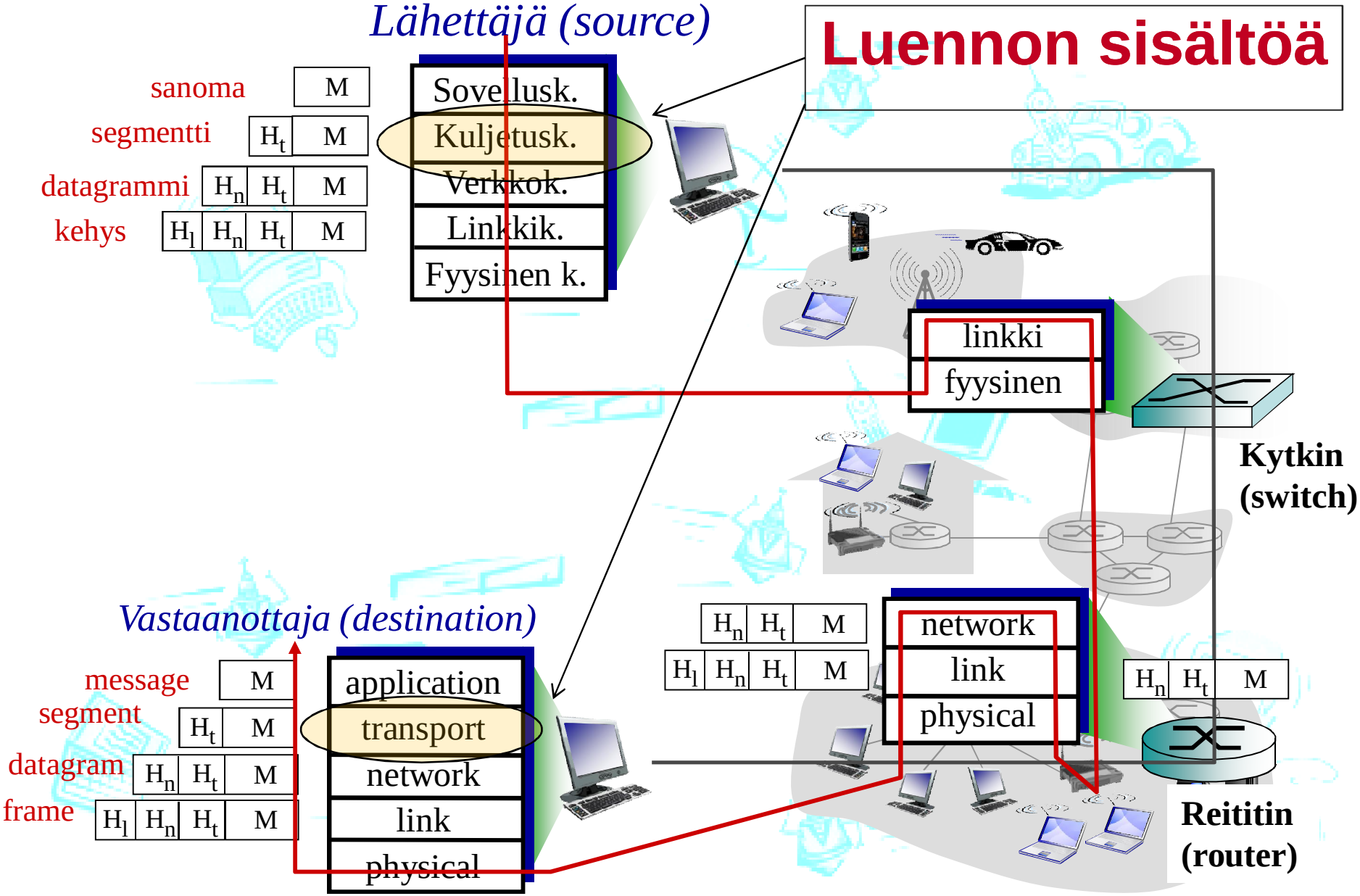
Tietoliikenteen perusteet

Luento 6: Kuljetuskerros
UDP & TCP
TCP:n ruuhkanhallinta

Syksy 2014, Tiina Niklander

Kurose&Ross: Ch3


Lähettäjä (source)
Luennon sisältöä
sanoma
segmentti
datagrammi
kehys
M
H_t M
H_n H_t M
H_l H_n H_t M
Sovellusk.
Kuljetusk.
Verkkok.
Linkkik.
Fyysinen k.
linkki
fyysinen
Kytkin
(switch)
Vastaanottaja (destination)
message
segment
datagram
frame
application
transport
network
link
physical
network
link
physical
Reititin
(router)

Sisältöä

- Kuljetuspalvelut
- Luotettavan kuljetuspalvelun periaatteet
- Yhteydetön kuljetuspalvelu, UDP
- Yhteydellinen kuljetuspalvelu, TCP
- Ruuhkanhallinta TCP:ssä

Oppimistavoitteet:

- Tuntee Internetin kuljetusprotokollien (UDP/TCP) toiminnallisuuden ja periaatteet
- Osaa kuvata luotettavan kuljetuspalvelun ja vuonvalvonnan periaatteet ja toteutukset
- Osata selittää TCP-ruuhkanhallinnan perusidean

UDP (User Datagram Protocol) (RFC 768)

- **Yhteydetön**
  - KJ ei pidä tallessa mitään sovellusten väliseen keskusteluun liittyvää.
  - Sovellus antaa aina sanoman lisäksi kohdeosoitteen ja kohdeportin
- **Ei takaa luotettavuutta** (~'epäluotettava'?)
  - vain minimipalvelu: mille koneelle, mihin porttiin, voi kadottaa sanoman
- **Ei säilytä sanomien järjestystä**
  - Sovellus saa sanomat siinä järjestyksessä kuin ne tulevat perille
- **Vähän yleisrasitetta**
  - Aikaa ei kulu yhteyden muodostukseen eikä purkuun
  - Ei resursseja yhteyden tilatietojen ylläpitoon
  - Pieni otsake (eli vähän itse protokollaan liittyviä tietoja)
  - Ruuhkanhallinta ei säännöstele liikennettä

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
  - järjestysnumerot, kuittaukset, uudelleenlähetykset
- **Vuonvalvonta** (flow control)
  - Lähettäjä hiljentää vauhtia, jos vastaanottaja ei ehdi käsitellä
- **Ruuhkanvalvonta** (congestion control)
  - Lähettäjä hiljentää vauhtia, jos reitittimet eivät ehdi käsitellä

Verkkosovelluksia

Application	Application-Layer Protocol	Underlying Transport Protocol
Electronic mail	SMTP	TCP
Remote terminal access	Telnet	TCP
Web	HTTP	TCP
File transfer	FTP	TCP
Remote file server	NFS	Typically UDP
Streaming multimedia	typically proprietary	Typically UDP
Internet telephony	typically proprietary	UDP or TCP
Network management	SNMP	UDP or TCP
Routing protocol	RIP	Typically UDP
Name translation	DNS	Typically UDP

Figure 3.6 ◆ Popular Internet applications and their underlying transport protocols

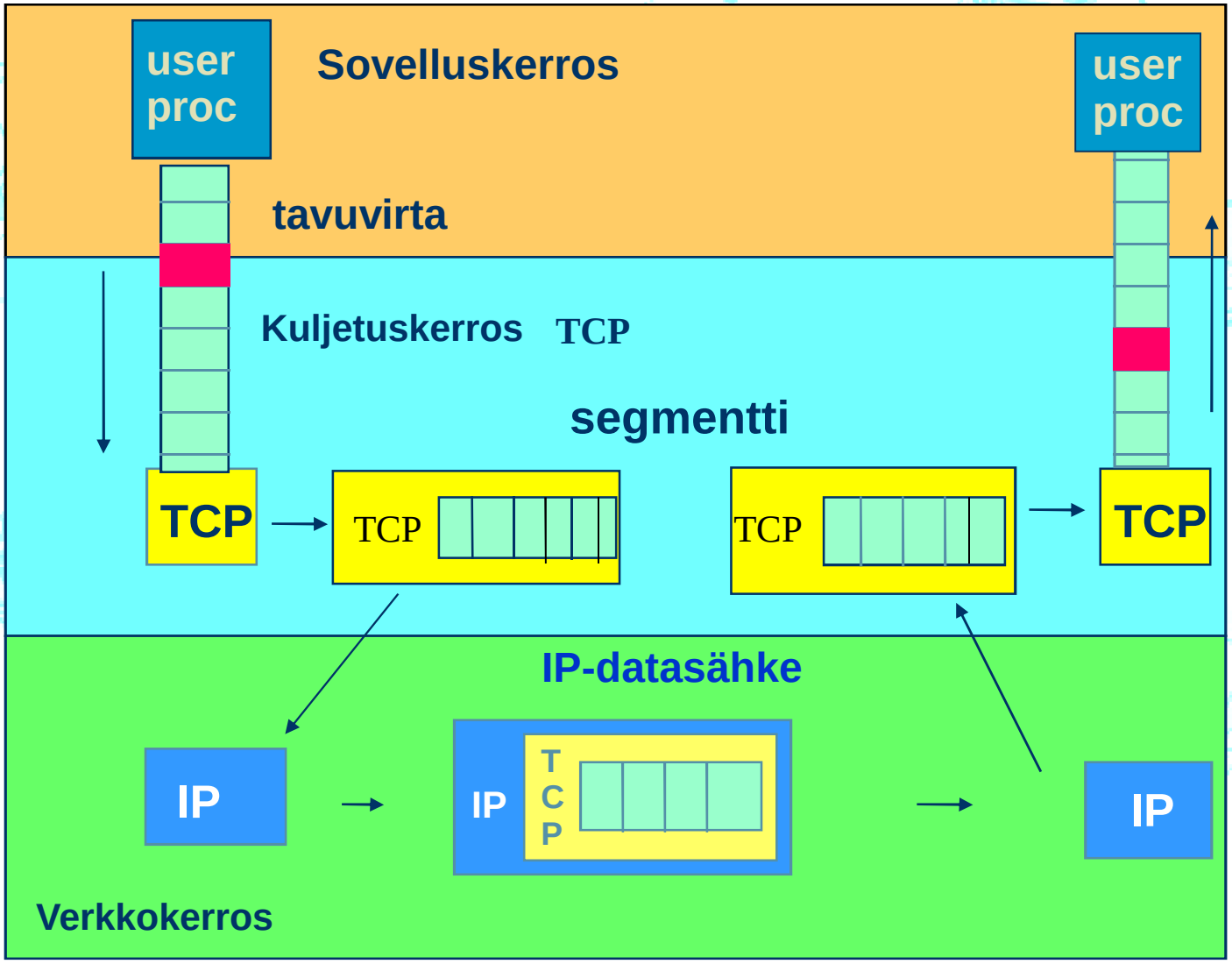
K&R12

Miksi toiset sovellukset suosivat UDP:tä ja toiset TCP:tä?

YHTEYDELLINEN KULJETUSPALVELU: TCP

RFC 793,
RFC 1122,
RFC 1323,
RFC 2018,
RFC 2581

TCP: prosessilta prosessille -tavuvirta



TCP-protokolla

- **Päästä-päähän kuljetuspalvelu**
  - Yksi lähettäjä, yksi vastaanottaja
  - Reitittimet eivät ole kiinnostuneita kuljetustason protokollasta
- **Yhteydellinen** (connection-oriented)
  - Yhteydenmuodostus
  - Isäntäkoneissa: puskuritila, ikkunan koko, tavunumerointi
  - Yhteyden purku
- **Kaksisuuntainen** (full duplex)
  - Yksi yhteys, jossa yhtä aikaa liikennettä molempiin suuntiin
- **Luotettava, järjestyksen säilyttävä tavuvirta**
  - Ei sanomarajoja
  - Tavunumerointi
  - Kumulatiiviset kuittaukset

TCP-protokolla

Fig 3.28 [KR12]

- Vuonvalvonta, ruuhkanhallinta (-valvonta)
  - Lähettäjä ei voi tukahduttaa vastaanottajaa eikä reitittimiä
- Liukuvan ikkunan protokolla
  - Vuonvalvonta ja ruuhkanhallinta vaikuttavat lähetysikkunan kokoon
- Puskurointia molemmissa päissä
  - Uudelleenlähetystä varten
  - Jotta saadaan annettua sovellukselle järjestyksessä

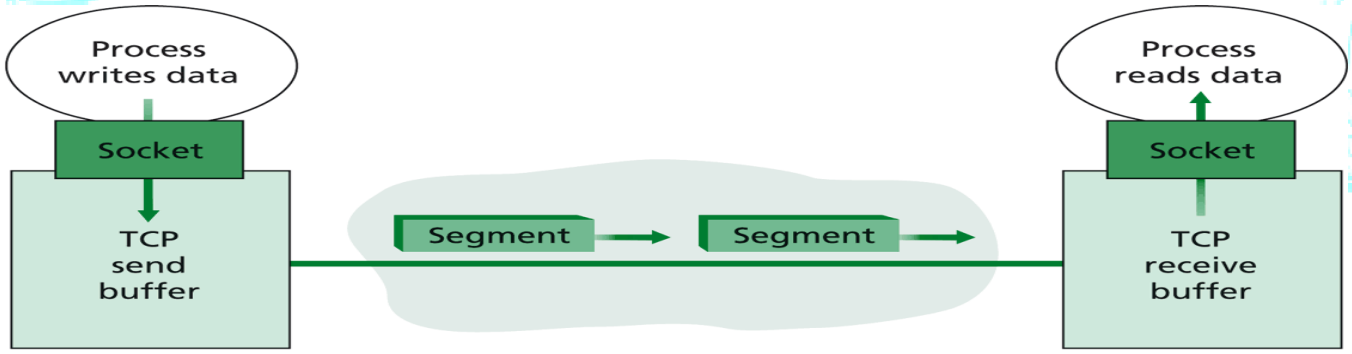


Figure 3.28 ◆ TCP send and receive buffers

TCP-protokolla

Fig 3.30 [KR12]

- Segmentillä maksimikoko
  - MSS (maximum segment size) = paljonko dataa segmentissä
- Varmistaa, että tässä koneessa ei tarvita lisäpilkkomista paketeiksi
- Linkkikerroksen fyysiset ominaisuudet vaikuttavat MSS:n arvoon
  - MTU (maximum transfer unit)
  - Ethernet MTU = 1500 => MSS = 1460, sillä TCP:n ja IP:n otsakkeet (20 +20 tavua) vievät oman tilansa

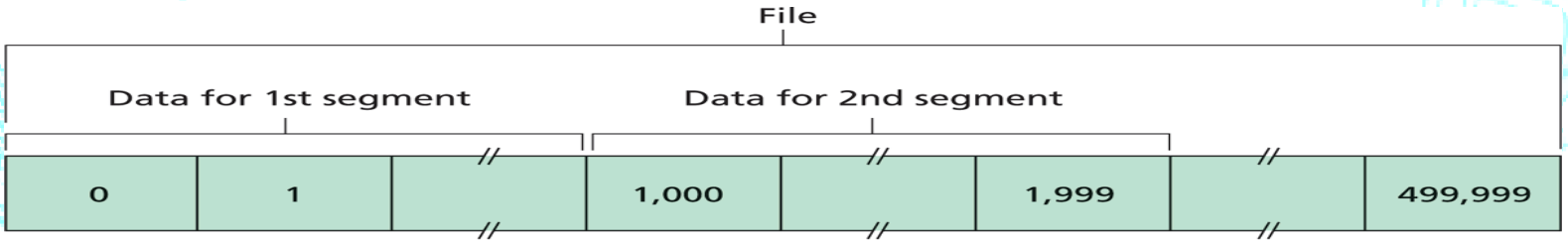


Figure 3.30 ◆ Dividing file data into TCP segments

TCP-segmentti

Fig 3.29 [KR12]

Otsake aina vähintään 20 B
Optio-osa tarvittaessa

Järjestys- ja kuittaus-
numerot tavunumeroina

Ikkunankoko: paljonko tilaa
vastaanottopuskurissa (tavua)

ACK= kuittausnumero validi,
RST (reset),
SYN yhteydenmuodostus
FIN yhteydenpurku
URG, PSH ei yleensä käytetä

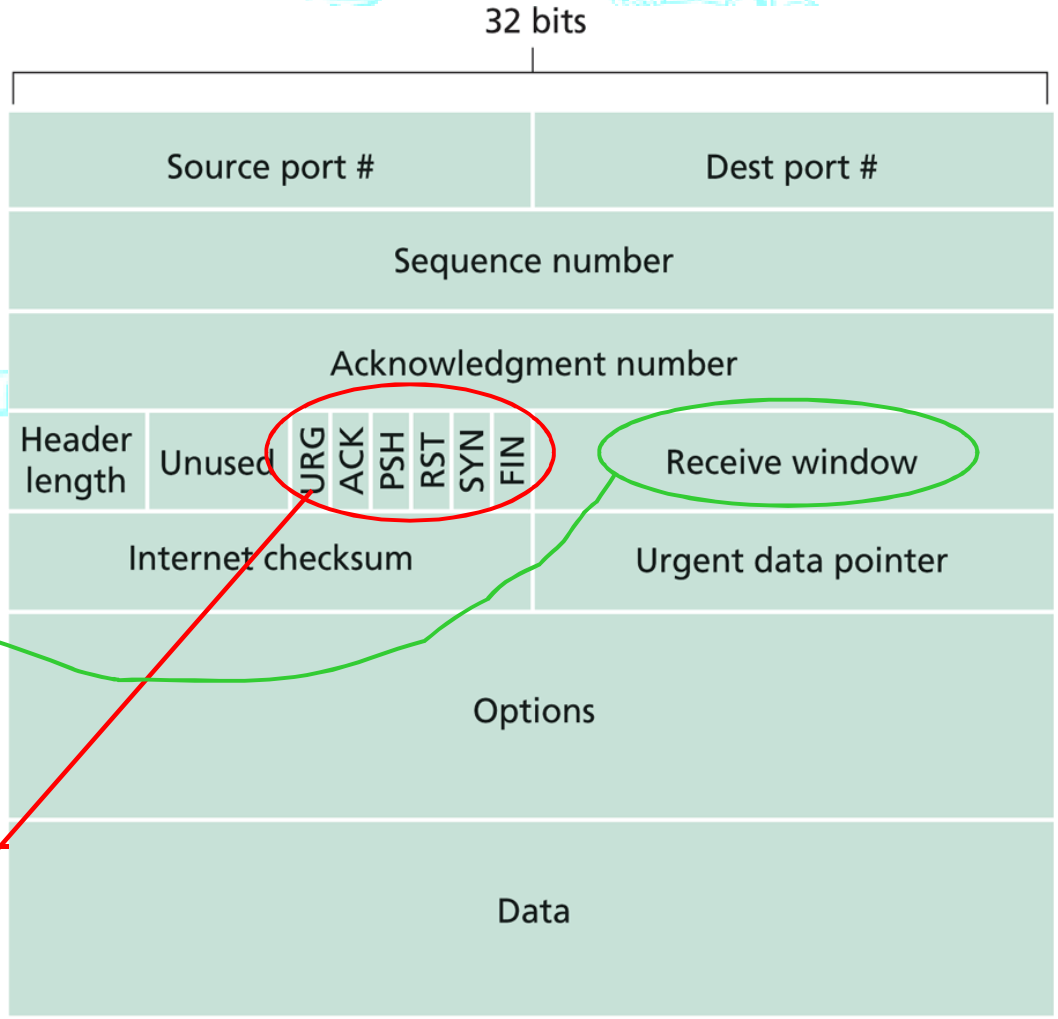


Figure 3.29 ♦ TCP segment structure

Tavunumerointi

Kuittauksia ei kuitata ja ne eivät siirrä numerointia!

Niissä ei siirretä tavuvirtaa.

Tavuvirtaa …

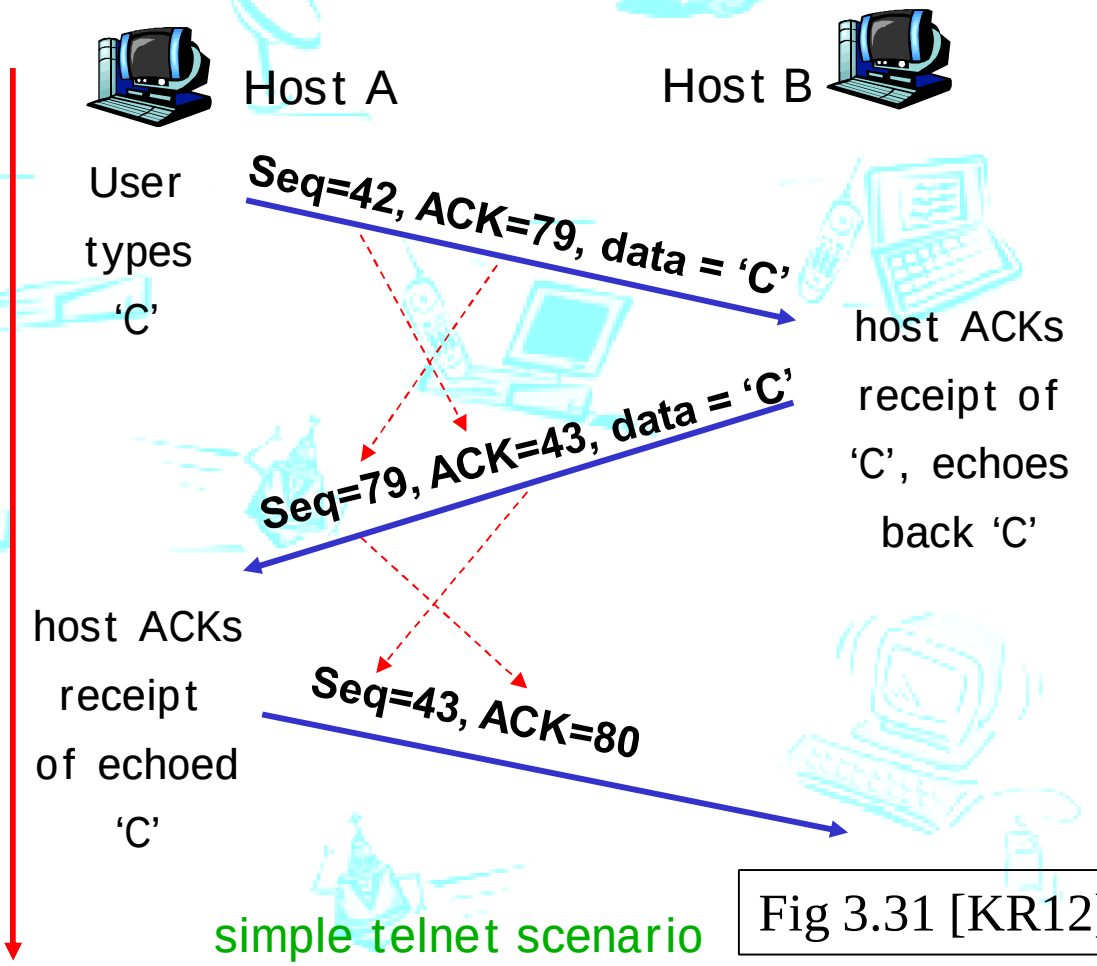
Segmentit voivat olla erikokoisia (=< MSS)

Järjestysnumero=

- ensimmäisen tavun numero
- alkuarvot sovitaan yhteyttä muodostettaessa

Kuittaus

- seuraavaksi odotetun tavun numero
- kumulatiivinen
- kylkiäisenä (piggybacked) mikäli mahdollista



simple telnet scenario

Fig 3.31 [KR12]

Oletus: ruuhkanhallinta tai vuonvalvonta ei rajoita, data jo valmiiksi sopivina paloina (>= MSS) eikä toinen osapuoli lähetä dataa.

TCP: lähetys (simplified)

```
NextSeqNum = InitialSeqNum;  SendBase = InitialSeqNum

loop (forever) {
  switch(event)

  event: data received from application above
      create TCP segment with sequence number NextSeqNum
      if (timer currently not running) start timer
      pass segment to IP
      NextSeqNum = NextSeqNum + length(data)

  event: timer timeout
      retransmit not-yet-acknowledged segment with
          smallest sequence number
      start timer

  event: ACK received, with ACK field value of y
      if (y > SendBase) {
          SendBase = y
          if (there are currently not-yet-acknowledged segments)
              start timer
      }

} /* end of loop forever */
```

Vuonvalvonta ja/tai ruuhkanhallinta voi estää lähettämisen!

Riittääkö 1 segmentti?

Ajastimen arvo?

Yksi vai monta?

Toistokuittaukset?

Fig 3.33 [KR12]

Huom:

- SendBase-1: viimeisin kuitattu tavu

Esim.:

- SendBase-1 = 71; y= 73, vast.ottaja odottaa tavuja 73+ ; y > SendBase, joten kuittaa uusia tavuja

TCP: uudelleenlähetys

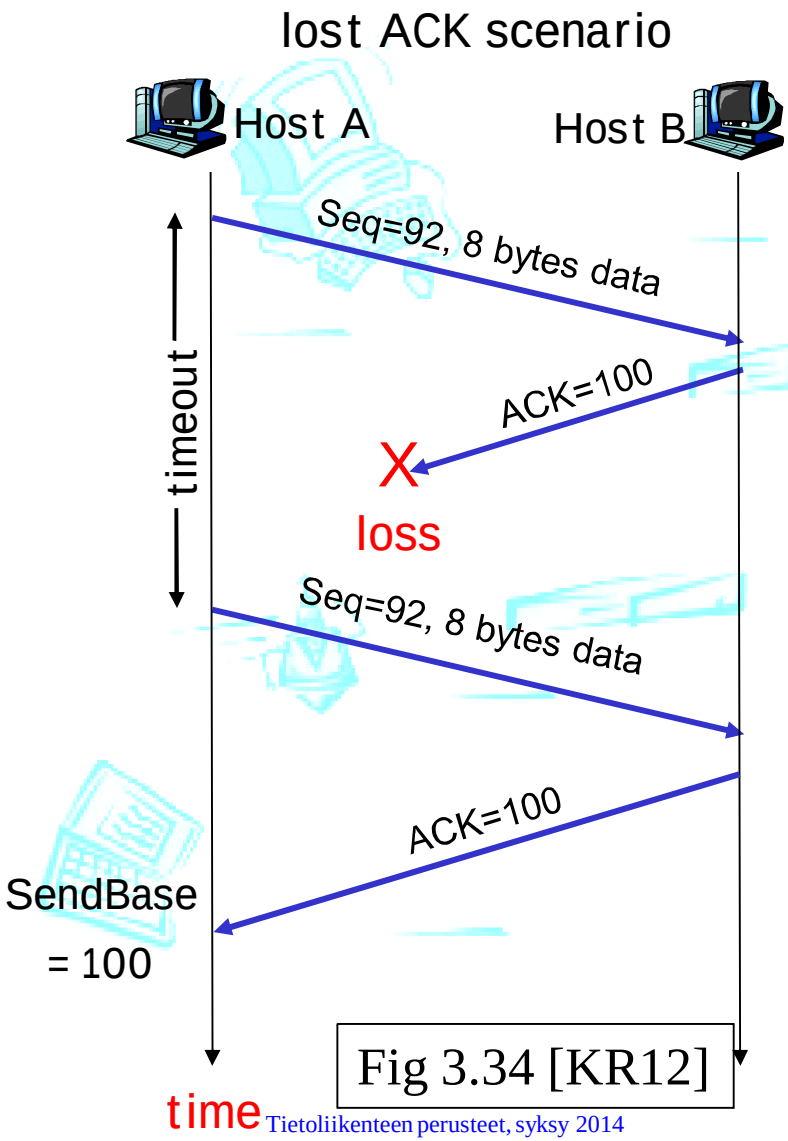


Fig 3.34 [KR12]

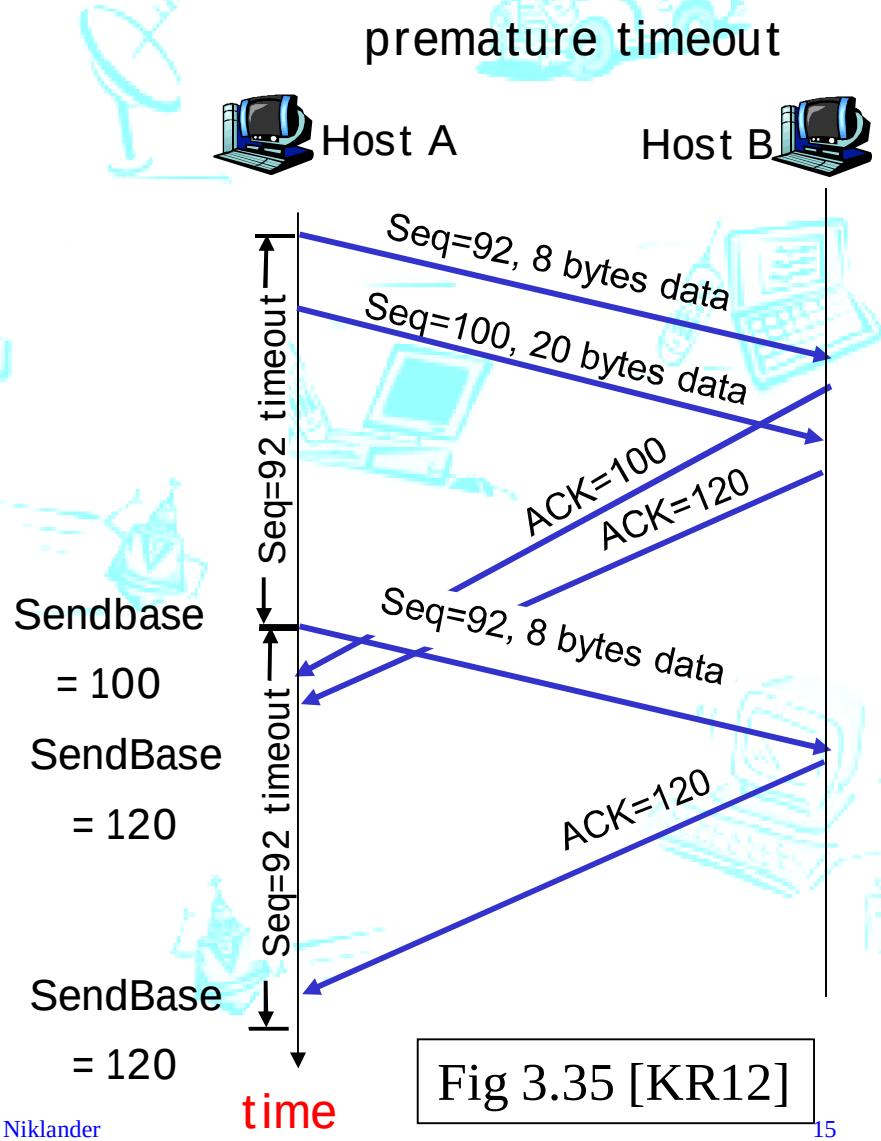
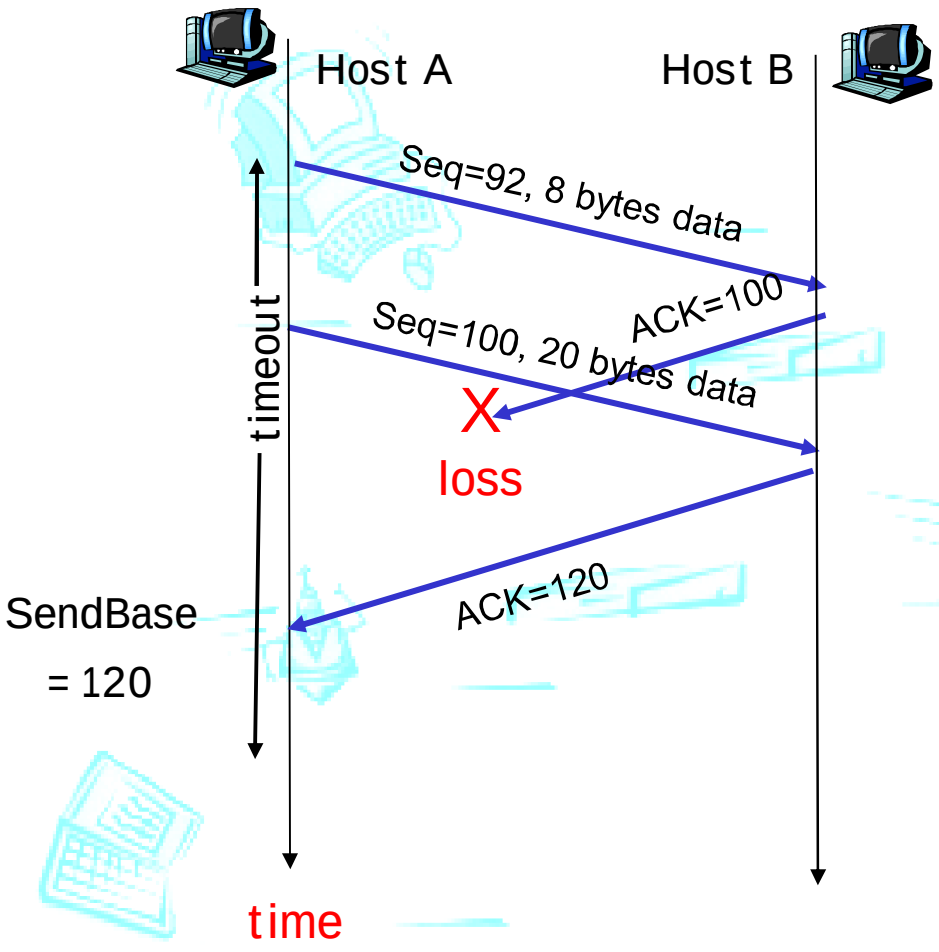


Fig 3.35 [KR12]

TCP: uudelleenlähetys



Cumulative ACK scenario

Fig 3.36 [KR12]

TCP ACK generation [RFC 1122, RFC 2581]

Table 3.2 [KR12]

Event at Receiver	TCP Receiver action
Arrival of in-order segment with expected seq #. All data up to expected seq # already ACKed	Delayed ACK. Wait up to 500ms for next segment. If no next segment, send ACK
Arrival of in-order segment with expected seq #. One other segment has ACK pending	Immediately send single cumulative ACK, ACKing both in-order segments Joka toinen kuitattava!
Arrival of out-of-order segment higher-than-expect seq. # . Gap detected	Immediately send *duplicate ACK*, indicating seq. # of next expected byte
Arrival of segment that partially or completely fills gap	Immediately send ACK, provided that segment starts at lower end of gap

TCP:n kuitattava vähintään joka toinen segmentti ja kuittausta saa viivyttää korkeintaan 500 ms.

Nopea uudelleenlähetys
(fast retransmit)

- Timeout suhteellisen pitkä
  - => aika iso viive ennen uudelleenlähetystä
- Vastaanottaja ilmoittaa puuttuvasta segmentistä toistokuittauksilla (duplicate ACK)
  - Liukuhihnoituksen vuoksi useita segmenttejä voi olla kuittaamatta
  - Jos välistä puuttuu segmentti, seurauksena on useita ACK-kuittauksia
- Jos lähettäjä saa 3 samaa segmenttiä kuittaavaa **toistokuittausta**, se olettaa, että seuraava segmentti on kadonnut (siis kaikkiaan 4 samaa)
  - Ja lähettää puuttuvan segmentin heti
- Nopea uudelleenlähetys = **lähetä uudelleen** jo ennen kuin ajastin laukeaa eli **kolmen toistokuittauksen jälkeen**.

Nopea uudelleenlähetys

Sender

```
event: ACK received, with ACK field value of y
        if (y > SendBase)  {     /* uuden segmentin  kuittaus */
                SendBase = y
                if (there are currently not-yet-acknowledged segments)
                    start timer
                }
                else {                  /* toistokuittaus */
                        increment count of dup ACKs received for y
                        if (count of dup ACKs received for y = 3)
                        resend segment with sequence number y
                        }
```

a duplicate ACK for already ACKed segment

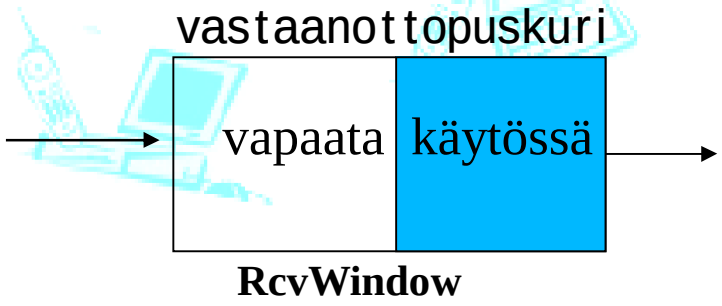
Nopea uudelleenlähetys (fast retransmit)

Paluu N:ään vai valikoiva toisto?

- Kumpaa TCP käyttää?
  - Liukuvan ikkunan protokolla
  - Hybridi, tavallaan ’best-of-both’
- Go-Back-N -tyyppinen
  - Virheellisiä tai väärässä järjestyksessä tulleita ei hyväksytä, mutta ne yleensä talletetaan puskuriin
    - Kumulatiivinen ACK
    - Kaikkia virheellisestä lähtien ei tarvitse lähettää uudestaan
- Valikoiva toisto
  - Kumulatiivinen ACK ei käy tähän tarkoitukseen
  - SACK-kuittaus (selective ACK), joka kertoo, mitkä segmentit vastaanotettu (RFC 2018)

Vuonvalvonta

- Jotta lähettäjä ei tukahduta vastaanottoa
  - Siirtonopeus sovitettava vastaanottavan sovelluksen mukaan
- Kuittaus on irroitettu vuonvalvonnasta
- Liukuva ikkuna, koko vaihtelee
  - Kuittaus siirtää ikkunaa
  - Vuonvalvonta määrää ikkunankoon
  - Kun ikkunankoko = 0, ei saa lähettää!



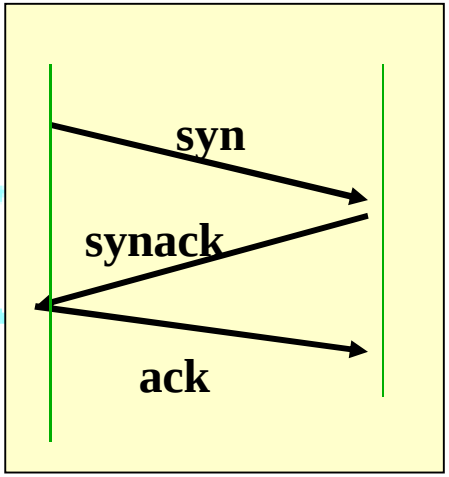
- Vastaanottaja kertoo, montako tavua puskureihin vielä mahtuu
  - TCP-segmentin otsakkeen kenttä Receive window
  - Sovellus lukee tavut silloin kun haluaa
  - Koko on mukana jokaisessa TCP-segmentissä (molempiin suuntiin)
- Myös ruuhkanhallinta rajoittaa lähettämistä

Vuonvalvonta

- Kun ikkunankoko ==0, milloin voi taas lähettää?
- Jatka lähettämällä tavun kokoisia segmenttejä
  - Kysely
- Kuittaus antaa ajantasalla olevan tiedon vastaanottajan puskuritilasta
  - Edellisen ACK:n toistokuittaus => ei tilaa
  - Normaali ACK, kun vapaata vähintään täydelle TCP-segmentille
- Miksi lähettäjä ei vain odota, että vastaanottaja kertoo, kun tilaa jälleen tulee?
  - Entä, jos tämä kuittaus katoaa!
  - Lähettäjä odottaa turhaan ja vastaanottaja luulee, ettei ole lähetettävää => lukkiutuminen!

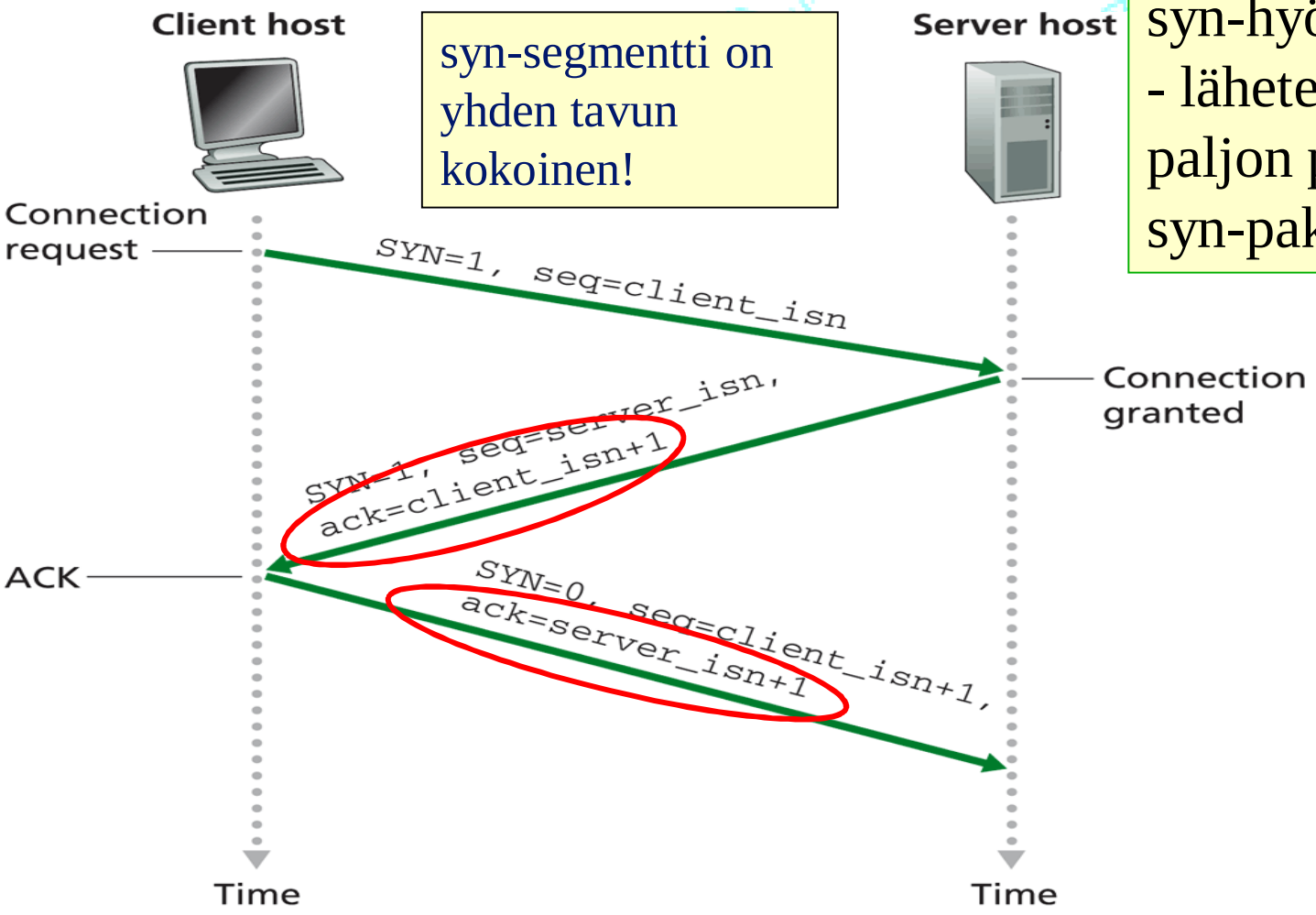
Yhteyden muodostus

- Kolmivaiheinen kättely (three-way handshake)
  - 3 segmenttiä: SYN – SYNACK – ACK
  - Otsakkeen bittikentät
  - Viimeinen voi sisältää dataa (piggybacked)
  - Jos porttiin ei liity prosessia, vastaukseksi segmentti eli yhteyttä ei voida muodostaa



- **Varaa puskuritilaa**
  - Lähettäjä puskuroi uudelleenlähetystä varten
  - Vastaanottaja saatujen pakettien järjestämistä varten
- **Sovitaan tavunumeroinnin alkuarvoista**
  - Kuittauksia varten
- **Ilmoita oma vastaanottoikkunan koko**
  - Vuonvalvontaa varten

Yhteyden muodostus

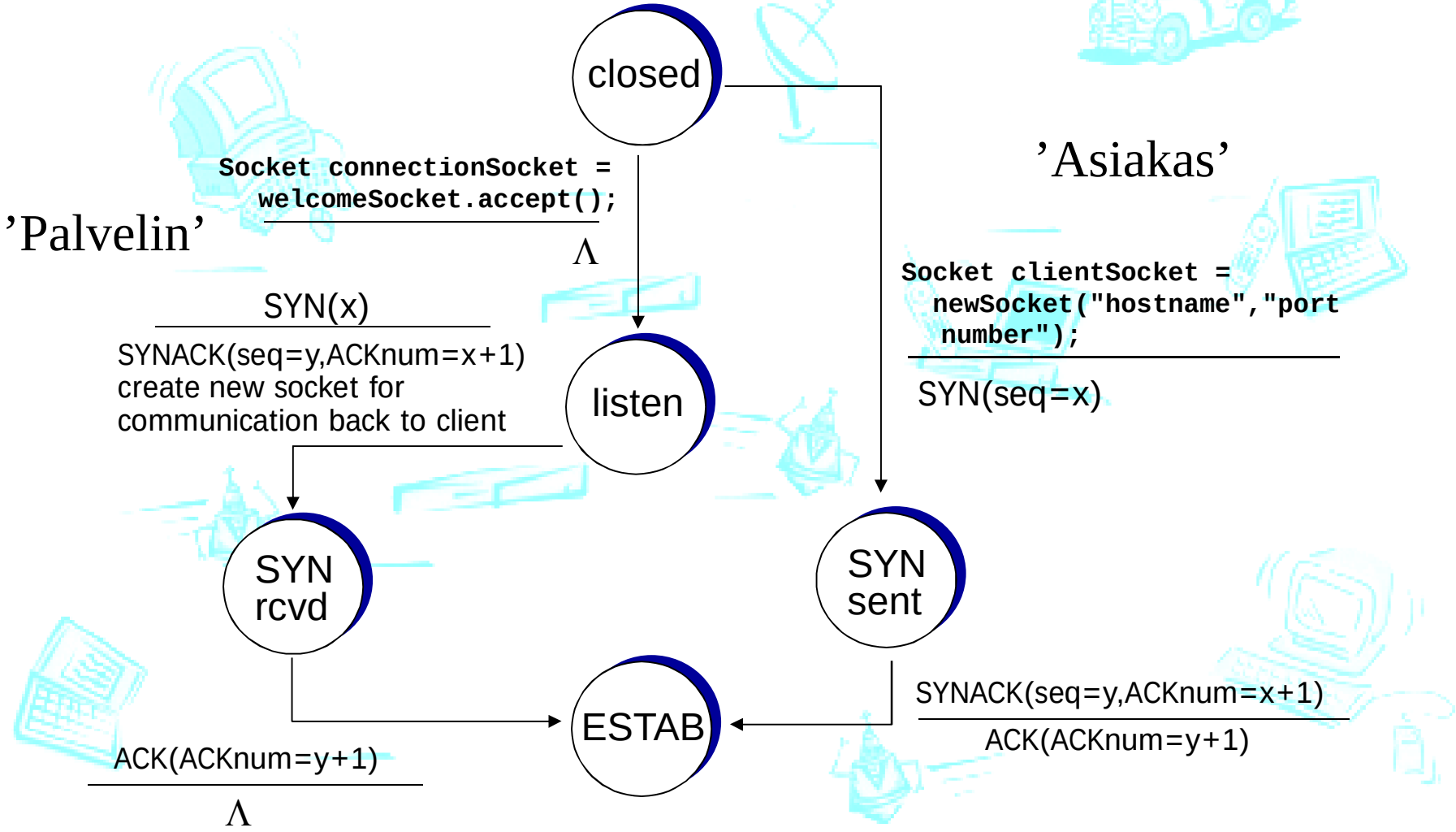


syn-segmentti on yhden tavun kokoinen!

syn-hyökkäys!
- lähetetään paljon pelkkiä syn-paketteja

Figure 3.39 ◆ TCP three-way handshake: segment exchange

Kolmivaiheinen kättely tila-automaattina

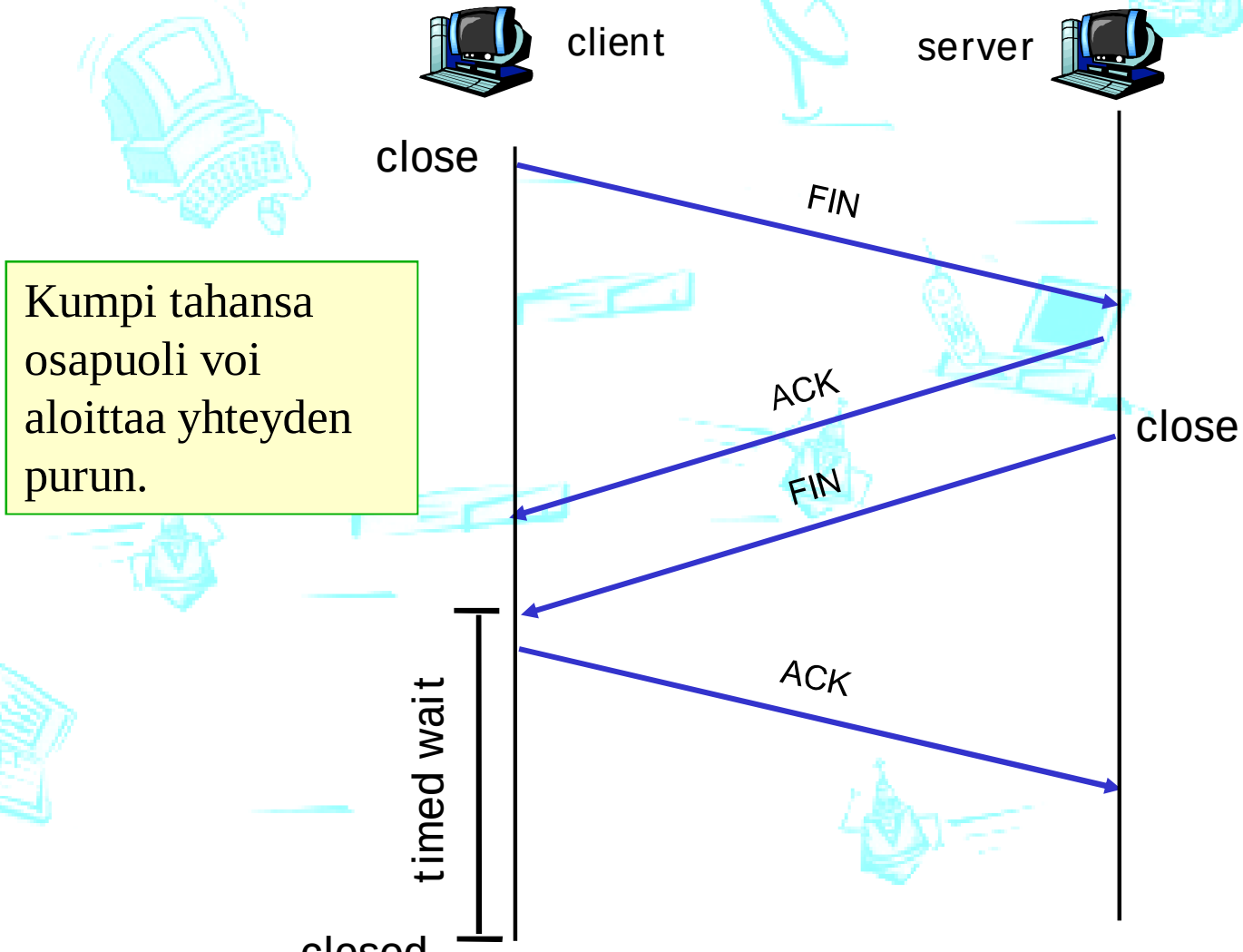


Yhteyden purku

- Molemmat suunnat puretaan erikseen
  - 4 segmenttiä: FIN – ACK, FIN – ACK
- Yhteys on kokonaan purettu, kun molemmat suunnat purettu
- Purku käyttää ajastimia erikoistilanteiden hallintaan
  - Noin 2 * paketin maksimaalinen elinikä
  - Tyypillisesti 30, 60 tai 120 s

Yhteyden purku

Fig 3.40 [KR12]

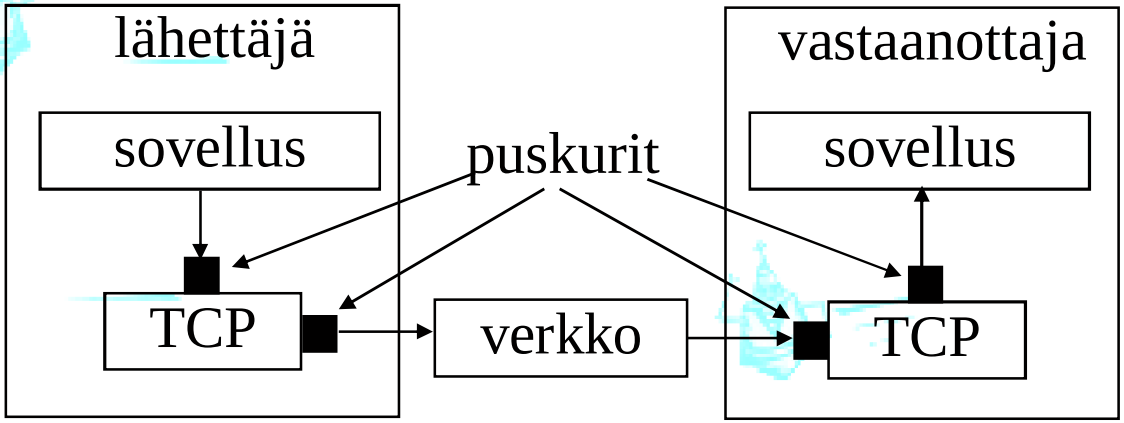


Kumpi tahansa osapuoli voi aloittaa yhteyden purun.

RUUHKANHALLINTA TCP:SSÄ

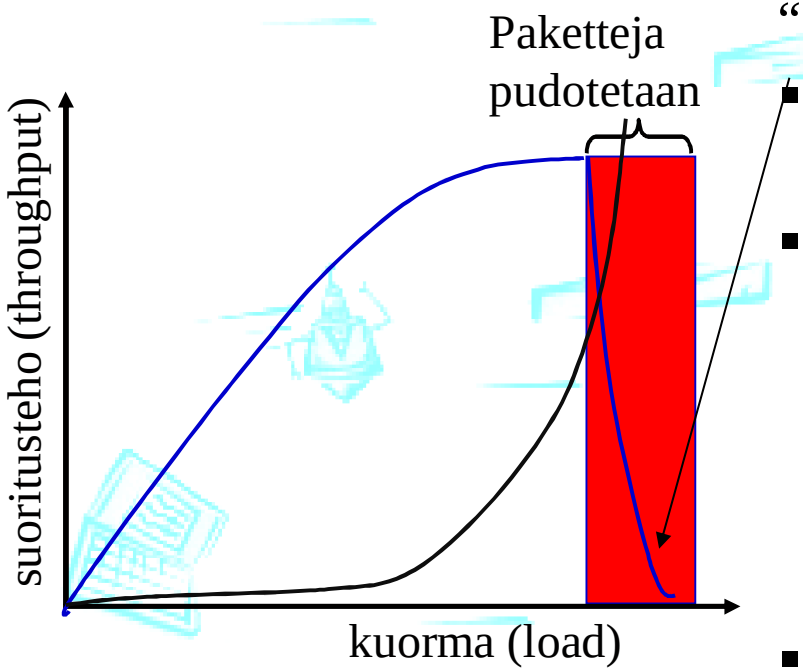
Ruuhkanhallinta: Miksi?

- Verkon hetkellinen jäljellä oleva vapaa kaista vaihtelee
  - Voi olla vähemmän kuin lähettävän ja vastaanottavan sovelluksen kapasiteetti -> pelkkä vuonhallinta ei riitä
  - Monta lähettäjää jakaa samoja verkkoresursseja
  - Verkko voi siis olla pullonkaula
- Ruuhkanhallinta varmistaa että verkkoa ei ylikuormiteta



Ruuhkanhallinta: Miksi?

- Verkkoelementeissä (reitittimet) on puskurit
  - FIFO+drop tail
  - Puskurin täyttyessä paketit joutuvat jonottamaan -> viive kasvaa
  - Puskurien ollessa täynnä uudet paketit pudotetaan



"Congestion collapse":

- Pudotettujen pakettien uudelleenlähetys
  - Lisää kuormaa
- Uudelleenlähetetään tarpeettomasti vielä matkalla olevia paketteja
  - Viive kasvaa nopeasti -> järj. ei pysy perässä
  - Viive kasvaa yli maksimitoipumisajan (RTO)
  - Lisää edelleen kuormaa!
    - Vrt. tulen sammuttaminen bensalla…
- Reitittimet tekevät enenevästi turhaa työtä
  - Esim. paketin pudottaa loppusuoralla oleva reititin

Miten ratkaista ongelma?

- **Lähettäjän on hidastettava vauhtia**
- Verkkoavusteinen ruuhkanvalvonta (network assisted congestion control)
  - Reitittimet antavat tietoa ruuhkasta
  - Lisäbitit kertomassa ruuhkasta tai kenttä, joka ilmoittaa yhteydelle sallitun lähetysnopeuden (explicit rate)
- **Päästä-päähän ruuhkanvalvonta** (end-to-end congestion control)
  - Reitittimet eivät kerro ruuhkaantumisestaan isäntäkoneille
  - Isäntäkoneet huomaavat itse ruuhkan lisääntyneestä pakettien katoamisesta ja uudelleenlähetyksistä
  - TCP käyttää tätä
- Tällä kurssilla käsitellään vain **TCP:n ruuhkanhallintaa**
  - **Lähinnä TCP Reno -algoritmi**
  - Ruuhkanhallintaan kehitetty runsaasti erilaisia algoritmeja

Ruuhkaikkuna (congestion window)

- Internetin hetkellinen kuormitus vaihtelee
- Ruuhkaikkuna
  - Paljonko lähettäjä saa tietyllä hetkellä kuormittaa verkkoa
  - Paljonko lähettäjällä saa olla kuittaamattomia segmenttejä
- Lähettäjän pääteltävä itse sopiva ikkunankoko
  - Jos uudelleenlähetysajastin laukeaa, on ruuhkaa
  - Jos kuittaukset tulevat tasaisesti, ei ole ruuhkaa
- Dynaaminen ruuhkaikkunan koko
  - Kasvata ikkunaa ensin nopeasti, kunnes törmätään ruuhkaan
  - Pienennä sitten ikkunaa reilusti ja kasvata varovasti
- Lähetysikkunan raja voi tulla vastaan ensin
  - Kuittamatta saa olla min(lähetysikkuna, ruuhkaikkuna)

TCP Reno: Hidas aloitus (slow start) ja ruuhkanvälttely (congestion avoidance)

- **Aluksi ruuhkaikkuna = yksi segmentti**
  - Alussa hidas siirtonopeus= MSS/RTT
- **Kukin kuittaus kasvattaa ruuhka-ikkunan kokoa yhdellä**
  - Eksponentiaalinen kasvu
  - Ikkuna koko kaksinkertaistuu yhden RTT:n aikana
- **Kun ruuhkaikkunan kynnysarvo saavutettu, kasvata ikkunaa vain yksi segmentti/RTT**
  - Lineaarinen kasvu (Additive increase)
  - Ruuhkan välttely (congestion avoidance)
- **Jos uudelleenlähetys, ruuhkaikkunan kooksi 1 segmentti**
  - Multiplicative decrease
- Siirtonopeus = CognWin / RTT tavua/sek

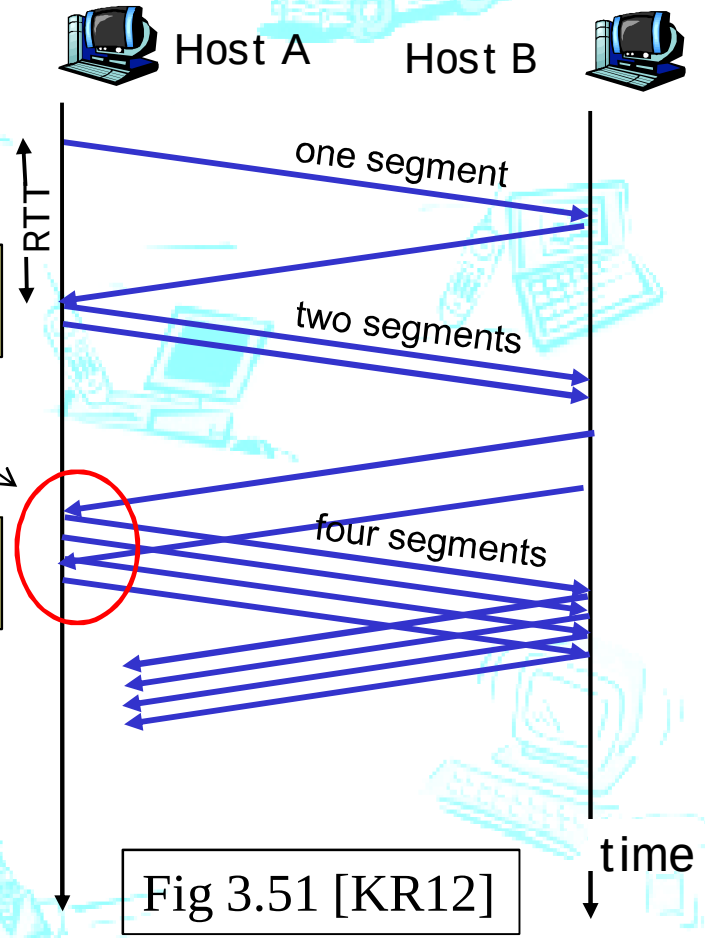


Fig 3.51 [KR12]

RTT- round-trip time, kiertoviive

Kynnysarvo (threshold)

- **= ~ varoitus**: tästä lähtien syytä varoa ruuhkaa
  - Aluksi threshold = 64 KB
- Ajastimen laukeamisen (timeout) jälkeen
  - Threshold = CognWin / 2
  - Myös Renon toipuessa kolmen tuplakuittauksen jälkeen
- Kynnysarvoon saakka ikkunan kasvatus eksponentiaalista
  - **Yhtä kuitattua segmenttiä kohden saa lähettää kaksi uutta**
  - Eli kaksinkertaistuu yhden RTT:n aikana
- Sen jälkeen ikkuna kasvaa lineaarisesti
  - Kasvaa yhdellä yhden RTT:n aikana

ruuhkanvälttely

- **Miksi näin?**

TCP Reno: Toipuminen paketin katoamisesta (eri tapoja havaita ja toipua)

- **Saatu 3 ACK-kaksoiskuittausta** (double ACK) (4 samaa kuittausta!)
  - Verkko pystyy välittämään dataa!
  - Ei siis (pahaa) ruuhkaa, ehkä paketissa bittivirhe tai paketti kadonnut jostain muusta syystä
- Nopea uudelleenlähetys (fast retransmit)
- Nopea toipuminen (fast recovery)
  - Puolita ruuhkaikkunan arvo ja kasvata sitten lineaarisesti

kynnysarvo?

- **Aikakatkaisu, timeout (= uusi hidas aloitus)**
  - Verkko pahasti ruuhkautunut!
  - Pudota ikkunankoko arvoon 1
  - Kasvata eksponentiaalisesti kynnysarvoon asti
  - Kasvata sitten lineaarisesti

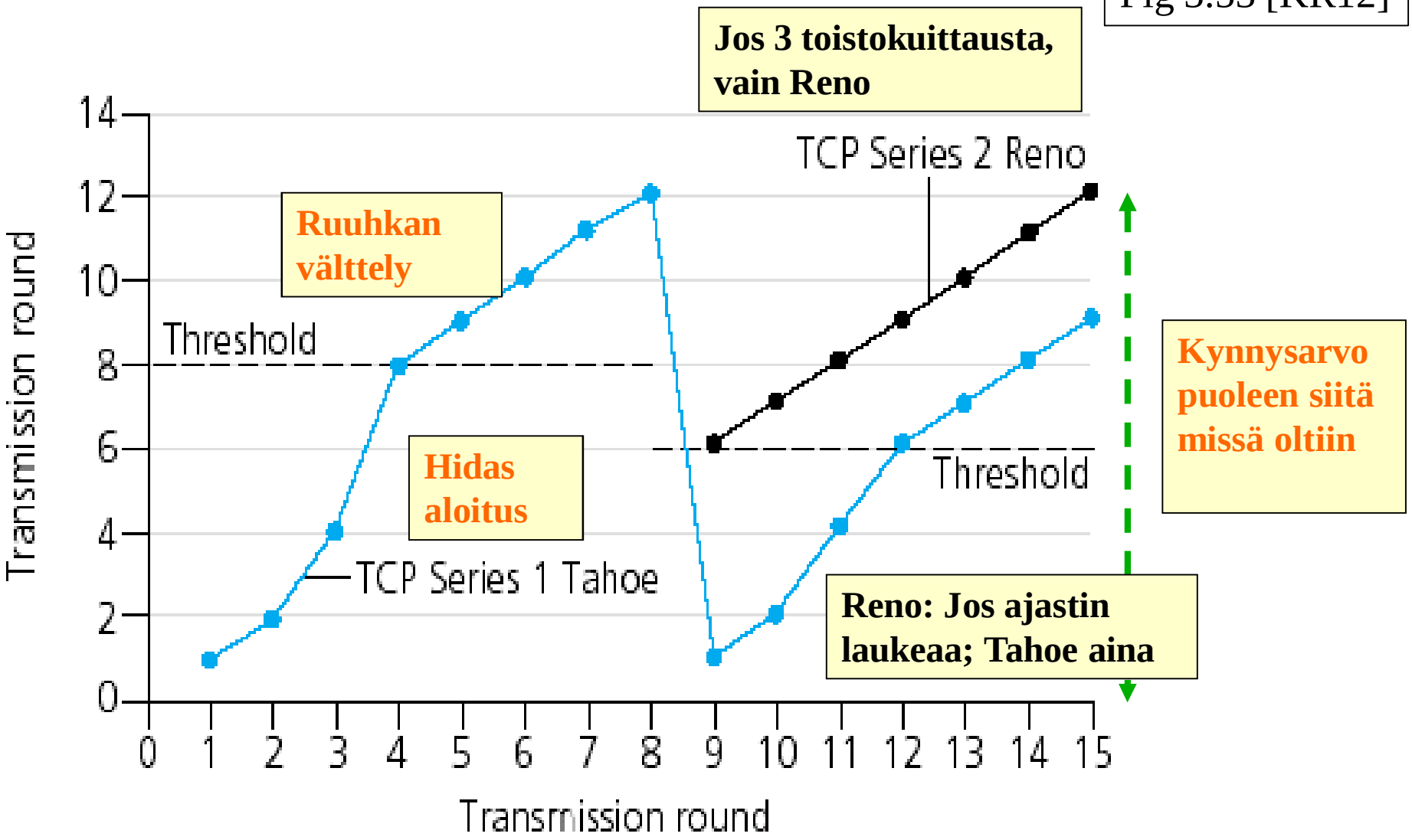
Vanha TCP Tahoe osasi vain aikakatkaisun.

Hidas aloitus

ruuhkanvälttely

TCP Reno: Ruuhkaikkunan koko

Fig 3.53 [KR12]



Ajastimen arvo?

- Aseta ajastin aina, kun segmentti on lähetetty
- Liian lyhyt aika
  - Ennenaikainen timeout, turha uudelleenlähetys
  - Turhat ruuhkatoiminnot
- Liian pitkä aika
  - Turhan hidas reagointi segmentin katoamiseen
  - Ei huomata ruuhkaa ajoissa
- Alkujaan: *Timeoutinterval = 2*RTT* (oletusarvo 1 s)
- Kuittausaika vaihtelee suuresti ja nopeasti => käytössä dynaaminen, estimoitu arvo
  - Saadaan jatkuvien mittausten perusteella
- Jos ajastin laukeaa, kaksinkertaista aikaraja
  - Exponential backoff

Ajastimen estimoitu arvo

- **Timeoutinterval = EstimatedRTT + 4 DevRTT**

- **Arvioi kiertoviive** eli EstimatedRTT
  - Mittaa jokaisen lähetetyn segmentin kiertoviive
    tai noin RTT:n välein normaalien lähetysten aikana.
  - Laske painotettu arvo, tyypillisesti α **= 1/8 = 0.125**

EstimatedRTT = (1-α)∗EstimatedRTT + α ∗SampleRTT

- **Huomioi poikkeama**

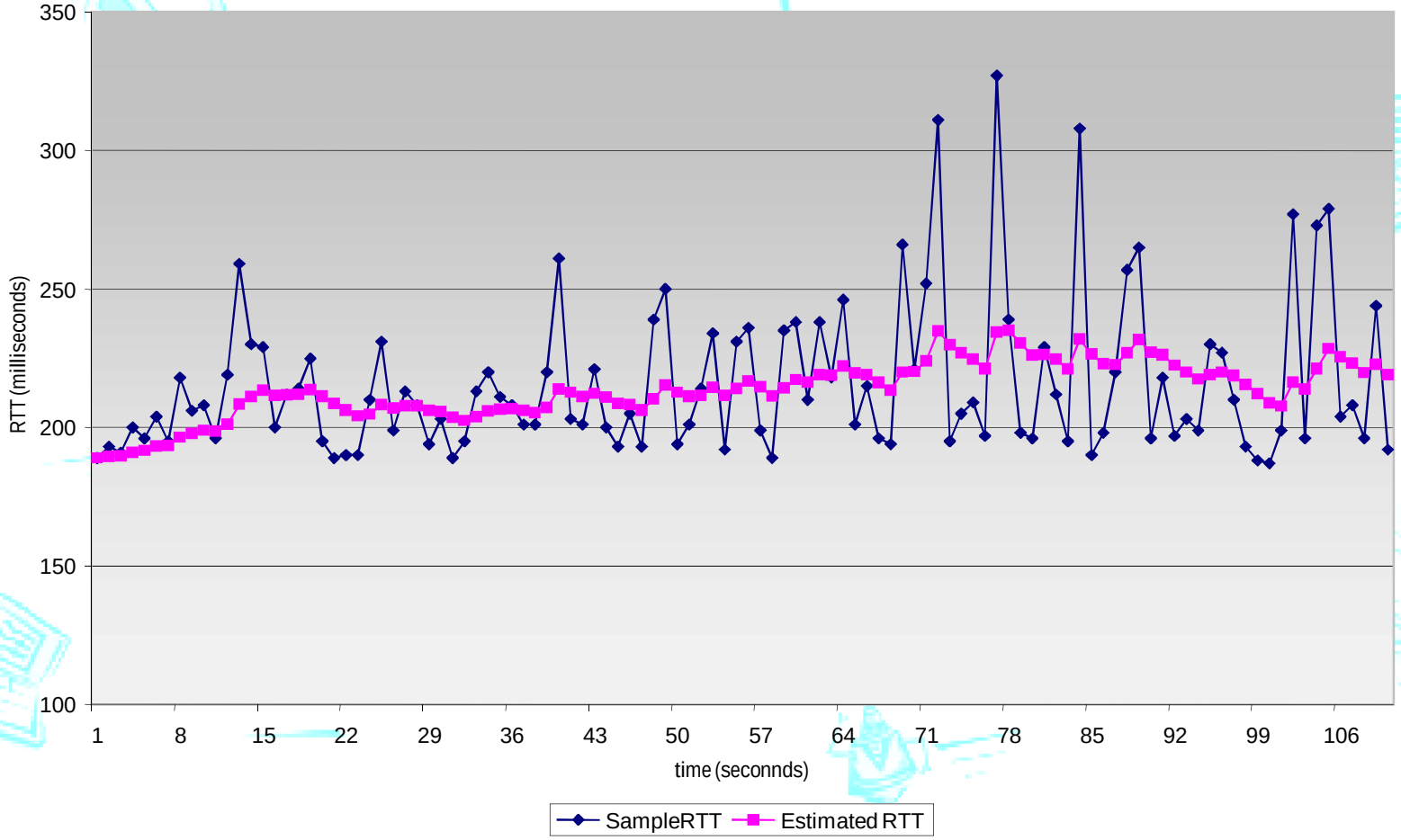
tyypillisesti β**=0.25**

DevRTT = (1-β)* DevRTT + β*|SampleRTT-EstimatedRTT|

Esimerkki

Fig 3.32 [KR12]

RTT: gaia.cs.umass.edu to fantasia.eurecom.fr



Ajastimen arvo: estimoitu vai kaksinkertainen?

- Aina kun saadaan lähetettäväksi sovellukselta dataa tai saadaan kuittaus jo lähetettyyn segmenttiin, otetaan käyttöön tuorein estimoitu ajastimen arvo.

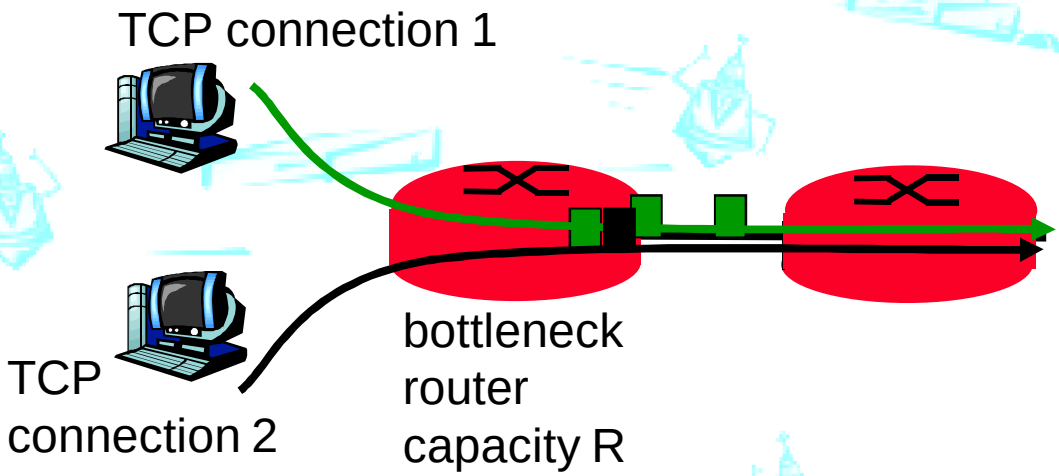
- Ajastimen laukeaminen =>
  - Kun segmentti lähetetään uudelleen, kaksinkertaistetaan ajastimen arvo.
  - Jos sama segmentti joudutaan lähettämään uudestaan, niin ajastimen arvo kaksinkertaistetaan joka kerta.

Ajastinajan kaksinkertaistaminen

- **Esimerkki: Lähetetään segmentti 100 ja ajastimen arvo 2.5 sekuntia.**
- Ajastin laukeaa ja lähetetään segmentti 100 uudestaan ja nyt ajastimen arvo on 5 sekuntia.
- Kun kuittausta ei tule 5 sekunnin sisällä, niin ajastin taas laukea ja segmentti 100 lähetetään vielä kerran. Nyt ajastimen arvoksi asetetaan 10 sekuntia.
- Tähän saadaan kuittaus ajoissa ja siirrytään lähettämään segmenttiä 1100. Ajastimen arvoksi asetetaan tuorein estimoitu arvo 3.2 sekuntia.

Onko TCP reilu? (Fairness)

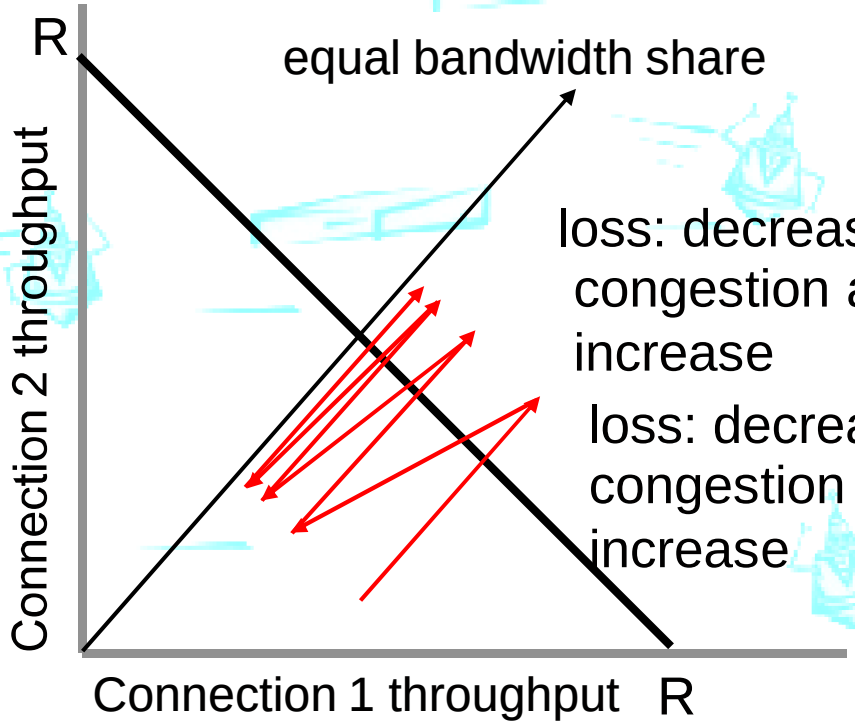
tavoite: jos K TCP-yhteyttä jakaa saman pullonkaula-linkin, jonka kapasiteetti on R, jokaisen tulisi saavuttaa keskimäärin R/K suoritusteho



Onko TCP reilu?

Kaksi kilpailevaa yhteyttä:

- Lineaarinen kasvu -> kulmakerroin 1 kun suoritusteho kasvaa
- Suhteellinen vähennys -> suoritusteho pienenee suhteessa sen hetkiseen
  - Nopeammat yhteydet peräätyvät enemmän

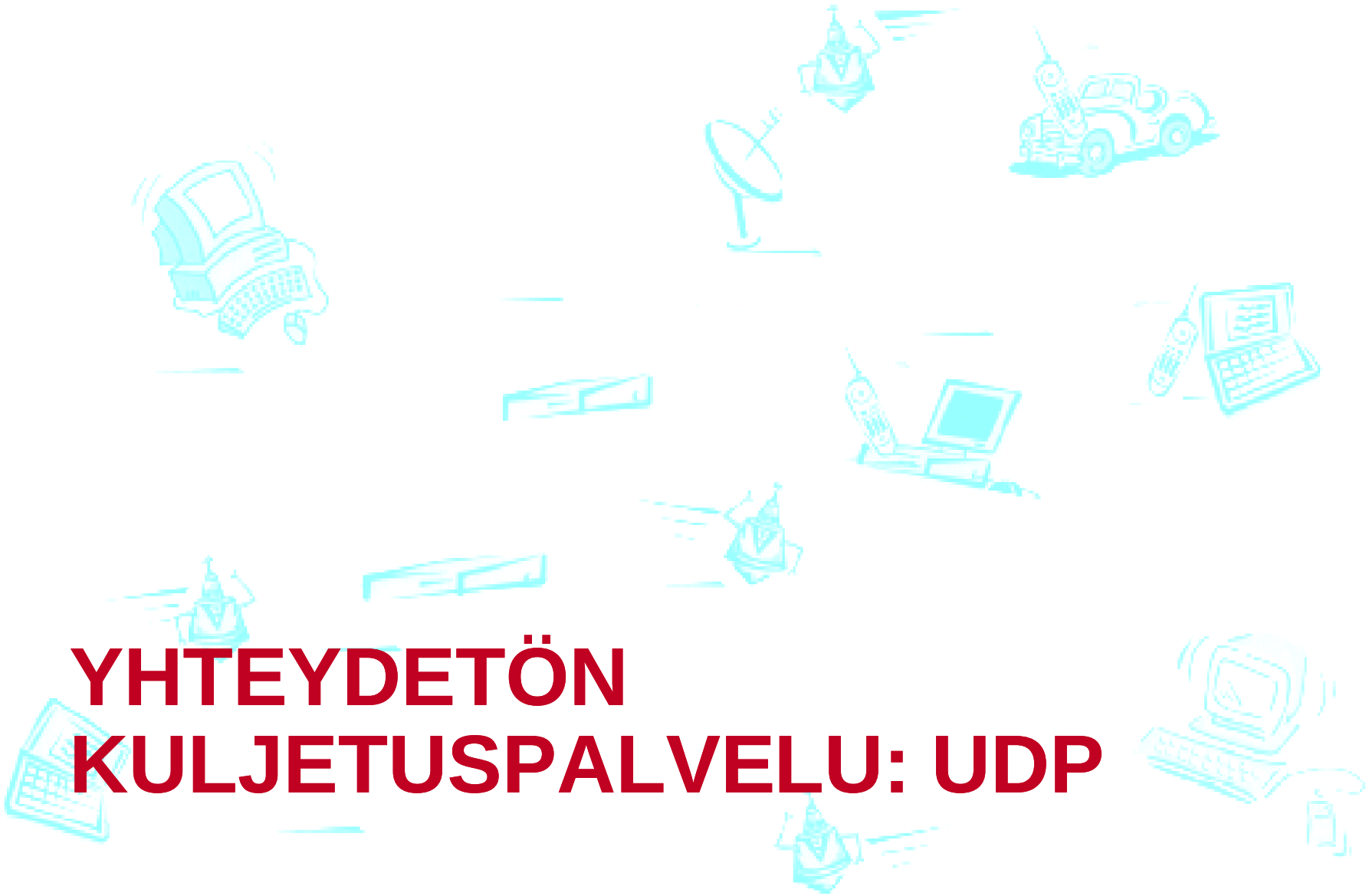


loss: decrease window by factor of 2
congestion avoidance: additive increase

loss: decrease window by factor of 2
congestion avoidance: additive increase

Onko TCP reilu?
Kohdellaanko TCP-yhteyksiä reilusti?

- Jokainen reitittimessä kulkeva yhteys kärsii ruuhkasta
- Vain TCP-yhteydet kiltisti vähentävät lähetystään
  - AIMD: additive increase, multiplicative decrease
- Sovellus voi avata monta rinnakkaista yhteyttä
  - Onko tämä reilua muita kohtaan?
- UDP?
  - Ei ruuhkanhallintaa, ei välitä ruuhkasta eikä vähennä lähetystä
  - Multimediasovellukset käyttävät UDP:tä, työntävät dataa vakionopeudella ja sietävät katoamisia
- TCP-ystävällinen reititin?



YHTEYDETÖN KULJETUSPALVELU: UDP

Miksi UDP?

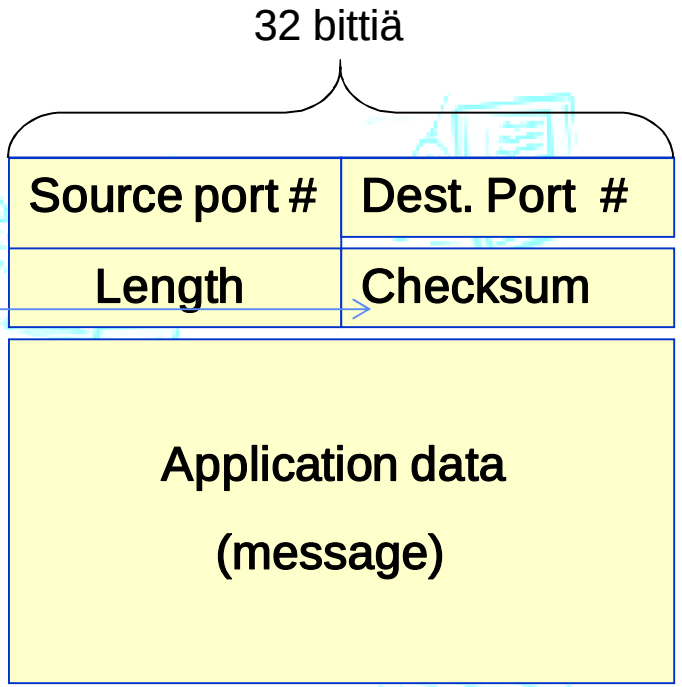
- Pieni yleisrasite, koska pieni otsake
- Ei tilatietojen tallettamista eikä lähetys- ja vastaanottopuskureita
- Sovellus sietää virheitä
- Reaaliaikavaatimuksia: data lähtee heti verkkoon, koska ei yhteydenmuodostusta eikä vuon- tai ruuhkanvalvontaa

- Tarvittava luotettavuus on räätälöitävissä sovellukseen
  - Sovellusprotokolla: oma sanomanumerointi, oma uudelleenlähetys

UDP-segmentin rakenne

- Porttinumerot
  - Prosessien välinen palvelu
- Pituus
  - Segmentin kokonaispituus
  - otsake (8 B) mukaanluettuna
- Tarkistussumma (optionaalinen)
  - Bittivirheen havaitsemiseen
  - UDP ei yritä toipua, hävittää virheellisen segmentin
- Data
  - Pitkä sanoma pilkottuna useaksi segmentiksi
- IP-osoitteet vasta verkkokerroksen otsakkeessa
  - Näitä tarvitaan reitityksessä

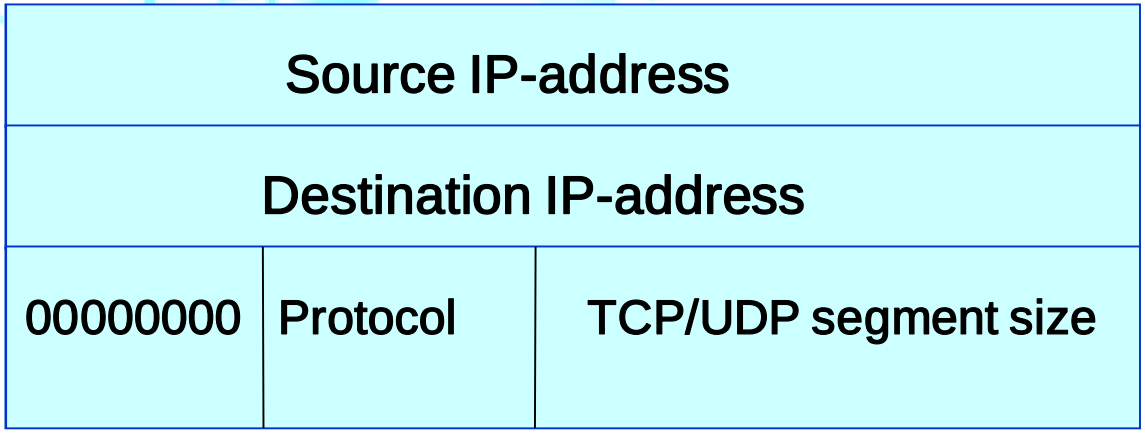
Fig 3.7 [KR12]



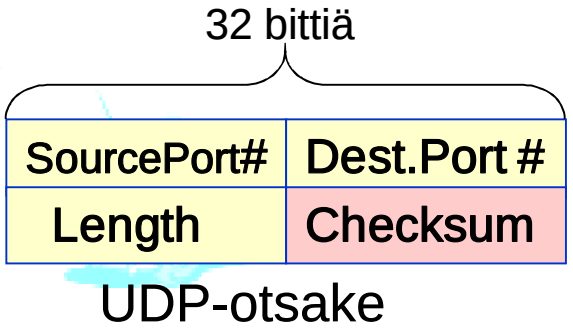
UDP-segmentti

Kuljetuskerroksen pseudo-otsake

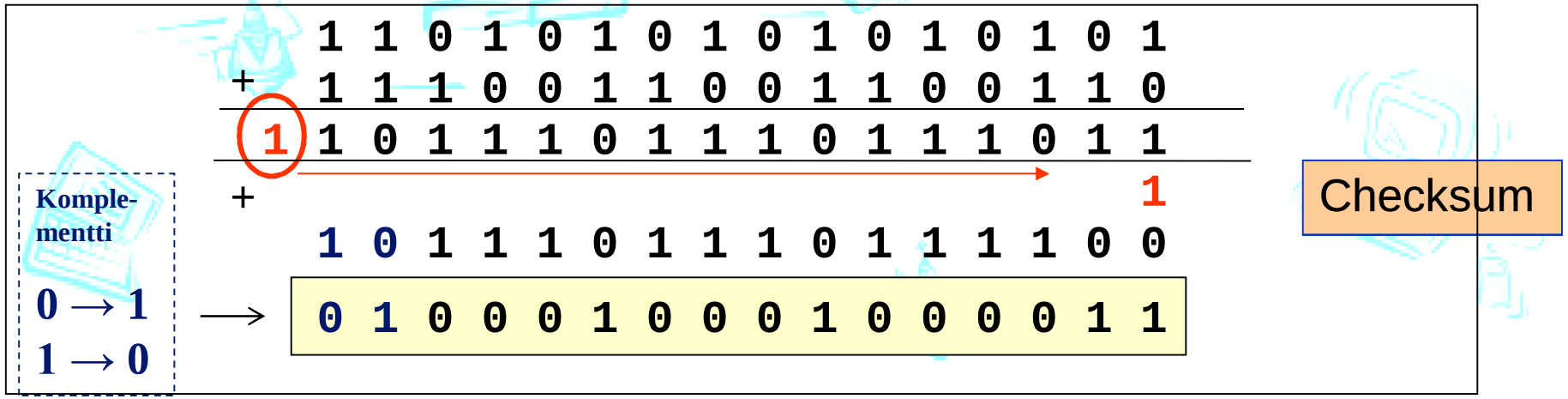
- Käyttö vain isäntäkoneessa sisäisesti. Ei lähetetä verkkoon.
  - UDP (ja TCP) laskee tarkistussumman otsakkeelle, datalle ja ns. pseudo-otsakkeelle, joka sisältää IP-otsakkeen tietoja
  - Varmistus, että segmentti on tullut oikeaan koneeseen ja oikeaan porttiin



UDP-tarkistussumma



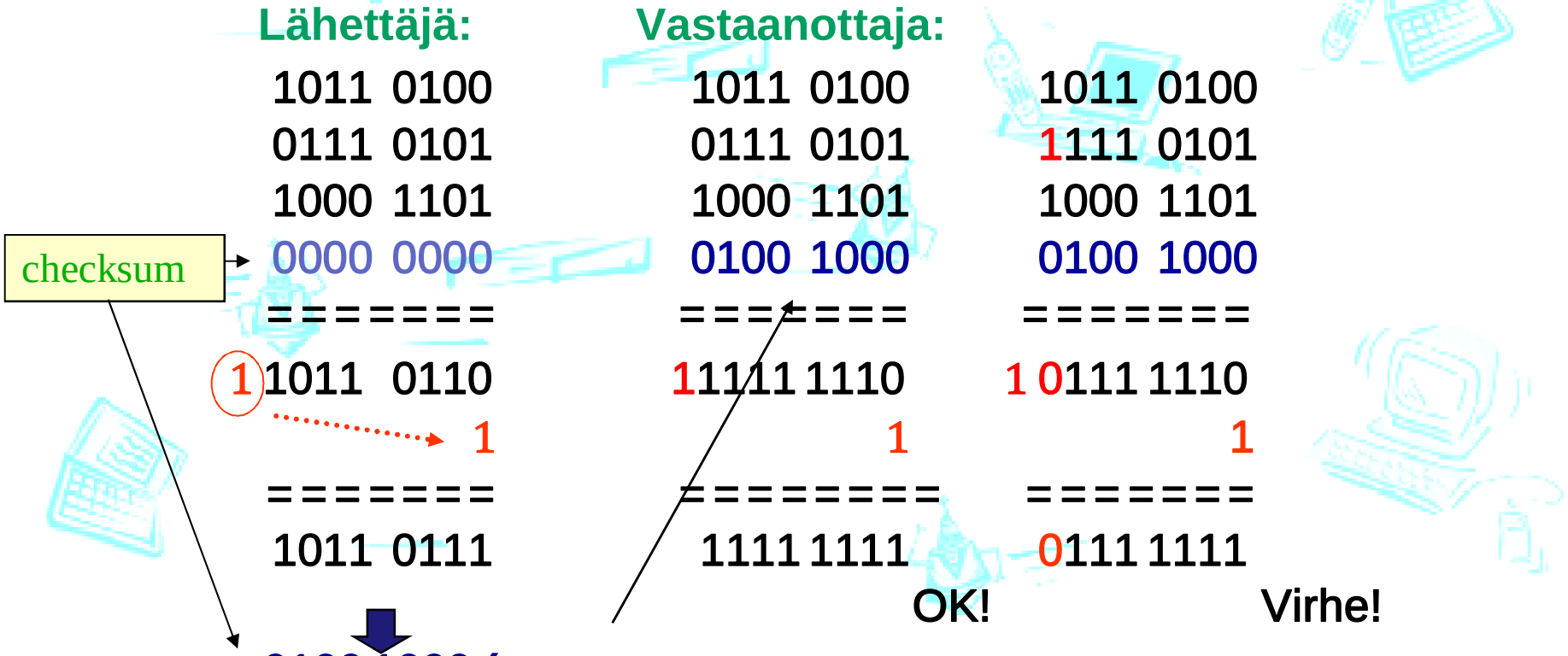
- Lähetys
  - Summaa 16 bitin kokonaisuudet (otsake + pseudo-otsake mukana), ylivuotobitit lasketaan mukaan, talleta yhden komplementtina
- Vastaanotto
  - Summaa 16 b kokonaisuudet (myös tarkistussumma).
  - Jos tuloksena on 16 ykköstä, niin OK!



Esimerkki

0+0 = 0 no carry
1+0 = 1 no carry
0+1 = 1 no carry
1+1 = 0 with carry

- Lasketaan tarkistussumma kolmen tavun mittaiselle sanomalle (tässä vain 8 bitin mittaisena):



Miksi UDP-tarkistussumma

- Kaikki linkkikerrokset eivät suorita tarkistuksia!
  - Ethernet huolehtii kyllä
  - Huom. IP checksum vain otsakkeelle (ei datalle!)
- UDP-tarkistussumma ei ole kovin tehokas havaitsemaan virheitä!
- UDP ei yritä toipua virheistä!
  - Jotkut toteutukset voivat tuhota virheellisen segmentin
  - Jotkut antavat sen sovellukselle varoituksen kera
- Lisärasite?
  - IPv4: Ei tarvitse käyttää, jos ei halua. Tällöin lähettäjä laittaa tarkistussummaksi pelkkiä nollia.
  - IPv6: Pakollinen.

Laskutehtävä: Lähetä 10 tavun viesti UDP:llä

- **Miten kauan kestää** lähettäminen, jos lähetysnopeus on 56 kbps?
  - 10 tavua + 8 tavua = 18 * 8 b = 144 bittiä
  - 144 b/ 56 000 b/s = 2.57 ms
- Miten suuri **on etenemisviive**, jos etäisyys lähettäjältä vastaanottajalle on 1000 km?
  - 1000 km/200 000 km/s = 5 ms (huom! valonnopeus > 200 000 km/s)
- Miten suuri on UDP-otsakkeen aiheuttama **yleisrasite** (overhead)?
  - 8/18 = 0.44 eli 44 %

Kertauskysymyksiä

- TCP vs. UDP?
- Miten tehdä kuljetuspalvelusta luotettava?
- Keskeisimmät TCP:n otsakkeessa olevat tiedot?
- Mitä tapahtuu TCP:n yhteydenmuodostuksessa?
- Vuonvalvonta?
- Ruuhkanhallinta?

ks. Kurssikirja s. 311-314