

## Harjoitus 9

Nelli Sviili

[nekasvii@student.jyu.fi](mailto:nekasvii@student.jyu.fi)

TIES436 Langattomat teknologiat

Informaatioteknologian tiedekunta

18.3.2020

## Sisällys

1. Referaatti artikkelista: A comparative study of technologies for large-scale IoT deployment” .....3

## 1. Referaatti artikkelista: A comparative study of technologies for large-scale IoT deployment”

Artikkelin mukaan tänä vuonna 2020 olisi jo yli 50 miljardia laitetta yhdistetty radiotekniikan avulla. Teknologiaa hyödynnetään laaja-alaisesti esimerkiksi turvallisuudessa, maataloudessa, tiettyjen ominaisuuksien seurannassa, älykkäässä mittaamisessa sekä älykaupungeissa ja muissa älykohteissa. IoT-teknologian markkinoiden kasvun seurauksena LPWAN eli pienitehoiset verkko-teknologiat ovat nostaneet suosiotaan. Kolme johtavaa LPWAN-tekniikkaa ovat Sigfox, LoRa ja NB-IoT. Nämä tekniikat yhdistävät älykkäät, autonomiset ja hyvin erityyppiset laitteet verkkoon. Sigfox ja LoRa mahdollistavat paremmin laitteen akun keston, kapasiteettia ja matalammat kustannukset, kun taas NB-IoT laajemmat palvelut ja korkeamman laadun. Lyhyen kantaman tekniikat, kuten ZigBee ja Bluetooth, eivät toimi silloin, kun lähetykskantaman tulee olla kauas. Matkaliikenneverkot käyvät IoT-laitteiden viestintään, mutta ne kuluttavat paljon energiaa.

LPWAN mahdollistaa tietoliikenteen 10-40km etäisyydellä maaseudulla ja 1-5km kaupunkialueilla. Tämän lisäksi sille on ominaista energiatehokkuus, esimerkiksi patterin käyttöikä voi olla yli kymmenen vuotta. LPWAN on myös hyvin edullinen; radiosiru kustantaa noin 2 euroa ja vuositaitosten käyttökustannusten ollessa noin 1 euroa.

Sigfox-tekniikka on kehitetty 2010 vuonna ranskalaisessa startup-yrityksessä. Nykyään Sigfox on sekä tekniikka että LPWAN Internet-operaattori. Vuonna 2018 Sigfox oli käytössä 31 maassa ja sen käyttö lisääntyy koko ajan. Verkko-operaattorina Sigfox tarjoaa end-to-end yhteysratkaisuja IoT-laitteille. Sigfoxin tukiasemat on varustettu kognitiivisilla SOFTWARE DEFINED RADIOS, jotka liittävät tukiasemat back end -servereihin IP-perusteisella verkkoyhteydellä. Päätelaitteet yhdistetään tukiasemiin binaarisin vaiheensiirtoavainmodulaatioin (BPSK). Tekniikka hyödynittää lisensoimattomia ISM-kaistoja, kuten esimerkiksi Euroopassa 868MHz aluetta. Sigfox käyttää kapeaa taajuskaistaansa erittäin tehokkaasti, jonka seurauksena virrankulutus on matalaa. Se havaitsee hyvin alhaiset äänitasot, joten Sigfox kykenee korkeaan vastaanottimen herkkyyteen. Tästä syystä antennien kustannukset ovat matalia. Viestien määrä on rajoitettu 140 viestiin päivässä yksittäisen viestin payloadin ollessa 12 tavua. Downlinkin viestien määrä on rajoitettu vain neljään viestiin päivässä niiden pituuden ollessa 8 tavua. Uplinkien viestitys varmistetaan käyttämällä aika ja taajuusdiversiteettiä sekä lähetyksduplikaatteja. Koska tukiasemat voivat

vastaanottaa viestejä samanaikaisesti kaikkien kanavien kautta, päätelaite voi valita satunnaisen taajuuskanavan. Tämä vähentää kustannuksia.

LoRa on vuodelta 2009, jolloin Cycleon-niminen startup kehitti sen. Sittenmin USA:laisen Semteck osti sen. LoRa alliance on standardoinut LoRa:n ja se on käytössä (vuonna 2018) 42 maassa. Se on fyysinen kerrosteknologia, joka moduloi signaaleja sub-GHZ ISM -kaistalla käyttäen hajaspektritekniikkaa. Myös LoRa käyttää lisensoimattomia ISM-kaistoja, kuten Euroopassa 868 MHz kaistaa. Säteenhajoittajaspektri (chirp spread spectrum, CSS) mahdollistaa kaksisuuntaisen liikenteen levittäen kapean signaalin laajemmalla kanavaleveydelle. Tämän seurauksena signaalin kohina on pientä, minkä ansiosta signaali omaa korkean häiriönsietokyvyn. Signaalia on myös vaikea havaita tai pysäyttää. LoRa käyttää kuutta hajauttajaa adaptoidakseen tiedonsiirtonopeutta ja vaihteluväliä. Korkeampi hajautuskerroin sallii pidemmät etäisyydet madaltaen tiedonsiirtonopeutta ja vastaavasti matalampi hajautuskerroin lyhyemmät etäisyydet nopealla tiedonsiirrolla. Datanopeus on 300 bps -50 kbps. Tukiasemat voivat vastaanottaa samanaikaisesti eri hajautuskertoimilla lähetettyjä viestejä. Viestin hyötykuorma on 243 tavua.

LoRa alliance on standardoinut myös LoRaWAN-tiedonsiirtoprotokollan. LoRaWAN-tekniikan avulla tukiasemat kykenevät vastaanottamaan jokaisen päätelaitteen lähettämät viestit parantaen vastaanotettujen viestien ratiota. Tekniikka vaatii kuitenkin useita tukiasemia lisäten mahdollisesti sen kustannuksia. Duplikaatit suodatetaan backend-järjestelmässä. Useiden viestien vastaanotto eri tukiasemien välillä mahdollistaa päätelaitteiden lokalisoinnin. Tässä hyödynnetään TDOA-lokalisaatiotekniikkaa, jonka ansiosta aikasynkronointi tapahtuu erittäin tarkasti.

NB-IoT toimii kapealla radiokaistalla perustuen LPWAN-tekniikkaan. Se on standardoitu 3GPP:ssä, kolmannen sukupolven kumppanuusohjelmassa. Se on julkaistu 2016 ja on edelleen (vuonna 2018) testauksessa Euroopassa. Huawei pyrkii laajentamaan tekniikan globaaliksi. NB-IoT voi toimia sekä GSM:n että LTE-verkon taajuusalueilla. Tekniikka käyttää 20 KHZ taajuuskais-tansa leveytenä. Se mahdollistaa itsenäiset toiminnot, suojakaistatoiminna ja kaistan sisäisen toiminnan. 3GPP suosittelee NB-IoT-tekniikan integrointia LTE-soluverkkoon. NB-IoT:een tiedonsiirtoprotokolla pohjautuu juuri LTE-tekniikan protokollasta. Tämän ansiosta protokollatoimintoja voidaan tehostaa minimiin, jolloin päätelaitteen energiankulutus pienenee. NB-IoT-laitteiden virrankulutus on matalaa ja matalatehoiset patterit riittävät. Näin ollen myös laitteen kokonaiskulut vähenevät.

NB-IoT mahdollistaa sadantuhannen päätelaitteen liittämisen yhteen soluun. Kantoaaltojen lisäämisen seurauksena myös päätelaitekapasiteettia voi kasvattaa. Uplinkissä NB-IoT käyttää yhden kantoaallon taajuusjakoista monipääsyä (FDMA) ja downlinkissä ortogonaalista FDMA:ta. Maksimi datanopeus downlinkille on 200 kbps ja uplinkille 20 kbps. Viestien maksimi sisältö on 1600 tavua. NB-IoT-laitteen siirtäessä keskimäärin 200 tavua päivässä, laitteen akku voi saavuttaa jopa kymmenen vuoden käyttöiän. 3GPP suunnittelee lisäävänsä NB-IoT-tekniikan ominaisuuksia vielä lokalisointimetoodeilla, monilähetyspalveluilla, liikutettavuudella ja muilla teknisillä yksityiskohdilla, jotka parantavat teknologian käytettävyyttä.

Jokainen tekniikka on löytänyt oman paikkansa markkinoilla. Sigfox ja LoRa ovat edullisia laitteita, jotka toimivat pienillä etäisyyksillä korkealla peittävyydellä. Tekniikoille on tyypillistä harvoin tapahtuva tiedonsiirto ja hyvin pitkä akkujen käyttöikä. LoRa mahdollistaa myös paikallisverkon käytön ja luotettavan viestinnän laitteiden liikkua suurillakin nopeuksilla. NB-IoT on kalliimpi tekniikka, jolle ominaista on alhainen tiedonsiirtoviive ja korkea palvelun laatu. Tekniikka on vielä kehittymässä ja sen suurimmat haasteet liittyvät akun kestoikään ja tekniikan todellisesta suorituskyvystä reaali maailman kontekstissa. Artikkelin ennustaa vielä lopuksi 5G-tekniikan langattoman matkaviestinnän johtavan maailmanlaajuisen LPWAN-tekniikan kehittymiseen IoT-laitteille.