

OSPF:n toiminta

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

9.11.2001

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 monilähetyksiä, mutta ei vastaa mihinkään
 - välittäjän kaatumisen havaitaan Hello-protokollalla

9.11.2001

30

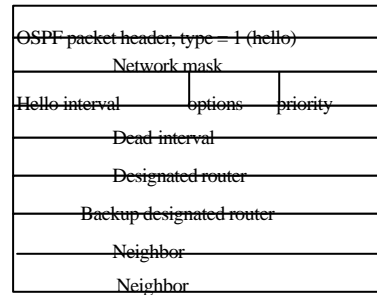
OSPF-sanomat

- **hello**
 - naapurien selville saaminen
- **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

Hello-paketti



9.11.2001

32

Hello-paketin kentät

- **Network mask = liitäntäkortin 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

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

Hierarkkinen reititys

- **reitityksen skaalautuvuus**
 - isossa verkossa runsaasti reitittimiä
 - reititystaulut suuria
 - reittien laskeminen raskasta
 - tietopaketit kuluttavat linjakapasiteettia
- **hierarkkia**
 - 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

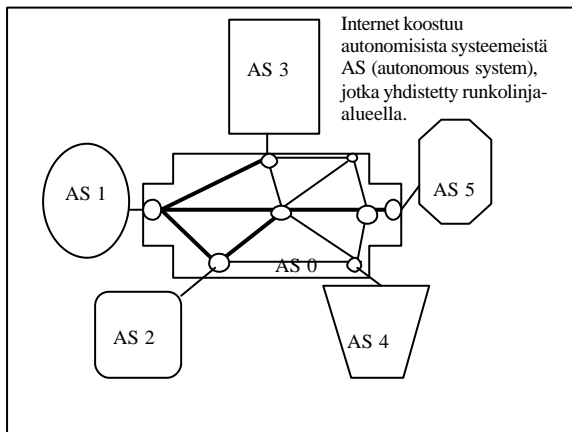
35

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)

AS:ien alueet

• Monet AS:t ovat usein hyvin laajoja

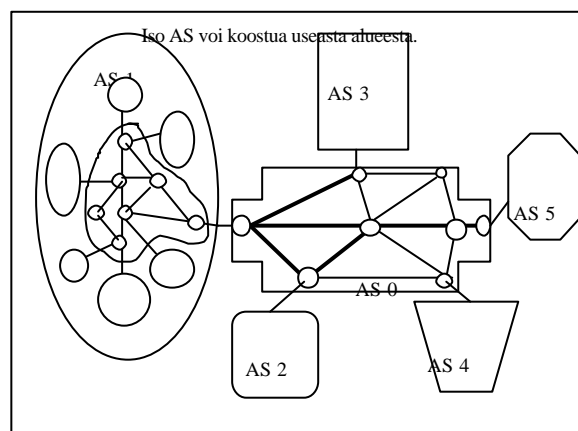
- => voidaan jakaa alueiksi (areas)
 - verkko tai verkkojoukko
 - alueen ulkopuolella sen topologia ei näy
 - jokainen alue laskee omat reititystietonsa
 - sama algoritmi, mutta eri kopio ja eri tilatiedot

• jokaisessa AS:ssä runkolinja-alue

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

9.11.2001

39

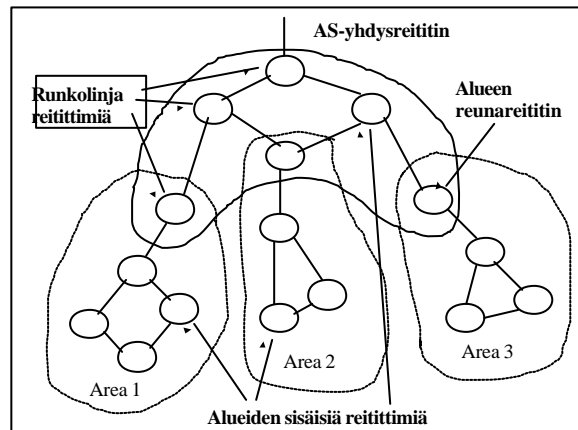


4 reitintyyppiä

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

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 lyhyimmän polun algoritmi
- reititin laskee lyhyimmän polun kaikkiin muihin alueen reitittimiin
- **Alueiden välillä**
 - reitittimillä on useita kopioita samasta reititys algoritmista
 - yksi kutakin aluettaan varten

9.11.2001

44

• AS:ien välillä

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

9.11.2001

45

Reitittimien toiminta

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

9.11.2001

46

- **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

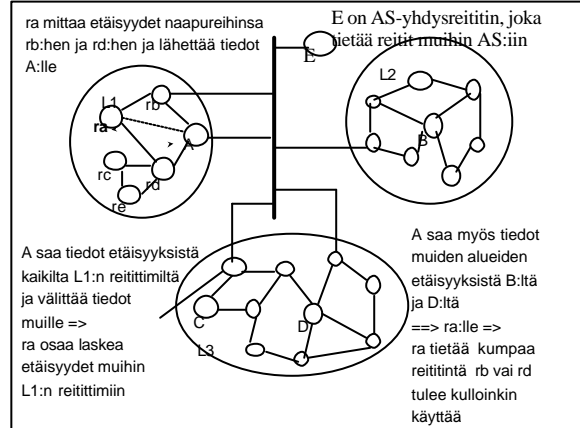
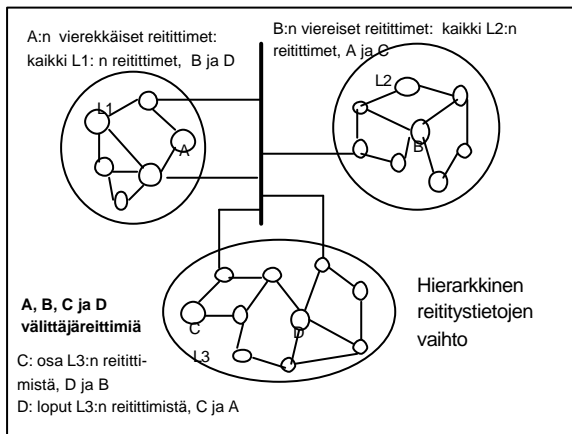
47

- **AS:n rajareititin**

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

9.11.2001

48



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

BGP (Border Gateway Protocol) (RFC 1771)

- **AS:ien välillä**

- otettava huomioon eri AS:ien politiikat
 - AS:ien sisällä tärkeintä **tehokkuus**
 - AS:ien välillä toiminta**politiikka**
 - 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 lähtevä paketteja ei reititetä Irakin kautta.'
 - 'Viikonloppuisin käytetään reittiä abc.'

9.11.2001

52

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 reitinsä, 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

BGP-sanomat

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

9.11.2001

55

• 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

Monilähetysreititys

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

9.11.2001

57

• paketti monelle vastaanottajalle

- useita kaksipistelähetyskiä: 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)
 - estimoitua virittävää puuta