

• Yhden AS:n sisällä

- reitittimet käyttävät samaa reititysprotokollaa (intra-AS protocol)
 - OSPF, RIP,...
- kukin reititin tuntee kaikki muut tämän AS:n reitittimet ja saa niiltä reititystietoja
- tietää mikä reititin tai mitkä reitittimet (gateway router) hoitavat liikenteen muihin AS:iin
 - AS:n yhdysreitittimet

• AS:ien välillä

- yhdysreitittimet vaihtavat reititystietoja eri AS:ien välillä
- käyttäen toisenlaista reititysprotokollaa (inter-AS protocol)
 - esim. BGP (Border Gateway Protocol)

4 reititintyyppiä

• sisäinen reititin

- alueen sisäisiä

• alueen reunareititin

- sekä alueessa että runkolinjassa

• runkolinjareititin

- runkolinjaan kuuluvia

• AS:n yhdysreititin

- runkolinjan reititin, joka on yhteydessä muiden AS:ien reitittämiin

10/10/2002

41

AS:ien alueet

• Monet AS:t ovat usein hyvin laajoja

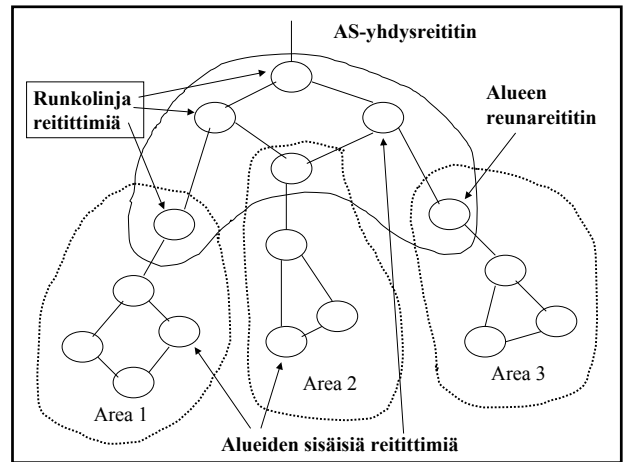
- => voidaan jakaa alueiksi (areas)
 - verkko tai verkkojoukko
 - alueen ulkopuolella sen topologia ei näy
 - jokainen alue laskee omat reititystietonsa
 - sama algoritmi, mutta eri kopio ja eri tilatiedot

• jokaisessa AS:ssä runkolinja-alue

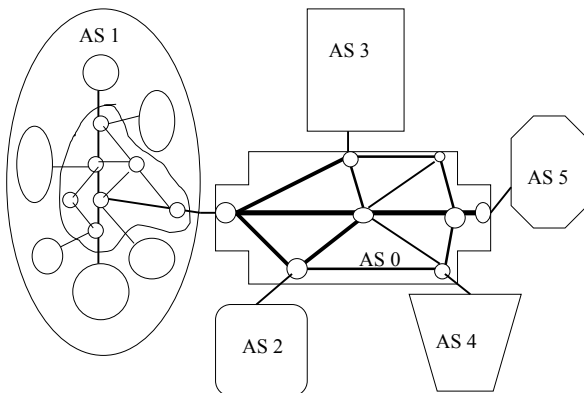
- **alue 0**
- kaikki alueet kiinni runkolinjassa ja liikenne alueelta toiselle käy aina runkolinjan kautta

10/10/2002

39



Iso AS voi koostua useasta alueesta.



• toiminnassa tarvitaan kolmenlaisia reittejä

- alueen sisäisiä
 - reititin itse tietää lyhyimmän reitin
- alueiden välisiä
 - alueiden väliset reitit kulkevat **aina runkolinjaa pitkin**
 - reititin tietää lyhyimmän reitin runkolinjaan
 - runkolinjan reitittimet tietävät reitin AS:n jokaiseen alueeseen
- AS:ien välisiä
 - Näistä huolehtivat AS-yhdysreitittimet
 - esim. BGP-protokollalla
 - AS-yhdysreitittimet tietävät reitin muihin AS:iin
 - yleensä AS-runkolinjan kautta

Reitittimien toiminta

- **Alueen sisällä kaikilla reitittimillä**
 - sama linkkitilietokanta
 - sama lyhimmän polun algoritmi
 - reititin laskee lyhimmän polun kaikkiin muihin alueen reitittämiin
- **Alueiden välillä**
 - reitittimillä on useita kopioita samasta reititys algoritmista
 - yksi kutakin aluettaan varten

10/10/2002

44

runkoverkon reititin lisäksi

- saa alueiden reunareitittimiltä tietoja, joista laskee parhaat reitit runkoverkon reitittimistä kaikkiin muihin reitittämiin
- palauttaa tiedot reunareitittimille, jotka levittävät ne alueensa sisäisille reitittimille
- **alueen sisäinen reititin**
 - reititys alueen sisällä
 - alueiden välillä => sopiva runkoverkon reititin

10/10/2002

47

AS:ien välillä

- AS:eissä voidaan käyttää erilaisia reititysprotokollia
 - linkkitilareititystä tai etäisyysvektorireititystä
 - eri metriikat
 - erilaiset tavat kerätä ja vaihtaa tietoja
 - tarvitaan jokin yhteinen reititysprotokolla, jolla yhdysreitittimet voivat vaihtaa reititystietoja
 - esim. BGP

10/10/2002

45

AS:n rajareititin

- vaihtaa reititystietoja muiden AS:ien rajareitittimien kanssa
- välittää muille reitittimille
- AS:ien välillä käyttää BGP-reititystä

10/10/2002

48

Reitittimien toiminta

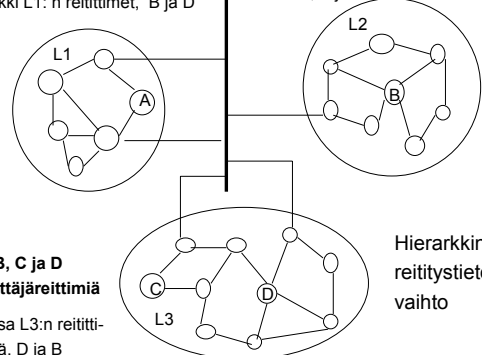
- **reititin**
 - kertoo tulvittamalla alueensa kaikille muille reitittimille
 - naapurinsa
 - kustannustiedot (kolme erilaista)
 - joko suoraan tai välittäjäreitittimien avulla
 - muodostaa etäisyysverkon ja laskee lyhimät reitit
 - alueensa /alueittensa sisällä

10/10/2002

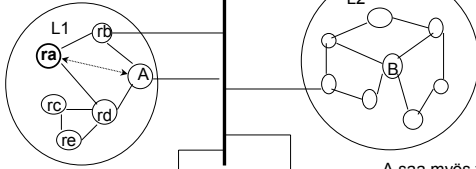
46

A:n vierekkäiset reitittimet:
kaikki L1: n reitittimet, B ja D

B:n viereiset reitittimet: kaikki L2:n
reitittimet, A ja C



ra mittaa etäisyydet naapureihinsa
rb:hen ja rd:hen ja lähettää tiedot
A:lle



A saa tiedot etäisyyksistä
kaikilta L1:n reitittimiltä
ja välittää tiedot
muille =>
ra osaa laskea
etäisyydet muihin
L1:n reittimiin

E on AS-yhdysreititin, joka
tietää reitit muihin AS:iin

A saa myös tiedot
muiden alueiden
etäisyyksistä B:lta
ja D:lta
=>> ra:lle =>
ra tietää kumpaa
reitittintä rb vai rd
tulee kulloinkin
käyttää

BGP (jatkuu)

- **pohjimmiltaan etäisyysvektoriprotokolla**
 - polkuvektori
 - tallettaa kunkin reitin koko polun
 - ei kustannustietoja, vaan polulla olevat AS:t
 - havaitaan mahdolliset silmukat!
 - kertoo naapureilleen käyttämänsä reitin
 - hylkää itsensä kautta kulkevat reitit, jotta ei synny silmukoita
 - keino välittää reitti-informaatioita
 - ei määrää, kuinka reiteistä valitaan oikea reitti
 - kukin AS voi valita reittinsä, miten haluaa

10/10/2002

53

Internet

- on kokoelma ‘itsenäisiä’ aliverkkoja eli autonomisia järjestelmiä (AS, Autonomous System)
 - yli 700 AS:ää 1994
- joita yhdistää runkolinjat
- AS:n sisällä IGP (Interior Gateway Protocol)
 - OSPF tai RIP
- alueiden välillä EGP (Exterior Gateway Protocol)
 - BGP (Border Gateway Protocol)

10/10/2002

51

• BGP näkee verkon joukkona AS:iä

- jokaisella AS:illa oma tunnus (ASN)
- reitittimellä on reititystaulussaan reittejä sen tuntemiin AS:iin
 - esim. AS X:ään , Y:hyn ja Z:aan
 - B D F X
 - B G I K X
 - F C A H P Y
 - S Y
 - E C A Z

10/10/2002

54

BGP (Border Gateway Protocol) (RFC 1771)

• AS:ien välillä

- otettava huomioon eri AS:ien politiikat
 - AS:ien sisällä tärkeintä **tehokkuus**
 - AS:ien välillä toimintapolitiikka
 - kieltoja tai suosituksia reitittää tiettyjen AS:ien kautta
- politiikat manuaalisesti BGP-reitittimiin
 - hyvin erilaisia sääntöjä: politiikka, turvallisuus, taloudellisuus
 - ‘Kanadasta Kanadaan ei saa lähettää USA:n kautta.’
 - ‘AS xyz ei hyväksy transit-liikennettä.’
 - ‘Pentagonista lähteviä paketteja ei reititetä Irakin kautta.’
 - ‘Viikonloppuisin käytetään reittiä abc.’

10/10/2002

52

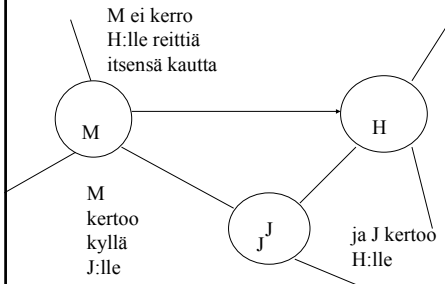
BGP:n toiminta

- **reitti-ilmoitusten vastaanottaminen naapureilta** (‘lupauksia’)
 - silmukoiden poistaminen
 - ei-toivotut AS:t
- **reitin valinta**
 - reititysmekanismi ⇔ reitityspolitiikka
 - politiikkaratkaisut hallinnon asia
- **Reitti-ilmoitusten lähettäminen naapureille**
 - Mitä kellekin ilmoitetaan

10/10/2002

55

Reittien salaaminen



10/10/2002

56

I-BGP

- Edellä esitelty E-BGP (External-BGP)
- Tarvitaan myös I-BGP (Internal-BGP)
 - Kertoo AS:n sisällä reitit muihin AS:iin
 - Voidaan toteuttaa myös oletusreiteillä
 - I-BGP:t AS:n sisällä toistensa 'naapureita'
 - = vaihtavat tietoja keskenään
 - Rajoituksia sille, mitä reittejä saa ilmoitella muille

10/10/2002

59

BGP-sanomat

- **OPEN**
 - 'esittelysanoma': tunnus + autentikointitiedot (vrt. OSPF:n Hello) ja ajastintietoja
- **KEEPALIVE**
 - lähettäjä 'elossa', mutta sillä ei ole mitään lähetettävää
 - toimii myös kuittauksena OPEN-sanomalle
- **UPDATE**
 - ilmoitetaan uusia reittejä ja poistetaan vanhoja
- **NOTIFICATION**
 - ilmoitus virheestä
 - ilmoitus BGP-istunnon lopettamisesta

10/10/2002

57

Monilähetysreititys

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

10/10/2002

60

- **Sanomien lähettämiseen käytetään TCP:tä**
 - ruuhkavalvonta, hidas aloitus
 - sanomille korkea prioriteetti
 - muospäivitykset = lähetetään vain muutokset
- **Reittien valinta**
 - arvioidaan reitit: 'local preference' -metric
 - kielletyt AS:t
 - epävarmat tai saavuttamattomat yhteydet
 - polun AS:ien määrä jne.
 - valitaan sopivin reitti
 - ilmoitetaan paras reitti AS:n muille reitittimille

- **paketti monelle vastaanottajalle**

- useita kaksipistelähetystyyppejä: kaikille oma paketti
- tulvitus
- multidestination 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

Monilähetys

• Monilähetysryhmä

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

• Monilähetysten reitittäminen

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

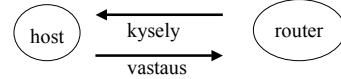
10/10/2002

62

IGMP:n toimintaperiaate

• kysely/vastaus

- monilähetysreitittimet 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



10/10/2002

65

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

10/10/2002

63

IGMP-sanomat

• Membership query

- general: mihin ryhmään 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

10/10/2002

66

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

10/10/2002

64

IGMP-sanoma

Type	max. response time	checksum
Multicast Group Address		

Type = mikä sanoma kyseessä

max. response time = maksimivastausaika kyselyissä

Checksum = taskistussumma

Multicast Group Address = monilähetysryhmän osoite

10/10/2002

67

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

10/10/2002

68

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

10/10/2002

69