

Tosiaikajärjestelmät – 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 vikasietoisuus

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 Poliitiikka (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 vikasietoisuus

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 vuoromerkin
- 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

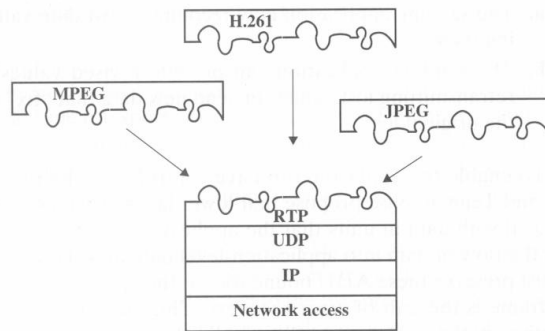
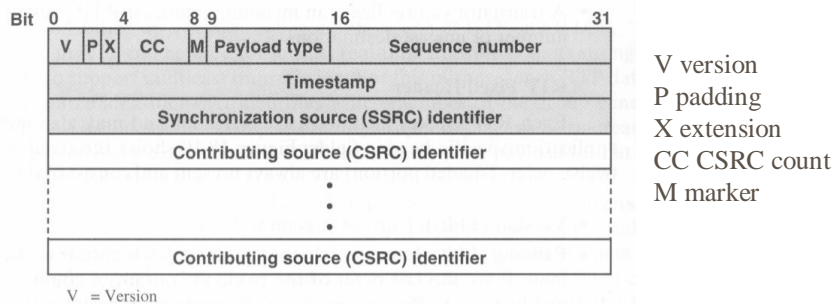


Figure 18.9 RTP Protocol Architecture [THOM96]

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

RTP

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



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 vastaanottajalle, 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-lähetyksiä että monen osapuolen monilähetyksiä
- n Pääsynvalvonta (admission control)
- n Poliitiikan valvonta (policy control)
- n ”Soft state”

RSVP

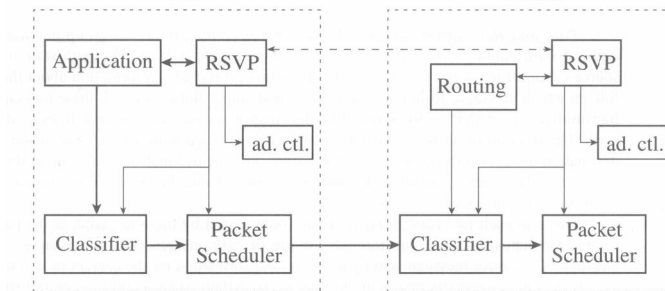


FIGURE 11-12 RSVP in host and router [BZF].

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

Liu kuva 11-12

RSVP

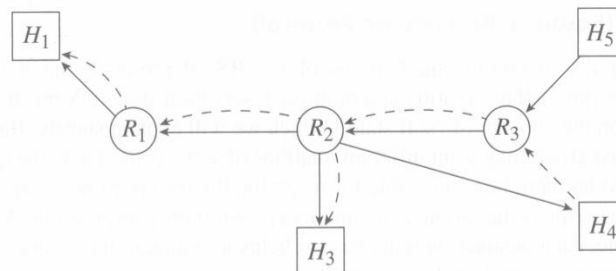
- n Vastaanottaja aloittaa!
 - n Ensimmäinen pyyntö lähtee aina vastaanottajalta ja se päättyy lähettäjälle
- n Varaustieto kulkee vain yhteen suuntaan
 - n Vastaanottaja ei tiedä lopullisen saamansa yhteyden parametreja. Hylkäämisestä tulee tieto.
- n Välille jäävät solmut (reitittimet, yhdyskäytävät,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

RSVP: Reitittimen tiedot

- n Reitittimet ylläpitävät kahta tilatietoa:
- n Path State
 - n Lähetyspolkuun 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 lähetyksreittien muodostama puu kaikille sen monilähetyksen (multicast) vastaanottajille. Se on itseasiassa virityspuu (spanning tree).



Liu kuva 11-13

RSVP: RESV-viesti

- n Hyväksymistesti
 - n Varaa tarvittava kapasiteetti linkistä
 - n Epäonnistumisesta tieto RESV-viestin lähettäjälle
- n Lähetys eteenpäin
 - n Lähetä tietoa edelleen kohti tiedon lähettä
 - 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 määräajan.
- n Tietojen voimassaolo on siis aika-ajoin uudistettava tai reitti puretaan ajastimen lauettua.
- 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 (nimetyt lähettäjät, 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