

IoT-sensoretestit KIERTOTRE- hankkeessa – Tulokset ja Jatkokehitysmahdollisuudet

Antti Martikkala, Tampereen Yliopisto

29.10.2024

• **Antti Martikkala**

- Tutkijatohtori, tutkimusaiheena ”low-cost and open-source” IoT ja digitalisaation edistäminen
- Tampereen yliopisto, Automaatio- ja konetekniikan yksikkö
- Projektipäällikkö: MOI Hub
 - Seinäjoki Multidisciplinary Open IoT Hub (MOI) on hanke, jonka tavoitteena on digitalisaation edistäminen Seinäjoen alueella keskittyen esineiden internetin (IoT) mahdollisuuksiin.

• **Olli Wiikinkoski**

- Tutkimusapulainen, Tampereen yliopisto



innokaupungit



Seinäjoki

Johdanto

- Projektin yleiskuvaus
 - Tavoite: Tutkia markkinoilla olevia LoRaWAN-pohjaisia etäisyysensoreita ja niiden soveltuvuutta kiertotalouden sovelluksiin, kuten jätehuollon ja vedenpinnan monitorointiin.
 - Langattomien 'long-range' teknologioiden kehitys on avannut uusia mahdollisuuksia Internet of Things (IoT) -sovellusten alalla. Kustannustehokkuus, alhainen virrankulutus ja laaja peittoalue ovat olennaisia tekijöitä IoT-verkkojen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Sensorit ja Teknologiat

- Markkinoilta löytyneet sensorit.



Laite	Hinta
Aistin Level sensor	130€
Aistin Level pro sensor	170€
YOSENSI YO DISTANCE REMOTE ULTRASONIC MEASUREMENT	145€
Dragino LDDS75 LoRaWAN Distance Detection Sensor (868 MHz)	65 - 115€
Dragino LMDS200 LoRaWAN Microwave Radar Distance Detection Sensor	139,9€
Dragino LDDS45 LoRaWAN Ultrasonic Distance Detection Sensor	69,9€
Dragino LLDS12 LoRaWAN LiDAR ToF Distance Detection Sensor	119,9€
Milesight EM400 TLD LoRaWAN Laser Distance Sensor	115,9€
Milesight EM400-MUD Multifunctional Ultrasonic Distance/Level Sensor	135,9€
Milesight MIL EM310-UDL LoRaWAN level sensor, ultrasonic	135,41€
Sentium Apollon-Q Level Sensor	189,9€
BrighterBins sensor	
Dragino DF703 LORAWAN SMART ULTRASONIC WASTE BIN SENSOR	140 - 196€
Dragino DF703 LoRaWAN GPS	480€
Dragino DF702 LORAWAN SMART ULTRASONIC WASTE BIN SENSOR	140€
Dragino DO200 LoRaWAN Parking Sensor, detection distance 40 cm	114€
Trax10227 LoRaWAN Ultrasonic Distance Sensor	
TEK LoRa Ultrasonic Sensor	
NIS-UL – Ultrasonic sensor	245€
DecentLab Ultrasonic	200€

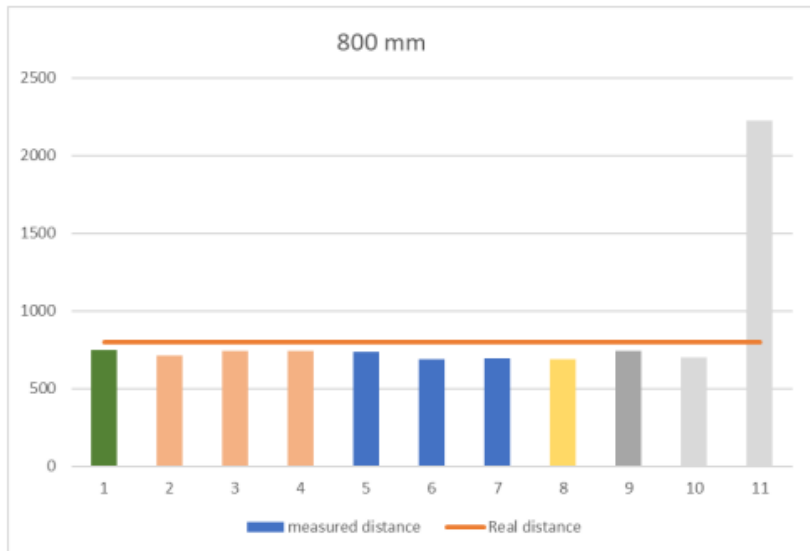
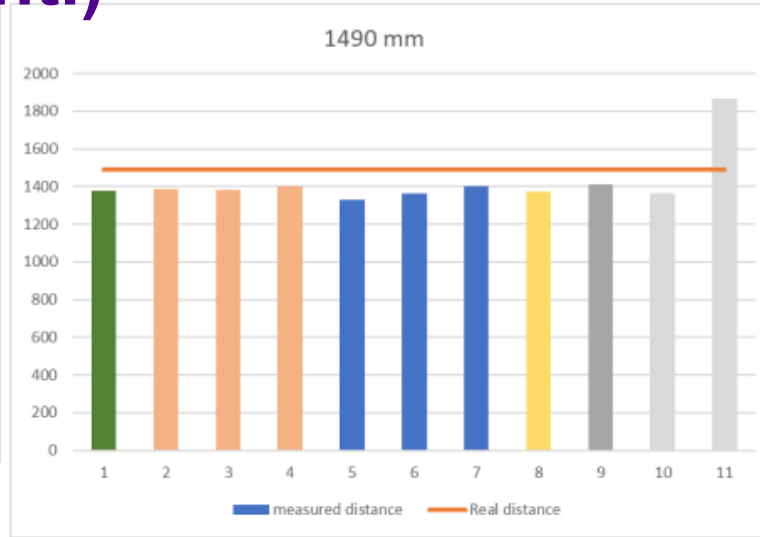
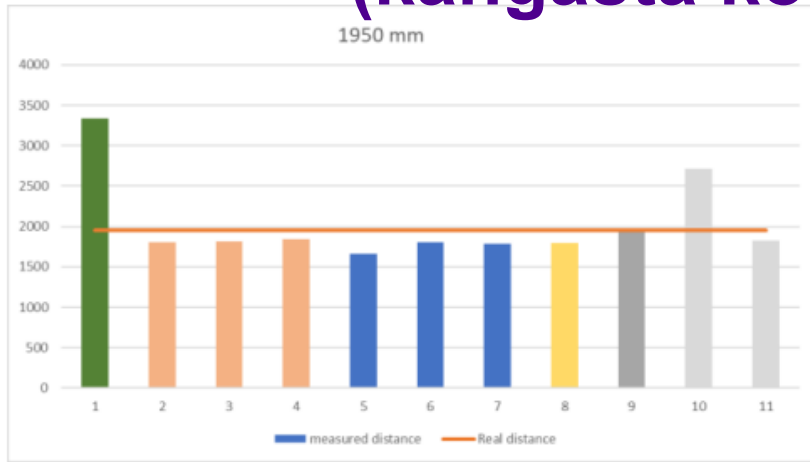
Taulukko 1. Markkinoilta löydetyt sensorit ja niiden hinnat.

Sensorien mittausmenetelmät

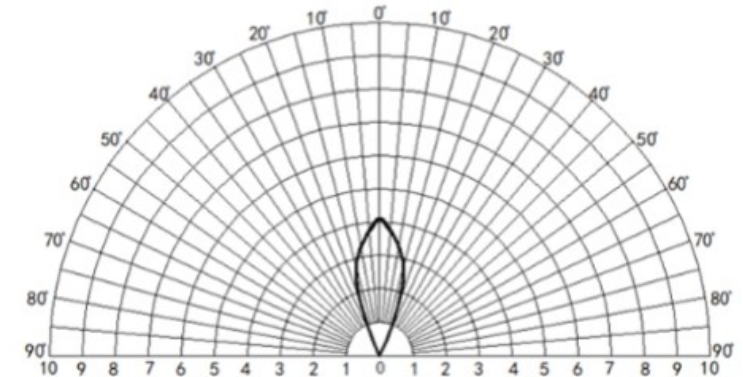
- Testiin mukaan otetut sensorit: 12kpl, 6 valmistajaa.
- Testatut sensorit perustuivat etäisyyttä mittaaviin ultraääni-, ja laser-antureihin

Device	Distance sensor type	nom. range [cm]
Aistin Level sensor	Ultrasonic	
Dragino LDDS75 LoRaWAN Distance Detection Sensor (868 MHz)	Ultrasonic	28-750
Dragino LDDS45 LoRaWAN Ultrasonic Distance Detection Sensor	Ultrasonic	3-450
Dragino LLDS12 LoRaWAN LiDAR ToF Distance Detection Sensor	LiDAR	10-1200
Milesight EM400 TLD LoRaWAN Laser Distance Sensor	Laser	2-350
Milesight EM400-MUD Multifunctional Ultrasonic Distance/Level Sensor	Ultrasonic	3-450
Milesight MIL EM310-UDL LoRaWAN level sensor, ultrasonic	Ultrasonic	3-450
Sentium Apollon-Q Level Sensor		3-350
Dingtek DF702 waste bin detector	Ultrasonic	15-200
Dingtek DO200 parking occupancy sensor	Ultrasonic	10-50
Dingtek DF703 recycle bin detector	Ultrasonic	15-400
Yosensi YO Distance	Ultrasonic	3-420

Tampereen yliopisto Testitulokset – Mittaustarkkuus (kangasta kohti)



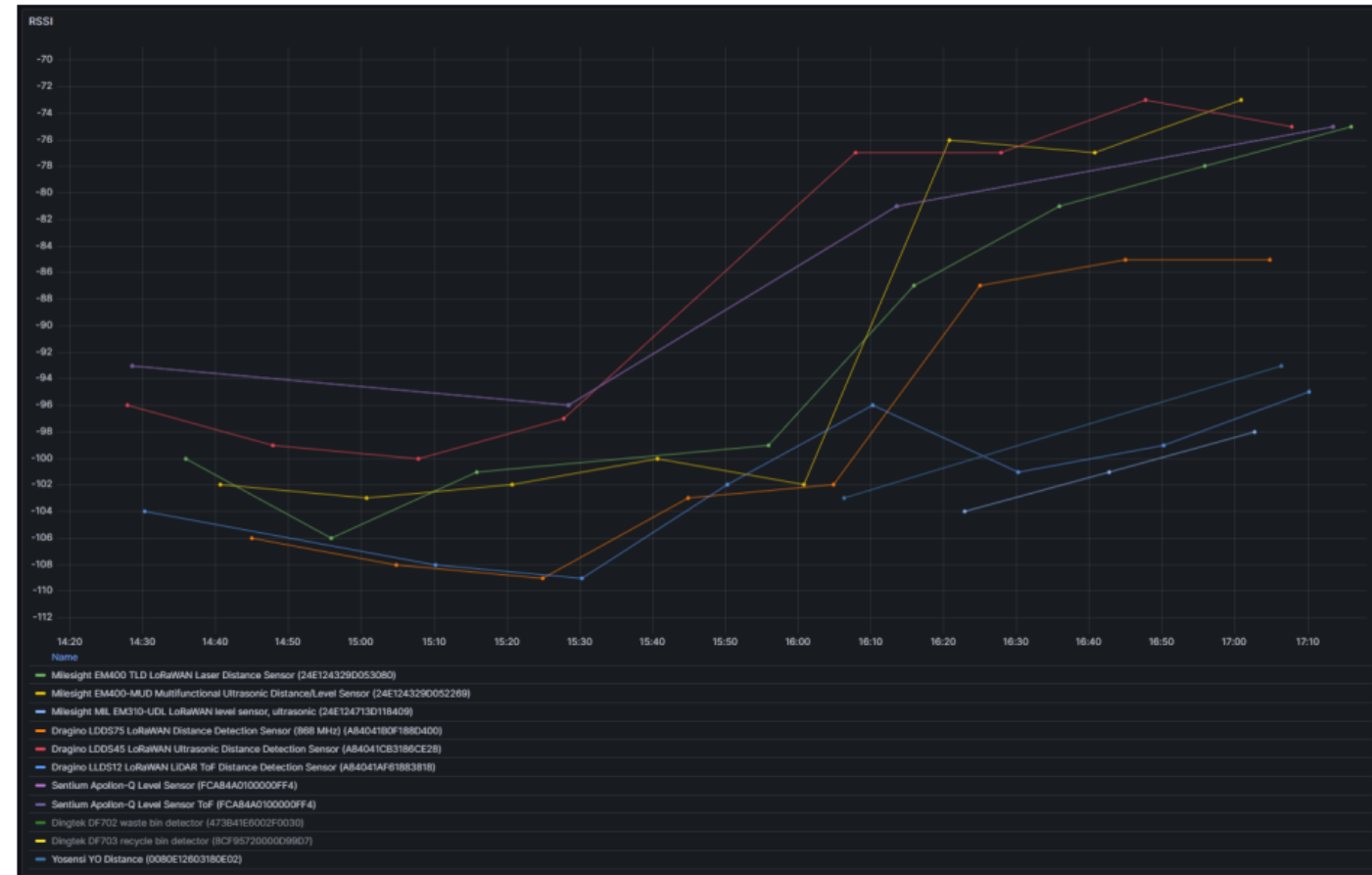
Havainnekuva sensorin mittauskeilan muodosta.



Fatboy screening test (Dingteks are pointed at wall)											
Sensor	Real distance [mm]	Measured distance [mm]	Differenc e(mm)		Real distance [mm]	Measured distance [mm]	Differenc e(mm)		Real distance [mm]	Measured distance [mm]	Differenc e(mm)
Aistin Level sensor	1490	1378	112		800	745	55		1950	3340	-1390
Dragino LDD575 LoRaWAN Distance Detection Sensor (868 MHz)	1490	1388	102		800	711	89		1950	1805	145
Dragino LDD545 LoRaWAN Ultrasonic Distance Detection Sensor	1490	1381	109		800	741	59		1950	1815	135
Dragino LLDS12 LoRaWAN LiDAR ToF Distance Detection Sensor	1490	1400	90		800	740	60		1950	1840	110
Milesight EM400 TLD LoRaWAN Laser Distance Sensor	1490	1332	158		800	733	67		1950	1665	285
Milesight EM400-MUD Multifunctional Ultrasonic Distance/Level Se	1490	1363	127		800	690	110		1950	1800	150
Milesight MIL EM310-UDL LoRaWAN level sensor, ultrasonic	1490	1400	90		800	695	105		1950	1790	160
Yosensi YO Distance	1490	1375	115		800	686	114		1950	1795	155
Sentium Apollon-Q Level Sensor LiDAR	1490	1413	77		800	741	59		1950	1930	20
Sentium Apollon-Q Level Sensor RADAR1	1490	1364	126		800	702	98		1950	2715	-765
Sentium Apollon-Q Level Sensor RADAR2 peak value	1490	1865	-375		800	2224	-1424		1950	1820	130
Dingtek DF702 waste bin detector	830	698	132		418	281	137				0
Dingtek DO200 parking			0				0				0
Dingtek DF703 recycle bin detector	1920	2014	-94		1730		1730				0

Testitulokset – Signaalin vahvuus

- Sensorien signaalin kantavuutta tutkittiin käytännönläheisellä ”Received signal strength indicator (RSSI)” -testillä



Kuva 6. Sensoreiden Received signal strength indicator (RSSI) arvoja eri etäisyyksillä LoRaWAN tukiasemasta,

Testitulokset – Virrankulutus

- Alla olevaan taulukkoon on listattu eri sensoreissa käytetyt virtalähteet, niiden tyyppi ja kapasiteetti.
- Etenkin Suomen oloissa on tärkeää, että käytetyt paristot/akut toimivat myös alhaisissa lämpötiloissa.
- Akun keston osalta yleensä merkittävämmäksi tekijäksi nousee horrostilan virran kulutus

Yleisesti käytettyjä paristotyyppisiä alhaisissa lämpötiloissa ovat:

- Litium-rautafosfaatti (LiFePO₄): Kestää hyvin kylmää, tarjoaa pitkän käyttöiän ja on turvallinen vaihtoehto.
- Litium-tionaatti (LTO): Toimii erittäin hyvin kylmissä olosuhteissa, mutta on kalliimpi vaihtoehto.
- Litium-ion (Li-ion): Yleisesti käytetty, mutta suorituskyky heikkenee merkittävästi kylmässä.
- Litium-tionyylikloridi (**Li-SOCI₂**): Erittäin hyvä kylmän sään suorituskyky ja pitkä säilyvyys, mutta ei ole uudelleenladattava.
- Litium-Mangaanioksidi (**Li-MnO₂**): Toimivat luotettavasti myös alhaisissa lämpötiloissa ja tarjoavat hyvän säilyvyyden ja pitkän käyttöiän. Ovat yleensä edullisempia kuin jotkut muut litium-pohjaiset vaihtoehdot.

Device	Battery model /type
Aistin Level sensor	9000mAh 3.6V Li-SoCl ₂ (ER26500M)
Dragino LDD575 LoRaWAN Distance Detection Sensor (868 MHz)	4000mAh or 8500mAh Li-SOCI ₂ replaceable* battery
Dragino LDD545 LoRaWAN Ultrasonic Distance Detection Sensor	4000mAh or 8500mAh Li-SOCI ₂ replaceable* battery
Dragino LLDS12 LoRaWAN LiDAR ToF Distance Detection Sensor	4000mAh or 8500mAh Li-SOCI ₂ replaceable* battery
Milesight EM400 TLD LoRaWAN Laser Distance Sensor	Two 9000 mAh Li-SOCL replaceable batteries (ER26500)
Milesight EM400-MUD Multifunctional Ultrasonic Distance/Level Sensor	Two 9000 mAh Li-SOCL replaceable batteries (ER26500)
Milesight MIL EM310-UDL LoRaWAN level sensor, ultrasonic	Two 7000 mAh Li-SOCL replaceable batteries (ER17505)
Sentium Apollon-Q Level Sensor	Two 2000 mAh Li MnO ₂ 3V replaceable battery (CR17450)
Dingtek DF702 waste bin detector	9000mAh Li-SOCI ₂ 3.6V replaceable battery (ER26500H)
Dingtek DO200 parking occupancy sensor	9000mAh Li-SOCI ₂ 3.6V replaceable battery (ER26500H)
Dingtek DF703 recycle bin detector	9000mAh Li-SOCI ₂ 3.6V replaceable battery (ER26500H)
Yosensi YO Distance	3 x 1.5V replaceable AAA batteries (not included)
<i>*requires some extra work as battery is behind PCB</i>	

Testit kentällä

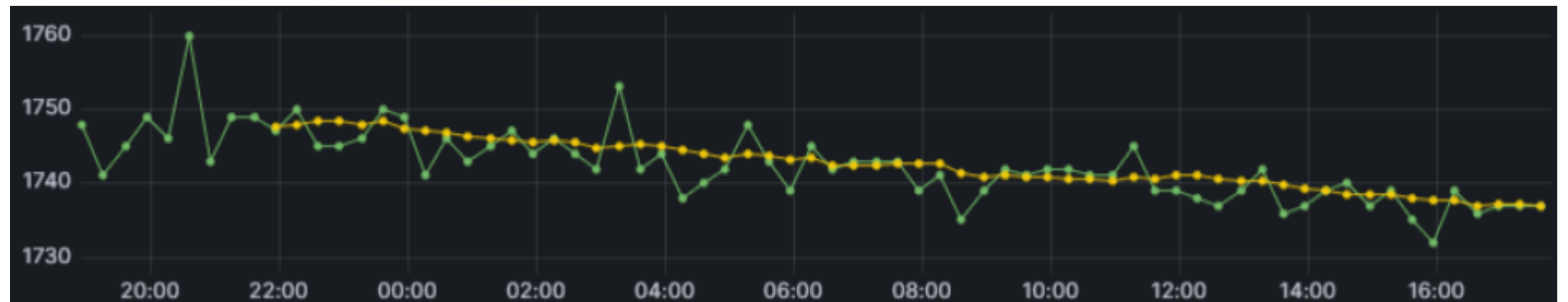
- Sadevesikaivojen monitorointiin parhaiten voisi soveltua kanteen kiinnitettävä sensori, jossa mittapää on koteloon integroitu (esim. Milesight).



Kuva 10. Sensoreita jäteastioissa.



Kuva 8. Dragino LDD575 Tammerkosken varrella.



Vertailua

- Kaikki testatut sensorit olivat mittatarkkuuden suhteen varsin luotettavia (riippuen mittauskohteesta).
- Isoimmat erot löytyivät niiden koteloinnista, käytettävyydestä ja manuaalien kattavuudesta.
 - Tutkituista laitteista, Sentinum Apollon-Q ja Yosensi yo distance sensoreiden parametreja ei onnistuttu muokkaamaan downlink- protokollaa käyttäen, johtuen dokumentaation puutteellisuudesta
 - Aistin-sensoreita ei saatu liitettyä muuhun kuin Digitan LoRaWAN verkkoon
- Sensoreiden koteloinnin vaikutus niiden käyttöön ulkona, antennien suojaus ja sijoitus vaikuttavat sopivan sensorin valintaan
- Milesight ja Dragino olivat mieluisia ja niiden valmistajilla on laajat mallistot erilaisia sensoreita.

Johtopäätökset ja Jatkokehitys - Yhteenveto testien tuloksista

- Kiertotalouden näkökulmasta mikään testatuista sensoreista ei osoittautunut selkeästi huonoksi.
- Hyvä lähestymistapa voisi olla, että ennen laajempaa käyttöönottoa sensoreita kuitenkin testataan käyttökohteessa.
- Alustavaan sensorin valintaan tutkimuksen tulokset antavat joka tapauksessa hyvän pohjan, koska yleisesti parhaimmiksi osoittautuneet sensorit toimivat oletettavasti parhaiten monissa eri kohteissa.

Datan mahdollisuudet

- Datan kerääminen, saatavuus ja kaikkien toimijoiden sitouttaminen kerätyn datan hyödyntämiseen on tärkeää.
- Ilman sitoutuneita käyttäjiä kerätyn datan arvo valuu hukkaan. Lisäksi monitorointia on syytä toteuttaa tarpeeksi laajasti, että sen taloudelliset hyödyt tulevat esille.
- Datan olemassaolo on tärkeää tuoda esille ja se pitää olla helposti saatavilla tahoille, jotka sitä voivat hyödyntää.
 - Tämän osalta sellaisen datan tuominen avoimeksi, joka ei vaaranna infrastruktuuria tai muuta toimintaa voisi olla tehokas lähestymistapa.

Tulevaisuuden kehitysehdotukset

- Olemme mielellämme mukana Tampereen digitalisoinnin lisäämisessä. Esim. toteuttamassa laajempia sensoritestejä oikeassa käyttöympäristössä.
 - Esim. sadevesikaivojen pinnan monitorointi.
- Kaikki uudet IoT teknologiaan liittyvät haasteet kiinnostaa.

”Low-cost and open-source” approach

- IoT, yhteensopivuus, datan keräys, hallinta, analyysi, visualisointi, konenäkö
- Käytännössä keskeistä osaamista edullisten prototyyppien ja ”proof-of-concept”:ien luominen
- Tutkimuksen tavoitteena on laajentaa osaamista liittyen näihin teknologioihin ja tutkia niiden mahdollisuuksia.
- Jatkossa mahdollisuuksia toteuttaa uusia IoT:hen liittyviä ideoita. Ideat voivat liittyä myös konenäön hyödyntämiseen.
- **Minkälaisia asioita Tampereella voitaisiin monitoroida?**

Kiitos

- Antti Martikkala, antti.martikkala@tuni.fi
- 050-3724867
- Tutkijatohtori
- MOI Hub
- Tampereen yliopisto, Automaatio- ja konetekniikan yksikkö

