

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 $20 \cdot 19 / 2 = 190$ ja $2 \cdot 19 = 38!$

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 monilähetykspaketteja, mutta ei vastaa mihinkään
 - välittäjän kaatuminen havaitaan Hello-protokollalla

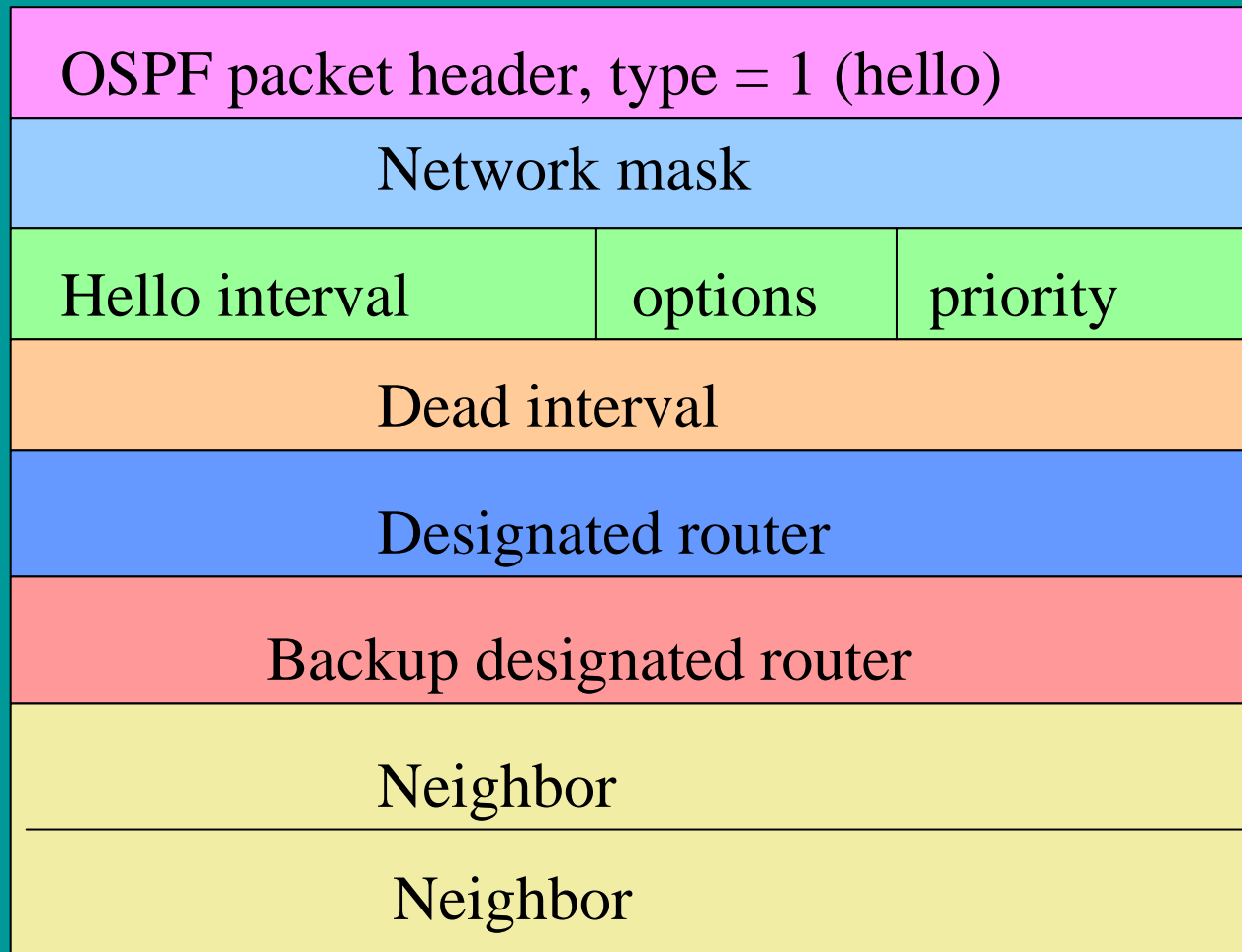
-
-
-

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

-
-
-

Hello-paketti



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

•
•
•

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

•
•
•

Hierarkkinen reititys

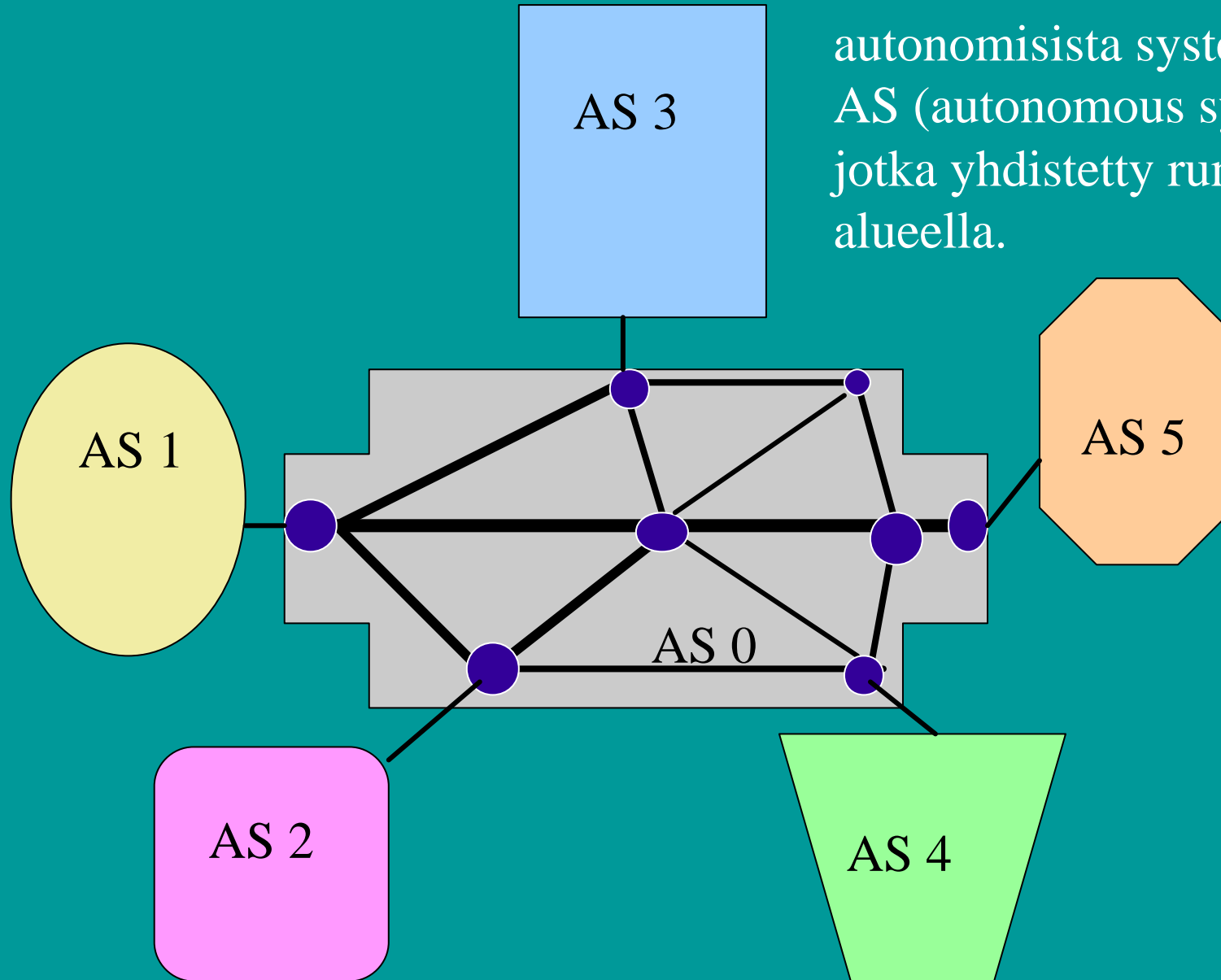
- **reitityksen skaalautuvuus**
 - isossa verkossa runsaasti reitittämiä
 - reititystaulut suuria
 - reittien laskeminen raskasta
 - tietopaketit kuluttavat linjakapasiteettia
- **hierarkiaa**
 - jaetaan verkko ja sen reitittimet autonomisiin osiin
 - AS (autonomous system)
 - yritysten ja organisaatioiden omat verkot
 - “A set of routers and networks under the same administration.”
 - Kullakin AS:llä on oma 16-bittinen AS-numero.

-
-
-

Hierarkkisen reitityksen ongelmat

- **reitien pituus kasvaa**
 - aina ei voida käyttää optimaalista reittiä
 - yleensä siedettävä
- **hierarkiatasojen määrä**
 - suorituskyky
 - hallinto

Internet koostuu
autonomisista systeemeistä
AS (autonomous system),
jotka yhdistetty runkolinja-
alueella.

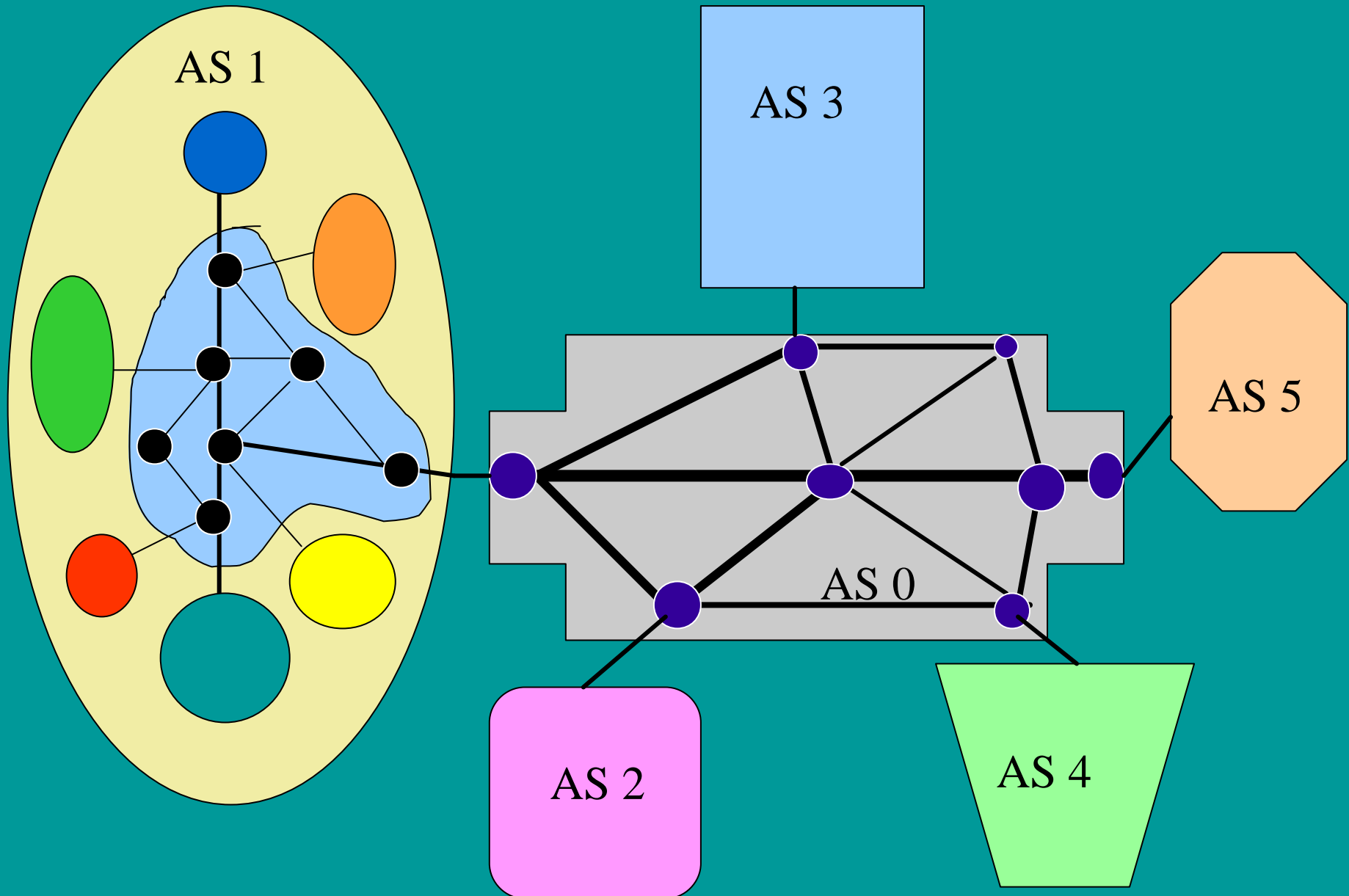


- **Yhden AS:n sisällä**
 - reitittimet käyttävät samaa reititysprotokollaa (intra-AS protocol)
 - OSPF, RIP,...
 - kukin reititin tuntee kaikki muut tämän AS:n reitittimet ja saa niiltä reititystietoja
 - tietää mikä reititin tai mitkä reitittimet (gateway router) hoitavat liikenteen muihin AS:iin
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

Iso AS voi koostua useasta alueesta.



-
-
-

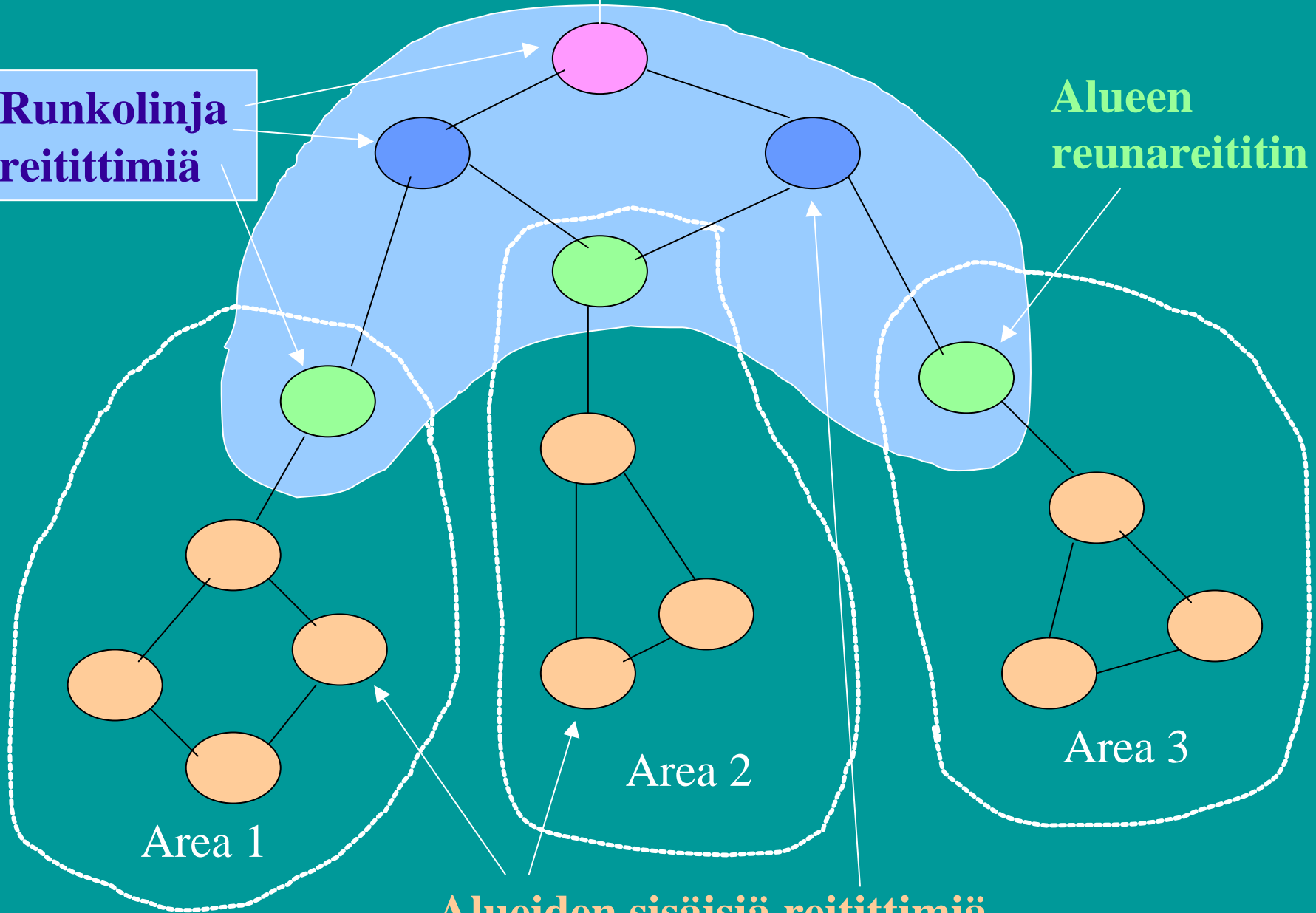
4 reitintyyppiä

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

AS-yhdysreititin

Runkolinja
reitittimiä

Alueen
reunareititin



Alueiden sisäisiä reitittimiä

- **toiminnassa tarvitaan kolmenlaisia reittejä**
 - alueen sisäisiä
 - reitin itse tietää lyhyimmän reitin
 - alueiden välisiä
 - alueiden väliset reitit kulkevat **aina runkolinjaa pitkin**
 - reitin 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 linkkitilatietokanta
 - 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

-
-
-

- **AS:ien välillä**

- AS:eissä voidaan käyttää erilaisia reititysprotokollia

- linkkilareititystä tai etäisyysvektorireititystä

- eri metriikat

- erilaiset tavat kerätä ja vaihtaa tietoja

- tarvitaan jokin yhteinen reititysprotokolla, jolla yhdysreitittimet voivat vaihtaa reititystietoja

- esim. BGP

Reitittimien toiminta

- **reititin**

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

-
-
-

- **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**

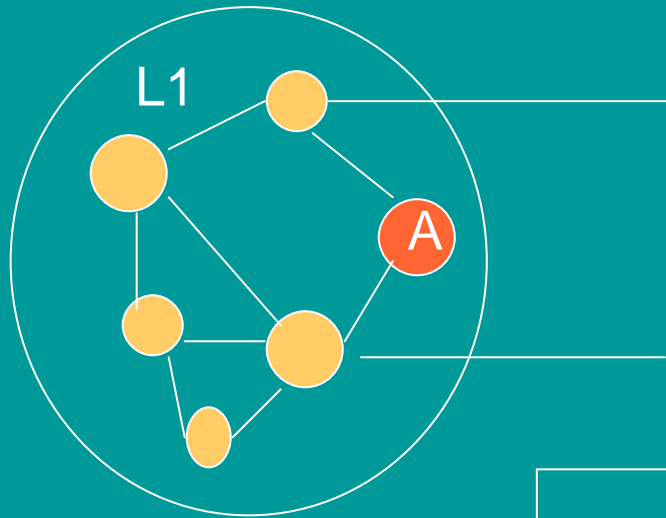
- reititys alueen sisällä
- alueiden välillä => sopiva runkoverkon reititin

-
-
-

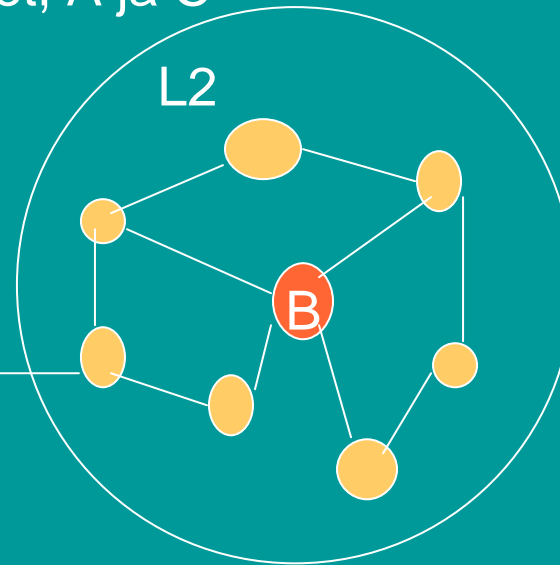
• AS:n rajareititin

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

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



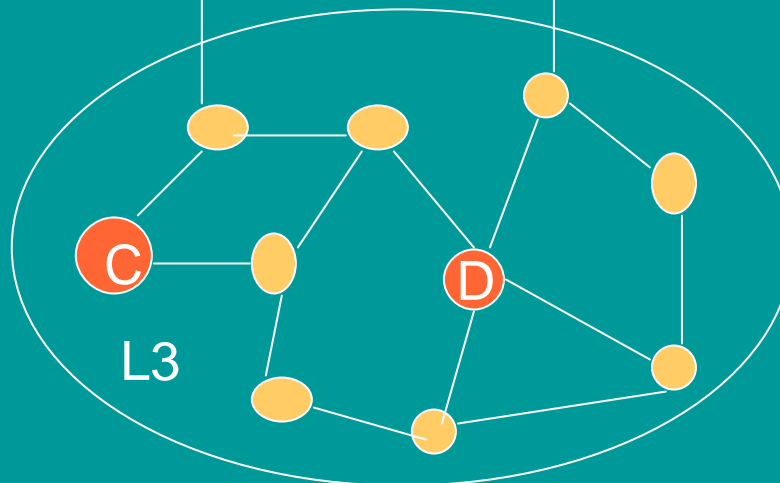
B:n viereiset reitittimet: kaikki L2:n
reitittimet, A ja C



A, B, C ja D
välittäjäreitimiä

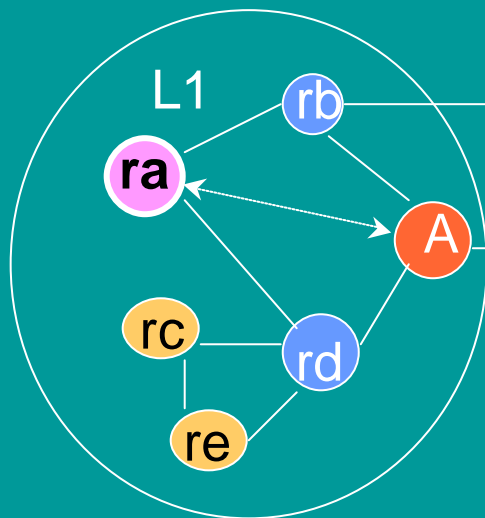
C: osa L3:n reitittimistä, D ja B

D: loput L3:n reitittimistä, C ja A



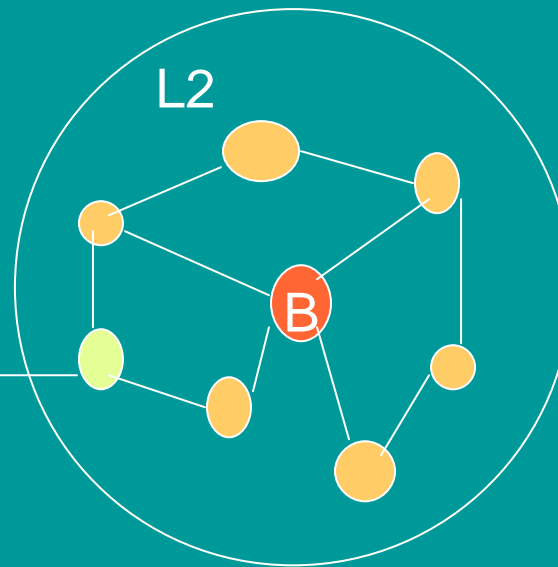
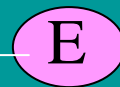
Hierarkkinen
reititystietojen
vaihto

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

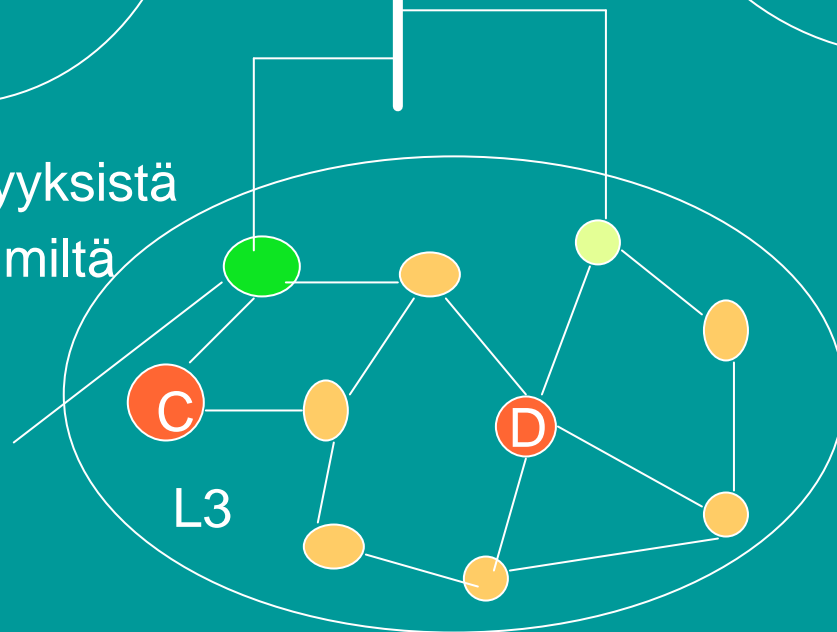


A saa tiedot etäisyyksistä
kaikilta L1:n reitittimiltä
ja välittää tiedot
muille =>
ra osaa laskea
etäisyydet muihin
L1:n reitittimiin

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



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



-
-
-

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)

-
-
-

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 lähteviä paketteja ei reititetä Irakin kautta.’

- ‘Viikonloppuisin käytetään reittiä abc.’

-
-
-

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

-
-
-

- **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

-
-
-

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

- **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 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)
 - estimoi virittävää puuta