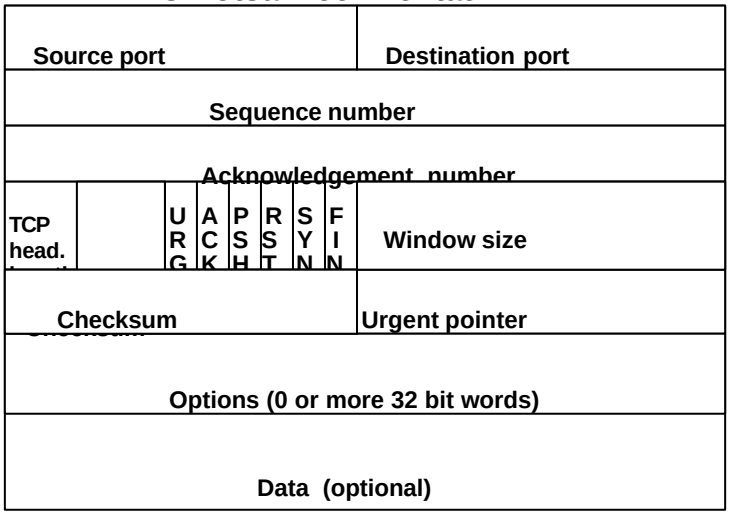
# TCP

- TCP:n peruspiirteiden toiminta tarkemmin
  - osin vain harjoitustehtävissä
- TCP:n uusia piirteitä
  - SACK
  - Window scaling
  - time stamping
  - RED (Random Early Detection)
  - ECN (Explicit Congestion Notification)

**TCP-otsakkeen kentät**



## TCP-optiot

- Optio-kenttä
  - erilaisia valinnaisia piirteitä varten
  - Option pituus on 40 tavua
    - » data offset -kenttä = 4 bittiä kertoo otsakkeen pituuden 32 bitin sanoina => 15*4 tavua = 60 tavua
    - » 60 tavua -20 tavua vakio-otsaketta => enintään 40 tavua optioita varten
  - käytetään ilmoittamaan maksimi segmentin koko
  - muita uusia piirteitä
    - » aikaleimaus (timestamp)
    - » ikkunan skaalaus (window scaling factor)

## Erilaisia suorituskykyongelmia

- TCP-protokolla käytössä hyvin erilaisissa ympäristöissä
  - » pitkän viipeen satelliittiyhteyksillä
  - » erittäin nopeilla yhteyksillä
  - » langattomilla yhteyksillä
- => suorituskykyongelmia
  - otsakkeen kentät liian pieniä
    - » ikkunankoko 16 bittiä
      - rajoittaa lähetysnopeutta satelliittiyhteyksillä
    - » järjestysnumero 32 bittiä
      - rajoittaa lähetysnopeutta erittäin nopeilla yhteyksillä

## Ikkunan skaalaus (Window scale factor)

- ikkunakoko = 16 bittiä => 65536 tavua
  - » vuonvalvonnassa
  - » kertoo vastaanottajan ikkunan = kuinka monta tavua voi lähettää ennenkuin täytyy jäädä odottamaan kuittausta
- jos käytössä ikkunan skaalaus -optio, ikkunakentän arvo kerrotaan 2**F, jossa F on skaalausoption arvo.
  - » Suurin F:n arvo on 14
- käytetään vain yhteyden aloituspyynnössä

## Aikaleima (timestamp)

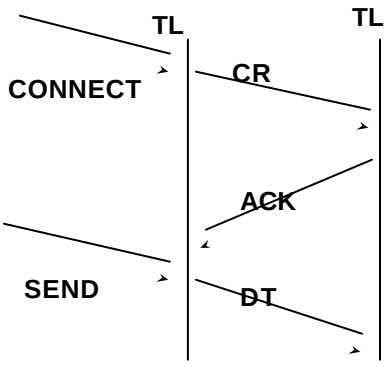
- Kaksi eri optiota
  - – Timestamp Value
    - » lähtevissä segmenteissä,
  - – Timestamp Echo Reply
    - » kuittauksessa
    - » sama kuin kuitatun segmentin Timestamp arvo
- Voidaan käyttää missä tahansa datasegmentissä
- => kiertoviiveiden jatkuva tarkkailu helpompaa

# Yhteyden muodostus

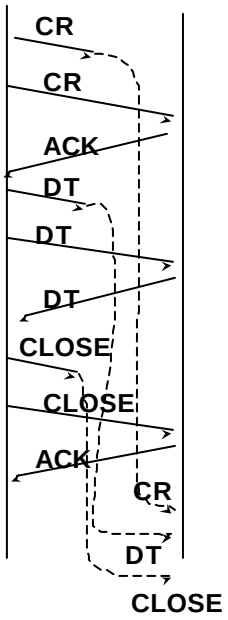
- perusmalli hyvin yksinkertainen
- ongelmana viivästetyneet kaksoiskappaleet
  - » esim. yhteys pankkiin laskun maksamiseksi
  - » lasku maksetaan useaan kertaan
- =>yksikäsitteisen yhteyden muodostaminen vaikeaa



# Yhteydenmuodostus: perusmalli




**Hyvin yksinkertaista!**




## Yhteyden muodostus ruuhkaisessa verkossa

**Jokainen paketti lähetetään kahteen kertaan**

**Kun yhteys on purettu, viivästyneet kaksoiskappaleet saapuvat**

**Ne tulkitaan uudeksi yhteydeksi, ja data otetaan vastaan kahteen kertaan!**

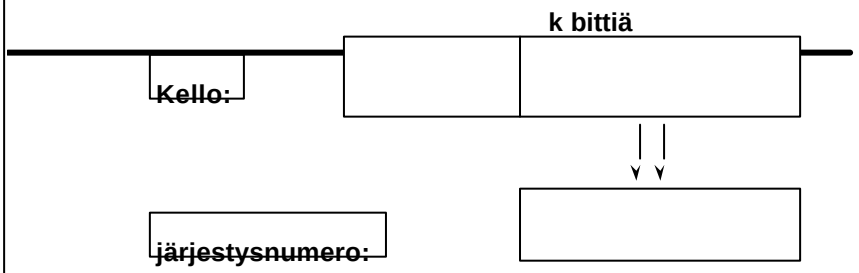
## Ongelman ratkaisuehdotuksia:

- kertakäyttöiset kuljetusosoitteet
  - » nimipalvelu?
- yhteystunnus jokaiselle yhteydelle
  - – yhteyden purkamisen jälkeen sen TPDU:t epäkelpoja
    - » lista epäkelvoista yhteystunnuksista
  - – kuinka kauan historiatietoja säilytettävä?
  - – entä jos kone kaatuu ja unohtaa tietonsa?
- **rajallinen elinikä paketeille**
  - » elinaikalaskuri, hyppylaskuri

## Tomlinsonin menetelmä

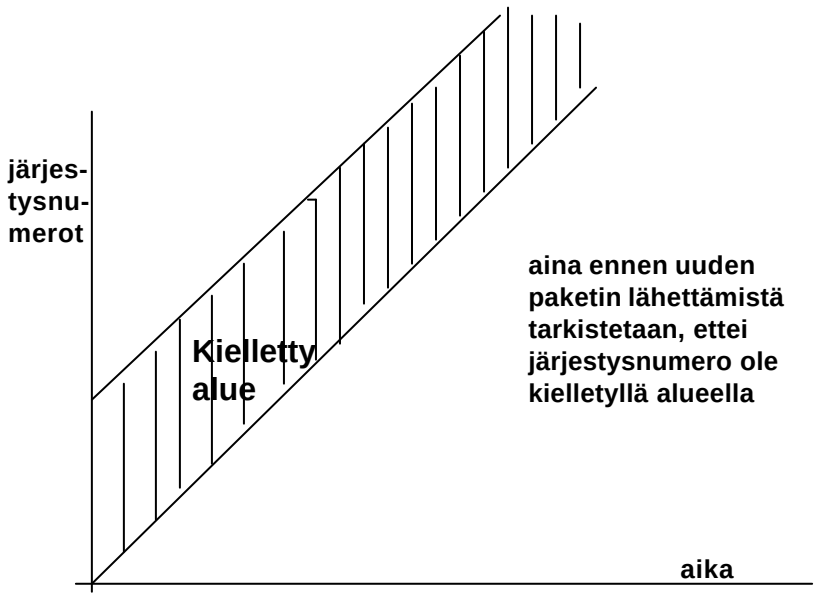
- koneessa vikasietoinen kello
  - » etenevä laskuri
  - » vaikka kone kaatuu, laskuri toimii
- yhteyttä muodostettaessa
  - » kellon bitit ilmoittavat numeroinnin aloituskohdan
  - » bittejä riittävästi (32 bittiä)
    - jotta uudelleen käytöön vasta riittävän pitkän ajan päästä
    - vanhoilla numeroilla varustetut segmentit ehtivät hävitä
- yhteydellä ei koskaan kahta saman numeroista segmenttiä



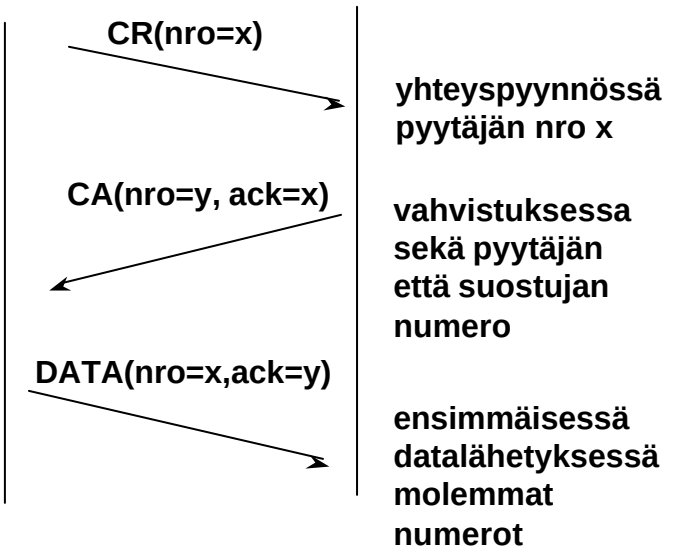



**Eri yhteyksillä numerointi aloitetaan eri kohdasta**

- Kun kone kaatuu
  - » se kadottaa tiedon viimeksi käytetystä järjestysnumerosta
  - » uusi numero ei saa olla sama kuin jonkun vielä elossa olevan TPDU:n
- Miten selvitään tilanteesta?
  - – odotetaan T aikayksikköä
    - » kaikki aikaisemmat TPDU:t varmasti kadonneet ja voidaan aloittaa, mistä numerosta tahansa
    - » entä, jos T on pitkä
  - – ‘kielletyn alueen’ (forbidden region) käyttö
    - » ei oteta käyttöön numeroita, joiden duplikaatit voivat olla vielä elossa



**Kolminkertainen kättely**

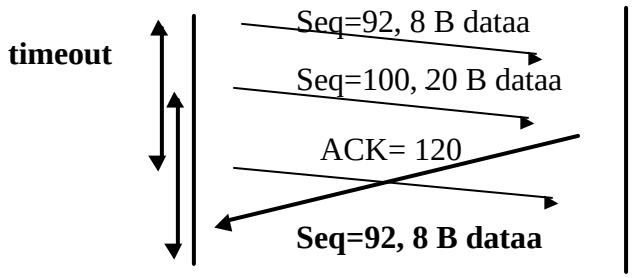



# Kuittaukset TCP:ssä

- TCP käyttää kumulatiivista kuittausta
  - kuittaus varmistaa lähettäjälle, että kaikki segmentit kuitattuun segmenttiin saakka ovat saapuneet kunnolla perille
  - väärässä järjestyksessä saapuneita segmenttejä ei kuitata
  - ei käytetä NAK-kuittausta
  - “duplicate ACK” = virhetilanteissa lähetetään uudelleen kuittaus samasta jo kuitatusta segmentistä

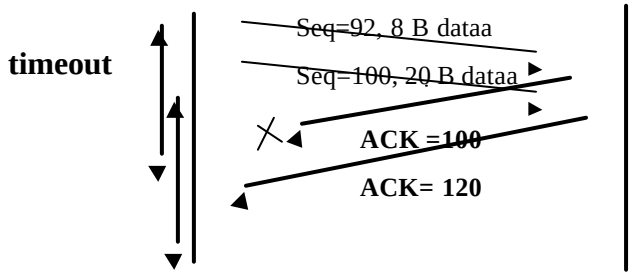
# Uudelleenlähettäminen

- TCP lähettää segmentin uudestaan, kun ajastin laukeaa
  - TCP ei automaattisesti lähetä kaikkia puuttuvan segmentin jälkeisiä segmenttejä uudelleen



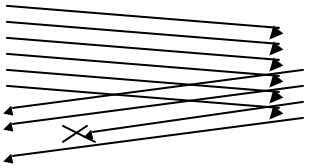

# Vain osin “Go-Back -N -tyyppinen”

- Oletetaan, että segmentit 1-N tulevat oikein perille ja kuittaus esim. segmenttiin 1 katoaa. Jos muut kuittaukset tulevat perille, enintään yksi segmentti 1 uudelleenlähetetään.
  - Eikä sitäkään tarvitse lähettää, jos seuraava kuittaus tulee ennen ajastimen laukeamista



## Kuittaukset voivat kadota

- Erilliset kuittaukset eli pelkät ACK:it eivät sisällä yhtään tavua dataa, joten niitä ei numeroida eikä kuitata.
  - Kuittauksia voi helposti hävitä



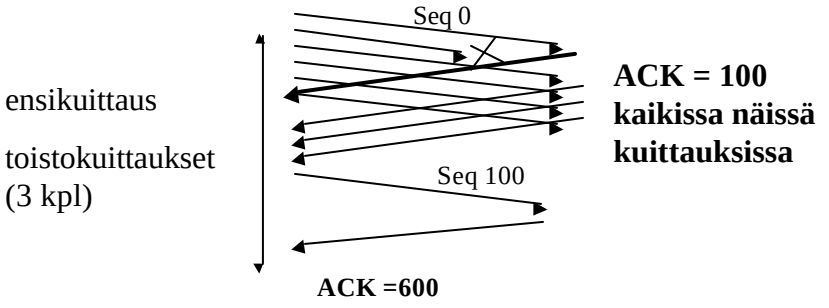
Kumulatiivisissa kuittauksissa seuraava kuittaus paikkaa hävinneen informaation

## “Duplicate Ack”

- ensikuittaus (first-time ACK)
  - segmentin ensimmäinen kuittaus
  - tähän saakka kaikki on kunnossa
- toistokuittaus (duplicate ACK)
  - vastaanottaja kuittaa viimeksi saatua hyväksyttyä segmenttiä aina kun saa virheellisen tai väärässä järjestyksessä tulevan segmentin
  - NAKin korvike, jolla ilmoitetaan ongelmista lähettäjälle

## Nopea uudelleenlähetys (Fast retransmit)

- Kun lähettäjä vastaanottaa 3 toistokuittausta samalle segmentille, se lähettää heti puuttuvan segmentin uudestaan
  - eikä odota segmentin ajastimen laukeamista

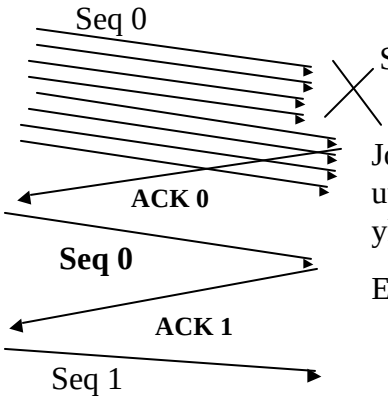



## Viivästetty ACK (Delayed ACK)

- Ei tarvitse välttämättä kuitata jokaista segmenttiä
  - kuitenkin kuitattava ainakin joka toinen ja viive saa olla korkeintaan 500 ms,
    - usein noin 200ms
- Hyöty: kuittaus kulkee datan mukana
  - samalla kertaa ikkunan muotos, kuittaus ja kaiutus
- Haitta: kiertoviiveen laskeminen, pakettien kellotus

# Suorituskykyongelmia!

- Kun useita segmenttejä katoaa ‘samasta ikkunasta’




Joka kierroksella pystytään uudelleenlähettämään vain yksi kadonnut segmentti!!

Entä jos suuri kiertoviive

# SACK (Selective Acknowledgement)

• RFC 2018
TCP Selective Acknowledgement Options.
M. Mathis, J. Mahdavi, S.Floyd, A. Romanow. October 1996.
(Status: **PROPOSED STANDARD)**

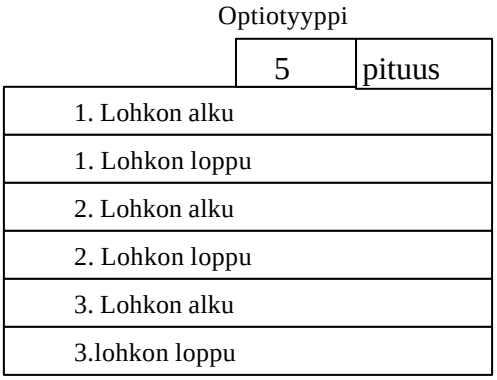
INTERNET DRAFT
Mark Allman, Ethan Blanton. "A Conservative SACK-based Loss Recovery Algorithm for TCP".
(draft-allman-tcp-sack-02.txt), January, 2001

- Kumulatiivinen kuittaus paljastaa aina vain yhden puuttuvan kerrallaan
- SACK paljastaa kaikki puuttuvat
  - » ilmoittamalla, mitkä segmenttivälit on jo vastaanotettu
- Esim. Segmentin koko 1000 tavua
  - 1. segmentti katoaa ja muut tulevat perille
    - segmentin 2 kuittaus: ACK 0 , 1000: 2000
    - segmentin 10 kuittaus:ACK 0, 1000: 10000
  - 1. ja 3. segmentti katoavat
    - segmentin 10 kuittaus:
    - ACK 0, 1000:2000 3000:10000

## SACK-optiot

- SACK- permitted yhteyden muodostuksessa eli vain SYN-segmentissä ilmoittamaan, että yhteydellä voidaan käyttää SACK-kuittauksia
  - (type = 4, length = 2)
- SACK-optio
  - kuljettaa lisäinformaatiota saapuneista segmenteistä eli kertoo, mitkä ‘tavupätkät’ ovat jo valmiina vastaanottajan puskurissa
  - kuljetetaan TCP-segmentin optio-osassa

## TCP:n SACK-optio

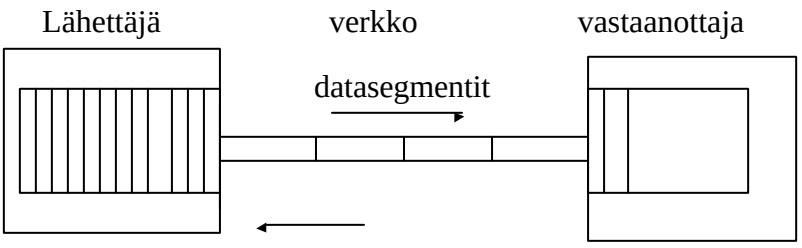



4 lohkoa mahtuu yhteen TCP-segmenttiin, jossa optiolle on varattu 40 tavua, jos ei käytetä muita optioita kuten aikaleimaa (timestamp).

## Vain neuvoa-antava!

- Ohjeellista tietoa lähettäjälle
  - vastaanottaja voi tarvittaessa poistaa SACK-optiossa ilmoittamiaan tavuja puskureistaan
- Jos vastaanottaja käyttää SACK-optiota, niin sitä on käytettävä aina kun vastaanottajalla on puskureissaan epäjärjestyksessä olevaa dataa
  - tällöin kaikissa ACK:ssa on oltava ajantasalla oleva tieto siitä, mitkä tavut on jo puskureissa

# TCP-ruuhkanvalvonta




ACK

toimii lähetyksen tahdistajana

putkestä poistunut dataa, joten voidaan lähettää sama määrä lisää

# TCP self-clocking

- TCP tahdistaa itse oman lähetyksensä ACK:ien avulla
  - nopeutta voi rajoittaa
    - » verkko
      - ruuhkan takia syytä vielä pienentää lähetysnopeutta
    - » vastaanottaja
      - lähetysnopeus ok
  - lähettäjä ei voi tietää kumpi