

## Tosi-aikajärjestelmät – Luento 8: Tietoliikenneverkkoja ja -protokollia

Tiina Niklander

Jane Liu: Real-time systems, luku 11 +  
artikkeleja

## Sisältöä

- n Yleistä verkoista
- n Internet ja tosiaikaisuus
  - n Ethernet
  - n Protokollia
- n CAN – Controller Area Network
- n TTP – Time Triggered Protocol
  - n (ei siis timed token protocol, jollainen myös on olemassa)
- n Verkot ja vikasetoisuus

## Yleistä

- Protokollakerroksia
  - Erilaisia mekanismeja eri kerroksilla
- Verkon lähetysvuoroja
  - Useita erilaisia tapoja sopia kommunikointikanavan käytöstä

Liu kuva 11-11 a)

## Kaksi tapaa valvoa liikennettä

- n Vuon uudelleenmuotoilu (reshaping)
  - n Verkon sisäistä
  - n Viivytetään 'väärään' aikaan saapujia, kunnes vastaavat kuormakuvaustaan
  - n Esim. vuotava astia
- n Poliittikka (policy)
  - n Verkon ulkorajalla
  - n Saapuva liikenne (yhden vuon) voi ylittää kuormakuvauksensa (esim. useammin)

## Solmujen lähetysvuorot

- n Miten lähetysvuoro määrätään?
  - n Vuoromerkki – esim. Vuororengas,
    - n Profibus
  - n CSMA/CD (carrier sense multiple access / collision detection) – esim. Ethernet,
    - n LON ja CAN (käytössä autoissa)
  - n TDMA (time division multiple access)
    - n TTP (lähde: Kopetz)
  - n Minislots
    - n ARINC 629 (Boeing-koneissa)

## Sisältöä

- n Yleistä verkoista
- n Internet ja tosiaikaisuus
  - n Ethernet
  - n Protokollia
    - n RTP, RTCP, RSVP
- n CAN – Controller Area Network
- n TTP – Time Triggered Protocol
- n Verkot ja vikasetoisuus

## Ethernet ja tosiaikaisuus

- n Oppikirjan lisäksi kaksi artikkelia:
- n J-D. Decotignie. *Ethernet-Based Real-Time and Industrial Communications*. Proceedings of the IEEE. 93(6):1102-1117, June 2005
- n P. Pedreiras et.al. *FTT-Ethernet: A Flexible Real-Time Communication Protocol That Supports Dynamic QoS Management on Ethernet-Based Systems*. IEEE Tr. On Industrial Informatics. 1(3):162-172, August 2005

## Ethernet ja tosiaikaisuus

- n Ei ole suunniteltu alun perin tosiaikaista liikennettä varten
- n Uudet piirteet mahdollistavat ainakin pehmeät aikarajat
  - n Jaetusta kaapelista -> kytkettyyn tähteen
    - n Vähemmän törmäyksiä
  - n Nopeus on kasvanut 2.94 Mbps -> 10 Mbps -> 100 Mbps -> 1 Gbps -> 10 Gbps
- n Edelleen saapuvat purskeet kytkimille voivat aiheuttaa pakettien pudottamista.

## Tosiaikaisuus ja protokollapino

- n Sovelluskerros:
  - n Asiakas-palvelin OK, jos palvelimella aikaraja
  - n Tuottaja-kuluttaja ja publish-subscribe
- n Yhteyskerros ja verkkokerros:
  - n Prioriteetit, aikarajat, viipeet
  - n Täällä mm. RTP protokolla
- n Linkkikerros:
  - n Valtaosa Ethernet+tosiaika tutkimuksesta täällä
  - n CSMA/CD pahin ongelma,
  - n ei ylärajaa siirron kestolle

## Linkkikerros ratkaisuvaihtoehtoja

- n TDMA-pohjainen lähetys
  - n Aikaikkuna kertoo kuka saa lähettää
- n Vuoromerkki (token)
  - n Saa lähettää vain jos omistaa vuoromerkkin
- n Master-slave
  - n Mestari jakaa lähetysvuorot kyselemällä (poll)
- n Kehyksen varaus
  - n Solmu voi varata tietyt kehykset itselleen

## Yhteyskerros ja verkkokerros

- n TCP ja UDP
  - n Käytetään vaikka ei takeita
- n XTP – Express Transfer Protocol
- n Multistream Protocol
- n Katso esim: S. Iren, P.D. Amer, P.T. Conrad. "The transport layer: Tutorial and survey", *ACM Comput. Surv.* 31(4):360-404, Dec 1999.

## RTP & RTCP (RFC 1889)

- n RTP – Real-Time Protocol ja
- n RTCP – Real-Time Control Protocol
- n Suunniteltu äänen ja kuvan (eli multimedian) lähettämiseen
- n Sopii pehmeille, mutta ei koville aikarajoille (ei takuuta kulkuajasta)
- n Voi käyttää UDP:tä alempana kerroksena
- n Resurssien varaamiseen (käytännössä siis yhteyden varaamiseen) voi käyttää RSVP – Resource Reservation Protocol

## RTP & RTCP

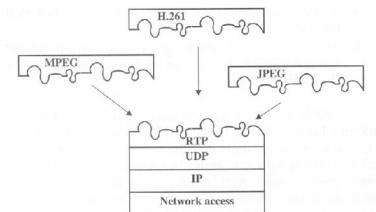
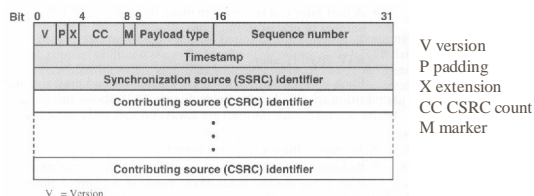


Figure 18.9 RTP Protocol Architecture [THOM96]

Stallings: High-Speed Networks and internets, 2nd ed. Prentice-Hall 2002 (Luku 18.3.)

## RTP

- Protokollan otsikkotietojen kentät kertovat mm. koodauksen, aikaleiman, järjestysnumeron, lähettäjän tunnisten



## RTCP

- n Vastaanottaja lähettää säännöllisesti raportteja havainnoistaan (viipeet, saapuneet paketit, etc.)
- n Viestityypit (RFC 1889):
  - n Sender report
    - n Välittäjät käyttävät tätä viestiä, ne sekä vastaanottavat että lähettävät edelleen
  - n Receiver report
    - n Puhtaat vastaanottajat raportoivat tällä viestillä
  - n Source Description
    - n Lisätietoa lähettäjistä (kuten nimi, sijainti, yhteystietoja)
  - n Goodbye
    - n Viestillä kerrotaan vastaanottajalla, että lähettäjä on lopettanut
  - n Sovellusspesifinen - käytännössä siis laajennusvaraa

## RSVP – Resource Reservation Protocol (RFC 2205)

- n Varaukset yhteensuuntaan kulkevalle liikenteelle (unidirectional data flow)
- n Tukee sekä yksi-yhteen-lähettyksiä että monen osapuolen monilähettyksiä
- n Pääsynvalvonta (admission control)
- n Poliitiikan valvonta (policy control)
- n ”Soft state”

## RSVP<sub>Host</sub>

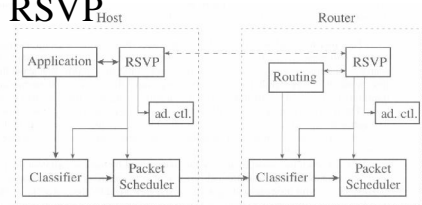


FIGURE 11-12 RSVP in host and router [RZF]

- Protokolla tarvitaan kaikkiin yhteyden varrella oleviin solmuihin (koneet ja reitittimet)

Liu kuva 11-12

## RSVP

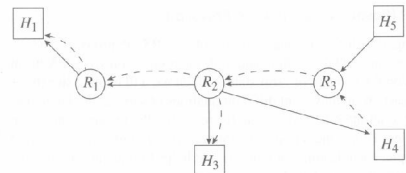
- n Vastaanottaja aloittaa!
  - n Ensimmäinen pyyntö lähtee aina vastaanottajalta ja se päättyy lähettäjälle
- n Varaustieto kulkee vain yhteen suuntaan
  - n Vastaanottaja ei tiedä lopullisen saamansa yhteyden parametreja. Hylkäämisestä tulee tieto.
- n Välille jäävät solmut (reitittimet, yhdyskäytävät, etc.)
  - n Hyväksymisestä ja lähetyksen eteenpäin

## RSVP: Reitittimen tiedot

- n Reitittimet ylläpitävät kahta tilatietoa:
- n Path State
  - n Lähetyksen polkuun liittyvät tiedot
  - n Mistä linkistä saapuu ja mihin kaikkialle laitetaan
  - n Näistä tiedoista muodostuu ns. nielupuu
  - n "Path message" lähettäjältä muodostaa reitin
- n Reservation State
  - n Varaustiedot, jotka liittyvät vastaanottajan tarpeisiin
  - n Mitä resursseja on varattu, millainen palvelun laatu (QoS) on luvattu ja mikä vastaanottaja on varaajana
  - n "Reservation request message" jokaiselta vastaanottajalta kulkevat nielupuun määräämää reittiä
  - n Lähetetään vasta kun on saatu tuo "path message" sellaiselta lähettäjältä, jonka tietovirtaa halutaan seurata

## RSVP: Sink tree - nielupuu

- Nielupuu (sink tree) on yhden lähettäjän lähetyksen muodostama puu kaikille sen monilähetyksen (multicast) vastaanottajille. Se on itseasiassa virityspuu (spanning tree).



Liu kuva 11-13

## RSVP: RESV-viesti

- n Hyväksymisestä
  - n Varaa tarvittava kapasiteetti linkistä
  - n Epäonnistumisesta tieto RESV-viestin lähettäjälle
- n Lähetys eteenpäin
  - n Lähetä tietoa edelleen kohti tiedon lähettäjä
  - n Pyyntöjä voi yhdistellä, jolloin eteenpäin lähteekin vain yksi yhdistetty pyyntö

## RSVP: Soft State

- n Useimpien protokollien mukaan kerran tehty varaus säilyy kunnes se eksplisiittisesti puretaan
- n RSVP ei toimi näin, vaan se ylläpitää tilatietoja (polku ja varaus) vain määrääjän.
- n Tietojen voimassaolo on siis aika-ajoin uudistettava tai reitti puretaan ajastimen lauetta.
- n Tästä rajallisesta voimassaolosta (ja säännöllisestä päivitysvaatimuksesta) tulee tuo nimitys soft state.
- n Jokaisessa varaus- ja polkuviestissä on mukana viimeinen voimassaoloaika.

## RSVP: Resurssien yhteiskäyttö

- n Varauspyynnön (RESV) yhteydessä voi vastaanottaja määrittää suodattimia, joiden perusteella lähettäjät sidotaan resursseihin
- n Samaan suodattimeen (filters) osuvat lähettäjät saavaan käyttää samoja resursseja
- n Kolme luokkaa
  - n Ei suodatusta (kaikki samaan)
  - n Kiinteä suodatus (etukäteen sidotut lähettäjät ja kullekin oma varaus)
  - n Eksplisiittinen jako suodatus (nimetyk lähettäjä, jotka saavat jakaa resursseja)

## RSVP: Resurssien yhteiskäyttö

- n Ei suodatusta (no filtering tai wild-card-filter)
  - n Reititin saa yhdistellä varauspyyntöjä ja tarvittavia resursseja
  - n Yhdistelyllä karsitaan saapuvaa pakettimäärää, koska yksi saapuva vuo voidaan vasta tässä jakaa useammaksi edelleen vastaanottajille.
  - n Esim: puhelinneuvottelu (yksi kerrallaan lähettää)
- n Staattinen suodatus (fixed-filter)
  - n Yhdistelyä ei sallita
  - n Esim: Useita samanaikaisia erillisiä videoita
- n Eksplisiittinen jako (shared-explicit)
  - n Lähettäjäjoukko jakaa resursseja ja yhdistely sallitaan, kun vastaanottajilla yhteiset lähettäjät
  - n Sopii, jos lähettäjät eivät todennäköisesti lähetä samanaikaisesti