

Integration of Routing and Switching

Label Switching

The goal is to avoid executing packet forwarding algorithm for each and every packet and replace it with switching in hardware. The result is faster and less expensive IP network with Integrated Traffic Engineering Mechanisms.

- Luento 1 {
 - Motivaatio
 - Historia
 - Leimakytkennän periaate ja ominaisuudet (MPLS)
- Luento 2 {
 - Leimojen levitys protokolla
 - Liikenteen hallinta ja MPLS

MPLS dokumentit

Tekijöinä: 8 IETF työryhmää ja 6 teollista yhteenliittymää!
(Industry forums)

16.10.2001: 9 RFC:tä, 83 Internet Draftia:

RFC 3031: Multiprotocol Label Switching Architecture Jan-01

RFC 3032: MPLS Label Stack Encoding Jan-01

RFC 3034: Use of Label switching on FR networks specs Jan-01

RFC 3035: MPLS using LDP and ATM VC switching Jan-01

RFC 3036: LDP Specification Jan-01

RFC 3037: LDP Applicability Jan-01

RFC 3107: Carrying label information in BGP4 (May-01)

RFC 2764 - A Framework for IP based VPNs (Feb 00)

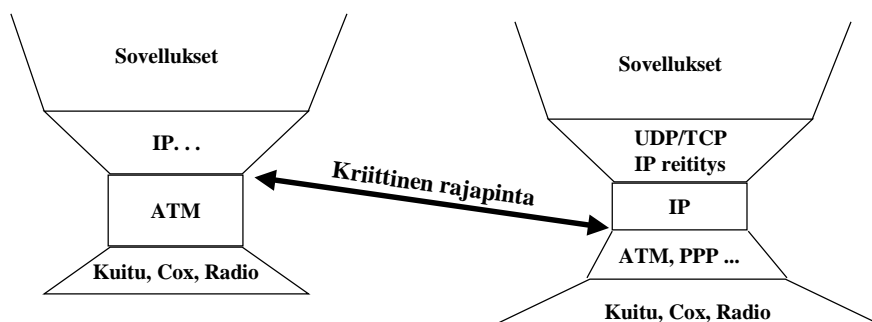
RFC 2702 – Requirements for Traffic Engineering over MPLS (Sep99)

MPLS benefits

- Traffic Engineering - the ability to set the path traffic will take through the network, and the ability to set performance characteristics for a class of traffic
- VPNs - using MPLS, service providers can create IP tunnels throughout their network, without the need for encryption or end-user applications
- Elimination of Multiple Layers - Typically most carrier networks employ an overlay model where ATM is used at Layer 2 and IP is used at Layer 3. Using MPLS, carriers can migrate many of the functions of the ATM control plane to Layer 3, thereby simplifying network management and network complexity. Eventually, carrier networks may be able to migrate away from ATM all-together, which means elimination of ATM's inherent "cell-tax" in carrying IP traffic.

ATM vs IP integraattorina

ATM fanien (Bellheads) vanha käsitys ←↔ *IP fanien (Netheads) käsitys*



IP -kytkentä ja leimakytkentä ovat ilmentymiä teknologian suuntakamppailusta kriittisellä IP/ATM -rajapinnalla. IP keskeinen malli voitti kisan 1990 -luvun lopulla.

IP over ATM ratkaisujen perusongelma on voiden suuri lukumäärä ja pieni koko

- Vuo on peräkkäisten pakettien virta tietystä lähde- IP-osoitteesta (tai prefiksistä) tiettyyn kohde IP-osoitteeseen (käyttäen tiettyä UDP/TCP -porttiparia tai porttia) vrt. TCP-istunnossa lähetetyt paketit
- Vuon keskipituus Internetissä lienee alle 10 000 oktettia
- 1 Gbit/s linjanopeudella saadaan
 - 12500 vuota syntyy ja lakkaa sekunnissa
 - 450 M vuota syntyy ja poistuu/h reitittimessä, jossa on 10 porttia
 - 100...1000 kertaa liikaa, jotta jokainen vuo voisi olla “puhelu”

Monta yritystä on tehty IP:n sovittamiseksi ATM:n päälle

- Classical IP over ATM
- LANE - LAN Emulation
- MPOA = laajempaan verkkoon venytetty LANE
 - kaukana ATM-verkossa olevia kohteita voidaan liittää osaksi IP-verkkoa muodostamalla niihin virtuaaliyhteyksiä (=soittamalla “ATM-puhelu”) liikennetarpeen mukaan

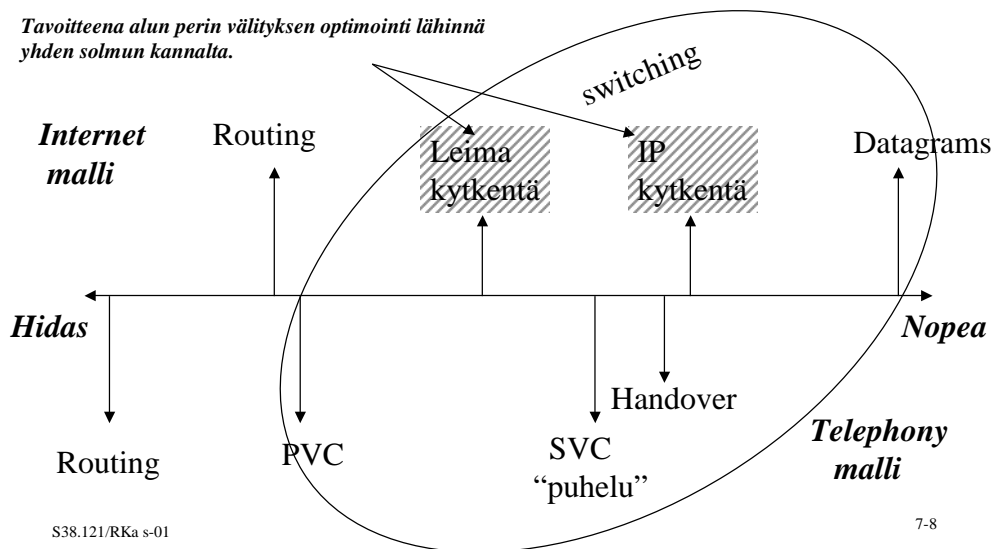
Kaikkien näiden ratkaisujen haittoja ovat monimutkaisuus, tehottomuus ja huono skaalautuvuus

Mikä on vikana puhtaassa IP-verkossa?

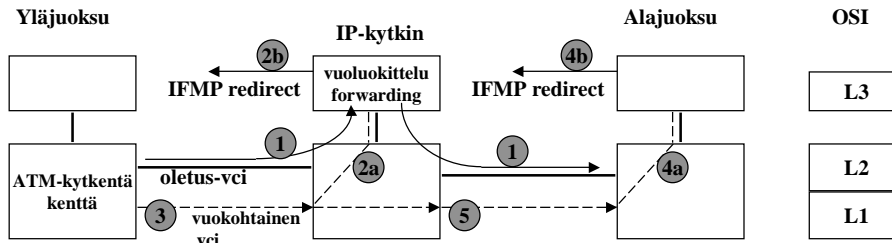
- Ei takaa palvelun laatua.
- Packet forwarding longest match kohdeosoitehaulla on hitaahko operaatio
 - voidaan kiihdyttää laitteistolla (esim. ASIC), mutta ratkaisun ylläpidettävyys on hankala juttu
- Lyhimpään polkuun perustuva reititys rajoittaa operaattorin mahdollisuuksia hallita verkon liikennettä ja käyttää verkon resursseja tehokkaasti
 - Koska ei ole keinoa kiinnittää menossa olevia voita nykyisille poluille, on vaikea tehdä vaihtoehtoista reititystä.

Reititys on kytkentää hitaampi tapa ohjata verkon resursseja vastaamaan liikennettä

Tavoitteena alun perin välityksen optimointi lähinnä yhden solmun kannalta.



History IP kytkentä vähentää reitittimen kuormaa kytke- mällä osan liikenteestä suoraan ATM-kentän läpi



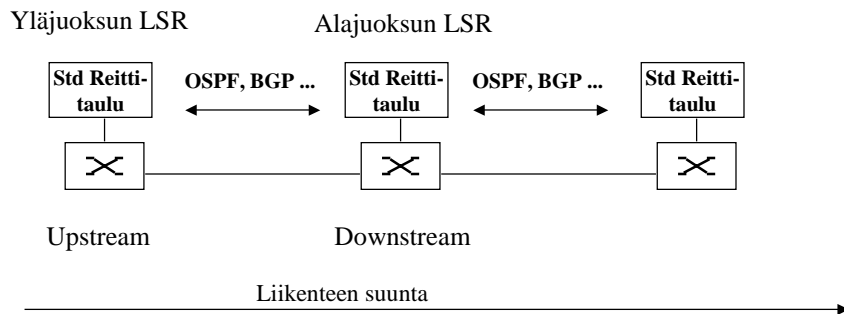
1. IP kytkimet toimivat normaaleina reitittiminä. IP-paketit lähetetään oletus VCI:llä. Lisäksi reitittimessä toimii vuoluokittelija.
2. Vuoluokittelija on tunnistanut vuon, 2a - IP-kytkin varaa yläjuoksulta uuden VCIn vuolle. 2b - IP kytkin lähettää yläjuoksun naapurille IFMP redirect sanoman.
3. Yläjuoksun IFMP-solmu ohjaa kaikki yö vuohon kuuluvat paketit varatulle VCI:lle. Ensimmäinen paketti toimii IFMP redirect sanoman kuittauksena.
4. Alajuoksun IP-kytkin/reititin on myös havainnut vuon ja lähettää redirect sanoman.
5. IP-kytkin kytkee reititin prosessorin pois luupista kytkemällä vuon ATM-kentän läpi.

History (IPSILONin) IP-kytkennän piirteitä

- Vuotyyppejä on useita
 - lähde IP-osoite, kohde-IP-osoite + monta pakettia
 - lähde IP-os, kohde-IP os, TCP/UDP-portti
- Vuon paketeilla on oma kapselointi
- Viimeinen alajuoksun IFMP -solmu, joka käsittelee pakettia prosessorilla, asettaa paketin TTL:n oikeaan arvoon.
- IP -kytkentä on *liikenneohjautuva päästä päähän* ratkaisu
- Noin 70 - 80% paketeista voidaan kytkeä voina

Leimakytketty verkko toimii näin: vaihe 1

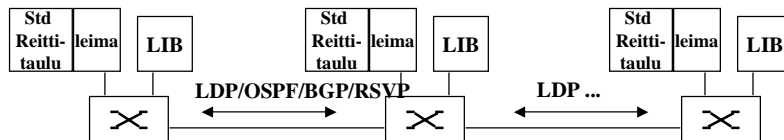
- 1. Leimareitittimet ja leimakytkimet toimivat normaaleina reitittiminä (suorittavat OSPF, BGP, jne protokollia).**



Leimakytketty verkko toimii näin: vaihe 2

2. LR ja LK

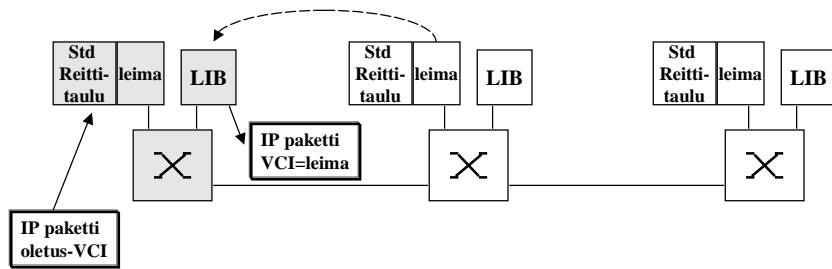
- käyttävät reititysprotokollien luomaa reittikantaa leimojen asetteluun ja
- levittävät leimat reititys-, RSVP tai LDP -protokollalla.
- Vastaanotetuista tiedoista LR rakentaa leimatietokannan.



Leimakytketty verkko toimii näin: 3

3. Kun reuna-LR vastaanottaa alueen ulkopuolelta paketin,

- se analysoi paketin otsikon, suorittaa kerroksen 3 palvelut,
- hakee reittikannasta ulosmenoliitännän ja leiman leimakannasta,
- lisää leiman paketin otsikkoon ja välittää paketin seuraavalle LK:lle.

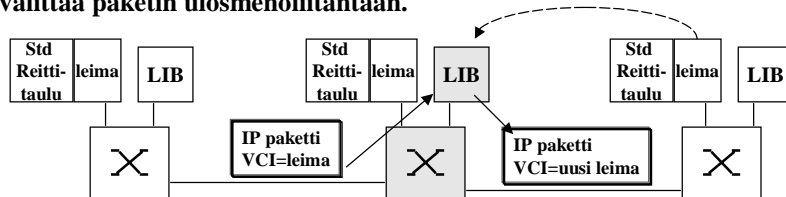


S38.121/RKa s-01

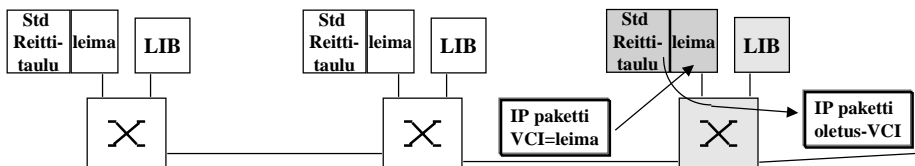
7-15

Leimakytketty verkko toimii näin: 4, 5

4. LK vastaanottaa leimatun paketin tasolla 2, vaihtaa tuleleiman lähtöleimaan ja välittää paketin ulosmenoliitännään.



5. Ulostuloreunalla LR poistaa leiman paketista ja reitittää sen IP -otsikon perusteella eteenpäin.



S38.121/RKa s-01

7-16

Leimojen levitys voi tapahtua useaa protokollaa käyttäen

- LDP – Label Distribution Protocol – erikseen tätä varten määritelty protokolla.
- RSVP – Resource reSerVation Protocol – resurssien varausprotokolla, alun perin suunniteltu IntServ – arkkitehtuuriin – nyt lisätty attribuutteja.
- OSPF ja BGP – jos leimat liitetään reittitaulun riveihin, leimat on kätevintä levittää lisätietoina reititysprotokollissa.

Leimatuissa paketeissa leiman kuljetustapoja on monia - leimakytkentä on riippumaton MAC - kerroksesta

Leimoja voidaan kuljettaa:

- osana MAC otsikkoa (esim ATM VPI/VCI)
- osana verkkokerroksen otsikkoa (vuoleima IPv6:ssa)
- MAC-kerroksen ja verkkokerroksen väliin määriteltävässä uudessa “shim” kerroksen otsikossa
Useimmat toteutukset pilottiverkoissa ovat tällaisia!

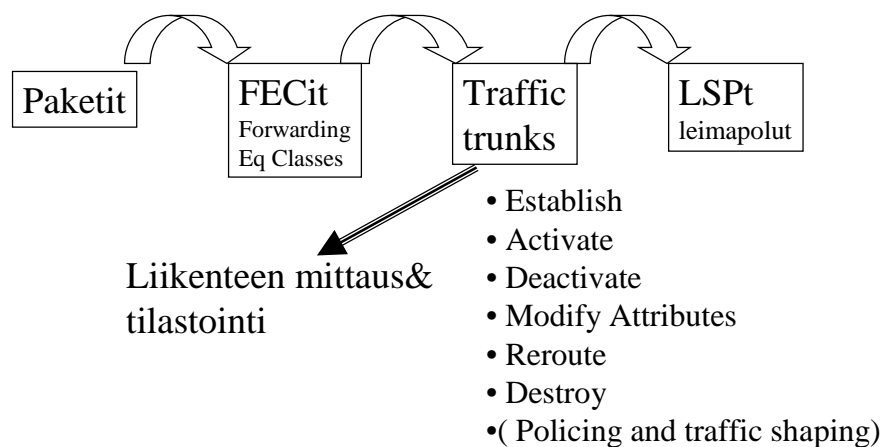


*Tehokas leimojen käsittely vaatii leimakytkennän laitteistototeutusta:
- ATM:ssä leimakytkentä toteutuu ATM-kytkentänä ATM-kentässä*

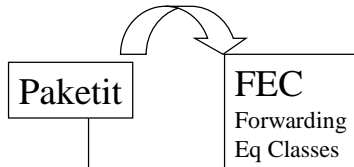
Leimoja voidaan liittää paketteihin usealla eri perusteella

- **Leima voidaan kytkeä IP-osoitejoukkoon, jota nimitetään FEC - Forwarding Equivalence Class.**
 - Kaikki FEC:iin kuuluvat paketit saavat saman MPLS-käsittelyn (sama next hop tai valinta samasta joukosta)
 - FEC voi olla IP-osoite prefiksi (0...32 bits).
 - FEC voi olla Isäntäkoneen osoite (tällä on korkeampi prioriteetti)
 - (esim vois myös ajatella: FEC on multicast -osoite ja leima liittyy siten multicast-puuhun)
- **Puhutaan vuon granulariteetista.**

MPLS:n käsitteet



Monet tekijät voivat vaikuttaa siihen, mitkä paketit kuvataan tiettyyn FEC:iin



Paketin sijoituspäätös FEC:iin tehdään MPLS-alueen tuloreunalla tasan kerran.

- Kohde-IP -osoite prefiksi
- MPLS -alueen tulosolmu
- MPLS -alueen tulosolmun tuloportti
- Lähdereitityksen tapainen explisiittinen reititys, syynä policy tai liikenteen hallinta. Lähdereitituskuvauksen sijaan paketissa on vain leima.
- Luokittelu: paketin prioriteetti.

S38.121/RKa s-01

7-21

Leimakytkimen taulut ovat

ILM: Incoming Label Map (tuloleimataulu)

NHLFE – Next Hop Label Forwarding Entry

Tuloleima	Osoittimet
leima1 : leimaX	1...n osoitinta/rivi mm. kuorman jakoa varten

FTN: FEC-to-NHLFE Map(Reunaleimataulu)

FEC	Osoittimet
FEC1 : FECz	1...n osoitinta/rivi mm. kuorman jakoa varten

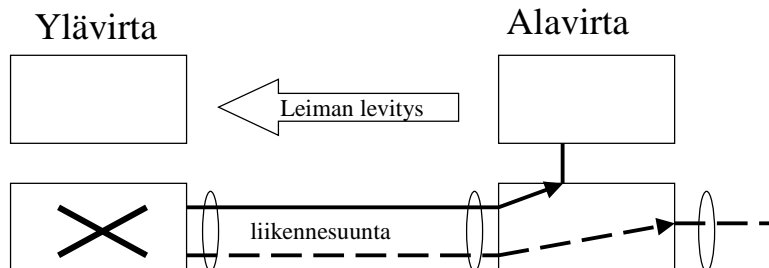
Next Hop
a. Korvaa – lähtöleima
b. Pura leimapino
c. Korvaa – lähtöleima + lisää 1...m uutta leimaa
Myös voi olla
d. Linkkitason kapselointi-ohje
e. Leimapinon koodaustapa
f. muut lähetysohjeet - esim TTL –decrementti*

*Jos lähtöleima = VCI, LIB-rivin täytyy sisältää myös TTL-decrementti eli leimakytketyn polun pituus (peräkkäisten linkkien lkm), jotta TTL voidaan decrementoida oikeaan arvoon ennen lähetystä ingress(lähtö)reitittimessä.

S38.121/RKa s-01

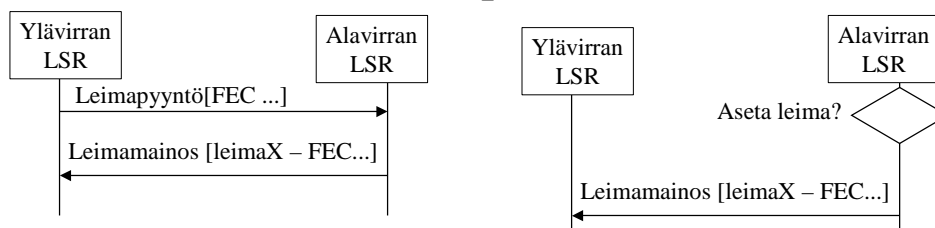
7-22

Leiman sidonta FEC:iin on alavirran leimareitittimen vastuulla



1. Kun Alavirran LSR varaa leiman jollekin FEC:lle, sen täytyy tehdä vastaava kytkentä.
 - a. Jos alavirran LSR on tuloleimareititin (egress), kytkentä ohjaa leimatun paketin L3 tason forwarding prosessille
 - b. Jos LSR ei ole egress, kytkentä ohjaa tulevan paketin lähtöporttiin.
2. Leiman levitys tapahtuu siis alavirrasta ylävirtaan. Levityksessä mukana voi mennä leiman lisäksi attribuutteja

Levityisperuste voi olla pyyntö ylävirrasta tai oma päätös



Downstream-on-demand label distribution

- esim pyydä jokaiselle reititystaulun Prefiksille vastaava leima
- Alavirran LSR: allokoit tuloleima (tee kytkentä) ja levitä leima ylävirtaan.
- Jos leima tulee prefiksin next hopilta hyväksy leima lähtöleimaksi

Unsolicited downstream label distribution

Leimojen levityksen ohjaukselle verkossa on kaksi tapaa

- Independent Control Mapping: lähetä kun
 - uudelle FEC:lle FIB:ssä, kun *mainos tulee alavirrasta pyynnöttä*
 - Ylävirran LR:ltä vastaanotetaan leimapyyntö tunnetusta FEC:stä
 - FEC:n seuraava hyppy muuttuu ja silmukoiden poisto on päällä
 - leimakytkennän attribuutit muuttuvat
 - vastaanotto alavirralla AND (ylävirran leimaa ei ole tai silmukoiden poisto tai leimakytkennän attribuutit ovat muuttuneet)
--> Solmut toimivat pitkälle autonomisina ja leimojen asettelua etenee satunnaisprosessina
- Ordered Control Mapping - on vaihtoehto

Ordered Control Mapping - järjestysohjattu leimojen asettelu tapahtuu tulosolmun aloitteesta

- Alavirran LR lähettää, kun joku ao. ehdoista täyttyy:
 - FEC:n *Egress solmu havaitsee* uuden FEC:n
 - Ylävirrasta tulee pyyntö tunnetusta FEC:stä ja LR on tuon FEC:n egress tai sillä on alavirran leima jo asettu
 - FEC:n seuraava hyppy muuttuu ja silmukoiden poisto on päällä
 - Leiman kytkennän attribuutit muuttuvat
 - Alavirrasta tulee leimasanoma AND (
 - a) ylävirran leimaa ei ole kytketty TAI
 - b) silmukoiden poisto on päällä TAI
 - c) leimakytkennän attribuutit ovat muuttuneet)

Leimojen ylläpitokäytännöt (label retention modes)

- Konservatiivinen (Conservative Label Retention Mode)
 - Jos leimoja levitetään pyynnöttä, niitä voi tulla kaikilta naapureilta tietyille FEC:lle. Säilytetään vain ne, jotka tulevat FEC:n seuraavalta hypyltä
 - säästää leima-avaruutta, mutta hidastaa toipumista reitin muuttuessa
- Liberaali (Liberal Label Retention Mode)
 - säilytetään kaikilta naapureilta tulleet leimat. Pyyntömoodissa pyydetään enemmän leimoja kuin just nyt tarvitaan
 - nopeuttaa elpymistä, mutta kuluttaa leima-avaruutta

Reitin valinta leimakytketyssä verkossa voi tapahtua hop-by-hop tai explisiittisesti

MPLS arkkitehtuurissa on varauduttu tukemaan

1. Pakettiverkoille tyypillistä *hop-by-hop reititystä*.
2. *Explisiittistä reititystä*, jossa leima-alueen lähtö- tai kohdereitin laskee kerralla reitin koko verkon läpi esim. konfiguraatitiedon (policy) tai verkon tilatiedon perusteella. Etuna lähdereititykseen nähden on että reitityspäätös tehdään kerran, kun leimapolku muodostetaan.
3. Explisiittinen reititys voi olla tiukkaa (strictly explicitly routed) tai löysää (loosely explicitly routed)
4. Uusien explisiittisten reittien toteutus vaatii uusien leimojen allokointia ja levitystä. Jos expl. reitti perustuu uusiin tilatietoihin (esim a-la PNNI), tuloksena on *adaptiivinen reititys*.

Leimalevitysprotokolla (LDP) on yksi leimareitittimien tapa levittää, pyytää ja vapauttaa leimoja

RFC 3036: LDP Specification Jan-01

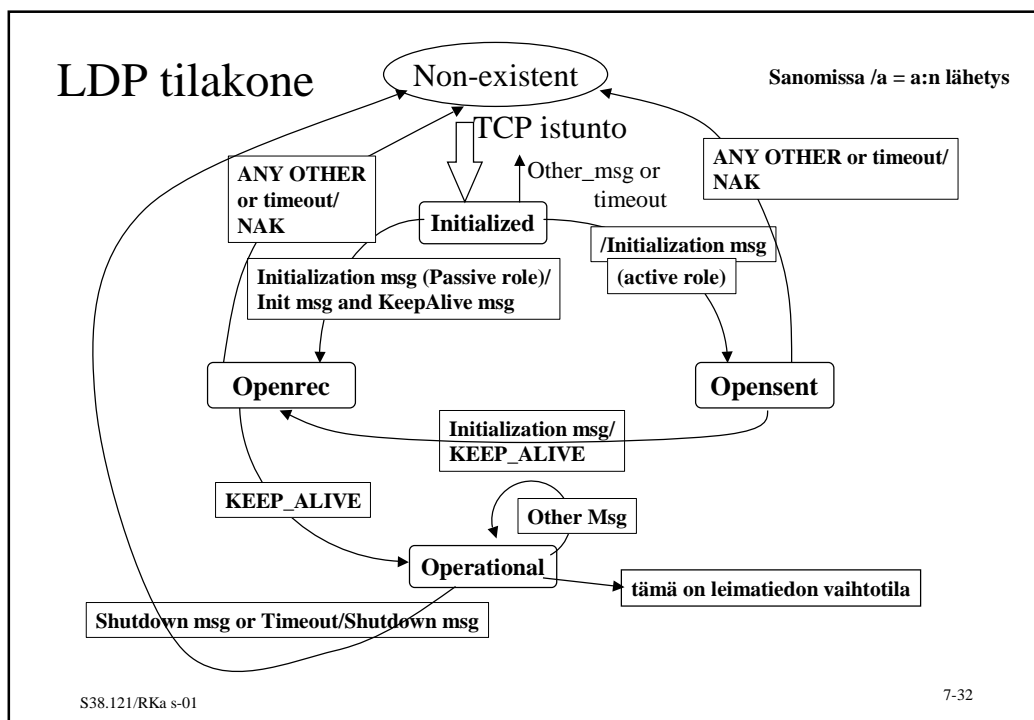
- Leimaperiaate tukee useita verkkoprotokollia (IPv4, IPv6, IPX ...)
- LDP avaa, monitoroi ja sulkee TCP-istuntoja dynaamisesti vertais-leimareitittimien (peer LSR - Label Switching Router) välillä.
- Yhtä LDP istuntoa vastaa aina yksi TCP -istunto. LDP-istunto vastaa tietystä leima-avaruudesta.
- LDP on symmetrinen. Leimatietoa voidaan lähettää molempiin suuntiin.

LDP ylläpitää dynaamista VCC konfiguraatiota, jolla pakettiverkon reititystä optimoidaan

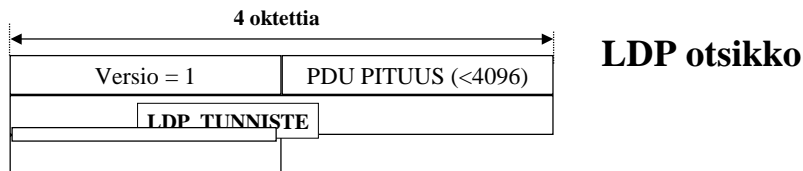
- LDP:llä on oma istunnon pitoaikavalvonta.
- LDP-istunto suljetaan, jos leimatietoa ei siirretä pitoajastimen aikana.
- Kun istunto suljetaan, kaikki leimat vertaisreitittimen kanssa vapautetaan.
- Vaihtoehtoisia tapoja asetella leimoja ovat
 - leimojen kuljetus reititysprotokollan (OSPF, BGP) sanomissa
 - RSVP - Resource reSerVation Protocol

LDP toimii pääasiassa TCP:n päällä vertaissolmujen välillä

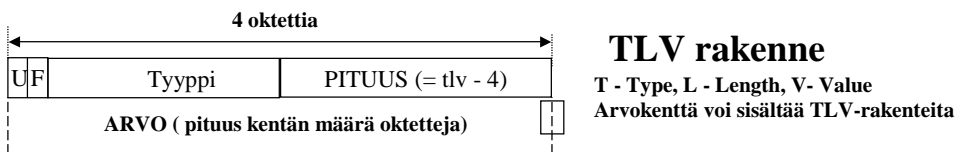
- Vertaissolmut löydetään lähettämällä hakusanoma (Discovery) UDP:n päällä joko “aliverkon kaikki reitittimet” -osoitteeseen, jolloin löytyvät välittömät naapurit TAI lähettämällä sanoma tunnetun LR:n IP-osoitteeseen
 - vm. tapauksessa haetaan verkossa kauempana olevaa kohdetta, jonne muodostetaan sisäkkäinen (nested) leimareitti
- Kaikki muut sanomat kulkevat TCP:n päällä
- Vertaissolmu voi olla välitön naapuri tai konfattu etäsolmu (leimapino mahdollistaa sisäkkäiset LSP:t)



LDP sanomissa on TLV-tietoelementtejä

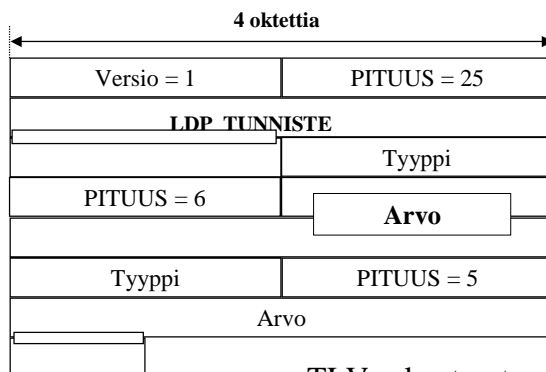


LDP_Tunniste sisältää: lähettäjän (router-id) IP-osoite + leimareitittimen LDP instanssin numero (2 byteä), joka yksikäsitteisesti identifioi lähettäjän leima-avaruuden.



U - Unknown TLV: 0 - Notify originator; Ignore entire msg; 1 - ignore this TLV
F - Forward unknown TLV-bit: U=1,F=1 --> unknown TLV is forwarded

Esimerkki LDP-sanoma



TLV-rakenteesta on myös poikkeuksia, jotka tiivistävät sanomien pakkausta

FEC - Forwarding Equivalence Class TLV

00	(FEC) 0x0100	Length
FEC Element 1		
...		
FEC Element n		

FEC Element Types: - käyttötapa
 Wild Card 0x01 - Label withdraw, release
 Prefix 0x02 - Osoiteprefiksi
 Host Addr 0x03 - Isäntäkoneen osoite

Prefix (2)	Address Family	PreLen
Prefix		

FEC elementti voi olla esim. tällainen

00	Gen Label 0x0200	Length
Label		

Leimatietoelementti on esim. tämän näköinen.

Leima voi käytännössä olla ATM:n VPI+VCI (12+16 bit)
 tai FR DLCI (10, 17 tai 23 bit)

LDP:n sanomatyyppejä ovat

Notification	- Vakavat ja ei-vakavat virheilmoitukset
Hello (over UDP)	- Naapuruussuhteiden ylläpito (Välittömät ja osoitteelliset naapurit)
Initialization	- LDP istunnon alustus
KeepAlive	- Istunnon virkistyssanoma
Address	- Osoitesanoma (sisältää LR I/f osoitelistan)
Address Withdraw	- Osoitteiden poisveto
Label Mapping	- Leimojen asettelu
Label Request	- Leimojen pyyntö
Label Abort Request	- Leimojen tuhoamispyyntö
Label Withdraw	- Leimojen poisveto
Label Release	- Leimojen vapauttaminen

LDP pyrkii havaitsemaan silmukat

- Leimapolut seuraavat IP-reitityksen tuottamaa reititystietoa. Jos IP-tasolla silmukat ovat mahdollisia, sama pätee leimakytkettyyn tasoon.
- Leimapyyntö ja leimamainos kuljettavat polkuvektoria, joka kertoo sanoman polun – jos vektorissa on oma LSR-tunnus, polku on silmukka.
- Myös polun pituutta voidaan hallinnollisesti rajata
- Hop Count TLV kertoo sanoman kulkemien hyppyjen määrän. Jos = max arvo, LSR toimii kuin polku olisi silmukka.

Liikennepohjainen vs. topologiapohjainen kytkentä

Liikennepohjainen

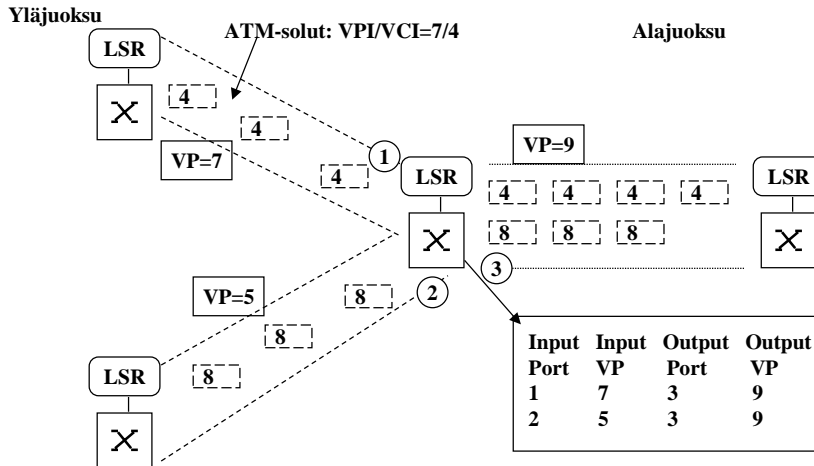
- *päästä päähän* hop-by-hop ratkaisu
- sopivuus Internet runkoon = huono. syy: miljoonia voita/linkki
- pientä osuutta liikenteestä koskeva policy -pohjainen QoS näyttää helposti lisättävältä

Topologiapohjainen

- verkon sisäinen hallinta/*leima-alueen* laajuinen *hop-by-hop ja explisiittinen* reititys- ja liikenteen hallinta ratkaisu
- leima- ja reititysominaisuudet ovat kokonaan tausta-ajoa liikenteen välitykseen nähden => taso 2 määrittelee suorituskyvyn maksimin
- Kuinka iso leimakytketty alue voi todella olla?

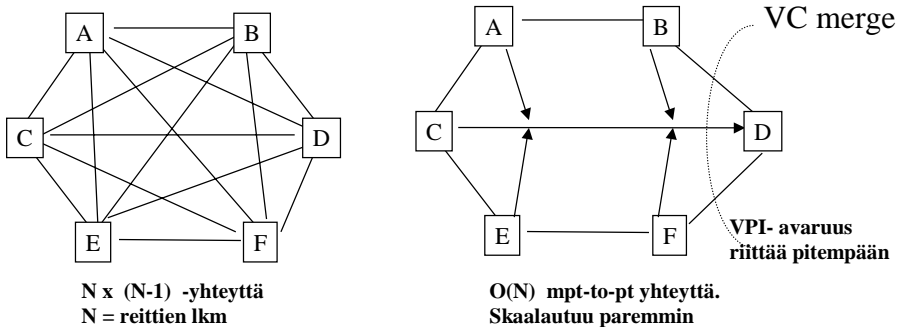
riippumaton ATM:stä - molemmat periaatteet on mahdollista sovittaa myös suoraan Packets-over-Sonet (POS) ratkaisun päälle - tämä johtaa kuitenkin uudenlaiseen leimakytkin hardwareen

Reitit ovat tyypillisesti puita, juurena on egress:
Leimapoluilla kohteeseen VP:t yhdistyvät



AAL1:ssä pakettien soluvirrat lomittuvat, jos VPI ja VCI on samat.
=> Rajoittaa ylävirran VCI avaruuden käyttöä!

Virtuaalipolkujen yhdistäminen vähentää
yhteyksien kokonaismäärää



AAL1:n lisäksi kytkinten täytyy tunnistaa kehukset, puskuroida kaikki kehysten solut ja lähettää ne peräkkäin lähtö-VCI:lle. Silloin kahden eri vuon pakettien solut eivät pääse lomittumaan. SHIM – kerroksella tätä lomittumisongelmaa ei ole.

MPLS Shim header is



Label20 bit

Exp experimental use 3 bits

S bottom of stack bit

TTLTime to live 8 bits

MPLS:lle on asetettu liikenteen hallintavaatimuksia

RFC 2702: "Requirements for Traffic Engineering over MPLS", 28 s, 9/99.

Traffic Engineering (TE) is concerned with **performance optimization of operational networks**. TE encompasses the application of technology and scientific principles to the **measurement, modeling, characterization and control of Internet traffic** and the application of such knowledge and techniques **to achieve specific performance objectives**.

Measurement and Control are the aspects of TE that concern MPLS.

Liikenteen hallinnan suorituskykytavoitteet jaetaan

- Liikenteeseen liittyviin
 - parantaa liikennevirtojen kokemaa palvelun laatua
 - pakettihukan, viiveen, viiveen vaihtelun pienentäminen
 - verkon välittämän liikenteen määrän maksimointi
 - palvelusopimusten (SLA) täyttäminen
- Resurssien käyttöön liittyviin
 - resurssien käytön optimointi
 - ruuhkien torjunta osassa verkkoa, kun toinen osa verkosta on vain vähän käytössä ts. Kun liikennevirrat on kuvattu verkkoon tehottomasti.

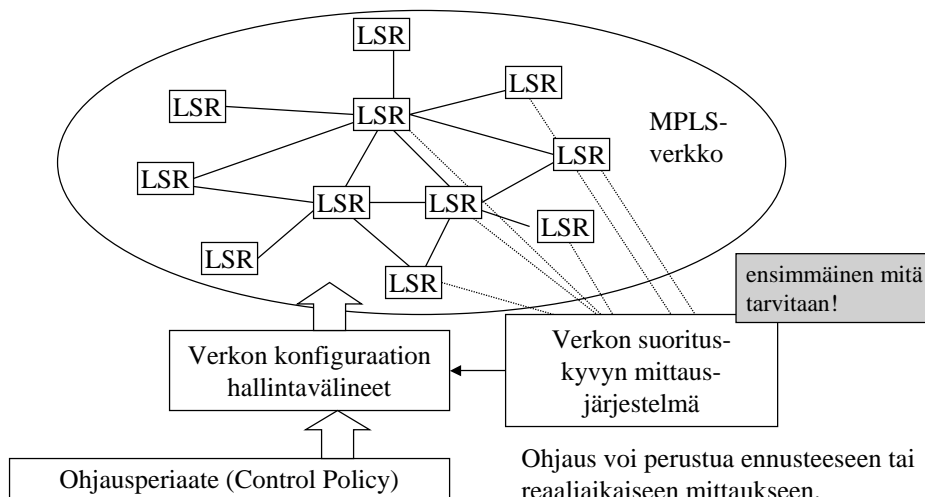
Lyhimpään polkuun perustuva reititys voi aiheuttaa liikenteen hallintaongelmia

- Liian monien liikennevirtojen lyhimmät polut voivat yhdistyä tietyllä linkille tai tietyn reitittimen tiettyyn porttiin
- tietty liikennevirta voidaan yrittää ahtaa linkille, jonka kapasiteetti on alle liikennevirran vaatimuksen
- samaan aikaan verkossa voi olla olemassa vaihtoehtoinen vaatimukset täyttävä (feasible) reitti.

IP over ATM ja FR -ratkaisujen etuja ovat

- FR tai ATM -verkossa voidaan muodostaa mielivaltainen looginen topologia, joka näkyy IP-reititykselle
 - Rajoitteet huomioiva reititys Virtuaaliyhteyksien tasolla
 - Operaattorin konfiguroimat staattiset virtuaalipolut
 - IP:n näkemien reittien hyppyjen määrän minimointi
 - CAC - call admission control - pääsyn kontrolli
 - liikenteen muokkaus ja rajoittaminen
 - yhteyksien elvytys (survivability) VC -tasolla

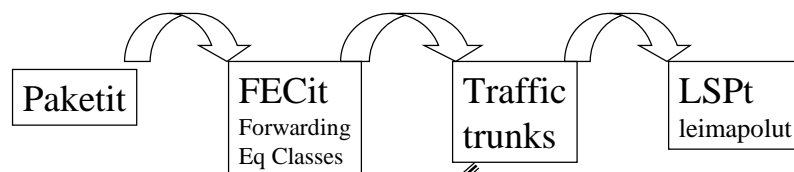
Liikenteen hallinnan malli MPLS-verkossa



MPLS:n houkuttelevuus liikenteen hallinnan kannalta perustuu näihin seikkoihin

- Explisiittisiä ei-lyhimmän polun reittejä voidaan helposti luoda ja ylläpitää manuaalisesti tai protokollien avulla
- liikenneagregaatteja (traffic trunk) voidaan helposti kuvata leimapoluille
- liikenneagregaatteja ja resursseja voidaan kuvata dynaamisilla attribuuteilla - resurssiattribuutit rajoittavat liikenneagregaattien reititystä
- liikennevirtoja voidaan koota, mutta myös hajottaa
- IP-reitiys+MPLS on operaattorin kannalta yksinkertaisempi(?) kokonaisuus kuin IP + erillinen ATM- tai FR -alusverkko

MPLS liikenteen hallinnan mekanismit



Liikenteen mittaus& tilastointi

Trunk= samaan luokkaan kuuluvien voiden aggregaatti,
- esim: LSR-i ... LSR-e välinen liikenne, joka kuuluu samaan luokkaan.
- yksisuuntainen.

- Establish
- Activate
- Deactivate
- Modify Attributes
- Reroute
- Destroy
- (Policing and traffic shaping)

MPLS liikenteen hallinnan termejä

- Traffic trunk - aggregation of traffic flows of the same class which are placed inside a Label Switched Path
 - object for routing
 - LSP -leimapolku + attribuutteja
- Induced MPLS-graph (leimapolkugraafi)= $H = (U, F, d)$, jossa $U \subseteq V$ - verkon kaikkien solmujen joukko ja jossa solmulla $u \in U$ on ainakin yksi leimapolku ,
 F - leimapolkujen joukko ja “ d ” - leimapolkuihin kohdistuvien vaatimusten ja rajoitteiden joukko
- Näiden termien avulla rajoitteet huomioiva reititysongelma voidaan formalisoida

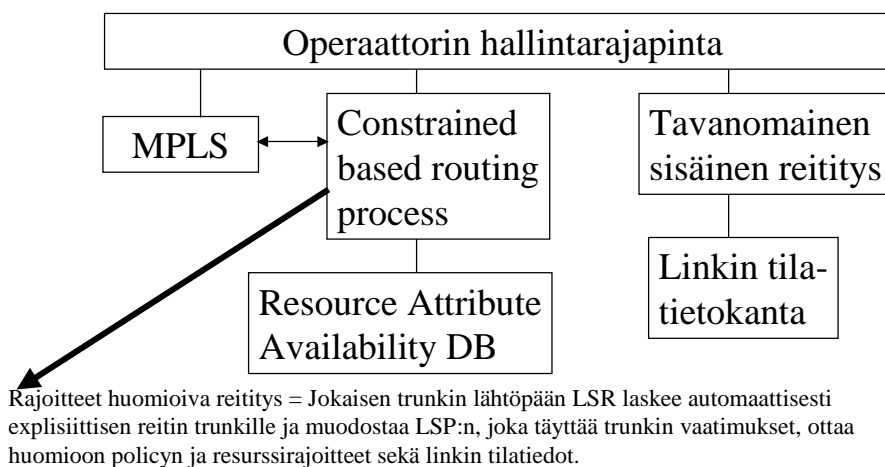
Trunkkien vaatimukset kuvataan attribuuteilla

- Liikenneparametrit (kaista, viive, huippunopeus ...)
- Polun valinnan ja ylläpidon attribuutit
 - explisiittinen reitti pakollinen/ei-pakollinen, polkupreferenssit, tietty linkki sisältyy/kielletty, reitin uudelleen optimointi sallittu/ei ja kuinka usein, miten liikenne jaetaan rinnakkaisille trunkeille
- Katkaisuoikeudet muihin trunkkeihin verrattuna vikatilanteissa
- Prioriteetti – missä järjestyksessä trunkit reititetään
- Pysyvyys tai elvytysattribuutit
- Policing (liikenteen rajoitus SLA:n perusteella)

Resurssien käyttöä ohjataan attribuutein

- Maximum allocation multiplier – mikä osuus resurssista on allokoitavissa trunkeille – ali-allokaatio tai ylijallokaatio liikenneluokasta riippuen
- Resurssiluokka (väri)
 - luokkaan liittyy policy, preferenssi, trunkkia voidaan kieltää käyttämästä tiettyä resurssiluokkaa (esim satelliittiyhteys), inclusion/exclusion policy, liikenteen lokaalipreferenssi (pidä oma liikenne omassa verkossa)

MPLS tavoitemallin liikenteen hallinnan kannalta



Rajoitteet huomioivan reitityksen toiminta perustuu tunnettuun heuristiikkaan

- Poista ensin verkon graafista ne linkit, jotka eivät täytä trunkkien liikennevaatimuksia,
- Aja sitten SPF algoritmi jäljellä olevasta graafista.
 - Jos kelvollinen reitti on olemassa tietylle trunkille, yo algoritmi löytää sen,
 - Lisäsäännöillä reitin valintaa voidaan ohjata niin, että esto minimoituu esim kun useita kelvollisia reittejä on tarjolla
- **Kuitenkin:** voidaan osoittaa, että yo algoritmi ei aina löydä reittiä, vaikka sellainen olisi olemassa!

MPLS yhteenveto

- Työ on edistynyt hitaasti. Eri MPLS -ryhmät ovat tuottaneet noin 9 RFC:tä ja 83 Internet Draftia.
- Työn motivaatio on muuttunut matkan varrella
 - nyt lupaavimmalta näyttää reitityksen rikastaminen ja paremman liikenteen hallinnan saavuttaminen IP-verkossa
 - turvallisten VPN:ien (virtuaaliverkkojen) muodostus MPLS:n avulla on myös tärkeä tavoite
- MPLS muodostaa verkon resurssien hallintakerroksen 2.kerroksen ja IP:n väliin (kvasi piirikytkentä)
- Mahdollisten polkujen määrä on verrannollinen solmujen määrään, egress solmun takana olevien kohteiden määrään ja luokkien määrään.
- Osa guruista ei lainkaan usko MPLS:ään.