



Petri Vehkaoja

IPCS-SISÄVERKON JA WLAN-VERKON YHTÄAIKAINEN TOIMINTA



IPCS-SISÄVERKON JA WLAN-VERKON YHTÄAIKAINEN TOIMINTA

Petri Vehkaoja
Opinnäytetyö
13.4.2012
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU		TIIVISTELMÄ		
Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Tietotekniikka	Insinöörityö	27	+	7
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Langattomat laitteet	13.4.2012			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
9Solutions	Petri Vehkaoja			
Työn nimi				
IPCS-sisäverkon ja WLAN-verkon yhtäaikainen toiminta				
Avainsanat				
IPCS, WLAN, Bluetooth, paikannus				

Insinöörityö tehtiin projektina 9Solutions-yritykselle, joka valmistaa IPCS-paikannuslaitteita. Tässä työssä tutkittiin IPCS- ja WLAN-verkkojen toimintaa keskittyen yhtäaikaisten vierekkäisten verkkojen toisilleen aiheuttamiin häiriöihin.

Opinnäytetyössä suunniteltiin mittausympäristö, jossa tehtiin erilaisia mittauksia IPCS- ja WLAN-verkkojen välillä. Työssä keskityttiin pääasiassa IPCS-verkon toimivuuteen ja sen häiriötekijöiden löytämiseen.

Työssä mitattiin WLAN- ja IPCS-verkon toimintaa yhtäaikaaisesti, BER (Bit Error Rate) -viestien määrää, hälytysviestien perille saapumisaikaa sekä paikkaviestien määrää ja onnistumisprosenttia. Opinnäytetyössä saavutettiin työlle asetetut tavoitteet ja kattavien mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että IPCS- ja WLAN-verkot eivät häiritse toistensa toimintaa.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
LYHENTEET JA TERMIT	5
1 JOHDANTO	6
2 VERKKOJEN TOIMINTA	7
2.1 WLAN	7
2.1.1 WLAN-verkkostandardeja	7
2.1.2 WLAN taajuuudet	8
2.2 IPCS	8
2.3 Bluetooth	8
2.3.1 Bluetooth-tekniikka	9
2.3.2 Bluetooth-verkot	9
3 MITTAUSTEN SUUNNITTELU	10
4 MITTAUKSET	15
4.1 Mittausten valmistelu	15
4.2 WLAN-mittaukset	17
4.3 BER-mittaus	21
4.4 Hälytysviestit	22
4.5 Paikkaviestit	24
5 POHDINTA	25
LÄHTEET	26
LIITTEET	27

LYHENTEET JA TERMIT

Bluetooth	2,4 GHz:n taajuudella toimiva avoin standardi laitteiden langattomaan kommunikointiin lähietäisyydellä.
CCU	Cell Controller Unit.
DC++	Avoimen lähdekoodin vertaisverkko-ohjelma.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, ammattijärjestö jonka toimenkuvaan liittyy tietoliikenne- ja verkkostandardien kehitys
IPCS	Indoor Positioning and Communication Solution, langaton paikannusjärjestelmä.
Node	IPCS-verkossa toimiva tukiasema.
Reititin	Tietoverkkoja yhdistävä laite.
Serveri	Tietokoneessa suoritettava palvelinohjelmisto.
Tagi	Laitetta käytetään henkilön sijainnin paikantamiseen
Wireshark	Verkkoprotokollien analysointiohjelma.
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkkotekniikka.
YnHub	Palvelinohjelma, jolla voidaan toteuttaa yksityinen serveri.

1 JOHDANTO

Tässä työssä tutkittiin IPCS- ja WLAN-verkkojen toimintaa tilanteissa, joissa molemmat verkot ovat toiminnassa yhtä aikaa. Työn tilaajana toimii 9Solutions-yritys ja työ toteutettiin OAMK tekniikan yksikön tiloissa.

9Solutions on yritys, joka kehittää, valmistaa ja myy IPCS-paikannuslaitteita. IPCS (Indoor Positioning and Communication Solution) on langaton ja reaaliaikainen paikannusjärjestelmä, jonka avulla voidaan seurata ihmisiä tai tavaroita sisätiloissa tai suljetuilla alueilla.

Työn tarkoituksena oli toteuttaa tilaajayritykselle mahdollisimman kattava tutkimus, joka käsittelee IPCS- ja WLAN-verkkojen toimintaa yhtäaikaaisesti. Työn pääpaino kohdistuu IPCS-verkon toimivuuteen ja sen mahdollisten häiriötekijöiden löytämiseen.

Tämä työ tehtiin tutkimuksena 9Solutions-yritykselle. Työstä saadut mittaustulokset ja työn toteuttamiseen käytetyt tiedot kuuluvat yritykselle, joten opinnäytetyössä ei esiinny kaikkia tutkimuksista saatuja tuloksia ja tietoja.

2 VERKKOJEN TOIMINTA

2.1 WLAN

WLAN tarkoittaa langatonta lähiverkkotekniikkaa, jonka lyhenne tulee sanoista Wireless Local Area Network. Langattomalla lähiverkolla tarkoitetaan verkkoa, jossa verkon laitteet voidaan yhdistää toisiinsa ilman erillisiä kaapeleita. (1.)

WLAN-verkot koostuvat yksityisistä ja julkisista verkoista. Yksityisiä WLAN-verkkoja löytyy esimerkiksi kotitalouksista ja yrityksistä. Verkko on toteutettu niin, että tilaan tulevaan tietoliikenneyhteyteen on liitetty langaton tukiasemamodeemi. Langattoman verkon ansiosta tilaan ei tarvitse kaapeloida erillistä verkkoa. (1.)

Julkisella WLAN-verkolla tarkoitetaan verkkoa, johon jokainen pystyy liittymään omalla tietokoneella tai esimerkiksi älypuhelimella. Tällaisia verkkoja tarjoavat esimerkiksi ravintolat, kahvilat, hotellit, lentoasemat, kirjastot ja koulut. Yleensä verkkojen käyttäminen on ilmaista, mutta joissain tapauksissa se saattaa olla maksullista. (1.)

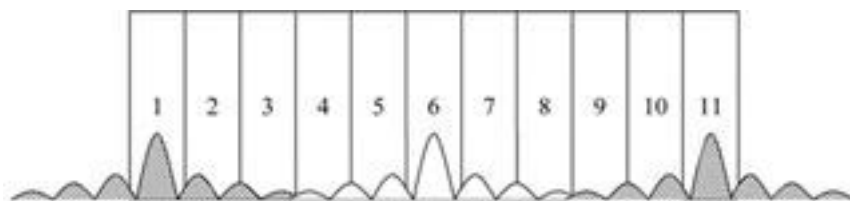
2.1.1 WLAN-verkkostandardeja

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) on ammatillinen järjestö, jonka toimenkuvaan liittyy tietoliikenne ja verkkostandardien kehitys. IEEE on kehittänyt 802.x-standardit auttamaan verkkojen kehityksessä ja yhteensopivuudessa.

IEEE 802.11 on standardi langattomille WLAN-verkoille. Suosituimmat käytössä olevat standardit ovat 802.11b (11 Mbit/s) ja 802.11g (54 Mbit/s). (1.)

2.1.2 WLAN taajuudet

Euroopassa on käytössä 13 WLAN-kanavaa, jotka toimivat 2,412 GHz:n - 2,472 GHz:n taajuudella. Kaikilla näillä 13 kanavalla on hieman erilainen keskitaajuus, joilla ne toimivat. Vierekkäiset kanavat voivat häiritä toisiaan, sillä kanavataajuudet menevät hieman limittäin. Paras suorituskkyky saavutetaan, jos verkot jaetaan kanaville 1, 6 ja 11. (2.)



KUVA 1. WLAN-kanavat jaettuna kanaville 1,6 ja 11 (2.)

2.2 IPCS

IPCS (Indoor Positioning and Communication System) on järjestelmä, jolla voidaan paikantaa ihmisiä, koneita ja laitteita reaaliajassa sisätiloissa ja suljetuilla alueilla. IPCS-paikannusjärjestelmä käyttää paikannuksessa apuna Bluetooth 2.1 -tekniikkaa. (3.)

2.3 Bluetooth

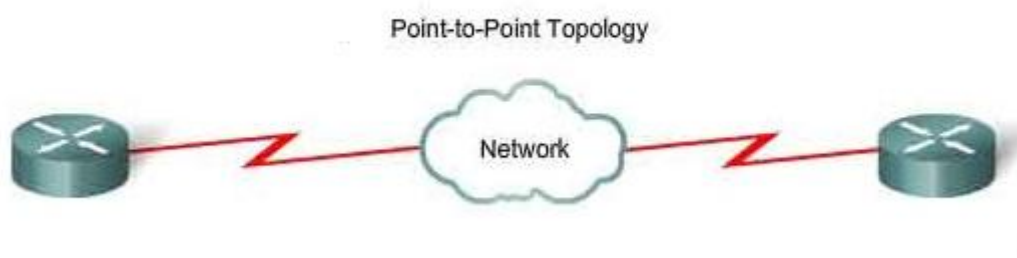
Bluetooth on lyhyen kantaman radiotekniikkaan perustuva siirtotekniikka, joka mahdollistaa laitteiden kommunikoinnin lähietäisyydeltä. Bluetooth on kehitetty korvaamaan kaapelit matkapuhelimien, PC:n, tulostimien ja muiden oheislaitteiden välillä. Bluetoothilla toimivia laitteita on yleisesti käytössä esimerkiksi kotitalouksissa. Näitä laitteita voivat olla mm. tietokoneiden oheislaitteet: näppäimistöt, hiiret, kuulokkeet, kaukosäätimet ja peliohjaimet. (4.)

2.3.1 Bluetooth-tekniikka

Bluetooth toimii taajuusalueella 2,4000 GHz - 2,4835 GHz. Kanavia kyseisellä taajuusalueella Bluetoothin käytössä on 79. Yhden kanavan taajuussiirto on 1 MHz. Bluetooth kykenee symmetrisessä tiedonsiirrossa 432,6 kbit/s:n nopeuteen ja asymmetrisesti lähtevässä 721 kbit/s:n ja saapuvassa 57,6 kbit/s:n nopeuteen. Symmetrisellä tiedonsiirrolla tarkoitetaan yhteyttä, jossa siirtonopeus on yhtä suuri kumpaankin suuntaan. Asymmetrisellä tarkoitetaan yhteyttä, jossa suurimman kapasiteetin saa suunta, jossa datakuorma on suurin. (4.)

2.3.2 Bluetooth-verkot

Bluetooth perustuu ns. Point-To-Point-yhteyteen, jossa kaksi laitetta kommunikoi keskenään. Toinen laitteista on isäntä (master) ja toinen orja (slave). Yhdessä verkossa voi olla maksimissaan seitsemän orjaa ja yksi isäntälaitte kerrallaan. Verkkoja voidaan yhdistää toisiinsa isäntä- tai orjalaitteen kautta ja näin voidaan rakentaa lähes rajattoman kokoisia verkkoja. Laitte voi olla toisessa verkossa joko isäntä tai orja, mutta laite voi kuitenkin keskustella vain yhden laitteen kanssa kerrallaan. (4.)



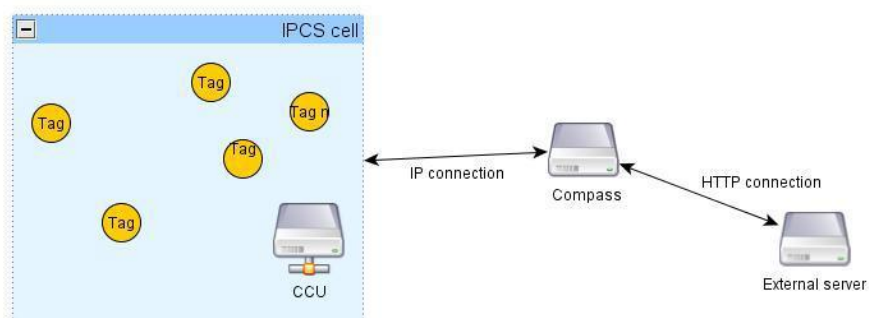
KUVA 2. Point-to-Point-verkko (5.)

3 MITTAUSTEN SUUNNITTELU

Suunnitteluvaiheessa mietittiin, mitä työssä halutaan mitata ja mitä asioita pitää ottaa huomioon toteutuksessa. Aluksi työstä tehtiin projekti- ja mittaussuunnitelma, jossa määriteltiin tarkasti työn resurssit, toteuttaminen, mittaukset ja mittauksen dokumentointi.

Työ toteutettiin OAMK:n tekniikan yksikön työtilassa. Mittausympäristöä suunniteltaessa oli tärkeää ottaa huomioon tilan koko ja muu verkkoliikenne tilassa. Ennen mittauksen aloittamista tila esimitattiin spektrianalysaattorilla mittaustilanteen ollessa pois päältä ja sama toistettiin tilanteen ollessa kytkettynä. Esimittauksen avulla pystyttiin näkemään mahdolliset muut häiriösignaalit, jotka voisivat vaikuttaa mittaukseen.

Tilaa varasi käyttööni IPCS-laitepaketti, joka sisälsi mittauksia varten tarvittavan laitteiston. Laitepaketti sisälsi Id Badge Tageja (kuva 4), joita käytetään henkilön sijainnin paikantamiseen. Paketti sisälsi myös node-tukiasemia (kuva 5), joilla itse verkko voidaan toteuttaa, ja IPCS Cell Controller Unitin (CCU) (kuva 6), joka liittää verkon IPCS-paikannuspalvelimeen (Compass- ja Smooth- järjestelmään) internetin välityksellä. (Kuva 3.)



KUVA 3. IPCS-verkko (3.)



KUVA 4. Id Badge Tagi (3.)

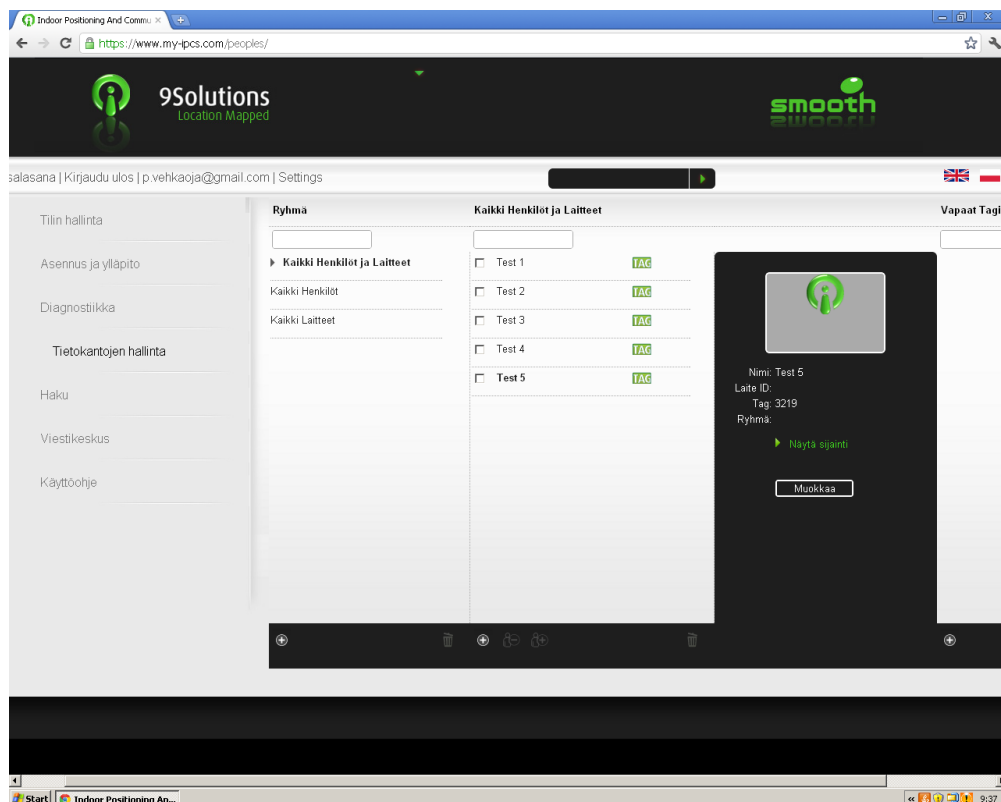


KUVA 5. Node-tukiasema (3.)



KUVA 6. IPCS Cell Controller Unit (3.)

Verkon rakentaminen tapahtui Smooth-käyttöjärjestelmää käyttäen. Smooth-käyttöjärjestelmä on helppokäyttöinen selaimella toimiva ympäristö, johon kirjaudutaan yksilöllisillä käyttäjätunnuksilla (kuva 7). Smooth-käyttöjärjestelmän avulla pystytään paikantamaan henkilöitä tai esineitä karttapohjalla. Järjestelmä kertoo myös hälytykset, tukihenkilön kutsumisen, tagin akun tilan tai tilan siitä, onko henkilö vapaana tai varattuna.

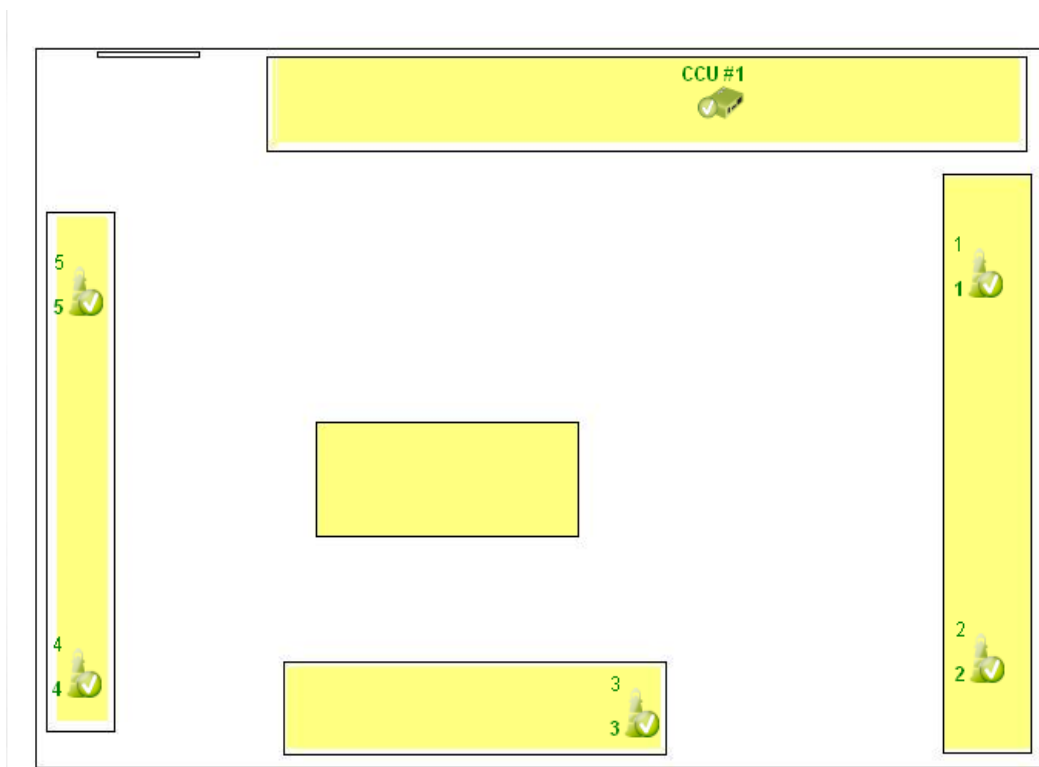


KUVA 7. Smooth-käyttöliittymä

Työtilan koon perusteella päätimme rakentaa verkon, jossa Cell Controller-yksikön lisäksi käytössä oli viisi node-tukiasemaa sijoitettuna ympäri huonetta. Normaalissa paikannustilanteessa tämän kokoisessa tilassa olisi riittänyt yksi node paikannustarkkuuden saamiseksi. WLAN-verkon toimivuutta mitattaessa pitää ottaa huomioon nodejen määrä, koska se voi olla syynä WLAN-signaalin mahdolliseen heikentymiseen.

Mittauksia toteutettaessa node-tukiasemien määrä päätettiin pitää samana kaikissa mittauksissa, mutta osassa mittauksissa Id Badge Tagien määrää vaihdeltiin.

Aluksi järjestelmään ladattiin pohjakuva käytettävästä tilasta, jonka jälkeen pohjakuvalle aseteltiin CCU ja tarvittavat node-tukiasemat (kuva 8). Seuraavaksi itse tilaan sijoitettiin fyysiset laitteet niille merkityille karttapohjan paikoille. Tämän jälkeen järjestelmään voitiin lisätä tageja, jonka jälkeen ne ovat paikannettavissa järjestelmässä.



KUVA 8. CCU ja nodet karttapohjalla

Työssä mitataan pääasiassa IPCS-verkon toimintaa ja sitä, miten WLAN-verkot mahdollisesti vaikuttavat sen toimivuuteen. Mittauksia aloitettaessa piti ottaa huomioon, että WLAN-verkoissa on käytössä 13 kanavaa, joilla kaikilla on eri keskitäajuus. Tämän vuoksi osa mittauksista täytyi suorittaa kaikilla 13 kanavalla, jotta saatiin mahdollisimman tarkka tutkimus aikaiseksi.

Langattoman verkon tukiasemista osa on suunniteltu käytettäväksi Amerikassa ja osa Euroopassa. Tämän takia osassa tukiasemista löytyy 11 kanavaa ja osasta laitteista 13 (taulukko 1). Työssä suoritetuista mittauksista osa on myös toistettu kanavilla 12 ja 13, jotka ovat vähemmän käytettyjä Euroopassa. (2.)

TAULUKKO 1. WLAN-taajuuudet (2.)

Kanava	Keskitaajuus	Eurooppa	USA ja Kanada
1	2412 MHz	x	x
2	2417 MHz	x	x
3	2422 MHz	x	x
4	2427 MHz	x	x
5	2432 MHz	x	x
6	2437 MHz	x	x
7	2442 MHz	x	x
8	2447 MHz	x	x
9	2452 MHz	x	x
10	2457 MHz	x	x
11	2462 MHz	x	x
12	2467 MHz	x	
13	2472 MHz	x	

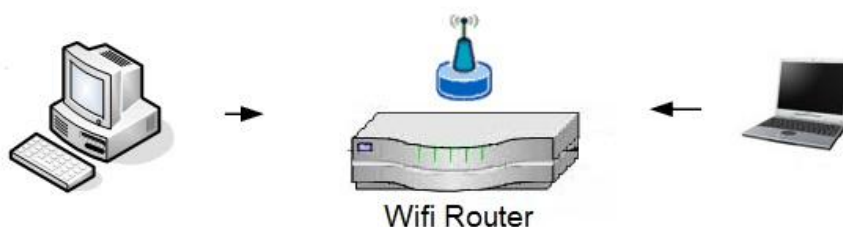
4 MITTAUKSET

4.1 Mittausten valmistelu

Mittauksissa käytettiin apuna Wireshark-ohjelmaa, jonka avulla verkkoprotokollia voidaan analysoida. Mittauksissa dataa lähetettiin kahden tietokoneen välillä, josta Wireshark-ohjelma kaappasi dataa myöhempää analysointia varten. Datan lähetys tietokoneiden välillä tapahtui DC++- ja YnHub-ohjelmaa käyttäen.

Mittauksia varten hankittiin erillinen WLAN-tukiasema, joka oli suojattu siten, että ulkopuoliset laitteet eivät pystyneet liittymään samaan verkkoon. Mittaukset suoritettiin siten, että pöytäkone ja kannettava tietokone olivat yhdistettynä DC++-ohjelmalla luomaani serveriin, jonka avulla pystyttiin tekemään tiedonsiirtoa langattomasti lähiverkon välityksellä (kuva 9). Pöytäkoneeseen oli asennettuna langaton verkkokortti, joten kumpikin tietokone oli kytkettynä tukiasemaan langattomasti. Jokaisessa mittauksessa käytettiin samaa testidatapakettia, joka oli kooltaan noin 700 megabittiä.

IPCS-verkon toteuttamista varten tilaan olisi riittänyt normaalisti yksi node-tukiasema, mutta näissä mittauksissa päätettiin käyttää viittä tukiasemaa yhden sijasta. Nodejen määrä pidettiin samana kaikkien mittausten aikana, mutta tagien määrää vaihdeltiin. Mittaustuloksia analysoidessa täytyi ottaa huomioon node-tukiasemien normaalista poikkeava määrä, joka saattaa heikentää WLAN-signaalia.

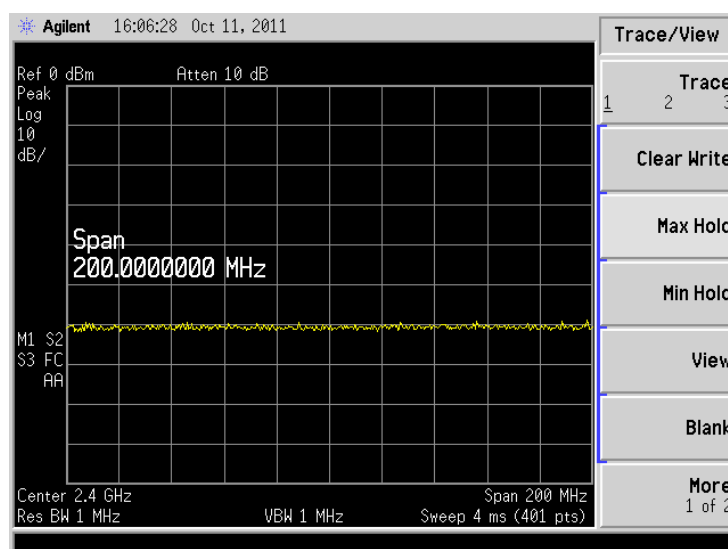


KUVA 9. WLAN-verkon kytkentä

Ennen mittauksen aloittamista tila mitattiin spektrianalysaattorilla (kuva 10). Mittaus tehtiin aluksi tyhjälle tilalle, ja tilalle, jossa oli aluksi vain toinen verkko asennettuna, ja lopuksi kumpikin verkko oli asennettu (liite 1). Spektrianalysaattoriin asennettiin antenni, joka mittaa 2,4 GHz:n taajuutta. Esimittauksissa spektrianalysaattorin arvoina käytettiin jaksonaikaa 200 MHz, ja vaimennusta 10 dB. Esimittauksen jälkeen pystyimme havainnoimaan, että tilassa ei ollut muuta häiritsevää liikennettä, joten itse mittaukset voitiin aloittaa (kuva 11).



KUVA 10. Spektrianalysaattorimittaus

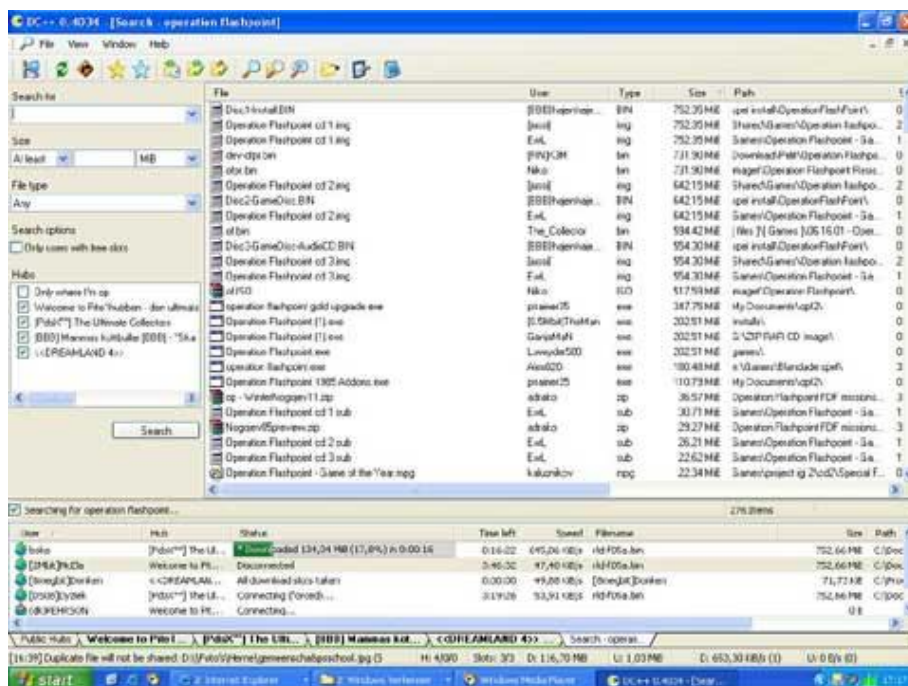


KUVA 11. Tyhjän tilan mittaus

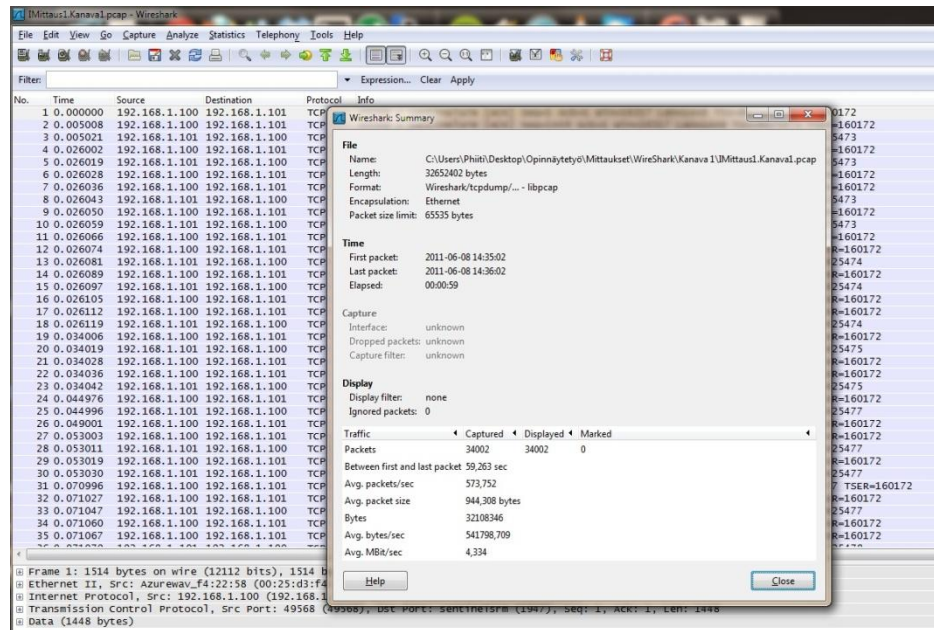
4.2 WLAN-mittaukset

Ensimmäisessä mittauksessa tutkittiin, miten IPCS-verkko vaikuttaa WLAN-verkon toimivuuteen. Mittaus suoritettiin lähettämällä dataa kahden tietokoneen välillä ja kaappaamalla sitä Wireshark-ohjelmalla. WLAN-verkossa on käytössä 13 kanavaa, joten mittaus toistettiin kaikilla näillä kanavilla. Mittauksien aikana tietokoneet olivat yhdistettynä DC++-ohjelmalla luomaani YnHub-serveriin. Kaikissa mittauksissa käytettiin samaa 700 megabitin testidatapakettia tiedonsiirrossa koneiden välillä.

Aluksi WLAN-tukiasema asetettiin käyttämään kanavaa 1, ja tietokoneet yhdistettiin tukiasemaan. Tässä vaiheessa IPCS-laitteisto ei ollut vielä kytkettynä päälle. Tämän jälkeen tietokoneet yhdistettiin luomaani YnHub-serveriin DC++-ohjelmaa käyttäen, ja tiedonsiirto koneiden välillä aloitettiin (kuva 12). Samaan aikaan asetettiin Wireshark-ohjelma nauhoittamaan koneiden välistä tiedonsiirtoa yhden minuutin ajaksi (kuva 13). Sama mittaus toistettiin kymmenen kertaa, jonka jälkeen tulokset kerättiin taulukoihin (liite 2).



KUVA 12. DC++-tiedonsiirto

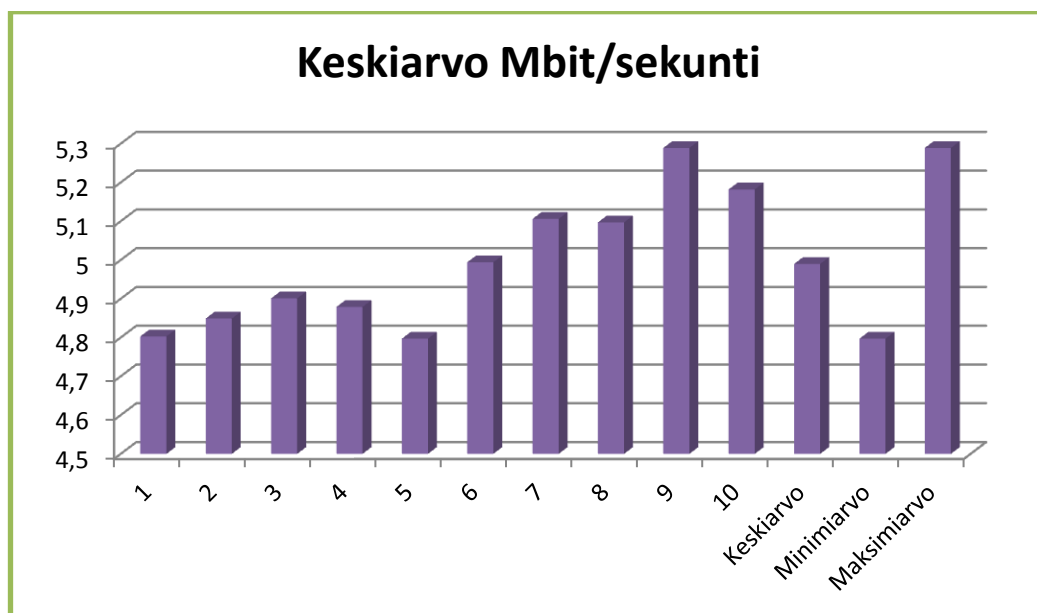


KUVA 13. Datan nauhoitus Wireshark-ohjelmalla

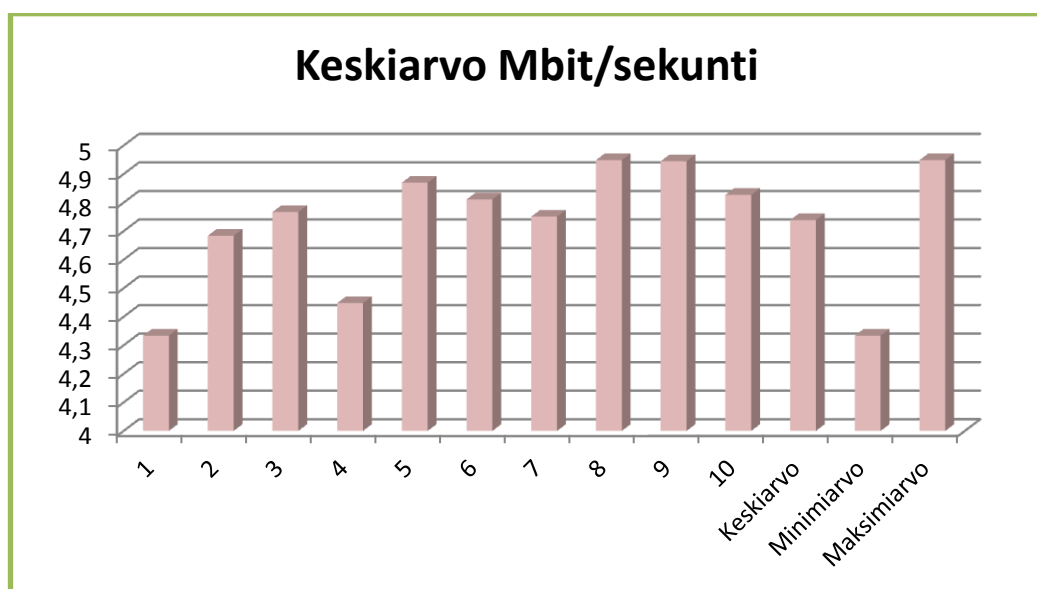
Taulukoihin on kerätty tietoa lähetetyistä paketeista, keskiarvo pakettia/sekunti, keskiarvo byte/sekunti ja keskiarvo Mbit/sekunti. Tämän jälkeen kerätyistä sarakkeista on laskettu keskiarvot, ja etsitty minimi- ja maksimi-arvot (liite 2). Jokaisesta taulukosta on tehty myös diagrammit helpottamaan taulukoiden lukemista.

Kun tiedot oli kerätty ylös taulukoihin, samat mittaukset toistettiin kanavalla 1, mutta nyt IPCS-laitteisto kytkettiin samaan aikaan käyttöön.

IPCS-laitteiston ollessa päällä tilassa oli samaan aikaan kytkettynä kymmenen tagia, jotka lähettivät paikkaviestejä node-tukiasemille säännöllisin väliajoin. Sillä hetkellä oltiin tilanteessa jossa, WLAN-verkko ja IPCS- verkko keskustelivat yhtä aikaa. Tämä mittaus suoritettiin myös kymmenen kertaa, jonka jälkeen tulokset kerättiin taulukoihin. Näitä kahta taulukkoa vertaamalla pystyttiin näkemään ero pelkän WLAN-verkon ollessa käytössä, ja kummankin verkon ollessa toiminnassa yhtä aikaa (kuva 14, kuva 15).

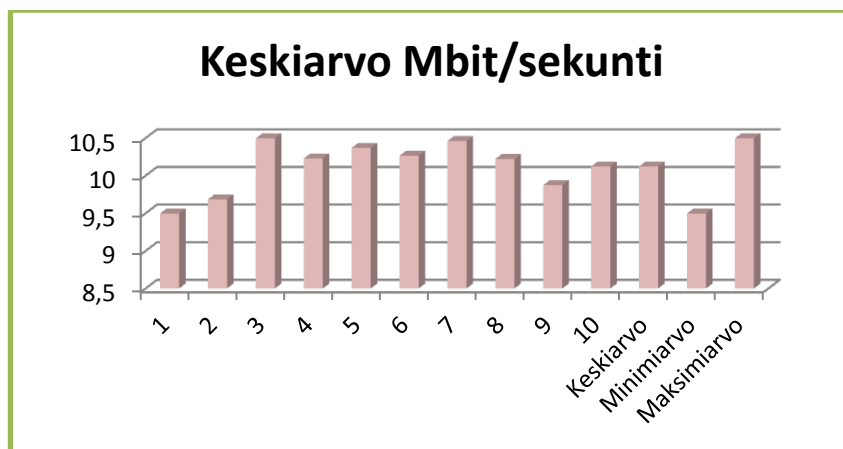


KUVA 14. WLAN-kanava 1, IPCS OFF

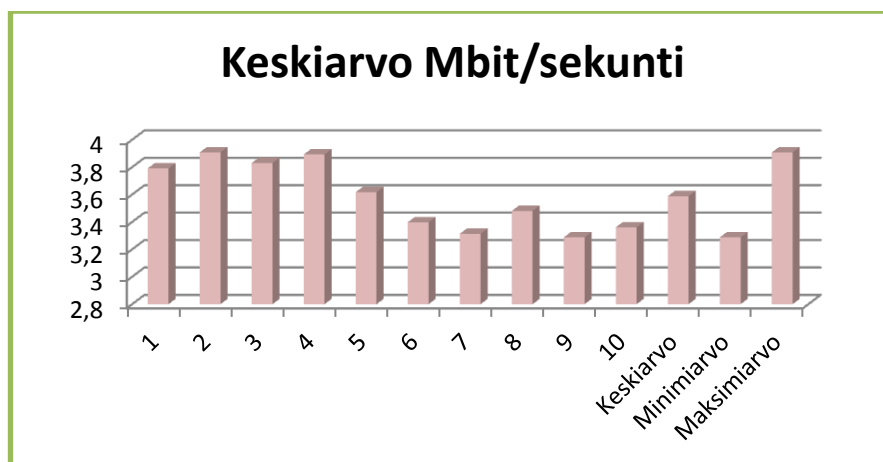


KUVA 15. WLAN-kanava 1, IPCS ON

Nämä kaikki mittaukset suoritettiin samalla tavalla kaikille 13 kanavalle, ja niistä tehdyt taulukot löytyvät liitteestä 2. Samat mittaukset toistettiin myös uudestaan kanaville 1, 6 ja 11 (liite 3). Mittaukset toteutettiin muuten samalla tavalla, mutta nyt viidessä tagissa oli päivitetty ohjelmistoversio. Päivityksen tarkoituksena oli saada tagit lähettämään paikkaviestejä tiheämmin ja verrata näitä mittaustuloksia aikaisempiin tuloksiin (kuva 16, kuva 17). Näistä mittaustuloksista löytyvät taulukot liitteestä 2 ja 3.



KUVA 16. WLAN-kanava 6, IPCS ON



KUVA 17. WLAN-kanava 6 päivitetyllä ohjelmalla, IPCS ON

Mittauksissa käytettiin viittä node-tukiasemaa normaalin yhden tukiaseman sijasta, vaikka yksikin tukiasema olisi riittänyt paikannustarkkuuden saamiseksi. Mittaukset toistettiin kaikilla 13:lla WLAN-verkossa käytössä olevalla kanavalla, sekä erikseen myös IPCS-verkon ollessa yhtäaikaaisesti kytkettynä päälle. Mittaukset toistettiin myös päivitetyllä ohjelmistoversiolla, jonka tarkoituksena oli saada tagit lähettämään paikkaviestejä normaalia tiheämmin. Tuloksia verrattaessa voi nähdä, että verkot eivät aiheuta toisilleen ongelmia toimiessaan yhtäaikaisesti.

4.3 BER-mittaus

Toisessa mittauksessa mitattiin BER (Bit Error rate) -viestien määrää tunnin aikana. Näitä mittauksia varten päätettiin mitata WLAN-kanaville 6 ja 11 ja tilanteessa, jossa WLAN-verkko oli kokonaan pois kytkettynä.

BER-viestejä kerääminen tapahtui CCU:n log-tiedostoa nauhoittamalla. Ensimmäisenä tehtiin mittaus, jossa WLAN-verkkoa ei ollut kytkettynä päälle. CCU:n logia kerättiin yhden tunnin ajan ja tulokset tallennettiin ylös. Samat mittaukset toistettiin myös WLAN-verkon ollessa kytkettynä kanavilla 6 ja 11. WLAN-verkkoa mitattaessa käytettiin tässä mittauksessa isompaa testidatapakettia, jotta WLAN-verkossa tapahtui tiedonsiirtoa koko mittauksen ajan.

Tulokset kerättiin Excel-taulukkoon, jossa esiintyvät tiedot BER min, max, keskiarvo ja mediaani. Näistä mittauksista löytyvät taulukot liitteestä 4.

BER-mittaukset toistettiin WLAN-kanaville 6 ja 11, ja tilanteessa, jossa WLAN-verkko oli kokonaan pois kytkettynä. Mittauksista saatuja taulukoita vertaamalla voi nähdä, että WLAN-verkko ei vaikuta BER-viestien lukumäärään. Tästä voidaan todeta, että WLAN-verkko ei aiheuta IPCS-verkolle häiriötä myöskään tässä tilanteessa.

4.4 Hälytysviestit

Kolmannessa mittauksessa mitattiin tagien lähettämien hälytysviestien onnistumisprosenttia. Myös nämä mittaukset suoritettiin käyttämällä WLAN-kanavia 6 ja 11, ja tilannetta, jossa WLAN-verkko oli kokonaan pois kytkettynä.

Mittaus suoritettiin manuaalisesti tekemällä hälytys painamalla tagista löytyvää hälytysnappia. Samaan aikaan kun hälysnappia painettiin, lähti sekuntikello juoksemaan ja seurasin Smooth-käyttöjärjestelmästä aikaa kuinka kauan kestää saada hälytysviesti perille.

Mittaus suoritettiin 20 kertaa ja tuloksista tehtiin Excel-taulukko (liite 5), josta löytyy hälytysviestien vastausaika, minimi, maksimi, keskiarvo ja mediaani (kuva 18). Valmistajan mukaan hälytysviestit kulkevat uudella Bluetooth LowEnergy -teknologiaan perustuvalla paikannusjärjestelmällä maksimissaan 5 sekunnissa.

Samaan aikaan mittausta tehdessä kerättiin CCU:n logia hälytyksistä samalla tavalla kuin edellisessä mittauksessa. Sama mittaus toistettiin WLAN-kanavilla 6 ja 11, joissa tapahtui tiedonsiirtoa mittauksen ajan, jonka jälkeen tulokset tallennettiin ylös. Mittaustulokset ja taulukko liitteessä 5.

Wlan liikenne OFF		Kanava 6		Kanava 11	
Hälytykset	Vastausaika (sekunttia)	Hälytykset	Vastausaika (sekunttia)	Hälytykset	Vastausaika (sekunttia)
1	3,20	1	16,80	1	4,90
2	9,40	2	9,00	2	9,60
3	11,00	3	8,80	3	5,00
4	6,40	4	22,40	4	7,20
5	5,80	5	6,70	5	5,90
6	5,60	6	5,30	6	7,60
7	11,40	7	3,50	7	15,40
8	5,00	8	5,90	8	7,60
9	6,50	9	7,80	9	5,60
10	6,80	10	7,20	10	10,20
11	6,00	11	4,80	11	4,50
12	5,80	12	5,90	12	4,50
13	5,50	13	7,80	13	5,80
14	4,60	14	4,20	14	3,00
15	9,50	15	5,20	15	7,90
16	8,70	16	9,80	16	10,20
17	4,90	17	7,60	17	4,30
18	8,50	18	10,20	18	9,30
19	9,70	19	6,40	19	6,60
20	5,90	20	12,70	20	5,60
Minimi	3,2	Minimi	3,5	Minimi	3
Maksimi	11,4	Maksimi	22,4	Maksimi	15,4
Keskiarvo	7,01	Keskiarvo	8,40	Keskiarvo	7,035
Mediaani	6,20	Mediaani	7,40	Mediaani	6,25

KUVA 18. Hälytysviestit

Tässä mittauksessa mitattiin tagien lähettämien hälytysviestin onnistumisprosenttia. Nämä mittaukset toistettiin käyttämällä WLAN-kanavia 6 ja 11, ja tilanteessa, jossa WLAN-verkko oli kokonaan pois kytkettynä. Valmistajan mukaan hälytysviestit kulkevat paikannusjärjestelmässä maksimissaan 5 sekunnissa. Mittauksista kootussa Excel-taulukossa viestien keskiarvoa ja mediaania vertaamalla tulokset eivät eroa merkittävästi toisistaan. Mittauksissa ei myöskään tullut esille tilannetta, jossa hälytysviesti ei olisi laisinkaan tullut perille.

4.5 Paikkaviestit

Neljännessä mittauksessa mitattiin paikkaviestien määrää ja niiden onnistumisprosenttia tunnin aikana. Mittaus suoritettiin ensin käyttämällä vain kahta tagia, ja tämän jälkeen samat mittaukset toistettiin kymmenellä tagilla. Tehtäessä mittauksia kahdella tagilla vietiin muut tagit pois tilasta mahdollisten häiriöiden varalta.

Nämä mittaukset suoritettiin myös WLAN-verkon ollessa pois päältä ja WLAN-verkon kanavilla 6 ja 11. Mittaustulosten kerääminen tapahtui CCU:n logia nauhoittamalla. Myös tässä mittauksessa WLAN-verkon ollessa kytkettynä verkossa tapahtui koko ajan liikennettä tietokoneiden välillä.

Kun kaikki mittaukset oli saatu tehtyä, tulokset kerättiin taulukkoihin. Kahdella tagilla tehdyt mittaukset löytyvät liitteestä 6, ja kymmenellä tagilla tehdyt mittaukset liitteestä 7.

Tässä mittauksessa mitattiin paikkaviestien määrää ja niiden onnistumisprosenttia. Mittaus suoritettiin kahdella ja kymmenellä tagilla. Nämä mittaukset suoritettiin WLAN-verkon ollessa pois päältä ja kanavilla 6 ja 11. Liitetiedostoja 6 ja 7 tutkimalla näkee, että kahdella sekä kymmenellä tagilla tehdyissä mittaustuloksissa ei ole juurikaan eroa. Tästä voidaan todeta, että myöskään tässä tilanteessa verkot eivät häiritse toistensa toimintaa.

5 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin IPCS- ja WLAN-verkkojen toimintaa tilanteissa, joissa molemmat verkot olivat toiminnassa yhtä aikaa. Pääasiassa työssä keskityttiin IPCS-verkon toimivuuteen.

Työ aloitettiin miettimällä, miten mittausympäristö toteutetaan ja mitä asioita mittauksissa täytyy ottaa huomioon. Vaatimusten perusteella toteutettiin mittausympäristö, joka mahdollisti kattavien tulosten keräämisen.

Mittausympäristön rakentaminen ja mittauksen toteuttaminen oli jokseenkin hankalaa, koska IPCS-laitteisto tuli minulle täysin uutena asiana. Ympäristöä rakentaessa piti miettiä, miten laitteiden välistä kommunikointia voidaan kaapata talteen ja mahdolliset häiriötekijät saadaan minimoitua.

WLAN-mittaustuloksia analysoitaessa voidaan todeta, että IPCS-verkko ja WLAN-verkko pystyvät toimimaan ilman häiriöitä yhtäaikaaisesti. WLAN-verkko ei myöskään vaikuta BER-viestien lukumäärään eikä aiheuta ongelmia hälytysviestin lähetyksessä. Paikkaviestien mittauksessa ei myöskään ilmennyt ongelmia verkkojen yhtäaikaisessa toiminnassa.

Verrattaessa alussa laadittuun mittaus suunnitelmaan voidaan todeta, että työssä on saavutettu vaadittavat tulokset. Kattavien mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että IPCS- ja WLAN-verkot eivät häiritse toistensa toimintaa.

LÄHTEET

1. Ossi, Markus. Laajakaistatekniikat. Saatavissa:
<http://www.laajakaistavertailu.fi/Teknologiat.php>. Hakupäivä 13.4.2012.
2. WLAN-verkon perusteet. Saatavissa: <http://www.lan-palvelut.fi/wlan1.php>.
Hakupäivä 13.4.2012.
3. Products. Saatavissa: <http://www.9solutions.com/ipcs-insight/products>.
Hakupäivä 13.4.2012.
4. Bluetooth. Saatavissa:
<http://www.absoluteastronomy.com/topics/Bluetooth#encyclopedia>.
Hakupäivä 13.4.2012.
5. Data link layer. Saatavissa:
http://www.highteck.net/EN/DataLink/Data_Link_Layer.html. Hakupäivä
13.4.2012.

LIITTEET

Liite 1. Spektrianalysaattorikuvat

Liite 2. WLAN-mittaukset

Liite 3. WLAN-mittaukset ohjelmistopäivityksellä

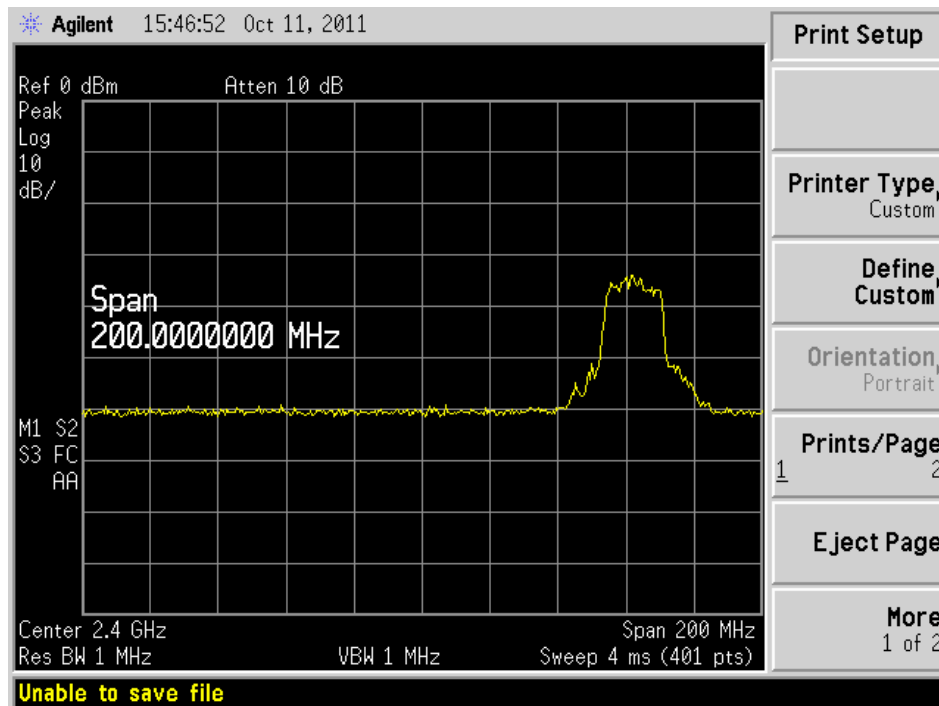
Liite 4. BER-mittaukset

Liite 5. Hälytysviestit-taulukko

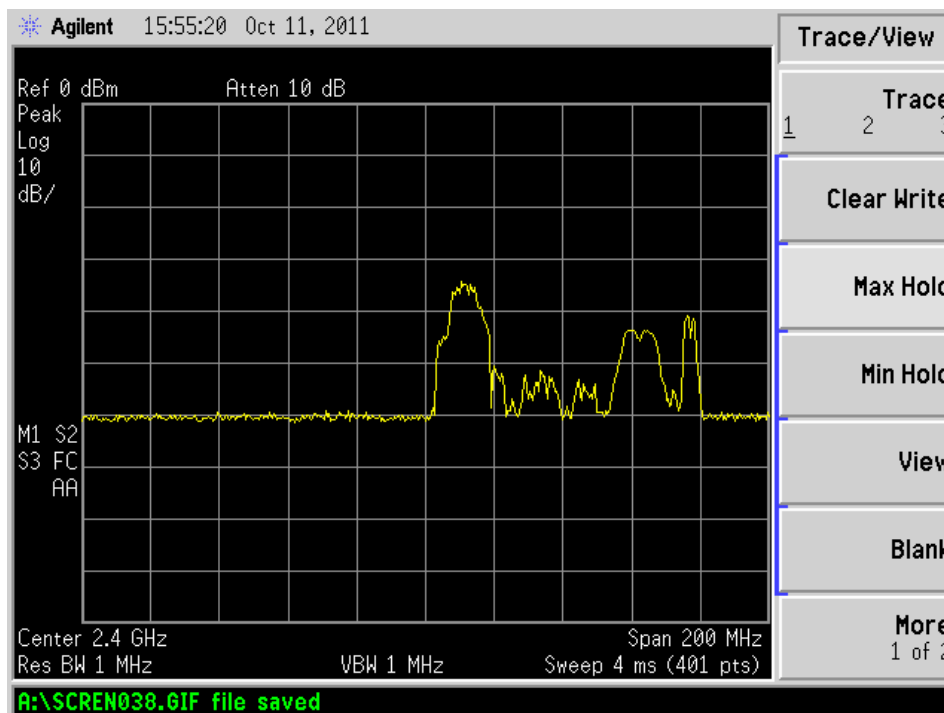
Liite 6. Paikkaviestit kahdella tagilla

Liite 7. Paikkaviestit kymmenellä tagilla

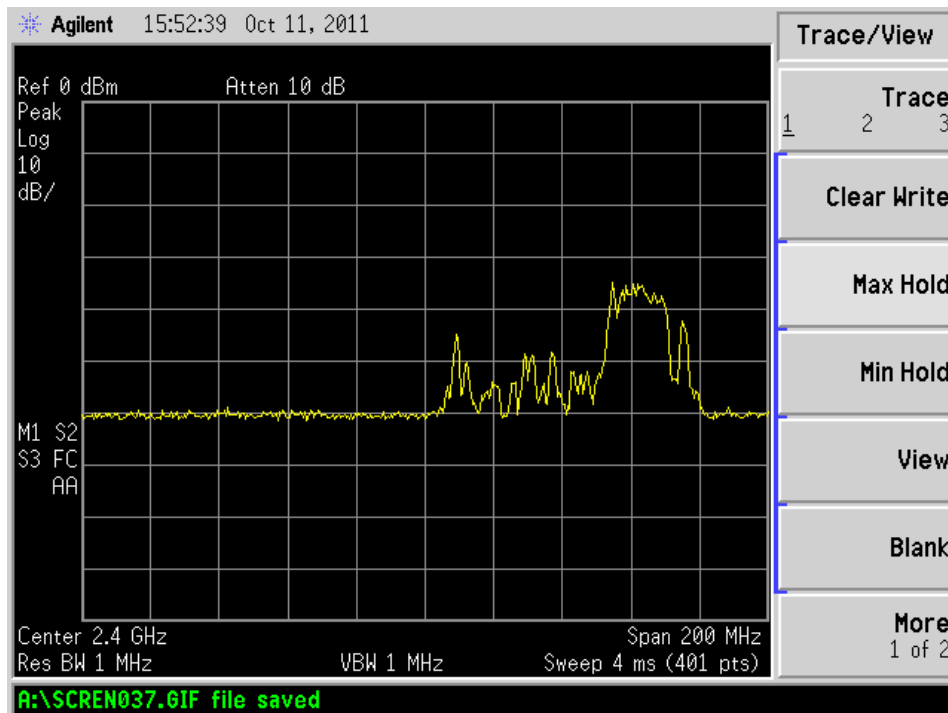
SPEKTRIANALYSAATTORIKUVAT



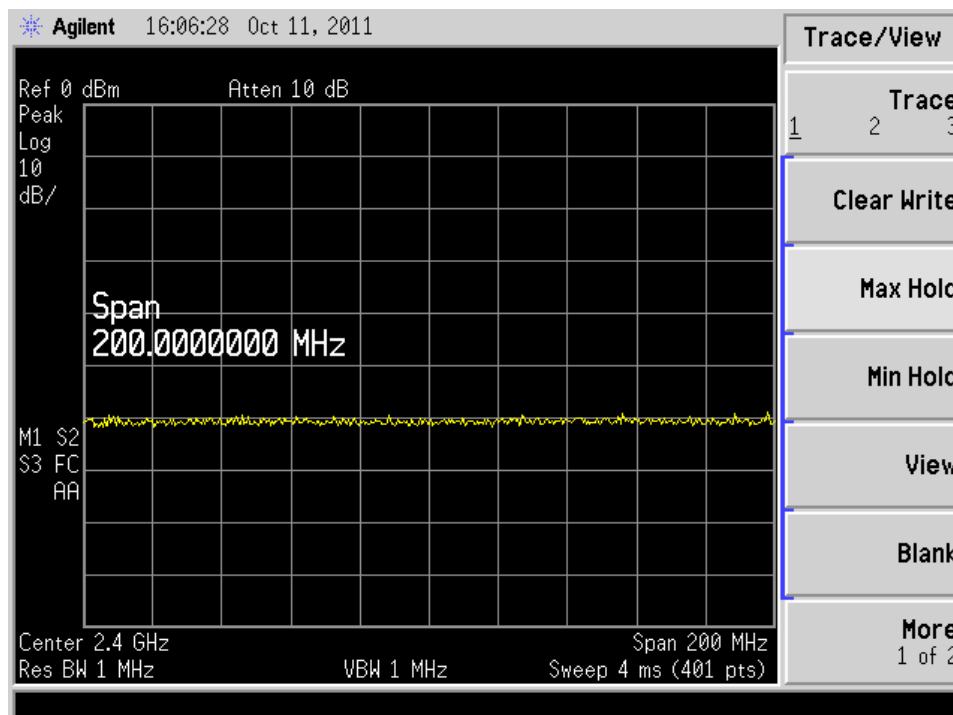
WLAN-verkko päällä.



IPCS-verkko päällä.



WLAN- ja IPCS-verkko päällä.

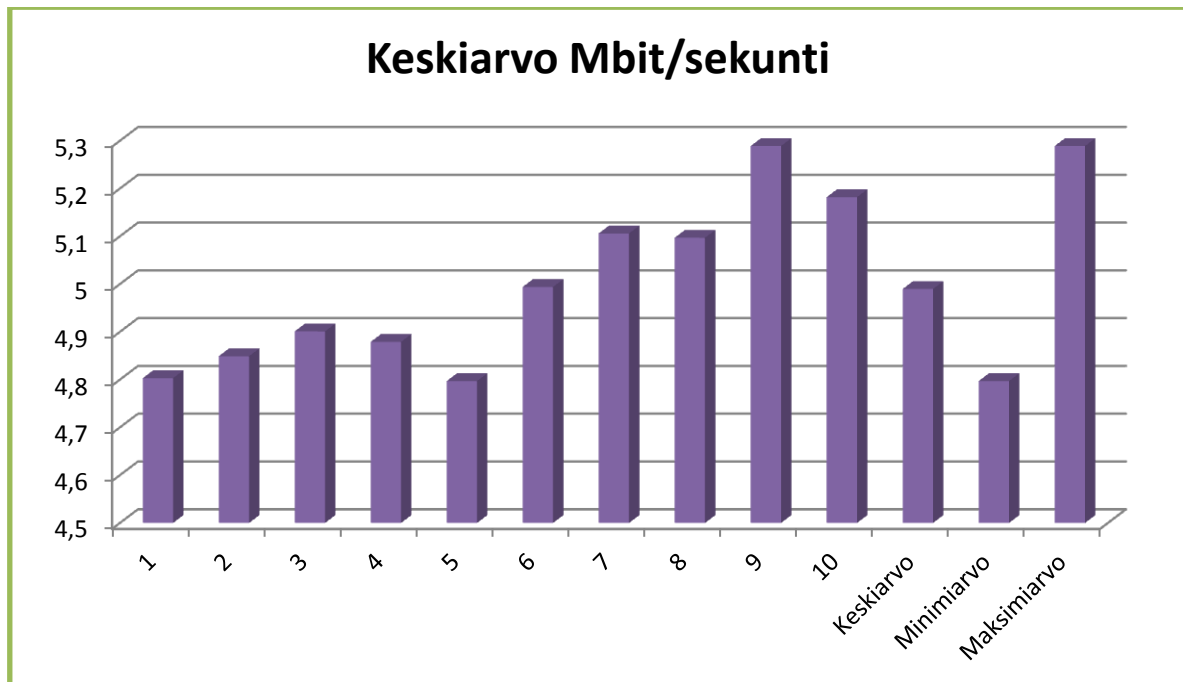


Kaikki verkot pois päältä.

WLAN-MITTAUKSET

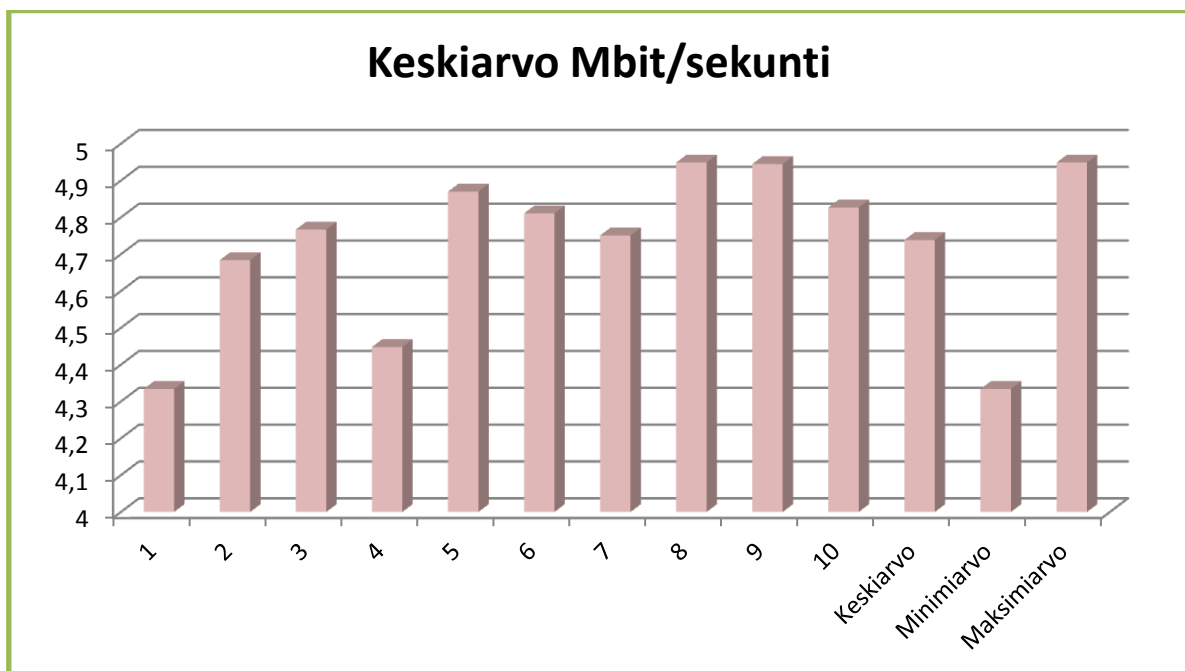
WLAN-kanava 1, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	37853	636,072	600329,804	4,803
2	38603	641,912	606088,106	4,849
3	38765	648,532	612582,996	4,901
4	38644	645,837	609822,022	4,879
5	37573	635,103	599606,955	4,797
6	39249	661,599	624245,592	4,994
7	39916	676,044	638222,041	5,106
8	40601	674,833	637164,667	5,097
9	41747	700,118	661062,927	5,289
10	41095	685,768	647759,133	5,182
Keskiarvo	39404,6	660,5818	623688,4243	4,9897
Minimiarvo	37573	635,103	599606,955	4,797
Maksimiarvo	41747	700,118	661062,927	5,289



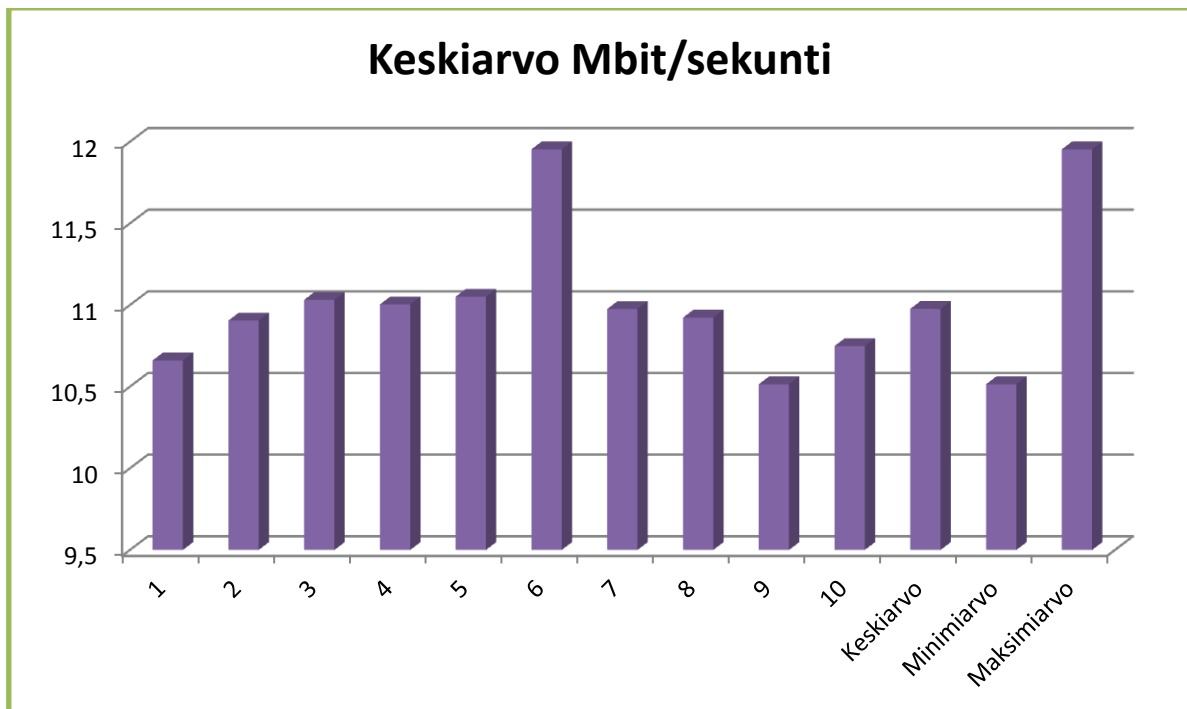
WLAN-kanava 1, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	34002	573,752	541798,709	4,334
2	37415	620,054	585557,937	4,684
3	37453	631,081	595898,288	4,767
4	34866	589,356	556040,805	4,448
5	38110	644,757	608713,715	4,87
6	37786	636,841	601428,83	4,811
7	37463	628,864	593832,889	4,751
8	38696	654,938	618618,4	4,949
9	39251	654,582	618147,631	4,945
10	38155	638,914	603323,045	4,827
Keskiarvo	37319,7	627,3139	592336,0249	4,7386
Minimiarvo	34002	573,752	541798,709	4,334
Maksimiarvo	39251	654,938	618618,4	4,949



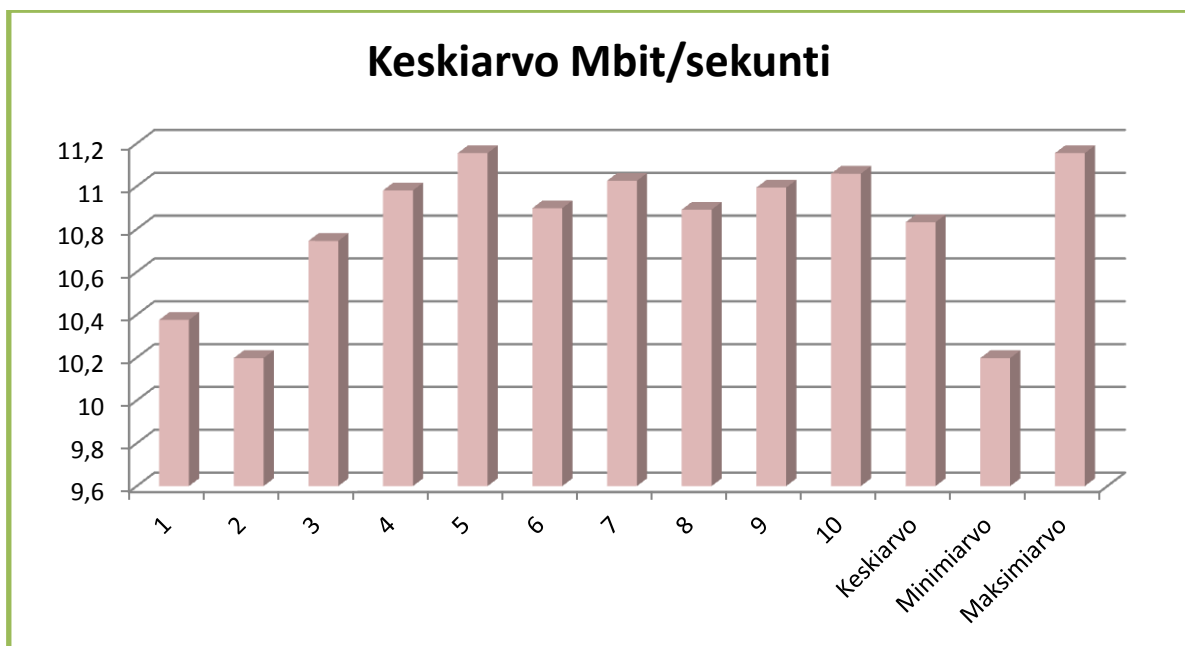
WLAN-kanava 2, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	84192	1411,165	1332585,992	10,661
2	85544	1443,257	1363081,927	10,905
3	86900	1460,021	1379000,87	11,032
4	87065	1456,002	1375530,466	11,004
5	87560	1462,066	1381342,35	11,051
6	85925	1449,599	1369281,503	11,954
7	86047	1452,243	1372042,129	10,976
8	87283	1444,963	1365324,56	10,923
9	82828	1391,106	1314376,321	10,515
10	84359	1421,901	1343614,113	10,749
Keskiarvo	85770,3	1439,2323	1359618,023	10,977
Minimiarvo	82828	1391,106	1314376,321	10,515
Maksimiarvo	87560	1462,066	1381342,35	11,954



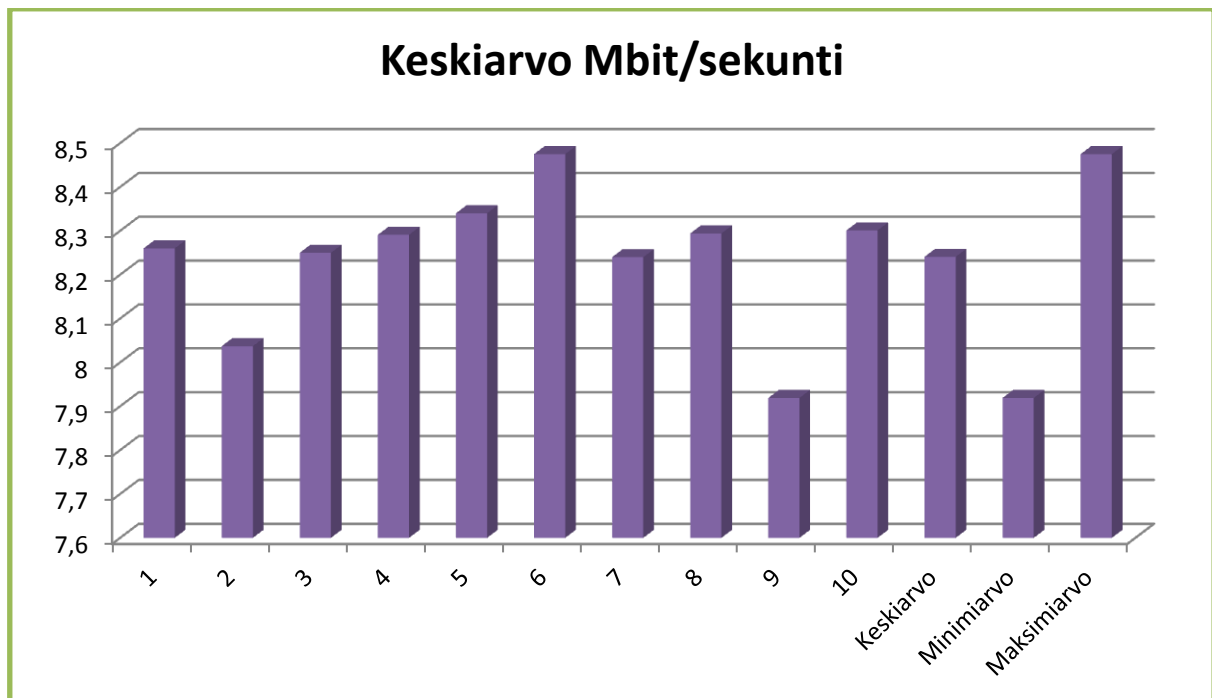
WLAN-kanava 2, IPSC = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	82289	1372,525	1297055,592	10,376
2	81052	1348,77	1274709,988	10,198
3	85125	1421,003	1343092,66	10,745
4	86891	1452,535	1372685,344	10,981
5	87534	1475,399	1394345,359	11,155
6	86162	1441,953	1362274,151	10,898
7	87691	1458,755	1378234,455	11,026
8	85167	1440,619	1361362,135	10,891
9	86406	1454,191	1374253,639	10,994
10	87570	1462,888	1382322,809	11,059
Keskiarvo	85588,7	1432,8638	1354033,613	10,8323
Minimiarvo	81052	1348,77	1274709,988	10,198
Maksimiarvo	87691	1475,399	1394345,359	11,155



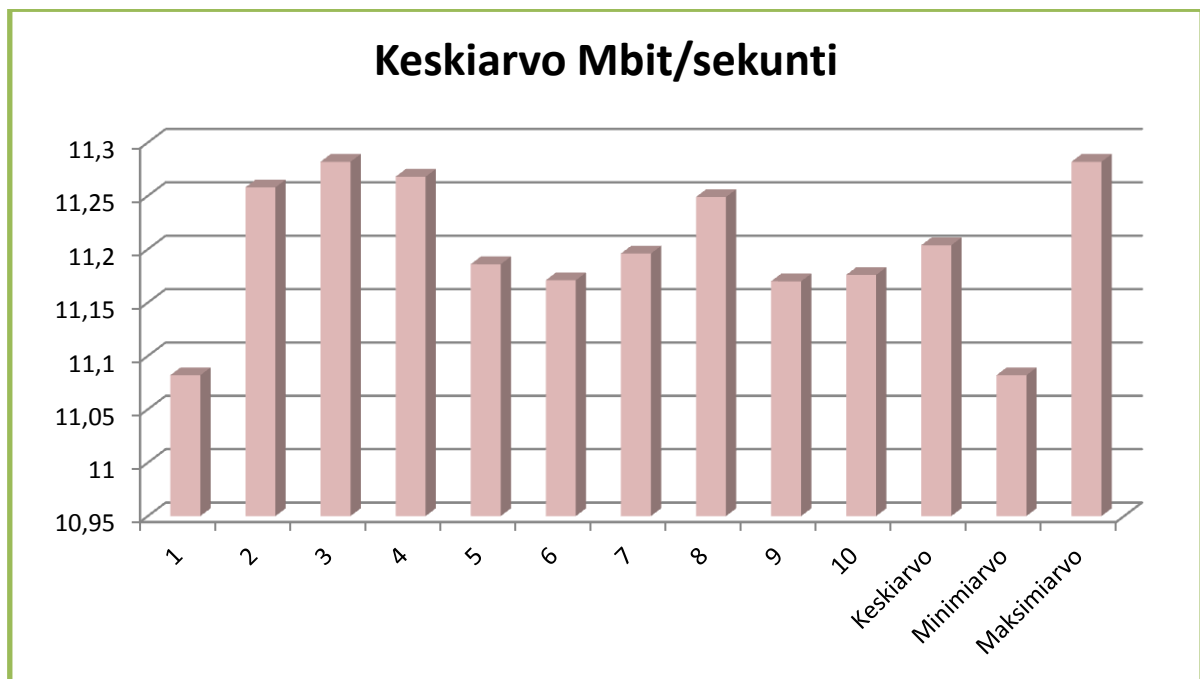
WLAN-kanava 3, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	65656	1093,453	1032448,982	8,26
2	63677	1063,827	1004604,458	8,037
3	65458	1091,981	1031301,285	8,25
4	65660	1097,436	1036330,313	8,291
5	66008	1103,833	1042496,804	8,34
6	66487	1121,305	1396362,887	8,475
7	65205	1090,306	1029995,114	8,24
8	65660	1097,592	1036797,973	8,294
9	62211	1048,093	989886,061	7,919
10	65187	1098,42	1037574,3	8,301
Keskiarvo	65120,9	1090,6246	1063779,818	8,2407
Minimiarvo	62211	1048,093	989886,061	7,919
Maksimiarvo	66487	1121,305	1059396,13	8,475



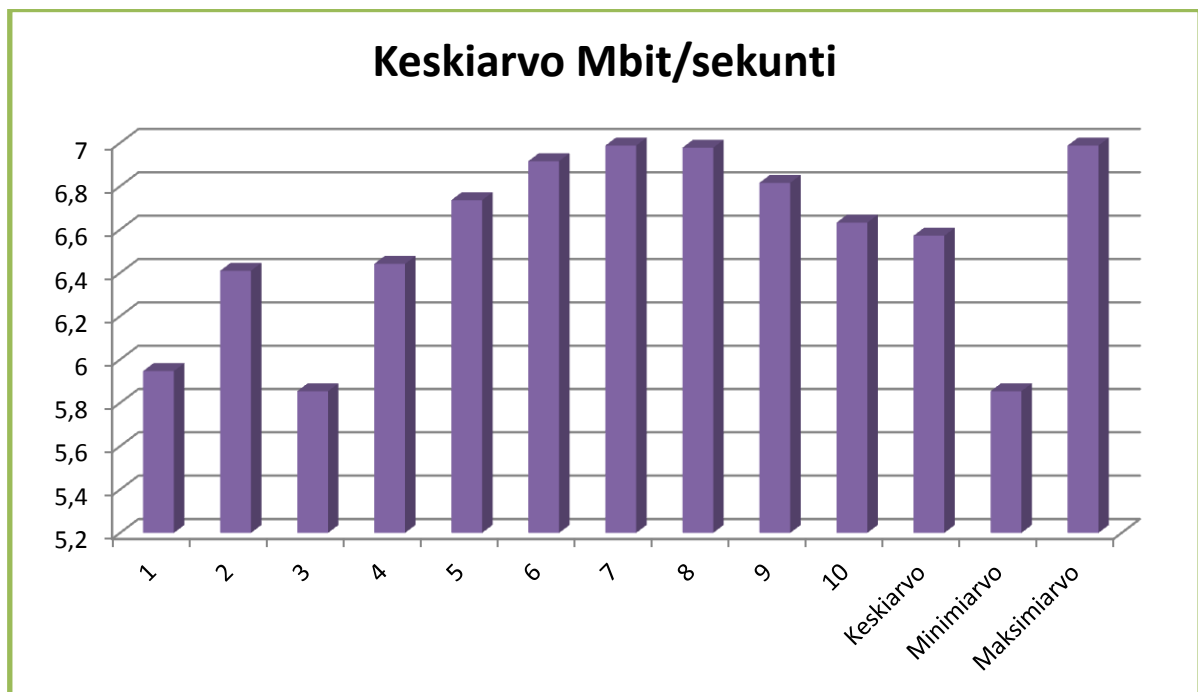
WLAN-kanava 3, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	88140	1466,665	1385283,56	11,082
2	88336	1489,803	1407252,539	11,258
3	89379	1493,081	1410265,306	11,282
4	89357	1491,05	1408438,54	11,268
5	88096	1480,154	1398250,42	11,186
6	87736	1478,278	1396362,887	11,171
7	87835	1481,07	1399484,885	11,196
8	88217	1487,948	1406122,155	11,249
9	87786	1477,558	1396250,838	11,17
10	88590	1478,573	1397019,038	11,176
Keskiarvo	88347,2	1482,418	1400473,017	11,2038
Minimiarvo	87736	1466,665	1385283,56	11,082
Maksimiarvo	89379	1493,081	1410265,306	11,282



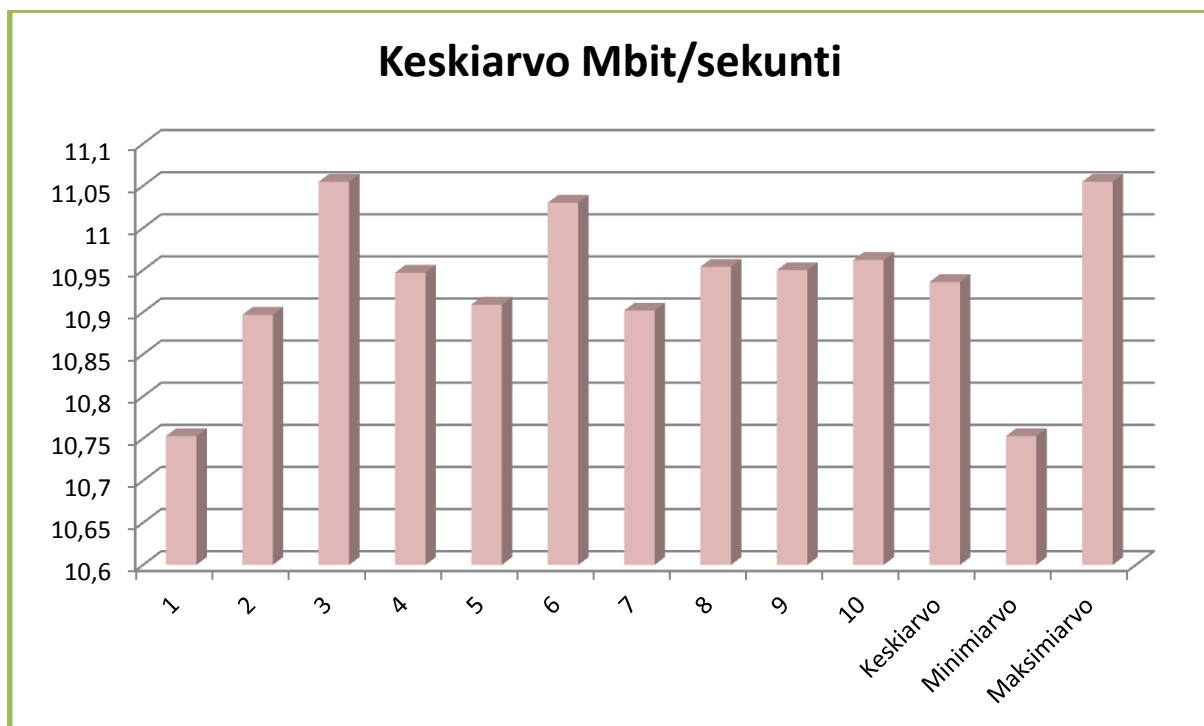
WLAN-kanava 4, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	47212	788,353	743437,433	5,947
2	50447	848,612	801245,304	6,41
3	46202	775,143	731714,327	5,854
4	51189	852,811	805211,784	6,442
5	53623	892,1	841992,577	6,736
6	54400	915,714	864523,611	6,916
7	55388	924,696	873513,596	6,988
8	55050	923,175	872274,711	6,978
9	54045	902,199	852060,124	6,816
10	52123	877,702	828991,878	6,632
Keskiarvo	51967,9	870,0505	821496,5345	6,5719
Minimiarvo	46202	775,143	731714,327	5,854
Maksimiarvo	55388	924,696	873513,596	6,988



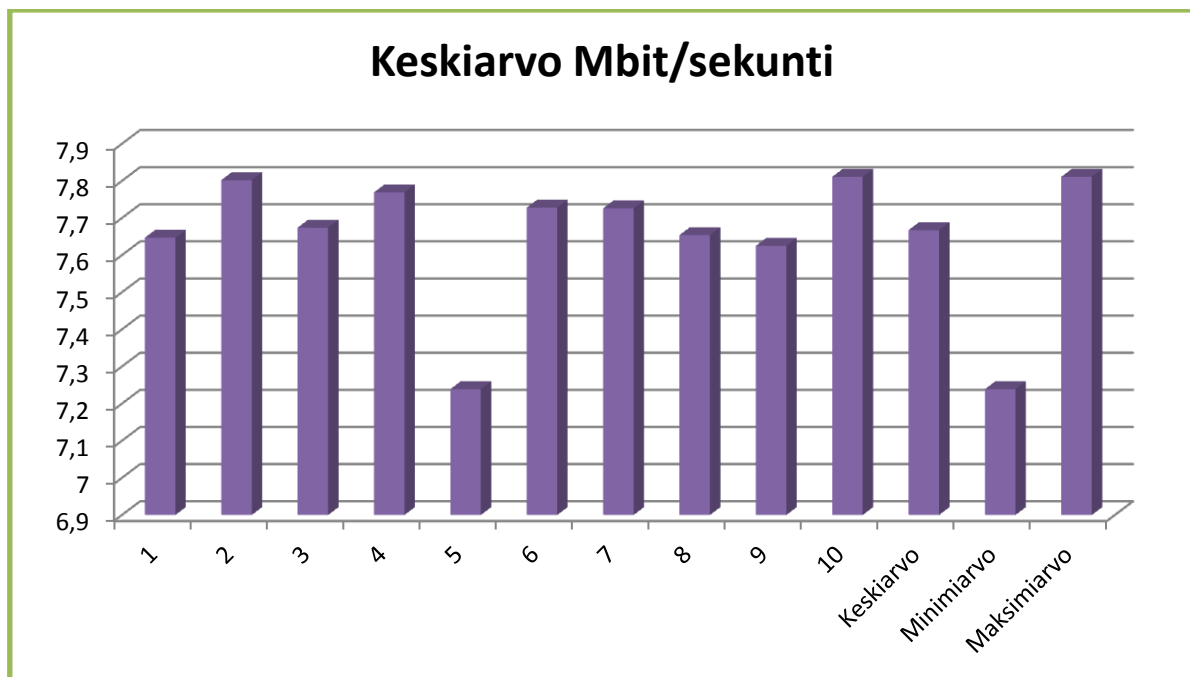
WLAN-kanava 4, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	85622	1423,258	1344157,256	10,753
2	85678	1441,972	1362186,838	10,897
3	87066	1462,759	1381860,712	11,055
4	85949	1448,742	1368430,466	10,947
5	86402	1443,564	1363659,55	10,909
6	87388	1459,561	1378710,775	11,03
7	86390	1442,056	1362758,533	10,902
8	87051	1449,016	1369222,408	10,954
9	86634	1448,532	1368789,489	10,95
10	85988	1450,163	1370274,874	10,962
Keskiarvo	86416,8	1446,9623	1367005,09	10,9359
Minimiarvo	85622	1423,258	1344157,256	10,753
Maksimiarvo	87388	1459,561	1381860,712	11,055



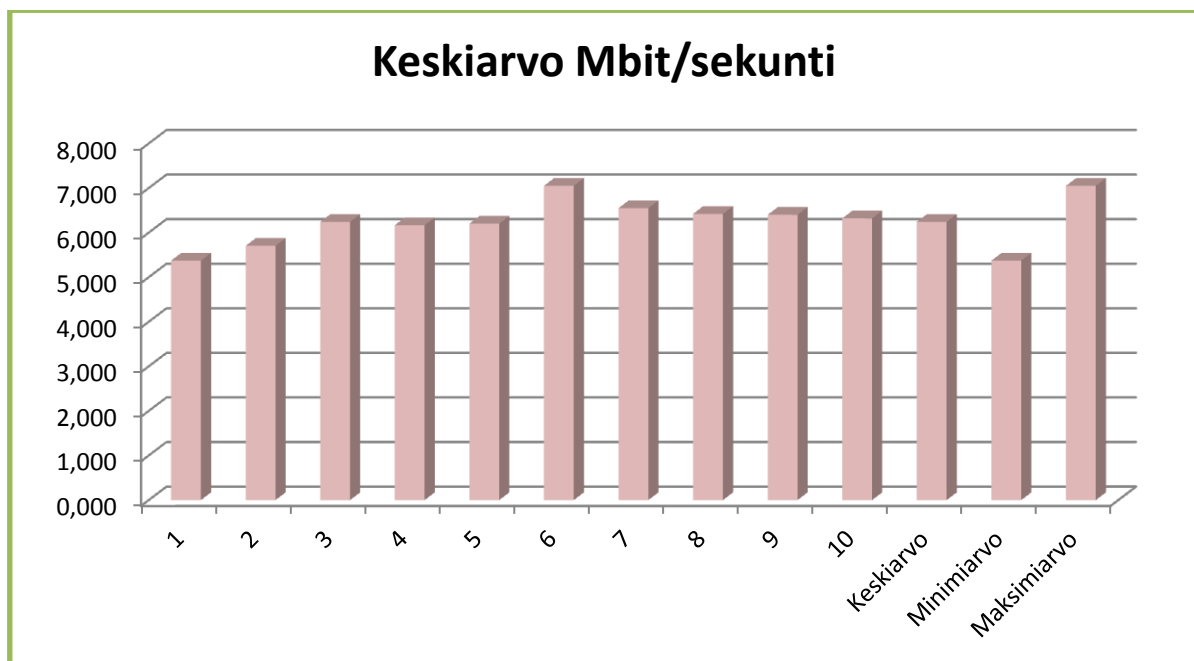
WLAN-kanava 5, IPSC = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	60684	1013,263	955833,097	7,647
2	61331	1033,132	975243,901	7,802
3	60463	1016,219	959234,613	7,674
4	61522	1028,787	971152,691	7,769
5	57889	958,843	904902,962	7,239
6	61239	1023,007	966037,584	7,728
7	61210	1022,491	965789,251	7,726
8	60600	1013,13	956704,415	7,654
9	59931	1009,741	953184,986	7,625
10	61323	1033,554	976410,279	7,811
Keskiarvo	60619,2	1015,2167	958449,3779	7,6675
Minimiarvo	57889	958,843	904902,962	7,239
Maksimiarvo	61522	1033,554	976410,279	7,811



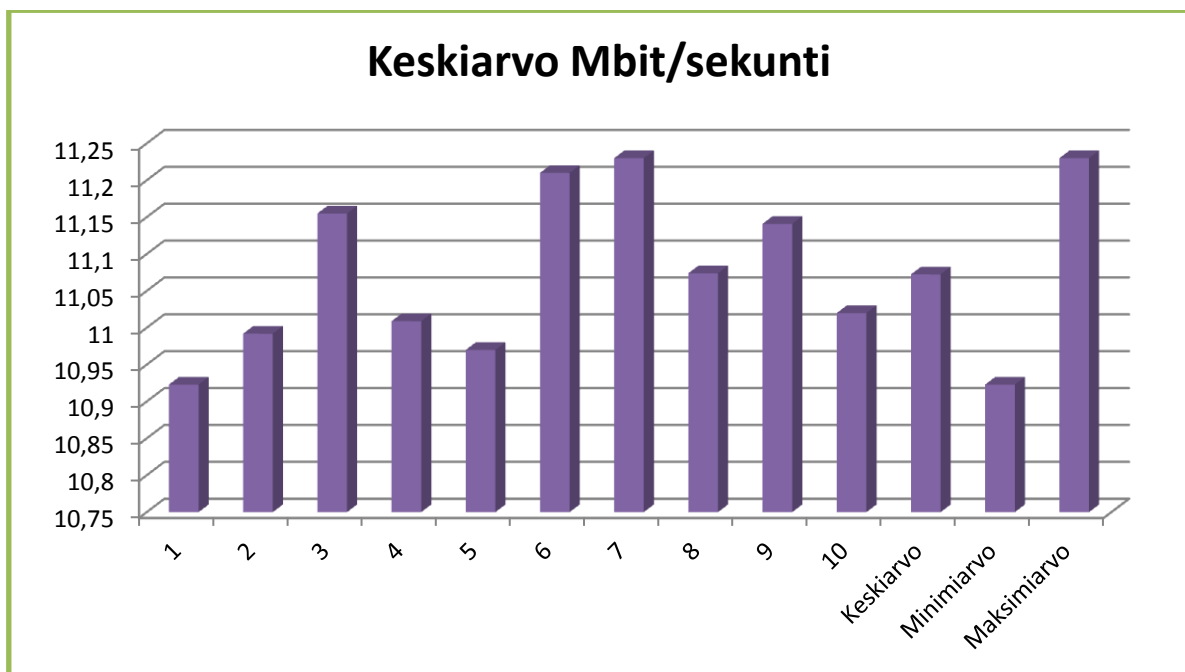
WLAN-kanava 5, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	42437	711,649	671581,469	5,373
2	44862	755,495	713160,939	5,705
3	49516	826,411	780084,907	6,241
4	48973	816,679	771047,173	6,168
5	48827	821,452	775270,791	6,202
6	55851	933,392	881326,147	7,051
7	51603	867,093	818692,284	6,550
8	51012	849,743	802746,785	6,422
9	50234	846,943	800119,018	6,401
10	49657	836,639	789957,325	6,320
Keskiarvo	49297,2	826,5496	780398,6838	6,243
Minimiarvo	42437	711,649	671581,469	5,373
Maksimiarvo	55851	933,392	881326,147	7,051



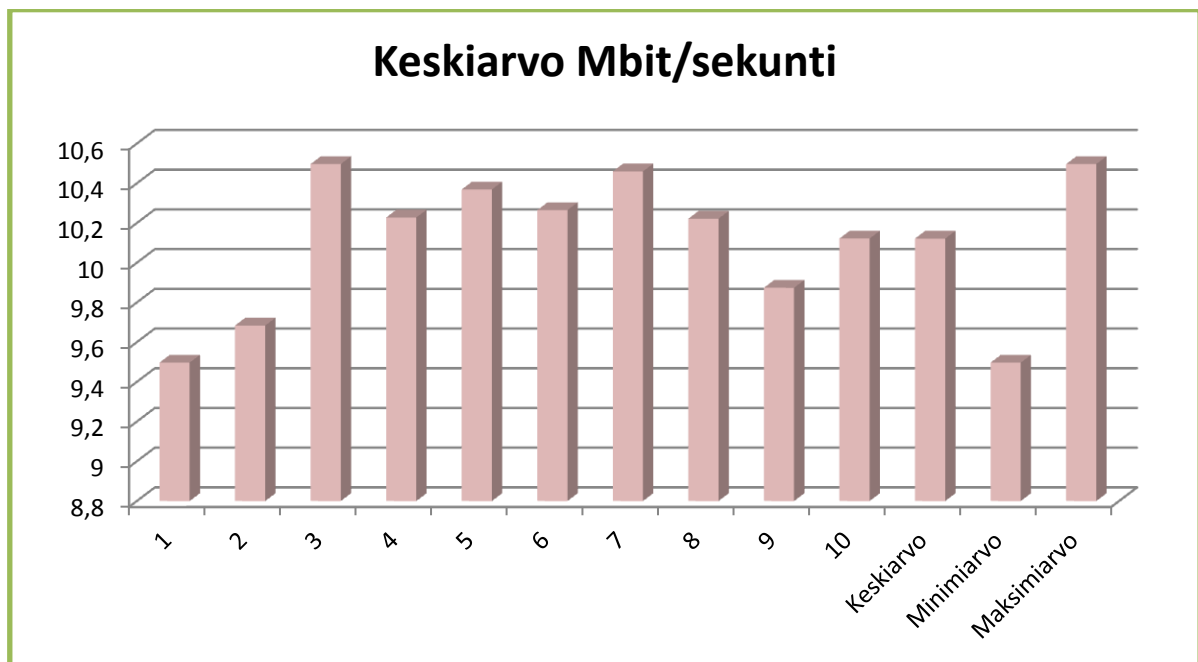
WLAN-kanava 6, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	86168	1445,669	1365384,08	10,923
2	86399	1454,788	1374018,874	10,992
3	88337	1476,33	1394375,025	11,155
4	87515	1456,926	1376133,596	11,009
5	86975	1451,785	1371259,664	10,97
6	88740	1483,422	1401247,273	11,21
7	89645	1485,575	1403732,615	11,23
8	87832	1464,788	1384204,013	11,074
9	88224	1473,937	1392668,775	11,141
10	87500	1457,675	1377471,622	11,02
Keskiarvo	87733,5	1465,0895	1384049,554	11,0724
Minimiarvo	86168	1445,669	1365384,08	10,923
Maksimiarvo	89645	1485,575	1403732,615	11,23



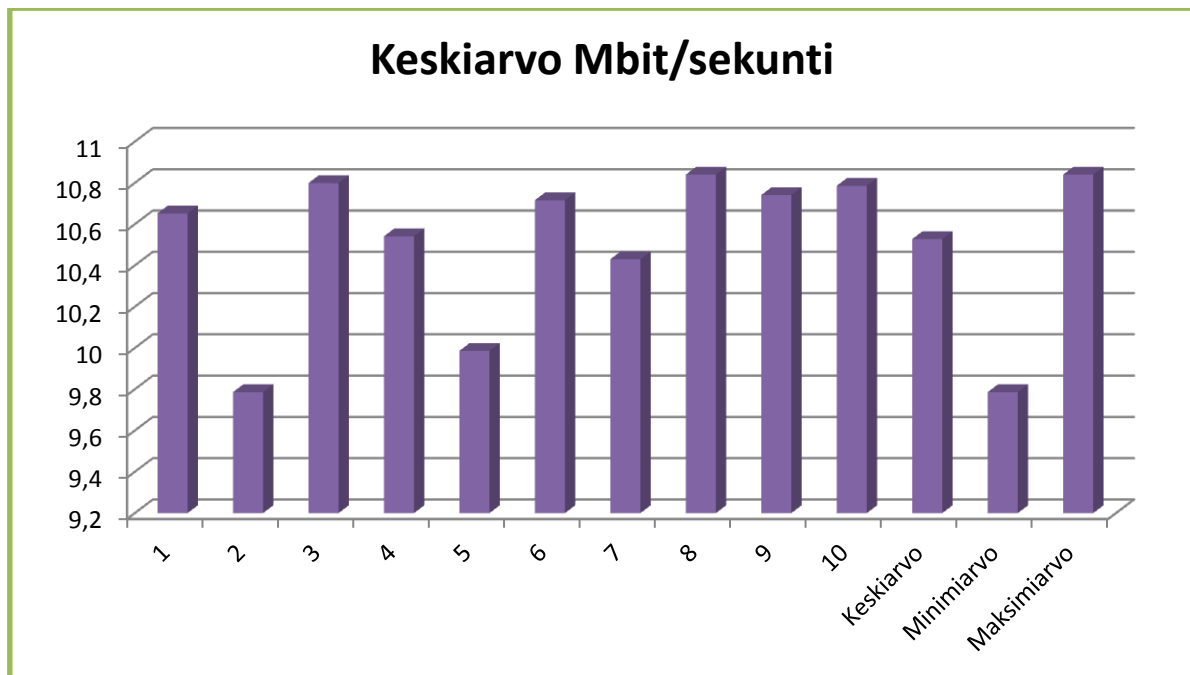
WLAN-kanava 6, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	75584	1256,816	1187104,59	9,497
2	77379	1281,538	1210459,818	9,684
3	83081	1389,22	1312187,237	10,497
4	80505	1353,706	1278551,741	10,228
5	82600	1372,696	1296183,216	10,369
6	80709	1358,54	1283091,895	10,265
7	82475	1307,493	1307493,281	10,46
8	80174	1352,565	1277768,108	10,222
9	78225	1306,376	1234196,633	9,874
10	80182	1338,966	1265187,897	10,122
Keskiarvo	80091,4	1331,7916	1265222,442	10,1218
Minimiarvo	75584	1256,816	1187104,59	9,497
Maksimiarvo	83081	1389,22	1312187,237	10,497



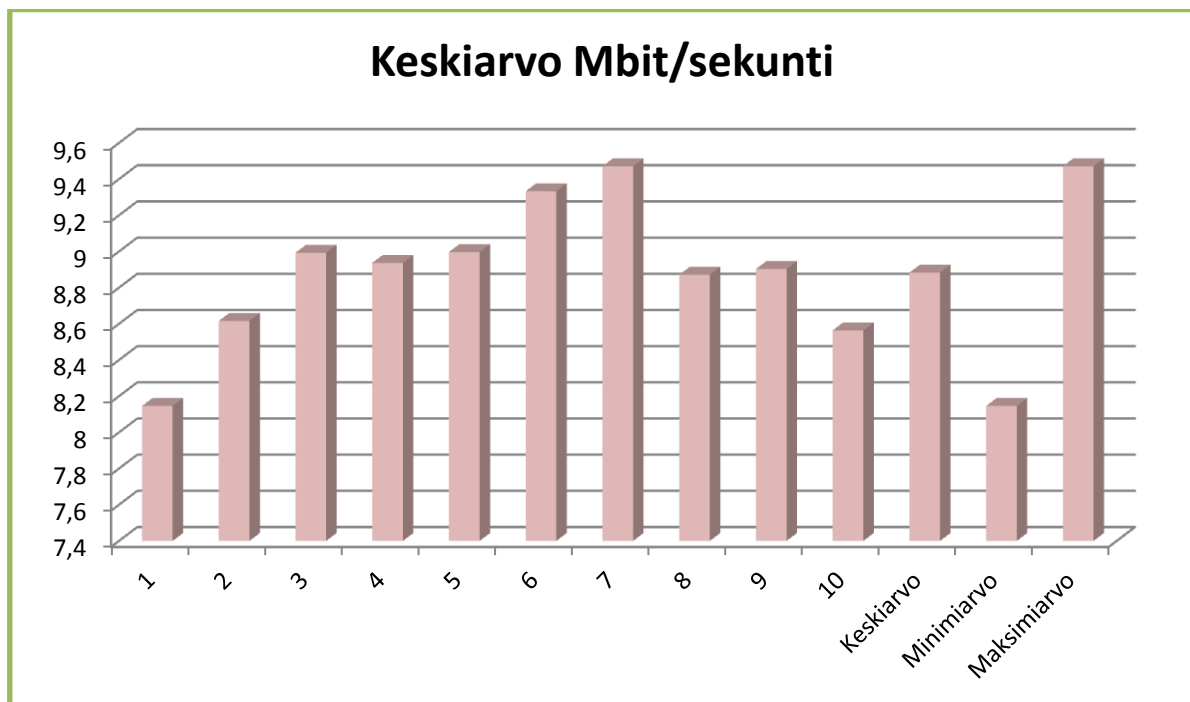
WLAN-kanava 7, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	84468	1409,664	1331474,392	10,652
2	76805	1295,348	1223260,649	9,786
3	85461	1429,123	1349845,414	10,799
4	82716	1395,155	1317595,63	10,541
5	79191	1321,809	1248242,395	9,986
6	84107	1418,297	1339491,604	10,716
7	82576	1380,153	1303737,472	10,43
8	85799	1433,989	1354992,698	10,84
9	85703	1417,307	1339213,05	10,741
10	85086	1426,993	1348248,955	10,786
Keskiarvo	83191,2	1392,7838	1315610,226	10,5277
Minimiarvo	76805	1295,348	1223260,649	9,786
Maksimiarvo	85799	1433,989	1354992,698	10,84



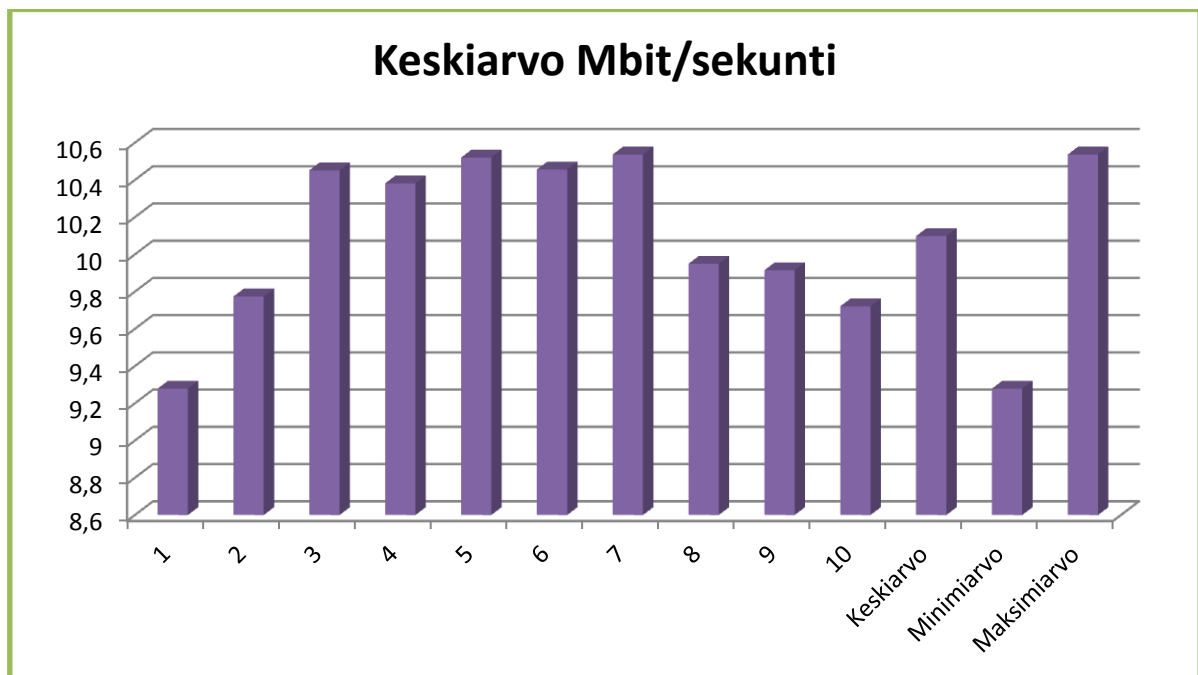
WLAN-kanava 7, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	64274	1078,449	1018265,075	8,146
2	68366	1140,621	1077029,224	8,616
3	71254	1190,168	1124071,579	8,993
4	70848	1182,591	1117115,283	8,937
5	70709	1190,806	1124617,985	8,997
6	73335	1235,716	1166644,194	9,333
7	74955	1253,498	1183891,918	9,471
8	70182	1173,556	1108908,368	8,871
9	69898	1177,697	1112833,974	8,903
10	67944	1133,025	1070452,977	8,564
Keskiarvo	70176,5	1175,6127	1110383,058	8,8831
Minimiarvo	64274	1078,449	1018265,075	8,146
Maksimiarvo	74955	1253,498	1183891,918	9,471



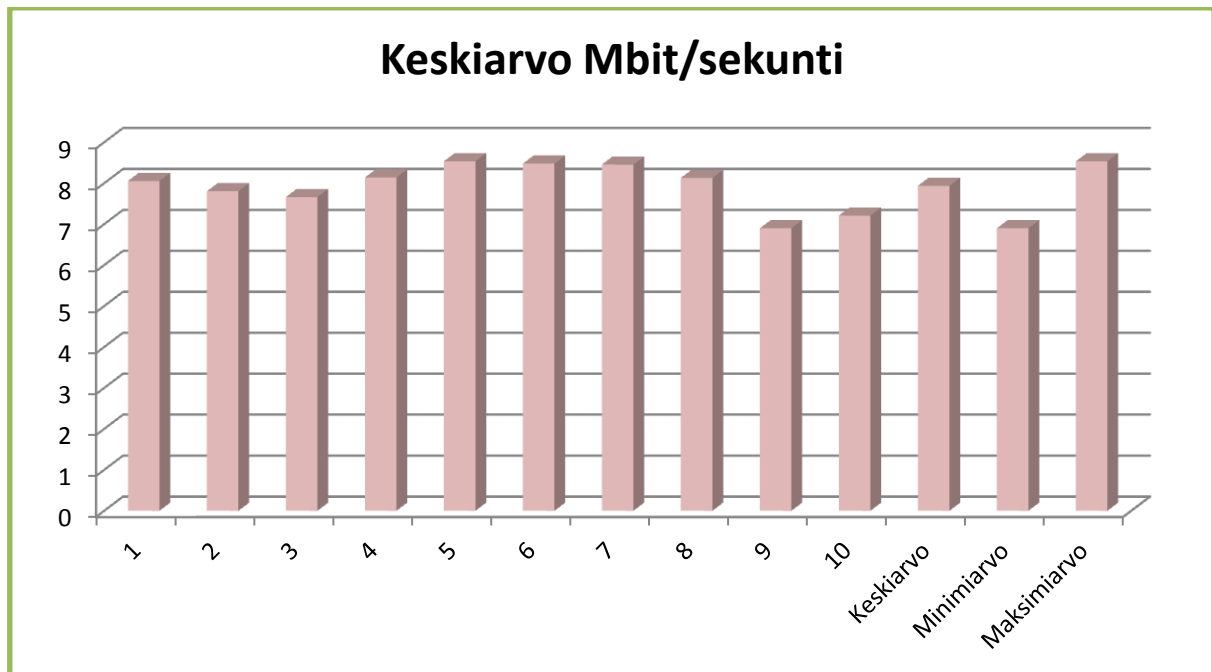
WLAN-kanava 8, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	72971	1228,066	1159884,535	9,279
2	77352	1293,555	1221787,406	9,774
3	82172	1383,384	1306520,279	10,452
4	81150	1373,984	1297729,438	10,382
5	83968	1392,114	1315028,782	10,52
6	82755	1383,724	1306959,728	10,456
7	83777	1393,942	1317087,645	10,537
8	78999	1316,287	1243802,568	9,95
9	78982	1311,777	1239408,856	9,915
10	76999	1286,454	1215142,331	9,721
Keskiarvo	79912,5	1336,3287	1262335,157	10,0986
Minimiarvo	72971	1228,066	1159884,535	9,279
Maksimiarvo	83968	1393,942	1317087,645	10,537



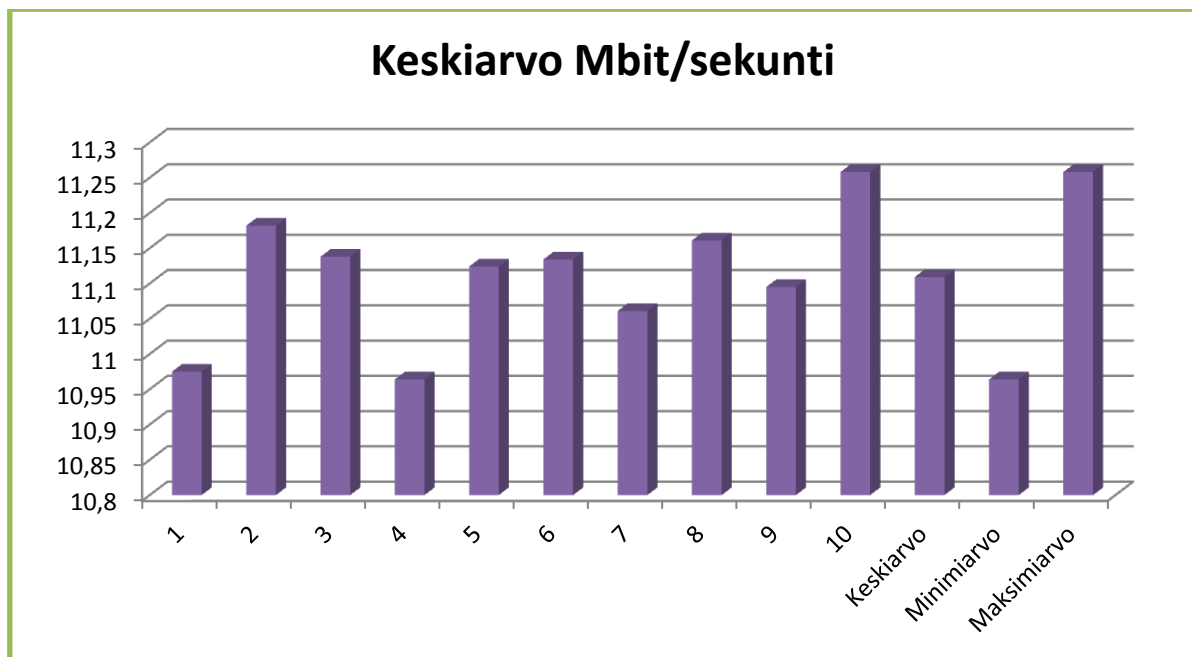
WLAN-kanava 8, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	63851	1066,381	1006817,532	8,055
2	61304	1032,92	975541,757	7,804
3	60321	1041,401	957772,525	7,662
4	63870	1077,31	1017470,653	8,14
5	67063	1129,778	1067031,126	8,536
6	66525	1121,96	1059892,825	8,479
7	66441	1118,492	1056872,214	8,455
8	64333	1016,217	1016217,327	8,13
9	54317	913,059	862546,969	6,9
10	56794	955,016	901236,923	7,21
Keskiarvo	62481,9	1047,2534	992139,9851	7,9371
Minimiarvo	54317	913,059	862546,969	6,9
Maksimiarvo	67063	1129,778	1067031,126	8,536



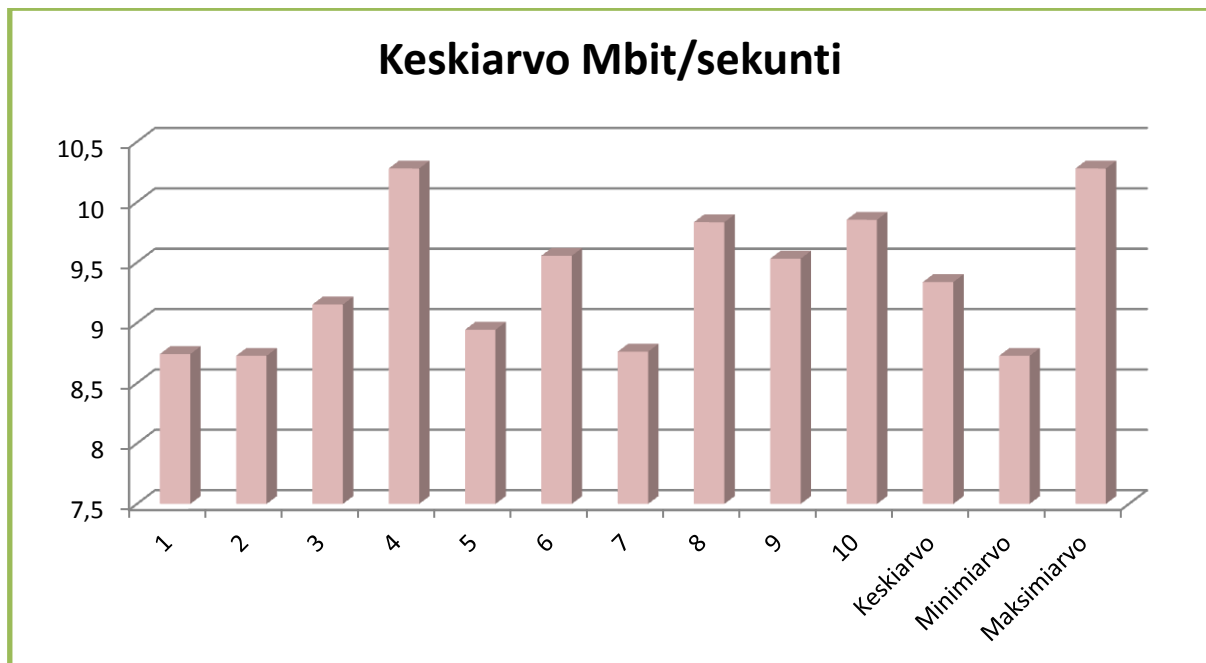
WLAN-kanava 9, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	86386	1453,487	1371819,618	10,975
2	87753	1480,207	1397705,647	11,182
3	87986	1474,274	1392228,081	11,138
4	86893	1451,556	1370474,151	10,964
5	88216	1473,274	1390547,31	11,124
6	87570	1473,941	1391715,18	11,134
7	87700	1464,44	1382653,029	11,061
8	88384	1477,527	1395133,301	11,161
9	87931	1468,56	1386900,915	11,095
10	89259	1490,124	1407222,647	11,258
Keskiarvo	87807,8	1470,739	1388639,988	11,1092
Minimiarvo	86386	1451,556	1370474,151	10,964
Maksimiarvo	89259	1490,124	1407222,647	11,258



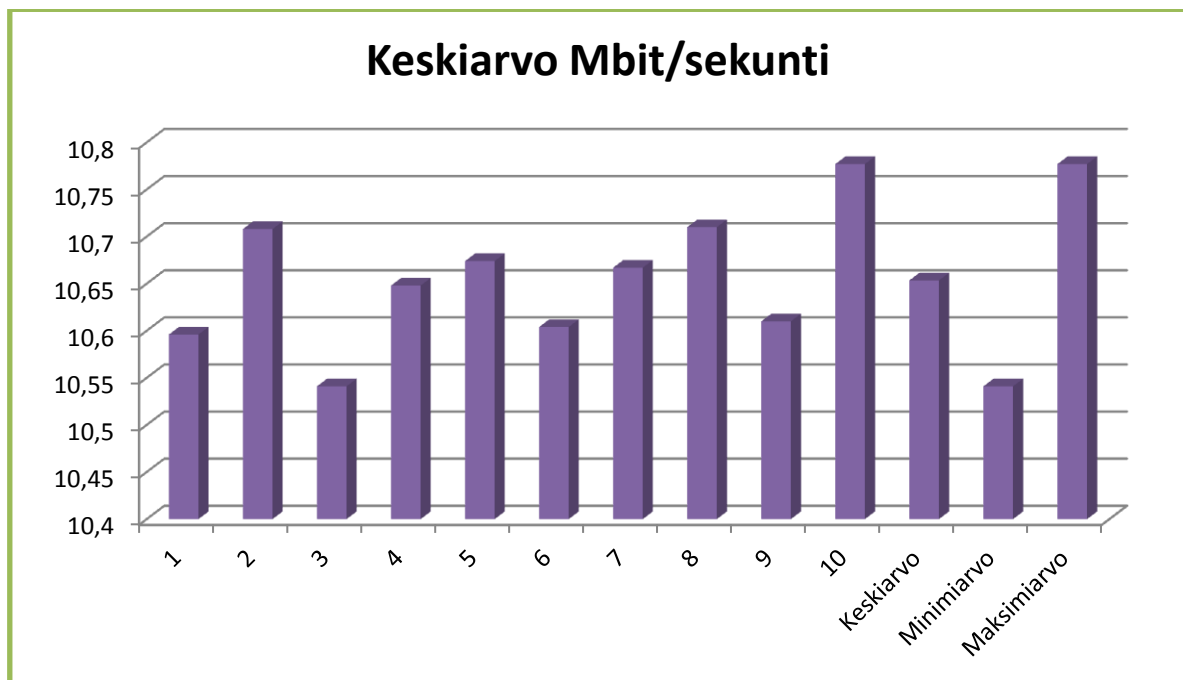
WLAN-kanava 9, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	69422	1157,293	1092685,24	8,741
2	69071	1154,977	1090840,831	8,727
3	72145	1211,423	1144018,689	9,152
4	81345	1360,247	1284850,995	10,279
5	70543	1183,903	1117899,565	8,943
6	75091	1264,778	1194540,547	9,556
7	69398	1159,534	1095110,659	8,761
8	77804	1300,702	1229207,432	9,834
9	74880	1261,054	1191556,477	9,532
10	77321	1303,538	1231780,898	9,854
Keskiarvo	73702	1235,7449	1167249,133	9,3379
Minimiarvo	69071	1154,977	1090840,831	8,727
Maksimiarvo	77804	1360,247	1284850,995	10,279



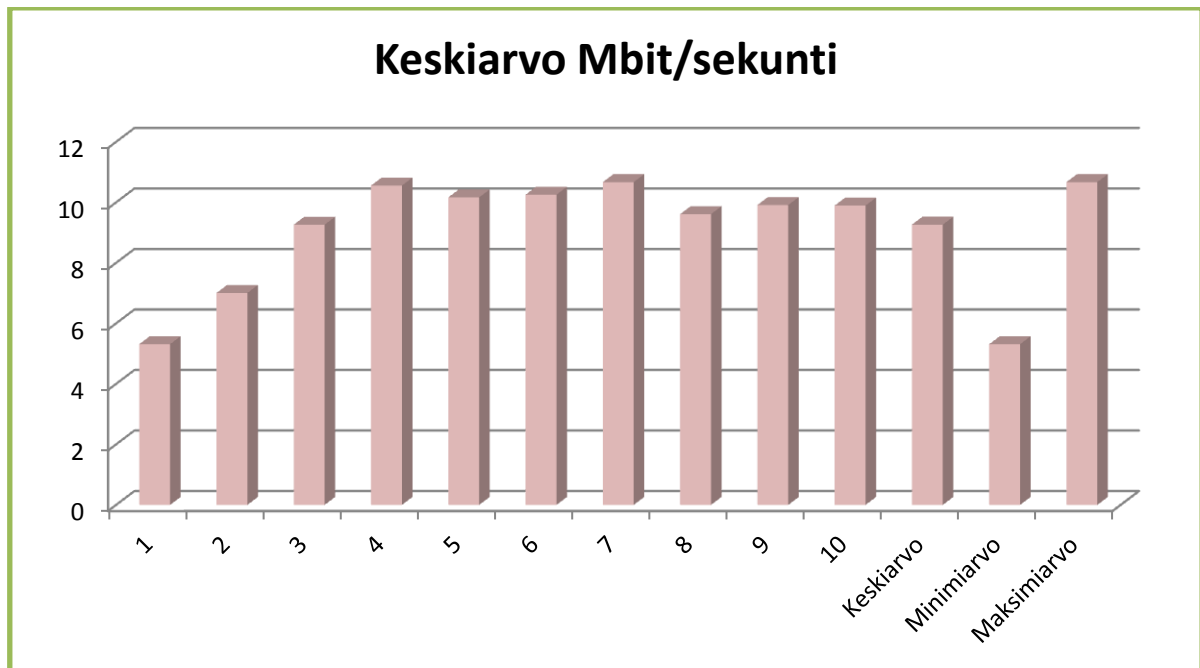
WLAN-kanava 10, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	83298	1402,432	1324559,485	10,596
2	84759	1416,7	1338513,523	10,708
3	82807	1394,327	1317602,931	10,541
4	85058	1408,505	1331016,291	10,648
5	85165	1412,106	1334232,587	10,674
6	84273	1402,686	1325456,925	10,604
7	83717	1410,936	1333388,763	10,667
8	84278	1416,786	1338810,873	10,71
9	83289	1403,454	1326190,298	10,61
10	84821	1425,642	1347117,478	10,777
Keskiarvo	84146,5	1409,3574	1331688,915	10,6535
Minimiarvo	82807	1394,327	1317602,931	10,541
Maksimiarvo	85165	1425,642	1347117,478	10,777



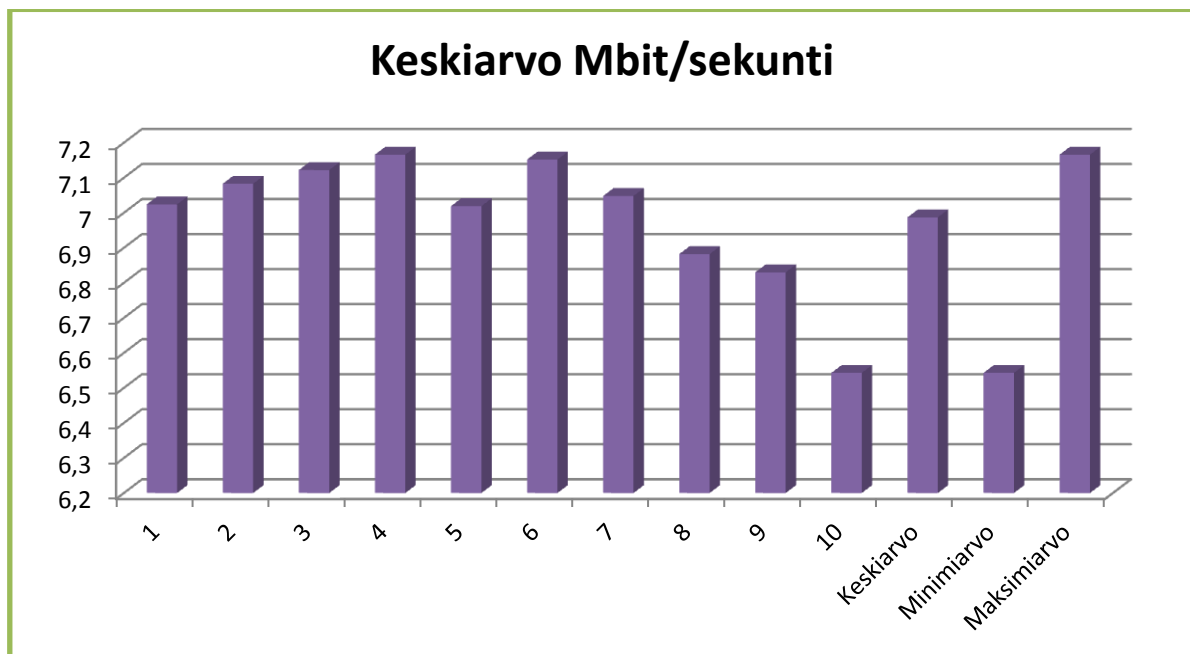
WLAN-kanava 10, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	41617	703,278	664086,9	5,313
2	54741	926,819	875777,152	7,006
3	73267	1225,096	1157953,657	9,264
4	82815	1395,931	1319482,67	10,556
5	80468	1344,623	1270802,583	10,166
6	81794	1356,297	1281922,251	10,255
7	85141	1411,152	1333813,14	10,671
8	75436	1271,037	1201400,903	9,611
9	79144	1311,087	1239196,228	9,914
10	78559	1308,589	1236834,031	9,895
Keskiarvo	73298,2	1225,3909	1158126,952	9,2651
Minimiarvo	41617	703,278	664086,9	5,313
Maksimiarvo	85141	1411,152	1333813,14	10,671



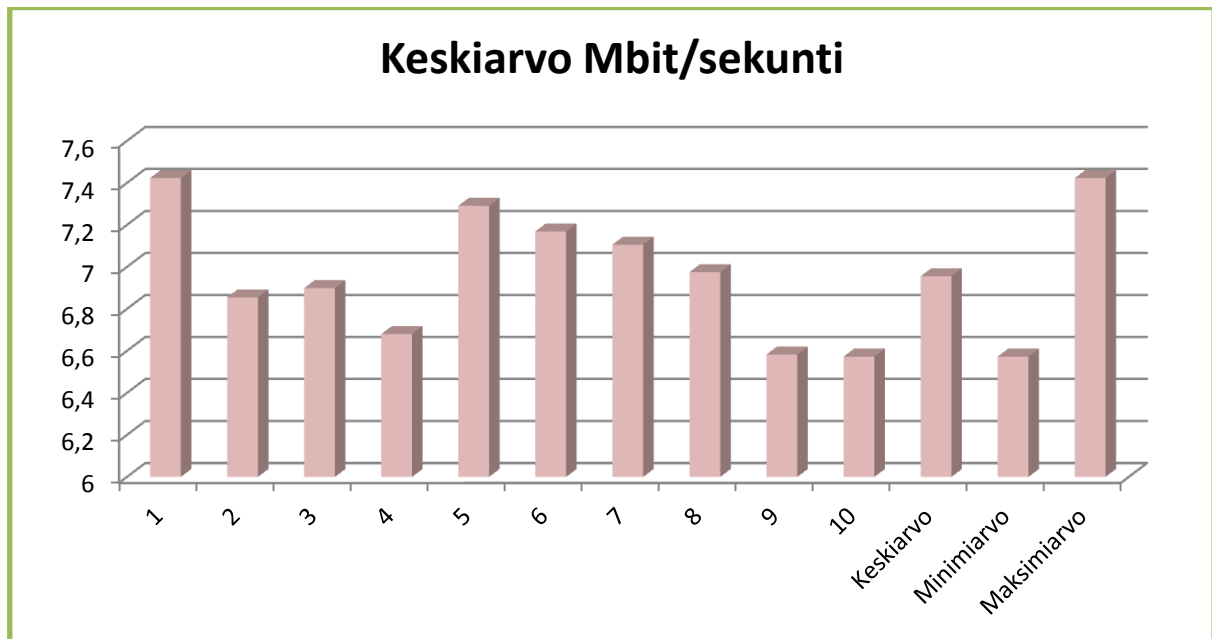
WLAN-kanava 11, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	55175	929,824	878036,788	7,024
2	56122	937,235	885348,512	7,083
3	56351	942,354	890255,965	7,122
4	56292	948,063	895720,085	7,166
5	55450	928,801	877382,819	7,019
6	56165	946,266	894044,323	7,152
7	55289	932,574	881002,212	7,048
8	54137	910,592	860286,129	6,882
9	54227	903,75	853766,381	6,83
10	52243	865,73	817912,95	6,543
Keskiarvo	55145,1	924,5189	873375,6164	6,9869
Minimiarvo	52243	865,73	817912,95	6,543
Maksimiarvo	56351	948,063	895720,085	7,166



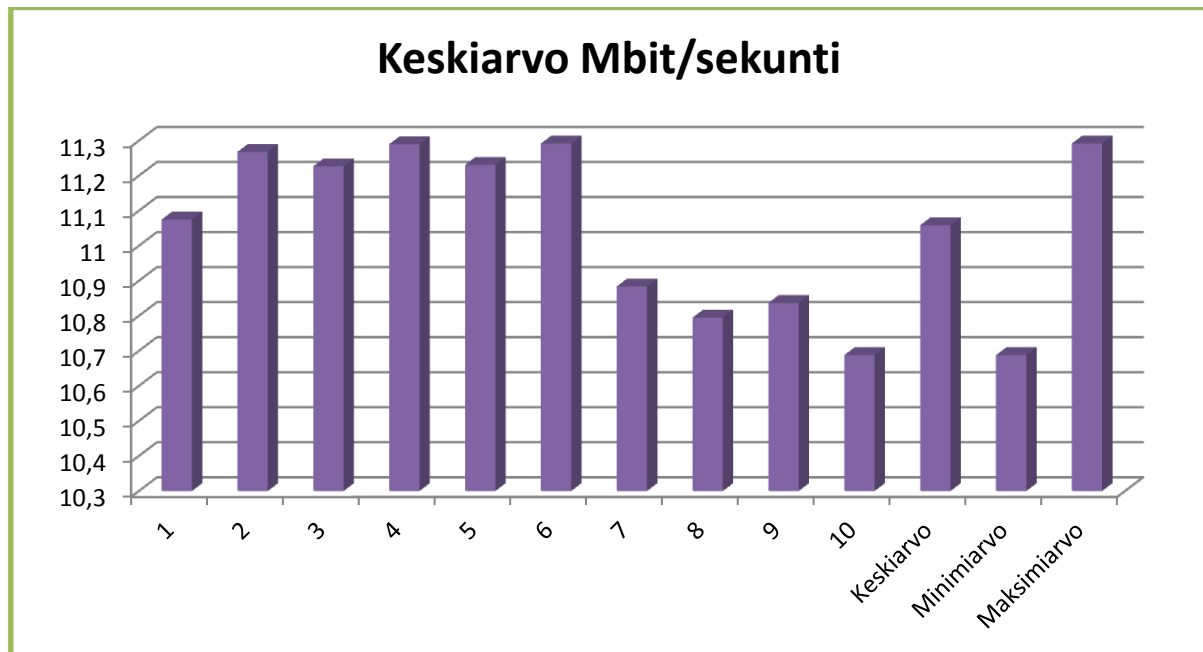
WLAN-kanava 11, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	58811	982,694	927843,583	7,423
2	54231	907,017	856906,776	6,855
3	54176	912,751	862314,528	6,899
4	52424	883,85	830325,029	6,68
5	57256	964,734	911361,852	7,291
6	56851	948,461	896134,472	7,169
7	56305	940,1	888193,96	7,106
8	54770	923,083	871893,306	6,975
9	51829	871,392	822932,134	6,583
10	52063	870,282	821650,216	6,573
Keskiarvo	54871,6	920,4364	868955,5856	6,9554
Minimiarvo	51829	870,282	822932,134	6,573
Maksimiarvo	58811	982,694	927843,583	7,423



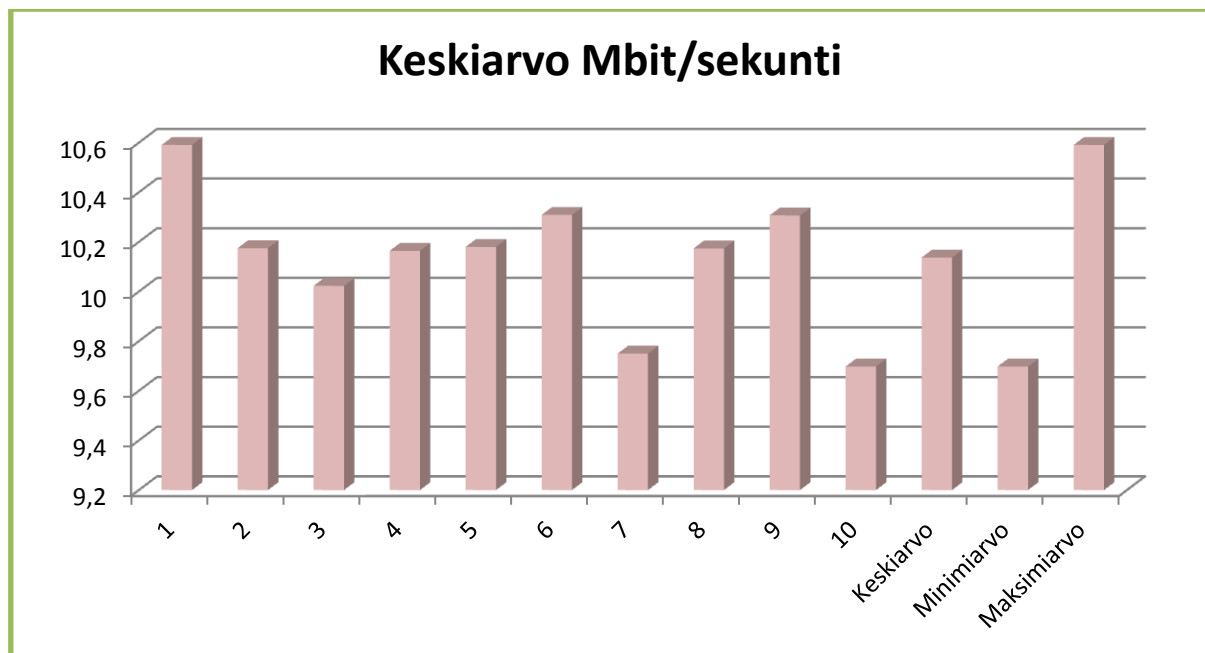
WLAN-kanava 12, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	88032	1465,581	1384385,46	11,075
2	89212	1490,282	1408515,48	11,268
3	88933	1485,342	1403389,754	11,227
4	89363	1493,911	1311217,478	11,29
5	89059	1485,923	1403827,54	11,231
6	89332	1493,933	1411457,799	11,292
7	86131	1439,86	1360444,934	10,884
8	84776	1427,867	1349364,164	10,795
9	85608	1433,587	1354591,818	10,837
10	84263	1413,894	1336052,821	10,688
Keskiarvo	87470,9	1463,018	1372324,725	11,0587
Minimiarvo	84263	1413,894	1311217,478	10,688
Maksimiarvo	89363	1493,933	1411457,799	11,292



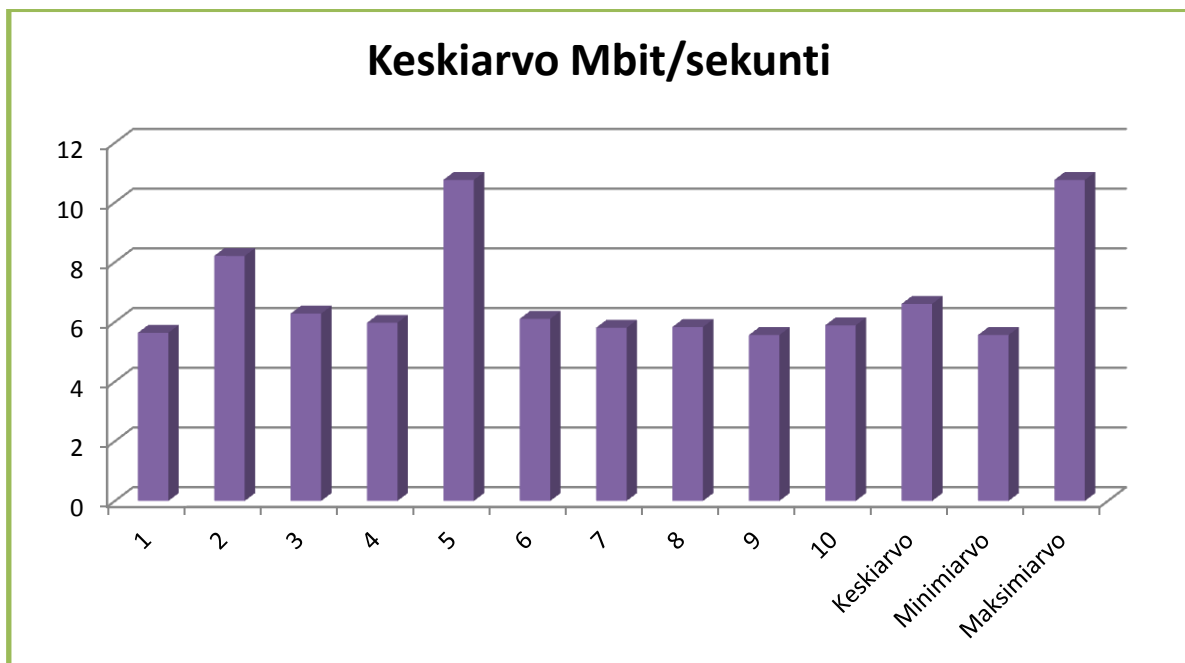
WLAN-kanava 12, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	83213	1401,913	1323922,759	10,591
2	79901	1346,28	1271891,377	10,175
3	79456	1325,908	1252928,433	10,023
4	80725	1344,563	1270549,339	10,164
5	80787	1346,694	1272481,435	10,18
6	82300	1363,681	1288685,989	10,309
7	76817	1289,744	1218760,601	9,75
8	80636	1345,833	1271773,686	10,174
9	81536	1363,362	1288379,931	10,307
10	76710	1282,847	1212260,969	9,698
Keskiarvo	80208,1	1341,0825	1267163,452	10,1371
Minimiarvo	76710	1282,847	1212260,969	9,698
Maksimiarvo	82300	1401,913	1323922,759	10,591



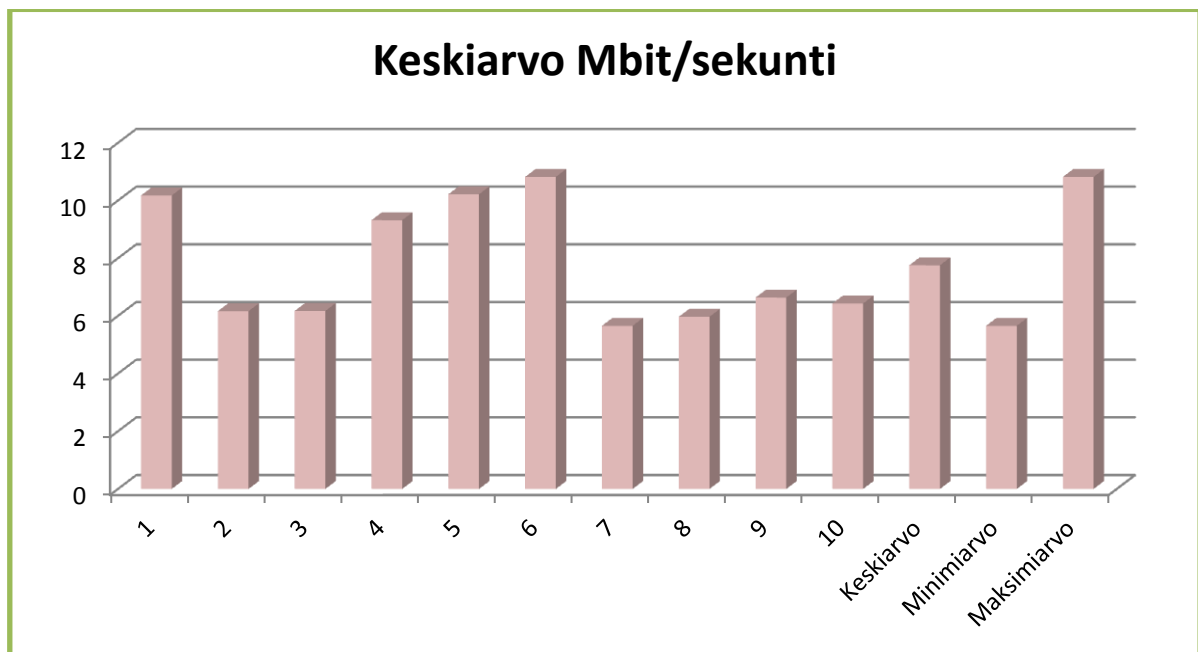
WLAN-kanava 13, IPCS = OFF

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	44941	747,239	704118,449	5,633
2	64973	1086,221	1026284,738	8,21
3	49257	830,571	784437,955	6,276
4	46986	790,606	746135,338	5,969
5	85243	1423,142	1344687,131	10,757
6	48416	808,262	762619,563	6,101
7	45778	769,018	725324,986	5,803
8	46314	772,077	728784,701	5,83
9	43826	737,272	694734,967	5,558
10	46833	780,029	735581,755	5,885
Keskiarvo	52256,7	874,4437	825270,9583	6,6022
Minimiarvo	43826	737,272	694734,967	5,558
Maksimiarvo	85243	1423,142	1344687,131	10,757



WLAN-kanava 13, IPCS = ON

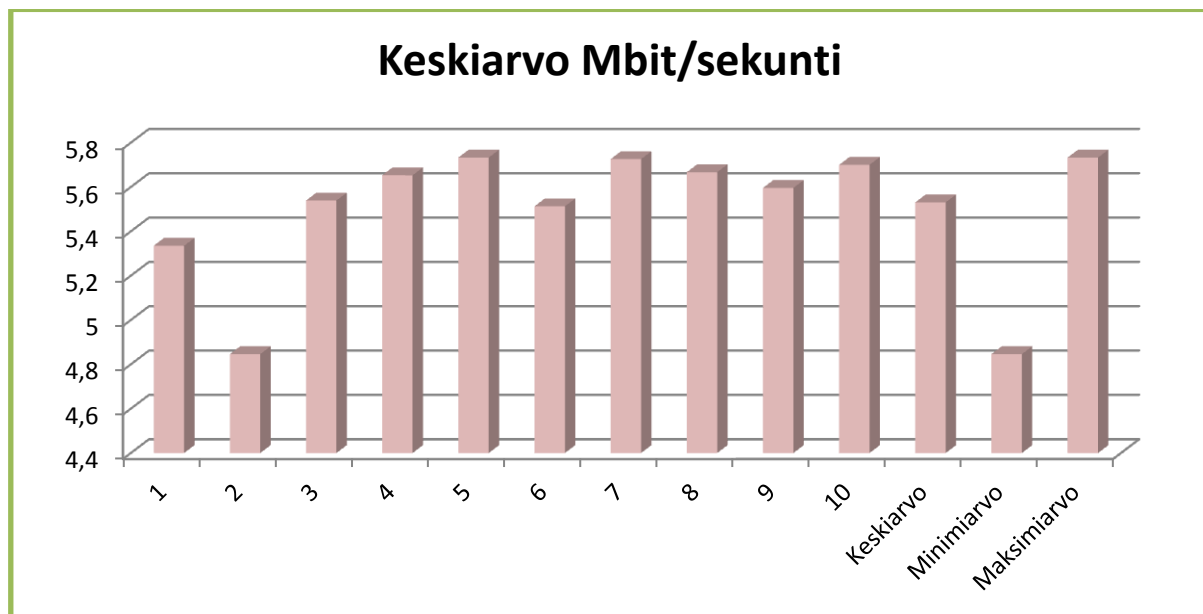
Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	80317	1346,955	1272043,168	10,176
2	48924	815,778	770676,255	6,165
3	48564	816,904	771493,056	6,172
4	73205	1232,673	1164844,773	9,319
5	80880	1351,584	1277084,692	10,217
6	85786	1431,201	1352489,392	10,82
7	44992	749,445	707079,459	5,657
8	47304	790,244	746182,92	5,969
9	52540	878,01	829452,936	6,636
10	50735	851,291	803602,5	6,429
Keskiarvo	61324,7	1026,4085	969494,9151	7,756
Minimiarvo	44992	749,445	707079,459	5,657
Maksimiarvo	80880	1351,584	1352489,392	10,82



WLAN-MITTAUKSET OHJELMISTOPÄIVITYKSELLÄ

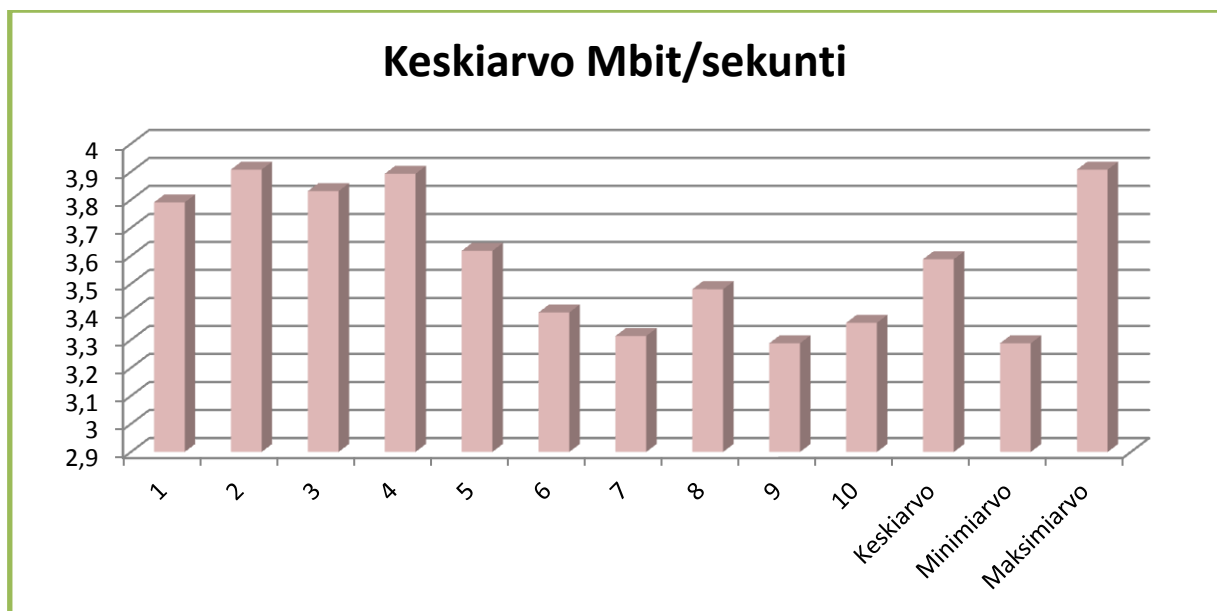
WLAN-kanava 1, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	42332	706,198	666919,294	5,335
2	38291	641,536	605764,304	4,846
3	44026	733,044	692399,58	5,539
4	44962	748,336	706679,809	5,653
5	45221	759,077	716586,651	5,733
6	43410	729,654	689119,809	5,513
7	45128	758,07	715759,327	5,726
8	45006	750,067	708417,674	5,667
9	44115	740,712	699548,745	5,596
10	45191	754,33	712440,442	5,7
Keskiarvo	43768,2	732,1024	691363,5635	5,5308
Minimiarvo	38291	641,536	605764,304	4,846
Maksimiarvo	45221	759,077	716586,651	5,733



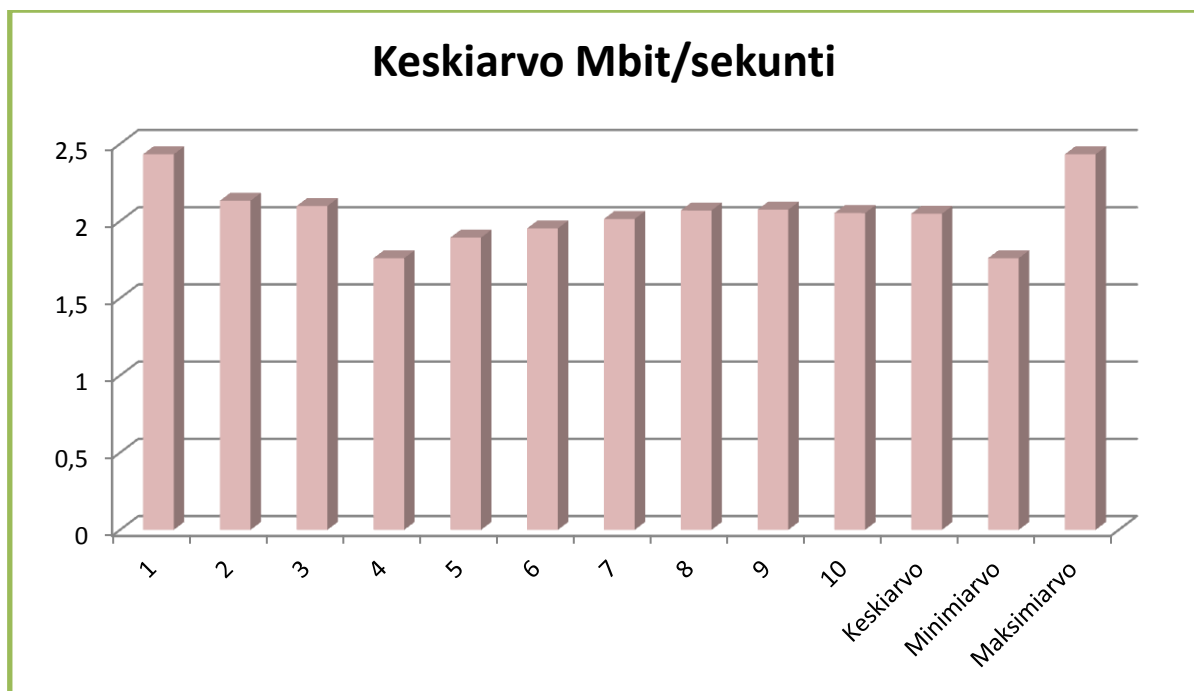
WLAN-kanava 6, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	29971	502,748	473829,511	3,791
2	30844	518,011	488440,38	3,908
3	30185	507,786	478908,231	3,831
4	31011	516,149	486662,124	3,893
5	28883	480,133	452287,256	3,618
6	26984	450,633	424760,41	3,398
7	26350	439,126	414203,599	3,314
8	27682	460,972	435081,552	3,481
9	26147	435,293	410979,023	3,288
10	26722	445,291	420071,814	3,361
Keskiarvo	28477,9	475,6142	448522,39	3,5883
Minimiarvo	26147	435,293	410979,023	3,288
Maksimiarvo	31011	518,011	488440,38	3,908



WLAN-kanava 11, IPCS = ON

Mittaukset	Paketit	Keskiarvo pakettia/sekunti	Keskiarvo bytes/sekunti	Keskiarvo Mbit/sekunti
1	19354	322,871	304120,482	2,433
2	16840	282,737	266465,743	2,132
3	16630	278,125	262243,373	2,098
4	14012	234,211	220021,022	1,76
5	15104	251,508	236642,448	1,893
6	15366	258,92	244066,163	1,953
7	15926	267,319	251702,383	2,014
8	16379	274,624	258677,616	2,069
9	16540	275,292	259252,009	2,074
10	16344	272,226	256502,797	2,052
Keskiarvo	16249,5	271,7833	255969,4036	2,0478
Minimiarvo	14012	234,211	220021,022	1,76
Maksimiarvo	19354	322,871	304120,482	2,433



BER-MITTAUKSET

WLAN OFF

IPCS ID:	1500006026	1500006139	1500006169	1500006298	1500006349
BER % min:	0	0	0	0	0
BER % max:	0,82	0,66	0,34	0,18	0,34
BER % keskiarvo:	0,1778	0,1272	0,0598	0,0284	0,026
BER % mediaani:	0,18	0,08	0,0312	0,0225	0,02
Yhteydet master:	191	91	80	87	21
Yhteydet slave:	97	184	0	136	119

Kanava 6

IPCS ID:	1500006026	1500006139	1500006169	1500006298	1500006349
BER % min:	0	0	0	0	0
BER % max:	0,42	0,42	0,18	0,18	0,075
BER % keskiarvo:	0,0711	0,0666	0,0267	0,0215	0,0107
BER % mediaani:	0,0475	0,0375	0,0225	0,015	0,01
Yhteydet master:	154	29	75	25	18
Yhteydet slave:	111	162	0	97	77

Kanava 11

IPCS ID:	1500006026	1500006139	1500006169	1500006298	1500006349
BER % min:	0	0	0	0	0
BER % max:	0,26	0,26	0,06	0,065	0,0625
BER % keskiarvo:	0,0346	0,0475	0,0232	0,0154	0,011
BER % mediaani:	0,03	0,03	0,0225	0,0137	0,0075
Yhteydet master:	108	79	57	17	14
Yhteydet slave:	83	146	0	103	14

HÄLYTYSVIESTIT

Wlan liikenne OFF

Hälytykset	Vastausaika (s)
1	3,20
2	9,40
3	11,00
4	6,40
5	5,80
6	5,60
7	11,40
8	5,00
9	6,50
10	6,80
11	6,00
12	5,80
13	5,50
14	4,60
15	9,50
16	8,70
17	4,90
18	8,50
19	9,70
20	5,90
Minimi	3,2
Maksimi	11,4
Keskiarvo	7,01
Mediaani	6,20

Kanava 6

Hälytykset	Vastausaika (s)
1	16,80
2	9,00
3	8,80
4	22,40
5	6,70
6	5,30
7	3,50
8	5,90
9	7,80
10	7,20
11	4,80
12	5,90
13	7,80
14	4,20
15	5,20
16	9,80
17	7,60
18	10,20
19	6,40
20	12,70
Minimi	3,5
Maksimi	22,4
Keskiarvo	8,40
Mediaani	7,40

Kanava 11

Hälytykset	Vastausaika (s)
1	4,90
2	9,60
3	5,00
4	7,20
5	5,90
6	7,60
7	15,40
8	7,60
9	5,60
10	10,20
11	4,50
12	4,50
13	5,80
14	3,00
15	7,90
16	10,20
17	4,30
18	9,30
19	6,60
20	5,60
Minimi	3
Maksimi	15,4
Keskiarvo	7,035
Mediaani	6,25

PAIKKAVIESTIT KAHDELLA TAGILLA

Kanava 6

Tagit 2

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3153	1500006169	101	168
3153	1500006349	53	
3153	1500006298	14	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3174	1500006349	85	164
3174	1500006298	65	
3174	1500006169	11	
3174	1500006026	2	
3174	1500006139	1	

Kanava 11

Tagit 2

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3153	1500006349	104	126
3153	1500006169	20	
3153	1500006298	1	
3153	1500006026	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3174	1500006169	118	125
3174	1500006349	2	
3174	1500006298	2	
3174	1500006026	2	
3174	1500006139	1	

Wlan OFF

Tagit 2

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3153	1500006298	76	118
3153	1500006169	21	
3153	1500006349	15	
3153	1500006026	5	
3153	1500006139	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3174	1500006298	56	119
3174	1500006169	47	
3174	1500006349	9	
3174	1500006139	7	

PAIKKAVIESTIT KYMMENELLÄ TAGILLA

Kanava 6

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3153	1500006349	146	163
3153	1500006298	14	
3153	1500006169	3	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3155	1500006026	120	120

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3174	1500006139	101	154
3174	1500006349	47	
3174	1500006298	3	
3174	1500006169	3	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3219	1500006169	114	114

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3242	1500006349	115	118
3242	1500006298	2	
3242	1500006139	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3245	1500006139	99	100
3245	1500006298	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3249	1500006139	105	106
3249	1500006298	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3252	1500006169	109	111
3252	1500006298	1	
3252	1500006026	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3270	1500006169	113	113

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3343	1500006139	88	88

Kanava 11

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3153	1500006349	123	124
3153	1500006298	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3155	1500006026	125	125

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3174	1500006139	112	114
3174	1500006169	2	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3219	1500006169	121	122
3219	1500006026	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3242	1500006349	124	124

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3245	1500006139	109	110
3245	1500006298	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3249	1500006139	118	118

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3252	1500006169	109	112
3252	1500006349	3	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3270	1500006169	122	122

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3343	1500006349	19	30
3343	1500006139	9	
3343	1500006298	2	

WLAN OFF

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3153	1500006349	118	124
3153	1500006298	3	
3153	1500006139	3	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3155	1500006026	122	125
3155	1500006349	3	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3174	1500006139	117	119
3174	1500006349	2	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3219	1500006169	114	118
3219	1500006349	3	
3219	1500006298	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3242	1500006349	119	123
3242	1500006139	3	
3242	1500006298	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3245	1500006139	114	116
3245	1500006349	2	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3249	1500006139	115	119
3249	1500006298	2	
3249	1500006349	2	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3252	1500006169	107	114
3252	1500006349	3	
3252	1500006139	2	
3252	1500006298	1	
3252	1500006026	1	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3270	1500006169	122	237
3270	1500006139	113	
3270	1500006349	2	

Sender:	IPCS ID:	Viestejen määrä:	Viestit yhteensä:
3343	1500006349	69	120
3343	1500006139	50	
3343	1500006298	1	