

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tietotekniikan koulutusohjelma

Arttu Ikonen  
Jussi-Pekka Salorinne

ILOSAARIROCK-TIETOVERKON TOTEUTUS

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2014



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Marraskuu 2014**  
**Tietotekniikan koulutusohjelma**  
Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
+358 50 260 6800

**Tekijät**  
Arttu Ikonen, Jussi-Pekka Salorinne

**Nimike**  
Ilosaarirock-tietoverkon toteutus

**Toimeksiantaja**  
Joensuun popmuusikot ry

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella, toteuttaa sekä ylläpitää Ilosaarirock-tapahtuman tietoverkko. Tehtävänä oli parantaa verkon toimivuutta ja keksiä ratkaisuja aikaisempien vuosien ongelmiin. Lisäksi opinnäytetyö toimii auttavana työkaluna tulevien vuosien toteutukselle.

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Joensuun popmuusikot ry. Toteutuksen tavoitteena oli tarjota tapahtuman asiakkaille toimiva maksupääteliikenne ja langaton verkko asiakkaille. Yhteyksiä rakennettiin myös tapahtuman järjestäjien verkkotarpeisiin. Työ toteutettiin Joensuun laulurinteen alueella 1.7.2013 - 23.7.2013.

Opinnäytetyön toiminnallinen osuus onnistui hyvin vaikka myös kompromisseja jouduttiin tekemään. Verkko saatiin rakennettua ennen kuin varsinainen ylläpitovaihe alkoi.

Ongelmakohdat ratkaistiin ja kokonaisuudessaan verkon toimintaa saatiin parannettua aikaisempiin vuosiin verrattuna. Myös toimeksiantajalle opinnäytetyö oli hyödyllinen ja toimintaa edistävä.

**Kieli**  
Suomi

Sivuja 29  
Liitteet 0  
Liitesivumäärä 0

**Asiasanat**  
Ilosaarirock, tapahtuma, verkko



**THESIS**  
**November 2014**  
**Degree Programme in**  
**Information Technology**  
Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
+358 50 260 6800

Author(s)  
Arttu Ikonen, Jussi-Pekka Salorinne

Title  
Network Implementation for Ilosaarirock festival

Commissioned by  
Joensuun popmuusikot ry

Abstract

The purpose of the Thesis was plan, implement and maintenance the network for Ilosaarirock music festival. The task was improve operability of the network and invent solutions for the problems experienced in previous years. In addition Thesis is going to be used as a useful tool for the upcoming implementations.

Thesis was commissioned by Joensuun popmuusikot ry. The goal of the implementation was to provide working payment terminal and wireless network for customers. Connections was also provided for event organizer's needs. Implementation placed in the area of Laulurinne in Joensuu during the period from 1 July 2013 to 23 July 2013.

The functional part of the thesis succeeded very well even though some compromises was also done. Network was complete before actual maintenance part was started.

Defined problems were solved and as a whole functionality of network was improved compared to earlier years. Also from the client's perspective this thesis was useful and function improving

Language  
Finnish

Pages 29  
Appendices 0  
Pages of Appendices 0

Keywords  
Ilosaarirock, event, network

## Sisältö

Lyhenteet.....	2
1 Johdanto.....	7
2 Toteutuksessa käytetyt tekniikat.....	8
2.1 Valokuitu tietotekniikassa.....	9
2.2 WLAN-verkot ja niiden suojaaminen.....	10
2.3 WiMax tekniikka ja ominaisuudet.....	10
3 Verkkolaitteet ja asetukset.....	11
3.1 HP ProCurve 2610-sarja.....	11
3.2 HP ProCurve Wireless Access Point 420.....	12
3.3 Huawei BM626e WiMAX CPE.....	15
4 Fyysisen verkon suunnittelu.....	17
4.1 Toteutuksessa ilmenneet ongelmakohdat.....	19
4.2 Laitteiston hankkiminen.....	20
4.3 Verkon rakennuksen organisointi.....	21
5 Verkon varsinainen toteutus.....	21
5.1 Verkon rakennus.....	22
5.2 Verkon ylläpito.....	25
5.3 Verkon purkaminen.....	26
6 Opinnäytetyön tulokset.....	26
6.1 Kehitysideat.....	26
6.2 Omat mietteet.....	27
Lähteet.....	28

## Lyhenteet

4G	Yleinen nimitys neljännen sukupolven matkapuhelinverkoille tiedonsiirto-tekniikoista, joita ovat WiMax ja LTE.
CAT5	Kategoria 5-tyypin lähiverkkokaapeli.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol on verkkoprotokolla, jota käytetään lähiverkoissa IP-osoitteiden jakamiseen.
EAP	Extensible Authentication Protocol mahdollistaa käyttäjien luotettavan tunnistuksen julkisia avaimia käyttäen.
IP	Internet Protocol on osoitetietoprotokolla.
Kytkin	Verkkolaite, joka yhdistää lähiverkon osat toisiinsa.
LAN	Local Area Network, lähiverkko eli rajatulla alueella toimiva tietoliikenneverkko.
LTE	Longterm Evolution, neljännen sukupolven langattoman tiedonsiirron tekniikka, minkä teoreettinen maksiminopeus on 100mb/s.
NAT	Network Address Translation, IP-osoitteenmuutos protokolla.
PoE	Power Over Ethernet tarkoittaa Ethernet-liitännän kautta tuotavaa virtaa verkkolaitteeseen.
RJ-45	Liitintyyppi, jota käytetään lähiverkkoyhteyksien toteuttamisessa.
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol on tekniikka, jonka avulla salataan datapaketteja.

- Valokuitu Tiedonsiirtotekniikka, jossa tieto siirretään optisesti.
- WLAN Wireless Local Area Network on langattomilla tekniikoilla toteutettu lähiverkko.
- WPA Wi-Fi Protection Access, langattoman verkon salaustekniikka.

## 1 Johdanto

Tietoverkot ja langaton tiedonsiirto ovat kasvavassa määrin osana suuria ulkoilmatapahtumia. Tiedonsiirtoon liittyviä tarpeita luovat esimerkiksi maksupäätteet, sähköiset lipunmyyntipalvelut, sekä henkilökunnan tarpeet. Muutoksia verkon toteutukseen tuovat tapahtuman alueeseen kohdistuvat vuosittaiset muutokset sekä tapahtuman koon kasvaminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda toimiva tietoverkkoratkaisu Ilosaarirock-tapahtumalle. Ilosaarirock-tapahtumassa maksupäätteiden välityksellä maksetaan suuri osa kokonaisymyynnistä, joten maksupäätteiden toimivuus on hyvin tärkeä osa tapahtuman rahavirtaa.

Ilosaarirock on 42 vuotta vanha joensuulainen rockmusiikkitapahtuma, johon osallistuu vuosittain yli 50 000 vierailijaa. Ensimmäisen kerran tapahtuma on järjestetty vuonna 1971. Tapahtuma järjestetään suurimmaksi osaksi vapaaehtoisvoimin, mutta organisaatioon kuuluu myös palkattuja henkilöitä. (Joensuun popmuusikot Ry, 2011.)

Opinnäytetyö keskittyy vuosi 2013 Ilosaarirock-tapahtuman tietoverkon suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon, mikä toteutetaan Joensuun Popmuusikot ry:n toimeksiannosta yhteistyössä Telekarelia Oy:n, Mikkelin puhelin Oy:n, Itä-Suomen yliopiston sekä Marski data Oy:n kanssa. Opinnäytetyö on erittäin toiminnallinen ja sisältää teknisen osan lisäksi myös paljon toteutukseen liittyvää organisointia. Tavoitteena on kartoittaa viime vuosien toteutukset ja niissä ilmentyneet ongelmakohdat sekä muuttuvan tapahtuma-alueen internet-yhteyksien tarpeet. Kartoituksen pohjalta suunnitellaan vuoden 2013 toteutus. Käytännön toteutus sisältää verkon rakentamisen, ylläpidon sekä purkamisen. Opinnäytetyön on tarkoitus toimia ohjeena tulevien vuosien toteutuksille. Käytännön toteutus tapahtui Ilosaarirockin alueella, Joensuun laulurinteellä 1.7.2013 - 23.7.2013 välisenä aikana.

Opinnäytetyöaihe saatiin Joensuun popmuusikoilta, jotka hakivat Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijoista halukkaita tekemään opinnäytetyötä tapahtuman verkon toteutuksesta.

## 2 Toteutuksessa käytetyt tekniikat

Opinnäytetyön teoriaosuus perustuu toteutuksessa käytettäviin tekniikoihin sekä aiempien vuosien toteutuksista saatuun informaatioon. Tieto aikaisemmista toteutuksista saatiin suurimmaksi osaksi suullisena informaationa tapahtuman edeltäviltä tietohallintovastaavilta sekä muilta verkon järjestelyihin osallistuneilta. Itse dokumentointi aloitettiin puhtaalta pöydältä, sillä aikaisempien vuosien toteutuksista ei ollut tehty toimintasuunnitelmaa kummempaa dokumentointia. Teoriaosuudessa esitellään tarkemmin tekniikoita, mitkä ovat keskeisessä osassa opinnäytetyötä ja kohdassa verkkolaitteet ja asetukset tutustutaan toteutuksessa käytettäviin laitteisiin ja niiden esiasennukseen.

Suurin osa tapahtuman tietoverkoista toteutettiin langallisia yhteyksiä eli LAN -verkkoja hyväksikäyttäen, sillä langattomat tiedonsiirtotekniikat esimerkiksi GPRS ja 3G voivat suuressa yleisötapahtumassa olla epävarmoja ja kävijämäärien kasvaessa on selvä että verkon kapasiteetti voi pahimmassa tapauksessa loppua kesken, mikä voisi johtaa koko maksuliikenteen seisahtumiseen. Palveluntarjoajana tapahtumalle toimi verkko-operaattori Telekarelia Oy, jonka toimesta tapahtuma-alueelle oli rakennettu yhteensä kahdeksan kappaletta valokuitunousua, mistä jokaisessa oli neljä valokuituliittymää. Liittymien kautta lähiverkon avulla saatiin päätelaitteilta yhteys internetiin. Päätelaitteissa käytettiin lähtökohtaisesti julkisia IP-osoitteita. Julkisia IP-osoitteita käytettäessä poistettiin ylimääräisten reititysten tarve, mikä paransi verkon toimivuutta ja vikasietoisuutta. Verkon reititys tapahtui verkko-operaattorin puolesta, mikä on rajattu opinnäytetyöaiheen ulkopuolelle.

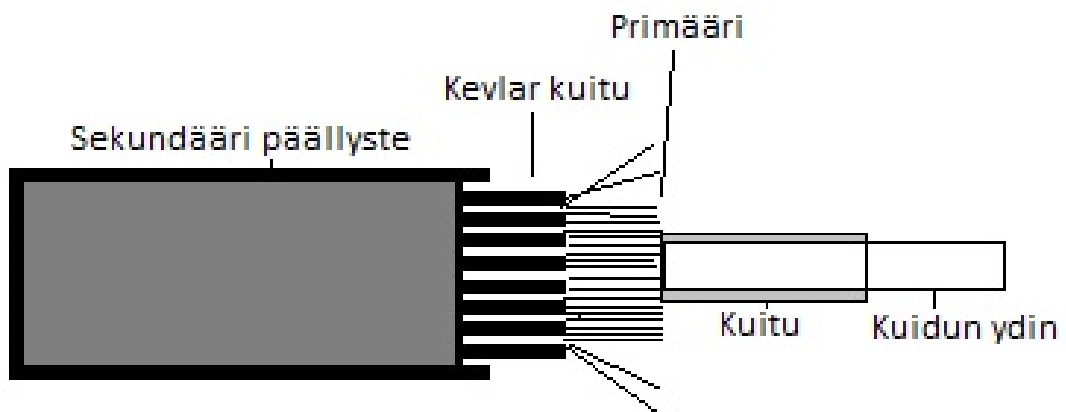
Osa tapahtuma-alueesta oli maantieteellisesti haasteellista mikä tarkoittaa, että kiinteiden yhteyksien rakentamisesta olisi ollut liian haastavaa tai liki mahdotonta käytössä olevilla laitteilla ja työkaluilla. Näille alueille jouduttiin verkkoyhteys luomaan langattomia tiedonsiirtotekniikoita käyttäen. Palveluntarjoajalta saatiin käyttöön 4G-modeemeja, joilla internetyhteys saatiin muodostettua langattomasti. Alueilla, joilla käytimme langattomia yhteyksiä, käytettiin niin sanottuja privaattia IP-osoiteavaruutta. Modeemeihin sisäänrakennetun DHCP -palvelimen avulla maksupäätteille, tulostimille ja tietokoneille jaettiin IP-osoitteet. Koska modeemille saatiin vain yksi julkinen IP-osoite, jouduttiin käyttämään osoitteenmuunnosta eli NAT-osoitteenmuunnosta.



Opinnäytetyömme toteutuksessa käytetyt tekniikat-osuudessa käydään läpi tapahtuman kannalta tärkeimmät verkkotekniikat, mitkä olivat valokuitu- ja 4G-yhteydet. Verkon toiminnan ja opinnäytetyön onnistumisen kannalta tekniikat olivat korvaamattomassa asemassa ja loivat mahdollisuuden tapahtuman toteutukselle.

## 2.1 Valokuitu tietotekniikassa

Valokuitu on lasiseoksesta valmistettu johdin, jota käytetään signaalin siirtämiseen valona. Valokuitukaapeli 10 BaseF koostuu viidestä osasta, jotka ovat päällyste, Kevlar kuitu, primääri, kuitu ja kuidun ydin (Hakala & Vainio 2005, 53). Valokuitu on ainoa verkkoratkaisu, joka on tehty vain Internet-yhteyttä silmällä pitäen ja sen takia sen ominaisuudet ovat huomattavasti paremmat kuin vanhemmissa kuparikaapelia käyttävissä ADSL- ja kaapeliyhteyksissä. Valokuitu on tekniikkana vielä melko uusi, mutta sen rakentaminen myös kuluttajakäyttöön on yleistynyt huomattavasti. Valokuidun tiedonsiirto kapasiteetti on käytännössä rajaton, joten sen avulla voidaan käyttäjille tarjota myös muita palveluita, kuten televisiolähetykset. Alla olevassa kuvassa kuvataan yleisimmän valokuitukaapeli 10 BaseF-rakenne.



Kuva 1. Valokuitukaapeli 10 BaseF-rakenne. (Hakala & Vainio 2005, 53)

## 2.2 WLAN-verkot ja niiden suojaaminen

Langattoman lähiverkon sovellukset perustuvat IEEE 802.11- standardiin ja sen eri revisioihin. Yleisimmin käytössä olevat revisiot ovat 802.11a, 802.11b, 802.11g sekä molempien edellä mainittujen taajuusalueita käyttävä 802.11n. Taajuusalueet on edelleen jaettu kanaviin, joiden käyttöä rajoittavat esimerkiksi eri maiden kansalliset säädökset (Hakala & Vainio, 2005, 153). Kanaviin jaetut taajuusalueet edesauttavat useiden samalla kanta-alueella sijaitsevien verkkojen toimivuutta.

Taulukko 1. WLAN Verkkotaajuuksien ominaisuudet. (Hakala & Vainio. 2005, 152)

Versio	Taajuusalue, GHz	Kapasiteetti, Mb/s
802.11	2.4	2
802.11a	5	54
802.11b	2.4	11
802.11g	2.4	54
802.11n	2.4 ja 5	600

Tapahtuma-alueen asiakaskäyttöön tarkoitettua WLAN-verkkoa ei suojattu, mutta henkilökunnan sekä tapahtuman esiintyjien käyttöön tarkoitetut verkot suojattiin käyttäen WPA-salausta. Tässä salaustekniikassa käytetään viestien salaamiseen TKIP-protokollaa, joka vaihtaa salaukseen käytettävän avaimen automaattisesti 10 000 paketin välein. Käyttäjien tunnistukseen käytetään WPA -salaus menetelmässä EAP -protokollaa, joka kuuluu IEEE802.1x standardiin, mitä käytetään myös lankaverkoissa keskitettyyn käyttäjien tunnistukseen.

## 2.3 WiMax tekniikka ja ominaisuudet

Nytemmin Suomessa käytännössä kokonaan alas ajettu neljännen sukupolven mobiili tiedonsiirron tekniikka, mitä käytettiin vuonna 2013 Ilosaarirock-tapahtuman verkkotoeutuksessa. WiMax perustuu IEEE-standardiin 802.16, mikä valmistui syksyllä 2001. Suomessa käytetyissä sovelluksissa yhdellä tukiasemalla saatu maksimi nopeus oli maksimissaan 75 Mb/s. Yhden tukiaseman kantavuusalueutta kutsutaan soluksi. Tukiaseman maksiminopeus jaetaan solun käyttäjien kesken. WiMax teknologia mahdollisti nopean

langattoman viestinnän ennen LTE verkon yleistymistä. Verkon teoreettinen kantama optimaalisissa olosuhteissa oli jopa 50 kilometriä. Ensimmäisen version käyttämät taajuusalueet olivat 10 GHz - 60 GHz myöhemmin myös taajuusalue 2GHz -11GHz lisättiin mukaan standardiin 802.16a vuonna 2003. Suomessa WiMax yhteyksiä on käytetty lähinnä haja-asutusalueiden laajakaista tarpeisiin, mutta nykypäivänä LTE ja valokuitu yhteydet ovat syrjäyttäneet WiMax tekniikan täysin.

### 3 Verkkolaitteet ja asetukset

Kuten jo aiemmin mainittiin, tapahtuman verkkolaitteet hankittiin useista eri lähteistä, mistä syystä se ei ole kovin yhtenäistä. Esimerkiksi WLAN-tukiasemia käytössä oli useita eri malleja useilta eri valmistajilta.

Taulukko 2 Laitteet.

Valmistaja	Malli	Määrä
HP	ProCurve Wireless Access Point 420	8
HP	ProCurve Switch 2610-24	12
HP	ProCurve 1810-8G	8
Zyxel	NBG-416N	1
D-Link	Dir-615	2
Dell	PowerConnect 2808	1
Huawei	BM626e (WiMax)	24

#### 3.1 HP ProCurve 2610-sarja

HP 2610-sarja koostuu viidestä kytkimestä, joista 24- ja 48-porttiset mahdollistavat 10/100 Mbps-yhteydet. HP ProCurve 2610-24 on tuulettimetön kytkin, joten sen käyttö soveltuu myös ahtaampien tilojen ympäristöihin. 2610 -sarjan PoE-kytkimet mahdollistavat 15,4 W:n virransaannin Ethernet-kaapelin kautta. Sarjan kaikki kytkimet sisältävät kaksi kappaletta 10/100/1000BASE-T porttia ja kaksi mini-GBIC -korttipaikkaa joka mahdollistaa kytkimen liittämisen esimerkiksi suoraan valokuituyhteyden päähän SFP-

moduulilla. 2610-sarja sisältää vain Layer 2-tason kytkimiä ja lisäksi kaikki sarjan kytkimet tukevat staattista reititystä. (Hewlett-Packard. 2013.)



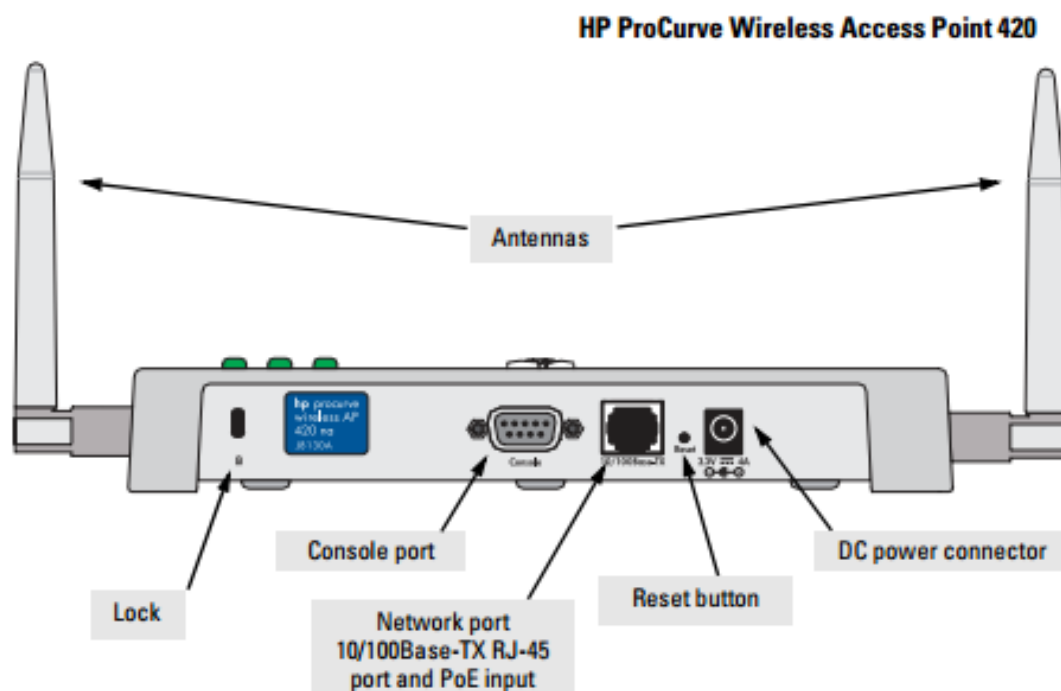
Kuva 2 HP ProCurve 2610-24.

### 3.2 HP ProCurve Wireless Access Point 420

HP ProCurve Wireless Access Point 420-tukiasema sisältää yhden 10/100Base-TX RJ-45 portin. Portti tukee PoE -standardia joka mahdollistaa virransaannin laitteeseen Ethernet-kaapelia hyväksikäyttäen. WLAN tukee 54 Mbps yhteyttä, joka perustuu IEEE 802.11g-standardiin. Lisäksi laitteessa on konsoliliitäntä, mitä hyväksikäyttäen hallinta tapahtuu. Tukiasema on suunniteltu pääsääntöisesti päätelaitteiden yhdistämiseen yritysverkkoihin, mutta se soveltuu myös muihin ympäristöihin. (Hewlett-Packard. 2005.)



Kuva 3 Hewlett Packard ProCurve Wireless Access Point 420.



Kuva 4 HP ProCurve 420 -liitännät (Hewlett-Packard. 2003.)

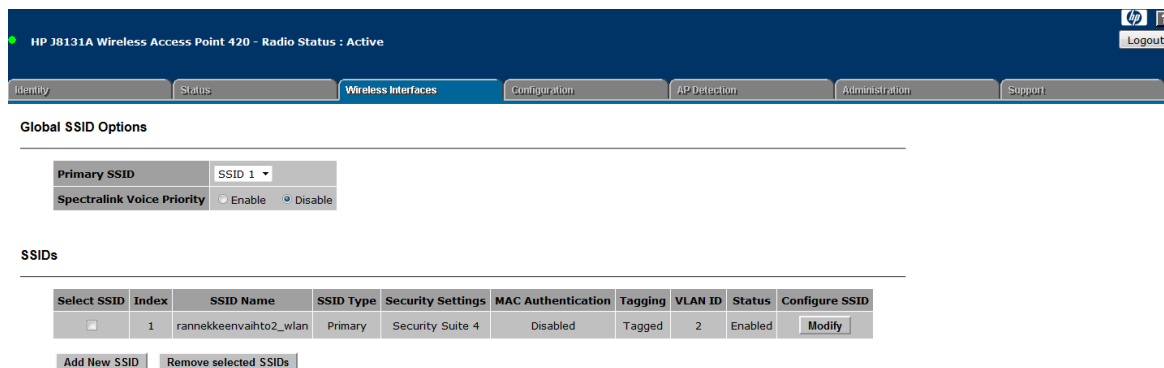
Laitteen konfigurointi onnistuu helpoiten selainkäyttöliittymän avulla. WEB-pohjaisen käyttöliittymän avulla laite saadaan konfiguroitua lukuun ottamatta maakoodia, mitä tarvitaan tukiaseman radioantennien käyttöönottoon. Tehdasasetuksilla langaton verkko on poissa käytöstä, koska maakoodia ei ole asetettu. Tämä johtuu siitä, että WLAN -signaalin käyttämien radiotaajuuksien käyttöön liittyvät lait ja asetukset voivat vaihdella paljon riippuen maasta ja maanosasta. Lähetystehon maksimi Suomessa on 100mW.

Maakoodin asetus ei onnistu selainpohjaisessa hallinnassa, joten laitteeseen otetaan yhteys Telnet-yhteydellä. Telnet-yhteyden muodostamiseen käytettiin Putty asiakassovellusta. Maakoodin asetus tapahtuu kirjoittamalla laitteen komentoriville ”country” ja tämän perään maatunnus eli tässä tapauksessa ”FI”. Maakoodin asetuksen jälkeen laite käynnistää itsensä uudestaan, minkä jälkeen langaton verkko saadaan asetettua päälle selainkäyttöliittymästä. Radion käynnistymisen voi varmistaa hallintapaneelin yläpaneelistä ”Radio Status: Active”- kohdasta.



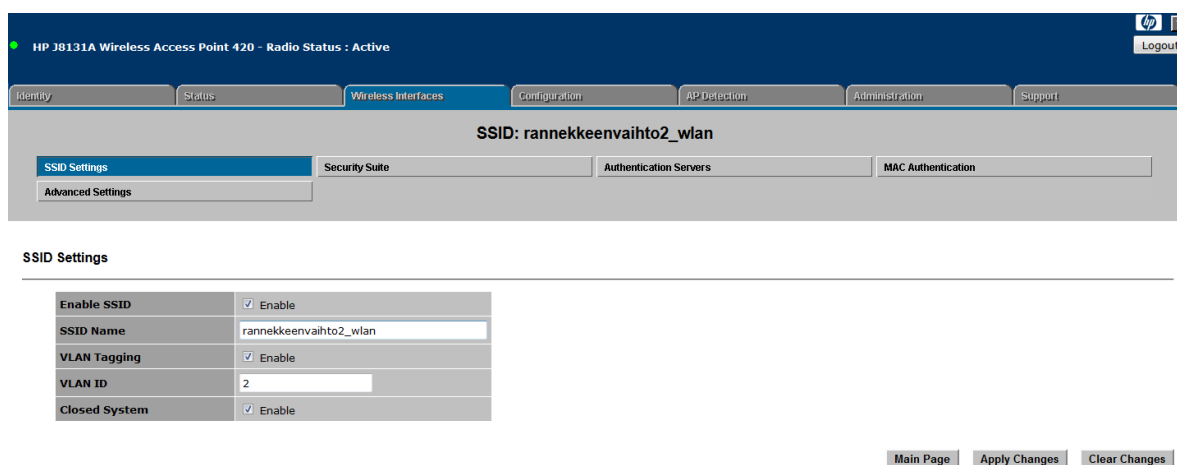
Kuva 5 Radion tila.

Laitteen konfigurointi aloitetaan luomalla langaton verkko, minkä hallintaan pääsee käsiksi valikosta "Wireless Interfaces" eli langattomat liitännät valikon kautta. Valikosta avautuu verkkojen hallinta, mistä näkee laitteeseen luodut langattomat verkot. Uuden verkon voi luoda painamalla "Add New SSID"-painiketta. Ennestään luodut verkot ja niiden tiedot näkyvät "SSID" -kohdassa.



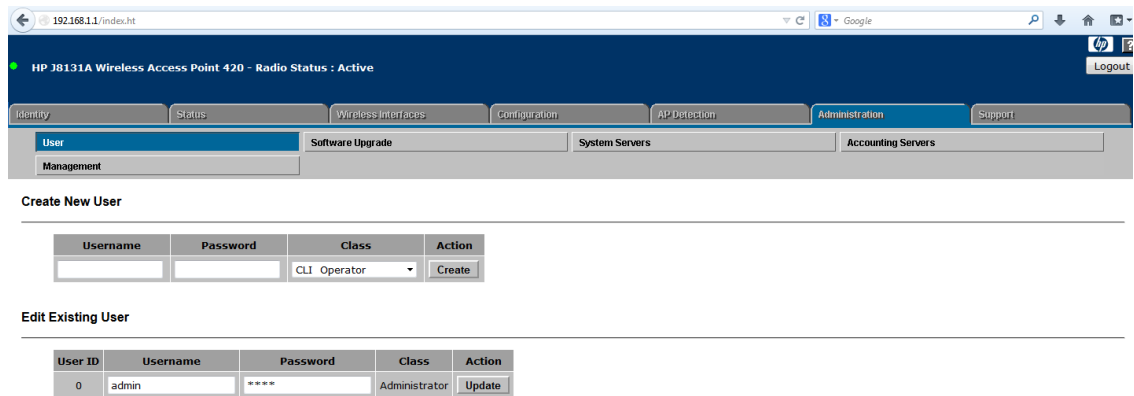
Kuva 6 "Global SSID Options".

Verkkoja pääsee muokkaamaan painamalla "Modify"-painikkeesta. Muokkaus kohdasta voidaan luomisen jälkeen vielä muokata esimerkiksi salasanoja ja käyttöoikeuksia. "SSID Settings"-valikosta voidaan määrittää onko kyseinen langaton verkko päällä vai ei. Lisäksi valikosta voidaan määrittää langattoman verkon nimi "SSID NAME".



Kuva 7 SSID asetukset.

"Security" välilehdestä saatiin asetettua langattoman verkon suojaus päälle. Salaus tavaksi valittiin "WPA/WPA2 Mixed mode", jotta yhteys olisi riittävän turvallinen mutta toisaalta myös yhteensopiva hivenen vanhempien päätelaitteiden kanssa.



Kuva 8 Käyttäjän luominen.

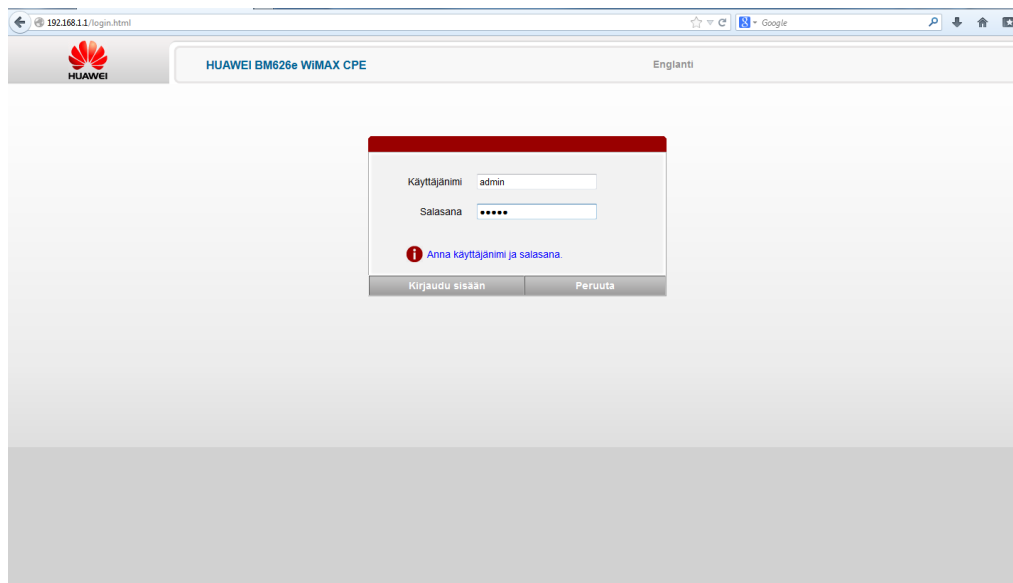
Tietoturvan kannalta on myös syytä asettaa tukiaseman hallintaan käyttäjätunnus ja salasana, että ulkopuolisilla ei ole pääsyä laitteeseen. Se tapahtuu yläpalkin kohdasta "Administrator", minkä jälkeen voidaan luoda tarvittavat tunnukset. Käyttäjien luomisen yhteydessä on myös mahdollista asettaa käyttäjiä luokkiin "CLASS" mitkä määrittävät mitä toimintoja käyttäjä voi laitteeseen tehdä sekä sen mitä tietoja laitteesta on nähtävillä.

### 3.3 Huawei BM626e WiMAX CPE

Huawei BM626e on 4G WiMAX-modeemi, mikä sisältää neljä kappaletta Ethernet-liitäntöjä mahdollistavat päätelaitteen yhdistämisen verkkoon langallisesti tai langattomasti. WLAN-lähetinvastaanotin tukee maksimissaan 20 Mbps sisäänpäin (download) tulevaa ja 5 Mbps ulospäin (upload) lähtevää liikennettä. Laite tukee IEEE 802.16e-2005 standardoitua langatonta yhteyttä.

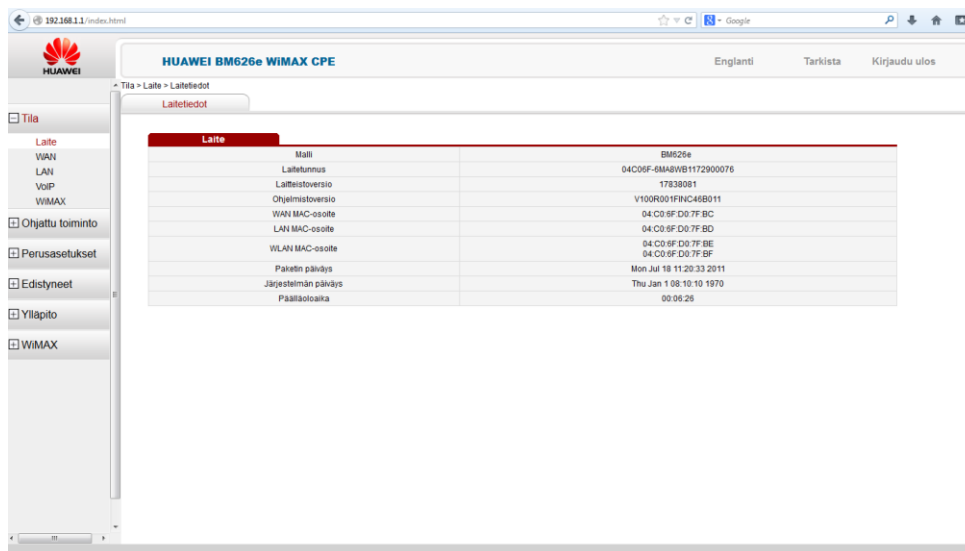
BM626e:n hallintaan käytetään WEB-pohjaista käyttöliittymää minne päästään kun hallintalaite yhdistetään modeemin WLAN- tai LAN-verkkoon. Päästäkseen käsiksi modeemin graafiseen käyttöliittymään tulee päätelaite kytkeä langallisesti modeemin vapaaseen Ethernet-porttiin. Yhdistäminen tapahtuu automaattisesti kun päätelaitteen asetukset on laitettu pyytämään osoitteet automaattisesti modeemin DHCP-palvelulta. WEB-hallintaan pääsee avaamalla internet-selaimen, minkä osoiteriville kirjoitetaan modeemin IP

osoite: 192.168.100.1. Selaimen aukeaa modeemin kirjautumisvalikko. Tehdasasetuksilla kirjautuminen tapahtuu käyttäjänimellä ”admin” ja salasanalla ”admin”. Kirjautumisen jälkeen avautuu alla olevassa kuvassa esiintyvä laitteen käyttöliittymän päävalikko.



Kuva 9 Kirjautumisvalikko.

Päävalikosta näkee laitteen yleiset tiedot kuten laitteen MAC-osoitteet, WLAN-verkot, IP-osoitteet sekä esimerkiksi aktiivisuusajan.

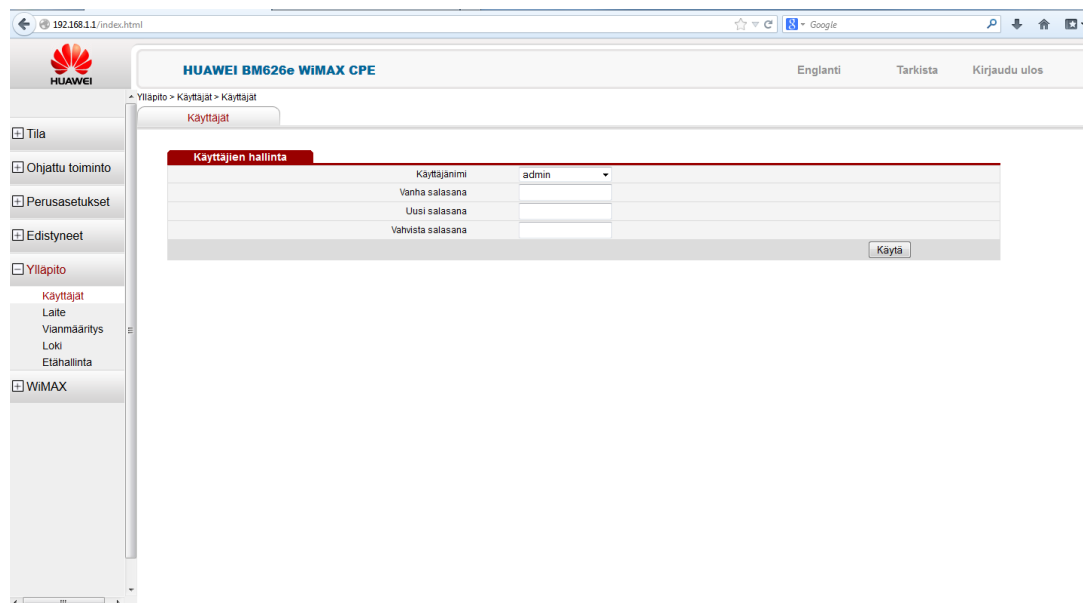


Kuva 10 Päävalikko.

Laitteen turvalliseen käyttöönottoon liittyy tehdasasetuksilla olevien käyttäjätunnusten muokkaaminen. Käyttäjien hallintaan pääsee oikeasta sivupalkista "Ylläpito"-kohdasta ja



sen alavalikosta olevasta "Käyttäjät"-kohdasta. Alla olevassa kuvassa näkyy miltä käyttäjien hallinta käyttöliittymässä näyttää.



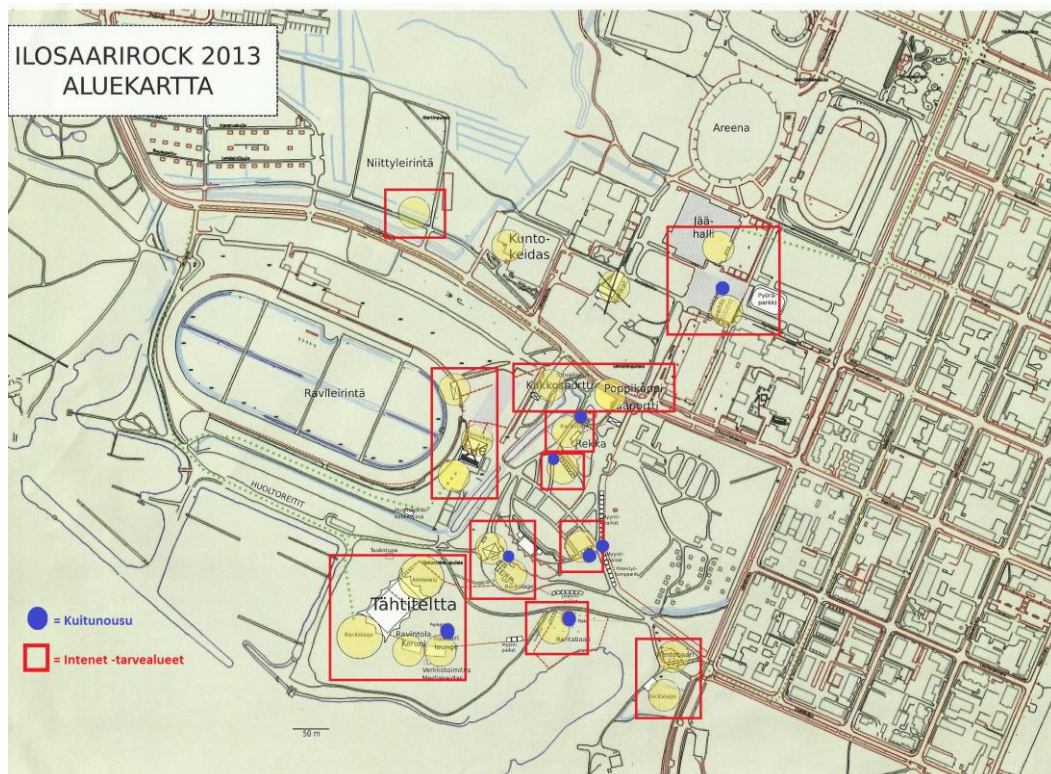
Kuva 11 Käyttäjätunnuksen vaihtaminen.

Laitteen langattoman verkon asetuksista määriteltiin laitteen SSID, sekä suojausasetukset.

## 4 Fyysisen verkon suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin aikaisempien vuosien toteutuksien tarkastetulla, jolla pyrittiin selvittämään eri osa-alueiden yhteyksien tarve sekä suurimmat ongelmat ja tapahtuma-alueeseen tapahtuneet muutokset. Pidimme tiimipalaverin Popmuusikoiden tiloissa, jonne kokoontuivat Telekarelia Oy:n edustajat, Popmuusikoiden edustajat sekä edeltävien vuosien tietohallinnon vastaavat. Kartoitimme päätelaitteiden alustavat sijainnit meille annettusta tapahtuman aluekartasta. Pyrimme pitämään suunnittelun ajan mielessämme myös nämä ongelmakohdat, että omassa toteutuksessa pystymme varautumaan mahdollisiin ongelmatilanteisiin. Suunnittelussa käytettiin hyvin paljon hyväksi aluekarttaa, mihin

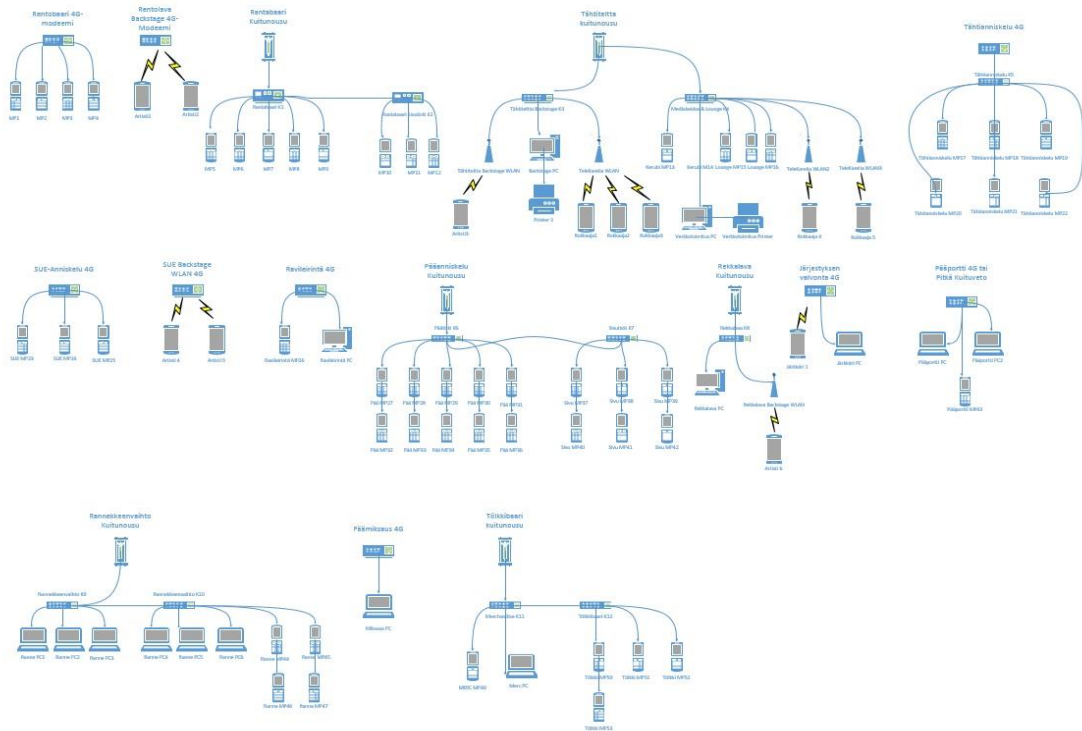
oli merkattu kuituyhteyksien nousupaikat. Tämä auttoi varsinkin vertaillessa 4G- ja Kuituyhteyksien paikkoja.



Kuva 12 Kuitunousut ja internet-yhteyksien tarvealueet.

Verkkolaitteiden sijainteja varten kävimme katsomassa Ilosaarirockin aluevastaavan kanssa alustavat anniskelutiskien paikat, että voimme mahdollisimman hyvin arvioida eripituisten kaapelivetojen pituudet sekä kuinka sijoittaa verkkolaitteet niin, että myös anniskelualueiden työntekijät pystyvät tekemään työtään niiden läsnä ollessa. Mahdollisuuksien mukaan pyrimme käyttämään niin paljon saman valmistajan laitteita kuin mahdollista että voimme varmistaa tarvittavan tietotason alueella olevista laitteista ja niiden ominaisuuksista ja esiasetusten tarpeesta. Langattomat verkot pyrittiin toteuttamaan mahdollisuuksien mukaan eri liittymissä, jolloin erillisiä VLAN asetuksia kytkimiin ei ollut tarvetta asettaa. Maksupääteliikenne päätettiin toimittaa eri liittymää pitkin kuin asiakkaille tuleva WLAN-verkko. Verkon suunnittelussa otettiin myös huomioon laite rikkoutumisen mahdollisuus, sekä muut mahdolliset ongelmat yhteyksissä. Tätä varten varattiin laitevuokraajilta muutamia ylimääräisiä kappaleita verrattuna siihen mikä oli todellinen tarve.

## Ilosaarirock 2013 Verkkotopologia 11.06.2013



Kuva 13. Verkkokuva.

#### 4.1 Toteutuksessa ilmenneet ongelmakohtat

Edeltävinä vuosina kriittisimpiä ongelmakohtia olivat olleet langattoman verkon kapasiteetin loppuminen, lipunmyynnin ja rannekkeenvaihdon järjestelmien toimivuus verkossa ja dokumentaation puuttuminen. Langatonta verkkoa on aikaisempina vuosina pystytetty testi mielessä päälavan alueella, kuitenkin väen lisääntyessä verkosta oli nopeasti loppunut kapasiteetti, eikä verkkoa ole voinut käyttää. Todennäköisesti toimimattomuus on johtunut laitteiden sijoittelusta. Lisäksi lipunmyynnin sekä rannekkeenvaihdon tietojärjestelmien yhteydet ovat olleet ongelmallisia. Aikaisempina vuosina Tiketin järjestelmät ovat kaatuilleet hyvien yhteyksien ja verkkolaitteiden puuttuessa. Verkon toteutuksesta ei ole myöskään ollut dokumentoitua versiota, mikä on lähtökohta opinnäytetyön teolle.

Lisäksi tänä vuonna tapahtuma-alue laajeni Laulurinteen takanurmelle, jonne rakennettiin noin 50 metriä x 90 metriä kokoinen tähtitelttä. Uuden alueen ongelmaksi todettiin välimatkat, sillä teltan pidemmän sivun pituus lähentelee jo Ethernet-kaapelin 100 metrin maksimimittaa.

## 4.2 Laitteiston hankkiminen

Laitteistohankinnat aloitettiin verkon tarpeiden kartoituksella. Kartoituksen mukaan alueella tuli tapahtuma-aikaan olemaan 33 vuokratietokonetta, jotka olivat pääsääntöisesti tapahtuman henkilöstön, rannekkeenvaihdon ja henkilöstön CHECK IN:in työntekijöiden käytössä. Lisäksi vuokratietokoneita käyttivät esimerkiksi järjestelmänvalvojat ja tapahtuman lavavastaavat omissa työpisteissään. Laitteisto hankittiin hyvissä ajoin ennen tapahtuman alkamista popmuusikoiden toimistolle, että pääsimme tutustumaan laitteiden ominaisuuksiin sekä valmiiksi esiasentamaan esimerkiksi 4G-laitteet ja langattomat tukiasemat

Lipunvaihtopisteisiin vuokrattavat koneet hankittiin MPY Oy:ltä, jotka toimittivat 10 kappaletta kannettavia tietokoneita valmiiksi asennettuina Popmuusikoiden toimistolle. Rannekkeenvaihtopisteen koneet on varustettu Mozilla Firefox-selaimella, joka oli Tike-tin järjestelmien käyttöönoton vaatimus. Lisäksi koneissa oli asennettuna F-Secure tietoturvapalvelu. Vuokratuissa tietokoneissa käytettiin Windows 7 Home Edition -käyttöjärjestelmää.

Maksupäätteitä alueelle tuli yhteensä noin 70 kappaletta, jotka jakautuvat koko tapahtuma-alueen ympäristöön. Suurin osa maksupäätteistä sijaitsi tapahtuman anniskelualueilla. Muita maksupäätteitä käyttäviä pisteitä olivat esimerkiksi: leirintäalueet, artistitavara-myymälä sekä VIP-ruokailu. Maksupäätteiden hankinnasta sekä käyttöönotosta vastasivat popmuusikoiden talousvastaavat, jotka olivat esiasentaneet maksupäätteisiin pankkiyhteyden vaadittavat tiedot.

Lisäksi alueelle vuokrattiin viisi kappaletta verkkotulostimia, jotka toimitti Marski data oy. Tapahtuma alueella oli kahdeksan kappaletta kuitunousuja, joissa jokaisessa on neljä kappaletta valokuituliittymiä. Verkkolaitteet hankittiin Itä-Suomen yliopistolta, mistä lainattiin 12 kappaletta HP 2610–24 24-porttista kytkintä sekä seitsemän kappaletta HP

1810-8G kahdeksan porttista kytkintä. 4G-tukiasemia vuokrattiin 24 kappaletta Telekarelia Oy:n puolesta, mitä käytettiin alueilla, joihin ei ollut sijainnista johtuen mahdollista pystyttää kiinteää verkkoyhteyttä.

### **4.3 Verkon rakennuksen organisointi**

Tämän kaltaisessa yleisötapahtumassa merkittävä osa suunnittelua on organisointi, jonka on pääsääntöisesti tapahduttava ennen varsinaista toiminnallista osuutta. Organisointiin liittyi kiinteästi esimerkiksi vapaaehtoistyövoiman hankkiminen, työvuorojen laatiminen, toiminta ohjeitten määrittäminen ja rakennusjärjestys sekä laitteiden vuokraamisen liittyvä organisointi. Lisäksi tietohallinnon vastaavina oli hyvin tärkeää toimia yhteistyössä muitten alueitten vastaavien kanssa, että kaikilla tarvitsevilla oli internet yhteydet oikeissa paikoissa ja oikeaan aikaan.

## **5 Verkon varsinainen toteutus**

Toteutusvaihe koostuu kolmesta osa-alueesta, jotka ovat verkon rakennus, verkon ylläpito ja tapahtuman loputtua verkon purkaminen. Rakennus ja purkuvaiheessa käytetään ennalta varattua seitsemää vapaaehtoistyöntekijää, joiden kanssa sovittiin työvuorot jo hyvissä ajoin ennen Ilosaarirock-tapahtuman alkamista. Työntekijät jaettiin kahteen ryhmään, jotka toimivat tämän opinnäytetyön tekijöiden alaisuudessa. Vastaavat ohjeistivat vapaaehtoiset työntekijät laitteiden ja kaapeleiden asennuksessa ja suojauksessa. Koska kyseessä on ulkoilmatapahtuma, joudutaan laitteet suojaamaan kosteudelta. Lisäksi laitteet on sijoitettu tapahtuma-alueelle siten, että niihin ei ole pääsyä tapahtuman asiakkailta, tai muilla asiaan kuulumattomilla henkilöillä. Popmuusikot ry omistaa aikaisemmilta vuosilta Ethernet -kaapelit. Täydennykset verkkokaapeleihin tulee Mikkelin puhelin Oy:n puolesta, jonne ilmoitetaan tarvittavat määrät kaapeleista. Tietokoneet ja tulostimet toimittaa Marski data oy.

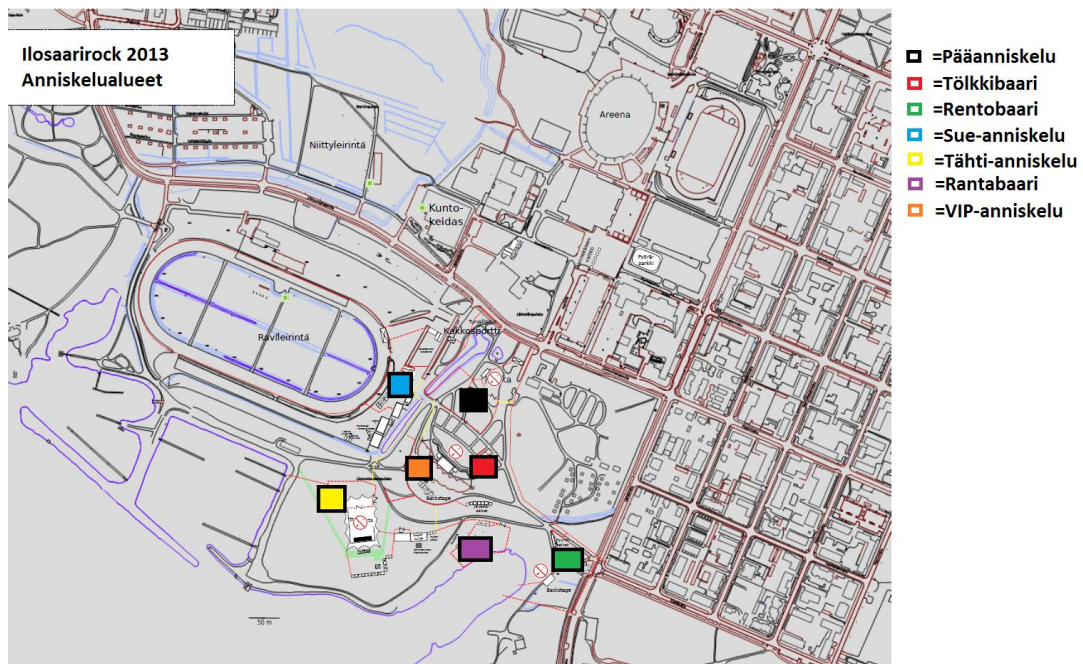
Erityisesti rakennusvaihe oli hyvin haastava, koska aikataulu oli varsin tiukka ja tarvetta esimerkiksi kaapelihankinnoille ilmeni. Aikataulusta johtuen pyrittiin mahdollisuuksien rajoissa tekemään kahta aluetta yhtä aikaa.

Ylläpitovaihe piti sisällään tapahtumaviikonlopun aikana tarvittavan teknisen tuen. Tapahtuman aikana tapahtuviin mahdollisiin laiterikkoihin oli varauduttu hankkimalla ylimääräisiä laitteita ja kaapeleita. Toimenkuvaan kuuluu myös auttaa verkon ja tietoteknisien laitteiden käyttöönotossa ja käytössä.

Purku toteutettiin yhteistyössä muun purkuryhmän kanssa. Käytimme purkuvaiheessa hyväksimme rakennusvaiheessa käyttämää vapaaehtoisryhmää. Purkuvaihe suoritettiin organisoidusti samassa järjestyksessä kun tapahtuman muita rakenteita aletaan purkamaan sunnuntai ja maanantaina välisenä yönä 14.7.2013 -15.7.2013. Purku jatkuu seuraavan viikon loppuun asti ja loppuu 23.7.2013. Lisäksi laitteet tulee palauttaa oikeille omistajille.

## **5.1 Verkon rakennus**

Verkon rakennus oli suurin toiminnallinen osuus opinnäytetyöstämme. Verkon rakentaminen aloitettiin maanantaina 8.7.2013, jolloin alueiden teltojen rakentaminen oli myös aloitettu edeltävänä viikonloppuna. Verkkolaitteet kuljetettiin jo edellisellä viikolla Joensuu Popmuusikoitten varastosta Laulurinteen takana olevaan konttiin, josta niiden kuljettaminen eripuolille tapahtuma-aluetta oli helpompaa. Verkon rakentaminen viikolla toteutettiin sitä mukaa, kun teltat tapahtuma valmistuivat. Alla olevassa kuvassa on kuvattu alueella sijaitsevat anniskelualueet.



Verkon rakentaminen aloitettiin tölkki baarista. Tölkki baariin lisäsimme 8 maksupäätapaikkaa, jotka toimivat Ethernet -yhteydellä. Ethernet -kaapelit kiinnitettiin nippusiteillä anniskelutiskien jalkoihin, niin ettei tiskien alle tulevat alkoholi- ja virvoketuotteiden korit eivätkä työntekijät pääse katkomaan kaapeleita. Tölkki baarin yhteydessä käytimme 24-porttista HP:n 2610-24 kytkintä. Käytimme suurempaa kytkintä, koska tuli varautua siihen, että viikonlopun aikana maksupäätteiden määrä tölkki baarissa tulee vaihtelevaan. Kytkin piilotettiin anniskelutiskin puoleen väliin lihalaatikkoon, josta kaapelit vedettiin ulos ja itse laatikko suojattiin sateelta jätesäkkiä ja ilmastointiteippiä hyväksi käyttäen. Lisäksi laatikoilla suojattiin myös Inteno:n kuitupäätelaitteet, jotka yhdistettiin kuituverkoon.

Pääanniskelu varustettiin yhteensä 16 maksupäätapaikalla, jotka jakaantuivat seuraavasti: päälavan anniskelualue kahdeksan kappaletta, Jägermaister anniskelutiski kaksi kappaletta, Tuborg-teltoa kaksi kappaletta sekä Jaloviina-kontti kaksi kappaletta. Haasteeksi anniskelualueella tulivat pitkät kaapelivedot. Päälavan anniskelualueella käytettiin yksi kappale 24 -porttisia kytkimiä sekä kaksi kappaletta kahdeksan porttista kytkintä. Kytkimet kytkettiin pääanniskelussa sarjaan.

Päälavan takana sijaitsevasta kuitunoususta otimme käyttöön kolme kuituliittymää, joista ensimmäinen tuli käyttöön päälavan takahuone, niin johdollisena, kuin langattomanakin

verkkona artistien käyttöön. Toinen liitäntä käytettiin kutsuvieraiden sekä VIP paketin ostaneille VIP-telttaan jonne tuli yhteensä 12 maksupäätettä.

Kolmas liittymä käytettiin VIP-telttaan toteutettuun julkiseen langattomaan verkkoon, jossa käytettiin Ruckus-langattomia tukiasemia. Asiakkaiden käyttöön tarkoitettu langaton verkko liitettiin omaan liittymäänsä maksuliikenteen häiriön estämiseksi. Käyttämämme Ruckus-tukiasema toimi siltaavassa tilassa eli jakoi suoraan julkisia IP-osoitteita verkkoon liittyville päätelaitteille.

Päälavan takana sijaitsevalla nurmialueella eli tähtiteltan alue oli teknisesti alueen vaikein kohta toteuttaa. Tähtiteltan maastossa käytimme yhteensä kolmea kuituliittymää, joista yksi oli varattu kokonaan julkisen asiakas WLAN:in käyttöön. Muuta kaksi liittymää ja oimme niin, että toinen liittymä tuli Ilosaarirockin yhteydessä toimivien verkkotoimituksen sekä mediakeitaan käyttöön. Syy tähän oli, että verkkotoimitus ja mediakeidas joutuivat tapahtuman aikana päivittämään tapahtuman verkkosivuille sekä sosiaaliseen mediaan muun muassa kuvia, videoita ja haastatteluja. Tähtiteltan kuitunousun kolmas liittymä käytettiin Kerubin Pop up ravintolan sekä tähtiteltan anniskelualueen maksupäätte liikenteeseen. Samaan liittymään liitettiin myös tähtiteltan backstage:n toimiston verkko-yhteydet, joka sisälsi yhden 8 -porttisen kytkimen, sekä langattomia tukiasemia artistien käyttöön. Rannan anniskelualue toteutettiin yksinkertaisimmillaan yhdellä kytkimellä, johon lisättiin yhteensä 8-maksupäättepaikkaa pääanniskelutiskille sekä yksi maksupäätte Kurko:n sivutiskille.

Langattomilla 4G yhteyksiä toteutettiin anniskelualueet, joihin aikaisempien syiden mukaan ei kiinteää yhteyttä voitu pystyttämään. Nämä anniskelualueet olivat kuitenkin kohtuullisen pieniä ja ne olivat kohtuullisen helppoja pystyttää, sillä myöskään maksupäätteitä ei näihin paikkoihin ollut yleensä neljää kappaletta enempiä. 4G-yhteyksillä toteutetut anniskelu alueet olivat Sue-teltan anniskelualue ja rentolavan anniskelualue joihin molempiin tuli yhteensä neljä kappaletta maksupäätteitä. Lisäksi 4G-reitittimiä kuljetettiin rakennuksen yhteydessä järjestyksenvalvojen, leirintäalueiden sekä backstage-käyttöön. Artistien käyttöön tulevien WLAN-yhteyksien salasanat ja verkkotunnukset jaettiin jokaiseen artistikoppiin.

Tärkeä osa rakennusvaihetta oli myös verkkolaitteiden käytön opastus sekä laitteiden yhdistäminen verkkoon. Tämä tapahtui hyvin pitkälle rakennuksen kanssa samaan aikaan.

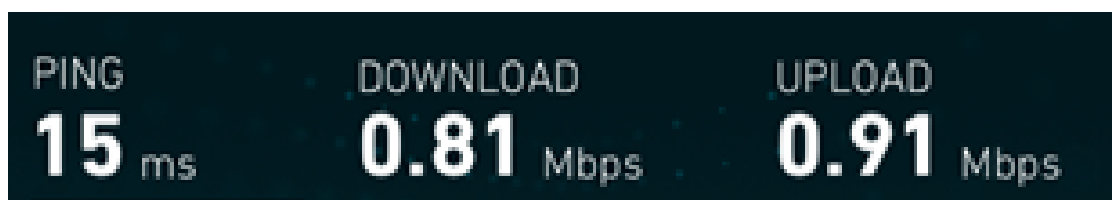


Kun alue saatiin valmiiksi ja nettiyhteydet paikalleen opastettiin henkilökunta niiden käyttöön sekä yhdistettiin laitteet internet yhteyteen. Lisäksi verkkotulostimien kanssa jouduimme rakennuksen yhteydessä asentamaan ajurit ja opastamaan yleisesti niiden käyttöön.

## 5.2 Verkon ylläpito

Verkon ylläpito tapahtui 12.7.2013 - 14.7.2013 välisenä aikana, jossa päätoimena oli taata maksupäätteystehtävien toimivuus koko tapahtuma-alueella. Verkon ylläpidon aikana kiersimme myös anniskelualueita läpi varmistaaksemme, että maksuliikenne toimii jatkuvasti.

Tapahtuma-alueen Internet-yhteydet olivat ylhäällä perjantaina klo 16:30, joten verkon testaamiselle ei käytännössä jäänyt hyvinkään paljon aikaa, sillä portit avattiin klo 17:00. Maksupäätteiden toimivuutta ja asetuksia testattiin tekemällä maksutapahtumia maksupäätteistä. Perjantaina anniskelualueista auki olivat pääanniskelu eli Töminän anniskelu ja Tähtiteltan anniskelualueet. Verkon toiminta oli tapahtuma viikonlopun aikana erittäin hyvä ja ylläpidollisia toimia tuli melko vähän. Ongelmia oli Ethernet-kaapeleissa, sähkönsaannissa ja satunnaisesti jouduimme käynnistämään HP:n kytkimiä uudelleen, mutta käytännössä ongelmat olivat melko yksinkertaisia ja nopeita selvittää. Osa maksupäätteistä toimivat ainoastaan NAT-osoitteenmuutoksen takana, joten esimerkiksi VIP-ravintolassa jouduimme käyttämään erillistä reititintä kuitupäätelaitteen ja maksupäätteiden välissä. Julkisen asiakas WLAN-verkon toimivuutta testasimme useaan otteeseen tapahtumaviikonlopun aikana. Alla olevassa kuvassa otettiin nopeustesti [www.speedtest.com](http://www.speedtest.com) osoitteessa. Verkon nopeus on rajattu 1 Mb/s käyttäjää kohden.



Kuva 14. Julkinen WLAN.

### 5.3 Verkon purkaminen

Verkon purkaminen tapahtui heti tapahtuman jälkeen 15.7.2013. Verkon purkaminen toteutettiin mahdollisimman nopealla aikataululla niin, että kaikki laitteet ja kaapelit tulivat varmasti talteen. Vapaaehtoistyöntekijät ohjeistettiin pakkaamaan jokaisen alueen kaapelit kytkimille ja kuitupäätelaitteille varattuihin laatikkoihin ja toimittamaan ne päälavan takana sijaitsevalla kontilla. Purku tapahtui prosessina hyvin nopeasti. Laitteiden keruun jälkeen laitteet pakattiin asiaankuuluvalla tavalla ja ne toimitettiin Joensuun popmuusikoiden toimistolle. Lainassa olleet laitteet palautettiin omistajilleen ja popmuusikoiden omat hankinnat kuten Ethernet-kaapelit ja reitittimet pakattiin säilytykseen tulevia vuosia varten.

## 6 Opinnäytetyön tulokset

Tässä osassa opinnäytetyötä esitellään opinnäytetyön tulokset ja miten hyvin ne saavutettiin. Lisäksi esitellään kehitysideat tuleville vuosille sekä opinnäytetyön tekijöiden omat mietteet opinnäytetyön onnistumisesta. Kehitysideoissa otettiin huomioon kuluvana vuotena ilmentyneet ongelman, joiden avulla pyrittiin viemään verkon kehitystä eteenpäin myös tulevia vuosia ajatellen. Omat mietteet kohdassa kerrotaan opinnäytetyön tekijöiden mietteet opinnäytetyöprojektista ja sen onnistumisesta.

### 6.1 Kehitysideat

Mielestämme nykyinen toteutus on varsin toimiva ja sitä on kohtuullisen helppo käyttää hyväksi vaikka tapahtuma-alueessa tapahtuisikin muutoksia. Lisäksi 4G modeemit voitaisiin hankkia kokonaan popmuusikoiden käyttöön, jolloin säästyttäisiin vuosittaiselta laitevuokraukselta. Artistien käyttöön olevien langattomien verkkoa voisi jatkossa tarkentaa tarkemmin esimerkiksi opinnäytetyön muodossa, jossa tutkittaisiin, kuinka artistikontteihin saataisiin vakaat langattomat yhteydet, sillä nykypäivänä myös artistien vaatimukset internet-yhteyksiin ovat kasvaneet todella paljon.

## 6.2 Omat mietteet

Opinnäytetyön suunnittelu, toteutus ja ylläpito onnistuivat hyvin meidän suunnittelun mukaisesti. Rakennusvaiheen aikana suunnitelmaan jouduttiin tekemään melko paljon muutoksia, joissa esimerkiksi anniskelupaikkojen sijaintia tuli muuttaa. Muutoksiin olimme kuitenkin varautuneet hyvin, sillä saimme muilta vastaavilta paljon ohjeistusta siitä, millaisiin muutoksiin tulisi varautua. Suunnitelmastamme tehokkaan apuvälineen teki se, että olimme laitteiden ja varusteiden puolesta varautuneet muutoksiin niin, ettei rakentamisvaiheessa tullut vaihetta, jossa töiden tekeminen olisi keskeytynyt. Verkon pystyttämisen jälkeen myös verkon ylläpitovaihe oli myös hyvin valmisteltu ja lähes kaikkiin eteen tulleisiin ongelmiin oli ratkaisu jo valmiiksi olemassa.

Mielestänne opinnäytetyöprojekti oli hyvin mieleinen ja se sisälsi todella monipuolisesti uutta opittavaa. Projektin monipuolisuudesta kertoo se että ensinnäkin toimimme tietotekniikan vastaavina, joka tarkoitti sitä että itse projektin onnistuminen oli täysin opinnäytetyön tekijöiden vastuulla. Opinnäytetyömme ei tietotekniseltä vaikeusasteeltaan ollut niin hankala kuin suunnitteluvaiheessa koimme, mutta tapahtuma-alueen laajuus ja laitteiden määrien puolesta opinnäytetyö olisi ollut liian suuri yhden henkilön tekemäksi. Opinnäytetyön prosessin tuloksena molemmat opinnäytetyön tekijät saivat myös hyviä kontakteja yritysmaailman, kuten aiemmin sanottu myös hyvin monet paikalliset yritykset ovat osana tapahtuman onnistumisessa.

Vastaavana toimintaamme sisältyy esimerkiksi vapaaehtoistyöntekijöiden hankkiminen, työvuorojen laatiminen sekä heidän ohjaaminen toteutuksen aikana. Lisäksi monipuolisen opinnäytetyöstämme teki sen, että vastasimme myös hyvin itsenäisesti verkon toiminnasta ja että verkko tulee olemaan valmis tapahtumaviikonloppuna. Tämän ohella meidän tuli myös itse opiskella verkkolaitteiden toiminta ja niiden toimintaan liittyvät kriteerit. Opinnäytetyöprojekti sisälsi paljon liikkuvia osia, joiden yhdenaikainen hallinta oli kokonaisuudessaan hyvinkin hankalaa ja antoi työelämää varten erittäin tärkeitä taitoja.

Toimimme vastaavien tehtävässä myös vuonna 2014, kun saimme mahdollisuuden toimia meillä tietohallinnon vastaavina. Kehitysehdotuksista esimerkiksi laitteita hankittiin pop-

muusikoille lisää. Kahden vuoden kokemuksen johdosta uskomme, että ymmärrys tapahtuman toiminnasta on kasvanut hyvin paljon ja todennäköisesti osallistumme tapahtuman verkon toteutukseen myös tulevina vuosina.

## **Lähteet**

Cisco Systems Inc. 16.10.2012. Internetworking Technology Handbook. [Viitattu 6.10.2013.]

[http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking\\_Technology\\_Handbook](http://docwiki.cisco.com/wiki/Internetworking_Technology_Handbook).

Hakala Mikko & Vainio Mika. 2005. Tietoverkon rakentaminen. [Viitattu 5.10.2013.]

Hewlett-Packard. 12.7.2013. Version 17. Quick Specifications [Viitattu 6.10.2013.]

<http://www8.hp.com/h20195/v2/GetDocument.aspx?docname=c04111724>.

Hewlett-Packard. 2005. HP ProCurve Wireless Access Point 420 Installation and Getting Started Guide. [Viitattu 6.10.2013.]

<ftp://ftp.hp.com/pub/networking/software/59906005-0605.pdf>

Digitoday.fi. 2012. Jaakko Kuivalainen Ei ihme, jos WLAN tökkii: Vapaa radiotaajuus 2,4GHz täynnä roinaa.. [Viitattu 5.10.2013.]

<http://www.digitoday.fi/tietoturva/2002/12/30/ei-ihme-jos-wlan-toumlkkii-vapaa-radio-taajuus-24-ghz-taumlynauml-roinaa/200212569/66>.

Joensuun Popmuusikot ry. 2011. Ilosaarirock -40 vuotta tarinoita. Joensuu. [Viitattu 3.10.2013.]

Sanastokeskus TSK ry. 2012. Laajakaistanasto. Helsinki. [Viitattu 12.10.2013.]

<http://www.tsk.fi/tiedostot/pdf/Laajakaistanasto.pdf>.

Wikipedia. 2013. Wikipedia Valokuitu. [Viitattu 6.10.2013.] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Valokuitu>.

Wikipedia. 2013. Wikipedia WiMax. [Viitattu 3.10.2013.] <http://fi.wikipedia.org/wiki/WiMAX>