

- o
- o
- o

## Monilähetysreititys

- **Paketti lähetetään usealle vastaanottajalle**
- **Miksi?**
  - Monet sovellukset hyötyvät
    - ohjelmistopäivitykset
    - WWW-välimuistien päivitykset
    - etäopetus, virtuaalikoulu
    - videoiden, äänitteiden lähetys
    - interaktiiviset pelit
  - **Mitä hyötyä?**
    - Nopeus, tehokkuus

14.11.2001

57

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- **paketti monelle vastaanottajalle**

- useita kaksipistelähetystyksiä: kaikille oma paketti
- tulvitus
- multideestination routing: kohteet lueteltu paketissa, reititin kopioi kaikkiin tarpeellisiin ulosmenoihin
- lähettäjän virittävä puu (spanning tree)
  - ei silmukoita
  - yhteinen tai jokaiselle lähettäjälle oma puu
- reverse path -algoritmi (käänteinen polku)
  - estimoi virittävää puuta

- o
- o
- o

## Monilähetys

- **Monilähetysryhmä**

- ryhmäosoite (Luokan D osoite)
- vastaanottajaryhmän hallinta
  - ryhmien muodostus, poistaminen
  - vastaanottajien lisääminen, poistaminen

- **Monilähetyksen reitittäminen**

- reitittimet tietävät ketkä kuuluvat mihinkin ryhmään
  - laskevat lyhimät reitit vastaanottajiin
  - ohjaavat reititystaulujensa avulla paketit vastaanottajille

14.11.2001

59

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## IGMP (Internet Group Management Protocol) (RFC 2236)

- **Monilähetysryhmien hallinta**

- **IGMP isäntäkoneen ja sen lähimmän reitittimen välillä**

- isäntäkone ilmoittaa itsensä jäseneksi tiettyyn ryhmään
- isäntäkone poistaa itsensä ryhmästä

- **monilähetysreititys algoritmi**

- reitittimien välillä monilähetysten koordinoimiseksi
- esim. PIM, DVMRP, MOSPF
- huom! ryhmän isäntäkoneiden välillä ei ole mitään protokollaa

- eivät tiedä, ketkä muut kuuluvat ryhmään

14.11.2001

60

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

## D-osoitteet

- **monilähetykset D-osoitetta käyttäen**

- 28 bittiä => yli 250 miljoonaa ryhmäosoitetta
- perilletoimitus 'best effort'

- pysyviä ryhmiä

- 224.0.0.1 kaikki lähiverkossa
- 224.0.0.2 kaikki reitittimet lähiverkossa
- 224.0.0.5 kaikki OSPF-reitittimet lähiverkossa
- 224.0.0.6 kaikki 'designated' OSPF-reitittimet lähiverkossa

- tilapäisiä ryhmiä

14.11.2001

61

## IGMP:n toimintaperiaate

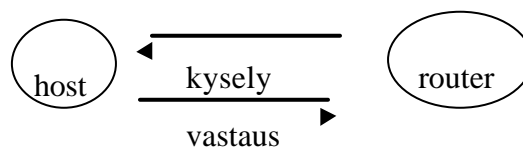
- **kysely/vastaus**

- monilähetyksreitittimet kyselevät

- noin minuutin välein kysyvät kaikilta koneiltaan, mihin ryhmään kuuluvat
  - 224.0.0.1-osoitteella

- koneet vastaavat

- ilmoittamalla kaikkien niiden ryhmien D-osoitteet, joihin jokin niiden sovellus on liittynyt



14.11.2001

62

## IGMP-sanomat

- **Membership query**
  - general: mihin ryhmiin kuuluvia?
  - specific: onko tiettyyn ryhmään kuuluvia?
  - Kyselyillä maksimivastausaika
- **Membership report**
  - kone haluaa liittyä tai on liittynyt ilmoitettuun ryhmään
- **Leave group**
  - kone ilmoittaa poistuvansa ryhmästä
  - vapaaehtoinen!
    - Jos ei vastaa kyselyihin, ei ole enää mukana
      - => jäsenyyden voimassaololle aikaraja

14.11.2001

63

## IGMP-sanoma

Type	max. response time	checksum
Multicast Group Address		

Type = mikä sanoma kyseessä

max. response time = maksimivastausaika kyselyissä

Checksum = taskistussumma

Multicast Group Address = monilähetyksryhmän osoite

14.11.2001

64

- o
- o
- o

## Maksimivastausaika?

- **Optimointia varten, esim. LAN-verkoissa, joissa kaikki kuulevat kaikki sanomat**
    - reititin haluaa tietää vain onko kukaan sen LANin koneista kiinnostunut tietystä ryhmästä
      - ei sitä ketkä koneista haluavat ryhmän jäseniksi
      - ei edes montako sen koneista on tietyn ryhmän jäsenenä
    - koneet vastaavat satunnaisen ajan kuluttua
      - jos joku muu kone jo vastannut, ei enää vastaa
- => vastausten määrä pienenee**

14.11.2001

65

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

- o
- o
- o

## Internetin monilähetyspalvelumalli

- **Kone ilmoittaa omalle reitittimelleen haluavansa liittyvä tiettyyn ryhmään**
  - IGMP:n membership\_report-sanomalla
- **Reitittimet alkavat välittää koneelle tämän ryhmän viestejä**
- **vastaanottajavetoinen (receiver-driven)**
  - Lähettäjä ei pidä kirjaa ryhmän jäsenistä eikä tiedä kenelle kaikille viesti menee.
- **Kuka tahansa voi toimia lähettäjänä**
  - eri lähettäjien sanomat tulevat sekaisin
- **Monilähetysosoitteita ei koordinoita verkkotasolla**
  - eri ryhmille voidaan valita sama osoite

14.11.2001

66

- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o
- o

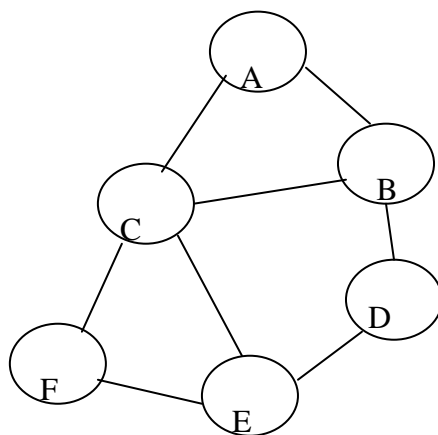
## Monilähetysreititys (multicast routing)

- **Ongelma:**

- Reitittimien on kyettävä rakentamaan ‘optimaaliset’ reitit ryhmän kaikille vastaanottajille
  - kun mikä tahansa kone voi toimia lähettäjänä
  - ryhmään voi kuulua eri määrä vastaanottajia
    - lähes kaikki isäntäkoneet
    - vain muutama isäntäkone
  - ryhmän jäsenyys voi olla hyvin dynaamista
- Tavoitteena on löytää mahdollisimman optimaalinen linkkipuu, joka yhdistää kaikki ryhmän jäsenet
  - sanomien reititys puun linkkejä pitkin

14.11.2001

67



- A, B, E ja F:  
reitittimillä  
ryhmän jäseniä

- C ja D:  
reitittimillä ei  
ole ryhmän  
jäseniä

14.11.2001

68

## Monireitityspuun rakentaminen

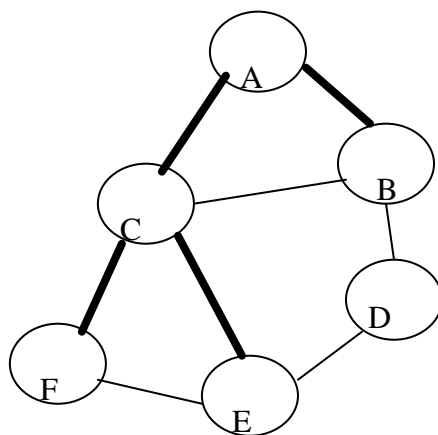
### • Kaksi erilaista lähestymistapaa

- yksi puu koko ryhmälle (group shared tree)
  - kuka tahansa toimii lähettäjänä, niin reitityksessä käytetään samaa puuta
- jokaiselle lähettäjälle oma puu (source-based tree)
  - jos ryhmässä on n jäsentä, niin muodostetaan n eri puuta
  - jokaisen lähettäjän sanomat reititetään sen oman linkkipuun avulla

14.11.2001

69

## Yksi puu koko ryhmälle



○ A, B, E ja F:  
reitittimillä  
ryhmän jäseniä

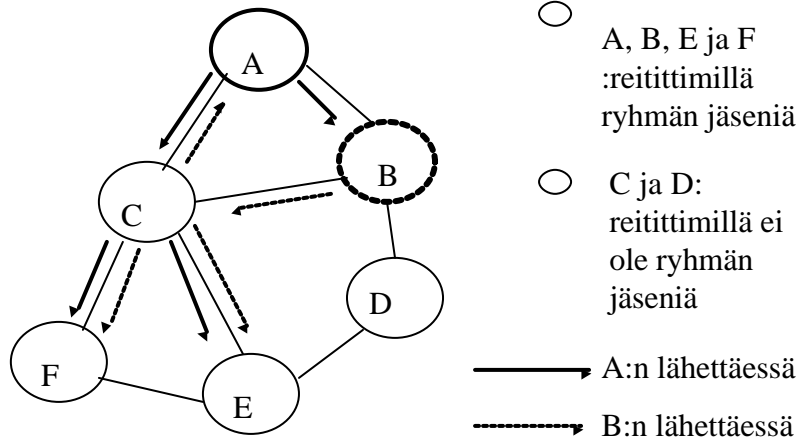
○ C ja D:  
reitittimillä ei  
ole ryhmän  
jäseniä

— reitityslinkki

14.11.2001

70

## Eri lähettäjiille omat puut



14.11.2001

71

## Reititys käyttäen yhtä puuta koko ryhmälle

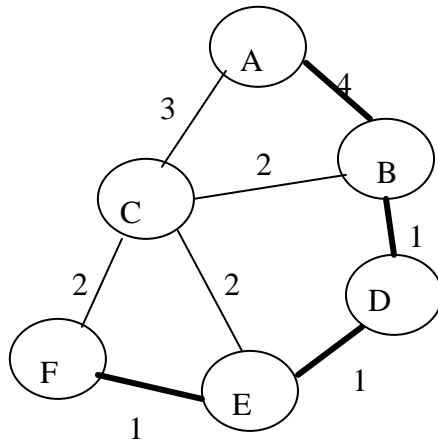
- **Löydettävä puu, joka yhdistää kaikki ryhmän reitittimet**
  - mukana myös muita reitittimiä
  - puun kustannus on sen linkkien kustannusten summa
- **pienimmän kustannuksen puu**
  - NP-täydellinen ongelma (Steiner tree problem)
    - suht.koht. hyviä heuristisia ratkaisuja on
    - ei ole käytössä Internetissä
      - tiedettävä kaikki kaikki linkkikustannukset
      - kustannusten muuttuessa laskettava uudelleen
  - jo muutenkin laskettujen kustannusten hyödyntäminen

14.11.2001

72



## Pienimmän kustannuksen monilähetyspuu



○ A, B, E ja F:  
reitittimillä  
ryhmän jäseniä

○ C ja D:  
reitittimillä ei  
ole ryhmän  
jäseniä

14.11.2001

73

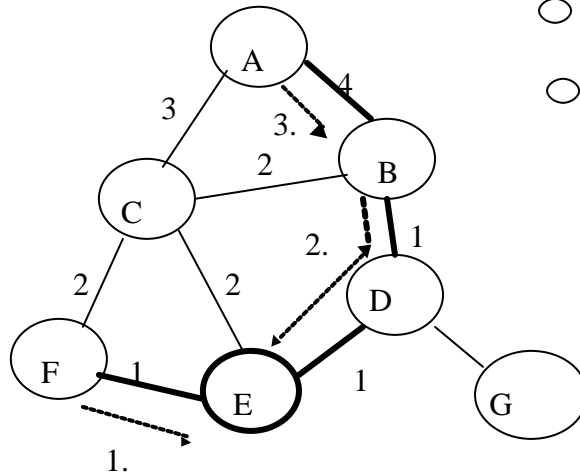
## Keskuspohjainen reititys (Center-based routing)

- Ryhmän puun keskuksena on jokin solmu, johon muut myöhemmin liittyvät
  - ensin saadaan selville keskussolmu
  - muut liittyvät siihen JOIN-sanomilla
    - yksilähetyksiä keskussolmulle
  - Miten keskussolmu valitaan?
    - Voidaan valita siten, että puu on melko lähellä optimia

14.11.2001

74

## Keskuspohjainen monilähetyspuu



- A, B, E ja F: reitittimillä ryhmän jäseniä
- C ja D: reitittimillä ei ole ryhmän jäseniä

14.11.2001

75

## Jokaiselle lähettäjälle oma puu

- **Tavallisessa reitityksessä jo yleensä lasketaan pienimmän kustannuksen puu lähettäjältä muihin solmuihin**
  - Dijkstra => reititystaulu
    - least unicast-cost path tree
- **Reverse path forwarding**
  - “Älä turhaan lähetä tänne” (pruning)
- **paljon puita**
  - N lähettäjä => N puuta
  - reitityksessä käytetty puu valitaan lähettäjän mukaan

14.11.2001

- o
- o
- o

## Reverse path forwarding -algoritmi

- o
- o
- o

- **idea**

- tuliko paketti portista, josta normaalisti lähetetään paketin aloittaneelle solmulle?
  - jos tuli, paketti kopioidaan kaikkiin muihin portteihin
  - jos ei tullut paketti tuhotaan kaksoiskappaleena

- **edut**

- tehokas ja helppo toteuttaa
- ei tarvitse tuntea virittävää puuta
- ei ylim. yleisrasitetta (kohdelista, lisäbittejä)
- tulvitus päättyy itsestään

14.11.2001

77

- o
- o
- o

## Monilähetysreititys Internetissä

- **DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) (RFC 1075)**

- kullekin lähteelle oma puu
- käyttäen ‘reverse path forwarding’-menetelmää ja karsimista (pruning) ja lisäämistä (graft)
- etäisyysvetrori algoritmin avulla kukin reititin laskee lyhyimmän polun jokaiseen mahdolliseen lähteeseen ja tallettaa linkin (next hop)
- tieto puussa ‘alavirtaan’ sijaitsevista reitittimistä, jotta tiedetään, milloin haara voidaan karsia

14.11.2001

- kun kaikki reitittimet ilmoittavat, etteivät enää ole kiinnostuneita

78

## Muita

- **MOSPF (Multicast Open Shortest Path First) (RFC 1584)**
  - OSPF:ää käyttävissä AS:issä
  - linkkitilailmoituksissa myös tieto monilähetyksryhmien jäsenyydestä
  - kaikki reitittimet tietävät, mihin monilähetyksryhmii muiden reitittimien isäntäkoneet kuuluvat
  - voivat laskea kullekin lähteelle oman ennaltakarsitun lyhyimmän polun puun kullekin monilähetyksryhmälle

## Muita monilähetyksprotokollia

- **CBT (Core-based Trees) (RFC 2201, RFC 2189)**
- **PIM (Protocol Independent Multicast) (RFC 2362)**
  - dense mode ~ DVMRP
    - tulvita ja karsi
  - sparse mode ~ CBT
    - JOIN-sanomia, jotka ohjataan yksilähetyksenä keskussolmuun
    - polullaolevat reitittimet monilähetyksmoodiin
    - keskussolmu lähettää monilähetyksenä muille
    - yksi puu  $\Leftrightarrow$  lähettäjälle oma puu