

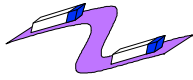
TKK/Teletekniikan laboratorio
S-38.127 Teletekniikan erikoistyö II

MPOA
Multiprotocol Over ATM

Tekijä:
Jukka Nurmi
40565A

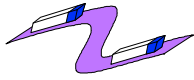
Ohjaaja:
Mika Ilvesmäki

5.6.1997



SISÄLLYSLUETTELO

KUVALUETTELO	II
TAULUKKOLUETTELO	II
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	III
1. JOHDANTO	1
2. MPOA:N IDEA	3
3. MPOA-VERKON RAKENNE	4
3.1 Mihin MPOA tukeutuu?	4
3.1.1 LAN Emulointi (LANE)	4
3.1.2 Next Hop Routing Protocol (NHRP)	5
3.2 MPOA:n komponentit	5
3.2.1 MPC	6
3.2.2 MPOA-reititin	7
4. MPOA-OIKOTIET	8
4.1 MPOA:n vuot	8
4.1.1 MPOA:n hallintavuot	8
4.1.2 MPOA:n tietovuot	9
4.2 Oikotien luominen	9
4.2.1 MPOA-elementtien konfigurointi	9
4.2.2 Muiden MPOA-elementtien löytäminen	11
4.2.3 Kohteen paikannus	11
4.2.3.1 Lähettävän MPC:n toiminta	11
4.2.3.2 Lähettävän MPS:n toiminta	11
4.2.3.3 Vastaanottavan MPS:n toiminta	12
4.2.3.4 Vastaanottavan MPC:n toiminta	12
4.2.4 Oikotieyhteyksien luonti ja hallinta	12
4.2.5 Datan siirto	12
4.3 Kätkömuistin hallinta	13
4.3.1 MPC:n lähettävän kätkömuistin luonti ja hallinta	13
4.3.2 MPC:n vastaanottavan kätkömuistin luonti ja hallinta	14
5. VERTAILUJA MUIHIN VAIHTOEHTOIHIN	15
5.1 Classical IP over ATM	15
5.2 IP-kytkentä	15
6. POHDINTOJA	17
6.1 MPOA:n tilanne nyt	17
6.2 Tehtyjä kokeiluja	17
6.3 Tulevaisuus	18
LÄHTEET	19
LIITTEET	20
LIITE 1 ESIMERKKEJÄ MPOA-YHTEYKSISTÄ	20

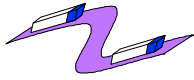


Kuvaluettelo

KUVA 1 MPOA:N IDEA	3
KUVA 2 ESIMERKKI MPOA-YHTEYDESTÄ	4
KUVA 3 MPC:N LIITÄNNÄT	6
KUVA 4 MPOA-REITITTIMEN LIITÄNNÄT	7
KUVA 5 MPOA:N HALLINTA- JA TIETOVUOT	8
KUVA 6 OSOITEPYYNNÖN KULKU MPOA-VERKOSSA	11
KUVA 7 MPOA-YHTEYDENMUODOSTUMINEN	13
KUVA 8 ESIMERKKI MPOA-VERKOSTA	20
KUVA 9 INTRA-ELAN VUOT	21
KUVA 10 MPOA-PÄÄTELAITTEEN MUODOSTAMAT VUOT INTRA-ELAN:SSA	22
KUVA 11 LAN-PÄÄTELAITTEEN MUODOSTAMAT VUOT INTRA-ELAN:SSA	22
KUVA 12 INTER-ELAN VUOT	23
KUVA 13 MPOA-PÄÄTELAITTEIDEN VÄLINEN VUO INTER-ELAN:SSA	23
KUVA 14 INTER-ELAN-VUO MPOA-PÄÄTELAITTEELTA LAN-PÄÄTELAITTEELLE	24
KUVA 15 INTER-ELAN-VUO LAN-PÄÄTELAITTEELTA MPOA-PÄÄTELAITTEELLE	24
KUVA 16 LAN-PÄÄTELAITTEIDEN VÄLINEN INTER-ELAN-VUO	25

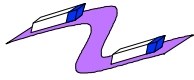
Taulukkoluetelo

TAULUKKO 1 MPOA-KOMPONENTTIEN KONFIGUROINTIPARAMETRIT	10
TAULUKKO 2 LÄHETTÄVÄN MPC:N KÄTKÖMUISTITIAULUKKO	14
TAULUKKO 3 VASTAANOTTAVAN MPC:N KÄTKÖMUISTITIAULUKKO	14
TAULUKKO 4 INTRA-ELAN:N VUOT	21
TAULUKKO 5 INTER-ELAN:N VUOT	23



Käytetyt termit ja lyhenteet

AppleTalk	Lähiverkoissa käytettävä siirtotekniikka
ATM forum	ATM-tekniikan standardointijärjestö
ATM	Asynchronous Transfer Mode, siirtotekniikka
Egress	Vastaanottava, esim. egress MPC, vastaanottava MPC
ELAN	Emuloitu lähiverkko, kts. LANE
IETF	Internet Engineering Task Forum, Internetin standardointielin
Ingress	Lähettävä, esim. Ingress MPC, lähettävä MPC
IP	Internet Protocol, Internetin verkkoprotokolla
IPX	Internetwork Packet Exchange, Novellin verkkoprotokolla.
LAN	Local Area Network, lähiverkko
LANE	LAN Emulaatio
LEC	LAN Emulation Client
LECS	LEC Server
MARS	Multicast Address Resolution protocol
MPC	MPOA Client
MPOA	Multiple Protocol Over ATM
MPS	MPOA Server
MTU	Maximum Transmission Unit, siirrettävän tietopaketin maksimikoko
NHC	Next Hop Client
NHRP	Next Hop Routing Protocol
NHS	Next Hop Server
RFC	Request for Comments, sarja dokumentteja, jotka kuvaavat Internet-yhteisön yhteyskäytäntöjä ja kokeiluja.
SPX	Sequenced Packet Exchange, Novellin tiedonsiirtoprotokolla.
TCP	Transmission Control Protocol, Internetin tiedonsiirtoprotokolla
UNI	User-Network Interface, ATM:n käyttäjä-verkko-rajapinta
VC	Virtual Channel, ATM-yhteyden muodostava virtuaalikanava



1. Johdanto

IP, IPX ja AppleTalk ovat internet-kerroksen protokollia, joiden avulla eri aliverkot voivat kommunikoida keskenään reitittimien kautta. Suosituimmat ali- eli lähiverkkotekniikat ovat toistaiseksi olleet Ethernet ja Token Ring. ATM-tekniikan käyttö lähiverkoissa etenee kuitenkin kovaa vauhtia. Nopeus, laajennettavuus, laatupalvelut ja virtuaali-LAN:ien kehittäminen ovat tuoneet ATM-solut monen verkonkäyttäjän tiedonsiirron nopeuttajaksi. Tiedonsiirron määrän kasvaessa vaaditaan verkolta tehokasta toimintaa ja nopeita uusia menetelmiä verkon käytön jouduttamiseksi.

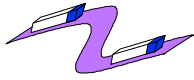
Suuri ongelma lähiverkkojen ATM-käytölle on kuitenkin ollut ATM-liikenteen reititys virtuaali-LAN:ien välillä. ATM Forumin LAN Emulation (LANE) sekä IETF:n Classical IP over ATM, Next Hop Routing Protocol (NHRP) ja Multicast Address Resolution Protocol (MARS) ovat jokainen pyrkineet tuomaan ratkaisun johonkin osaongelmaan. Protokollien keskinäinen tiedonkulku reitittimien kautta ei ole tehokasta, joten verkkojen väliin tarvitaan jokin kaikki vaihtoehdot yhdistävä ratkaisu.

Vuonna 1997 näillä näkymin hyväksyttävä Multiprotocol Over ATM (MPOA) on ATM Forumin ratkaisu ongelmaan. MPOA antaa välineet reitittää IP-, IPX- ja muita protokollia ATM-verkon yli, mahdollistaa virtuaali-LAN:ien käytön jopa ei-ATM-käyttäjille sekä antaa näille mahdollisuuden käyttää ATM:n laatupalveluja. Lisäksi se tuo muassaan yhden merkittävän uutuuden, virtuaali-reitittimet.

Reitittimien tehon loppuminen on merkittävä tekijä LAN:ien yhdistämisen ongelmassa. Nykyiset reitittimet kykenevät parhaimmillaan käsittelemään n. puoli miljoonaa pakettia sekunnissa [tril1], kun tavalliset ATM-kytkimet kykenevät moninkertaisesti samaan (esim. FORE:n ASX-200WG-kytkin kytkee n.4,7 miljoonaa ATM-solua sekunnissa) [data1].

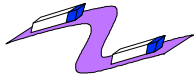
Reitittimet toimivat myös aliteholla. Kun ATM-kytketty päätelaite haluaa yhteyden toiseen vastaavaan laitteeseen, se joutuu ensin avaamaan VC-yhteyden reitittimeen, joka avaa toisen VC-yhteyden vastaanottajalle. Kaksinkertainen yhteydenmuodostus kuormittaa reititintä jokaisen yhteydenmuodostuksen aikana. MPOA:ssa muodostetaan yksi "oikotie"-VC-yhteys loppukäyttäjältä toiselle heti kun huomataan yhteyden tarve. Jokainen reititin aiheuttaa viivettä yhteydelle tehdessään reitityspäätöstä. Mitä useampi reititin matkalla sitä suurempi viive ja ennenkaikkea suurempi viiveen vaihtelu. Kuitenkaan kaikkien perinteisen reitittimien muuttamien ATM-kytkimiksi ei toisi ratkaisuja vaan sillä kadotettaisiin reitittimien hyviä ominaisuuksia. [tril1].

MPOA:n tavoitteena on nopeuttaa läpimenoaikoja sekä vähentää viiveitä ja viiveiden vaihtelua. Koska se perustuu muihin ATM Forumin ja IETF:n standardeihin, se tulee sisältymään kaikkien laitevalmistajien tuotteisiin ja näin ollen tekee mahdolliseksi monitoimittajaverkkojen käytön. Yksi MPOA:n tavoite on saada pidettyä verkon muutokset piilossa loppukäyttäjiltä eli ettei nykyisiin lähiverkkoratkaisuihin tarvitsisi



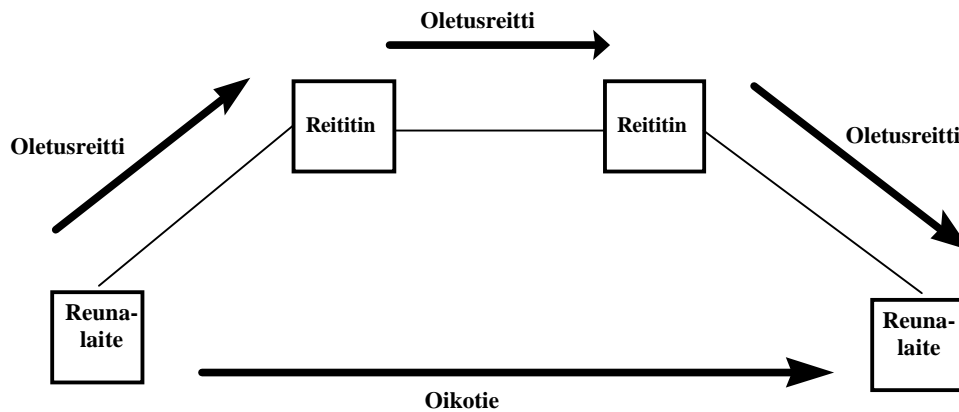
tehdä muutoksia. Yhteensopivuus sekä TCP/IP- että IPX/SPX-maailmojen kanssa suojaa myös monet erilaiset sovellukset.

Tämän erikoistyön valmistuessa ATM Forumin MPOA v1.0-standardointi on ns. Letter Ballot-vaiheessa eli sen lopullista muotoa ja yksityiskohtia vielä hiotaan. Tämä työ on tehty tähänastisen MPOA:n kehittämistyön mukaisesti.



2. MPOA:n idea

Kuva 1 esittää yksinkertaistettuna MPOA:n idean. Kuvassa reunalaitteilla tarkoitetaan laitetta, joka yhdistää jonkin lähiverkon ATM-runkoverkkoon. Oletusarvoisesti ATM-verkon yli lähetettävät paketit ohjataan reitittimien kautta vastaanottajalle. Kun MPOA-verkossa tarpeeksi moni paketti kulkee samaa reittiä eli muodostaa vuon, tehdään oikotie osapuolten välillä ja käytetään sitä nopeampaan datan välitykseen.



Kuva 1 MPOA:n idea

Jos aliverkolta reunalaitteelle tuleva paketti havaitaan kuuluvaksi johonkin oikotietä käyttävään vuohon, siitä poistetaan verkkokerroksen kehystiedot ja se lähetetään ko. oikotietä pitkin kohteeseensa. Kun paketti saapuu kohteensa reunalaitteelle, siihen lisätään kohteen vaatimat kehystiedot ja se ohjataan oikealle vastaanottajalle.

MPOA käyttää kahdentyyppisiä verkkoelementtejä, MPOA-asiakkaita ja -palvelimia. MPOA-asiakkaat (MPC:t) ovat LAN:ien yhdyskäytäviä ATM-runkoverkkoon. MPOA-palvelimet (MPS:t) toimivat reitityspalvelimina, joilta MPC:t kyselevät osoitetietoja tehdessään internet-kerroksen yhteyksiä.

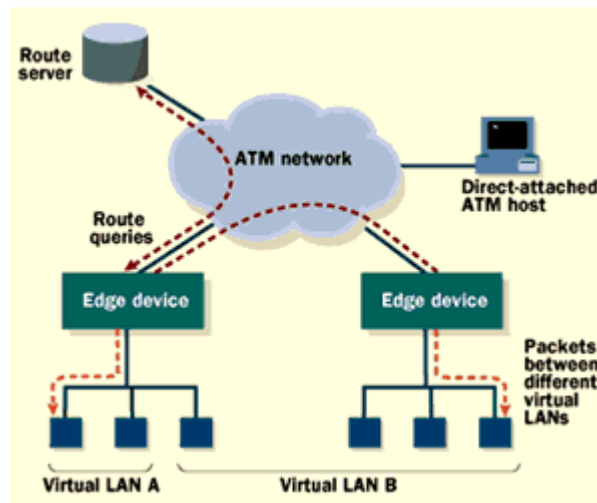
MPOA:n tarjoama keskitetty reititys parantaa hallittavuutta ja lisää joustavuutta vähentämällä niiden laitteiden määrää, jotka on konfiguroitava osallistumaan reitityslaskentaan. Samalla se vähentää reunalaitteiden kompleksisuutta eliminoimalla niiden tarpeen osallistua reitityslaskentaan. Kuitenkin MPOA takaa nykyisten reitittimien yhteensopivuuden.

MPOA vaatii toimiakseen ATM merkinannon (UNI 3.0/3.1/4.0), LAN emuloinnin (joiltain osin kehitteillä olevan version 2.0 ominaisuuksia) sekä NHRP:n MPOA-laitteiden välille.



3. MPOA-verkon rakenne

Kuva 2 näyttää esimerkin MPOA-verkosta. Kuvassa on kaksi virtuaali-LAN:ia A ja B, jotka on liitetty ATM-verkkoon reunalaitteiden (Edge device) kautta. Reunalaitteet ovat MPOA-asiakkaita. Lisäksi ATM-verkkoon on suoraan liitetty yksi MPC-tyyppinen ATM-päätelaite (Direct attached ATM host). Reitityspalvelin (Route server) on MPOA-palvelin, jonka kautta kulkevat eri virtuaali-LAN:iien välisten yhteyksien osoitekyselyt. Reunalaitteet ohjaavat yhteyksien varsinaisen datan suoraan ATM-verkon läpi käyttäen oikoteitä.



Kuva 2 Esimerkki MPOA-yhteydestä

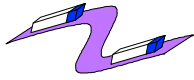
MPOA perustuu muutamaaan valmiiseen tekniikkaan. Se käyttää LANE:a reunalaitteiden kommunikaation muiden elementtien kanssa ja NHRP:ta oikotien muodostamisessa osoitekyselyihin. Uutuutena MPOA tarjoaa kahdenlaisia verkkoelementtejä: MPS- ja MPC-laitteita. Seuraavassa lyhyt kuvaus MPOA:n perusosista.

3.1 Mihin MPOA tukeutuu?

3.1.1 LAN Emulointi (LANE)

ATM Forumin LAN Emulointia käytetään samassa aliverkossa olevien päätelaitteiden väliseen tiedonsiirtoon ATM:n avulla. Sen avulla yhteydellistä ATM-verkkoa käytetään kuten yhteydettömiä Ethernetiä ja Token Ringiä. LANE toimii client/server-mallin mukaisesti siten, että emuloitu lähiverkko koostuu useasta LANE asiakkaasta (LEC) ja LANE palvelimesta (LANE Service) [lane].

LAN Emulointi on sinänsä käyttökelpoinen väline ATM-tekniikan tuomisessa lähiverkkojen vauhdittajaksi. LANE tehokkaasti piilottaa siirtokerrosta ylemmät



protokollatasot ATM-verkolta, jolloin ATM-kortilla ei tarvitse tehdä päivityksiä, riittää kun päivittää sovellusohjelmat.

Protokollien piilottaminen tuo myös ongelmia. Ensinnäkin sovellukset eivät voi käyttää ATM:n laatuparametrejä tai multimediaominaisuuksia. LANE myös pakottaa koko verkon käyttämään samaa kehyskokoa (MTU). Tyypillisesti samassa verkossa voi olla Ethernet- ja ATM-kytkettyjä laitteita, jolloin ATM-kytketyt laitteet joutuvat tyytymään Ethernetin 1516 tavun MTU-kehyskokoon vaikka voisivat käyttää isompaa ja tehokkaampaakin.

Lisäksi LANE:saa IP-paketteja välitettäessä joudutaan vastaanottajan ATM-osoitteen selvittämiseksi lähettämään paljon broadcast-viestejä, jolloin jokainen laite joutuu selvittämään viestejä, prosessoriaikaa kuluu ja verkon kapasiteettia hukkaantuu.

MPOA tuo helpotusta näihin pulmiin, ensinnäkin siirrettäessä dataa ATM-verkon yli lähtöpään reunalaite purkaa kaiken lähiverkkokehystiedon datasta pois, jolloin siirtotehokkuus kasvaa. Vastaanottopään reunalaite vastaavasti lisää dataan vastaanottavan verkon käyttämän kehystiedon. Näin voidaan MPOA-verkkoa käyttää eri LAN:ien välillä riippumatta verkkotyypistä ja MTU-koosta.

MPOA:ssa ei käytetä broadcast-viestejä osoitteiden selvittämiseen. Kun dataa siirretään verkon yli, lähettäjä lähettää ensin osoitteenkyselyn MPOA-palvelimelle, aloittaa datan lähettämisen perinteistä tietä reitittimen kautta ja siirtyy käyttämään oikotie-VCC:tä saadessaan vastaanottajan tarkan osoitteen ja reitin selville.

LANE myös estää ATM:n laatu palvelujen käyttämisen, mutta MPOA mahdollistaa niiden käyttöönoton MPOA-verkon yli. LANE:n versio 2.0 tulee olemaan täysin yhteensopiva MPOA:n kanssa.

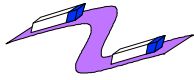
3.1.2 Next Hop Routing Protocol (NHRP)

IETF:n määrittelemä NHRP-protokolla mahdollistaa Internet-kerroksen protokollien toimimisen ATM-verkossa. NHRP mahdollistaa reitittimien ohittamisen siirtotiellä sekä tarjoaa kehittyneen osoiteprotokollan joka sallii Next Hop Client:iä (NHC) lähettää kyselyjä eri aliverkkojen kesken käyttäen Next Hop Server:iä (NHS) [nhrp].

MPOA yhdistää LANE:n ja NHRP:n säilyttäen LANE:n edut ja aliverkkojen välisen toiminnan ilman reitittämiä.

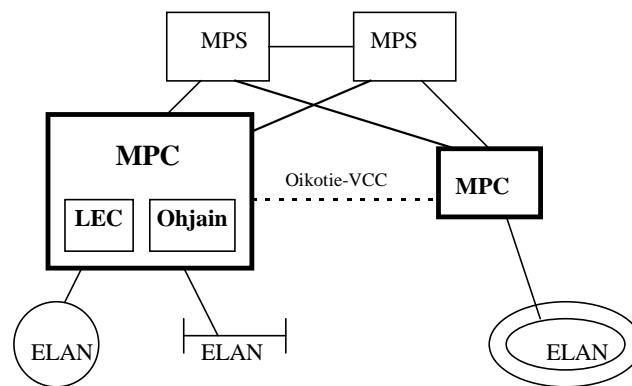
3.2 MPOA:n komponentit

MPOA määrittelee kahdenlaisia verkkoelementtejä, MPS- ja MPC-laitteita sekä niiden välisen kommunikoinnin. MPS:t muodostavat tyypillisesti verkko-operaattorin ATM-runkoverkon, johon eri aliverkot liittyvät MPC:n avulla.



Sekä MPS että MPC voidaan installoida olemassaoleviin laitteisiin lisäkomponenteiksi. MPC liitetään reunalaitteeseen tai ATM-päätelaitteeseen, joissa se tarkkailee verkkojen välistä liikennettä, tarvittaessa luo oikotieyhteyksiä ja ohjaa paketteja oikeille oikoteille. MPS on looginen komponentti, jotka lisätään reitittimeen tai kytkimeen.

3.2.1 MPC



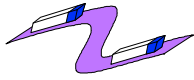
Kuva 3 MPC:n liitännät

MPC sisältää LEC:n ja ohjausosan, joka ohjaa sen kautta kulkevat paketit eteenpäin. MPC toimii yleensä emuloidun LAN:n (ELAN) yhdyskäytävänä ATM-verkkoon, jossa MPC liitetään MPS:ään. Yhteen MPC:iin voi olla liitettynä usea ELAN ja yksi MPC voi olla yhteydessä useaan MPS:ään. MPC-tyyppiä on kaksi: MPOA reunalaitteet, jotka yhdistävät ELAN:ejä MPOA-runkoverkkoon ja kykenevät oikotien muodostamiseen tai ATM-kytketyt päätelaitteet, jotka tunnistavat MPOA-protokollan, mutta käyttävät sitä vain osoitteiden selvittämiseen MPS:ltä.

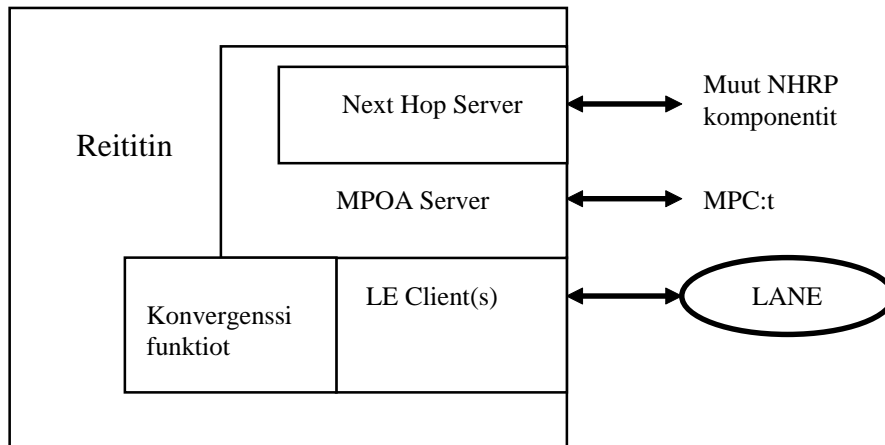
MPC:n tärkein tehtävä on luoda ja tuhota oikotie-yhteyksiä. Kun lähetyspään MPC tunnistaa vuon joka on menossa ATM-verkon yli MPS-reitittimelle ja joka hyötyisi oikotien tekemisestä, se käyttää NHRP:n request/reply -sanomia ja tutkii oikotien vastaanottajalle. Jos oikotie on mahdollinen, MPC tallettaa oikotien muodostamistiedot omaan kätkömuistiinsa, luo kohteeseen oikotie-VCC:n ja lähettää datan vastaanottajalle VCC:tä käyttäen. Samalla MPC purkaa päätelaitteen lähettämästä datavuosta siirtoyhteykskerroksen kehystiedot ja lähettää näin verkosta riippumatonta dataa.

Vastaanottopään MPC saa MPS:ltä kyselyn oikotien muodostamisesta, vastaa siihen ja jää odottamaan. Kun oikotieltä tulee dataa, se ottaa kehykset vastaan ja ohjaa ne paikallisille käyttäjille LAN-liittymän kautta. Ohjattavaan dataan se lisää siirtoyhteykskerroksen kehyksen, jotta päätelaite voi käyttää dataa suoraan hyväkseen. Näin vastaanottopäässä voidaan käyttää eri MTU-kokoa kuin lähettävässä päässä.

Molemmat MPC:t tarkkailevat säännöllisesti oikotietä ja kun oikotie on ollut käyttämättä tietyn ajan, jompikumpi purkaa oikotien.



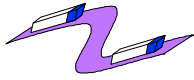
3.2.2 MPOA-reititin



Kuva 4 MPOA-reitittimen liitännät

MPOA-reititin on kokoelma toimintoja, jotka tekevät mahdolliseksi verkkokerroksen aliverkkojen sovittamisen ATM:ään. MPOA-reititin sisältää NHRP:n määrittelemän Next Hop Serverin (NHS) muutamien laajennuksien, LEC-liitännän sekä MPOA-palvelinosan eli MPS:n. MPS voi olla oma laitteensa tai se voidaan sisällyttää reitittimeen tai kytkimeen.

MPOA-reitittimen paikallinen MPS ja sen NHS vastaavat lähetyspään MPC:ien MPOA-kyselyihin, MPS vastaa kyselyihin joko omasta muististaan löytyvien tietojen perusteella tai kysymällä muilta MPS:iltä. MPS selvittää kohteen osoitteen sekä varmistaa että kohde on valmis muodostamaan oikotien.

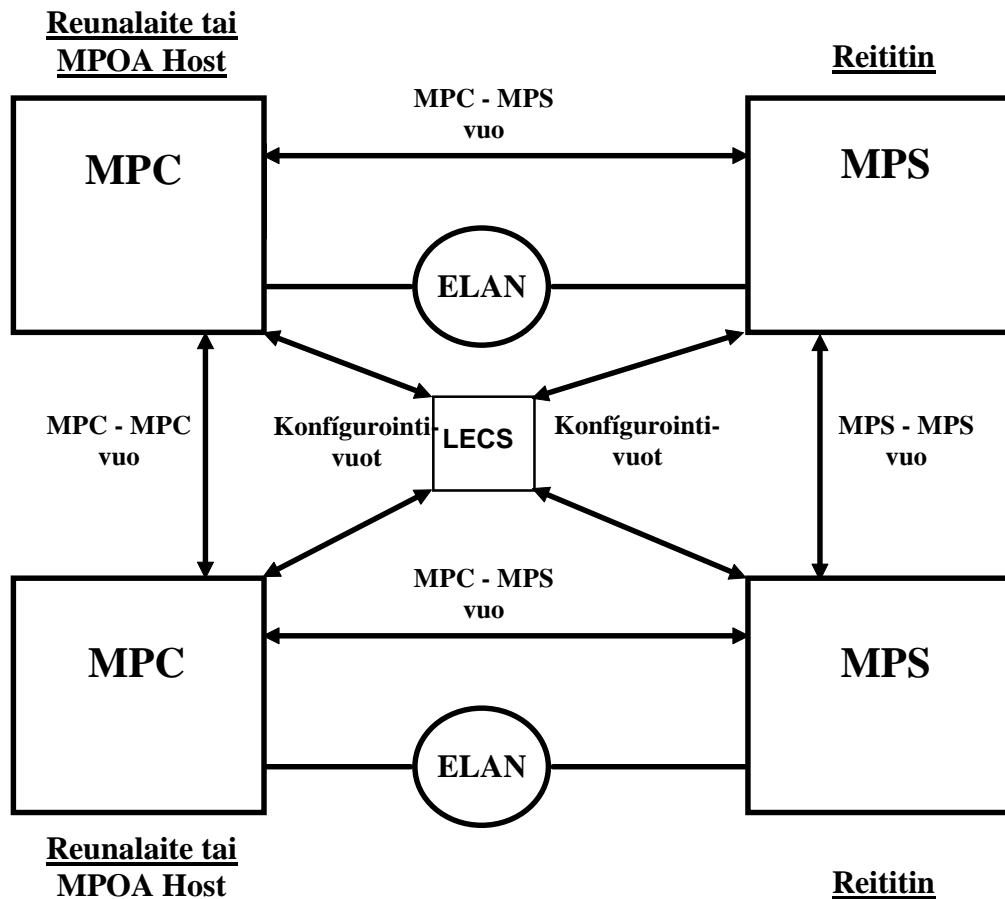


4. MPOA-oikotiet

MPOA:n suurin etu on oikoteiden luominen ATM-runkoverkon yli. Seuraavaksi käsitellään MPOA:n vuotyypit sekä miten eri vuotyyppejä ja kätkömuistia käytetään oikoteiden muodostamisessa. Liitteessä 1 on esitetty esimerkkejä MPOA-yhteyksistä erilaisissa tilanteissa.

4.1 MPOA:n vuot

MPOA:ssa kaikki hallinta- ja tietovuot lukuunottamatta konfiguraatiovuota kuljetetaan VCC-yhteyksillä. Yhteyksissä käytetään LLC/SNAP-sovitusta, joka on määritelty RFC1483:ssa.



Kuva 5 MPOA:n hallinta- ja tietovuot

4.1.1 MPOA:n hallintavuot

MPOA:ssa on neljä erilaista hallintavuotyyppeä:

1. Konfiguraatiovuot: MPS:t ja MPC:t selvittävät LECS:ltä tarvitsemansa konfiguraatioinformaation. Määritely LANE:ssa, MPOA:ssa pieniä lisäyksiä.



2. MPC-MPS hallintavuo: käytetään MPC:n datan ohjauksen hallintaan. MPC kyselee kohteen osoitetietoja MPS:ltä. Määritely MPOA:ssa.
3. MPS-MPS hallintavuo: MPOA ei varsinaisesti määrittele uusia MPS-MPS-protokollia vaan käyttää NHRP:tä ja muita internet-reititysprotokollia.
4. MPC-MPC hallintavuo: Käytetään ainoastaan oikotien purkamisvaiheessa, jolloin vastaanottopään MPC lähettää "data plane purge"-sanoman lähettävälle MPC:lle jos se saa sille kuulumattomia paketteja. Tällöin lähettävä MPC hylkää sen kätkömuistissa olevan datan. Määritely MPOA:ssa.

4.1.2 MPOA:n tietovuot

MPOA määrittelee 2 erilaista tietovuotyyppiä:

1. MPC-MPC tietovuo: käytetään datan siirtoon MPC:ltä toiselle MPOA:n oikotie-VCC:tä pitkin.
2. MPC-NHC tietovuo: MPC ja NHC voivat lähettää toisilleen dataa.

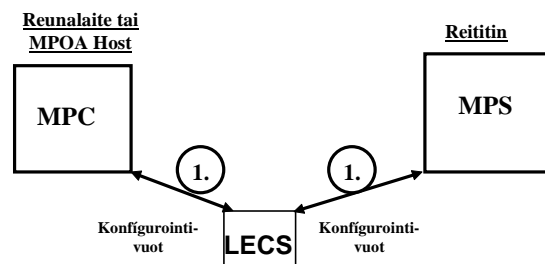
4.2 Oikotien luominen

Jotta MPOA-verkon komponentit toimivat halutusti ja pystyvät muodostamaan oikotieyhteyksiä, ne suorittavat seuraavanlaisia toimintoja:

- | | |
|------------------------|--|
| 1. oma konfigurointi | verkon komponentit selvittävät konfiguraatioinformaationsa |
| 2. verkon löytäminen | MPC:t ja MPS:t oppivat toistensa osoitteet |
| 3. kohteenpaikannus | määrätään reitti kohteeseen ja reitillä käytettävät parametrit |
| 4. yhteyksien hallinta | MPC luo, ylläpitää ja tuhoaa datan siirron ja hallinnan VCC:t |
| 5. datan siirto | MPC:t ohjaavat siirrettävän datan oikoteille |

4.2.1 MPOA-elementtien konfigurointi

Liittyessään verkkoon MPOA-komponentit oletusarvoisesti hankkivat konfiguraatio-parametrinsa LECS:ltä. Ne voidaan myös määritellä hankkimaan tietonsa myös muilla tavoin. MPOA-komponenttien liittyminen LECS:eihin määritellään LANE:ssa.



Verkkoon liittyvä MPOA-komponentti lähettää LANE:n LE_CONFIGURE -sanoman jokaiselle tavoiteltavalle LECS:lle. Pienenä erona LANE:n normaaliin sanomaan on parametri `device_type`, joka

kertoo LECS:lle onko verkkoon liittynyt komponentti MPC vai MPS. Tällöin LECS osaa palauttaa komponentille vain sille oleellisen informaation. Taulukko 1 esittelee MPOA-komponenttien konfigurointiparametrit.

**MPS:n konfiguraatioparametrit**

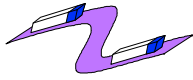
Parametri	Nimi	Kuvaus ja tyypillisiä arvoja
MPS-p1	Keep-Alive Time	MPS:n täytyy ilmaista olevansa elossa lähettämällä MPS-p1:n välein Keep-Alive-sanoma. 1-300s, oletusarvo 10s.
MPS-p2	Keep-Alive Lifetime	Keep-Alive -sanoman voimassaoloaika. 2-1000s, oletus 35s. (Väh. 3 * MPS-p1)
MPS-p3	Internetnetwork-layer Protocols	Käytettävät MPOA:a tukevat protokollat. Oletusarvo = { }
MPS-p4	MPS Give Up Time	Minimi odotusaika ennen luopumista yrityksestä selvittää pyydetty osoite. 5-300s, oletusarvo 40s.
MPS-p5	Initial Retry Time	Uudelleenyritysten väli. 1-300s, oletus 5s.
MPS-p6	Retry Time Maximum	Maksimi aika, jolloin uudelleenlähetystä. 10-300s, oletusarvo 40s.
MPS-p7	Default Holding Time	NHRP Resolution Reply-sanoman voimassaoloaika. 1-120 min, oletusarvo 20min.
MPS-c1	Retry Time Multiplier	Uudelleenyrityksien määrä, vakioarvo 2.

MPC:n konfiguraatioparametrit

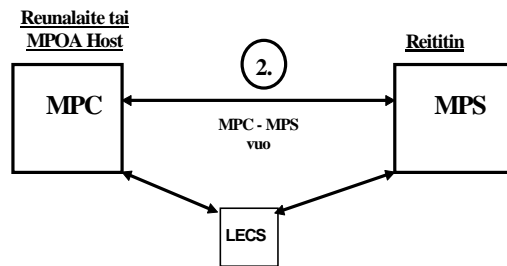
Parametri	Nimi	Kuvaus ja tyypillisiä arvoja
MPC-p1	Shortcut-Setup Frame Count	Kts. MPC-p2. 1-65535, oletus 10.
MPC-p2	Shortcut-Setup Frame Time	Jos MPC ohjaa vähintään MPC-p1 kehystä samaan osoitteeseen MPC-p2 aikana, se aloittaa oikotien valmistelun. 1-60s, oletusarvo 1s.
MPC-p4	Flow-detection Protocols	Protokollat, joille suoritetaan vuon tarkkailua. Oletusarvo = { }.
MPC-p5	Initial Retry Time	Uudelleenlähetysväli. 1-300s, oletus 5s.
MPC-p6	Retry Time Maximum	Maksimi aika, jolloin uudelleenlähetystä. 30-300s, oletusarvo 40s.
MPC-p7	Hold Down Time	Minimialaika, jonka jälkeen yritetään lähettää uudelleen epäonnistuneen lähetyksen vastaanottajalle. 30-1200s, oletusarvo = 4*MPC-p6.
MPC-c1	Retry Time Multiplier	Vakioarvo 2.
MPC-c2	Initial Keep Alive Lifetime	Keep-Alive-sanoman voimassaoloaika, jota käytetään ennen ensimmäisen Keep Alive-sanoman vastaanottoa, 60s.

Taulukko 1 MPOA-komponenttien konfigurointiparametrit

MPOA-komponentit voivat olla yhteydessä useaan eri LECS:iin mutta niiden tarvitse tehdä konfigurointikyselyä kuin yhdelle LECS:lle. Komponentit voidaan myös määrittellä ohittamaan konfigurointikysely ja toimimaan operaattorin asettamien parametrien mukaisesti.



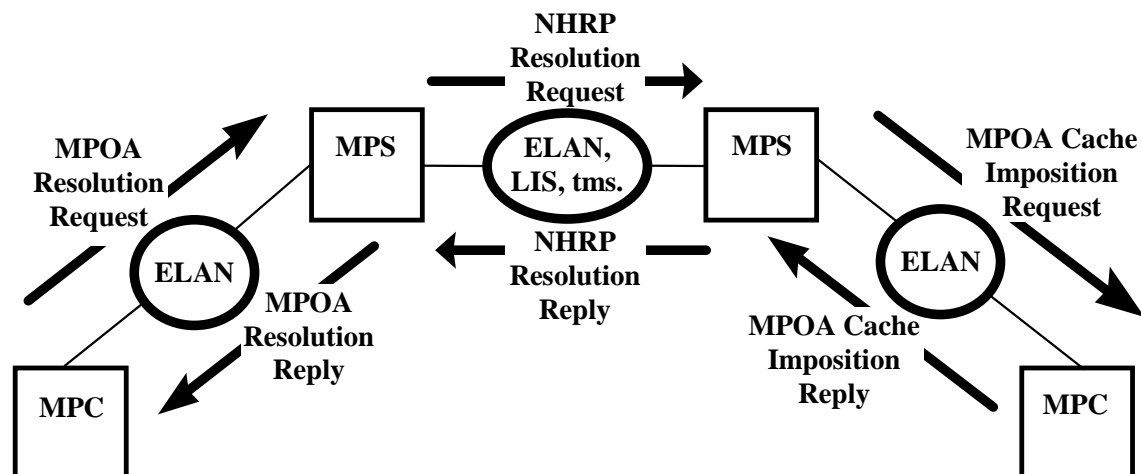
4.2.2 Muiden MPOA-elementtien löytäminen



Kun MPOA-komponentit on liitetty verkkoon, ne löytävät toisensa lähettämällä LANE:n LE_ARP_REQUEST-sanomia, joihin ne lisäävät MPOA-laitetyyppitietonsa (MPC tai MPS) ja ATM-osoitteensa. MPS:ien tulee lähettää Keep_Alive-sanoma kaikille siihen LE_ARP_REQUEST-sanomalla liittyneille MPC:lle MPS-p1:n ilmoittamin väliajoin.

4.2.3 Kohteen paikannus

MPC:t käyttävät laajennettua NHRP Resolution Request-protokollaa selvittääkseen oikotien päätepisteiden ATM-osoitteet MPS:ltä. Seuraavassa esittelen lyhyesti kunkin MPOA-elementin toimintoja oikotiepyyntöä hyväksyttäessä (Kuva 6).



Kuva 6 Osoitepyynnön kulku MPOA-verkossa

4.2.3.1 Lähettävän MPC:n toiminta

Kun lähettävä MPC haluaa muodostaa oikotien, se lähettää MPS:lle MPOA Resolution Request:n ja saa aikanaan vastauksena kaipaamansa vastaanottavan MPC:n osoitteen.

4.2.3.2 Lähettävän MPS:n toiminta

MPS käsittelee MPC:n lähettämää MPOA Resolution Request-kyselyä. Jos haluttu osoite on MPS:n alaisuudessa se vastaa kyselyyn itse. Muussa tapauksessa MPS ohjaa kyselyn omalle NHS:lle, joka etsii sanoman kohdetta lähettämällä NHRP Resolution Request-sanomia läheisille MPS:ille. Kun NHS saa vastauksen se ohjaa vastauksen lähettävälle MPS:lle. Tällöin lähettävä MPS kopioi viestin osoitetiedot itselleen ja lähettää datan edelleen lähettävälle MPC:lle.



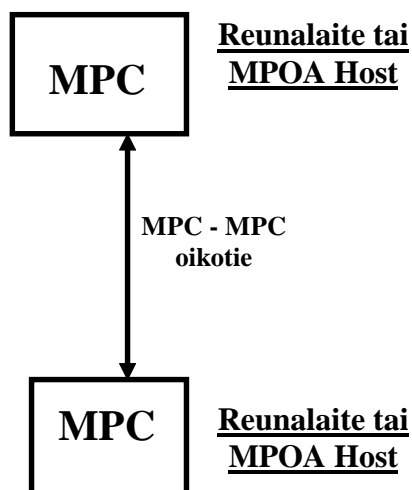
4.2.3.3 Vastaanottavan MPS:n toiminta

Kun MPS saa NHRP Resolution Request-pyyntönsä sen alla olevasta MPC:stä, se lähettää kaivatulle MPC:lle MPOA Cache Imposition Request-sanoman, johon MPC vastaa lähettämällä MPOA Cache Imposition Reply-sanoman. Sanoman tietojen perusteella MPS muodostaa NHRP Resolution Reply-sanoman ja lähettää sen takaisin kysyvälle MPC:lle.

4.2.3.4 Vastaanottavan MPC:n toiminta

Vastaanottava MPC vastaa jokaiseen saamaansa MPOA Cache Imposition Request-sanomaan lähettämällä MPOA Cache Imposition Reply-sanoman. Vastauksessa se kertoo valmiutensa vastaanottaa uusi VCC ja muodostaa kätkömuistitietue (Egress Cache Entry) VCC:tä varten. Vastaanottava MPC voi myös hylätä yhteyspyynnön jos sillä ei ole kapasiteettia vastaanottaa uusia yhteyksiä.

4.2.4 Oikotieyhteyksien luonti ja hallinta



Kun yhteys on avattu, MPC:t luovat välilleen oikotie-VCC:n. Molemmat päivittävät oikotien määrittelytiedot omaan kätkömuistiinsa.

Oikotieyhteyksiä pidetään luonnollisesti yllä niin kauan kuin liikennettä riittää. Kun oikotie-VCC on ollut käyttämättömänä määritellyn ajan MPC voi tuhota sen määrittelytiedot kätkömuististaan. Samalla sen tulee informoida asiasta myös yhteyden toista MPC:tä. MPC voi tuhota vähän käytetyn oikotien määrittelyt myös resurssien vapauttamiseksi.

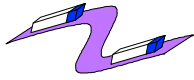
4.2.5 Datan siirto

Oleellisin MPOA-elementtien toiminta on datan siirto. MPOA:ssa dataa siirretään kahdella tavalla:

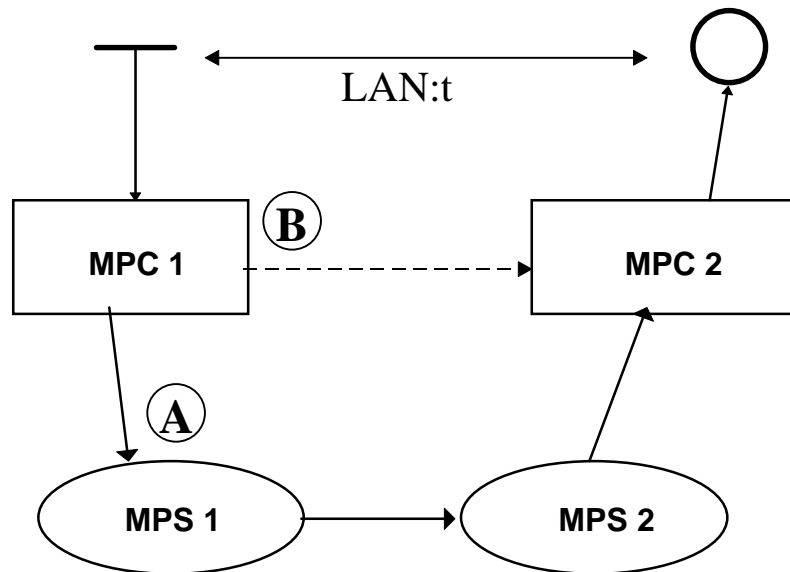
1. Oletusarvoinen eli perinteinen tapa, jossa data reititetään normaalisti ATM-verkon läpi. Tällöin MPOA reunalaitteet toimivat kuten toisen kerroksen sillat.
2. Oikotiet, joissa MPOA reunalaitteet ohjaavat datan oikotielle.

Seuraavaksi havainnollistan datan siirtoa esimerkkitilanteella, jossa Ethernet -aliverkossa oleva päätelaite lähettää IP-paketteja Token Ring -aliverkon päätelaitteelle MPOA-verkon yli (kuva 7).

Ensin IP-paketit siirtyvät normaalia reittiä A eli Ethernet - MPC1 - MPS1 - MPS2 - MPC2 - Token Ring. Ethernetissä kiinni oleva MPC1 sovittaa saamansa MAC-



kehykset LANE-kehyksiin, joista MPC2 muuttaa datan takaisin päätelaitteen ymmärtämiin MAC-kehyksiin.



Kuva 7 MPOA-yhteydenmuodostuminen

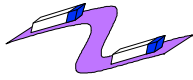
Kun MPC1 havaitsee dataa siirtyvän tarpeeksi ja päättää yhteyden olevan jatkuvan, se pyrkii muodostamaan oikotien aloittamalla kappaleessa 4.2.3 esitetyn osoitekyselyproseduurin. Tuloksena siirrytään käyttämään reittiä B eli Ethernet - MPC1 -MPC2 - Token Ring. Tällöin MPC1 muuttaa Ethernetistä saamansa MAC-kehyksiin pakatun datan oikotiellä käytettäväksi sovittuun muotoon. MPC2 muuttaa paketit edelleen Token Ringin käyttämiin MAC-kehyksiin.

4.3 Kätkömuistin hallinta

MPOA:ssa kätkömuistia eli cachea käytetään apuna oikotieyhteyksien muodostamisessa. Kätkömuistin käytöllä saadaan MPC:n osoitekyselyt MPOA-reitittimeltä pidettyä minimissään. Kullakin MPC:llä on kaksi kätkömuistia: lähettävä- ja vastaanottava-kätkömuisti. Ne toimivat toisistaan riippumatta eli toisen luominen, muuttuminen tai tuhoaminen ei vaikuta toisen toimintaan.

4.3.1 MPC:n lähettävän kätkömuistin luonti ja hallinta

Kun lähettävä MPC havaitsee paketin matkalla “uuteen” MPS:n internet-kerroksen osoitteeseen, se luo uuden kätkömuistitietueen (Ingress cache entry, kts. Taulukko 2). Kun datavuon pituus ylittää parametrien MPC-p1 ja MPC-p2 määrittelemän rajan, MPC aloittaa kohteen paikannuksen lähettämällä MPOA Resolution Request-sanoman. Kun sanomaan vastataan, MPC luo oikotien ja samalla lisää kätkömuistiinsa vastaanottajan ATM-osoitteen ja merkinnän voimassaoloajan. Jos sanoman vastausta ei kuulu pitää MPC:n lähettää kyselyjä uudelleen sen omien konfiguraatioparametrien mukaisesti.



Tunnisteet		Sisältö		
MPS:n kontrolli ATM-osoite	Verkkokerroksen osoite	Kohteen ATM-osoite tai VCC-tunniste	Enkapsulointi tietue	Mahdolliset muut tiedot (esim. vuolaskuri tai holding time-tieto)

Taulukko 2 Lähettävän MPC:n kätkömuistitaulukko

Jos MPC löytää saamansa paketin kohdeosoitteen omasta kätkömuististaan, se voi ohjata paketin saman tien kätkömuistin ilmoittamalle reitille. Mitä tahansa olemassa olevaa VCC-yhteyttä voidaan käyttää oikotienä, kunhan osoite- ja VCC-parametrisopimukset täsmäävät. Jos käyttövalmiina ei ole yhtään sopivaa VCC:tä, MPC:n näyttyä luoda uusi oikotie.

Lähettävän MPC:n kätkömuistitietueihin lisätään yhteyksien muuttuessa tietoja niiden tilasta, yhteyksien laatuparametreista, voimassaoloajasta ja käyttöasteesta.

4.3.2 MPC:n vastaanottavan kätkömuistin luonti ja hallinta

Ennenkuin vastaanottava MPC voi ohjata oikotieltä saapuvat paketit eteenpäin, sen tulee olla saanut kätkömuistiinsa tiedon lähettävästä MPC:stä omalta MPS:ltään kappaleessa 4.2.3.3 esitetyn MPOA Cache Imposition Request/Reply-sanomien vaihdon mukaisesti. Tietueen tunnisteena toimivat lähettäjän ja vastaanottajan osoitetiedot ja sisältöosassa ovat mm. DLL-kehystystiedot.

Tunnisteet		Sisältö		
Verkkokerroksen osoite	Lähettäjän ja kohteen ATM-osoite	LEC	DLL kehys	Mahdolliset muut tiedot (esim. holding time-tieto)

Taulukko 3 Vastaanottavan MPC:n kätkömuistitaulukko

Vastaanottavan MPC:n kätkömuistitaulukon tunnisteosassa voidaan käyttää myös "Tag"-kenttää, jolla erotetaan samojen päätelaitteiden välillä olevat eri yhteydet toisistaan.

Vastaanottavan MPC:n kätkömuistitietueihin lisätään yhteyksien muuttuessa tietoja niiden tilasta, yhteyksien laatuparametreista, voimassaoloajasta, käyttöasteesta sekä yhteyksien purkamissyystä.



5. Vertailuja muihin vaihtoehtoihin

Muut lähiverkkojen yhdistämiseen tähtäävät ratkaisut periaatteessa kilpailevat MPOA:n kanssa. Seuraavassa lyhyt käsittely muutamasta ehdotuksesta.

5.1 Classical IP over ATM

Classical IP over ATM [rfc1577] määrittelee IP-pakettien välittämistavan ATM-verkossa, kun kyseessä on nk. IP-aliverkko, joka on yhteydessä muihin verkkoihin yhden tai useamman reitittimen välityksellä. Menetelmää voidaan hyödyntää ATM-tekniikan käyttämiseksi lähi-verkoissa, paikallisissa pienissä runkoverkoissa ja IP-reitittimien välisten runko-verkkojen liikenteenhallinnassa [Ilv96]

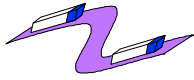
Nimensä mukaisesti Classical IP over ATM-tekniikkaa voidaan käyttää vain IP-verkoissa. Classical IP over ATM ei käytä hyväkseen ATM:n laatupalveluja. Monimutkaisissa verkoissa, joissa aliverkkoja on paljon tulee reitittimien suorituskyky yhteyksien pullonkaulaksi.

5.2 IP-kytkentä

IP-kytkentä on uusin laitevalmistajien vaihtoehto lähiverkkojen yhdistämisen nopeuttamiseksi. Tekniikasta on useita eri valmistajien suunnittelema variaatioita [Per97] joille yhteistä on keskittyminen pelkkään IP-liikenteeseen. MPOA:n tarkoitus on tukea useiden eri protokollien siirtoa ATM-verkon yli. Koska kuitenkin koko ajan kasvava osuus runkoverkkoliikenteestä on IP-liikennettä, ovat IP-kytkentä ja MPOA luonnollisesti toistensa kilpailijoita.

Koska IP-kytkennän eri toteutusehdotukset on julkaistu IETF:n RFC-dokumentteina, niitä voidaan markkinoida valmiina standardeina. Kuitenkin kyseessä on vain eri valmistajien ehdotuksia yhden verkkoliikenteen ongelman ratkaisemiseksi. Ehdotukset eivät pääsääntöisesti toimi keskenään, tosin valmistajat ovat perustaneet uuden IETF:n "Multiprotocol label switching"-työryhmän suunnittelemaan yhteistä ratkaisua.

IP-kytkennän perusajatus on käyttää MPOA:n oikoteiden tyyppisiä suoraankytkentöjä (cut-through) runkoverkon yli. Suoraankytkennät kuitenkin muodostettaisiin yhden reitittimen yli kerrallaan, sitä mukaa kuin vuo muodostuu verkon yli. Tällöin säästetään aikaa kun oikotie-yhteyksiä ei tarvitsisi avata, mutta samalla kulutetaan aikaa jokaisen reitittimen läpikytkennän muodostamiseen. Jokaisen välireitittimen tulee myös tehdä jatkuvaa vuontarkkailua mahdollisten suoraankytkemisten takia. Pienillä etäisyyksillä vain parin-kolmen reitittimen yli kulkevilla yhteyksillä IP-kytkentä saattaa olla nopeampi, mutta pakettia käsittelevien verkkoelementtien määrän kasvaminen nostaa MPOA:n edelle [data3]



Kuten MPOA:ssa myös IP-kytkennässä koko runkoverkon tulisi tukea samaa protokollaa. Sekavassa eri toimittajien ja tekniikoiden verkossa ei MPOA:n eikä joidenkin IP-kytkentävaihtoehtojen (Tag Switching, Label Switching) ominaisuuksia voitaisi hyödyntää lainkaan. Joitain IP-kytkentävaihtoehtoja (Ipsilon) voitaisiin käyttää soveltuvin osin.

IP-kytkentävaihtoehdot eivät sisällä ATM:n laatuparametrejä eivätkä virtuaali-LAN:ien muodostamismahdollisuutta.



6. Pohdintoja

6.1 MPOA:n tilanne nyt

ATM Forum on vitkastellut MPOA-standardin viimeistelyssä. Kun työryhmä alkoi valmistella standardia vuonna 1995, työn arvioitiin valmistuvan kesän 1996 aikana. Erinäisistä syistä johtuen hanke on viivästynyt ja nyt kun eletään kesäkuuta 1997, on työryhmä julkaissut ns. "Letter Ballot" -version, josta pyritään saamaan kehitettyä lopullinen MPOA-standardi kesän loppuun mennessä. Näillä näkymin sekä LANE:n v2.0 että MPOA tullaan hyväksymään samoihin aikoihin, ilmeisesti koska MPOA käyttää LANE v2.0:n ominaisuuksia.

Hankkeen hidas valmistelu on antanut epäilijöille ja kilpailijoille vahvoja argumenttejä hyökätä MPOA:a ja koko ATM Forumin toimintaa vastaan. On totta, että ATM Forum toimii nykyään kuten suuret standardointiorganisaatiot (ITU, ISO...) eli toiminta on hidasta ja lopputulos täynnä kompromissejä. Tämä on kuitenkin ainoa vaihtoehto kun tuloksena halutaan saada kaikille laitevalmistajille ja operaattoreille yhteinen toimintatapa. Kun työ on valmis, se on kaikkien merkittävien valmistajien yhteisellä sopimuksella sovittu toteutettavaksi ja näin ollen ylivertainen suhteessa erilaisiin rfc-tyyppisiin internetin kehitysehdotuksiin.

6.2 Tehtyjä kokeiluja

Vaikka standardi ei vielä ole valmis, ovat eri laitevalmistajat jo ehtineet tehdä testejä eri koeverkoissa. Innokkain testaja on ollut amerikkalainen Newbridge, jonka VIVID-tuoteperhe ensimmäisenä tukee MPOA-ominaisuuksia. Newbridge testasi Harvardin yliopiston testilaboratoriossa VIVID-perheen reititiskykyjä 250 Mbit/s maksimikuormalla. Testi onnistui niin hyvin että Newbridge uskalsi julkistaa tulokset itse. Laitteisto selvisi ongelmitta testista [vivid].

Newbridge osallistui samaisella VIVID-tuoteperheellä Network Computing-lehden järjestämään vertailuun, jossa haettiin laitevalmistajilta ratkaisua kuvitteellisen uuden yrityksen verkkoratkaisuksi [techw]. Tässä vertailussa, samoin kuin Data Communications-lehden virtuaali-LAN:ien yhdistämisvertailussa VIVID pääsi 3 parhaan toteutuksen joukkoon [data2]. Molemmissa vertailuissa erityisesti MPOA-ratkaisun toimivuutta kiiteltiin tehokkaaksi ja helppokäyttöiseksi.

Toukokuussa 1997 pidetyillä Networld+Interop 97-messuilla Las Vegasissa usean eri laitevalmistajan mainostettiin osallistuvan avoimeen MPOA-verkon monitoimittajaratkaisun testaus- ja esittelytilaisuuteen. Ciscon, Foren ja Newbridgen oli tarkoitus tuoda laitteensa paikalle ja demonstroida yhteistä MPOA-verkkoa [fore2], [tril2]. Esityksestä ei kuitenkaan löytynyt minkäänlaista jälkipohdiskelua tai edes pientä kertomusta alan internet-lehdistössä, joten mahdollisesti esitys kariutui. Vähäinen tiedottaminen kielii valmistajien heikosta valmiudesta omien tuotteidensa kanssa.

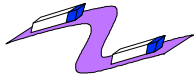


6.3 Tulevaisuus

Kun MPOA vihdoon ja viimein valmistuu, siitä pitäisi laitevalmistajien omien ilmoitusten mukaan tulla yleisesti käytetty ratkaisu. Kaikki kehitystyöhön osallistuneet yritykset ovat luvanneet tukea MPOA:ta ja kehittää sen pohjalta omat verkkojen yhdistämisratkaisunsa.

Kuitenkin pitkälle venynyt kehitystyö on avannut ovia kilpaileville vaihtoehdoille. IP-kytkentää kehittämään IETF:n perustama "Multiprotocol label switching"-työryhmä tekee kaikkensa voidakseen vallata markkinoita MPOA:n edestä. Paljon on kiinni laitevalmistajien halusta panostaa asiaan. Esimerkiksi tietokonevalmistajana tunnettu Digital Equipment Corp. (DEC) on luvannut rakentaa kytkimen joka tukisi tarvittaessa sekä IP-kytkentää että MPOA:a. [data1]

MPOA:n menestyminen on myös uskottavuus kysymys ATM Forumille. Jos standardi jää vain uudeksi kirjainlyhenteeksi muiden joukkoon, ei koko organisaation kehitystyötä arvosteta. Tulee olemaan mielenkiintoista nähdä kuinka sitoutuneita laitevalmistajat ovat itse perustamansa järjestön kohtaloon. Esimerkiksi Fore Systems on julkisesti liputtanut MPOA:n puolesta ja uskoo IP-kytkennän olevan vain väliaikainen ratkaisu [fore1].



Lähteet

- [data1] MPOA ties it all together. Data Communications. 4/1996. <URL:http://www.data.com/Tutorials/MPOA_Ties_It_All_Together.html>
- [data2] VLANs: Real Virtues. Data Communications. 5/1997. <URL:http://www.data.com/lab_tests/vlan_switches.html>
- [data3] ATM MPOA vs. IP Switching. Data Communications. 21.9.1996. <URL:<http://www.data.com/Tutorials/switch.html>>
- [fore1] FORE ATM and IP Switching. Fore Systems. 10/96. <URL:<http://www.fore.com/atm-edu/whitep/ipswitch.html>>
- [fore2] FORE Systems showcases advanced ATM applications at Networld+Interop. Fore Systems. 6.5.1997. <URL:http://www.fore.com/press/current/PR75_6.html>
- [Ilv96] Ilvesmäki, Mika. 1996. ATM-tekniikan käyttö internet-liikenteen välityksessä. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu. <URL:<http://keskus.hut.fi/julkaisut/tyot/diplomityot/713/>>
- [lane] LAN Emulation Over ATM, v1.0, 1/95, ATM Forum
- [mpoa] Multi-Protocol Over ATM v1.0, Letter Ballot, 5/1997 ATM Forum
- [nhrp] Next Hop Routing Protocol, Internet draft. Internet Engineering Task Force. 1997. <URL:<http://ds.internic.net/internet-drafts/draft-ietf-rolc-nhrp-11.txt>>
- [Per97] Peräläinen, Ilkka. 1997. Monikerrosreititys. Erikoistyö. Teknillinen korkeakoulu. 36s.
- [rfc1577] RFC 1577. Classical IP and ARP over ATM. Internet Engineering Task Force. 1994. <URL:<http://ds.internic.net/rfc/rfc1577.txt>>
- [techw] Nine Solutions for an ATM Upgrade. Network Computing 12.5.1997. <URL:<http://techweb.cmp.com/nc/809/809f13.html>>
- [tril1] MPOA White paper. Trillium Digital Systems. 2.6.1997 <URL:<http://www.trillium.com/mpoa.html>>
- [tril2] Major networking vendors demonstrate interoperability of industry's first standards-based layer 3 switching technology. Trillium Digital Systems. 30.4.1997. <URL:http://www.trillium.com/rel_mpoa.html>
- [vivid] VIVID Performanc Testing, Newbridge Networks Corp. 16.4.1997 <URL:<http://www.vivid.newbridge.com/mpoa/documents/bradner/index.html>>

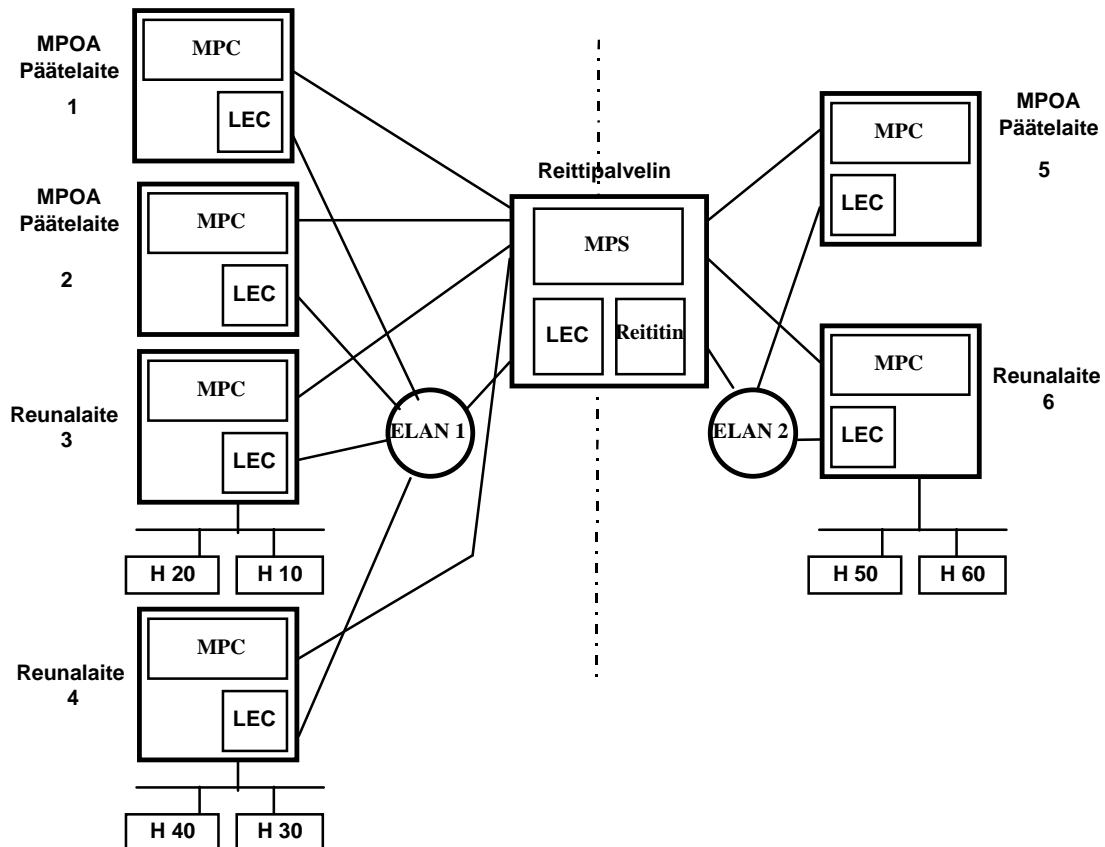


Liitteet

Liite 1 Esimerkkejä MPOA-yhteyksistä

Esimerkkiverkko

Kuva 8 esittää yksinkertaistettua MPOA-verkkoa, jonka avulla voidaan esittää erilaiset MPOA-yhteydenmuodostukset. Verkko koostuu kahdesta ELAN:sta (ELAN-1 ja ELAN-2). Kummassakin ELAN:ssa on ainakin yksi MPOA-reunalaite, ATM-päätelaite sekä LAN. ELAN:t yhdistetään toisiinsa käyttäen MPOA-palvelinta.

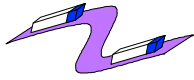


Kuva 8 Esimerkki MPOA-verkosta

Jotta MPOA-verkon eri vuot tulisivat selväksi, käyn ne seuraavaksi läpi yksi kerrallaan. Lähettäjä ja vastaanottaja voivat olla joko samassa tai eri ELAN:ssa, joten käytän nimityksiä intra-ELAN- tai inter-ELAN-vuot. Lisäksi yhteydenmuodostuksessa on eroja riippuen liittyykö päätelaite ELAN:iin reunalaitteen kautta omasta LAN:sta vai onko se ATM-kytketty MPOA-päätelaite.

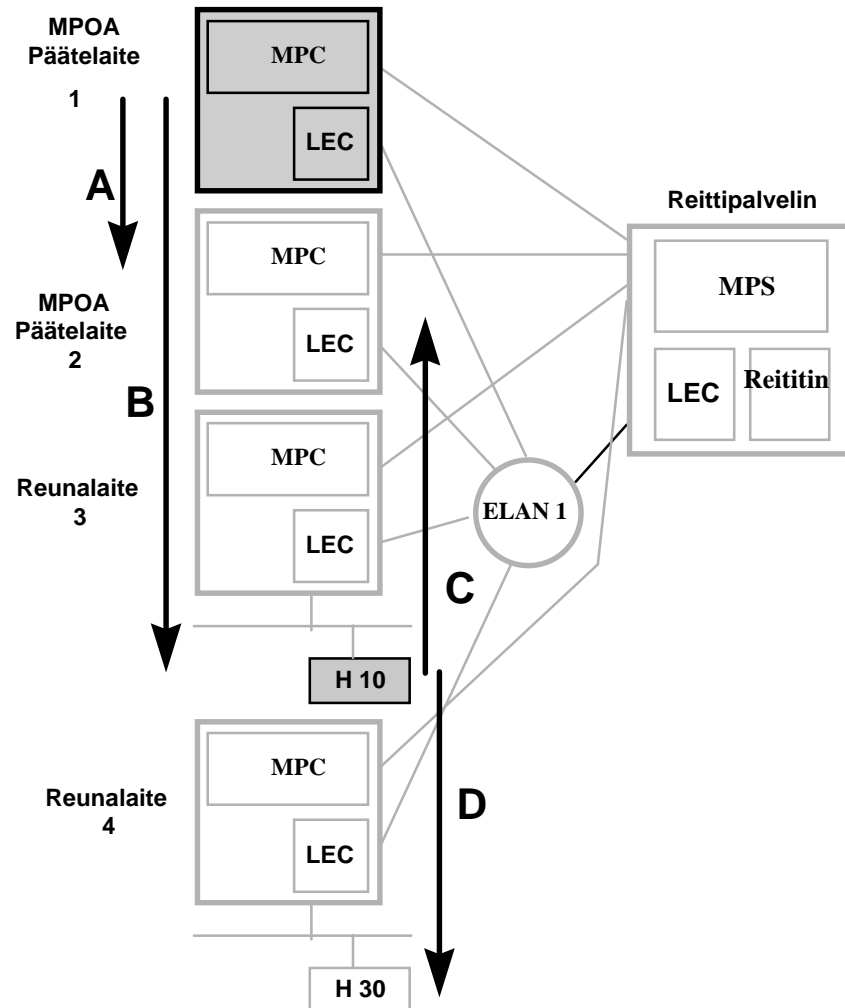
Intra-ELAN-vuot

Intra-ELAN-vuotilla tarkoitetaan saman ELAN:n sisällä tapahtuvaa yhteyttä eli lähettäjä on samassa virtuaali-LAN:ssa vastaanottajan kanssa. Intra-ELAN-vuotia on neljä erilaista tapausta riippuen päätelaitteiden liittymisestä ELAN:iin. Taulukko 4 sekä Kuva 9 on esitetty eri intra-ELAN-vuotyypit.



YHTEYS	MPOA-päätelaitteelle	LAN-päätelaitteelle
MPOA-päätelaitteelta	(A)	(B)
LAN-päätelaitteelta	(C)	(D)

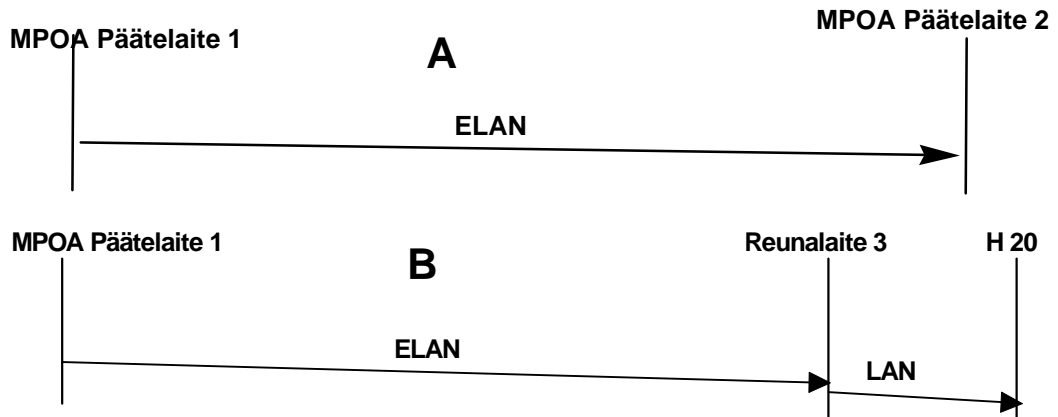
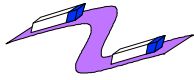
Taulukko 4 Intra-ELAN:n vuot



Kuva 9 Intra-ELAN vuot

Intra-ELAN-vuot MPOA-päätelaitteelta

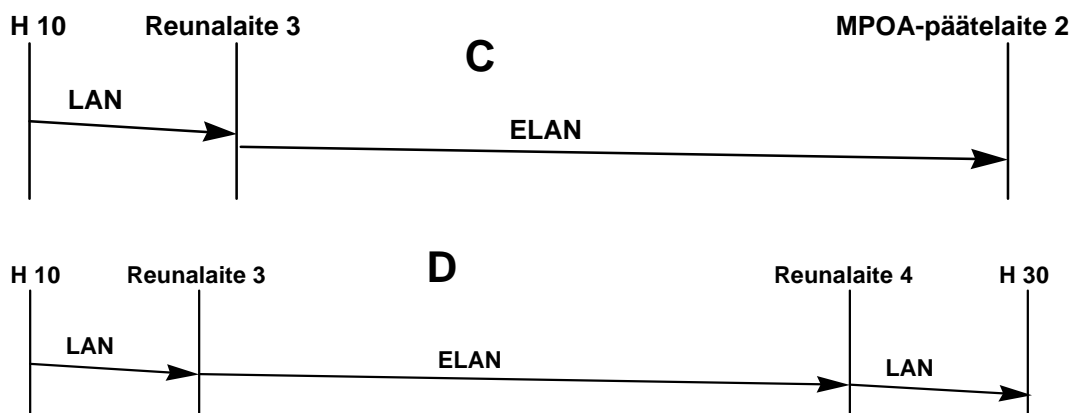
MPOA-päätelaite voi muodostaa kahdenlaisia intra-ELAN-voita: vuo toiselle MPOA-päätelaitteelle (A) tai vuo LAN:n päätelaitteelle (B, tässä kohteena H30). Tapauksessa A yhteydellä käytetään LANE:a (Kuva 10) ja tapauksessa B MPOA-päätelaitteen ja LAN:n reunalaitteen välillä LANE:a sekä reunalaitteen ja päätteen H30 välillä LAN:n omaa yhteyttä.



Kuva 10 MPOA-päätelaitteen muodostamat vuot intra-ELAN:ssa

Intra-ELAN-vuot LAN-päätelaitteelta

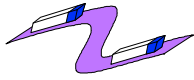
LAN-päätelaitte (tässä H10) voi myös muodostaa kahdenlaisia intra-ELAN-voita: vuo MPOA-päätelaitteelle (C) tai vuo toiselle LAN:n päätelaitteelle (D, tässä kohteena H30). Tapauksessa C yhteys muodotuu käyttäen LANE:a (Kuva 11) ja tapauksessa D LAN:n päätelaitteiden ja reunalaitteiden välillä LAN:n omaa yhteyttä sekä reunalaitteiden välillä LANE:a.



Kuva 11 LAN-päätelaitteen muodostamat vuot intra-ELAN:ssa

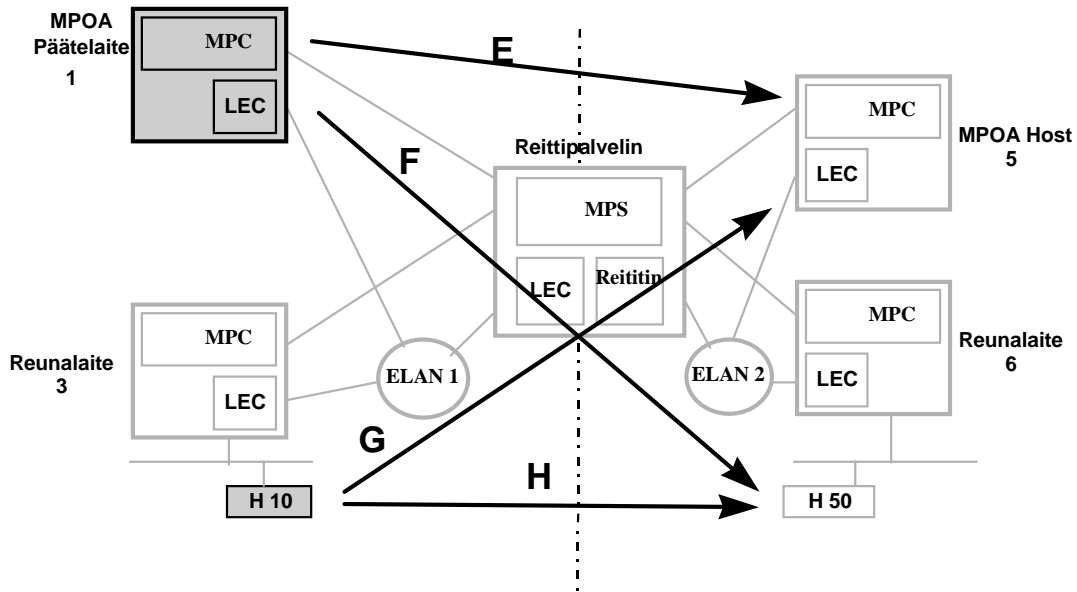
Inter-ELAN-vuot

Inter-ELAN-vuolla tarkoitetaan kahden eri ELAN:n välillä tapahtuvaa yhteyttä eli tilannetta, jossa lähettäjä on eri virtuaali-LAN:ssa kuin vastaanottaja. Inter-ELAN-vuo voi käyttää joko tavallista reititystä tai MPOA-oikotietä yhteydessä MPOA-verkon yli. Inter-ELAN-voita on myös neljä erilaista tapausta, taas riippuen päätelaitteiden liittymisestä omaan ELAN:iinsa. Taulukko 5 ja Kuva 12 esittää eri inter-ELAN-vuotyypit.



YHTEYS	MPOA-päätelaitteelle	LAN-päätelaitteelle
MPOA-päätelaitteelta	(E)	(F)
LAN-päätelaitteelta	(G)	(H)

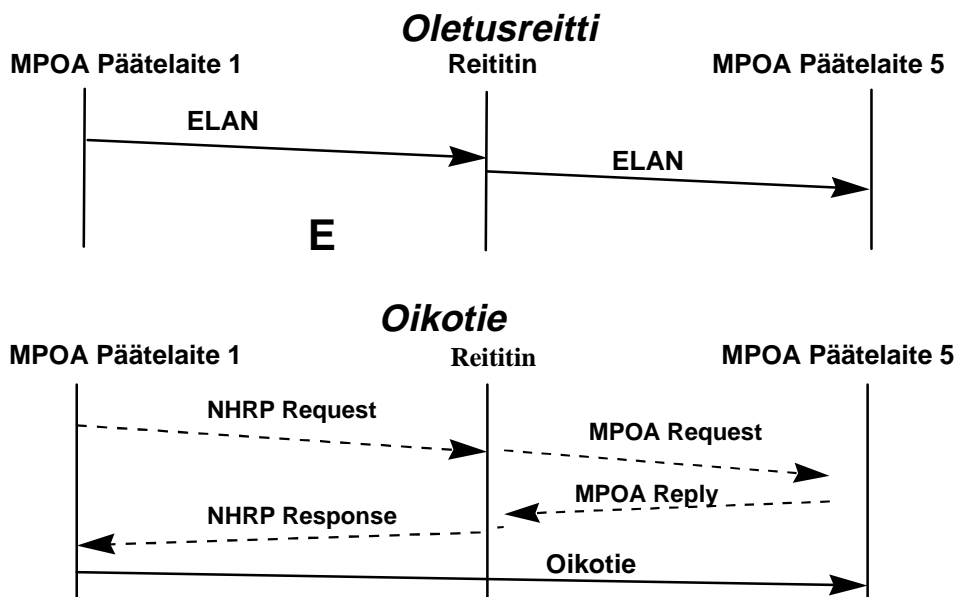
Taulukko 5 Inter-ELAN:n vuot



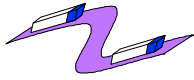
Kuva 12 Inter-ELAN vuot

Inter-ELAN-vuot MPOA-päätelaitteelta

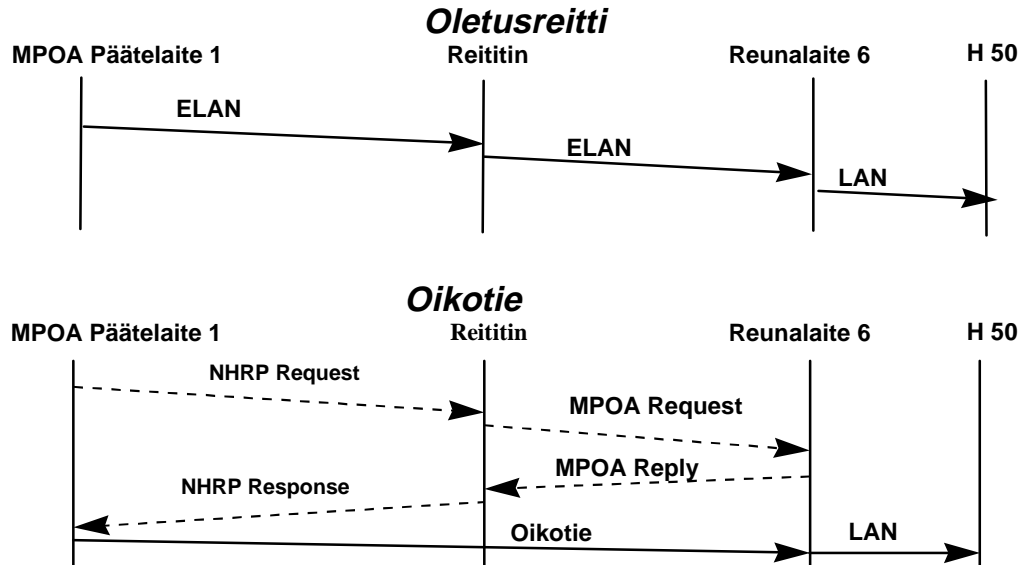
MPOA-päätelaite voi muodostaa kahdenlaisia inter-ELAN-voita: vuo toiselle MPOA-päätelaitteelle (E) tai vuo LAN:n päätelaitteelle (F, tässä kohteena H50). Tapauksessa E yhteydellä käytetään oletusarvoisesti LANE:a tai muodostetaan oikotie (Kuva 13).



Kuva 13 MPOA-päätelaitteiden välinen vuo inter-ELAN:ssa



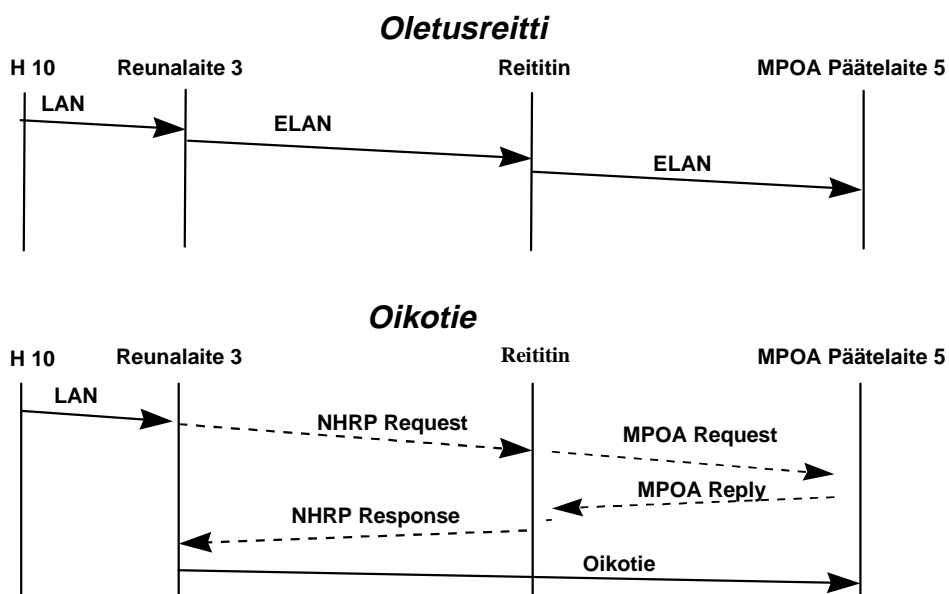
Tapauksessa F MPOA-päätelaite muodostaa inter-ELAN-vuon LAN-päätelaitteen kanssa. Tällöin MPOA-päätelaitteen ja LAN:n reunalaitteen välillä käytetään oletusarvoisesti ELAN:a ja tarvittaessa oikotietä. Reunalaitteen ja LAN-päätelaitteen välillä käytetään normaalia LAN-yhteykskäytäntöä (Kuva 14).



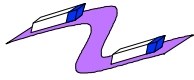
Kuva 14 Inter-ELAN-vuo MPOA-päätelaitteelta LAN-päätelaitteelle

Inter-ELAN-vuot LAN-päätelaitteelta

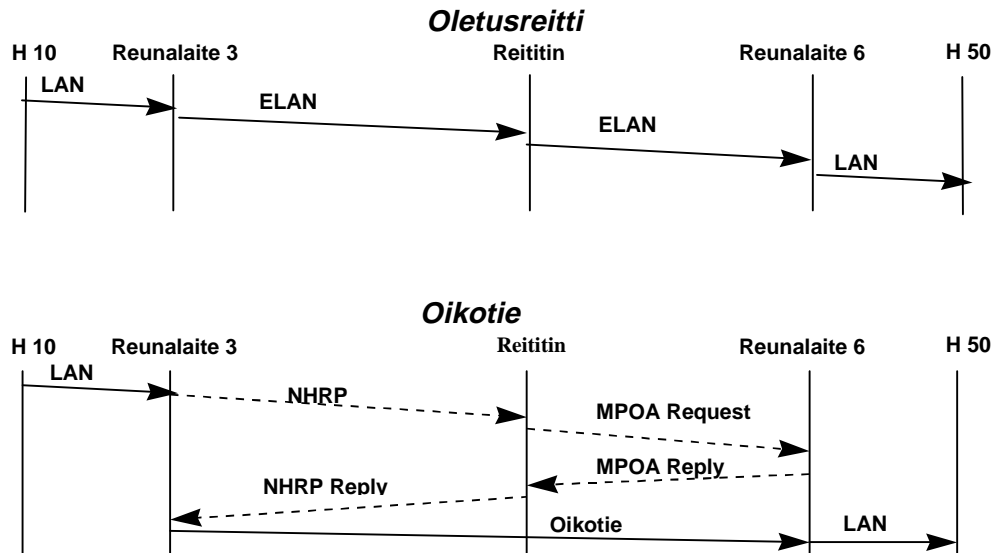
LAN-päätelaite (tässä H10) voi muodostaa kahdenlaisia inter-ELAN-voita: vuon MPOA-päätelaitteelle (G) tai vuo toiselle LAN:n päätelaitteelle (H, kohteena H50). Tapauksessa G yhteydellä käytetään oletusarvoisesti LANE:a tai muodostetaan oikotie (Kuva 15).



Kuva 15 Inter-ELAN-vuo LAN-päätelaitteelta MPOA-päätelaitteelle



Tapauksessa H LAN-päätelaite muodostaa inter-ELAN-vuon toisen LAN-päätelaitteen kanssa. Tällöin LAN:en reunalaitteiden välillä käytetään oletusarvoisesti ELAN:a ja tarvittaessa oikotietä. Reunalaitteiden ja LAN-päätelaitteiden välillä käytetään normaalia LAN-yhteyskäytäntöä (Kuva 16).



Kuva 16 LAN-päätelaitteiden välinen inter-ELAN-vuo