



Aalto-universitetet
Tekniska högskolan

Reititys

Autonomisten järjestelmien sisäinen reititys

luvut 7, 13 ja 15

Sanna Suoranta, email: T-110.4100@tkk.fi
<https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100>

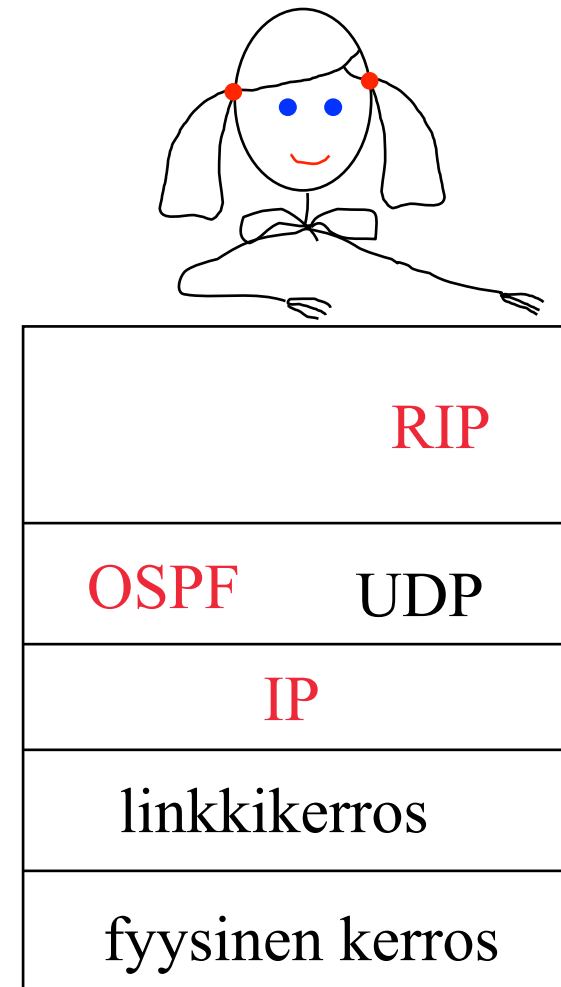
13.9.2011

1

16.9.2010

Luennon sisältö

- Mitä reititys on
- Reititysalgoritmit
 - etäisyysvektori
 - linkkitila
 - (polkuvektori ensi viikolla)
- Sisäiset reititysprotokollat
 - Routing Information Protocol (RIP)
 - Open Shortest Path First (OSPF)
- Autonomiset järjestelmät



Miten IP-paketti löytää tiensä verkon läpi

- Internet on pakettikytkentäinen verkko (joka muodostuu verkoista)
 - paketin otsikkotiedoissa osoite, joka kertoo sijainnin verkossa
 - Jokainen paketti reititetään koko verkon läpi yksittäin
- Verkkojen rajalla reititin katsoo reititystaulustaan paketissa olevan osoitteen perusteella, mihin paketti lähetetään seuraavaksi
 - Reititystaulussa kohdeverkot (etäisyyksineen)

Edelleenlähetys (forwarding) yksittäisen koneen näkökulmasta

- Vastaanottajan IP-osoitteen verkko-osan perusteella päätellään, onko vastaanottaja samassa verkossa
 - jos on, selvitetään linkkikerroksen osoite, paketoidaan linkkikerroksen kehykseen, ja lähetetään vastaanottajalle
 - tunnetut (aiemmin käytetyt) osoiteparit tallennetaan
- Muutoin lähetetään paketti oletusreitittimelle
 - Yksittäisen koneen ei tarvitse tietää koko verkosta mitään muuta
 - IP-otsikon osoitteisiin ei kosketa

Reitittimen tehtävät ennen reitityspäätöstä

- Ennen varsinaista reitityspäätöstä, reitittimen on rakennettava reititystaulunsa
 - staattinen reititystaulu tehdään “käsin”
 - dynaaminen reititystaulu rakentuu verkon tilanteen mukaan
- Reititysprotokollan avulla reititin selvittää ympäröivän verkon rakenteen ja kerää tietoa verkon nykytilasta
 - verkon viat ja muutokset huomioidaan
- Reititysalgoritmin avulla reititin laskee reititysprotokollan avulla selvitetystä tiedosta reititystauluunsa lyhimmät reitit muualle verkkoon



Seuraavaksi reititysalgoritmit

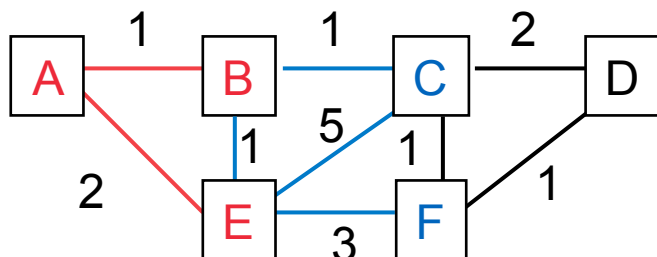
Kaksi reititysalgoritmia sisäiseen reititykseen

- Etäisyysvektori (distance vector, Bellman-Ford)
 - reitit muihin kohteisiin etäisyyksineen + seuraava hyppy
 - aluksi vain suorat yhteydet naapureihin
 - naapurille lähetetään <kohde, etäisyys>-parit omasta taulusta
 - jos naapuri tiesi lyhyemmän reitin kohteeseen tai reitin uuteen kohteeseen, päivitetään ne omaan reititystaulu
- Linkkitila (link state, link status, Dijkstra's shortest path first)
 - joka reitittimellä kuva koko verkon topologiasta
 - linkin tila (up/down) testataan aika-ajoin ja kerrotaan muille
 - jos linkin tila on muuttunut, lasketaan lyhimmät reitit uudestaan

Etäisyysvektori - Perusperiaate

1. Selvitä naapurit
2. Määritä yhteyksien hinnat (etäisyys, pituus)
3. Vaihda naapureiden kanssa tunnettujen reittien pituudet
 - <kohde, etäisyys>-pareina
4. Laske uudet parhaat reitit naapureiden ilmoitusten perusteella
5. Jatka kohdasta 3.

Etäisyysvektori - Esimerkki



A:n taulu	B	C	D	E	F
0.kierros	1,-	∞	∞	2,-	∞
1.Kierros	1,-	2,B	∞	2,-	5,E
2.Kierros	1,-	2,B	4,B	2,-	3,B

0. kierroksen jälkeen:
suorat naapurit

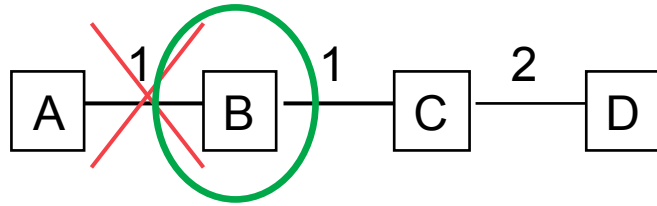
B:n taulu	E:n taulu
A 1	A 2
C 1	B 1
E 1	C 5
	F 3

1. kierroksen jälkeen:
naapureiden naapurit

B:n taulu	E:n taulu
A 1	A 2
C 1	B 1
D 3	C 2
E 1	D 4
F 2	F 3

- Hyvät uutiset eli uudet reitit leviävät nopeasti

Etäisyysvektori - Ongelmat



A	B	C	D
	1	2	4
	∞	2	4
	3	2	4
	3	4	4
	5	4	6
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	∞	∞	∞

Reitin katkeamistieto leviää hitaasti

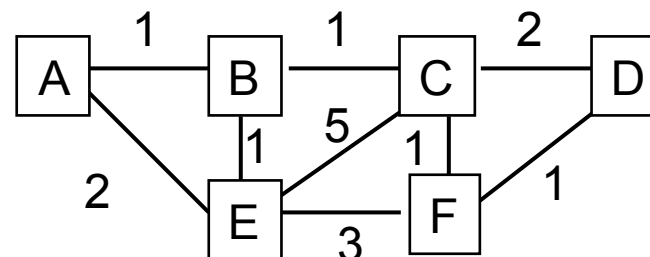
- Ohessa B:n näkökulmasta
Se kuvittelee, että C:llä on vaihtoehtoinen reitti A:han
- ratkaisusta reititysprotokollien yhteydessä ihan kohta

Linkkitila - Perusperiaate

1. Selvitä naapurit ja niiden osoitteet
2. Määritä yhteyden hinta naapureihin
3. Kerro kaikille naapureille kaikki tietämäsi
 - linkkien tila (up/down) ja linkkien hinnat
4. Päivitä kokonaiskuva ja laske parhaat reitit

Linkkitila - Dijkstran lyhimmän polun algoritmi

0. Polku itseen = 0 ja muihin ∞ , merkitse noodit vierailemattomiksi, aloita tarkastelu nykynoodista (itse)
1. Laske etäisyys nykynoodista naapureihin,
 - jos lyhyempi kuin tiedossa (huom: laske koko polku), vaihda
 - merkitse noodi vierailuksi
2. Jos jäljellä on vierailemattomia noodeja, siirry niistä lähimpään ja jatka kohdasta 1
 - jos kaikissa noodeissa on jo vierailtu, lopeta



kierros, noodi	B	C	D	E	F
1.kierros, A	1	∞	∞	2	∞
2.kierros, B	1	2	∞	2	∞
3. kierros, E	1	2	∞	2	5
4. kierros, F	1	2	4	2	3
5. kierros, C	1	2	4	2	3
6. kierros, D	1	2	4	2	3

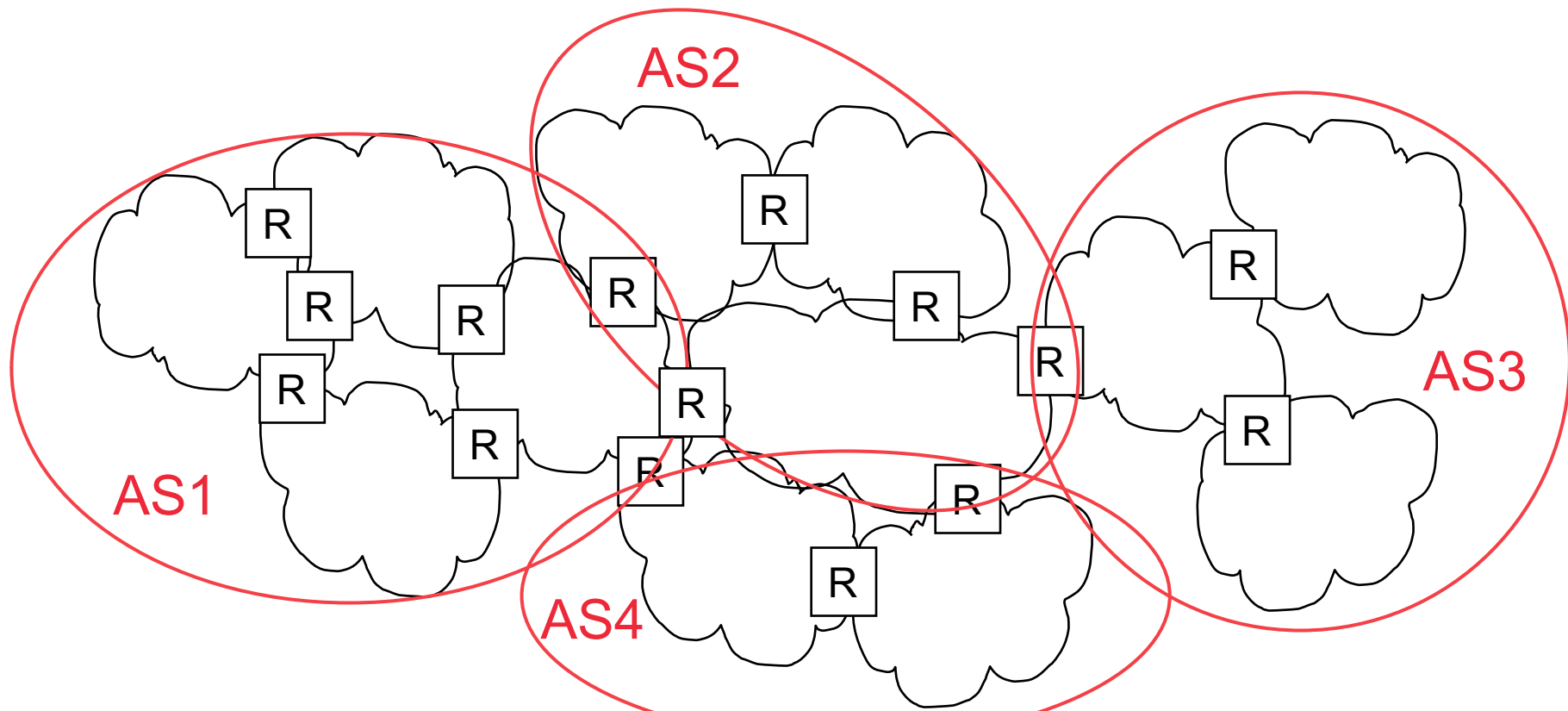
Linkkitila - Ongelmat

- Sarjanumeroiden ylivuodot
 - sarjanumeroilla pyritään estämään vanhan tiedon käyttöä
- Reitittimen kaatuminen
 - raskasta aloittaa alusta
- Bittivirheet



Seuraavaksi
reititysprotokollat,
mutta ensin...

Internetin rakenne



- Internet koostuu itsenäisistä verkoista, autonomisista järjestelmistä (autonomous systems (AS))

Autonomiset järjestelmät (Autonomous systems, AS)

- Internet koostuu autonomisista järjestelmistä (AS)
 - AS:ien välille oma reititysprotokolla BGP
 - AS:n sisällä itsenäinen reititys
- AS:ien välisestä reitityksestä ensi viikolla lisää
- Nyt yhden AS:n sisäinen reititys

Sisäverkon reititysprotokollat (Interior gateway protocols, IGP)

- Yhtenäisen hallinnon alainen verkko
 - koostuu useammasta (linkki)verkosta, joten reititys tarpeen
 - voi itsenäisesti päättää, miten verkossa toimitaan
- Koska verkkoteknologioita on useita, on myös useita tapoja sisäverkon reititykseen
 - mikään ei ole ylivoimaisen suosittu
 - myös valmistajakohtaisia reititysprotokollia
 - Routing Information Protocol (RIP)
 - Open Shortest Path First Protocol (OSPF)

Routing Information Protocol (RIP)

- Reititin ilmoittaa säännöllisin väliajoin reititystaulunsa sisällön muille <kohde, etäisyys> -pareina
 - kohteen osoite, ensimmäisen hypyn reititin, etäisyys hyppinä (hop count), ajastin kohteelle
- Muut kuuntelevat ja päivittävät reititystaulunsa
 - vain jos uusi reitti on oikeasti lyhyempi
- Virhetilanteiden käsittely
 - silmukoiden havaitseminen
 - 16 = ääretön, eli 15 on maksimihyppyjen lukumäärä
 - ikuisuuteen laskeminen

RIPv2 (RFC 2453) - Otsikko

0	8	16	24	31
KOMENTO	VERSIO = 2	VARATTU (NOLLIA)		
OSOITEPERHEEN TUNNISTE		INTERNAL/EXTERNAL		
IPv4-OSOITE				
ALIVERKKOMASKI				
SEURAAVAN HYPYN IP-OSOITE				
METRIIKKA eli ETÄISYYS				

RTE=reittitietue

- RIP toimii UDP:n päällä, vastaanotto portissa 520
 - yleislähetys tai monilähetys osoitteella 244.0.0.9
- Sisältää useampia reittitietueita (route entry, RTE)

RIPv2 - Otsikko (2)

- Komennot
 - 1=pyyntö, 2=vastaus, joka lähetetään myös säännöllisesti ilman pyyntöä
 - RIPv2 osaa vastata myös RIPv1-pyyntöihin
- Osoiteperheen tunniste
 - voi myös olla autentikaatitunniste, jolloin RTE onkin autentikaatiodataa
- Internal/external (route tag) erottaa “sisäiset” RIP-reitittimet “ulkoisista” RIP-reitittimistä, jotka ovat voineet saada reititystietoa EGP-reitittimiltä tai muuta IGP-protokollaa käyttäviltä reitittimiltä

RIPv2 - Otsikko (3)

- IP-osoite: vastaanottaja(verko)n osoite
- Aliverkkomaski joka kertoo kohteen verkko-osan
 - jos ei ole, kohde on yksittäinen verkkorajapinta
- Seuraava hyppy: seuraavan reitittimen IP-osoite
 - 0.0.0.0 jos käytetään vastausviestin lähettänyttä reititintä
- Etäisyys (metric): koko reitin pituus hyppyinä, $16 = \infty$

RIP - lähettäjän tunnistus

- Alkuperäisessä RIPissä ei tunnistettu lähettäjää lainkaan tai käytetään salasanaa (joka lähetetään selväkielenä)
 - suojaa vain satunnaiselta väärinkonfiguroinnilta
- Kaksi RTE-tietuetta täyttävä viesti
 - osoiteperheenä 0xFFFF -> autentikaatio- eikä reititystietoa
 - sekvenssinumero, avaimen id, ja käytetty algoritmi
 - toinen RTE sisältää varsinaisen tiivisteen, yleensä HMAC-SHA
 - turva-assosiaatio (SA) avaimelle ja sen voimassaoloajalle
 - avain välitetään turvallista kanavaa pitkin, ei koskaan selväkielisenä

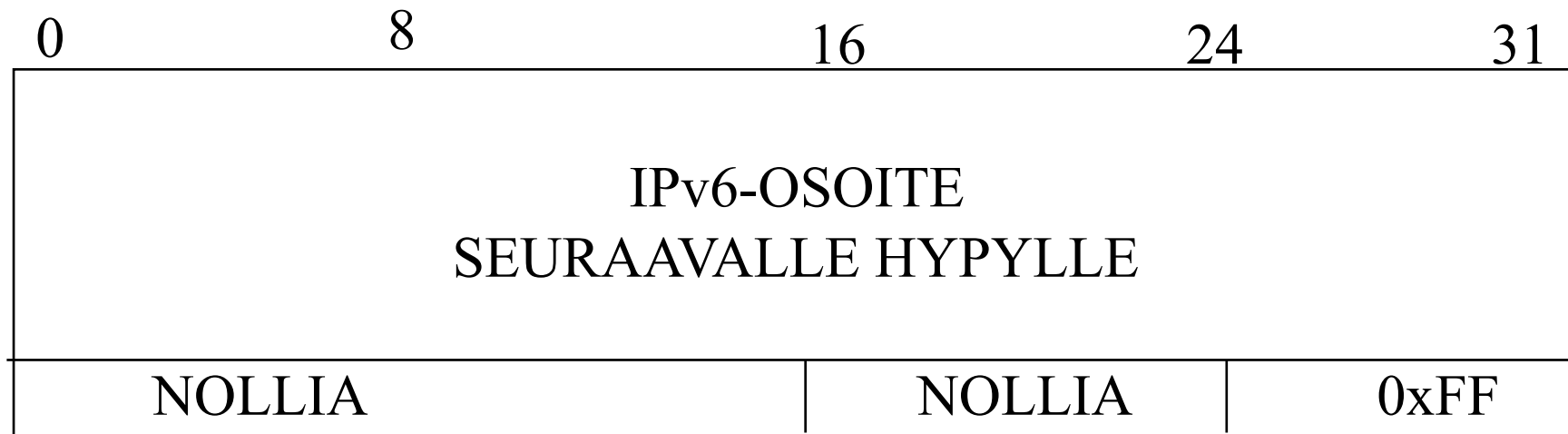
RIPng for IPv6 (RFC 2080)

0	8	16	24	31
KOMENTO	VERSIO=1	VARATTU (NOLLIA)		
IPv6-ETULIITE				
INTERNAL/EXTERNAL		ETULIIT. PIT.	ETÄISYYS	

RTE=reittitietue

- Toimii UDP:n päällä, vastaanotto portissa 521
- Etuliitteen pituus kertoo verkkomaskin
- Etäisyys: hyppyä kohteeseen

RIPng - Seuraavan hypyn RTE



- Seuraavan hypyn osoitteita voidaan niputtaa
- RTE-kentällä erilainen sisältö, joka kertoo seuraavan hypyn kaikille tätä seuraaville kohteille
 - kunnes viesti sisältää toisen seuraavan hypyn RTE:n tai loppuu

RIP - äärettömyyteen laskemisen ratkaisut

- Jaettu horisontti (split horizon)
 - reittejä ei mainosteta takaisin siihen suuntaan, mistä tieto saatiin
 - ei estä silmukoiden syntymistä isommissa verkoissa
- Odottaminen (hold down)
 - kun verkko on tavoittamattomissa, ei huomioida sitä koskevaa tietoa hetkeen
 - viivästyttää silmukoiden huomaamista
- Lähteen myrkytys(?) (poison reverse)
 - ilmoitetaan etäisyydeksi ääretön
 - tieto lähetetään heti eteenpäin (triggered update)



RIP on yksinkertainen.
Seuraavaksi
“hieman”
monimutkaisempi OSPF

Open Shortest Path First Protocol (OSPF) versio 2

- OSPF käyttää linkkitila-algoritmia ja jokaisella reitittimellä on kokonaiskuva verkon topologiasta
- OSPF:n avulla verkko voidaan jakaa “alueisiin”
 - reitittimet jaetaan sisäisiin, alueen rajalla oleviin, runkoverkko-yhteydellisiin ja AS:n rajalla oleviin (samaan tapaan kuin koko Internet)
 - alueen sisällä voidaan toimia toisin kuin toisilla alueilla
 - reititystaulut pysyvät pienempinä
- OSFP-reitittimet tunnistetaan
 - kuka tahansa ei voi muuttaa reititystaulujen sisältöä
- OSFP toimii suoraan IP:n päällä (protokolla 89)
 - Käytetään monilähetystä osoitteella 224.0.0.5

OSPF - Kolme aliprotokollaa

- Hello-protokollalla viesti lähetetään säännöllisesti naapureille ja testattaessa saavutettavuutta
- Exchange-protokollalla vaihdetaan reititystiedot ensimmäistä kertaa naapureiden kanssa
 - koko naapurin reititystaulun sisältö lähetetään
- Flooding-protokollalla lähetetään päivitykset reititystietoihin
 - säännöllisin väliajoin ja linkkien tilan muututtua
 - pyyntö-, vastaus-, ja kuittaus-viestit
- Kaikkilla protokollilla yhteinen OSPF-otsikko

OSPF (RFC 2328) - Otsikko

0	8	16	24	31
VERSIO=2	TYYPPI	VIESTIN PITUUS		
REITITTIMEN ID				
ALUEEN TUNNISTE (0.0.0.0=runkoalue)				
TARKASTUSSUMMA		AUTENTIKAATION TYYPPI		
AUTENTIKAATIODATA				

- Viestin tyypit
 - 1 = hello-viesti
 - 2 = tietokannan kuvaus
 - (exchange-viesti)
 - 3 = linkin tilan kysely
 - 4 = linkin tilan päivitys
 - 5 = linkin tilan kuittaus

OSPF - Otsikko (2)

- Reitittimen ID: lähettäjän osoite
- Alueen tunniste: 32-bittinen OSPF:n alueen tunniste. Yleensä viestit eivät kulje ulos alueelta
- Tarkastussumma kattaa koko OSPF-viestin paitsi tunnistedatan
- Autentikaatiotyypit:
 - 0 = null, 1 = selväkielinen salasana,
 - 2 = jaettu salaisuus + MD5 (alkuperäinen), HMAC-SHA (RFC 5709) vahvempi
 - avaimia ei saa lähettää selväkielisenä verkon yli

OSPF - Hello

- Hello-viestien avulla reitittimet muodostavat yhteydet toisiinsa ja testaavat yhteyden toimivuuden aika-ajoin
 - Yhteydet ovat kaksisuuntaisia
 - Kaikkiin naapureihin ei välttämättä muodosteta yhteyttä
- Kultakin alueelta valitaan edustaja-reititin
 - Edustajan tehtävä on pitää yllä tietoa koko verkon kaikkien reitittimien rajapintojen tilasta (ylhäällä/nurin) ja lähettää se muille
- Edustajan valinnan jälkeen synkronoidaan reititystaulut OSPF exchange –protokollalla

OSPF - Edustusreitittimen valinta (designated router)

- Kun reititin (lähettämällä hello-viestin) liittyy verkkoon, jossa on edustaja, käytetään jo olemassaolevaa edustajaa
 - huolimatta siitä, jos verkkoon liittynyt reititin haluaisi olla edustaja ja sillä olisi korkeampi prioriteetti
- Jos verkossa ei ole vielä edustajaa, edustajaksi valitaan halukkaista reitittimistä se, jolla on korkein prioriteetti (ja suurin ID)
- Jos edustajareititin kaatuu ja mikään reitittimistä ei halua edustajaksi, valitaan se varaedustaja, jolla on korkein prioriteetti

OSPF - Hello

0	8	16	24	31
OSPF-otsikko, tyyppi = 1 ...				
VERKKOMASKI				
HELLON LÄHETYSVÄLI		OPTIOT	R PRIORIT	
KUOLLUT LINKKI -AIKA				
VALITTU EDUSTAJA-REITITIN				
VARAREITITIN				
NAAPURIN 1 IP-OSOITE				
...				
NAAPURIN n IP-OSOITE				

OSPF - Hello (2)

- Verkkomaski: tämän verkkorajapinnan verkkomaski
- Optiot: naapuri voidaan hylätä, jos reitittimien kyvyt eivät täsmää
 - esim. muiden reititysprotokollien tiedovälitys
- Hellon lähetysväli sekunteina
- R PRIORITY: Tämän reitittimen reittiprioriteetti
 - jos 0, ei voi olla valittu tai varareititin
 - muuten vaikuttaa varareitittimen valintaan
- KUOLLUT LINKKI (RouterDeadInterval): aika, jonka jälkeen reitittimen katsotaan olevan alhaalla (sekuntia)

OSPF - Hello (3)

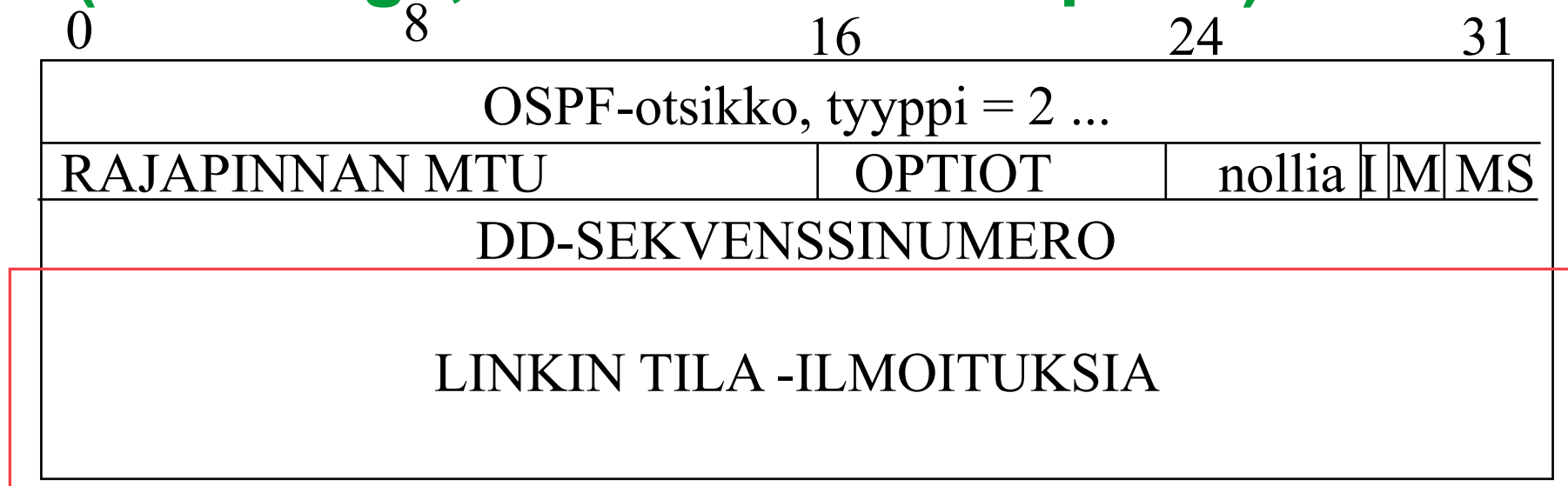
- Valittu edustaja-reititin (designated router): viestin lähettäjän näkemys valitusta reitittimestä (vastaanottajasta)
 - Yleensä pienin verkon IP-osoite; 0.0.0.0 jos ei ole
- Varareititin
 - edellisen varalla; 0.0.0.0 jos ei ole
- Naapurien IP-osoitteet
 - niiltä naapureilta, joista reititin on kuullut viime aikoina (enintään kuolleen linkin ajastimen osoittama aikaväli)
 - huom! muut tiedot välitetään tietokannan kuvaus tai linkin tila - viesteillä, mistä seuraavaksi lisää

OSPF - Reititystaulun sisältö

- kerätään Exchange-viestillä

- Kohteen tyyppi: verkko tai reititin
 - OSPF- tai AS-alueen reunareititin
- Kohteen tunniste (tai nimi), riippuu tyypistä
 - verkolle IP-osoite, reitittimelle OSPF:n reitittimen ID
- Aliverkkomaski kertoo verkkoon kuuluvat IP-osoitteet
- Lisätietoja, eli ulkoisen verkon reititystietoa
- Polun tyyppi, esim alueen sisäinen tai välinen
- Kustannus linkille
- Seuraava hyppy
- Linkin tiedon alkuperä (alueen sisäisille): LSA

OSPF - Tilatietojen vaihto/alustus (Exchange, Database description)



useampi linkin tila (Link Status Advertisement, LSA)-tietue

- Naapurien reititystaulujen tiedot lähetetään aluksi kaikki
- Viesti voi sisältää useamman paketin, sillä koko verkon kuvaus välitetään kaikille OSPF-reitittimille

OSPF - Exchange (2)

- MTU: suurin MTU, jota voidaan käyttää
- Tietokannan sisältö voi olla laaja, jolloin lähetetään useampi viestin
 - Init = 1 = ensimmäinen viestin osa
 - More=1 = lisää viestipaketteja seuraa
- MS-bitti: reititin on joko 1= master tai 0=slave
- DD-sekvenssinumero
 - alotuspaketissa uniikki, seuraavissa viestin osissa +1

OSPF - Linkin tila (LSA)-otsikko

0	8	16	24	31
LINKIN IKÄ		LINKIN OPT.	L. TYYPPI	
LINKIN TILAN TUNNISTE				
MAINOSTANUT REITITIN				
LINKIN SEKVENSSINUMERO				
LINKIN TARKISTUSSUMMA			LINKIN PITUUS	
Viestin loppu riippuu linkin tyypistä...				

- Linkin (=verkon) tilan ilmoitus (Link Status Advertisement, LSA)
 - Jokainen LSA kuvaa palan OSPF-reititysaluetta
 - Seuraavaksi erityyppiset LSA:t

OSFP - LSA-otsikko (2)

- LS-ikä: aika sekunteina kun tietue luotu
- Optiot; miten käsitellä tuntemattomia (yllä)
- LS-tyyppi:
 - 1 = reititin 3= yhteenveto-LSA IP-verkkolle
 - 2 = verkko 4= yhteenveto-LSA AS-reunareititimelle
 - 5= LSA ulkoisen linkin tiedoille
- Linkin tilan ID: riippuu linkin tyypistä, esim IP-osoite
- Mainostanut reititin on alkuperäisen tiedon lähettäneen reitittimen IP-osoite
- Sekvenssinumeron avulla tunnistetaan vanhat tai duplikaatit
- tarkistussummaan ei lasketa ikä-kenttää
- LSA:n pituus sisältäen otsikon

OSPF - LSA-tyypit

- 1=Reititin-LSA (router-LSA)
 - jokainen OSPF-reititin luo viestin, jossa kuvaa ympäristönsä
- 2=Verkko-LSA (network-LSA)
 - kuvaa verkon mm. verkkomaski, ja kaikki siihen kytketyt reitittimet (mukaanlukien “vastuureitittimen”)
 - verkon “vastuureititin” luo viestin
- 3=Yhteenveto-LSA IP-verkolle
 - reitin kustannukset
- 4=Yhteenveto-LSA AS:n reunareitittimelle
- 5=Toisen (ulkopuolisen) AS:n alueen reitit

OSPF - Reititin-LSA (otsikon tyyppi = 1)

0	8			16	24	31
0	V	E	B	0	LINKKIEN #	
LINKIN ID						
LINKIN DATA						
TYYPPI		# TOS		METRIIKKA		
...						
TOS		0		TOS-METRIIKKA		

- Jokainen reititin luo reititin-LSA:n
 - Kuvaus reitittimen jokaisesta rajapinnasta
- Jokainen alue on yhteydessä AS:n “runkoalueeseen” vähintään virtuaalisen linkin välityksellä

OSPF - Reititin-LSA (2)

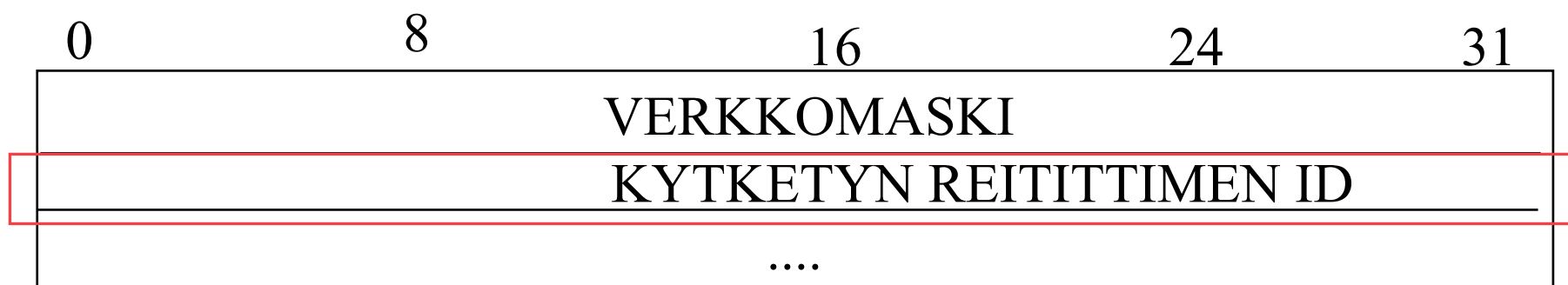
- Liput:
 - v=virtuaali-linkin päätepiste,
 - E=AS:n reunareititin,
 - B=OSPF-alueen reunareititin
- Linkkien lukumäärä, eli reitittimen rajapintojen lukumäärä, jokainen linkki kuvataan

Linkin tyyppi	Linkin ID	Linkin data
– suora yhteys	reitittimen ID	MIB-II ifIndex-arvo
– transit-verkko	kohdereitittimen IP	IP-osoite
– stub-verkko	(ali)verkon IP	verkkomaski
– virtuaalilinkki	reitittimen ID	IP-osoite

OSPF - Reititin-LSA (3)

- #TOS = erilaisten metriikoiden lukumäärä
- Metriikka = linkin kustannus
- TOS=Type of Service (IP-otsikossa), yhteensopivuus aiemman protokollaversion kanssa
 - normaali palvelu
 - minimoi kulut (rahana)
 - maksimoi luotettavuus
 - maksimoi liikennemäärä
 - minimoi viive
- Tyypikohtainen metriikka

OSPF - Verkko-LSA (otsikon tyyppi=2)



- Verkko-LSA kuvaa alueella olevan transit-verkon
 - Verkon verkkomaski (IP-osoitteesta)
 - Lista kaikista verkkoon kytketyistä reitittimistä
- Verkon edustaja-reititin luo verkko-LSA:n
 - mukaana listassa myös edustaja-reititin itse

OSPF - Yhteenveto-LSAt (otsikon tyyppi = 3 tai 4)

0	8	16	24	31
VERKKOMASKI				
0	METRIKKA			
TOS	TOS-METRIKKA			
...				

- Kuvaa yhden alueen kohteet
 - alueen reunareitin luo ja mainoistaa muille alueille
 - Tyyppi 3 IP-verkolle tai tyyppi 4 AS-reunareitittimelle
- Kohdeverkon IP-verkkomaski (tyyppi 3) tai 0 (tyyppi 4)
- Metriikka = reitin kustannus
 - myös palvelutyyppikohtainen (TOS) metriikkatieto mahdollista

OSPF - AS-reunareititimen LSA (otsikon tyyppi=5)

0	8	16	24	31
VERKKOMASKI				
E	0	METRIKKA		
EDELLEENLÄHTETYSOSOITE				
ULKOISEN REITIN MERKKI				
E	TOS	TOS-METRIKKA		
EDELLEENLÄHETYSOSOITE				

- Kuvaa kohteita, jotka ovat toisen organisaation verkon (AS:n) alueella
 - Voi olla myös palvelunlaatua koskevia metriikoita
- Myös oletusreitit muualle Internetiin

OSPF - AS-reunareititimen LSA (2)

- Kohdeverkon IP-verkkomaski
- E-bitti: ulkoisen metriikan tyyppi, suurempi kuin mikään paikallinen
- Edelleenlähetysosoite (forwarding address): kohteen IP-osoite, jos nolla, LSA:n lähettäneelle reitittimelle
- Ulkoisen reitin merkki: OSFP ei tee tällä mitään, käytetään AS-reunareitittimien viestinnässä

OSPF - Tilatietojen päivitys (Flooding)

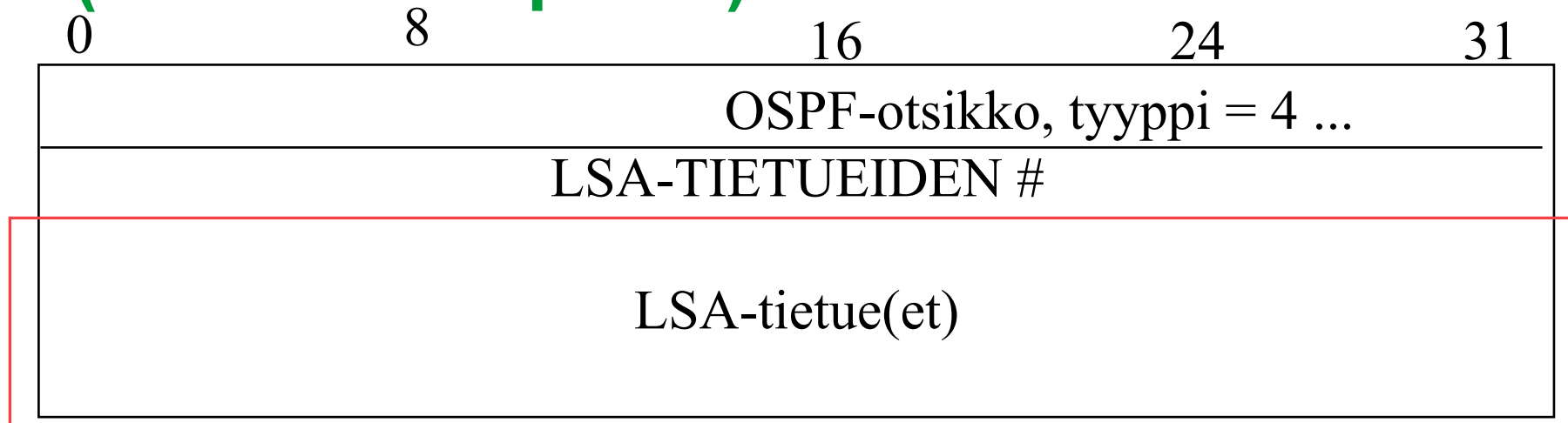
- Kun kaikki reititystieto on vaihdettu, aletaan sitä ylläpitää
 - Linkeillä on ajastin, joka kertoo, koska pitää pyytää linkin tilasta uutta tietoa
- Reitittimet lähettävät linkkien tilan päivitysviestejä (link status update)
 - Käytetään samoja LSA-otsikoita kuin yllä
 - Lähettäjäkin tarkistaa jokaisen rajapinnan tilan, olisiko LSA:n lähetys tarpeen (mikä on uusin)
 - Pitää tarkistaa, onko tieto peräisin itseltä ;)
- Päivitysviestit pitää kuitata

OSPF - Linkin tila -pyyntö (Link State Request)

0	8	16	24	31
OSPF-otsikko, tyyppi = 3 ...				
LINKIN TILAN (eli LSAn) TYYPPI				
LINKIN ID				
MAINOSTAVA REITITIN				

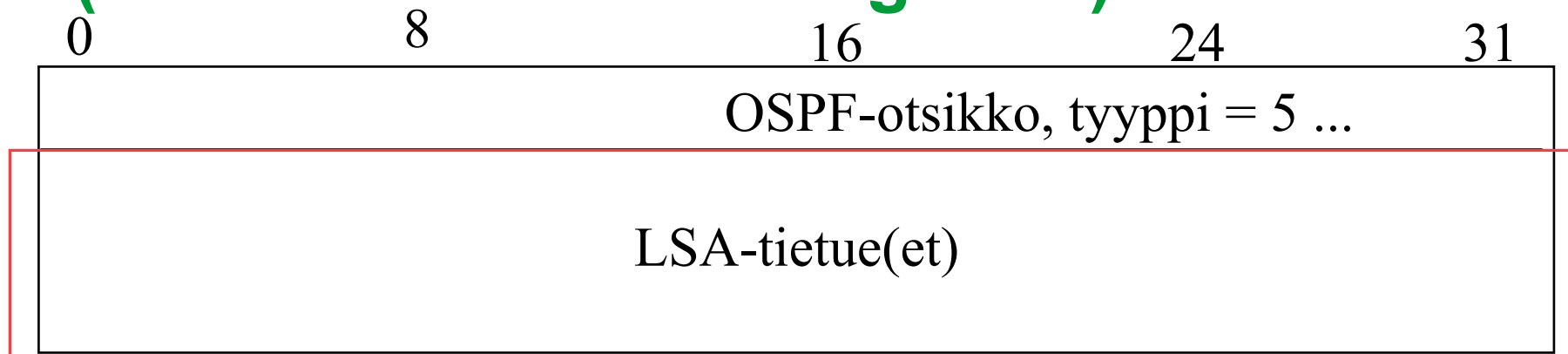
- Viestillä kysytään tietyn linkin tilaa naapurilta sen jälkeen, kun koko reititystaulun sisältö on aluksi vaihdettu
 - voi kysyä useampaa linkkiä kerralla
 - voi olla myös useampi paketillinen kyselyitä kerralla

OSPF - Linkin tila -päivitys (Link State Update)



- Vastaus kyselyyn
 - voi sisältää tietoa useammasta linkistä, jokaiselle oma LSA-tietue
 - voi toimia myös kuittauksena pyynnölle

OSPF - Linkin tila -kuittaus (Link State Acknowledgment)



- Päivitysviestit, eli kaikki vastaanotetut LSA:t kuitataan
 - useampia voidaan kuitata kerralla (viivästetty kuittaus) tai heti (jos saadaan duplikaatti)
 - uudelleenlähetys, jos ei kuittausta kuulu
- Lähetetään joko kaikki-SPF-reitittimet- tai kaikki-reitittimet-monilähetysosoitteeseen tai yksilähetyksenä

OSPF for IPv6 (RFC 5340) - OSPFv3

- IPv6:n käyttöönotto vaikuttaa myös OSPF-reititykseen
 - Siispä OSPF on päivitetty uuteen versioon
 - myös uusi OSPFv3 toimii suoraan IP:n päällä
- Perusperiaatteet säilyvät samoina
 - tiedonvaihto
 - tuki alueille
 - lyhimmän polun laskenta

OSPFv3 - Eroja aiempaan

- Ei puhuta aliverkoista, vaan linkeistä (linkki=fyysinen verkko)
 - linkillä voidaan ajaa useampaa instanssia OSPFstä
- IPv6-osoitteita ei käytetä OSPF-paketeissa
 - sen sijaan esim. reitittimillä on 32-bittiset ID:t
 - IPv6-osoite on vain linkin tilan päivitysviestin LSA:ssa
- Tilatietojen päivitykselle alueet (scope)
 - paikallinen linkki(verkko), alue, AS-alue (AS-reunareitittimet)
- Tunnistamisessa käytetään IPsec AH/ESP
 - otsikosta poistettu autentikaatiokentät

OSPFv3 (RFC 5340) - Otsikko

0	8	16	24	31
VERSIO=3	TYYPPI	VIESTIN PITUUS		
REITITTIMEN ID				
ALUEEN TUNNISTE				
TARKASTUSSUMMA		INSTANSSIN ID	0	

- Muutoin ~sama kuin v2, mutta samalla linkillä voi olla käytössä useampi instanssi OSPF:stä, joille tunniste
 - reititin voi kuulua useampaan alueeseen
 - reitittimelle käytetään tunnistetta, ei IPv6-osoitetta
- Tunnistusta ei enää tarvi, kun käytetään IPseciä

OSPFv3 - Hello

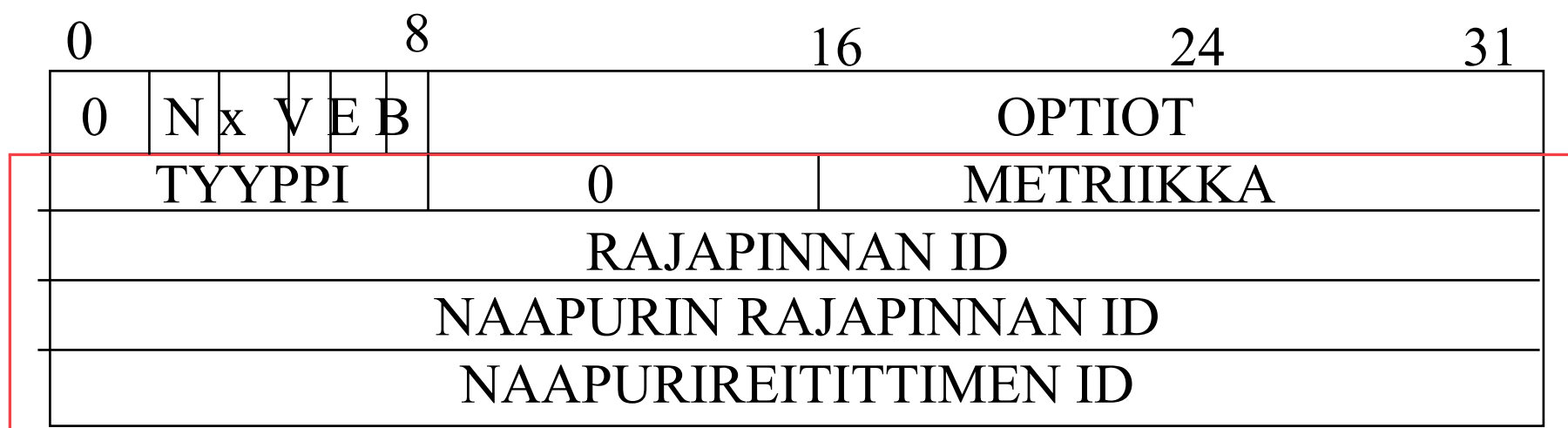
0	8	16	24	31
OSPF-otsikko, tyyppi = 1 ...				
RAJAPINNAN ID				
R PRIORIT		OPTIOT		
HELLON LÄHETYSVÄLI		KUOLLUT LINKKI -AIKA		
VALITTU REITITTIMEN ID				
VARAREITITIN				
NAAPURIN 1 IP-OSOITE				
...				
NAAPURIN n IP-OSOITE				

- Samat tiedot, hieman eri järjestyksessä
 - Verkkomaskin sijaan tosin rajapinnan ID

OSPFv3 - Muut viestit

- Muiden viestien otsikot pysyvät samana
 - Tietokannan kuvaus
 - Linkin tilan kysely
 - Linkin tilan päivitys
 - Linkin tilan kuittaus
- Itse linkin tilan LSA-paketin formaatti muuttuu
 - mutta senkin otsikko on samanlainen kuin ennen
 - LS-tyypillä kerrotaan myös viestien lähetysskooppi (paikallinen/alue/AS)
 - vanha TOS-tieto poistettu
 - seuraavaksi esimerkkin reititin-LSA

OSPFv3 - Uusi reititin-LSA



- Lippuja lisää (x=0, N=reunareititin) ja reitittimen kapasiteettitietoa (optiot)
- Osassa LSAissa on mukana IPv6-osoite

RIP vs. OSPF

- RIP ei tuota paljon ylimääräistä liikennettä, koska se on yksinkertainen
 - RFC on 39 s.
- RIPin konfigurointi on yksinkertaista, samoin sen toteuttaminen (implementointi)
- Toimii UDP:n päällä
- Monta toteutusta saatavilla
- OSPF skaalautuu paremmin isompiinkin verkkoihin
 - viestien koko ei riipu verkon koosta
- Helppo havaita virheet, koska kaikilla on kaikki tieto
- Toimii IP:n päällä
- Paljon mahdollisuuksia säätöön
 - esim. kuormantasaus, palvelunlaatu, aliverkot, tunnistus
 - OSPFv2 RFC on 244 s., v3 RFC 94 s. ;)

Muita reititysprotokollia

- Yleisesti käytetään staattisia reittejä (käsin)
- IGRP (1988) ja Enhanced IGRP (EIGRP, 1993)
 - Ciscon reititysprotokollat, osia patentoitu
 - etäisyysvektori-protokolla, metriikkana viive, kaista, luotettavuus ja kuorma
 - käyttää split horizon ja triggered updates -tekniikoita
- IS-IS
 - ISON standardoima
 - linkkitilaprotokolla
- Vanhoja protokollia
 - Gateway to gateway protocol (GGP), RIPin edeltäjä
 - HELLO käytti aikaa metriikkana (vaatii synkronoidut kellot)

Lähteitä

- RFC 1812 Requirements for IP Version 4 Routers, 1995
 - hyvä yhteenveto, miten kaikki toimii!
- RFC 2453 RIP version 2, 1998 (RFC 1058 RIPv1)
- RFC 2080 RIPng for IPv6, 1997
- RFC 4822 RIPv2 Cryptographic Authentication, 2007
- RFC 2453 OSPF version 2, 1998 (RFC 2178, OSPFv1)
- RFC 5340 OSPF for IPv6, 2008
- RFC 5709 OSPFv2 HMAC-SHA Cryptographic Authentication, 2009

Seuraavaksi ensi viikolla

- Kuinka reititystieto kulkee ASien välillä
 - BGP4
- Kuinka reititetään monilähetystä
 - Monta reititysprotokollaa, perustuvat yksilähetysreititykseen

