



TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
SCHOOL OF ENGINEERING  
MSc. MECHATRONICS

# **AN OPTICAL COMMUNICATION PROTOCOL BETWEEN UNDERWATER ROBOTS**

## **VEEALUSTE ROBOTITE VAHELINE OPTILINE SIDEPROTOKOLL**

MASTER THESIS

Üliõpilane: Abhinand G. D.

Üliõpilaskood: 177305MAHM

Juhendaja: Jaan Rebane, Engineer  
Roza Gkliva, Researcher

Tallinn 2020

## 8. SUMMARY

To implement a short-range optical communication protocol between underwater robots with proof of concept using basic modulation and demodulation of light using frequency shift-keying. The bandwidth of the communication is 36kHz to 48 kHz which are minimum and maximum limit of the bandwidth respectively. Water as a medium of transmission is complicated in nature, water acts as medium as well as an obstacle in the propagation of optical light which ends up with reduction of the optical transmittance in very short ranges (attenuation of waves) which can be in the range of a few meters. Hence, the plan is to use visible band of the EM spectrum (400nm-700nm), where water is relatively transparent to visible EM spectrum and absorption is minimum.

The second section of the thesis provides a brief description on different underwater optical wireless communication technologies and its applications. It describes the different protocols (RF, Acoustic, Optical) for transmission based on parameters viz, Cost, speed, data-rate, latency attenuation etc. This section briefs about the how the demand and use of autonomous underwater vehicles or remote operated vehicles are available in different sectors. This section provides an insight on wireless architectures and different modulation techniques involved in the optical wireless communication. This summarises the literature and background information required on how to execute the project.

The third section provides information about the ICs that are used for modulation, demodulation, functionality and its implementation in the circuit. The spice simulation software and CAD tools that are used to design the circuit for testing and analysis purpose. This eases the effort of assembling the circuit in real time. These tools provide accurate results as desired. The controller that is operating on  $\mu$ -CAT is Arduino which has a user-friendly IDE to program as it is compatible with C and C++ programming language.

Fourth section shows some of the workaround with respect to  $\mu$ -CAT before starting the thesis. This study helped in understanding the functionality, design of the robot and its applications which was an important part in designing the modem. The designing of the driver-circuit and executing to understand the operation of micro-CAT.

The fifth section of the thesis shows the details on how the optical communication protocol was designed from scratch to final part of the circuit until execution of the

communication protocol through Arduino IDE. This design process includes calculation of parametric values for the components and simulating to analyse the results are according to desired objectives or any discrepancies and deviations in the results obtained before moving to the final design.

The Sixth part explains the criteria and challenges that are involved during the process. It also infers that how to execute the task keeping the objectives of the task and choosing the method which is economically feasible with minimal wastage of resources. Selecting the appropriate method to execute was an important factor of the project.

The seventh section gives a brief overview on how to improve on the communication protocol for future developments. Some of the sections of the design where we can upgrade the components and tools for a reliable and robust architecture. The measures taken for the future work are executable under laboratory conditions and economically feasible. The proposal for future work on swarm intelligence will see many useful underwater applications.

## 9. KOKKUVÕTE

Käesolevas töös luuakse veealuste robotite vaheline optilise kommunikatsiooniprotokoll. Samuti näidatakse, et selline lahendus on võimeline päris robotiga töötama. Kasutatakse valgusallika moduleerimist ja demoduleerimist diskreet-sagedusmodulatsiooni (FSK) abil. Kasutatakse sagedusi 36 kHz ja 48 kHz. Vesi kui keskkond on oma olemuselt keeruline, vesi on optilise kiirguse levimisel suureks takistuseks, mis lõppeb optilise neeldumisega väga lühikestel distantsidel (lainete sumbumine). Elektromagnetilised lained võivad sumbuda juba mõne meetriga. Seetõttu plaanitakse kasutada elektromagnetilise spektri nähtavat riba (400–700 nm), vesi on nähtavale spektrile suhteliselt läbipaistev ja neeldumine minimaalne.

Töö teises osas antakse veealuse traadita optilise kommunikatsioonitehnoloogia ja selle rakenduste lühikirjeldus. Võrreldakse raadiosageduslikku tehnoloogiat, optilist kommunikatsiooni ja akustilist kommunikatsioonimeetodit. Antakse ülevaade sellest, kuidas kasutatakse autonoomseid veealuseid sõidukeid või kaugjuhitavaid sõidukeid erinevates sektorites. Selles peatükis räägitakse ka erinevatest optilise traadita sidega seotud modulatsioonitehnikatest. See annab üldise idee, kuidas edasi liikuda reaalse sideprotokolli loomiseni.

Kolmas jaotis sisaldab teavet modulatsiooniks ja demodulatsiooniks kasutatavate integraallülituste, nende funktsionaalsuse ja selle kohta, kuidas neid vooluringis rakendatakse. Vooluringi projekteerimisel kasutatakse simulatsiooni- ja CAD-tööriistu, need lihtsustavad vooluahela kokkupanekut.. Need tööriistad tagavad soovitud täpsed tulemused. Micro-CATi robotil töötav kontrolleri on Arduino, millel on programmeerimiseks graafiline kasutajaliides, see ühildub C ja C ++ programmeerimiskeeltega.

Neljandas jaotises on näidatud osa tööprotsessist  $\mu$ -CAT robotiga enne lõputöö alustamist. See aitab mõista roboti funktsionaalsust ja ülesehitust ning modemi kujundamisel abiks olnud rakendusi. Luuakse vooluahelate esimesed disainid.

Töö viiendas osas on toodud üksikasjad optilise kommunikatsiooniprotokolli väljatöötamise kohta nullist kuni vooluahela lõpliku kujundamiseni ja kommunikatsiooniprotokolli teostamiseni, nii riistvaras loodud modemi kui ka Arduino tarkvaralise kasutajaliidese abil. Projekteerimisprotsess hõlmab komponentide parameetrite väärtuste arvutamist ja tulemuste analüüsimise simuleerimist vastavalt soovitud eesmärkidele ja näitab saadud tulemuste mis tahes lahknevusi ja kõrvalekaldeid enne lõppdisainile üleminekut..

Kuues osa selgitab piiranguid, kriteeriume ja väljakutseid, mis tööprotsessi käigus esinesid. Samuti kirjeldatakse, kuidas ülesannet täita, hoides ülesande eesmärki ja valides meetodi, mis on majanduslikult teostatav minimaalse ressursside raiskamisega. Sobiva meetodi valimine on ülesande täitmiseks oluline.

Seitsmes jaotis annab lühikese ülevaate, kuidas edaspidi kommunikatsiooniprotokolle täiustada. Mõnes disaini aspektis saame komponente ja tööriistu usaldusväärsema ja robustsema tulemuse jaoks täiustada. Antud töö tulemuse põhjal on võimalik teostada edasiarendusi. Tehakse ettepanek kasutada sideprotokolliga roboteid gruppides (*swarm*), millel on rakendusi veealustes ja mereteadustes.