

Jukka Värri

Liikennevalokojoiden verkotus

Case: Peek Traffic Finland

Tekijä(t) Otsikko	Jukka Värrö Liikennevalokojien verkotus Case: Peek Traffic Finland
Sivumäärä Aika	50 sivua + 2 liitettä 28.12.2012
Tutkinto	insinööri (ylempi amk)
Koulutusohjelma	automaatioteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja	lehtori Jukka-Pekka Pirinen
<p>Opinnäytetyössä oli tavoitteena rakentaa, testata sekä dokumentoida avointa TCP/IP-protokollaa käyttävä verkko liikennevalokojien verkotukseen.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin liikennevalokojien verkotukseen sopivia laitteistoja sekä niiden hallintaohjelmistoja. Työssä rakennettiin testiverkko toimistoympäristöön sekä oikeisiin kenttäolosuhteisiin mahdollisimman tarkkojen tulosten saamiseksi.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi dokumentoitu tapa verkottaa liikennevalokojia kupariverkossa avointa TCP/IP-protokollaa tukevilla Actelis-laitteilla. Työssä selvitettiin verkon määrittely, suunnittelu, tietoturva, laitteiden ominaisuudet, käyttöönotto sekä testaus.</p> <p>Opinnäytetyöstä saatavia tuloksia käytetään hyväksi tulevissa liikennevalojen verkotushankkeissa. Jatkokehittämiskohde tälle tutkimukselle on Actelis-laitteilla toteutettavat kuituverkot sekä hybridiverkot.</p>	
Avainsanat	liikennevalot, verkko, liikenne

Author(s) Title Number of Pages Date	Jukka Värri Traffic Light Networking 50 pages + 2 appendices 28 December 2012
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Jukka-Pekka Pirinen, Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to develop, test and document an open TCP/IP network for traffic lights.</p> <p>The subject of the thesis was studying equipment for traffic light networking and network controlling software. For this study, a test network for traffic lights was built both in office conditions as well as in actual field conditions to achieve the most accurate test results possible.</p> <p>As a result of this study, we have generated a standard technique for networking traffic lights in the copper network with Actelis routers and open TCP/IP protocol. During this process, the network's definition, planning and security issues, Actelis router specifications, installation and testing were documented.</p> <p>The results of this thesis will be used for traffic lights network projects in the future. Regarding further process development objectives, I would suggest studies into the use of fiber networks and hybrid networks.</p>	
Keywords	Traffic lights, network, traffic

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksen toteutus	2
2.1	Tutkimusongelma	2
2.2	Tutkimusmenetelmä	2
3	Teoreettinen viitekehys	4
4	Liikennevalokojeet	6
4.1	Tekniikka	6
4.2	Ilmaisimet ja opastimet	8
4.3	Toiminta	8
5	Verkko	10
5.1	Nykytila	10
5.2	Tavoitteet	11
5.3	Verkon hallinta	11
6	Testijärjestelmä	12
6.1	Määrittely	12
6.2	Laitteisto	13
6.2.1	Actelis ML2300 -keskusreititin	16
6.2.2	Actelis ML230 -keskusreititin	16
6.2.3	Actelis ML698 Micro DSLAM -pääteleite	16
6.2.4	Actelis ML622 -pääteleite	17
6.2.5	Actelis ML530	17
6.2.6	Actelis ML644	17
6.2.7	XR239 EFM Repeater ja PFU-8-tehonsyöttöyksikkö	17
6.2.8	Hallintaohjelmistot	18
6.3	Suunnittelu	19
6.3.1	Verkkosuunnitelma	19

6.3.2	Liikennevalokojien liittäminen Actelis-verkkoon	20
6.4	Työnkulku	20
6.4.1	Actelis ML698 -laitteiden asennus testiympäristöön	20
6.4.2	Actelis ML698 -laitteiden asennus	21
6.4.3	HSL-yhteys	24
6.4.4	Kupariparien valitseminen	25
6.4.5	Ethernet-portit	26
6.4.6	Virtuaalilähiverkot	27
6.4.7	Laitteen IP-osoite	28
6.4.8	Kellonaika sekä hälytykset	29
6.4.9	Linjan kalibrointi	30
6.5	Tietoturva	31
6.5.1	Käyttäjien hallinta	33
6.5.2	Salasanojen hallinta	33
6.5.3	RADIUS palvelin	33
6.5.4	IP-osoitteisiin perustuva hallinta	34
6.5.5	SSH	34
6.5.6	MAC-suodatus	34
6.5.7	Varmuuskopiointi sekä ohjelmistopäivitys	35
6.6	Työn testaus	36
6.6.1	Toimistotestaus	36
6.6.2	Kenttätestaus ja liikennevalokojen kytkeminen verkkoon	37
6.6.3	Ongelmallisten kupariyhteyksien selvitys	40
6.6.4	Yhteydet kenttäolosuhteissa	42
6.7	Verkon hallinta	42
6.7.1	Quality of Service	42
6.7.2	Liikenteen monitorointi	43
6.7.3	Hallinta WWW-selaimen avulla	44
6.7.4	Hallinta komentokehotteen avulla	45

7	Yhteenveto ja johtopäätökset	46
7.1	Actelis-laitteiden soveltuvuus liikennevalokäyttöön	46
7.2	Tutkimuksen luotettavuus	47
	Lähteet	49

Liitteet

Liite 1. Actelis ML698 Datasheet

Liite 2. Actelis ML698 Specifications

1 Johdanto

Työn aiheena on tutkia, toteuttaa ja dokumentoida avoin TCP/IP-pohjainen tapa verkottaa liikennevalokojeet. Liikennevalokojeeksi luokitellaan järjestelmä, joka huolehtii tieliikenteessä liikennevaloristeyksen toiminnasta. Työssä käsitellään verkkolaitteiden ominaisuuksia sekä niiden hallintaohjelmistoja ottaen huomioon liikennevalojen asettamat vaatimukset. Liikennevalokojeet on tällä hetkellä hyvin usein verkotettu näkymään toisilleen sekä palvelimella toimivaan valvontajärjestelmään. Eri toimijoilla on kuitenkin erilaiset näkemykset kojeiden verkottamisesta sekä käytettävistä tekniikoista. Lisäksi liikennevalokojeiden elinikä on pitkä, ja Suomessa onkin käytössä liikennevalokojeita vielä 1980-luvun alkupuoliskolta. Työssä pyritään tutkimaan myös vanhempien liikennevalokojeiden verkottamismahdollisuudet. Opinnäytetyössä tällainen avoin TCP/IP-pohjainen verkko rakennetaan testiympäristöön, dokumentoidaan ja tehdään tuloksista yhteenveto.

Opinnäytetyö tehdään liikennevaloja toimittavalle Peek Traffic Finlandille. Peek Traffic Finland on osa isompaa kansainvälistä Imtech-konsernia, ja yritys tunnetaan myös nimellä Imtech Traffic & Infra Oy. Suomessa liikennevalokojeiden toimittajia on kolme: Peek Traffic Finland, Swarco Finland Oy ja Siemens. Näistä kolmesta toimijasta liikennevalokojeita eniten Suomessa markkinoille ovat toimittaneet Peek Traffic Finland sekä Swarco Finland Oy.

Opinnäytetyön avulla Peek Traffic Finland Oy:lle pyritään tuottamaan standardi, tietoturvallinen sekä dokumentoitu tapa verkottaa asiakkaiden liikennevalokojeita nykyaikaisilla tietoliikennevälineillä sekä TCP/IP-protokollaa hyödyntäen. Opinnäytetyön tavoitteisiin kuuluu myös toteuttaa asiakkaille monipuolinen ja joustava liikennevalojen verkotusratkaisu, jota voidaan käyttää liikennevalokojeiden valvonnan ja ohjauksen lisäksi muuhun liikenteen valvontaan ja ohjaukseen.

2 Tutkimuksen toteutus

Liikennevaloverkko toteutetaan ja testataan toimisto- ja kenttäympäristöissä. Merkittävimpänä syynä toimistoympäristössä toteuttamiseen ovat verkon tietoturva sekä mittausten sekä tulosten toistettavuus. Toimistoympäristö rakennetaan kuitenkin mukaillen asiakkaan verkon rakennetta.

2.1 Tutkimusongelma

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten liikennevalokojeet tulisi verkottaa TCP/IP-protokollaa sekä nykyaikaisia tietoliikennelaitteistoja hyväksi käyttäen. Eri liikennevalotoimijoilla on erilaiset tavat verkottaa liikennevalokojeet sekä niihin liittyvät keskusjärjestelmät. Liikenneympäristö aiheuttaa valittavalle laitteistolle myös omat vaatimuksensa.

Tutkimuksen tavoitteisiin kuuluu myös toimistoverkon tietoturvallinen eristäminen liikennevaloverkosta sekä liikennevalokojeiden etähallinnan toiminnan varmistaminen.

Tutkimuksen tavoitteena on verkotukseen liittyvien ongelmien havaitseminen sekä yleisen tietoturvan huomioiminen ja dokumentointi. Työn tavoitteena on selvittää ja dokumentoida verkkolaitteiden hallintaohjelmistojen ominaisuudet sekä soveltuvuus liikennevalokäyttöön.

Tutkimuksessa otetaan huomioon myös samaan verkkoon mahdollisesti liitettävät TCP/IP-pohjaiset liikennekamerat.

2.2 Tutkimusmenetelmä

Aiheen tutkimiseksi käytetään laadullista toimintatutkimusta. Lähtökohtana kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa on todellisen elämän kuvaaminen. Laadullisen tutkimuksen ominaispiirteenä voidaan siis pitää sitä, että aineisto hankitaan todellisissa tilanteissa ja tutkimuksessa pyritään tutkimaan kohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Tutkijan omat havainnot tutkimuskohteesta ovat luotettavimpia mittareita. [5, s. 151-155.]

Laadullinen tutkimus on empiiristä siinä mielessä, että siinä hankitaan empiirinen aineisto, jonka perusteella tehdään johtopäätöksiä ja lopuksi aineistosta tehdään kuvaus. Aineistopohjainen lähtökohta on tutkimukselle tyypillinen. Tutkimuksen perusväittämiä ei muotoilla aikaisemman tutkimuksen ja teoriamuodostuksen pohjalta, vaan oman aineiston tulkinnan pohjalta. Teoriaa ei kuitenkaan voi erottaa tutkimuksesta, koska omalla teorianmuodostuksellaan tutkija keskustelee muiden tutkijoiden kanssa. [7,s.122-123.]

Toimintatutkimus on tapaustutkimuksen kaltainen tutkimusstrategia, joka kohdistuu tiettyyn erityistapaukseen. Toimintatutkimus on tutkimusmenetelmä, jonka avulla puututaan todellisiin elämän tapahtumiin. Toimintatutkimus on tapa tutkia jotakin ajatusta käytännössä tarkoituksella muuttaa tai kehittää jotakin, saada tilanteessa aikaan todellista muutosta. Se on prosessi, joka tähtää asioiden muuttamiseen ja kehittämiseen entistä paremmiksi. [6]

3 Teoreettinen viitekehys

Liikennevalojen ohjaus tapahtuu liittymässä olevalla ohjauskojeella. Ohjauskoje koostuu kojekaapista sekä ohjauskojeistosta. Liittymän ohjaukseen tarvittava ohjelmointi on ohjauskojeessa. Yleensä yhdellä ohjauskojeella ohjataan vain yhden liittymän valoja. Ohjauskojeella voidaan kuitenkin poikkeustapauksessa ohjata useampien liittymien liikennevaloja. [1, s. 82.]

Liikennevalojen toiminnallisten ratkaisujen on oltava sitä korkealuokkaisempia, mitä korkeampi on ajoväylän nopeusrajoitus. Esimerkiksi mitä korkeampi nopeusrajoitus, sitä tärkeämpää on turvallisuuden kannalta, että liikennevalojen havaittavuus on hyvä ja että ohjaus toimii autoilijan näkökulmasta johdonmukaisesti ja yllätyksettömästi. [1, s. 20.]

Liikennevalot liitetään aina verkon kautta kaukovalvonnan piiriin; olemassa olevat liikennevalot ovat vähintään vikavalvonnalla ja uudet liikennevalot kaksisuuntaisella laajemmalla toiminnan seurannalla. Valot liitetään olemassa olevaan valvontajärjestelmään, joko tiehallinnon omaan tai tiehallinnon ja kunnan yhteiseen järjestelmään. Kaukovalvonta tarkoittaa, että kojeen tilatiedot välitetään kojeelta paikkaan, jossa niiden välityksellä voidaan seurata kojeen toimintaa ja vikatapauksessa käynnistää tarvittavat korjaustoimenpiteet mahdollisimman nopeasti. [1, s. 83.]

Automaatiojärjestelmissä on alettu käyttää yhä enemmän IP-pohjaisia verkkoteknologioita. Kenttälaitepuolella kenttäväylät, esimerkiksi PROFIBUS ja FF (Foundation Fieldbus), ovat alkaneet hyödyntää IP-pohjaisia verkkoteknologioita. Tämän vuoksi verkkoratkaisujen luotettavuus on tärkeää automaatiojärjestelmien toimivuudelle. Automaatiossa perinteisesti käytetyt kenttäväylät ovat olleet tietoturvallisia, koska liikenne ei reitity väylän ulkopuolelle. IP-protokollan käyttö kenttäväylissä tuo mukanaan paitsi sen edut myös sen haittapuolet, joista suurin on laitteen mahdollinen näkyvyys kenttäväylän ulkopuolelle. [4, s. 78.]

Automaatioverkko olisi erotettava omaksi segmenttikseen muusta yrityksen verkosta. Erilliset palomuurit ja reititinpalomuurit ovat yleisesti käytettyjä

ratkaisuja verkkojen erotukseen. Automaatioverkon suunnittelun pitäisi kuitenkin lähteä siitä perusolettamuksesta, että verkko suunnitellaan jo alun pitäen niin tietoturvalliseksi kuin mahdollista. [4 s. 78.]

Automaatioissa etähallinta on yleistynyt. Etäyhteydet ovat salaustekniikoiden käytöstä huolimatta vain yhtä turvallisia kuin niiden päätepisteissä olevat koneet tai laitteet. Pahimmassa tapauksessa käyttäjä luo tietoturvallisen tunnelin viruksille ja haittaohjelmille yrityksen automaatiotietoverkkoon. [4, s.78.]

4 Liikennevalokojeet

Liikennevalot eivät ole joka paikkaan sopiva ratkaisu, vaan liikennevalojen käyttöönotto risteyksessä vaatii tarkkaa suunnittelua. Liikennevalojen tarpeeseen vaikuttavat ajoneuvo- ja jalankulkijamäärät sekä turvallisuustekijät. Valo-ohjauksen tarpeellisuus lisääntyy liikennemäärien kasvaessa. [1, s.29.]

4.1 Tekniikka

Liikennevaloja ohjataan risteyksessä sijaitsevalla ohjauskojeella. Ohjauskojeisto on sijoitettu sitä suojaavaan kojekaappiin. Liittymän ohjaukseen tarvittava ohjelmointi on ohjauskojeessa (kuvio 1).



Kuvio 1. Kojekaapin sisällä sijaitseva EC-2 -ohjauskojeisto.

Ohjauskojeiston rakenne muistuttaa ohjelmoitavan logiikan rakennetta. Peek Traffic EC-2 -ohjauskojeistossa on virtayksikkö (MDU), prosessoriyksikkö (CPU), lampukortteja (LCM), ilmaisinyksikköjä sekä I/O-kortteja. Lisäksi ohjauskojeeseen on

yleensä liitetty HMI-paneeli, joka mahdollistaa ohjauskojeiston käsikäytön risteyksessä (kuvio 2).



Kuvio 2. EC-2 -ohjauskoje.

Sisäänrakennettu virtayksikkö (MDU) on varustettuna jännitevalvonnalla, verkkomuuntajalla, häiriösuodattimella sekä turvareleillä. MDU-yksikkö ei ole virtalähde. Prosessoryksikkö (CPU) on varustettu erillisillä ohjaus- ja valvontaprosessoreilla. Käyttöjärjestelmänä EC-2 -ohjauskojeessa on Linux. Prosessoryksikön pääprosessori on Motorola PowerPC (48 MHz) ja valvontaprosessorina toimii (32 MHz) Motorola Coldfire. Prosessoryksiköllä sijaitsevat myös Ethernet- ja sarjaporttiliitännät. Lamppukortteihin (LCM) on kytketty opastimien lamput. Niissä on neljä opastinryhmää yhdellä valokytkinkortilla, ja ne ovat varustettu virtavalvonnalla. Ilmaisinyksikössä on 16 ilmaisinkanavaa, johon risteuksen ilmaisinsilmukat kytketään. Ilmaisinyksikössä on myös sarjaväyläkommunikointi. Koje voidaan tarvittaessa varustaa I/O-kortilla, joka mahdollistaa reletulojen ja -lähtöjen ohjaamisen.

4.2 Ilmaisimet ja opastimet

Ilmaisimien avulla liikenteestä kerätään liikennevalojen ohjauksessa tarvittavaa tietoa. Liikenteestä kerätään tietoja silmukkailmaisimilla, infrapunailmaisimilla ja tutkailmaisimilla. Silmukkailmaisimilla voidaan kerätä tietoa myös pyöräilijöistä. Jalankulkijoista saadaan tietoa painonappien sekä infrapuna- ja tutkailmaisimien avulla. Silmukkailmaisimien on näistä luotettavin ja käytetyin liikennevalo-ohjauksessa. Silmukkailmaisimen muodostaa tiepäälysteeseen sahattu ilmaisinsilmukka, silmukan ja kojeen välinen yhdyskaapeli ja vahvistinyksikkö. Ilmaisimet jaetaan kolmeen eri tyyppiin niiden käyttökohteen mukaan. Ilmaisimia voi olla läsnäoloilmaisimien, kulkuilmaisimien tai lähestymisilmaisimien tai muu ilmaisimien. Läsnäoloilmaisimen tehtävänä on havaita pysäytysviivan eteen pysähtynyt ajoneuvo sekä ilmaisimen ylittävä ajoneuvo. Kulkuilmaisimen tai lähestymisilmaisimen tehtävänä on havaita sen ylittävä ajoneuvo. Muut ilmaisimet ovat perusilmaisinten yhdistelmiä kuten ruuhkailmaisimien, polkupyöräilmaisimien, pitkien ajoneuvojen ilmaisimien, nopeudenmittausilmaisimien, bussi-ilmaisimien, suunnantuntevat ilmaisimien parit sekä liikennelaskentailmaisimet. [1, s.68.]

Valo-ohjausta varten liittyisiin asennetuista ilmaisimista induktiosilmukka on luotettavin. Se havaitsee noin 90 % ajoneuvoista. Liikennetieto-ohjausta varten riittää tieto saapuvista ajoneuvoista, mikä on hoidettavissa myös infrapuna- ja mikroaaltotutkalla. [8, s.17.]

Liikennevalo-opastimina käytetään hehkulankalampuilla varustettuja matalajänniteopastimia tai yleistyvään LED-tekniikkaan perustuvia opastimia. Samassa liittymässä käytetään vain yhdentyypisiä opastimia. [1, s.61.]

4.3 Toiminta

Liikennevalojen toiminnan lähtökohtana ovat tavoitteet siitä, miten valo-ohjauksen tulee toimia, mitkä suunnat ovat tärkeitä, mihin ongelmiin on kiinnitettävä huomiota ja mitkä ovat liikenneturvallisuuden ja liikenteen sujuvuuden liittyvät tavoitteet. Liikennevalot pidetään pääsääntöisesti aina toiminnassa, mikä edellyttää valojen liikenneohjattua toimintaa. [1, s. 84.]

Liikennevalojen ohjausperiaatteet ovat erillisohjaus, yhteenkytkentä ja linkitys. Erillisohjauksessa liittymän liikennevalojen toimintaa ei ole kytketty muiden liikennevalojen toimintaan ja kiertoaika on yleensä muuttuva. Yhteenkytkennässä liittymän liikennevalojen toiminta ajoitetaan viereisten liittymien liikennevalojen toimintaan sopivaksi. Yhteenkytkennän kiertoaika on kiinteä. Linkitys on erillisohjauksen ja yhteenkytkennän yhdistelmä. Pääosin liikennevalot toimivat itsenäisesti, mutta tietyiltä osin toimintaan vaikuttaa viereisen liittymän liikennevalojen toiminta. Kiertoaika on muuttuva. [1, s. 17-18.]

Risteyskojeiden, ilmaisimien ja opastimien välinen viestintä perustuu yksinkertaisuuteen, millä on pyritty minimoimaan virheen mahdollisuus. Risteyskoje saa ilmaisimen releeltä tiedon, onko ilmaisin vapaa vai varattu. Opastin puolestaan saa risteyskojeelta käskyn jännitteviestinä, kun opastinkuvan on vaihduttava seuraavaan. Viestien analysointi tapahtuu risteyskojeen prosessorissa. [8, s.22.]

5 Verkko

Liikennevalokojeet verkotetaan, että ne voivat välittää tietoa keskenään, välittää tietoa liikennevalvonnalle, liikennetiedon keräämiseksi sekä kojeiden kaukohallinnan vuoksi. Liikennevalokojeet voivat olla yhteenkytkettyjä, jolloin niiden välinen tiedonsiirto näyttelee merkittävää osaa liikennevalojen toiminnassa. Yhteenkytkennällä voidaan toteuttaa esimerkiksi vihreitä aaltoja. Uusimmissa kojeissa on Web-käyttöliittymät ja niitä voidaan hallita WWW-selaimella.

5.1 Nykytila

Verkon nykytila on hajanainen. Eri toimijoilla on ollut historian aikana erilaisia ratkaisuja toteuttaa liikennevalokojeiden verkotus. Tähän on vaikuttanut myös liikennevalojen pitkä toimintaikä. Kaupungeissa on liikennevalokojeita jopa 1980-luvulta. Lisäksi käyttöympäristö on asettanut omat vaatimuksensa käytettäville tiedonsiirtolaitteistoille sekä tavoille. Yleisesti käytettyjä tekniikoita ovat olleet LNET-, SHDSL-, MDSL- ja 3G-ratkaisut sekä erilaiset soittavat modeemit. LNET-verkon tiedonsiirtonopeus on 2400 bps, tietoliikenneprotokolla on token bus. SHDSL (Symmetric High-Bitrate Digital SubscriberLoop) siirtää symmetristä dataa yhteysnopeutta säääten yhdellä kuparikaapeliparilla 192 kbps - 2,3 Mbps tiedonsiirtonopeuksilla.

Peek-ohjauskojeissa tietoliikenneyhteydet ovat tällä hetkellä hoidettu kupariverkkoalueella Peek MDSL -reitittimellä (Multirate Digital Subscriber Line). Peek MDSL-reitittimellä on mahdollista tehdä 3 kpl reitityspisteitä ja teoreettinen nopeus on 784 kbit/s. Modeemi on varustettu RS-232 -sarjaliikenneportti ja 10 BaseT Ethernet -liitännällä prosessorille. Vahvistusetäisyys on riippuvainen käytettävästä kupariverkon kaapelin paksuudesta sekä laadusta. Se on 5 km kun kaapelin paksuus on 0.5 mm² ja 4 km, kun kaapelin paksuus on 0.4mm² . MDSL-reitittimessä on etähallinta mahdollisuus. Yksiköt toimivat lähiverkon reitittiminä.

Aluilla joilla ei ole mahdollista käyttää kupariverkkoja, käytetään 3G-modeemeja.

5.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteina on toteuttaa Peek Traffic Finland Oy:lle standardi, tietoturvallinen sekä dokumentoitu tapa verkottaa asiakkaiden liikennevalokojeita nykyaikaisilla tietoliikennevälineillä sekä TCP/IP-protokollaa hyödyntäen. Samalla pyritään tutkimaan toteutettavan verkon kapasiteetti sekä soveltuvuus TCP/IP-pohjaisille liikennevalvontakameroille. Opinnäytetyön tavoitteisiin kuuluu myös toteuttaa asiakkaille yhteneväinen ja joustava liikennevalojen verkkoratkaisu, jota voidaan käyttää kojeiden valvonnan ja ohjauksen lisäksi muuhun liikenteen valvontaan ja ohjaukseen.

5.3 Verkon hallinta

Tällä hetkellä hallintatyökalut ovat keskittyneet liikennevalokojien toiminnan valvontaan. Varsinaisen tietoliikenneverkon hallinnan ja toimivuuden seurannan työkalut ovat olleet vähemmän merkittävässä asemassa tai puutteellisia.

6 Testijärjestelmä

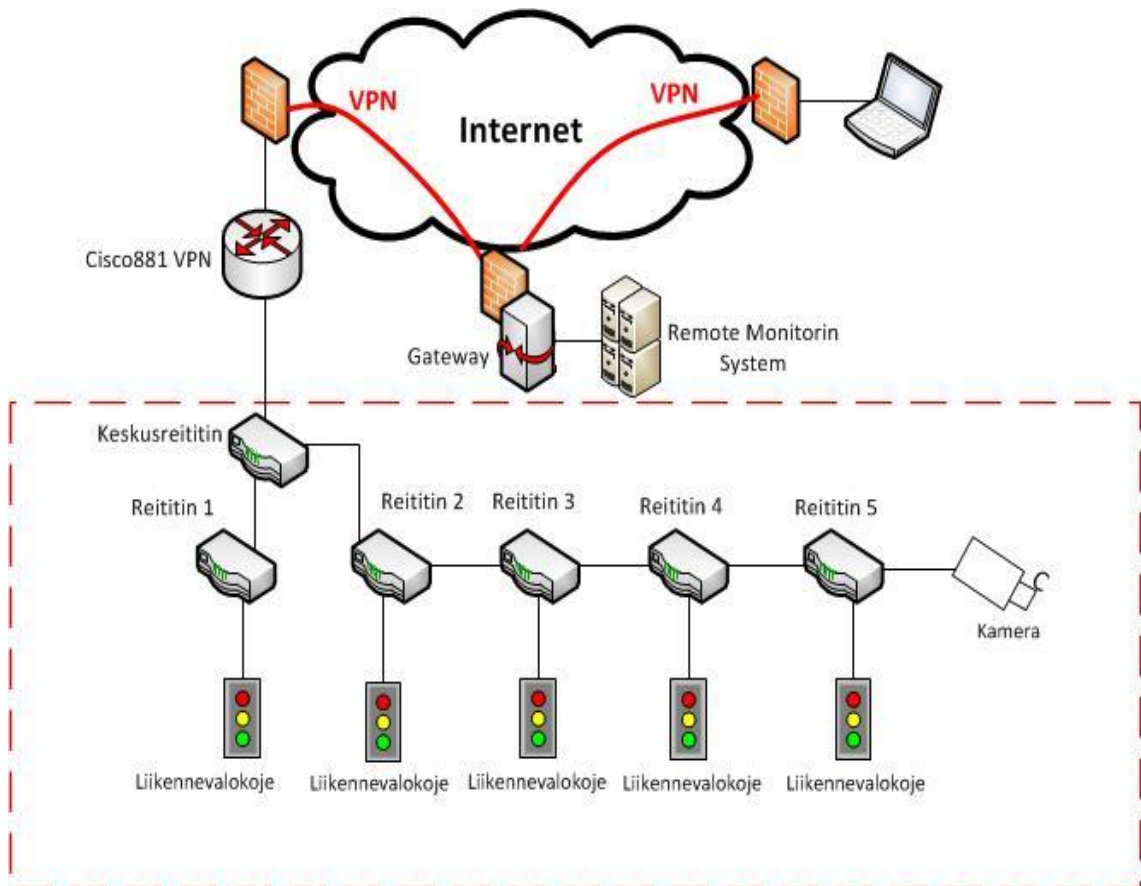
Testijärjestelmän luomisessa ja hallitsemisessa käytetään vesiputousmallia. Vesiputousmalli on yksinkertainen vaihemalli, jossa edetään portaittaisesti vaiheesta toiseen aina projektin alusta sen loppuun. Jokaisen vaiheen lopussa tarkastellaan, ollaako valmiita siirtymään seuraavaan vaiheeseen vai tulisiko samaa vaihetta vielä jatkaa.

Vesiputousmallin heikkoutena voidaan pitää sitä, että integraatiotestaukselle on varattu vain yksi vaihe mallin loppupuolelta. Osatestauksia voidaan toki suorittaa muidenkin vaiheiden aikana. Tämä tarkoittaa kuitenkin sitä, että määrittelyvaiheessa sekä suunnitteluvaiheessa tehdyt virheet voivat käydä testausvaiheessa kalliiksi. Vesiputousmallia on käytetty ohjelmistoprojekteissa pitkään, ja se sopii hyvin myös tähän työhön, koska työn vaatimukset ja tavoitteet ovat erittäin hyvin selvillä jo heti projektin alkuvaiheessa.

6.1 Määrittely

Työn kohteena on tietoliikenneverkon rakentaminen liikennevalokojelle. Järjestelmää suunniteltaessa ja toteutettaessa tulee ottaa huomioon järjestelmän erityisvaatimukset. Työhön soveltuva laitteisto valittaessa seuraavat ominaisuudet ovat ratkaisevia. Laitteiden toimintalämpötilojen tulisi olla $-40\text{ °C} - +65\text{ °C}$, siitä syystä, että laitteiden toiminta tulisi pystyä varmistamaan, vaikka kojekaapissa oleva lämmitin hajoaisi. Laitteiden tietoliikennenopeus tulee olla riittävällä tasolla, jotta samassa verkossa voidaan välittää kameran lähettämää tietoa sekä mm. kameroiden kuvaa. Koska nykyään kupariverkkoja on osittain korvattu kuituverkolla, tulisi kuitu- ja kupariyhteydet pystyä hoitamaan saman tuoteperheen laitteistoilla. Laitteiden tulee myös tukea virtuaalilähiverkkoja. Laitteisiin tulee olla etähallintatyökalut verkon hallintaa sekä monitorointia varten.

Toteutettavassa verkossa tulee olemaan keskusreititin sekä viisi liikenneohjauskojetta sekä yksi kamera. Järjestelmässä liikennevalokojien liikenne, tietoliikennelaitteiden hallinta sekä videokuva tulee voida erottaa omiin virtuaalilähiverkkoihin (kuvio 3).



Kuvio 3. Verkkokuva määriteltävästä liikennevaloverkosta.

Toteutettavaan verkkoon tulee olemaan VPN-yhteys, jonka avulla verkon laitteisiin voidaan muodostaa huolto- sekä valvontayhteydet. Toimistoverkko on eristetty liikennevaloverkosta palomurein sekä yhteydet ulkopuolelle on hoidettu VPN-yhteyksien avulla.

6.2 Laitteisto

Työ toteutetaan käyttämällä Actelis-tietoliikennelaitteita, jotka täyttävät laitteistoille asetetut vaatimukset. Ennen laitteiston valitsemista tarkasteltiin myös Dcombus-laitteita. Näihin ei kuitenkaan päädytty, koska Dcombusella ei ollut kuparilaitteita, jotka tukevat Spanning tree -protokollaa. Protokollan avulla estetään haitalliset silmukat verkossa. Myöskään kuitu- ja kuparirenkaiden teko samalla tuoteperheellä sisältäen hybridiverkot ei ole Dcombusella mahdollista. Dcombus-laitteet eivät ole Metro Ethernet -sertifioituja.

Työssä on otettu huomioon liikennevalojen sekä muiden avointa TCP/IP-protokollaa tukevien laitteiden mahdollisen liittäminen verkkoon. Myös kamerat, jotka tukevat TCP/IP-protokollaa, on mahdollista liittää tähän verkkoon. Testiverkko toteutetaan Actelis ML698 -laitteilla (kuvio 4).



Kuvio 4. Actelis ML698.

Acteloksen valmistamat laitteet ovat Metro Ethernet -sertifioituja, mikä tarkoittaa sitä, että ne ovat yhteensopivia muiden Metro Ethernet -sertifioitujen laitteiden kanssa. Metro Ethernet perustuu Ethernet-standardiin, joka on suunniteltu käytettäväksi suurissa Ethernet-verkoissa kuten kaupungeissa. Metro Ethernet on kehitysaskel Ethernet-verkkomaailmassa, ja onkin yleistymässä oleva malli, joka mahdollistaa etäällä toisistaan olevien yritysverkkojen ja palveluntarjoajien verkkojen yhdistämisen. Metro Ethernet tarjoaa yksinkertaisen liitettävyyden käyttäen Ethernet-protokollaa. Muista Metro Ethernet -sertifioiduista toimittajista voidaan esimerkkinä mainita Cisco, Alcatel ja D-Link.

Actelis on myös Metro Ethernet Forumin (MEF) jäsen. Metro Ethernet Forum on voittoa tavoittelematon yritysten yhteenliittymä. Metro Ethernet Forum perustettiin vuonna 2001, ja Metro Ethernet Forumin tarkoituksena on yhdistää palveluntarjoajat ja laitevalmistajat. Metro Ethernet Forum tarjoaa kehitysalustan, jossa keskustellaan Metro Ethernet -verkkoon liittyvistä standardeista sekä ohjearvoista, joita laitevalmistajien ja palveluntarjoajien tulisi käyttää. [9]

Actelis-laitteilla voidaan liikennevaloverkko toteuttaa joko tähtimäisenä tai renkaana. Laitteistolla on mahdollista toteuttaa hybridirenkaita, joissa on käytetty kuparia sekä kuitua. Laitteesta löytyy Cut Line Protection -tekniikka. Tämän tekniikan avulla voidaan varmistaa, ettei yhden kupariparin katkeaminen kaada koko yhteyttä, jos laitteessa on käytössä useampi kuparipari. Laitteista löytyy EMF-ominaisuudet, eli DRB (Dynamic Rate Boost) -ohjelmistolisenssillä voidaan kasvattaa käytettävän verkon kapasiteettiä ja DSS (Dynamic Spectral Shaping). DSS:llä varmennetaan, että tuotteet ovat yhteensopivia alan standardien sekä kuparijohtimissa käytettyjen signaalien spektrivaatimusten kanssa. Maksiminopeus kupariparissa Actelis ML698 -laitteistolla on noin 15,2 Mbps. Maksiminopeutta saavutetaan harvoin muualla kuin testiolosuhteissa, koska tämä riippuu käytettävän kupariverkon kaapeleiden laadusta sekä etäisyyksistä. Laitteesta löytyy Cross talk management -toiminto ylikuuluvuuden hallitsemiseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että kupariparit aina ylikuuluvat ja aiheuttavat häiriötä toisilleen. Tekniikan avulla voidaan vähentää laitteisiin kytkettyjen kupariparien häiriön määrää ja ne sietävät muiden laitteiden kupariparien häiriötä paremmin. Laitteesta löytyy myös ukkosien varalle Triple Surge -suojat, ja Krone-rimalle on mahdollista asentaa erillinen Quick Surge -suoja. [10]

Actelis-tuotteet ovat yhteensopivia myös IEEE802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM) sekä ITU G.998.3 -standardien kanssa. Metro Ethernetin kehittyessä syntyi uusi palvelu, joka sai nimekseen Carrier Ethernet. Carrier Ethernetin tarkoituksena on levittää verkkopalvelut laajemmiksi palveluiksi mahdollisimman usean verkkoteknologian läpi. Metro Ethernet Carrier -palvelussa luodaan määrityksiä Ethernet-tekniikan päälle, ja tätä voidaan kutsua Metro Ethernet -laajennukseksi. Actelis-tuotteet tukevat kaikkia Carrier Ethernet -ratkaisuihin soveltuvia standardeja (IEEE, MEF, ITU-T, ETSI, ANSI) ja varmistavat näin yhteensopivuuden myös muiden

valmistajien tuotteiden kanssa. Ethernet over Copper™ -ratkaisulla asiakas voi rakentaa sekä Point-to-Multipoint että Point-to-Point-yhteyksiä kupariverkossa. Ethernet over Copper™ -tekniikassa käytetään kierrettyä kupariparikaapelia. Tekniikka on käytännöllinen kaupunkialueella mutta ei etäämpänä rajoitetun kantomatkan vuoksi. [10]

6.2.1 Actelis ML2300 -keskusreititin

Actelis ML2300 on EFM-liityntäverkon suuritehoinen keskitin, jonka avulla voidaan rakentaa 100 Mbit:n symmetrisiä datayhteyksiä. Keskittimessä on 1000Base-FX ja 1000Base-T-liitäntöjä. Keskitin tukee mitä tahansa kupariparien kombinaatiota HSL-linkissä kahdeksaan pariin asti. ML2300 mahdollistaa laajakaistayhteydet, runkoyhteyden xDSL-, kuitu- ja langattomien verkkojen syöttöliikenteeseen. Laitte tukee 128:aa kupariparia, ja siinä on neljä linjakortin liitäntää. Laitteesta löytyy myös SNMP-hallinta ja WFQ. Tämä keskitin sopii parhaiten laajojen verkkojen keskusreitittimeksi. [10]

6.2.2 Actelis ML230 -keskusreititin

Actelis ML230 on keskitin, joka on isoveljensä ML2300:n karsittu versio. Keskittimessä on 1000Base-FX ja 1000Base-T-liitäntöjä ja se tukee 128:aa kupariparia, ja siinä on kaksi linjakortin liitäntää. Myös tästä laitteesta löytyy SNMP-hallinta ja WFQ. Laitte soveltuu hieman pienempien verkkojen keskusreitittimeksi. [10]

6.2.3 Actelis ML698 Micro DSLAM -päätelaitte

ML600-sarjan laitteita voidaan käyttää sekä keskuslaitteistona että päätelaitteina. Actelis ML698 on EFM-liityntäverkon keskitin, jonka avulla voidaan kupariverkossa rakentaa 100 Mbit:n symmetrisiä datayhteyksiä. Keskittimessä on neljä 10/100Base-T-liitäntää ja yksi 100/1000Base-SFP-liitäntä. ML698 tukee kahdeksaa kupariparia ja neljää ML600- tai ML42-asiakaspäätelaitetta. Päätelaitteet liitetään ML698:aan High Speed Linkin välityksellä. HSL huolehtii 1–8 kupariparin loogisesta yhteydestä kahden Actelis-laitteen välillä. Linkissä voidaan tehdä 1–8 kupariparin bondausta. Bondauksella eli useamman kupariparin yhteen liittämällä voidaan moninkertaistaa suorituskyky

yhdistettävien parien lukumäärän mukaisesti. Siten kahden kupariparin bondaus tarjoaa 30 Mbit:n yhteysnopeuden, neljän kupariparin liittäminen mahdollistaa 60 Mbit:n nopeuden ja kahdeksan kupariparin bondaus tarjoaa 120 Mbit:n symmetrisen yhteyden. ML698-keskittimiä käyttävät operaattorit, energiayhtiöt, valtio, kunnat, oppilaitokset, terveydenhuolto sekä yritykset. ML698 sopii esimerkiksi turvakameroiden, liikennekameroiden sekä liikennevalojen yhteyksiin. Laite tukee WFQ- sekä SP-tekniikoita. Laitteen tarkemmat ominaisuudet on esitelty liitteissä 1 sekä 2. [10]

6.2.4 Actelis ML622 -päätelaitte

ML620-sarjan laitteissa on neljä 10/100Base-T-liitäntää sekä yksi 10/100Base-TX-liitäntä erilliselle hallintayhteydelle. Laite tukee kahta kupariparia. Tämä laite sopii yhteyksien päähän, josta tiedetään varmuudella, että kupariyhteyttä ei tulla jatkamaan eteenpäin. [10]

6.2.5 Actelis ML530

ML530-sarjan laitteissa on neljä 100/1000Base-FX-liitäntää ja neljä 10/100Base-T-liitäntää. Laite ei tue kuparipareja. [10]

6.2.6 Actelis ML644

ML644-laitteessa on kaksi 100/1000Base-FX-liitäntää sekä neljä 10/100Base-T-liitäntää. Lisäksi ne tukevat neljää kupariparia. Laite sopii hyvin hybridiverkkoihin, joissa käytetään kuitua sekä kuparia. [10]

6.2.7 XR239 EFM Repeater ja PFU-8-tehonsyöttöyksikkö

Actelis XR239 EFM Repeater -toistimella voidaan kahdentaa joko yhteyden kantama tai nopeus. EFMplus-tekniikan antama 15,2 Mbps nopeus kupariparia kohden kantaa noin kilometrin. Kilometrin kohdalle voidaan sijoittaa toistin, joka tarjoaa saman yhteysnopeuden vielä toisella lisäkilometrillä. Vastaavasti noin kolmen kilometrin etäisyydellä saadaan 5 Mbps yhteysnopeudet kupariparia kohden. Sijoittamalla

toistimen kolmen kilometrin kohtaan voidaan kasvattaa etäisyyttä kuuteen kilometriin samaa yhteysnopeutta säilyttäen. Kahdeksaa kupariparia käyttäen voidaan toteuttaa 45 Mbps nopeus noin 15 kilometrin matkalla. [10]

Toistimia voidaan linkittää yhteensä kahdeksan yksikköä peräkkäin. Toistimen kytkemiseen sijoitetaan PFU8-tehonsyöttöyksikkö keskuksen päähän. Keskuksen päässä voi olla neljä toistinta. Kun myös asiakaspäähän asennetaan toinen PFU-8-yksikkö, voidaan kytkeä neljä toistinta lisää. Yhteys kantaa silloin jopa 50 kilometriä. Actelis-standardin mukaisia toistimia voidaan käyttää mihin tahansa EFM-liityntäverkkoon. [10]

6.2.8 Hallintaohjelmistot

Actelis-laitteiden mukana tulee MetaASSIST View –hallintaohjelmisto. Vuonna 2012 ohjelmasta on käytössä versio 7.12.0.19. Ohjelmisto on Java-pohjainen, jossa on havainnollinen graafinen käyttöliittymä. MetaASSIST™ View on työkalu pienten ja keskisuurten EFM-liityntäverkkojen hallintaan. Ohjelmisto mahdollistaa turvalliset etäyhteydet tai yhteyden RS-232-portin välityksellä. Kaikkia verkkoon kytkettyjä laitteita voidaan muokata ja hallinnoida samanaikaisesti. Portaittainen näkymä kertoo yksittäisen laitteen tiedot. MetaASSIST View on käyttöjärjestelmäriippumaton, ja se voidaan asentaa Windows-, Sun Solaris- ja Linux -työasemalle. [10]

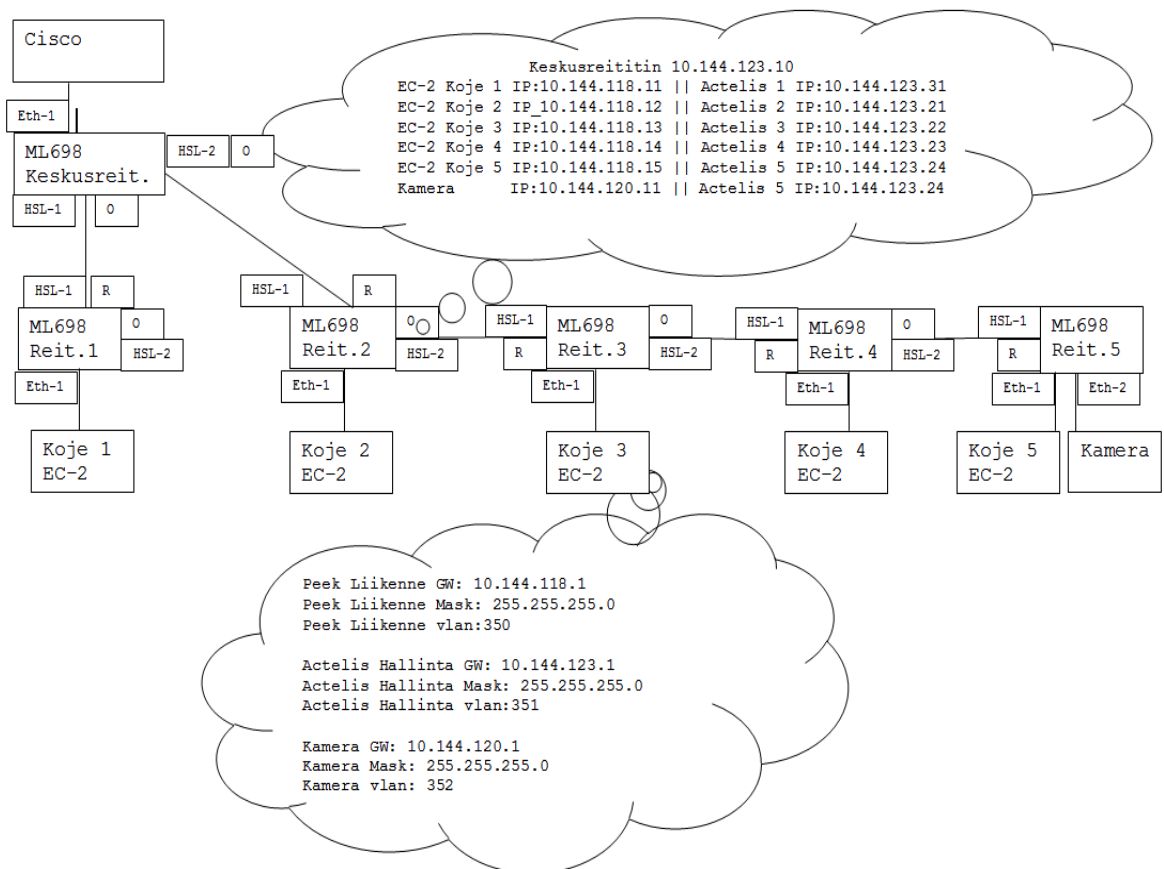
MetaASSIST EMS on operaattoritason hallintaohjelmisto keskisuurten ja suurten EFM -liityntäverkkojen hallintaan. Ohjelmistolla voidaan hallita keskitetysti kaikkia verkkoon kytkettyjä Actelis-laitteita. MetaASSIST EMS sisältää EMS-palvelinalustan, EMS-tietokantasovelluksen sekä graafisen EMS Client -ohjelmiston. EMS voidaan asentaa seuraaville palvelimille: Windows 2000, 2003, XP sekä Sun Solaris 9.0 tai 10.0. Siihen voidaan käyttää mitä tahansa kaupallista tietokantaa, esimerkiksi Oracle 10.0 tai MySQL 5.1. Tämä versio ohjelmasta voidaan integroida muiden verkonhallinta- tai toimintaa tukevien ohjelmistojen kanssa. [10]

6.3 Suunnittelu

Laitteiden valinnan jälkeen voidaan määrittelyä tarkentaa. Toteutettavaan verkkoon rakennetaan kolme virtuaalilähiverkkoa. Tietoliikennelaitteille tulee oma hallintavirtuaalilähiverkko. Liikennevalokojeeille sekä liikennevalontakameroille tulee omat virtuaalilähiverkot. Virtuaaliverkoilla voidaan rajoittaa eri käyttäjäryhmien pääsyä laitteistoille. Tietoliikennelaitteiden hallinta voidaan määrittää tietoverkkojen ylläpidosta vastaavalle organisaatiolle, samoin kuin liikennevalokojeeiden hallinta niistä vastaaville ylläpitohenkilöille. Liikennevalontakamerat ovat usein liikenneviraston tai poliisiviranomaisten hallinnassa.

6.3.1 Verkkosuunnitelma

Verkkosuunnitelmassa on esitetty tietoliikennelaitteiden väliset yhteydet sekä niihin liitetty ohjauskojeet sekä liikennevalontakamerat (kuvio 5).



Kuvio 5. Verkkosuunnitelma.

Actelis ML698 -laitteesta voidaan muodostaa neljä HSL-yhteyttä. Actelis ML698 -laitteissa jokaiselle HSL-yhteydelle määritellään, onko se hallitseva O vai vastaanottava R. Verkkosuunnitelmasta käyvät esille laitteiden väliset suhteet toisiinsa.

Verkkoon on kytketty myös Ciscon 881 -reititin, jonka kautta liikenne ohjataan Traffic Gateway -palveluun ja liikennevalojen hallintapalvelimelle.

6.3.2 Liikennevalokojeiden liittäminen Actelis-verkkoon

EC-2 kojeen lisääminen Actelis-laitteeseen tapahtuu suoraan prosessorikortilla olevan Ethernet-liitännän kautta. Muiden valmistajien kojeiden liittäminen Actelis-laitteeseen tapahtuu erillisen sarjaportti protokollamuuntimen avulla. Protokollamuuntimen avulla liitettäviä kojeita ovat ITC-2, ELC-2 ja ELC-3 kojeet. EC-1-kojeeseen tarvitaan erillinen EC-1-päivitysyksikkö, joka muuntaa kojeen EC-1 PPC -kojeeksi. Koje joudutaan myös ohjelmoimaan tässä tapauksessa uudelleen. Uusimmissa ITC-2B-kojeissa on Ethernet -liitäntä johon Actelis-laite voidaan suoraan liittää. Työssä lisätään Actelis-verkkoon ainoastaan EC-2-kojeita.

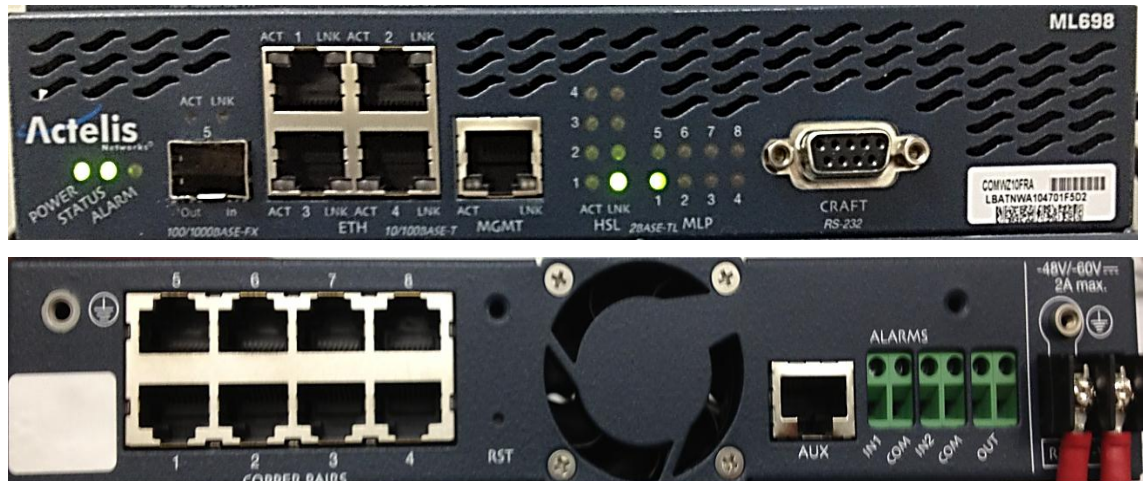
6.4 Työnkulku

Testijärjestelmä rakennetaan kokonaisuudessaan Actelis ML698 -laitteilla kupariverkkoon. Testijärjestelmä mukailee oikeaa liikennevalokojeiden verkkoa. Jos testijärjestelmä olisi laajempi, tulisi keskuslaitteena käyttää verkon koosta riippuen joko ML2300- tai ML230-laitteita. Näiden laitteiden asetusten säätäminen on kuitenkin lähes vastaava prosessi kuin Actelis ML698 -laitteen.

6.4.1 Actelis ML698 -laitteiden asennus testiympäristöön

Testiympäristö rakennetaan suunnitelman mukaisesti, ja se muodostuu kuudesta Actelis ML698 -laitteesta, joista yksi toimii keskusreitittimenä. Laitteen etupuolelta löytyy 100/1000Base-SFP-liitäntä, neljä 10/100Base-T-liitäntää, hallinta-10&100Base-T-liitäntä sekä RS-232-liitäntä. Laitteen takaa löytyy kahdeksan kupariparin liitäntää, Aux -liitäntä PFU-8-tehonsyöttöyksikön valvontaan sekä kaksi sisääntuloa hälytyksille ja

yksi hälytys ulostulo. Laitteen toisessa reunassa dip-kytkimet on peitetty suojaavalla tarralla, koska ML698 -mallissa ei kytkimillä vaikuteta asetuksiin. Joissain malleissa kytkimillä voidaan esiasentaa laite ilman erillistä MetaAssist View -ohjelmaa (kuvio 6). [11, s. 33.]

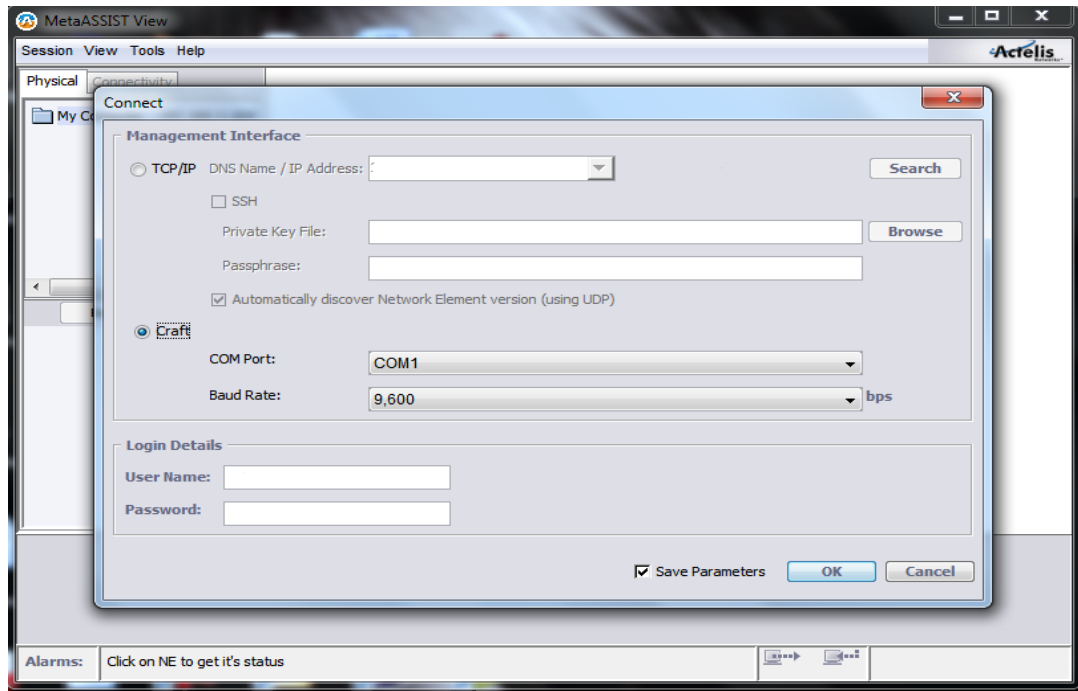


Kuvio 6. ML698-liitännät edestä ja takaa.

6.4.2 Actelis ML698 -laitteiden asennus

Ensimmäisellä kerralla laitetta asentaessa täytyy käyttää RS-232-sarjakaapelia. Tämä johtuu siitä, että laitteesta puuttuvat IP-määrittelyt. Yhteyden muodostaminen tapahtuu MetaAssist View -ohjelmalla, jolla voi hallita kaikkia tuoteperheeseen kuuluvia tietoliikennelaitteita. MetaAssist View on Java-pohjainen ohjelmisto, jonka avulla laitteiden asetuksia voidaan muuttaa sekä valvoa.

Ohjelmassa yhteyden COM-portiksi valitaan COM1 ja yhteysnopeudeksi 9,600 bps. Tämän jälkeen syötetään käyttäjätunnus sekä salasana. Nämä löytyvät laitteen mukana tulevasta manuaalista. Huomioitavaa on myös se, että kyseisestä portista ei löydy yhteysnopeuden automaattitunnistusta. Tämän vuoksi oma tietokone täytyy säätää toimimaan tarvittaessa kyseisellä yhteysnopeudella (kuvio 7).



Kuvio 7. Yhteyden muodostus RS-232 kaapelilla.

Yhteyden muodostamisesta kertovat vasemman alareunan yhteysnuolet. Kun yhteys on muodostettu, päästään muokkaamaan laitteet oletusasetuksia. Ohjelman näyttö on jakautunut neljään pääosioon. Vasemmalla yläreunassa on topologia puu, josta nähdään laitteiden suhteet toisiinsa. Tämä on varsin hyödyllinen näkymä, jos verkkoon on kytketty useampia laitteita. Tämän alla on laitteen fyysiset asetukset, ja oikean reunan alueen varaa varsinainen asetusten työalue. Hälytykset on ilmaistu kuvaruudun alareunassa (kuvio 8).

MetaASSIST View - <A104701F516> (Port COM1)

Session View Tools Group Operations Help

Physical Connectivity

My Computer - 192.168.3.104
<A104701F516> (Port COM1)

Back Forward

Network Element - A104701F516

System
Modules
HSLs
NES Linked via HSL
Modem Ports
Ethernet Ports
NES Linked via ETH
Ethernet Bridge
Ethernet Services
Management Interfaces
Management Access
System Administration

Network Element - A104701F516

HSL-1 HSL-2 HSL-3 HSL-4

Monitored NE

TID: A104701F516
Model: ML698
SW Release: 7.05/11
Modems: None
Linked NEs: View All
Session: Craft (9600 Kbps)

TID	Severity	Condition Type	AID	SA/NSA	Time
A104701F516	CR	NOSETUP	COM	SA	23.10.2012 16:03:43
A104701F516	MN	LOS	COLAN	NSA	23.10.2012 16:03:44

Alarms: 1 0 1 A104701F516 Status: Connected

Kuvio 8. Kirjautuneena ML698-laitteen hallintaan.

Kirjautuessa ensimmäistä kertaa laitteeseen on syytä vaihtaa myös oletussalasana toiseen. Salasanan voi vaihtaa ylhäältä Sessions-valikosta kohdasta Edit Password. Laitteen hallinnassa on huomioitavaa, että vasemman yläreunan puumaisessa hierarkiassa näkyvät kaikki yhteyteen kytketyt laitteet. Tästä syystä on hyvin tärkeää nimetä laitteet yhteyttä kuvaavalla nimellä. Nimen asettaminen tapahtuu System-valikon kautta, josta valitaan Set System ID. Nimeä syöttäessä täytyy muistaa valita kohta Apply to SNMP System Name. Simple Network Management protokollan eli SNMP:n avulla voidaan kysellä verkossa olevan laitteen tilaa tai laite voi itsenäisesti antaa hälytyksiä (kuvio 9).

MetaASSIST View - <A104701F516> (Port COM1)

Session View Tools Group Operations Help

Physical Connectivity

My Computer - 192.168.3.104
<A104701F516> (Port COM1)

Network Element - A104701F516:
 System
 Modules
 HSLs
 NES Linked via HSL
 Modem Ports
 Ethernet Ports
 NES Linked via ETH
 Ethernet Bridge
 Ethernet Services
 Management Interfaces
 Management Access
 System Administration

System Configuration

Pluggable Cards Configuration: Automatically
 Output Relays Usage: Office Alarms
 Sealing Current: Off
 Alarm LED Indication: Full
 Dynamic Rate Boost (DRB): Off (Check DRB HW / License)

Configure Set System ID

Alarms and Conditions

Severity	Condition Type	SA/NSA	Time	Failure Description	Loc.
CR	NOSETUP	SA	23.10.2012 16:03:43	No Valid Setup	NEND

Set System ID

System ID:

Apply to SNMP System Name

OK Cancel

Details

Model: ML698
 Preset by Dipswitch: Off
 Last Reboot: 23.10 16:03:44

Restart

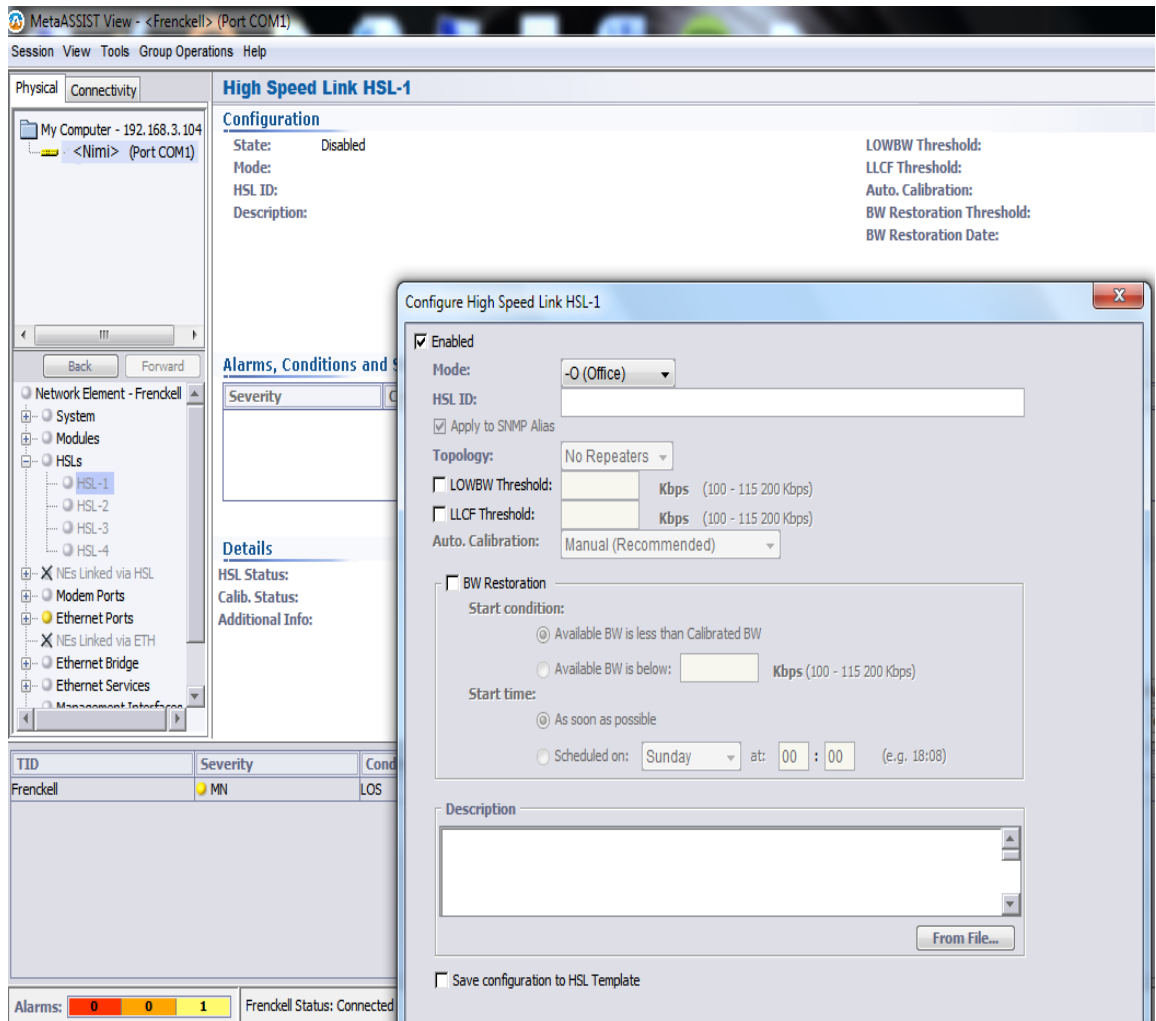
TID	Severity	Condition Type	AID	SA/NSA	Time	Failure Description	Location
A104701F516	CR	NOSETUP	COM	SA	23.10.2012 16:03:43	No Valid Setup	NEND
A104701F516	MN	LOS	COLAN	NSA	23.10.2012 16:03:44	Loss Of Signal	NEND

Alarms: 1 0 1 A104701F516 Status: Connected

Kuvio 9. ML698-laitteen nimi.

6.4.3 HSL-yhteys

Kun järjestelmälle on annettu nimi, luodaan HSL-yhteys. Näitä yhteyksiä voi Actelis ML698 -laitteessa olla neljä kappaletta. HSL-yhteyden luominen tapahtuu HSL-valikosta. Samalla määritellään, onko laite hallitseva O vai vastaanottava laite R (kuvio 10).

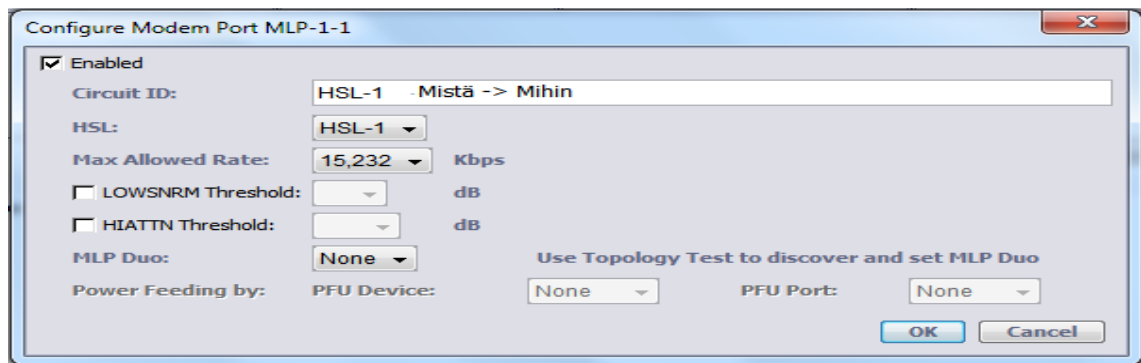


Kuvio 10. HSL-yhteyden luonti.

HSL ID -kohtaan on hyvä syöttää yhteydelle kuvaavampi nimi. Muita arvoja ei HSL-kohdassa tarvitse muuttaa.

6.4.4 Kupariparien valitseminen

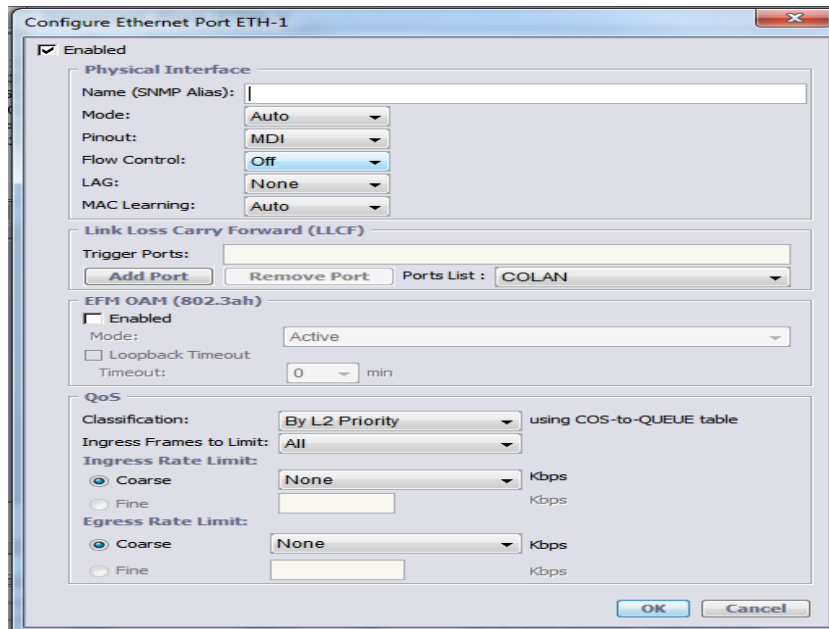
Seuraavaksi HSL-yhteydelle määritellään sen käyttämät kupariparit sekä näiden modeemiportit. Tämä tapahtuu valikon Modem Ports -kohdan kautta. Modeemiporttia nimitessä on hyvä tapa nimetä, mistä yhteys on ja mihin. Maksiminopeuden voidaan antaa olla 15,232 kbps. Sitä ei ole testissä syytä rajoittaa. Jos yhteyden välissä on toistimia käytössä, valitaan MLP-duo-asetus aktiiviseksi (kuvio 11).



Kuvio 11. Modeemiporttien asetukset.

6.4.5 Ethernet-portit

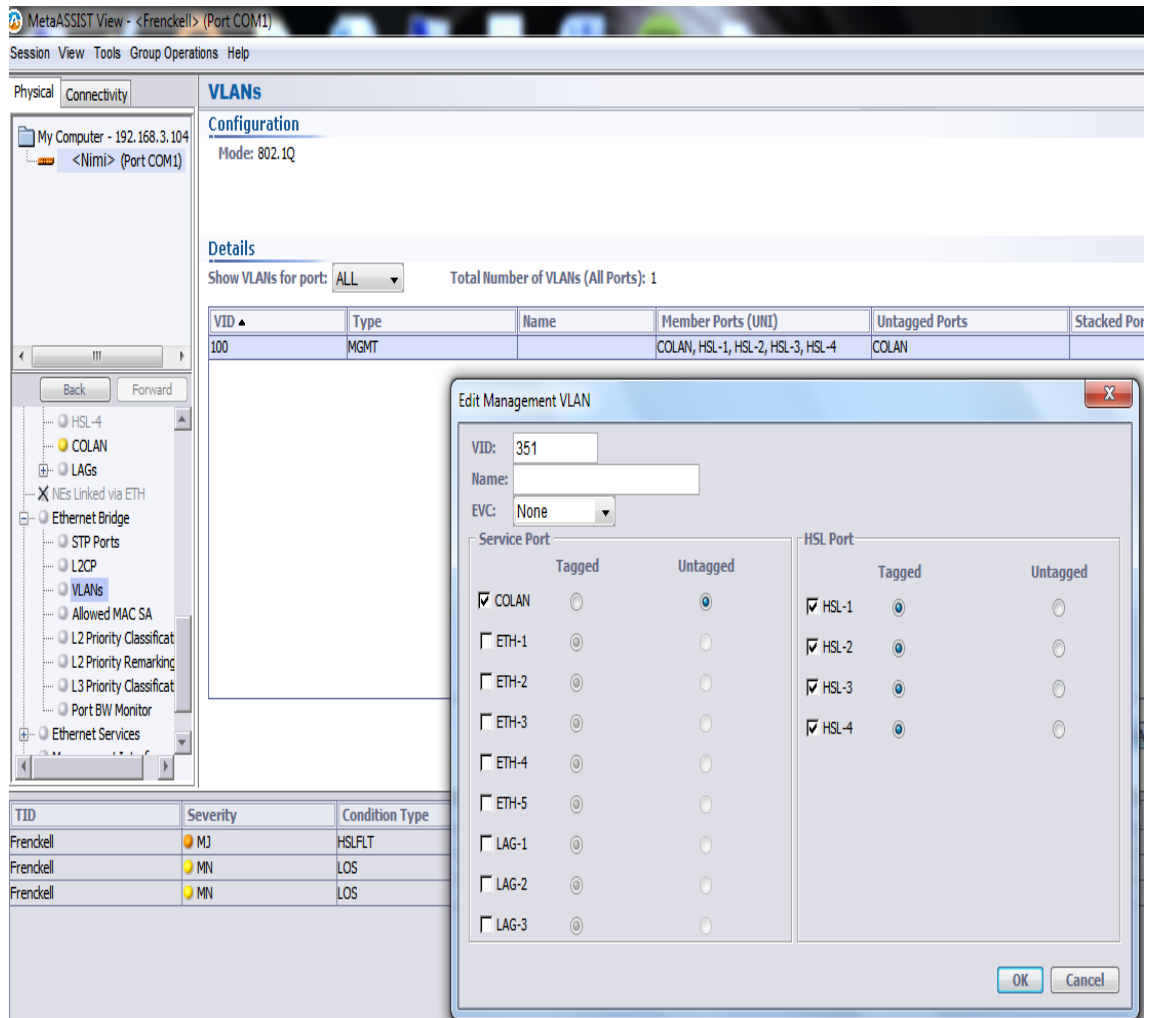
Seuraavaksi aktivoidaan kyseisen laitteen Ethernet-portit. Valikko on nimeltään Ethernet Ports. Ethernet-portteihin kytketään liikennevalokojeet sekä kamerat. Käyttämättömät Ethernet-portit tulee sulkea. Ethernet-portti on myös syytä nimetä kuvaavasti varsinkin, jos useampia ulkoisia laitteita on kytkettynä Actelis ML698 - tietoliikennelaitteeseen (kuvio 12).



Kuvio 12. Ethernet-portin asetukset.

6.4.6 Virtuaalilähiverkot

Virtuaalilähiverkkoasetusten asettaminen tapahtuu VLANs-valikon kautta. Laitteessa on jo oletuksena Actelis ML698 -hallintaa varten oma virtuaalilähiverkko. Tätä voidaan editoida ja asettaa sille suunnitelman mukainen Vlan ID eli VID:n ja määritetään mitkä HSL:t sekä Ethernet-portit kuuluvat kuhunkin virtuaalilähiverkkoon. Jos laitteeseen on oletuksena asetettu muita virtuaalilähiverkkoja, voidaan nämä poistaa (kuvio 13).



Kuvio 13. VLAN-asetusten asettaminen.

Portit voidaan määrittellä tagged- tai untagged-määrittelyin. Virtuaalilähiverkkoja tukevat laitteet liittävät välittämiinsä paketteihinsa tunnuksia, joiden avulla vastaanottava laite tietää, mihin verkkoon vastaanotettu paketti kuuluu. Kun paketti lähetetään eteenpäin laitteelle, joka ei tue virtuaalilähiverkkoja, poistetaan tunnus. Vastaanottavat laitteet, jotka tukevat virtuaalilähiverkkoja, voidaan määrittää tagged-

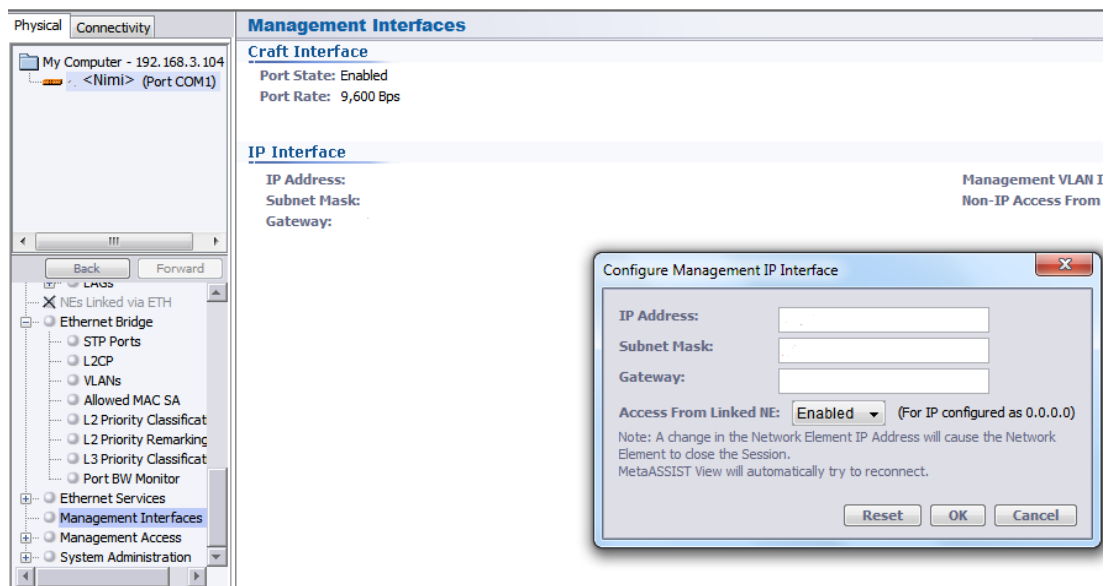
asetuksiin. Vastaanottavat laitteet, jotka eivät tue suoraan virtuaalilähiverkkoja määritellään untagged asetuksella. Tagged-laitteista voitaisiin esimerkkinä mainita Cisco-reititin ja untagged-laitteesta kamera tai liikennevalonohjauskoje. Suunnitelman mukaisesti muodostettiin kolme erillistä virtuaalilähiverkkoa (kuvio 14).

VLANs				
Configuration				
Mode: 802.1Q				
Details				
Show VLANs for port: ALL		Total Number of VLANs (All Ports): 3		
VID	Type	Name	Member Ports (UNI)	Untagged Ports
350	TRAFFIC	PEEK Liikenne	ETH-1, HSL-1, HSL-2	ETH-1
351	MGMT	Actelis Hallinta	COLAN, HSL-1, HSL-2, HSL-3, HSL-4	COLAN
352	TRAFFIC	Kamerat	ETH-2, HSL-1, HSL-2	ETH-2

Kuvio 14. VLAN-asetukset valmiina.

6.4.7 Laitteen IP-osoite

Kun VLAN-asetukset ovat valmiina, määritellään kyseisen Actelis ML698 -laitteen oma IP-osoite, maski sekä yhdyskäytävä. Tämä tapahtuu Management Interfaces -valikon kautta. Näiden muutosten jälkeen laitteeseen voidaan ottaa yhteys myös nopeamman hallinta 10&100Base-T-liitännän kautta (kuvio 15).

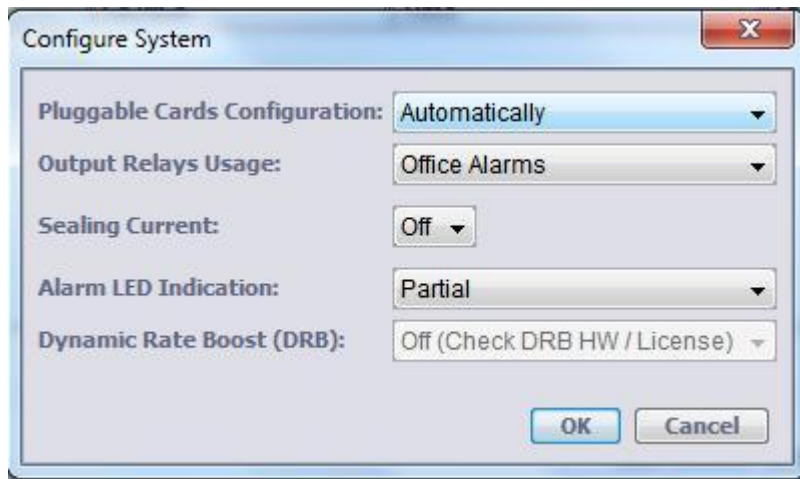


Kuvio 15. Actelis-laitteen IP-osoitteen määrittely.

6.4.8 Kellonaika sekä hälytykset

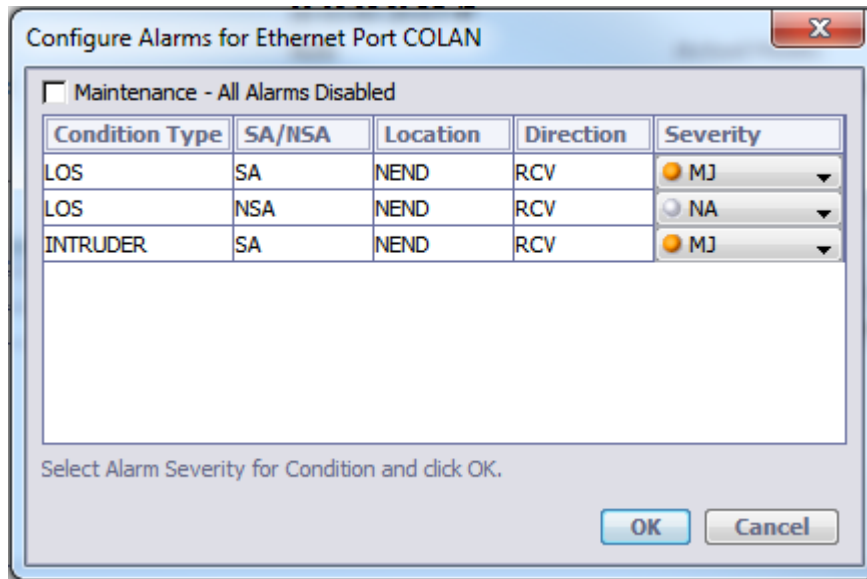
Laitteisiin täytyy asentaa myös kellonaika oikeaksi. Tämä tapahtuu System Administrator -välilehden kautta. Kellonajan asettaminen on tärkeä, jos käytössä ei ole erillistä SNTP-palvelinta, josta kellonaika voidaan automaattisesti hakea. Verkon ja laitteistojen vikatietoja on muuten erittäin hankala seurata. Samassa valikossa on myös talvi- ja kesäajan asetukset, jotka pitää ottaa käyttöön.

Lopuksi säädetään laitteen etupaneelissa olevan hälytys-LED-valon toiminta. Tämä tapahtuu System-valikosta löytyvän Configure-painikkeen kautta. Täältä valitaan Alarm Led Indication ja asetukseksi Partial. Tällöin valo syttyy vain kriittisten vikojen aikana (kuvio 16).



Kuvio 16. Alarm LED -asetukset.

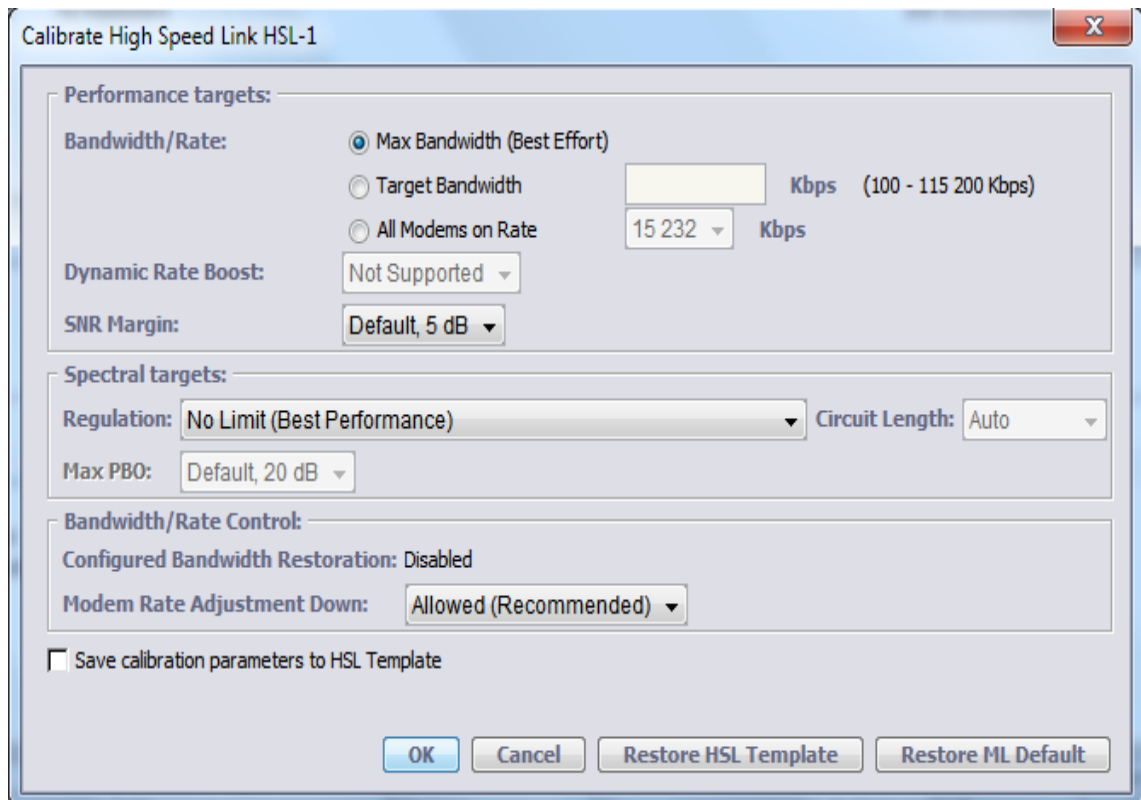
Hallintaportin hälytysten asetukset tulee asettaa oikeiksi. Jos asetuksia ei muuta oikeiksi, niin järjestelmä hälyttää aina, jos hallintaporttiin ei ole kytkeydytty. Tämä tapahtuu Ethernet ports -valikosta löytyvän Configure Alarms -painikkeen kautta. Hallintaportti on nimetty oletuksena COLAN-nimiseksi. Valikossa SA tarkoittaa Service Affecting ja NSA Not Service Affecting (kuvio 17).



Kuvio 17. Hallintaportin hälytysten asettaminen

6.4.9 Linjan kalibrointi

Kun kaikki asetukset on saatu asetettua, voidaan ottaa seuraava Actelis-laite asennettavaksi. Kun kaksi Actelis-laitetta on saatu asennettua, voidaan näiden välinen yhteys kalibroida. Jos laite tunnistaa yhteyden kahden Actelis-laitteen välillä, pyrkii se automaattisesti kalibroimaan yhteyden toimimaan hitaimmalla nopeudella. Tämä on noin 192 kbps. Tällöin voidaan todeta, toimivatko laitteiden väliset kupariyhteydet. Actelis-laitteita manuaalisesti kalibroitaessa käsitellään jokaista kupariparia erikseen. Jokainen kuparipari käsitellään optimaalisen nopeuden saavuttamiseksi. Kalibroitaessa käydään kaikki eri variaatiot lävitse suurimman yhteenlasketun kapasiteetin saavuttamiseksi. Kalibroinnissa nopeudelle voidaan asettaa myös tarvittaessa nopeuskatto. Testiympäristössä se ei ole kuitenkaan tarpeen. On huomioitavaa, että kalibrointi voi kestää useita minuutteja ja yhteys on kalibroinnin aikana alhaalla (kuvio 18).



Kuvio 18. Linjan kalibrointi.

Kun asetusten muutokset sekä kalibroinnit ovat saatu tehtyä verkon laitteille, voidaan valmista verkkoa testata ja tarkastella tarkemmin.

6.5 Tietoturva

Liikennevalokojeen ja siihen liitettyjen laitteiden tietoturvaan tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska laitteiston viallinen toiminta saattaa aiheuttaa vaaratilanteen liikenteessä. Tätä on pyritty estämään EC-2-kojetasolla erillisen valvontaprosessorin avulla. Kojeeet pystyvät toimimaan ilman verkkoyhteyttä, mutta niiden etähallinta ja valvonta ei luonnollisesti tällöin ole mahdollista. Jos liikennevalokojee kytketään pois verkosta, tulee siitä aina keskushallintajärjestelmään ja valvojalle hälytys.

Joissain tapauksissa hälytysajoneuvojen reittien määrittely liikennevalokojeeisiin tapahtuu tietoliikenneverkon avulla. Hälytysajoneuvoissa voi olla erilliset GPS-paikantimet, joiden avulla autot lähettävät järjestelmään koko ajan tiedon omasta sijainnistaan sekä vilkun asennosta risteystä lähestyttäessä. Näiden tietojen perusteella

järjestelmän ohjauslogiikka välittää käskyt reitille osuville liikennevaloille ja muuttaa ne vihreiksi. Joissain tapauksissa reitit ovat etukäteen ohjelmoituja järjestelmään.

Liikennevaloverkon turvallisuus koostuu useasta eri osasta. Virtuaalilähiverkoilla rajoitetaan tietojärjestelmiin pääsyä. Palomuuritekniikan avulla voidaan rajoittaa eri verkon osat toisistaan. Luvatonta pääsyä verkkoon voi pyrkiä estämään myös siten, että tietoliikennelaitteiden käyttämättömät portit on suljettu. [12, s. 182-183.]

Julkisuudessa on paljon julkisuutta viime aikoina saaneet Denial of Service (DoS) -hyökkäykset. Nämä hyökkäykset kohdistuvat yleensä julkisessa Internetissä sijaitsevia palvelimia kohtaan. Liikennevaloverkon ja sen laitteiden ja palvelimien kannalta tällainen hyökkäys ei ole todennäköinen, koska palvelimet eivät sijaitse julkisessa verkossa ja liikennevaloverkot ovat suljettuja verkkoja. DOS-hyökkäyksen tarkoitus on saada palvelin tukehtumaan kuormasta ja kaatumaan. Tämä vaatii liikenteen tulvaamisen lisäksi yleensä palvelimista jonkinlaisen tietoturva-aukon onnistuakseen.

Liikennevalokojeiden tietoturvallinen etähallinta on mahdollista VPN:n (Virtual Private Network) avulla, jolla yhteys muodostetaan yksittäisen koneen ja etäkäyttöpalvelimen välille. VPN:llä voidaan yhdistää tietoturvallisesti eri toimipisteiden verkkoja toisiinsa. Yhteys on salattu ja sillä on omat protokollat, joilla alkuperäinen paketti kapseloidaan. [12, s. 284-285.]

Työssäni VPN- sekä gateway-asetukset on tehty kolmannen osapuolen toimesta. Huomioitavaa on, että VPN-yhteys on yhtä turvallinen kuin niiden päätepisteissä olevat koneet tai laitteet.

Man in the middle –hyökkäys verkkoon on vaikea toteuttaa, koska hyökkäys on yleisempää langattomissa verkoissa. Hyökkäyksessä tunkeutuja sijoittaa itsensä yleensä käyttäjän ja palvelimen väliin ja pyrkii urkkimaan liikenteestä tietoja. Liikennevalokojeet ovat kytkettyinä kuparilla tai kuidulla toisiinsa, joten langatonta tiedonsiirtoa on näissä verkoissa yleensä todella vähän jos ollenkaan.

Myös kojekaapin fyysinen turva on tärkeä. Kojekaapit ovat vankkarakenteisia sekä lukittavia. Kaappeihin on mahdollista asentaa magneettiset ovenavaustunnistimet.

Liikennevalokojeen manuaalikäyttö vaatii aina oikean kirjautumistunnuksen tietämisen. Liikennevalokojekaapit ovat lähes aina paikallisen huoltoyrityksen tai vastaavan valvomia, ja niiden kunto tarkastetaan huoltokierrosten aikana.

6.5.1 Käyttäjien hallinta

Actelis ML698 –laitteeseen voidaan määrittää 100 käyttäjätunnusta. Käyttäjätunnusten tasoja on kolme. Read-tunnuksilla voidaan ainoastaan lukea laitteen ilmoittamaa tietoa mutta ei kirjoittaa tai muuttaa asetuksia. Write-tunnuksilla voidaan lukea ja muuttaa laitteen asetuksia. Write-tunnuksilla ei kuitenkaan voida muuttaa laitteen tietoturva-asetuksia. Admin-tunnuksilla voidaan lukea sekä muuttaa laitteen asetuksia. Tunnuksilla voidaan muuttaa tietoturva-asetuksia ja laitteen toiminnan kannalta kriittisiä asetuksia. Admin-tunnuksilla voidaan myös nähdä järjestelmään kirjautuneet muut tunnukset sekä näiden IP-osoitteet.

6.5.2 Salasanojen hallinta

Jokainen käyttäjä voi vaihtaa itse salasanansa. Admin-tunnukset omaava käyttäjä voi määrittää vähimmäisvaatimuksen salasanan pituudelle, salasanan vanhenemisajan, tunnuksen lukkiutumisen väärin salasanojen syöttöyritysten jälkeen sekä ajan, jonka jälkeen käyttäjä kirjautuu automaattisesti ulos järjestelmästä, jos muutoksia tai aktiviteettiä ei esiinny.

6.5.3 RADIUS palvelin

RADIUS eli Remote Authentication Dial-In User Service –palvelun avulla voidaan käyttäjätunnuksia ja salasanoja hallita keskitetysti. Jos RADIUS-palvelin on käytössä, voidaan salasanojen ja käyttäjätunnusten hallinta hoitaa kokonaan palvelimelta käsin. Actelis ML698 -laite toimii asiakkaana, joka lähettää tunnistuspyynnön RADIUS-palvelimelle. Jos lähiverkossa halutaan käyttää AAA-palveluita, on lähiverkolla oltava RADIUS-palvelin, johon laitteet ottavat yhteyttä. Palvelimen ja verkkolaitteiden välille pitää asettaa oma salasana. AAA-protokolla on menetelmä, jolla voidaan tunnistaa toinen osapuoli tietoverkossa. RADIUS-palvelimen käyttö on erittäin perusteltua, jos RADIUS-palvelin on jo valmiina käytössä kyseisessä verkossa.

6.5.4 IP-osoitteisiin perustuva hallinta

Actelis ML698 –laitteissa voidaan kirjautumista hallita myös IP-osoitteisiin perustuvan tekniikan ACL (Access Control List) avulla. Laite tukee sataa IP-osoitetta. Sallituille IP-osoitteille voidaan määrittää myös sallitut tietoliikenneprotokollat kuten CLI, TL1, SSH, SNMP ja HTTP.

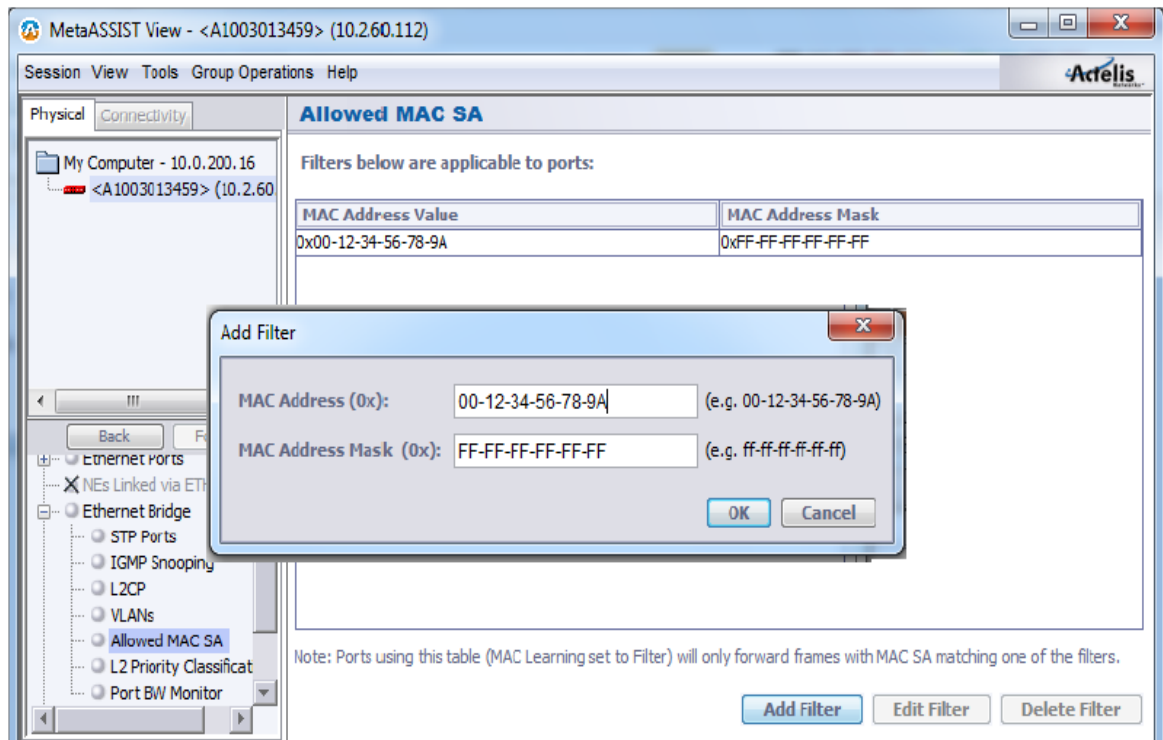
6.5.5 SSH

Actelis ML698 –laitteet tukevat salattuja SSH-yhteyksiä. Tekniikan avulla voidaan kirjautumiset sekä liikuteltava tieto hallintaohjelmiston ja hallittavan laitteen välillä salata. ML698 tukee DSA-kirjautumisen todentamista 512-, 768- ja 1024-bittisillä salausavaimilla. Kirjautumisen todentaminen on oletuksena pois päältä.

Actelis mahdollistaa seuraavien symmetristen salauksien käytön: AES, DES, 3DES, Blowfish. Symmetrisessä salauksessa (engl. symmetric encryption) salaukseen ja salauksen purkamiseen käytetään samaa salausavainta.

6.5.6 MAC-suodatus

Laitteet tukevat MAC-suodatusta (Media Access Control). MAC-osoite on jokaiselle laitteelle jo valmiiksi asetettu osoite, joka yksilöi laitteen Ethernet-verkossa. MAC-osoite on tärkeä osa Ethernet-verkkoa, koska sen perusteella verkossa liikkuva data löytää oikeaan osoitteeseen. Actelis-laitteessa MAC-suodatus voidaan asettaa portti- tai siltatasolla (kuvio 19).



Kuvio 19. MAC-filtointi. [10, s.167.]

MAC-suodatuksen ollessa aktiivisena aiheuttaa se tunnistamattoman MAC-osoitteen kytkeytyessä verkkoon hälytyksen. MAC-suodatuksen tuoma suoja on heikko, koska verkkolaitteiden MAC-osoite on yleensä helppo vaihtaa ohjelmallisesti.

MAC-suodatuksella voidaan kuitenkin estää MAC-tulvan syntymistä. MAC-tulva on hyökkäystapa, jonka avulla pyritään sekoittamaan reitittimen MAC-osoitetaulu niin, että se lähettää datapaketteja kaikkialle verkkoon. Tämä tapahtuu hukuttamalla datapaketeilla reititin. Kun kytkin hukutetaan datapaketteihin, MAC-käännöstaulukko menee sekaisin.

6.5.7 Varmuuskopiointi sekä ohjelmistopäivitys

Valmiiden Actelis ML698 -laitteiden asetuksista voidaan ottaa MetaASSIST View -hallintaohjelmiston avulla varmuuskopiot. Huomioitavaa on, että varmuuskopiointi ei onnistu sarjakaapeliyhteydellä. Varmuuskopiointi voi ottaa System Administration -valikosta löytyvän Configure Backup -toiminnon kautta. Valitsemalla Save Config voidaan laitteen asetusten varmuuskopio ottaa omalle työasemalle. Jos

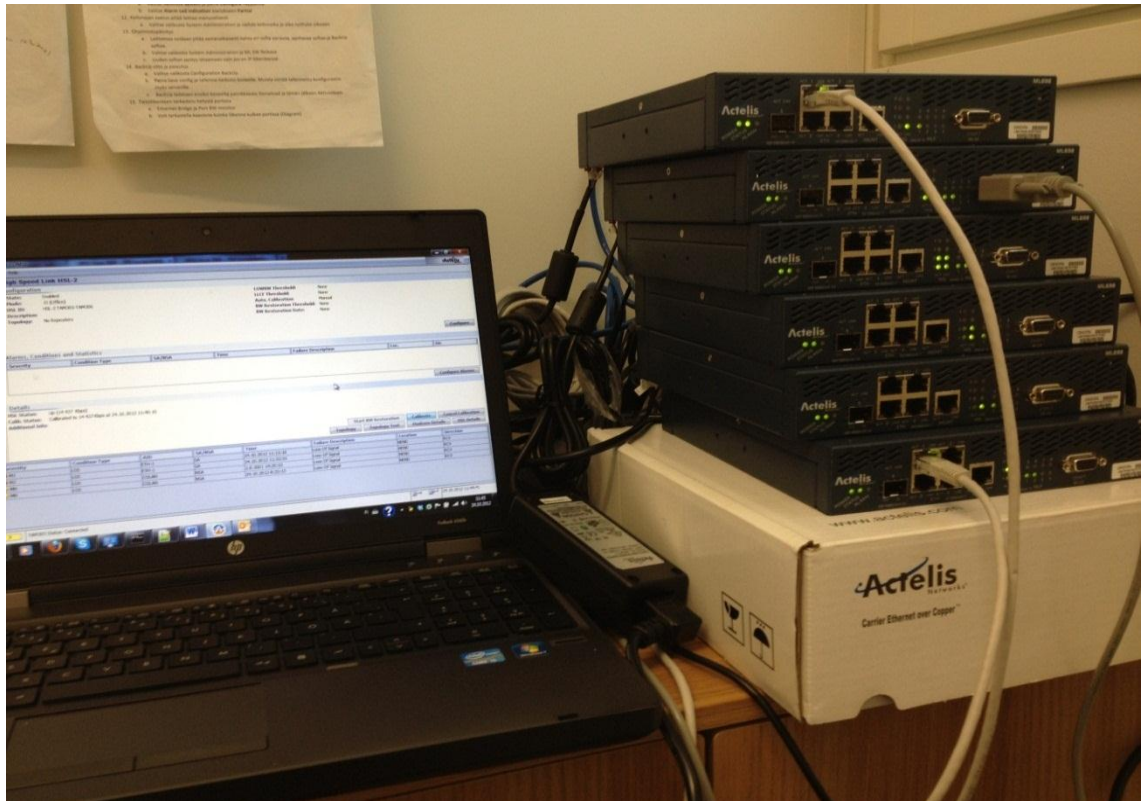
varmuuskopio halutaan palauttaa laitteeseen, valitaan samasta kohdasta Download New Config. Palautettu varmuuskopio ei kuitenkaan ole heti aktiivinen. Laitteessa voidaan pitää kahta eri asennustiedostoa samanaikaisesti. Haluttu asennustiedosto täytyy aktivoida. Aktivointi löytyy samasta kohdasta kuin varmuuskopioiden otto ja palautus nimikkeellä Activate New Config.

6.6 Työn testaus

Työ testataan toimistolla sekä kenttäolosuhteissa. Laitteet voidaan kalibroida toimistotestauksen aikana, mutta laitteet kalibroivat itsensä ensimmäisellä kertaa kenttäolosuhteissa miniminopeuteen ja miniminopeuden saavutettua hakevat automaattisesti maksiminopeutensa asetusten mukaisesti.

6.6.1 Toimistotestaus

Toimistotestauksen aikana testattiin, että Actelis ML698 -laitteet näkyvät hallintaohjelmiston kautta toisilleen ja ylemmän tason laitteesta pystyy hallitsemaan myös alemman tason laitteita. Testasin Ethernet-porttien toimivuutta niin, että asensin kaksi kannettavaa tietokonetta samaan liikennevaloverkkoon VID350 ja "pingasin" toisesta vastaanottajaa. Ping on TCP/IP -protokollan työkalu, joka testaa laitteiden välistä saavutettavuutta. Työkalu esittää lähetettyjen ja vastaanotettujen pakettien määrän sekä latenssin. Näin pystyin todentamaan liikenteen kahden liikennevaloverkossa olevan laitteen välillä (kuvio 19).



Kuvio 20. Toimistotestaus.

Testasin myös Cut-Line protection -toiminnan niin, että tein Actelis ML698 -laitteiden välille kaksi kuparipariyhteyttä ja irrotin aktiivisen "pingin" aikana toisen yhteyden. Tästä ei aiheutunut yhteydelle merkittävää katkosta. Ainoastaan yksi ping-paketti katosi toisen kupariyhteyden katketessa. Testasin myös yhteyden palautumista, jos tietoliikenneyhteys katoaa kokonaan. Laitteet kalibroivat olemassa olevan yhteyden takaisin toimintaan nopeasti. Testasin toimistossa myös kaikkien laitteiden sammuttamista yhtä aikaa ja seurasin yhteyksien nousua. Kaikki yhteydet nousivat noin 5 minuutissa takaisin täyteen toimintaan. Toimistotestauksessa laitteiden väliset yhteydet toimivat maksiminopeudella 15.2 Mbps eikä liikenteessä esiintynyt katkoksia.

6.6.2 Kenttätestaus ja liikennevalokojen kytkeminen verkkoon

Kenttätestaus suoritettiin oikeissa EC-2-liikennevalokojissa. Tällöin pystyttiin paremmin havainnoimaan ja testaamaan kenttäolosuhteissa ilmeneviä asioita. Yksi kenttäolosuhteissa esiin tullut seikka oli keskusreitittimen Ethernet-portin muuttaminen tagged-muotoon, koska päätelaite Cisco 881 osaa käsitellä virtuaalilähiverkkoja.

Ciscossa täytyi myös asentaa portti Trunk Port -muotoon. Myös Actelis-laitteen kiinnitys kojekaappiin vaatii kojekaapin ahtauden vuoksi hieman suunnittelua. Kun kojekaapissa ei ole normaalisti 3G-modeemille varattua metallitaskua, voidaan laite kiinnittää sen lisälaitteena saatavilla olevalla kiinnitysvaivalla suoraan kojekaapin väliseinämään. Actelis ML698 -laitteen Ethernet-portista täytyy vetää kaapeli ohjauskojeen CPU-yksiköllä sijaitsevaan Ethernet-porttiin. Kaapeli täytyy kierrättää kojekaapin takaseinässä olevien kytkentäkoteloiden kautta. Tällöin täytyy huomioida, että kaapelin pituus täytyy olla riittävä. Asennuksissa käytin viisi metriä pitkää RJ-45-kaapelia. Actelis ML698 -laitteen kiinnityskehikon kiinnittämisessä kaappiin käytin itseporautuvia ruuveja (kuvio 20).



Kuvio 21. Actelis ML698:n kiinnitys kojekaappiin, jos kojessa ei ole modeemille varattua metallikiinnikettä.

On huomioitavaa että EC-2-kojeelle täytyy antaa verkkosuunnitelmassa määritelty IP-osoite, maski sekä oletusyhteyskäytävä, ennen kuin koje näkyy verkossa oikein. Kojeseen voidaan kytkeytyä suoraan prosessorikortilla olevan Ethernet-liittimen avulla.

Asetusten muuttaminen EC-2-kojeissa tapahtuu erillisen Internet-selaimella toimivan hallintapaneelin avulla. Kun edellä mainitut asetukset on syötetty hallintapaneeliin, tulee EC-2-ohjauskoje käynnistää uudelleen, jotta asetukset astuvat voimaan.

Kun kojekaapista löytyy 3G-modeemille varattu metallitasku, voidaan Actelis-laite kiinnittää kiinnitysraudalla ja itseporautuvilla ruuveilla metallitaskun päälle. Jos kojekaapissa on lämmitin, pääsee se puhaltamaan ilmaa Actelis-laitteen alta (kuvio 21).

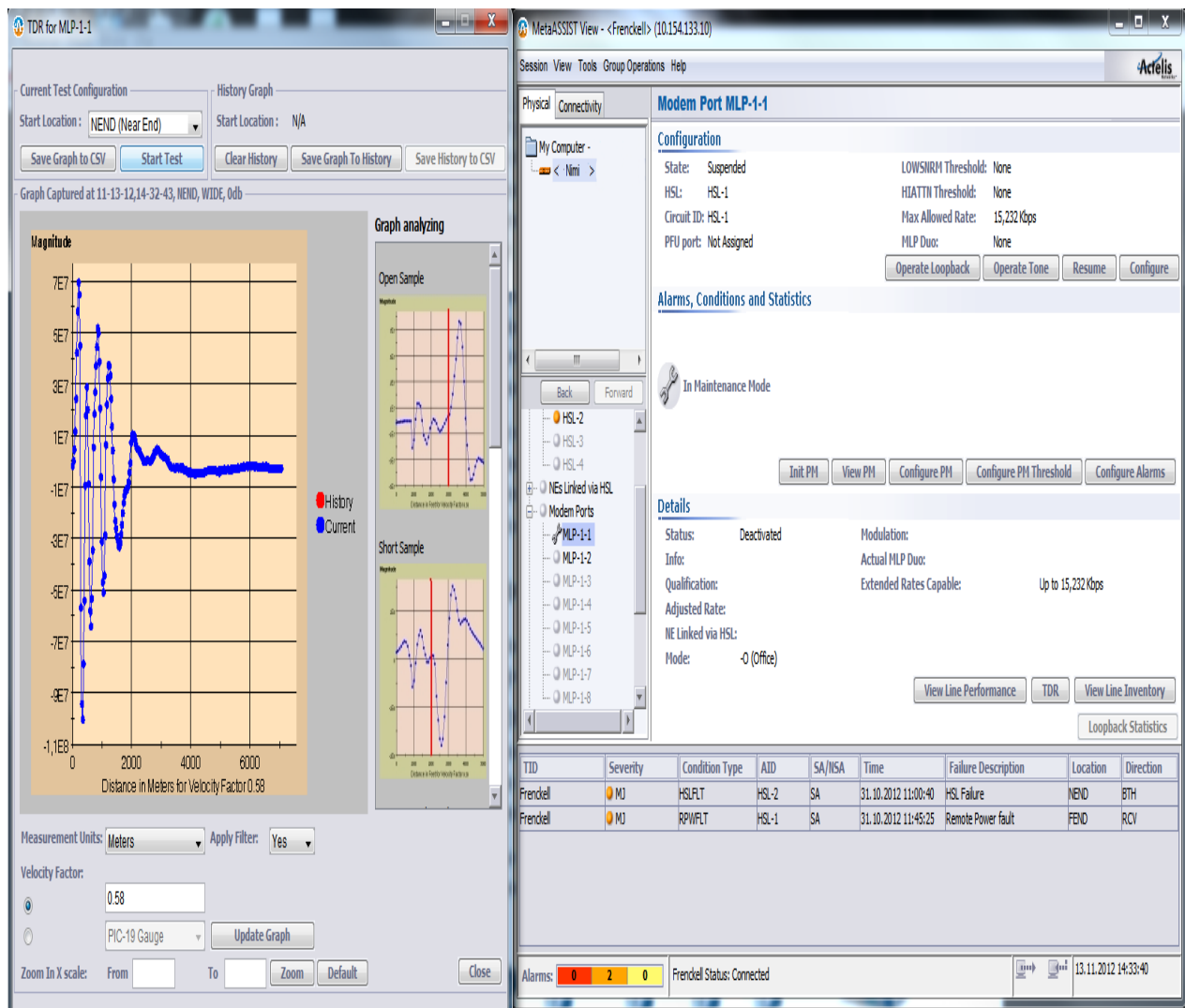


Kuvio 22. Actelis ML698:n kiinnitys kojekaappiin, jossa on modeemille varattu metallitasku.

Kenttätestauksen aikana tuli myös esille RJ-45-porttien suojaus pölyltä ja lialta. Tähän on saatavilla erillisiä tulppia RJ-45-portteihin.

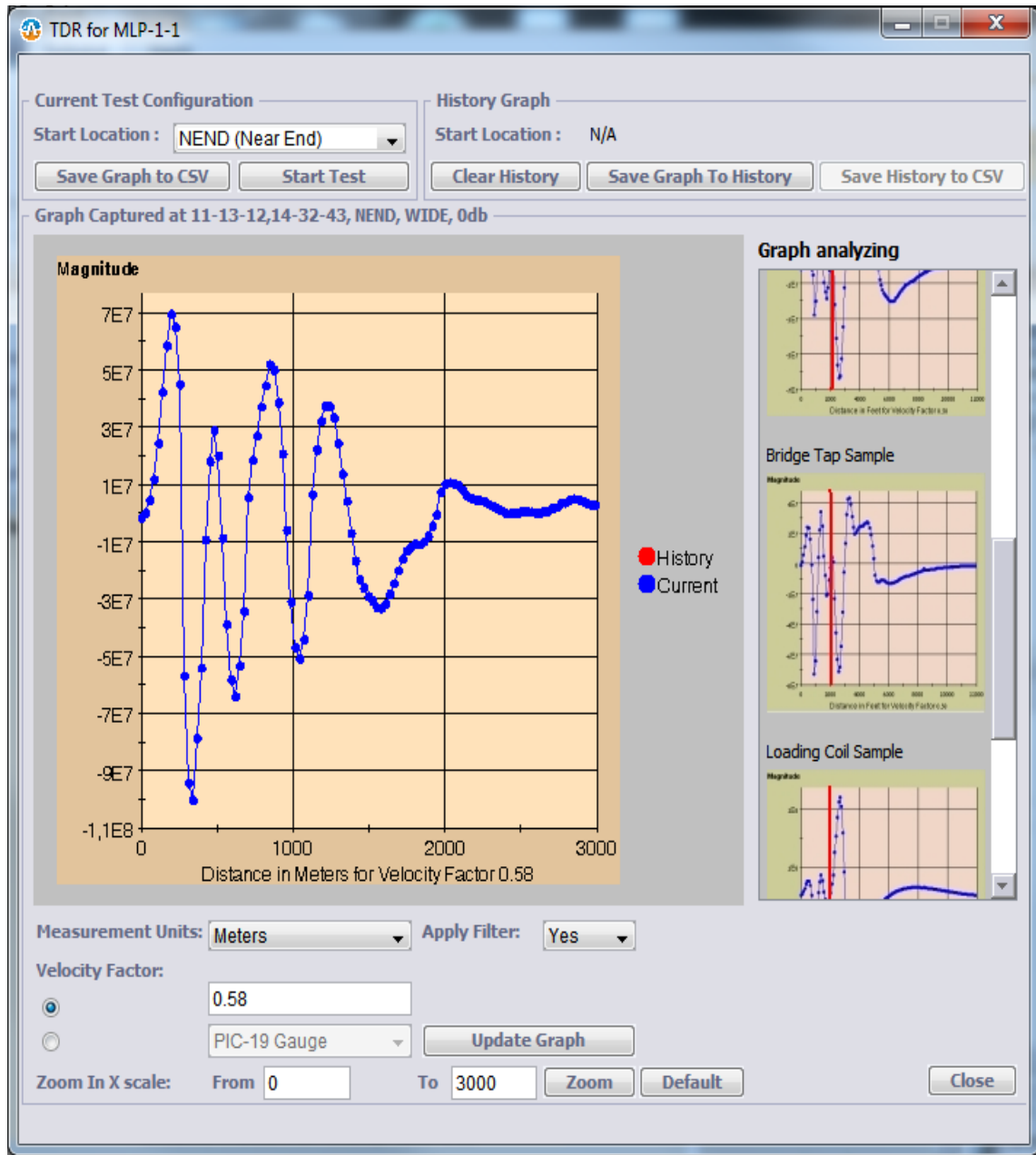
6.6.3 Ongelmallisten kupariyhteyksien selvitys

Kenttäoloissa kupariyhteyksien testaamiseen ja vian paikantamiseen on Actelis-laitteissa valmiina muutamia työkaluja. SHDSL Loopback -testillä voidaan mitata kupariparin BER (Bit Error Rate) ja tätä toimintoa voidaan käyttää, jos epäillään jonkun kupariparin nopeuden laskeneen. Linja täytyy laittaa huoltotilaan eli suspended modeen, ennen kuin BER voidaan laskea. Audible Tone Injection -ominaisuudella voidaan yhteen kuparipariin antaa äänitaajuus, jota voidaan vastaanottopäässä sopivilla työkalulla vastaanottaa ja näin paikantaa kyseinen kuparipari. TDR (Time Domain Reflectometry) -työkalulla voidaan paikantaa rikkiäinen kuparipari. Työkalu pystyy graafisesti määrittelemään mahdollisen vikakohtan sijainnin (kuvio 23).



Kuvio 23. TDR-työkalun tuottama graafinen esitys.

Vikakohtan paikantamisessa on tärkeää tietää kupariyhteyden nopeuskerroin. Arvon pitäisi olla oikein, jotta arvioidun vikakohtan etäisyys olisi oikean suuntainen. TDR-toiminnolla tarkasteltaessa pitää vikakohtaa suurentaa tarkemmin ja verrata kuvaa työkalun tarjoamiin esimerkkeihin. Myös vertaaminen samankaltaiseen linjaan helpottaa ymmärtämään, missä vikakohta voisi olla (kuvio 24).



Kuvio 24. Suurennos TDR-työkalun tuloksesta.

Toistimien ollessa käytössä laitteesta löytyy Topology Test-niminen toiminto. Toiminnon avulla voidaan testata yksi kupari pari kerrallaan jokaista erillistä toistinta

vasten. Näin voidaan löytää vikaantunut kuparipari ja yhteysväli, jossa tämä vika esiintyy.

6.6.4 Yhteydet kenttäolosuhteissa

Actelis-laitteiden väliset yhteydet kenttäolosuhteissa jäivät oletetusti hieman toimitustestauksen tuloksista. Laitteiden etäisyyksien ollessa kenttätestauksessa muutamia satoja metrejä yhteysnopeus oli yhdellä kupariparilla laitteiden välillä noin 14 Mbps.

Etäyhteyksien toimivuus testattiin kenttäolosuhteissa. Etäyhteydet tarvitsevat toimiakseen Ciscon Anyconnect –ohjelmiston, jonka avulla verkkoon muodostetaan salattu VPN-yhteys. Kannettavan ja 3G-modeemin avulla tällä tekniikalla voidaan verkko testata suoraan käyttöönoton sekä asennuksen yhteydessä.

6.7 Verkon hallinta

Valmiin verkon hallintaan järjestelmä tarjoaa useita eri työkaluja. Alla selvitetään yleisimpien työkalujen ominaisuudet.

6.7.1 Quality of Service

Quality of Service (QOS) on tekniikka, jolla viitataan tietoliikenneominaisuuksien kuten verkkoliikenteen ja palvelujen priorisoimiseen ja rajoittamiseen. QOS ei nopeuta yhteyksiä, vaan sillä pyritään yleensä varmistamaan tietty palvelun taso.

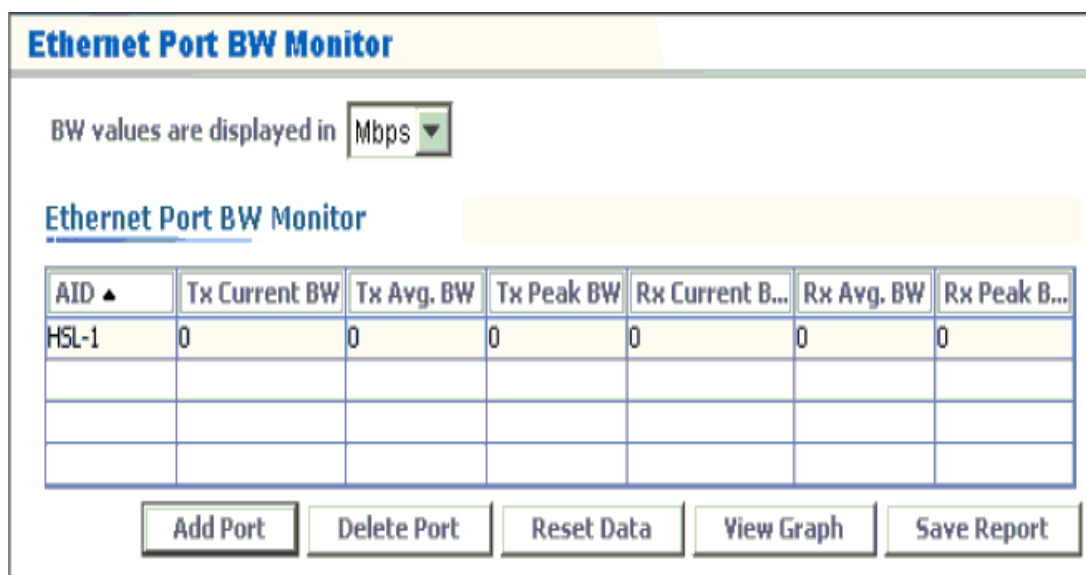
Quality of Service voidaan jakaa palvelutasoiltaan kahteen kategoriaan, palveluluokkaan Class of Service (COS) sekä palvelutyypin Type of Service (TOS). Palveluluokilla voidaan asettaa sovelluskohtaisesti kaistanleveys sekä viive verkossa. [13, s. 189.]

Quality of Service -tekniikalle on määritelty 8 prioriteettitasoa (0-7), jossa 0 on kaikkein huonoin ja 7 paras prioriteetti. Quality of Service -tekniikan käyttö on tässä testauksen kohteena olevassa verkossa turhaa. Jos verkko olisi laajempi ja se pitäisi

sisällään esimerkiksi useita liikennekameroita, voitaisiin kameroiden liikenteen prioriteettia mahdollisesti kasvattaa. Lisäksi liikennevaloverkon liikenne ja sen tarpeet ovat yleensä etukäteen hyvin tiedossa, joten tällaisen verkon liikenteen priorisointi on suhteellisen helppoa.

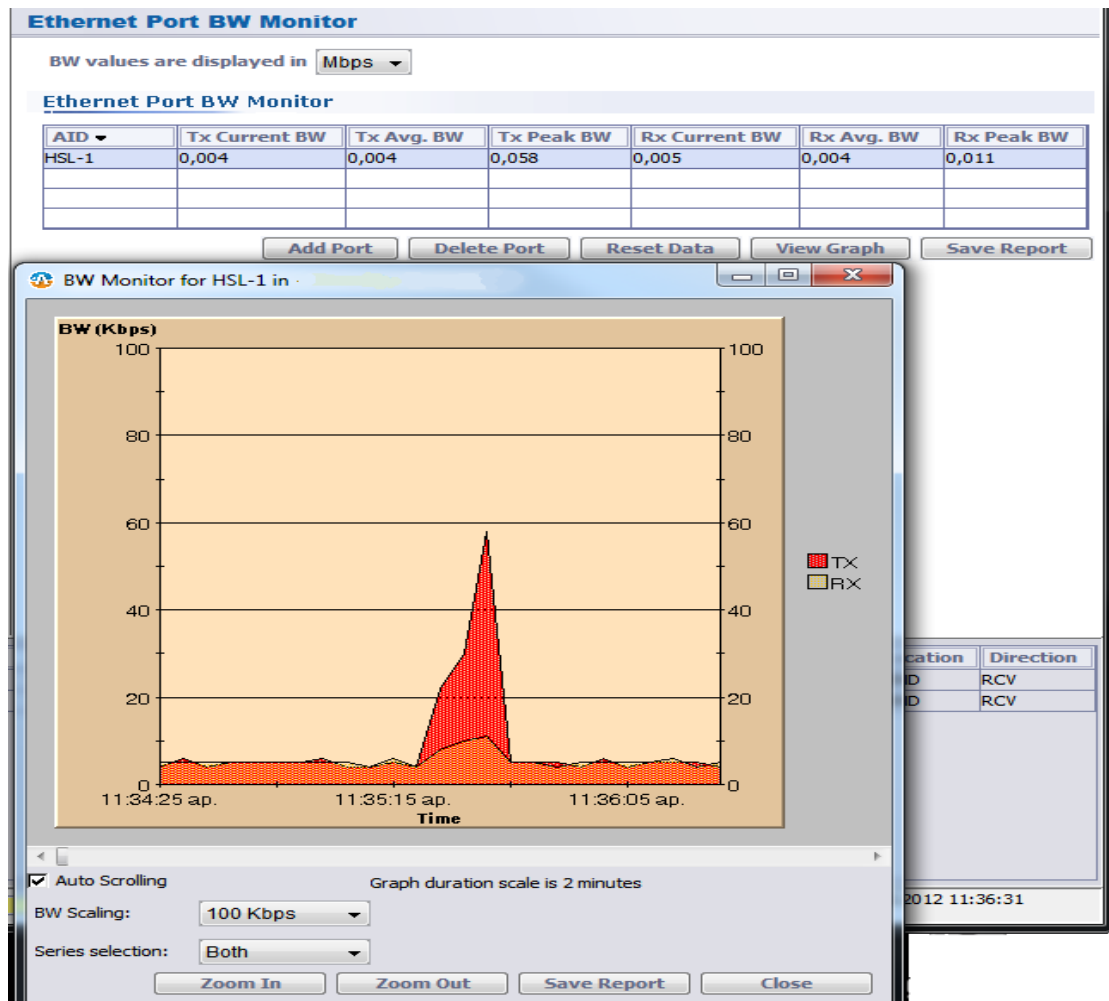
6.7.2 Liikenteen monitorointi

Actelis ML698 -laitteet tarjoavat myös työkalun porttikohtaisen liikenteen monitorointiin. Hallintaohjelmalla voidaan seurata neljää yhtäaikaista porttia reaaliajassa (kuvio 25).



Kuvio 25. Porttikohtainen liikenteen monitorointi.

Hallintaohjelmisto pystyy tuottamaan valitusta portista havainnollisen graafisen esityksen, jota voidaan tarvittaessa skaalata ja seurata reaaliajassa. Kuvion pystyy muodostamaan halutun portin ollessa valittuna View Graph -painikkeen avulla (kuvio 26).

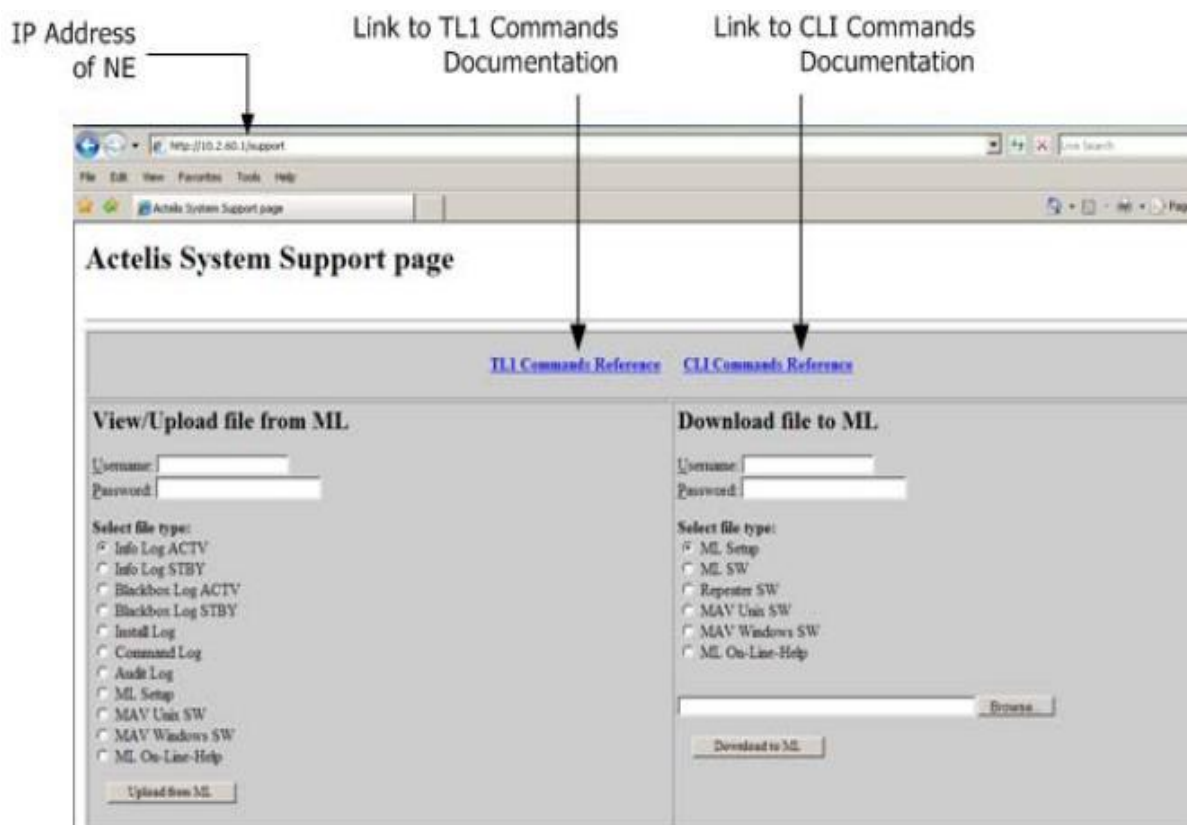


Kuvio 26. Porttikohtaisen liikenteen graafinen esitys.

Esitettävään kuvaan voidaan määrittää, näytetäänkö samassa kuvassa lähetys Tx ja vastaanotto Rx. Myös skaalausta voidaan muuttaa halutunlaiseksi. Kuvaa voidaan zoomata sekä tallentaa raportti omalle koneelle jatkokäsittelyä tai tutkimista varten.

6.7.3 Hallinta WWW-selaimen avulla

Actelis ML698 –laitteissa on myös selainpohjainen hallinta. Asetus on oletuksena päällä ja se toimii Write- sekä Administrator-tunnuksilla. Laitteen WWW-hallintaan pääsee käsiksi kirjoittamalla selaimen osoitekenttään <http://<IP-osoite>/support> (kuvio 27).



Kuvio 27. WWW-hallinnan etusivu. [10, s.419.]

WWW-hallinnan kautta laitteen hallintatoiminnot ovat huomattavasti rajatummat kuin hallintasovelluksen kautta. WWW-hallinnan kautta voidaan laitteesta ottaa varmuuskopiot sekä palauttaa varmuuskopio laitteeseen. Hallinnan kautta voidaan myös tutkia laitteen lokitiedostoja ja päivittää laitteen ohjelmisto.

6.7.4 Hallinta komentokehotteen avulla

Laitteiden hallinta onnistuu myös komentokehotteen avulla. Komentokehotetta pääsee käyttämään RS-232-liitäntän tai telnet-yhteysohjelmiston avulla. Kirjautuminen on turvattu Access Control List -toiminnolla. Toiminnon avulla voidaan siis määrittää sallittu IP-osoite ja käytettävä protokolla. Komentokehotesessioita voi yhtäaikaaisesti olla avoinna viisi. CLI eli komentokehotteen syntaksiin on WWW-liittymän etusivulla linkki.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyöni aihe oli kiinnostava heti alusta pitäen. Suurimpana ongelmana matkan varrella oli työn rajaaminen ja aiheen pitäminen kasassa. Esimerkiksi keskusjärjestelmät oli laajuutensa ja monimutkaisuutensa vuoksi rajattava heti alussa pois. Muuten työmäärästä olisi tullut liian suuri.

Työtä pidettiin yrityksessä tärkeänä ja erittäin ajankohtaisena tulevien liikennevaloverkkohankkeiden vuoksi. Se antaa erittäin hyvän pohjan ja valmiin dokumentaation tuleviin hankkeisiin.

Aikataulu oli laadittu alun perin melko tiukaksi. Laitteiden testiympäristön rakentaminen oli kaavailtu alkavan elokuussa 2012, mutta laitteiden toimitusajan venyessä testiympäristöä päästiin rakentamaan vasta syyskuun lopussa. Testiympäristön toteuttamisen jälkeen päästiin työssä hyvin vauhtiin, ja koska suurempia ongelmia laitteiden asennuksessa ei esiintynyt, pysyttiin lähes alkuperäisessä aikataulussa.

7.1 Actelis-laitteiden soveltuvuus liikennevalokäyttöön

Tutkimukseni osoittaa, että Actelis-laitteet soveltuvat liikennevalokäyttöön. Niiden ominaisuudet sekä toimintavarmuus ovat erittäin luotettavalla tasolla. Laitteet sopivat parhaiten ruutukaava-alueille lyhyiden etäisyyksien vuoksi. Yhteysnopeudet kupariverkossa olivat erittäin hyvät sekä laitteiden käyttöönotto kenttäolosuhteissa on nopeaa.

Actelis-laitteiden hallittavuus sekä käyttö on loogista, ja graafinen sekä käyttäjäystävällinen MetaASSIST View -ohjelmisto on monipuolinen ja havainnollinen käyttää. Ohjelmiston pohjautuminen Java-tekniikkaan tuo kuitenkin tiettyjä tietoturvariskejä, koska Javasta on löydetty vuosittain melko paljon tietoturva-aukkoja. Lisäksi ohjelmiston soveltuvuus puhtaaseen valvomokäyttöön ei mielestäni ole parhaalla mahdollisella tasolla. Ohjelma saattaa satunnaisesti kadottaa yhteyden hallittavaan verkkoon varsinkin ollessaan pitkään koskemattomana. Ohjelma sopii kuitenkin havainnollisuutensa sekä loogisuutensa ansiosta mainiosti verkon asennus- ja muutostyökaluksi.

Verkkoa rakentaessa verkon suunnitteluun tulee panostaa riittävästi. Näin pystytään ennakoimaan ja välttämään erilaisia ongelmia, jotka voivat aiheuttaa häiriötä verkon käytössä myöhemmässä vaiheessa. Esimerkiksi jos verkko toteutetaan rinkeinä, niin verkossa esiintyvien datamyrskyjen mahdollisuus tulee minimoida rakentamalla riittävän pieniä rinkejä sekä erottamalla verkon eri toiminnallisuudet omiin virtuaalilähiverkkoihin.

Liikennevaloverkkoon kytkeytyminen tapahtuu salatun VPN-yhteyden avulla. Tällöin on huomioitavaa, että VPN-yhteyden päissä olevat koneet ovat tietoturvallisia, ettei vahingossa muodosteta haittaohjelmille suoraa kanavaa verkkoon. Laitteiden turvallisuutta voidaan parantaa esimerkiksi standardoimalla konekanta, jolla verkkoon otetaan yhteyttä, ja pitämällä tietoturvapäivitykset keskitetysti hallinnassa.

Tulevaisuudessa liikennevaloverkot siirtyvät laajemmassa mittakaavassa avoimien TCP/IP-pohjaisten ratkaisujen piiriin. Actelis-laitteilla toteutettu verkko voi toimia myös muiden kuin liikennevalokojeiden verkkona, ja näin ollen verkon käyttö tehostuu ja saadaan aikaan kustannussäästöjä.

7.2 Tutkimuksen luotettavuus

Pidän tutkimuksen luotettavuutta melko hyvänä, koska laitteet on testattu kenttäympäristössä. Kenttätestausvaiheessa ei laitteiden asennuksessa tai toiminnassa ollut ongelmia. Kenttätestausvaihe kesti kokonaisuudessa reilun kuukauden ja pitäisin sitä toiminnan varmistamisen kannalta riittävänä aikana.

Huomioitavaa on, että kenttätestaus suoritettiin melko lyhyillä välimatkoilla, kojeiden välimatkan ollessa pisimmillään vain alle kilometrin. Tästä syystä laitteiden toimivuutta pitkillä etäisyyksillä ei päästy kenttäolosuhteissa todentamaan. Tämä on myös syy siihen, miksi toistimien toimintaa ei ole tässä tutkimuksessa tarkemmin selvitetty. Laitteita ei testattu tämän tutkimuksen aikana kuituverkossa, joten tutkimuksessa kuituverkon ominaisuuksia tai hybridiverkkoja ei ole käsitelty. Jatkokehittämiskohteena tälle tutkimukselle näkisinkin Actelis-laitteilla toteutettavat kuituverkot sekä hybridiverkot, joissa on kuitu- sekä kupariyhteyksiä.

Muiden kojeiden, kuin EC-2 kojeiden, liittämistä Actelis-verkkoon ei ollut mahdollista tämän tutkimuksen puitteissa tehdä. Muiden kojeiden kytkeminen on kuitenkin toteutettu 3G-verkossa, joten kytkeminen Actelis-verkkoon 3G-verkon sijasta ei ole ongelma.

Lähteet

1 Liikennevalojen suunnittelu – LIVASU. 2005. Tiehallinto

<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100040-v-05liik_valoj_suunn_liva.pdf>Luettu

10.5.2012

2 Heimbürger, H., Markkanen, P., Norros, L., Paunonen, H., Savioja, P., Sundquist, M., Tommila, T. 2010. Valvomo. Suunnittelun periaatteet ja käytännöt. Helsinki: Copy-Set Oy.

3 Heikkinen, P., Koskinen, K., Kärnä, M., Nijmolen, G., Strömmän, M., Viljamaa, J., Visala, a. 2007. Teollisuuden laiteverkot. Johdatus väylätekniikkaan. Helsinki: Picaset Oy.

4 Ala-Tala, A., Havaste, A., Heimbürger, H., Helenius, M., Henttu, M. Hänninen, P., Kajava, J., Koponen, P., Kyrölä, T., Riipinen, T., Savola, R., Seppälä, J., Sundquist, M., Taskinen, V., Tuovinen, E., Tyynelä, M. 2010. Teollisuusautomaation tietoturva: Verkottumisen riskit ja niiden hallinta. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.

5 Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2000. Tutki ja kirjoita. Jyväskylä: Gummerrus.

6 Ylemmän AMK- tutkinnon metodifoorumi.

[Http://www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464158778/1194360111832/1194360447229.html](http://www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464158778/1194360111832/1194360447229.html). Luettu 14.12.2011.

7 Syrjälä, L. & Ahonen, S. & Syrjäläinen, E. & Saari, S. 1994. Laadullisen tutkimuksen työtapoja. Rauma: Kirjayhtymä.

8 Jokinen, R., Kosonen, I., Sane, K. 2005. ONNIMANNI – Ajantasainen kaupunkiliikenneverkon mallinnus ja toimintakyvyn mittaaminen. Esiselvitys. Helsinki: Aino.

9 Metro Ethernet Forum. [Http://metroethernetforum.org/page_loader.php?p_id=15](http://metroethernetforum.org/page_loader.php?p_id=15)
Luettu 12.12.2012.

10 Actelis Networks. [Http://www.daimler.fi/tuotteet/xdsl-tekniikat/g-shdsl/actelis-efm](http://www.daimler.fi/tuotteet/xdsl-tekniikat/g-shdsl/actelis-efm).
Luettu 28.10.2012.

11 User Manual ML600 Release 7.12. 2011. CD-ROM. Actelis Networks Inc., U.S.A

12 Hakala, Mika - Vainio, Mika - Vuorinen, Olli, 2006. Tietoturvallisuuden käsikirja.
Porvoo, Docendo.

13 Davidson, J. & Peters, J. 2002. Voice over IP. Helsinki: Edita Publishing Oy, IT
Press.

Actelis ML698 Datasheet

Actelis Networks
ML698

Accelerate Everything

#1 GLOBAL SUPPLIER OF EFM OVER COPPER



The Actelis Networks® ML698 expands our central office solutions, offering a compact and cost-effective Ethernet in the First Mile (EFM) mini-aggregation solution for low-pair count locations. The ML698 operates in a Point-to-Multipoint topology, connecting to up to four ML600 Ethernet Access Devices (EADs) delivering symmetrical Ethernet access services to remote subscribers over multiple voice-grade copper pairs. Each of the ML600 EADs can be connected to the ML698 via a High Speed Link (HSL) comprised of 1-8 bonded copper pairs. Any combination of copper pairs per HSL can be supported to a total of 8 pairs per ML698 unit.

The ML698 bonds up to 8 copper pairs together to create a 2Base-TL aggregated link, implementing the standard IEEE 802.3ah-2004 (EFM) long-reach Ethernet-over-Copper specification.

Powered by Actelis Networks' award-winning EFMplus™ technology, the rate, reach and reliability are increased significantly using advanced Dynamic Spectrum Management (DSM) and Dynamic Rate Boost (DRB) techniques. This technology doubles the rate/reach in real-world field deployments. Combined with Actelis industry-leading XR239 EFM repeaters, the reach can be extended even further.

Interoperable with any standard Ethernet switch or router and aligned with Metro Ethernet Forum (MEF) recommendations, the ML698 allows service providers and enterprises to use existing copper infrastructure to deliver up to 100 Mbps Ethernet service per customer in G.SHDSLbis technologies. The ML698 is equipped with 4 10/100Base-T Ethernet interfaces and an optional 100/1000Base-FX Small Form Factor (SFP). The SFP ports can accept any standard 100Base-FX, 1000Base-FX, 1000Base-T and T3/E3 modules, providing

redundant aggregation uplinks to Ethernet and SONET/SDH networks.

The ML698 mini-aggregator provides 802.1q VLAN-aware wire-speed bridging, double tagging (VLAN stacking) for end-user VLAN transparency, L2 (Ethernet priority), L3 (ToS/Diff-Serv) classification with four traffic classes, RSTP/STP, link aggregation, bandwidth monitoring, multicast/broadcast limiting, and IGMP snooping for video distribution applications. The ML698 supports full Intra-switching between the HSLs connected to it.

Advanced loop diagnostics capabilities are integrated as part of the ML698, including a Time-Domain Reflectometer (TDR), enabling an effective troubleshooting tool to locate most DSL-affecting copper problems. The information gathered includes accurate end-to-end loop length measurement, as well as identification of various fault types impacting signal continuity between loop spans.

The ML698 provides proactive and dynamic tools for enhanced troubleshooting and monitoring capabilities. Advanced Carrier-class EFM OAM, including 802.3ah, CFM (802.1ag) and Y.1731 (ITU), are incorporated, offering both physical link as well as service level end-to-end advanced troubleshooting mechanisms.

The ML698 can be managed In- and Out-of-Band by the MetaASSIST™ View graphical craft application and via the multi-platform Element Management System, MetaASSIST EMS. The management protocols include standard TL1 Command Line Interface (CLI), Cisco like CLI and SNMP using standard MIBs for seamless integration with third-party Network Management Systems (NMS).



Highlights

- IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM) 2Base-TL Solution
- MEF Certified Ethernet Capabilities
- Rapid Service Deployment
- Superior Rate, Reach & Reliability
- Low Delay and Jitter for Voice and Video Transmission
- Carrier-Class OAM
- Worldwide Spectral Compliance
- QSMINE, NEBS III, FCC, UL, CE
- Environmentally Hardened

Applications

- Transparent LAN Service
- Fast Internet Access
- Metro Ethernet Extension
- Private Campus Network Intra-Connection
- MDU/MTU Backhaul
- DSLAM Backhaul
- WiFi and Cellular Backhaul (Radio Access Network)
- Leased Lines Replacement

Markets Served

- RBOCs, PTTs, Independent Operators, Competitive Operators
- Federal, State and Local Government Agencies
- Education, Health Care, Utilities, Private Campuses

Actelis ML698 Specifications

ML698



Specifications

Interfaces

Ethernet (Network/User)

- 10/100Base-T Connector: 4 ports
RJ45, Auto-MDIX
- 100/1000Base-FX Connector: 1 port (option) SFP Based
MSA compliant

High Speed Link (Bonded Copper Pairs)

- Max HSLs: 4
- Protocol: IEEE 802.3ah 2Base-TL
- Line code: ITU-T G.991.2 rev. 2
- Bandwidth per HSL: 1 - 100 Mbps (symmetrical)
- Copper Pairs per HSL: 1-8
Connector: RJ45 (per modem/pair)
- End-to-end Delay: 2-4 ms (typical)
- Spectral Compliance: ITU-T G.991.2 (Annex A, B, F, G)
ETSI TS 101 524 (Annex E)
ANSI T1.417, T1.426
Per-country regulatory compliant spectral modes
Dynamic Spectral Shaping (DSS)
- Spectral Friendliness: Dynamic Rate Boost (DRB)
- Cross-talk Cancellation
- Sealing Current: 48VDC/4mA nominal

TDR

- Loop length measurement: Fault types identifications
(presence & location)

Management (Out-of-Band)

- 10/100Base-T Connector: RJ45, Auto-MDIX
- Craft Connector: EIA RS-232 (DCE)
- PFU management Connector: DB9

LAN Protocols

- Dynamic Bridging: IEEE 802.1, 8K MAC addresses
- Discovery Mechanisms: LLDP
- VLAN Tagging: IEEE 802.1Q
- Double Tagging: Q-in-Q
- RSTP, STP: IEEE 802.1d
- Link Aggregation: IEEE 802.3ad
- Provider Bridges: IEEE 802.1ad
- IGMP snooping: IGMP V1/V2
- OAM: IEEE 802.3ah clause 57
IEEE 802.1ag
ITU Y.1731

Management

Protocols

- SNMP: SNMP v1 and v2c
- Command Line Interface: TL1, CLI
- Remote Access: Telnet
- Secure Access (option): SSH v2
- Time Synchronization: SNTP v3
- Web Access: HTTP
- File transfer: FTP, TFTP
- IEEE 802.3ah EFM OAM: Dying Gasp
- User Authentication: RADIUS and/or local passwords

Metro Ethernet Forum – Advanced Service Provisioning and Traffic Management

Quality of Service

- Classes of Service: 4
- Scheduler: WFQ, SP
- Classification: L2 802.1p/Q priorities
L3 ToS/DiffServ

Applications

- EMS: MetaASSIST EMS
- Craft GUI: MetaASSIST View

Front Panel Indicators (LEDs)

- Power
- Status
- Alarm
- MLP per modem/pair
- ACT (Activity), LNK (Link) per Ethernet/HSL port

Alarm Contacts

- Terminal Block: 2 Input, 1 Output

Physical

- Dimensions: Height: 1.6" / 40mm (1U)
Depth: 11.0" / 280mm
Width: 8.4" / 213mm
- Weight: 3.75 lbs / 1.7 Kg
- Mounting Rack: 2 units in 19", 23" or ETSI racks
Desktop, Wall Mount
- Power DC: -48/-60 VDC nominal
17 Wwatt
- AC: 90-264 VAC, 47-63 Hz
21 Wwatt

Environmental

- Operating Temp.: -40° to +65°C
- Storage Temp.: -40° to +70°C
- Relative humidity: Up to 95%, non-cond.

Regulatory Approval/Certifications

Metro Ethernet Forum

- MEF 9, 14

Safety

- UL 60950, CSA C22.2 60950
- EN 60950, IEC 60950

EMC

- FCC Part 15 Class B
- ICES-003 Class B
- ETSI EN 300 386 Class B
- ETSI ETS 300 132-2
- ITU-T K.20, K.21

NEBS

- Level III (GR-1089-CORE, GR-63-CORE)

CE

- EMC and Safety

Environmental

- GR-63-CORE
- ETSI ETS 300 019



ACTML690DS_030409
Updated 1.26.11

Corporate Headquarters

Americas Sales Office
6150 Stevenson Blvd.
Fremont, CA 94538, USA
Tel. 1.866.ACTELIS
Tel. 1.510.545.1045
Fax. 1.510.545.1075
sales@actelis.com

International Sales Office

25 Bazel P.O.B. 10173
Petach-Tikva 49103, Israel
Tel. +972.3.924.3491
Fax. +972.3.924.3492
sales@actelis.com

Copyright ©2010-11 Actelis Networks Inc. and the Actelis Networks logo with XLR8 are registered trademarks of Actelis Networks, Inc. MetaASSIST, EFMplus, and The 3 R's of EFM are trademarks of Actelis Networks, Inc. Actelis Networks reserves the right to change product specifications at any time without notice. All Rights Reserved.