



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyydsvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

Reititys

Tietokoneverkot 2008 (4 op)

Jaakko Kangasharju
jkangash@cc.hut.fi

Teknillinen korkeakoulu

Syksy 2008



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenveto



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenveto



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Internet on **pakettikytkentäinen** verkko
- Verkkokerros on **yhteydetön**
- IP-paketin otsakkeesta löytyy vastaanottajan **IP-osoite**
 - Verkkotunniste, aliverkkotunniste, koneen tunniste
- IP-osoite sekä tunniste että sijainti



Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

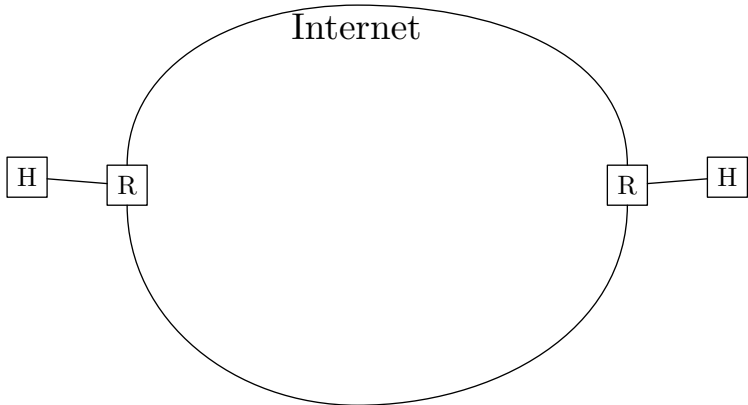
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo





Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

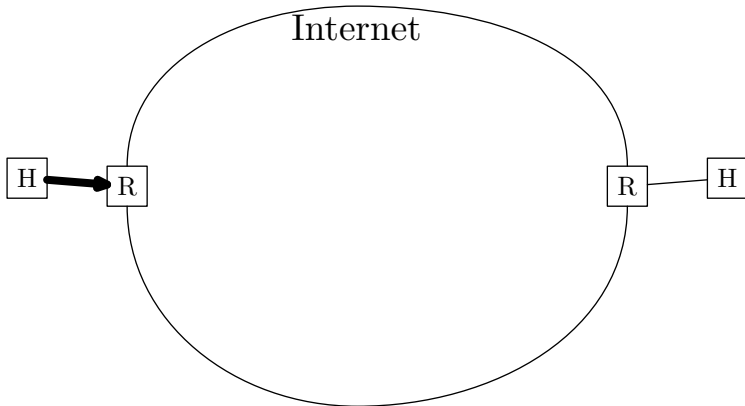
Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

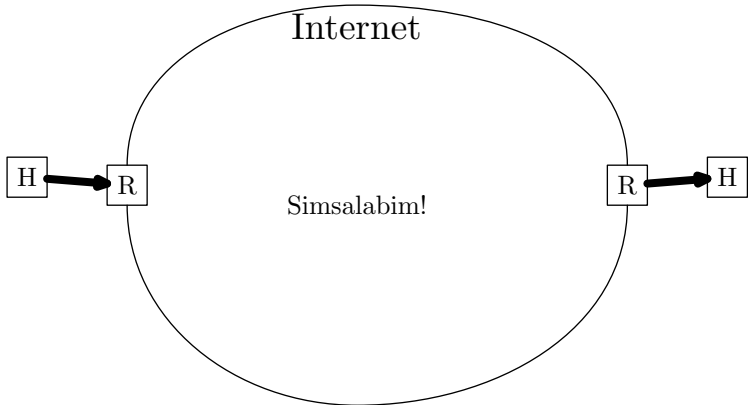
Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

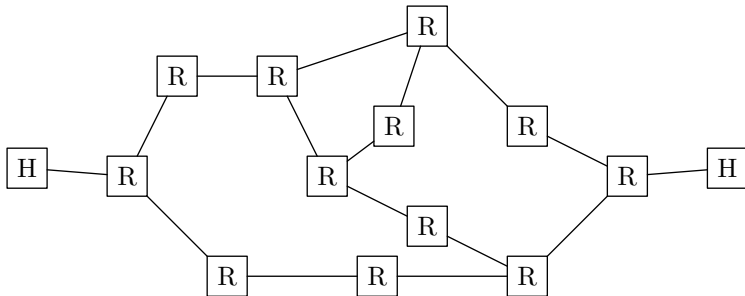
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

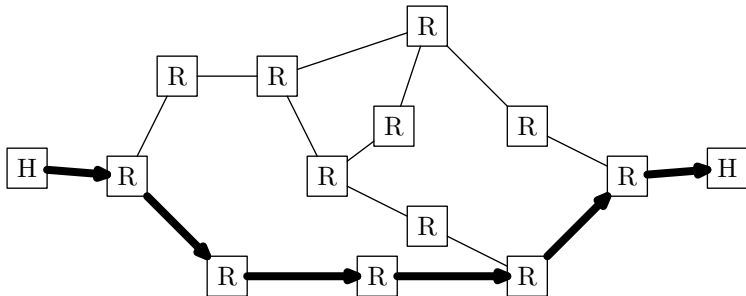
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

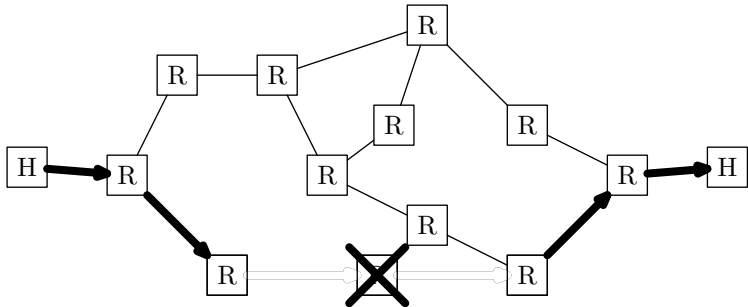
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Reitityksen tavoitteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

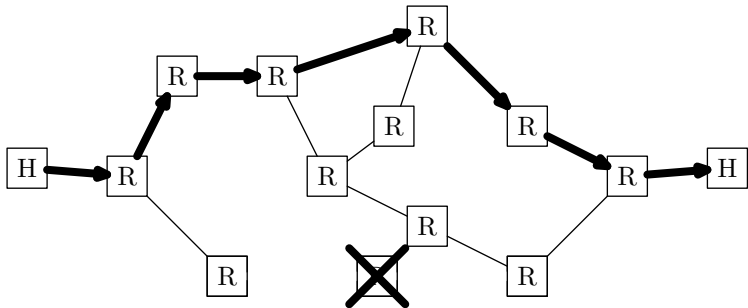
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- **Reititystaulu** yhdistää osoitteen seuraavaan askeleeseen reitillä
- Reititystaulu voi olla **staattinen** tai **dynaaminen**
- **Reititysalgoritmi** ylläpitää (dynaamista) reititystaulua
- **Reititysprotokolla** tiedottaa verkon rakenteesta, jotta reititysalgoritmi toimii
- Varsinainen reititys tapahtuu reititystaulusta etsimällä



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenveto



Autonomiset järjestelmät

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- Internet koostuu useista itsenäisistä verkoista, **autonomisista järjestelmistä (AS)**
- AS:t muodostavat ylemmän tason verkon, kullakin AS:llä oma sisäinen verkkorakenteensa
- Erityyppisiä AS:iä: Stub, multihomed, transit
- Noin 30000 AS:ää nyky-Internetissä



Internetin rakenne

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

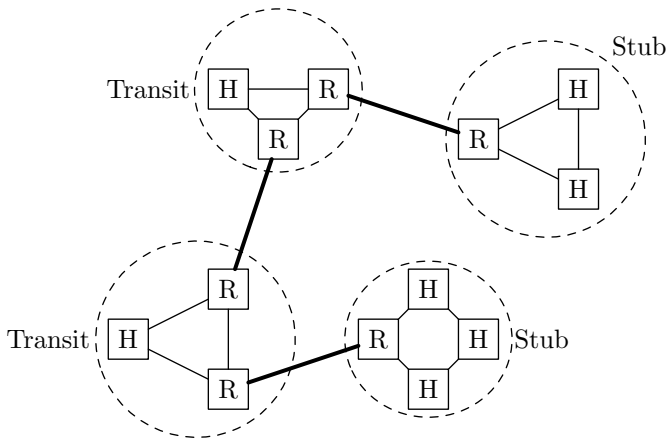
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Kaksitasoinen reititys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit- mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti- tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)
Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- Tarvitaan kaksi reititysprotokollaa: AS:n sisäinen ja AS:ien välinen
- Miksi?



Kaksitasoinen reititys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin rakenne

Border Gateway Pro- tocol (BGP)

Reititysalgorit- mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti- tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)
Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- Tarvitaan kaksi reititysprotokollaa: AS:n sisäinen ja AS:ien välinen
- Miksi?
- Skaalautuvuus, koko Internet on liian suuri yhdelle protokollalle



Kaksitasoinen reititys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin rakenne

Border Gateway Pro- tocol (BGP)

Reititysalgorit- mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti- tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Tarvitaan kaksi reititysprotokollaa: AS:n sisäinen ja AS:ien välinen
- Miksi?
- Skaalautuvuus, koko Internet on liian suuri yhdelle protokollalle
- Kaikki reitittimet eivät ole samassa verkossa



Kaksitasoinen reititys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin rakenne

Border Gateway Pro- tocol (BGP)

Reititysalgorit- mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti- tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Tarvitaan kaksi reititysprotokollaa: AS:n sisäinen ja AS:ien välinen
- Miksi?
- Skaalautuvuus, koko Internet on liian suuri yhdelle protokollalle
- Kaikki reitittimet eivät ole samassa verkossa
- AS:ien hallinnolliset linjaukset



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenveto



AS:ien välinen reititys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- AS:ien väliseen reititykseen tarvitaan yksi protokolla
- Vaaditaan tuki hallinnollisille linjauksille
- Border Gateway Protocol (BGP), RFC 4271 (versio 4)



BGP:n ominaisuuksia

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Polkuvektoriprotokolla: välittää täydet polut muihin AS:iin
- Välittää vain saavutettavuustietoa, ei reittien hintoja
- Käyttää TCP:tä luotettavuuden takaamiseksi
- iBGP, versio AS:n sisäiseen käyttöön



BGP:n viestityypit

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- BGP-protokollassa viisi erilaista viestiä
 - ① OPEN-viesti yhteyden alussa, perustiedot
 - ② UPDATE-viesti uusien reittien ilmoitukseen
 - ③ KEEPALIVE-viesti OPEN:n kuittauksena ja toistuvana yhteyden ylläpitona
 - ④ NOTIFICATION-viesti virhetilanteisiin
 - ⑤ REFRESH-viesti pyytämään täydet reittitiedot



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- Kumpikin osapuoli lähettää OPEN-viestin, sisältönä mm. AS-numero ja **pitoaika**
- OPEN-viesti kuitataan KEEPALIVE-viestillä
- UPDATE-viestissä saavuttamattomiksi muuttuneet kohteet ja uudet kohteet
- Uusiin kohteisiin annetaan täydet polut
 - Silmukoiden havaitseminen, hallinnolliset linjaukset, tiedon lähde
- KEEPALIVE-viestien lähetysväli 1/3 pitoajasta
- Yhteys tulkitaan katkenneeksi, jos pitoaika kuluu ilman saapuneita viestejä



BGP ja tietoturva

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- BGP ei sisällä viestien todentamista, oikeellisuustarkistusta eikä uutuuden tarkistusta
- Saavutettavuustietoa ei verifioida
- Ilmoitettuja polun ominaisuuksia ei verifioida
- RFC 4272



Hyökkäyksiä

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Salakuuntelu
- Toisto
- Viestien lisäys
- Viestien tuhoaminen
- Viestien muokkaus
- Man-in-the-middle
- Palvelunesto



Hyökkäyksien vaikutukset

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Nälkiintyminen
- Ruuhkautuminen
- Musta aukko
- Viivästys
- Silmukka
- Salakuuntelu
- Verkon ositus
- Epävakaus
- Resurssipula



Hyökkäyksien torjunta

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- TCP:n MD5-summa
- Suodatus
- S-BGP?, SDR?



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit
Etäisyysvektori
Linkkitila

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenvedo



Alitmitien perusteet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyydsvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Reititysalgoritmin tavoite löytää paras reitti
 - Metriikoita: lyhin reitti, nopein reitti, liikenteen maksimointi, ...
- Verkkoalgoritmien alueella useita **lyhimmän polun** (shortest path) algoritmeja
- Reititykseen tarvitaan yhdestä-kaikkialle-algoritmi, ajetaan jokaisessa reitittimessä



Kaksi algoritmityyppiä

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Yleisesti käytössä kahdentyyppisiä algoritmeja
 - Etäisyysvektori (distance vector)
 - Linkkitila (link state)
- Etäisyysvektori perustuu Bellmanin ja Fordin algoritmiin, linkkitila Dijkstran
- Etäisyysvektori käyttää paikallista tietoa, linkkitila globaalia



Alitritmien perusta

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Lyhimmän polun algoritmit voi esittää yhtenäisellä tavalla
- Keskeinen periaate: jos lyhin polku I :stä J :hin kulkee K :n kautta, tämän polun osat I :stä K :hon ja K :sta J :hin ovat lyhimpiä



Yleinen lyhimmän polun algoritmi

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- s lähtöpiste
- $c(u, v)$ linkin (u, v) hinta, d_v kunkinhetkinen arvio polun s :stä v :hen pituudelle, π_v v :tä edeltävä piste lyhimmällä polulla
- Alustus
 - 1 Aseta $d_s \leftarrow 0$ ja $d_v \leftarrow \infty$ kaikilla $v \neq s$
- Kierros
 - 1 Valitse linkki (u, v)
 - 2 Jos $d_v > d_u + c(u, v)$, aseta $d_v \leftarrow d_u + c(u, v)$ ja $\pi_v \leftarrow u$
- Algoritmit eroavat toisistaan linkkien valinnassa



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

Etäisyysvektori

Linkkitila

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenvedo



Toimintaperiaate

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- 1 Selvitä naapurit ja niiden osoitteet
- 2 Määritä yhteyden hinta kuhunkin naapuriin
- 3 Ilmoita naapureille tietämäsi reittien pituudet
- 4 Laske uudet parhaat reitit naapureilta saatujen tietojen perusteella
- 5 Palaa askeleeseen 3



Esimerkki

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

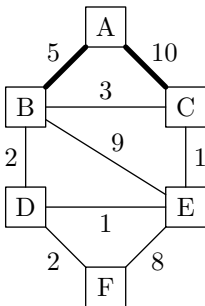
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto





Esimerkki

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

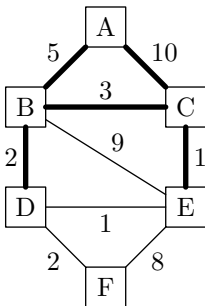
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto



	A	B	C	D	E	F
B	5	0	3	2	9	∞
C	10	3	0	∞	1	∞



Esimerkki

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

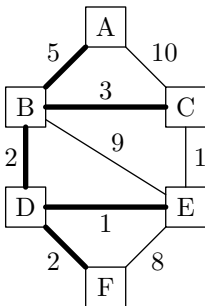
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto



	A	B	C	D	E	F
B	5	0	3	2	3	4
C	8	3	0	2	1	9



“Hyvät uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Hyvät uutiset”, eli uudesta reitistä tiedotus, kulkevat nopeasti



“Hyvät uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Hyvät uutiset”, eli uudesta reitistä tiedotus, kulkevat nopeasti





“Hyvät uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Hyvät uutiset”, eli uudesta reitistä tiedotus, kulkevat nopeasti

A	B	C	D	E
	∞	∞	∞	∞
	1	∞	∞	∞



“Hyvät uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Hyvät uutiset”, eli uudesta reitistä tiedotus, kulkevat nopeasti

A	B	C	D	E
	∞	∞	∞	∞
	1	∞	∞	∞
	1	2	∞	∞



“Hyvät uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Hyvät uutiset”, eli uudesta reitistä tiedotus, kulkevat nopeasti

A	B	C	D	E
	∞	∞	∞	∞
	1	∞	∞	∞
	1	2	∞	∞
	1	2	3	∞



“Hyvät uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Hyvät uutiset”, eli uudesta reitistä tiedotus, kulkevat nopeasti

A	B	C	D	E
	∞	∞	∞	∞
	1	∞	∞	∞
	1	2	∞	∞
	1	2	3	∞
	1	2	3	4



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**

A	B	C	D	E
	1	2	3	4



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**

A	B	C	D	E
	1	2	3	4
	3	2	3	4



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**

A	B	C	D	E
	1	2	3	4
	3	2	3	4
	3	4	3	4



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border

Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**

A	B	C	D	E
	1	2	3	4
	3	2	3	4
	3	4	3	4
	5	4	5	4



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**

A	B	C	D	E
	1	2	3	4
	3	2	3	4
	3	4	3	4
	5	4	5	4
	5	6	5	6



“Huonot uutiset”

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- “Huonot uutiset”, eli reitin katoamisesta tiedotus, kulkevat hitaasti
- Algoritmi **laskee äärettömään**

A	B	C	D	E
	1	2	3	4
	3	2	3	4
	3	4	3	4
	5	4	5	4
	5	6	5	6
	⋮	⋮	⋮	⋮
	∞	∞	∞	∞



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

Etäisyysvektori

Linkkitila

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenvedo



Toimintaperiaate

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Perustoiminta:
 - ① Selvitä naapurit ja niiden osoitteet
 - ② Määritä yhteyden hinta kuhunkin naapuriin
 - ③ Lähetä kaikki tämä tieto kaikille reitittimille
 - ④ Laske paras reitti kuhunkin reitittimeen
- Paketit tulvitetaan, sarjanumerot estävät vanhan tiedon monistumisen
- Jokainen reititin saa saman globaalin näkymän verkosta



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Sarjanumeroiden ylivuoto
- Reitittimen kaatuminen
- Bittivirheet matkalla



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Sarjanumeroiden ylivuoto
- Reitittimen kaatuminen
- Bittivirheet matkalla
- Ratkaisu: Tietoihin mukaan ikä; kun tiedot ovat tarpeeksi vanhoja, ko. reititin unohdetaan



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

Routing Information Protocol (RIP)

Open Shortest Path First (OSPF)

⑥ Yhteenveto



AS:n sisäinen reititys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

**Sisäiset reiti-
tysprotokollat**

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Sisäinen reititys kunkin AS:n oma asia
- Useita eri protokollia, RIP ja OSPF yleisiä
- Suuri AS voi haluta hierarkisen reitityksen myös sisäisessä protokollassa



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

Routing Information Protocol (RIP)

Open Shortest Path First (OSPF)

⑥ Yhteenveto



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Etäisyysvektori-protokolla
- Laajalti käytössä, *routed* BSD Unixissa
- Yksinkertainen, ehkä liiankin
- RFC 1058 (RIP), RFC 2453 (RIP 2)



Ominaisuudet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Reitin pituus on etappien määrä (hop count)
- UDP-yleis- tai -monilähetys omassa verkossa
- Reitti korvataan vain aidosti lyhemmällä
- “Ääretön”, eli reittipituuden yläraja, on 16



Ongelmien lievennys

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- RIP:ssä kolme algoritmia lieventämään etäisyysvektori-protokollien ongelmia
- Split horizon: Kohdetietoja ei lähetetä kohteen reitin seuraavalle etapille
- Hold down: Sivuutetaan jonkin aikaa tiedot verkosta, joka on ilmoitettu saavuttamattomaksi
- Poison reverse: Kadonnut reitti ilmoitetaan hinnalla ∞



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

Routing Information Protocol (RIP)

Open Shortest Path First (OSPF)

⑥ Yhteenveto



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenvedo

- Linkkitilaprotokolla
- Laajalti käytössä, tarkoitettu RIP:n korvaajaksi
- RFC 1583 (OSPF), RFC 2328 (OSPF 2)



Ominaisuudet

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori

Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- IP-pohjainen, voi käyttää monilähetystä
- Useita etäisyysmetriikkoja
- Laskee optimaaliset reitit nopeasti
- Reititys palvelun tyyppin mukaan
- Kuormantasaus
- Hierarkiset verkot
- Todennus



Normaali toiminta

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Hello-viestit selvittävät naapurireitittimet
- Database description -viestit alustavat linkkitiedot
- Link status request pyytää tietoa tiettyjen linkkien tiloista
- Link status update -viestit tulvitetaan muille reitittimille



Sisältö

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

① Alustus

② Internetin rakenne

③ Border Gateway Protocol (BGP)

④ Reititysalgoritmit

⑤ Sisäiset reititysprotokollat

⑥ Yhteenveto



Reititys

Jaakko
Kangasharju

Alustus

Internetin
rakenne

Border
Gateway Pro-
tocol (BGP)

Reititysalgorit-
mit

Etäisyysvektori
Linkkitila

Sisäiset reiti-
tysprotokollat

Routing Information
Protocol (RIP)

Open Shortest Path
First (OSPF)

Yhteenveto

- Reititystaulut kertovat, minne lähettää paketit
- Reunalla staattiset taulut, reitittimissä dynaamiset
- Reititysprotokollaa käytetään reittien löytämiseen, ei pakettien välittämiseen
- Kaksitasoinen rakenne: AS:ien välinen ja AS:n sisäinen
 - AS:ien välillä BGP
 - AS:n sisällä usein OSPF



Luento päättynyt

Reititys

Jaakko
Kangasharju

Kysymyksiä?