



CWC

Oulu

CENTRE FOR WIRELESS COMMUNICATIONS
University of Oulu

Energiatehokas ihmiskeholinkki ihmisen toimintakykymittauksia varten (EISIT)

2016/2500M-0043

Juha Petäjäjärvi, Heikki Karvonen, Konstantin Mikhaylov, Risto Vuohtoniemi, Jari Iinatti, Harri Posti

juha.petajajarvi@ee.oulu.fi

Hankkeelle myönnetty MATINE-rahoitus:

43 157 €

www.cwc.oulu.fi

Esityksen rakenne

- Johdanto
 - Ihmiskehokommunikointi
 - Herätevastaanotin
- Tutkimuksen tavoite ja suunnitelma
- Ihmiskehokanavan etenemisvaimennus mittaukset
 - Mittausjärjestely
 - Tulokset
- Herätevastaanotin
 - Rakenne
 - Suorituskyky
- Ongelmat
- Johtopäätökset
- Tieteelliset julkaisut

Johdanto – Ihmiskehokommunikointi (1)

- Vuonna 1996 T. G. Zimmerman huomasi, että tietoa voitaisiin siirtää käyttäen ihmiskehoa siirtotienä moduloimalla sähkökenttää
- IEEE 802.15.6-2012 standardissa vaihtoehto fyysisellä kerroksella (PHY) ihmiskehokommunikointia varten
- Mahdollistaa uusia mielenkiintoisia sovellusmahdollisuuksia
 - käyntikortit voidaan vaihtaa kätteleällä
 - mobiililaitteella otettu kuva voidaan tulostaa vain koskettamalla tulostinta
 - jne.

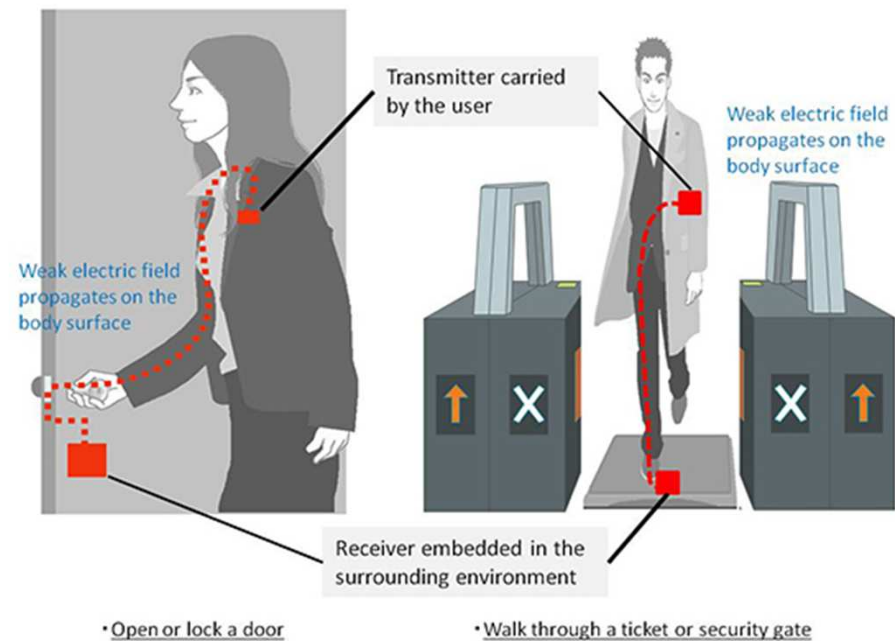


Fig. 4 Application examples of body-area electric-field communication

Johdanto – Ihmiskehokommunikointi (2)

	Ihmiskehokommunikointi	ZigBee	Bluetooth Smart	Impulssi radio-UWB
Standardi	802.15.6-2012	802.15.4-2015	Bluetooth SIG	802.15.4-2015 & 802.15.6-2012
Operointitaajuus	18.375 MHz – 23.625 MHz	2.4 GHz – 2.4835 GHz	2.4 GHz – 2.485 GHz	< 10.6 GHz ja määräys rajoitteet
Antenni/elektrodin koko	1-2 cm (diameter)	3.1 cm ($\lambda/4$)	3.1 cm ($\lambda/4$)	5 cm x 5 cm ($\lambda_{3.1\text{GHz}}/2$)
Kommunikointi etäisyys	< 3 m	< 200 m	< 100 m	< 20 m
Tiedonsiirtonopeus	1.3125 Mbps	250 kbps	1 Mbps	0.11 - 27 Mbps
Interferenssin vaikutus muista laitteista	Alhainen	Korkea	Korkea	Alhainen
Tehonkulutus lähetyksessä	Ei kaupallisesti saatavilla ¹	77.4 mW (CC2520)	31.5 mW (nRF51822)	129 mW @ 110 kbps (DW1000)
Tehonkulutus vastaanotossa	Ei kaupallisesti saatavilla ¹	55.5 mW (CC2520)	39.0 mW (nRF51822)	228 mW @ 110 kbps (DW1000)
Modulaatio	Taajuusselektiivinen digitaalinen lähetyksessä	Suorasekvenssi hajaspektri	Gaussinen taajuussiirtokoodaus	Pulssinpaikkamodulaatio & vaihesiirtokoodaus

¹ 802.15.6 yhteensopiva lähetyksenvastaanotin kuluttaa 1.4 mW lähetyksessä ja 5.0 mW vastaanotossa (H. Cho et al. IEEE journal SSC 2015)

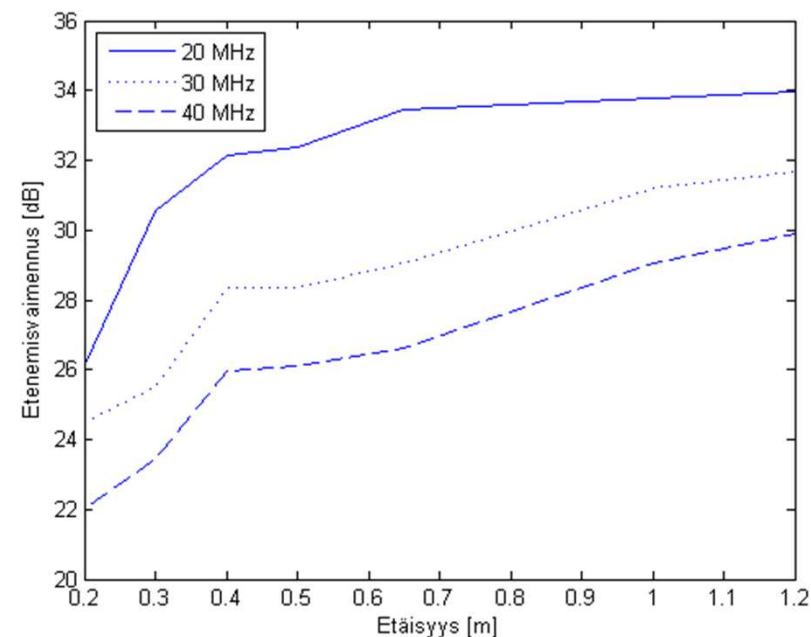
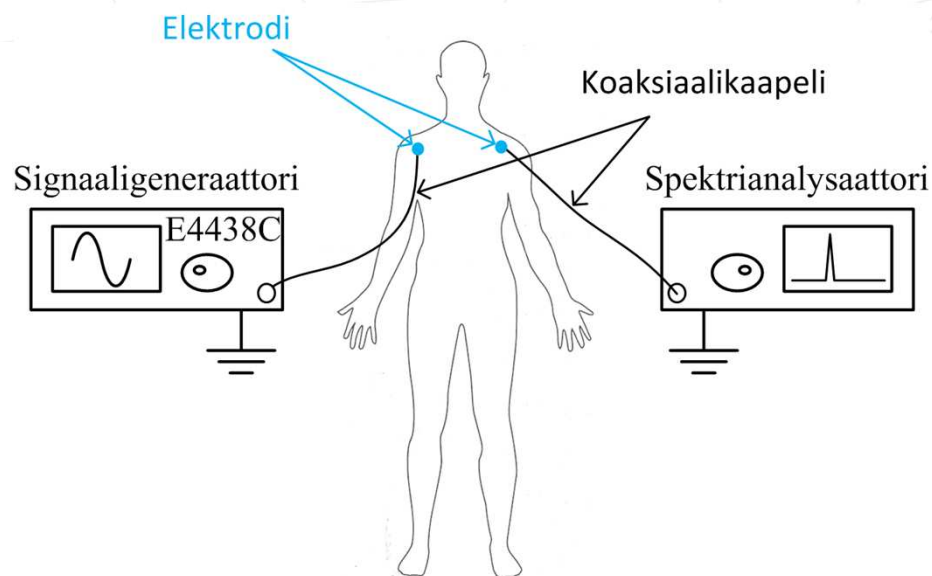
Johdanto - Herätevastaanotin

- Lukuisia linkkiohjausprotokollia on ehdotettu ihmiskehoverkkoihin (WBAN)
- Tyypillisesti laitteet nukkuvat periodisesti linkkiohjausprotokollan mukaisesti
 - Laite tuhlaa energiaa myös hyödyttömään radiokanavan kuunteluun
- Yksi ratkaisu on käyttää herätesignaalia, joka voidaan havaita herätevastaanottimella
- Alhainen virrankulutus mahdollistaa laitteen vuosien toiminta-ajan yksittäisellä kolikkoparistolla
- Alhainen kommunikointiviive, koska kanavaa kuunnellaan jatkuvasti

Tutkimuksen tavoite ja suunnitelma

- 1) Tehdä kirjallisuuskatsaus ihmiskehokommunikoinnista
 - 2) Mitata signaalin vaimennusta ihmiskehokanavassa
 - 3) Toteuttaa ihmiskehokommunikointiin sovelias herätevastaanotin ja siihen tarvittava laiteajuri
 - 4) Mitata herätevastaanottimen suorituskykyä
- Saada tietoa ihmiskehokommunikoinnin käytettävyydestä yleisesti sekä herätevastaanottimen hyödyntämisestä kehooverkkosovelluksissa

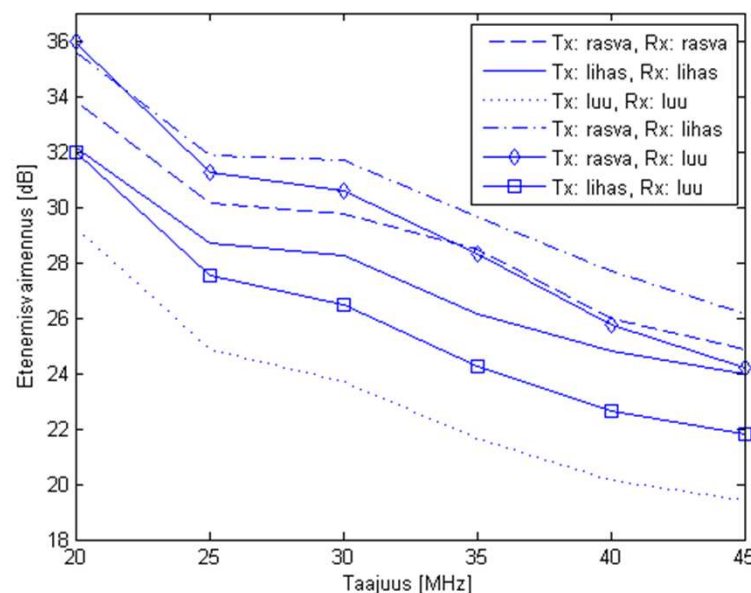
Ihmiskehokanava mittaukset (1)



- Elektrodit kaupallisia, valmistettu hopea-hopeakloridista
- Vapaan tilan vaimennus 2.4 GHz
 - 20cm etäisyydellä ~26 dB
 - 1m etäisyydellä ~40 dB

Ihmiskehokanava mittaukset (2)

- Ihmiskeho koostuu erilaisista kudoksista ja jokaisella kudoksella on ainutlaatuiset dielektriset ominaisuudet
- Kun ihmiskehoon johdetaan signaalia muodostuu sähkökenttä ihmiskehon ympärille
 - Sähkökentän voimakkuus riippuu muun muassa kudoksen suhteellisesta permittiivisyydestä
- Vaikka elektrodi kytketään ihoon, tutkimme onko kudoksella ihon alla vaikutusta signaalin etenemisvaimennukseen

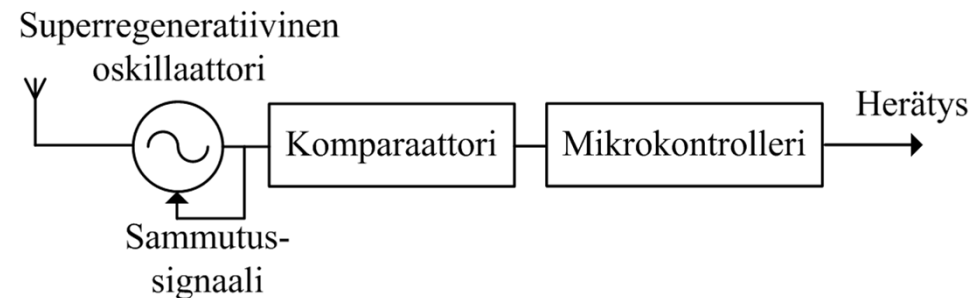


Superregeneratiivinen vastaanotinarkkitehtuuri

- Projektissa suunniteltu herätevastaanotin perustuu superregeneratiiviseen vastaanotin arkkitehtuuriin
- Oskillaattoria kytketään periodisesti vakaan ja epävakaan tilan välillä erityisellä sammutussignaalilla (eng. quench signal)
- Kun oskillaattori on tilassa, jossa se voi alkaa oskilloida se ottaa signaalinäytteen elektrodilta/antennilta
- Oskillaattori käynnistysaika riippuu riippuu vastaanotetun signaalin **voimakkuudesta** ja **taajuudesta**
- Mittaamalla oskillaattoriin lähtöaika pystytään demoduloimaan esimerkiksi amplitudimoduloitu signaali

Superregeneratiivinen herätevastaanotin (1)

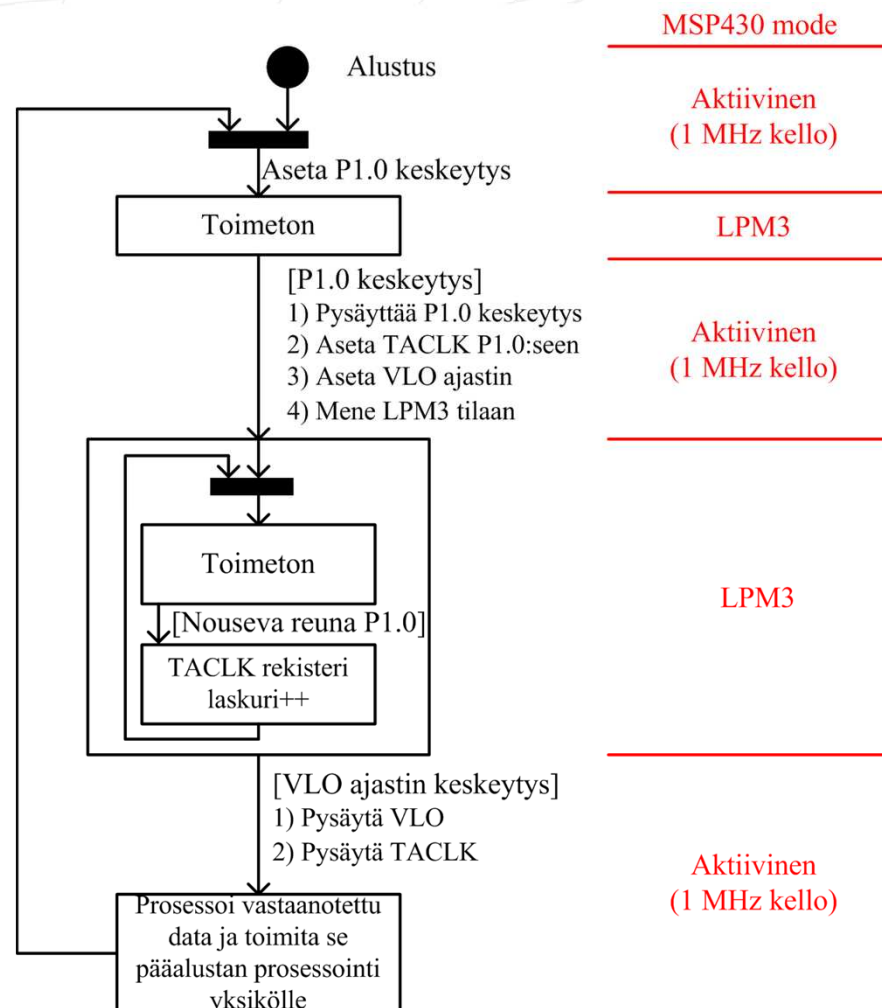
- Oskillaattoria käytetään pulssinleveysmoduloidun herätesignaalin havainnoimiseen ja vahvistamiseen
- Komparaattori kääntää sahalaitaisen sammutussignaalin suorakaideaalloksi, eli kääntää signaalin digitaaliseen muotoon ja nostaa jännitetasoa mikrokontrollerille sopivaksi
- Käyttöjännite on **1.8 V** ja herätesignaali lähetetään **28 MHz taajuudella**
- Mikrokontrolleri Texas Instrumentsin **MSP430G2413** johtuen alle mikroampeerin kulutuksesta pienen tehon tilassa



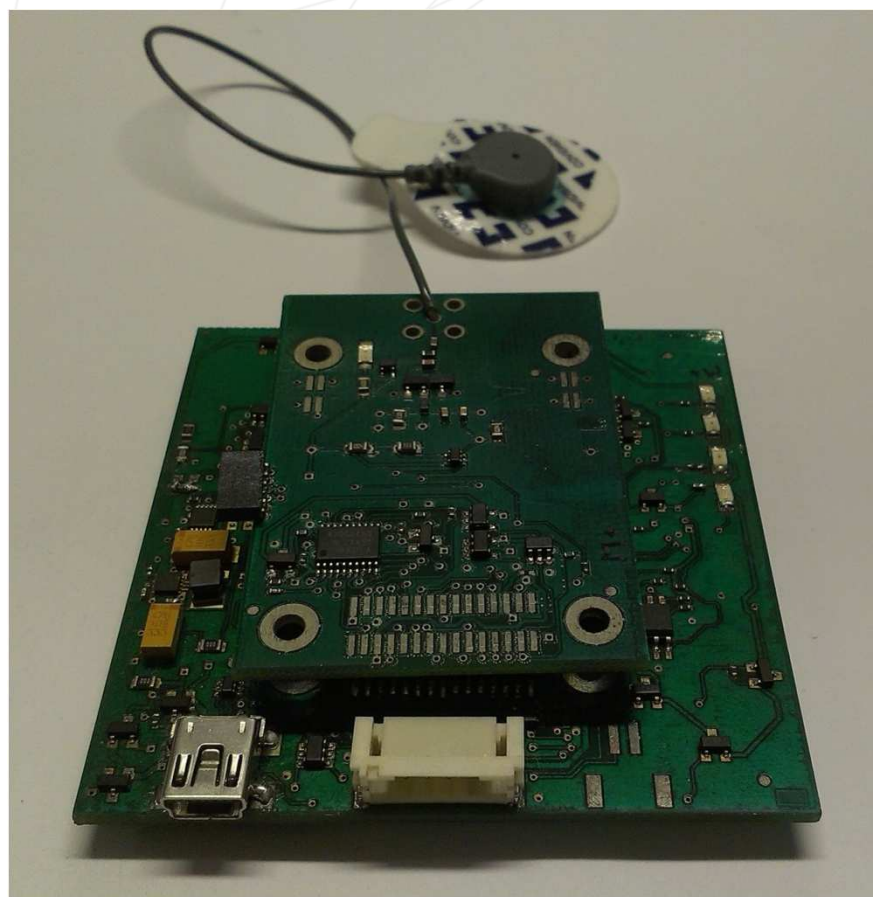
Superregeneratiivinen herätevastaanotin (2)

- Jotta oskillaattori alkaisi oskilloida, siihen pitää syöttää enemmän virtaa kuin niin sanottu **kriittinen virta**
- Kehitettyssä vastaanottimessa **bias-virta asetetaan tarkoituksella kriittisen virran alapuolelle**
- Oskillaattori alkaa oskilloida vain jos oskillaattori havaitsee kantoaallon oikealla taajuudella
- Kun estetään oskillointi ilman kantoaallon vastaanottoa, virrankulutus pienenee

Superregeneratiivinen herätevastaanotin (3)

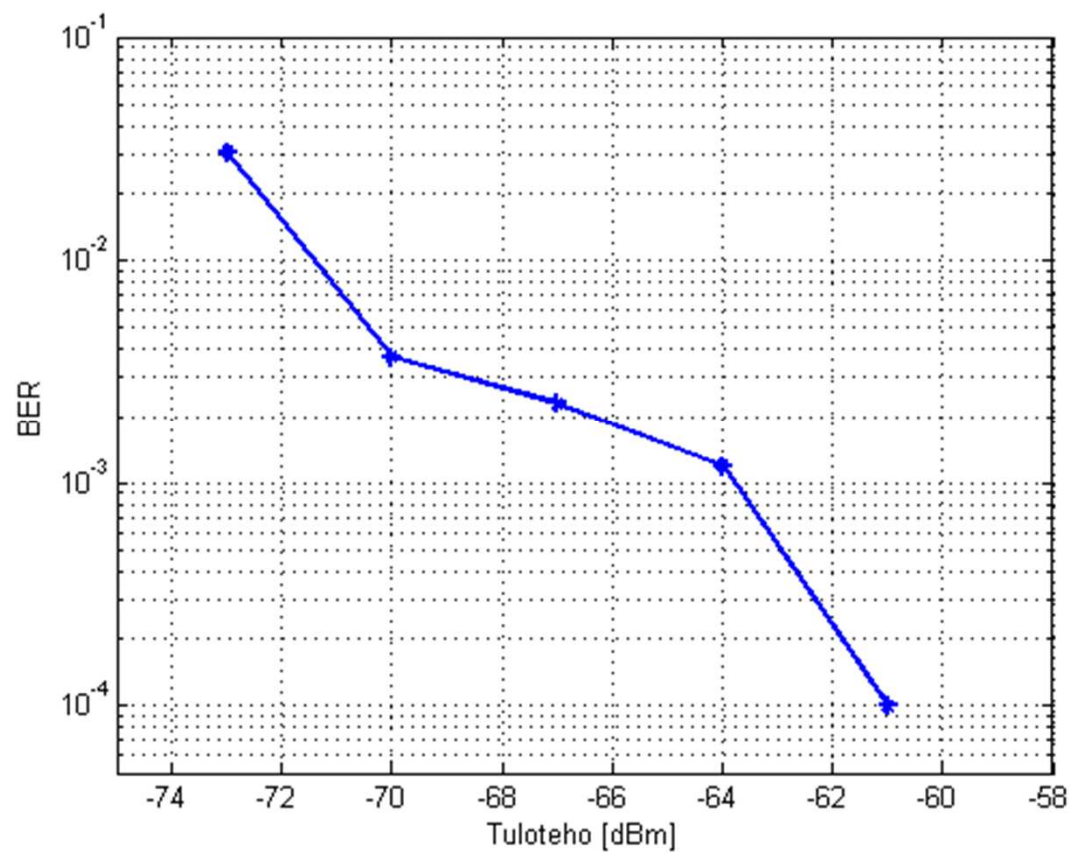


Superregeneratiivinen herätevastaanotin (4)



Suorituskyky

- Keskimääräinen tehonkulutus 20 μW 1.8 V käyttöjännitteellä



Havaittu käytännön ongelma

- Lähetinvastaanottimen kytkeytyminen ihmiskehon kanssa
- Tyypillisesti käytetään elektrodeja ja tietynlaista geeliä
- Vaikka kytkeytyminen on aluksi hyvä, ajan kuluessa muun muassa hikoilu ja liikkuminen pikkuhiljaa löyhentävät kiinnittymistä jolloin suorituskyky voi heikentyä
- Toisaalta monissa sovelluksissa elektrodia ei tarvitse kiinnittää suoraan ihoon jolloin ongelma ei ole merkityksellinen

Johtopäätökset

- Ihmiskehokommunikointi on kiinnostava vaihtoehto ihmiskehoverkkosovelluksiin joissa nykyisin käytetään teknologioita kuten ZigBee, Bluetooth ja UWB

- Kolme merkittävää etua
 - 1) Kun langattomien laitteiden määrä ihmiskehon ympärillä kasvaa, **radiokanavat ruuhkautuvat**
 - 2) Ihmiskehokommunikointi on **turvallisempaa** sillä muodostuva sähkökenttä pysyy ihmiskehon lähetyvillä, joten vaikeampi salakuunnella
 - 3) Ihmiskehokommunikointi kärsii useimmissa tapauksissa **pienemmästä etenemisvaimennuksesta**, joten pienempää lähetystehoja voidaan käyttää

- Projektissa ehdotettu herätevastaanotinta, joka **kuluttaa vähemmän tehoa** kuin tämänhetkistä huipputasoa edustavat vastaanottimet ja se myös **saavuttaa paremman herkkyuden**

Tieteelliset julkaisut

- Juha Petäjäjärvi, Konstantin Mikhaylov, Risto Vuotoniemi, Heikki Karvonen, Jari Iinatti, "On the Human Body Communications: Wake-up Receiver Design and Channel Characterization", **EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking**, pp. 1 – 17, 2016. DOI: 10.1186/s13638-016-0674-5
- Juha Petäjäjärvi, Konstantin Mikhaylov, Risto Vuotoniemi, Heikki Karvonen, Jari Iinatti, "Superregenerative wake-up receiver with 20 μ W power consumption for human body communications", **New Technologies, Mobility and Security**, Larnaca, Kypros, 21 – 23 marraskuu, 2016.



CENTRE FOR WIRELESS COMMUNICATIONS
University of Oulu

Kiitos! Kysymyksiä?

juha.petajarvi@ee.oulu.fi

www.cwc.oulu.fi