

IoT-sensorin virrankulutusmittauksen tekninen toteutus

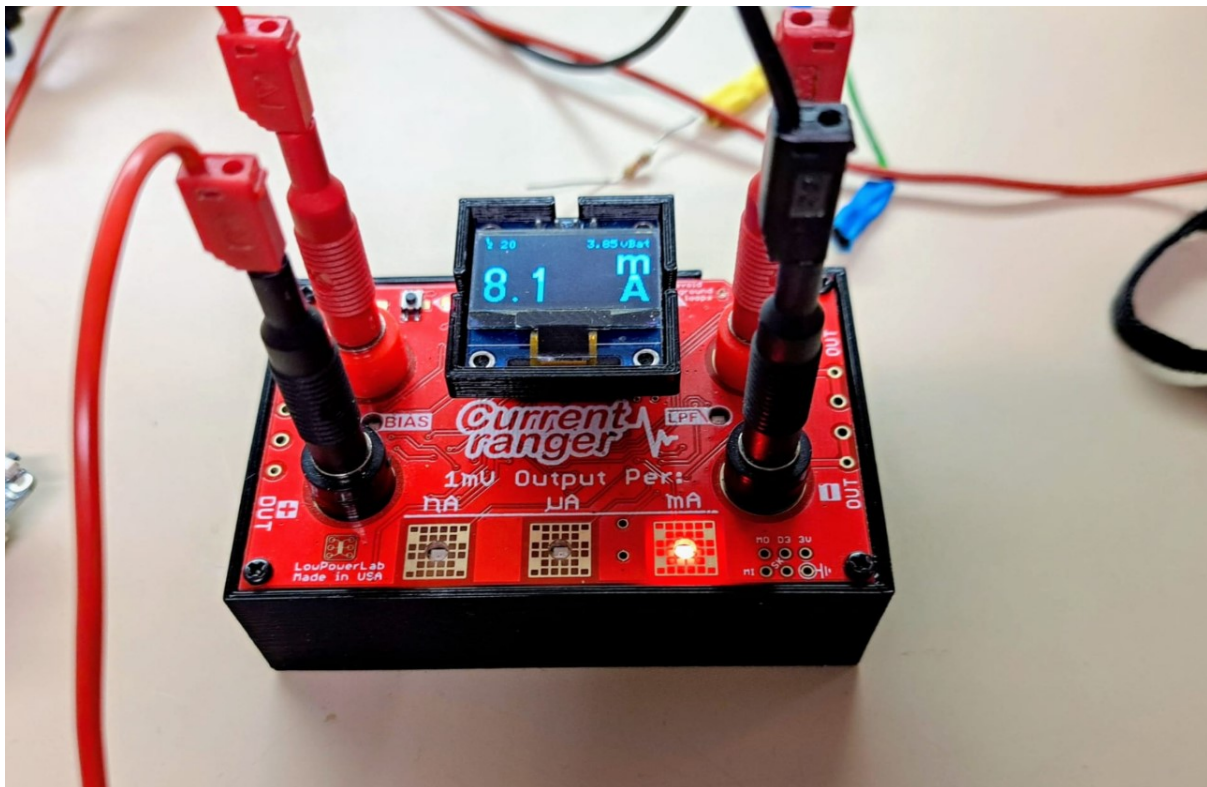
1. Mittauksen tavoite ja tekniset haasteet

IoT-laitteiden energiatehokkuuden todentaminen asettaa mittauslaitteistolle erityisvaatimuksia, sillä laitteen virrankulutus on erittäin dynaamista. Tyypillinen paristokäyttöinen sensori viettää suurimman osan ajasta syvässä horrostilassa (Deep Sleep, $<10 \mu\text{A}$), mutta herää hetkellisesti radiolähetykseen, jolloin virta nousee satoihin milliampeereihin.

Tavanomaiset yleismittarit eivät kykene seuraamaan tätä vaihtelua riittävän nopeasti. Lisäksi ne aiheuttavat usein virtapiiriin jännitehäviötä (ns. *Burden Voltage*), joka voi pahimmillaan estää laitteen normaalin toiminnan mittauksen aikana. Tämän mittauksen tavoitteena oli eliminoida nämä virhelähteet ja tuottaa tarkkaa dataa energiankeruun (energy harvesting) tutkimusta varten.

2. Käytetty mittauslaitteisto

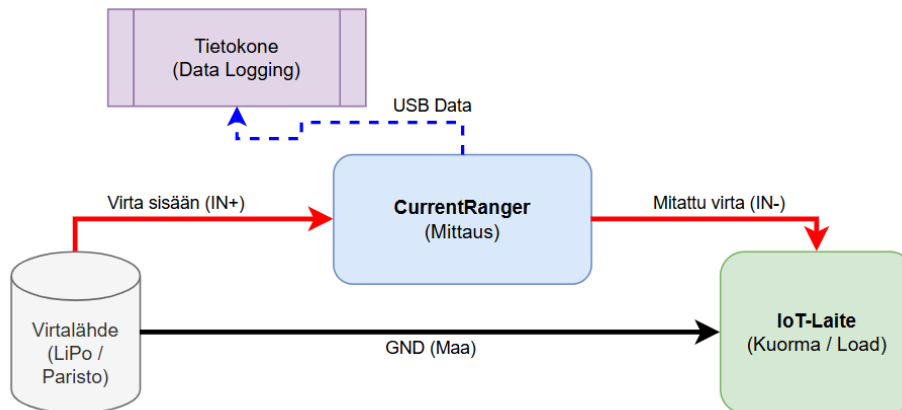
Mittauksissa hyödynnettiin LowPowerLabin kehittämää **CurrentRanger R3** - tarkkuusvirtamittaria. Laite on suunniteltu nimenomaan vähävirtaisten sulautettujen järjestelmien profilointiin. Sen keskeisiä ominaisuuksia ovat viiveetön ja automaattinen mittausalueen vaihto (Auto-ranging) sekä kyky siirtää mittausdataa reaaliajassa.



3. KytKentä ja mittausjärjestely

Mittausjärjestely toteutettiin sarjakytKentänä, joka mahdollisti sekä tarkan virranmittauksen että datan tallennuksen:

- **Virtapiiri:** CurrentRanger kytkettiin sarjaan IoT-laitteen virtalähteen (esim. LiPo-akku) ja itse laitteen väliin. Virta kulkee virtalähteestä mittarin läpi kuormalle, mikä mahdollistaa todellisen kulutuksen mittaamisen ilman häiriöitä.
- **Datalinkki:** Mittalaite kytkettiin USB-C-kaapelilla tietokoneeseen. Tietokoneelle muodostettiin terminaalilyhteys, jonka kautta CurrentRanger lähetti ASCII-muotoista raakadataa virrankulutuksesta.
- **Loggaus:** Datalinkki mahdollisti virrankulutuksen piirtämisen aikasarjana, josta voitiin erottaa millisekunnin tarkkuudella eri toimintatilat.



4. Analysoitu profiili

Tietokoneelle tallennetusta datasta todennettiin laitteen toimintasykli, joka koostuu kolmesta päävaiheesta:

1. **Deep Sleep:** Laitteen lepovirta (Base Load), joka on kriittisin tekijä pariston kestolle vuositason tasolla.
2. **Wake-up:** Prosessorin herääminen ja anturien luku.
3. **TX Burst:** LoRaWAN-radiomodulin lähetyspiikki (kesto n. 2–3 sekuntia).

5. Johtopäätökset

Mittausjärjestelyllä ja saadulla profiilidatalla todennettiin, että käytetty LoRaWAN-laitealusta toimii ennustettavasti ja energiatehokkaasti. Tulokset osoittavat, että teknologia soveltuu mahdollisesti yhteen energiankeruuseen (energy harvesting) perustuvien ratkaisujen kanssa, joissa energiabudjetti on rajallinen.