

## 6 SUMMARY

This thesis main goal was development of a prototype (name CAIL) for construction sites to gather sensor data and transmit it wirelessly to a cloud database. Goal was achieved by first analysing existing methods of data collection and transmission used in construction. For analysis various research papers and study cases were examined. Examination allowed to establish what communication protocols can be used in construction.

Second step was research of established communication protocols and selection of one or several protocols for further CAIL development. Selection was done using communication protocols parameters comparison and study cases analysis. After research selected protocols were LoRaWAN and NB-IoT. Both protocols designed for long range and low power communication.

LoRaWAN was chosen as first choice for testing. For testing a methodology was formulated to assess signal quality in a P2P communication. P2P consisted of a transmitter – CAIL and receiver - Arduino board. Signal quality was evaluated using SNR, RSSI and LSN parameters of a signal. Signal parameters were monitored with different SF values, which influenced signal strength and transmission range. Testing results showed that although theoretically smaller SF should provide shorter transmission range, it was not always the case. Test results revealed that larger SF led to shorter transmission range when signal could not reach Arduino from CAIL. Smaller SF resulted in greater signal power, which offered better signal quality.

In the scope of thesis, it was not considered how to obtain CAIL coordinates accurately and consistently in a building. CAIL used GPS coordinates for its location monitoring, which might be unreliable indoors. To solve the issue further development of CAIL could deal with triangulation implementation. Triangulation could use gateways or beacons fixed location to estimate the location of CAIL. Using fixed locations distances between devices can be calculated and consequently their coordinates. Another aspect is NB-IoT protocol testing for wireless communications. Possibly, NB-IoT could offer better signal quality and communication range in construction environment.

## 7 KOKKUVÕTE

Lõputöö põhieesmärk oli prototüübi (nimi CAIL) väljatöötamine ehitusplatside jaoks andurite andmete kogumiseks ja juhtmevabalt pilvandmebaasi edastamiseks. Eesmärk saavutati esmalt olemasolevate ehituses kasutatavate andmete kogumise ja edastamise meetodite analüüsimisega. Analüüsiks uuriti erinevaid teadustöid ja õppejuhtumeid. Uuring võimaldas välja selgitada, milliseid sideprotokolle saab ehituses kasutada.

Teiseks etapiks oli väljakujunenud sideprotokollide uurimine ja ühe või mitme protokollid valimine CAIL-i edasiseks arendamiseks. Valik tehti sideprotokollide parameetrite võrdluse ja õppejuhtumite analüüsi abil. Pärast uurimistööd olid valitud protokollid LoRaWAN ja NB-IoT. Mõlemad protokollid on mõeldud pikamaa ja väikese energiatarbega side jaoks.

LoRaWAN valiti testimise esimeseks valikuks. Testimiseks koostati metoodika signaali kvaliteedi hindamiseks P2P-sides. P2P koosnes saatjast – CAIL ja vastuvõtjast – Arduino plaadist. Signaali kvaliteeti hinnati signaali SNR, RSSI ja LEN parameetrite abil. Signaali parameetreid jälgiti erinevate SF väärtustega, mis mõjutasid signaali tugevust ja edastusulatust. Testimistulemused näitasid, et kuigi teoreetiliselt peaks väiksem SF tagama lühema ülekandeulatuse, ei olnud see alati nii. Katsetulemused näitasid, et suurem SF tõi kassa lühema edastusulatuse, kui signaal ei jõudnud CAILilt Arduinoni. Väiksema SF tulemuseks oli suurem signaali võimsus, mis pakkus paremat signaali kvaliteeti.

Lõputöö raames ei käsitletud seda, kuidas saada hoones CAIL-i koordinaate täpselt ja järjepidevalt. CAIL kasutas asukoha jälgimiseks GPS-koordinaate, mis võivad siseruumides olla ebausaldusväärsed. Probleemi lahendamiseks võiks CAIL-i edasiarendus tegeleda triangulatsiooni rakendamisega. Triangulatsioon võib CAIL-i asukoha hindamiseks kasutada lüüsi või majakaid fikseeritud askukohti. Fikseeritud asukohtade abil saab arvutada seadmete vahelisi kaugusi ja sellest tulenevalt ka nende koordinaate. Teine aspekt on juhtmevaba side NB-IoT protokollid testimine. Võimalik, et NB-IoT võiks ehituskeskkonnas pakkuda paremat signaali kvaliteeti ja sideulatust.