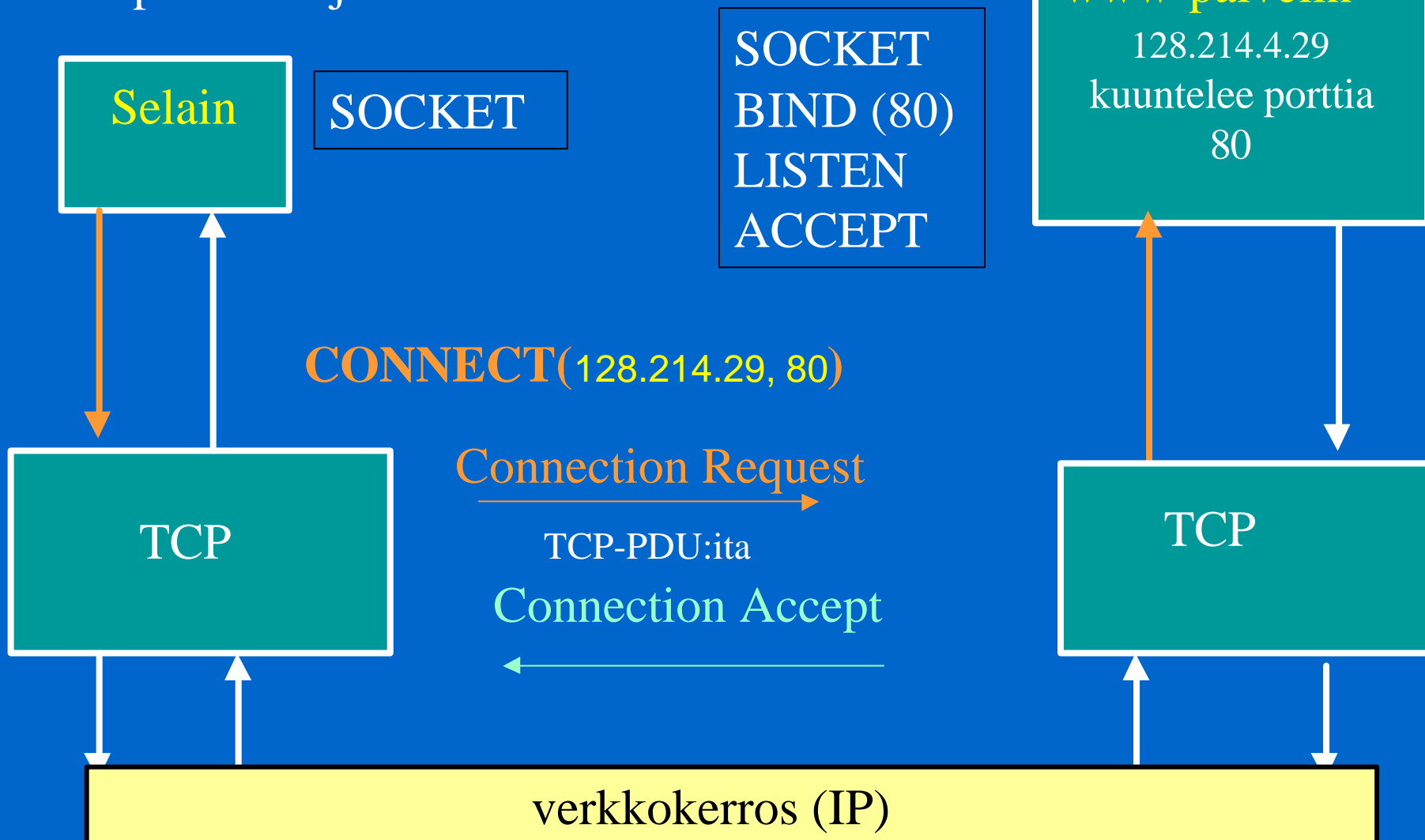


Miten selain muodostaa TCP- tai UDP-yhteyden?

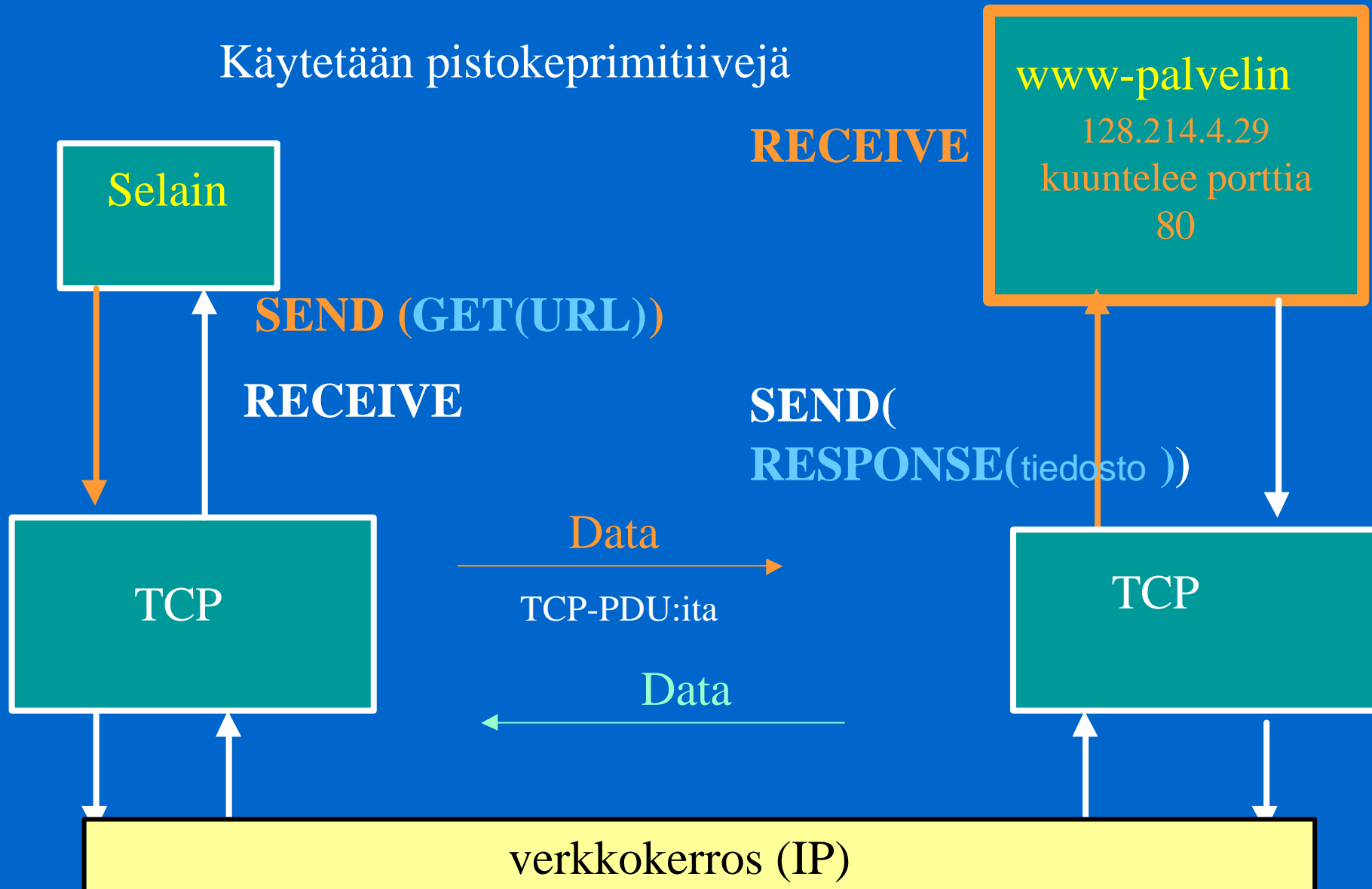
Käytetään pistokeprimitiivejä

TCP-osoite = IP-osoite +
porttinumero (tässä 80)



TCP-yhteyttä käyttäen lähetetään ja vastaanotetaan dataa = HTTP-PDUita

Käytetään pistokeprimitiivejä



SOCKET (osoiteformaatti, palvelutyyppi, protokolla)
palauttaa tiedostokuvaajan = pistokkeen osoitteen

BIND (80)

antaa pistokkeelle osoitteen (tässä portti 80)

LISTEN(jonon pituus)

halukas ottamaan vastaan palvelupyynnöitä

ACCEPT

lukkiutuu odottamaan palvelupyynnöitä

Kun yhteyspyyntö -TPDU tulee, niin kuljetusolio luo uuden pistokkeen, jolla on samanlaiset ominaisuudet, ja palauttaa sen tiedostokuvaajan. Palvelin voi nyt luoda uuden prosessin tätä yhteyttä palvelemaan (= **SEND, RECEIVE, CLOSE**) ja jäädä itse odottamaan seuraavaa yhteydenmuodostuspyynnöitä.

PALVELIMEN TOIMINTA

SOCKET (osoiteformaatti, palvelutyyppi, protokolla)
palauttaa tiedostokuvaajan = pistokkeen osoitteen

CONNECT lukitsee asiakkaan odotustilaan ja aloittaa
yhteyden muodostuksen

Kun yhteys on kunnossa, asiakasprosessi vapautetaan ja
TCP-yhteys on valmis.

Asiakkaan toimenpiteet

Kumpikin puoli voi lähettää (**SEND**) ja vastaanottaa
(**RECEIVE**) dataa TCP-yhteyttä käyttäen.

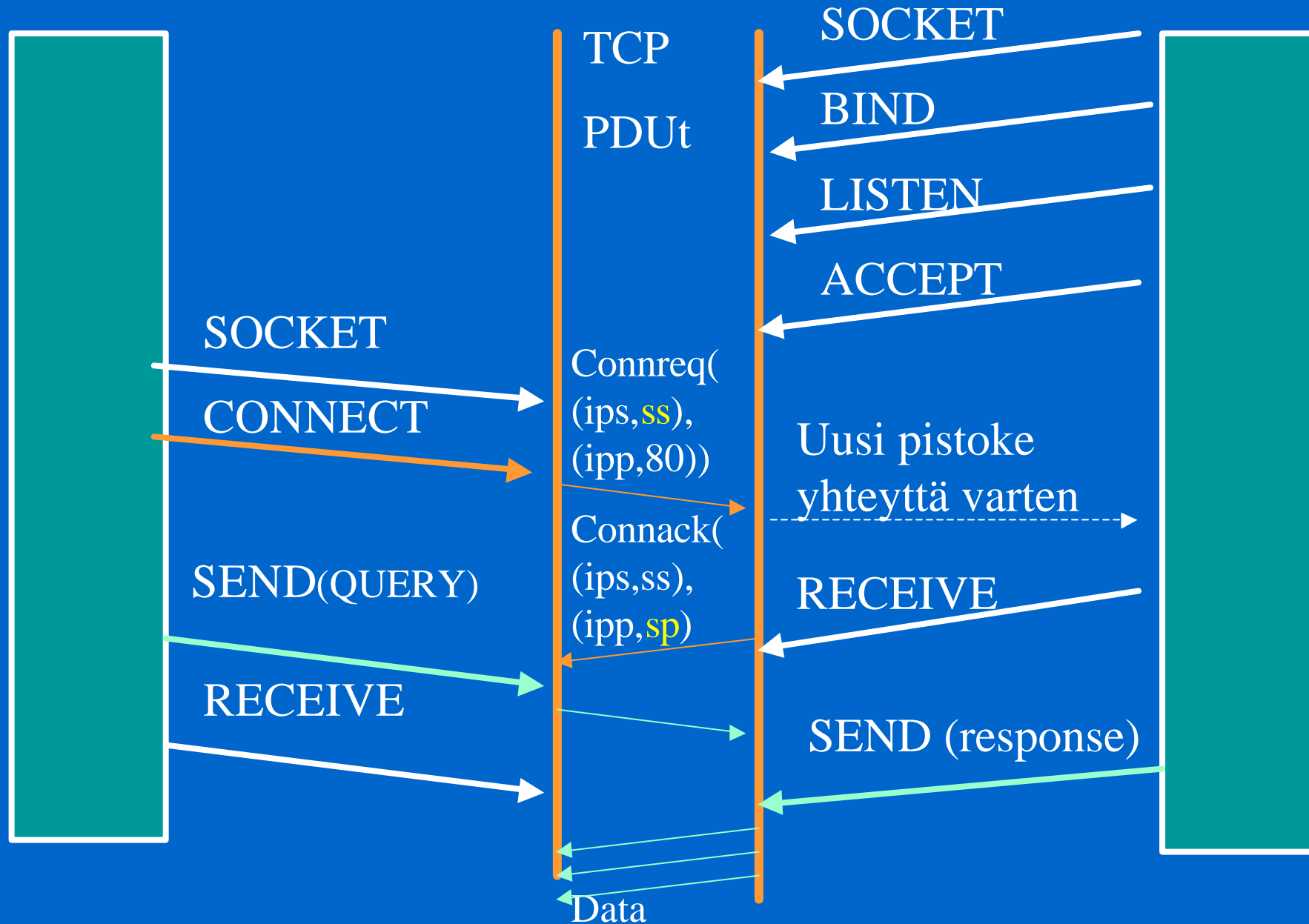
Yhteys suljetaan kun kumpikin puoli on antanut **CLOSE**-
primitiivin.

Molempien toimenpiteet

selain

TCP-kuljetuspalvelu

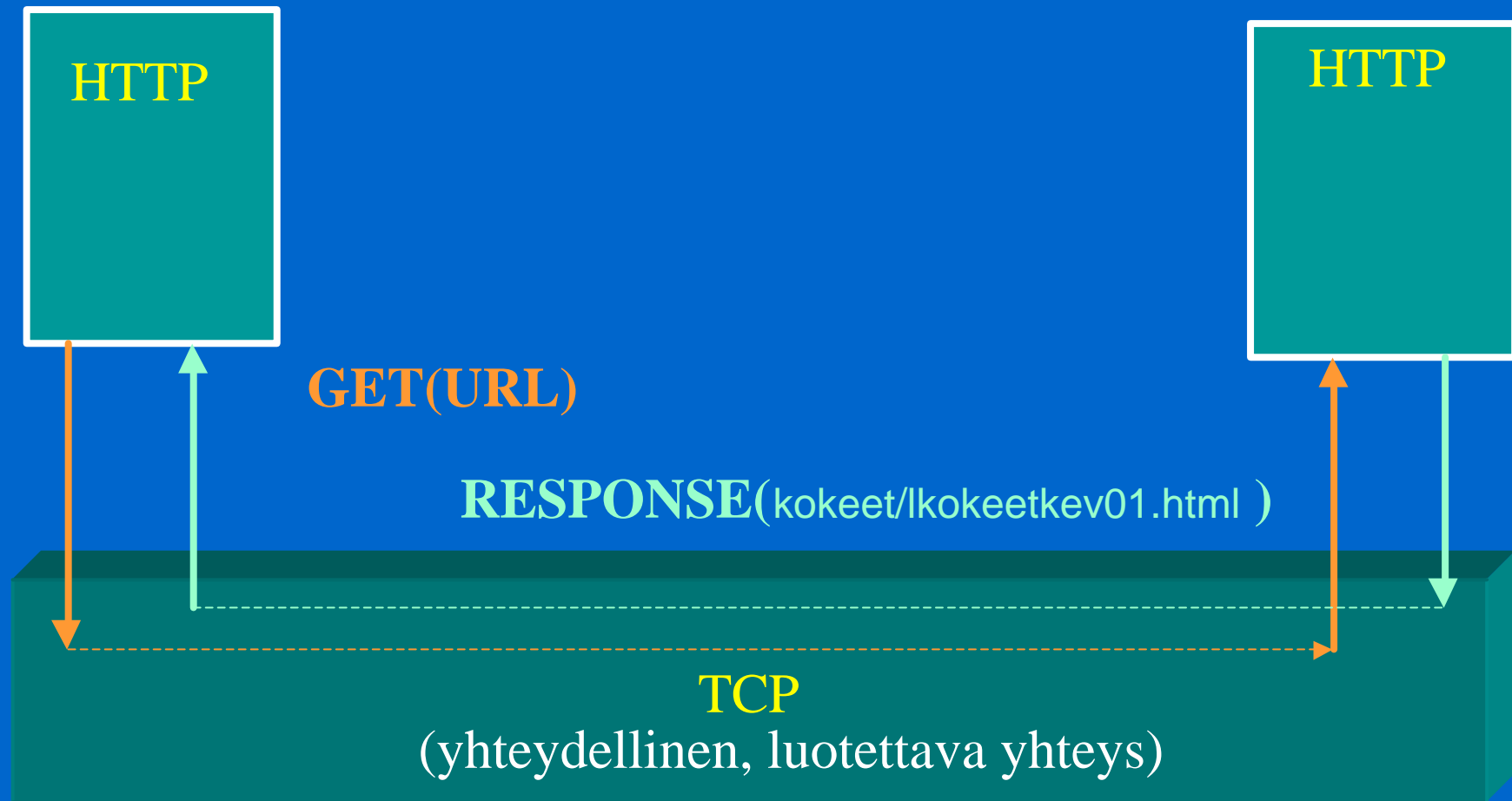
palvelin:
www.cs.Helsinki.FI



selain

Sovelluskerros

palvelin:
www.cs.Helsinki.FI

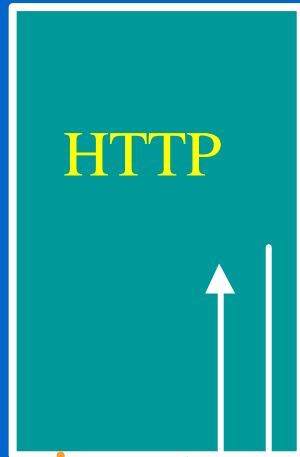


TCP-yhteyttä käyttäen selain lähettää GET-pyynnön ja saa vastaukseksi halutun sivun, jonka se sitten voi näyttää käyttäjälleen.

selain

Kuljetuspalvelun toteuttaminen

palvelinkone



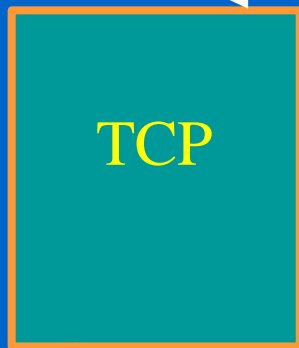
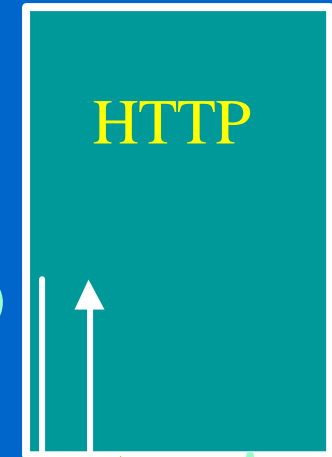
GET(URL)



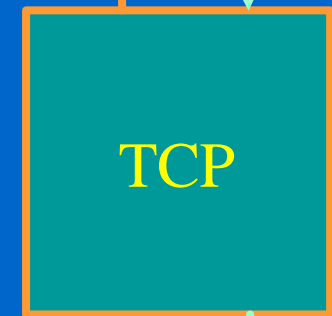
RESPONSE(page)



Luotettava kuljetuspalvelu



TCP-kerroksen täytyy toteuttaa itse luotettava kuljetuspalvelu epäluotettavan IP-kerroksen päälle!



IP-kerroksen palvelut
(eivät ole luotettavat)



-
-
-

IP-kerroksen epäluotettavuus

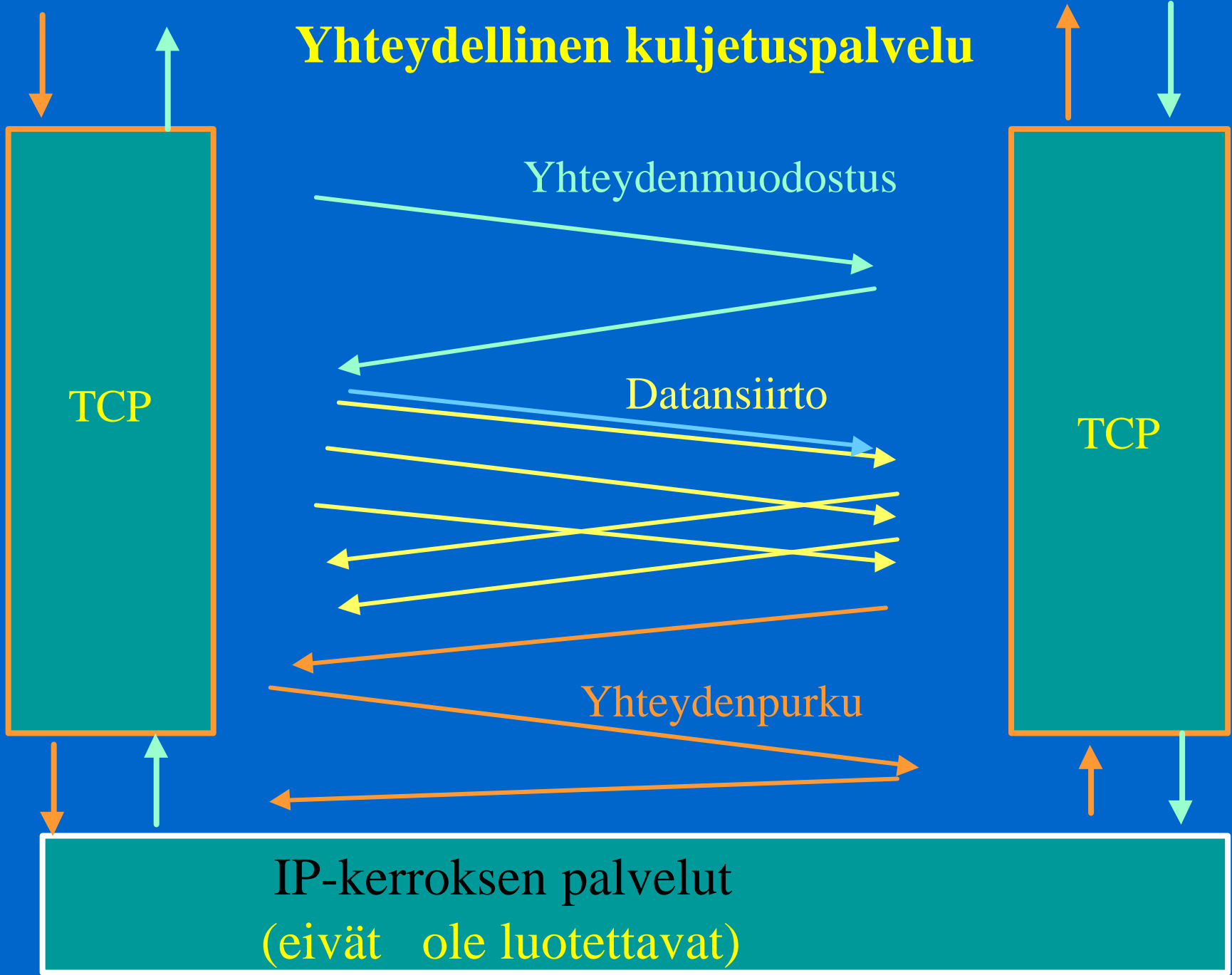
- TPC-PDU eli segmentti voi
 - kadota kokonaan tai vain osa tulee perille
 - virheellinen osoite, reitittimen tai vastaanottajan puskurit täynnä,
 - vääristyä
 - ei datan virhetarkistuksia
 - saapua väärässä järjestyksessä
 - pakettiverkko, jossa eri paketit kulkevat eri kautta
 - viipyä hyvinkin pitkään matkalla
 - vikaantunut reititin

-
-
-

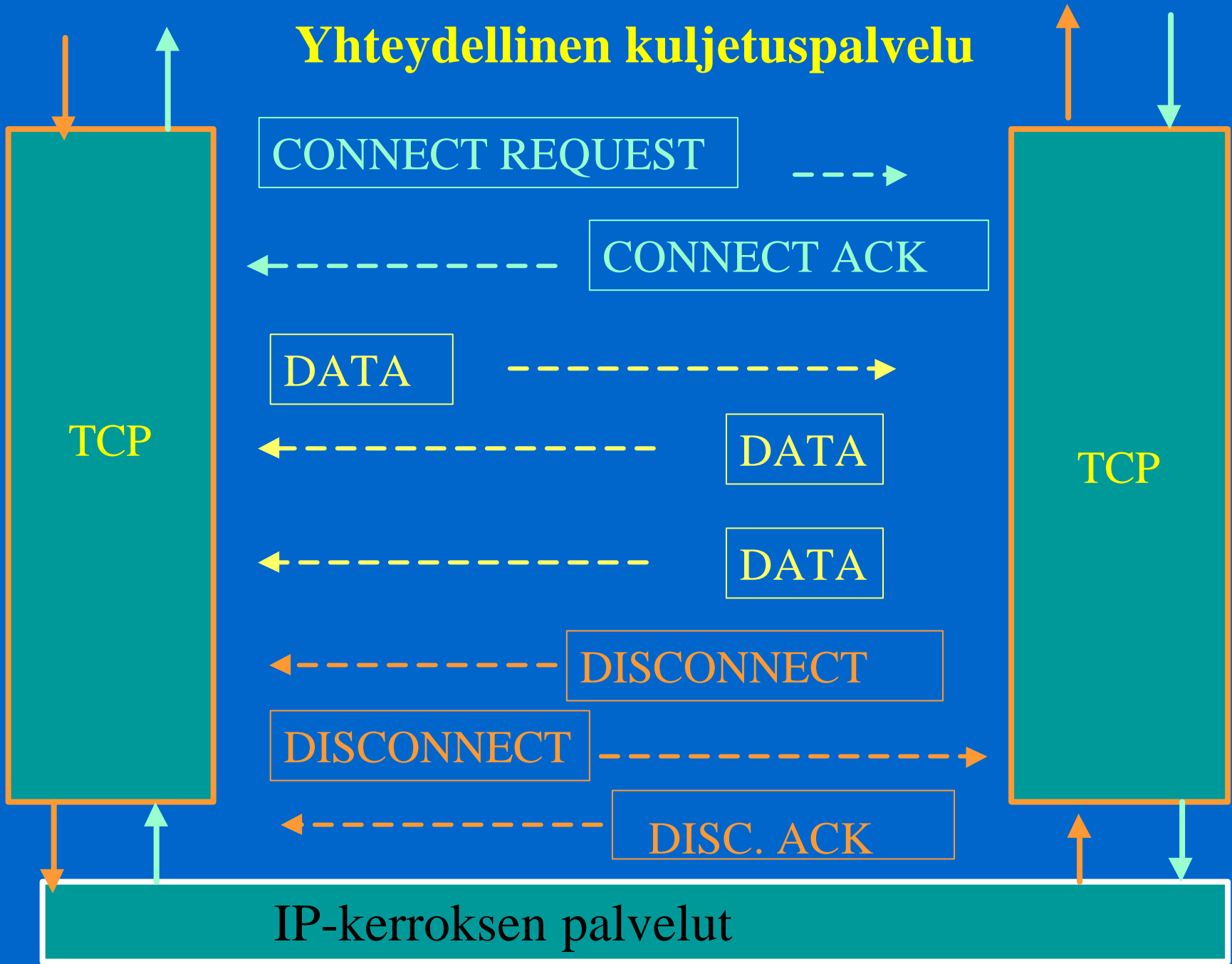
TCP-kerroksen tehtävät

- Huomata virheet ja toipua niistä
 - järjestysnumerot segmenteille (tavunumerointi)
 - tarkistussumma
 - kuittaukset ja uudelleenlähetykset
 - uudelleenlähetysajastin
- Varautua ‘turhien’ virheiden välttämiseen
 - vuonvalvontamekanismi
 - ruuhkanvalvontamekanismi
 - kolminkertainen kättely
 - yhteyden muodostuksessa että yhteyden purussa

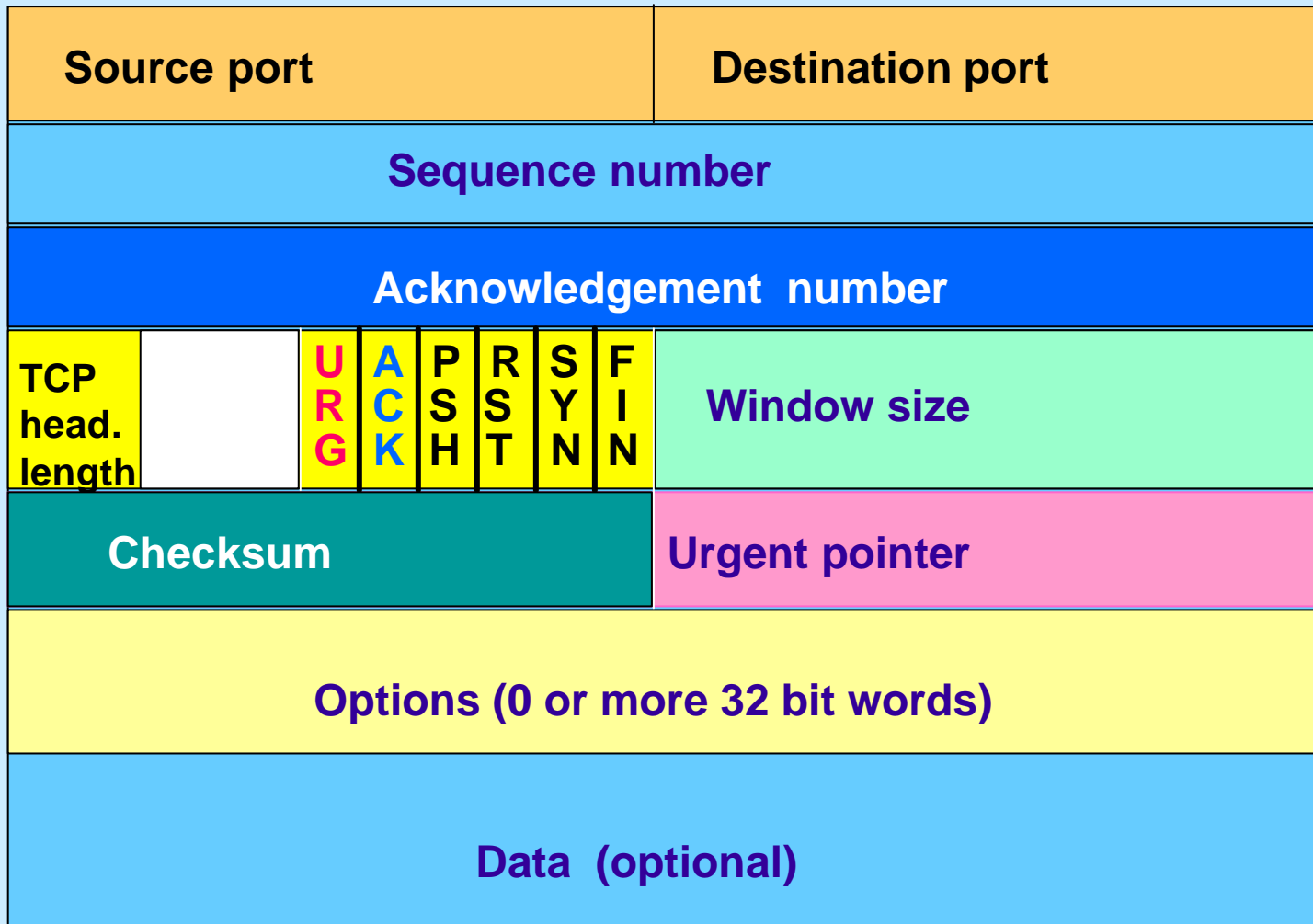
Yhteydellinen kuljetuspalvelu



Yhteydellinen kuljetuspalvelu



TCP-otsakkeen kentät



TCP-SEGMENTTI

TPC-segmentin otsakekentät

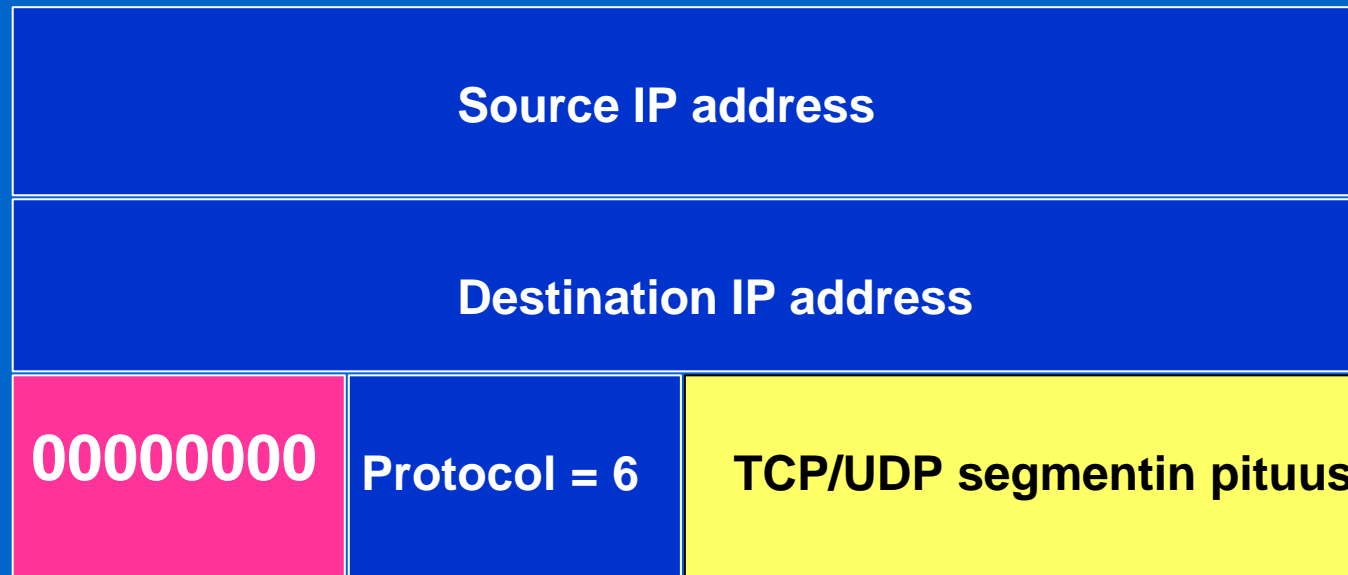
- **Lähde- ja kohdeportit** (Source port, Destination port)
 - yhteyden päätepisteet
 - portti + koneen IP-osoite => 48 bittinen TSAP
- **Järjestysnumero** (Sequence number)
 - tavut numeroidaan => 32 bittiä
 - segmentin ensimmäisen tavun numero
- **Kuittausnumero** (Acknowledgement number)
 - seuraavaksi odotettu tavu
- **TCP-otsakkeen pituus** (TCP header length)
 - mahdollisten optiokenttien takia
- **6 bitin käyttämätön kenttä**

- **6 lippubittiiä**

- **URG** onko pikadataa
pikadatan sijainnin ilmoittaa
pikadatakenttä (Urgent pointer)
- **ACK** onko kuittauskenttä käytössä
- **PSH** onko hetilähetettävää (pushed) dataa
- **RST** yhteyden uudelleenalustuspyyntö (reset), yleensä ongelmatilanne
- **SYN** käytetään yhteyttä muodostettaessa
SYN = 1, ACK = 0 connection request
SYN = 1, ACK = 1 connection accepted
- **FIN** käytetään yhteyden purkuun
FIN = 1 ei enää lähetettävää

- **Ikkunan koko** (window size)
 - vaihteleva ikkunankoko
 - 0 - 64000 tavua
 - kuittaus irroitettu lähetysovatusta (credit-vuonvalvonta)
- **Tarkistussumma** (Checksum)
 - lasketaan otsakkeelle, datalle ja ns. pseudo-otsakkeelle

pseudo-otsake



Auttaa havaitsemaan **väärään osoitteeseen toimitetut paketit.**

Sisältää **IP-otsakkeen** tietoja!

- **Optiokenttä** (options)
 - voidaan lisätä piirteitä, joita ei ole varsinaisessa otsakkeessa
 - **suurin hyväksyttävä datakenttä**
 - oletusarvo = 536 tavua => segmentin koko 556 tavua
 - **ikkunan koon moninkertaistaminen**
(window scale)
 - nopeille ja pitkän viipeen linjoille 64 ktavun ikkunan koko on liian pieni
 - **valikoivan toiston käyttö** ‘go back N’:n tilalla
 - vähentää turhia uudelleenlähetystyksiä
 - **aikaleimaus**

TCP-SEGMENTIT (ei tavunumerointia!)

SYN = 1, ACK = 0, SEQ = X

SYN = 1, ACK = 1, Ackno = x+1, SEQ = y

ACK = 1, Ackno = y+1, SEQ = x+1, data

ACK = 1, Ackno = x+2, SEQ = y+1, data

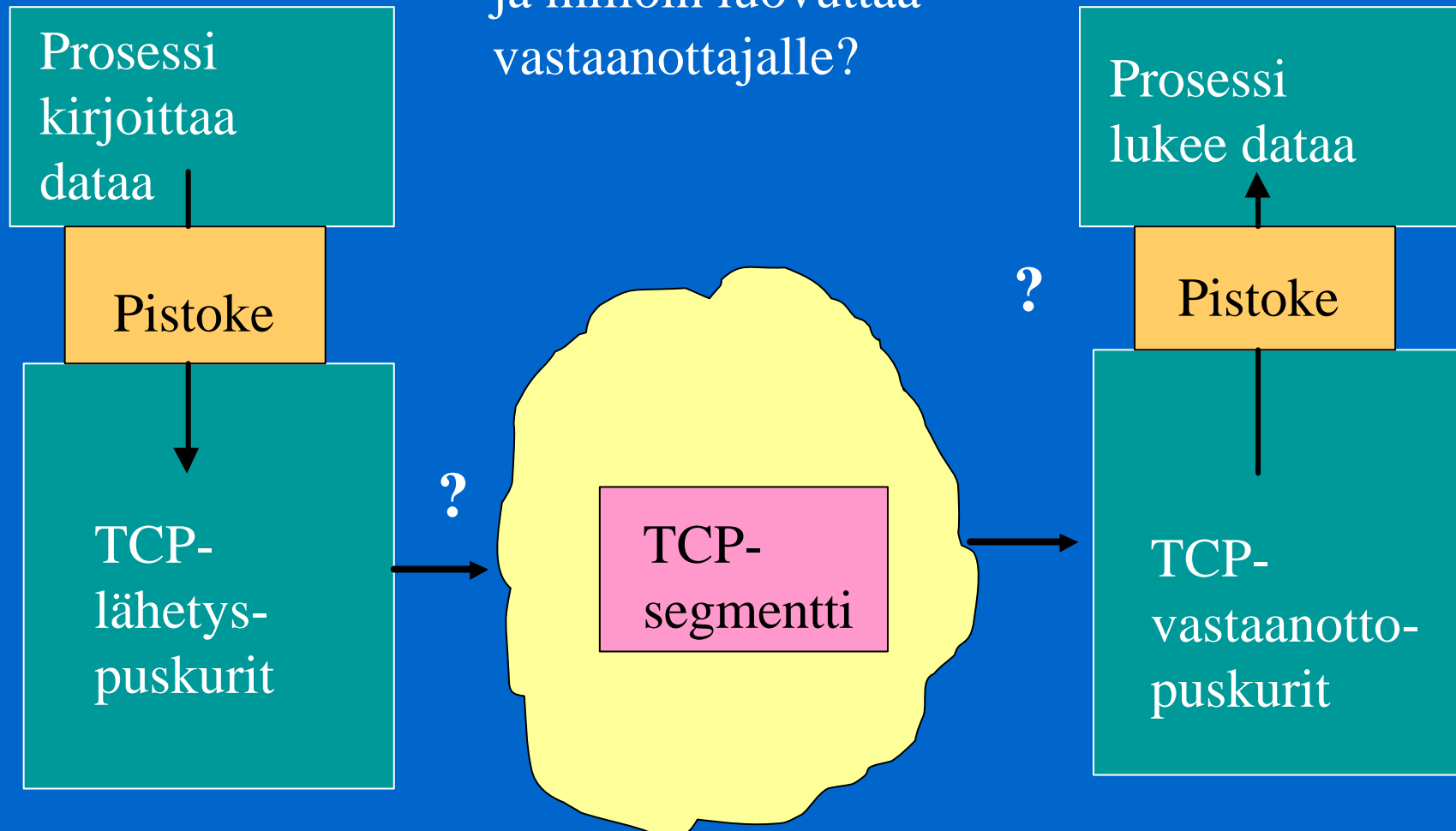
ACK = 1, Ackno = x+2, SEQ = y+2, data

FIN = 1, ACK = 1, Ackno = x+2, SEQ = y+3

FIN = 1, ACK = 1, Ackno = y+4, SEQ = X+2

FIN = 1, ACK = 1, Ackno = x+3, SEQ = y+4

Milloin TCP todella lähettää puskurista ja milloin luovuttaa vastaanottajalle?



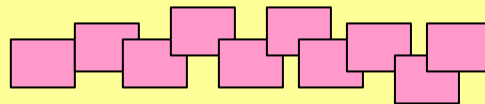
Prosessi kirjoittaa dataa merkki kerrallaan

Pistoke

TCP-lähetyspuskurit

TCP lähettää aina kun saa lähetettävää => TEHOTONTA

Paljon pieniä segmenttejä,



joissa lähes pelkkiä otsakkeita!

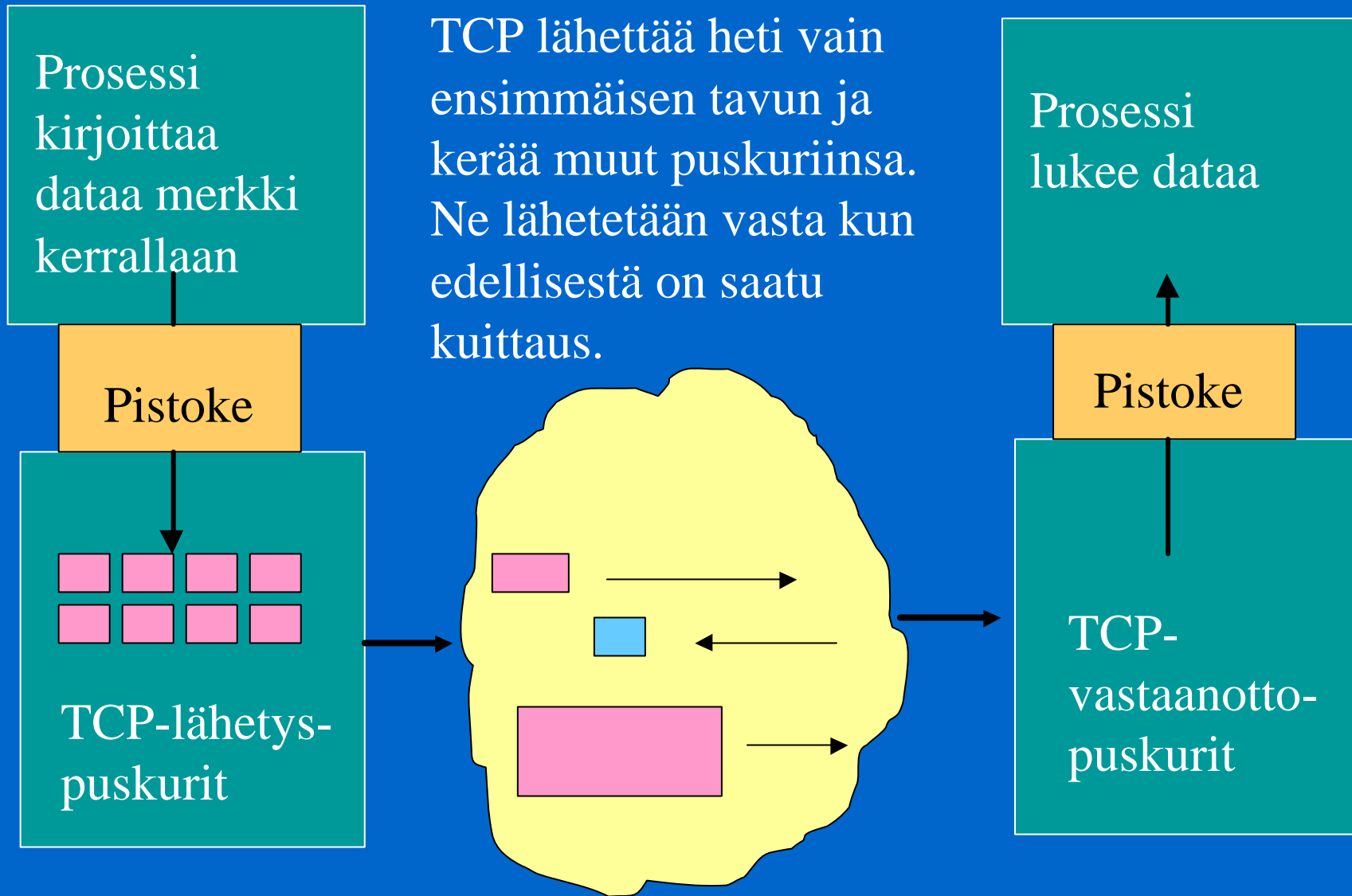
Prosessi lukee dataa

Pistoke

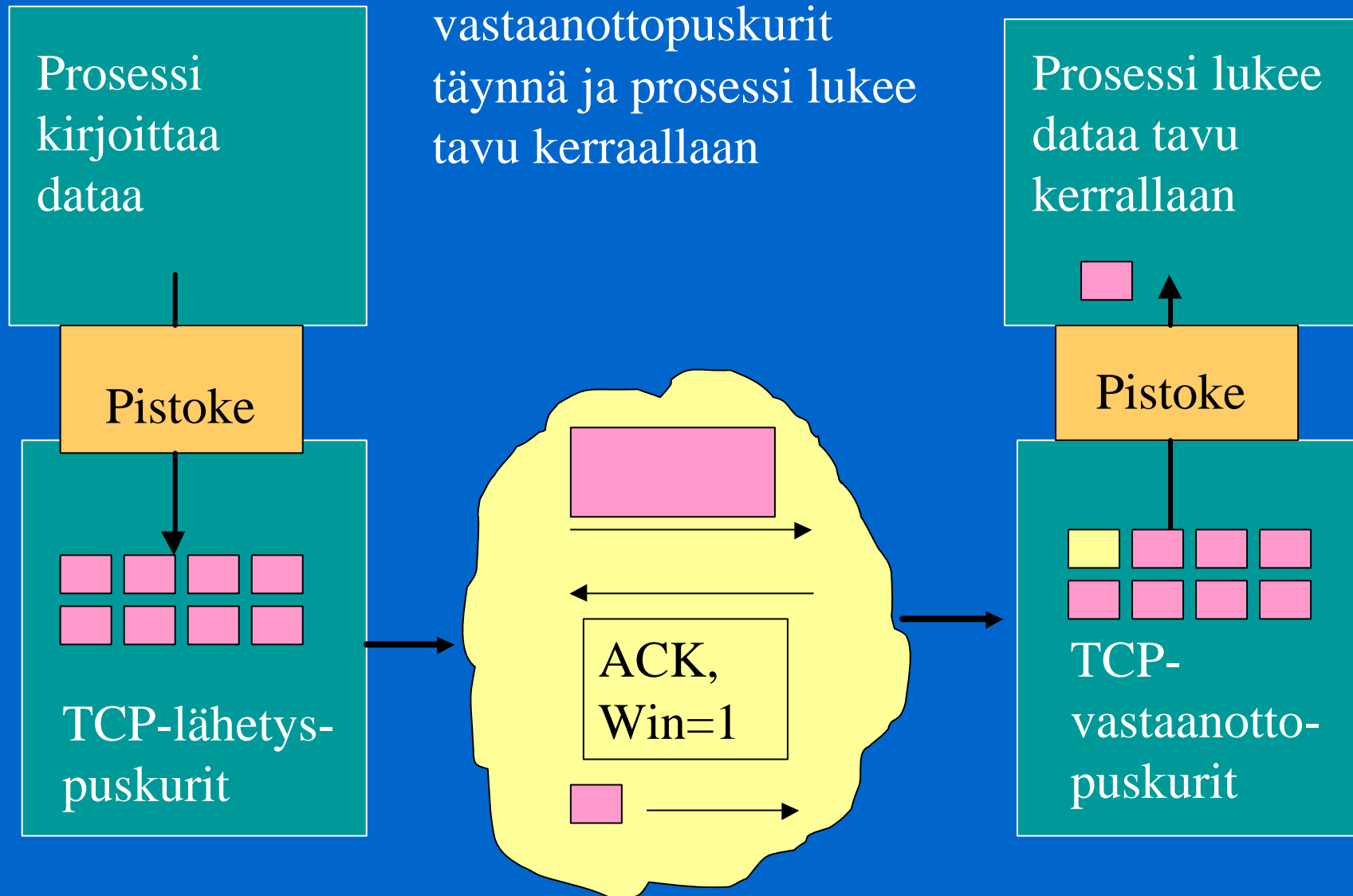
TCP-vastaanotto-puskurit

Naglen algoritmi:

TCP lähettää heti vain ensimmäisen tavun ja kerää muut puskuriinsa. Ne lähetetään vasta kun edellisestä on saatu kuittaus.

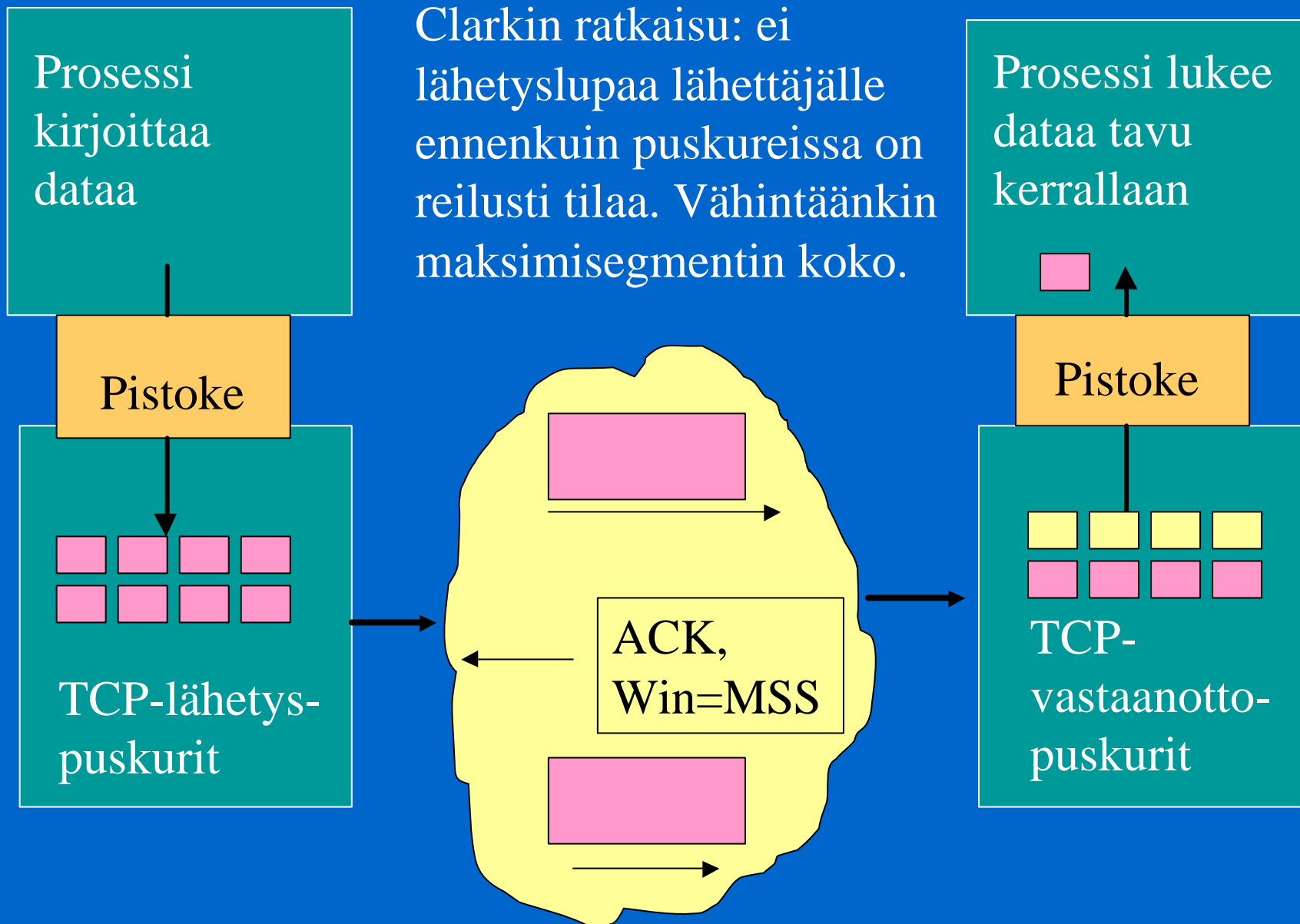


Silly window syndrome:



Silly window syndrome:

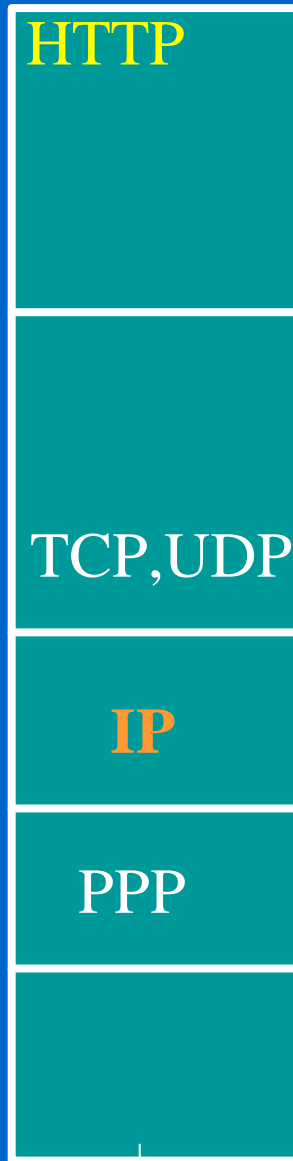
Clarkin ratkaisu: ei lähetyslupaa lähettäjälle ennenkuin puskureissa on reilusti tilaa. Vähintäänkin maksimisegmentin koko.



asiakas

Sovellusprotokolla

palvelin



GET(verkkosivu)



HTTP

RESPONSE(verkkosivu)

Kuljetuskerros

segmenttejä

TCP,UDP

TCP, UDP

IP

IP

IP

PPP

PPP

Ethernet

Linkkik.

Ethernet

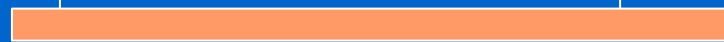
Ethernet

Fyysinen

kerros

Fyysinen

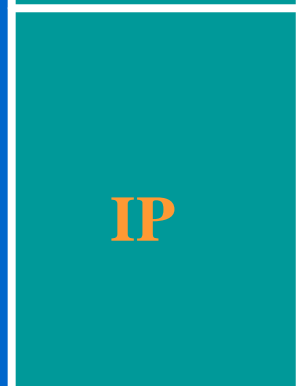
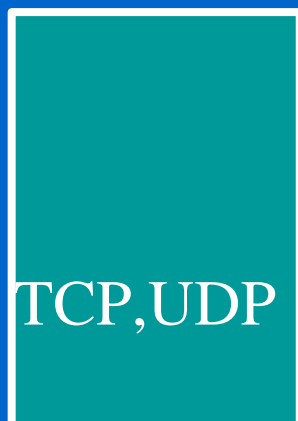
kerros



asiakas

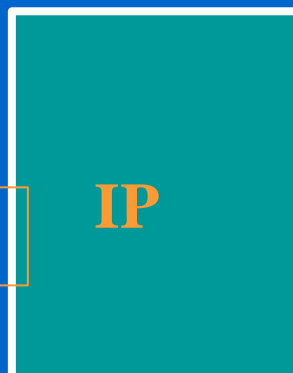
Kuljetuskerros

palvelin



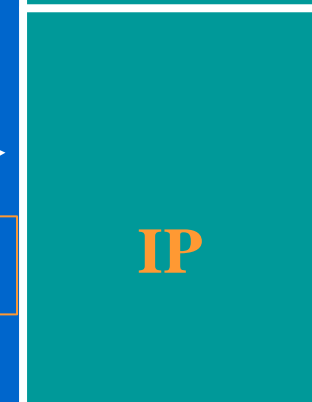
Verkkok.

datagrammi



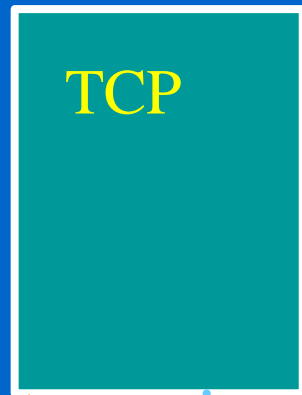
Verkkok.

datagrammi

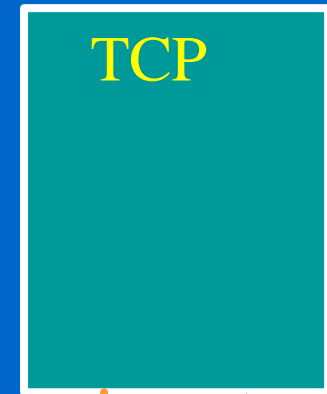


selain

palvelin:
www.cs.Helsinki.FI

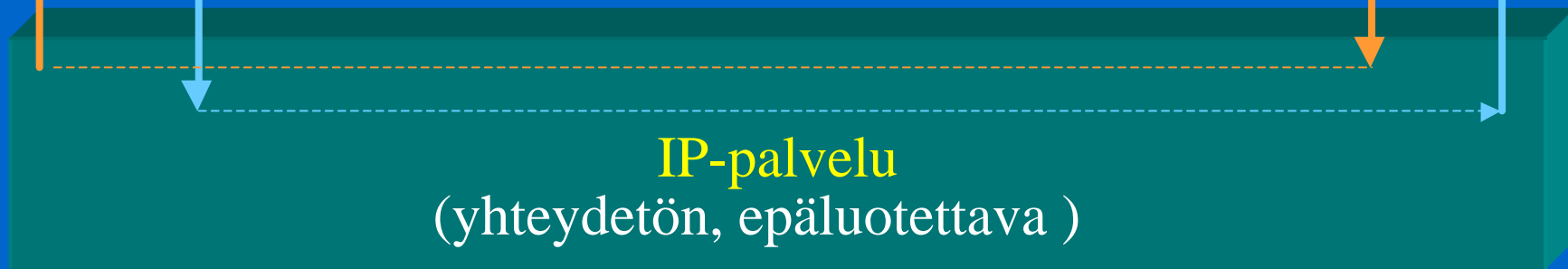


Kuljetuskerros



SEND(segment)

SEND(segment)



TCP- antaa segmentejä IP-kerrokselle
siirrettäväksi vastaanottajan koneeseen.

-
-
-

REITITYS

- osoitteet
- reititysalgoritmit
- reititysprotokollat
- reititin
 - reititystaulu
- maailmanlaajuinen verkko, ‘hajautettu’
- tehokkuus

•
•
•

IP-otsakkeen kentät

- Versio **IPv4** (IPv6)
- IHL
 - otsakkeen pituus vähintään viisi 32 bitin sanaa (20-60 tavua)
- type of service
 - kertoo halutun palvelun
 - nopeus, luotettavuus, kapasiteetti
 - ääni <-> tiedostonsiirto
 - yleensä ei käytössä (käytössä uusissa Cisco-reitittimissä)

-
-
-

Type of service -bitit:

- **presedence-kenttä** (3 bittiä)
 - sanoman **prioriteetti** 0-7
 - 0 normaali
 - 7 verkon valvontapaketti
- **D-bitti, T-bitti, R-bitti**
 - mikä on tärkeää yhteydessä
 - D: viive (Delay),
 - T: läpimeno (Throughput)
 - R: luotettavuus (Reliability)
- lisäksi vielä 2 käyttämätöntä bittiä

-
-
-

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- Datagram length
 - koko datasisähkeen pituus
 - maksimi 65535 tavua
 - maksimipituus vielä riittävä, mutta tulevaisuuden nopeille verkoille jo ongelma
 - yleensä koko 576 -1500 taavua
- Identification
 - datasisähkeen numero
 - kaikissa saman datasisähkeen osissa sama tunnus

-
-
-

IP-otsakkeen kentät jatkuvat: liput

- **DF- bitti** (Don't fragment)
 - kieltää paloittelun
 - esim. jos vastaanottaja ei kykene kokoamaan datäsähköä
- **MF-bitti** (More fragments)
 - ilmoittaa, onko datäsähkeen viimeinen osio vai tuleeko vielä lisää

-
-
-

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- Fragment offset
 - osion paikka datasähkeessä
 - osioiden oltava 8 tavun monikertoja (paitsi viimeisen)
 - 13 bittiä => korkeintaan 8192 osiota yhdessä datasähkeessä
- lisäksi 1 käyttämätön bitti

-
-
-

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- Time to live
 - rajoittaa paketin elinaikaa
 - maksimi 255 sekuntia
 - vähenee
 - joka hypyllä reitittimestä toiseen
 - myös odottaessaan reitittimessä (ei yleensä)
 - paketti hävitetään, kun laskuri menee nolille
- Protocol
 - mille kuljetuskerrokselle kuuluu
 - esim. TCP- tai UDP-siirtoon kuuluva

-
-
-

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- Header checksum
 - tarkistussumma lasketaan vain otsakkeelle
 - 16-bitin sanat lasketaan yhteen yhden komplementin aritmetiikalla
 - laskettava uudestaan joka reitittimessä
- Source address, Destination address
 - kohteen ja lähettäjän osoitteet muodossa
 - verkon numero ja isäntäkoneen numero
= IP-osoite

-
-
-

IP-otsakkeen kentät jatkuvat

- Options
 - vaihtelevan mittaisia
 - 1. tavu kertoo option koodin
 - voi seurata pituuskenttä
 - datakenttiä
 - täytettä jotta 4 tavun monikertoja
 - käytössä 5 optiota
 - mutta reitittimet eivät välttämättä ymmärrä

-
-
-

Optiot

– Security

- datasähkeen luottamuksellisuus ja salassapidettävyys

– Strict source routing

- datasähkeen kuljettava tarkalleen annettua reittiä

– Loose source routing

- kuljettava ainakin annettujen reitittimien kautta

– Record route

- reitin varrella olevat reitittimet liittävät tunnuksensa

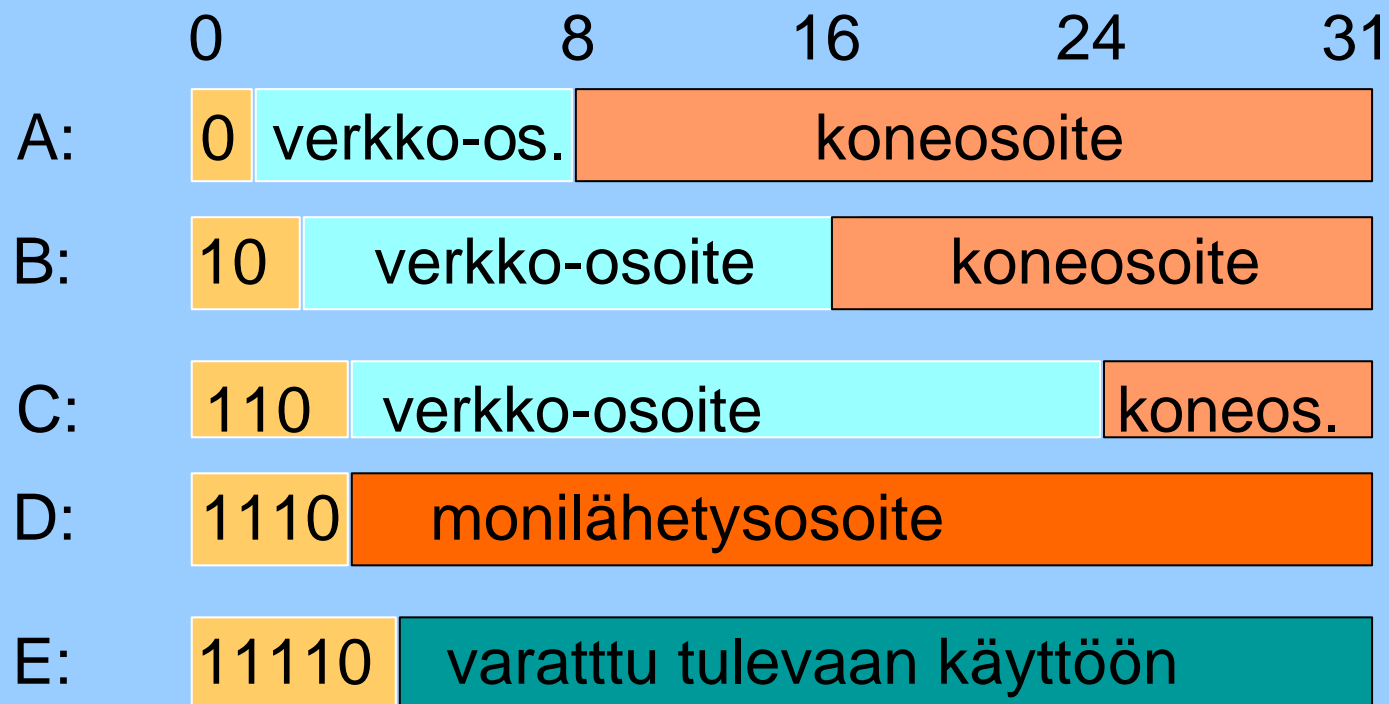
– Timestamp

- tunnuksen lisäksi liitettävä myös aikaleima

-
-
-

IP-osoitteet

- jokaisella verkon isäntäkoneella ja reitittimellä on oma yksikäsitteinen osoite muotoa
 - verkon numero
 - isäntäkoneen numero
- osoite on 32-bittinen
 - osoitteen luokasta riippuen bitit jaetaan verkon numeroon ja isäntäkoneen numeroon eri tavoin
- osoitteet palveluntarjoajille jakaa ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
 - nämä puolestaan jakavat muille



IP-osoitteiden muodot

(alkuperäinen luokallinen osoitus)

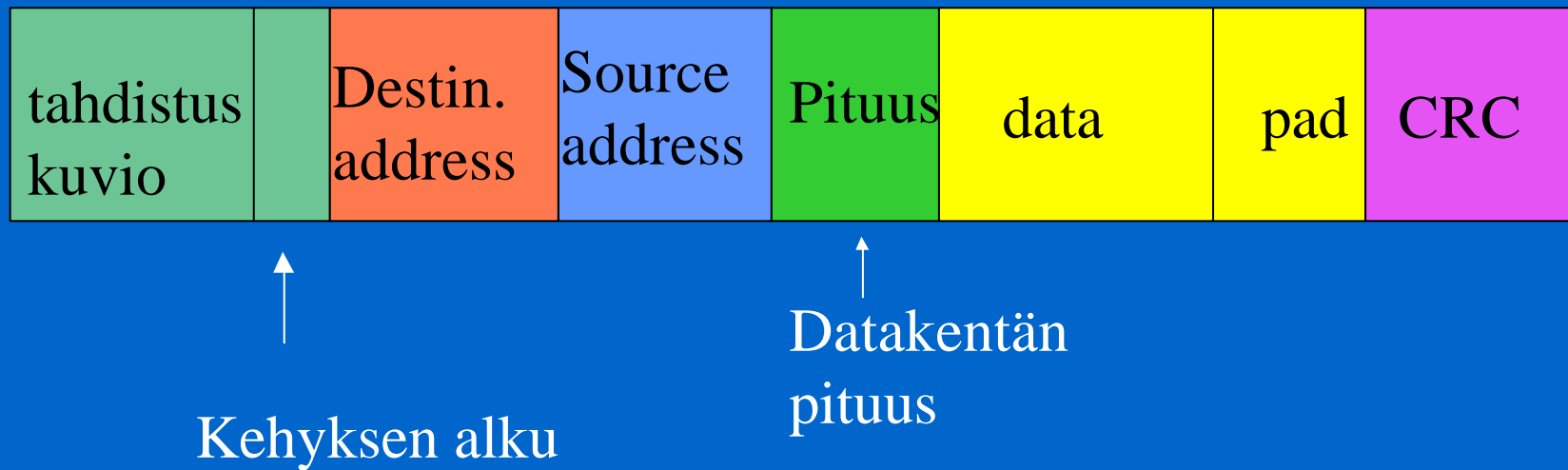
•
•
•

Erilaisia verkkoja

- väyläverkko ('Ethernet')
- vuororengas, vuoromerkkiväylä
- FDDI, DQDB
- Frame Relay, ATM,
- puhelinverkko
- eri valmistajien omat verkot
- => monia erilaisia protokollia

-
-
-

Ehernet-kehys



-
-
-

MAC-protokolla

- tahdistuskuvio (preamble)
 - 7 tavua 1010101010
 - synkronointia varten
- kehyksen alku
 - 10101011
- kohde- ja lähdeosoitteet
 - osoitteessa 6 tavua (tai 2 tavua)
 - 0xxxxx... yksilöosoite
 - 1xxxxx ... ryhmäosoite
 - 11111 kaikkia
 - yksi bitti: paikallinen vai globaali osoite

-
-
-

kehyksen pituus

- 0-1500 tavua
- mutta
 - kehyksen pituus vähintään 64 tavua
 - tarvittaessa täytettä (PAD)
- jotta kehys erottuu roskasta
- **jotta lähettäjä ehtii havaita kehyksen törmämyksen**
 - riittävä kuunteluaika

-
-
-

kuuntelutarve

- kehyksen lähetys ei saa päättyä ennen kuin alku on perillä ja mahdollinen törmäysäni kuultu
 - alku perillä => loppukin onnistuu
- pahimmassakin tapauksessa
- => kehyksen lähetyksen minimikesto: 2τ

-
-
-

- 10 Mbps

- LAN-pituus korkeintaan 2500 m
- toistimia korkeintaan 4
- lähetyksen kestettävä ainakin 51.2 μ s
- eli 64 tavua

- 1 Gbps

- => 6400 tavua

Törmäyksen jälkeinen uudelleenlähetys

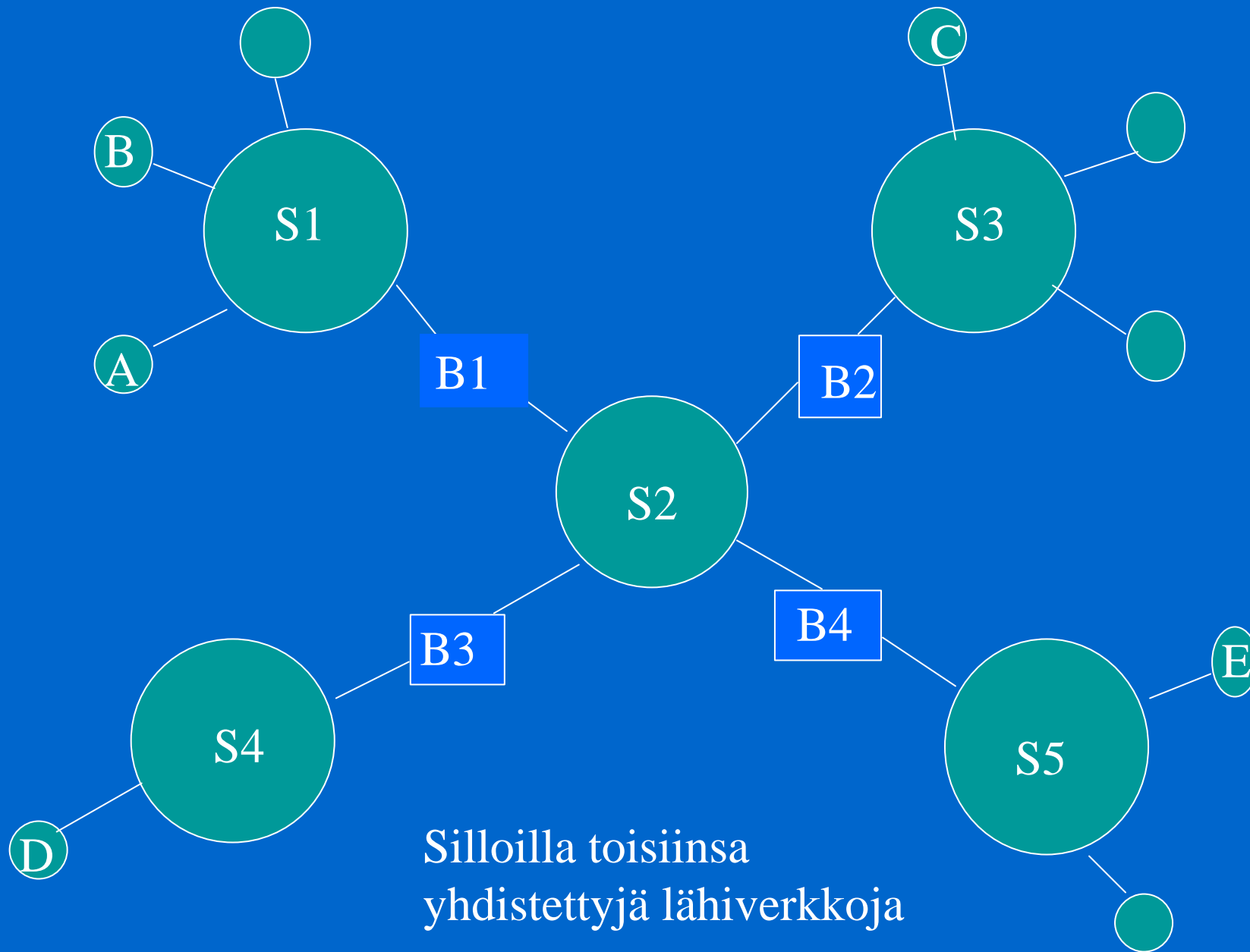
- törmäyksen jälkeen aika jaetaan lokeroiksi
 - $51.2 \mu\text{s}$ vastaten 512 bittiä eli 64 tavua
- 1. törmäyksen jälkeen asema odottaa 0 tai lokeron ajan ennen kuin yrittää uudelleen
- 2. törmäyksen jälkeen 0, 1, 2 tai 3 lokeroa

Binary exponential backoff

- n. törmäyksen jälkeen valitaan odotusaika väliltä: $0 - 2^{n-1}$
- 10. törmäyksen jälkeen väliä [0-1023] ei enää kasvateta
- 16. törmäyksen jälkeen luovutaan ja ilmoitetaan 'asiakkaalle' (eli verkkokerrokselle) epäonnistumisesta
 - yhä liian paljon yrittäjiä!

-
-
-

- binäärinen eksponentiaalinen perääntymien on joustava
 - kuorma kasvaa \Rightarrow väli kasvaa
- vaihtoehtona kiinteä valintaväli
 - aina [0- 1023]
 - aina [0-1]
 - aina [a-n]
 - entä suorituskyky?



Silloilla toisiinsa
yhdistettyjä lähiverkkoja

•
•
•

Linkkikerros ja peruskerros

- Linkkikerros
 - kehystäminen, tarkistukset, uudeelleenlähettykset
 - vuonvalvonta
- Peruskerros
 - bittien lähettäminen
 - hyvin moninaisia tapoja