

- 
- 
- 

# Monilähetysreititys

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

- **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)
    - estimoit virittävää puuta

- 
- 
- 

# Monilähetys

- **Monilähetysryhmä**

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

- **Monilähetyksen reitittäminen**

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

- 
- 
- 

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

- Monilähetyksryhmien hallinta
  - IGMP isäntäkoneen ja sen **lähimmän reitittimen välillä**
    - isäntäkone ilmoittaa itsensä jäseneksi tiettyyn ryhmään
    - isäntäkone poistaa itsensä ryhmästä
  - monilähetyksreititys algoritmi
    - reitittimien välillä monilähetyksen koordinoimiseksi
    - esim. PIM, DVMRP, MOSPF
    - huom! ryhmän isäntäkoneiden välillä ei ole mitään protokollaa
      - eivät tiedä, ketkä muut kuuluvat ryhmään

# 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

# IGMP:n toimintaperiaate

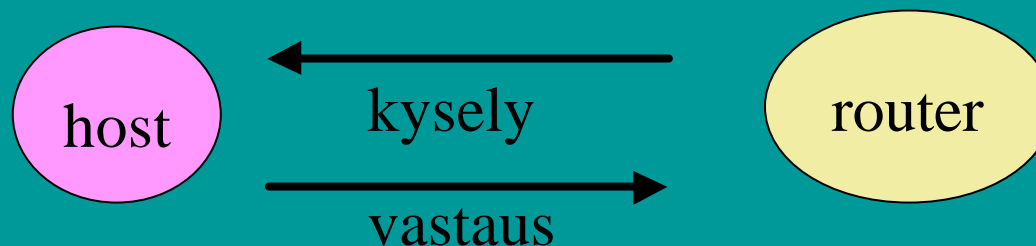
- **kysely/vastaus**

- monilähetysreitittimet kyselevät

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

- koneet vastaavat

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



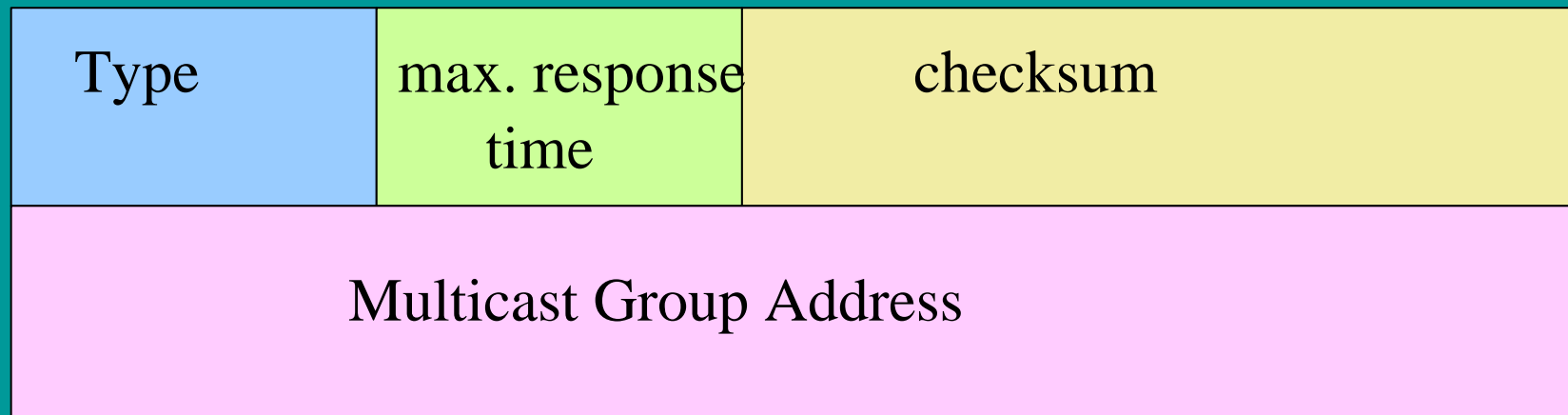
- 
- 
- 

# 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

- 
- 
- 

# IGMP-sanoma



Type = mikä sanoma kyseessä

max. response time = maksimivastausaika kyselyissä

Checksum = taskistussumma

Multicast Group Address = monilähetysryhmän osoite



# 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**

- 
- 
- 

## 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

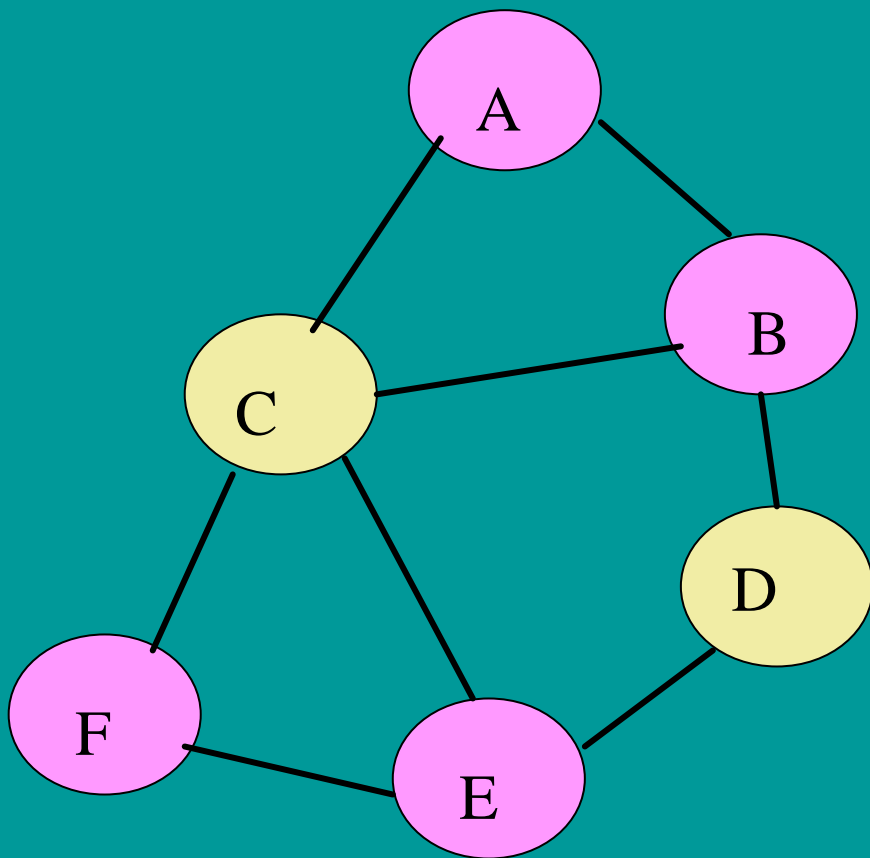
- 
- 
- 

## Monilähetyksreititys (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 linkejä pitkin

- 
- 
- 



A, B, E ja F:  
reitittimillä  
ryhmän jäseniä



C ja D:  
reitittimillä ei  
ole ryhmän  
jäseniä



- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
-

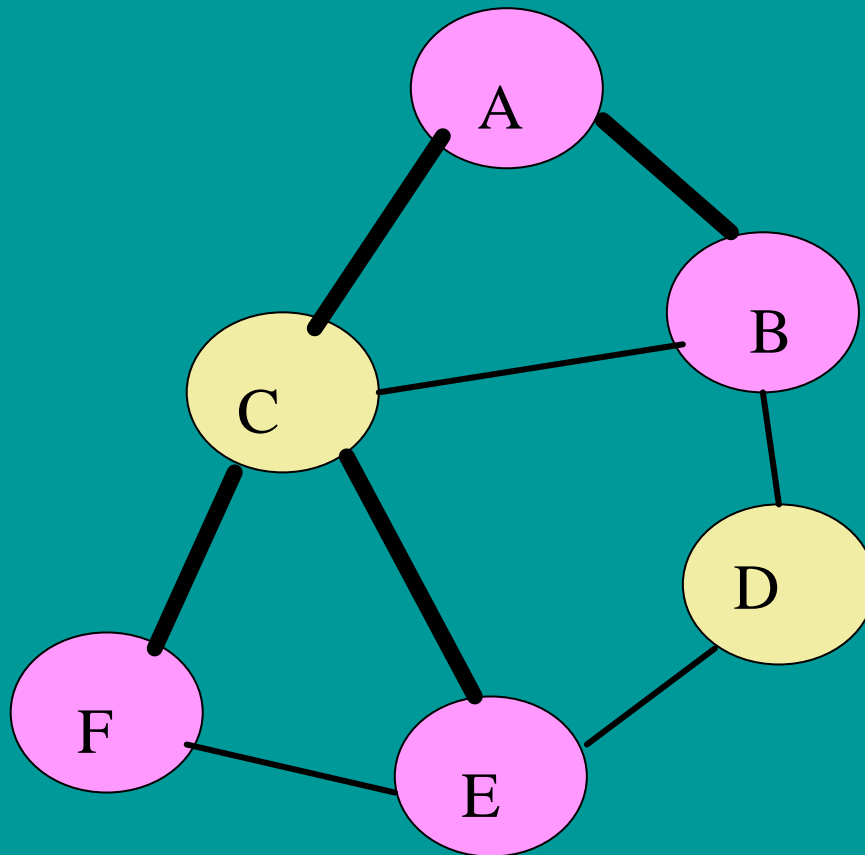
- 
- 
- 

# 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

⋮

# Yksi puu koko ryhmälle

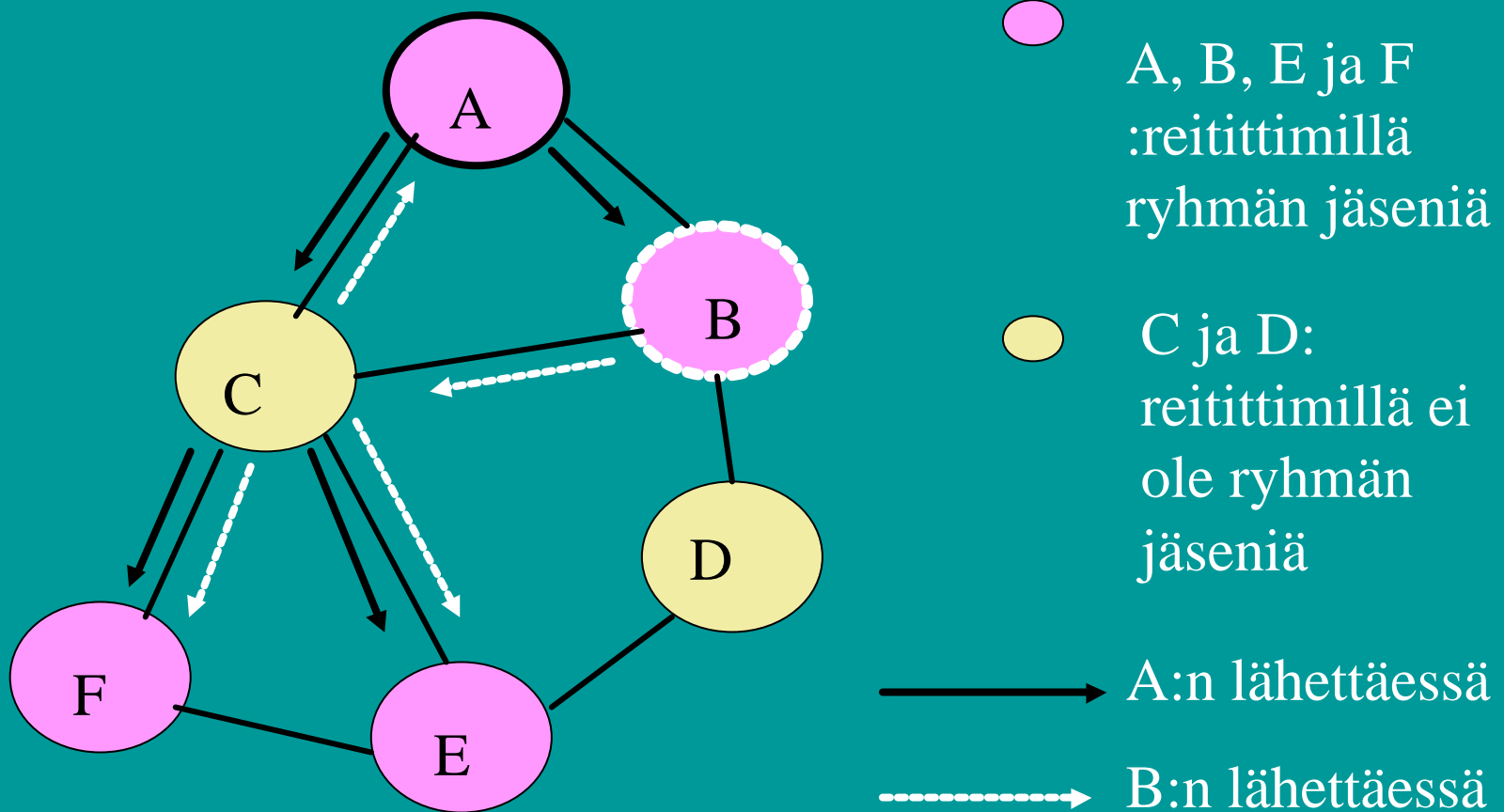


● A, B, E ja F:  
reitittimillä  
ryhmän jäseniä

● C ja D:  
reitittimillä ei  
ole ryhmän  
jäseniä

— reitityslinkki

# Eri lähettäjäille omat puut



•  
•  
•

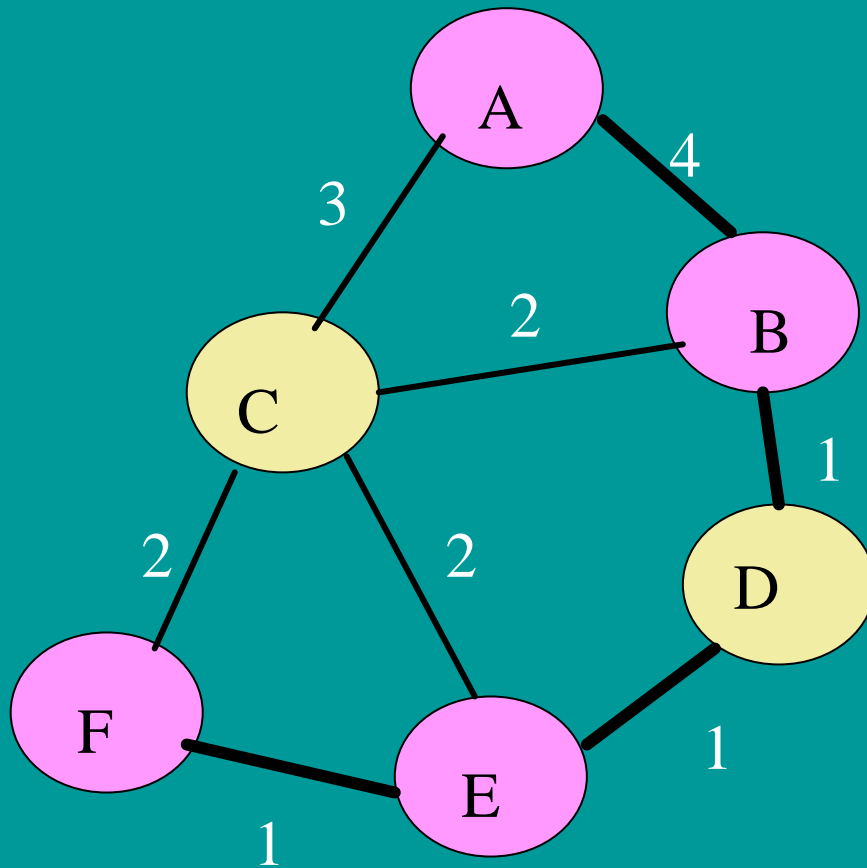
## Reititys käyttäen yhtä puuta koko ryhmälle

- **Löydettävä puu, joka yhdistää kaikki ryhmän reitittimet**
  - mukana myös muita reitittämiä
  - 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



•  
•  
•

## Pienimmän kustannuksen monilähetyspuu



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

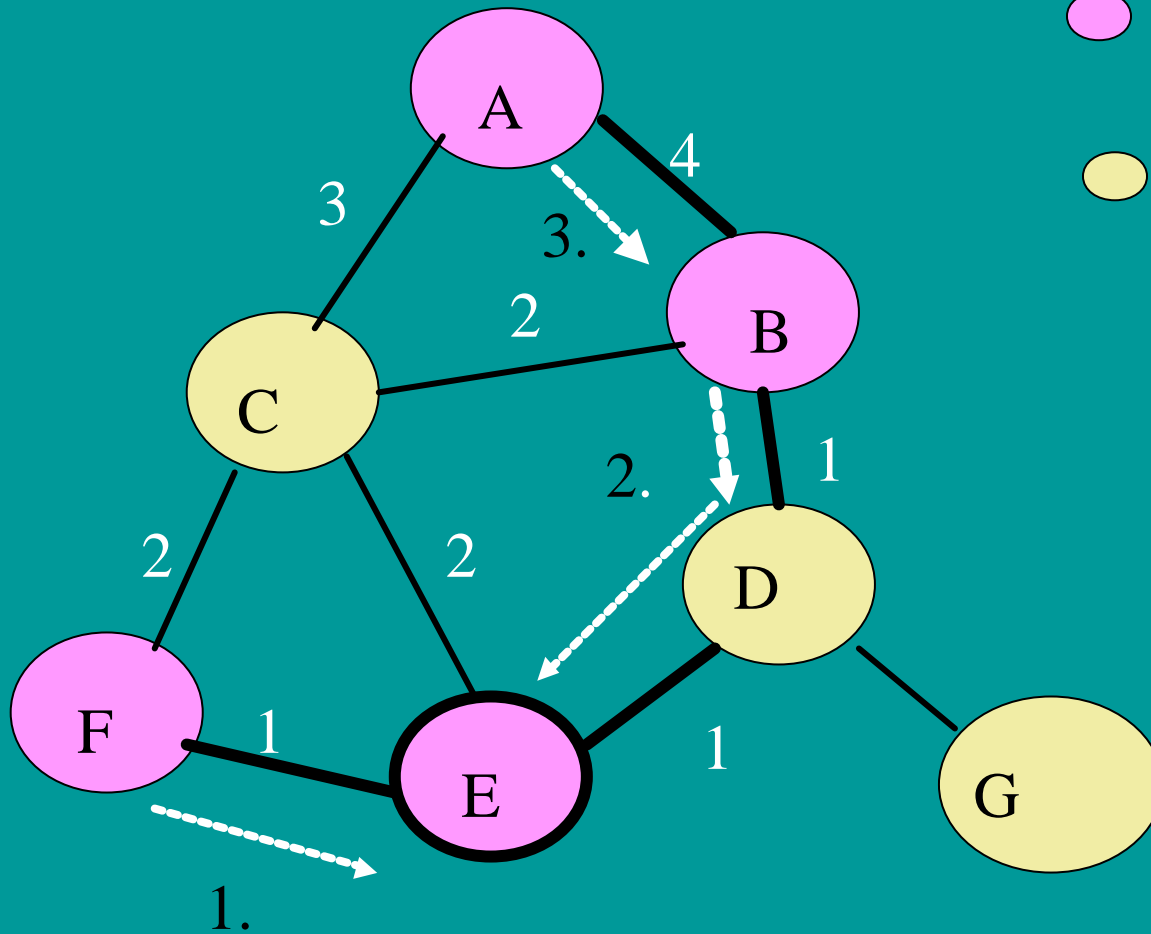
● C ja D:  
reitittimillä ei  
ole ryhmän  
jäseniä

- 
- 
- 

## 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

# Keskuspohjainen monilähetyspuu



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

•  
•  
•

## 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

- 
- 
- 

# Reverse path forwarding -algoritmi

- **idea**

- tuliko paketti portista, josta normaalisti lähetetään paketin aloittaneelle solmulle?

- jos tuli, paketti kopioidaan kaikkiin muihin portteihin
    - jos ei tullut paketti tuhoetaan kaksoiskappaleena

- **edut**

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

# 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)
  - etäisyysvettori 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
    - kun kaikki reitittimet ilmoittavat, etteivät enää ole kiinnostuneita

# Muita

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

- 
- 
- 

## 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