



## S-38.192 Verkkopalvelujen tuotanto

### Luento 11: Peering

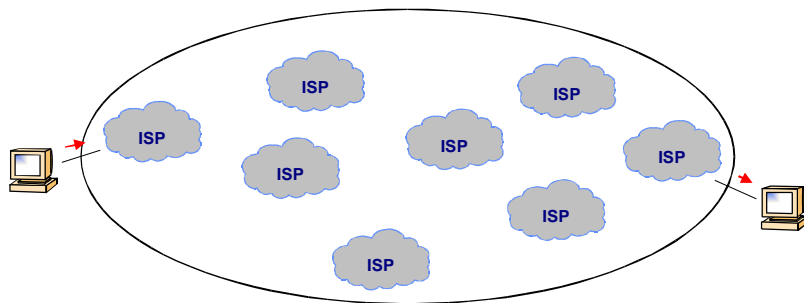


## Peering

- Operaattorien välinen yhdysliikenne välitetään tiettyjen sopimusten ja sääntöjen valossa
- Nämä sopimukset ovat joko
  - Tasavertaisia
  - Asiakassuhteisia
- Sopimusten sisältö kuvaa:
  - Siirrettävää informaatiota
  - Siitä saatavaa korvausta
  - Saavutettavia verkkoja

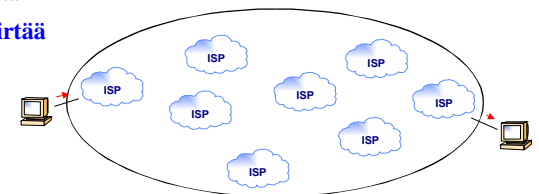


## Internet



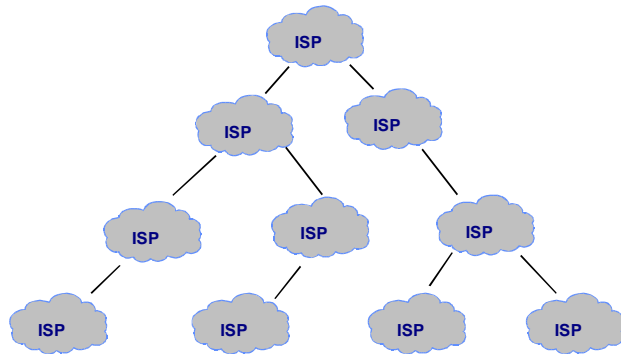
## Internet

- **Miten paketti löytää tiensä Internetin läpi ?**
  - Dynaamiset reititysprotokollat muodostavat strukturoidun kuvan koko Internetistä
    - Kuvan operaattoreiden välisistä sidonnaisuuksista
- **Miksi operaattorit haluavat siirtää toisten operaattoreiden asiakkaiden paketteja ?**
  - Taloudellinen hyöty !?
  - Vastavuoroisuus !?





## Hierarkkinen lähestymistapa

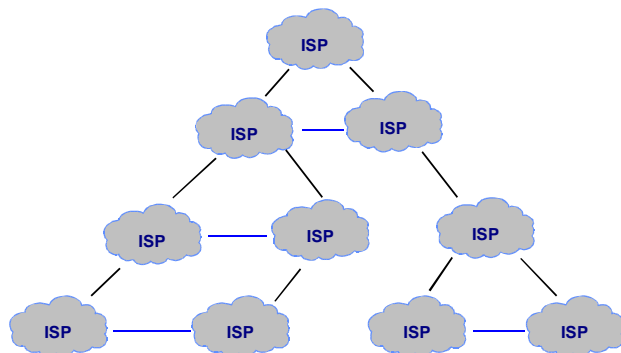


## Hierarkkinen lähestymistapa

- Perustuu strukturoituun ja säädeltyyn tapaan muodostaa asiakassuhteita
  - Voimassa puhelinverkko maailmassa
  - Palveluntarjoajat muodostavat ketjun asiakassuhteita, joissa toinen on aina asiakas ja toinen palvelun tarjoaja
  - Perustuu toiminta-alueen rajaukseen
    - Paikalliset operaattorit
    - Kaukoverkko-operaattorit
    - Kansainväliset operaattorit
  - Asiakassuhteessa rahavirta kulkee kohti huippua
    - Pohjalla rahavirtoja kerätään asiakkailta
    - Välitasot kuorivat kermat päältä



## Semihierarkkinen lähestymistapa



## Semihierarkkinen lähestymistapa

- Paikallisesti palveluntarjoajat kilpailevat keskenään mutta toisaalta niillä on tarve toimia yhdessä
  - On kummakin edun mukaista, että asiakkaat kykenevät kommunikoimaan keskenään ilman kolmatta tahoa
    - Ei kerman kuorintaa päältä
      - Suurempi marginaali
  - Vaatii
    - Yhdysliikenteen vaihtopistettä
    - Kahden välinen sopimus, jossa operaattorit ovat keskenään tasavertaisia
      - Ns nollasummapeliä
        - » Kumpikin hyötyy toisistaan suhteellisesti yhtä paljon
        - » Ei keskinäistä rahansiirtoa

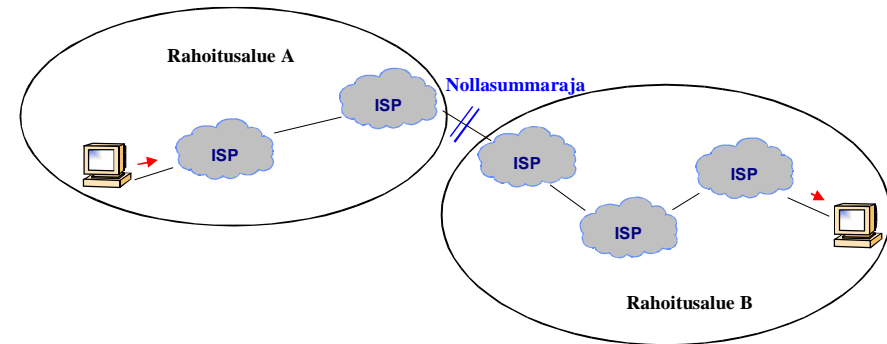


## Internet

- On luonnollisesti semihierarkinen
- Paikallisella tasolla operaattorit maksimoivat omaa tulostaan minimoimalla liikenteen, jossa he ovat asiakassuhteessa
  - Kustannusten minimoointia
- Sama rakenne on jokaisella hierarkiatasolla
- Näin ollen mielivaltaisen yhteyden kustannukset ovat jakautuneet lähettäjän ja vastaanottajan palveluntarjoajan keräämän kustannuksen kautta aina ns nollasummarajalle asti

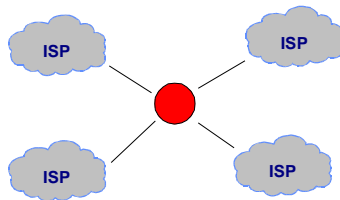


## Internet



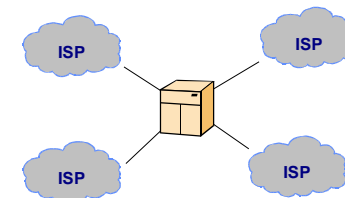
## Yhdysliikennepisteet

- Ovat aina enemmän tai vähemmän sopimusteknisiä ongelmia
- Teknologiselta kannalta kysymys on lähinnä miten haluamme **suojautua** toisilta operaattoreilta



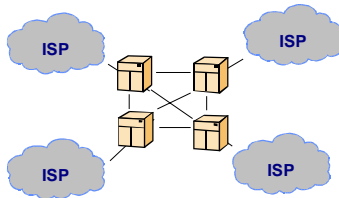
## Yhdysliikennepiste

- Jos yhdysliikennepiste on toteutettu yhden reitittimen kautta
  - Kahden välinen liikenne näkyy toisille operaattoreille
  - Reitit ovat (ilman erityisjärjestelyjä) kaikkien operaattoreiden kesken yhteiset
- **Monen väliset suhteet**



## Yhdysliikennepiste

- Jos jokainen operaattori tuo yhdysliikennepisteeseen oman reitittimen vapaudutaan rajoituksista, jotka yksittäisen reitittimen käyttö asettaa
  - Jokaisella omat politiikkansa ja reittinsä
- **Kahden väliset suhteet**



## Sisäiset reititysprotokollat

- Tehtävä
  - Muodostaa tarkan kuvan autonomisen alueen sisäisestä rakenteesta
    - Jokainen reititin ja linkki on kuvattu yhteiseen linkkitietokantaan
- Toiminta
  - Välittää topologista tietoa
    - Linkkitila algoritmi

## Ulkoiset reititysprotokollat

- Tehtävä
  - Keventää reititysprosessia eri autonomisten alueiden välillä poistamalla lokaalien muutosten aiheuttamat reittimuutokset muualla verkossa
    - Yksityiskohtaista tietoa autonomisten alueiden sisäisestä rakenteesta ei siirretä muille alueille
  - Mahdollistaa erilaisten politiikoiden käyttämisen lokaalin verkon reuna-alueilla
- Toiminta
  - Ei välitä topologista tietoa vaan saavutettavuus tietoa (ja siihen mahdollisesti liittyviä rajoitteita)
    - ~ Etäisyysvektori algoritmi

## BGP

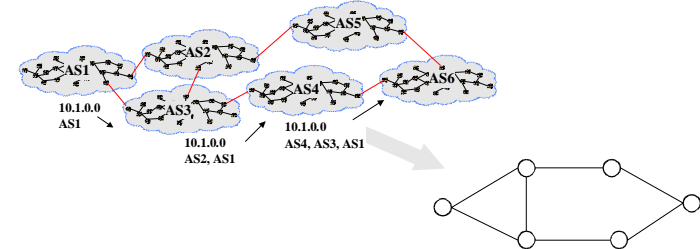
- **Border Gateway Protocol**
  - Nykyinen versio BGP-4
    - Virallinen määrittely RFC 1772 (1995)
  - Hyödyntää TCP:n palveluja reititysinformaation siirtoon
    - Sovellusportti 179
    - Informaation siirto varmistettua

## BGP

- Uuden verkon mainostaminen edellyttää kahden tyyppistä tietoa
  - **Polkuparametrit**, sisältävät tietoa
    - Reitti-ilmoituksen lähteestä
    - **Polkuvektorista**, joka sisältää kaikki ne AS:t, joiden kautta on kuljettu
      - Sarjana arvoja lähteestä käsin
      - Sarjana arvoja aggregoijasta käsin sekä joukkona sarjoja, jotka johtavat yksittäisiin aggregaatin osaverkkoihin
    - Reitittimestä, jonka kautta ko verkko on saavutettavissa
    - Preferenssistä, joka kyseiselle ilmoitukselle tulee antaa
    - Mahdollisesta aggregoinnista, joka ilmoitetulle verkolle suoritettiin
  - **Verkko-osoitteet**, jotka on saavutettavissa polkuvektorin toisesta päästä

## Polkuvektori

- Abstraktio vastaa tilanetta, jossa
  - Autonomiset alueet ovat yksittäisiä reitittimiä
  - Ulkoiset naapurussuhteet linkejä reitittimien välillä



## Polkuvektori

- Polkuvektori kuvaa reittiä (kauttakulkualueita), joka verkossa kuljetaan kahden pisteen välillä
  - Välitetään karkea kuva etäisyydestä kahden pisteen välillä
    - Muut kustannusarvot olisivat keinotekoisia, koska yhteenliitettyjen verkkojen sisäiset kustannustekijät ovat vaihtelevia
- Polkuvektori mahdollistaa nopean **silrukoiden havainnointi** ja purkamismenetelmän etäisyysvektorityyppiseen toimintaan
  - Autonomisen alueen reunareititin ei hyväksy reittiä, mikäli sen oma alue on jo polkuvektorissa

## Polkuvektori

- **Ongelma:**
  - Verkkojen määrä suuri
    - Polkuvektoreiden määrä suuri
    - Reitittimet vaativat paljon muistia
    - Vektoreiden siirto hidasta
- **Ratkaisu**
  - Yliverkotus (supernetting) CIDR
    - Agregoidaan mahdollisimman monia verkkoja yhden prefixin taakse
    - **Yksittäisen polkuvektorin koko kasvaa**
    - **Kaikkiaan polkuvektoreiden määrä pienenee**

## Polkuvektori

- Polkuvektori kuvaa reittiä kohdeverkon ja reitityspisteen välillä
  - Kaksi vaihtoehtoa
    - Jokainen verkko on oma vektori

Polku 1: 197.8.0.0/24 saavutetaan (T):n kautta  
Polku 2: 197.8.2.0/24 saavutetaan (T,X):n kautta  
Polku 3: 197.8.3.0/24 saavutetaan (T,Y):n kautta

- Yliverkotuksen kutistaa vektoreiden määrää mutta johtaa monimutkaisempaan rakenteeseen

Polku 1: 197.8.0.0/22 saavutetaan (T):n ja osajoukon (X,Y) kautta



## Polkuvektori

- Yliverkotus voi tapahtua mielivaltaisen usein
  - Yksinkertaiset polkuvektorit
    - Jokainen yliverkko on oma vektori

Polku 1: 197.8.0.0/22 saavutetaan (Z,T):n ja osajoukon (X,Y) kautta  
Polku 2: 197.8.5.0/23 saavutetaan (Z,R):n ja osajoukon (M,N) kautta  
Polku 3: 197.8.7.0/24 saavutetaan (Z):n kautta

- Useampikertaisen yliverkotuksen jälkeen polkuvektori aivan samanlainen
  - Yksilölliset osat polkua on siirretty jälkijoukkoon

Polku 1: 197.8.0.0/21 saavutetaan (Z):n ja osajoukon (M,N,R,T,X,Y) kautta

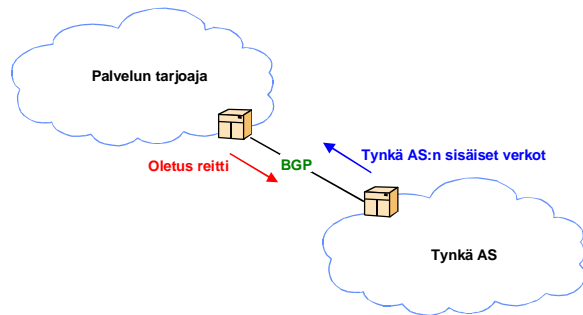
## BGP–verkottaminen

- BGP–verkotuksessa on keskeistä tietää alueiden rakenteet ja suhteet toisiin alueisiin
  - Tynkä AS
  - Monikotinen AS
  - Transit AS
    - Suora transitverkko
    - Looginen transitverkko
- Lisäksi tulee miettiä sisäisen reitityksen ja ulkoisen reitityksen suhdetta
  - eBGP <-> iBGP, IGP <-> BGP
  - eBGP <-> IGP

## BGP–verkottaminen

- **Tynkä AS**
  - Autonominen alue, joka on yhteydessä muuhun Internetiin ainoastaan yhdestä pisteestä
  - Ei välttämättä vaadi BGP:n käyttöä
    - BGP:llä voidaan hallita joukkoa staattisia reittejä, jotka ovat seurausta hajanaisestä osoitteistuksesta
  - Käytetään privaatti AS–arvoja
    - AS 65412 – AS 65535
    - Tynkä AS näkyy muulle verkolle osana palvelun tarjoajaa
      - BGP:llä välitettävät reitit siirretään palvelun tarjoajan verkossa IGP:hen
        - » EI iBGP:tä

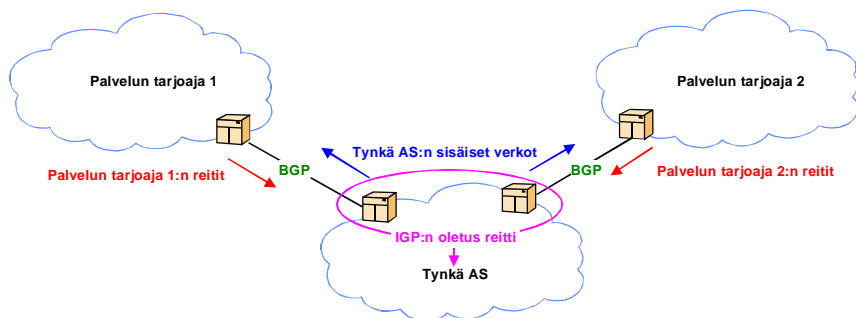
## BGP-verkottaminen



## BGP-verkottaminen

- **Monikotinen AS**
  - Autonominen alue, joka on yhteydessä muihin Internetiin useamman AS:n kautta
    - **Ei kuitenkaan toimi transit liikenteen välittäjänä**
  - BGP:n käyttöä suositellaan hallinnoimaan politiikkaa, jolla reitit valitaan
    - Sisäisesti tarvitaan erilliset reititiedot verkoille, jotka saavutetaan eri AS:n kautta

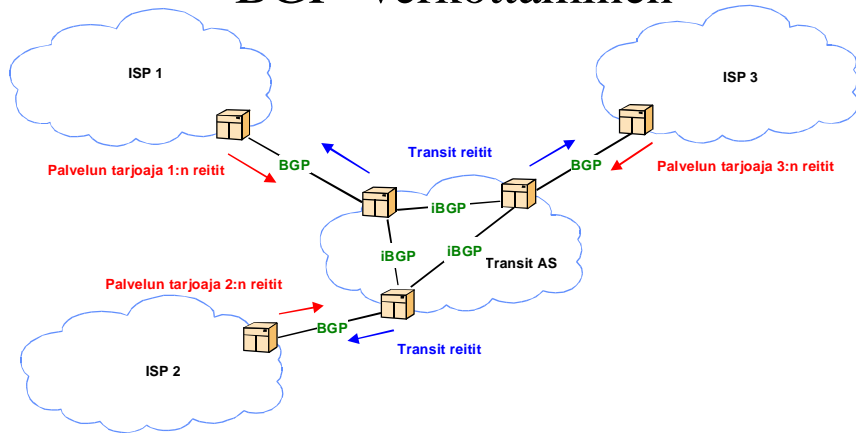
## BGP-verkottaminen



## BGP-verkottaminen

- **Monikotinen transit AS**
  - Operaattori, joka tarjoaa omaan verkkoonsa muiden operaattoreiden keskinäisen liikenteen välittämiseksi
    - Edellyttää operaattoreiden mainostamien reittien välittämistä ympäröiville operaattoreille
    - Edellyttää sisäisessä verkossa iBGP:n tai polkuvektoreiden välittämisen mahdollistavan IGP:n käyttöä
      - Reitien määrä voi olla niin suuri, että sisäisen protokollan käyttäminen reittien välittämiseen ei ole perusteltua
        - » OSPF-osuuden linkkitilietokannan kasvu
        - » Jokainen ulkoinen reitti on oma rivi tietokannassa

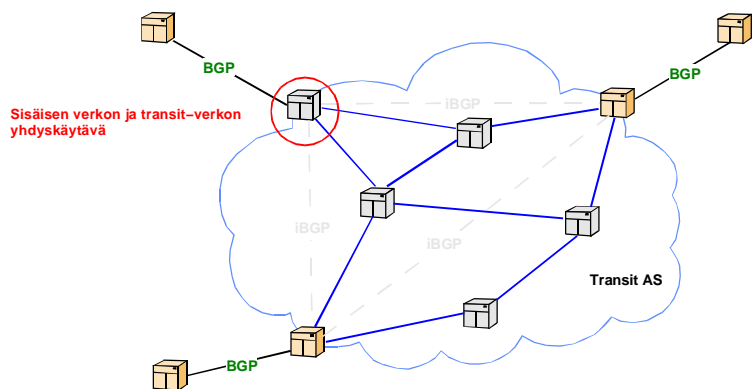
## BGP-verkottaminen



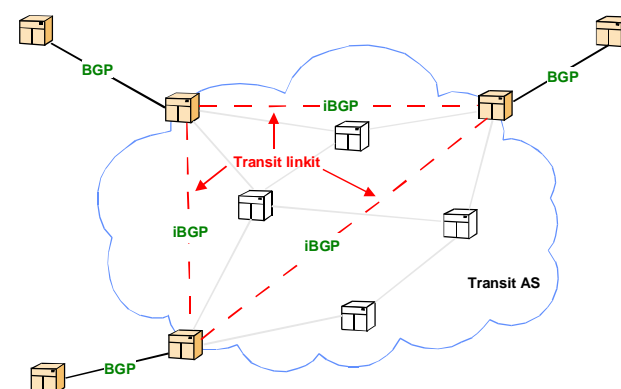
## Transit-verkot

- Transit-verkkojen sisäinen rakenne on yhtäläinen muiden autonomisten alueiden kanssa
  - Sisällä käytetään omaan IGP-protokollaa
    - Oletusreitti ulkomaailmaan -> transit-verkkoon
      - Yksi transit-verkon reitittimistä toimii sisäisen alueen yhdyskäytävänä
  - Usein on suotuisaa rakentaa erilliset linkit reunareitittimien välille
    - Ulkoisia reittejä ei tarvitse välittää IGP:lle
      - Pakettien välittäminen transit-pisteiden välillä
      - TCP-yhteys on ainoastaan reititystiedon välittämiseksi

## Transit-verkot



## Transit-verkot





## iBGP

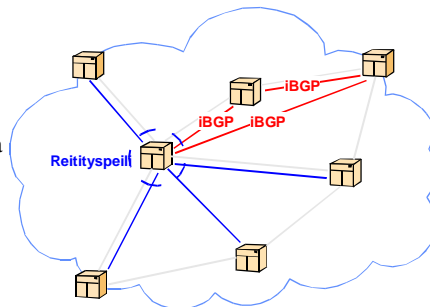
- iBGP on autonomisen alueen reunareitittimien välillä käytettävä BGP-protokolla
  - Polkuvektoria ei voida käyttää ehkäisemään sisäisiä silmukoita
    - Kaikilla iBGP-reitittimillä on sama AS numero
  - Silmukoituminen voidaan estää poistamalla reititystietojen välitys iBGP:stä
    - Kaikki reunareitittimet on suorassa naapuruussuhteessa keskenään
      - **Täysin kytketty verkko**

## iBGP

- **Täysi kytkentä aiheuttaa ongelmia**, jotka ilmenevät lähinnä erillisten tilakoneiden hallinnan mahdottomuutena
  - Yhdellä operaattorilla saattaa olla kymmeniä liitäntäpisteitä, joiden välillä on tarvetta siirtää BGP-informaatiota
- **Kaksi ratkaisua** (ei toisensa poissulkevia)
  - **Reitityspeili** (route reflector)
    - iBGP-informaation välityspiste, joka on suorassa yhteydessä muihin iBGP-reitittimiin
      - Vertaa juurireititin OSPF:ssä
  - **Reititysliittouma**
    - Autonomisen alue paloittellaan paikallisiin osiin, joiden välillä käytetään todellista BGP-protokollaa

## Reitityspeili

- **Reitityspeili** toimii iBGP-reitityssanomien välittäjänä
  - Purkaa täyden kytkennän vaatimuksen niiden reitittimien osalta, jotka ovat kyseisen peilin asiakkaina
    - Client <-> Server
- Verkossa voi olla samanaikaisesti
  - Alueita, joilla käytetään peilejä
    - Jokaisella peilausalueella on oma **ryhmätunnus**
  - Alueita, joilla käytetään perinteistä iBGP:tä

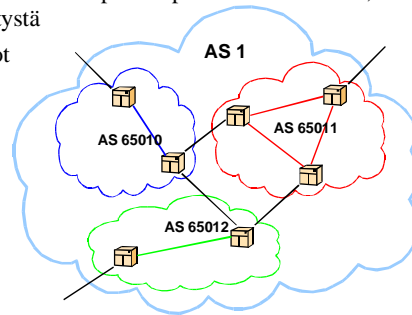


## Reitityspeili

- Välitys perustuu yksinkertaiseen logiikkaan
  - Reitityspeilin asiakkaalta tuleva BGP-sanoma välitetään kaikille
  - iBGP:llä tuleva BGP-sanoma välitetään peilin kaikille asiakkaille
- Hierarkiset reitityspeilit ja mahdolliset väärät konfiguraatiot voivat aiheuttaa reitityssilmukoiden syntymistä
  - Kaksi uutta polkuvektoriparametria, jotka ovat AS:n sisäisiä
    - Lähtöaseman tunnus (Originator ID)
      - Reitityspeilin tunnus, joka sanoman ensimmäisen kerran peilasi sanoman AS:n sisällä
    - Ryhmälista (Cluster List)
      - Jokainen reitityspeili lisää oman peilausalueensa tunnuksen listaan
        - » Mahdollistaa silmukoiden havainnoinnin

## Reititysliittouma

- **Reititysliittouma** on joukko autonomisia alueita, jotka mainostetaan ulkopuoliselle yhtenä autonomisena alueena
  - Mahdollistaa suuren transit-verkon paloittelun pienempiin osa-verkkoihin, joiden välillä käytetään ulkoista reititystä
  - Liittouman muodostavat AS-numerot ovat privaattista avaruudesta
  - Liittouman sisällä käytetään
    - iBGP:tä täysin kytketyksi
    - Reitityspeilejä



## Reititysliittouma

- Vaatii polkuvektorin muuttamista liittouman alueella
  - Normaali polkuvекtori sisältää
    - Järjestetyn listan yhteisistä AS:sta aggregaatiopisteeseen
    - Osajoukon AS:sta, jotka ovat matkalla aggregaatin osiin
  - Reititysliittouman sisäisessä polkuvektorissa on myös
    - Järjestetty lista sisäisistä AS:sta liittouman sisäiseen aggregaatiopisteeseen
    - Osajoukko sisäisistä AS:sta, jotka ovat matkalla aggregaatin osiin

## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Reitinvalinta BGP:ssä perustuu pääasiallisesti kolmeen tekijään:
  - **Mainostettavan verkon prefixin pituuteen**
    - **Pisin prefix valitaan automaattisesti käyttöön**
  - **Paikalliseen politiikkaan**
    - Autonomisella alueella voi olla jokin paikallinen politiikka, jonka perusteella se valitsee tietyt reitit käyttöön
  - **Ulkoiseen politiikkaan**
    - Naapurialueella voi olla jokin ulkoinen politiikka, jolla se pyrkii vaikuttamaan autonomisen alueen reitinvalitaprosessiin

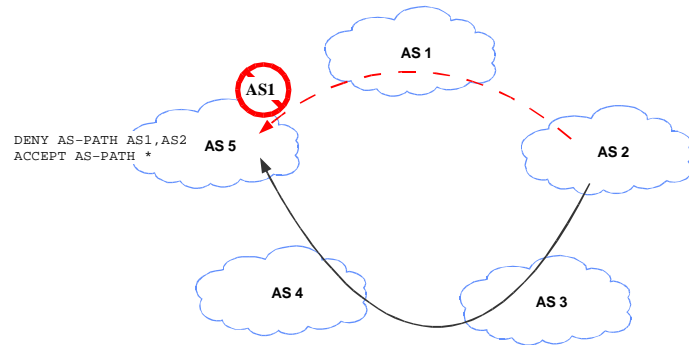
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Paikallinen politiikka voi perustua
  - **Polkuvektorin suodatukseen**
    - Hylätään ne polkuvektorit, jotka sisältävät tiety(n/t) AS-arvo(n/t)

```
DENY AS-PATH AS1,AS2
ACCEPT AS-PATH *
```

- Kustannustekijä
  - » Tietyt transit-operaattorit ovat kalliimpia kuin toiset
- Luotettavuustekijä
  - » Tietyt transit-operaattorit eivät toimi avoimesti

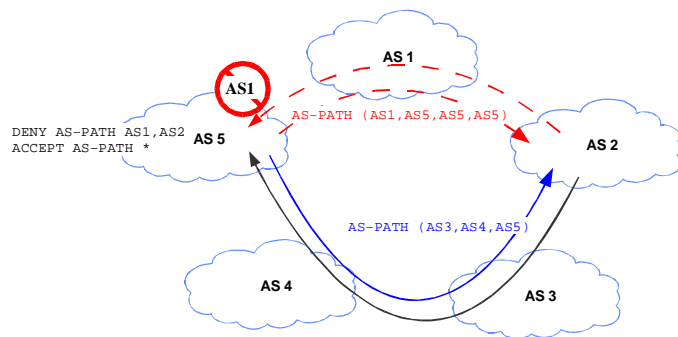
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Ulkoinen politiikka voi perustua
  - **Polkuvektorin kasvattamiseen**
    - Pyritään saattamaan tietyt polkuvektorit epäedulliseen asemaan muihin vektoreihin nähden
      - Sisällytetään oma AS-tunnus useita kertoja polkuvektoriin
  - Johtaa helpolla kilpavarusteluun, jos vastaava politiikka on toisaalla verkossa
    - Kumpikin automaattisesti kasvattaa vektorin pituutta yhdellä yli vaihtoehdoisen reitin

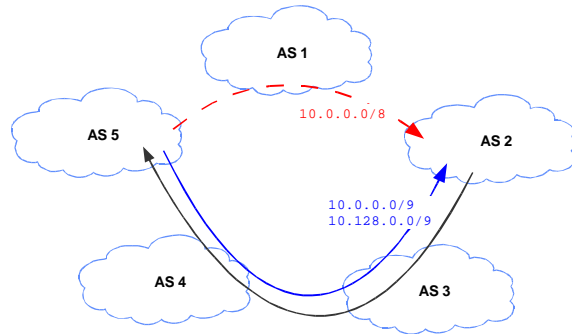
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Ulkoinen politiikka voi perustua
  - **Pidempien prefien mainostamiseen**
    - Mainostetaan omaa verkkoa pidemmällä prefixillä haluttuun suuntaan
  - **Etuna**
    - Mahdollistaa lyhyemmän prefixin jäämisen varareitiksi
  - **Haittana**
    - Kasvattaa verkon reititustaulujen kokoa
      - » Syö CIDR:llä saavutettua etua

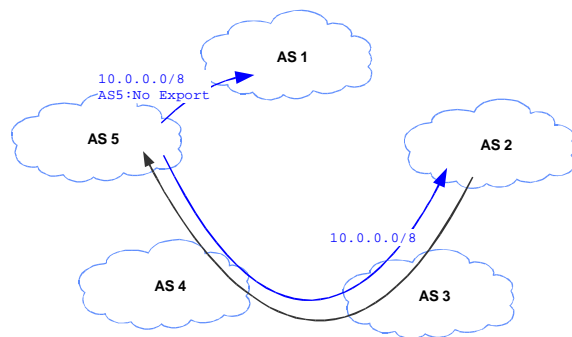
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



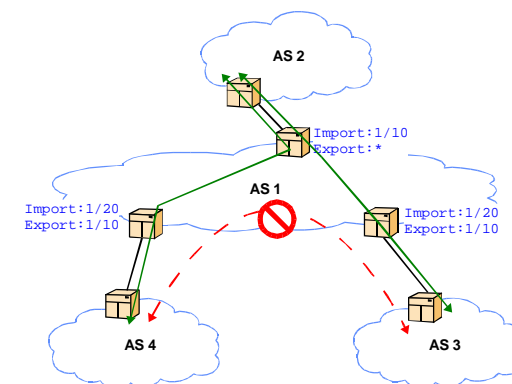
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Sisäinen / ulkoinen politiikka voi perustua
  - **BGP yhteisön käyttöön**
    - BGP-yhteisö on polkuparametri, joka mahdollistaa
      - Sisäisen politiikan levittämisen iBGP:ssä
      - Vaikutuksen ulkoiisiin naapureihin (vain yhden hypyn parametri)
    - Yhteisöparametri
      - Kokoaa useita polkuvektoreita yhteisen politiikan piiriin
      - Mahdollistaa politiikan siirron naapureille
      - Koostuu
        - » AS-numerosta
        - » Poliittikanumerosta

## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



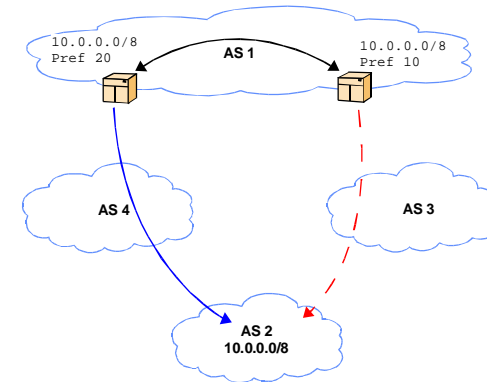
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Sisäinen politiikka voi perustua
  - Paikallisen preferenssin**
    - Paikallinen preferenssi indikoi mitä liityntäpistettä tulee käyttää pyrittäessä kohti tiettyä verkkoa
    - Merkityksellinen ainoastaan iBGP:ssä

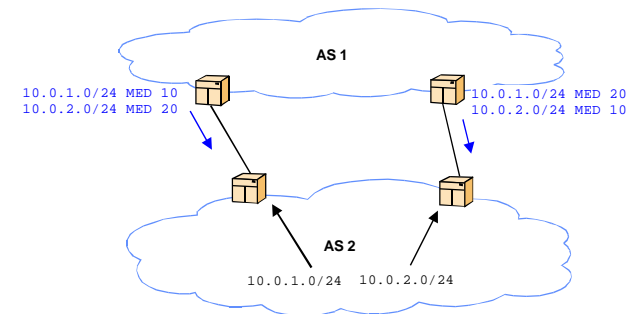
## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Ulkoinen politiikka voi perustua
  - Ulkaisen reitituspisteen valintaan**
    - Multi-Exit Discriminator (MED) mahdollistaa polkuvektorikohtaisen liitännäspisteen preferenssin signaloinnin
    - Mahdollistaa kuorman jakamisen useiden liitännäspisteiden välillä
      - Mikäli naapurialueen paikallinen politiikka ei sodi MEDin osoittamaa politiikkaa vastaan

## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi





## BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- Sisäinen politiikka voi perustua
  - **Reitinvalinnan vaimennus**
    - BGP-toimii globaaleissa verkoissa, joiden reititysmuutokset ovat laaja-alaisia
    - Yksittäisten reittien aktivoitumiset ja passivoitumiset voivat olla jatkuvia prosesseja
      - Kuormittaa turhaan reititintä ja koko verkkoa
      - Voidaan vaimentaa liittämällä jokin vaimennusmenetelmä
        - » Rankaisu: oskilointi käynnistää ajastimen, jonka aikana reittiä ei huolita
        - » Hallinnollinen: oskiloiva reitti poistetaan pysyvästi