

Antti-Jussi Julkunen

Konesalien välisen runkoverkkoyhteyden valinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Tietotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
23.5.2011

Tekijä Otsikko	Antti-Jussi Julkunen Konesalien välisen runkoverkkoyhteyden valinta
Sivumäärä Aika	27 sivua + 5 liitettä 23.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikan ko
Suuntautumisvaihtoehto	tietoverkot
Ohjaajat	lehtori Erik Pätynen Line Manager Petri Kukkanen
<p>Tämä työ on tehty selvitykseksi Capgemini Finlandin uuden konesalien välisen runkoverkon erilaisten vaihtoehtojen harkintaa varten. Työssä on pyritty selvittämään teknisten ja taloudellisten näkökulmien kannalta tarkoituksenmukaisin vaihtoehto.</p> <p>Työn alussa on selvitetty valokuitutekniikan ominaisuuksia erityyppisten kuitukaapeleiden pohjalta. Teoriaosuudessa pyritään keskittymään valittavan tekniikan ja kyseisen järjestelmän vaatimusten kannalta olennaisiin ominaisuuksiin. Tekniikan selvityksessä on huomioitu sekä yksittäisten kuituyhteyksien käyttäminen että suuremman kapasiteetin omaavien WDM-tekniikoiden esittelyyn.</p> <p>Työn tuloksena saatiin tehtyä investointiehdotus uuden konesalin runkoverkon yhteydeksi. Selvityksen myötä havaittiin riski erään tarjouksen sisältämien komponenttien sopivuudesta kyseiseen ratkaisuun, jonka myötä pyydettiin uusi tarjous. Tämän ongelman havaitseminen käyttöönottovaiheessa olisi saattanut pahimmillaan viivästyttää uuden konesalin käyttöönottoa huomattavasti.</p>	
Avainsanat	WDM, aktiivinen WDM, passiivinen WDM, konesali, runkoverkko

Author(s) Title	Antti-Jussi Julkunen Selection of backbone infrastructure
Number of Pages Date	27 pages + 5 appendices 23 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Telecommunications
Instructor(s)	Erik Pätynen, Senior Lecturer Petri Kukkanen, Line Manager
<p>This study was done for Capgemini Finland to examine different options for the backbone connection of a new data centre that is being built. The purpose was to find a solution that is economically and technically suitable for Capgemini Finland.</p> <p>This study starts on describing the different features of optical fibers. This study tries to focus on the essential features of optical fiber that need to be taken into consideration when dealing with the system that is intended to be built. The introduction of different technologies notices also the use of dedicated fibers and the use of a more capacity-capable WDM technology.</p> <p>As a result this study made a proposal of investment for the new backbone infrastructure. During this study there was a risk identified in one of the technical solution. If this problem would have occurred during the implementation of the new data centre, this could have postponed the implementation a lot.</p>	
Keywords	WDM, active WDM, passive WDM, data centre, backbone

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Valokuitu	2
2.1	Valokuidut	2
2.2	Signaalin vaimennus valokuidussa	4
2.3	Dispersio	5
2.4	Epälineaariset ilmiöt	6
2.5	Raja-aallonpituus	7
3	Valokuitu runkoverkkoyhteytenä	7
4	WDM-tekniikka	9
4.1	Teoriaa	9
4.2	CWDM-tekniikka	10
4.3	DWDM-tekniikka	11
4.4	Aktiivinen WDM	12
4.5	Passiivinen WDM	13
5	Konesaliyhteys	14
5.1	Nykyinen ratkaisu	14
5.2	Uuden konesalin tarpeet	15
5.3	Palvelutaso	15
6	Tarjouskilpailu	17
6.1	Yleistä	17
6.2	Musta kuitu	17
6.3	Smartoptics AS	18
6.4	MRW Communications	19
6.5	Ekinops	20
6.6	Elisa Oyj	21
7	Runkoverkkoyhteyden valinta	22
8	Yhteenveto	25

Liitteet

Liite 1. Ekinopsin tarjouksen sisältämät komponentit

Liite 2. MRW Communicationsin tarjouksen sisältämät komponentit

Liite 3. Smartopticsin tarjouksen sisältämät komponentit

Liite 4. Cisco Nexus 7000 LAN -runkokytin

Liite 5. Brocade DCX SAN -runkokytin

1 Johdanto

Capgemini Finland Oy omistaa kaksi konesalia pääkaupunkiseudulla. Toisen konesalin tekniikka on vanhentunutta, ja laajennusvara alkaa olla tiensä päässä. Näistä syistä on päätetty rakentaa uusi konesali, jonne vanhentuneen konesalin koko infrastruktuuri on siirrettävä. Konesalin muuttamisen yhteydessä on järkevää selvittää mahdollisuudet uudistaa myös runkoverkko vastaamaan tulevaisuuden tietoliikennekapasiteettia.

Capgemini Finlandin konesaleissa on useita liiketoiminnalle kriittisiä järjestelmiä, joilta odotetaan erittäin suurta käytettävyyttä. Kriittisten järjestelmien yksi toimintavarmuuden elinehto on kahdennetut komponentit. Kahdennetuilla komponenteilla tarkoitetaan fyysisten laitteistojen määrän kaksinkertaistamista, kuten esimerkiksi kahden virtalähteen käyttämistä yhdelle palvelimelle. Konesali voidaan laskea yhdeksi komponentiksi, joka on myös kahdennettava käytettävyyden parantamiseksi. Mikäli kahden konesalin tapauksessa toinen konesali tuhoutuisi osin tai kokonaan, olisi mahdollista jatkaa kriittisten palveluiden tuottamista toisesta konesalista. Yhtenä selkeimpänä komponenttina kahdennetun konesalin arkkitehtuurissa voidaan pitää tietoliikenneyhteyttä, jolla dataa välitetään konesalien välillä eli runkoverkkoa.

Tässä työssä pyritään selvittämään erilaiset vaihtoehdot runkoverkon teknologian valitsemiseksi sekä tekemään ehdotus eri teknologioiden välillä kustannusten, luotettavuuden sekä laajennettavuuden perusteella. Arvioinnin lähtökohtana toimii loppuvuodesta 2010 aloitettu tarjouskilpailu sovittujen kriteerien pohjalta.

Työ rajataan tarjouspyyntöihin vastanneiden yritysten tarjoamien teknisten ratkaisujen mukaan. WDM-tekniikan eli aallonpituuskanavoinnin osalta tehdään vertailua aktiivisen sekä passiivisen CWDM- ja DWDM-tekniikan välillä. Selvityksessä otetaan myös kantaa niin sanotun mustan kuidun sekä palveluna ostettavan yhteyden välillä.

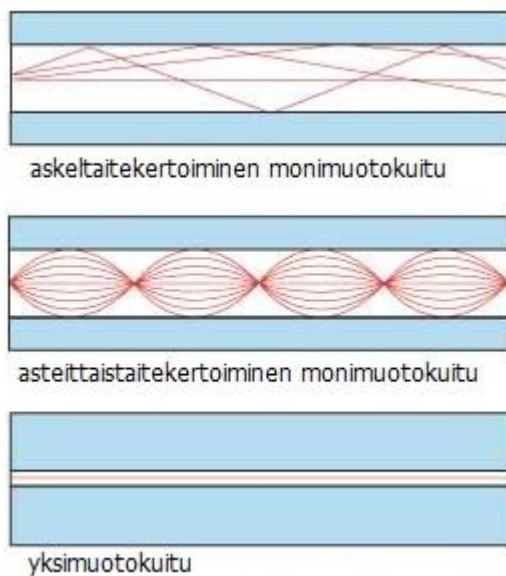
2 Valokuitu

2.1 Valokuidut

Valokuidut luokitellaan karkeasti kolmeen eri ryhmään niiden valon etenemistyyppin mukaan.

- askeltaitekertoiminen monimuotokuitu (Step index multimode fibre)
- asteittaistaitekertoiminen monimuotokuitu (Graded index multimode fibre)
- yksimuotokuitu (Single mode fibre).

Kuviossa 1 havainnollistetaan signaalin etenemistä erilaisissa valokuiduissa.



Kuvio 1. Signaalin eteneminen askeltaite-, asteittaistaite- sekä yksimuotokuidussa [9].

Monimuotokuidut

Monimuotokuitua käytetään nykyisin yleisesti lähiverkoissa sen tarjoaman lyhyemmän kantaman ja edullisempien komponenttien takia. Monimuotokuituja on tällä hetkellä yleisesti tarjolla seuraavissa standardointijärjestö ITU-T G.651 standardoimassa luokassa.

1. OM1 62,5/125 μm
2. OM2 50/125 μm
3. OM3 50/125 μm

Kaapeleilla on erilaisia ominaisuuksia, joista vaimennuksen osalta merkittävin on ytimen paksuus. Kuten edellä olevasta luettelosta nähdään, on monimuotokuiduissa käytetyn ytimen paksuus joko 62,5 μm tai 50 μm . Monimuotokuiduissa lähettimenä voidaan käyttää joko LED- tai laserlähetintä. LED-lähettimien käyttöä vähentää niiden rajoittunut tiedonvälityskapasiteetti. LED-valoa voidaan sytyttää ja sammuttaa siten, että tiedonsiirtonopeudeksi saadaan maksimissaan 622 Mb/s. Monimuotokuidun käyttöä on jatkettu ottamalla lähettimiksi halvempia lasereita, joilla päästään nykyisin jopa 10 Gbit/s tiedonsiirtonopeuteen OM3-luokan kuiduilla.

Signaali etenee monimuotokuiduissa nimensä mukaisesti useassa eri muodossa. Tämä johtuu siitä, että monimuotokuidun ytimen paksuus on suurempi kuin käytettävän valon aallonpituus. Askeltaitekuidussa taitekerroin muuttuu hyppäyksellisesti ytimen ja kuoren rajapinnassa. Valon pulssi levenee edetessään, koska eri pituisen matkan kulkevat valon komponentit etenevät eri nopeudella. Asteittaistaitekuidussa taitekerroin muuttuu ytimessä asteittaisesti kuorta kohti poikkileikkauksen säteen suunnassa. Valo etenee tässäkin kuidussa eri muodoissa siten, että valon nopeus on suurempi reunoilla kuin keskiosassa. Pitemmän matkan kulkevat valonsäteet kulkevat kuitenkin nopeammin. Tästä syystä asteittaistaitekuidun etenemisajoissa ei ole niin suurta eroa kuin askeltaitekuidussa. [1; 9.]

Monimuotokuitujen tiedonsiirtonopeus pitkillä matkoilla ei ole riittävä tässä työssä tutkitun järjestelmän kannalta, joten siirrytään selvittämään yksimuotokuidun ominaisuuksia.

Yksimuotokuidut

Yksimuotokuidun ytimen halkaisija on noin 9 μm , joka on huomattavasti pienempi kuin monimuotokuidussa. Taitekerroinerosta johtuen yksimuotokuidussa etenee vain yksi muoto, jonka takia kaapelissa ei esiinny lainkaan muotodispersiota. Yksimuotokuidussa ilmenee kuitenkin kromaattista dispersiota eli aallonpituuksien erinopeuksista etenemistä, josta kerrotaan lisää luvussa 2.3.

Yksimuotokuituja käytetään runkoverkoissa sekä rakennusten välisissä pidemmissä yhteyksissä. Lähettimenä yksimuotokuiduissa käytetään ainoastaan laserlähettämiä

toisin kuin monimuotokuidussa, jossa voidaan käyttää myös LED-lähettimiä. Yksimuotokuidut luokitellaan seuraaviin luokkiin.

- | | | |
|----------|---------------------|---|
| 1. G.652 | 9/125 μm | Yleisin käytössä oleva yksimuotokaapeli |
| 2. G.653 | 9/125 μm | |
| 3. G.654 | 9/125 μm | |
| 4. G.655 | 9/125 μm | Alhaisen dispersio kuitu |

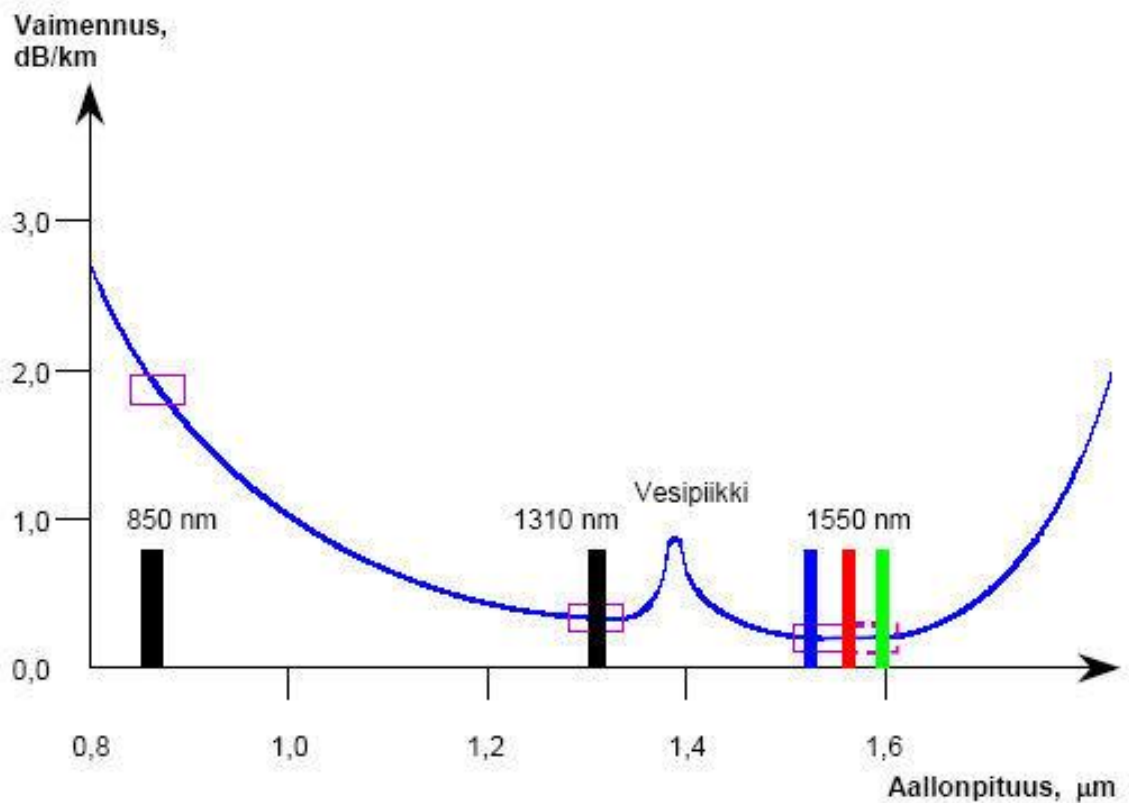
G.652-kuitu jaotellaan useampaan alaluokkaan, joita ovat G.652.A–D. G.652.D-kuitu on niin sanottu vesipiikitön yksimuotokuitu, jossa on pienennetty valmistusprosessin aikana kuituun joutuvien epäpuhtauksien määrää ja saatu näin vaimennus pienemmäksi aallonpituuksilla 1310 nm–1550 nm. Valokuidun valmistuksessa jääneet epäpuhtaudet aiheuttavat absorptiota eli niin sanotun vesipiikin joka on suurimmillaan hieman alle 1483 nm:n aallonpituudella. [1; 12.]

G.655-kuitu soveltuu erityisen hyvin käytettäväksi DWDM-tekniikan käyttämän tiheän aallonpituusalueen kanssa.

Yleisesti käytössä olevaa G.652-luokan kuitua voidaan käyttää koko aallonpituusalueella välillä 1260-1611 nm ottamalla huomioon vesipiikin aiheuttama vaimennus alueella 1310-1550 nm. [1; 10; 13.]

2.2 Signaalin vaimennus valokuidussa

Valokuidussa tapahtuu signaalin vaimenemista huomattavasti vähemmän kuin kuparikaapelissa, mikä johtuu kuparikaapelissa olevasta resistanssista, joka vastustaa signaalin etenemistä. Valokuitukaapelissa signaali etenee valon aallonpituutena törmäten valokuidussa oleviin epäpuhtauksiin, jotka aiheuttavat valon imeytymistä eli absorptiota. Toinen syy vaimenemiseen on sironta. Sironta tarkoittaa kuidussa olevien mikroskooppisten taitekerroinerojen aiheuttamaa heijastumista.



Kuvio 2. Signaalin vaimennus kuidussa eri aallonpituuksilla [1].

Mikäli käytetään vesipiikitöntä valokuitua, voidaan valita käytettävät aallonpituudet suhteellisen vapaasti koko aallonpituusalueelta. Vanhemmissa operaattorien yleisesti käyttämissä valokuiduissa on käytössä valokuituja joissa on vesipiikki, joten aallonpituuksien käyttö täytyy sovittaa kuvion 2 mukaisesti. Vesipiikki 1310 nm ja 1550 nm aallonpituuksien välissä johtuu kaapelin valmistuksessa siihen jääneistä hydroksidi molekyyleistä jotka heijastavat huonosti valoa. [1; 10.]

2.3 Dispersio

Kromaattinen dispersio

Yksimuotokuidun merkittävin dispersion eli kuluaikaeron aiheuttaja on kromaattinen dispersio, joka koostuu materiaalidispersiosta sekä aaltojohdedispersiosta. Kromaattinen dispersio tarkoittaa eripituisten aallonpituuksien erinopeuksista etenemistä valokuidussa. Kromaattinen dispersio aiheuttaa vastaanotettavan signaalin pyöristymistä ja levenemistä.

Dispersion yksikkö on $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$, jonka lukuarvo voi olla sekä positiivinen että negatiivinen. Negatiivisella dispersiolla tarkoitetaan pidempien aallonpituuksien nopeampaa etenemistä verrattuna lyhyempiin aallonpituuksiin ja positiivisella päinvastoin. G.652-kuidun dispersion nollakohta on 1310 nm:n alueella, josta se kasvaa aallonpituuden kasvaessa 1550 nm:n kohdalle noin 18–20 $\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$. ITU-T-suosituksen G.655-kuidussa dispersion nollakohta on siirretty aallonpituudelle 1550 nm taitekerroinprofiilia muuttamalla. Kromaattinen dispersio on kuidun materiaaliominaisuus, joka ei muutu merkittävästi kaapeloinnin tai käytön aikana. [1.]

Polarisaatiomuotodispersio

Valo etenee valokuidussa kahdessa eri polarisaatiomuodossa. Eri polarisaatioissa etenevillä valon komponenteilla on hieman eri suuret nopeudet. Tämä aiheuttaa signaalin kulkuaikaeroa eli dispersiota. Ilmiö aiheutuu kuidun mekaanisista ominaisuuksista sekä ympäristöstä. Polarisaatiovaimennus on otettava huomioon yli 2,5 Gbit/s tiedonsiirtonopeuksilla sekä analogisissa kaapeli-tv-verkoissa. [1.]

2.4 Epälineaariset ilmiöt

Epälineaariset ilmiöt johtuvat luonnollisista valon ja väliaineen ominaisuuksista atomitasolla, kun välimatkat tai signaalin lähtöteho kasvavat. Yleisesti ottaen käyttäjän ei tarvitse ottaa epälineaarisia ilmiöitä huomioon, koska ne on huomioitu jo järjestelmän suunnittelussa. Merkittävimmät epälineaariset ilmiöt ovat:

- Brillouin-sironta
- Raman-sironta
- itseisvaihemodulaatio (Self Phase Modulation, SPM)
- neljän aallon sekoitus (Four Wave Mixing, FWM).

Brillouin-sironta aiheuttaa signaalin kulkusuuntaan nähden vastakkaisen sironneen signaalin, jonka taajuus on alkuperäistä signaalia hieman pienempi. Tietyn kynnystehon jälkeen suurin osa ylimääräisestä tehosta siirtyy sironneeseen vastakkaisuuntaiseen valotehoon. Kynnystehoa voidaan nostaa käyttämällä leveämpää signaalin spektriä optisessa lähettimessä.

Raman-sironta tapahtuu samaan suuntaan kuin valo etenee, jolloin se siirtää tehoa kanavien välillä aiheuttaen ylikuulumista. Raman-sironta esiintyy suuremmilla lähetystehoilla kuin Brillouin-sironta.

Itseisvaihemodulaatio (SPM) johtuu suuren lähetystehon tuottamasta taitekertoimen muutoksesta jolloin pulssien aallonpituusspektri levenee. Spektrin levenemisen selittää pulssin keskikohdan ajallisen jakauman hidastumisesta ja etureunan sekä takareunan ajallisen jakauman nopeutumisesta. Tätä ilmiötä voidaan kompensoida positiivisella kromaattisella dispersiolla, jossa spektrin etureuna ja takareuna kapenee.

Neljän aallon sekoitus (FWM) tapahtuu, kun lähekkäin olevien kanavien aallonpituudet sekoittuvat keskenään. Tämä aiheutuu kahden tai useamman lähetettävän aallonpituuden aiheuttamasta ylimääräisestä aallonpituudesta, mikä saattaa häiritä varsinaista käytössä olevaa aallonpituutta aiheuttaen signaali-kohinasuhteen pienenemistä. [2.]

2.5 Raja-aallonpituus

Yksimuotokuidun raja-aallon pituus on se pienin aallonpituus, jolla signaali etenee yhdessä muodossa. Pienemmän aallonpituuden omaava signaali muuttaa yksimuotokuidun ikään kuin monimuotokuiduksi. Käytettävän signaalin aallonpituudeksi pitää valita aina huomattavasti suurempi aallonpituus kuin kaapelin raja-aallonpituus on. [2.]

3 Valokuitu runkoverkkoyhteytenä

Käytettäessä yhtä tai useampaa valokuitua konesalien runkoyhteyksien eli asiakaslaitteiden välillä puhutaan niin sanotusta mustasta kuidusta. Tällä tarkoitetaan kuidun tarjoamaa siirtokapasiteettia konesalien runkoyhteyksien välillä siten, että yksittäinen kuitu välittää vain yhden yhteyden asiakaslaitteiden välillä. Operaattorin tarjoamalla kuituyhteydellä, joka on teknisesti G.652-tasosta päästään tiedonsiirtonopeuteen 10 Gbit/s yhtä kuituparia kohden. Mustan kuidun tapauksessa konesalin runkoyhteyksiin valitaan sopivat lähetin-vastaanottimet, joilla on riittävä

lähtöteho kompensoimaan kuitulinkin aiheuttama vaimennus. Kuituyhteyden vaimennuksen määrittämiseksi voidaan käyttää taulukon 1 mukaisia vaimennusarvoja.

Taulukko 1. Yksimuotokuidun tärkeimmät ominaisuudet [1].

Yksimuotokuidut	Standardikuitu (SM) (ITU-T G.652)	Alhaisen dispersion kuitu (ITU-T G.655)
Vaimennus		
1285...1330 nm	≤ 0,43 dB/km	-
1525...1575 nm	≤ 0,28 dB/km	≤ 0,28 dB/km
Kromaattinen dispersio		
1285...1330 nm	≤ 3,5 ps/(nm·km)	-
1530...1565 nm	≤ 18 ps/(nm·km)	0,1...6 ps/(nm·km)
Raja-aallonpituus	≤ 1260 nm	≤ 1470 nm

Tässä työssä tutkittavan konesalien välinen etäisyys kuitulinkkiä pitkin tulee olemaan alle 20 km, joten käytetään kuitulinkin budjetin laskennassa 20 km:n vaimennusarvoa. Yksimuotokuidun vaimennus on laskennallisesti maksimissaan ≤ 0,43 dB/km, joten tässä kokonaisvaimennus tulee olemaan 8,6 dB. Jokainen jatkos sekä liitos lisää hieman vaimennuksia. Jatkosvaimennus on tyypillisesti noin 0,2 dB mutta nykyisin päästään jopa alle 0,1 dB:n jatkosvaimennuksiin. Liitosvaimennus eli kuidun ristikytkentä riippuu käytettävistä liittimistä mutta sille voidaan laskea 0,2-0,3 dB:n vaimennus. On turvallista laskea kuitulinkille noin 3 dB lisää vaimennusta jatkoksista ja liitoksista. Näin ollen päästään konesalien välisen kuitulinkin vaimennusbudjettiin, joka on näillä lukuarvoilla maksimissaan 11,6 dB.

Lähetin-vastaanotinmoduuleiden tyyppimerkinnöissä on yleisesti käytössä maksimikantama mutta on varmempaa selvittää moduulin vahvistusarvo ennen lopullista valintaa. Käytettävän moduulin signaalin vahvistuksen lisäksi on hyvä myös vertailla eroja vastaanottimen herkkyydessä.

Taulukossa 2 esitetään erään laitevalmistajan tarjoamia tiedonsiirtonopeuteen 10 Gbit/s kykeneviä lähetin-vastaanottimia. Asiakaslaitteesta riippuen on yleensä käytössä aallonpituudet 850 nm, 1310 nm tai 1550 nm.

Taulukko 2. SFP+-tyyppisiä moduuleita ja niiden ominaisuuksia [3].

Cisco SFP+	Wavelength (nm)	Cable Type	Core Size (microns)	Modal Bandwidth (MHz·km) ^{***}	Cable Distance*
Cisco SFP-10G-SR	850	MMF	62.5 62.5 50.0 50.0 50.0	160 200 400 500 2000	26m 33m 66m 82m 300m
Cisco SFP-10G-LRM	1310	MMF SMF	62.5 50 50 G.652	500 400 500 -	220m 100m 220m 300m
Cisco FET-10G	850	MMF	50 50	500 2000	25m 100m
Cisco SFP-10G-LR	1310	SMF	G.652	-	10km
Cisco SFP-10G-ER	1550	SMF	G.652	-	40km ^{**}

Kuten taulukosta voidaan havaita, myös monimuotokuiduilla päästään tiedonsiirtonopeuteen 10 Gbit/s lyhyillä matkoilla.

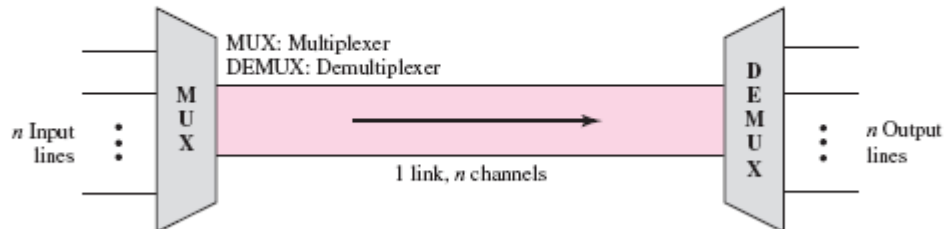
4 WDM-tekniikka

4.1 Teoriaa

WDM-tekniikka eli aallonpituuskanavointi jaotellaan yleensä kahteen eri ratkaisuun, jotka ovat CWDM (Coarse Wavelength-Division Multiplexing) ja DWDM (Dense Wavelength-Division Multiplexing). Näiden lisäksi on käytetty termiä BWDM (Bi-Directional Wavelength-Division Multiplexing) joka on ensimmäinen versio WDM-tekniikasta. Ensimmäiset ratkaisut käyttivät kahta aallonpituutta 1310 nm ja 1550 nm, jotta signaalit eivät häiritsisi toisiaan. [11.]

WDM-tekniikka tarkoittaa useamman eri aallonpituuden käyttämistä yhdellä kuituyhteydellä, jota kuvataan kuviossa 3. Käytettävien kanavien määrä riippuu valittavasta tekniikasta sekä laitevalmistajan ratkaisusta laajennettavuuden osalta.

Figure 6.1 *Dividing a link into channels*



Kuvio 3. WDM-tekniikan avulla voidaan kuljettaa useampi kanava yhdessä kuidussa [4].

4.2 CWDM-tekniikka

CWDM-tekniikka tarkoittaa harvaa aallonpituuskanavointia. ITU-T 694.2 määrittelee CWDM-kanavien aallonpituudeksi 1270 nm–1610 nm 20 nm:n välein, jolloin kanavien lukumäärä on 18. Käytännössä aallonpituudet, jotka ovat lähellä 1483 nm:ä, eivät ole käyttökelpoisia johtuen valokuidun G.692 niin sanotun vesipiikin aiheuttamasta vaimennuksesta. Mikäli tiedetään, että käytettävä kuituyhteys on rakennettu G.692.D standardin kuidulla, voidaan käyttää kaikkia aallonpituuksia suhteellisen toimintavarmasti. CWDM mahdollistaa jopa kuudentoista eri aallonpituuden tai kanavan käyttämistä yhdessä kuitulinjassa riippuen kuidun laadusta. [1; 12.]

Käytännössä aallonpituudet kannattaa valita mieluummin siten, että vältetään suuremman vaimennuksen omaavien aallonpituuksien käyttöä. Nämä aallonpituudet kannattaa varata kapasiteetin kasvun varalle myöhempää käyttöä varten tai esimerkiksi testausta varten, mikäli halutaan turvallisuuden kannalta eriyttää liikenne tuotantoverkon liikenteestä.

CWDM-tekniikan hyviä puolia on karkea kanavajako, jonka ansiosta voidaan käyttää suurempaa aallonpituusalueita sekä välttää signaalin ylikuulumista vierekkäisten

kanavien kesken. Karkeamman kanavajaon myötä myös käytettävien lähettimien laserit voidaan toteuttaa halvemmalla. Mikäli on tarvetta useammalle kuin 16 kanavalle, ei CWDM-ratkaisu ole riittävä.

4.3 DWDM-tekniikka

DWDM eli tiheä aallonpituuskanavointi mahdollistaa suuremman määrän käytettäviä kanavia kuin CWDM. DWDM-tekniikan käyttämä alue on noin 1530 nm–1610 nm riippuen siitä, mitkä aallonpituusalueet ovat käytössä. Nykyisin on olemassa jopa 0,1 nm:n aallonpituusväliä käyttäviä DWDM-järjestelmiä, mikä tarkoittaa huikean 160 kanavan käyttämisen yhden kuitulinjan sisällä. Tämä tarkoittaa jopa linkkinopeutta 1600 Gbit/s kokonaisuudessaan. Normaalisti DWDM-laittevalmistaja on valinnut esimerkiksi taulukossa 3 esitetyn C-alueen kanavat oman DWDM-laitteensa käyttöön. [4; 6; 8; 11.]

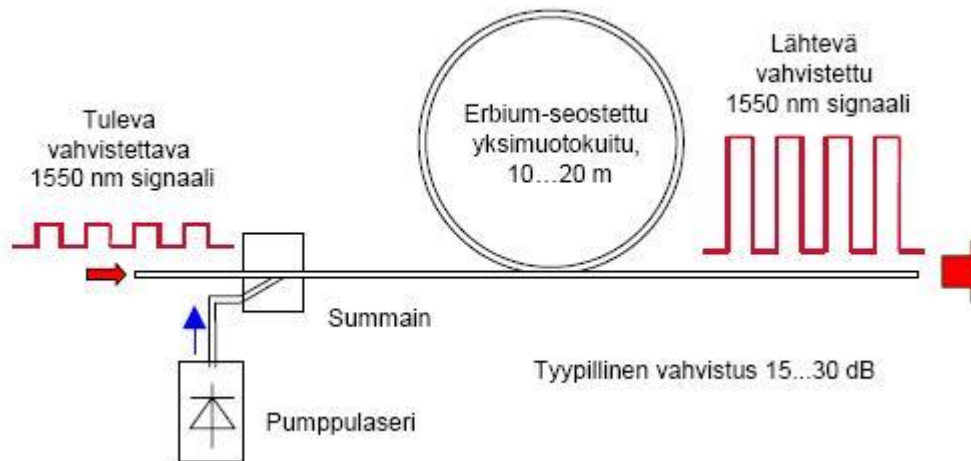
Taulukko 3. DWDM-kanavia 100 GHz:n kanavajaolla [12].

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)					
<i>ITU Grid: C-Band, 100 GHz Spacing</i>					
Channel (#)	Frequency (GHz)	Wavelength (nm)	Channel (#)	Frequency (GHz)	Wavelength (nm)
1	190100	1577.03	37	193700	1547.72
2	190200	1576.20	38	193800	1546.92
3	190300	1575.37	39	193900	1546.12
4	190400	1574.54	40	194000	1545.32
5	190500	1573.71	41	194100	1544.53
6	190600	1572.89	42	194200	1543.73
7	190700	1572.06	43	194300	1542.94
8	190800	1571.24	44	194400	1542.14
9	190900	1570.42	45	194500	1541.35
10	191000	1569.59	46	194600	1540.56
11	191100	1568.11	47	194700	1539.77
12	191200	1567.95	48	194800	1538.98
13	191300	1567.13	49	194900	1538.19
14	191400	1566.31	50	195000	1537.40
15	191500	1565.50	51	195100	1536.61
16	191600	1564.68	52	195200	1535.82
17	191700	1563.86	53	195300	1535.04
18	191800	1563.05	54	195400	1534.25
19	191900	1562.23	55	195500	1533.47
20	192000	1561.42	56	195600	1532.68
21	192100	1560.61	57	195700	1531.90

22	192200	1559.79	58	195800	1531.12
23	192300	1558.98	59	195900	1530.33
24	192400	1558.17	60	196000	1529.55
25	192500	1557.36	61	196100	1528.77
26	192600	1556.56	62	196200	1527.99
27	192700	1555.75	63	196300	1527.22
28	192800	1554.94	64	196400	1526.44
29	192900	1554.13	65	196500	1525.66
30	193000	1553.33	66	196600	1524.89
31	193100	1552.52	67	196700	1524.11
32	193200	1551.72	68	196800	1523.34
33	193300	1550.92	69	196900	1522.56
34	193400	1550.12	70	197000	1521.79
35	193500	1549.32	71	197100	1521.02
36	193600	1548.52	72	197200	1520.25

4.4 Aktiivinen WDM

Aktiivisessa WDM-ratkaisussa asiakaslaitteille eli runkokytkimille voidaan valita lyhyen kantaman lähetin-vastaanottimet, jotka käyttävät esimerkiksi 1310 nm:n aallonpituutta. Signaali sovitetaan oikeaan aallonpituuteen WDM-järjestelmässä ja syötetään kuituyhteyteen. Näin kaikki asiakaslaitteisiin asennetut lähetin-vastaanottimet voivat olla samanlaisia ja tarvittaessa laitekohtaisesti keskenään vaihdettavia. Aktiivinen WDM tarjoaa myös mahdollisuuden valvoa linkin tilaa sekä säätää vaimennusta ja dispersiota. Useissa laitevalmistajien toimittamissa ratkaisuissa on myös 3R-valmius eli signaalin lähetys (re-transmit), ajoitus (re-time) ja muokkaus (re-shape). Tällä ratkaisulla voidaan pitkistä välimatkoista ja korkeista tiedonsiirtonopeuksista johtuvia signaalin muutoksia kompensoida. Kuviossa 3 on esitetty periaatekuva EDFA-vahvistimesta (Erbium Doped Fiber Amplifier), jota käytetään signaalin vahvistamiseksi pitkillä välimatkoilla. [11.]



Kuvio 4. Optisen vahvistimen periaate [1].

Aktiivikokoonpanossa käytetään transpondereita eli linjakortteja, jotka muuttavat WDM-tekniikan käyttämät eri aallonpituudet niin sanotuksi harmaaksi valoksi. Muunnoksen aikana WDM-aallonpituus muutetaan elektroniseksi signaaliksi ja takaisin toiseen aallonpituuteen. Normaalisti valokuitutekniikassa käytössä olevat aallonpituudet löytyvät taulukosta 2, josta voidaan huomata käytettävien aallonpituuksien ns. harmaan valon olevan 850 nm, 1310 nm ja 1550 nm riippuen käytettävästä valokuitutyyppistä ja linkin pituudesta.

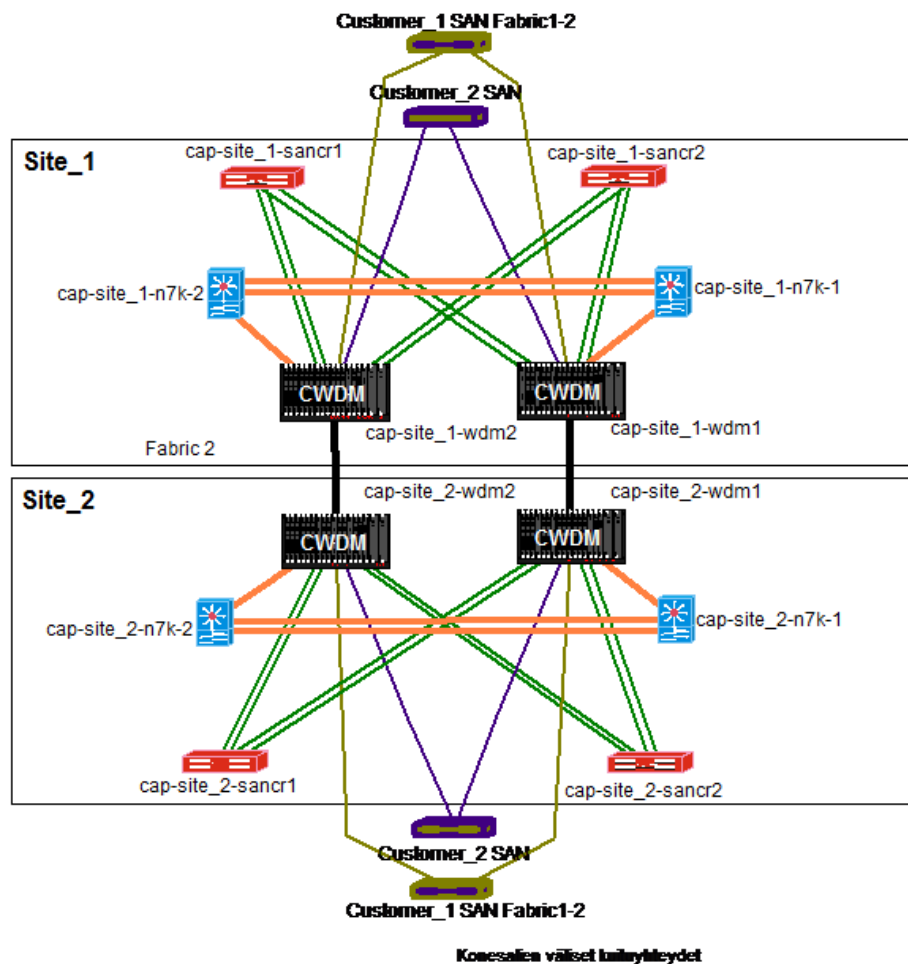
4.5 Passiivinen WDM

Passiivinen WDM-ratkaisu on yksinkertaisin tapa toteuttaa useamman aallonpituuden käyttäminen kuitulinkissä. Asiakslaitteen lähetin-vastaanottimet valitaan siten, että ne pystyvät vastaanottamaan WDM-laitteen käyttämiä aallonpituuksia, jotka taas välitetään suoraan kuituyhteydelle valituilla aallonpituuksilla. Passiivista WDM-yhteyttä ei voida valvoa mitenkään itse WDM-laitteella, vaan valvonta on toteutettava asiakslaitteessa. Kuten nimikin kertoo, laitteessa ei itsessään ole mitään aktiivista komponenttia vaan se ainoastaan välittää useamman eri aallonpituuden samaan kuitulinjaan käyttäen signaalien summaamiseen prismaa. Periaatteessa voitaisiin puhua suotimesta, joka suodattaa eri aallonpituudet taitekertoimen mukaan eri ulostuloihin ja päinvastoin.

5 Konesaliyhteys

5.1 Nykyinen ratkaisu

Capgemini Finlandin konesalien välinen tiedonsiirto on toteutettu nykyisin yhdysvaltalaisen MRW Communicationsin toimittamalla CWDM-ratkaisulla kuvion 5 mukaisesti. Käytössä olevalla ratkaisulla on tultu hyvin toimeen tähän asti, eikä siinä ole havaittu suurempia ongelmia. Nykyinen ratkaisu on siitä erikoinen, että siihen on liitettävissä myös aktiivisia komponentteja, mikäli käyttöön haluttaisiin esimerkiksi aktiivinen DWDM.



Kuvio 5. Capgemini Finlandin konesaliratkaisun periaatekuva.

Laitteistossa on käytössä erilaisia linjakortteja erilaisiin tarkoituksiin ja eri asiakkaiden käyttöön. Kokoonpanoon kuuluu myös hallintaa varten oma moduulinsa, jolla voidaan tarkkailla laitteen tilaa. Kyseinen hallintamoduuli ei kuitenkaan vastaa aktiivisen ratkaisun mukanaan tuomaa mahdollisuutta signaalitasojen säätämiseen.

Nykyinen järjestelmä päivitetään uuteen, koska konesalimuuton aikana pitää runkoyhteyden olla toiminnassa koko ajan. Vanhaa järjestelmää ei kannata enää ulottaa uuden konesalin infrastruktuuriin, joten kaikkien komponenttien uusinta on järkevintä, mikä myös antaa aikaa uuden runkoyhteyden testaamiseen ennen varsinaista käyttöönottoa.

5.2 Uuden konesalin tarpeet

Uuden konesalin myötä ollaan etsimässä ratkaisua, jossa olisi mahdollisuus kapasiteetin laajentamiseen ilman suuria laitteiston vaihdosta johtuvia kustannuksia tai käyttökatkoja. Konesalien välisen yhteyden pitää tukea sekä LAN- että SAN-yhteyksiä samalla kokoonpanolla, joskin valittavan toimittajan tarjoamiin ratkaisuihin ei tässä vaiheessa ole annettu tarkkoja ohjeita.

Kapasiteettitarve, jolla voidaan tarjota nykyinen palvelutaso sekä mahdollistaa suurempien käyttöpiikkien aikainen toiminta, on LAN-yhteydelle 4 x 10 Gbit/s ja SAN-yhteydelle 4 x 8 Gbit/s. Uuden ja käyttöön jäävän konesalin välinen kuituyhteys on Elisan toimittaman tarjouksen perusteella maksimissaan 20 km. Tämän tiedon mukaan laskettiin luvussa 3 kuitulinkin vaimennuksen olevan 11,6 dB. [7].

5.3 Palvelutaso

Palvelutasolla tarkoitetaan tietyn palvelun saatavuuden mittaamista erikseen määritellyn tason mukaisesti. Konesalien välisessä yhteydessä ja siten myös tietoliikenneyhteyksissä on erikseen määritellyn saatavuuden oltava Capgeminin tarjoaman palvelun mukaisesti 100 %. Tämä tarkoittaa, että missään vaiheessa ei saa tulla tilannetta jossa tietoliikenneyhteys konesalien välillä ei olisi käytettävissä. Saatavuuden turvaamiseksi konesalien välinen runkoyhteys on kahdennettu käyttämällä kuitureitteinä kahta maantieteellisesti eriävää kuitureittiä. Kahdella

toisistaan poikkeavalla reitillä pyritään turvaamaan tietoliikennepalveluiden toimivuus, mikäli esimerkiksi rakennustyön takia kuitu katkeaisi jossain välissä kuitureitillä.

Mikäli käytettävissä olevista kuitureiteistä toinen olisi hetkellisesti poissa käytöstä, on olemassa mahdollisuus siihen, että samaan aikaan tapahtuisi laiterikko tai varayhteyden kuidun katkeaminen. Vastaavanlaisen tilanteen riskin toteutumista voidaan pienentää sopimalla kuituyhteyden toimittajan kanssa erillinen palvelutaso. Palvelutasossa määritetään, millä aikavälillä voidaan tehdä vikailmoitus ja missä ajassa korjaustoimenpiteisiin on ryhdytty. Näiden lisäksi sovitaan viankorjausaika, jonka sisällä vian pitäisi olla korjattu. Esimerkkinä palvelutasosta voisi olla seuraavanlainen kokoonpano.

- palveluaika 24 h
- vasteaika 30 minuuttia
- korjausaika 6 tuntia.

Esimerkki kuvaa sopimusta, jossa palveluntarjoaja ottaa vikailmoituksia vastaan joka päivä kellon ympäri. Vikatilanteen ilmetessä ja asiakkaan siitä informoidessa pitää palveluntarjoajan aloittaa vianselvitys 30 minuutin sisällä ilmoituksesta ja korjata vika kuuden tunnin sisällä.

Alcoa Fujikuran tutkimuksen mukaan valokuitukaapelissa ilmenee palvelun estävä vika 2,13 kertaa vuodessa tuhatta asennettua kaapelikilometriä kohden. Saman tutkimuksen mukaan kaapelivian korjaukseen käytettävä aika on keskimäärin noin kahdeksan tuntia. Tämän perusteella voidaan olettaa, että uuden konesalin kuitulinkissä ilmenee kaapelivika kerran kahdessakymmenessä vuodessa. [14.]

Palvelutasosopimukseen liitetään myös sanktioita, mikäli vikatilannetta ei saada korjattua sovituksessa aikataulussa. Sanktioiden suuruus on prosentuaalinen osuus palvelun hinnasta. Konesaliyhteyden toisen kuitureitin vikatapauksessa voidaan soveltaa palvelutasosopimuksen sanktiota, vaikka varayhteys olisi käytettävissä eivätkä Capgeminin asiakkaat huomaisi palvelussaan palvelutason heikkenemistä. Kyseessä on tilanne, jossa Capgeminillä on riski omien asiakkaidensa palvelutasosopimusten rikkomisesta, mikäli toinenkin runkoyhteys vikaantuu. Siirtämällä taloudellista riskiä

kuituyhteyden tarjoajalle pyritään nopeuttamaan vikatilanteen korjaamista sekä pienentämään oman palvelutason alenemisen riskiä. Nopeammalla vaste- ja viankorjausajalla on luonnollisesti yhteyden hinnoittelussa merkitystä. Sanktion suuruus riippuu myös siitä kuinka paljon palvelutaso on laskenut sopimukseen kirjatusta vaste- tai korjausajasta.

Kokonaisuudessaan runkoyhteyden sanktiot palveluntarjoajalta eivät ole missään nimessä suuruusluokaltaan samankaltaisia kuin Capgeminin sanktiot omien asiakkaidensa suuntaan mikäli konesaliyhteydessä sattuu palvelutasorikkomus.

6 Tarjouskilpailu

6.1 Yleistä

Erilaisten vaihtoehtojen tarjouskilpailutus on aloitettu vuoden 2010 syksyllä pyytämällä Elisa Oyj:ltä sekä TDC:ltä tarjous konesalien välisen kuituyhteyden toimittamista kahta eri maantieteellistä reittiä pitkin. Näitä kuitureittejä käytetään jokaisen eri vaihtoehdon osalta. Elisalta pyydettiin myös tarjous kokonaan palveluna ostettavasta yhteydestä eri kapasiteettimäärillä, valittavan tekniikan jääden avoimeksi.

Laitetoimittajilta eli Smartopticsilta, MRW Communicationsilta sekä Ekinopsilta pyydettiin tarjouksia Elisan arvioiman kuituyhteyden pituuden mukaan siten, että jokainen toimittaja sai tarjota parhaaksi näkemänsä ratkaisun.

Capgeminiillä on käytössä LAN-runkokytkiminä liitteessä 4 esitelty Cisco Nexus 7000 -sarjan kytkimet, joihin Ciscolla ei ole tarjolla komponentteja passiivisen CWDM:n aallonpituuksille. Passiiviselle DWDM-yhteydelle on saatavilla X2-moduuleita. SAN-verkon runkokytkimet ovat malliltaan liitteen 5 Brocade DCX, joihin on saatavilla sekä passiivisen että aktiivisen ratkaisun mukaisia SFP-moduuleita.

Aktiivista CWDM- tai DWDM-ratkaisua varten Ciscolla on tarjota moduuleita sekä SFP+-että X2-malleissa.

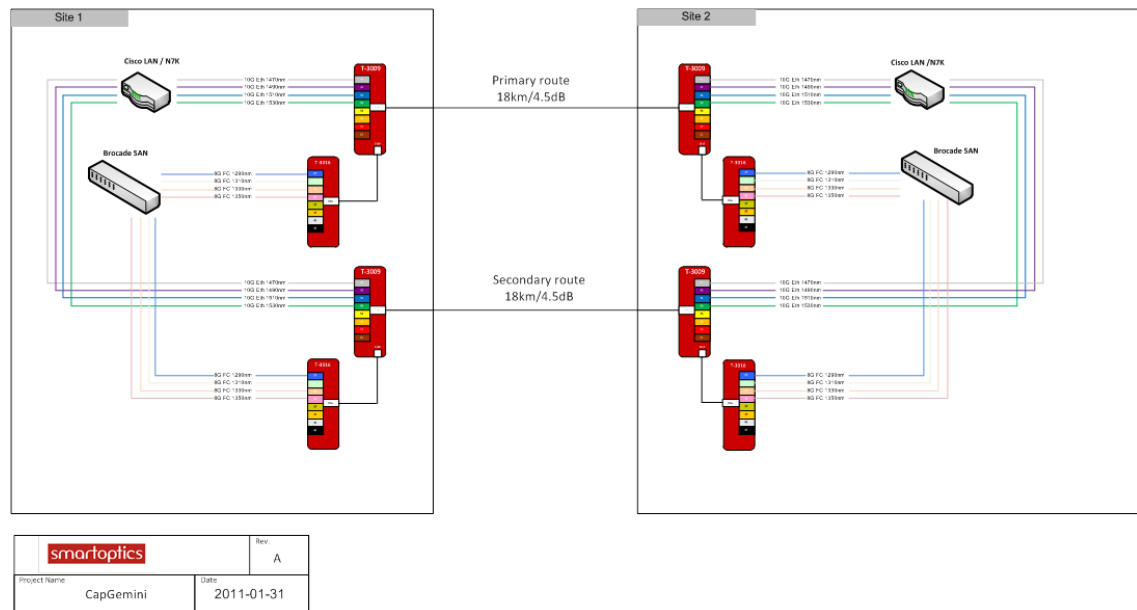
6.2 Musta kuitu

Pelkän mustan kuidun kustannukseksi saadaan Elisan toimittaman kuituyhteyden kuukausikustannus sekä kertakustannuksena kuituyhteyden rakentaminen konosalien välille. Käytettäviin asiakaslaitteisiin eli LAN- ja SAN-runkokytkeisiin on saatavilla moduulit joilla saavutetaan 40 km:n välimatka sekä 10 Gbit/s kapasiteetti.

Kapasiteettitarve konosalien välisille yhteyksille on kokonaisuudessaan luokkaa 4 x 10 Gbit/s LAN-yhteyksille sekä 2 x 8 Gbit/s SAN- yhteydelle. Tämä tarkoittaisi vähintään kahdeksan kuituyhteyden vuokrausta per kuitureitti eli yhteensä 16 kuitulinjaa, kun otetaan huomioon varareitti. Elisan antamasta tarjouksesta voidaan havaita, että kuukausikustannus tulee erittäin kalliiksi joten tätä vaihtoehtoa ei ole selvitetty enempää.

6.3 Smartoptics AS

Smartoptics on norjalainen optisia WDM-ratkaisuja valmistava yritys. Yrityksen tarjous liitteessä 3 pohjautuu passiiviseen CWDM-ratkaisuun, jonka laajennettavuus on maksimissaan 16 kanavaa. Tarjouksessa on esitetty kokoonpanoksi neljää 8 + 1 -kanavaista CWDM-laitetta, joista jokaisesta voidaan kuvion 6 mukaisesti laajentaa toiseen 8-kanavaiseen CWDM-laitteeseen kokonaiskapasiteetin ollessa täten 16 kanavaa. Tarjoukseen on laskettu jokaista CWDM-laitetta kohden 4 SFP-moduulia käytettäväksi SAN-yhteyksiä varten nopeuksilla 8/4/2/1 Gbit/s. Samaten tarjoukseen on laskettu jokaista CWDM-laitetta kohden 4 SFP+-moduulia 10 Gbit/s Ethernet-liikennettä varten. Tarjoukseen kuuluu lisäksi 19 tuuman asennuspaneeli sekä kolmen vuoden laajennettu takuu ja laitevaihdotakuu laiterikkojen varalle.



Kuvio 6. Smartoptics AS:n tarjoama kokoonpano CWDM ratkaisulla [5].

Smartopticsin tarjouksessa pitää ottaa huomioon, että kaikille runkokytkimille ei ole saatavissa laitevalmistajan tukemaa lähetin-vastaanotinta. Smartoptics on kertomansa mukaan toimittanut vastaavia ratkaisuja käyttäen omia SFP+-moduuleita, jotka toimivat Ciscon runkokytkimissä. Kyseiset SFP+-moduulit ovat käytössä yrityksen toimittamassa ratkaisussa Juutinrauman sillan ylittävässä yhteydessä. [5.]

Smartopticsin tarjouksessa havaittiin mahdollinen kuitulinkin budjetin alimitoitus, kun laskettiin luvun 5.2 mukainen vaimennusarvo tarjottavan järjestelmän läpimenovaimennuksen kanssa. Käytettäessä linkkibudjettia 11,6 dB sekä 1510 nm aallonpituutta käyttävän CWDM-laitteen liitäntävaimennusta saadaan kokonaisvaimennukseksi noin 15 dB. Tarjoukseen lasketun SFP+-moduulin lähtötason on ilmoitettu olevan 16 dB, joka on lähellä kokonaisvaimennusta.

Liiallisen vaimennuksen kompensoimiseksi pyydettiin tarjousta suuremman tehon SFP+-moduulista, jonka hintaero ei kuitenkaan ollut merkittävä kokonaishinnan osalta.

6.4 MRW Communications

MRW Communications on yhdysvaltalainen optisia tietoliikennetarjous tarjoava kansainvälinen yritys, joka on perustettu 1988.

MRW Communicationsin tarjous liitteessä 2 perustuu aktiiviseen DWDM-ratkaisuun käyttäen ratkaisussa kuvion 6 mukaista LambdaDriver 1600-kehikkoa. Heidän tarjouksensa sisältää molempiin konesaleihin kaksi kehikkoa, joiden välityskyky on tarjouksen mukaisilla komponenteilla 16 kanavaa. Moduuleiksi on tarjottu XFP-tyyppisiä 10 Gbit/s Ethernet- sekä 2/4/8 Gbit/s Fiber Channel -moduuleita SAN-yhteyttä varten. Aktiiviseen ratkaisuun kuuluu myös hallintamoduuli, jonka avulla linkkien tilaa voidaan valvoa sekä tarvittaessa lähettää hälytyksiä.

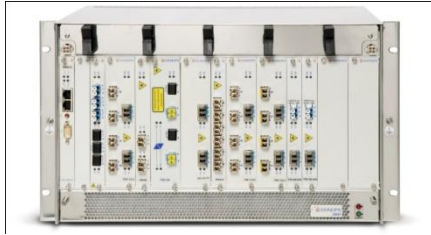
MRW Communicationsin ratkaisu toimii suoraan eri asiakaslaitteiden kanssa, koska kyseessä on aktiivinen järjestelmä, jonka runkokytkimiin liittämä aallonpituus on harmaata valoa.



Kuvio 7. MRW LambdaDriver 1600P kehikko [6].

6.5 Ekinops

Ekinops on vuonna 2003 perustettu optiseen tiedonsiirtoon keskittynyt laitevalmistaja, joka keskittyy operaattori ja yksityisyritysten tiedonsiirtolaitteiden suunnitteluun ja myyntiin. Tarjouksessa on käytetty kuvion 8 aktiivista DWDM-ratkaisua Ekinops 360.



Kuvio 8. Ekinops 360 600C -kehikko [8].

Tarjoukseen liitteessä 1 sisältyy DWDM kehikko, hallintamoduuli, 10 Gbit/s Ethernet-linjakortteja, 8 Gbit/s Fiber Channel-linjakortteja, etuvahvistin sekä dispersion kompensointiyksikkö, virtalähteet, optinen vahvistin ja asennuskehikot. Näiden lisäksi on tarjottu runkokytkimiin XFP-tyyppiset 10 Gbit/s -moduulit sekä 8 Gbit/s Fibre Channel-moduulit. Kokoonpano on laskettu 80 km:n linkille sekä siinä on käytettävissä 40 kanavaa nopeuksille 10 Gbit/s tai 8 Gbit/s.

MRW Communicationsin tarjouksessa ehdotettu kokoonpano on suoraan yhteensopiva Ciscron runkokytkimien kanssa.

6.6 Elisa Oyj

Elisa Oyj on suomalainen teleoperaattori ja viestintäpalvelujen tarjoaja joka toimii Pohjoismaiden lisäksi Baltian maissa ja Venäjällä.

Elisan tarjous on toteutettu Nokia Siemens Networksillä aktiivisella DWDM-tekniikalla. Elisa tarjoaa palveluna nopeudella 10 Gbit/s toimivia yhteyksiä konesalien välille alkaen peruskokoonpanosta 4 x 10 Gbit/s. Kokoonpano on laajennettavissa aina neljän yhteyden lisäyksillä, ja yhteydet on kahdennettavissa kahta eri maantieteellistä reittiä käyttäen. 10 Gbit/s -yhteydet on vaihdettavissa tarvittaessa 8 Gbit/s Fiber Channel-yhteyksiksi.

Tarjoukseen on sisällytetty verkonhallintapalvelu, joka toimii joka päivä 24 tuntia vuorokaudessa. Kyseisen palvelun toimittamiseksi tarvitaan hallintayhteyttä varten oma Internet-liittymä, joka on sisällytetty tarjoukseen.

7 Runkoverkkoyhteyden valinta

Runkoverkon yhteysnopeudelle on annettu minimivaatimukseksi 4 x 10 Gbit/s sekä 4 x 8 Gbit/s SAN-yhteyksiä varten. Yhteyden on oltava vikasietoinen, joka tässä tapauksessa tarkoittaa kahdennettua kuitureittiä sekä kahdennettuja laitteita molempiin konesaleihin. Konesalien välisen kuitulinkin matka on alustavien tiedostelujen mukaan lähellä 20 km:ä, joten tarjottavan yhteyden pitää toimia tällä pituudella. Taulukossa 3 on vertailtu kapasiteetin, kantaman sekä laajennettavuuden osalta tarkasteltavia ratkaisuja.

Taulukko 4. Vertailu tarjottujen ratkaisujen perusteella.

Yritys	Yhteyden maksimipituus	Tarjottu kapasiteetti	Käytetty tekniikka	Laajennettavuus
Smartoptics AS	40 km	4 x 10 Gbit/s 4 x 8 GFC	Passiivinen CWDM	16 kanavaa
MRW Communications	80 km	4 x 10 Gbit/s 4 x 8 GFC	Aktiivinen DWDM	40 kanavaa
Ekinops	80 km	4 x 10 Gbit/s 4 x 8 GFC	Aktiivinen DWDM	40 kanavaa
Elisa Oyj	ei ilmoitettu	4 x 10 Gbit/s 4 x 8 GFC	Aktiivinen DWDM	40 kanavaa

Tutkimuksen aluksi selvitettiin mustan kuidun käyttöä suoraan runkokytkimiltä. Tässä vaihtoehdossa pitäisi varata 16 kuituparia konesalien välille eri maantieteellisiä reittejä pitkin. Elisan toimittaman kuituyhteystarjouksen mukaan tämä ei olisi taloudellisesti järkevää kuukausimaksujen noustessa hyvin suuriksi. Kertakustannuksena olisivat kuitujen asennusmaksut sekä runkokytkimille ostettavat moduulit. Musta kuitu ei sovi korkean kuukausikustannuksen takia Capgeminin runkoverkkoyhteydeksi.

Tarjouksista voidaan eritellä kaksi eri tekniikkaa, jotka ovat CWDM ja DWDM, sekä palveluna tarjottu WDM-yhteys. Tässä työssä keskityttiin näiden kolmen eri vaihtoehdon välillä. Jokainen vaihtoehdoista on teknisesti toimiva ratkaisu, jossa otettava huomioon muutama seikka.

Smartopticsin käyttämä tekniikka perustuu passiiviseen CWDM-ratkaisuun. Ciscolla ei tällä hetkellä ole tarjota moduuleita passiivisille WDM-ratkaisuille mutta Smartopticsilla on tarjota omat modulinsa jotka ovat toimineet Cisccon runkokytkimissä. Mahdollisissa vikatilanteissa pitää ottaa huomioon, että ennen kuin Ciscolla on tarjota moduleita passiivisiin CWDM-ratkaisuihin, on varauduttava runkoverkon kytkimien vianselvityksen ulottamiseen Smartopticsin optiikkaan.

Molemmat aktiivisia DWDM-ratkaisuja tarjoavista vaihtoehdoista ovat käytännössä samanlaisia sisällöltään, mutta ne poikkeavat hieman toimituslaajuuden ja tuen osalta. Aktiivisilla WDM-ratkaisuille on etuna mahdollisuus lisätä kapasiteettia huomattavasti enemmän kuin passiivisessä CWDM-ratkaisussa. Tämän lisäksi on huomioitava runkokytkimiin tarvittavien lähetin-vastaanottimien suora yhteensopivuus johtuen harmaan valon käytöstä.

Palveluna ostettu runkoverkkoyhteys on tekniseltä ratkaisultaan aktiivinen DWDM, joten sen käyttämiseen liittyy samat ominaisuudet, kuin edellä on mainittu.

MRW Communicationsin kokoonpano on laskettu riittävällä kapasiteetilla, ja se tukee käytettävää 20 km:n kuitulinkkiä. Ekinopsin kokoonpano on samanlainen mutta linkkiväli voidaan pidentää jopa 80 km:n pituiseksi.

Smartopticsin ratkaisu on ainoa passiivista CWDM-tekniikkaa tarjoava toimittaja. Kokoonpano on kapasiteetiltaan riittävä, ja se on laskettu tukemaan 20 km:n kuitulinkkiä. Tarjous on hinnaltaan alhaisin laitetoimittajien ratkaisuista johtuen tekniikasta mutta sen tarjoamat lähetin-vastaanottimet eivät ole tuettuja ainakaan Cisccon runkokytkimissä. Kyseisillä komponenteilla on kuitenkin toteutettu toimittajan mukaan toimivia runkoyhteyksiä muille asiakkaille.

Näiden vaihtoehtojen eli MRW Communicationsin, Ekinopsin, Smartopticsin ja Elisan palveluna tarjoamaa runkoverkkoa on järkevää lähteä tarkastelemaan loppuvaiheessa kustannusten osalta.

Tässä selvityksessä oletetaan yhteyden käyttöäksi kolme vuotta, minkä perusteella laskelmat on tehty. Sähkönkulutusta ei ole otettu huomioon laskelmissa järjestelmien osalta.

Palveluna ostettu yhteys tulee hieman halvemmaksi verrattuna laitehankintahintojen kustannuksiin, koska palveluntarjoaja omistaa myös erikseen ostettavan kuituyhteyden. Kuituyhteyden hinnoittelu näyttää olevan palveluna ostetun kokoonpanon mallissa lähellä nollaa, koska kuituja on reilusti käytettävissä, eikä niiden hintaa tarvitse enää usean vuoden käytön jälkeen laskea mukaan.

Tarkasteltaessa Ekinopsin ja MRW:n tarjouksia havaitaan, että niiden tekniset ominaisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan. Tässä tilanteessa ainoaksi vertailuvaihtoehdoksi jää hinta, koska aiempia kokemuksia Ekinopsin toimittamista järjestelmistä ei ole saatavilla.

Molemmat aktiiviset DWDM-järjestelmät ovat huomattavasti kalliimpia kuin passiivinen ratkaisu tai palveluna ostettu ratkaisu, joten ne voidaan jättää jatkoselvitysten ulkopuolelle.

Lopulliseen tarkasteluun otetaan hinnallisesti toisiaan lähellä olevat Smartopticsin ratkaisu sekä Elisan palveluna toimitettava ratkaisu. Kuten aiemmin on todettu, Elisan hinnoittelu kokonaisuudelle on hieman edullisempi kuukausikustannukseltaan kuin Smartopticsin ratkaisu.

Smartopticsin ratkaisua voidaan pitää passiivisesta tekniikasta johtuen osin ongelmallisena. Vaikkakin Smartopticsin kokoonpano on käytössä heidän muilla asiakkaillaan pitää ottaa huomioon, että ainakaan Ciscolla ei ole tuettua SFP-moduulia passiivisille CWDM-aallonpituuksille. Toisaalta passiivinen laite on muilta osin hyvin luotettava eikä se vaadi sähköä toimiakseen. Passiivisen kokoonpanon toimivuus voidaan todeta heti käyttöönoton aikana, eikä sen odoteta muuttuvan ajan myötä.

Kustannuslaskelman osoittaessa hyvin pientä eroa vaihtoehtojen välillä ei kustannuspainotteisen päätelmän tekeminen ole mielekästä. Otettaessa huomioon Capgeminin asiantuntijaorganisaatio sekä valmiin ja kattavan valvonnan käyttäminen

asiakaslaitteissa eli runkokytkimissä ei palveluna tarjotun yhteyden palvelutaso ole samalla tasolla. Vikatilanteessa pitää erittäin tarkkaan valvottuun konesaliin operaattorin vianselvitystyön mahdollistamiseksi olla mukana Capgeminin asiantuntija. Joka tapauksessa vianselvitys vaatii Capgeminin resursseja mahdollisen vikatilanteen selvittämiseksi.

Tässä insinööriyössä suositellaan Smartopticsin vaihtoehtoon siirtymistä sen toimintavarmuuden ja toisiin laitevalmistajiin verraten edulliseen hintaan vedoten. Mikäli konesaliyhteyden kapasiteetin odotetaan kasvavan tässä työssä esitettyjen vaatimusten yläpuolelle seuraavien kolmen vuoden aikana, suositellaan siirtymistä palveluna ostetun yhteyden varaan.

8 Yhteenveto

Insinööriyön tehtävänä oli selvittää uuden konesalin käyttöön otettavan runkoverkkoyhteyden valinta. Lähtökohdat työlle oli jo määritelty ennen työn aloittamista sekä tarjouspyynnöt vakavasti harkittavilta toimittajilta pyydetty. Työn alussa pyrittiin selvittämään teoriaa valokuidun ominaisuuksista sekä käytettävien laitteiden erilaisista tekniikoista. Teoriaosuuden läpikäymisen aikana havaittiin riski, jossa Smartopticsin tarjoama kokoonpano ei välttämättä olisi riittävä lasereiden lähetystehon osalta. Tämä oli työn asetuksen kannalta merkittävin yksittäinen havainto, jota ei ollut huomioitu tarjouskilpailutuksen aikana. Tilanteesta ei kuitenkaan tullut ongelmaa, vaan pyydettiin toimittajalta tarjous tehokkaammille lasereilla.

Työn aikana havaittiin muutamia seikkoja laitevalmistajien ja operaattorien toiminnassa. Kaikki aktiivisia kokoonpanoja toimittaneet laitevalmistajien edustajat huomauttivat, että Cisco ei tue passiivisen CWDM:n käyttämiä aallonpituuksia, minkä perusteella yritykset eivät sitä halunneet tarjota. Näyttää siltä, että Smartopticsin toimivaksi todettu passiivinen ratkaisu on hyvin myös muiden laitevalmistajien tiedossa. Erikoinen huomio oli, kun todettiin operaattorin palveluna tarjoaman yhteyden kuitukustannuksen olevan käytännössä lähellä nollaa. Tarjouksesta ei tietenkään ollut eroteltu laitteiston ja kuitulinkin kustannuksia mutta vertailemalla sitä vastaavaa tekniikkaa tarjoavien laitevalmistajien hintoja voitiin tämänkaltainen huomio tehdä. Päätelmä oli se, että suuren kuitumäärän omistava operaattori voi tarjota erittäin

kilpailukykyisen hinnan palveluna ostettuun yhteyteen. Lopputuloksena työssä saatiin asetetun tavoitteen mukaisesti ehdotus käytettävän konesaliverkon runkoyhteydeksi. Lopputulokseen oli helpompi päästä, koska kapasiteettivaatimukset sekä yleiset reunaehdot oli annettu.

Työn tekeminen kiireisen aikataulun takia toi oman haasteensa mutta toisaalta se antoi tarvittavan ripeyden työn kirjoittamiseen. Työn lopulla päästiin keskustelemaan toisenkin operaattorin kanssa mahdollisesta kuituyhteyden vuokrauksesta mutta tämän mahdollisuuden jatkoselvittäminen jää tämän työn ulkopuolelle.

Lähteet

- 1 Mustakangas, Raimo. 2004. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- 2 Hokkanen, Ari, Tammela, Simo, Leppihalme, Matti & Niemi, Tapio. Optisen verkon komponentit – Tiedonsiirto värikkäässä WDM-laajakaistaverkossa. Proessori 03/1998, s. 67–69.
- 3 Cisco 10GBASE SFP+ Modules. 2010. Verkkodokumentti. Cisco Systems. <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/modules/ps5455/data_sheet_c78-455693.html>. Luettu 22.4.2011.
- 4 Forouzan, Behrouz A. Multiplexing On GlobalSpec. 2007. Verkkodokumentti. Globalspec. <<http://www.globalspec.com/reference/10495/121073/chapter-6-1-1-multiplexing>>. Luettu 22.4.2011.
- 5 Toxen-Worm, Jonas. 2011. Sales Manager, Smartoptics AS, Norja. Sähköpostikeskustelu 3.5.2011.
- 6 LambdaDriver 1600 Chassis. 2011. Verkkodokumentti. MRW Communications, Inc. <<http://www.mrv.com/product/MRV-LD-1600>>. Luettu 23.4.2011.
- 7 Kukkanen, Petri. 2011. Line Manager, Capgemini Finland, Espoo. Keskustelut 8.4.2011–13.5.2011.
- 8 Ekinops 360 Overview. 2011. Verkkodokumentti. Ekinops. <http://www.ekinops.net/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=26>. Luettu 6.5.2011.
- 9 Fiber Optic Tutorial. 2011. Verkkodokumentti. Lanshack.com. <<http://www.lanshack.com/fiber-optic-tutorial-fiber.aspx>>. Luettu 22.4.2011.
- 10 Kuitukaapelointi. 2004. Verkkodokumentti. Tampereen Sähköpalvelu Oy. <<http://www.tsp.fi/pdfs/kuitukaapelointi.pdf>>. Luettu 22.4.2011.
- 11 WDM and DWDM multiplexing. 2011. Verkkodokumentti. Dublin institute of technology. <<http://www.scribd.com/doc/9230210/Dwdm>>. Luettu 22.4.2011.
- 12 DWDM ITU Grid. Verkkodokumentti. Fiberdyne. <<http://www.fiberdyne.com/products/itu-grid.html>>. Luettu 23.4.2011.
- 13 Koivisto, Pekka. Valokuitutekniikka. 2008. Finnet Focus Oy.
- 14 Reliability of Fiber Optic Cable Systems. 2001. Alcoa Fujikura Ltd.

Ekinopsin tarjouksen sisältämät komponentit

<u>Equipment</u>	Item Description	
Ref. :		Qty
1	EKINOPS 360 Optical Tranport Platform	
C600HC	Ekinops 360 High Capacity Chassis, 7RU high, Accepts single slot Chameleon in Every Slot (Requires Manangement Card)	4
PM MNGT2	Management card (for C200, C600, C600HC))	5
PM 1001 RR-XT	10G 3R Regenerator Unit with XFP Line Port A and DWDM OTX TLH line Port B interfaces (not included)	18
PM 801RR-XO	8G FC 3R Transponder Unit, No FEC, with XFP client port and DWDM OTX line Port interfaces (not included)	18
PM OAB-E-O-17_15	Optical Booster 15dB amplifier Unit +17dBm for WDM application with 1590 OSC A&D and external pump input for 20dBm upgrade	5
RM TR1	1U Rack Mount Fiber Tray	4
RM ODC	Ekinops ODC Chassis Up to 2 ODC modules (1U high)	4
CM ODC 80CB	C band 80 km Optical Dispersion Compensation Unit with Continuous Band	4
RM OM40-FT-O	Rack Mount of 40 Flat Top channels MUX/DMUX 100GHz odd channel	4
PSR-HC-EU	Single AC Power Supply Including Subrack, 1 AC Cable and Installation Kit (EU)	5
PSPPLY-HC-EU	Redundant Power Supply to be added to PSR-HC-EU subrack, includes 1 AC Cable (1KW)	1
PM PUMP3	Optical Pump Module (3dB) for 17dBm Amplifier upgrade (+20dBm)	4
PM-FILLER8	Dummy cover 8TE	12
PM-FILLER4	Dummy cover 4TE	10
PM FAN600HC	FAN Unit for C600HC	1
C600HC DF	Dust Filter Kit for C600HC	1
2	Optical interfaces	
2.1	Client	
202	10G XFP, 10GBASE-SR, 850nm	18
260	8G Fibre Channel XFP Client, 850nm	18
2.2	Line	
311xx	10G OTX, 80km DWDM	18
313	10G OTX TLH1 80km (replace OTX80km) compatible with 50GHz grid	18
3	Accessories	
OK DWDM	DWDM (OTX/SFP/XFP) optical Kit	32
OK OM	OM4/OM8/OM10/OM20/OM40 optical Kit	4

OK OAB	PM-OAB Optical Kit	4
OK Pump	PM Pump3 Optical Kit, Single patch cord 1310nm, 2m Duplex LC/APC-LC/APC	4
OK ODC2	CM-ODC Optical Kit	4
OK MM5	Multi Mode Client SFP Duplex LC/LC patchcord (5 meters)	32
4	EKINOPS Management System	
400EEM	Ekinops Java Craft Interface	5
<u>Services</u>	Item Description	
Ref. :		Qty
EKI-PRSV-SPRT_SILVER3Y	Technical Support SILVER Package (24h/7d - Critical & Major events) - 3 Year (includes standard warranty extension)	1
EKI-PRSV-STAGING	Pre-Staging of equipment configuration in factory	1

MRW Communicationsin tarjouksen sisältämät komponentit

Quantity	Code	Chassis
4	LD1600P	LambdaDriver-1600, 16 "short" and 6 "long" slots DWDM Chassis without power supply (up to 4 EM800P/xx power supplies should be ordered separately).
16	EM800P-PS/AC	AC (90-240V) Power supply for LD800P and LD1600P/L.
MUX/DMUX		
4	EM1600-MDMUX16B	16 100G spacing (ch #43 to #58) DWDM MUX and DeMUX module for LD1600 with band splitter.
4x10 GE		
8	TM2-XFP	XFP Access and Line ports, 10Gbps dual transponder for 10GE, 10GFC, STM64/OC192.
16	XFP-10GD-LR	XFP OC192/STM-64, 10GE or 10G FC, SM, 1310nm, 10km, with Digital Diagnostics.
16	XFP-DWIR204-XX	OC192/STM-64, 10GE or 10G FC, SM DWDM (XX + ITU Cband Channels 17-60 for 100 GHZ), 40 km, with Digital Diagnostics.
4x2/4/8 GFC		
8	TM2-SFPPXFPFC8	SFP+ Access and XFP Line ports, 2/4/8Gbps FC dual transponder (uses Protocol-specific reference clock or XFPDWLR08F8-xx XFPs).
16	XFP-DWLR08F8-xx	XFP 2/4/8Gbps, SM DWDM (XX + ITU C-Band Channels 17-61 for 100 GHZ), 80 km, with Digital Diagnostics.
16	SFP-8GD-LR	SFP+, 2.125 / 4.25 / 8.5 Gb/s, SM, 1310nm, 10km, rate select with Digital Diagnostics.
F/O Cabels		
64	CA-SMS-LC/MU-06	F/O cable LC-MU 65 cm, SM

Smartopticsin tarjouksen sisältämät komponentit

Part nr	Description	Quantity
T-3009-LC-40	8+1 ch. CWDM Mux/Demux, C47-C61+1310nm, IL Link=6.0dB, LC, 8G/10G optimized	4
T-3016-LC	8 ch. CWDM Mux/Demux, C29-C43, IL Link=2.5dB, LC	4
T-3001-19	19" mounting panel for two modules of T- or C-series including 1 blanking plate	4
SO-SFP-8GFC-40D-C29	SFP, 8/4/2/1 Gbps FC/FICON, CWDM 1290nm, SM, DDM, 18dB, 40km	4
SO-SFP-8GFC-40D-C31	SFP, 8/4/2/1 Gbps FC/FICON, CWDM 1310nm, SM, DDM, 18dB, 40km	4
SO-SFP-8GFC-40D-C33	SFP, 8/4/2/1 Gbps FC/FICON, CWDM 1330nm, SM, DDM, 18dB, 40km	4
SO-SFP-8GFC-40D-C35	SFP, 8/4/2/1 Gbps FC/FICON, CWDM 1350nm, SM, DDM, 18dB, 40km	4
CIS SFP-10GE-LR40-C47	SFP+, 10GBase-LR, CWDM 1470nm-1610nm, SM, DDM, 16dB, 40km	4
CIS SFP-10GE-LR40-C49	SFP+, 10GBase-LR, CWDM 1470nm-1610nm, SM, DDM, 16dB, 40km	4
CIS SFP-10GE-LR40-C51	SFP+, 10GBase-LR, CWDM 1470nm-1610nm, SM, DDM, 16dB, 40km	4
CIS SFP-10GE-LR40-C53	SFP+, 10GBase-LR, CWDM 1470nm-1610nm, SM, DDM, 16dB, 40km	4
APR	Advanced Product Replacement	3
Extended Warranty	Extended Warranty	2

Cisco Nexus 7000 LAN-runkokytin



Data Sheet

Cisco Nexus 7000 Series Chassis

Product Overview

The Cisco Nexus™ 7000 Series Switches combine the highest levels of scalability with operational flexibility.

The Cisco Nexus 7000 Series Switches comprise a modular data center-class product line designed for highly scalable 10 Gigabit Ethernet networks with a fabric architecture that scales beyond 15 terabits per second (Tbps). Designed to meet the requirements of the most mission-critical data centers, it delivers continuous system operation and virtualized, pervasive services. The Cisco Nexus 7000 Series is based on a proven operating system, with enhanced features to deliver real-time system upgrades with exceptional manageability and serviceability. Its innovative design is purpose built to support end-to-end data center connectivity, consolidating IP, storage, and interprocess communication (IPC) networks onto a single Ethernet fabric.

The first in the next generation of switch platforms, the Cisco Nexus 7000 Series (Figure 1) provides integrated resilience combined with features optimized specifically for the data center for availability, reliability, scalability, and ease of management.

Figure 1. Cisco Nexus 7000 Series.



Features and Benefits

Coupled with the Cisco® NX-OS Software, the Cisco Nexus 7000 Series delivers a rich set of features with nonstop operation. Two chassis form factors are available.

- Front-to-back airflow with 10 front-accessed vertical module slots and an integrated cable management system, facilitates installation, operation, and cabling in both new and existing facilities.
- 18 front-accessed module slots with side-to-side airflow in a compact horizontal form factor with purpose-built integrated cable management eases operations and reduces complexity.
- Designed for reliability and maximum availability, all interface and supervisor modules are accessible from the front, and the redundant power supplies, fan trays, and fabric modules are all accessible completely from the rear to ensure that cabling is not disrupted during maintenance.
- The system uses dual dedicated supervisor modules; a scalable, fully distributed fabric architecture composed of up to five rear-mounted fabric modules combined with the chassis midplane delivers up to 230 Gbps per slot for 4.1 Tbps of forwarding capacity in the 10-slot form factor and 7.8 Tbps in the 18-slot form factor.
- The midplane design supports flexible technology upgrades as your needs change and provides ongoing investment protection.

Cisco Nexus 7000 Series 10-Slot Chassis

- The Cisco Nexus 7000 Series 10-slot chassis with up to eight I/O module slots supports up to 256 10 Gigabit Ethernet or 384 Gigabit Ethernet ports, meeting the demands of large deployments.
- Front-to-back airflow helps ensure that use of the Cisco Nexus 7000 Series 10-slot chassis addresses the requirement for hot-aisle and cold-aisle deployments without additional complexity.
- The system uses dual system and fabric fan trays for cooling. Each fan tray is redundant and composed of independent variable-speed fans that automatically adjust to the ambient temperature, helping reduce power consumption in well-managed facilities while providing optimum operation of the switch. The system design increases cooling efficiency and provides redundancy capabilities, allowing hot swapping without affecting the system; if either a single fan or a complete fan tray fails, the system continues to operate without a significant degradation in cooling capacity.
- The integrated cable management system is designed for fully configured systems cabling to be groomed either to a single side or to both sides for maximum flexibility without obstructing any important components, which eases maintenance even when the system is fully cabled.
- The system supports an optional air filter to help ensure clean air flow through the system. The addition of the air filter satisfies Network Equipment Building Standards (NEBS) requirements.
- A series of LEDs at the top of the chassis provides a clear summary of the status of the major system components, alerting operators to the need to conduct further investigation. These LEDs report the power supply, fan, fabric, supervisor, and I/O module status.
- The cable management cover and optional front module doors provide protection from accidental interference with both the cabling and modules installed in the system. The transparent front door allows observation of cabling and module indicator and status lights.

Cisco Nexus 7000 Series 18-Slot Chassis

- The Cisco Nexus 7000 Series 18-slot chassis with up to 16 I/O module slots supports up to 512 10 Gigabit Ethernet or 768 Gigabit Ethernet ports, meeting the demands of the largest deployments.

- Side-to-side airflow increases the system density within a 25 rack-unit (25RU) footprint, optimizing the use of rack space. The optimized density provides more than 16RU of free space in a standard 42RU rack for cable management and patching systems.
- The integrated cable management system is designed to support the cabling requirements of a fully configured system to either or both sides of the switch, allowing maximum flexibility. All system components can easily be removed with the cabling in place, providing ease of maintenance tasks with minimal disruption.
- A series of LEDs at the top of the chassis provides a clear summary of the status of the major system components, alerting operators to the need to conduct further investigation. These LEDs report the power supply, fan, fabric, supervisor, and I/O module status.
- The purpose-built optional front module door provides protection from accidental interference with both the cabling and modules installed in the system. The transparent front door allows easy observation of cabling and module indicators and status lights without any need to open the doors, reducing the likelihood of faults caused by human interference. The door supports a dual-opening capability for flexible operation and cable installation while fitted. The door can be completely removed easily for both initial cabling and day-to-day management of the system.
- Independent variable-speed system and fabric fans provide efficient cooling capacity to the entire system. Fan tray redundancy features help ensure reliability of the system and support for hot swapping of fan trays.

Energy Efficient Design

The Cisco Nexus 7000 Series uses power supplies that are up to 90 percent efficient, so less power is wasted as heat and more power is available for the system to use than with typical power supplies.

The fan modules in the chassis adjust to compensate for changing thermal characteristics. At the lower speeds, they use less power.

Consolidation of multiple switches in the Cisco Nexus 7000 Series is enabled by the powerful combination of high density and performance, support for device virtualization, and comprehensive reliability and availability features. This consolidation increases the power efficiency by reducing wasted power from multiple partially loaded and inflexible systems.

Product Specifications

Table 1 lists the product specifications for the Cisco Nexus 7000 Series 10-slot chassis.

Table 1. Product Specifications

Item	Specification
	Cisco Nexus 7000 Series 10 Slot Chassis
	Cisco Nexus 7000 Series 18
Product compatibility	Supports all Cisco Nexus 7000 Series modules
Software compatibility	Cisco NX-OS Software Release 4.0 or later (minimum requirement)
Options	• Air filter • Lockable front module doors
Performance	960 million packets per second (Mpps) (IPv4 unicast) in combination with supervisor and fabric modules
Reliability and availability	• Mean time between failure (MTBF): 264,562 hours • Online insertion and removal (OIR) of all redundant components: Supervisor, fabric, power supply, and fan trays
MIBs	Supports Simple Network Management Protocol (SNMP) Versions 3, 2c, and 1 (see Cisco NX-OS Software release notes for details about specific MIB support)

Item	Specification
Network management	Cisco Data Center Network Manager (DCNM) 4.0
Programming interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • XML • Scriptable command-line interface (CLI) • Cisco DCNM 4.0 Web Services
Physical specifications	<ul style="list-style-type: none"> • Usable rack space: 21RUs • 10-slot chassis: 2 dedicated supervisors and 8 I/O modules • 5 fabric module slots • 3 power supply slots • Dimensions (H x W x D): 36.5 x 17.3 x 33.1 in. (92.7 x 43.9 x 84.1 cm) • Chassis depth including cable management and chassis doors is 38 in. (96.5 cm) • Unit is rack mountable in a standard 19-inch (482.8mm) Electronic Industries Alliance (EIA) rack • Weight <ul style="list-style-type: none"> • Chassis only: 200 lb (90 kg) • Fully configured: 512 lb (235 kg) • Power requirements: 110 to 240 VAC
Mean time between failure (MTBF)	• 264,652 hours
Environmental specifications	<ul style="list-style-type: none"> • Airflow direction: Bottom front of chassis to top back • Operating temperature: 32 to 104°F (0 to 40°C) • Operational relative humidity: 5 to 90%, noncondensing • Operating altitude: -500 to 13,123 ft (agency certified 0 to 6500 ft) • Seismic: Zone 4 per GR63 • Floor loading: 190 lb per sq ft • Operational vibration • GR63, Section 5.4.2 • ETS 300 019-1-3, Class 3.1, Section 5.5 • Storage altitude: 1000 to 30,000 ft • Storage temperature: -40 to 158°F (-40 to 70°C) • Storage relative humidity: 5 to 95%, noncondensing • Heat dissipation: Maximum -12,000W per chassis (actual dissipation will be lower, depending on the chassis configuration)
Regulatory compliance	<ul style="list-style-type: none"> • EMC compliance <ul style="list-style-type: none"> • FCC Part 15 (CFR 47) (USA) Class A • ICES-003 (Canada) Class A • EN55022 (Europe) Class A • CISPR22 (International) Class A • AS/NZS CISPR22 (Australia and New Zealand) Class A • VCCI (Japan) Class A • KN22 (Korea) Class A • CNS 13438 (Taiwan) Class A • CISPR24 • EN55024 • EN50082-1 • EN61000-3-2 • EN61000-3-3 • EN61000-6-1 • EN300 386
Environmental standards	<ul style="list-style-type: none"> • NEBS criteria levels <ul style="list-style-type: none"> • SR-3580 NEBS Level 3 (GR-63-CORE, issue 3, and GR-1089-CORE, issue 4) • Verizon NEBS compliance • Telecommunications Carrier Group (TCG) Checklist • Qwest NEBS requirements • Telecommunications Carrier Group (TCG) Checklist

Item	Specification
	<ul style="list-style-type: none"> • ATT NEBS requirements • ATT TP76200 level 3 and TCG Checklist • ETSI • ETSI 300 019-1-1, Class 1.2 Storage • ETSI 300 019-1-2, Class 2.3 Transportation • ETSI 300 019-1-3, Class 3.2 Stationary Use • Reduction of Hazardous Substances (RoHS) 5
Safety	<ul style="list-style-type: none"> • UL/CSA/IEC/EN 60950-1 • AS/NZS 60950
Warranty	Cisco Nexus 7000 Series Switches come with the standard Cisco 1-Year Limited Hardware Warranty

Software Requirements

The Cisco Nexus 7000 Series 10-slot chassis is supported in the Cisco NX-OS Software. The minimum software version is Cisco NX-OS Software Release 4.0 or later.

The Cisco Nexus 7000 Series 18-slot chassis is supported in the Cisco NX-OS Software. The minimum software version is Cisco NX-OS Software Release 4.1 or later.

Ordering Information

To place an order, visit the Cisco Ordering homepage. To download software, visit the Cisco Software Center. Table 2 provides ordering information.

Table 2. Ordering Information

Product Name	Part Number
System	
Cisco Nexus 7000 Series 10-Slot chassis including Fan Trays, No Power Supply	N7K-C7010
Cisco Nexus 7000 Series 10-Slot chassis including Fan Trays, No Power Supply	N7K-C7010=
Cisco Nexus 7000 Series-10-Slot System Fan Tray Spare	N7K-C7010-FAN-S=
Cisco Nexus 7000 Series-10-Slot Fabric Fan Tray Spare	N7K-C7010-FAN-F=
Cisco Nexus 7000 Series 18-Slot chassis including Fan Trays, No Power Supply	N7K-C7018
Cisco Nexus 7000 Series 18-Slot chassis No Fan Trays, No Power Supply	N7K-C7018=
Cisco Nexus 7000 Series-18-Slot Fan Tray Spare	N7K-C7018-FAN=
Cisco Nexus 7000 Series 10-Slot Accessories	
Cisco Nexus 7010-Air Filter	N7K-C7010-AFLT=
Cisco Nexus 7000-Rack Mount Kit	N7K-RMK=
Cisco Nexus 7010-EMI Inlet Screen Kit	N7K-C7010-EMI-SC=
Cisco Nexus 7010 Front Door Top Section including Cable Management Kit	N7K-C7010-FD-TOP=
Cisco Nexus 7010 Front Door-Kit	N7K-C7010-FD-MB=
Cisco Nexus 7000 Bottom Support Kit	N7K-BSK=
Cisco Nexus 7010 Fabric Module Blank	N7K-FAB-BLANK=
Cisco Nexus 7000 Series 18-Slot Accessories	
Cisco Nexus 7018 Rack Mount Kit	N7K-C7018-RMK=
Cisco Nexus 7018 Front Top Section and Cable Mgmt Kit	N7K-C7018-CAB-TOP=
Cisco Nexus 7018 Front Door Kit	N7K-C7018-FD-MB
Cisco Nexus 7018 Bottom Support Kit	N7K-C7018-BSK
Cisco Nexus 7018 Fabric Module Blank	N7K-C7018-F-BLANK=
Blank Panel Covers	
Cisco Nexus 7000 Series Supervisor Blank Slot Cover	N7K-SUP-BLANK=

Cisco Nexus 7000 Series Module Blank Slot Cover	N7K-MODULE-BLANK=
Cisco Nexus 7010 Chassis Power Supply Blank Slot Cover	N7K-PS-BLANK=
Cisco Nexus 7018 Chassis Power Supply Blank Slot Cover with Handle	N7K-PS-BLANK-H=
Cisco Nexus 7000 Series Network Clock Card Blank	N7K-CLK-BLANK=

Service and Support

Cisco offers a wide range of services to help accelerate your success deploying and optimizing Cisco Nexus 7000 Series Switches in your data center. Our innovative services are delivered through a unique combination of people, processes, tools, and partners, and are focused on helping you increase operational efficiency and improve your data center network. Cisco Advanced Services use an architecture-led approach to help you align your data center infrastructure to your business goals and provide long-term value. Cisco SMARTnet[®] Service helps you resolve mission critical problems with direct access anytime to Cisco network experts and award-winning resources. With this service, you can take advantage of the Smart Call Home service capability that offers proactive diagnostics, and real-time alerts on your Cisco Nexus 7000 switches. Spanning the entire network lifecycle, Cisco Services help maximize investment protection, optimize network operations, provide migration support, and strengthen your IT expertise. For more information about Cisco Data Center Services, visit: <http://www.cisco.com/go/dcservices>.

For More Information

For more information about the Cisco Nexus 7000 Series, visit the product homepage at <http://www.cisco.com/go/nexus> or contact your local account representative.



Americas Headquarters
Cisco Systems, Inc.
San Jose, CA

Asia Pacific Headquarters
Cisco Systems (USA) Pte. Ltd.
Singapore

Europe Headquarters
Cisco Systems International BV/Amsterdam,
The Netherlands

Go to <http://www.cisco.com/go/offices> for more than 100 offices worldwide. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the Cisco Website at www.cisco.com/go/offices.

Cisco and the Cisco Logo are trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and other countries. A listing of Cisco trademarks can be found at www.cisco.com/go/trademarks. Third party trademarks mentioned are the property of their respective owners. The use of the word "partner" does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. © 2011

Brocade DCX SAN-runkokytin

DATA SHEET

www.brocade.com

BROCADE DCX BACKBONE FAMILY



DATA CENTER

A Platform for Evolving Data Center Fabrics

HIGHLIGHTS

- Provides a highly robust 8 Gbps platform in two modular form factors for enterprise data centers supporting open system and System z environments
- Maximizes chassis bandwidth, performance, and port density with the industry's first and only 64-port Fibre Channel blade
- Delivers over four times the performance of competitive offerings to meet data growth and access demands, expand virtualization, and consolidate resources
- Delivers five times the energy efficiency of competitive offerings, enabling data centers to support more server and storage equipment
- Provides a high-density, multiprotocol platform for consolidating server connectivity using emerging CEE and FCoE networking technology
- Secures and protects data against threats and disasters with plug-in blades for data encryption and SAN extension
- Enables logical partitioning of platforms and fabrics into virtual data and management domains without sacrificing performance, scalability, security, or reliability

Brocade® DCX® Backbones are highly robust network switching platforms that combine breakthrough performance, scalability, and energy efficiency with long-term investment protection. Supporting open systems and System z environments, Brocade DCX Backbones are designed to address the data growth and application demands of evolving enterprise data centers; enable server, SAN, and data center consolidation; and reduce infrastructure and administrative costs.

CHOICE AT THE CORE AND AT THE EDGE

Brocade DCX Backbones are available in two modular form factors. Built for large enterprise networks, the 14U Brocade DCX has eight vertical blade slots to provide up to 512 Fibre Channel ports using Brocade-branded 4 Gbps or 8 Gbps SFPs. Built for midsize networks, the 8U Brocade DCX-4S has four horizontal blade slots to provide up to 256 Fibre Channel ports.

Both models feature ultra-high-speed Inter-Chassis Link (ICL) ports to connect up to three backbones, providing extensive scalability and flexibility at the network core without using any Fibre Channel ports. At the network edge, organizations can utilize Brocade 8 Gbps switches, Brocade 48000 Directors, or—for complete backbone-class capabilities—the Brocade DCX-4S.

HIGHEST PERFORMANCE AND SCALABILITY

Both Brocade DCX models provide 256 Gbps of bandwidth per slot. When combined with unique Brocade local switching capabilities—data traffic within the same port group does not consume slot bandwidth—the



BROCADE

Brocade DCX family provides over four times the performance of competitive offerings. Performance capabilities include:

- Brocade DCX:
 - Up to 512 ports (equivalent to 576 with ICLs) at 8 Gbps
 - 4.6 Tbps chassis bandwidth
 - 4.1 Tbps universal ports
 - 512 Gbps ICL bandwidth
 - 256 Gbps bandwidth per slot
- Brocade DCX-4S:
 - Up to 256 ports (equivalent to 288 with ICLs) at 8 Gbps
 - 2.3 Tbps chassis bandwidth
 - 2.0 Tbps universal ports
 - 256 Gbps ICL bandwidth
 - 256 Gbps bandwidth per slot

FLEXIBLE, MULTIPROTOCOL ARCHITECTURE

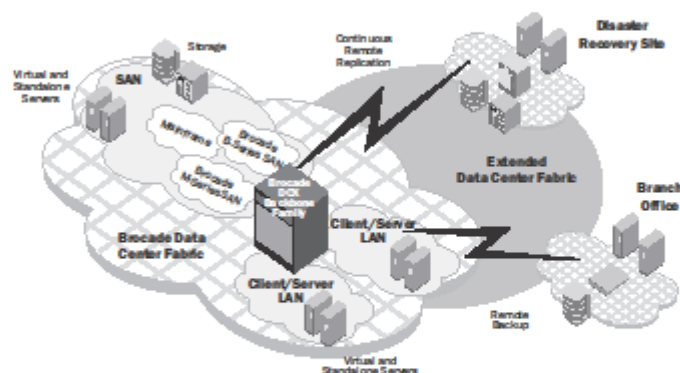
Brocade DCX Backbones include a Virtual Fabrics feature that enables partitioning of a physical SAN into logical fabrics and isolation by application, business group, customer, or traffic type. Optional Fibre Channel Integrated Routing alleviates the need for special-purpose blades or routers to connect servers and storage in separate fabrics.

The Brocade DCX family supports 1/2/4/8/10 Gbps Fibre Channel and FICON®, FCIP, and IPFC. To consolidate server connectivity using Converged Enhanced Ethernet (CEE) and Fibre Channel over Ethernet (FCoE) in open systems environments, the Brocade FCOE10-24 Blade enables a high-density, end-of-row chassis configuration. Alternatively, Brocade 8000 top-of-rack switches can be connected over Fibre Channel Inter-Switch Links (ISLs) to Brocade DCX Backbones in the network core.

PLUG-IN SECURITY AND DISASTER RECOVERY SOLUTIONS

The Brocade DCX family enables scalable, high-performance, and cost-effective security and disaster recovery solutions through plug-in blades. Brocade FSB-18 Encryption Blades can encrypt data-at-rest at up to 96 Gbps per blade with highly secure 256-bit AES and integrated support for leading key management applications. Brocade FXB-24 Extension Blades extend replication and backup over IP WAN links with the industry's first and only 10 Gbps FCIP connectivity.

Figure 1. Brocade DCX Backbones provide the core platform of Brocade data center fabrics.



INTELLIGENT MANAGEMENT

To help maximize network performance and reduce operational expense, Brocade Data Center Fabric Manager (DCFM™) provides intuitive system configuration, comprehensive management, and a topology-centric view across Brocade data center solutions.

Brocade DCFM Enterprise supports both backbone models, while Brocade DCFM Professional (bundled) and Brocade DCFM Professional Plus support the Brocade DCX-4S.

BROCADE FOS—POWERED WITH TRAFFIC MONITORING AND ADAPTIVE NETWORKING

Brocade DCX Backbones utilize the powerful Brocade Fabric OS® (FOS), which provides several unique features, including Bottleneck Detection; Top Talkers (part of Advanced Performance Monitoring); and Adaptive Networking, a suite of tools that includes Ingress Rate Limiting, Traffic Isolation, and QoS. Managed through Brocade DCFM or the command line interface, these advanced capabilities help optimize fabric behavior and application performance.

Bottleneck Detection identifies and alerts administrators to ISL or device congestion as well as device latency conditions in the fabric. Left undetected and unresolved, these conditions can cause latency and I/O timeouts, particularly in highly virtualized server environments. Top Talkers measures the top bandwidth-consuming traffic (including by individual virtual machine) in real time over a physical device connection or throughout a network switch. Ingress Rate Limiting restricts data flow from

less-critical hosts at preset bandwidths.

Traffic Isolation dedicates paths in the fabric to specific data flows, enabling predictability and avoiding network congestion. And QoS expedites critical traffic in the event of congestion while keeping all traffic flowing.

ENERGY EFFICIENCY, RELIABILITY, AND INVESTMENT PROTECTION

Brocade DCX Backbones are highly efficient at reducing power consumption, cooling, and the carbon footprint in data centers. While providing unmatched performance and scale, Brocade DCX Backbones use less than one watt per Gbps—making them five times more efficient than competitive offerings.

To help minimize downtime costs, the Brocade DCX Backbone family builds upon years of innovation and leverages the core technology of Brocade systems performing at greater than 99.999 percent uptime in the world's most demanding data centers. To maximize return on existing investments, Brocade DCX Backbones connect natively to Brocade B- and M-Series fabrics without disruption.

COMPLETE, BEST-IN-CLASS SOLUTIONS

Through longstanding partner relationships and extensive compatibility testing, Brocade provides organizations with broad choice to implement best-in-class solutions. Moreover, Brocade and its partners offer complete solutions that include cable management, education, support, and services. For more information, contact a Brocade sales partner or visit www.brocade.com.

BROCADE DCX BACKBONE SPECIFICATIONS

Systems Architecture	
Chassis	<p>Single chassis: Up to 512 (Brocade DCX) or 256 (Brocade DCX-4S) 8 Gbps universal (E, F, FL, M, EX) Fibre Channel ports using up to eight 16-, 32-, 48-, or 64-port Fibre Channel blades</p> <p>Dual-chassis: Up to 1024 (Brocade DCX) or 512 (Brocade DCX-4S) 8 Gbps universal Fibre Channel ports; ICL ports (four per chassis, copper pin) connect up to two Brocade DCX or Brocade DCX-4S chassis (same models or a mix)</p> <p>Three chassis: Up to 1536 (Brocade DCX) or 768 (Brocade DCX-4S) 8 Gbps universal Fibre Channel ports; ICL ports (four per chassis, copper pin) connect up to three Brocade DCX or Brocade DCX-4S chassis (same models or a mix)</p>
Control processor	Redundant (active/standby) control processor modules
Scalability	Full-fabric architecture of 239 switches
Certified maximum	6000 active nodes; 56 switches, 19 hops in Brocade FOS fabrics; 31 switches, 3 hops in Brocade M-E OS fabrics; larger fabrics certified as required
Special-purpose blades	<p>FOOE-10-24 Blade provides CEE/FCoE connectivity for server I/O consolidation (24 10 GbE CEE ports; up to two blades)</p> <p>FS8-18 Encryption Blade provides plug-in encryption of data on disk or tape, supporting industry-standard AES-256 and DataFort-compatible encryption mode (1.6 8 Gbps Fibre Channel ports; up to four blades; requires DCFM management)</p> <p>FX8-24 Blade provides SAN extension over IP networks (12 8 Gbps Fibre Channel ports with license options providing up to 10 1 GbE ports and up to two 10 GbE ports per blade; up to four blades)</p> <p>FC10-6 Blade provides six 10 Gbps Fibre Channel ports (up to eight blades)</p> <p>FA4-18 Application Blade is integrated with EMC RecoverPoint to provide continuous data protection (16 4 Gbps Fibre Channel ports and two Gigabit Ethernet ports per blade; up to four blades)</p>
Performance	<p>Fibre Channel: 1.063 Gbps line speed, full duplex; 2.125 Gbps line speed, full duplex; 4.25 Gbps line speed, full duplex; 8.50 Gbps line speed, full duplex; auto sensing of 1, 2, 4, and 8 Gbps port speeds; optionally programmable 1, 2, 4, and 8 Gbps ports; 10.5 Gbps line speed, full duplex.</p> <p>CEE: 10.0 Gbps line speed, full duplex.</p>
ISL Trunking	Frame-based trunking with up to eight 8 Gbps ports per ISL trunk; up to 64 Gbps per ISL trunk. Exchange-based load balancing across ISLs with DPS included in Fabric OS
Chassis bandwidth	<p>Brocade DCX: 4.6 Tbps per chassis (512 ports × 8 Gbps data rate + 512 Gbps ICL bandwidth)</p> <p>Brocade DCX-4S: 2.3 Tbps per chassis (256 ports × 8 Gbps data rate + 256 Gbps ICL bandwidth)</p>
Slot bandwidth	256 Gbps (data rate)
Local switching bandwidth	<p>128 Gbps for FC8-16: 16 ports × 8 Gbps (data rate)</p> <p>256 Gbps for FC8-32: 32 ports × 8 Gbps (data rate)</p> <p>384 Gbps for FC8-48: 48 ports × 8 Gbps (data rate)</p> <p>512 Gbps for FC8-64: 64 ports × 8 Gbps (data rate)</p>

ICL bandwidth	<p>Brocade DCX: 512 Gbps; four ICLs provide the equivalent of 64 8 Gbps ports</p> <p>Brocade DCX-4S: 256 Gbps; four ICLs provide the equivalent of 32 8 Gbps ports</p> <p>Both models: ICL bandwidth is load-balanced using eight 8-port frame-based trunks and DPS</p>
Switch latency	Locally switched ports 700 ns; blade-to-blade latency is 2.1 µsec
Maximum frame size	2112-byte payload
Frame buffers	2048 per 16-port group on 16-, 32-, and 64-port blades and up to 2048 per 24-port group on 48-port blades, dynamically allocated
Classes of service	Class 2, Class 3, Class F (inter-rawitch frames)
Fibre Channel port types	FL_Port, F_Port, M_Port (Mirror Port), E_Port, EX_Port (Fibre Channel Integrated Routing); self-discovery based on switch type (U_Port); optional port type control
Data traffic types	Fabric switches supporting unicast, multicast (255 groups), and broadcast
Media types	<p>4 Gbps: FC8-16, 32, and 48; FR4-18; and FA4-18; blades require Brocade hot-pluggable, Small Form-Factor Pluggable (SFP), LC connector; 4 Gbps Short-Wavelength Laser (SWL); 4 Gbps Long-Wavelength Laser (LWL); 4 Gbps Extended Long-Wavelength Laser (ELWL)</p> <p>8 Gbps: FC8-16, 32, and 48; FX8-24; and FS8-18 blades require Brocade hot-pluggable SFP+, LC connector; 8 Gbps SWL; 8 Gbps LWL</p> <p>10 Gbps: FC8-64 blades require Brocade hot-pluggable mSFP; mSFP LC connector; 8 Gbps SWL only</p> <p>10 Gbps: FC10-6 blades utilize non-Brocade hot-pluggable, 10 Gbps Small Form-Factor Pluggable (XFP), LC connector; 10 Gbps SWL; 10 Gbps LWL</p> <p>Fibre Channel distance subject to fiber-optic cable and port speed</p> <p>CEE media type: Hot-pluggable, Brocade 10 GbE SFP+ supports any combination of Short-Reach (SR) and Long-Reach (LR) optical transceivers; Brocade copper Twinax cables of one, three, or five meters</p>
USB	1 USB port per control processor for firmware download, support save, and configuration upload/download
Fabric services	<p>Advanced Performance Monitoring (including Top Talkers); Adaptive Networking (Ingress Rate Limiting, Traffic Isolation, QoS); BB credit recovery; Bottleneck Detection; Brocade Advanced Zoning (default zoning, port/WWN zoning, broadcast zoning); Dynamic Path Selection (DPS); Extended Fabric; Fabric Watch; FDMI; Frame Redirection; FSPF; Integrated Routing; iPoFC; ISL Trunking; Management Server; N_Port Trunking; NPIV; NTP v3; Port Fencing; Registered State Change Notification (RSQN); Reliable Commit Service (RCS); Simple Name Server (SNS); Virtual Fabrics (Logical Switch, Logical Fabric)</p>
Extension	Supports DWDM, CWDM, and FC-SONET devices; FCIP; data compression, Fast Write, read/write Tape Pipelining, QoS, BB credit recovery
FICON	<p>FICON cascading (FOS: Brocade DCX, DCX-4S; and M-E OS: Brocade DCX only); support for lossless DIS with port-based and exchange-based routing; FICON CUP; Advanced Accelerator for FICON (FICON Global Mirror and XRC emulation and read/write Tape Pipelining). The FC8-64 blade does not support FICON.</p>

BROCADE DCX BACKBONE SPECIFICATIONS (CONTINUED)

High Availability	
Architecture	Passive backplane; separate and redundant control processor and core switching blades (two of each); redundant WWN cards
Chassis power	Two 2000 W AC power supply modules (100 to 240 V auto-sensing), 2N redundancy; Brocade DCX supports two additional power modules
Cooling	Brocade DCX: Three blower assembly modules (two required for operation) Brocade DCX4S: Two blower assembly modules (one required for operation)
Solution availability	Designed to provide 99.999 percent uptime capabilities; hot-pluggable redundant power supplies, fans, WWN cards, processors, core switching, port blades, and optics; online diagnostics; non-disruptive firmware download and activation

Management	
Management	HTTP, SNMP v1/v3 (FE MIB, FC Management MIB), Telnet; Auditing, Syslog; Brocade Advanced Web Tools, Brocade Fabric Watch; Brocade Data Center Fabric Manager (DCFM) Enterprise (Brocade DCX, DCX-4S) or DCFM Professional/Professional Plus (Brocade DCX-4S only), Brocade Fabric Manager (optional, FOS environments only), Brocade EFCM 9.x (optional), command line interface; SMI-S compliant; Administrative Domains; trial licenses for add-on capabilities
Security	DH-CHAP (between switches and end devices), FIPS 140-2 L2-compliant, HTTPS, IPsec, IP filtering, LDAP, Port Binding, RADIUS, Role-Based Access Control (RBAC), Secure Copy (SCP), Secure RPC, SSH v2, SSL, Switch Binding, Trusted Switch
Management access	10/100/1000 Ethernet (RJ-45) per control processor, in-band over Fibre Channel; serial port (RJ-45) and one USB per control processor module; call-home integration enabled through Brocade DCRM, EFCM, and Fabric Manager
Diagnostics	POST and embedded online/offline diagnostics, including RAS trace logging, environmental monitoring, non-disruptive daemon restart, FCping and Pathinfo (FC traceroute), port mirroring (SPAN port), and Rolling Reboot Detection (RRD)

Mechanical Specifications	
Enclosure	Rear panel-to-door airflow; Brocade DCX-4S ships with 1U exhaust shelf
Mounting	Rack-mountable in a standard 19-inch EIA cabinet

Size	Brocade DCX Width: 43.74 cm (17.22 in) Height: 61.24 cm (24.11 in, 14U) Depth (without door): 61.19 cm (24.09 in) Depth (with door): 73.20 cm (28.82 in)
	Brocade DCX-4S Width: 43.74 cm (17.22 in) Height: 35.00 cm (13.78 in, 8U) plus 4.37 cm exhaust shelf (1.72 in, 1U) Depth without door: 61.19 cm (24.09 in) Depth with door: 73.20 cm (28.82 in)
System weight	Brocade DCX 103.50 kg (228.20 lb) for 512-port configuration fully populated; 39.55 kg (82.20 lb) for chassis
	Brocade DCX-4S 68.04 kg (150.00 lb) for 256-port configuration fully populated; 25.76 kg (56.80 lb) for chassis

Environment	
Temperature	Operating: 0° C to 40° C (32° F to 104° F) Non-operating: -25° C to 70° C (-13° F to 158° F)
Humidity	Operating: 20% to 85% RH non-condensing at 40° C (104° F) Non-operating and storage (non-condensing): 10% to 93% at 70° C (158° F)
Altitude	Up to 3000 meters (9842 feet)
Shock	Operating: 20 g, 6 ms, half sine Non-operating: 33 g, 11 ms, half sine
Vibration	Operating: 0.5 g p-p, 5 to 500 to 5 Hz Non-operating: 2.0 g p-p, 5 to 500 to 5 Hz
Heat dissipation	Brocade DCX Min: 16-port configuration of 504 W, 1720 BTU/hr Max: 512-port configuration of 1528 W, 5216 BTU/hr
	Brocade DCX-4S Min: 16-port configuration of 383 W, 1306 BTU/hr Max: 256-port configuration of 862 W, 2943 BTU/hr
CO ₂ emissions	Brocade DCX 5.6 metric tonnes per year (with 512 ports at 0.42 kg/kWh) 1.4 kg per Gbps per year
	Brocade DCX-4S 3.2 metric tonnes per year (with 256 ports at 0.42 kg/kWh) 1.5 kg per Gbps per year

Power	
Supported power range	Voltage Range: 85 to 264 VAC Auto-volt Nominal: 100 to 240 VAC
	Power 85 to 132 VAC: 1000 W 180 to 264 VAC: 2000 W
In-rush current	20 Amps maximum, peak
Frequency	47 to 63 Hz

For information about supported SAN standards, visit www.brocade.com/sanstandards

For information about switch and device interoperability, visit www.brocade.com/interoperability

For information about hardware regulatory compliance, visit www.brocade.com/regulatorycompliance

Corporate Headquarters
San Jose, CA USA
T: +1-408-333-8000
info@brocade.com

European Headquarters
Geneva, Switzerland
T: +41-22-799-5640
emea-info@brocade.com

Asia Pacific Headquarters
Singapore
T: +65-6538-4700
apac-info@brocade.com

© 2010 Brocade Communications Systems, Inc. All Rights Reserved. 04/10 GA-05-961-09

Brocade, the B-wing symbol, BigIron, DCX, Fabric OS, FastIron, IronView, NetIron, SAN Health, ServerIron, and TurboIron are registered trademarks, and Brocade Assurance, DCFM, Extraordinary Networks, and Brocade NET Health are trademarks of Brocade Communications Systems, Inc., in the United States and/or in other countries. Other brands, products, or service names mentioned are or may be trademarks or service marks of their respective owners.

Notice: This document is for informational purposes only and does not set forth any warranty, expressed or implied, concerning any equipment, equipment feature, or service offered or to be offered by Brocade. Brocade reserves the right to make changes to this document at any time, without notice, and assumes no responsibility for its use. This informational document describes features that may not be currently available. Contact a Brocade sales office for information on feature and product availability. Export of technical data contained in this document may require an export license from the United States government.

