

S-38.192 Verkkopalvelujen tuotanto

Luento 11: Yhdysliikenne

Tier 1 -operaattorit

- AT&T
- BBN
- British Telecom
- Cable and Wireless
- Connect Internet Solutions
- German Telekom
- Global Crossing
- Level 3
- NTT/Verio
- Optus
- Qwest
- Sprint
- Telstra
- UUNET
- Williams Communications

Internet

- **Internetin arvo on globaalissa saavutettavuudessa**
 - Saavutettavuus rakentuu operattoreiden yhteistoiminnan kautta
 - Asiakassuhteet
 - Peering suhteet
- **Kourallinen Internet operaattoreita muodostaa ravintoketjun huipun**
 - Tier 1 -operaattorit
 - Heidän verkkonsa kattavat asiakas- ja peering-suhteiden kautta kaikki julkiset IP-verkot

Internet

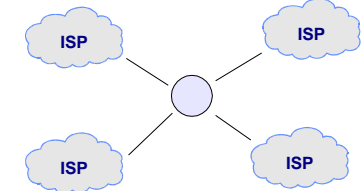
- **Alemman tason operaattorit pyrkivät minimoimaan nousevan liikenteen osuuttaan verkottamalla alueellisesti suoraan keskenään**
 - **Alueelliset yhdysliikennepisteet**
 - ..CIX (Commercial Internet eXchange)
 - MAE.. (Metropolitan Area eXchange)
 - NAP (Network Access Point)
 - IXP (Internet eXchange Point)
 - EP (Exchange Point)
 - **Kahden väliset yhdysliikennemenetelmät**

Yhdysliikennepiste

- Yhdysliikennepisteet syntyvät joko
 - **Kaupallisista lähtökohdista**
 - Yritys rakentaa kaupallisen liikenteen vaihtopisteen, joko
 - Hyötyäkseen vaihdetusta liikenteestä
 - Hyötyäkseen vaihtopisteeseen tulevista siirtoyhteyksistä
 - Hyötyäkseen mahdollisesta nousevasta liikenteestä
 - **Yhteistoiminnallisista lähtökohdista**
 - Yhdysliikennepiste rakennetaan jäsenten kannalta neutraalilla tavalla
 - Kukaan jäsenistä ei hallinnoi tilaa, jossa yhdysliikennepiste on
 - Kukaan jäsenistä ei omista siirtoverkkoa yhdysliikennetilaa
 - Kukaan jäsenistä ei omista yhdysliikennetilaa laitteistoa

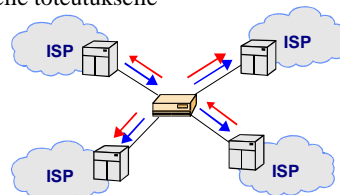
Yhdysliikennepiste

- Tyypillinen yhdysliikennepiste rakentuu L2-tekniikalle
 - Ethernet kytkin
 - ATM-kytkin
 - FrameRelay-kytkin
- Kukin operaattoreista liittyy kyseiseen mediaan siirtoyhteydellä, jonka toinen pää on terminoitu operaattorin reunareitittimeen



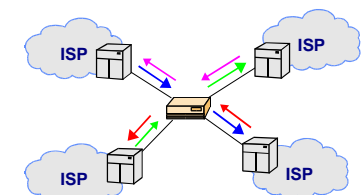
Yhdysliikennepiste

- Yhdysliikennepisteen rakenne voi perustua
 - **Monen väliseen sopimukseen**
 - Kaikki osapuolet vaihtavat liikennettä keskenään
 - Kaikki reunareitittimet kuuluvat samaan aliverkkoon, jonka liikennettä ei suodateta mitenkään
 - » Ideaalitilanne ethernet pohjaiselle toteutukselle



Yhdysliikennepiste

- **Kahden väliseen sopimukseen**
 - Osapuolet vaihtavat liikennettä keskenään vain keskinäisen sopimuksen perusteella
 - Edellyttää L2-tekniologiaa mahdollisuutta luoda virtuaaliyhteyksiä reunareitittimien välille
 - » ATM PVC
 - » FR DLCI
 - » Ethernet VLAN



Yhdysliikennepiste

- **Yhdysliikenteen toteuttaminen monen välisenä edellyttää joko**
 - **Jokaisen reunareitittimen välille omaa BGP-sessiota**
 - Sessioiden määrä kasvaa hyvin nopeasti yhdysliikennepisteen kasvaessa
 - **Yhdysliikennepiste tarjoaa reitityspalvelin palvelua**
 - Reunareitittimet muodostavat BGP-session ainoastaan reitityspalvelimeen
 - BGP-reitityspeili (kalvo numero 32)

Yhdysliikennepiste

- Riippuen yhdysliikennepisteen toimintatavasta voidaan siellä tarjota hyvin moninaisia palveluita
 - **Osapuolet voivat tehdä kahdenvälisiä sopimuksia transit-liikenteestä**
 - Osapuolet ovat jo valmiiksi yhteisessä pisteessä
 - Edellyttää mahdollisuutta virtuaaliyhteyksien luomiseen
 - **Osapuolet voivat tehdä kahdenvälisiä QoS pohjaisia sopimuksia**
 - Osapuolien välillä on useita virtuaaliyhteyksiä
 - Yksi per VPN per QoS-luokka
 - Yksi per MPLS polku
 - jne

Sisäiset reititysprotokollat

- Tehtävä
 - Muodostaa tarkan kuvan autonomisen alueen sisäisestä rakenteesta
 - Jokainen reititin ja linkki on kuvattu yhteiseen linkkitilatietokantaan
- 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

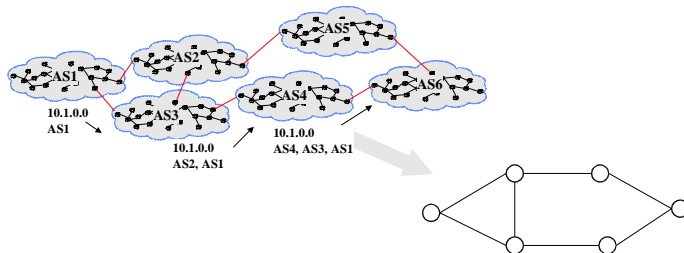
- [Border Gateway Protocol](#)
 - Nykyinen versio BGP-4
 - Virallinen määrittely RFC 1772 (1995)
 - Hyödyntää TCP:n palveluja reititysinformaation siirtoon
 - Sovellusportti 179
 - Informaation siirto varmistettua

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

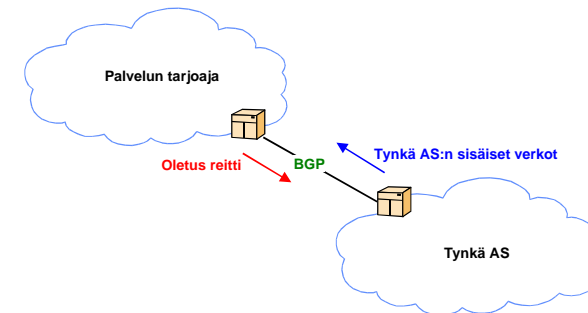
BGP-verkottaminen

- BGP-verkotuksessa on keskeistä tietää alueiden rakenteet ja suhteet toisiinsa
 - 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 Internettiin ainoastaan yhdestä pisteestä
 - Ei välttämättä vaadi BGP:n käyttöä
 - BGP:llä voidaan hallita joukkoa staattisia reittejä, jotka ovat seurausta hajanaisesta 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

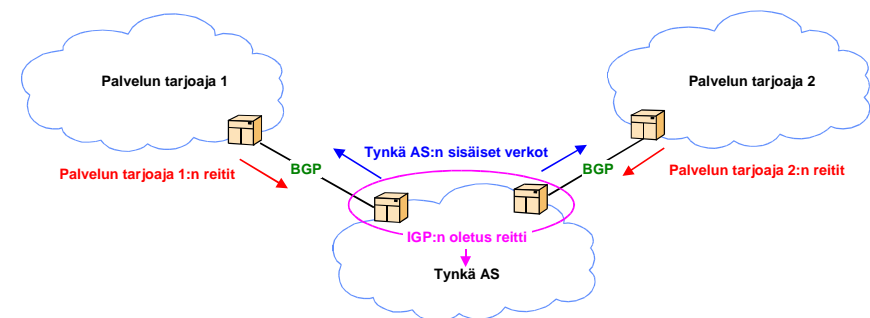
BGP-verkottaminen



BGP-verkottaminen

- **Monikotinen AS**
 - Autonominen alue, joka on yhteydessä muuhun Internettiin 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

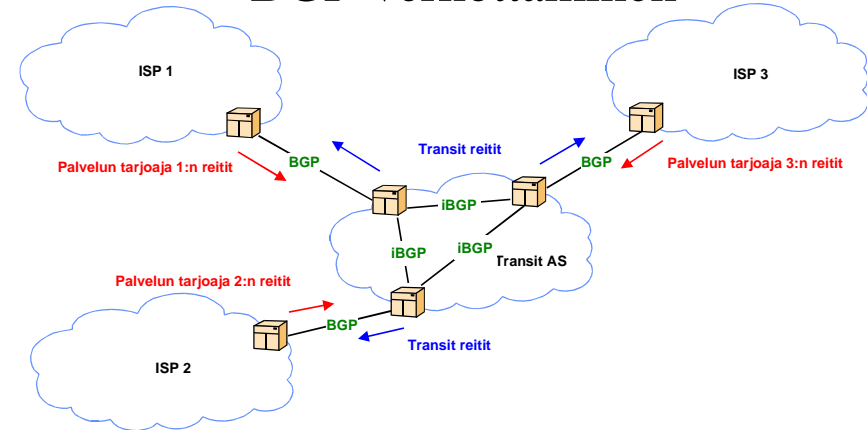
BGP-verkottaminen



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
 - Reittien määrä voi olla niin suuri, että sisäisen protokollan käyttäminen reittien välittämiseen ei ole perusteltua
 - » OSPF-osuuden linkkitietokannan kasvu
 - » Jokainen ulkoinen reitti on oma rivi tietokannassa

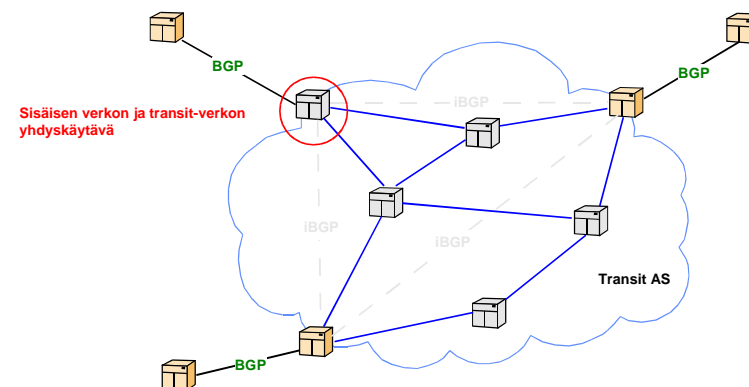
BGP-verkottaminen



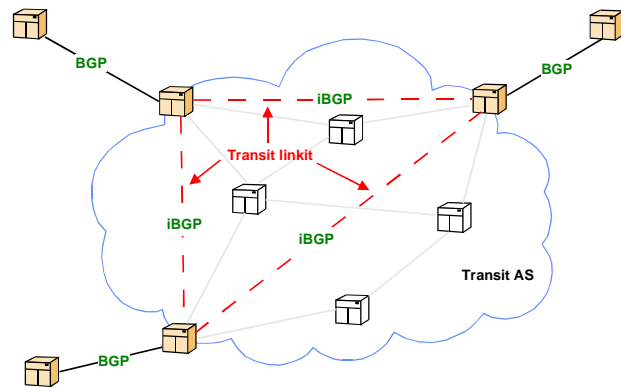
Transit-verkot

- Transit-verkkojen sisäinen rakenne on yhtäläinen muiden autonomisten alueiden kanssa
 - Sisällä käytetään omaan IGP-protokollaan
 - 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

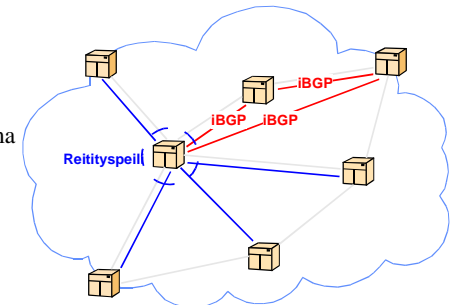
- iBGP on autonomisen alueen reunareitittimien välillä käytettävä BGP-protokolla
 - Polkuvektoria ei voida käyttää ehkäisemään sisäisiä silmuja
 - Kaikilla iBGP-reitittimillä on sama AS numero
 - Silmukoituminen voidaan estää poistamalla reititystietojen välitys iBGP:stä
 - Kaikki reunareitittimet on 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
 - **Reitityслиittouma**
 - Autonomisen alue paloittelaa 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

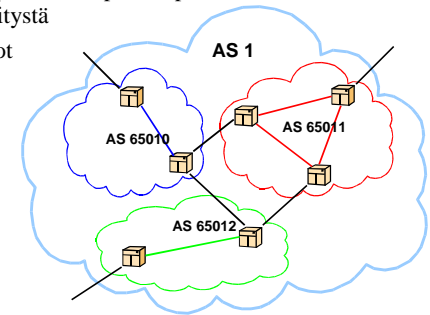


Reitityspeili

- Välytys 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 polkuektoriparametria, jotka ovat AS:n sisäisiä
 - Lähtöaseman tunnus (Originator ID)
 - Reitityspeilin tunnus, joka sanoman ensimmäisen kerran peilasi sanoman AS:n sisällä
 - Ryhmälista (Cluster List)
 - Jokainen reititinpeili lisää oman peilausalueensa tunnuksen listaan
 - » Mahdollistaa silmukoiden havainnoinnin

Reitityслиittouma

- **Reitityслиittouma** 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 privaatista avaruudesta
 - Liittouman sisällä käytetään
 - iBGP:tä täysin kytketysti
 - Reitityspeilejä



Reitityслиittouma

- Vaatii polkuektorin muuttamista liittouman alueella
 - Normaali polkuektori sisältää
 - Järjestetyn listan yhteisistä AS:sta aggregaatiopisteeseen
 - Osajoukon AS:sta, jotka ovat matkalla aggregaatin osiin
 - Reitityслиittouman sisäisessä polkuektorissa 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

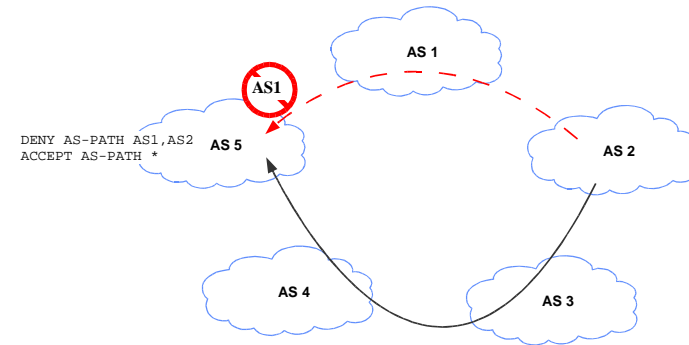
BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

- 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

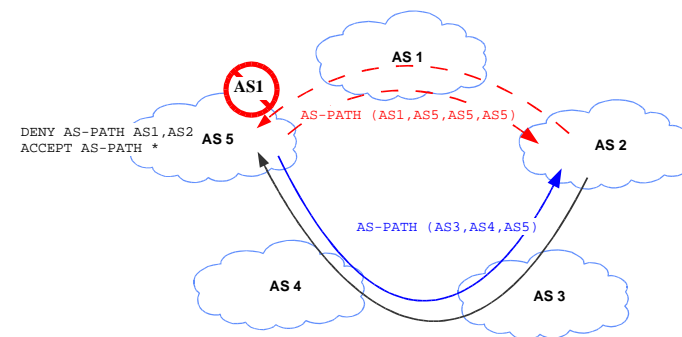
BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



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

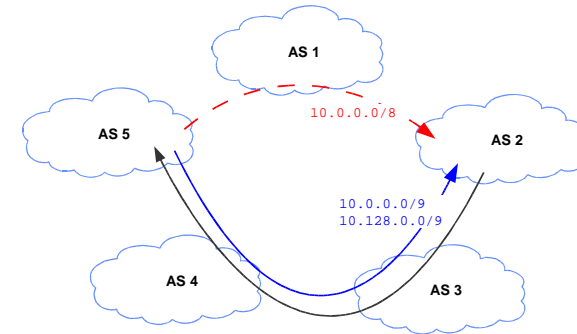
BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

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

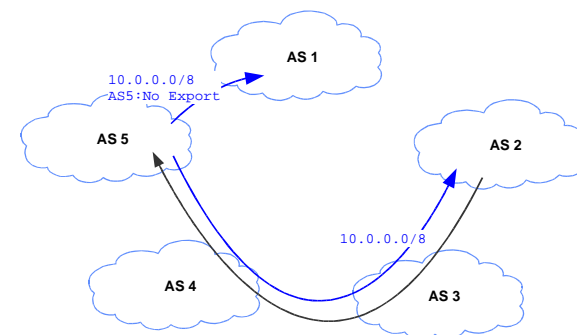
BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



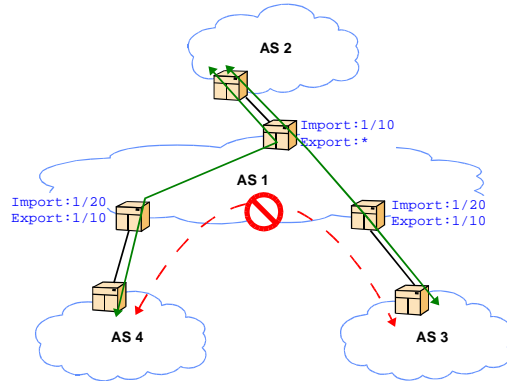
BGP:n reitinvalinnan parametrisointi

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

BGP:n reitinvalinnan parametrisointi



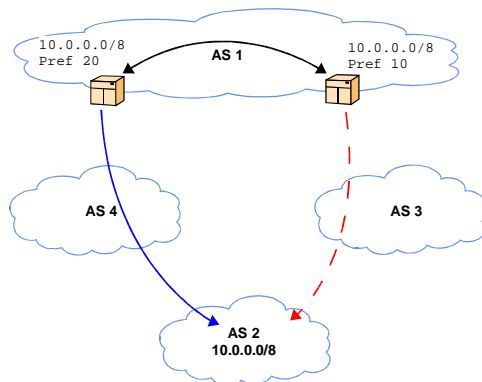
BGP:n reitinvalinnan parametrusointi



BGP:n reitinvalinnan parametrusointi

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

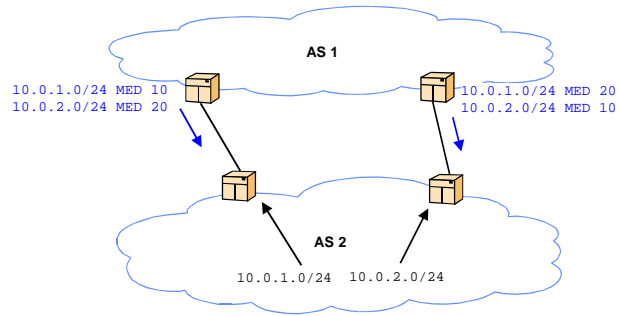
BGP:n reitinvalinnan parametrusointi



BGP:n reitinvalinnan parametrusointi

- Ulkoinen politiikka voi perustua
 - **Ulkaisen reitituspisteen valintaan**
 - Multi-Exit Discriminator (MED) mahdollistaa polkuvektorikohtaisen liityntäpisteen preferenssin signaloinnin
 - Mahdollistaa kuorman jakamisen useiden liityntäpisteiden 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 huolitata
 - » Hallinnollinen: oskiloiva reitti poistetaan pysyvästi