

OSPF:n toiminta

• reititystietojen vaihto

- linkkilaviestejä säännöllisin väliajoin ja topologian muuttuessa
 - viestit tulvitetaan, viestit numeroidaan, viestit kuitataan
- viestit ohjataan valitulle (designed) välittäjäreitittimelle
 - kommunikoi LAN:n tai alueen muiden reitittimien kanssa; kerää tiedot ja välittää ne eteenpäin
 - jokainen reititin ei lähetä jokaiselle, vaan omalle välittäjäreitittimelleen

9.11.2001

• vähentää viestien määrää: $n(n-1)/2 \implies 2(n-1)$, jos $n = 20$,
niin $20*19/2 = 190$ ja $2*19 = 38!$ 29

Välittäjäreititin

• Välittäjä valitaan Hello-protokollalla

• välittäjäreititin vähentää tulvituspaketteja

- riittää ensin lähettää monilähetyksenä välittäjäreitittimille
 - osoite 224.0.0.6=> kaikille välittäjäreitittimille
- tarvittaessa välittäjäreititin monilähettää kaikille OSPF-reitittimille (224.0.0.5)
- Entä, kun välittäjäreititin kaatuu?
 - valitaan myös varavälittäjä, joka vastaanottaa monilähetykset, mutta ei vastaa mihinkään
 - välittäjän kaatuminen havaitaan Hello-protokollalla

9.11.2001

30

- o
- o
- o

OSPF-sanomat

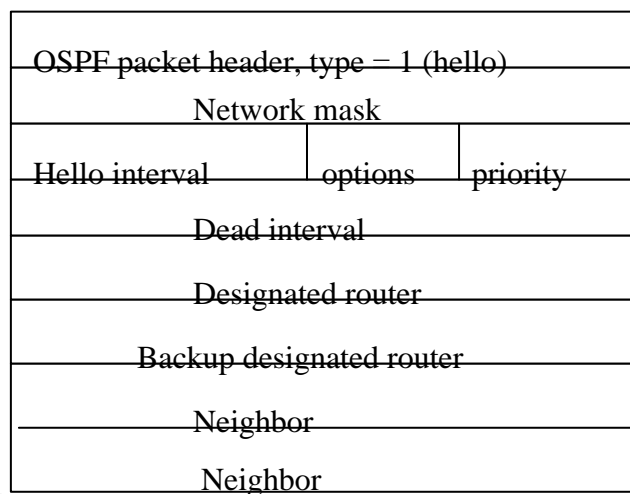
- **hello**
 - naapurien selvillesaaminen
- **link state update**
 - omien linkkikustannusten lähettäminen
- **link state ack**
 - vastaanotettujen linkkikustannusten kuittaus
- **database description**
 - tietokannan ajantasaisuuden selvittäminen
- **link state request**
 - toisen linkkikustannusten kysyminen

9.11.2001

31

- o
- o
- o

Hello-paketti



9.11.2001

32

- o
- o
- o

Hello-paketin kentät

- **Network mask = liitännäkortin aliverkkomaski**
- **Hello interval = hello-sanomien lähetysväli**
- **Options:**
 - T-bitti => TOS-reitityskykyinen
 - E-bitti = ulkoisten reittien vastaanotto ja lähetys
- **Priority: reitittimen prioriteetti 0-255**
 - välittäjäksi korkeimman prioriteetin reititin;
 - jos sama arvo usealla, niin suurin ID-numero valitaan
- **Dead interval**
 - jos tässä ajassa ei tule hello-sanomaa, merkitään 'kuolleiden' listaan

9.11.2001

33

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

- o
- o
- o

Hello-paketin kentät jatkuvat

- **Designated router**
- **Backup designated router**
 - reititin ilmoittaa haluavansa toimia välittäjäreitittimenä tai varavälittäjäreitittimenä
 - valintaa suoritetaan jatkuvasti ja joka hello-sanomassa
 - reititin muistaa, ketkä ilmoittautuneet välittäjiksi

9.11.2001

34

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

- o
- o
- o

Hierarkkinen reititys

- **reitityksen skaalautuvuus**

- isossa verkossa runsaasti reitittämiä
 - reititystaulut suuria
 - reittien laskeminen raskasta
 - tietopaketit kuluttavat linjakapasiteettia

- **hierarkiaa**

- jaetaan verkko ja sen reitittimet autonomisiin osiin
 - AS (autonomous system)
 - yritysten ja organisaatioiden omat verkot
 - “A set of routers and networks under the same administration.”
 - Kullakin AS:llä on oma 16-bittinen AS-numero.

9.11.2001

35

- o
- o
- o

Hierarkkisen reitityksen ongelmat

- **reitien pituus kasvaa**

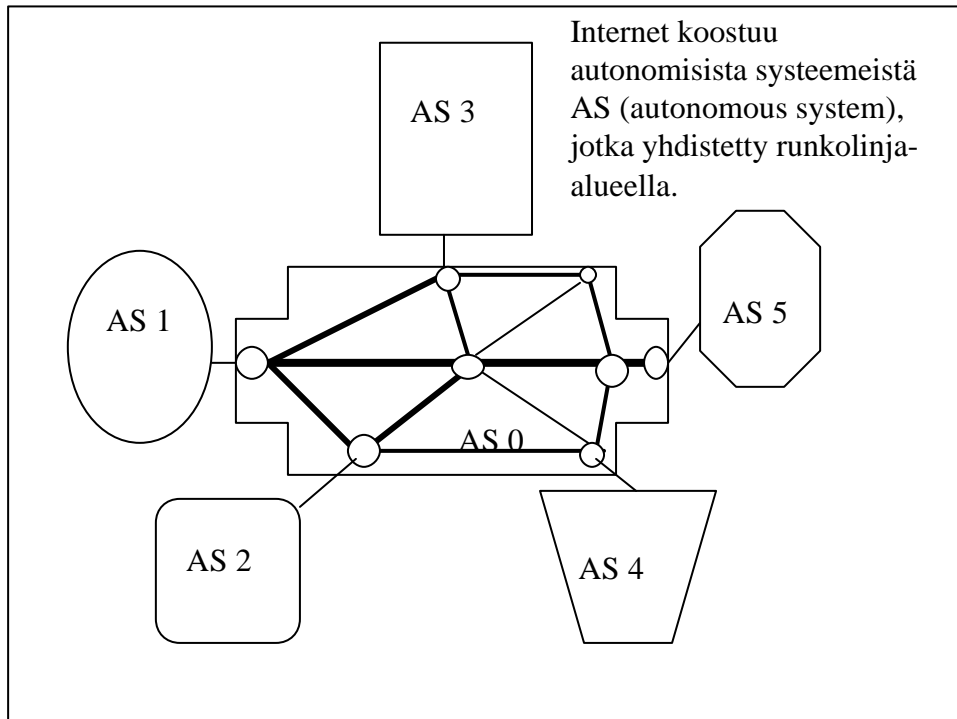
- aina ei voida käyttää optimaalista reittiä
- yleensä siedettävä

- **hierarkiatasojen määrä**

- suorituskyky
- hallinto

9.11.2001

36



- **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)

o
o
o

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**

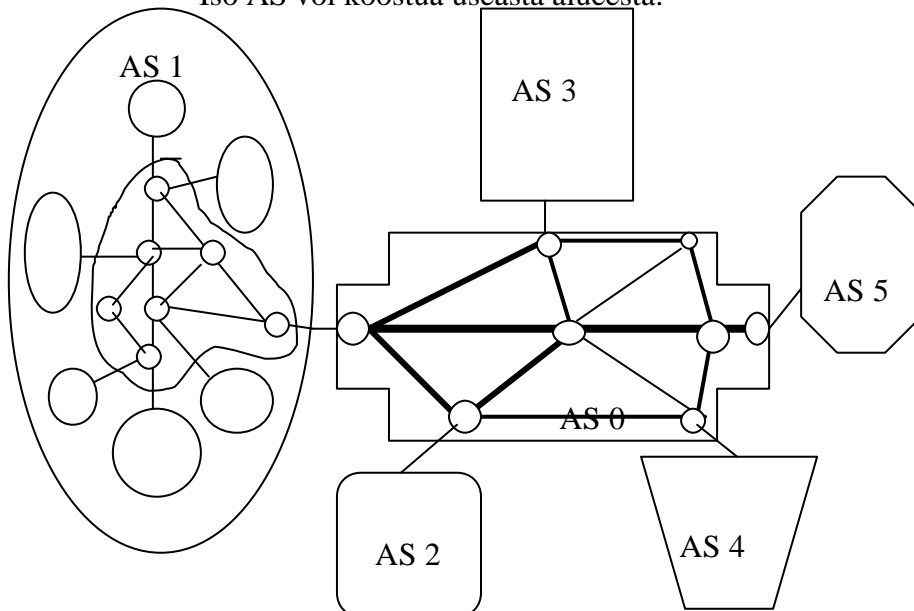
- kaikki alueet kiinni runkolinjassa ja liikenne alueelta toiselle käy aina runkolinjan kautta

9.11.2001

39

o o o o o o o o

Iso AS voi koostua useasta alueesta.

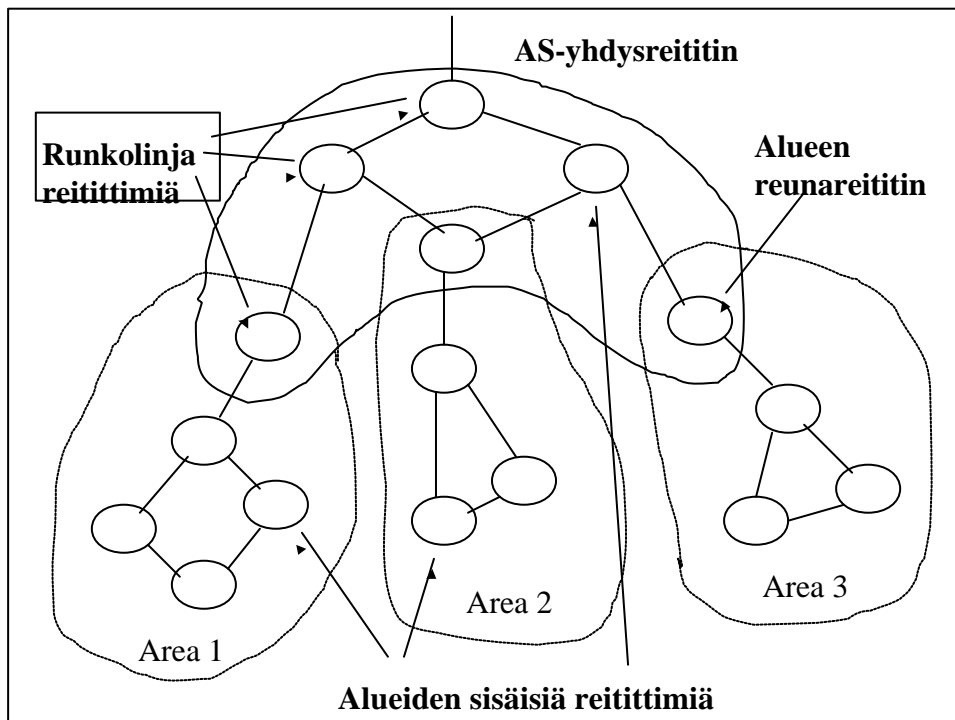


4 reitintyyppiä

- **sisäinen reititin**
 - alueen sisäisiä
- **alueen reunareititin**
 - sekä alueessa että runkolinjassa
- **runkolinjareititin**
 - runkolinjaan kuuluvia
- **AS:n yhdysreititin**
 - runkolinjan reitin, joka on yhteydessä muiden AS:ien reitittämiin

9.11.2001

41



- **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 reitittimiin
- **Alueiden välillä**
 - reitittimillä on useita kopioita samasta reititys algoritmista
 - yksi kutakin aluettaan varten

- o
- o
- o

• 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

9.11.2001

45

- o
- o
- o

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

9.11.2001

46

- o
- o
- o

• **runkoverkon reititin lisäksi**

- saa alueiden reunareitittimiltä tietoja, joista laskee parhaat reitit runkoverkon reitittimistä kaikkiin muihin reitittimiin
- palauttaa tiedot reunareitittimille, jotka levittävät ne alueensa sisäisille reitittimille

• **alueen sisäinen reititin**

- reititys alueen sisällä
- alueiden välillä => sopiva runkoverkon reititin

9.11.2001

47

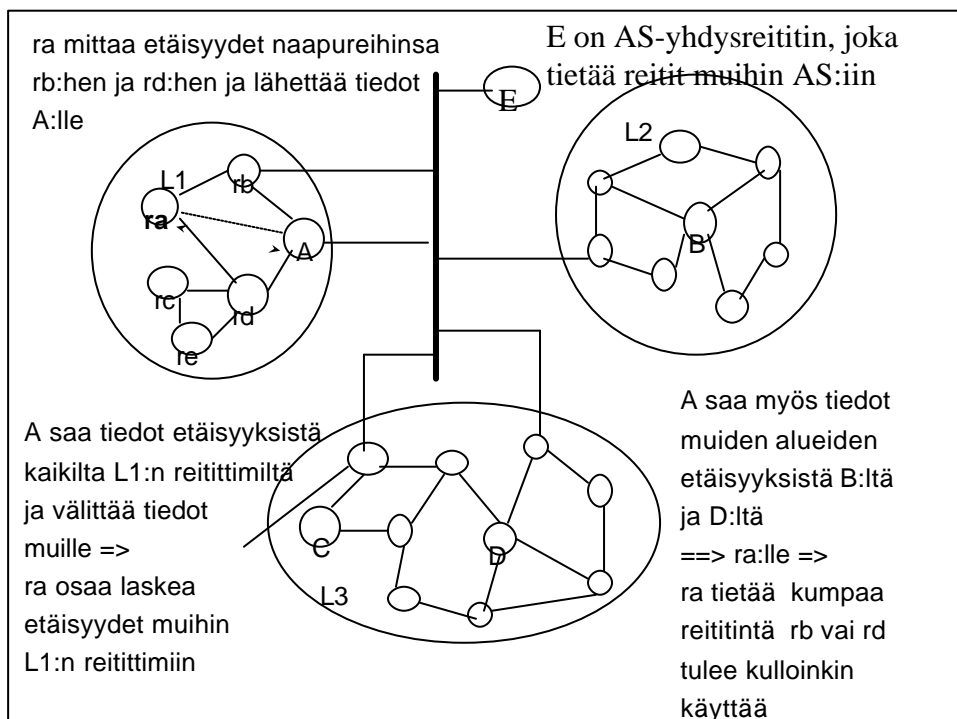
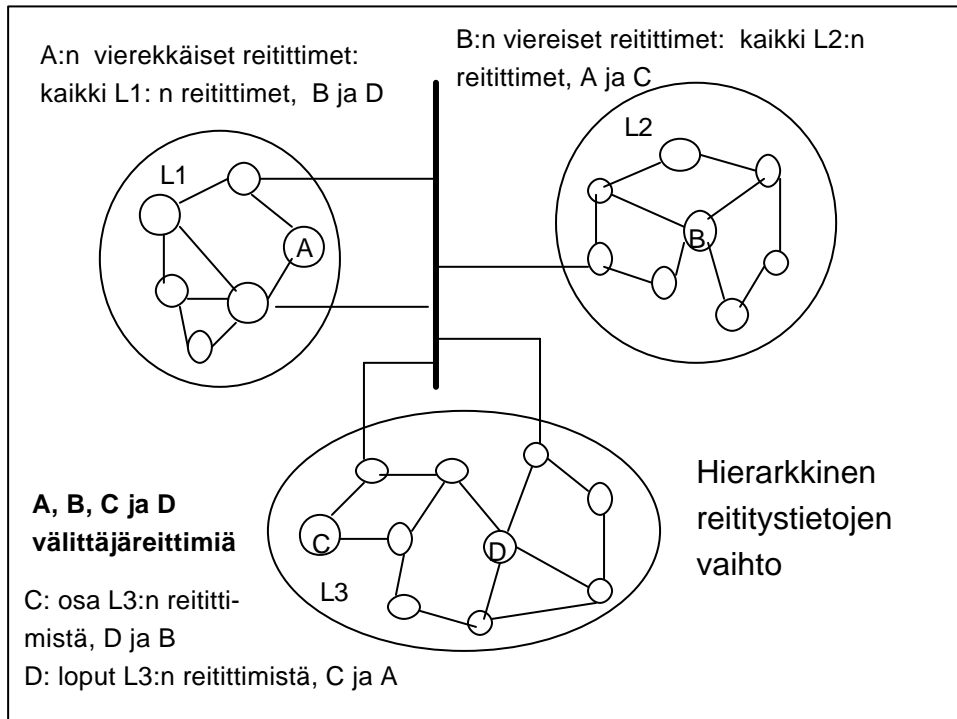
- o
- o
- o

• **AS:n rajareititin**

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

9.11.2001

48



- o
- o
- o

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)

9.11.2001

51

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

- o
- o
- o

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.’

9.11.2001

52

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

BGP (jatkuu)

- **pohjimmiltaan etäisyysvektori-protokolla**
 - **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

9.11.2001

53

• **BGP näkee verkon joukkona AS:iä**

- jokaisella AS:lla oma tunnus
- 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

9.11.2001

54

- o
- o
- o

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-sanamalle

- **UPDATE**

- ilmoitetaan uusia reittejä ja poistetaan vanhoja

- **NOTIFICATION**

- ilmoitus virheestä
- ilmoitus BGP-istunnon lopettamisesta

9.11.2001

55

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

- **Sanomien lähettämiseen käytetään TCP:tä**

- ruuhkavalvonta, hidas aloitus
- sanomille korkea prioriteetti
- muutospäivitykset = 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

- 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

9.11.2001

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