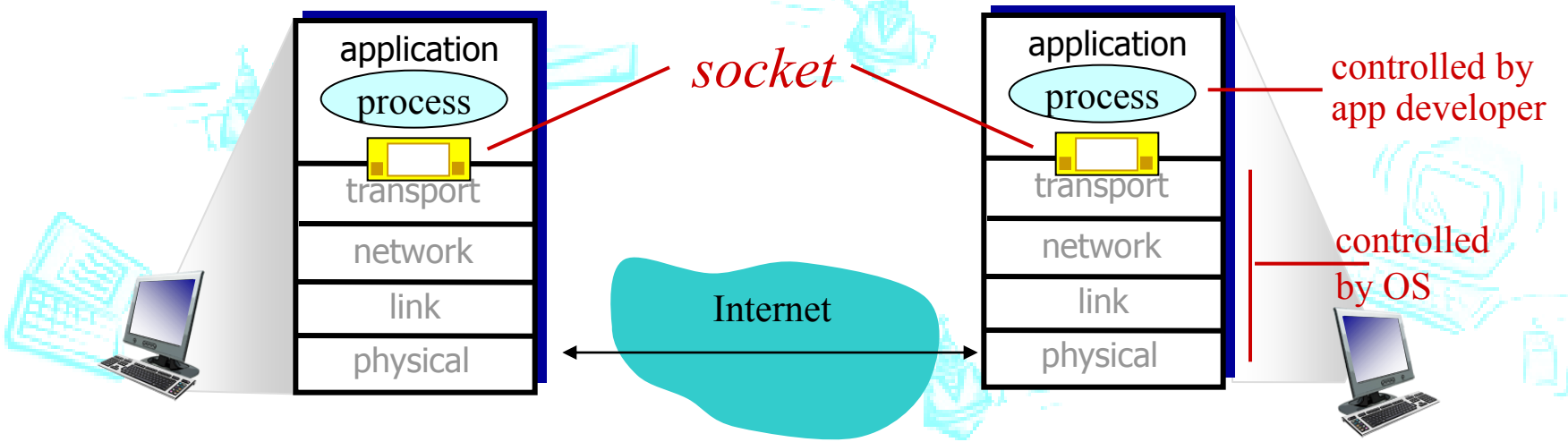
Asiakasprosessi: ottaa yhteyttä, aloittaa

Palvelinprosessi: odottaa yhteydenottoa

- HUOM: vertaisisännillä on sekä asiakas- että palvelinprosesseja

Sovelluksen rajapinta tieto-liikenteeseen: Pistokkeet (sockets)

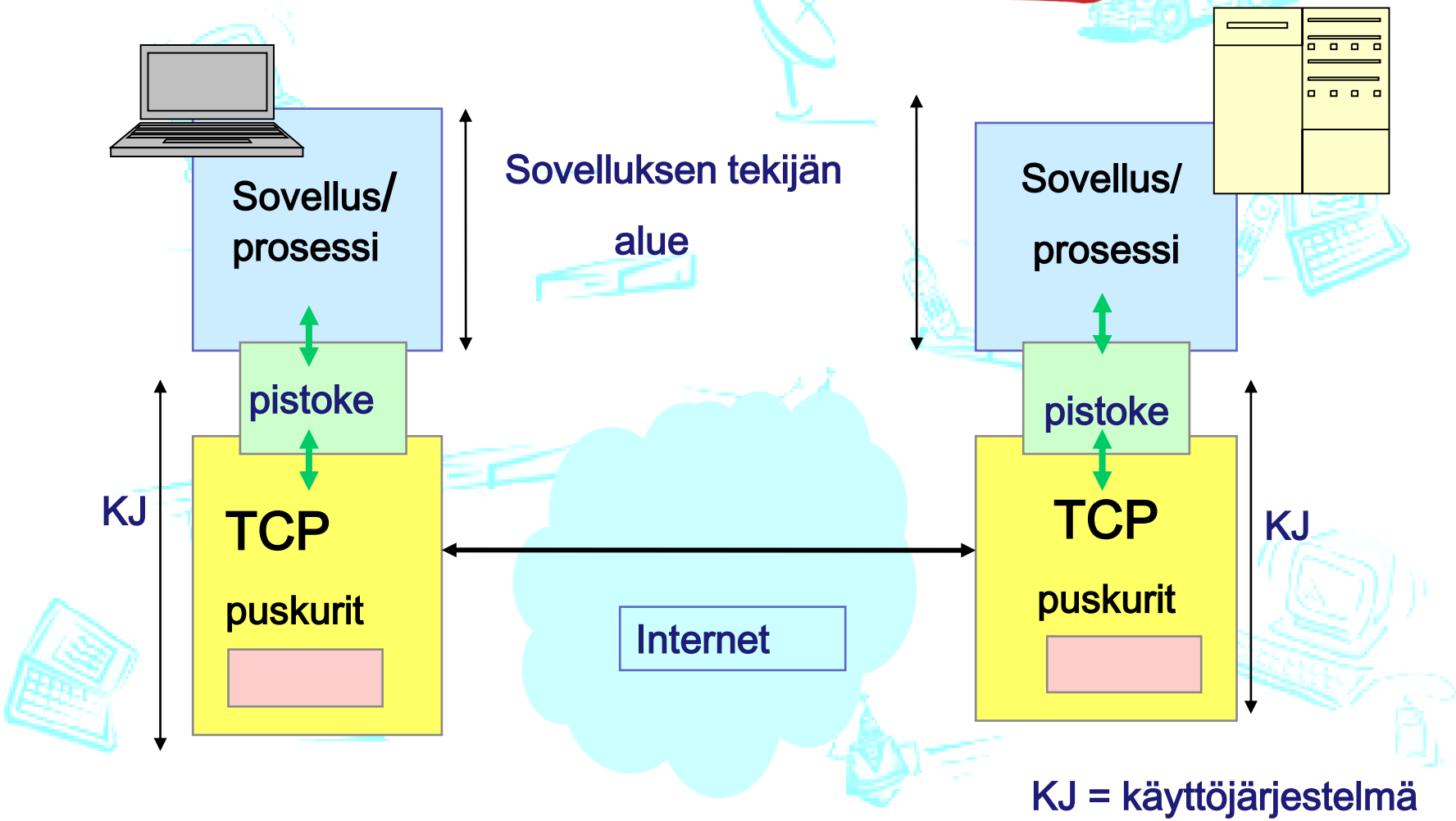
- Prosessi lähettää ja vastaanottaa sanomia (messages) pistokkeen (socket) kautta
- Pistoketta voi ajatella ovena
  - Lähettävä prosessi tyrkkää sanoman ulos ovesta
  - Lähettävä prosessi luottaa että oven takana oleva kuljetuspalvelu toimittaa sanoman vastaanottajan ovelle



Sovelluksen rajapinta tieto-liikenteeseen: Pistoke (socket)

- Pistoke (socket) (verkkosovelluksen ohjelmointirajapinta, API)
  - yhteyden muodostaminen; lue /kirjoita sanoma
- Prosessi kirjoittaa verkkoon ja lukee verkosta lähes samalla tavoin kuin kirjoittaisi tiedostoon ja lukisi 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
- Kaksisuuntainen (full duplex)
  - Samaan pistokkeeseen sekä kirjoitetaan että siitä luetaan
- Ohjelmoija valitsee käyttääkö KJ kuljetuskerroksella yhteydellistä vai yhteydetöntä palvelua!

Prosessien kommunikointi TCP-pistokkeita käyttäen



KJ:n rajapinta laitteistoon

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

Lähtevä liikenne:

- **Prosessi 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:

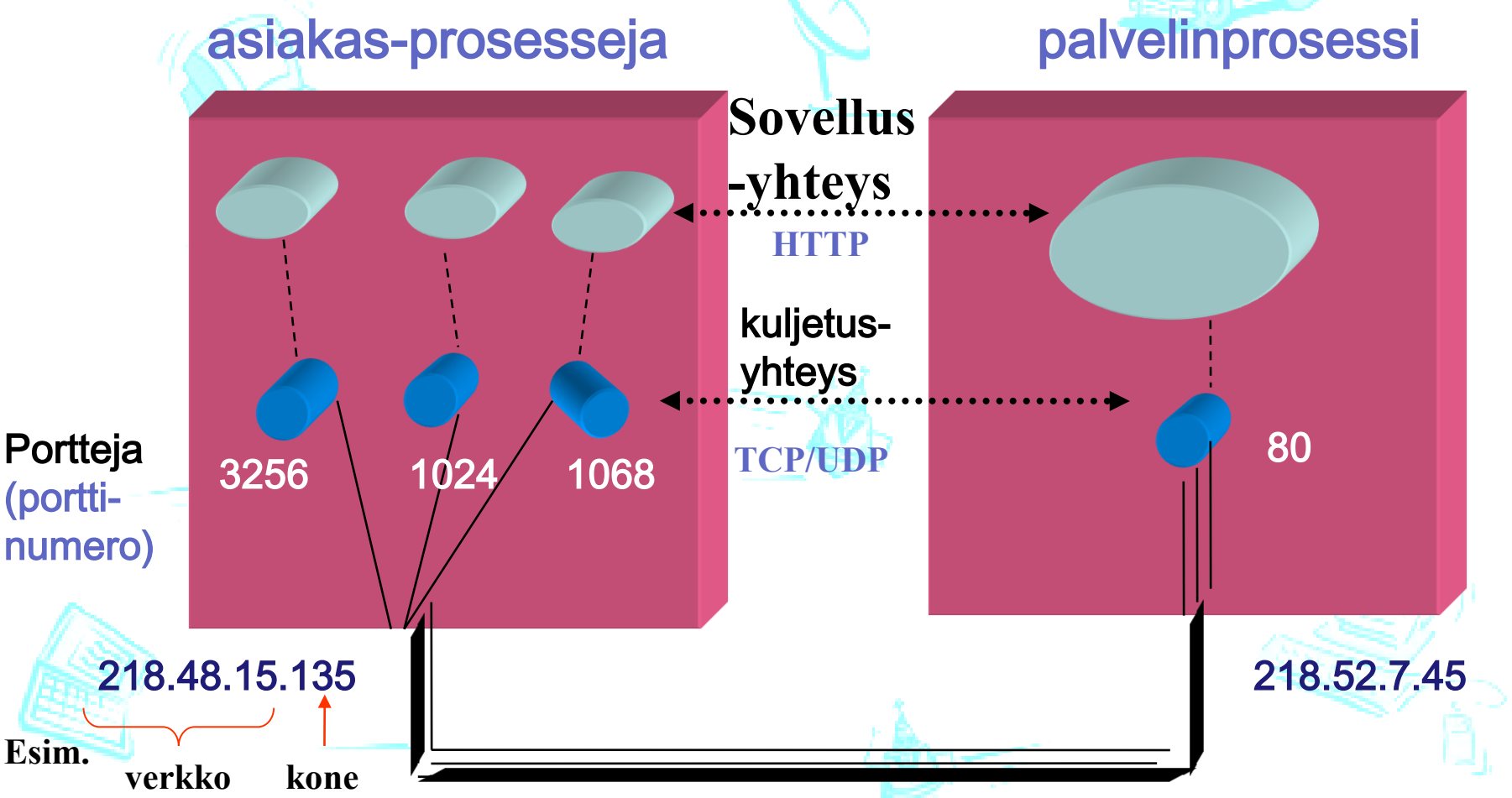
- Verkkokortti ottaa vastaa linkiltä tulevat bitit (fyysinen siirto ja linkkikerros)
- ...ja aiheuttaa keskeytyksen.
- KJ:n laiteajuri siirtää bitit verkkokortilta keskusmuistiin
- Ajuri kutsuu verkkokerroksen rutiinia, joka suorittaa omat toimintonsa
- Verkkokerros kutsuu kuljetuskerroksen rutiinia,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

Osoittaminen

- Sanomissa oltava lähettäjän ja vastaanottajan IP-osoite ja porttinumero
- IP-osoite → oikea kone
  - koneen (verkkokortin) yksilöivä 32-bittinen tunniste
  - osoitteen verkko-osa yksilöi verkon
  - osoitteen koneosa yksilöi koneen verkossa
- Porttinumero → oikea prosessi
  - Yleisillä palveluilla standardoidut tunnetut porttinumerot:
    - www-palvelin kuuntelee porttia 80,
    - Postipalvelin kuuntelee porttia 25
  - KJ osaa liittää porttinumeron prosessiin

www.iana.org

looginen ‘päästä-päähän’ yhteys



Kuljetuskerroksen palveluja sovelluksille

- Tiedon eheys (data integrity)
  - Jotkut sovellukset tarvitsevat täysin luotettavan tiedon siirron (kuten www, sähköposti, tiedostojensiirto)
  - Jotkut taas sietävät häviöitä tiedonsiirrossa (audio)
- Ajoitukset (timing)
  - Jotkut sovellukset vaativat lyhyitä siirtoviipeitä (IP-puhelut, verkkopelit)
- Suoritusteho (throughput)
  - Jotkut sovellukset tarvitsevat tietyn minimikapasiteetin toimiakseen (multimedia)
  - Jotkut sopeutuvat siihen kapasiteettiin, jonka saavat
- Turvallisuus (security)
  - Tiedon suojaus, salaus, eheys …

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

(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

(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! TCP ja UDP ei 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

TCP:n turvallisuus ja suojaaminen

TCP & UDP

- Ei salausta
- Pistokkeelle annettu selväkielinen salasana kulkee Internetissä salaamattomana

SSL

- Tarjoaa salatun TCP yhteyden
- Datan ehteys
- Osapuolten autentikointi

SSL on sovelluskerroksella

- Sovellus käyttää SSL kirjastoa, joka käyttää TCP:tä

SSL pistokerajapinta (API)

- Pistokkeelle annettu selväkielinen salasana (*cleartext passwd*) kulkee Internetissä salattuna
- Luku 7 (Luento 11 tai 12)

WORLD WIDE WEB, WWW
HTTP

Porina, 5 min tauko

- Keskustele pienessä ryhmässä tauon aikana

Mitä tiedät www:hen liittyvistä protokollista?
Millaisia ominaisuuksia niillä mielestäsi on/pitäisi olla?

Miksi arvelet http-protokollan käyttävän kuljetuskerroksella TCP:tä eikä UDP:tä?

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 Locator)
- http://www.someschool.edu/someDept/pic.gif

koneen nimi

Viitatun objektin polkunimi

HTML (HyperText Markup Language)

- Standardi siitä, kuinka sivun rakenne kuvataan
  - Muotoilut, eri osien 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

HTTP (HyperText Transfer Protocol) [RFC 1945, RFC 2616]

- WWW:n sovellusprotokolla
  - Tekstimuotoiset sanomat
  - pyyntö – vastaus
- Asiakas = joku selain
  - pyytää, noutaa ja näyttää objektit
- Palvelija = joku web-palvelu
  - etsii objektin (tiedoston) koneen hakemistosta
  - ja lähettää sen vastauksena asiakkaalle

Fig 2.6 [KR12]

HTTP protokollan perustoiminta

Käyttää TCP:tä

- Asiakas avaaTCP -yhteyden (luo pistokkeen) palvelimelle, porttiin 80
- Palvelija hyväksyy TCP-yhteyden asiakkaaseen
- HTTP-sanomia (sovellustason protokollan mukaisesti) lähetetään selaimen (HTTP-asiakas) ja www-palvelimen (HTTP-palvelija) välillä
- TCP-yhteys suljetaan

HTTP on tilaton" (stateless) protokolla

- Palvelija ei muista mitään edellisistä pyynnöistä

HUOM!

Tilansäilyttävät protokollat ovat monimutkaisia!

- Yhteyden historia (tila) täytyy pitää tallessa
- Jos palvelija tai asiakas vikaantuu, niiden käsitys tilasta voi olla erilainen ja vaatia yhdenmukaistamista

HTTP ja yhteyden säilyvyys

Ei säilytä (non-persistent)

- Asiakas avaa TCP-yhteyden jokaiselle HTTP-pyynnölle erikseen
  - Palvelin sulkee yhteyden aina vastausviestin jälkeen
- Jokaiselle elementille oma yhteys!

Säilyttävä (persistent)

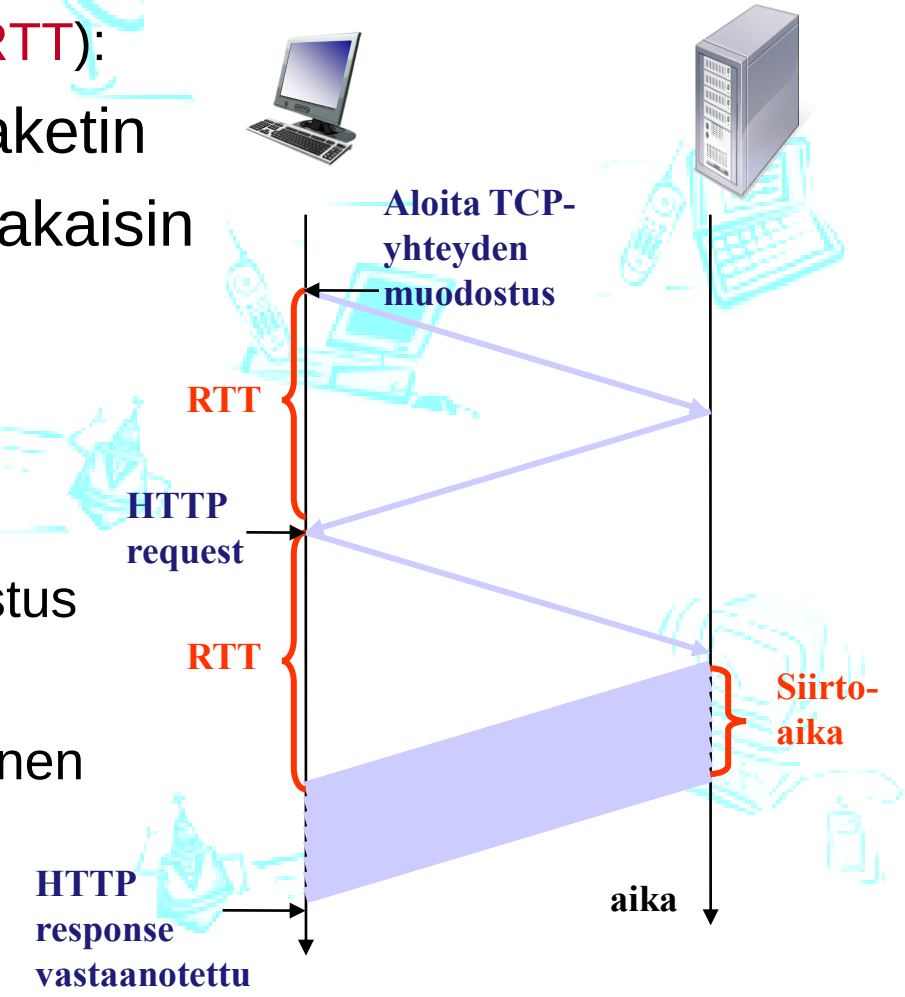
- Asiakas avaa yhden TCP-yhteyden, jonka yli siirretään kaikki tarvittavat elementit
  - Palvelin ei sulje yhteyttä vastausviestin jälkeen

Vastausaika (response time) yhdelle TCP-yhteydelle

Fig 2.7 [KR12]

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

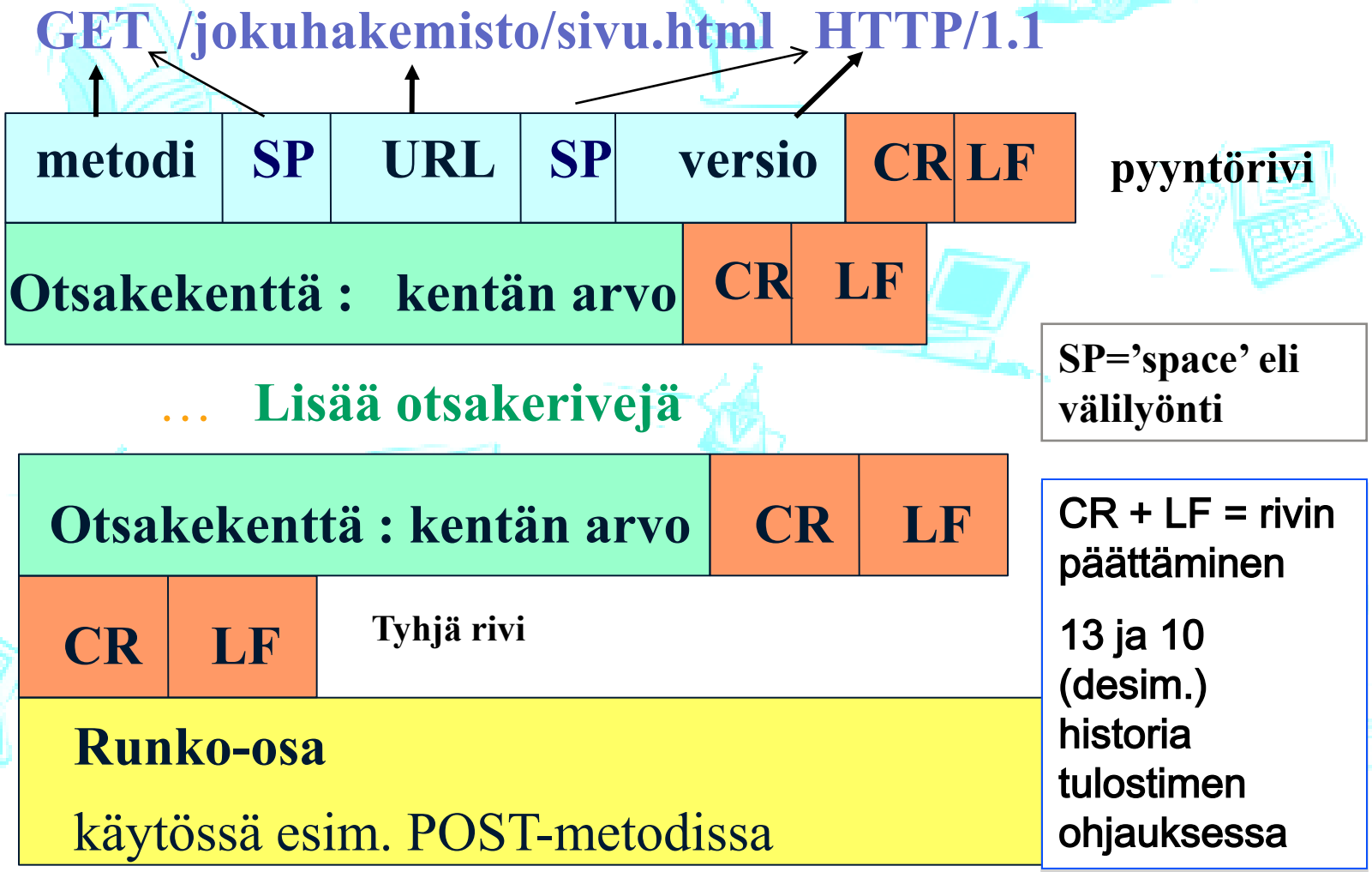
- **Vastausaika = 2 RTT + siirtoaika**
  - 1 RTT TCP-yhteyden muodostus
  - 1 RTT pyyntö + ensimmäisten vastausbittien saapuminen
  - Tiedoston siirtoaika



Suorituskyky?

- Jos sivulla viitataan 10 objektiin *(ja yhteys ei säily)*
  - 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 (esim.lomakkeen täyttö)
  - olemassa olevien dokumenttien kommentointi
  - sanomien lähettäminen uutisryhmiin tai ilmoitustauluille
- PUT Talleta objekti palvelimelle (upload)
  - polkunimi pyyntörivillä, talletettava tieto runko-osassa
- DELETE Poista objekti palvelimelta

Web-julkaisu - työkalut käyttävät

Otsakerivit

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

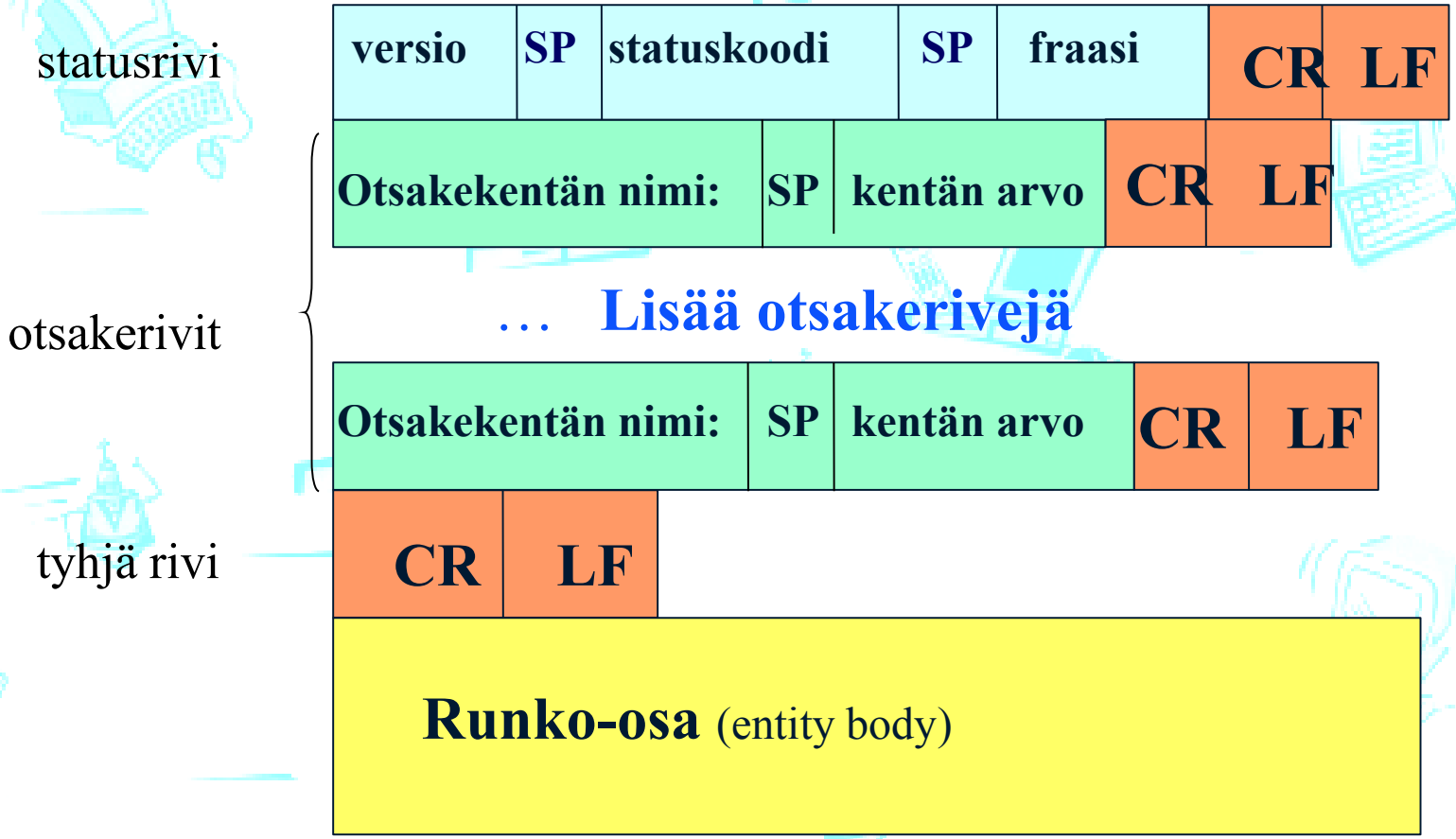
Connection: close sulje yhteys lähetyksen jälkeen

User-agent: Mozilla/4.0 selaimen tyyppi

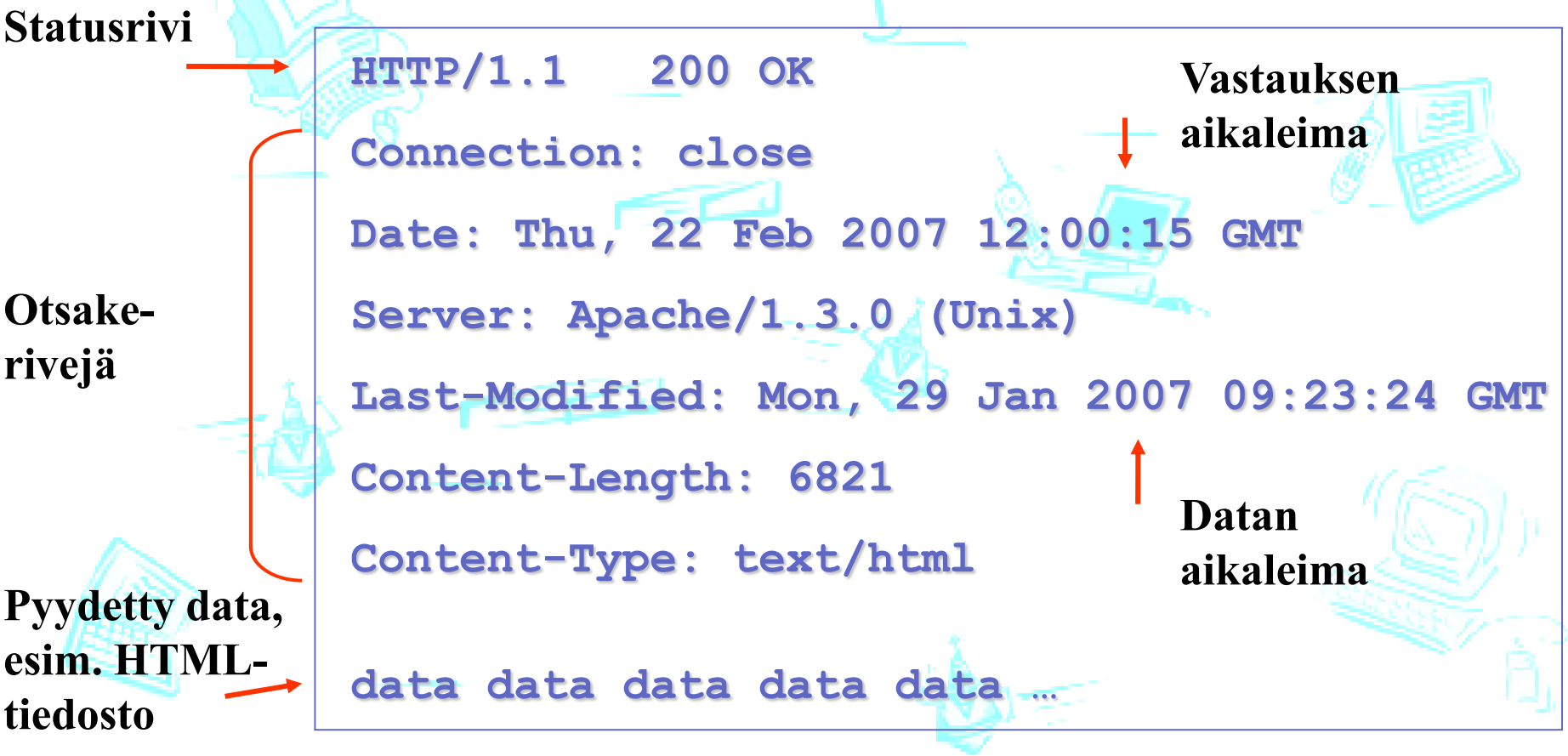
Accept-language:fi dokumentin kieli

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

HTTP-vastaus: yleinen rakenne



Esimerkki: HTTP-vastaus



HTTP: statuskoodeja ja fraaseja

Vastaussanoman statusrivillä (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.

Kokeile itse (=leiki selainta)

1. Telnet yhteys kiinnostavaan www-palvelimeen:

```
telnet cis.poly.edu 80
```

avaa TCP yhteyden koneeseen cis.poly.edu (HTTP:n oletusporttiin) 80.
Kaikki mitä kirjoitat siirtyy yhteyttä pitkiin ko. koneeseen ja porttiin

- 2. Kirjoita GET HTTP pyyntö:

```
GET /~ross/ HTTP/1.1
Host: cis.poly.edu
```

Tämä on minimaalinen (mutta kelvollinen) GET pyyntö palvelimelle.
Ethän unohda tyhjää riviä viestin lopusta (kaksi rivinvaihtoa.)

- 3. Tutki saamaasi HTTP vastausta www-palvelimelta!

(vaihtoehto telnetille: Wireshark - analysointiohjelma)

Evästeet (cookies)

- HTTP on tilaton protokolla
  - Palvelija ei talleta mitään istuntoon liittyvää
- Selain (eli asiakas!)
  - Tallettaa asiakaskoneelle (tiedostoon) palvelimen pyynnöstä ja sen tarpeita varten käyttäjäkohtaista tietoa (= evästeen)
  - Lähettää tiedot palvelijalle joka pyynnön yhteydessä.
  - Eväste voi olla sidottu tiettyyn verkkotunnisteeseen tai polkuun
- Evästeiden talletus ja lähetys
  - HTTP-vastauksessa otsakerivi: Set-cookie: “tieto”
  - HTTP-pyynnössä otsakerivi: Cookie: “tieto”
- Palvelin
  - Ylläpitää tietokantaa käyttäjistä (back-end database)
  - yksikäsitteiset käyttäjätunnisteet (tav. numero)

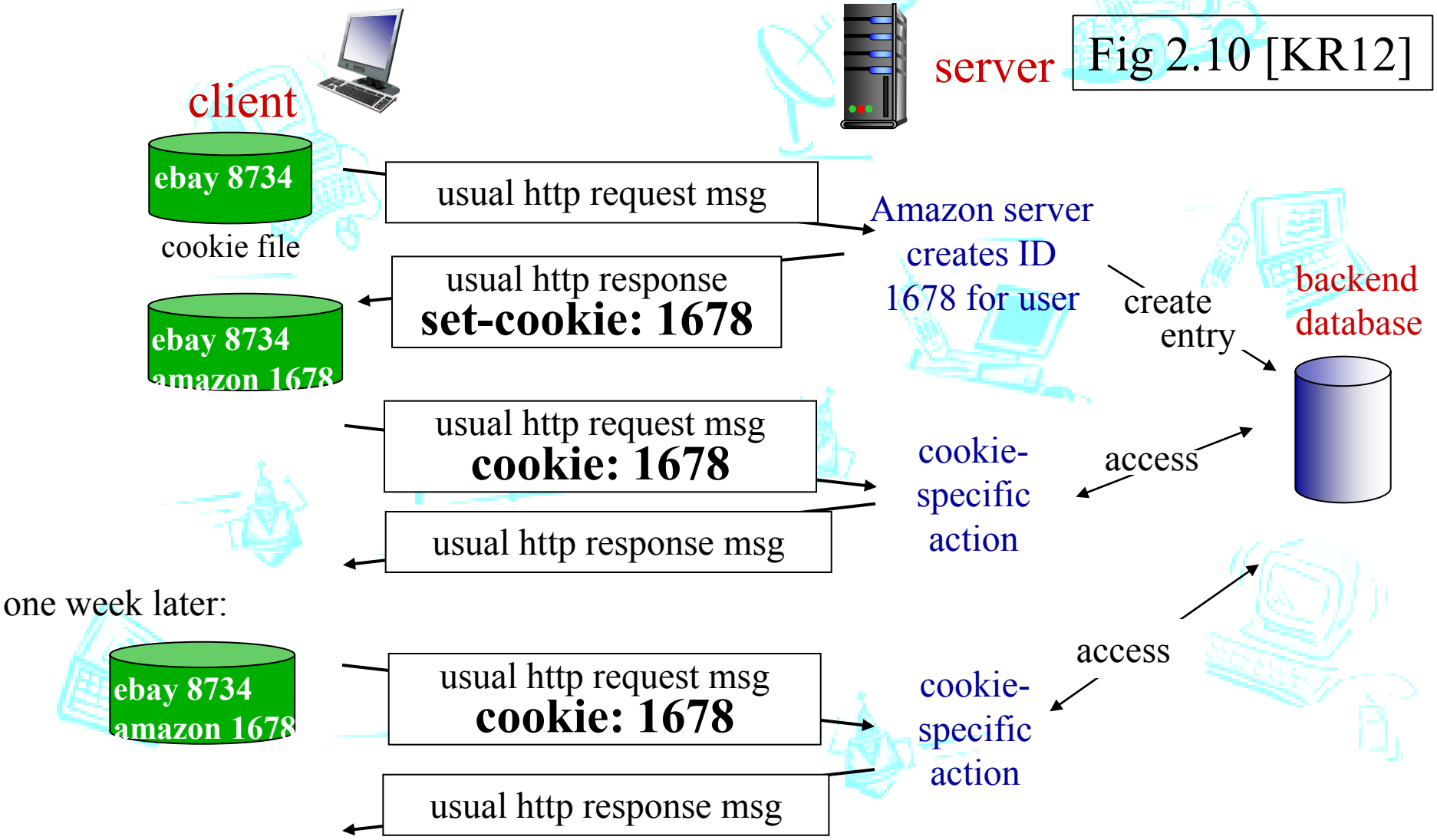
Mihin evästeitä käytetään?

- Käyttäjien tunnistamiseen
  - Palveluntarjoaja muistaa käyttäjän edellisestä sanomasta
  - Ensimmäisellä käyttökerralla tietojen kyselyä
  - Jatkossa tunnistuseväste mukana sanomissa
- Istunnon vaiheen (tilan) tallentamiseen
  - Autentikointi vain kertaalleen esim. www-postinlukuohjelman yhteydessä
- Ostoskorina
  - Selaile palveluntarjoajan sivuilla ja kerää ostokset koriin.
  - Lähetä lopuksi tilaus

- Väärinkäyttö? Mainosposti?
- Yksityisyys?
  - Palveluntarjoaja saa koottua tietoa käyttäjästä
  - Hakukoneilla voi kerätä lisää.

http://www.cookiecentral.com

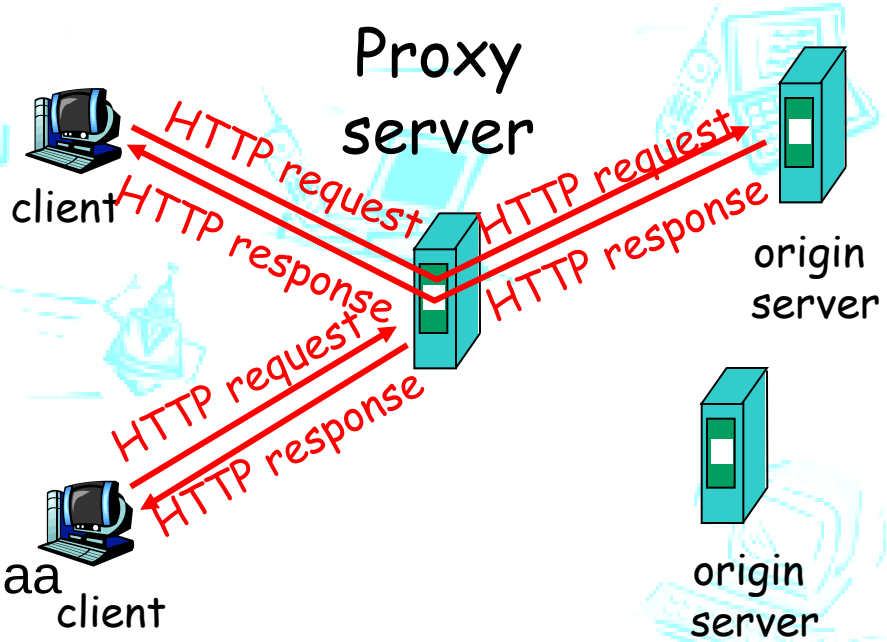
Evästeet: esimerkki



Proxy-palvelin eli verkkovälimuisti

Fig 2.11 [KR12]

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

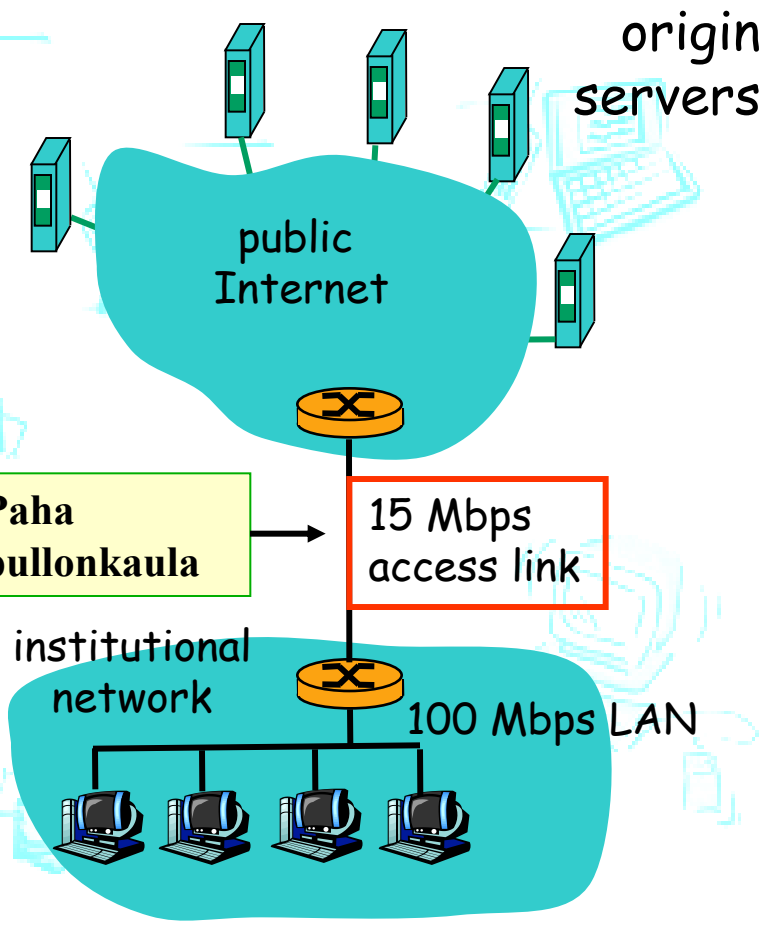


[Myös asiakaskone voi ylläpitää välimuistia!]

Yhteyslinkin kapasiteetti ei riitä

- 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
  - Reititinlinkin käyttöaste = 100%
  - Saantiaika = Internet delay + Access delay + LAN delay = 2 sec + mins + msecs

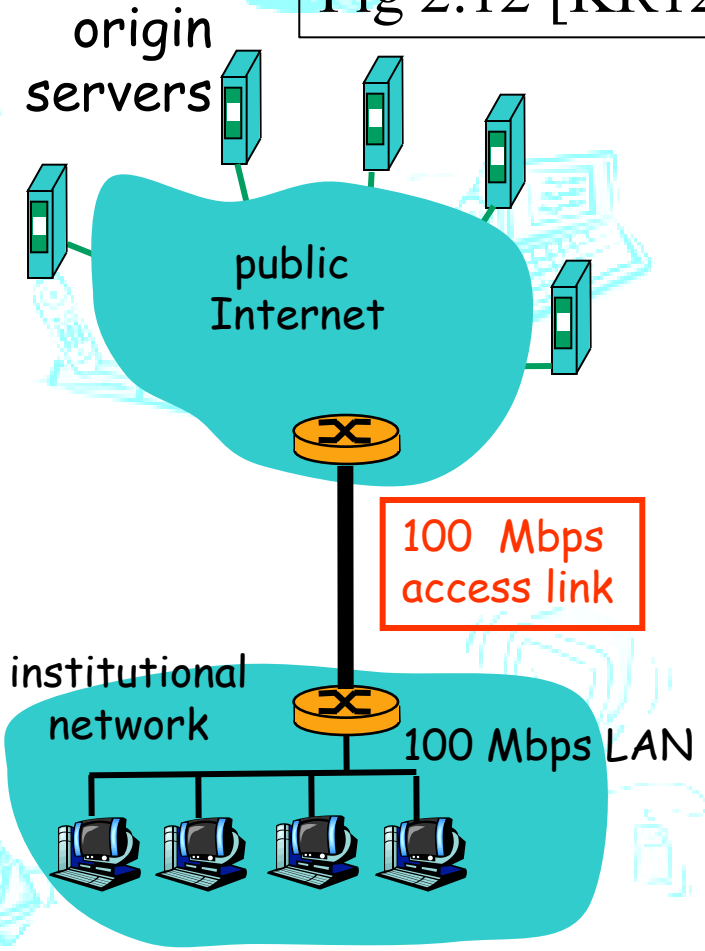
Fig 2.12 [KR12]



Yhteyslinkin kapasiteetti ei riitä -> Nopeampi yhteys

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

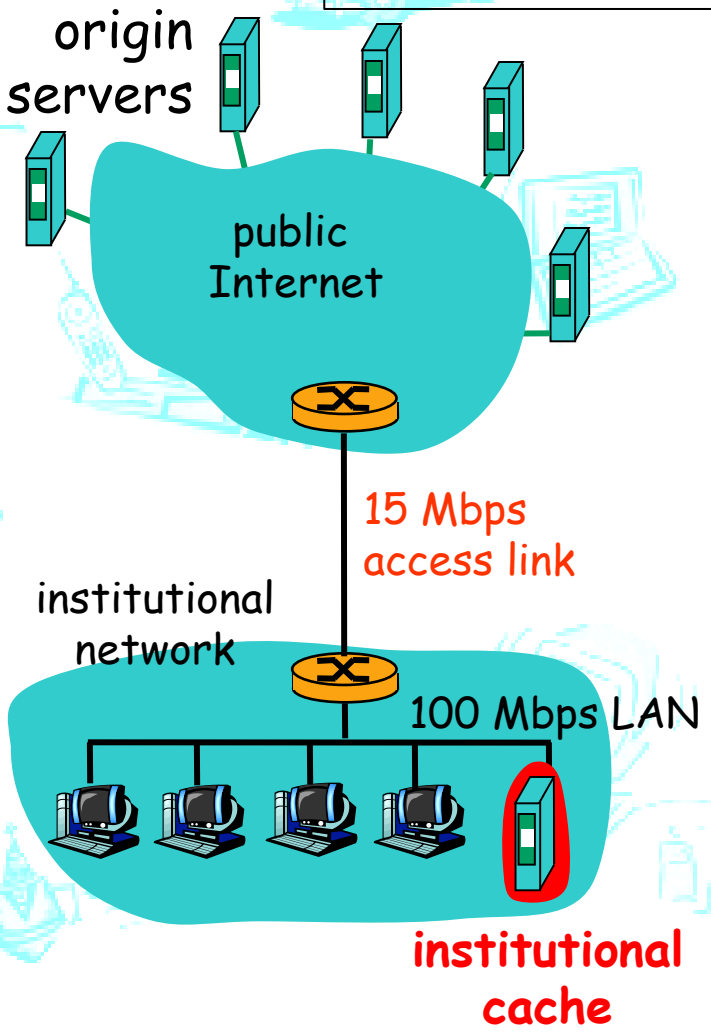
Fig 2.12 [KR12]



Yhteyslinkin kapasiteetti ei riitä -> Proxy-palvelin

- 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) sec + 0,4*0,01 sec
    = 1,2 secs

Fig 2.13 [KR12]

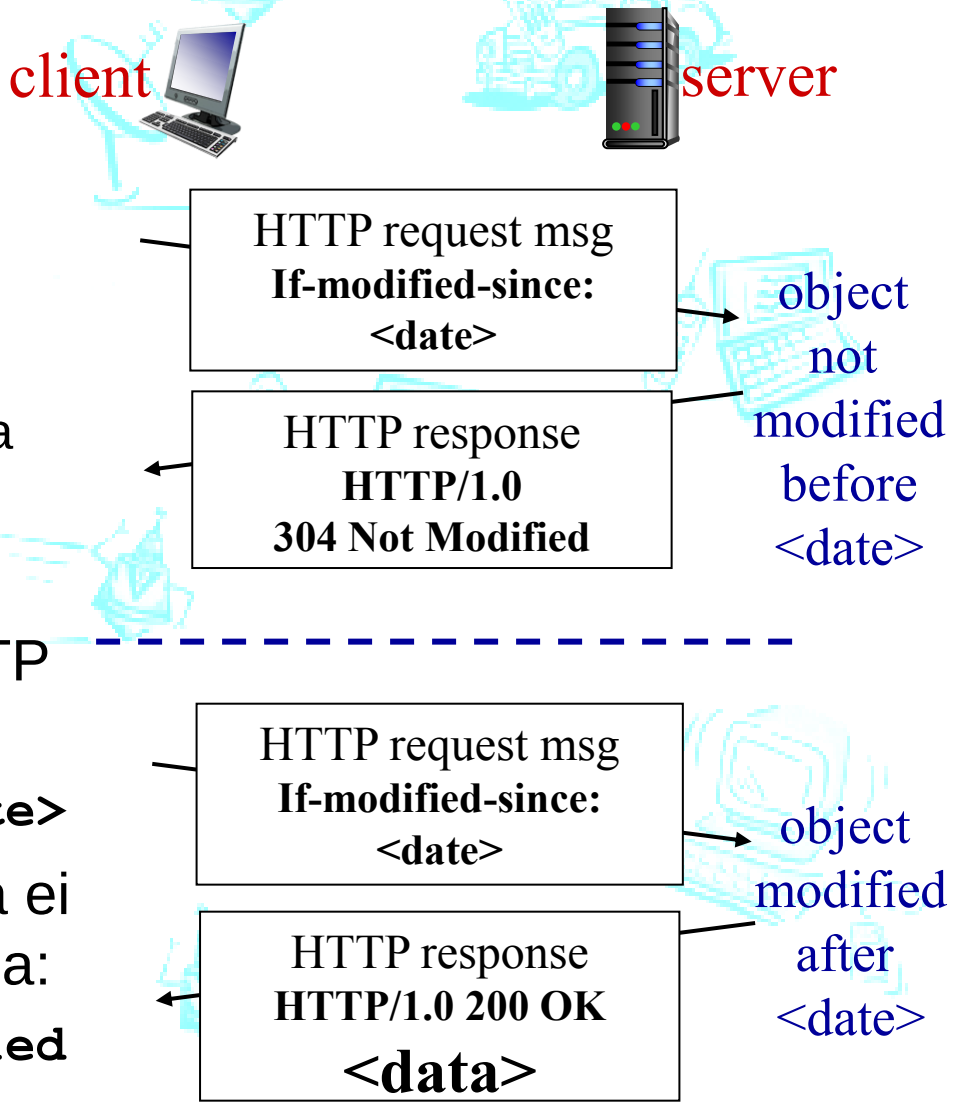


Conditional GET

- *Tavoite:* Palvelin lähettää objektin uudelleen vain jos välimuistin kopio on vanhentunut (stale)
  - vain vähän siirrettävää tietoa
  - pienempi linkin käyttöaste
- *välimuisti:* kerro tallennetun kopion aikaleima osana HTTP GET pyyntöä

  `If-modified-since: <date>`
- *palvelin:* HTTP vastauksessa ei oliota, jos kopio on ajantasalla:

  `HTTP/1.0 304 Not Modified`



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

VERKKO-OHJELMOINNISTA

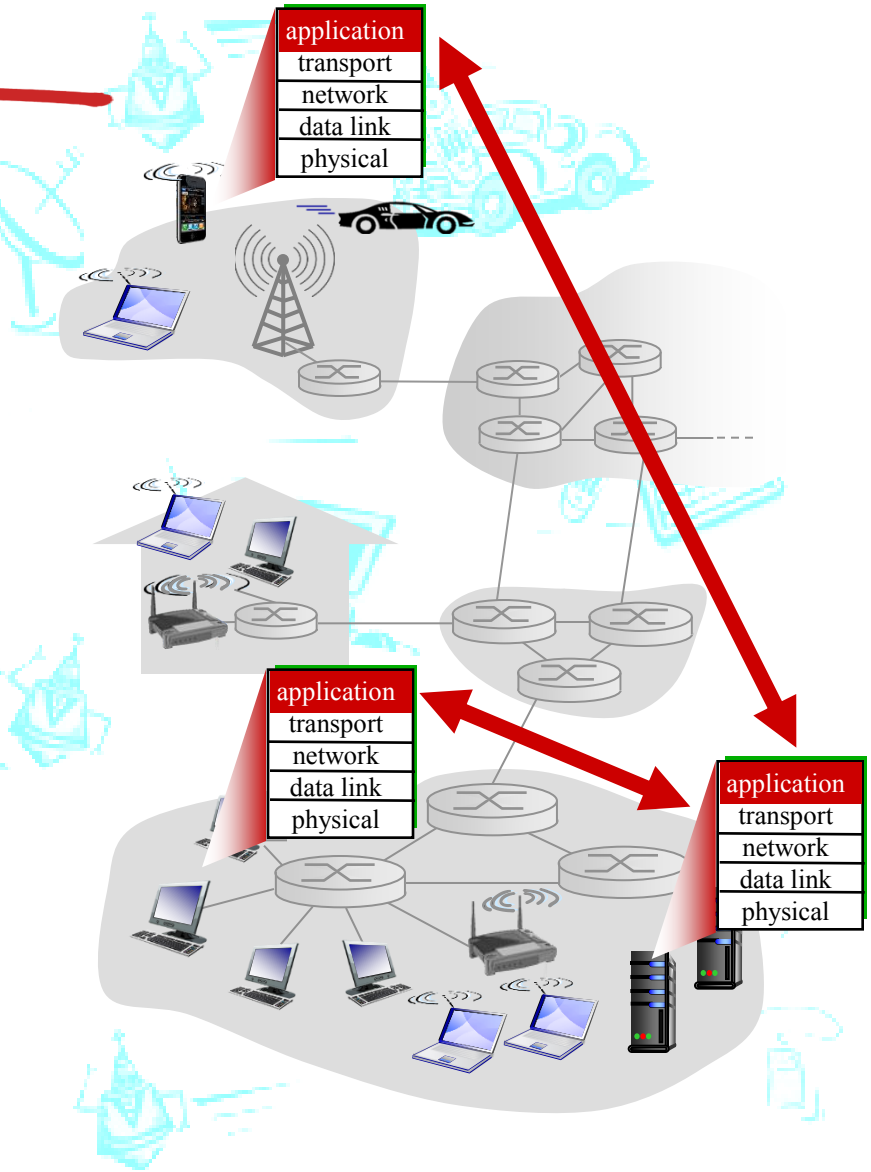
Verkkosovellus

Kirjoita vain sovellusohjelma:

- Jota suoritetaan päätelaitteissa (*end systems*)
- Joka kommunikoi verkon yli
- Esim. www-palvelu (palvelinohjelma ja selain)

Älä kirjoiteta sovellustason ohjelmaa verkon ytimen laitteille:

- Ne eivät suorita sovellusohjelmia
- Niiden toiminta ei muutu sovellusten muuttuessa



Pistoke – pikakertaus alkuosan kalvoista

- Sovellus luo pistokkeen (porttinumero KJ:ltä, jos sovellus ei muuta kerro)
  - 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 että siitä luetaan
- Lähetys (send) - Kirjoita pistokkeeseen
- Vastaanotto (receive) - Lue pistokkeesta
- Alunperin Berkeley UNIXin (BSD) mukana

- HUOM: Rajapinta sovelluksen (sovelluskerros) ja kuljetuspalvelun(kuljetuskerros) välissä!

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**

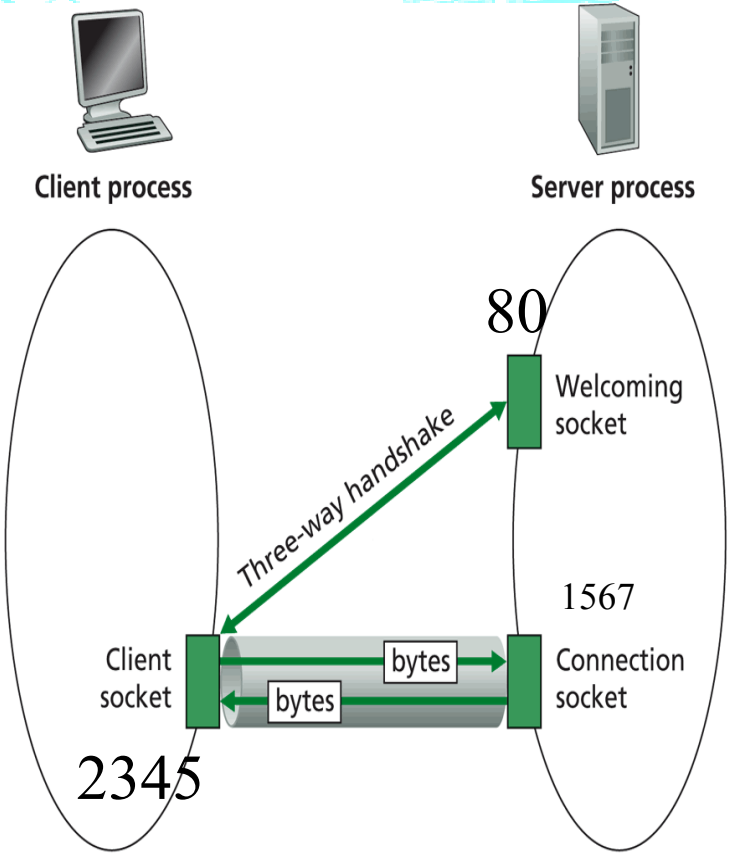
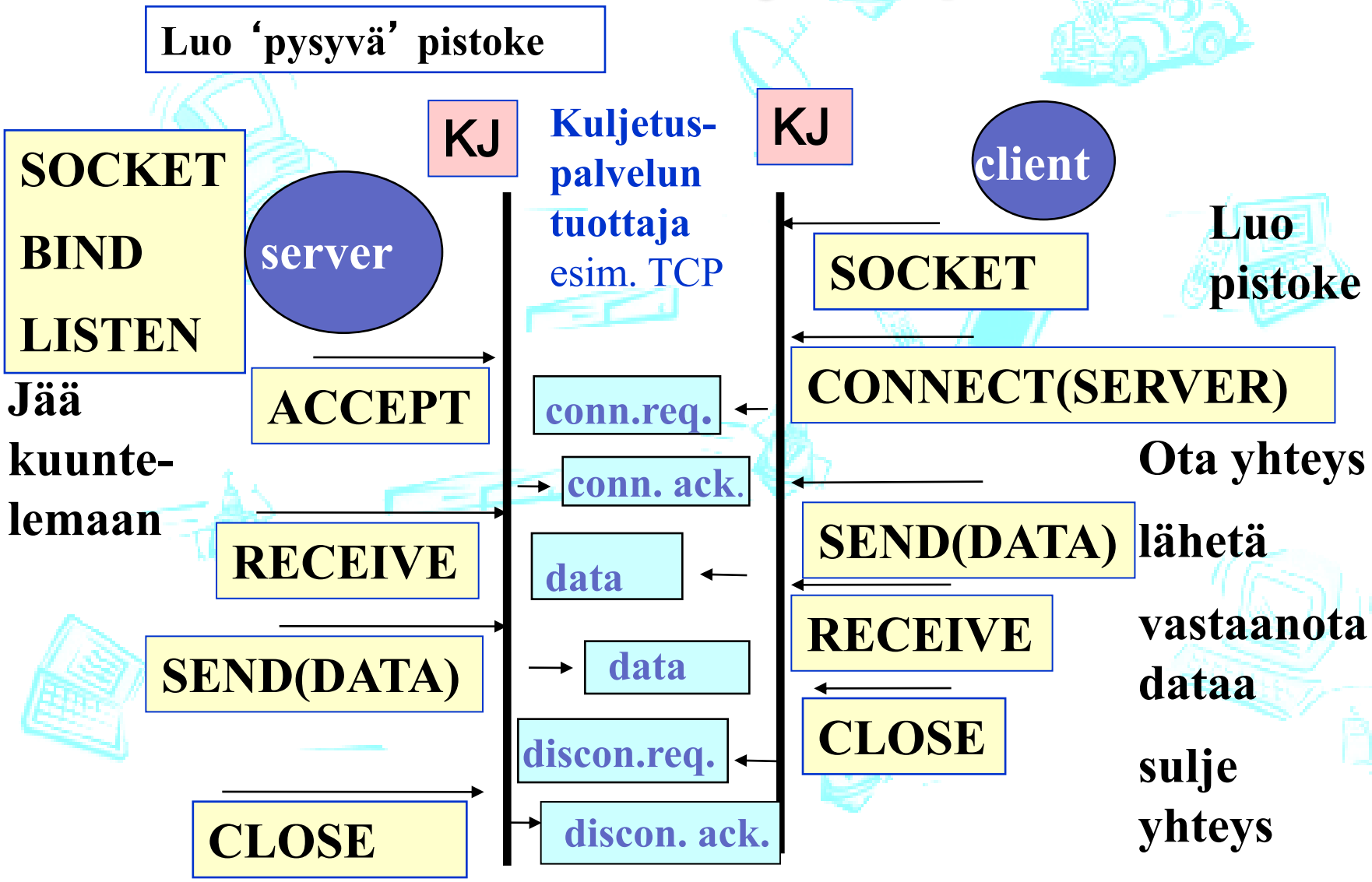
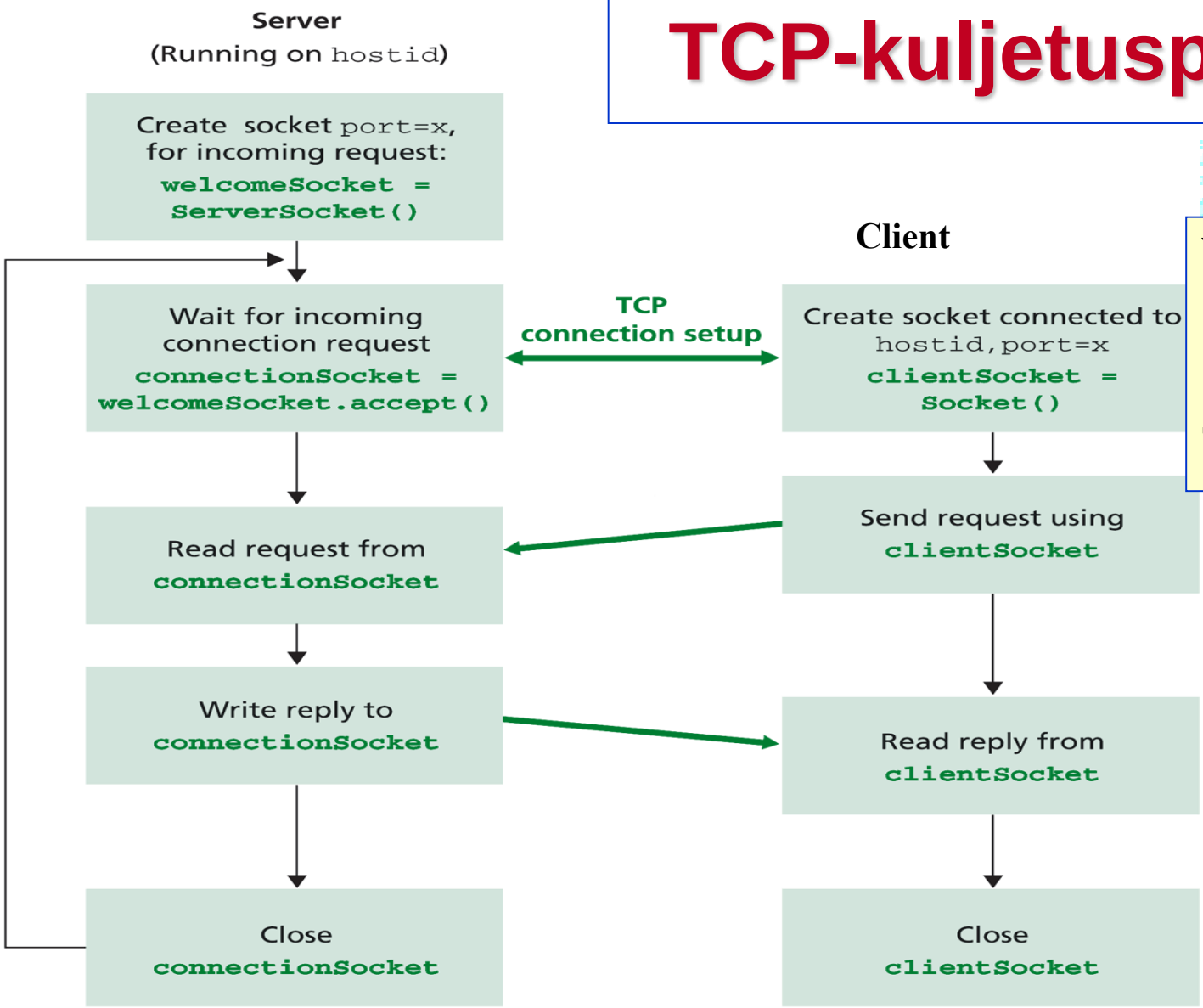


Figure 2.29: Client socket, welcoming socket, and connection socket

TCP-kuljetuspalvelu



TCP-kuljetuspalvelu



Yhteydellinen

Luotettava

Tavuvirta

Figure 2.28 ◆ The client-server application, using connection-oriented transport services

Esimerkkisovellus: TCP-asiakas

Python TCPClient

Pythonin pistoke-kirjasto

- from socket import *
- serverName = 'servername'
- serverPort = 12000

Luo TCP-pistoke palvelimen servername porttiin 12000

- clientSocket = socket(AF_INET, SOCK_STREAM)
- clientSocket.connect((serverName,serverPort))

Lue käyttäjän näppäilemä syöte

- sentence = raw_input('Input lowercase sentence:')

Lähetä viesti palvelimelle. Lähetyksessä ei enää tietoa vastaanottajasta.

- clientSocket.send(sentence)
- modifiedSentence = clientSocket.recv(1024)
- print 'From Server:', modifiedSentence

Sulje pistoke

- clientSocket.close()

Esimerkkisovellus: TCP-palvelija

Python TCPServer

- from socket import *
- serverPort = 12000
- serverSocket = socket(AF_INET,SOCK_STREAM)
- serverSocket.bind((‘’,serverPort))
- serverSocket.listen(1)
- print ‘The server is ready to receive’
- while 1:
- connectionSocket, addr = serverSocket.accept()
-
- sentence = connectionSocket.recv(1024)
- capitalizedSentence = sentence.upper()
- connectionSocket.send(capitalizedSentence)
- connectionSocket.close()

Luo TCP vastaanottopistoke

Palvelin aloittaa saapuvien TCP-pyyntöjen odottamisen

Ikuinen silmukka

Palvelin odottaa accept()-kutsussa saapuvia pyyntöjä, kutsu palauttaa uuden pistokkeen kullekin yhteydelle

Lukee tavuja pistokkeesta (ei osoitetta kuten UDP)

Sulkee vain yhteyden pistokkeen (ei vastaanottopistoketta)

Vastaava TCP-asiakas Javalla

```
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", 12000);
      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

Vastaava TCP-palvelija Javalla

```
import java.io.*; import java.net.*;
class TCPServer {
  public static void main(String argv[]) throws Exception {
      String clientSentence;
      String capitalizedSentence;
      ServerSocket welcomeSocket = new ServerSocket(12000);
      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);
        }
    }
}
```

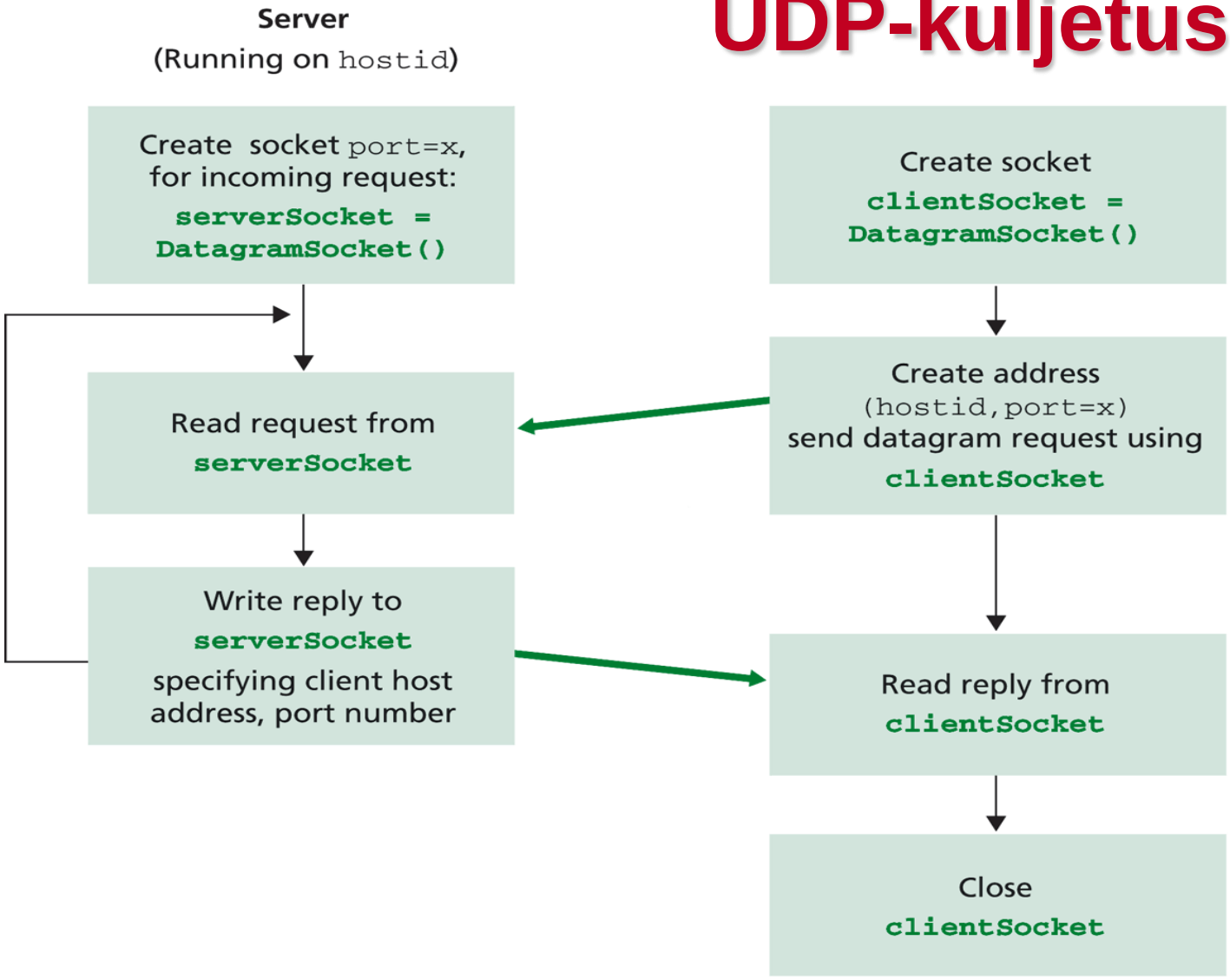
Yhteyspistokkeen luonti

Palvelijan toiminta pyynnön ja vastauksen välissä

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

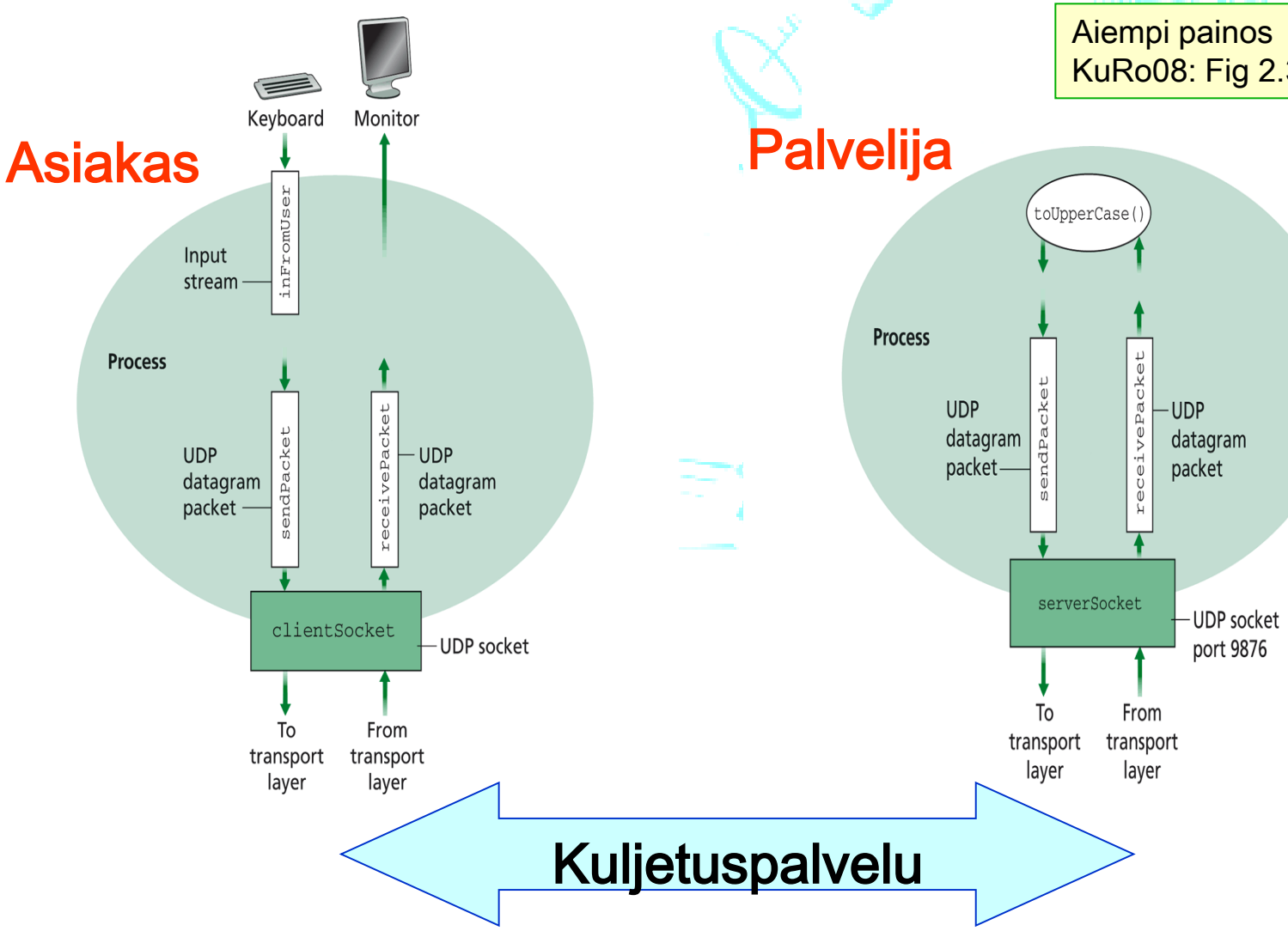
Epä-luotettava

Ei takaa sanomien järjestystä

Figure 2.2 ♦ The client-server application, using connectionless transport services

UDP-esimerkki

Aiempi painos
KuRo08: Fig 2.35 ja 2.36



Esimerkkisovellus: UDP-asiakas

Python UDPClient

```
from socket import *
serverName = 'hostname'
serverPort = 9876
clientSocket = socket(socket.AF_INET,
                      socket.SOCK_DGRAM)
message = raw_input('Input lowercase sentence:')
clientSocket.sendto(message,(serverName, serverPort))
modifiedMessage, serverAddress =
                      clientSocket.recvfrom(2048)
print modifiedMessage
clientSocket.close()
```

Luo UDP-pistoke palvelimen hostname porttiin 9876

Liitä pistokkeeseen palvelimen nimi ja portti: lähetä merkkijono

Lue vastaus pistokkeesta

Tulosta vastaus;

Sulje pistoke

Esimerkkisovellus: UDP-palvelija

Python UDPServer

```
from socket import *
serverPort = 9876
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)
serverSocket.bind(('', serverPort))
print "The server is ready to receive"
while 1:
    message, clientAddress =
serverSocket.recvfrom(2048)
    modifiedMessage = message.upper()
    serverSocket.sendto(modifiedMessage,
clientAddress)
```

Luo UDP-pistoke

Sido pistoke paikalliseen porttiin numero 9876

Ikuinen silmukka

Lue sanoma UDP-pistokkeesta, sanomassa on mukana asiakkaan IP ja porttinumero

Lähetä muokattu merkkijono (takaisin) asiakkaalle

Vastaava UDP-asiakas Javalla

```
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

Vastaava UDP-palvelija Javalla

```
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.