

Olli Karppinen

NOKIA D500 DSLAM KÄYTTÖÖNOTTO

Tietoliikenteen erikoistyö

Tietoliikenteen linja

8.2.2005

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Tekijä: Olli Karppinen

Yhteystiedot: Yhteystiedot

Työn nimi: Nokia D500 DSLAM käyttöönotto

Title in English: Nokia D500 DSLAM Commissioning

Työ: Tietotekniikan erikoistyö

Sivumäärä: 53+21

Linja: Tietoliikenne

Teettäjä: Jyväskylän yliopisto, tietotekniikan laitos

Avainsanat: DSLAM, ATM, Ethernet, xDSL, multicast

Termiluettelo

AAL5	ATM Adaptation Layer 5. Yleisin käytössä oleva ATM-sovituserrosluokka, joka vastaa mm. LAN-emulaatiosta.
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line. Epäsymmetrinen digitaalinen tiedonsiirtotekniikka, joka käyttää tilaajajohtona tavallista puhelinkaapelia.
Annex A	ITU-T:n standardi G.992.1.Laajimmin käytössä oleva DSL-standardi. Annex A käsittää ADSL-palvelun perinteistä puhelinjohtoa pitkin (ADSL over POTS), mahdollistaen myös puhelimen käytön samanaikaisesti.
Annex B	ITU-T:n standardi G.992.1Annex B käsittää ADSL- ja ISDN-palvelun samassa verkossa (ADSL over ISDN).
Annex D	ITU-T:n standardi G.993.1 ja ANSI T1/E1.4 standardi VDSL-palveluun
Annex E	ITU-T:n standardi G.993.1 ja ETSI TS 101270 standardi.
ARP	Address Resolution Protocol. OSI-mallin toisella kerroksella toimiva protokolla, joka hallinnoi IP- ja MAC-osoitteiden välistä yhteyttä ns. ARP-taulun avulla.
ATM	Asynchronous Transfer Mode. Asynkroninen yhteydellinen tiedonsiirtotekniikka, joka perustuu vakiomittaisten 53-tavuisten solujen kytkemiseen.

ATU-C	ADSL Transmission Unit – Central Office. ADSL-lähetysyksikkö downstream-suuntaan.
ATU-R	ADSL Transmission Unit – Remote. ADSL-lähetysyksikkö upstream-suuntaan.
Bridged	Sillattu liittymä. Yhdistää fyysisesti erillään olevia verkkoja näkymään yhtenä verkkona.
Broadcast	Yleislähetys. Lähetysmuoto, jossa viesti lähetetään kaikille verkkosegmentin laitteille.
CBR	Constant Bit Rate. Vakioitu bittinopeus. ATM/QoS-palveluluokka, joka takaa tietyn siirtonopeuden.
CBS	Committed Burst Size. Pakettiverkkojen palveluluokittelussa käytettävä purskekooko tavuina.
CIR	Committed Information Rate. Palveluluokittelussa käytettävä, palveluntarjoajan palvelulle takaama kaistanleveys bit/s. Aina pienempi kuin linjan mahdollistama maksiminopeus.
D500	Nokia D500 DSLAM
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol. Asiakas-palvelin –malliin perustuva protokolla, jossa verkotetut tietokoneet saavat IP-osoitteensa keskustietokoneelta.
DMT	Discrete Multi-Tone. ADSL:ssä käytössä oleva modulaatiomenetelmä, jossa käytössä oleva taajuuskaista jaetaan erilliseen kanaviin, joita moduloidaan itsenäisesti.
dot1q	802.1Q. IEEE:n määrittelemä eräs trunking-tekniikka.

Downstream	Tiedonsiirtosuunta asiakkaan suuntaan.
DS3-liityntä	SONET-tekniikalla toimiviin verkkoihin soveltuva ATM-UNI -pohjainen runkoverkkoliityntä D500:ssa.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer. Usein runkoverkon reunalla toimiva DSL-tilaajaliittymiä kanavoiva verkkolaite.
Edge device	Reunalaite. ATM-verkossa laite, johon PVC-yhteydet terminoidaan.
Encapsulation	Kehysrakenne. Mekanismi jolla ylemmän kerroksen protokollat voidaan piilottaa tiedonsiirrossa.
Ethernet	Yleinen, kilpavarausmenetelmään perustuva lähiverkkostandardi.
FDD	Frequency Division Duplex. Taajuusjakoduplexi. Taajuusjakoinen kanavointitekniikka.
G.ansi	ADSL-standardi, joka on käytössä etenkin Pohjois-Amerikassa. Tiedonsiirtonopeus enimmillään 8Mbit/s downstream-suunnassa.
G.dmt	DMT-moduloitu ADSL-standardi, tiedonsiirtonopeus enimmillään 8Mbit/s downstream-suunnassa.
G.lite	Puolta taajuuskaistaa käyttävä ADSL-standardi. Hitaampi kuin G.dmt. Tiedonsiirtonopeus enimmillään 1.5Mbit/s downstream-suunnassa.
IAD	Integrated Access Device. Verkon yhdistelmäpalvelulaite, joka mahdollistaa puhelin- ja

	dataliikenteen yhdistämisen. Käytössä SHDSL-palvelussa.
IGMP	Internet Group Management Protocol. Verkkokerroksen protokolla, jonka avulla hallinnoidaan multicast-ryhmän jäsenyyksiä.
IP	Internet Protocol. TCP/IP:n verkkokerroksen protokolla.
IP-TV	IP-verkossa välitettävä digitaalinen TV-lähetys.
IP-STB	IP-Set Top Box. IP-pohjaisesti toimiva laite, joka mahdollistaa TV-vastaanottimen toimimisen käyttäjäliityntänä Internetiin. Mahdollistaa lisäksi digi-TV -lähetysten vastaanottamisen.
LAN	Local Area Network. Lähiverkko.
Link A	Nokia D500:ssa linkki tilaajan suuntaan.
Link Z	Nokia D500:ssa linkki runkoverkon suuntaan.
LLC	Logical Link Control. IEEE 802.2 -standardin mukainen siirtoyhteystason kerros, joka määrittelee siirtoyhteyttä ohjaavat toiminnot
LPF	Low Pass Filter. Alipäästösuodatin. Nokia D500:ssa käytössä suodattamaan matalataajuinen puhelinliikenne korkeampitaajuisesta dataliikenteestä.
MSAP	Multiservice Access Platform. Monipalvelualusta, Nokia D500 DSLAMin toimintamalli.
Multicast	Ryhmälähetys / monilähetys. Lähetysmuoto, jossa sama sisältö voidaan jakaa tehokkaasti useille

	vastaanottajille. Multicast-liikennettä hallinnoidaan IGMP-protokollan avulla.
NAT	Network Address Translation. Yhdessä verkossa käytetyn IP-osoitteen muuntaminen toisessa verkossa tunnetuksi IP-osoitteeksi.
OC-3 / STM-1	Valokuituun perustuva ATM-siirtojärjestelmätyyppi.
OSPF	Open Shortest Path First. Linkkien tilaan perustuva reititysprotokolla.
PBS	Peak Burst Size. Purskeen maksimikoko tavuina pakettipohjaisessa liikenteessä.
PBX	Private Branch Exchange. Puhelinvaihte, joka on yhteydessä yleiseen televerkkoon.
PIR	Peak Information Rate. Datanopeuden maksimiarvo bit/s pakettipohjaisessa liikenteessä. Mikäli arvo ylitetään, joudutaan paketteja pudottamaan.
PIM	Protocol Independent Multicast. IP-verkoissa toimiva multicast-protokolla. Toimintamuotona voi olla joko Dense Mode tai Sparse Mode.
PING	Packet Internet Groper. ICMP-viesti, jolla voidaan testata kahden verkkolaitteen välisen yhteyden toimivuutta.
POTS	Plain Old Telephone System. Perinteinen puhelinverkko.

PTD	Packet Traffic Descriptor. Pakettiverkoissa käytettävä liikenteenhallinta / luokittelumekanismi. D500:lla parametreina PIR, CIR, PBS ja CBS.
PVC	Permanent Virtual Circuit. ATM-tekniikassa käytettävä pysyvä/staattinen virtuaalipiiri, joka muodostetaan tiedonvälitykseen osallistuvien osapuolten välille. PVC on toiminnassa niin kauan kunnes se manuaalisesti poistetaan. PVC-osoitteistuksen pohjana toimivat VPI/VCI-arvot.
RBE	Routed Bridged Encapsulation. D500:lla käytettävä tekniikka, jossa asiakasverkko ja –laitteisto sekä DSLAMin linjakortti toimivat bridged-moodissa ja runkoverkkoyksikkö routed-moodissa.
RFC1483	Request for Comments 1483. Määritelmä Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5 – tekniikalle.
RFI-band	Radio Frequency Interference. Radiotaajuinen häiriö.
Routed	Reitetty / reitittävä liittymä. Verkkokerroksella toimiva ja pakettien reitittämistä suorittava tekniikka.
RP	Rendezvous Point. Multicast-tekniikassa multicast-liikenteen keskus piste.
QoS	Quality of Service. Palvelun laatu. Tavoitteena taata erityyppisille verkkosovelluksille optimaalinen tiedonsiirtotas.

SDH	Synchronous Digital Hierarchy. Synkronoitu digitaalinen hierarkia. Optisessa tiedonsiirtojärjestelmässä etenkin Euroopassa käytettävä standardi.
SHDSL	Single-pair High-speed Digital Subscriber Line. ITU-T:n standardi G.991.2. Symmetrinen, täysin digitaalinen DSL-tekniikka. SHDSL käyttää VoDSL-tekniikka, jolloin erillistä alipäästösuodatusta ei tarvita.
SONET	Synchronous Optical NETwork. Synkronoitu optinen verkko. Optisessa tiedonsiirtojärjestelmässä etenkin Pohjois-Amerikassa käytettävä standardi.
Sparse Mode	PIM-protokollan toimintamuoto, jossa multicast-liikenne lähetetään kaikkiin ainoastaan multicast-liittymisviestin lähettäneille solmuille.
Trunk	Runkoverkkoyhteys.
Trunking	Tekniikka, joka mahdollistaa uplink-liittynnän käyttöasteen parantamisen.
UBR	Unspecified Bit Rate. Määrittelemätön bittinopeus. ATM/QoS-palveluluokka, jossa sovellukselle ei taata tiettyä siirtonopeutta.
Unicast	Yksittäislähetys. Lähetysmuoto, jossa viesti lähetetään vain yhdelle vastaanottajalle kerrallaan.

UNI-liityntä	User Network Interface. ATM-tekniikassa käytettävä käyttäjä-verkko –rajapinnan standardi.
Upstream	Tiedonsiirron suunta asiakkaalta poispäin.
VC	Virtual Circuit. Virtuaalipiiri. ATM-tekniikassa käytettävä yhteysmuoto, jossa osoitteistuksen pohjana toimivat VPI /VCI-arvot. VC jakaantuu kytkentäisiin virtuaalipiireihin (Switched Virtual Circuit, SVC) ja pysyviin virtuaalipiireihin.
VCI	Virtual Channel Identifier. Tunnus, jolla ATM-tekniikassa määritetään kullekin solulle sen käyttämä virtuaalinen kanava.
VDSL	Very high speed Digital Subscriber Line. Nopea digitaalinen tiedonsiirtotekniikka, joka käyttää tilaajajohtona tavallista puhelinkaapelia. VDSL-tekniikalla saavutetaan enimmillään lyhyillä tilaajayhteysväleillä (300-1500m) 52Mbit/s downstream tiedonsiirtonopeus.
VLAN	Virtual Local Area Network. Virtuaalinen lähiverkko.
VPI	Virtual Path Identifier. Tunnus, jolla ATM-tekniikassa määritetään kullekin solulle sen reitti, eli solun virtuaalipolku. Virtuaalipolku voi sisältää useita virtuaalikanavia (VCI).
WAN	Wide Area Network. Suuralueverkko. Maantieteellisesti laajalle alueelle levinnyt

tietoliikenneverkko, joka voi yhdistää useita lähiverkkoja (LAN).

Sisältö

1	JOHDANTO.....	1
2	NOKIA D500 R2.2 DSLAM.....	2
2.1	D500 FYYSINEN KOKOONPANO JA YKSIKÖT.....	3
2.1.1	Runkoverkko- ja kontrolliyksiköt.....	5
2.1.2	ADSL48-linjakortit.....	6
2.1.3	SHDSL24-linjakortit.....	8
2.1.4	VDSL24-linjakortit.....	9
2.1.5	Low Pass Filter-kortit	11
3	NOKIA D500 R3.0 DSLAM.....	12
3.1	GIGABIT ETHERNET JA OC-12/STM-4 -RUNKOVERKKOYKSIKÖT.....	12
3.1.1	Gigabit Ethernet (TK1000).....	12
3.1.2	OC-12/STM-4 (TK622).....	13
3.2	R3.0:N TUKEMAT LIITYNTÄTEKNIIKAT	13
3.2.1	Sillatut liittymät	14
3.2.2	RBE-liittymät.....	14
3.2.3	Reititetyt liittymät.....	15
3.3	MULTICAST.....	15
4	NOKIA D500 R2.2 KÄYTTÖÖNOTTO JA XDSL-YHTEYKSIEN KONFIGUROIINTI.....	17
4.1	KÄYTTÖÖNOTTOKONFIGUROIINTI.....	17
4.2	NOKIA D500 DSLAM TILAAJAYHTEYDET	20
4.2.1	ADSL-tilaajayhteys	21
4.2.2	VDSL-tilaajayhteys	25
5	NOKIA D500 R2.2 DSLAM-TESTIVERKKO.....	27
5.1	VERKON PÄÄTELAITTEINA TOIMIVAT TYÖASEMAT	28
5.2	CISCO CATALYST 5000	29
5.3	CISCO LIGHTSTREAM 1010	32
5.4	NOKIA D500 R2.2 DSLAM	33
5.5	TELEWELL ADSL-MODEEMI.....	34
5.6	ZYXEL VDSL-MODEEMI.....	37
5.7	YHTEYDEN TESTAUS	38
6	NOKIA D500 R3.0 DSLAM-TESTIVERKKO.....	39

6.1	SILLATTU YHTEYS.....	40
6.2	RBE-YHTEYS.....	42
6.3	REITITETYT YHTEYDET	45
7	MULTICAST IP-TV:N TOIMIVUUDEN TESTAAMINEN.....	47
7.1	R2.2.....	47
7.1.1	Suunnitelmia multicast-lähetyksen toteutustavoiksi R2.2:lla	49
7.2	R3.0.....	50
8	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET	53
	LIITTEET	54
	LIITE 1. CISCO CATALYST 5000 KONFIGURAATIO.....	54
	LIITE 2. CISCO LIGHTSTREAM 1010 KONFIGURAATIO.....	60
	LIITE 3. CISCO 7400 KONFIGURAATIO	64
	LIITE 4. JUNIPER KONFIGURAATIO	65
	LIITE 5. TERA 3 KONFIGURAATIO	68
	LIITE 6. TERA 1 KONFIGURAATIO	69
	LIITE 7. TERA2 KONFIGURAATIO	72

1 Johdanto

Tässä työssä selostetaan ja käydään läpi Jyväskylän yliopiston Tietotekniikan laitoksen tietoliikennelaboratoriossa toteutettu Nokia D500 DSLAM-verkkolaitteen käyttöönotto. Työssä valotetaan laitteen konfigurointi- ja käyttömahdollisuuksia, kuvataan laitteen käyttöönotto- ja testiympäristö ja esitellään testiverkon laitteiden vaatimat konfiguroinnit. Dokumentissa on runsaasti kuvia ja graafisia esityksiä lisäämässä havainnollisuutta

Aluksi D500:lla oli käytössä versio R2.2, joka käsitti ATM-runkoverkkoyksikön. Myöhemmin otettiin käyttöön myös uusi Gigabit Ethernet-runkoverkkoyksikkö ja uusi ohjelmistoversio R3.0.

Dokumentin rakenne on jaoteltu siten, että luvuissa 2 esitellään R2.2:a yleisesti sen toiminnallisuuden ja fyysisen kokoonpanon kautta. Luku 3 käsittelee R3.0:n ominaisuuksia ja mukanaantuomia uudistuksia. Luvussa 4 selvitetään D500 R2.2:n peruskonfiguraatioiden, kuten xDSL-yhteyksien käyttöönotto.

Luvuissa 5 ja 6 esitetään testiympäristöt, joissa D500:n eri versiot otettiin käyttöön. Luvuissa selvitetään ja listataan testiverkon laitteet ja niiden vaatimat konfiguraatiot. Lopuksi luvussa 7 raportoidaan Nokia D500:n käyttöä ja soveltuvuutta digitaalisen TV-lähetyksen välittämiseen. Luvussa esitellään laboratoriossa kyseisestä aiheesta tehtyjä testauksia ja hahmotelmia multicast-lähetyksen jatkokehitykseen käytössä olleen testiverkon kokoonpanolla.

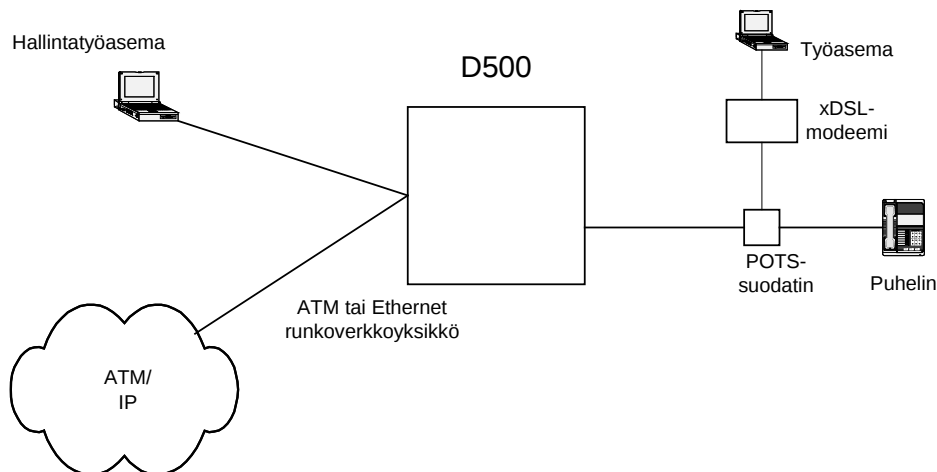
Liitteiksi on lisätty listaukset testiverkon laitteiden kokonaiskonfiguraatioista.

2 Nokia D500 R2.2 DSLAM

Tässä luvussa luodaan yleiskatsaus Nokia D500 DSLAMiin. Luku on jaettu alilukuihin, joissa käydään läpi sen fyysinen kokoonpano eri yksiköjen osalta. Lisäksi valotetaan laitteen perustoiminnallisuutta ja sen kapasiteettia eri verkkopalvelujen osalta.

Nokia D500 DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) on verkon monipalvelusolmu, joka mahdollistaa monipuolisten, laajakaistaisen verkkopalveluiden välittämisen palveluntarjoajilta tilaajille. Välitettäviin palvelutyyppeihin lukeutuvat esimerkiksi nopeat Internet-yhteydet, multimediapalvelut ja erilaiset viihdepalvelut, kuten digitaalinen- ja interaktiivinen TV.

D500 mahdollistaa operaattoreille joustavan siirtymisen ATM-tekniikasta IP-tekniikkaan siinä vaiheessa, kun IP muodostuu ensisijaiseksi verkkoprotokollaksi. D500 sijoittuu verkkotopologiassa usein runkoverkon, esimerkiksi Gigabit Ethernetin tai ATM-verkon, reunalaitteeksi. Kuvassa 1 hahmotetaan D500:n yleinen sijoittuminen verkkotopologiassa:



Kuva 1. Nokia D500:n yleinen käyttöympäristö [1].

D500 tarjoaa xDSL-liittymän tilaajien liittämiseksi laajakaistaiseen ATM- tai IP-verkkoon, käyttäen hyväksi olemassaolevia puhelinlinjoja. D500 on runkoverkkotasolla yhteensopiva sekä Ethernet-, että ATM-verkkoihin. Linkkiä tilaajaliittymän suuntaan kutsutaan Link

A:ksi ja linkkiä runkoverkon suuntaan Link Z:ksi. Mikäli tilaajalla on tarve myös matalataajuisen, perinteisen puhelinliikenteen siirtoon ja vastaanottoon, on D500:een mahdollisuus asentaa alipäästösuotimet, LPF-kortit. Tällöin tilaajan puolella tarvitaan normaalin päätelaitteen lisäksi POTS-suodatin (engl. *Plain Old Telephone System*), jolla voidaan erottaa puhelin – ja dataliikenne omiin osoitteisiinsa.

D500:n tukemia tilaajapuolen liittymäteknikoita ovat ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), SHDSL (*Single-pair High-speed Digital Subscriber Line*) ja VDSL (*Very High Speed Digital Subscriber Line*). Nokia D500 DSLAM tukee samanaikaisesti maksimissaan 4096 yhteyttä. Yhdelle linjakortille voidaan terminoida maksimissaan 400 yhteyttä. [1]

2.1 D500 fyysinen kokoonpano ja yksiköt

Tässä luvussa käydään läpi D500:n fyysisen kokoonpanon ja teknisten ominaisuuksien perusteet. Luku on jaoteltu alilukuihin, joissa eritellään runkoverkkoliittymän – ja tilaajaliittymän ominaisuudet. D500:n fyysisen kokoonpanon runko muodostuu joko 17- tai 21-kiinnityspaikkaisista (engl. *slot*) alikehikoista (engl. *subrack*). Alikehikkojen kokoonpano koostuu määrättyihin kiinnityspaikkoihin kiinnitetyistä yksiköistä (engl. *units*), eli linja- tai runkoverkkokorteista. Lisäksi tarvitaan korttien välisiä kaapelointeja sekä virtalähteitä ja tuuletuslaitteistoa. Alikehikoita voi olla yhden D500:n maksimikokoonpanossa kolme.

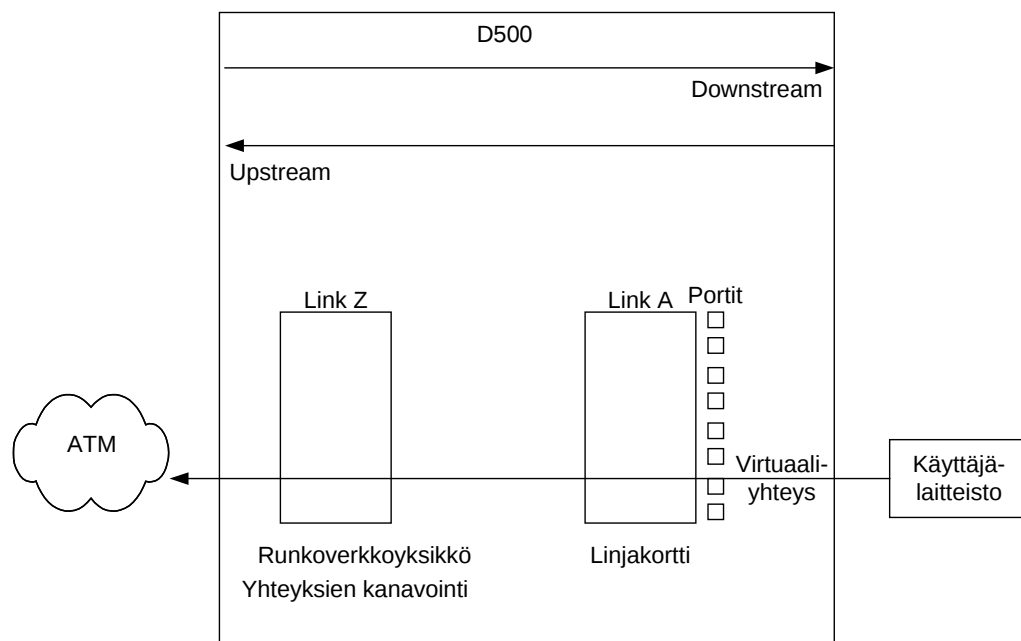
Periaatteena on, että jokaiseen aliehkoon voidaan sijoittaa sekä xDSL-linjakortteja, että runkoverkkokortteja. Täyteen asennettu 17-paikkainen aliehikko käsittää 15 xDSL-linjakorttia tilaajaliittymien suuntaan ja kaksi runkoverkkokorttia joko Ethernet- tai ATM-runkoverkon suuntaan. Tämä konsepti mahdollistaa helpon skaalautuvuuden ja kapasiteetin päivitettävyyden, käyttäjämäärien ja verkko-olosuhteiden muuttuessa.

Yhdessä ATM- tai Ethernet-runkoverkkoyksikössä (engl. *trunk unit*) on yksi portti runkoverkon suuntaan, eli ns. uplink-liityntä. D500 tukee kolmea eri käyttäjäliittymäteknikkaa, ADSL:a, SHDSL:a ja VDSL:a. Alikehkoon mahtuu tyypistä riippuen joko 15 (17-slot) tai 19 (21-slot) xDSL-linjakorttia tilaajaliittymien kytkemiseksi.

Tilaajalle lähtevät johdot kytketään linjakortteihin 24-porttisilla liittimillä. Linjakortit nimetään niiden tukeman protokollan, porttimäärän ja kaapeloinnin mukaan.

Nokia D500 DSLAM-konsepti mahdollistaa myös erillisen D500 etäyksikön (*Remote Access Module RAM*) käytön, jolla voidaan lyhentää matkaa kohti tilaajaa. RAM voidaan ketjuttaa isäntä-DSLAMiin joko runkoverkkoyksikön tai erillisen tributary-yksikön välityksellä. Tällöin erillisistä DSLAM-yksiköistä on mahdollista muodostaa tarpeita vastaava topologia. D500 RAM käsittää 7 kiinnityspaikkaa, joista kuutta voidaan käyttää joko runkoverkkoyksiköitten tai xDSL-linjakorttien kiinnittämiseen. D500 RAM omaa saman perustoiminnallisuuden kuin D500. [1]

Kuvassa 2 on hahmoteltu D500:n perusarkkitehtuuri ja toiminnallisuus.



Kuva 2. D500 perusrakenne ja toiminta [1].

2.1.1 Runkoverkko- ja kontrolliyksiköt

Jokainen D500 alikehikko sisältää vähintään yhden runkoverkkoyksikön. Käytännössä runkoverkkoyksikkö tarkoittaa alikehikon kiinnityspaikkaan 11 tai 12 asennettavaa korttia, jossa on liityntäportti runkoverkkokytkentään. Runkoverkkoyksikön perustehtävänä on tarjota D500:lle rajapinta runkoverkon suuntaan sekä multipleksoida ja demultipleksoida liikennettä yli runkoverkon rajapinnan. Yksikkö suorittaa myös dataliikenteen ristikytken ATM- /Ethernet-verkon ja D500:n välillä. Yksikkö kutsuu tarvittavia siirto-/lähetysparametreja, jotta kanavointi eri ATM-prioriteeteilla ja liikennetasoilla onnistuisi. Parametrit varmistavat, että ATM-liikenne mukautuu kaistan asettamiin vaatimuksiin. Yksikkö sisältää myös ATM-kytkentämatriisin, staattisiin ATM-verkon ja xDSL-linjakorttien välisiin ristikytkeisiin. Lisäksi yksikkö suorittaa erilaisia verkonhallintatehtäviä, kuten verkonvalvontaa ja hallinta/konfigurointiyhteydessä tarvittavien protokollien tukemista.

Taulukossa 1 on esitetty erilaisten runkoverkkoyksikköjen tärkeimmät ominaisuudet.

Nimi	Tyyppi	Ominaisuudet
TRK155	OC-3 / STM-1 (ATM)	-Yksi 155Mbit/s portti Versio R2.2 mahdollistaa kolme variaatiota: - monimuotokuitu, siirtomatka 2km - yksimuotokuitu (low power) siirtomatka 15km - yksimuotokuitu (high power) siirtomatka 40km
TKDS3	DS3-liityntä	-Yksi DS3-portti, SONET-yhteensopiva -45Mbit/s koaksiaalinen liityntä - ATM-UNI –kytkentäinen
TK100T-2	Fast Ethernet	-Yksi 100Base-T full duplex –portti -MAC-osoitetaulu, tukee 4000:tta MAC-kyselyä -Ylläpitää MAC-osoitteiden maksimäärää VC:a kohti

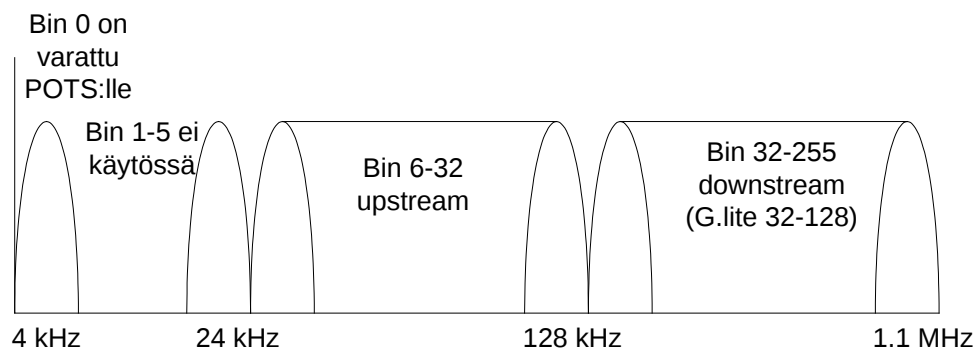
		-Ylläpitää taulua VLAN-jäsenyyksistä, max. 4000 VLAN:a -ATM RFC-1483 Multiprotocol Encapsulation over AAL5
--	--	---

Taulukko 1. Erityyppiset runkoverkkoyksiköt perusominaisuuksineen [1].

Varsinaisten runkoverkkoyksiköiden lisäksi D500 mahdollistaa erillisten tributary-unitien käyttämisen. Näiden avulla on mahdollista toteuttaa erillisten DSLAMien ketjuttaminen ja halutunlaisen verkkotopologian luominen. Tributary-yksiköt voivat toimia myös tavallisten runkoverkkoyksiköitten tapaan palveluntarjoamisessa käytettävänä runkoverkkoliityntänä. Tributary-yksiköstä on kolme eri versiota. TRB155 tekniikaltaan verrattavissa TRK155 runkoverkkoyksikköön, eli se toimii ATM-yksikkönä tarjoten neljä 155Mbit/s ATM-UNI-porttia. TBDS3 mahdollistaa kahdeksan DS3 yhteyden linkittämisen D500:lle. Kolmas tributary-yksikkötyyppi, TBE1 eli E1 Tributary unit tarjoaa 16 porttia D500:n tai D500 RAM-yksiköiden kytkemiseksi halutuksi topologiaksi. TBE1-liitynnät ovat ATM-pohjaisia. Kokonaisuudessaan yksi D500:n alikehikko voi käsittää enintään neljä tributary-yksikköä.[1]

2.1.2 ADSL48-linjakortit

ADSL48 –linjakortti tarjoaa 48 porttia tilaajaliittymien kytkemiseksi D500:een. ADSL-tekniikassa siirtonopeuden maksimi on 11Mbit/s downstream-suunnassa (eli tilaajalle päin) ja 1Mbit/s upstream-suunnassa (tilaajalta poispäin). D500:n ADSL48-linjakorttien maksiminopeudet ovat 8Mbit/s (downstream) ja 1Mbit/s (upstream). Nopeudet voidaan asettaa 32kbit/s välein. ADSL käyttää FDD (*Frequency Division Duplex*) –kanavointia ja DMT (*Discrete Multi Tone*) –modulointia. Käytössä oleva spektri on 35 kHz - 1.1 MHz. DMT jakaa ADSL-taajuuden 256 erilliseen kaistaan (bin), joista jokainen on 4 kHz kaistanleveydeltään. Puhelinliikenteelle on varattu 1. kaista ja ISDN:lle taajuusalue 1 kHz – 80 kHz, jotka voidaan suodattaa dataliikenteen kaistasta alipäästösuodattimia, eli LPF-kortteja käyttämällä. Periaattena on, että jokainen kaista on itsenäisesti moduloitu, jolloin DMT voi monitoroida signaali-kohina –suhdetta ja valita käyttöön parhaan kaistanleveyden. Kuvassa 3 graafinen esitys ADSL:n DMT-taajuuskaistasta ja käytössä olevista kanavista:



$$\text{Datanopeus} = \text{kanavien määrä} * (\text{bittien määrä/kanava}) * \text{modulaationopeus}$$

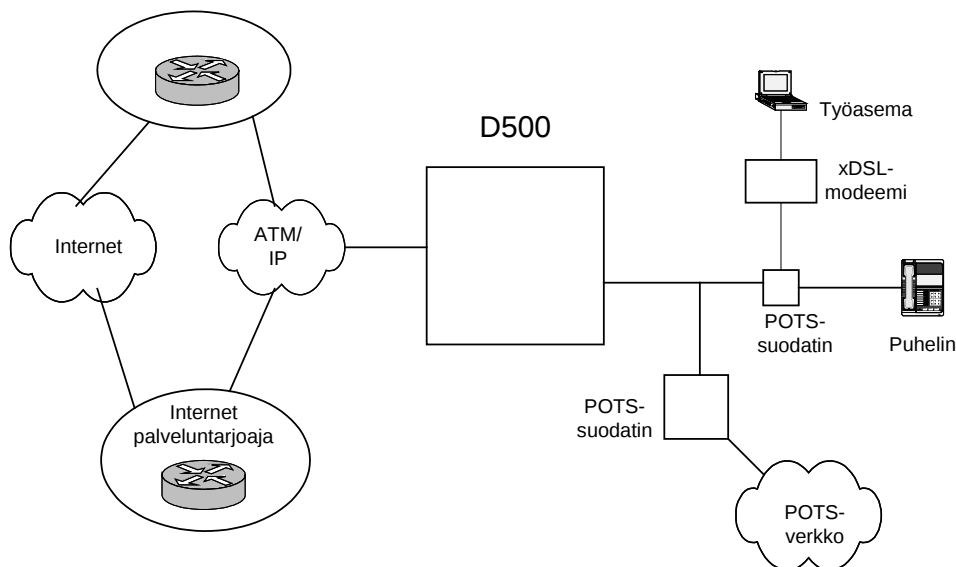
Kuva 3. ADSL:n DMT taajuuskaista [1].

	G.Lite	G.DMT/ANSI
POTS-splitterin tarve	Ei	Kyllä
Lähetysnopeudet:		
Downstream	< 1.5Mbit/s	< 8.1Mbit/s
Upstream	< 512 kbit/s	< 1024 kbit/s
Spektri	25 – 552 kHz	25kHz – 1.1MHz
Suurimman kanavan numero	127	256

Taulukko 2. ADSL-tekniikoiden perustietoja

D500 ADSL48af –linjakortit tukevat sekä täysinopeuksista ”full rate” (G.dmt), että hitaampaa ”lite” (G.lite) ADSL-palvelua puhelinlinjaa pitkin. ADSL-tekniikoiden perustiedot on eritelty taulukossa 2. ADSL48-linjakortit jaotellaan niiden käyttämän tekniikan ja siirtonopeuden perusteella eri ryhmiin:

- ADSL48af tukee sekä G.dmt-, että G.lite-palvelua puhelinlinjaa pitkin. Se sopii sekä 17-, että 21-paikkaiseen alikehikkoon. Tarjoaa linjanopeuden 8Mbit/s downstream ja 1Mbit/s upstream. Linjakortti on Annex A –yhteensopiva.
- ADSL48aft ja ADSL48art tukevat sekä G.dmt-, että G.lite-palvelua puhelinlinjaa pitkin (ADSL over POTS). Samanaikainen puhelinliikenne on mahdollista POTS-suodattimen (splitter) avulla. ADSL48aft käyttää kehikon edessä olevaa kaapelointia (engl. *front mount*) ja ADSL48art takana olevaa kaapelointia (engl. *rear mount*). Linjakortti on Annex A –yhteensopiva.
- ADSL48bf käyttää DMT-modulointia ADSL over ISDN-palvelun tarjoamiseen. Tukee full rate –ADSL:ää. Linjakortti on Annex B-yhteensopiva [1]



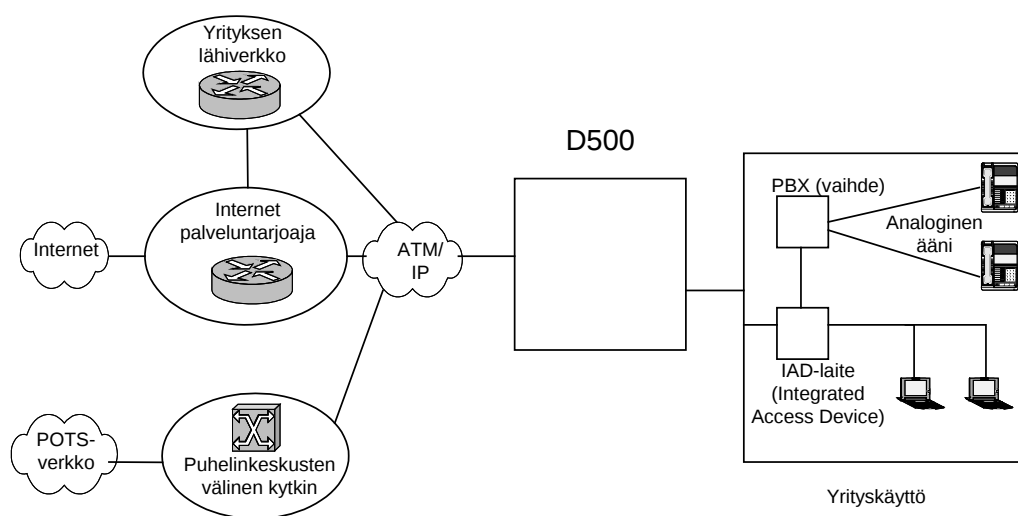
Kuva 4. Tyypillinen ADSL-palveluarkkitehtuuri.

2.1.3 SHDSL24-linjakortit

SHDSL24-linjakortit tarjoavat 24 porttia SHDSL-tilaajaliittymien kytkemiseksi D500:n. SHDSL-tekniikka on täysin digitaalista, joten eritaajuuksisten signaalien suodattamista, eli POTS-suodatusta tai LPF-kortteja, ei tarvita. Tekniikka käyttää Voice over DSL -

protokollaa (VoDSL) kuljettamaan ATM-paketoitua ääntä yli DSL-järjestelmän. Täten samaa kaistanleveyttä voidaan käyttää yhtäläisesti ääni- ja dataliikenteeseen. SHDSL24-linjakortit voivat tarjota VoDSL-digitalisoitua ääni/dataliikennettä symmetrisesti nopeuksilla 192 kbit/s - 2.3 Mbit/s (64kbit/s välein) yhtä kuparilankaparia käyttämällä, kaksinkertaisella parilla voidaan saavuttaa nopeus 4.6 Mbit/s. SHDSL käyttää Trellis Coded Pulse Amplitude modulaatiota (TC-PAM). SHDSL24-linjakortit jaotellaan niiden käyttämän tekniikan mukaan:

- SHDSL24af ja SHDSL24ar tarjoavat 24 G.shdsl –linjakoodausta käyttävää porttia. Ne ovat ohjelmallisesti konfiguroitavissa joko Annex A- tai Annex B-yhteensopiviksi, operaattorin tarpeista riippuen. Molemmat tukevat symmetrisiä linjanopeuksia välillä 144kbit/s-2.3Mbit/s (64kbit/s välein). [1]



Kuva 5. Tyypillinen SHDSL-palveluarkkitehtuuri.

2.1.4 VDSL24-linjakortit

VDSL on muunnettu DSL, suurinopeuksinen siirtotekniikka, joka tukee symmetrisiä 25 Mbit/s siirtonopeuksia ja asymmetrisessä palvelussa 52Mbit/s downstream-siirtonopeuksia. Linjakoodauksesta johtuen VDSL toimii vain suhteellisen lyhyillä käyttäjäetäisyyksillä (300-1500m). D500:n VDSL24-linjakortti mahdollistaa datansiirtonopeudet 22Mbit/s

downstream ja 3Mbit/s upstream, riippuen kaistasuunnitelmasta ja linjan kunnosta. VDSL käyttää DMT-modulaatiota datanlähetykseen 25kHz-12MHz spektrillä. Se jakaa taajuusalueen 4096 erilliseen kaistaan (bin), joista jokaisen kaistanleveys on 4kHz. Käytössä olevasta taajuudesta puhelinliikenteelle on varattu alue 0.3kHz-3.4kHz ja ISDN:lle 1kHz-80kHz, jotka voidaan erottaa datan taajuusalueesta ulkoisella suodattimella (POTS-splitter). Jokainen kaista on itsenäisesti moduloitu. VDSL-tekniikassa käytössä olevia tiedonsiirtonopeuksia ja –matkoja sekä taajuuskaistoja hallinnoidaan standardoitujen viitekehysten, ns. kaistasuunnitelmien (engl. *band plan*) avulla. Taulukossa 3 on eritelty käytössä olevat kaistasuunnitelmat perustietoineen, kun käytössä D500:n runkoverkkoyksikkönä on OC-3 / STM-1.

Band plan	997_2B	997_3B	998_2B	998_3B
min upstream	64 kbit/s	64 kbit/s	64 kbit/s	64 kbit/s
max upstream	13056 kbit/s	30464 kbit/s	5440 kbit/s	12288 kbit/s
min downstream	64 kbit/s	64 kbit/s	64 kbit/s	64 kbit/s
max downstream	13056 kbit/s	30464 kbit/s	23616 kbit/s	53760 kbit/s
kaistojen lkm	2	3	2	3
porttien lkm	24	12	24	12

Taulukko 3. VDSL band plan –perustietoja.

VDSL24-linjakortit jaotellaan seuraavasti:

- VDSL24df tarjoaa 24 DMT-moduloitua porttia. Linjakortti on Annex D-yhteensopiva ja tarkoitettu 21-paikkaiseen alikehikkoon.
- VDSL24ef tarjoaa 24 DMT-moduloitua porttia. Linjakortti on Annex E-yhteensopiva ja tarkoitettu 19-paikkaiseen alikehikkoon.[1]

2.1.5 Low Pass Filter-kortit

D500 käyttää erillisiä, omaan alikehikkoonsa sijoitettavia suodatinyksiköjä erottelemaan puhelinliikenne ja dataliikenne toisistaan. LPF-kortteja tarvitaan siinä tapauksessa, että tilaajalle siirretään samaa linjaa pitkin sekä perinteistä puhelin- että xDSL-liikennettä. Toimintaperiaatteena LPF-korteissa on, että matalataajuuinen äänisignaali (puhelinliikenne) lähetetään äänikytkimelle ja korkeataajuisempi datasisignaali lähetetään D500:lle. Kaikki LPF-yksiköt sisältävät 24 liittymäporttia. Signaalit tilaajalle, puhelinverkkoon ja xDSL-linjakorteille reitittyvät oman liittimensä kautta. LPF-kortin etupaneeli käsittää siis kolme erillistä liittintä.[1]

3 Nokia D500 R3.0 DSLAM

Nokia D500 R3.0 DSLAM omaa versioon R2.2 verrattuna huomattavia teknisiä uudistuksia. Tärkeimmät uudet ominaisuudet liittyvät runkoverkkoyhteyksien nopeutumiseen uusien runkoverkkoyksikköjen käyttöönoton myötä, sekä IP-multicast – lähetyksen tukemiseen. Lisäksi R3.0 mahdollistaa liikenteen palvelun laadun valvomisen ATM QoS- ja IP CoS-toimintojen avulla. Seuraavissa aliluvuissa käydään läpi D500 R3.0:n toimintamalleista ja uusista ominaisuuksista tärkeimmät. [7]

3.1 Gigabit Ethernet ja OC-12/STM-4 -runkoverkkoyksiköt

Nokia D500 R3.0 mahdollistaa runkoverkkoyhteyksien nopeuksien kasvamisen uusien runkoverkkoyksikköjen avulla. Ethernet-runkoverkkoyhteydelle on käytettävissä Gigabit Ethernet-yksikkö ja ATM-runkoverkkoyhteydelle OC-12/STM-4-yksikkö. [7]

3.1.1 Gigabit Ethernet (TK1000)

TK1000-runkoverkkoyksikkö on suunniteltu Metro Ethernet –verkkoihin, jossa liikenne on joko reititettyä tai sillattua D500:lta kohti runkoverkkoa. Gigabit Ethernet (GE)-runkoverkkoyksikkö mahdollistaa 1000Mbit/s siirtonopeuden runkoverkon suuntaan. Konfiguroitavat yhteydet voivat siis olla tekniikaltaan joko sillattuja tai reititettyjä. Operaattoreiden suurin hyöty kasvaneesta nopeudesta toteutuu parantuneina mahdollisuuksina tarjota runsaasti kaistaa vaativia verkkopalveluita, kuten erilaisia multimedialähetyksiä (video, digi-TV). TK1000-yksikön erilaiset versiot tärkeimpine ominaisuuksineen on selostettu taulukossa 4.

Nimi	Ominaisuudet
TK1000S3	-Yksi 1000Mbit/s portti, RJ-45 –kytkentäinen- Monimuotokuitu, siirtomatka < 250m
TK1000L3	-Yksi 1000Mbit/s portti, RJ-45 –kytkentäinen -Yksimuotokuitu / medium power, siirtomatka < 10km

TK1000E3	-Yksi 1000Mbit/s portti, RJ-45 –kytkentäinen -Yksimuotokuitu / high power, siirtomatka < 20 km
----------	---

Taulukko 4. Erityyppiset Gigabit Ethernet –runkoverkkoyksiköt perusominaisuuksineen.

Gigabit Ethernet-yksikköä käytettäessä DSLAM hallinnoi yhteyksiä ns. alirajapintojen (engl. *subinterface*), eli loogisten liityntöjen avulla. Käytännössä runkoverkkoportin alirajapinta tarkoittaa VLANia ja linjakortin alirajapinta PVC-yhteyden terminaatiopistettä. Yhdellä fyysisellä portilla voi olla useita alirajapintoja. Runkoverkkoportin alirajapintojen yhteystyypit voivat olla joko reititettyjä (engl. *routed*) tai sillattuja. Linjakorttien alirajapinnat ovat sillattuja, ns. RBE (Routed Bridge Encapsulation)-yhteyksiä tai sitten puhtaasti reitittäviä. Tilaajayhteyttä luotaessa muodostetaan yhteys halutulta linjakortin alirajapinnalta haluttuun runkoverkkoportin alirajapintaan. Erityyppisiä yhteyksiä ja niiden toimintamekanismeja käsitellään tarkemmin luvussa 3.2.[7]

3.1.2 OC-12/STM-4 (TK622)

TK622-runkoverkkoyksikkö tarjoaa suurinopeuksisen SONET/SDH-liitynnän runkoverkon suuntaan. Yksikkö mahdollistaa optista kuitua hyväksikäyttäen 622 Mbit/s siirtonopeuden kohti runkoverkkoa. TK622 tukee samanaikaista IP- ja ATM-liikenteen hallintaa. TK622-yksikössä on mahdollista käyttää joko pitkän siirtomatkan (40km), tai lyhyen siirtomatkan (15km) liityntää. Molemmat liittymätekniikat käyttävät yksimuotokuitua. Perustoiminnallisuudeltaan TK622 vastaa R2.2:n TK155 yksiköitä, eli toimii ATM-liikenteen kanavoijana ja ATM-kytkimenä.[7]

3.2 R3.0:n tukemat liityntätekniiikat

D500 R3.0:ssa on käytössä uusi, ns. pakettipohjainen (engl. *packet based*) arkkitehtuuri, joka pohjautuu verkkoprosessorin toimintaan. Pakettipohjaisessa toimintamallissa on mahdollista hallita sekä solupohjaista liikennettä (ATM), että pakettipohjaista liikennettä, kuten IP. Ethernet-runkoverkkoa käytettäessä ATM:n solupohjainen kytkentämalli korvataan Ethernetin pakettikytkentäisellä mallilla. Toiminta voi tapahtua joko OSI-mallin toisella kerroksella (Ethernet-kerros) tai kolmannella kerroksella (IP-kerros).

Ethernet-kerroksella tapahtuvassa pakettien kytkemisessä pakettien välittämisen perusteena on saapuvan paketin MAC-kentässä oleva määränpään MAC-osoite ja joko VC tai VLAN ID. Sillatuissa yhteyksissä runkoverkkoyksikkö toimii kuten standardi silta, käyttäen hyväkseen ja ylläpitämällä MAC-osoitetaulua.

Verkkokerroksella (3. kerros) pakettien välittäminen perustuu sisääntulevan paketin IP-otsikkoon. Kun linjakortilla on käytössä reititetty kehysrakenne, ei Ethernet-kehystä ole paketeissa lainkaan. Routed-Bridged-yhteyksissä puolestaan MAC-osoitekenttää ei käytetä. Pakettien välittäminen perustuu niiden sijasta määränpään IP-osoitteeseen ja reititystaulun (engl. *routing table*) senhetkiseen tilaan.[7]

3.2.1 Sillatut liittymät

Puhtaasti sillatuissa liittymissä sekä runkoverkon, että linjakortin alirajapinta on konfiguroitu sillattuun moodiin. Tällöin alirajapinnat eivät käsittele 3. kerroksen tietoa, vaan reitityspäätökset pohjautuvat ylläpidettäviin MAC-osoitetauluihin. Mekanismina on, että VC-yhteyksien ja MAC-osoitteiden välille määritetään looginen yhteys ns. mappamalla. Yhteys linjakortin liityntöjen ja runkoverkkoyksikön liityntöjen välille muodostetaan määräämällä jokaiselle PVC-yhteydelle tietty VLAN. Sillatuilla liittymillä runkoverkkoyksikön alirajapinnalla VLANin ID ei ole välttämätön, jolloin reititys tapahtuu mappamalla vain VC:t ja MAC-osoitteet. VLANin ID:n määrittäminen sen sijaan mappaa VC:t, MAC-osoitteet ja VLAN ID:t. [7]

3.2.2 RBE-liittymät

Yhteys toimii Routed Bridged Encapsulation-moodissa silloin, kun runkoverkkoyksikön alirajapinta on reititetty ja asiakkaan laitteisto on sillattu. RBE-tekniikassa sekä linjakortin, että runkoverkkokortin alirajapinnoille määritetään ns. lokaali IP-osoite, joita hyväksikäyttäen reititys tapahtuu. Pakettien reitittämisessä käytetään reititystaulua, joka mappaa aliverkon osoitteen ja verkkomaskin oletusyhdyskäytävään ja alirajapintaan. Paketti, jonka kohdeosoite vastaa aliverkon osoitetta ja maskia, välitetään vastaavaan alirajapintaan ja yhdyskäytävään. Mikäli useampi reititystaulun arvo osuu oikeaan, lähimmäksi pääsevä reitti valitaan. D500:lla ei varsinaisesti ajeta mitään reititysprotokollia,

kuten OSPF, se ei itse voi oppia uusia reittejä naapurireitittimiltä. Tämän vuoksi vaadittavat reitit täytyy konfiguroida manuaalisesti reititystauluun.

RBE-tekniikassa pakettien välittämisessä ja kohteen identifioinnissa käytetään reititystaulun ohessa ARP-taulua.[7]

3.2.3 Reititetyt liittymät

Puhtaasti reititetyissä yhteyksissä toimii sekä käyttäjän puolen laitteisto, että D500:n molemmat alirajapinnat reititetyissä moodeissa. Vaatimuksena on tällöin käyttäjän laitteiston mahdollisuus toimia reitittimenä. Pakettien välittäminen tapahtuu puhtaasti verkkokerroksen tietojen avulla.[7]

3.3 Multicast

Eräs tärkeimmistä uusista ominaisuuksista versiossa R3.0 on tuki multicast-liikenteelle. Multicast-ominaisuudet ovat käytettävissä routed- ja routed-bridged (RBE)-tyyppisissä yhteyksissä. D500 R3.0:n toimintamekanismi mahdollistaa runkoverkkoyksikön vastaanottamien IP-multicast -pakettien välittämisen linjakorteille porttikohtaisesti. Multicast-toimintamallina on kolme perusvaihtoehtoa:

- Runkoverkkoyksikön ”tulvittaminen” multicast-kanavilla, jolloin erillisiä request-kyselyjä runkoverkon suuntaan ei tarvitse tehdä.
- Runkoverkkoyksiköllä voidaan ottaa käyttöön IGMPv2, jonka avulla tehdään tarvittavat kyselyt runkoverkon suuntaan.
- Runkoverkkoyksikön toimiminen proxy-mekanismin mukaisesti, jolloin asiakkaan pyytämää kanavaa, jota ei vielä ole lähetetty D500:lle, ryhdytään välittämään. Tässä mekanismissa myös D500 myös lopettaa kanavan välittämisen heti, kun kyseistä kanavaa tilaavia asiakkaita ei enää ole. Mekanismin avulla saavutetaan myös säästöjä kaistanleveyden käytön suhteen.

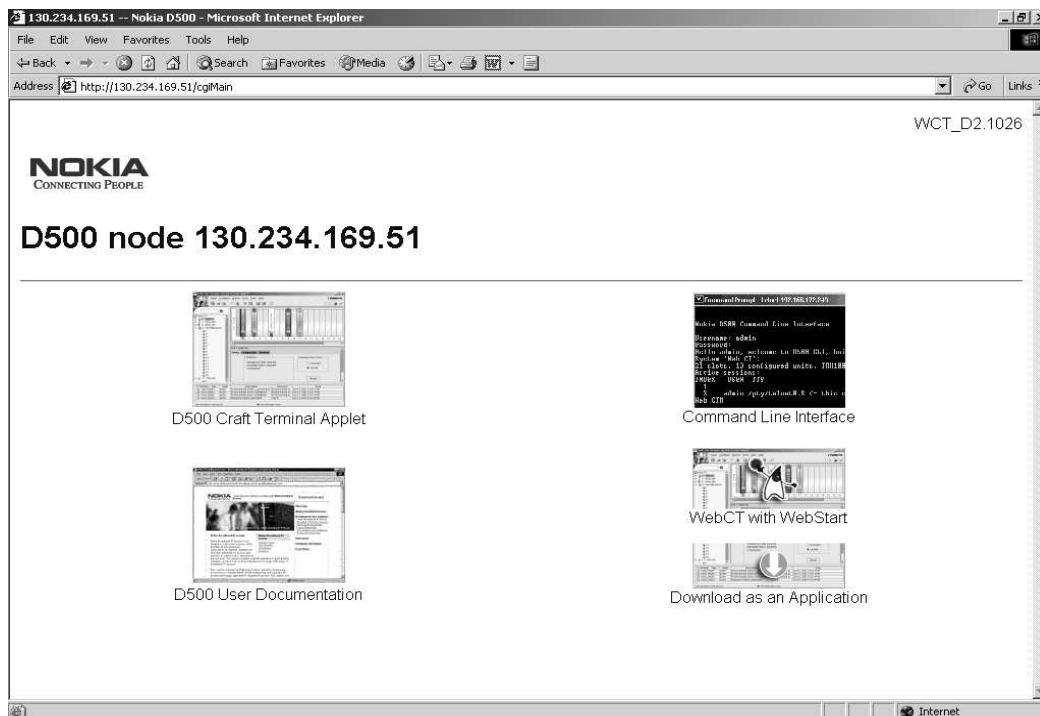
Multicast-liikennettä käsitellään eri tavalla erityyppisissä liittymöissä. Puhtaasti siltaavat liittymät välittävät multicast-paketit kaikkiin PVC-yhteyksiin, jotka ovat samassa VLANissa, josta tilaus on tullut. Reitetyissä yhteyksissä, joissa varsinainen multicast –tuki on käytössä, liikenne välitetään vain liikennettä tilannelle PVC-yhteydelle.[7]

4 Nokia D500 R2.2 käyttöönotto ja xDSL-yhteyksien konfigurointi

Tässä luvussa selostetaan Nokia D500:lle suoritettavista konfiguraatioista koskien ensimmäistä käyttöönottoa ja eri DSL-yhteyksien asentamista. Luku on jaettu kahteen alilukuun, joista luku 3.1 käsittelee D500:n käyttöönottoon liittyviä asetuksia ja luku 3.2 xDSL-yhteyksiä. Nokia D500:n hallinta- ja konfigurointitoimenpiteet voidaan suorittaa joko komentorivipohjaisesti Telnet-yhteydellä, tai graafisella selainpohjaisesti toimivalla työkalulla. Molemmat yhteydet muodostetaan Ethernet-pohjaisesti, kytkemällä RJ-45 – liittimellä varustettu verkkokaapeli alikehikkoon kuuluvaan Ethernet Uplink-liityntään. [1]

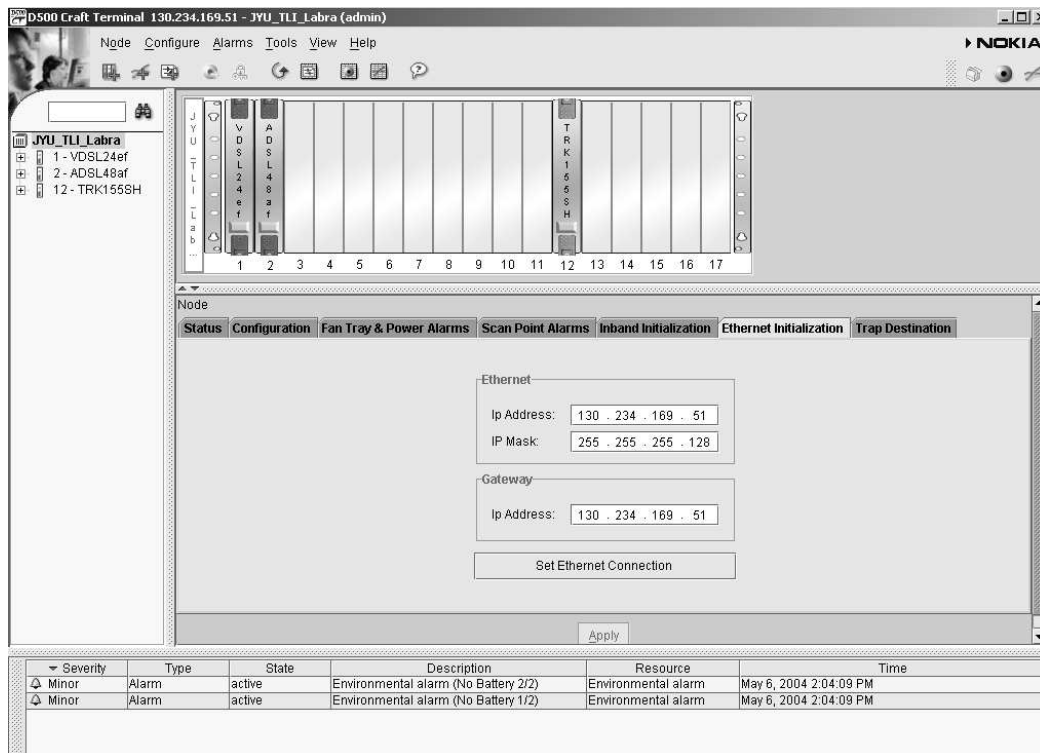
4.1 Käyttöönottokonfiguroinnit

Nokia D500 DSLAMin hallintayhteyden IP-osoitteena on tehdasasetuksena 10.10.10.10, joten etähallintaa varten IP-osoite täytyy vaihtaa omiin verkko-olosuhteisiin sopivaksi. Ensimmäistä kertaa yhteyttä muodostettaessa täytyy verkkokaapeli kytkeä aliräkissä sijaitsevaan Local manager –liittimeen. Yhteys D500:een selainpohjaisesti muodostetaan kirjoittamalla selaimen osoitekenttään IP-osoite 10.10.10.10, jolloin selaimessa aukeaa kuvan 6 mukainen näkymä (aluksi IP-osoitteena vielä 10.10.10.10):



Kuva 6. Aloitusnäkymä D500:n graafisesta hallintatyökalusta.

Valitsemalla kuvassa 6 vasemmalla ylhäällä sijaitsevan ”D500 Craft Terminal Applet”, avautuu käyttöön D500 graafinen hallintatyökalu. Ohjelma kysyy käyttäjätunnusta ja salasanaa, jotka ovat oletuksena ”admin” ja ”admin”. Hallintayhteyden IP-osoitetietojen vaihtaminen tapahtuu valitsemalla päävalikosta ylhäältä ”Node” > ”Properties” > ”Ethernet Initialization”. Tarvittavat tiedot päästään muuttamaan kuvan 7 kaltaiselle sivulle:



Kuva 7. Nokia D500:n IP-osoitteen vaihtaminen.

Täyttämällä tarvittavat tiedot oikeisiin kenttiin ja valitsemalla ”Set Ethernet Connection”, tiedot tallentuvat ja yhteys D500:een katoaa uuden yhteyden muodostuessa. IP-osoitteen vaihtamisen jälkeen hallintayhteys D500:een konfigurointia varten voidaan muodostaa käyttämällä alikehikon Ethernet uplink –liittymää.

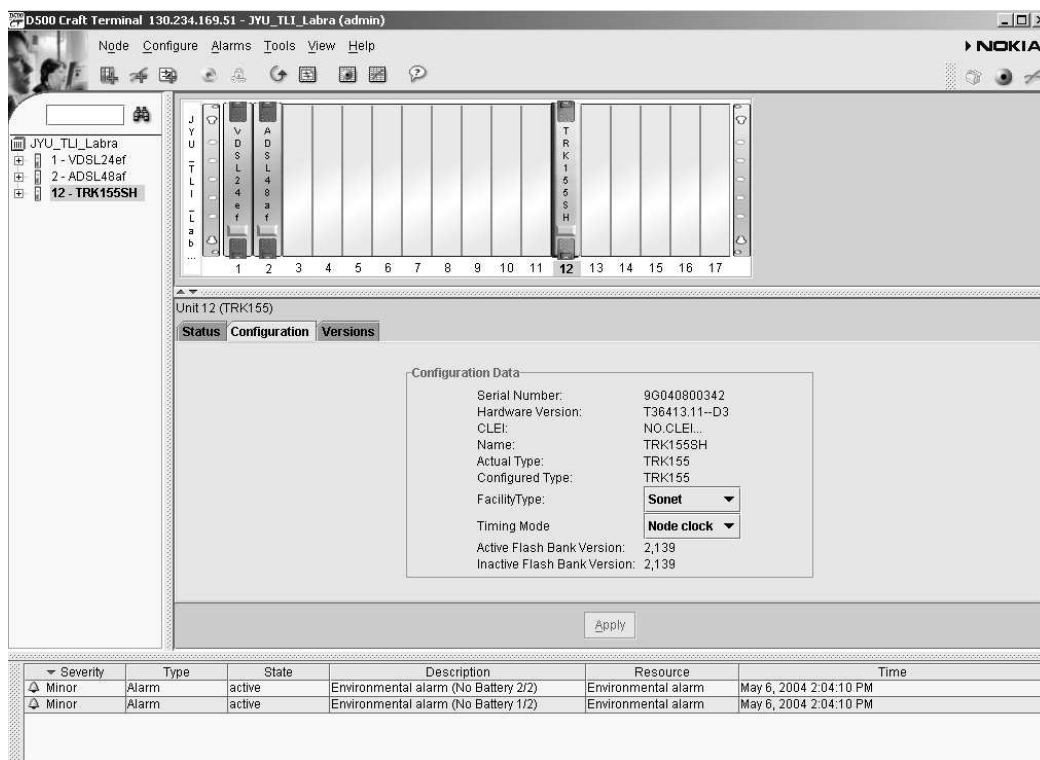
D500 vaatii käyttöönoton yhteydessä muiden verkon laitteiden kanssa saumattomasti toimiakseen tiettyjen asetusten määrittelyä, koskien lähinnä runkoverkkoyksikön asetuksia. Käytettäessä ATM-runkoverkkoyksikköä ja kuituverkkotekniikkaa, tulee D500:n siirtojärjestelmätyypiksi (engl. *facility type*) asettaa joko SONET (*Synchronous Optical Network*) tai SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*).

D500:lla on OC-3/STM-1 / Ethernet –korteilla oletusasetuksena voimassa seuraavat tyyppit:

- 17-paikkainen alikehikko: SDH

- 21-paikkainen alkehikko: SONET
- RAM-moduli: SDH

Siirtojärjestelmätyypin täytyy olla konfiguroituna samaksi sekä D500:ssa, että runkoverkon puoleisessa ATM-kytkimessä tai –reitittimessä. Mikäli tyyppi on eri, aiheutuu LOP-virhetilanne (*Loss of Pointer*), eikä linkki runkoverkkoon päin toimi. Siirtojärjestelmätyypin asettaminen tapahtuu kuvan 8 runkoverkkoyksikön konfigurointisivulla valitsemalla ”Facility Type” –asetukseksi joko ”Sonet” tai ”SDH”. [1]



Kuva 8. Siirtojärjestelmätyypin asettaminen runkoverkkoyksikköön.

4.2 Nokia D500 DSLAM tilaajayhteydet

DSL-tilaajayhteydet toteutetaan DSLAMilta 48-porttisten ADSL- ja 24-porttisten SHDSL ja VDSL-linjakorttien välityksellä. Yhteydet perustuvat DSLAMin tukemiin pysyviin virtuaalipiireihin, eli PVC-yhteyksiin (*Permanent Virtual Connection*), joilla tilaaja

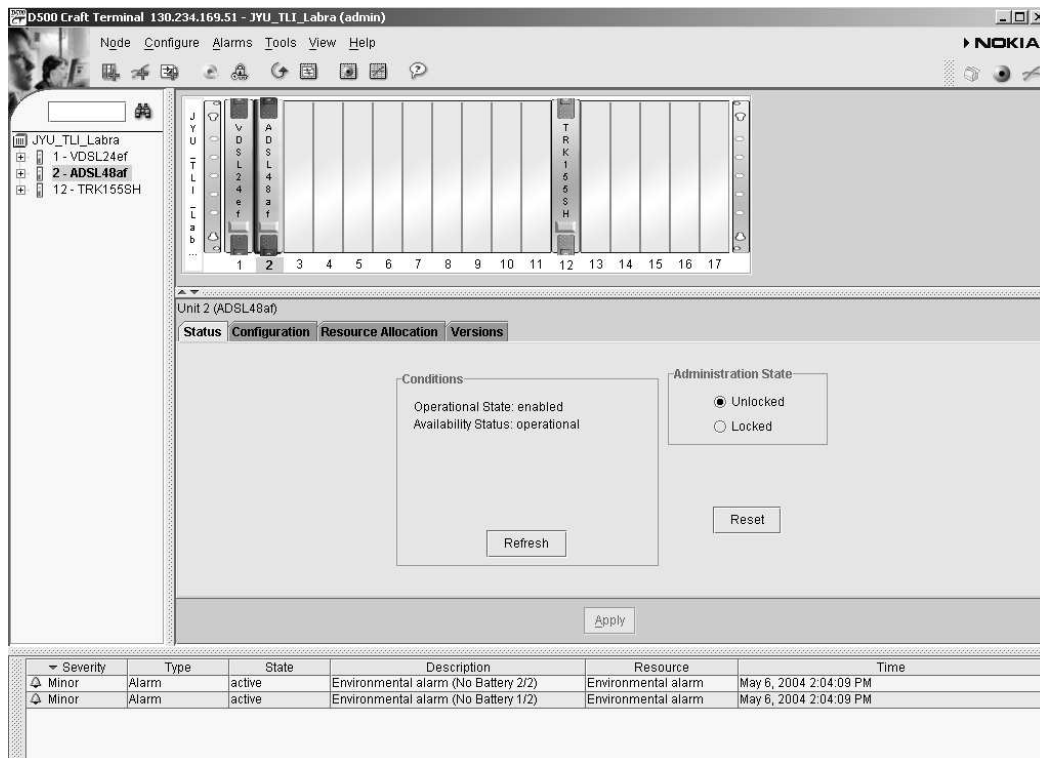
yhdistetään palveluntarjoajaan. Yhden xDSL-tilaajayhteyden tarjoamiseksi D500:n kautta on määriteltävä seuraavat tiedot:

- linjakortin ja portin numero
- minimi- ja maksimidatanopeudet
- tilaajayhteyden VPI / VCI –osoitteet A-linkille
- ATM-verkon VPI / VCI –osoitteet Z-linkille
- liikennemäärittelyt (QoS) sekä upstream-, että downstream-suunnissa[1]

4.2.1 ADSL-tilaajayhteys

ADSL-yhteyden käyttöönoton vaatimat konfiguroinnit voidaan suorittaa graafisella hallintatyökalulla tai komentorivipohjaisella Telnet-yhteydellä. Konfiguroinnissa työjärjestyksenä voi pitää sen, että ensin määritellään haluttuun porttiin portin yhteyksiä säätelevät ominaisuudet , jonka jälkeen kyseiselle portille luodaan uusi yhteys poistamalla lukitus ja asettamalla yhteydelle tarvittavat PVC-tiedot.

Kuvan 9 mukaisesta tilasta valitaan konfiguroitavaksi oikea ADSL-linjakortti ja portti. Tämän voi tehdä esimerkiksi klikkaamalla valitun ADSL-kortin kohdalla hiiren oikeaa nappia ja valitsemalla ”View Ports”.



Kuva 9. D500:n graafisen hallintatyökalun perustyöskentelynäkymä.

Tällöin avautuu kuvan 10 mukainen näkymä kaikista kyseisen linjakortin porteista, joista edelleen haluttua porttia hiiren oikealla napilla klikkaamalla saadaan kyseisen portin valikko näkyviin. Tästä valikosta valitaan ”Modify port”.

ID	Port	Unit	Type	Status	Availability	Locked	Managed
201	1	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☒
202	2	2	ADSL	enabled	operational	☐	☐
203	3	2	ADSL	enabled	operational	☐	☐
204	4	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
205	5	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
206	6	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
207	7	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
208	8	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
209	9	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
210	10	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
211	11	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
212	12	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
213	13	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
214	14	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
215	15	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
216	16	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
217	17	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐
218	18	2	ADSL	disabled	inOperable	☒	☐

Severity	Type	State	Description	Resource	Time
Minor	Alarm	active	Environmental alarm (No Battery 2/2)	Environmental alarm	May 6, 2004 2:04:09 PM
Minor	Alarm	active	Environmental alarm (No Battery 1/2)	Environmental alarm	May 6, 2004 2:04:09 PM

Kuva 10. Listaus valitun linjakortin porteista.

Yhteyden ominaisuuksia sääteleviä portin parametreja päästään muokkamaan ”Port Configuration” –sivulla. Kyseisen sivun ”Rates” välilehdellä voi konfiguroida yhteydelle halutun nopeuden. Tarvittavan palvelun tyypistä riippuen yhteydelle asetetaan ”Data Rate Type” –parametrille joko arvo ”Fast Rate” tai ”Interleave Rate”. Näistä Fast Rate on tarkoitettu ensisijaisesti viiveherkille sovelluksille (engl. *latency sensitive*) ja Interleave Rate sovelluksille, joissa tarvitaan purskeisten (engl. *burst-error*) virheiden käsittelykykyä.

Molemmille tyypeille asetetaan halutut nopeudet sekä ATU-C-, että ATU-R –lähetyskseen. ATU-C tarkoittaa lähettämistä DSLAMilta kohti käyttäjää (downstream) ja ATU-R käyttäjältä kohti DSLAMia (upstream). Oletuksena yhteydelle asetetaan nopeudet 8128kbit/s downstream ja 1024kbit/s upstream. Jos tyyppinä on Interleave Rate, tulee myös molempien suuntien lähetyksnopeuksille asettaa viive millisekunneina.

Yhteyden toimivuuden ja virheiden tarkkailuun voidaan myös asettaa virhekynnykset (engl. *thresholds*). Yhteyden aloituksessa tapahtuva nopeuden sovittaminen, RADSL

(*Rate Adaptive DSL*) voidaan myös asettaa halutuksi, oletus on "StartUp". Kuvassa 11 on esitetty tilanne yhteyttä säätelävien parametrien asettamisesta "Rates"-välilehdelle.

The screenshot shows the "ADSL Port Configuration (Unit 2 - Port 2)" window with the "Rates" tab selected. The window has a menu bar with tabs: Status, Test, Rates, DSL Thresholds, DMT, Actuals, Connections, Physical PM, ATM PM, Queue Mgr, and Queue PM. The main area is divided into several sections:

- Data Rate Type:** Two radio buttons: "Fast Rate" (unselected) and "Interleave Rate" (selected).
- Interleave Rate:** A table with two columns: ATUC and ATUR.

	ATUC	ATUR
Max (Kbit/s):	512	512
Min (Kbit/s):	32	32
Delay (ms):	32 ms ▼	16 ms ▼
- Thresholds:** A table with two columns: Near and Far.

	Near	Far
Error Retrain (ATUC):	10	10
Error Alarm (ATUC):	0	0
Rate Degraded (Kbit/s):	0	0
- RADSL Mode:** A dropdown menu labeled "ATUC" with the value "startup" selected.

At the bottom of the window are three buttons: OK, Apply, and Cancel.

Kuva 11. Porttikohtaisen nopeuden asettaminen .

Kun tarvittavat porttikohtaiset asetukset on tehty, voidaan luoda uusi yhteys. Tällöin valitaan Port Configuration -sivulta "Connections"-välilehti, jolta painetaan painiketta "New Connection".

New Connection

Link A

Unit: **2-ADSL48af**

Port: **2**

VPI: **0**

VCI: **100**

Link Z

Unit: **12-TRK155**

Port: **1**

VPI: **0**

VCI: **39**

Traffic Descriptors:

Z -> A: **9** View TrDs...

A -> Z: **9** View TrDs...

Administration State

☒ Unlocked

☐ Locked

Ethernet

Encapsulation Type:

VLAN ID: View VLANs...

Max MAC Addresses: **10**

VP Connection

☐ VP Connection

OK **Cancel**

Kuva 12. Uuden yhteyden luominen .

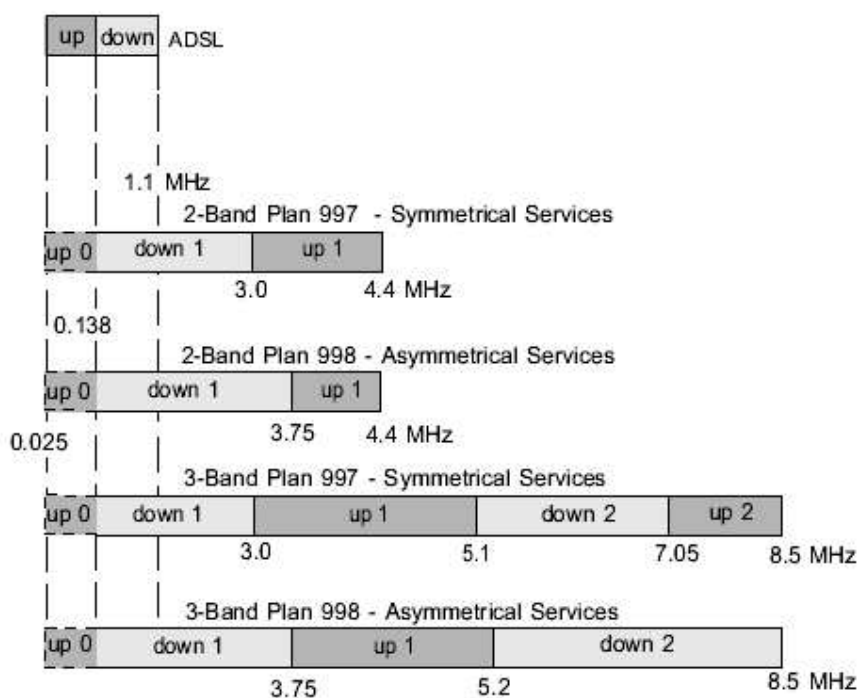
Kuvassa 12 esitetyllä uuden yhteyden luontisivulla päästään asettamaan tarvittavat tiedot A- ja Z-linkkeille. Molemmille asetetaan tiedot käytettävästä yksiköstä ja portista sekä PVC:n VPI/VCI-tiedot. ATM-tekniikan palvelun laatuun (engl. *Quality of Service*) liittyvät liikenteenmäärittelyparametrit (engl. *traffic descriptors*) on mahdollista myös määritellä yhteyskohtaisesti.

Kun yhteydelle on asetettu halutut parametrit, portin lukitus voidaan poistaa asettamalla ”Administration State” tilaksi ”Unlocked”. Lopuksi painamalla ”OK”, uusi yhteys on käytettävissä.[1]

4.2.2 VDSL-tilaajayhteys

VDSL-tilaajayhteyden konfigurointi D500:lle tapahtuu muuten samalla tavalla kuin ADSL-yhteden tapauksessa, mutta lisäksi voidaan määritellä käytettävä ns. kaistasuunnitelma (engl. *band plan*) ja RFI (*Radio Frequency Interference*)-kaista. Käytännössä näillä määritellään eri liittymien asymmetriset tai symmetriset siirtonopeudet sekä linjakortin ominaisuudet käytettävien porttien, kaistanleveyksien ja spektrin suhteen. Lisäksi ne mahdollistavat VDSL-spektrin synkronoinnin muiden saman median DSL-

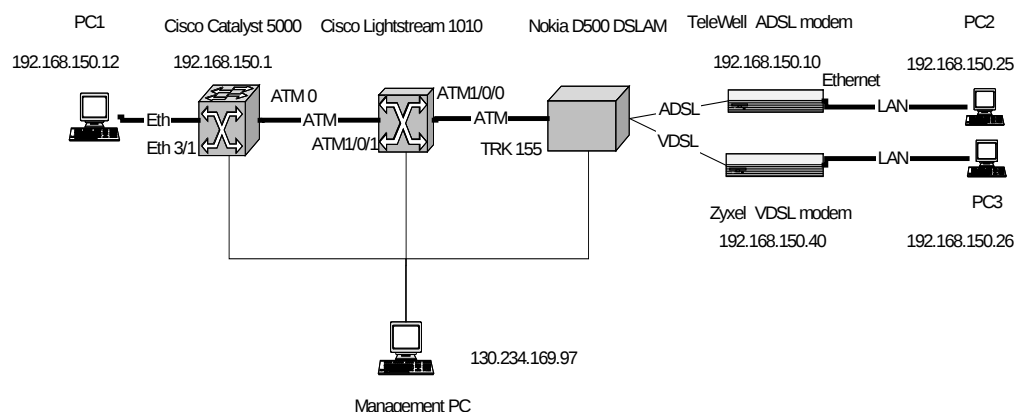
tekniikoiden kanssa. D500 tukee yhteensä neljää kaistasuunnitelmamäärittelyä; sekä 12-, että 24-porttisia 997- ja 998-suunnitelmia. Oletuksena yhteydelle asetetaan nopeudet 23616kbit/s (downstream) ja 13056kbit/s (upstream), ja band plan on 997-2B. Kuvassa 13 on esitetty perustiedot 997- ja 998 –suunnitelmista:[1]



Kuva 13. 997 ja 998 band plan [1].

5 Nokia D500 R2.2 DSLAM-testiverkko

Tässä luvussa kuvataan Nokia D500 R2.2:n testaus- ja käyttöönottoympäristönä toimineen verkon rakenne ja laitteiston konfiguraatio. Jokaisen verkon laitteen konfiguraatio käydään läpi omassa aliluvussaan. Nokia D500 R2.2 DSLAMin xDSL-yhteyksien käyttöönotto tapahtui ATM-pohjaisessa verkossa. DSLAMilla oli käytössä ATM-runkoverkkoyhteys (TRK155SH) ja ADSL48af -, sekä VDSL24ef -linjakortit tilaajaliittymien kytkentään. Testiverkon topologia oli kokonaisuudessaan kuvan 14 ja laitteisto taulukon 4 mukainen:



Kuva 14. ADSL- ja VDSL-testiverkko

Laite	Selitys
PC1, PC2, PC3	Windows -työasema, verkon päätelaite
Cisco Catalyst 5000	ATM/Ethernet -kytkin. Käsittää 12 Eth-porttia, 2 ATM-kuituporttia ja reititysmoodulin. Toimii ATM-verkon terminoivana reunalaitteena.
Cisco Lightstream 1010	ATM-kytkin.
Nokia D500 DSLAM	Runkoverkon reunalaite. Ohjelmistoversio R 2.2, käytössä 17-paikkainen alikehikko, ATM-runkoverkkoyksikkö, ADSL48af -ja VDSL24ef -linjakortit
Telewell ADSL-modem	Telewell TW-EA716 ADSL-modeemi / reititin
Zyxel VDSL-modem	Zyxel Prestige P861 VDSL-modeemi
Management PC	Windows-työasema, josta yhteys privaattiverkon ulkopuolisiin laitteiden

	halintayksikköihin.
--	---------------------

Taulukko 4. Testiverkon laitteiston yhteenveto.

Testiverkon kokoonpanoon kuului siis kolme työasemaa verkon päätelaitteina. ATM-runkoverkon puolella yksi työasemista kytkettiin Cisco 5000 Catalyst-kytkimen Ethernet-moduliin, porttiin 3/2. Catalyst 5000:n ATM-moduliin terminoitiin testiyhteydessä käytetyt pysyvät virtuaaliyhteydet, eli PVC-piirit (*Permanent Virtual Circuit*). Catalyst 5000:n ATM-modulista oli kuituyhteys Cisco Lightstream 1010:n ATM-liityntään 1/0/1, joka toimii myös PVC-yhteyksien vertais- ja naapurirajapintana.

Lightstream 1010:lle konfiguroitiin kaksi sisäistä VC:a (*Virtual Circuit*) liityntöjen ATM1/0/1 ja ATM1/0/0 välille. Sisäinen virtuaaliyhteys on kaksisuuntainen. Nokia D500 DSLAMiin konfiguroitiin PVC-yhteydet sekä ADSL- ja VDSL-yhteyksille. Yhteyksien Z-linkki tarjoaa ATM-yhteyden runkoverkon suuntaan, 1010:n liityntään 1/0/0, ja A-linkki yhteyden tilaajan päätelaitteelle, eli ADSL- tai VDSL-modeemille.

DSLAM-asiakkaina toimivat työasemat kytkettiin halutun modeemin Ethernet porttiin, eli kyseiset työasemat kuuluivat modeemien LAN-verkkoon. Testiverkko kokonaisuudessaan muodostaa privaattiverkon, eli kaikki verkon laitteet ja olennaiset rajapinnat sijaitsevat saman 192.168.150.1/24 verkon piirissä. Testiverkon oletusyhdykskäytävänä toimii Catalyst 5000:lle luodun virtuaalisen lähiverkon (VLAN) IP-osoite, eli 192.168.150.1. Seuraavissa aliluvuissa on taulukoitu ja selostettu kaikkiin testiverkon laitteisiin toteutetut manuaaliset konfiguroinnit. Osalle laitteista on listattu täydelliset konfiguraatiot liitteissä 1-8.

5.1 Verkon päätelaitteina toimivat työasemat

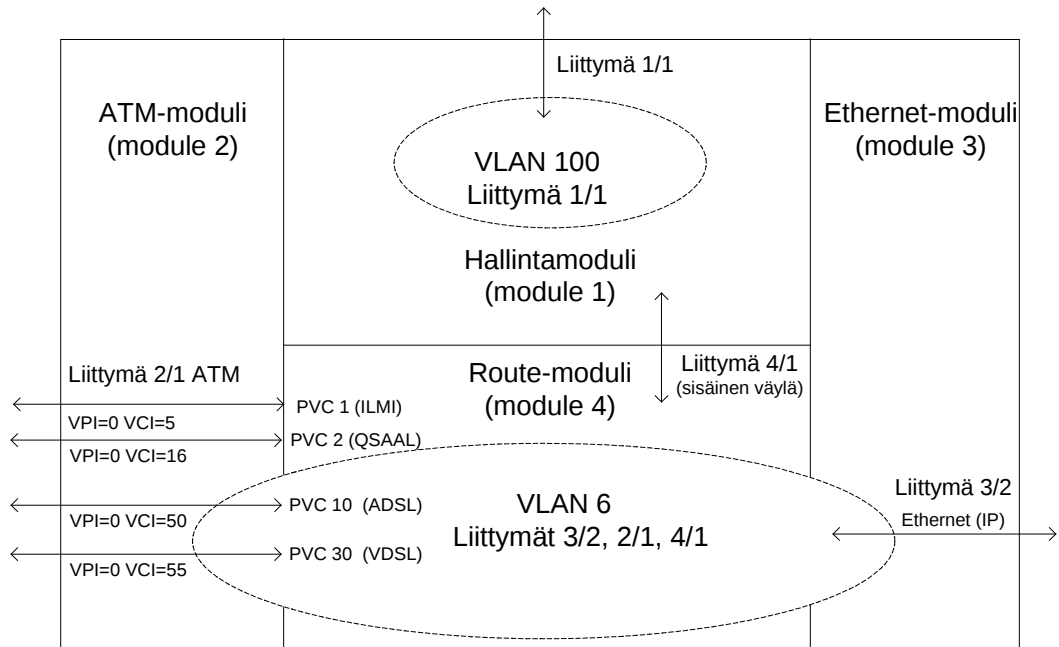
Verkon päätelaitteina testiverkossa toimi kolme Windows-työasemaa. Laitteiden avulla voitiin testata yhteyden toimivuutta testiverkon käyttöönottovaiheessa ja multicast-liikenteen testaamisessa. Laitteet liitettiin testiympäristöä varten luotuun privaattiverkkoon 192.168.150.1/24. Verkkoyhteystietojen asetusten muuttaminen Windows-työasemille tapahtuu valisemalla päävalikosta: "Settings" > "Network and Dial-up Connections" > "Local Area Connection" > "Properties" > "Internet Protocol". Verkkoyhteystietoihin asetettiin kaikille koneille kiinteät IP-osoite, aliverkkomaski ja default gateway.

Parametri	Arvo
IP-osoite	192.168.150.12(PC1) 192.168.150.25(PC2) 192.168.150.26(PC3)
Aliverkkomaski	255.255.255.0
Default gateway	192.168.150.1

Taulukko 5. Testiverkon päätelaitteiden verkkoyhteystiedot.

5.2 Cisco Catalyst 5000

Cisco Catalyst 5000 toimi testiverkossa ATM-verkon ns. reunalaitteena (engl. *edge device*), eli se oli verkossa käytettyjen PVC-yhteyksien terminaatiopiste. Luodut PVC-yhteydet sidottiin Catalystille konfiguroituun VLANiin, jolloin laitteen avulla saavutettiin toimivuus ATM- ja Ethernet-verkkojen välille. VLANiin sidotut PVC-yhteydet näyttäytyvät Ethernet-modulissa erillisinä linkkeinä. Catalystin rakenne ja toimintaperiaate testiverkon konfiguraatiossa on hahmoteltu kuvassa 15.



Kuva 15. Catalyst 5000:n arkkitehtuuri ja toimintaperiaate testiverkossa.

Taulukossa 6 on selostettu Catalyst 5000:lle tehtyt konfiguraatiot ja eritelty komennot. Komennot on listattu riveittäin, eli jokaisen komentorivin lopussa painetaan "Enter"-painiketta. Kunkin toimenpiteen alussa laite on supervisor-modulin "executive"-tilassa. [2]
[4]

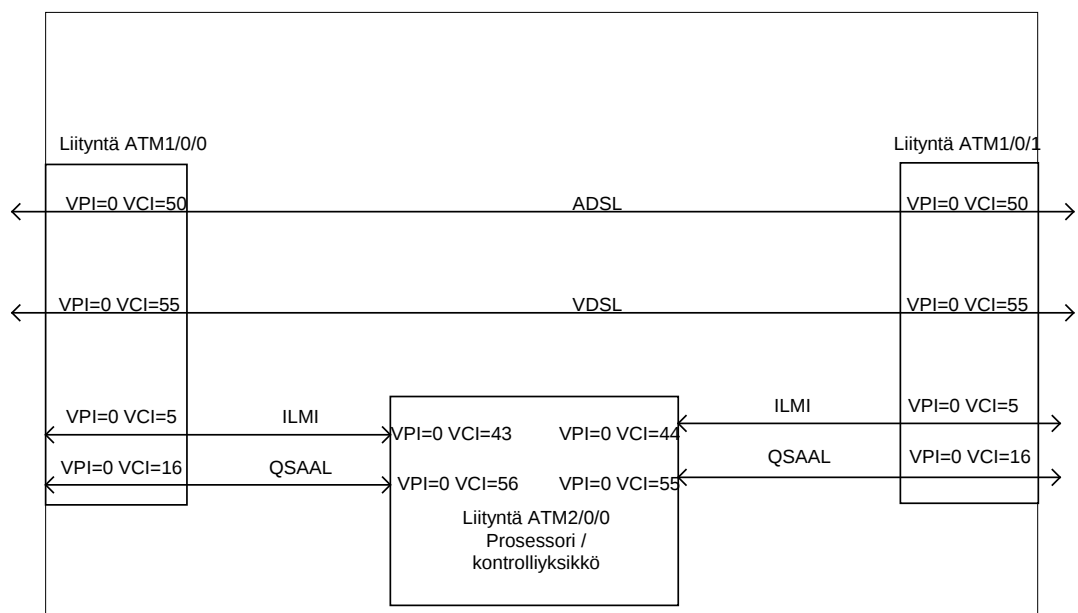
Toimenpide	Komennot
Luotu ATM-modulin liityntään atm0 PVC:t ILMI- ja QSAAL-signalointiin.	<pre> ses 2 enable configure terminal interface atm 0 atm pvc 1 0 5 ilmi atm pvc 2 0 16 qsaal </pre>
Luotu ATM-modulin liityntään atm0 terminoivat PVC-yhteydet ADSL- ja VDSL-yhteyksille. (PVC-tunnukset ovat 10 ja 30). PVC-yhteydet ovat tyyppiä aal5snap.	<pre> ses 2 enable configure terminal interface atm 0 atm pvc 10 0 50 aal5snap atm pvc 30 0 55 aal5snap </pre>
Luotu uusi virtul LAN (VLAN) sekä PVC-yhteyksille (VLAN6), että hallintayhteydelle (VLAN 100). Yhdistetty VLANeihin toiminnoissa tarvittu liitännät.	<pre> set vlan 6 2/1-2,3/1-3,4/1 set vlan 100 1/1-2 </pre>
Sidottu PVC-yhteydet 10 ja 30 VLAN 6:een.	<pre> ses 2 enable configure terminal interface atm 0 atm bind pvc vlan 10 6 atm bind pvc vlan 30 6 </pre>
Asetettu reitittimen puolelle, eli route- moduliin (module 4) VLAN 6-liitännälle IP-osoite.	<pre> ses 4 enable configure terminal interface vlan 6 ip addr 192.168.150.1 255.255.255.0 </pre>

Asetettu route-modulin liityntä VLAN 6 aktiiviseksi..	<pre> ses4 enable configure terminal interface vlan 6 no shutdown </pre>
---	--

Taulukko 6. Cisco Catalyst 5000:n manuaalinen konfigurointi testiverkossa.

5.3 Cisco Lightstream 1010

Cisco Lightstream 1010 toimi testiverkossa ATM-liikennettä kytkevänä verkkolaitteena. Laitteeseen konfiguroitiin sisäiset virtuaalipiirit (engl. *virtual circuit*, *vc*) sekä ADSL-, että VDSL-yhteyttä varten. Laitteella oli atm-liityntä sekä Catalyst 5000:n, että D500:n suuntaan. Lisäksi varmistettiin, että ATM-liitynnöissä signaloinnista vastaavat PVC-yhteydet, eli ILMI- ja QSAAL-yhteydet Catalystille ovat kunnossa. Liitynnän 1/0/0 osalta on huomattava, ettei erillisiä signaloitivyhteyksiä D500:n suuntaan ole. Kuvassa 16 on hahmoteltu PVC-yhteyksien toiminta Lightstream 1010:ssä testiverkon osalta. [3]



Kuva 16. Lightstream 1010:n arkkitehtuuri ja toimintaperiaate testiverkossa.

Toimenpide	Komennot
Asetettu laitteelle kuituverkon siirtojärjestelmätyypiksi sonet stm-1, vastaava kuin DSLAMilla.	<pre>configure terminal interface atm 0/0/0 sonet stm-1</pre>
Luotu sisäiset, pysyvät virtuaaliin (PVC) ADSL- ja VDSL-yhteyksille rajapintojen 1/0/1 ja 1/0/0 välille. Virtuaaliin toimivat duplex-periaatteella, eli niitä ei tarvitse luoda kuin toiseen päätepisteeseen.	<pre>configure terminal interface atm 1/0/1 atm pvc 0 50 interface atm 1/0/0 0 50 atm pvc 0 55 interface atm 1/0/0 0 55</pre>

Taulukko 7. Cisco Lightstream 1010:n manuaalinen konfiguraatio testiverkossa.

5.4 Nokia D500 R2.2 DSLAM

Nokia D500:lle tehtyt konfiguroinnit suoritettiin luvussa 3.2 esitettyjen periaatteiden mukaisesti, graafista hallintatyökalua käyttäen. Testiyhteyksiä varten D500:lle konfiguroitiin PVC-yhteydet ADSL- ja VDSL-liittymille, käsittäen yhteydet sekä Z-linkin (runkoverkkoliittymä), että A-linkin (tilaajaliittymä) suuntiin. Testiliittymää konfiguroitaessa ei otettu kantaa liittymän nopeuteen, vaan yhteys luotiin käyttäen hyväksi D500:n tarjoamia oletusarvoja. Kuitutekniikassa käytettävä siirtojärjestelmätyyppi asetettiin SONET-tyyppiseksi. Taulukossa 8 on listattu D500:lle testiyhteyttä varten asetetut parametrit arvoineen. [1]

Parametri	Arvo
ATM-runkoverkkoportin siirtojärjestelmätyyppi (Facility type)	SONET

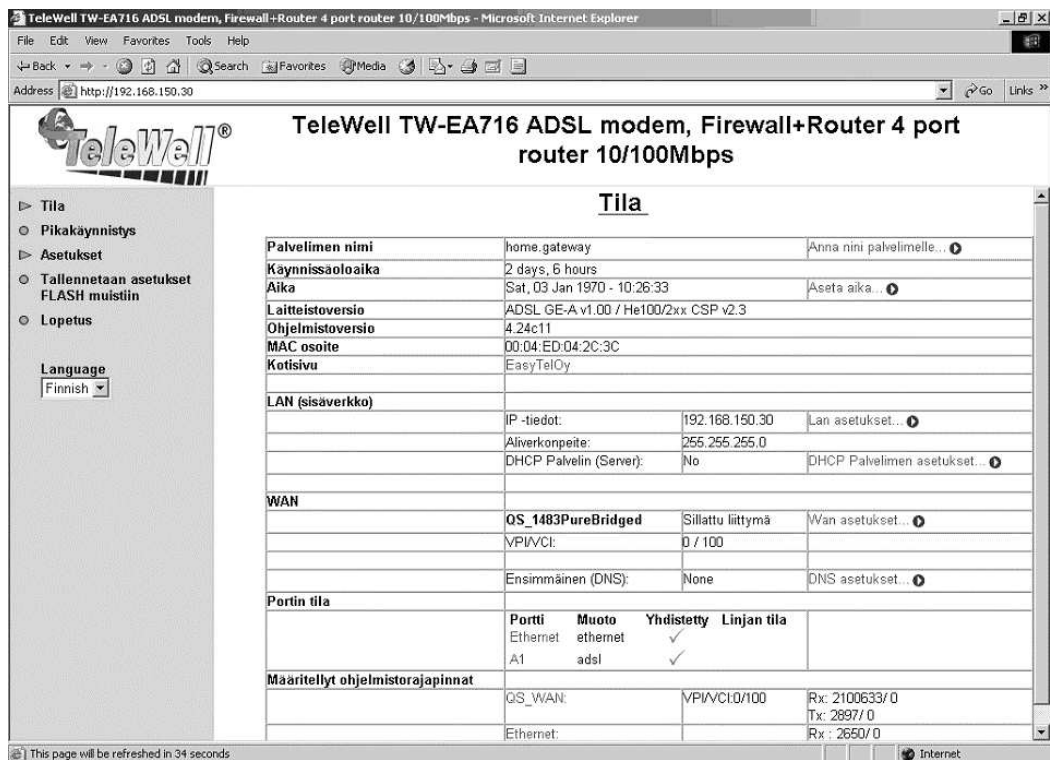
Runkoverkkoyksikkö / portti	12/1 (TRK155SH)
ADSL- yhteyden linjakortti / portti	2/2
VDSL-yhteyden linjakortti / portti	1/1
ADSL A-link VPI / VCI	0 / 100
ADSL Z-link VPI / VCI	0 / 50
VDSL A-link VPI / VCI	0 / 100
VDSL Z-link VPI / VCI	0 / 55
Porttien "Administration State"	Unlocked

Taulukko 8. Nokia D500 DSLAMille asetetut yhteysparametrit testiverkossa

5.5 Telewell ADSL-modeemi

ADSL-modeemi toimii testiverkossa puhtaasti siltaavana (*RFC1483 Pure Bridged*) verkkolaitteena ja PVC-yhteyden päätepisteenä, jolloin WAN-yhteydelle (*Wide Area Network*) ei aseteta minkäänlaisia IP-asetuksia. Modeemi toimii myös reitittimenä ja sillä on ADSL-portin lisäksi neljä LAN-porttia, joten sille voidaan muodostaa oma lähiverkko. Lähiverkkoyhteydet toimivat Ethernet-pohjaisesti.

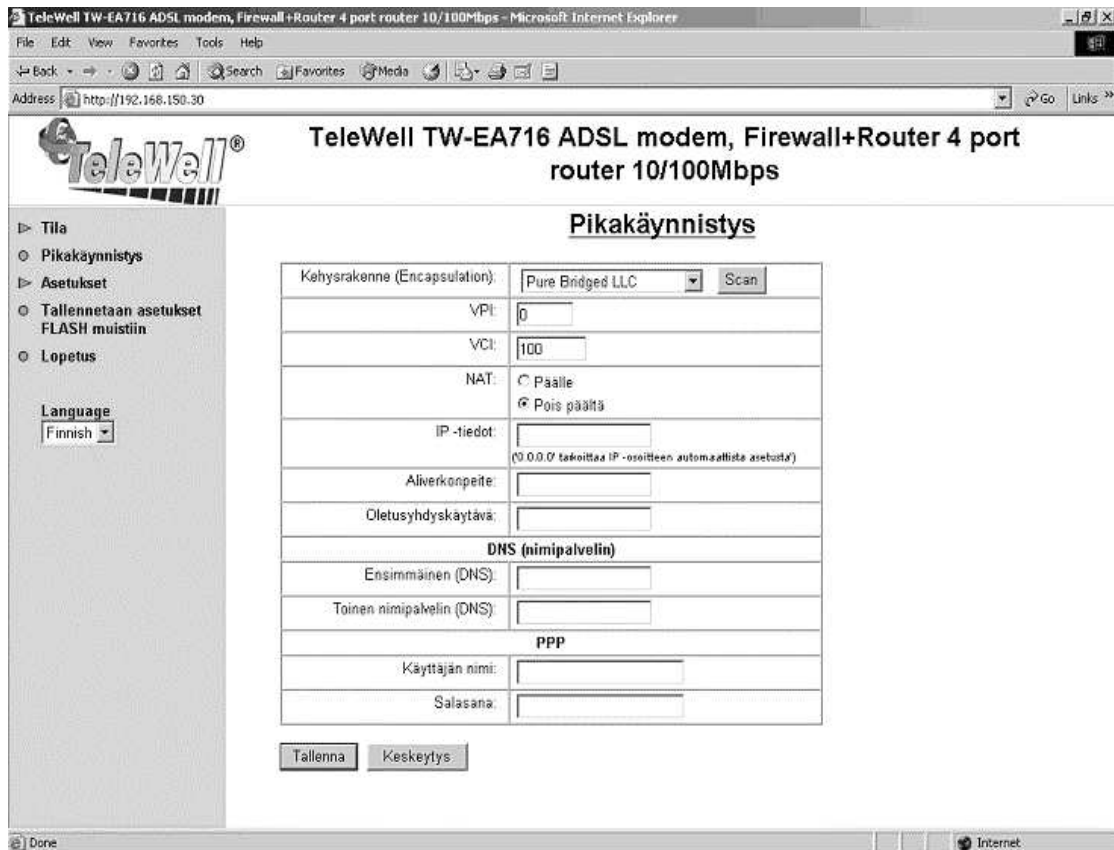
Telewell ADSL-modeemin konfigurointi on mahdollista suorittaa joko merkkipohjaisesti konsoliyhteyden tai telnetin välityksellä, tai vaihtoehtoisesti graafisesti Internet-selaimella. Testiverkon ADSL-päätelaitteena toiminutta modeemia konfiguroitiin graafisen käyttöliittymän välityksellä. Internet-yhteys modeemin käyttöliittymään saadaan kirjoittamalla selaimen osoitekenttään aluksi tehdasasetuksena oleva IP-osoite 192.168.0.254. Laite kysyy käyttäjätunnusta ja salasanaa, jotka ovat oletuksena "admin" ja "admin". Näiden hyväksymisen jälkeen selaimessa aukeaa kuvan 15 mukainen käyttöliittymä:



Kuva 17. TeleWell ADSL-modeemin graafinen käyttöliittymä.

Testiverkkoa varten laitteen sisäverkolle (LAN) asetettiin kiinteä IP-osoite ja DHCP-palvelin poistettiin käytöstä. Nämä asetukset pääsee muuttamaan valitsemalla ”Lan asetukset” ja ”DHCP Palvelimen asetukset”, joista aukeaviin kenttiin oikeat arvot asetetaan ja tallennetaan. Asetettu IP-osoite toimii jatkossa myös laitteen hallintayhteyden IP-osoitteena.

Laitteen ADSL-yhteyksien konfiguroiminen voidaan toteuttaa esimerkiksi valitsemalla sivun vasemman reunan valikosta ”Pikakäynnistys”, jolloin avautuu kuvan 16 mukainen sivu:



Kuva 18. TeleWell ADSL-modeemin ADSL-yhteyden luominen.

ADSL-yhteydelle, eli laitteen WAN (*Wide Area Network*)- ominaisuuksille asetettavia parametreja testiverkon konfiguraatiossa olivat kehysrakennetyyppi ja PVC-yhteyden VPI/VCI-tiedot. Lisäksi NAT (*Network Address Translation*) –ominaisuus asetettiin pois päältä. Konfiguroinnin valmistuttua asetukset tulee tallentaa painamalla ”Tallenna”-painiketta. Koko laitteen konfiguraatio tulee myös tallentaa FLASH-muistiin etusivun valikosta. [5]

Parametri	Arvo
DHCP:n asetus	Pois päältä
Sisäverkon (LAN) IP-osoite ja aliverkkomaski	192.168.150.30 255.255.255.0
ADSL-yhteyden kehysrakenne	Pure Bridged LLC
ADSL-yhteyden VPI / VCI	0 / 100
NAT:n asetus	Pois päältä

Taulukko 9. TeleWell ADSL-modeemille testiverkossa asetetut yhteysparametrit.

5.6 Zyxel VDSL-modeemi

VDSL-modeemi toimii VDSL-yhteyden PVC-päätepisteenä. Modeemi toimii siltaavana verkkolaitteena, PVC-yhteyden kehysrakenteena on llcbridged. Laite sisältää myös VDSL-portin lisäksi neljä LAN-porttia sisäverkkoa varten. Zyxel VDSL-modeemin konfigurointi tapahtuu merkkipohjaisesti joko konsoliyhteyden tai Telnet-yhteyden välityksellä. Ensimmäistä kertaa laitetta käyttöön otettaessa ja konfiguroitaessa täytyy yhteys muodostaa konsoliportin välityksellä. Laite kysyy käyttäjätunnusta ja salasanaa, jotka ovat ”admin” ja ”1234”. Konsoliyhteyden välityksellä laitteelle voi hallintayhteyttä varten asettaa IP-osoitteen, jonka jälkeen konfigurointi on mahdollista myös etäyhteydellä.

Zyxel-VDSL-modeemi tukee ATM-tekniikan QoS- (*Quality of Service*), eli palvelunlaatu-luokittelua. PVC-yhteydelle asetetaan VPI/VCI-arvojen lisäksi yhteyden tarpeita vastaavat liikenneluokitteluparametrit, eli järjestyksessään liikenneluokka, solunlähetyksenopeuden maksimi (engl. *Peak Cell Rate PCR*) ja soluviiveen vaihtelun toleranssi (engl. *Cell Delay Variation Tolerance CDVT*). Testiverkon VDSL-yhteyttä konfiguroitaessa ei otettu liikenneluokitteluun kantaa, vaan yhdelle asetettiin käyttöön laitteen oletuksena tarjoamat QoS-asetukset. Taulukossa 10 on listattu ja selostettu VDSL-modeemille suoritettut konfiguroinnit. [6]

Toimenpide	Komennot (Telnet-yhteys)
Asetetaan laitteelle IP-osoite ja aliverkkomaski. Nämä asetukset konsoliyhteyden välityksellä.	<pre>sysconfig setip 192.168.150.40 sysconfig setmask 255.255.255.0</pre>
Asetetaan laitteen oletusyhteys (pvc 0) disable-tilaan.	<pre>vdsl pvc set 0 disable</pre>
Luodaan uusi PVC-yhteys (pvc 0), parametreina kehysrakenne, VPI / VCI -arvot sekä liikenneluokitteluparametrit. Lopuksi pvc 0 otetaan käyttöön.	<pre>vdsl pvc set 0 llcbridged 0 100 ubr 262144 1 pvc set 0 enable</pre>

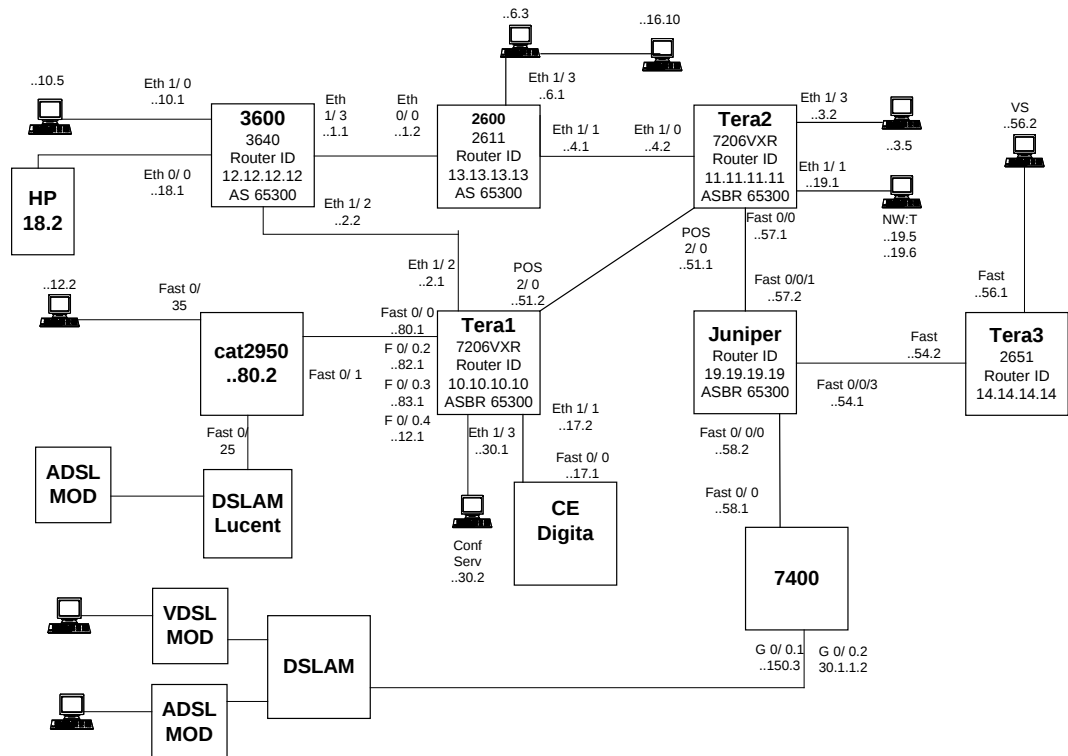
Taulukko 10. TeleWell ADSL-modeemille testiverkossa asetetut yhteysparametrit.

5.7 Yhteyden testaus

Testiverkkoon luotujen ADSL- ja VDSL-yhteyksien toimivuus varmistettiin testaamalla yhteyksiä PING-komennolla päätelaitteiden välillä molempiin suuntiin. Ping-komento toimi testatessa yhteyttä PC1 <-> PC2 ja PC1 <-> PC3, mutta testatessa yhteyttä ADSL- ja VDSL-modeemien takana olevien laitteiden, eli PC2:n ja PC3:n välillä PING ei toiminut.

6 Nokia D500 R3.0 DSLAM-testiverkko

Tässä luvussa selostetaan Nokia D500 R3.0:n testiverkon käyttöönotto ja testiverkon olennaisten laitteiden vaatima konfiguraatio. Eri laitteiden vaatimat konfiguraatiot on käsitelty omissa aliluvuissaan. Nokia D500 R3.0 käyttöönotto tapahtui Ethernet-pohjaisessa runkoverkossa. D500:lla oli käytössä TK1000-runkoverkkoyksikkö sekä ADSL48- ja VDSL24-linjakortit. Kuvassa 19 on esitetty testiverkon topologia kokonaisuudessaan:



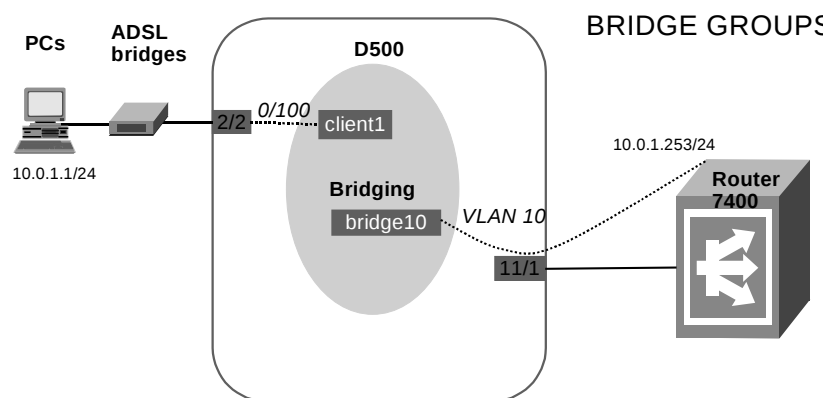
Kuva 19. Laboratorion verkkotopologia.

Testiverkko toimi DSLAMilta eteenpäin puhtaasti IP-pohjaisesti. Testiyhteyksiksi D500 R3.0 DSLAMille konfiguroitiin sekä sillattu, että routed bridged-tyyppinen ADSL-yhteys. Ciscon 7400 –reititin toimi testiverkossa D500:n naapurilaitteena, sen Gigabit Ethernet 0/0 –liittymään konfiguroitiin vaadittavat loogiset liittynät, eli VLANit. Nokia D500 R3.0

vaatii myös, että ”AutoNegotiation”-ominaisuus ei ole käytössä naapuriliittymässä. Reititin vaati kiinteiden aliverkkojen ”mainostamisen” muualle verkkoon, jotta yhteydet toimisivat. Muille testiverkon reitittimille konfiguroinneiksi riitti staattisten reittien asettamiset reittitauluun. Yhteyksiä testattiin pingaamalla kuvan 19 verkon eri kohteita. D500:n konfiguroinnista on huomattava, että läheskään kaikkia vaadittavia toimenpiteitä ei pääse tekemään graafista työkalua käyttäen, joten telnetin käyttö on välttämätöntä.

6.1 Sillattu yhteys

Sillatussa yhteydessä sekä käyttäjän puolen laitteisto, että linjakortin ja runkoverkkoyksikön toiminta tapahtuu ns. toisella kerroksella. Asiakkaan verkko ja reitittimen VLAN tule olla samassa verkossa. Konfiguroinnit verkon päätelaitteina toimineille PC:lle ja TeleWell ADSL-modeemille suoritettiin luvussa 5. esitettyjen periaatteiden mukaisesti. TeleWell ADSL-modeemin asetukset eivät muuttuneet lainkaan. Kuvassa 20 on esitetty sillatun liittymän toimintaperiaate:



Kuva 20. Sillatun liittymän toimintamalli.

Nokia D500:lle suoritettut konfiguraatiot toteutettiin telnet-pohjaisella komentorivityökalulla. Taulukossa 11 esitetään suoritettut konfiguraatiot:

Toimenpide	Komennot
Luodaan uusi sillattu alirajapinta runkoverkkoyksikön portille 11/1.	conf subinterface trunk new 11/1 bridge10
Asetetaan tyypiksi sillattu.	bridged
Asetetaan VLAN ID 10, tallennetaan tehdyt konfiguraatiot ja palataan alkutilaan.	vlan 10 done end
Luodaan uusi sillattu alirajapinta ADSL-linjakortille porttiin 2/2.	conf subinterface client new 2/2 client1
Asetetaan tyypiksi sillattu.	bridged
Luodaan PVC-yhteys, VPI=0, VCI=100, tyyppiä LLC	pvc 0 100 llc
Kytetään yhteys linjakortilta trunk-kortin VLANille, eli bridge10:iin.	bridged_subif 11/1 bridge10
Tallennetaan tehdyt asetukset ja lopetetaan.	done end

Taulukko 11. Nokia D500 R3.0 sillatun liittymän konfiguraatio.

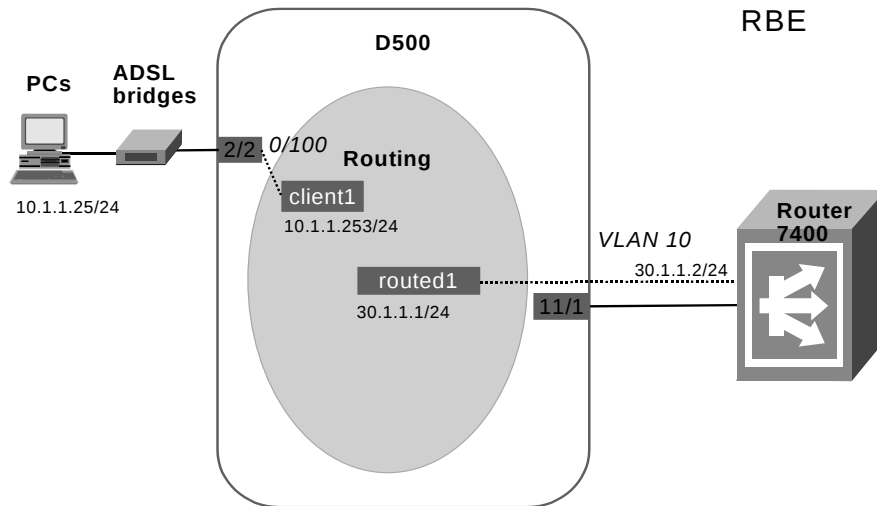
Naapurilaitteelle, eli Cisco 7400-reitittimelle luotiin uusi liittymä Gigabit Ethernet 0/0-porttiin. Samoin luotiin reitti asiakkaan verkolle. Taulukossa 12 on esitetty 7400:lle suoritettut konfiguraatiot. Konfiguroinnit suoritetaan tekstipohjaisen käyttöliittymän kautta telnet-yhteyden välityksellä. Telnet yhteyden reitittimeen saa ottamalla yhteyden esimerkiksi johonkin sen alirajapintaan. [1] [8]

Toimenpide	Komennot
Siirrytään konfigurointitilaan.	<code>configure terminal</code>
Luodaan uusi alirajapinta	<code>interface gigabitethernet 0/0.1</code>
Asetetaan kehysrakennetyypiksi dot1q ja VLAN ID 10	<code>encapsulation dot1q 10</code>
Asetetaan liittymän IP-tiedot	<code>ip address 10.0.1.253 255.255.255.0</code>
Tehdään reitti asiakkaan verkolle	<code>configure terminal</code> <code>ip route 10.0.1.0 255.255.255.0 10.0.1.253</code>
Mainostetaan staattisia aliverkkoja: Valitaan ospf prosessi 1 Asetetaan päälle staattisten aliverkkojen jakaminen	<code>configure terminal</code> <code>router ospf 1</code> <code>redistribute static subnets</code>

Taulokko 12. Cisco 7400 –reitittimen konfiguraatio bridged-moodissa.

6.2 RBE-yhteys

Routed bridged encapsulation, eli RBE-tyyppisessä yhteydessä asiakkaan puolen laitteisto toimii täysin sillattuna. Sen sijaan D500:n linjakortilla ja runkoverkkoyksikön portilla on käytössä reititetty moodi, ja pakettien välittäminen tapahtuu reititys- ja ARP-taulua hyödyntäen. Rajapintoihin tulee myös määritellä omat erilliset aliverkot, ns. lokaalit ip-osoitteet. Kuvassa 21 on esitetty toimintamekanismi RBE-liittymän toiminnasta :



Kuva 21. RBE-liittymän toimintamekanismi D500:lla.

Käyttäjän päätelaitteisto, eli PC ja ADSL-modeemi pysyivät entisissä asetuksissaan. Näiden laitteiden konfigurointimenetelmät on selostettu luvussa 5. Nokia D500 DSLAMin konfiguroinnit on selostettu taulukossa 13:

Toimenpide	Komennot
Luodaan uusi reititetty alirajapinta runkoverkkoyksikön portille 11/1.	conf subinterface trunk new 11/1 routed1
Asetetaan tyypiksi reititetty	routed
Asetetaan VLAN ID 10, lokaali ip-osoite ja maski tallennetaan tehdyt konfiguraatiot ja palataan alkutilaan	vlan 10 ip 30.1.1.1 255.255.255.0 done end
Luodaan uusi alirajapinta ADSL-linjakortille porttiin 2/2.	conf subinterface client new 2/2 client1
Asetetaan tyypiksi RBE	rbe
Asetetaan lokaali ip-osoite ja maski	ip 10.1.1.253 255.255.255.0
Luodaan PVC-yhteys, VPI=0, VCI=100, tyyppiä LLC	pvc 0 100 llc
Otetaan ping käyttöön, tallennetaan tehdyt asetukset ja lopetetaan.	ping done end
Tehdään runkoverkkoliittynälle staattinen oletusreitti	conf ip route new 0.0.0.0 0.0.0.0 11/1 routed1 30.1.1.2

Taulukko 13. Nokia D500 DSLAM RBE-konfiguraatio.

Ciscon 7400 –reitittimelle configuroitiin uusi alirajapinta ja reititykset samaan tapaan kuin sillatussa liittymässä. Reitittimelle täytyi nyt määrittää reitti sekä runkoverkkoportin aliverkolle, että asiakaslaitteiston/linjakortin aliverkolle.

Toimenpide	Komennot
Siirytään konfigurointitilaan.	<code>configure terminal</code>
Luodaan uusi alirajapinta	<code>interface gigabitethernet 0/0.2</code>
Asetetaan kehysrakennetyypiksi dot1q ja VLAN ID 10	<code>encapsulation dot1q 10</code>
Asetetaan liittymän IP-tiedot	<code>ip address 30.1.1.2 255.255.255.0</code>
Tehdään reitti asiakkaan verkolle ja runkoverkkoportin verkolle	<code>configure terminal</code> <code>ip route 10.1.1.0 255.255.255.0 30.1.1.2</code> <code>ip route 30.1.1.0 255.255.255.0 gigabit ethernet 0/0.2</code>
Mainostetaan staattisia aliverkkoja: Valitaan ospf prosessi 1 Asetetaan päälle staattisten aliverkkojen jakaminen	<code>configure terminal</code> <code>router ospf 1</code> <code>redistribute static subnets</code>

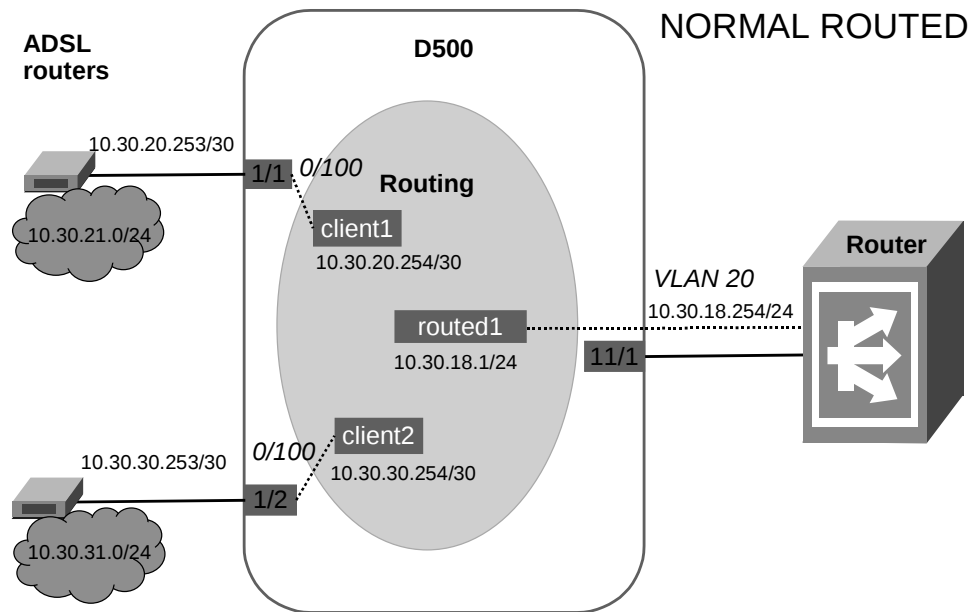
Taulukko 14. Cisco 7400 RBE-konfiguraatio

Samaan tapaan tehtiin reitit myös toisille laboratorion reitittimille.[1] [8]

6.3 Reititetyt yhteydet

Reititetyissä yhteyksissä sekä asiakkaan puolen laitteisto, että DSLAM toimivat reittävinä, eli ylläpitävät reititystaulua ja pakettien välittäminen tapahtuu kolmannen kerroksen tietojen pohjalta. Tällöin myös ADSL-pätelaitteelle määritellään WAN-verkon IP-tiedot, samasta verkosta linjakortin lokaalin verkon kanssa. [1]

Kuvassa 22 on esimerkki reititetyn yhteyden kokoonpanosta:



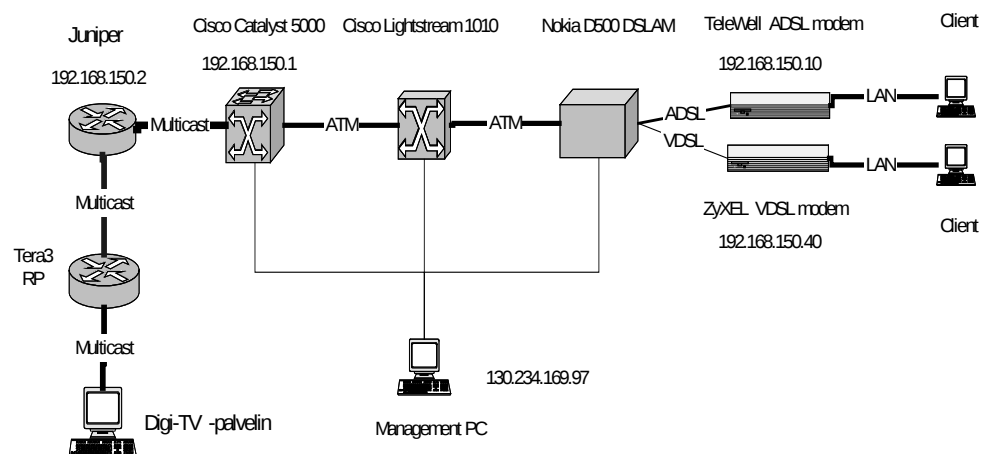
Kuva 22. Reititetty yhteys D500:lla.

7 Multicast IP-TV:n toimivuuden testaaminen

Tässä luvussa kuvataan testejä, joissa tutkittiin Nokia D500 DSLAMin soveltuvuutta digitaalisen IP-TV -liikenteen välittämiseen. Luvussa käydään läpi IP-TV:n multicast-lähtettäminen sekä version R2.2, että version R3.0 avulla. Omassa aliluvussaan 7.1.1 selostetaan lisäksi kiinnostuksen kohteena olleen liikenteen multicast-lähetyksen toteuttamiseen liittyneet suunnitelmat.

7.1 R2.2

Nokia D500 R2.2:n toimivuutta IP-TV -lähetyksen välittämisessä voitiin testata laajentamalla alkuperäistä yhteyksien käyttöönottoverkkoa kuvan 17 mukaiseksi. Verkkoon liitettiin kaksi multicastia tukevaa IP-reititintä, joiden kautta saatiin yhteys digi-TV -palvelimelle. Juniper- ja Tera3 -reitittimille konfiguroitiin Protocol Independent Multicast (PIM) -toiminnallisuus, toimintamuotona Sparse mode. Sparse mode -mallissa periaatteena on, että multicast-ryhmään haluavat asiakkaat lähettävät liittymispyynnön, eikä multicast-liikennettä lähetetä muille ilman pyyntöä. Verkon multicast-liikenteen keskuspuhteenä (engl. *rendezvous point*) toimi Tera3-reititin.

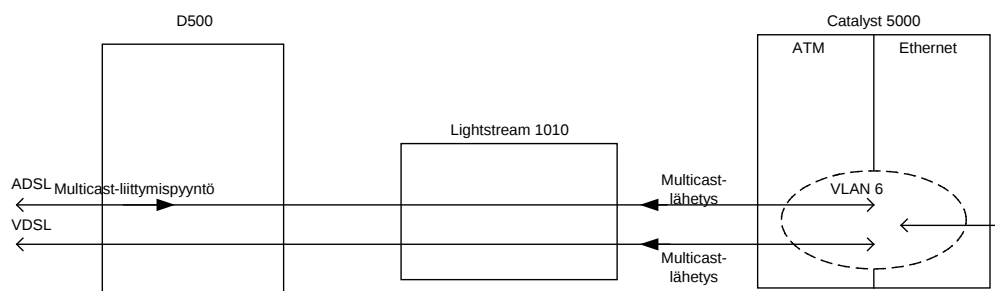


Kuva 19. Digi-TV -testiverkko.

Käytännössä digi-TV:n multicast-lähtettämisen ja -vastaanottamisen perustana oli KRNNetPlayer-niminen sovellusohjelma, joka oli käytössä sekä asiakkaalla, eli PC2:lla,

että palvelimella. Kun asiakas haluaa katsoa tiettyä kanavaa ja valitsee sen kanavalistasta, sovellus lähettää multicast-liittymisviestin lähimmälle multicastia tukevalle reitittimelle.

Ongelmana testiverkon kokoonpanossa on kuitenkin se, että laitteilta puuttuu multicast-tuki Juniperin jälkeen tilaajan suuntaan. Juniper havaitsee siis multicast-liittymispyynnön tulevan Catalyst-liitynnästä ja lähettää multicast-liikennettä eteenpäin. Toimintamekanismina on, että mikäli multicast-protokollalle ei löydy tukea, käsittelevät laitteet multicast-liikennettä broadcast-liikenteenä. Lähetys Catalystilta eteenpäin toteutuu siis broadcast-lähetyksenä, jolloin sinne saapuva data eli tv-lähetys lähetetään Catalyst 5000:lta eteenpäin kaikkiin käytössä olevan VLANin liityntöihin ja siihen sidottuihin PVC-piireihin. Testiverkon tapauksessa siis kuormitetaan linkkejä kaksinkertaisesti Catalyst 5000:lta eteenpäin. Kuvassa 20 on esitetty multicast-lähetyksen mekanismi Catalyst 5000:n osalta.



Kuva 20. Multicast-lähetyksen todellinen toimintamalli testiverkossa.

TV-lähetyksen toimivuus ja D500:n soveltuvuus IP-TV:n välittämiseen pystyttiin kuitenkin todentamaan kyseisellä verkkokonfiguraatiolla. D500:een oli kytkettynä kaksi asiakasta, yksi VDSL-yhteys ja yksi ADSL-yhteys. Välitettävänä liikenteenä toiminut suora TV-lähetys oli MPEG2-pakattua. Käytännössä havaittiin, että digi-TV:n toiminnan varmistamiseksi liittymän downstream-nopeuden tulee olla vähintään 8-10Mbit/s.

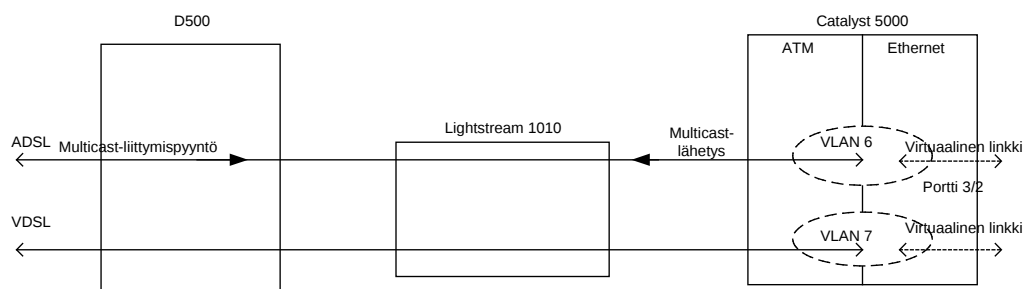
Taulukossa 12 on listattu havaintoja erinopeuksisten liittymien soveltuvuudesta digitaalisen TV:n välittämiseen:

Liittymätyyppi	Nopeus (ATU-C/ATU-R)	Digi TV:n toimivuus
VDSL	512 / 512 kbit/s	ei toimi lainkaan
VDSL	1024 / 1024 kbit/s	ei toimi lainkaan
VDSL	4096 / 1024 kbit/s	toimii heikosti
VDSL	8192 / 1024 kbit/s	toimii
VDSL	10048 / 10048 kbit/s	toimii hyvin
VDSL	23616 / 13056 kbit/s	toimii hyvin

Taulukko 15. Digi TV:n toimivuus erilaisilla VDSL-yhteyksillä.

7.1.1 Suunnitelmia multicast-lähetyksen toteutustavoiksi R2.2:lla

Koska testiverkossa käytetyissä Catalyst 5000:n ja D500:n versioissa ei ole tukea multicast-protokollalle, multicast-lähetyksen toteuttamiseksi suunniteltiin vaihtoehtoisia menetelmiä. Eräs vaihtoehtoinen suunnitelma oli konfiguroida Catalystin Juniper-liityntä (Ethernet 3/2) trunk-liittynäksi, jonka tyyppi olisi dot1q.



Kuva 21. Multicast-lähetyksen mekanismi Catalyst 5000:lla dot1q-protokollaa käyttäen.

Kyseisessä protokollassa jokainen VLAN sisältää oman tunnuksensa, jonka perusteella tiettyyn VLANiin kuuluva liikenne voidaan identifioida. Jokainen VLAN toimii siis omana virtuaalisena linkkinä käyttäen kuitenkin samaa fyysistä liityntää. Kyseistä protokollaa käyttämällä olisi siis ollut mahdollista hyödyntää samaa fyysistä porttia (Eth 3/2) useassa VLANissa.

Samalla Catalystille terminoidut PVC:t sidottaisiin jokainen omaan erilliseen VLANiinsa. Näin ollen multicast-liikenne Catalystilta eteenpäin ohjattaisiin VLAN-tunnusten mukaisesti, eli lähetys suunnattaisiin vain siihen VLANiin ja PVC:hen josta liittymispyyntö on tullut. Tämän suunnitelman toteuttamisen ja testaamisen esti kuitenkin se, että Catalyst 5000:n käytössä oleva laitteistoversio ei tue dot1q-tyyppistä trunk-liityntää. [4]

7.2 R3.0

Versiossa R3.0 käytettävissä oleva TK1000 –runkoverkkoyksikkö mahdollistaa D500:n toimimisen IGMP proxy-laitteena, ja edesauttaa siten multicast-lähetysten toteutusmahdollisuuksia. Versio R3.0:n Gigabit Ethernet-runkoverkkoyksikkö tukee sekä sillattuja, että reititettyjä yhteyksiä. Sillatuissa yhteyksissä samassa runkoverkkoportin VLANissa voi olla yksi tai useampia linjakorttien alirajapintoja. Tällöin multicast-liikenne välitetään kaikkiin saman VLANin PVC-yhteyksiin, eli myös lähetystä tilaamattomien asiakkaille. D500 mahdollistaa kuitenkin myös *one-to-one bridged* –yhteyksien käyttämisen, jolloin VLANissa on mukana vain yksi asiakas, eli PVC-yhteys. Tällöin multicast-liikennettä vastaanottaa vain yksi asiakas.

Varsinaiset multicast-toiminnallisuudet ovat käytettävissä RBE- ja routed-yhteyksissä. Tällöin D500:lla on mahdollista säädellä asetettavin parametrein IGMP:n toimintaa. Parametreina ovat muunmuassa multicast-pakettien liikenneluokittelu (palvelunlaatu), asiakkaan kanavien maksiminäärä ja kyselyjen tiheys.

Multicast-testausta varten D500:lle määriteltiin uusi liikenneluokka ja otettiin IGMP proxy –ominaisuudet käyttöön. Taulukossa 16 on selostettu kyseisten toimenpiteiden konfiguraatiot:

Toimenpide	Komennot
Siirytään PTD:n konfigurointitilaan	<code>conf ptd</code>
Luodaan uusi PTD, nimeltään "video" ja luokittelultaan af4	<code>new video af4</code>
Asetetaan PIR (Peak Information Rate)	<code>3500</code>
Asetetaan PBS (Peak Burst Size)	<code>8000</code>
Asetetaan CIR (Committed Information Rate)	<code>3000</code>
Asetetaan CBS (Committed Burst Size)	<code>4000</code>
Otetaan multicast-ominaisuudet käyttöön runkoverkkoportin routed1-liitynnässä.	<code>conf ip multicast igmp enable 11/1 routed1</code>

Taulukko 16. PTD-konfigurointi ja IGMP proxy –ominaisuuksien käyttöönotto.

8 Yhteenveto

Tässä dokumentissa selostettiin Jyväskylän yliopiston Tietotekniikan laitoksen tietoliikennelaboratoriossa toteutettu Nokia D500 DSLAM-verkkolaitteen käyttöönotto. Laitteesta otettiin käyttöön ATM-verkossa toimiva versio R2.2, sekä myöhemmin uusi R3.0, joka toimi Ethernet-runkoverkossa.

Dokumentissa annettiin yleiskuva D500:n molemmista versioista ja niiden perustoiminnallisuudesta ja –ominaisuuksista. Lisäksi kuvattiin laitteiden käyttöönottoympäristöinä toimineiden testiverkkojen kokoonpanot ja konfiguraatit.

D500:n soveltuvuus ja käytettävyys digitaalisen IP-TV -liikenteen välittämiseen multicast-, eli ryhmälähetyksenä palvelimelta tilaajalle kuului dokumentin taustalla olevan hankkeen tutkimuskohteisiin. D500 versio R2.2 ei omannut tukea multicast-liikenteelle, eivätkä myöskään kyseisen version testiverkon kaikki laitteet mahdollistaneet multicast-ominaisuuksien käyttöönottoa. Lähetys jouduttiin toteuttamaan runkoverkon loppupuoletta eteenpäin broadcastina.

Versio R3.0 omaa laajan tuen multicast-lähtettämiseen. Se mahdollistaa DSLAMin toiminnan IGMP proxy –laitteena, hallinnoi palvelunlaatua ja mahdollistaa autentikoinnin. IP-TV:n välittäminen multicastina palvelimelta tilaajalle toteutettiin ja ominaisuuksien toimivuus kyettiin varmentamaan.

Lähteet

[1] Nokia Corporation, "D500 Rel. 2.2 Customer Documentation".

[2] Cisco Systems, "Cisco Catalyst 5000 Series Switches Configuration Guides", saatavilla WWW-muodossa

<URL:http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps679/prod_configuration_guides_list.html>, viitattu 1.7.2004.

[3] Cisco Systems, "Cisco Lightstream ATM Switches Configuration Guides", saatavilla WWW-muodossa <URL:

http://www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps1893/prod_configuration_guides_list.html>, viitattu 1.7.2004.

[4] Clark Kennedy ja Hamilton Kevin, "Cisco LAN Switching", Cisco Press, Indianapolis 2003.

[5] Easytel Oy, "TeleWell TW-EA716 Pikaohje", saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.easytel.fi/tuotteet/tw_ea716/tw_ea716_ohjekirja.pdf>, viitattu 1.7.2004.

[6]: ZyXEL Corporate, "Prestige 861 VDSL Modem User's Guide Version 1.1", saatavilla WWW-muodossa <URL: ftp://ftp.zyxel.com/P861_Series/document/P861_Series_v1-1_UsersGuide.pdf>, viitattu 1.7.2004.

[7]: Nokia Corporation, "D500 Rel. 3[1].0 Customer Documentation".

[8]: Cisco Systems, "Cisco 7400 Series Router", saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps354/index.html>>, viitattu 12.8.2004.

Liitteet

Liite 1. Cisco Catalyst 5000 konfiguraatio

WS-C5000 Software, Version McpSW: 4.5(11) NmpSW: 4.5(11)
Copyright (c) 1995-2001 by Cisco Systems
NMP S/W compiled on Feb 1 2001, 15:49:46
MCP S/W compiled on Feb 01 2001, 15:56:53

System Bootstrap Version: 2.2(2)

Hardware Version: 2.3 Model: WS-C5000 Serial #: 006342977

Mod Port Model Serial # Versions

```
-----
1 2 WS-X5009 006342977 Hw : 2.3
    Fw : 2.2(2)
    Fw1: 2.2(1)
    Sw : 4.5(11)
2 2 WS-X5158 005906435 Hw : 2.0
    Fw : 1.3
    Fw1: 1.3
    Sw : 12.0(16)W5(21)
3 12 WS-X5213A 006053649 Hw : 2.0
    Fw : 1.4
    Sw : 4.5(11)
4 1 WS-X5302 006573082 Hw : 3.0
    Fw : 20.22
    Fw1: 2.2(4)
    Sw : 12.0(27)
```

	DRAM			FLASH			NVRAM		
Module	Total	Used	Free	Total	Used	Free	Total	Used	Free
1	20480K	10575K	9905K	4096K	3584K	512K	256K	114K	142K

Konfiguraatio:

```
begin
!
#version 4.5(11)
!
set password $1$0o8Z$6ee6tejx.TfK5tOmDEI1v1
set enablepass $1$FMFQ$HfZR5DUszVHlRhrz4h6V70
set prompt Console>
set length 24 default
set logout 20
set banner motd ^C^C
!
#system
set system baud 9600
set system modem disable
set system name
set system location
set system contact
!
#snmp
set snmp community read-only read
set snmp community read-write private
set snmp community read-write-all secret
set snmp rmon disable
set snmp trap disable module
set snmp trap disable chassis
set snmp trap disable bridge
set snmp trap disable repeater
```

```

set snmp trap disable vtp
set snmp trap disable auth
set snmp trap disable ippermit
set snmp trap disable vmpps
set snmp trap disable entity
set snmp trap disable config
set snmp trap disable stpx
set snmp trap disable syslog
set snmp extendedrmon vlanmode disable
set snmp extendedrmon vlanagent disable
set snmp extendedrmon enable
!
#ip
set interface sc0 100 130.234.169.44 255.255.255.128 130.234.169.127

set interface sc0 up
set interface sl0 0.0.0.0 0.0.0.0
set interface sl0 up
set arp agingtime 1200
set ip redirect enable
set ip unreachable enable
set ip fragmentation enable
set ip route 0.0.0.0 130.234.169.1 1
set ip alias default 0.0.0.0
!
#Command alias
!
#vmpps
set vmpps server retry 3
set vmpps server reconfirminterval 60
set vmpps tftpserver 0.0.0.0 vmpps-config-database.1
set vmpps state disable

!
#dns
set ip dns disable
!
#tacacs+
set tacacs attempts 3
set tacacs directedrequest disable
set tacacs timeout 5
!
#authentication
set authentication login tacacs disable console
set authentication login tacacs disable telnet
set authentication enable tacacs disable console
set authentication enable tacacs disable telnet
set authentication login local enable console
set authentication login local enable telnet
set authentication enable local enable console
set authentication enable local enable telnet
!
#bridge
set bridge ipx snaptoether 8023raw
set bridge ipx 8022toether 8023
set bridge ipx 8023rawtofdi snap
!

#vtp
set vtp domain oma_testi
set vtp mode transparent
set vtp v2 enable
set vtp pruneeligible 2-1000
clear vtp pruneeligible 1001-1005
set vlan 1 name default type ethernet mtu 1500 said 100001 state active
set vlan 6 name VLAN0006 type ethernet mtu 1500 said 100006 state active
set vlan 10 name testi type ethernet mtu 1500 said 100010 state active
set vlan 100 name hallinta type ethernet mtu 1500 said 100100 state active
set vlan 1002 name fddi-default type fddi mtu 1500 said 101002 state active

```

```

set vlan 1004 name fddinet-default type fddinet mtu 1500 said 101004 state active
bridge 0x0 stp ieee
set vlan 1005 name trbrf-default type trbrf mtu 4472 said 101005 state active
bridge 0xf stp ibm
set vlan 1003 name trcrf-default type trcrf mtu 4472 said 101003 state active
parent 1005 ring 0xccc mode srb aremaxhop 7 stemaxhop 7 backupcrf off
set interface sc0 100 130.234.169.44 255.255.255.128 130.234.169.127

```

```

!
#spantree
#uplinkfast groups
set spantree uplinkfast disable
#backbonefast
set spantree backbonefast disable
#vlan 1

set spantree enable 1
set spantree fwddelay 15 1
set spantree hello 2 1
set spantree maxage 20 1
set spantree priority 32768 1
#vlan 6
set spantree enable 6
set spantree fwddelay 15 6
set spantree hello 2 6
set spantree maxage 20 6
set spantree priority 32768 6
#vlan 10
set spantree enable 10
set spantree fwddelay 15 10
set spantree hello 2 10
set spantree maxage 20 10
set spantree priority 32768 10
#vlan 100
set spantree enable 100
set spantree fwddelay 15 100
set spantree hello 2 100
set spantree maxage 20 100
set spantree priority 32768 100
#vlan 1003
set spantree enable 1003
set spantree fwddelay 4 1003
set spantree hello 2 1003
set spantree maxage 10 1003
set spantree priority 32768 1003
set spantree portstate 1003 block 1005
set spantree portcost 1003 62
set spantree portpri 1003 4
set spantree portfast 1003 disable
#vlan 1005
set spantree enable 1005
set spantree fwddelay 15 1005
set spantree hello 2 1005
set spantree maxage 20 1005
set spantree priority 32768 1005
set spantree multicast-address 1005 ieee
!
#cgmp
set cgmp disable
set cgmp leave disable
!
#syslog
set logging console enable
set logging server disable
set logging level cdp 2 default
set logging level mcast 2 default
set logging level dtp 5 default
set logging level dvlan 2 default
set logging level earl 2 default

```

```

set logging level fddi 2 default
set logging level ip 2 default
set logging level pruning 2 default
set logging level snmp 2 default
set logging level spantree 2 default
set logging level sys 5 default
set logging level tac 2 default
set logging level tcp 2 default
set logging level telnet 2 default
set logging level tftp 2 default
set logging level vtp 2 default
set logging level vmps 2 default
set logging level kernel 2 default
set logging level filesys 2 default
set logging level drip 2 default
set logging level pagp 5 default
set logging level mgmt 5 default
set logging level mls 5 default
set logging level profilt 2 default
set logging level security 2 default
set logging server facility LOCAL7
set logging server severity 4
set logging buffer 500
set logging timestamp enable
!
#ntp
set ntp broadcastclient disable
set ntp broadcastdelay 3000
set ntp client disable
clear timezone
set summertime disable
!
#permit list
set ip permit disable
!
#drip
set tokenring reduction enable
set tokenring distrib-crf disable
!
#igmp
set igmp disable
!
#standby ports
set standbyports disable
!
#module 1 : 2-port 100BaseTX Supervisor
set module name 1
set vlan 100 1/1-2
set port enable 1/1-2
set port level 1/1-2 normal
set port duplex 1/1-2 half
set port trap 1/1-2 disable
set port name 1/1-2
set port security 1/1-2 disable
set port membership 1/1-2 static
set cdp enable 1/1-2
set cdp interval 1/1-2 60
set trunk 1/1 auto isl 1-1005
set trunk 1/2 auto isl 1-1005
set spantree portfast 1/1-2 disable
set spantree portcost 1/1-2 19
set spantree portpri 1/1-2 32
set spantree portvlanpri 1/1 0
set spantree portvlanpri 1/2 0
set spantree portvlancost 1/1 cost 18
set spantree portvlancost 1/2 cost 18
!
#module 2 : 2-port MM OC-3 Dual-Phy ATM
set module name 2 atm

```

```

set port level 2/1 normal
set port name 2/1-2
set cdp enable 2/1
set cdp interval 2/1 60
set trunk 2/1 on lane 1-1005
set spantree portcost 2/1 14
set spantree portpri 2/1 32
set spantree portvlanpri 2/1 0
set spantree portvlancost 2/1 cost 13
!
#module 3 : 12-port 10/100BaseTX Ethernet
set module name 3
set module enable 3
set vlan 1 3/4-12
set vlan 6 3/1-3
set port enable 3/1-12
set port level 3/1-12 normal
set port speed 3/1-12 auto
set port trap 3/1-12 disable
set port name 3/1-12
set port security 3/1-12 disable
set port broadcast 3/1-12 0
set port membership 3/1-12 static
set cdp enable 3/1-12
set cdp interval 3/1-12 60
clear trunk 3/1 2-6
set trunk 3/1 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/2 2-6
set trunk 3/2 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/3 2-6
set trunk 3/3 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/4 2-6
set trunk 3/4 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/5 2-6
set trunk 3/5 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/6 2-6
set trunk 3/6 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/7 2-6
set trunk 3/7 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/8 2-6
set trunk 3/8 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/9 2-6
set trunk 3/9 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/10 2-6
set trunk 3/10 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/11 2-6
set trunk 3/11 auto isl 1,7-1005
clear trunk 3/12 2-6
set trunk 3/12 auto isl 1,7-1005
set spantree portfast 3/1-12 disable
set spantree portcost 3/1-12 100
set spantree portpri 3/1-12 32
set spantree portvlanpri 3/1 0
set spantree portvlanpri 3/2 0
set spantree portvlanpri 3/3 0
set spantree portvlanpri 3/4 0
set spantree portvlanpri 3/5 0
set spantree portvlanpri 3/6 0
set spantree portvlanpri 3/7 0
set spantree portvlanpri 3/8 0
set spantree portvlanpri 3/9 0
set spantree portvlanpri 3/10 0
set spantree portvlanpri 3/11 0
set spantree portvlanpri 3/12 0
set spantree portvlancost 3/1 cost 99
set spantree portvlancost 3/2 cost 99
set spantree portvlancost 3/3 cost 99
set spantree portvlancost 3/4 cost 99
set spantree portvlancost 3/5 cost 99

```

```

set spantree portvlancost 3/6 cost 99
set spantree portvlancost 3/7 cost 99
set spantree portvlancost 3/8 cost 99
set spantree portvlancost 3/9 cost 99
set spantree portvlancost 3/10 cost 99
set spantree portvlancost 3/11 cost 99
set spantree portvlancost 3/12 cost 99
!
#module 4 : 1-port Route Switch
set module name 4
set port level 4/1 normal
set port trap 4/1 disable
set port name 4/1
set cdp enable 4/1
set cdp interval 4/1 60
set trunk 4/1 on isl 1-1005
set spantree portcost 4/1 5
set spantree portpri 4/1 32
set spantree portvlanpri 4/1 0
set spantree portvlancost 4/1 cost 4
!
#module 5 empty
!
#switch port analyzer
!set span 1 1/1 both inpkts disable
set span disable
!
#cam
set cam agingtime 1,6,10,100,1003,1005 300
end

```

ATM-konfiguraatio:

```

Using 813 out of 130042 bytes
!
! Last configuration change at 13:03:43 UTC Wed Jun 2 2004
! NVRAM config last updated at 13:04:02 UTC Wed Jun 2 2004
!
version 12.0
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname ATM
!
!
vtp enable
!
!
interface Ethernet0
!
interface ATM0
logging event subif-link-status
atm sonet stm-1
atm preferred phy A
atm pvc 1 0 5 qsaal
atm pvc 2 0 16 ilmi
atm pvc 10 0 50 aal5snap
atm pvc 15 0 51 aal5snap
atm pvc 30 0 55 aal5snap
atm bind pvc vlan 10 6
atm bind pvc vlan 15 6
atm bind pvc vlan 30 6
atm ilmi-keepalive
atm ilmi-pvc-discovery
lane auto-config-atm-address
lane client ethernet 100 hallinta
!
interface ATM0.1 multipoint

```

```

lane auto-config-atm-address
lane server-bus ethernet elan1
!
!
line con 0
line vty 0 4
no login
!
end

```

Route-moduli:

Current configuration:

```

!
version 12.0
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname Router
!
boot bootldr bootflash:c5rsm-boot-mz.120-27.bin
!
ip subnet-zero
!
!
interface Vlan1
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip route-cache
arp snap
!
interface Vlan6
ip address 192.168.150.1 255.255.255.0
ip access-group 10 in
no ip directed-broadcast
no ip route-cache
!
interface Vlan7
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip route-cache
shutdown
!
access-list 10 permit any
!
line con 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
login
!
end

```

Liite 2. Cisco Lightstream 1010 konfiguraatio

Cisco Internetwork Operating System Software
 IOS (tm) LS1010 WA4-5 Software (LS1010-WP-M), Version 12.0(20)W5(24a) RELEASE S
 OFTWARE
 Copyright (c) 1986-2002 by cisco Systems, Inc.
 Compiled Tue 05-Feb-02 17:19 by integ
 Image text-base: 0x60010930, data-base: 0x60AEE000

ROM: System Bootstrap, Version 11.2(1.4.WA3.0) [integ 1.4.WA3.0], RELEASE SOFTWA
 RE

varalaite uptime is 3 weeks, 22 hours, 16 minutes
System restarted by power-on at 14:33:17 EET_DST Wed May 12 2004
Running default software

cisco LS1010 (R4600) processor with 65536K bytes of memory.
R4700 processor, Implementation 33, Revision 1.0
Last reset from power-on
1 Ethernet/IEEE 802.3 interface(s)
13 ATM network interface(s)
123K bytes of non-volatile configuration memory.

8192K bytes of Flash internal SIMM (Sector size 256K).
Configuration register is 0x2102

Konfiguraatio:

Using 5593 out of 126968 bytes
!
! Last configuration change at 16:02:10 EET_DST Wed Jun 2 2004
! NVRAM config last updated at 16:02:16 EET_DST Wed Jun 2 2004
!
version 12.0
service nagle
no service pad
service timestamps debug datetime localtime
service timestamps log datetime localtime
service password-encryption
!
hostname varalaite
!
boot system flash bootflash:ls1010-wp-mz.120-20.W5.24a.bin
logging buffered 32768 debugging
logging console notifications
enable secret 5 \$1\$X4Lh\$A5onErNXU2gqeVr0o9vOK0
!
clock timezone EET 2
clock summer-time EET_DST recurring last Sun Mar 3:00 last Sun Oct 4:00
clock calendar-valid
ip subnet-zero
no ip source-route
no ip routing
no ip finger
ip domain-name jyu.fi
ip name-server 130.234.4.30
ip name-server 130.234.5.30
!
atm lecs-address-default 47.0023.0000.0001.0000.0000.0000.0010.11b9.8805.00 1
atm ilmi default-access permit all
atm address 47.0023.0000.0001.0000.0000.0000.0001.0000.0000.00
atm router pnni
no aesa embedded-number left-justified
background-routes-enable
administrative-weight linespeed
node 1 level 88 lowest
redistribute atm-static
!
!
lane database testilane
!
!
!
interface ATM0/0/0
description Seminaarinmaki (155/PNNI)
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm auto-configuration

```

no atm ilmi-keepalive
atm nni

!
interface ATM0/0/1
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM0/0/2
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM0/0/3
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM0/1/0
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM0/1/1
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM0/1/2
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM0/1/3
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm auto-configuration
no atm ilmi-keepalive
atm iisp version 3.1
!
interface ATM1/0/0
description DSLAM
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm auto-configuration
no atm ilmi-keepalive
atm uni side user version 3.1
sonet stm-1
!
interface ATM1/0/1
description C5k
no ip address

```

```

no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
atm pvc 0 50 interface ATM1/0/0 0 50
atm pvc 0 51 interface ATM1/0/0 0 51
atm pvc 0 55 interface ATM1/0/0 0 55
atm oam 0 50 seg-loopback ais
atm oam interface ATM1/0/0 0 50 seg-loopback ais
atm oam 0 51 seg-loopback ais
atm oam interface ATM1/0/0 0 51 seg-loopback ais
sonet stm-1
!
interface ATM1/0/2
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM1/0/3
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
no atm ilmi-keepalive
!
interface ATM2/0/0
no ip address
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
logging event subif-link-status
atm pvc 0 32 encaps aal5snap interface ATM1/0/0 0 150
atm pvc 0 any-vci encaps aal5snap interface ATM1/0/0 0 100
atm oam interface ATM1/0/0 0 150 seg-loopback end-loopback rdi
atm oam interface ATM0/0/0 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/1 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/2 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/3 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/0 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/1 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/2 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/3 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/0 0 16 seg-loopback end-loopback rdi
atm oam interface ATM1/0/1 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/2 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/3 0 16 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/0 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/1 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/2 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/3 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/0 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/1 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/2 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/1/3 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/0 0 5 seg-loopback end-loopback rdi
atm oam interface ATM1/0/1 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/2 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/3 0 5 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM0/0/0 0 18 seg-loopback end-loopback
atm oam interface ATM1/0/0 0 100 seg-loopback end-loopback rdi
!
interface Ethernet2/0/0
ip address 130.234.169.43 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
!
ip default-gateway 130.234.169.1
ip classless

```

```

ip route 130.234.0.0 255.255.0.0 Ethernet2/0/0
!
logging facility local6
!
!
line con 0
exec-timeout 60 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
exec-timeout 30 0
password 7 0305531D0301
login
!
end

```

Liite 3. Cisco 7400 konfiguraatio

```

Router#show config
Using 1827 out of 522232 bytes
!
version 12.2
no parser cache
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname "Router"
!
boot system flash disk0:c7400-p-mz.122-13.T.bin
boot system flash c7400-kboot-mz.122-1.DX
boot system flash
enable password tera
!
ip subnet-zero
ip cef
!
!
!
ip multicast-routing
!
!
!
interface Loopback0
ip address 16.16.16.16 255.255.255.255
!
!
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
ip pim sparse-mode
load-interval 30
duplex full
speed auto
media-type gbic
no negotiation auto
!
interface GigabitEthernet0/0.1
encapsulation dot1Q 1 native
ip address 192.168.150.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
no cdp enable
!
interface GigabitEthernet0/0.2
encapsulation dot1Q 10
ip address 30.1.1.2 255.255.255.0
ip pim sparse-mode

```

```

!
!
interface GigabitEthernet0/1
ip address 192.168.58.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
duplex full
speed 100
media-type rj45
!
interface Group-Async0
physical-layer async
no ip address
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
redistribute static subnets
passive-interface GigabitEthernet0/0
network 16.16.16.16 0.0.0.0 area 0
network 30.1.1.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.11.0 0.0.0.31 area 0
network 192.168.58.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.150.0 0.0.0.255 area 0
!
ip classless
ip route 10.1.1.0 255.255.255.0 30.1.1.1
ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 GigabitEthernet0/0.2
ip route 192.168.0.0 255.255.0.0 192.168.58.2
no ip http server
ip ospf name-lookup
ip pim rp-address 14.14.14.14
!
!
access-list 100 permit icmp any any
access-list 100 permit ip any any
access-list 101 permit ip any any
access-list 101 permit icmp any any
!
!
!
call rsvp-sync
!
!
mgcp profile default
!
dial-peer cor custom
!
!
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
password tera
login
!
!
end

```

Liite 4. Juniper konfiguraatio

JUNOS 6.0R1.5 built 2003-08-11 02:41:39 UTC

```

JuniperRemote@Junnu> show configuration
version 6.0R1.5;
system {
  host-name Junnu;
  root-authentication {
    encrypted-password "$1$AVYFgeqr$Y3Glxea/BS3R5zhr/VeuY0"; #
    SECRET-DATA
  }
}

```

```

    }
    login {
        user JuniperRemote {
            uid 2001;
            class superuser;
            authentication {
                encrypted-password "$1$L4MFEgVO$LxCqbvTMq.IlvPJtGHBeu/"; #
SECURE
T-DATA
            }
        }
        user tera {
            uid 2000;
            class operator;
            authentication {
                encrypted-password "$1$a8suHnND$GJVZf/b3egP.w5N6rxi/K/"; #
SECURE
T-DATA
            }
        }
    }

    services {
        ssh {
            protocol-version [ v2 v1 ];
        }
        telnet;
    }
    syslog {
        user * {
            any emergency;
        }
        file messages {
            any notice;
            authorization info;
        }
    }
}
interfaces {
    fe-0/0/0 {
        unit 0 {
            family inet {
                address 192.168.58.2/24;
            }
        }
    }
    fe-0/0/1 {
        unit 0 {
            family inet {
                address 192.168.57.1/24;
            }
            family mpls;
        }
    }
    fe-0/0/2 {
        unit 0 {
            family inet {
                address 192.168.150.2/24;
            }
        }
    }
    fe-0/0/3 {
        unit 0 {
            family inet {
                address 192.168.54.1/24;
            }
        }
    }
    fe-0/0/4 {

```

```

        description jeejeedescription;
        unit 0;
    }
    fxp0 {
        unit 0 {
            family inet {
                address 192.168.50.1/30;
            }
        }
    }
    lo0 {
        unit 0 {
            family inet {
                address 127.0.0.1/32;
                address 19.19.19.19/32;
            }
        }
    }
}
routing-options {
    static {
        route 192.168.89.0/32 next-hop [ 192.168.142.0 192.168.142.2 ];
    }
}
protocols {
    bgp {
        local-as 65300;
        group LocalAS_65300 {
            type internal;
            local-address 19.19.19.19;
            family inet-vpn {
                unicast;
            }
            neighbor 10.10.10.10;
            neighbor 12.12.12.12;
            neighbor 11.11.11.11;
        }
    }
    ospf {
        area 0.0.0.0 {
            interface lo0.0;
            interface fe-0/0/1.0;
            interface fe-0/0/3.0;
            interface fe-0/0/2.0;
            interface fe-0/0/0.0;
        }
    }
    ldp {
        interface fe-0/0/1.0;
    }
    pim {
        rp {
            static {
                address 14.14.14.14;
            }
        }
        interface fe-0/0/3.0 {
            mode sparse;
        }
        interface fe-0/0/2.0 {
            mode sparse;
        }
        interface fe-0/0/1.0 {
            mode sparse;
        }
        interface fe-0/0/0.0 {
            mode sparse;
        }
    }
}

```

```

}
policy-options {
  policy-statement Man_Export {
    term export_static_and_connected {
      from protocol static;
      then {
        community add Man_VPN;
        accept;
      }
    }
    term default {
      then reject;
    }
  }
}
community 51 members 65000;
community Man_VPN members target:65300:1000;
}
routing-instances {
  TESTIVRF {
    description jep;
    instance-type vrf;
    route-distinguisher 65300:1000;
    vrf-target {
      import target:65300:1000;
      export target:65300:1002;
    }
    routing-options {
      static {
        route 192.168.8.0/32 next-hop 192.168.7.0;
      }
    }
  }
}
}

```

Liite 5. Tera 3 konfiguraatio

```

TERA3#show config
Using 1186 out of 29688 bytes
!
version 12.1
no service single-slot-reload-enable
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname TERA3
!
boot system tftp c2600-js-mz.122-5.bin 192.168.6.3
boot system flash c2600-i-mz.121-5.T10
boot system rom
logging rate-limit console 10 except errors
enable secret 5 $1$sWRi$1HNq.5BOISbsnst15EibV1
enable password tera
!
ip subnet-zero
ip cef
!
!
no ip finger
!
!
interface Loopback0
ip address 14.14.14.14 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.54.2 255.255.255.0
load-interval 30
speed auto

```

```

full-duplex
!
interface FastEthernet0/1
ip address 192.168.56.1 255.255.255.0
load-interval 30
speed auto
full-duplex
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
network 14.14.14.14 0.0.0.0 area 0
network 192.168.54.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.56.0 0.0.0.255 area 0
!
ip classless
ip route 192.168.6.0 255.255.255.0 192.168.54.1
ip route 192.168.8.0 255.255.255.0 192.168.54.1
ip route 192.168.12.0 255.255.255.0 192.168.54.1
no ip http server
!
snmp-server community public RO
!
line con 0
transport input none
line aux 0
line vty 0 4
password tera
login
!
no scheduler allocate
end

```

Liite 6. Tera 1 konfiguraatio

```

tera1#show config
Using 3964 out of 129016 bytes
!
version 12.0
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname tera1
!
boot-start-marker
boot system tftp c7200-p-mz.120-28.S.bin 192.168.6.3
boot system flash slot0:c7200-p-mz.120-26.S.bin
boot system flash bootflash
boot-end-marker
!
enable secret 5 $1$DanX$/zh7RfHmCaO48AsAZymxi/
enable password 7 09584B1B18
!
syscon address 192.168.100.1 tera
syscon shelf-id 0
ip subnet-zero
!
!
ip cef
ip vrf NW_CustomerVPN_2000
rd 65300:2000
export map HALLINTA
route-target export 65300:2000
route-target import 65300:2000
route-target import 65300:1000
!
ip multicast-routing
mpls label protocol tdp

```

```

no mpls traffic-eng auto-bw timers frequency 0
tag-switching tdp router-id Loopback0
!
!
!
interface Loopback0
ip address 10.10.10.10 255.255.255.255
no ip directed-broadcast
!
interface FastEthernet0/0
description fdgfdgfd
ip address 192.168.80.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
no ip mroute-cache
load-interval 30
full-duplex
no cdp enable
!
interface FastEthernet0/0.2
encapsulation dot1Q 2
ip address 192.168.82.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
!
interface FastEthernet0/0.3
encapsulation dot1Q 3
ip address 192.168.83.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
shutdown
!
interface FastEthernet0/0.4
encapsulation dot1Q 4
ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
!
interface FastEthernet0/0.5
encapsulation dot1Q 5
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
shutdown
!
interface Ethernet1/0
no ip address
ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
ip route-cache flow
load-interval 30
shutdown
full-duplex
no cdp enable
!
interface Ethernet1/1
ip address 192.168.17.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
load-interval 30
full-duplex
no cdp enable
!
interface Ethernet1/2
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
no ip mroute-cache
load-interval 30
full-duplex
mpls label protocol tdp
tag-switching ip
no cdp enable

```

```

!
interface Ethernet1/3
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
no ip redirects
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
ip route-cache flow
no ip mroute-cache
load-interval 30
full-duplex
no cdp enable
!
interface POS2/0
ip address 192.168.51.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
load-interval 30
tag-switching ip
clock source internal
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
redistribute connected subnets
network 10.10.10.10 0.0.0.0 area 0
network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.17.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.30.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.51.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.53.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.80.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.82.0 0.0.0.255 area 0
!
router bgp 65300
no synchronization
bgp log-neighbor-changes
neighbor 11.11.11.11 remote-as 65300
neighbor 11.11.11.11 update-source Loopback0
neighbor 12.12.12.12 remote-as 65300
neighbor 12.12.12.12 update-source Loopback0
neighbor 19.19.19.19 remote-as 65300
neighbor 19.19.19.19 update-source Loopback0
no auto-summary
!
address-family vpnv4
neighbor 11.11.11.11 activate
neighbor 11.11.11.11 send-community both
neighbor 12.12.12.12 activate
neighbor 12.12.12.12 send-community both
neighbor 19.19.19.19 activate
neighbor 19.19.19.19 send-community both
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf NW_CustomerVPN_2000
redistribute connected
redistribute static
no auto-summary
no synchronization
exit-address-family
!
ip classless
ip route 192.168.6.0 255.255.255.0 192.168.51.1 200
!
ip bgp-community new-format
ip pim rp-address 14.14.14.14
!
!
!
ip access-list standard VPN-HALLINTA

```

```

permit 192.168.17.0 0.0.0.3
!
snmp-server community public RO
!
rtr responder
!
line con 0
exec-timeout 0 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
session-timeout 2
password 7 0835495C08
login
!
end

```

Liite 7. Tera2 konfiguraatio

```

tera2#show config
Using 3305 out of 129016 bytes
!
version 12.0
no service pad
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname tera2
!
boot-start-marker
boot system tftp c7200-p-mz.120-28.S.bin 192.168.6.3
boot system flash slot0:c7200-p-mz.120-26.S.bin
boot system flash bootflash
boot-end-marker
!
enable secret 5 $1$Z7zT$NgQs6E/cG9fYerRTSChHV/
enable password 7 021201490A55
!
ip subnet-zero
!
!
ip cef
ip vrf Management
rd 65300:1000
route-target export 65300:1000
route-target import 65300:2000
route-target import 65300:1000
!
ip vrf Managment
route-target export 65300:2000
!
ip multicast-routing
tag-switching tdp router-id Loopback0
!
!
!
interface Loopback0
ip address 11.11.11.11 255.255.255.255
no ip directed-broadcast
!
interface FastEthernet0/0
ip address 192.168.57.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
no ip mroute-cache

```

```

load-interval 30
tag-switching ip
!
interface Ethernet1/0
ip address 192.168.4.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
no ip route-cache cef
load-interval 30
full-duplex
!
interface Ethernet1/1
ip address 192.168.19.1 255.255.255.0
no ip redirects
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
no ip mroute-cache
load-interval 30
full-duplex
!
interface Ethernet1/2
ip address 192.168.8.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
load-interval 30
full-duplex
!
interface Ethernet1/3
ip vrf forwarding Management
ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
load-interval 30
half-duplex
!
interface POS2/0
ip address 192.168.51.1 255.255.255.0
no ip directed-broadcast
ip pim sparse-mode
no ip mroute-cache
load-interval 30
tag-switching ip
clock source internal
!
router ospf 1
log-adjacency-changes
redistribute connected
network 11.11.11.11 0.0.0.0 area 0
network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.4.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.8.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.19.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.51.0 0.0.0.255 area 0
network 192.168.57.0 0.0.0.255 area 0
!
router bgp 65300
no synchronization
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.10.10.10 remote-as 65300
neighbor 10.10.10.10 update-source Loopback0
neighbor 12.12.12.12 remote-as 65300
neighbor 12.12.12.12 update-source Loopback0
neighbor 19.19.19.19 remote-as 65300
neighbor 19.19.19.19 update-source Loopback0
no auto-summary
!
address-family vpnv4
neighbor 10.10.10.10 activate
neighbor 10.10.10.10 send-community both
neighbor 12.12.12.12 activate

```

```

neighbor 12.12.12.12 send-community both
neighbor 19.19.19.19 activate
neighbor 19.19.19.19 send-community both
exit-address-family
!
!
address-family ipv4 vrf Managment
no auto-summary
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv4 vrf Management
redistribute connected
no auto-summary
no synchronization
exit-address-family
!
ip classless
ip route 192.168.6.0 255.255.255.0 Ethernet1/0
ip route 192.168.15.0 255.255.255.0 192.168.4.2 200
ip route 192.168.16.0 255.255.255.0 192.168.4.2
!
ip bgp-community new-format
ip pim bidir-enable
ip pim rp-address 14.14.14.14
!
snmp-server community public RO
!
line con 0
exec-timeout 0 0
stopbits 1
line aux 0
stopbits 1
line vty 0 4
session-timeout 10
password 7 09584B1B18
login
!
no cns aaa enable
end

```