

Opinnäytetyö (AMK)  
Elektroniikan koulutusohjelma  
Tietoliikennejärjestelmät  
2015

Tuomas Mäkipää

# CARLSON TVWS -KOGNITIIVI- RADIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA KÄYTTÖ TURUN TESTIVERKOSSA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan koulutusohjelma | Tietoliikennejärjestelmät

2015 | 45 sivua

Yliopettaja Reijo Ekman, Yliopettaja Juha Nikkanen

Tuomas Mäkipää

# CARLSON TVWS -KOGNITIIVIRADIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA KÄYTTÖ TURUN TESTIVERKOSSA

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kognitiiviradiojärjestelmän toimintaperiaatetta valkoisella TV-alueella. Kognitiivinen radiojärjestelmä on älykäs radioteknologia, joka osaa hyödyntää spektriin jääviä tyhjiä kohtia siten, ettei se aiheuta häiriötä muille radiotaajuuksien käyttäjille.

Tässä työssä keskityttiin yhdysvaltalaisen Carlsonin valmistamaan kognitiiviradiojärjestelmän laitteistoon, jonka Turun ammattikorkeakoulun radiolaboratorio oli hankkinut käyttöönsä. Samalla työssä perehdyttiin laitetestauksen käytäntöihin Turun ammattikorkeakoulun radiolaboratoriolle myönnetyssä testiverkossa.

Tämän työn tavoitteena oli luoda ohjekirja kognitiiviradiojärjestelmän käyttöönotosta Turun AMK:n radiolaboratorion käyttöön. Työn tavoite saavutettiin tutustumalla kognitiiviradion toimintaan, jonka jälkeen järjestelmän käyttöönotto käytiin vaihe vaiheelta läpi.

Tämä työ mahdollistaa kognitiiviradiojärjestelmän käyttöönoton laboratorio-olosuhteissa sekä järjestelmän toimivuuden tulkitsemisen.

ASIASANAT:

kognitiiviradio, radiotekniikka, valkoinen TV-alue, tietoliikenne

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Telecommunications Systems

2015 | 45 pages

Reijo Ekman, M.Sc.EE, Principal Lecturer, Juha Nikkanen Lic.Sc.(Tech), Principal Lecturer

Tuomas Mäkipää

# CARLSON TVWS COGNITIVE RADIO SYSTEM STRUCTURE AND USAGE IN TURKU TEST NETWORK

This Bachelor's thesis focuses on the cognitive radio system devices manufactured by Carlson Wireless Technologies. This thesis clarifies the principle of cognitive radio system in the TV band called TV White Space. In addition, this thesis explores radio license and TV White Space device testing in the Turku test network.

The goal of this thesis was to create instructions for Radio Laboratory of Turku University of Applied Sciences. The goal was achieved by familiarizing with the cognitive radio system at first and after which a guide offering step-by-step instructions for setting up the system were compiled.

The outcome of thesis work will enable the set-up of a cognitive radio system in laboratory conditions and an interpretation of its functionality.

## KEYWORDS:

Cognitive Radio, Radio Electronics, TV White Space, Telecommunications

# SISÄLTÖ

## LYHENTEET

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 JÄRJESTELMÄKUVAUS</b>	<b>2</b>
2.1 Kognitiivinen radiojärjestelmä	2
2.2 Kognitiiviradiojärjestelmän toimintaperiaate	4
<b>3 LAITTEISTO</b>	<b>6</b>
3.1 Tukiasema	7
3.2 Terminaali	8
3.3 Antennit	9
3.3.1 Ympärisäteilevä VHF/UHF-alueen antenni	10
3.3.2 Logaritmis-periodinen suunta-antenni	11
3.3.3 Sektoriantenni	12
3.4 PoE-injektori	13
3.5 PoE-tekniikka	14
<b>4 GEOLOKAATIOTIETOKANTA</b>	<b>16</b>
4.1 Ison-Britannian telehallintovirasto Ofcom	16
4.2 Yhdysvaltojen telehallintovirasto FCC	18
4.3 Fairspectrum Oy	21
<b>5 KÄYTTÖÖNOTTO</b>	<b>22</b>
5.1 Hallintakeskuksen käyttö ja signaalien tulkitseminen	22
5.2 Carlson TVWS -kognitiiviradiojärjestelmän testaus laboratoriotilassa	30
5.3 Kenttätestaus	35
<b>6 CR-TESTAUS TURUN TESTIVERKOSSA</b>	<b>37</b>
6.1 Kognitiiviradiolaitteiden standardit	37
6.2 Laitetestaus Turun testiverkossa	41
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>43</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>44</b>

## **LIITTEET**

- Liite 1. Carlson Wireless RuralConnect TV White Space Radio.
- Liite 2. Aerial D100-1000 Biconical Antenna Datasheet.
- Liite 3. Logaritmis-periodisen suunta-antennin datalehti.
- Liite 4. Sektoriantennin datalehti.
- Liite 5. PoE-HP-50i-injektorin datalehti.
- Liite 6. Fairspectrumin verkkohallintaliittymä.
- Liite 7. Turun testiverkon alue.

## LYHENTEET

ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratios, pääkanavan lähetystekon suhde viereisten kanavien häiriöihin
APPS	Application, sovellus
BTS	Base Transceiver Station, tukiasema
CPE	Customer Premises Equipment, päätelaite
ETSI	European Telecommunications Standards Institute, Eurooppalainen telealan standardijärjestö
FICORA	Finnish Communications Regulatory Authority, viestintävirasto
FCC	Federal Communications Commission, Yhdysvaltain telehallintovirasto
JRC	Joint Research Centre, Euroopan komission yhteinen tutkimuskeskus
Ofcom	The Office of Communications, Ison-Britannian telehallintovirasto
OMC	Operation and Management Center, hallintakeskus
PD	Powered Device, liitettävä laite
PMSE	Programme Making and Special Events, ohjelmien tekoon ja erikoistapahtumissa käytetyt sovellukset
PoE	Power over Ethernet, virransyöttötekniikka
PSD	Power Spectral Density, spektrin tehotiheys
PSE	Power Sourcing Equipment, virransyöttölaite

RSSI	Received Signal Strength Indicator, vastaanotettavan signaalin voimakkuusindikaattori
SNR	Signal to Noise Ratio, signaali-kohinasuhde
TDD	Time Division Duplex, signaalien aikajakotekniikka
TVWS	TV White Space, valkoinen TV-alue
WISE	White Space Test Environment for Broadcast Frequencies, spektrin käytön testiympäristö yleislähetystaajuuksille
WSD	White Space Device, valkoisen TV-alueen laite
WSDB	White Space Database, valkoisen TV-alueen tietokanta

# 1 JOHDANTO

Tänä päivänä tehokkaampien langattomien sovellusten tarve on yleistynyt. Tekniikan kehittyessä ovat laitteiden koot pienentyneet ja tiedonsiirtonopeudet kasvaneet. Samalla myös langattomien sovellusten käyttämät kaistanleveydet ovat kasvaneet. On ajautettu siihen pisteeseen, että vapaat radiotaajuudet ovat loppumassa, koska taajuuksien käyttö on säädelty erittäin tarkasti. On kuitenkin huomattu, että säädellyt taajuudet ovat usein vajaakäytössä ja hyödyntämätön alue näkyy spektrillä valkoisena alueena (White Space). Kognitiivinen radio on älykäs radioteknologia, joka osaa hyödyntää näitä spektrin tyhjiä kohtia siten, ettei se aiheuta häiriöitä muille radiotaajuuksien käyttäjille. [1]

Suomessa analogisten TV-lähetysten loputtua on taajuusalueella 470–790 MHz paljon vapaana olevia kanavia. Tätä aluetta kutsutaan valkoiseksi TV-alueeksi (TV White Space). Valkoisen TV-alueen primäärikäyttäjät ovat maanpäällinen TV-jakelu ja lisenssinvaraiset PMSE-sovellukset (Programme Making and Special Events). [2] PMSE-sovelluksia ovat mm. radiomikrofonit, audiolinkit ja videokamerat, joita käytetään ohjelmien teossa, teattereissa, konserteissa ja urheilutapahtumissa. Lisenssivapaat kognitiiviradiolaitteet ovat spektrin sekundäärikäyttäjiiä, joiden tärkeimpänä tehtävänä on olla häiritsemättä primäärikäyttäjiiä. Laitteille on määritetty tarkat spesifikaatiot, jotta laitteet eivät aiheuttaisi häiriöitä. [3]

Tämä opinnäytetyö on tehty Turun ammattikorkeakoulun radiolaboratoriolle, jossa kognitiivista radiojärjestelmää on testattu jo useamman vuoden. Vuonna 2013 Janne Isosaaren opinnäytetyössä tutkittiin kognitiiviradiota ja sen toimintaa valkoisella TV-alueella [2]. Juuso Nenosen opinnäytetyössä vuonna 2014 mitattiin kognitiiviradiojärjestelmän laitteiston tuottamia häiriöitä TV:n UHF-alueella [4]. Molemmissa töissä käytettiin Carlsonin TVWS-kognitiiviradiojärjestelmän laitteistoa, johon tässä työssä perehdytään tarkemmin. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä käyttöopas Carlsonin TVWS-kognitiiviradiojärjestelmän laitteistosta ja sen käyttöönotosta. Työssä selvitetään kognitiiviradion toimintaa ja käydään läpi kognitiiviradiojärjestelmän käyttöönottoa Carlsonin laitteistolla.

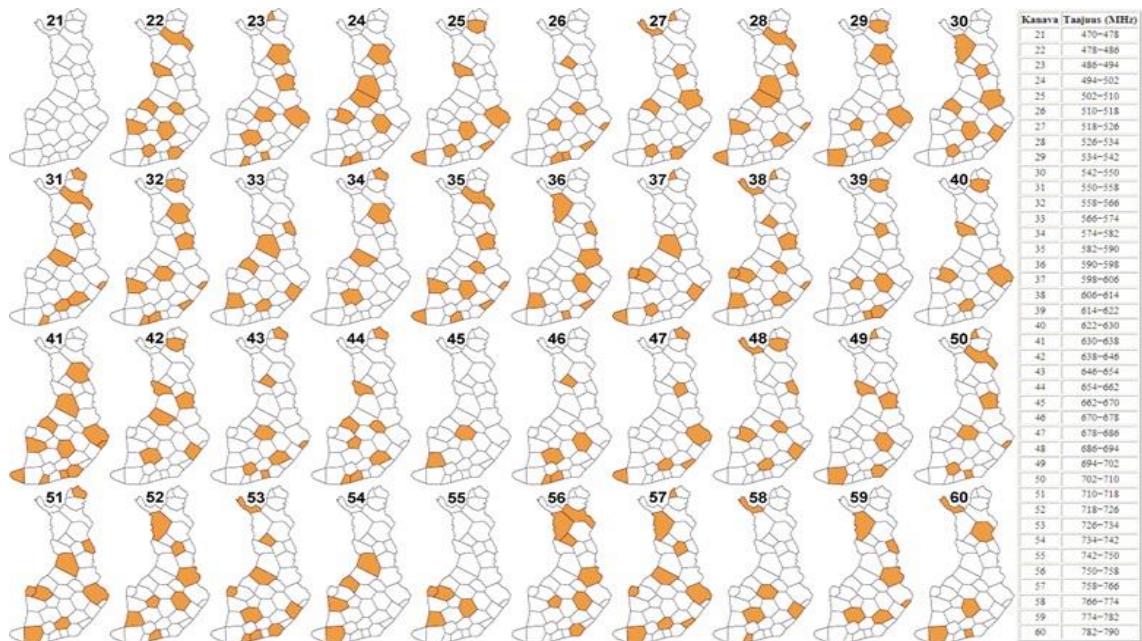


## 2 JÄRJESTELMÄKUVAUS

### 2.1 Kognitiivinen radiojärjestelmä

Kognitiivinen radiojärjestelmä on radiojärjestelmä, joka kerää tietoa muista toimijoista radiokaistalla ja osaa hyödyntää kerättyä tietoa säätelämällä toimintaparametreja dynaamisesti [5]. Järjestelmän pitää olla myös oppiva ja toimintakykyinen ristiin eri järjestelmien kanssa. Tiedonkeruu voidaan toteuttaa laitteen havainnoinnilla, yleisellä majakkasignaalilla tai geolokaatitietokannalla. Kognitiiviradiojärjestelmää ohjaavaksi on valikoitunut paikkatietoon perustuva tietokanta Internetin välityksellä. Kansallisen valvontaviranomaisen hyväksymä tietokanta toimittaa laitteelle sallitut toimintaparametrit ja vastaanottaa laite- ja käyttöparametrit. [2] Tietokannan avulla kognitiivinen radiojärjestelmä osaa hyödyntää spektrin valkoista TV-aluetta häiritsemättä muuta langatonta liikennettä.

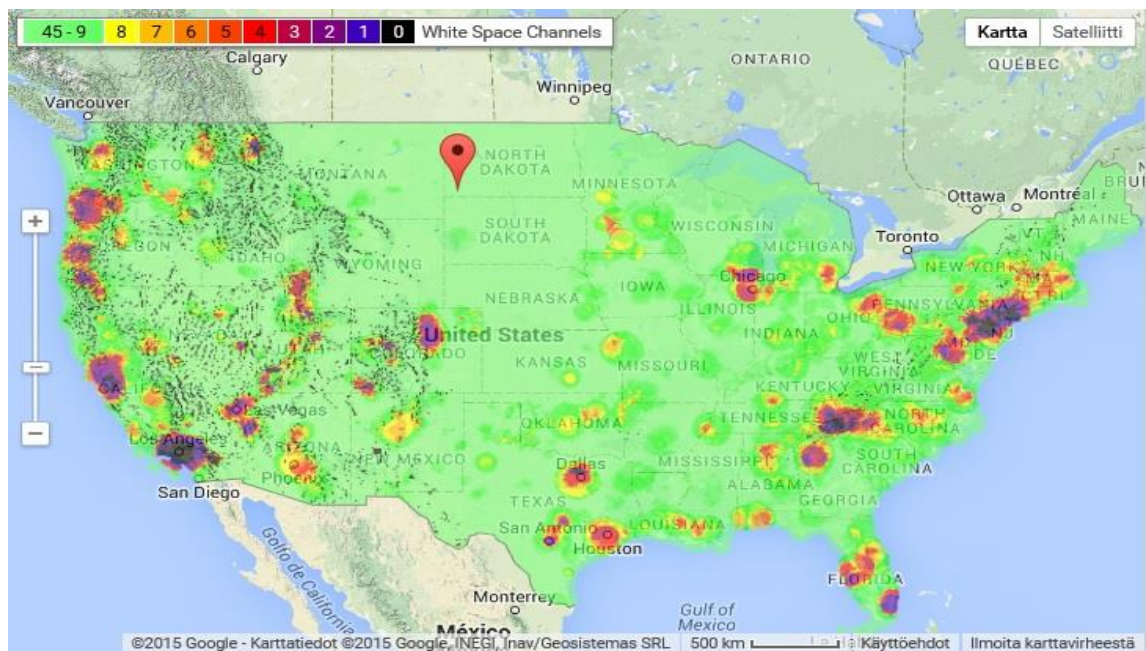
Viestintävirasto Ficoran esittämä kuva käytetyistä kanavista Suomessa paikkakunnittain ilmaisee, että taajuualueella 470–790 MHz on paljon ajallisesti ja paikallisesti valkoista TV-aluetta (Kuva 1).



Kuva 1. Taajuualueella 470–790 MHz toimivat kanavat paikkakunnittain [6].

Euroopassa ei valkoisten TV-alueiden laitteita ole vielä kaupallistettu. Ison-Britannian valvova viranomaisena Ofcom arvioi, että kaupalliset sovellukset tulevat käyttöön Isossa-Britanniassa vuoden 2015 loppuun mennessä. [7]

Vuonna 2011 FCC (Federal Communications Commission) salli TVWS-laitteiden lisenssivapaan käytön Yhdysvalloissa. Siellä on myös FCC:n hyväksymiä laitteita ja tietokannan tarjoajia. [8] Kuvassa 2 näkyy Yhdysvaltojen vapaiden kanavien määrä paikkakunnittain. FCC:n hyväksymiä laitteiden valmistajia on tällä hetkellä 7, joista yksi on testikäytössä. Tällä hetkellä rekisteröityjä käytössä olevia laitteita on yli 500. [9]



Kuva 2. Vapaiden kanavien määrä kiinteille kognitiiviradiolaitteille Yhdysvalloissa [9].

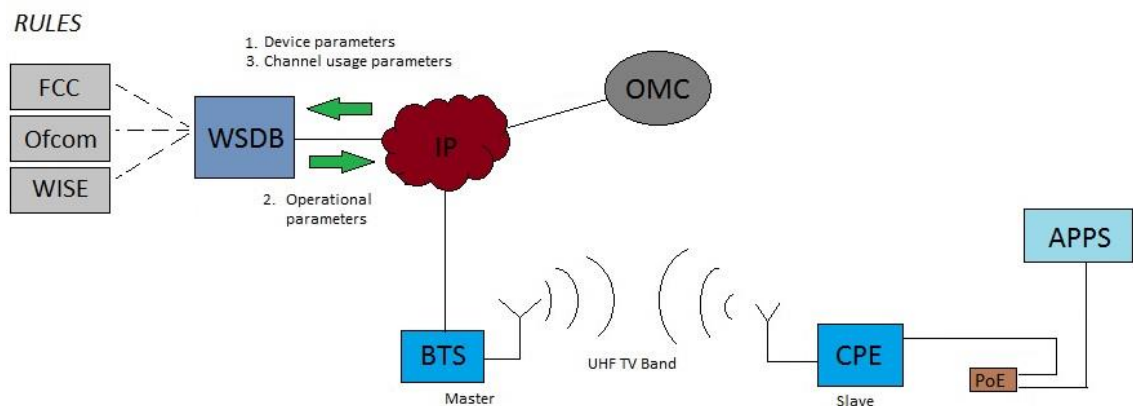
Valkoista TV-aluetta hyödyntävän kognitiiviradiojärjestelmän avulla on mahdollista siirtää dataa, ääntä tai videota langattomasti paikkoihin, minne se ei muilla langattomilla tiedonsiirtomenetelmillä ole mahdollista [2]. TVWS-kognitiiviradiojärjestelmän käyttökohteita voivat olla esim. Super-Wifi, haja-asutusalueen laajakaistajakelu tai videovalvonta [10].

Nykyinen WLAN-verkko toimii 2,4 GHz:n taajuudella, mikä rajoittaa langattoman verkon nopeutta ja kantavuutta. Super-Wifi toimii UHF-alueella, jonka ansiosta

kantavuus voisi olla jopa 10 km halkaisijaltaan. Haja-asutusalueille olisi mahdollista luoda laajakaistayhteys kognitiiviradiojärjestelmän pitkän kantavuuden ansiosta (10 km). Suuremman aallonpituuden ansiosta radioaalto pystyy läpäisemään paremmin esteitä ja vaikeita maastoja. Kognitiiviradiojärjestelmän käyttäjinä voisivat olla yritykset, viranomaiset tai yksityishenkilöt. [10]

## 2.2 Kognitiiviradiojärjestelmän toimintaperiaate

Kognitiiviradiojärjestelmä on tukiaseman (Base Transceiver Station) ja terminaalin (Customer Premises Equipment) ympärille kytketty järjestelmä. Järjestelmää kutsutaan kognitiiviverkoksi. Kuvassa 3 on havainnollistettu TVWS-kognitiiviradiojärjestelmän lohkokaavio.



Kuva 3. Kognitiiviradiojärjestelmän lohkokaavio.

Tukiaseman päähän kytketään yleensä ympärisäteilevä antenni tai hyvää vahvistusta omaava antenni. Tukiaseman pitää olla yhteydessä geolokaatitietokantaan, josta järjestelmä saa sallitut lähetysparametrit. Tästä syystä tukiasemia kutsutaan isänniksi. Terminaalit ovat asiakaspäätelaitteita. Terminaaleja ei asenneta vain yhteen tiettyyn paikkaan, vaan terminaalien lähetyspaikat voivat olla muuttuvia. Terminaaleja kutsutaan orjiksi, koska ne eivät itse ole yhteydessä tietokantaan.

taan, vaan ne saavat sallitut lähetystehot tukiaseman kautta [3]. Terminaalin päähän kytketään antenni sekä jokin haluttu sovellus, esim. videovalvontakamera PoE-virransyöttötekniikan avulla.

Tukiasemaa hallitaan hallintakeskuksesta (Operation and Management Center). Hallintakeskuksessa pystytään seuraamaan ja kontrolloimaan laitteiden toimintaa. Hallintakeskuksen avulla pystytään asettamaan halutut käyttöparametrit sekä valitsemaan alueellinen tietokanta.

Ennen lähettämistä täytyy järjestelmän olla yhteydessä geolokaatitietokantaan. Geolokaatitietokannan tarkoituksena on ohjata ja hallita TVWS-laitteita siten, etteivät ne häiritse valkoisen TV-alueen primäärikäyttäjiä. Järjestelmä ilmoittaa tietokantaan laiteparametrinsa, jonka jälkeen se saa tietokannalta operaatioparametrit. Saatuaan sallitut parametrit, joilla lähettää, järjestelmä ilmoittaa tietokantaan käyttöparametrinsa. [3] Sallitut lähetystehot riippuvat siitä, minkä maan tai telehallintoviraston sääntöjä noudatetaan.

Järjestelmä voi alkaa lähettämään, kun tietokannalta on saatu lupa siihen. Lähetys tapahtuu valkoisen TV-alueen (470–790 MHz) sillä kanavalla, jossa ei ole muuta liikennettä. Järjestelmän pitää olla koko ajan yhteydessä tietokantaan.

### 3 LAITTEISTO

Tässä työssä keskitytään Carlson Wireless RuralConnect TVWS -kognitiiviradiojärjestelmän laitteisiin. Carlsonin kognitiiviradiojärjestelmän laitteistoon sisältyy tukiasema, terminaali, antennit sekä muita tarvikkeita. Carlsonin laitteet täyttävät Yhdysvaltain telehallintoviraston FCC:n standardivaatimukset. Laitteet täyttävät myös Eurooppalaisen telealan standardijärjestön ETSI (European Telecommunications Standards Institute) järjestelmävaatimukset. Laitteiston datalehti on esitetty liitteessä 1.

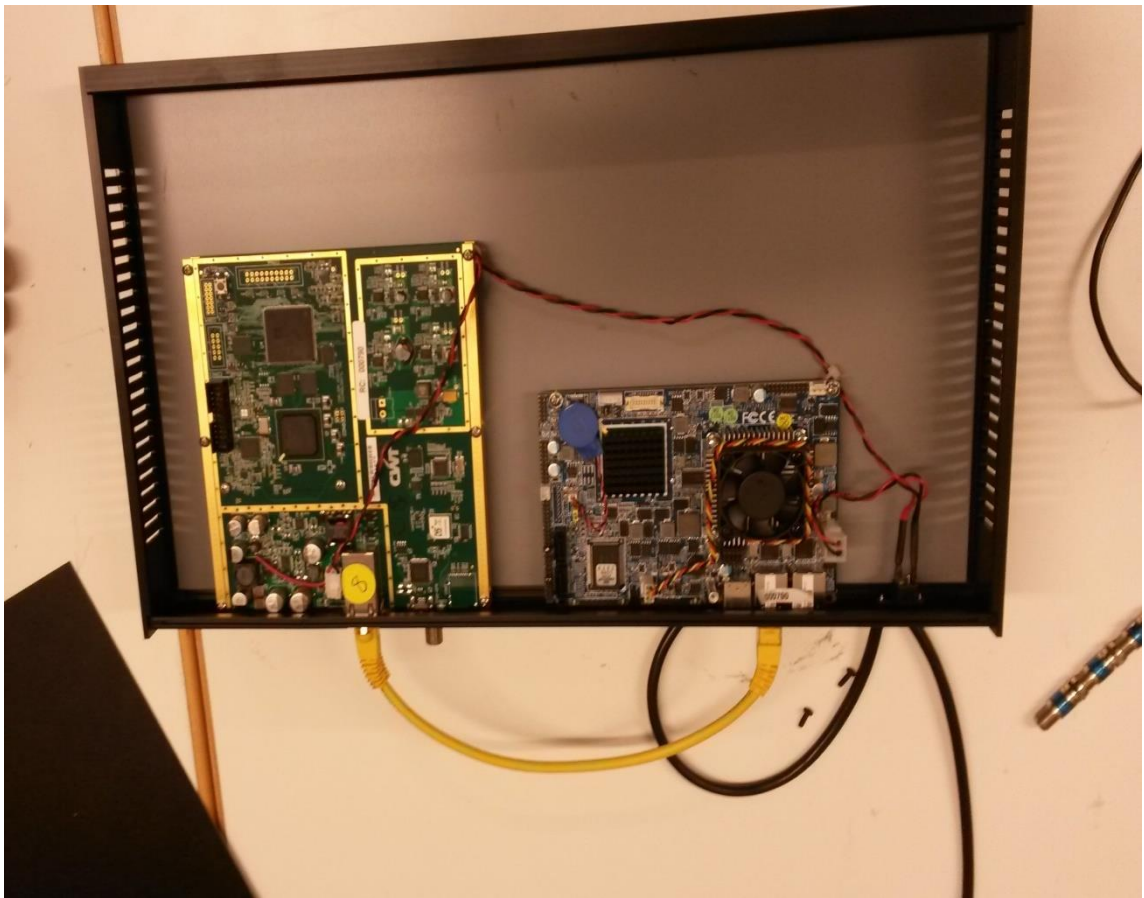
Laitteiden käyttämä taajuusalue on 470–698 MHz (US) tai 470–790 MHz (ETSI). Kanavavaihtoehtoina on joko 6 MHz tai 8 MHz. Aikaisemmissa mittauksissa on tosin todettu, että terminaalien lähetysteho pienenee voimakkaasti yli 700 MHz:n taajuuksilla. Tämä johtuu siitä, että kyseiset terminaalit tukevat ainoastaan Yhdysvaltojen maanpäällisten TV-lähetysten taajuusaluetta. [2] Laitteet käyttävät aikajakoista signaalia (TDD, Time Division Duplex). Aikajakoisessa signaalissa jokaisella laitteella on oma vuoro lähettää ja vastaanottaa signaalia käyttäen samaa taajuutta.

Carlson Wirelessin datalehdessä langattoman yhteyden tiedonsiirron kapasiteeksi on ilmoitettu 20 Mbit/s. Aikaisemmissa mittauksissa maksimi tiedonsiirron nopeudeksi on tosin mitattu vain 10–12 Mbit/s [2]. Siirtonopeus voidaan asettaa vakioksi tai adaptiiviseksi. Modulaatiomenetelmäksi voidaan valita 16QAM, QPSK tai BPSK. Virheenkorjausmenetelminä on valittavana  $1/2$ - tai  $3/4$ -konvoluutiokoodaus. Koodauksen voi myös halutessaan jättää pois. Päästä-päähän -latenssin ilmoitetaan olevan 100–120 ms.

Järjestelmän herkkyuden ilmoitetaan olevan  $-93$  dBm QPSK  $1/2$ :lla,  $-86$  dBm 16QAM  $1/2$ :lla ja  $-80$  dBm 16QAM:lla. Sisään tulevan signaalin maksimivoimakkuus on puolestaan  $-16$  dBm täydellä lineaarisuudella.

### 3.1 Tukiasema

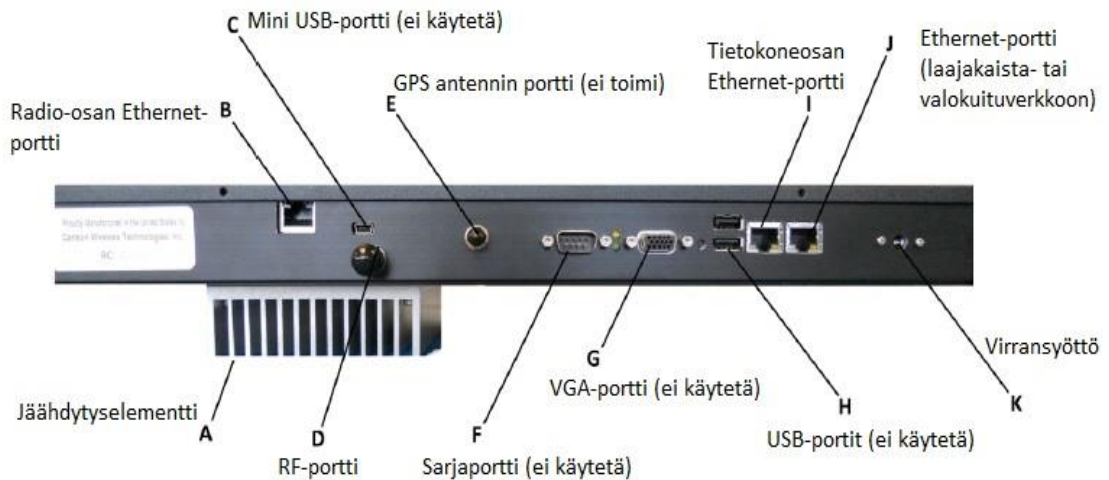
Tukiaseman avulla kognitiiviradio saadaan kytkettyä Internetiin. Tukiasema on yhteydessä geolokaatitietokantaan ja ohjaa siten verkon terminaaleja. Tukiasema saa tietokannasta lähetysparametrit, joiden perusteella se pystyy ohjaamaan kognitiiviverkkoa. Tukiasema on kahdesta osasta koottu lähetinvastaanotin, joka on sijoitettu 19”-n kotelon sisään (Kuva 4). [4]



Kuva 4. Tukiasema ilman kantta, radio-osa on vasemmalla ja tietokoneosa oikealla.

Tukiasema koostuu tietokone- ja radio-osasta, jotka on yhdistetty keskenään lyhyellä Ethernet-kaapelilla. Tukiasema on tarkoitettu sisäkäyttöön. Valmistaja ilmoittaa laitteen lähetystehoksi +26 dBm yhden desibelin vaihtelulla. Tukiaseman sähkönkulutuksen ilmoitetaan olevan lähetystilassa 30 W, vastaanottotilassa

15 W ja valmiustilassa 13 W. Kuvassa 5 on esitetty tukiaseman takapaneeli ja sinne tulevat liitännät.



Kuva 5. Tukiaseman takapaneeli [11].

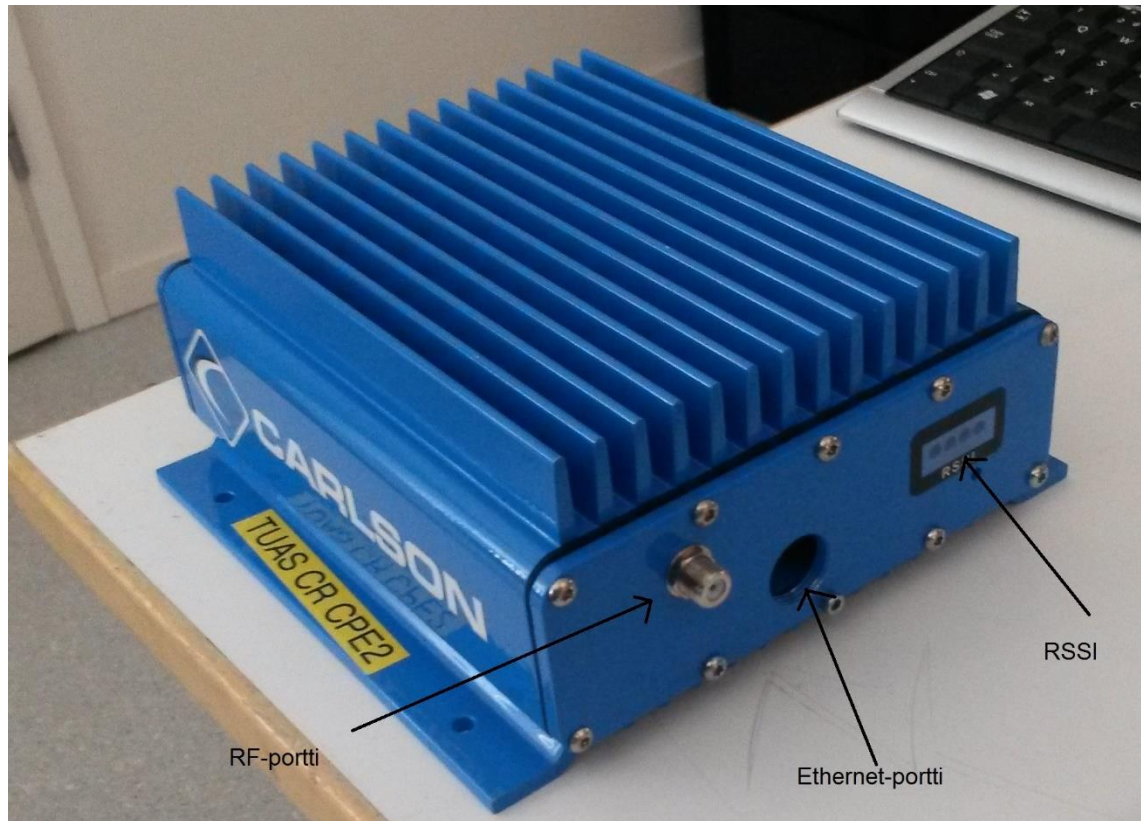
Radiosignaalin porttina on naaraspuolinen F-liitin, jonka impedanssi on  $75 \Omega$ . Virransyöttö tapahtuu 24 VDC adapterilla.

### 3.2 Terminaali

Terminaalit ovat päätelaitteita, jotka asennetaan asiakkaan tiloihin. Terminaali voi toimia sekä lähettimenä että vastaanottimena. Terminaalien avulla rakennetaan kognitiiviverkko tukiaseman ympärille. Terminaali on suunniteltu ulkokäyttöön. [12] Sen voi kiinnittää mastoon tai seinään. Terminaalin operointilämpötila on  $-30^{\circ} \dots +55^{\circ} \text{C}$ , ja se kestää kosteutta jopa 95 %:iin asti.

Valmistaja ilmoittaa RF-lähetystehoksi +25 dBm yhden desibelin vaihtelulla. Terminaalin sähkönkulutuksen ilmoitetaan olevan lähetystilassa 24 W, vastaanotto-tilassa 10 W ja valmiustilassa 8 W.

Radiosignaalin porttina on naaraspuolinen F-liitin, jonka impedanssi on  $75 \Omega$ . Virransyöttö tapahtuu PoE-tekniikalla, jossa samalla Ethernet-kaapelilla syötetään virtaa sekä siirretään dataa. Verkko-kaapeli kytketään kuvassa 6 näkyvään Ethernet-porttiin.



Kuva 6. Terminaali.

Terminaalin etupaneeliin on asennettu neljällä ledillä toteutettu indikaattori (Received Signal Strength Indicator, RSSI), jonka avulla pystytään arvioimaan vastaanotettavan signaalin voimakkuus. Mitä enemmän ledejä palaa, sen parempi on signaalin voimakkuus. Signaalin voimakkuus on voimakkaimmillaan kaikkien ledien palaessa. Ledien vilkkuessa signaalin voimakkuutta voidaan parantaa kohdistamalla terminaalin antennia tukiaseman antennia kohti.

### 3.3 Antennit

Carlsonin kognitiiviradiojärjestelmään on valittavana useita heidän valmistamiin antennityyppejä käyttötarkoituksesta riippuen käytettäväksi laitteiden kanssa. Tässä työssä tarkastellaan Carlsonin logaritmis-periodista suunta-antennia sekä sektoriantennia. ICT-talon katolla on Aerialin D100-D1000 antenni.



### 3.3.1 Ympärisäteilevä VHF/UHF-alueen antenni

Aerial D100-1000 Biconical Antenna on ympärisäteilevä VHF/UHF-alueen antenni. Antenni on kiinnitetty ICT-talon katolle noin 35 m:n korkeudelle merenpinnasta (Kuva 7). Antennia voi käyttää sekä lähettämiseen että vastaanottamiseen.



Kuva 7. Aerial D100-1000 on kuvassa alempana.

Antenni painaa 17 kg. Antennin tuulipinta-ala on  $0,45 \text{ m}^2$ , ja sen luvataan toimivan  $40 \text{ m/s}$ :n tuulessakin. Antennin materiaaleina on käytetty alumiinia, lasikuitua, lasilla vahvistettua polyeteeniä sekä kuumagalvanoitua terästä. [13]

Antennin ominaisuudet ovat seuraavat:

- taajuusalue:  $100\text{--}1\ 000 \text{ MHz}$
- vahvistus:  $2 \text{ dBi}$
- polarisaatio: vertikaali
- horisontaalinen keilan leveys:  $70^\circ$
- seisovan aallon suhde, maksimi:  $2,0:1$
- suurin jatkuva teho:  $500 \text{ W}$
- liitäntä: 7/16-naarasadapteri
- impedanssi:  $50 \ \Omega$ . [13]

Ympärisäteilevän antennin tarkemmat ominaisuudet on esitetty liitteessä 2.

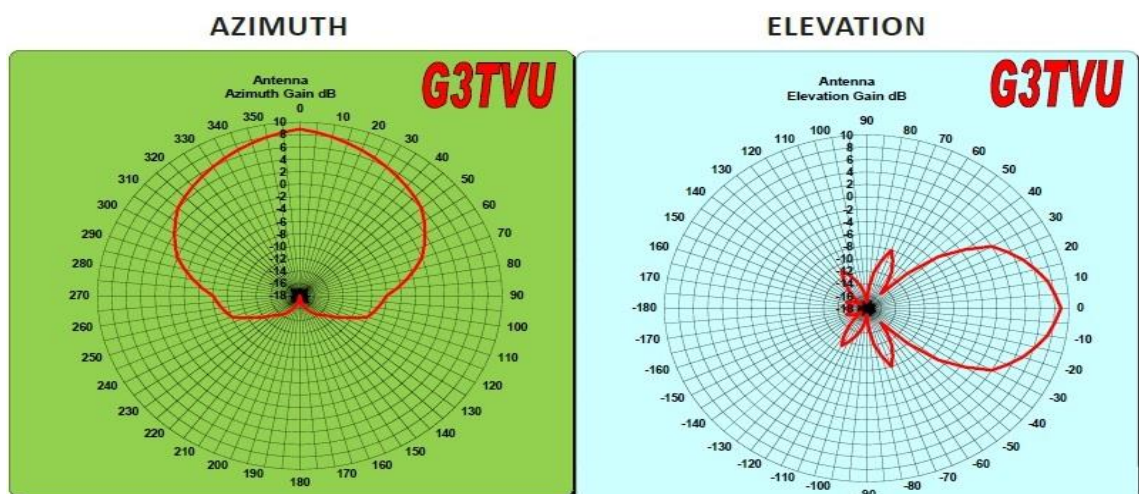
### 3.3.2 Logaritmis-periodinen suunta-antenni

Carlsonin valmistama logaritmis-periodinen suunta-antenni on kokonsa vuoksi sopiva terminaalin päähän (Kuva 8).



Kuva 8. Logaritmis-periodinen suunta-antenni yhdistettynä terminaaliin.

Valmistaja kertoo antennin tuottavan tasaisen vasteen koko taajuusalueelle. Antennin luvataan toimivan 55 m/s:n tuulessakin. [14] Kuvassa 9 on esitetty antennin suuntakuviot.



Kuva 9. Logaritmis-periodisen suunta-antennin vertikaalinen ja horisontaalinen suuntakuviot [14].

Logaritmis-periodisen suunta-antennin ominaisuudet ovat seuraavat:

- taajuusalue: 470–786 MHz
- vahvistus: 9 dBi
- aktiivielementtejä: 10 kpl
- polarisaatio: lineaarinen: vertikaali tai horisontaali
- pystypolarisaatioissa: vertikaalinen keilan leveys: 30°, horisontaalinen keilan leveys: 35°
- seisovan aallon suhde, maksimi: 1,5:1
- etu-takasuhde: 20 dB
- liitäntä: F-liitin
- impedanssi: 75 Ω
- tehonkesto: 20 W. [14]

Liitteessä 3 on esitetty antennin tarkemmat ominaisuudet.

### 3.3.3 Sektoriantenni

Toisena vaihtoehtona tukiaseman päähän Carlson ehdottaa sektoriantennia (Kuva 10). Antenni on leveäkeilainen ja omaa hyvän antennivahvistuksen. Hyvän etu-takasuhteen ansiosta se pystyy suodattamaan takaapäin tulevat signaalit. Antenni on valmistettu alumiinista ja ruostumattomasta teräksestä. Antennin ope-  
rintilämpötila on  $-60^{\circ}\dots+75^{\circ}\text{C}$ . Antennin luvataan toimivan moitteettomasti siis myös epäsuotuisissakin olosuhteissa. Antenni on myös helppokäyttöinen. Antenni painaa 7 kg. [15]



Kuva 10. Sektoriantenni [15].

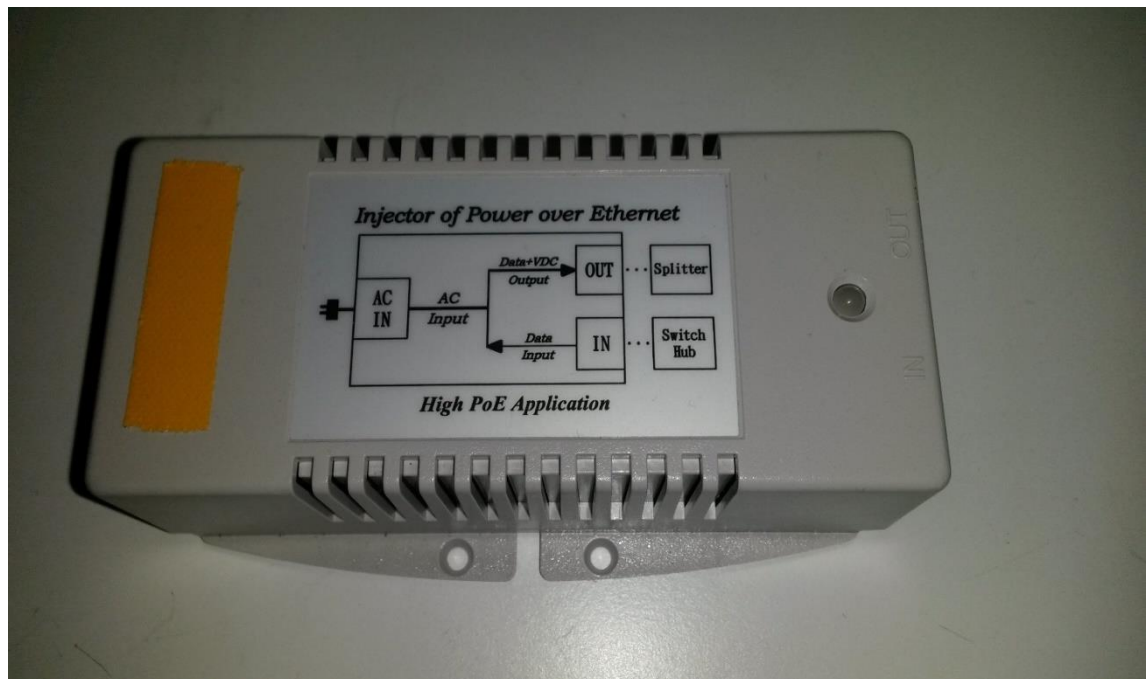
Sektoriantennin ominaisuudet ovat seuraavat:

- taajuusalue: 470–786 MHz
- vahvistus: keskimäärin 9 dBi yli 90° kulmassa
- aktiivielementtejä: 15 kpl
- polarisaatio: lineaarinen: horisontaali tai vertikaali
- horisontaalinen keilan leveys: 90°
- vertikaalinen keilan leveys: 30°
- seisovan aallon suhde, maksimi: 1:1,5
- etu-takasuhde: vähintään 25 dB
- liitäntä: F-uros adapterijohdolla
- impedanssi: 75 Ω. [15]

Liitteessä 4 on esitetty sektoriantennin tarkemmat ominaisuudet.

### 3.4 PoE-injektori

Virransyöttö terminaaliin tapahtuu PoE-injektorilla, jossa on käytetty PoE-tekniikkaa. Kuvasta 11 selviää injektorin toimintaperiaate. Tässä työssä käytämme POE-HP-50i-injektoria. Datatuloon ja -lähtöön kytketään verkkokaapelit. Virransyöttö injektoriin tapahtuu AC-jännitteellä.



Kuva 11. PoE-HP-50i-injektori.

PoE-HP-50i-injektorin ominaisuudet ovat seuraavat:

- maksimilähtöteho: 50 W
- syöttöjännite: 90–264 VAC @ 47–63 Hz
- tulovirta täydellä kuormalla: 0,6 A @ 120 VAC, 0,35 A @ 230 VAC
- tehokkuus: vähintään 80 %
- lähtöjännite: 50 VDC @ 1 A
- minimikuorma: 0,1 A
- lähtöjännitteen aaltoilu: 1 % Max
- linjaregulaatio: 1 %
- kuormaregulaatio: 2 %
- toimintalämpötila: –15°...+60 °C
- standardi: IEEE 802.3af, PoE Standard Mode B. [16]

Liitteessä 5 on esitetty PoE-HP-50i-injektorin datalehti.

### 3.5 PoE-tekniikka

Power over Ethernet (PoE) -tekniikassa syötetään käyttöjännite haluttuun laitteeseen verkkokaapelin avulla. Virransyöttöön tarvitaan PoE-kytkin tai -injektori. [17] Virransyöttö on mahdollista toteuttaa kahdella eri standarditavalla (Taulukko 1).

Taulukko 1. PoE-tekniikan standardierot [18].

Property	802.3af (802.3at Type 1)	802.3at Type 2 (PoE+)
Power available at PD	12.95 W	25.50 W
Maximum power delivered by PSE (Power Sourcing Equipment)	15.40 W	34.20 W
Voltage range (at PSE)	44.0–57.0 V	50.0–57.0 V
Voltage range (at PD)	37.0–57.0 V	42.5–57.0 V
Maximum current	350 mA	600 mA
Maximum cable resistance (100M cable)	20 $\Omega$ (Category 3) or lower	12.5 $\Omega$ (Category 5) or lower
Supported cabling	Category 3 and Category 5 or higher	Category 5 or higher
Supported modes	Mode A (endspan), Mode B (midspan)	Mode A, Mode B

Ensimmäisessä virta syötetään 10/100 Mbit/s:n siirtoluokissa käyttämättömien pariin kautta [18]. Parikaapelin pinneissä 4/5 on +Vdc ja 7/8-pinneissä –Vdc [16]. Tämä luokka on nimeltään PoE, ja se on standardisoitu IEEE 802.3af -standardilla. Toista luokkaa kutsutaan PoE+:ksi. Se toimii suuremmissa luokissa (yli 1 Gbit/s:n siirtonopeus), joissa ei ole käyttämättömiä pareja, vaan virta kuljetetaan datan seassa. Standardissa IEEE 802.3at on määritelty, että sen pitää pysyä toimimaan myös ensimmäisessä luokassa. [19]

Carlsonin radiojärjestelmään yhdistettäviä PoE-tekniikkaa käyttäviä muita sovelluksia voivat olla esimerkiksi valvontakamerat, VoIP ja erilaiset langattomat sovellukset (WiFi, Bluetooth) [17].

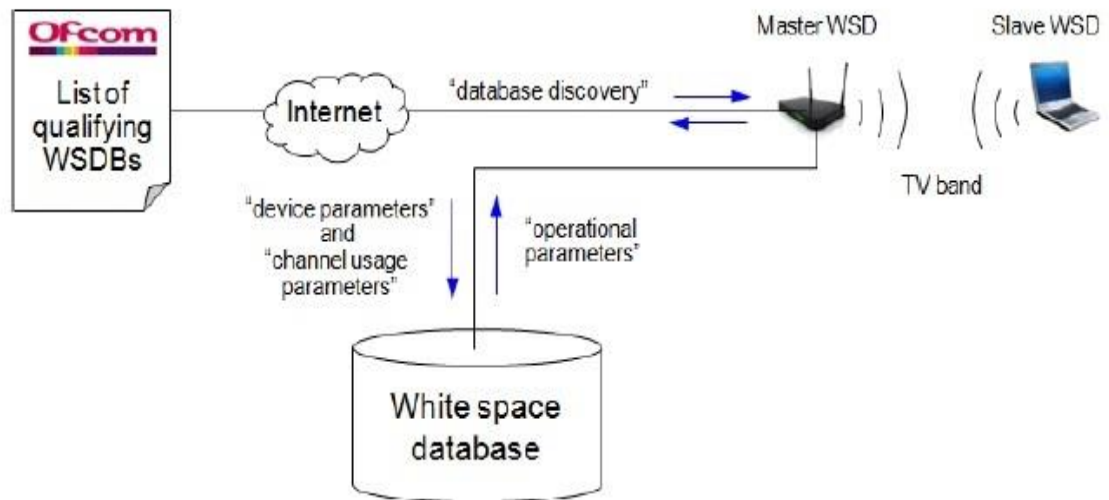
## 4 GEOLOKAATIOTIETOKANTA

Geolokaatio tarkoittaa paikkatietoa. Geolokaatitietokanta perustuu paikkatietoihin, joiden perusteella kyseisen paikan spektrinjakamista hallitaan. Tarkoituksena on ohjata TVWS-laitteiden taajuuksia ja lähetystehoja siten, että laitteet eivät häiritse muuta langatonta tietoliikennettä, joka on samalla taajuusalueella. Tällaisia ovat esimerkiksi TV-lähetykset tai PMSE-sovellukset. [2] Geolokaatitietokantaa ylläpitää jokin yritys, joka on saanut siihen oikeudet valvovalta viranomaiselta. Geolokaatitietokanta sijaitsee Internetissä, johon vähintään tukiaseman pitää olla yhteyksissä.

Geolokaatitietokannan ja TVWS-laitteen kommunikointi keskenään voidaan rajata kolmeen pääkohtaan: laiteparametrit, operaatioparametrit ja käyttöparametrit. Laiteparametreissa laite ilmoittaa tietokantaan laitteensa tarkat koordinaatiensa, emissioluokkansa, laiteluokkansa, laitteen sarjatunnuksensa ja mahdollisia muita tietoja, kuten esimerkiksi antennikorkeutensa. Operaatioparametreissa tietokanta ilmoittaa laitteelle tiedon vapaista kanavista ja maksimilähetystehon, joita se voi käyttää siinä paikassa häiritsemättä primäärikäyttäjiä. Kanavan käyttöparametreissa laite ilmoittaa tietokantaan tiedot valitusta kanavasta ja lähetettävästä tehosta (Kuva 12). [3]

### 4.1 Ison-Britannian telehallintovirasto Ofcom

Isossa-Britanniassa kentänvoimakkuuksien laskennasta vastaa Ofcom. Ofcom ei itse vastaa tietokannan ylläpitämisestä, vaan se toimittaa parametrit eteenpäin tietokannoille. Ofcom ylläpitää listaa hyväksytyistä tietokannoista. Kognitiiviradiojärjestelmä valitsee tietokannan, jonka se käy hyväksyttämässä Ofcomilla (Kuva 12). [3]



Kuva 12. Geolokaatitietokannan toimintaperiaate [3].

Kuvassa 12 tukiasema kommunikoi suoraan tietokannan kanssa, jonka takia sitä kutsutaan isännäksi. Terminaalia kutsutaan orjaksi, koska se ei ole itse yhteydessä tietokantaan, vaan se saa tiedot tukiasemalta. [3]

Ofcomilla on tarkkaan määritelty se, mitä TVWS-laitteiden pitää ilmoittaa geolokaatitietokantaan. TVWS-laitteiden pitää ilmoittaa tietokantaan horisontaaliset paikkatiedot, laite- ja emissioluokkansa sekä käytettävien antennien vahvistukset. Vertikaaliset paikkatiedot ovat valinnaisia, mutta joissain tapauksissa niistä voi olla hyötyä. Laiteluokkia on kaksi: pysyvästi kiinnitetty antenni liikkumattomassa alustassa tai tilapäisesti kiinnitetty antenni liikkuvassa alustassa. Pysyvästi kiinnitettyssä antenni on yleensä sijoitettu korkealle, jolloin antennilla on suurempi riski häiritä muita lähetyksiä. Tilapäisesti kiinnitetty antenni voi olla mobiililaitte joko sisällä tai ulkona. Emissioluokkia on 5, ja luokka kertoo pääkanavan lähetystehon suhteesta viereisten kanavien häiriötehoihin. Valmistajan tehtävä on testata laitteensa spektrivuoto. Emissioluokat ovat ETSIn määrittelemiä standardeja. [3] ETSIn määrittelemät standardit käydään läpi luvussa 6 tarkemmin.

TVWS-laitteen pitää keskeyttää heti lähettäminen, jos se ei saa yhteyttä tietokantaan tai jos se ei pysty lähettämään paikkatietojaan. Laitteiden pitää keskeyttää



lähettäminen myös, jos laite poistuu sallitulta lähettämisalueelta. Laitteille on määritelty maksimissaan 50 m:n liikkumisvara. [3]

Isossa-Britanniassa TV-alueen PMSE-käyttäjät ovat lisenssinvaraisia [3]. Tämä helpottaa taajuusalueen jakamista, kun tiedetään millä kanavalla eri käyttäjät ovat.

#### 4.2 Yhdysvaltojen telehallintovirasto FCC

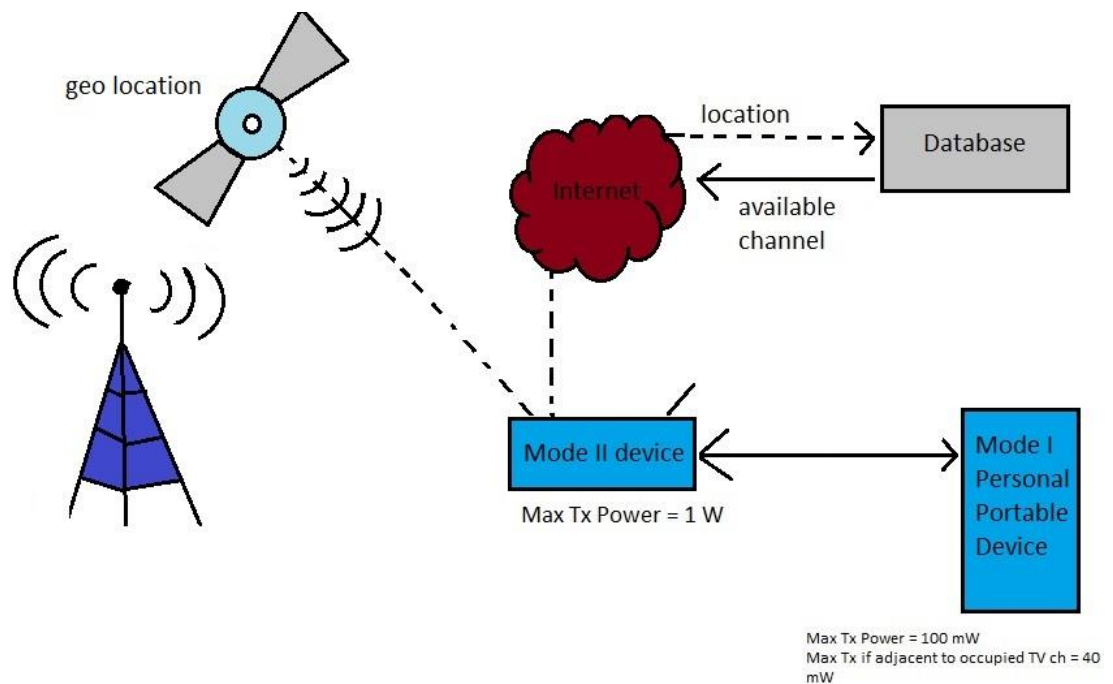
FCC on määritellyt säännöt ja standardit tietokannoille Yhdysvalloissa. FCC:llä on eri säännöt kuin Ofcomilla Isossa-Britanniassa. FCC:n hyväksymät geolokaatio-tietokannat noudattavat FCC:n sääntöjä, joiden perusteella tietokanta antaa vapaat kanavat TVWS-laitteille siten, etteivät ne aiheuta häiriöitä taajuusalueen primäärikäyttäjille. Yhdysvalloissa taajuusalueen primäärikäyttäjät ovat maanpäälliset TV-lähetykset, matalatehoiset lisäpalvelut (mm. langattomat mikrofonit), yksityiset mobiilipalvelut, PMSE-sovellukset, kaupalliset mobiilipalvelut sekä meriradiolähetykset. [20]

Vastaanottoantennin korkeudella on vaikutusta maanpäällisten TV-lähetyksien häiritsemiseen. Maanpäällisen TV-kanavan lähetyksen lähettyvillä FCC on määritellyt tarkat maksimilähetyksethot kognitiivilaitteiden eri antennikorkeuksille. Tietokannan tehtävänä on laskea maksimilähetyksethot eri kanavilla siten, etteivät ne aiheuta häiriöitä maanpäällisille TV-lähetyksille. [20]

Tietokantaan ilmoitetaan laitteiden laitetunnisteet, paikkatiedot, omistajatiedot sekä se, onko laite tarkoitettu yritys- vai yksityiskäyttöön. Geolokaatitietokannat pitää ilmoittaa tietokantaan  $\pm 50$  m:n tarkkuudella. Laitteiden pitää olla yhteydessä tietokantaan aina, kun laite kytketään uudestaan päälle, tai jos se vaihtaa paikkaa. Laitteiden pitää olla myös yhteydessä tietokantaan vähintään kerran päivässä. [20]

Kiinteästi asennettavan kognitiivilaitteen maksimilähetyksetho on 1 W. Antenni vahvistuksen ylittäessä 6 dBi:n, ylimenevä osuus on vähennettävä lähetyksethosta desibeleissä. Mobiililaitteen/tilapäisesti kiinnitetyn maksimilähetyksetho on

100 mW. Maksimilähetysteho asetetaan 40 mW:iin, jos viereisen TV-kanavan lähetys on vaarassa häiriintyä (Kuva 13). Antennivahvistuksen ylittäessä 0 dBi:n, ylimenevä osuus on vähennettävä lähetystehosta desibeleissä. Mobiililaitteen antenni pitää olla kiinteästi kiinnitetty. Kiinteästi asennettavan vastaanottoantennin pitää olla vähintään 10 m:n korkeudella maanpinnasta, kun taas lähetysantennin maksimikorkeus on 30 m maanpinnasta. [21]



Kuva 13. Geolokaatitietokannan toimintaperiaate Yhdysvalloissa maksimilähetystehoineen [22].

Kuvassa 13 Mode II kuvaa laitetta, joka on suorassa yhteydessä tietokantaan. Mode I taas ei ole suoranaisesti yhteydessä tietokantaan, vaan se saa parametrit Mode II -laitteelta. [20]

Yhdysvalloissa on tarkasti rajattu, missä ja miten TVWS-laitteet saavat toimia. Kaikki TV-aluetta käyttävät kognitiivilaitteet saavat operoida 512–608 MHz:n ja 614–698 MHz:n alueilla. Taajuusalueella 470–512 MHz keskenään kommunikoivien laitteiden pitää olla kiinteästi asennettuja (Mode II). Radioastronomian tutkimuksia varten on varattu kanava 37 (608–614 MHz). [20]

TVWS-laitteet eivät saa lähettää seuraavilla alueilla [20]:

- 13 metropolikaupungin alueilla (etäisyyttä vähintään 131 km)
- Kanadan rajoilla (etäisyyttä vähintään 32 km)
- Meksikon rajoilla (etäisyyttä vähintään 40 km)
- radiotähtitieteen tutkimuspaikoilla (etäisyyttä vähintään 2,4 km)
- yksityisten ja kaupallisten mobiilipalvelujen lähellä.

Laitteiden spektrin tehottiheydet (PSD) eivät saa ylittää seuraavia arvoja [21]:

- kiinteästi asennettu: 12,6 dBm
- mobiililaitte/tilapäisesti asennettu: 2,6 dBm EIRP
- mobiililaitte/tilapäisesti asennettu TV-kanavan vieressä: -1,4 dBm EIRP.

Laitteiden ei-toivotut emissiot eivät saa ylittää seuraavia arvoja [21]:

- kiinteästi asennettu TV-kanavien vieressä: -42,8 dBm
- mobiililaitte/tilapäisesti asennettu: -52,8 dBm EIRP
- mobiililaitte/tilapäisesti asennettu TV-kanavan vieressä: -56,8 dBm EIRP.

Lisäksi 6 MHz:n kaistalla pääkanavan lähetystehon ja viereisen kanavan häiriötehon suhteen pitää olla vähintään 55 dB. Taajuusalueella 602–620 MHz emissioiden pitää pysyä taulukossa 2 olevien kentänvoimakkuuksien rajoissa [20].

Taulukko 2. Kentänvoimakkuuksien rajat kanavan 37:n läheisyydessä [20].

Frequency (MHz)	Field Strength dB $\mu$ V/m/120kHz
602–607	$120 - 5[F(\text{MHz}) - 620]$
607–608	95
608–614	30
614–615	95
615–620	$120 - 5[620 - F(\text{MHz})]$

### 4.3 Fairspectrum Oy

Suomessa geolokaatitietokantaa ylläpitää Fairspectrum Oy. Fairspectrum sai vuonna 2012 Euroopan ensimmäisen lisenssiluvan ylläpitää valkoisen TV-alueen tietokantaa. Viestintäviraston luvalla Fairspectrum toimittaa geolokaatitietokannan radioluvan tietoliikennejärjestelmään. [23]

Fairspectrum laskee eri paikkojen kentänvoimakkuudet, jotka saadaan tietokannasta. Fairspectrumin geometrinen laskenta on tehokas, nopea ja helposti sovitettavissa erilaisiin ympäristöihin ja säännöksiin. Geometrisen laskennan avulla voidaan kommunikoida selkeästi operaattoreiden, viranomaisten ja muiden jaetun spektrin käyttäjien välillä. [23]

Fairspectrumin geolokaatitietokanta perustuu eri säännöksiin ja standardeihin. Suomessa käytetään WISE-projektin sääntöjä, jotka on kehitelty Turun testiverkoon. Fairspectrumin geolokaatitietokannassa voidaan käyttää myös FCC:n tai Ofcomin sääntöihin perustuvaa laskentatapaa. [24]

Fairspectrumilla on verkkohallintaliittymä, jossa näkyvät kaikki omat käytettävät tukiasemat ja terminaalit. Laitteet näkyvät Fairspectrumin verkkohallinnassa vasta sen jälkeen, kun kognitiiviradiojärjestelmän hallintakeskuksessa rekisteröinnin yhteydessä alueelliseksi tietokannaksi on valittu Fairspectrum. [24] Liitteessä 6 on esitetty Fairspectrumin verkkohallintaliittymää, jossa näkyvät laitteiden tiedot. Laitteiden tiedot tulevat suoraan kognitiiviradiojärjestelmän hallintakeskuksen kautta. Verkkohallinnassa pystytään valitsemaan eri sääntöihin perustuva laskentatapa sekä syöttämään laitteiden emissioluokat, jos ne on mitattu. Liitteessä 6 on esitetty myös lokitiedosto, jossa kanavien maksimilähetystehot näkyvät kanavakohtaisesti.

## 5 KÄYTTÖÖNOTTO

### 5.1 Hallintakeskuksen käyttö ja signaalien tulkitseminen

Carlsonien laitteiden hallinta tapahtuu hallintakeskuksen välityksellä. Hallintakeskukseen päästään tietokoneelta tukiaseman IP-osoitteen avulla. Tietokoneen ja tukiaseman pitää olla samassa Internet-verkossa. Päästäkseen hallintakeskukseen pitää tukiaseman MAC-osoite rekisteröidä palvelimelle, jonka jälkeen se saa automaattisesti IP-osoitteen, yhdyskäytävän sekä DNS-palvelun suoraan DHCP-palvelimelta [11]. Rekisteröinti palvelimelle tapahtuu verkkovastaavan toimesta.

#### **SNR**

Signaali-kohinasuhde eli SNR (Signal to Noise Ratio) kuvaa hyötysignaalin ja kohinasignaalin tehojen suhdetta. Mitä suurempi SNR, sitä parempi signaalin laatu. Hallintakeskus ei pysty esittämään yli 30 dB:n signaali-kohinasuhteita.

Hallintakeskuksessa esiintyvät termit ja lyhenteet [11]:

- DL SnR kuvaa terminaalin päässä vastaanotettua signaali-kohinasuhdetta.
- UL SnR kuvaa tukiaseman päässä vastaanotettua signaali-kohinasuhdetta.
- DL rate kuvaa modulaatiomenetelmää, jota käytetään lähetettäessä tukiasemasta terminaalin päin.
- UL rate kuvaa modulaatiomenetelmää, jota käytetään lähetettäessä terminaalista tukiasemaan päin.

Hallintakeskuksessa on 7 välilehteä, joiden avulla voidaan seurata järjestelmän toimintaa ja kontrolloida sitä.

#### **Home-välilehti**

Koti- eli home-välilehdestä näkee laitteiden ja järjestelmän tilan (Kuva 14). Vasemmalla näkyvät tukiaseman sarjanumerot, käytettävä taajuuskaista, valittu taa-

juuskanava, lähetetyt kehykset sekä radiolinkin päälläoloaika ja käytettävä kelonaika. Oikealla näkyvät radiojärjestelmän tila ja radiolinkin signaali-kohinasuhteet. Radiojärjestelmän tila ilmoitetaan joko vihreällä oikein-merkillä tai punaisella X:llä.

**CARLSON** Home Registration Modulation Performance Map System Account

**CSB00790**

Guid: e7298591-38a7-472f-b063-bd447bd0e2bc  
 Id: 2853763  
 Bandwidth: EightMHz  
 Tx Freq: 506 MHz  
 Tx Frames: 171715  
 Uptime: 0 days, 3 hours, 13 minutes  
 Mon Mar 23 2015 11:09:27 GMT+0200 (FLE Standard Time)

Basestation Tx:

Name	Online	Channel	Enabled	Registered	DL SnR	UL SnR	DL rate	UL rate
TUAS Base station CSB00790	✓	✓	N/A	✓			-	-
TUAS Client CST00657	✗	✓	✓	✓			-	-

© 2015 - Carlson Wireless Technologies Inc. All Rights Reserved.

Kuva 14. Koti-välilehti.

Koti-välilehdessä näkyvät eri kohdat ja niiden merkitykset:

- Online ilmaisee, ovatko laitteet päällä.
- Channel ilmaisee, että laite on saanut vapaan kanavan käytettäväkseen.
- Enabled ilmaisee, että valittu terminaali on kytketty päälle ja, että se lähettää ja vastaanottaa aktiivisesti.
- Tukiaseman aktivointi tapahtuu Basestation Tx -valikosta. Valitsemalla Disabled koko järjestelmä sammuu.
- Registered tarkoittaa, että tietokantaan on ilmoitettu vaaditut tiedot laitteesta, ja että se on saanut tietokannasta luvan lähettää.

### Registration-välilehti

Rekisteröinti- eli registration-välilehdessä uudet laitteet rekisteröidään järjestelmään ja nähdään samalla ennestään rekisteröidyt. Rekisteröinti välilehdessä pystytään myös valitsemaan haluttu kanava, jolla operoidaan. Välilehdessä näkyvät omistajan tiedot sekä radiojärjestelmään rekisteröidyt laitteet (Kuva 15).

**CARLSON** Home Registration Modulation Performance Map System

### Owner Information

Reijo Ekman  
 Turku University of Applied Sciences  
 reijo.ekman@turkuamk.fi  
 +358 50 5985703  
[Edit](#) | [Full details](#)

### Radios

Id	Name	Role	Registration	Enabled	
e7298591-38a7-472f-b063-bd447bd0e2bc	TUAS Base station CSB00790	BaseStation	Registered	N/A	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>
cb5a4b76-0c77-4780-b0c9-15a177ade2da	TUAS Client CST00657	Client	Registered	✓	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>

[Register a new Client](#)

### Operating Channel Selection

Obtaining channels from: FairSpectrumDev  
 Preferred channels: 25, 27 [Change](#)

Scanning:  Time per channel:

[View Frequency Allocations](#)

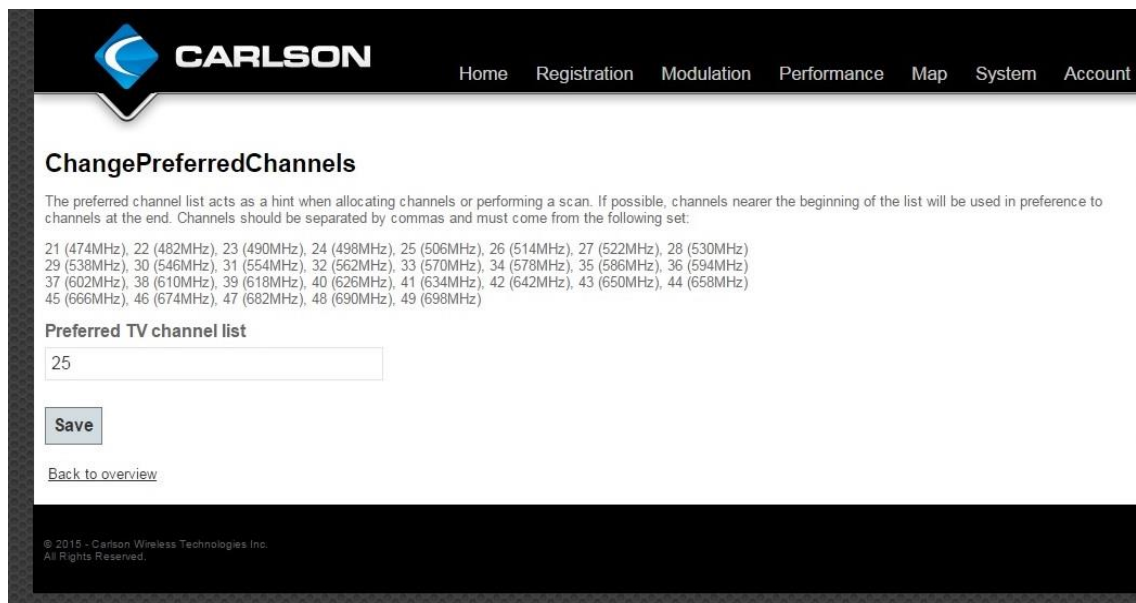
Kuva 15. Rekisteröinti-välilehti.

Register a new client -valikossa pystytään rekisteröimään uudet terminaalit järjestelmään. Rekisteröityjen laitteiden tietoja pystytään muokkaamaan tai jopa poistamaan tarpeen vaatiessa (vain terminaalit). Laitteiden tarkemmissa tiedoissa näkyvät myös tietokannalta saadut tiedot.

### Operating Channel Selection

Kanava-valikossa pystytään valikoimaan ja seuraamaan vapaita kanavia. Käytettävä tietokanta voidaan valita Obtaining channels from -valikosta. Uudemmassa versiossa Fairspectrum on valmiiksi asetettu eikä sitä pysty muuttamaan. Preferred Channel -valikossa pystytään asettamaan prioriteettilista halutuille kanaville (Kuva 16).

Prioriteettilistaan syötetään halutut kanavat siinä järjestyksessä, missä halutaan järjestelmän käyttävän niitä. Kanavat erotetaan pilkuilla. Tilanteessa, jossa ensimmäiselle halutulle kanavalle tulee PMSE-käyttäjä, järjestelmä valitsee automaattisesti seuraavan listassa olevan.

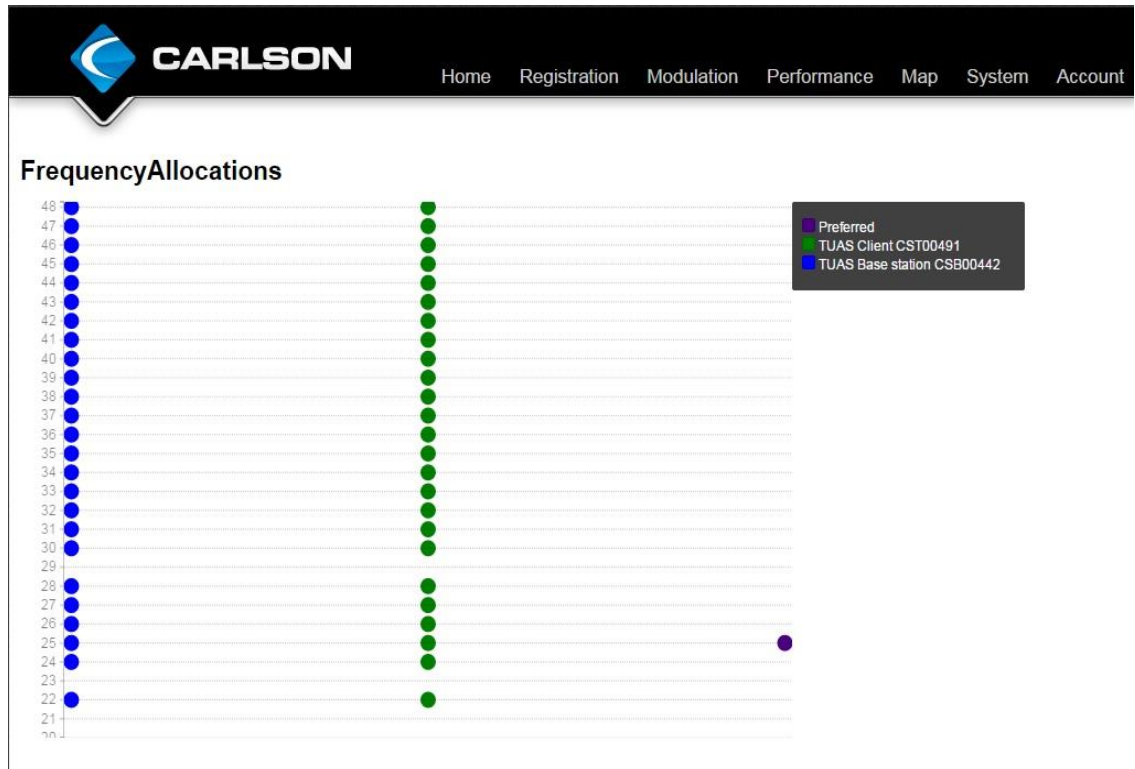


Kuva 16. Prioriteettilista halutuille kanaville.

Skannauksessa kanavat voidaan skannata läpi mahdollisten PMSE-käyttäjien väistämiseksi. Skannauksen avulla saadaan selvitettyä vapaat kanavat sekä parhaat kanavat parhailla signaali-kohinasuhteilla. Skannausta kannattaa käyttää, koska hallintakeskus valitsee kanavista ensimmäisen mahdollisen käytettäväkseen, vaikka sillä ei olisi paras signaali-kohinasuhde. Skannauksen ajaksi voidaan valita 3, 5, 15 tai 30 min/kanava (Kuva 15). Skannauksen ajaksi prioriteettilista pitää olla tyhjennettynä, koska muuten skannaus pomppii ensimmäisen valittavan kanavan ja valitun kanavan välillä [25]. Kanavien skannaus näkyy suorituskyky-välilehdestä.

Taajuusallokaatioikkunasta näkyvät vapaana olevat kanavat sekä tukiasemalle että lähettimelle. Esillä näkyvät vain 470–698 MHz taajuusalueen kanavat, koska Carlson TVWS -laitteet on suunniteltu Yhdysvaltojen markkinoille. Kuvasta 17 huomataan, että kanavat 21, 23 ja 29 eivät ole käytettävissä. Kanavat 21 ja 23 on varattu Yleisradioyhtiöiden langattomille tarpeille, kun taas kanava 29 on tarkoitettu Kaarinan maston DTV-lähetyksille [25].

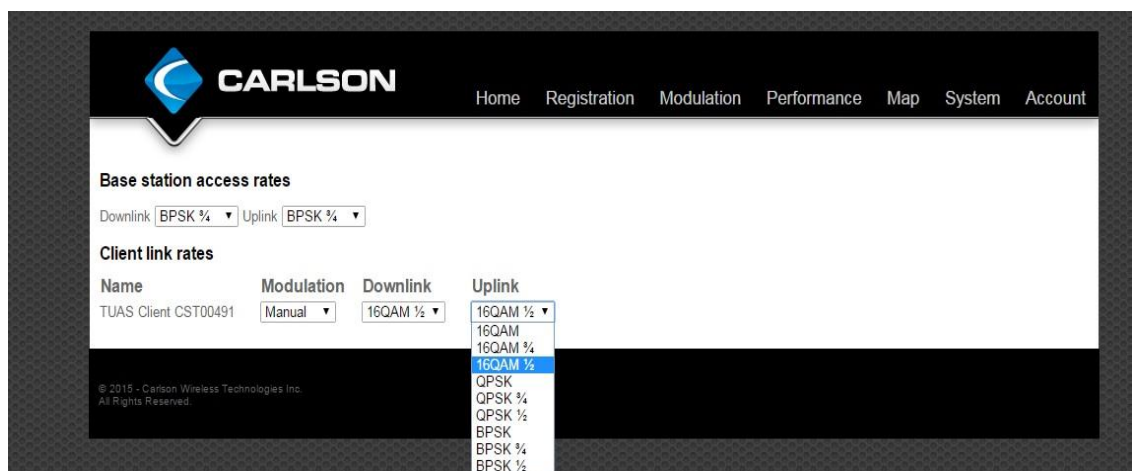




Kuva 17. Taajuusallokaatio Turun testiverkossa [25].

## Modulation-välilehti

Modulaatio- eli modulation-välilehdessä voidaan valita käytettävä modulaatio tiedonsiirtoon (Kuva 18). Tukiaseman Downlink- ja Uplink-vaihtoehdoissa voidaan valita paras modulaatio signaalintivaiheeseen.



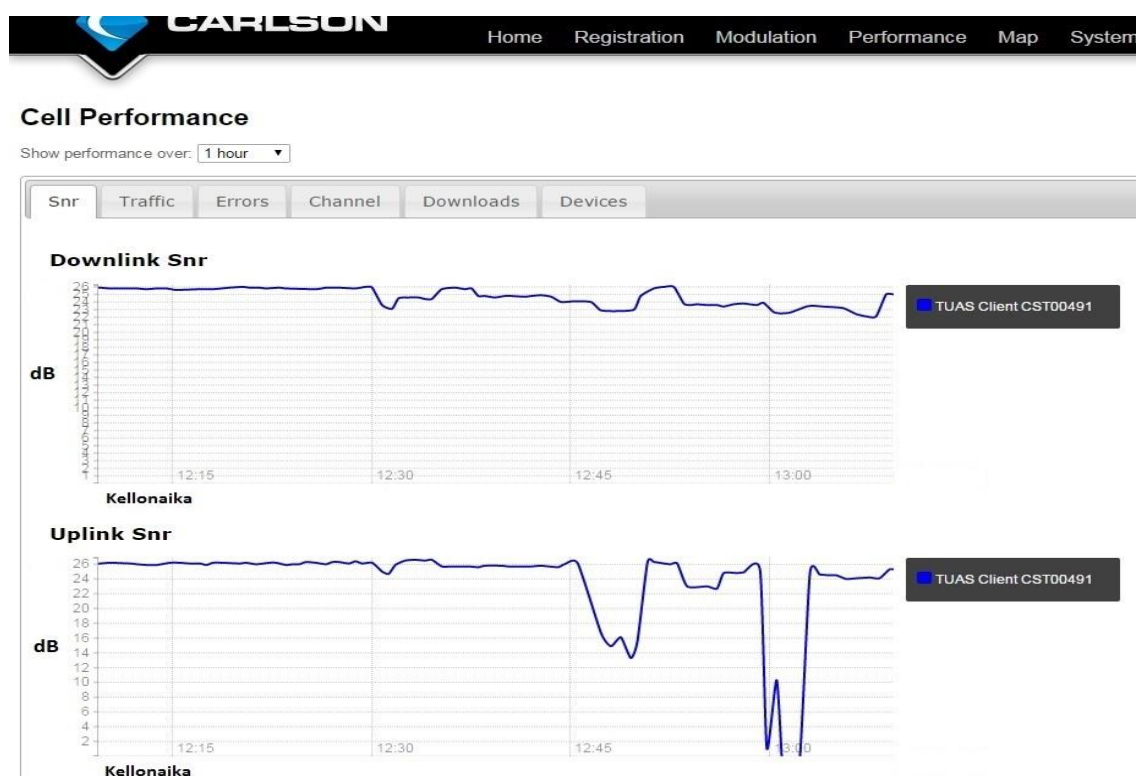
Kuva 18. Modulaatiovaihtoehdot.

Terminaalin Downlink- ja Uplink-modulointi voidaan asettaa adaptiiviseksi tai manuaaliseksi. Adaptiivisessa terminaali ohjaa tukiasemaa ja voi itse säätää parhaimman modulaatiomenetelmän saavuttaakseen parhaimman signaali-kohinasuhteen.

## Performance-välilehti

Suorituskyky- eli performance-välilehdessä näkyvät järjestelmän toimivuutta kuvaavat kuvaajat. Kuvaajien avulla pystytään seuraamaan järjestelmää ja tarpeen vaatiessa tekemään jotain muutoksia. Järjestelmän seuraamisaikaväliksi voidaan asettaa 1 h, 6 h, 12 h, 1 d, 2 d, 3 d tai 3 w.

SNR-valikossa pystytään seuraamaan tukiaseman ja terminaalin päässä vastaanotettuja signaali-kohinasuhteita (kuva 19).



Kuva 19. Downlinkin ja Uplinkin signaali-kohinasuhteet.

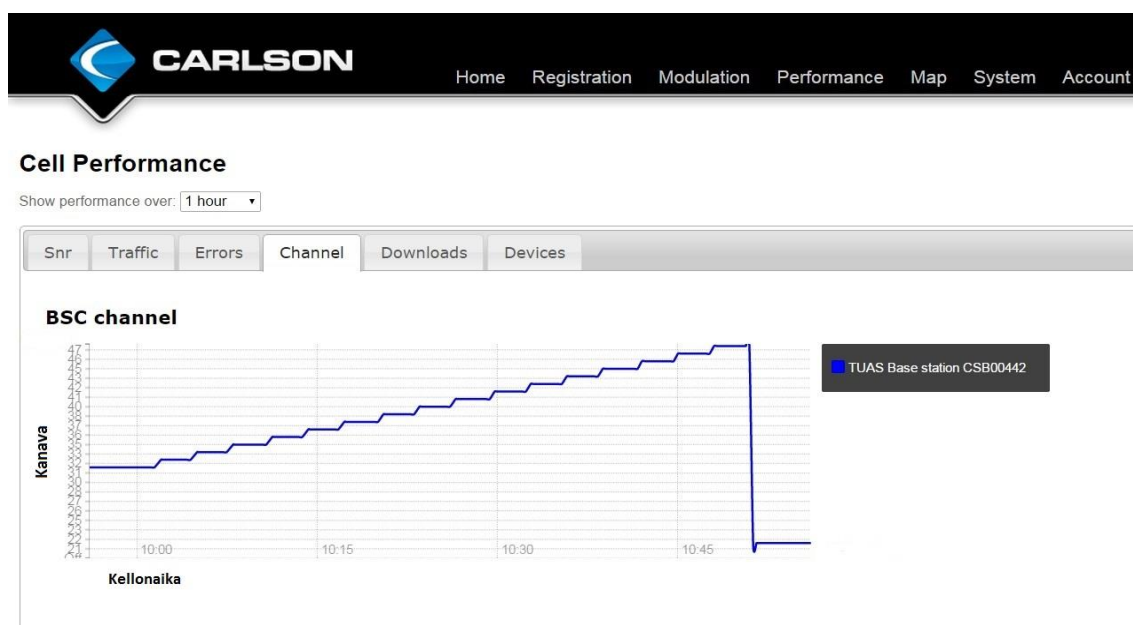
Pystyakselilla esitetään signaali-kohinasuhteiden tasot ja vaaka-akselilla ajankohta. 6 h:n asetus ei toimi SNR-valikossa. Päivittämällä SNR-valikkoa voi kuvan ilmestyä piikkejä, jonka jälkeen päivittämällä uudestaan piikit voivat kadota

tai vaihtaa paikkaa. Käyttäjälle voi tulla mielikuva, että yhteys olisi ollut poikki, mutta todellisuudessa mittausarvojen esitysväli on liian pieni. Ohjelma antaa signaali-kohinasuhteen arvoksi nolla, koska se ei löydä arvoja siltä väliltä. [23]

Liikenne-valikossa pystytään seuraamaan järjestelmän liikennettä. Siirretyn tiedon määrä esitetään bitti/s. Pystyakselilla esitetään tiedonsiirron määrä ja vaakakselilla ajankohta.

Virheet-valikossa pystytään seuraamaan bittivirhesuhdetta. Virheiden määrä on esitetty virhe/s.

Kanava-valikossa pystytään seuraamaan käytettävää kanavaa. Kanava-valikkoon tulee näkyviin kanavien skannaus, kun rekisteröinti-välilehdessä valitaan skannaus päälle. Kuvassa 20 on esitetty SNR-arvojen mittaus 3 min:n välein jokaiselta käytössä olevalta kanavalta [25].



Kuva 20. Kanavakohtainen skannaus 3 min:n välein [25].

Signaali-kohinasuhteiden arvoja eri kanavilta ei näe suoraan kanava-valikosta, vaan ne pitää katsoa itse manuaalisesti. Valitaan hiiren kursorilla jokin skannattu kanava. Otetaan ylös ajankohta, jolloin kanava skannattiin, jonka jälkeen katsotaan SNR-valikosta kanavan signaali-kohinasuhteen arvo samalta ajankohdalta. Toistetaan tämä joka kanavalle tarpeen vaatiessa.

Lataukset-valikossa pystytään lataamaan lokitiedostoja. Lokitiedostot ovat kahden viikon ajanjaksolta. Arkistoituja lokitiedostoja pystytään lataamaan 60 päivän ajalta.

Laitteet-valikossa pystytään seuraamaan valitun terminaalin kaikkia suorituskykyominaisuuksia kerrallaan (Kuva 21). Kuvaajassa näkyy signaali-kohinasuhteet, virheiden määrät ja liikenteen määrä niin Downlink- kuin Uplink-suuntaan.



Kuva 21. Valitun laitteen suorituskykyominaisuudet.

## Map-välilehti

Kartta- eli map-välilehdessä näkyvät terminaalin ja tukiaseman ne paikat, jotka rekisteröinnin yhteydessä on ilmoitettu. Järjestelmä hyödyntää Microsoft Bingin kartoitusta.

## System-välilehti

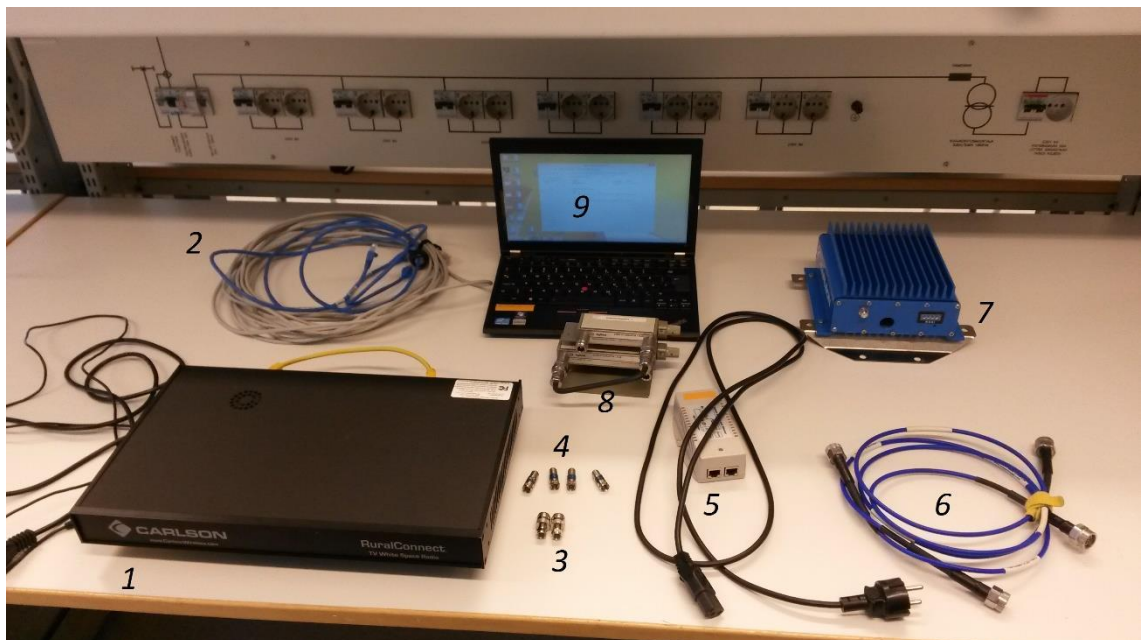
Järjestelmä- eli system-välilehdestä näkyy järjestelmän nykyinen versio. Mahdolliset päivitykset ja verkkoasetukset tehdään tässä välilehdessä. Järjestelmä-välilehdessä voidaan ladata lokitiedostoja järjestelmän toiminnasta, käynnistää uudelleen sekä palauttaa tehdasasetukset tarvittaessa.

## Account-välilehti

Tili- eli account-välilehdessä näkyvät omistajan käyttäjätiedot.

## 5.2 Carlson TVWS -kognitiiviradiojärjestelmän testaus laboratoriotilassa

Uudet laitteet pitää tutkia ja testata laboratorio-olosuhteissa ennen niiden virallista käyttöönottoa. Laboratoriossa arvioidaan laitteiden toimivuutta ja verrataan valmistajan antamiin spesifikaatioihin. Näin saadaan varmistettua, etteivät laitteet aiheuta häiriöitä muille käyttäjille. Kuvassa 22 on esitetty tarvittavat laitteet mitausta varten laboratorio-olosuhteissa.

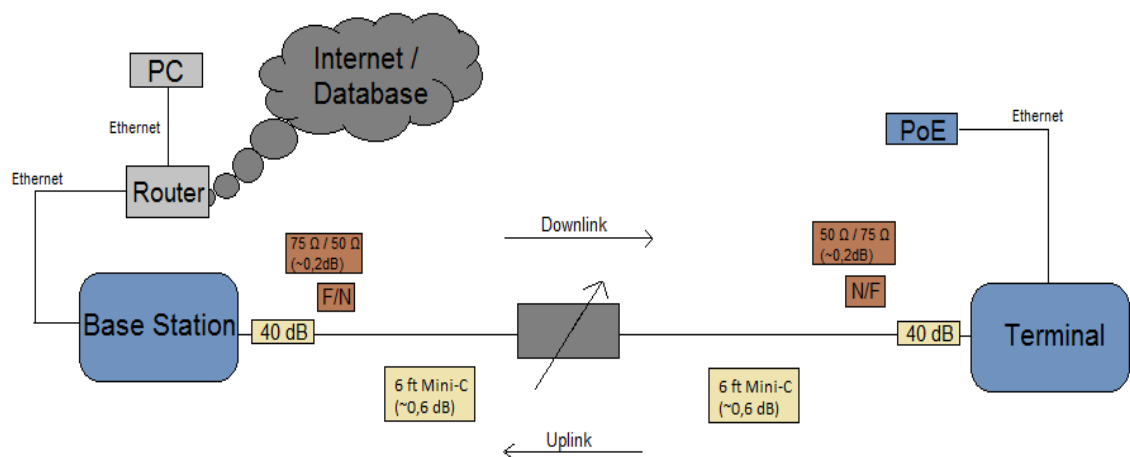


Kuva 22. Mittausta varten tarvittavat laitteet.

Mittausta varten tarvitaan seuraavat laitteet:

- 1) tukiasema
- 2) 3 Ethernet-kaapelia
- 3) 2 F/N-liitintä
- 4) 4 20 dB:n vaimenninta
- 5) PoE-injektori
- 6) 2 RF-kaapelia
- 7) terminaali
- 8) vaimenninpakka
- 9) tietokone.

Tarkoituksena on rakentaa kuvan 23 mukainen kytkentä. RF-kaapeleina käytetään Mini-Circuitsin kaapeleita, jolloin 6 jalkaa pitkän kaapelin vaimennus on noin 0,6 dB [26].



Kuva 23. Laboratoriomittauksen kytkentäkaaviokuva.

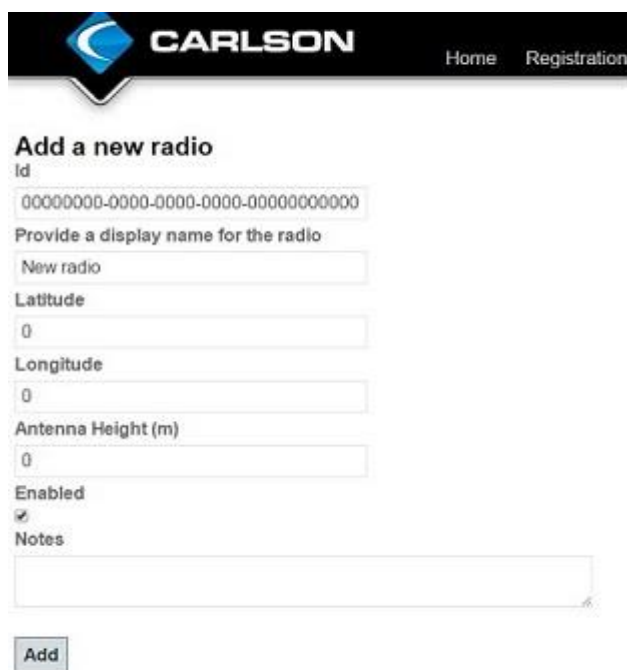
Carlson TVWS -kognitiiviradiojärjestelmän testaus aloitetaan tukiaseman asennuksella. Yhdistetään tukiaseman radio- ja tietokoneosa lyhyellä keltaisella verkko-kaapelilla.

Tukiaseman ja terminaalin välillä pitää olla vähintään 80 dB vaimennusta, jotta laitteet eivät vaurioituisi. Vaimentimet tulevat yhdessä laitteiden kanssa. Tukiaseman päähän kytketään kaksi 20 dB:n vaimenninta ja terminaalin päähän loput kaksi 20 dB:n vaimenninta. Tukiaseman sekä terminaalin RF-portit ovat naaraspuolisia ja 75-ohmisia. Tämä pitää ottaa huomioon, koska mittauslaitteet ja -välineet ovat 50-ohmisia. Vaihtoehtoina on käyttää sovitinpaloja tai F/N-liitintä, jossa

toinen pää on 75-ohminen ja toinen pää 50-ohminen. F/N-liitintä tai sovituspalaa käytettäessä menetetään tehoa epäsovituksen vuoksi. Laboratoriotilassa voidaan käyttää F/N-liitintä, jolloin tehoa menetetään noin 0,2 dB [27].

Yhdistetään tukiasema verkkokaapelilla Internetiin ja kytketään virtajohto kiinni. Jotta tukiasemaan saataisiin yhteys tietokoneesta, pitää tukiaseman MAC-osoite olla rekisteröitynä palvelimelle. Tukiaseman rekisteröinnin jälkeen selvitetään palvelimen antama IP-osoite tukiasemalle. Yhdistetään tietokone samaan verkkoon. Avataan tietokone ja syötetään tukiaseman IP-osoite selaimen. Hallintakeskuksen oletuksena käyttäjätunnus on admin ja salasana on password.

Koska hallintakeskus on hidas päivittymään, muutokset eivät näy heti hallintakeskuksessa. Hallintakeskuksen päävalikossa näkyy tällä hetkellä vain tukiaseman tiedot. Seuraavaksi tarkoituksena on terminaalin rekisteröinti käytettävälle tukiasemalle kohdasta Registration -> Register a new client (Kuva 24).



**CARLSON** Home Registration

**Add a new radio**

Id  
00000000-0000-0000-0000-000000000000

Provide a display name for the radio  
New radio

Latitude  
0

Longitude  
0

Antenna Height (m)  
0

Enabled

Notes

Add

Kuva 24. Uuden terminaalin rekisteröinti.

Terminaalin tietoihin syötetään terminaalin henkilökohtainen tunnus, joka löytyy laitteen sivusta. Paikkatietoja ei tarvitse tässä vaiheessa vielä syöttää, koska lait-

teita testataan vasta laboratoriotilassa. Terminaalia rekisteröidessä pitää huomata, että sama terminaali ei saa olla rekisteröitynä kahdelle eri tukiasemalle käytettäväkseen. Terminaalin rekisteröinnin jälkeen valitaan järjestelmän tietokannaksi Fairspectrum (Operating Channel Selection), jos sitä ei ole automaattisesti asetettu.

Terminaalin rekisteröinnin jälkeen kytketään myös terminaalin päähän kaksi 20 dB:n vaimenninta sekä F/N-liitin. Yhdistetään terminaali ja PoE:n lähtö verkokaapelilla. Tämän jälkeen voidaan virtajohto yhdistää PoE:hen ja kytketään laboratoriotilassa tukiaseman ja terminaalin välille säätövaimennin radiosignaalin portteihin (Kuva 25).



Kuva 25. RF-kaapelit yhdistetty säätövaimentimeen.

Säätövaimentimella korvataan antenniyhteys. Asetetaan säätövaimentimeen aluksi 25 dB vaimennusta ja yhdistetään kaapelit. Tukiaseman ja terminaalin välille on nyt syntynyt yhteys (Kuva 26). Jos yhteyttä ei muodostu, tarkistetaan, että kaikki kaapelit ovat kunnolla kiinni. Jos yhteydessä huomataan ongelmia, otetaan tukiasemasta ja/tai terminaalista virrat pois, ja käynnistetään laitteet uudelleen.



**CARLSON** Home Registration Modulation Performance Map System Account

**CSB00442**

Guid: d875fd5-4d86-4701-b038-5c65b930437a  
 Id: 12420800  
 Bandwidth: EightMHz  
 Tx Freq: 506 MHz  
 Tx Frames: 22287083  
 Uptime: 7 days, 3 hours, 45 minutes  
 Fri Feb 20 2015 14:08:25 GMT+0200 (FLE Standard Time)  
 Basestation Tx:

Name	Online	Channel	Enabled	Registered	DL SnR	UL SnR	DL rate	UL rate
TUAS Base station CSB00442	✓	✓	N/A	✓			-	-
TUAS Client CST00491	✓	✓	✓	✓	26.7	26.4	16QAM ½	16QAM ½

© 2015 - Carlson Wireless Technologies Inc. All Rights Reserved.

Kuva 26. Tukiaseman ja terminaalin välinen yhteys.

Hallintakeskuksen avulla pystytään seuraamaan järjestelmän toimivuutta ja suorituskykyisyyttä. Vaimennusta säätämällä voidaan tutkia eri vaimennuksille tulevat signaali-kohinasuhteet. Samalla pystytään seuraamaan myös yhteyden liikennettä sekä virheiden määrää.

PoE:n tuloon voidaan mahdollisesti yhdistää verkkokaapelilla jokin haluttu sovellys esimerkiksi tietokone, RasPI tai videovalvontakamera, jota halutaan tutkia. Esimerkiksi vuonna 2015 Sami Elon opinnäytetyössä ”Kognitiiviradiojärjestelmän sovellusten testaus” testattiin kognitiiviradiotekniikalla toteutetun videovalvonnan toimivuus ja luotettavuus [25]. Työstä saa lisätietoa, jos PoE:n tuloon halutaan yhdistää videovalvontakamera.

Testauksia tehtäessä pitää olla huolellinen, ettei sisään tulevan signaalin maksimivoimakkuutta (−16 dBm) ylitetä. Tässä esimerkkitapauksessa vaimennusta alun perin on 105 dB, jonka lisäksi vaimennusta tulee vielä kaapeleista ja liittimien epäsovituksista noin 1,5 dB. Näin ollen sisään tulevan signaalin teho on noin −80,5 dBm. Näin suurella vaimennuksella pyritään estämään laitteiden rikkoutumista sekä havainnollistamaan järkevät signaali-kohinasuhteet esille,

koska hallintakeskus ei pysty esittämään yli 30 dB:n signaali-kohinasuhteita. Järjestelmän herkkyydeksi luvataan  $-93$  dBm (Liite 1).

Kognitiiviradiojärjestelmää voidaan testata myös antenniyhteyksin. Antenneja käytettäessä tehdään mittaukset 5.3 luvun mukaisesti. Käytetään vaimentimia, kun suoritetaan mittauksia laboratoriotilassa.

### 5.3 Kenttätestaus

Laboratoriotestauksien onnistuttua voidaan siirtyä kenttätestaukseen. Kenttätestauksista saadut mittaustulokset ovat arvokkaita. Kenttätestauksissa voi tulla esiin tilanteita, joita ei laboratorio-olosuhteissa ole otettu huomioon. Ennen kenttätestausta on hyvä selvittää, mitä mahdollisia rajoituksia kyseisellä paikkakunnalla tai maassa on sekä mitkä ovat sallitut lähetystehot ja kentänvoimakkuudet.

Ennen järjestelmän käyttöönottoa TVWS-alue pitää skannata spektrianalysointilla  $10$  kHz:n resoluutiokaistanleveydellä mahdollisten rekisteröimättömien PMSE-sovellusten käyttäjien väistämiseksi. Tulokset otetaan huomioon kanavaa valittaessa.

Kenttätestauksen käyttöönotto tehdään pääosin samalla tavalla kuin laboratoriotilassa, mutta kenttätestauksessa kaikki tehdään tarkemmin.

Tukiaseman ja terminaalin välille luodaan nyt antenniyhteys, joten vaimentimia ei tarvitse välttämättä käyttää. Virallisia testejä tehtäessä on syytä käyttää F/N-liittimien sijasta sovituspaloja.

Terminaalia rekisteröitäessä on tärkeää syöttää sen tarkat paikkatiedot hallintakeskukseen. Valitaan järjestelmän tietokannaksi tietokanta, jolla on valtuudet toimia sillä paikkakunnalla, jossa laitteet ovat. Ennen terminaalin kytkemistä pitää hallintakeskuksessa tarkastella vapaita kanavia taajuusallokaatiosta.

Laitehallinta valitsee kanavista ensimmäisen mahdollisen, vaikka sillä ei olisi paras signaali-kohinasuhde. Saadakseen parhaan kanavan parhaalla signaali-ko-

hinasuhteella, pitää kanavat skannata läpi. Skannauksen jälkeen valitaan parhaat kanavat ja syötetään ne prioriteettilistaan siinä järjestyksessä, missä halutaan laitteen käyttävän niitä. Tässä vaiheessa pitää ottaa huomioon myös spektrianalysoijan skannaustulokset.

Signalointivaiheessa modulaatio-välilehdessä valitaan tukiasemalle Downlink- ja Uplink-kohdassa modulaatioksi BPSK  $1/2$ , jotta se löytää haettavan terminaalin nopeasti ja helposti. BPSK  $1/2$  on robustein ja pitkälle kantavin lähetys, kun taas QAMin avulla pystytään siirtämään dataa tehokkaammin. Asetetaan modulointi adaptiiviseksi, koska silloin terminaali ohjaa tukiasemaa ja voi itse säätää parhaimman moduloinnin eri tilanteen mukaan. Moduloinnin voi myös asettaa halutessaan manuaaliseksi. Asetusten jälkeen voidaan terminaali kytkeä päälle.

PoE:n tulon yhdistetään haluttu sovellus, jota testataan. Yhteyden toimivuutta tutkitaan hallintakeskuksesta.

Laitteiden lähetysteho ei pysty säätämään laitehallinnasta, koska laitteet ovat suunniteltu Yhdysvaltojen markkinoille. Yhdysvalloissa kiinteästi asennetut kognitiivilaitteet lähettävät luvan saatuaan täydellä teholla ( $1 \text{ W} = 30 \text{ dBm}$ ) [21]. Tämä pitää ottaa huomioon paikoissa, joissa on alemmat lähetysrajat kuin mihin laite pystyy. Antennin vahvistuksilla ja kaapelien pituuksilla voidaan vaikuttaa lähetystehoon.

## 6 CR-TESTAUS TURUN TESTIVERKOSSA

Viestintävirasto on myöntänyt Turun ammattikorkeakoulun Radio- ja EMC-laboratoriolle radioluvan, joka oikeuttaa pitämään hallussa ja käyttämään radiolähetimiä kognitiivisen radion tutkimus- ja kehitystoimintaan taajuuskaisella 470 MHz-790 MHz [28].

### Lupaehdot

Järjestelmän tekniset tiedot [28]:

- käyttöalue: Turun seudulla, 40 km x 40 km alue (Liite 7)
- säteilyteho: Max +44 dBm EIRP (kiinteä asema/tukiasema), Max +30 dBm EIRP (liikkuva asema/päätelaite)
- lähettimen suurin teho: +31 dBm
- antennin vahvistus 0–14 dBi (ympärisäteilevä tai suunta-antenni)
- antennin korkeus: Max 40 m korkeudessa merenpinnasta
- polarisaatio: vertikaali
- kanavanleveydet: 6 MHz tai 8 MHz
- lähettimien lukumäärä: Neul 1 kpl tukiasema ja 1 kpl päätelaite, Carlson Wireless 1 kpl tukiasema ja 5 kpl päätelaite.

Laitteiden käyttämät lähetystaajuudet ja lähettimen teho saadaan tietokannan ohjaamana. Tietokanta tekee päätöksen näistä lähettimien sijainnin perusteella. [28]

### 6.1 Kognitiiviradiolaitteiden standardit

ETSI on luonut standardivaatimukset 470–790 MHz:n taajuusalueen kognitiiviradiolaitteille [29].

#### RF-teho ja RF-spektrin tehotiheys (PSD)

RF-tehot ilmoitetaan EIRP-muodossa. RF-tehot eivät saa ylittää geolokaatitietokannassa määriteltyjä arvoja. Valkoisella TV-alueella operoidessa kanavien maksimi RF-tehot riippuvat säännöistä, joita tietokanta käyttää. [29]

### Ei-toivotut emissiot 470–790 MHz:n taajuusalueella

Ei-toivottujen emissioille on määritelty emissioluokat, joiden perusteella laitteet luokitellaan. Emissioluokka määräytyy pääkanavan lähetystehon suhteesta viereisten kanavien häiriöihin. [29]

ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratios) on lähetystehon ja häiriötehon erotus eli tehojen suhde:

$$ACLR \text{ (dB)} = P_{IB(\text{dBm}/(8\text{MHz}))} - P_{OOB(\text{dBm}/(100\text{kHz}))}$$

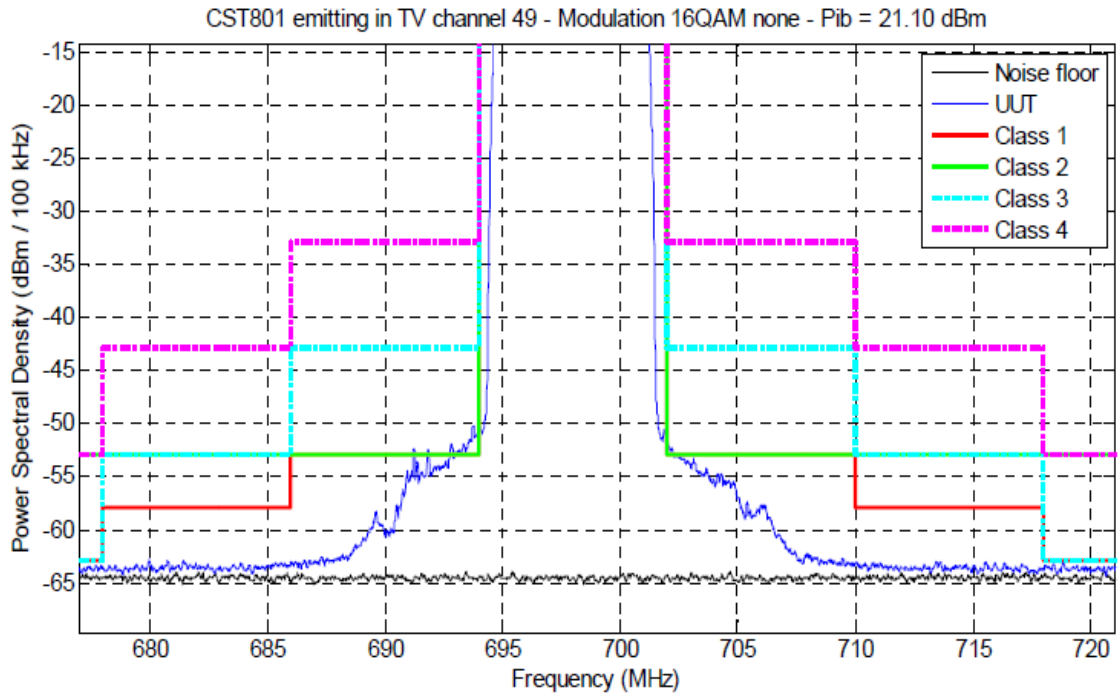
jossa  $P_{IB}$  on lähetyskanavan teho 8 MHz:n kaistanleveydellä ja  $P_{oob(\text{dBm}/(100\text{kHz}))}$  on viereisen kanavan häiriöteho 100 kHz:n kaistanleveydellä. [4]

Taulukossa 3 on esitetty emissioluokat eri tehojen suhteille. Taulukossa 3 n tarkoittaa jotain 8 MHz:n kanavaa, jolla lähetetään ja  $\pm 1$  naapurikanavia.

Taulukko 3. Viereisen kanavan häiriötehojen suhteet eri laiteluokille [29].

Where $P_{oob}$ falls within the $n^{\text{th}}$ adjacent DTT channel	ACLR (dB)				
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
$n = \pm 1$	74	74	64	54	43
$n = \pm 2$	79	74	74	64	53
$ n  \geq 3$	84	74	84	74	64

Kuvassa 27 on esitetty Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen (Joint Research Centre) suorittama RF-testi Carlsonin terminaalille kanavalla 49 [30]. Kuvassa lähetysteho on 21,1 dBm ja UUT (Unit Under Test) tarkoittaa testattavaa laitetta. Kuvasta huomataan, että terminaalin tuottama spektri kanavalla 49 pääsee laiteluokkaan 3.



Kuva 27. Laiteluokkien raja-arvot terminaalin operoidessa kanavalla 49 [30].

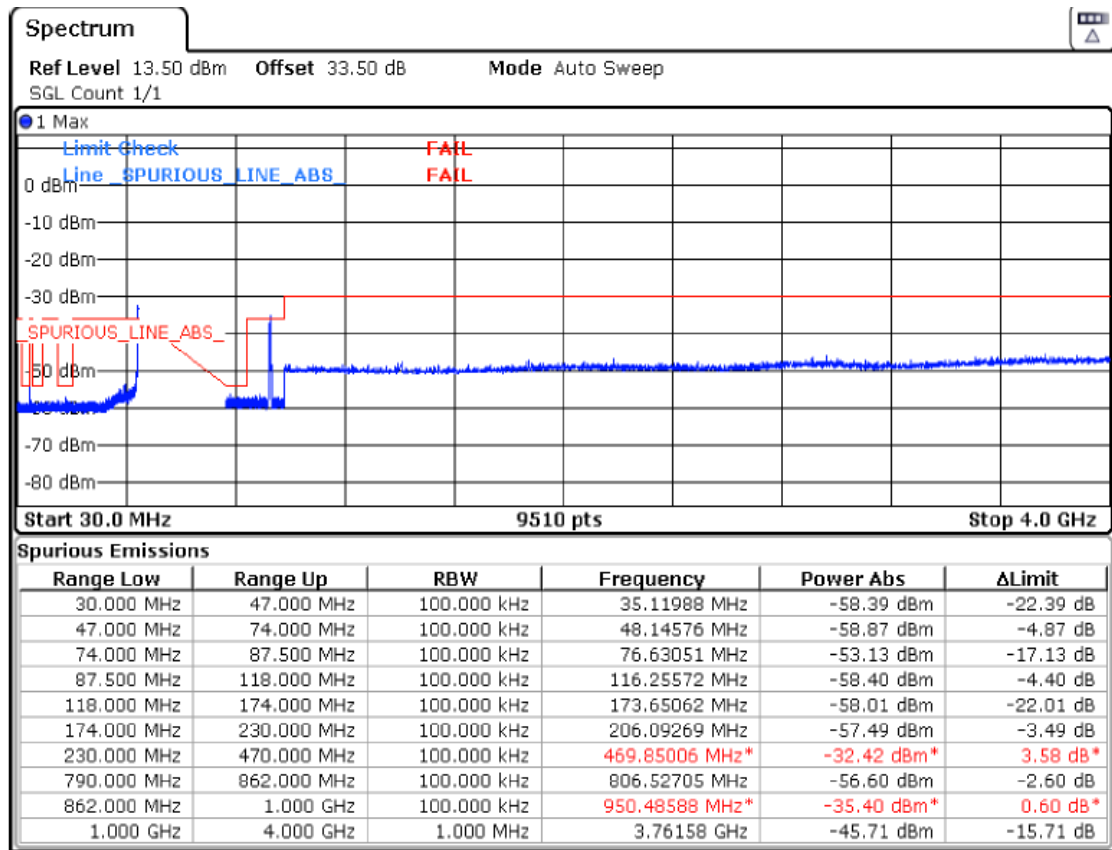
### Ei-toivotut emissiot 470–790 MHz:n taajuusalueen ulkopuolella

Ei-toivotut emissiot eivät saa ylittää lähetettäessä taulukko 4:n arvoja [29].

Taulukko 4. Ei-toivottujen emissioiden maksimitehot [29].

Taajuusalue	Maksimiteho (dBm)	Resoluutiokaistanleveys
30–47 MHz	-36	100 kHz
47–74 MHz	-54	100 kHz
74–87,5 MHz	-36	100 kHz
87,5–118 MHz	-54	100 kHz
118–174 MHz	-36	100 kHz
174–230 MHz	-54	100 kHz
230–470 MHz	-36	100 kHz
790–862 MHz	-54	100 kHz
862–1 000 MHz	-36	100 kHz
1–4 GHz	-30	1 MHz

Kuvassa 28 on esitetty JRC:n suorittama mittaustulos Carlsonin laitteistolle käyttäen ETSIn määriteltyjä standardeja [31].



Kuva 28. Ei-toivotun emission mittaustulos 470–790 MHz:n taajuusalueen ulkopuolella [31].

Kuvassa 28 Power Abs on mitatun tehon arvo ja  $\Delta$ limit on mitatun tehon arvon ero maksimitehosta. Kuvasta huomataan, että taajuusalueilla 230–470 MHz ja 862–1 000 MHz olevat piikit ylittävät taulukon 4 mukaiset maksimitehon arvot.

### Spurious-emissioid

Tällä tarkoitetaan kognitiivilaitteen tuottamia spurious-häiriöitä koko taajuusalueella laitteen ollessa vastaanottotilassa. Laitteen tuottamat spurious-häiriöt eivät saa ylittää taulukon 5 mukaisia arvoja [29].

Taulukko 5. Spurious-emissioiden raja-arvot [29].

Taajuusalue	Resoluutiokaistanleveys	Maksimiteho
30–1 000 MHz	100 kHz	–57 dBm
1–4 GHz	1 MHz	–47 dBm

### Transmitter Reverse Intermodulation Attenuation

Kyseisellä mittausmenetelmällä tarkoitetaan lähettimen kykyä estää intermodulaatiosäröjen muodostumista lähettimen epälineaarisisissa komponenteissa. Nämä syntyvät, kun haluttu signaali ja ei-haluttu signaali kohtaavat lähettimessä. Haluttu signaali on lähettimen lähetettävä signaali ja ei-haluttu signaali on antennin kautta toisesta laitteesta saapuva signaali. [29]

Halutun signaalin taso pitää olla maksimi siitä, mitä laite pystyy tukemaan ( $P_{IBMax}$ ). Ei-halutun signaalin pitää olla jatkuvaa aaltoa ja sen pitää olla vähintään 40 dB alempana kuin  $P_{IBMax}$ . Ei-halutun keskitaajuus ( $f_{un}$ ) pitää olla asetettu 8 MHz:n päähän halutun signaalin keskitaajuudesta ( $f_w$ ). Ei-halutut signaalit eivät saa mennä taajuusalueen 470–790 MHz:n ulkopuolelle. [29]

3. asteen käänteisintermodulaatiosärön vaimennuksen (RIM3) pitää olla suurempi kuin 45 dB ja vaimennuksen laskukaava on [29]:

$$RIM3(P_{IB}) = (2 \times P_{IB}) + P_U - PIM3(P_{IB})$$

jossa  $P_{IB}$  on lähetettävä keskiteho ja  $P_{IBMAX}$  on maksimilähetysteho, johon laite pystyy.  $P_U$  on ei-halutun signaalin teho (dBm), joka pitää olla 40 dB alempana kuin  $P_{IBMAX}$  (dBm). PIM3 on 3. asteen intermodulaatiosärön teho (dBm), kun se on mitattu 100 kHz:n kaistanleveydellä taajuudella ( $2 \times f_w - f_{un}$ ). [29]

### 6.2 Laitetestaus Turun testiverkossa

Asiakkaan tuodessa testattavan laitteen Turun ammattikorkeakoulun radiolaboratorioon sille pitää suunnitella standardien ja asiakkaan vaatimuksiin perustuva



laitetestaus. Testattava laite voi olla esimerkiksi LTE-tukiasema. Asiakkaan kanssa suunnitellaan laitteelle haluttu sovellustesti. Halutun sovellustestin perusteella suunnitellaan missä ajassa testaus toteutetaan. Testaus aloitetaan ottamalla laite hallintaan laboratoriotilassa. Laitteelle tehdään standardien vaatimuksiin perustuvat mittaukset laboratoriossa. Tulkitaan mittaustuloksia ja suunnitellaan kenttämittausta laitteen läpäistäessä standardit. Kenttämittaus suoritetaan Turun testiverkossa viestintäviraston antamilla lupaehdoilla.

## 7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä esiteltiin Carlson Wireless RuralConnect TVWS -kognitiiviradiojärjestelmän laitteistoa ja sen toimintaperiaatetta. Tarkoituksena oli esitellä Carlson TVWS -kognitiiviradiojärjestelmä siten, että aiheeseen hieman perehtynyt osaisi pystyttää laitteiston käyttövalmiuteen tämän työn perusteella. Muita kognitiiviradion valmistajia ja tuotekehittäjiä ovat mm. Adaptrum, Redline Communications ja NICT (National Institute of Information and Communications Technology). Työssä tutustuttiin myös kognitiiviradiojärjestelmän standardeihin.

Työn tuloksena saatiin selkeä käsitys kognitiiviradiojärjestelmän toimintaperiaatteesta. Käyttöönotto-opas mahdollistaa laitteiston pystyttämisen ja järjestelmän toimivuuden tulkitsemisen. Vapaiden radiotaajuuksien vähenemisen myötä on kognitiiviradiojärjestelmillä tulevaisuutta, koska ne osaavat käyttää kulloinkin sopivinta vapaata radiotaajuutta siten, että eivät aiheuta häiriötä muille käyttäjille. Euroopassa kognitiiviradiot ovat vielä testausvaiheessa, mutta niiden kaupallistaminen on ollut suunnitteilla jo pidempään. Mahdollisen kaupallistumisen myötä tämä opinnäytetyö antaa aiheesta kiinnostuneelle lisätietoa kognitiiviradiojärjestelmän käytöstä.

## LÄHTEET

- [1] Turun ammattikorkeakoulu, "WISE – White Space Test Environment for Broadcast Frequencies". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163257.pdf> (Luettu: 21.4.2015).
- [2] Isosaari, J., Kognitiiviradiojärjestelmän testaus. Opinnäytetyö. Elektroniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. 2013.
- [3] Ofcom, "TV White Spaces. A consultation on white space devices". 2012.
- [4] Nenonen, J., Kognitiiviradion ei-toivotun emission mittaukset. Opinnäytetyö. Elektroniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. 2014.
- [5] Marjamäki, M., Kognitiivinen radio. Vapaat taajuuspektralueet nyt ja tulevaisuudessa. Opinnäytetyö. Tietotekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu. 2012.
- [6] Engelberg, J., "WISE TVWS license. Regulatory view on the use of TV White Spaces for Cognitive Radio systems". Viestintävirasto. Powerpoint. 2012
- [7] FierceWirelessEurope, "Ofcom clears white space for launch; expects first services by year-end". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.fiercewireless.com/europe/story/ofcom-clears-white-space-launch-expects-first-services-year-end/2015-02-13> (Luettu: 3.3.2015).
- [8] FCC, "Overview of FCC's New Rules for TV White Space Devices and database updates". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/workshops/RWP1B-SMWSCRS-14/Presentations/USA%20-%20Overview%20of%20FCC%E2%80%99s%20New%20Rules%20for%20TV%20White%20Space%20Devices%20and%20database%20updates.pdf> (Luettu: 4.3.2015).
- [9] Google, "Spectrum Database". [www-dokumentti]. Saatavilla: <https://www.google.com/get/spectrumdatabase/> (Luettu: 2.3.2015).
- [10] Carlson Wireless Technologies, "TV White Space – Breakthrough Technology". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.carlsonwireless.com/tv-white-space/> (Luettu: 28.4.2015).
- [11] Carlson Wireless Technologies, "RuralConnect. TV White Space Radio. User Manual". 2014.
- [12] Simolin, M., Videovalvonnan toteuttaminen kognitiiviradiotekniikalla. Opinnäytetyö. Elektroniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. 2013.
- [13] Aerial, "Biconical Antenna D100-1000". [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://aerial.fi/wp-content/uploads/2014/08/aerial\\_special.pdf](http://aerial.fi/wp-content/uploads/2014/08/aerial_special.pdf) (Luettu: 12.2.2015).
- [14] Carlson Wireless Technologies, "Log Periodic Directional UHF Antenna for RuralConnect CPE". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.carlsonwireless.com/wp-content/uploads/2014/11/Log-Periodic-Antenna-for-RC-Client.pdf> (Luettu: 13.2.2015).
- [15] Carlson Wireless Technologies, "Sector Antenna for RuralConnect". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.carlsonwireless.com/wp-content/uploads/2014/11/Sector-Antenna-for-RC-Base.pdf> (Luettu: 13.2.2015).
- [16] Laird Technologies, "Power-Over-Ethernet - POE-HP-24i POE-HP-50i". 2009.
- [17] Veracity, "PoE Explained". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.veracityglobal.com/media/27197/vwp-002-poe-explained.pdf> (Luettu: 16.2.2015).

- [18] Comtrol, "Standard PoE parameters and comparison". [www-dokumentti]. Saatavilla: [http://www.comtrol.com/wp-content/uploads/Calc\\_PoE\\_PowerLoss.pdf](http://www.comtrol.com/wp-content/uploads/Calc_PoE_PowerLoss.pdf) (Luettu: 17.2.2015).
- [19] Veracity, "Power over Ethernet (POE) Explained". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.veracityglobal.com/resources/articles-and-white-papers/poe-explained-part-2.aspx> (Luettu: 16.2.2015).
- [20] FCC, "Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order. In the Matter of: Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands. Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900 MHz and in the 3 GHz Band". [www-dokumentti]. Saatavilla: [https://apps.fcc.gov/edocs\\_public/attachmatch/FCC-08-260A1.pdf](https://apps.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-08-260A1.pdf) (Luettu: 7.3.2015).
- [21] FCC, "TV White Spaces Rule Changes". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://www.fcc.gov/document/tv-white-spaces-rule-changes> (Luettu: 8.3.2015).
- [22] EMC and Regulatory Compliance, "The FCC OET is conducting 1st workshop for TV band database administrators". [www-dokumentti] <http://www.emcrules.com/2011/03/fcc-oet-is-conducting-1st-workshop-for.html> (Luettu: 15.3.2015).
- [23] PR Newswire, "Fairspectrum toimittaa TV White Space –tietokannan Euroopan ensimmäiseen geolokaatoradiolupaun". [www-dokumentti]. <http://www.prnewswire.com/news-releases/fairspectrum-toimittaa-tv-white-space--tietokannan-euroopan-ensimmaiseen-geolokaatoradiolupaun-167517435.html> (Luettu: 5.3.2015).
- [24] Henriksson, J., "Geolocation licensing - Turku example". Fairspectrum. PowerPoint. 2012.
- [25] Elo, S., Kognitiiviradiojärjestelmän sovellusten testaus. Opinnäytetyö. Elektroniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. 2015.
- [26] Mini-Circuits, "Test Cable. 50Ω 6FT DC to 18 GHz. CBL-6FT-NMNM+". [www-dokumentti]. Saatavilla: <http://194.75.38.69/pdfs/CBL-6FT-NMNM+.pdf> (Luettu: 20.4.2015).
- [27] Gylen, H., "Suurtaajuuspiirien perusteet". Kurssimateriaali. Turun ammattikorkeakoulu. 2007.
- [28] Viestintävirasto, "Turun ammattikorkeakoulun Radio- ja EMC-laboratorion radiolupapäätös". 2013.
- [29] ETSI, "ETSI EN 301 598 v1.1.1. White Space Devices (WSD); Wireless Access Systems operating in the 470 MHz to 790 MHz TV broadcast band; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive". 2014.
- [30] European Commission. Joint Research Centre, "Result summary of RF measurements performed on TV white space devices Carlson RuralConnect version 1.0". 2014.
- [31] European Commission. Joint Research Centre, "RF tests on TVWSD performed at JRC Ispra". 2014.

# Carlson Wireless RuralConnect TV White Space Radio



CLIENT STATION

## RuralConnect® TV White Space Radio

**FASTER SPEED, BETTER COVERAGE and LOWER COST**  
TV WHITE SPACE BROADBAND RADIO

Imagine rural broadband where it's never been before, bringing telemedicine, distance learning and residential connectivity to last-mile locations. RuralConnect uses vacant TV frequencies (TV White Space Spectrum : 470 to 698 Mhz domestically | 470 to 790 Mhz internationally) to bring wireless broadband to homes, businesses, and municipal sites. TV frequencies penetrate foliage and weave around hills and other barriers that render microwave or Wi-Fi inoperable.

### FCC-Approved

The Federal Communications Commission (FCC) has certified the RuralConnect TV white space (TVWS) radio system for use with the Spectrum Bridge TV white spaces database. This FCC certification brings to market an unparalleled ability to provide truly affordable long distance, non line of sight (NLOS) high speed wireless connectivity.



BASE STATION

### APPLICATIONS:

- Rural Broadband Internet Access
- Community Hotspot Backhaul
- Nomadic Broadband
- NLOS backhaul and middle mile
- VoIP/SIP Networks
- Video Surveillance & Security
- Mobile Command Unit
- Home Networks
- M2M SCADA Communications:
  - Smart Grid & Metering
  - Traffic Signal Communications
  - Oil & Gas Well and Pipeline Monitoring
  - Wind Farms

### BASE MODEL NO.

6MHz : SRCIP-AP-RM-UHF-F

8MHz : SRCIP-AP-RM-UHF-F-8

### SPLIT BASE MODEL NO.

6MHz : SRCIP-AP-ODU-UHF-F

8MHz : SRCIP-AP-ODU-UHF-F-8

### CLIENT MODEL NO.

6MHz : SRCIP-CS-ODU-UHF-F

8MHz : SRCIP-CS-ODU-UHF-F-8

### FEATURES:

#### The Beachfront Spectrum Advantage

The RuralConnect is a software-defined radio designed to support access to vacant television bands. In 2010, the FCC made these unoccupied TV channels available for unlicensed broadband with range and propagation superior to microwave.

#### Greater Throughput, Lower Latency and Higher Reliability

With data speeds up to 20 Mb/s (16 Mb/s US) OTA, the RuralConnect offers the throughput necessary for today's Internet needs. Advanced receiver technology blocks nearby high-power cellular TV signals from interfering. Examples of different distances and modulation settings to show throughputs and link margin are shown on a chart on the back.

#### Multiple Applications

The RuralConnect can be used to create point-to-point and point-to-multipoint networks.

#### Remote Management and Diagnostics

The RuralConnect is operated over an easy-to-use, comprehensive cloud-based management system that provides a centralized platform for efficient and securely managed network operations.

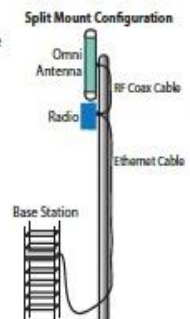
#### Better than 900MHz

TV White Space offers up to 220MHz of new spectrum to help alleviate the advance of 900MHz smart meters.

#### Base Available with Indoor or Split Mount Cabinetry

All indoor: Typically installed in building or outdoor cabinet, this model incorporates the radio in the rack mountable enclosure. This is a typical configuration for backhaul radios.

**Split mount option:** To eliminate RF cable loss, a split base option is available. This includes a pole-mountable ODU and a rack mount cabinet. This special configuration is beneficial because it shortens the distance from antenna to radio through the RF Coax Cable, which increases throughput.



Carlson Wireless Technologies, Inc.  
2700 Foster Avenue  
Arcata, CA 95521 USA

T: +1 707.822.7000  
F: +1 707.822.7010  
E: info@carlsonwireless.com



**SYSTEM SPECIFICATIONS**

Frequency Bands	UHF 470-698 MHz (US) UHF 470-790 MHz (ETSI)
Channel Spacing	6 MHz (US), 8 MHz (ETSI)
Modulation	16QAM, QPSK, BPSK
OTA Data Rates	(6MHz) 4, 6, 8, 12, and 16 Mb/s (8MHz) 5, 7.5, 10, 15, 20 Mb/s
Data Rate Control	Adaptive or fixed
Receive Interface	Proprietary technology is used to reduce co-channel interference
RX Sensitivity	-93 dBm for 10-6 BER using QPSK 1/2 -86 dBm for 10-6 BER using 16QAM 1/2 -80 dBm for 10-6 BER using 16QAM
RX Blocking Resistance	-50 dBm TV transmission on chan N+2 -20 dBm cellular station transmissions
RX Max Signal	-16 dBm with full linearity
Operating Mode	TDD (Time Division Duplexing)

**NETWORK SPECIFICATIONS**

Typical Client Loading Management	10 clients with 4Mb/1.6Mb res SLA Cloud-based browser using https interface
End-to-End Latency	100-120 ms

**REGULATORY SPECIFICATIONS**

FCC ID'S	OPA-RC2-BS and OPA-RC2-CPE
ACP and Spectrum Mask	Meets FCC and ETSI specifications

**ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS**

Operating Temperature	-30° to 55° C
Operating Humidity	Up to 95%, non-condensing
Shock and Vibration	MIL-STD-810

**BASE STATION**

RF Transmit Power	+26dBm (+23dBm US) within +/- 1dB
Antenna Connector	"F" type female 75 Ohms

**MECHANICAL SPECIFICATIONS**

	<b>ALL INDOOR</b>	<b>SPLIT BASE (+CPE SPECS)</b>
Unit Dimensions	16.75" x 10.5" x 3"	16.75" x 7" x 1.75"
Enclosure Material	Painted steel	Painted steel
Weight	6 lbs	3.5 lbs
Mounting	19 inch EIA 2 unit rack	Base in rack CPE on mast

**POWER - INDOOR RACK MOUNT**

Voltage	100-240 VAC, 50-60 Hz
Current	Tx: 30W, Rx: 15W, Idle: 13W
Connector	Coaxial DC Adaptor 24 VDC

**CLIENT STATION**

RF Transmit Power	+25dBm (+23dBm US) within +/- 1dB
Antenna Connector	"F" type female 75 Ohms

**MECHANICAL SPECIFICATIONS**

Unit Dimensions	7.5" x 3.25" x 9"
Enclosure Material	Painted anodized aluminum
Weight	5 lbs 8 oz
Mounting	Outdoor on mast or wall

**POWER - OUTDOOR TOWER MOUNT**

Voltage	100-240 VAC, 50-60 Hz or 12-24 VDC
Current	Tx: 24W, Rx: 10W, Idle: 8W
Connector	POE

Below are examples of different distances and modulation settings to show throughputs and link margin in a 6 MHz US channel. (Values for 8 MHz ETSI channels are approximately 25% greater.)

Downlink TCP/IP	OTA rate in Mb/s	Modulation	Distance in mi	Base Ant Gain in dBi	CPE Ant Gain in dBi	RF Cable loss in dB	Frequency in MHz	ERP in dBm (Client)	Rx Threshold in dBm	Link Margin in dB
2-3	4	BPSK	16	5	9	2.0	574	32	-96	22.9
2-3	4	QPSK 1/2	14	5	9	2.0	685	32	-93	19.6
3-4	6	QPSK 3/4	10.4	5	12	2.0	573	36	-91	24.7
5-6	8	16QAM 1/2	5.2	5	10	2.0	695	34	-86	22.0
7-8	12	16QAM 3/4	3.7	5	12	2.0	590	36	-84	26.4
10-11	16	16 QAM	2.4	5	11	2.0	490	35	-80	28.8

Model No.	Type	Beamwidth	Polarity	Frequency	Gain	Impedance	Connector	Weight	Dimensions
053-470-786-5-2B-V	Omni	360 Deg	Vertical	470-786 MHz	6 dBi	75 ohm	F (f)	25 lbs	42" x 6" dia.
053-470-786-75-10	Sector	90 Deg	V or H	470-786 MHz	10 dBi	75 ohm	F (f)	8 lbs	14" x 36"
057-470-786-8-F	Directional	45 Deg	Vertical	470-786 MHz	8 dBi	75 ohm	F (f)	2 lbs	14" x 15"
057-470-698-15-7	Directional	35 Deg	Vertical	470-786 MHz	11 dBi	75 ohm	F (f)	7 lbs	12" x 60"
057-470-786-13-F	Directional	15 Deg	Vertical	470-786 MHz	13 dBi	75 ohm	F (f)	8 lbs	14" x 50"



Carlson Wireless Technologies, Inc.  
2700 Foster Avenue  
Arcata, CA 95521 USA

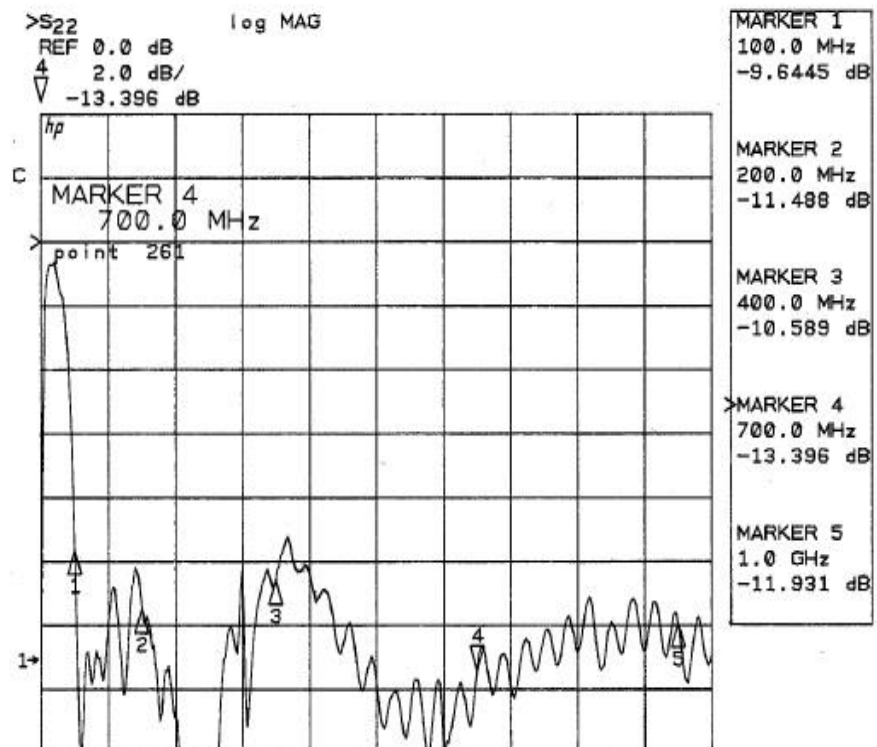
E: info@carlsonwireless.com  
T: +1 707.822.7000  
F: +1 707.822.7010

Specifications subject to change without notice  
US Patent Pending  
Updated 5.2.14



## Aerial D100-1000 Biconical Antenna Datasheet

Type	D100/1000
Frequency	100...1000 MHz
Bandwidth	900 MHz
Impedance	50 $\Omega$ DC grounded
VSWR	2,0 max
Polarisation	Vertical
Gain	2 dBi
E-plane 3 dB beamwidth	70°
H-plane 3 dB beamwidth	-
Electrical downtilt	None
Front to back ratio	-
Max. Continuous power	0,5 kW
RF-connector	N or 7/16 female
Operational windspeed	40 m/s (default)
Survival windspeed	55 m/s (default)
Wind area	0,45 m <sup>2</sup>
Dimensions ( $\varnothing$ xH)	$\varnothing$ 400/60 mmx2100 mm
Weight	17 kg
Mounting diameter	$\varnothing$ 30...115 mm pipe
Materials	Aluminium Glassfiber radome Glass reinforced PE Hot dip galvanised steel
Options	Available with both aluminium and steel pedestal



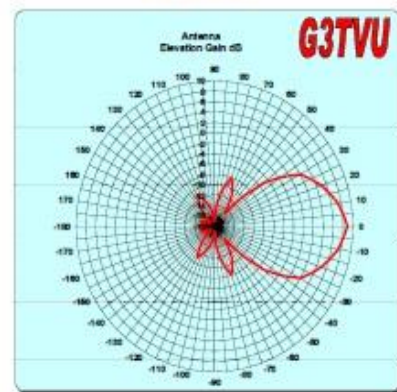
## Logaritmis-periodisen suunta-antennin datalehti



### Log Periodic Directional UHF Antenna for RuralConnect® CPE

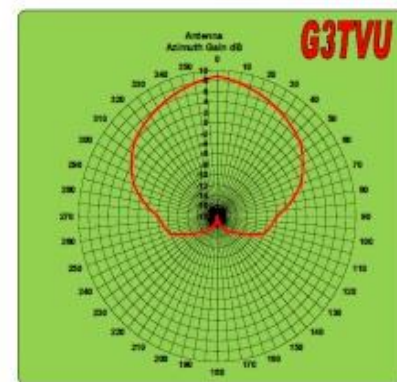


ELEVATION



Frequency Range	470 - 786 mHz
Gain	9 dBi
VSWR	1.5:1
Active Elements	10, 5/16" diameter
Radiation Pattern	35° vertical, 30° horizontal
Maximum Height	14"
Maximum Length	15"
Polarization	Linear : Vertical or horizontal
Shipping Weight	4 lbs.
Connector	F connector
Impedance	75 ohm
Wind Rating	125 mph
Wind Load	12 lbs
Front to Back Ratio	20 dB
Power Rating	20 Watts

AZIMUTH



The log periodic directional antenna is known for its consistent wide bandwidth capabilities. This antenna displays a very flat gain across the band in long-range testing. Its small size makes for easy and unobtrusive installations.

**UPS Shippable!**



"UPS in shield design is a registered trademark of United Parcel Service of America, Inc. used by permission."

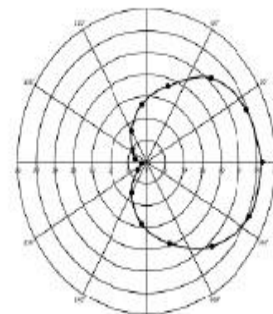


## Sektoriantennin datalehti



### Sector Antenna for RuralConnect®

<b>Frequency Range</b>	470 - 786 MHz		
<b>Gain</b>	9 dBi averaged over 90 degrees		
<b>VSWR</b>	1:1.5		
<b>Active Elements</b>	15, 5/16" diameter		
<b>Radiation Pattern</b>	E plane: 90 degrees +0/-3 dB H plane: 30 degrees +/- 1 dB		
<b>Dimensions</b>	14" x 12" x 42"		
<b>Front-to-Back Ratio</b>	25 dB min.		
<b>Polarization</b>	Linear : Horizontal or vertical		
<b>Shipping Weight</b>	16 lbs.		
<b>Carton Dimensions</b>	7" x 18" x 40"		
<b>Connector</b>	75 ohm - F male with 3' pigtail 50 ohm - BNC male with 3' pigtail		
<b>Impedance</b>	75 ohm (50 ohm option also available)		
<b>Materials</b>	Aluminum and stainless steel		
<b>Operating Temp.</b>	-60 to 75 degrees Celsius		
<b>Wind Surface Area</b>	Surface Area	100 mph	120 mph
<b>with no ice</b>	1.16 sq ft.	29.77 lbs	42.86 lbs
<b>with 1/2 in. ice</b>	1.93 sq ft.	49.35 lbs	71.07 lbs



Designed for high gain, this wideband sectorial antenna is fully operational in very adverse climates. The high front-to-back ratio is an important feature for use in multiple antenna base sites. The antenna does not require any field tuning or adjustments over the entire UHF TV band.

The antenna comes equipped with a 3-foot RF lead, fixed at the rear of the mounting pipe.

Stainless steel mounting brackets to fit 1-inch to 2-inch NPS masts are included.

### UPS Shippable!



"UPS in shield design is a registered trademark of United Parcel Service of America, Inc. used by permission."

## PoE-HP-50i-injektorin datalehti



## POE-HP-xxi Power-Over-Ethernet Power Supply/Inserter



### "CARRIER CLASS" POWER OVER ETHERNET SYSTEM

The POE-HP-xxi is an advanced 802.3af compliant power supply/inserter. The power supply is autoranging on the input and has a regulated voltage output and it has overload and short circuit protection. The POE-HP-xxi is not a proprietary unit. It will function with any equipment which is compliant with the IEEE 802.3af POE standards. The POE-HP-xxi does not include the intelligent detection algorithms detailed in the 802.3af spec which means that the POE-HP-xxi will power up any device connected to it. The power is supplied on ethernet pins 4/5 (V+) and 7/8 (V-). The POE-HP-xxi comes complete with a standard North American 115VAC power cord. International cords are available upon request.

Using power over Ethernet to power remote devices has several advantages including;

- The power supply can be centrally located where it can be attached to an uninterruptible power supply.
- The user has the ability to easily power on and reset the attached equipment from a remote location.
- There is no need to run additional power cabling to the device as power can be supplied over the CAT5 ethernet cable.
- The power supply can power a remote device up to 300 feet away, limited only by the Ethernet standard.

### FEATURES

- High power (50W) output
- Auto ranging power supply / inserter
- Overload and short circuit protection
- Minimum cross talk and insertion loss
- Advanced switching technology – runs cool
- Complies with IEEE 802.3af POE standard

### MARKETS

- Remote routers, access points, and bridges
- Remote networking equipment
- Remote camera systems
- 400MHz to 10GHz systems
- SOHO equipment
- IP phone systems

## POE-HP-xxi

### Power-Over-Ethernet Power Supply/Inserter

#### SPECIFICATIONS

Input Voltage:	90 – 264VAC @ 47 – 63Hz
Input Current @ Full Load:	0.6A @ 120VAC 0.35A @ 230VAC
Efficiency:	80% Min.
Output Voltage:	POE-HP-50i 50VDC @ 1A POE-HP-24i 24VDC @ 2A
Minimum Load:	0.1A Min
Output Ripple:	1% Max
Line Regulation:	1%
Load Regulation:	2%
Operating Temperature:	-15 to +60 deg C
Storage Temperature:	-40 to +85 deg C
Operating Humidity:	5% to 90% non condensing
Size (L x W x H):	4.88" x 2.88" x 1.47" (124 x 74 x 38mm)
Weight:	8oz (227gm)
AC Connector:	IEC 320 EN 60320 C13 (F)
Data IN Conn.:	RJ45 Shielded Socket
Data/POE OUT Conn.:	RJ45 Shielded Socket
LED:	(amber) Green

#### COMPLIANCE

IEEE	802.3af POE Standard Mode B
EMI	EN55022 ( CISPR22) class B Meets CE
EMS	EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11

#### 802.3AF POE POWER UP SEQUENCE

1. Detection – Look for 802.3af compliant signature
2. Startup – Ramp power safely
3. Operation – Continuously monitor for short circuit or overload

#### SYSTEM ORDERING INFORMATION

POE-HP-50i	50VDC @ 1A POE Power Supply / Inserter (Includes AC Power Cord)
POE-HP-24i	24VDC @ 2A POE Power Supply / Inserter (Includes AC Power Cord)

#### NOTES

- All shipments F.O.B. Schaumburg, IL 60173
- All POE products carry a 1 Year Warranty



Power Supply Inserter AC Power IN  
(90-264VAC)@120V/230



Power Supply Inserter  
Data IN

Power Supply Inserter  
Data/POE OUT

# Fairspectrumin verkkohallintaliittymä

WSD Manager
WSD Log
Organization
Log out

## WSD Manager

Name	Station GUID	FCC ID	Rules	Latitude	La U	Longitude	Lo U	Fixed	M/S	Antenna	H Type	E Class	TechID	Chs	IP Address	Block	Delete WSD
<input type="checkbox"/> Carlson	d53303e-6b77-45c9-ab9f-1f6cd27982b	OPA-RC2	Ofcom 1	61.60727590000000	0	-0.12765970000000	0	<input type="checkbox"/>	Master	4	AGL				149.6.148.166	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CSB0042	d8756c5-4085-4701-4038-5c556330437a	OPA-RC2	WISE	60.44761000000000		22.29974400000000		<input type="checkbox"/>	Master	8	AGL	3			193.166.135.164	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CSB0090	e729691-30a7-472f-4063-bd447bd0e20c	OPA-RC2	WISE	60.44878900000000		22.29647200000000		<input type="checkbox"/>	Master	20	AGL	3			188.238.190.140	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CST00482	87d0e91-a04e-4a0c-b79e-ee1623a85c	OPA-RC2	WISE	60.44826000000000		22.29875700000000		<input type="checkbox"/>	Slave	8	AGL	3			193.166.135.164	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CST00485	1d79aac1-aac6-4461-b03b-e894c4164287	OPA-RC2	WISE	60.44869600000000		22.29604900000000		<input type="checkbox"/>	Slave	30	AGL	3			193.166.135.164	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CST00489	550343c5-acdf-4a66-90ff-97da27ea721e	OPA-RC2	WISE	60.44922100000000		22.29768300000000		<input type="checkbox"/>	Slave	30	AGL	3			193.166.135.164	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CST00491	0e68a01a311-4eb4-9631-af4c-8b0b0b5a8	OPA-RC2	WISE	60.44775500000000		22.29592000000000		<input type="checkbox"/>	Slave	30	AGL	3			193.166.135.164	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CST00667	c15eab76-0c77-4780-b049-9c15a177ae21da	OPA-RC2	WISE	60.44728100000000		22.29724400000000		<input type="checkbox"/>	Slave	8	AGL	3			188.238.190.140	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> CST00666	c455f0f2-930c-41c5-8872-3d01a8c4e04a9	OPA-RC2	Ofcom 1	68.951441946924000	0	-2.883767341025500	0	<input type="checkbox"/>	Slave	5	AGL				149.6.148.166	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> Ofcom	66-86-77-11b		JRC 1	61.470183184077000		-0.08949746704102		<input type="checkbox"/>	Master	0					130.232.148.157	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> TEST_PAVSI	g65-89-77-65		Ofcom 1	60.451461655913000		22.253150939941000		<input type="checkbox"/>	Master	10.2	AGL				2.127.196.22	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> TEST_TUAS	544-998-666-254	487	Ofcom 1	60.61100000000000		22.11910000000000		<input type="checkbox"/>	Master	0					193.166.135.196	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> TUAS2	57-89-86		JRC 1	45.08900000000000		8.639999999999981		<input type="checkbox"/>	Master	0		3			77.234.125.126	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> Turku	66-86-77-11		WISE	60.451546312449310	0.4	22.292118072509766	0.6	<input type="checkbox"/>	Master	10.1	AGL	3	67		193.166.135.196	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> WISE	Juhani_Hallio_TestScripti	38	WISE	60.44761000000000		22.29974400000000		<input type="checkbox"/>	Master						193.166.139.137	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>
<input type="checkbox"/> WISE_pavis	88Kk-345		Ofcom 1	65.7595324197105	0	37.6378686524375	0	<input type="checkbox"/>	Master	8	AGL	3		CH: 40 dBm: 15.96	130.233.165.77	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Delete"/>



Log messages

LogID	Time	Type	StationGUID	Message	Latitude	Longitude	Antenna	IP Address	Delete
3950891	2015-03-20T09:59:03+00:00	paws_resp_getSpectrum	0e86a061-4311-4eb4-9531-af4c80bb58	<pre>{   "jsonrpc": "2.0",   "result": {     "type": "AVAIL_SPECTRUM_RESP",     "version": "1.0/draft-06",     "timestamp": "2015-03-20T09:59:03+00:00",     "deviceId": "af4c80bb58",     "serialNumber": "0e86a061-4311-4eb4-9531-af4c80bb58",     "fccId": "OPA-RC2-CPE",     "spectrumSchedules": [       {         "eventTime": {           "startTime": "2015-03-20T09:58:03+00:00",           "stopTime": "2015-03-20T10:13:03+00:00"         },         "spectra": [           {             "bandwidth": 8000000,             "frequencyRanges": [               {                 "startHz": 478000000,                 "stopHz": 480000000,                 "maxPowerDbm": 34.000000,                 "startHz": 494000000,                 "stopHz": 502000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 502000000,                 "stopHz": 510000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 510000000,                 "stopHz": 518000000,                 "maxPowerDbm": 22.000000,                 "startHz": 518000000,                 "stopHz": 526000000,                 "maxPowerDbm": 35.000000,                 "startHz": 526000000,                 "stopHz": 534000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 534000000,                 "stopHz": 550000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 550000000,                 "stopHz": 558000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 558000000,                 "stopHz": 566000000,                 "maxPowerDbm": 22.000000,                 "startHz": 566000000,                 "stopHz": 574000000,                 "maxPowerDbm": 23.000000,                 "startHz": 574000000,                 "stopHz": 582000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 582000000,                 "stopHz": 590000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 590000000,                 "stopHz": 598000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 598000000,                 "stopHz": 606000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 606000000,                 "stopHz": 614000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 614000000,                 "stopHz": 622000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 622000000,                 "stopHz": 630000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 630000000,                 "stopHz": 638000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 638000000,                 "stopHz": 646000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 646000000,                 "stopHz": 654000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 654000000,                 "stopHz": 662000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 662000000,                 "stopHz": 670000000,                 "maxPowerDbm": 5.000000,                 "startHz": 670000000,                 "stopHz": 678000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 678000000,                 "stopHz": 686000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 686000000,                 "stopHz": 694000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 694000000,                 "stopHz": 702000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 702000000,                 "stopHz": 710000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 710000000,                 "stopHz": 718000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 718000000,                 "stopHz": 726000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 726000000,                 "stopHz": 734000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 734000000,                 "stopHz": 742000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 742000000,                 "stopHz": 750000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 750000000,                 "stopHz": 758000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 758000000,                 "stopHz": 766000000,                 "maxPowerDbm": 24.000000,                 "startHz": 766000000,                 "stopHz": 774000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "startHz": 774000000,                 "stopHz": 782000000,                 "maxPowerDbm": 36.000000,                 "needSpectrumReport": true,                 "id": "1"               }             ]           }         ]       }     ]   } }</pre>	60.4477550000000000	22.2952200000000000	30	193.166.135.164	Delete
3950890	2015-03-20T09:59:03+00:00	paws_req_getSpectrum	0e86a061-4311-4eb4-9531-af4c80bb58	<pre>{   "method": "spectrum.paws.getSpectrum" }</pre>	60.4477550000000000	22.2952200000000000	30	193.166.135.164	Delete
3950889	2015-03-20T09:59:02+00:00	paws_resp_getSpectrum	d675f605-4d86-4701-b038-5c656930437a	<pre>{   "jsonrpc": "2.0",   "result": {     "method": "spectrum.paws.getSpectrum"   } }</pre>	60.4477550000000000	22.2952200000000000	8	193.166.135.164	Delete
3950888	2015-03-20T09:59:02+00:00	paws_req_getSpectrum	d675f605-4d86-4701-b038-5c656930437a	<pre>{   "method": "spectrum.paws.getSpectrum" }</pre>	60.4477550000000000	22.2952200000000000	8	193.166.135.164	Delete

## Turun testiverkon alue

