

February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds



RĪGAS TEHNISKĀ
UNIVERSITĀTE

Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes

Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes

Radioelektronikas institūta

projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas
ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-
000001

Atskaite par projekta uzdevumiem
2.1., 2.2., 3.1., 3.2.

2021

Satura radītājs

1.	DP2 Trīs prototipu testēšana reālos apstākļos. AP2.1. Atskaite ar testēšanas datiem, to analīzi..	4
1.1.	U 2.1. Prototipu testēšana Latvijas piekrastē	4
	Prototipu testēšanas plāns un galvenie etapi.	4
	Mehānisko detaļu un elektronisko shēmu modifikācijas darbi pirms testēšanas.....	5
	1. Bojas modifikācijas	5
	2. Ārējā akumulatoru bloka modifikācijas	6
	Uzlabojumi un papildinājumi elektroniskajās shēmās.....	12
	Komunikācijas moduļa modifikācija	12
	Kabeļu konektoru realizācija.....	13
	Akustisko signālu programmu izveide.....	14
	Testēšanas 1. etaps: prototipa testēšana Daugavā	16
	Testēšanas rezultāti	16
	Uzlabojumi, kas tika ievesti pēc prototipa testēšanas Daugavā.....	19
	Prototipu testēšanas 2. etaps: prototipu testēšana pie sadarbības partneriem	23
1.2.	U2.2. Testēšanas datu analīze	27
2.	DP3 Papildus funkcionalitātes shēmtehnisko risinājumu izstrāde. AP3.1. Atskaite ar divu moduļu izstrādes dokumentāciju, tālo sakaru moduļu testēšanas rezultātiem.....	28
2.1.	U3.1. Tīklošanas iespēju nodrošināšana	28
2.2.	Atskaite par boju sinhronizāciju	28
2.2.1.	Pārdomas par modulāciju	28
2.2.2.	Par boju sinhronizācijas scenārijiem:	28
2.2.3.	Relatīvā laika izmantošanas scenārijs (realizācijas 1.versija)	29
2.2.4.	Energoefektivitātes un modulācijas īpatnību ietekme uz realizāciju.....	31
2.2.5.	Piezīmes par programmēšanu	33
2.2.6.	Relatīvā laika algoritma testēšana	33
2.2.7.	Absolūtā laika izmantošanas scenārijs (realizācijas 2.versija)	35
2.2.8.	Piezīmēs par programmēšanu (2.versija) - Paralelā procesu izpildīšanā.....	37
2.2.9.	2.verijas gatavības stadija	38
2.2.10.	Literatūra.....	38
2.3.	U3.2. Roņu detektēšanas funkcijas realizācijas iespēju izpēte	39
2.4.	Bezvadu sakaru interfeisa izstrāde un realizācija	50
2.4.1.	Nepieciešamība pēc sakaru kanāla	50
2.4.2.	Sakaru kanāla arhitektūra	50

2.4.3.	Komunikācija ar serveri.....	53
2.4.4.	Serveris	53
2.4.5.	Komunikācijas moduļa enerģijas patēriņa testi	55
2.5.	Vadības moduļa izstrāde	57
Pielikums 1. Testēšanas žurnāla paraugs 2021. gadam.		59

1. DP2 Trīs prototipu testēšana reālos apstākļos. AP2.1. Atskaite ar testēšanas datiem, to analīzi.

Dotās darba pakas ietvaros tika realizēta vismaz pirmās darba pakas aktivitāšu rezultātā izstrādāto prototipu testēšana Latvijas piekrastē. Tika izstrādāts testēšanas plāns, protokoli, veikta testēšanas datu analīze.

1.1. U 2.1. Prototipu testēšana Latvijas piekrastē

Dotā darba uzdevuma ietvaros tika veikta izstrādāto prototipu uzstādīšana un testēšana pie Latvijas piekrastes zvejniekiem. Tika veikta iesaistīto sadarbības partnera nodrošināto zvejnieku pārstāvju instruktāža un apmācība darbā ar prototipiem, izdalīti izstrādāti protokoli.

Testēšanas laikā projekta zinātniski-tehniskais personāls nodrošināja iekārtu apkalpošanu, pieskaņošanu un, nepieciešamības gadījumā, operatīvu funkcionālo nepilnību novēršanu.

Prototipu testēšanas plāns un galvenie etapi.

Projektējamā iekārta satur daudzus inovatīvus un augsti tehnoloģiskus risinājumus, kuru praktiskā realizācija ir saistīta ar vairākkārtēju testēšanu/parametru mērījumu un tai sekojošu pieskaņošanu/uzlabojumu veikšanu. Šāds iteratīvs process diemžēl ir ļoti darbietilpīgs un prasa noteiktu laiku. Tāpēc bija ļoti svarīgi pārbaudīt prototipa galvenās īpašības pirms to nodošanas zvejniekiem.

Kritiski svarīgie prototipa parametri:

1. Mehāniskie parametri.

- 1.1. Bojas peldspēja un noturība pret apgāšanos. Bija noteikts, ka boja kopā ar ievietotu akumulatora bloku un pieslēgtu zemūdens skaļruni nedrīkst tikt iegremdēta vairāk par 10 cm. Arī boja nedrīkst apgāzties pie uzstādīšanas un normālos ekspluatācijas apstākļos Latvijas piekrastē (viļņu augstums līdz 1 m).
- 1.2. Bojas nodalījumu un ārējā akumulatoru bloka hermētiskums. Bojas nodalījumos tiks izvietoti rezerves akumulatori un elektroniskās shēmas, kas nedrīkst saskarties ar ūdeni. Ūdens nokļūšana uz platēm vai akumulatoriem var tos neatgriezeniski sabojāt un būs nepieciešama nomaiņa uz jauniem. Tāpēc pēc bojas korpusa salikšanas nepieciešams notestēt visu nodalījumu hermētiskumu. Tas pats attiecas arī uz ārējo akumulatoru blokiem.

2. Elektriskie parametri.

- 2.1. Bezvadu lādēšanas sistēma. Bezvadu lādēšanas sistēma sastāv no elektroniskās shēmas un vadības algoritma, kas ir realizēts uz ESP32 mikrokontroliera (atrodas uz centrālās vadības plates) bāzes. Elektroniskā shēma tika detalizēti izpētīta “U1.2. Bezvadu akustiskā signāla vai elektriskās enerģijas pārraides sistēmas izstrāde” ietvaros. Savukārt programmas kods nodrošina bezvadu enerģijas raidītāja ieslēgšanu un atslēgšanu, kontrolē akumulatora izlādes līmeni, mērā un saglabā svarīgāko spriegumu un strāvu lielumus, kā arī caur komunikāciju moduli nosūta noteiktus datus uz serveri. Visu funkciju pārbaude prasa diezgan ilgu laiku un algoritms tiks pilnveidots, balstoties uz testa rezultātiem.

2.2. Zemūdens skaļruņa jaudas pārbaude. Pirms iekārtas nodošanas zvejniekiem ir nepieciešams pārliecināties, ka izstarotais skaņas signāls atrodas pieļaujamās robežās un akustiskā signāla ģenerācijas shēma darbojas korekti.

Testēšanas plāns sastāv no diviem etapiem:

1. Prototipa testēšana Daugavā. Realizē tikai Radioelektronikas institūta darbinieki. Galvenais mērķis: pārbaudīt prototipa pamata funkcionalitāti t.i. notestēt kritiskos mehāniskos un elektriskos parametrus.
2. Prototipu testēšana pie sadarbības partneriem (zvejniekiem). Galvenais mērķis: notestēt prototipus reālos apstākļos un iegūt atsauksmes/rekomendācijas no sadarbības partneriem.

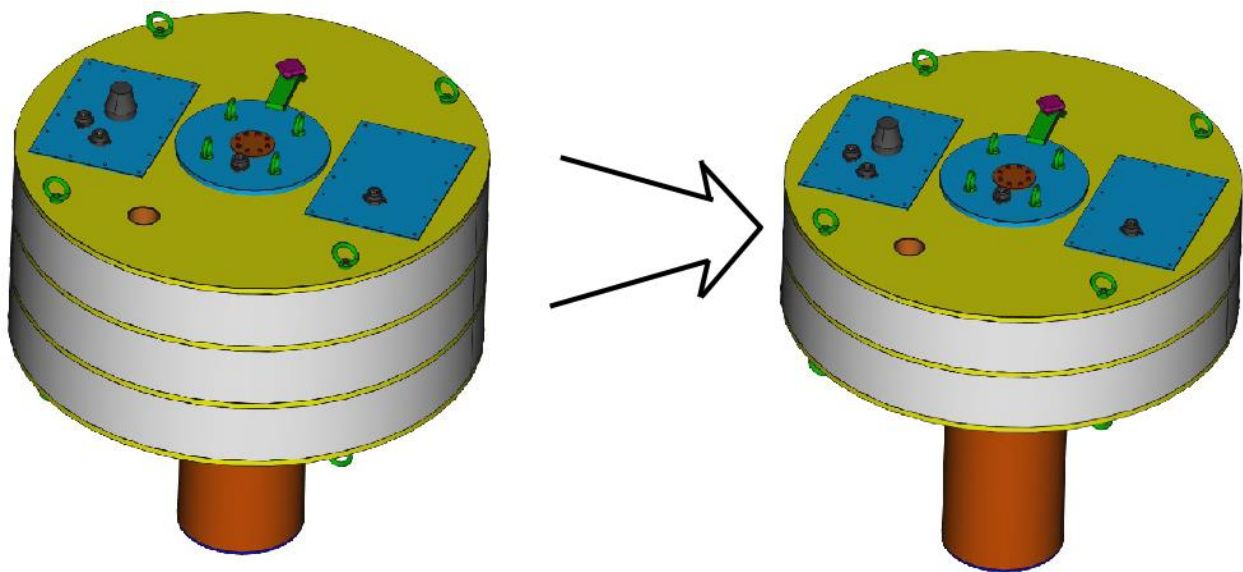
Mehānisko detaļu un elektronisko shēmu modifikācijas darbi pirms testēšanas

1. Bojas modifikācijas

1. Bojas korpusa augstuma samazināšana

Pēc saplākšņa un putuplasta detaļu saņemšanas tika konstatēts, ka bojas augstums ir pārāk liels un var pasliktināt bojas noturību pret apgāšanos, kā arī apgrūtināt bojas transportēšanu un uzstādīšanu. Tika pieņemts lēmums izņemt vienu putuplasta slāni. Rezultātā tika samazināti arī elektronikas nodaļījumi.

Modificētais bojas korpuss:



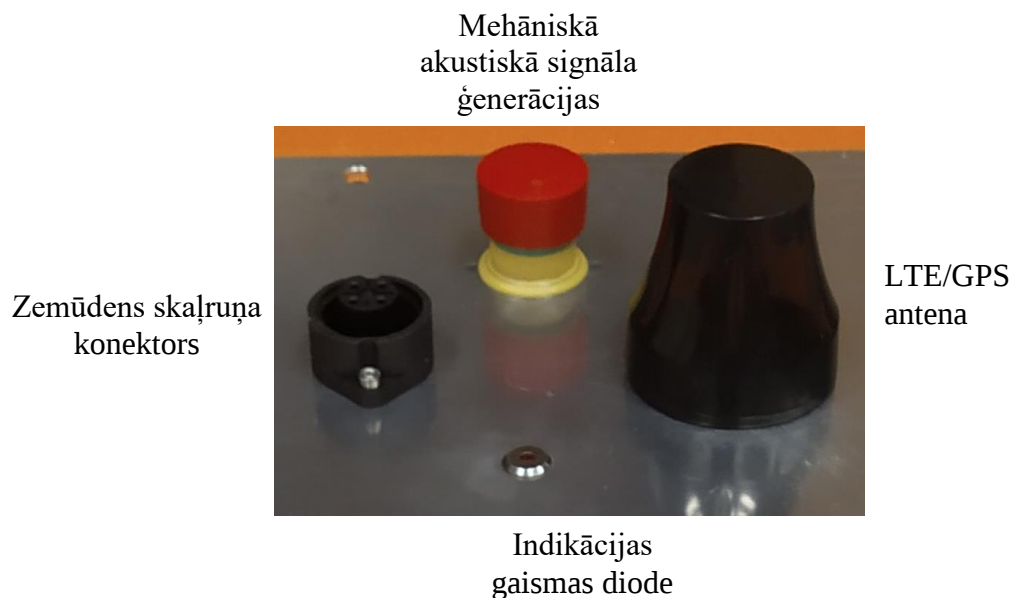
2. Papildus hermetizācija elektronikas nodaļījumos

Pēc bojas saņemšanas no uzņēmuma, kas nodarbojas ar virsmu pārklāšanu ar poliuretānu, tika konstatēts, ka elektronikas nodaļījumi nav pilnīgi pārklāti ar poliuretānu un ir nepieciešamā papildus hermetizācija. Papildus hermetizācijai tika izmantota polimēru hidroizolācija “VINCENTS POLYLINE HIDROPLAST”. Tika noskaidrots, ka uzņēmumā esošais aprīkojums nespēj nodrošināt dziļu dobumu un plaisu pārklāšanu ar poliuretānu. Tas tika ņemts vērā taisot parejas bojas. Arī visas nerūsējošā tērauda detaļas ir nepieciešams montēt pēc pārklāšanas ar poliuretānu, jo pārklājums ir 2 mm biezs un tā noņemšana no metāla detaļām aizņem ļoti daudz laika.

3. Akustiskā signāla ģenerācijas apstādināšanas poga

Zemūdens skaļruni nedrīkst darbināt ārpus ūdens, jo gaisa spiediens un blīvums ir zemāki un pastāv iespēja sabojāt pjezoelektrisko elementu. Tāpēc bija paredzēta shēma ar magnētisko atslēgu (pastāvīgais magnēts + herkons), kas ļauj ieslēgt skaņas ģenerāciju, ja izpildās divi nosacījumi: 1) skaļruņa kabelis ir pieslēgts bojai; 2) ir pieskrūvēts vāciņš ar pastāvīgo magnētu (ir ieslēgta magnētiskā atslēga). Magnētisko atslēgu tika plānots lietot arī bezvadu enerģijas pārvades ieslēgšanai ārējā akumulatoru blokā. Laboratorijas testu laikā tika noskaidrots, ka dažreiz noņemot pastāvīgā magnēta iedarbību, herkons palika magnetizēts un turpināja vadīt elektrisko strāvu. Tas varētu būt saistīts ar materiālu paliekošo magnetizāciju. Tāpēc tika pieņemts lēmums aizvietot magnētisko atslēgu ar mehānisko avārijas atslēgšanas pogu bojai un lietot bezvadu enerģijas pārvades ieslēgšanai pjezoelektrisko pogu.

Risinājums ar mehānisko avārijas atslēgšanas pogu bojai:



Izmaiņas elektroniskajā shēmā netika ieviestas, jo mehāniskā poga ir savietojama ar jau izstrādāto elektronisko shēmu.

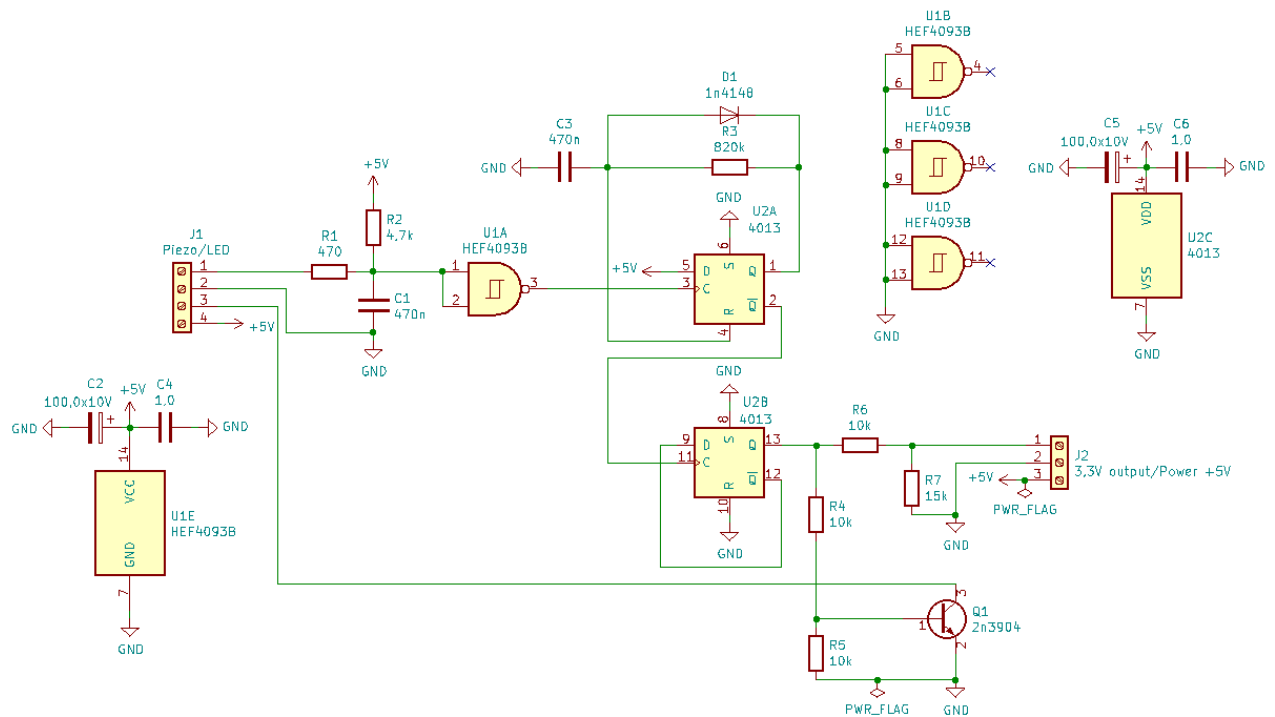
2. Ārējā akumulatoru bloka modifikācijas

1. Bezvadu enerģijas pārraides ieslēgšanas poga

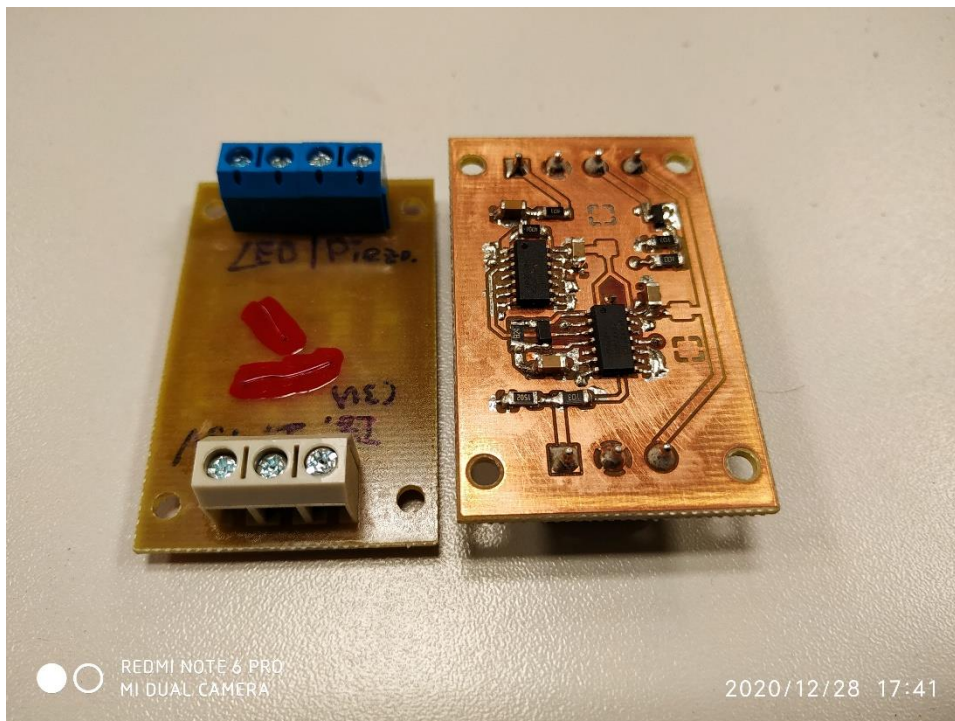
Ārējo akumulatoru blokam tika izvēlēta pjezoelektriskā poga, jo pateicoties kustīgo mehānisko detaļu neesamībai, šādam pogu tipam ir labs hermētiskums un mazs augstums, kas samazina detaļas salaušanas risku, pārvietojot bloku. Pēc pogas nospiešanas tiek ģenerēts īss sprieguma impulss, ar kuru tiek palaists bezvadu enerģijas pārvades algoritms. Lai apstrādātu pogas ģenerēto signālu ir nepieciešamā papildus elektroniskā shēma:

February 1, 2021

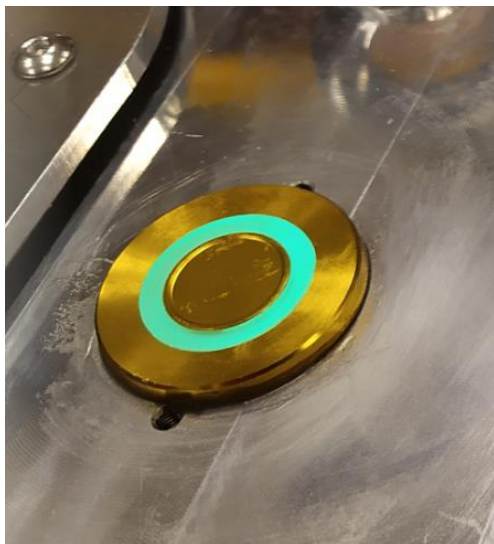
Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



REI laboratorijā izgatavotā pjezoelektriskās pogas signāla apstrādes plate:

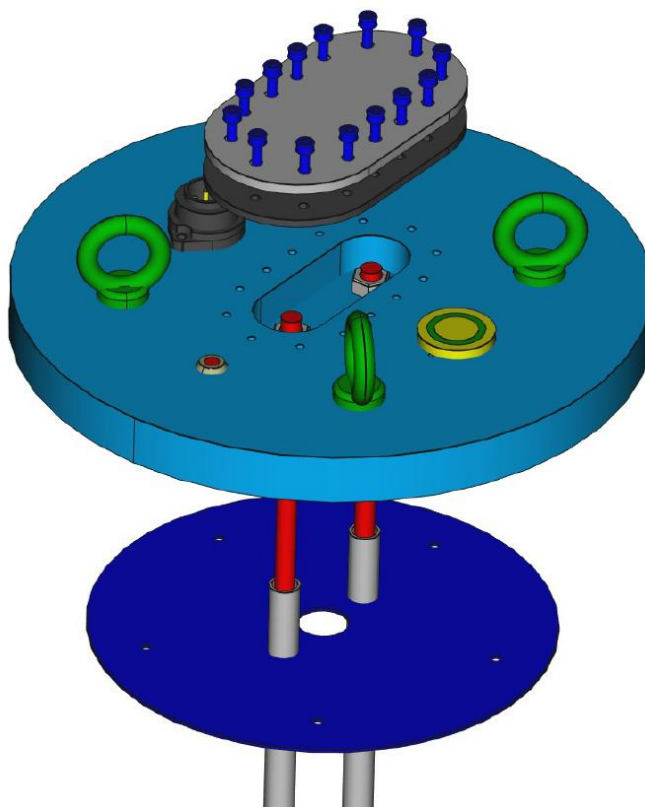


Pjezoelektriskā poga ārējo akumulatoru bloka vākā:



2. Vāku stiprinājuma izmaiņas

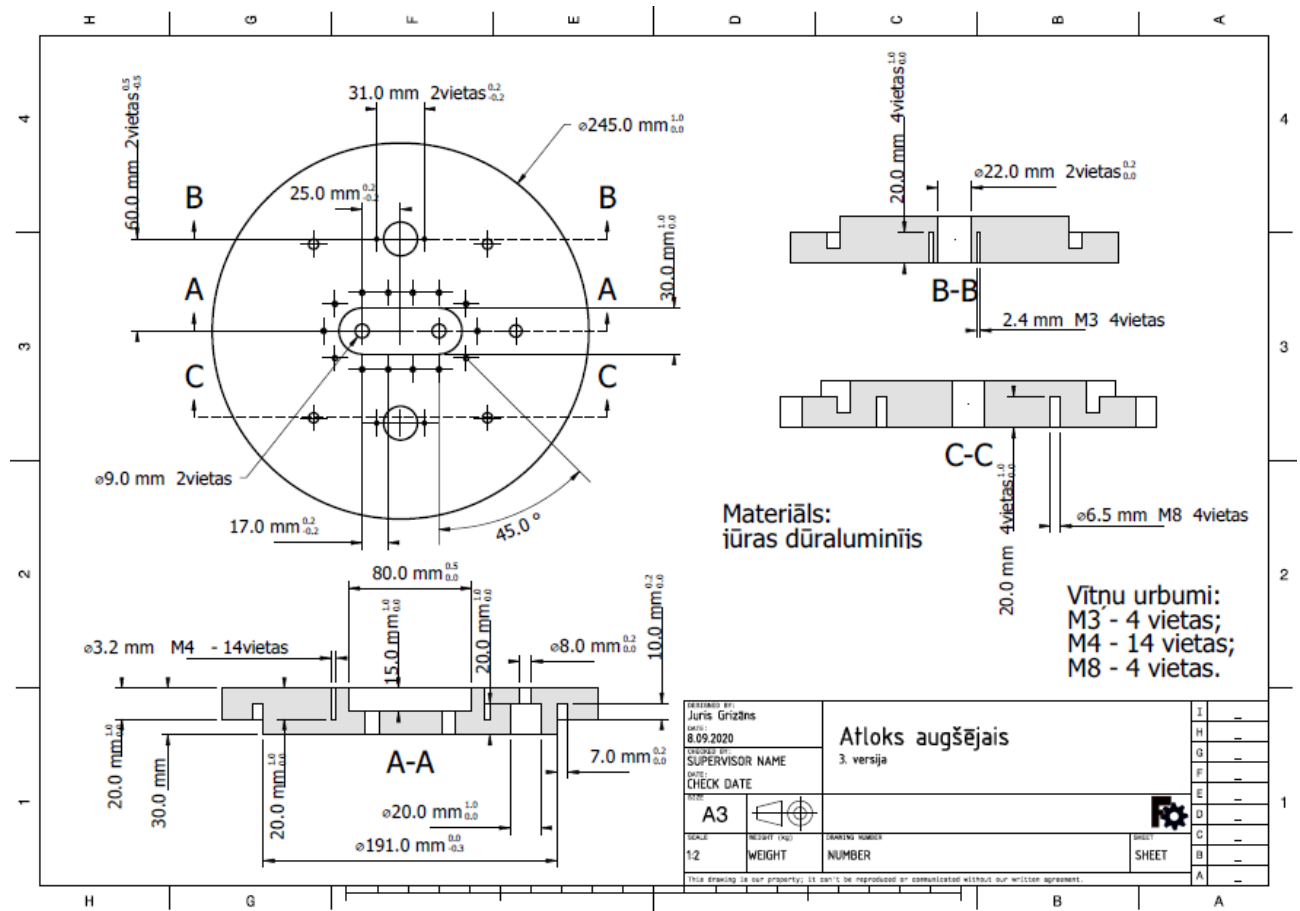
Sākotnējā variantā augšējais vāks tika piestiprināts pie korpusa, izmantojot vienu savelkošo vītņstieni (ir ieskrūvēts apakšējā vākā). Lai padarītu konstrukciju izturīgāku un izslēgtu iespējamus mehāniskos bojājumus, kas var rasties dēļ biežas akumulatoru bloka maiņas, tika izlemts izmantot divus savelkošos vītņstieņus viena vietā. Izmainīta vāka konstrukcija:



February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

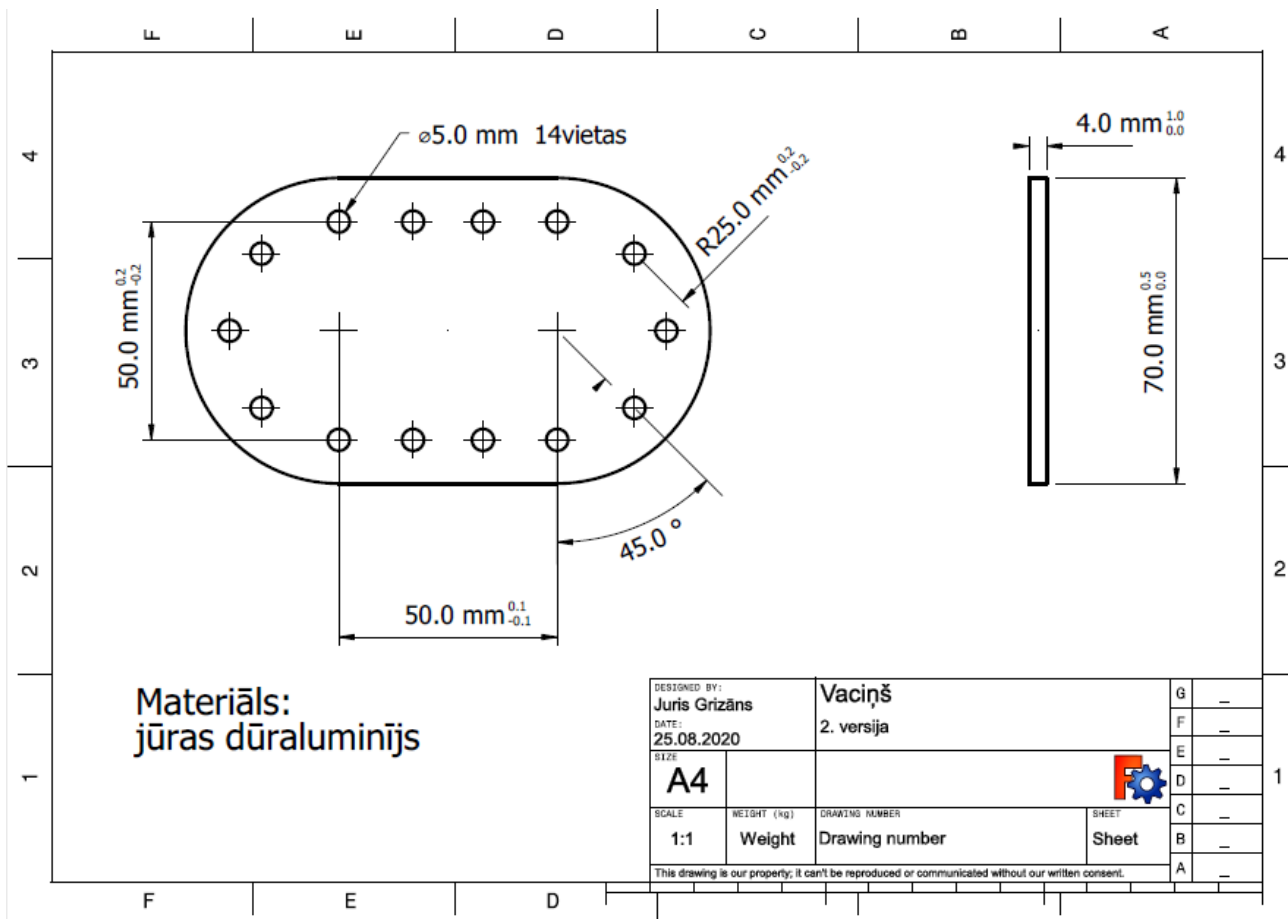
Augšējā vāka rasējums:



Vāciņa rasējums:

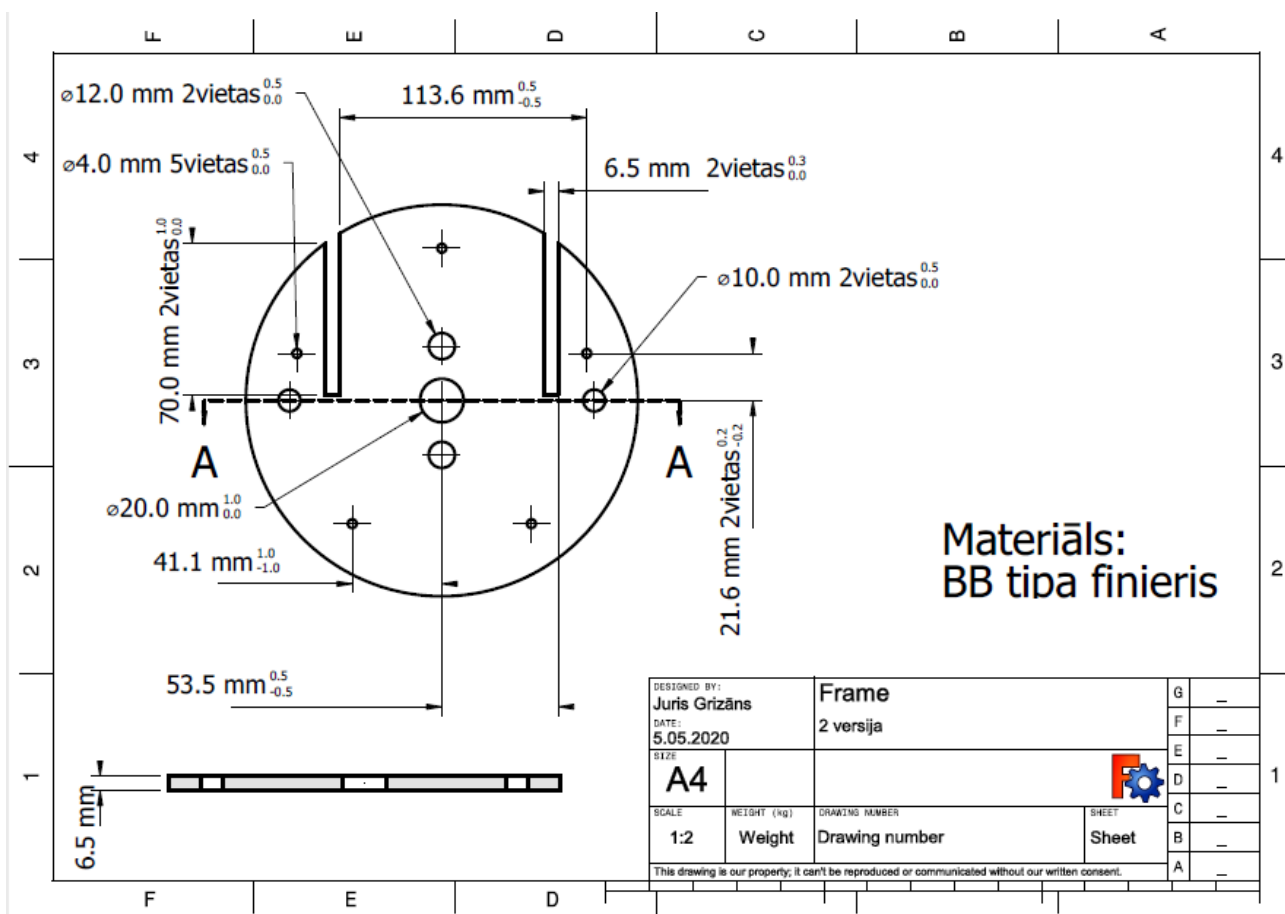
February 1, 2021

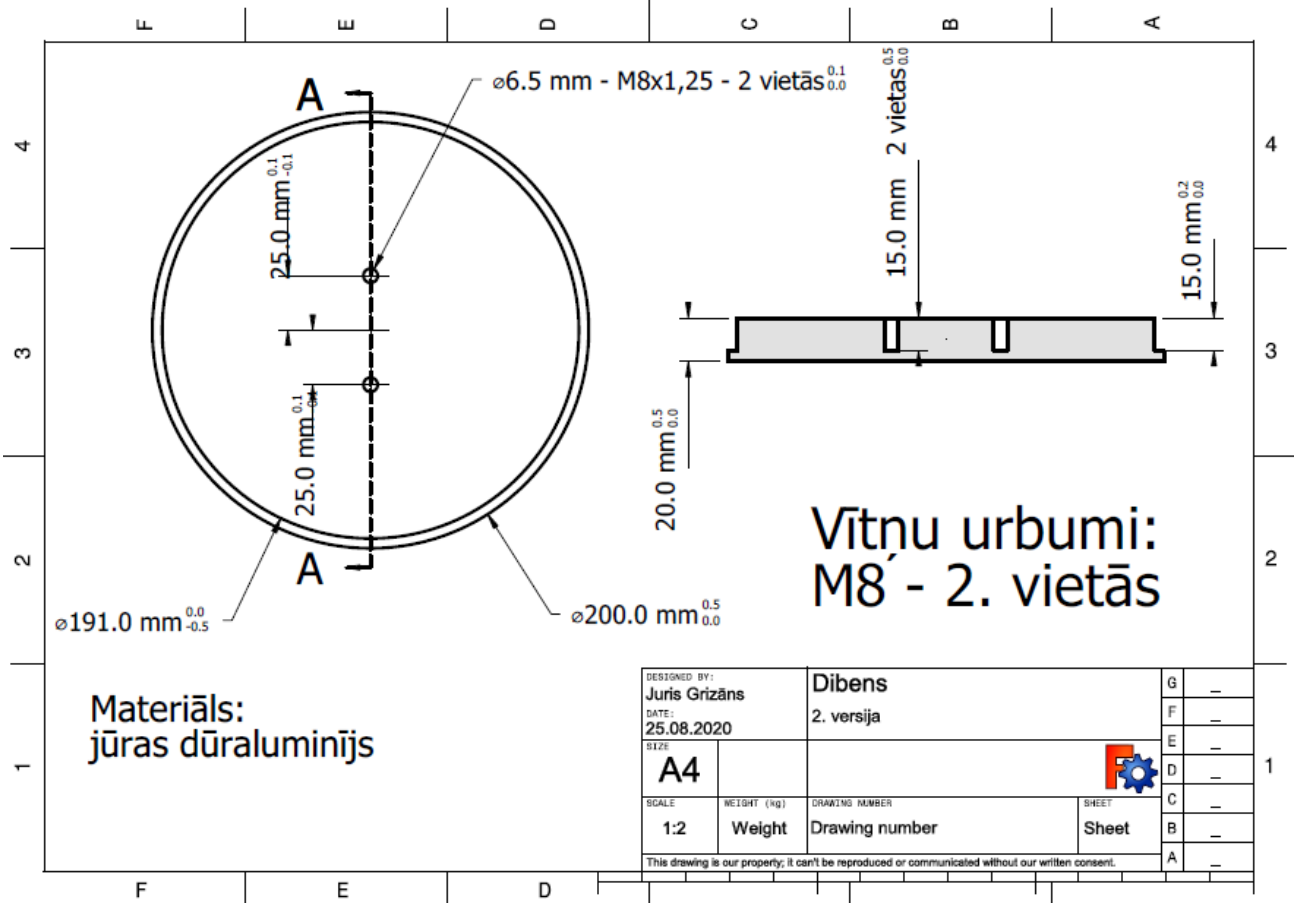
Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde
un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



Tapāt tika mainīta viena iekšējā saplākšņa detaļa:

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001





Uzlabojumi un papildinājumi elektroniskajās shēmās.

Komunikācijas moduļa modifikācija

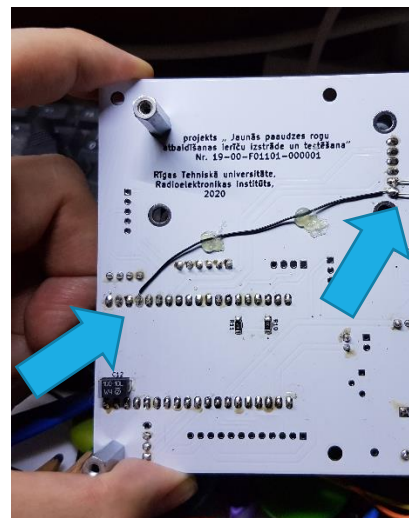
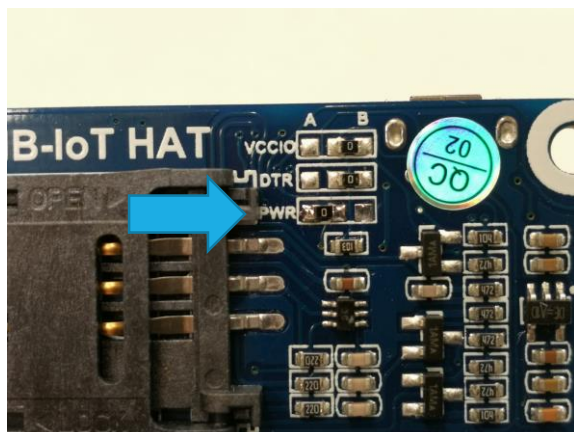
Veicot dažādus eksperimentus ar NB-IoT moduli, tika novērots, ka pie intensīvas datu apmaiņas SIM7000E mēdz “uzkārties”. Šādā gadījumā netiek saņemta atbilde uz ar tīklu saistītiem pieprasījumiem (piemēram, izveidot savienojumu, pieprasīt IP adresi, atvērt ligzdu, u.tml). Tāpēc tika ieviesta sekojoša funkcionalitāte komunikācijas moduļa programmatūrā:

- gadījumā, ja netiek saņemta pareiza atbilde uz SIM7000E modulim pieprasīto AT komandu, ATFSM tiek pārstartēts un SIM7000E tiek pārkonfigurēts,
- ja šo procesu neizdodas izpildīt 3 reizes, tad SIM7000E tiek pārstartēts, atslēdzot SIM7000E barošanas spriegumu.

Šīm nolūkam tika izveidots papildus savienojums no ESP32 GPIO izvada līdz NB-IoT PWR izvadam:

February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

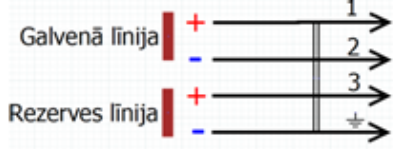


Attēls. Savienojums SIM7000E barošanas sprieguma vadībai.

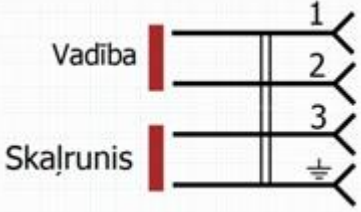
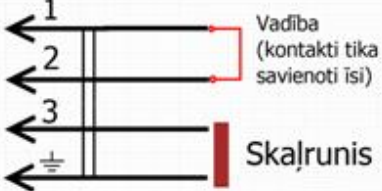
Kabeļu konektoru realizācija

Skaļruņa kabeļa un akumulatoru lādēšanas konektoru pēdējās versijas ir apkopotas zemāk parādītajā tabulā:

Akumulatoru uzlādēšana

Korpora daļa	Kabeļa daļa	Izmantošanas vietas
		 
		

Skaļrunis

<i>Korpora daļa</i>	<i>Kabeļa daļa</i>	<i>Izmantošanas vieta</i>
		
		

Akustisko signālu programmu izveide

Izmaiņas skaņu apraksta protokolā

Testēšanas laikā ir paredzēts variēt ģenerējamo skaņu parametrus, lai noskaidrotu, kuras skaņas iedarbojas uz roņiem visefektīvāk. Lai kontrolētu plašu ģenerējamo skaņu dažādību, tika izveidots jauns ģenerējamo skaņu apraksta protokols. Skat tabulu zemāk:

<i>Baiti</i>	<i>Nosaukums</i>
0..2	Transporta dati
3	Sākuma frekvence
4	impulsa ilgums *10ms
5	darba cikls 0-100
6	Gadījumveida frekvences maksimālā nobīde
7	impulsu skaita pakāpe 0-8
8	frekvences maiņas režīms (skat nākamo tabulu)
9	gadījumveida impulsu skaits (0/1)
10	pauzes ilgums, s (0-100)
11	gadījumveida pauze (0/1)
12	Beigu frekvence
13	Skaļums

February 1, 2021

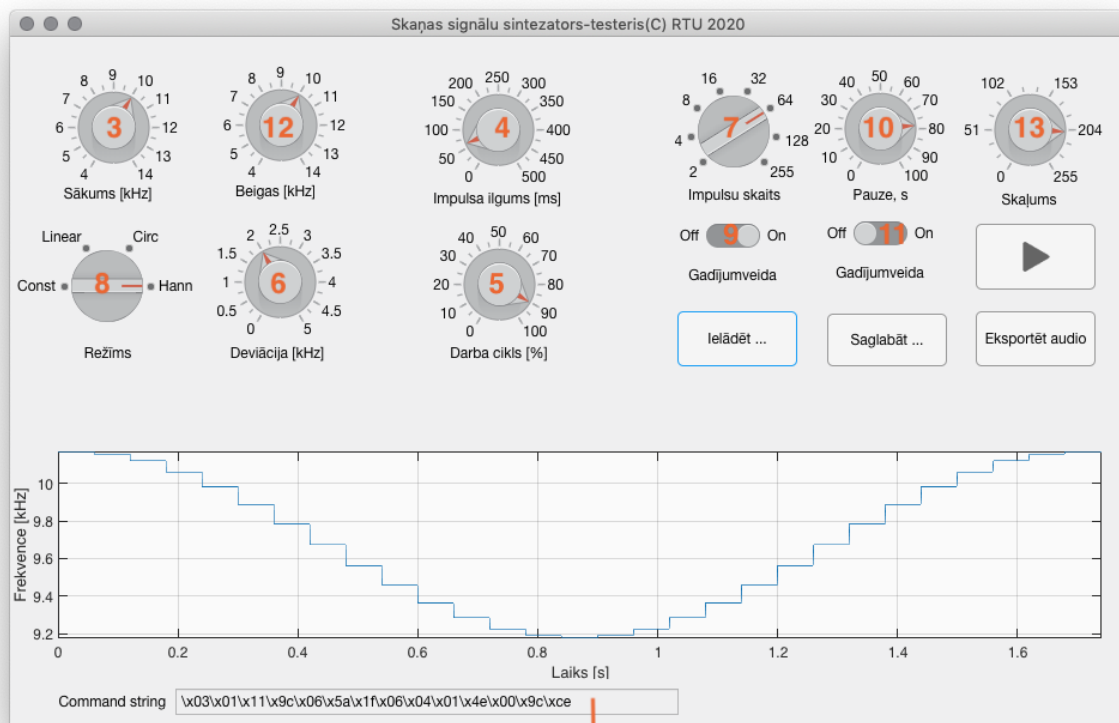
Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

2.Tabula. Frekvences maiņas režīms (mode)

0	Ar sākuma frekvenci
1	Lineārs starp sākuma frekvenci un beigu frekvenci
3	Gadījumveida cikliski nobīdīts lineārs no sākuma frekvences uz beigu frekvenci
4	Hanna logs starp sākuma frekvenci un beigu frekvenci
5	Mērījuma režīms, Ar sākuma frekvenci, ņemot vērā ka impulsa ilgums tiek uzdots nevis x10ms, bet x256 ms

Dažādu skaņas programmu (sekvenču) izveidei tika izstrādāta interaktīva programmatūra, kas ļauj interaktīvi mainīt visus iepriekšējās tabulās minētos skaņas parametrus un uzreiz noklausīties skaņas, kas tiek ģenerētas pie dotajiem parametriem. Turklāt, rīks ļauj lietotājam ierakstīt sastādītās skaņas programmas kodu teksta failā un nolasīt skaņas programmas kodu no teksta faila, kā arī eksportēt audio signālu uz audio (.wav) failu.

Zemāk ir parādīts programmas lietotāja interfeiss:



skaņas programmas kods

Programmas logā var redzēt arī frekvences izmaiņas likuma grafiku tekošajai skaņu programmai un tekošajai skaņai (ņemot vērā gadījumveida parametru variācijas).

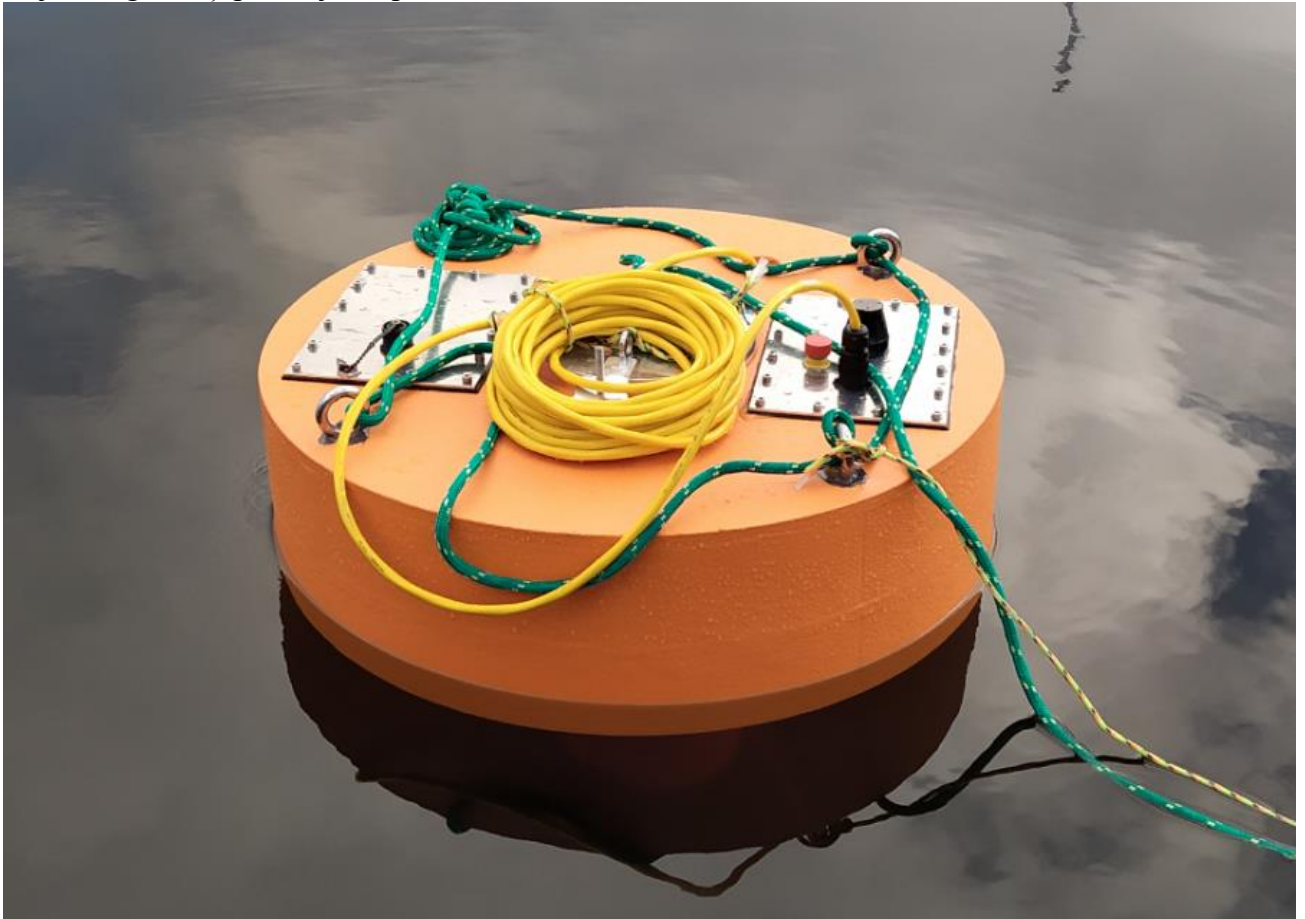
Testēšanas 1. etaps: prototipa testēšana Daugavā.

Uzdevumi:

1. Pārbaudīt bojas peldspēju un hermētiskumu.
2. Notestēt ārējā akumulatora bloka maiņas operācijas sarežģītību, bojai atrodoties ūdenī.
3. Pārbaudīt ārējā akumulatora bloka stiprinājuma mehānisma darbību, bojai atrodoties ūdenī.
4. Izmērīt šaurjoslas zemūdens skaļruņa raidītā signāla spiediena stiprumu.

Testēšanas rezultāti

Boja Daugavā, Ķīpsalas jahtu piestātnē:



1. Bojas peldspēja un hermētiskums

Boja uzrādīja labu peldspēju un noturību pret apgāšanos. Ar ārējo akumulatoru bloku boja iegrimst līdz 5 cm. Pat ja boja netiek noenkurota to ir ļoti grūti apgāzt. Līdz ar to tika pieņemts lēmums par bojas parametru atbilstību izvirzītajiem uzdevumiem. Arī ārējo akumulatoru bloks negrimst atrodoties ūdenī ārpus bojas.

Testa laikā boja tika aplieta ar ūdeni no spaiņa ar nolūku notestēt vāku hermētiskumu (noturību pret lietus un jūras ūdens šļakstiem). Neliels ūdens daudzums tika konstatēts ārējo akumulatoru bloka iekšpusē. Tas notika dēļ tā, ka vākā ievietotā gumija ir pārāk cieta un nespēj kompensēt korpusa

nelīdzenumus. Tika pieņemts lēmums apstrādāt savienojuma vietu ar silikonu un turpināt meklēt atbilstošāko blīves materiālu.

2. Ārējā akumulatoru bloka ievietošana un fiksācija

Ārējo akumulatoru bloka ievietošana bojā notika no laivu piestātnes, kuras augstums virs ūdens līmeņa ir ekvivalents nelielas laivas augstumam. Bloka ievietošanas un izņemšanas laikā problēmas netika konstatētas. Šajā testēšanas etapā izdevās noskaidrot, ka akumulatoru bloka fiksācijas mehānisms nespēj nodrošināt nepieciešamo stiprumu un ir novērojama diezgan liela bloka brīv kustība. Tas ir saistīts ar to, ka caurums bojā bija izveidots ar diezgan lielu rezervi – tas atvieglo bloka ievietošanu bojā, bet pasliktina tā fiksāciju. Arī mehānisms, kas piespiež bloka alumīnija vāku pie bojas augšējās virsmas ir novietots tikai vienā malā un nespēj labi noturēt akumulatoru bloku. Tas var radīt nopietnas problēmas bojai atrodoties jūrā, kur ir iespējami viļņi līdz 1m augstumam. Tika pieņemts lēmums pārtaisīt ārējo akumulatoru bloka fiksācijas mehānismu.

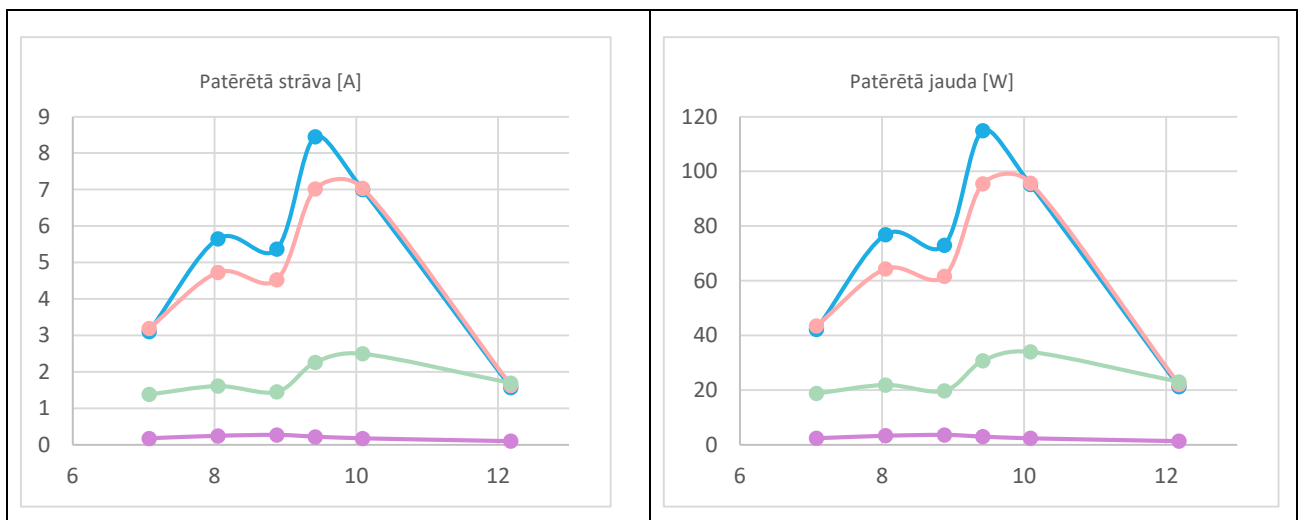
3. Zemūdens skaļruņa jauda

Lai noteiktu faktisko skaņas spiedienu, ko nodrošina ierosināšanas shēma un zemūdens skaļrunis, 03.11.2020 Ķīpsalas jahtu piestātnē tika veikti zemūdens skaļruņa jaudas testi. Zemūdens skaļrunis ar pastiprinātāju tika novietots 60m attālumā no hidroфона Reson TC4032-1.

Zemāk ir doti mērījumu rezultāti no skaļruņa jaudas testiem pie dažādiem skaņas impulsu darba cikla koeficientiem (parādīts ar dažādām līnijām) un skaņas signāla frekvencēm (horizontālā ass, kHz).

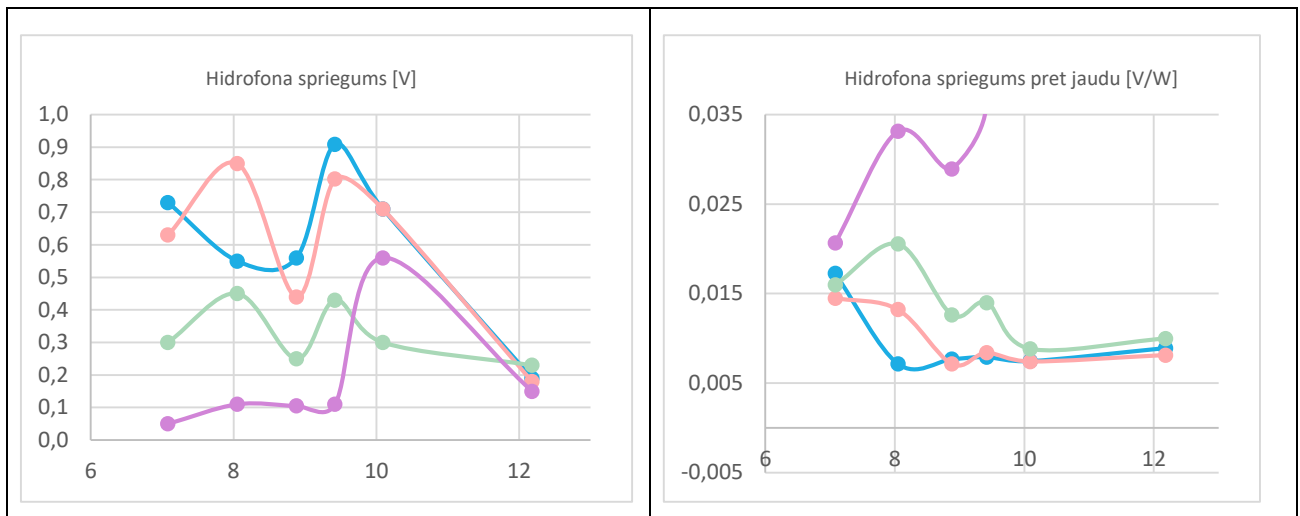
f [kHz]	Patērētā strāva [A]				Patērētā jauda [W]				Spriegums no hidroфона [V]				Hidroфона spriegums pret jaudu			
	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
7.08	3.11	3.20	1.38	0.18	42.3	43.5	18.8	2.4	0.73	0.63	0.3	0.05	0.017	0.014	0.016	0.021
8.05	5.65	4.73	1.61	0.24	76.8	64.3	21.9	3.3	0.55	0.85	0.45	0.11	0.007	0.013	0.021	0.033
8.88	5.37	4.53	1.46	0.27	73.0	61.6	19.8	3.6	0.56	0.44	0.25	0.105	0.008	0.007	0.013	0.029
9.42	8.45	7.02	2.26	0.22	114.9	95.5	30.7	3.0	0.909	0.802	0.43	0.11	0.008	0.008	0.014	0.036
10.09	7.00	7.04	2.50	0.18	95.2	95.7	34.0	2.4	0.71	0.71	0.3	0.56	0.007	0.007	0.009	0.234
12.18	1.57	1.63	1.70	0.10	21.3	22.1	23.1	1.4	0.19	0.18	0.23	0.15	0.009	0.008	0.010	0.109

Grafisks rezultātu attēlojums



February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



Zemāk ir dots hidrofona sprieguma pārrēķins skaņas spiediena līmenī (sound pressure level – SPL) mērījumu punktā (60m no skaļruņa) un prognozējamais skaņas spiediena līmenis 1m attālumā no skaļruņa.

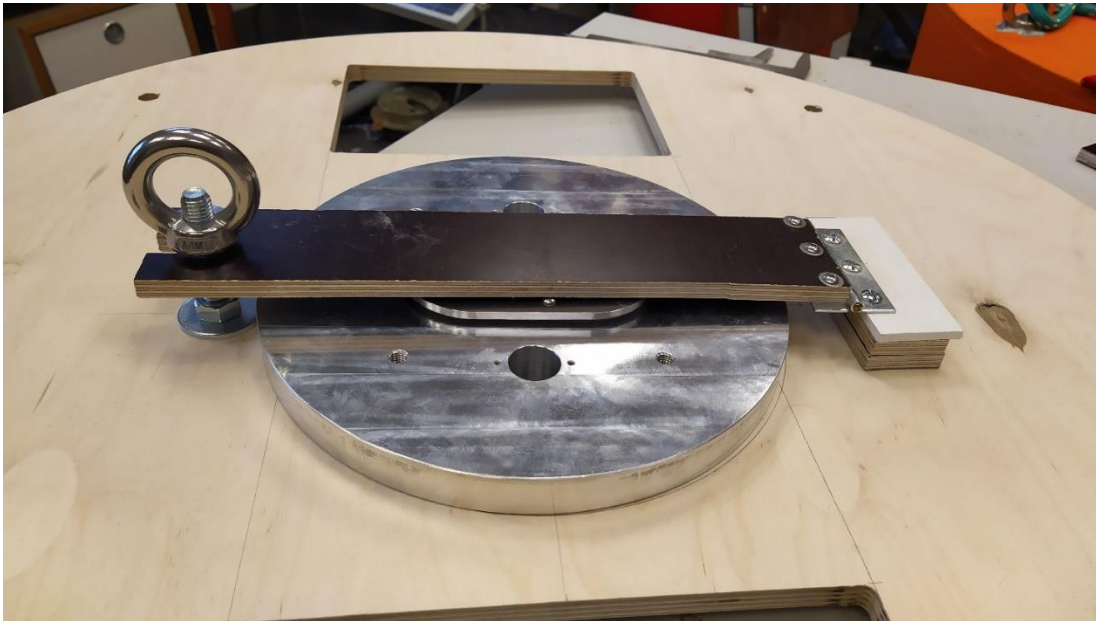
Frekvence [kHz]	Nomērītais hidrofona spriegums [V]				SPL [dB], 60m no skaļruņa				SPL [dB], 1m no skaļruņa			
	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%	100%	75%	50%	25%
7.08	0.73	0.63	0.3	0.05	196	195	188	173	223	222	215	200
8.05	0.55	0.85	0.45	0.11	194	197	192	180	220	224	219	206
8.88	0.56	0.44	0.25	0.105	194	192	187	179	221	218	214	206
9.42	0.909	0.802	0.43	0.11	198	197	192	180	225	224	218	206
10.09	0.71	0.71	0.3	0.56	196	196	188	194	223	223	215	221
12.18	0.19	0.18	0.23	0.15	184	184	186	182	211	211	213	209

No iegūtiem rezultātiem var secināt, kas izveidotā elektroniskā shēma un zemūdens skaļrunis spēj nodrošināt nepieciešamo skaņas spiediena līmeni.

Uzlabojumi, kas tika ievesti pēc prototipa testēšanas Daugavā

1. Ārējā akumulatoru bloka fiksācijas mehānisms.

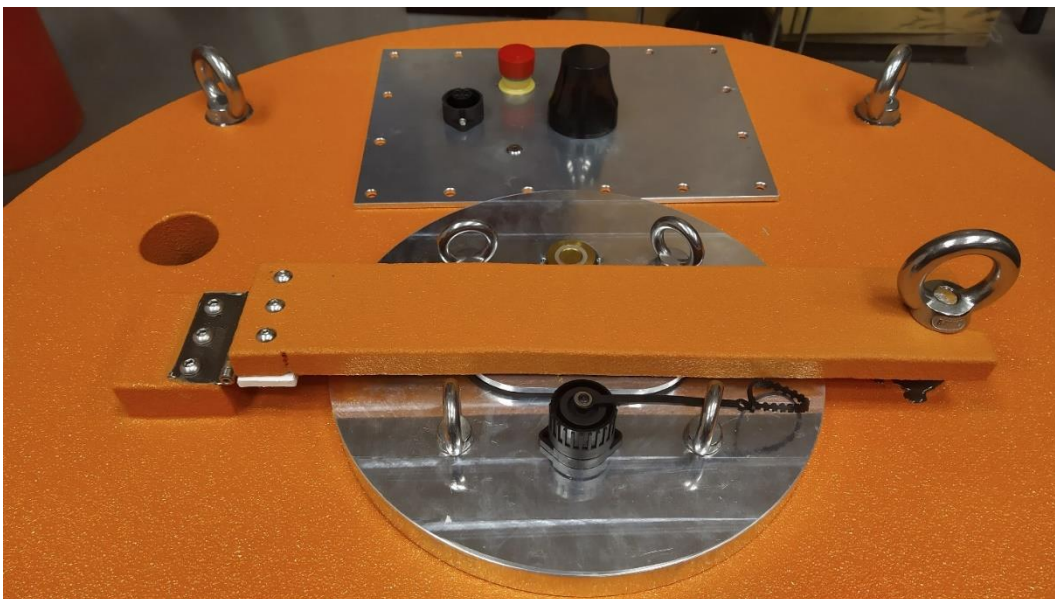
Starp vairākām idejām pēc apspriešanas tika izvēlēts variants un ātri izgatavots stiprinājuma prototips:



Testi laboratorijā uzrādīja labu vāka piespiešanu pie bojas korpusa un tika pieņemts lēmums ieviest jauninājumu konstrukcijā un testēt to Latvijas piekrastē.

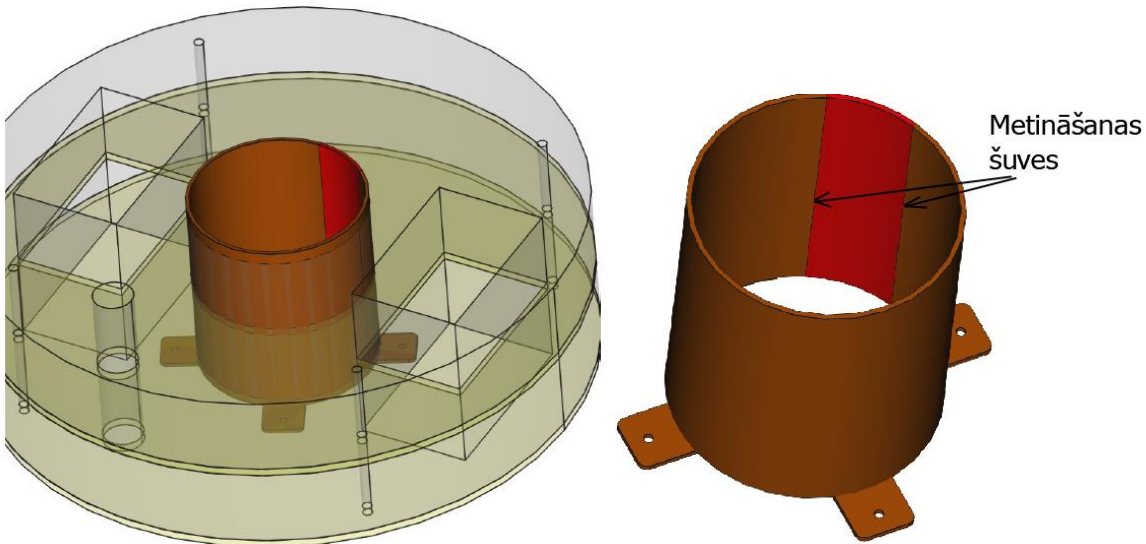
Visas saplākšņa konstrukcijas tika pārklātas ar poliuretānu un bija pasūtītas eņģes no nerūsējošā tērauda.

Boja ar jauno stiprinājumu pēc pārklāšanas ar poliuretānu:



2. Bojas cauruma ieliktnis spoles tinumu aizsardzībai un ārējā akumulatoru bloka brīv kustības mazināšanai.

Lai varētu labāk pasargāt bojas uztverošās spoles tinumus (ir daļa no bezvadu enerģijas pārvades sistēmas) no mehāniskiem bojājumiem, kas var rasties akumulatoru bloka ievietošanas laikā, tika izveidota speciāla detaļa. Iepriekš bija plānots cauruma iekšējo virsmu pārklāt ar stikla šķiedras audumu un epoksīdsveķiem, bet to ir diezgan sarežģīti kvalitatīvi realizēt esošās laboratorijas apstākļos, tāpēc bija pieņemts lēmums atteikties no šāda risinājuma. Detaļa tiek izgatavota no 200 mm diametra SN4 PVC caurules.



3. Zemūdens skaļruņa aizsardzība

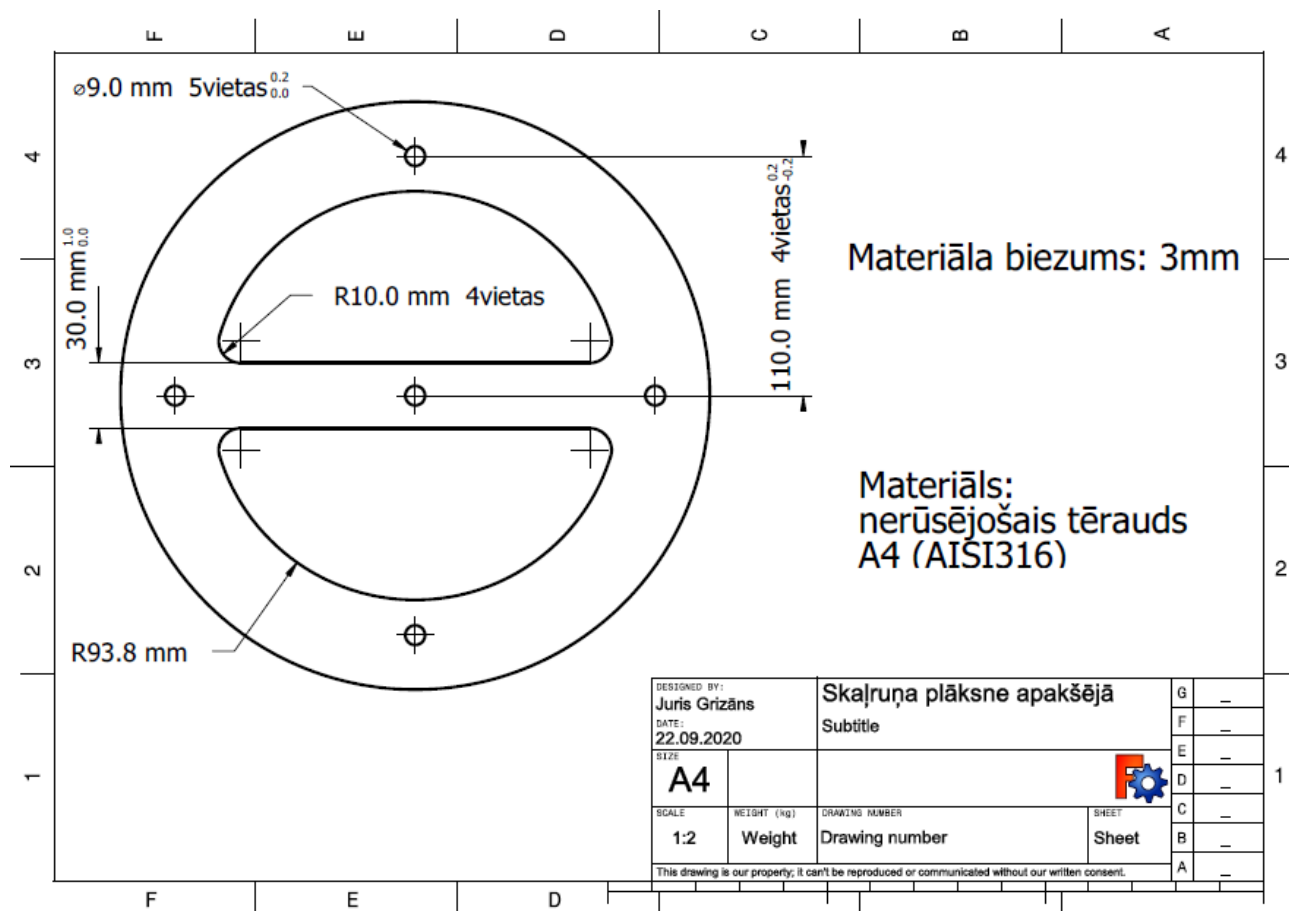
Zemūdens skaļrunis ir dārgā detaļa, tāpēc to ir nepieciešams pasargāt no mehāniskiem bojājumiem kas var rasties transportēšanas, uzstādīšanas un ekspluatācijas laikā. Šim nolūkam tika izprojektēta sekojošā konstrukcija:



February 1, 2021

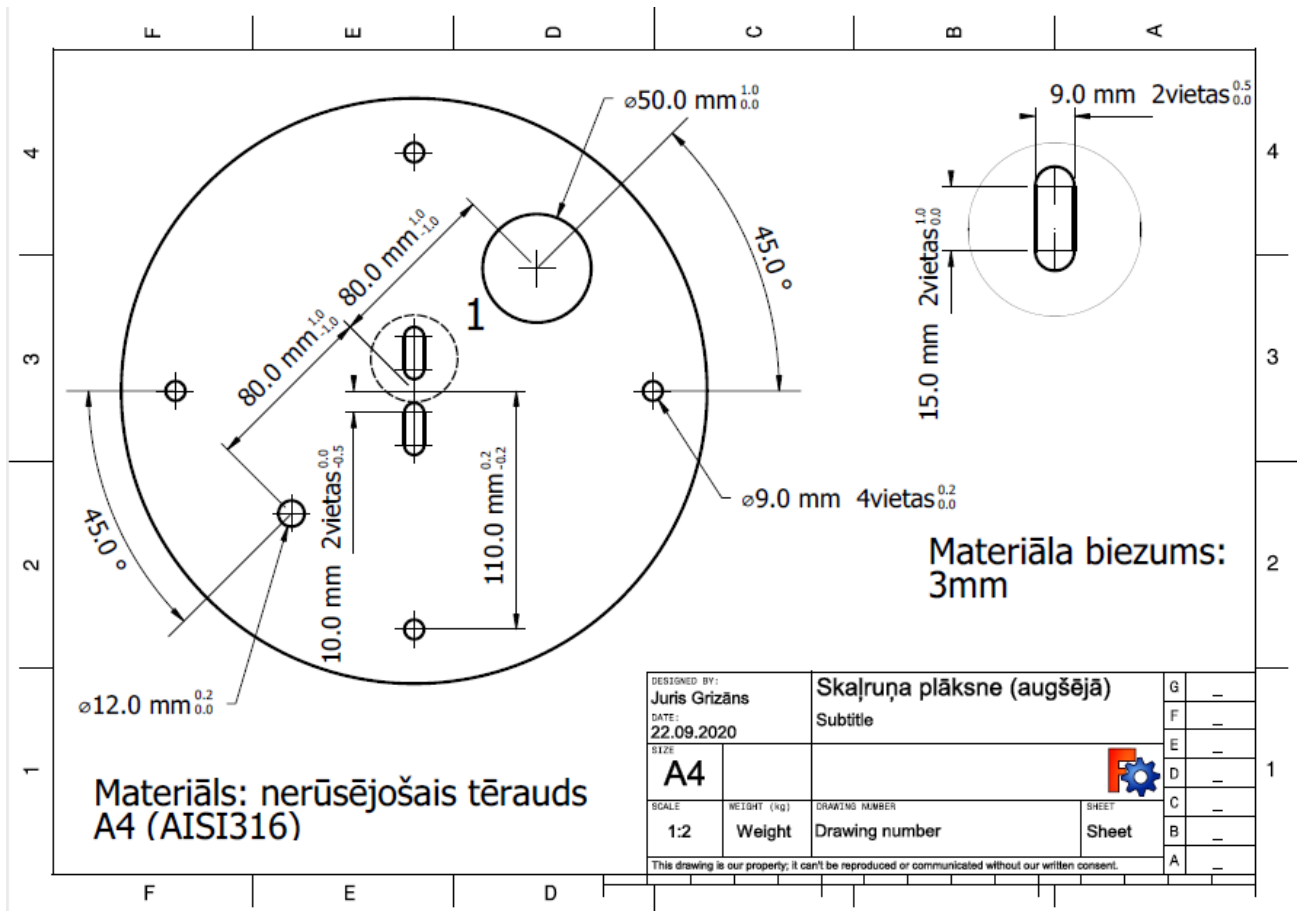
Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde
un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

Apakšējā un augšējā diska rasējumi:



February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde
un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



Prototipu testēšanas 2. etaps: prototipu testēšana pie sadarbības partneriem

Uzdevumi:

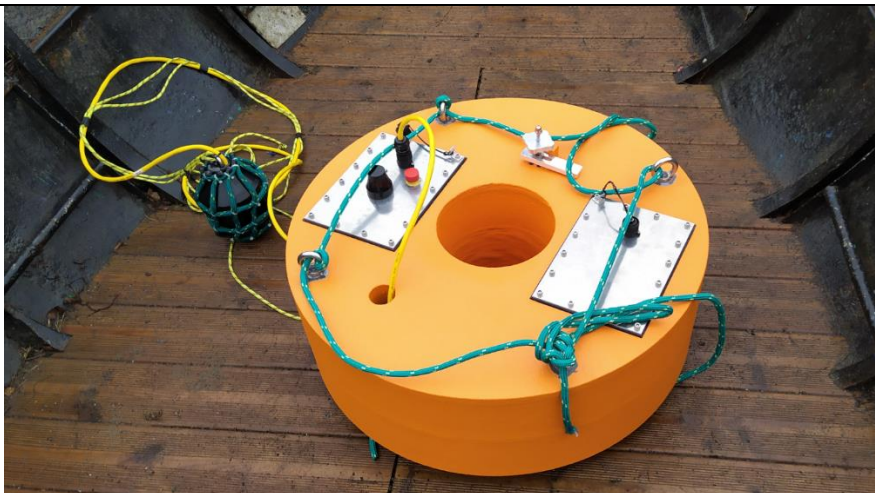
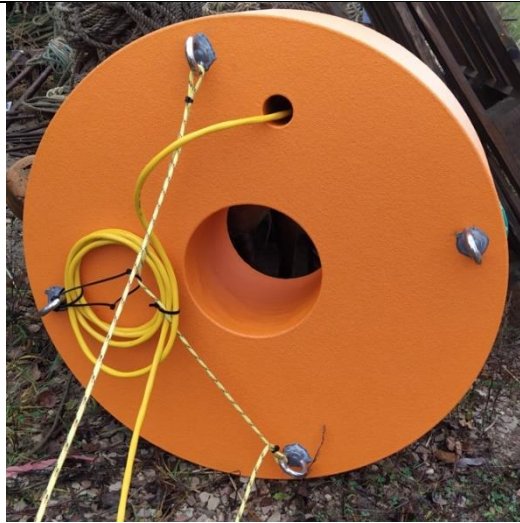
1. Pārbaudīt elektronisko shēmu un programmatūras darbību reālos apstākļos.
2. Notestēt komunikācijas moduļa darbību un attālinātas konfigurēšanas funkciju.
3. Notestēt poliuretāna pārklājuma noturību un citu mehānisko detaļu īpašības ekspluatācijas laikā.
4. Notestēt bezvadu enerģijas pārvades sistēmas darbību un atklāt nepilnības algoritmā.
5. Pārbaudīt akustisko signālu ģenerācijas sistēmas funkcionalitāti.

1. Testēšana Buļļupē

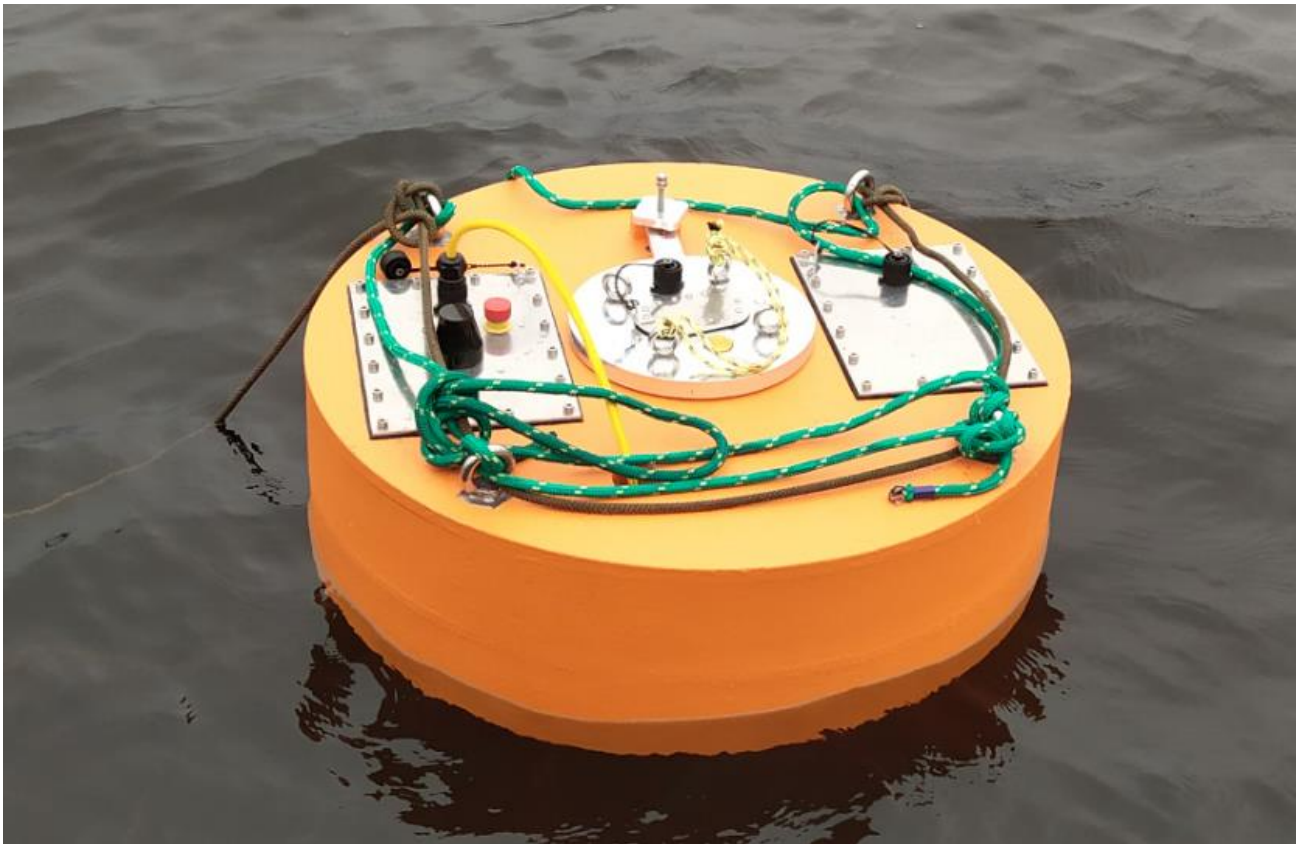
Testēšana norisinājās laikā posmā no 17. novembra līdz 10. decembrim Buļļupē, pretī adresei Rīga, Rojas iela 2. Sadarbības partneris: STAGIS 1, Rīgas pilsētas J. Dancauska zvejnieku saimniecība.

Bojas uzstādīšana

Prototipa sagatavošana krastā un uzstādīšanā Buļļupē aizņēma aptuveni 40 min. Svarīgākais sagatavošanas darbs ir zemūdens skaļruņa piestiprināšana pie bojas. Kabeļa piestiprināšana bojas apakšā un boja ar pieslēgtu skaļruni laivā:



Boja tika nostiprināta ar virvēm pie murda:



Prototipa uzstādīšanas laikā nekādas problēmas netika novērotas. Bija saņemts ieteikums piesiet virvi starp augšējo un apakšējo gredzeniem – tas varētu atvieglot bojas nostiprināšanu pie murda.

Komunikācija ar sadarbības partneriem.

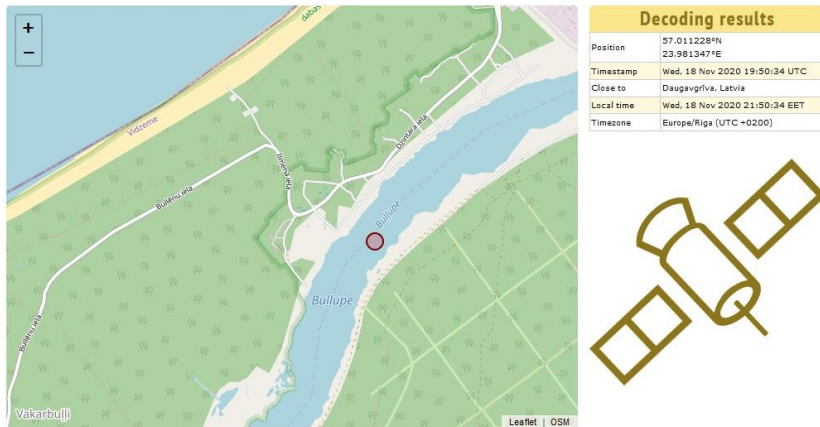
Komunikācijai ar zvejniekiem tika izmantoti mobilie sakari, kas ļauj operatīvi sazināties ārkārtas situācijas gadījumā, sniegt konsultācijas un informēt par akumulatora izlādes līmeni. Savukārt zvejnieki var sūtīt foto un video materiālus. Papīra formāta protokolus nevienam aizpildīt nepatīk – tas var novest pie tā, ka netiks iekļauta daļa no informācijas, tāpēc bija pieņemts lēmums tādus neizsniegt un noskaidrot visu nepieciešamo informāciju neformālas komunikācijas gaitā.

Prototipa sistēmu darbība

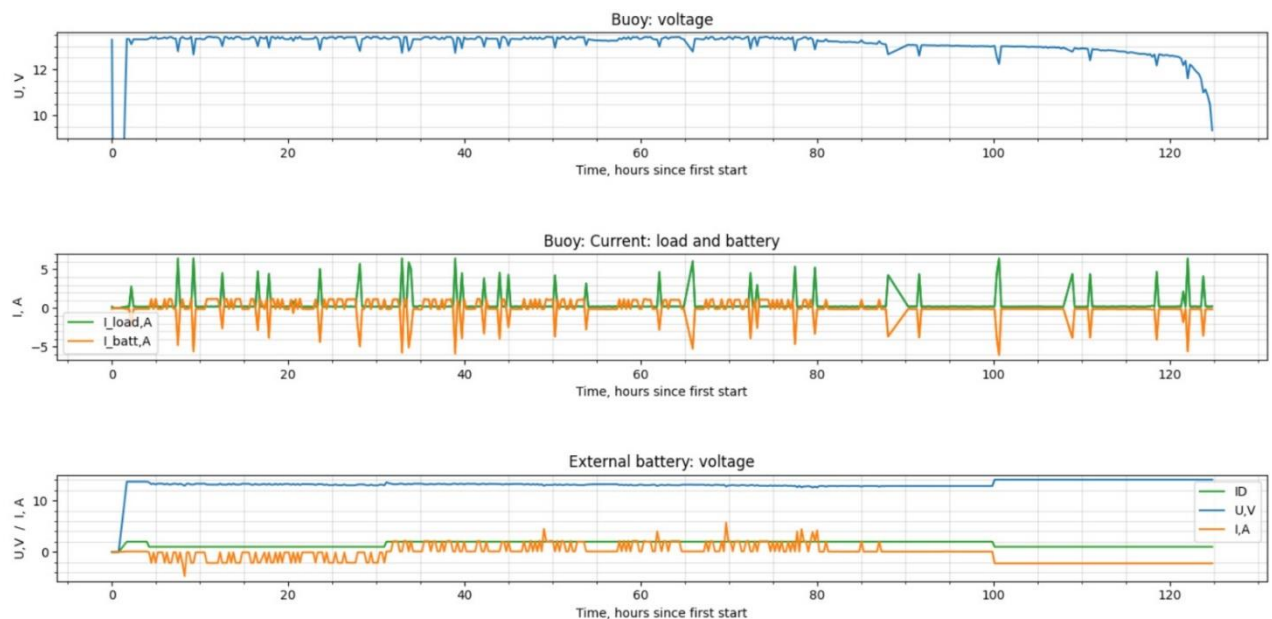
Komunikācijas modulis nodrošina sakarus ar uzstādīto prototipu, izmantojot LMT tīklu un speciālu M2M pieslēgumu. Dati tika uzglabāti serverī. Testa laikā notika pastāvīgs akumulatoru līmeņa un strāvas stipruma monitorings, elektronikas nodaļījumu temperatūras mērījumi, ūdens sensoru stāvokļa nolasīšana un vēl dažu citu parametru stāvokļu noteikšana. Komunikācijas modulis ļauj arī iegūt precīzu bojas atrāšanās vietu:

February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



Zemāk ir akumulatoru sprieguma un patērētas strāvas dati, kas tika izmērīti testa laikā:



2. Testēšana Bērziemā

Lai varētu ievākt vairāk informācijas par prototipu darbību reālos apstākļos bija pieņemts lēmums izmantot iespēju notestēt prototipu Nr. 2. Engures pagastā, Bērziemā, pie biedrības “Mazjūras zvejnieki” priekšsēdētāja Andra Cīruļa vadošā pētnieka Artūra Āboltiņa uzraudzībā. Šajos testos ir nepieciešams noskaidrot jau ieviesto uzlabojumu un modifikāciju efektivitāti, kā arī iegūt jaunas atsauksmes.

Prototips Nr. 2. krastā pirms uzstādīšanas:

February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



Testā tiek izmantoti:

1. jaunā zemūdens skaļruņa aizsardzība no nerūsējošā tērauda,
2. jauns ārējo akumulatoru bloka stiprinājums,
3. ir palielinātā bezvadu enerģijas pārvades sistēmas uztvērēja strāva (kas lādē bojas rezerves akumulatorus),
4. jaunāka programmatūras versija.

Šajā testā īpašā uzmanība tiek pievērsta akustisko signālu ietekmes uz roņiem izpētei.

1.2. U2.2. Testēšanas datu analīze

Balstoties uz testēšanas laikā iegūto informāciju tiek izvirzīti sekojošie iespējamie uzlabojumi un papildinājumi, kas tiks realizēti nākamajos prototipos:

1. Nepieciešams izvērtēt bojas korpusa gabarītu samazināšanas iespējas – tas var atvieglot bojas transportēšanu un uzstādīšanu no mazāka izmēra laivām. Ir svarīgi lai boja saglabātu savu labu peldspēju.
2. Ārējā akumulatorā bloka fiksācijas mehānismu vajadzētu vēl uzlabot, lai padarītu akumulatoru bloka nomaiņas procedūru pēc iespējas vienkāršāku. Šeit iet runa par vītņstieni un o-veida uzgriezni, kas piespiež un notur saplākšņa detaļu.
3. Jāatrod piemērotāku blīves materiālu ārējo akumulatoru bloka vākam.
4. Nepieciešams samazināt zemūdens skaļruņa aizsardzības detaļas gabarītus un izvērtēt citā materiāla (lētāka) izmantošanas iespējas.
5. Optimizēt elektroniskās shēmas: samazināt spiesto plāšu skaitu, samazināt savienotājvadu skaitu, izmantot 2 mikrokontrolierus bojā 3 vietā.
6. Sagatavot dažādus akustiskus signālus ar lielāku potenciālu atbaidīt roņus, balstoties uz zinātniskajām publikācijām.
7. Turpināt attīstīt sistēmas vadības programmatūru, pilnveidot algoritmus.

2. DP3 Papildus funkcionalitātes shēmtehnisko risinājumu izstrāde. AP3.1. Atskaite ar divu moduļu izstrādes dokumentāciju, tālo sakaru moduļu testēšanas rezultātiem.

Dotās darba pakas ietvaros tiek veikta papildus funkcionalitāti nodrošinošo mezglu izstrāde. Tiks izveidots papildus tālo sakaru komunikāciju modulis, kurš nodrošinās iespēju apvienot vairākas iekārtas vienotā sistēmā veidojot no roņiem drošus apgabalus; tiks izpētītās tehniskās realizācijas iespējas roņu detektēšanas modulim.

2.1.U3.1. Tīklošanas iespēju nodrošināšana

Uzdevuma ietvaros tiks izstrādāts papildus komunikāciju modulis, kas ļaus saslēgt vairākas iekārtas vienotā tīklā izmantojot jaunās paaudzes bezvadu tālo sakaru sistēmas, kas ļauj iekārtām sinhronizēt raidāmos signālus, veidojot veselus piekrastes apgabalus, kuros roņi nebūs novērojami.

Tiks veikta ekspluatācijas apstākļiem atbilstošās tehnoloģijas pamatotā izvēle, izstrādāts tālo sakaru komunikāciju modulis, veikta tā testēšana un pieskaņošana.

Vienlaikus tiks veikta eksperimentu sērija, kas ļaus novērtēt ieguvumus no vairāku tuvumā esošu raidītāju ģenerējamo akustisko viļņu pārklāšanas efekta, kas potenciāli spēj palielināt iekārtu darbības rādītājus.

2.2. Atskaite par boju sinhronizāciju

Šajā sadaļā ir aprakstīti pētījumi un progress attiecībā uz boju sinhronizāciju.

2.2.1. Pārdomas par modulāciju

Šajā punktā mēs aprakstīsim veidu, kā bojas savā starpā sazināsies, lai veiktu savstarpēju sinhronizāciju. Zem sinhronizācijas tiks saprasts, ka katra bojas akustiskais radītājs ģenerēs signālus vienlaicīgi, ar tām pašām pauzēm un frekvencēm. Sakari starp bojām būs nodrošināti izmantojot LORA modulāciju. LORA modulācija ir izstrādātā Semtech kompānijā, un tai piemīt virkne īpašību, kas padara to pievilcīgu sinhronizācijas uzdevuma risināšanai. LORA modulācija var:

- Darboties liela attālumā līdz 10km (ārpus pilsētas teritorijā) [LORA1]
- LORA ir domāta mazu ziņojumu pārraidei.
- Ir energo-efektīva.

LORA izmantošanas parasti ir domāta sensoru tīklos, kas apkopo informāciju un sutā to uz vārteju (gateway), kas arī nodrošina LORA tīkla pārklājumu, ir pieslēgts internetam un tālāk sutā uz serveri. Diemžēl jūras apstākļos ne par kādu LORA tīklu nevar runāt, kā arī LORA gateway uzstādīšana krastā neizskatās par parocīgu vai iespējamu.

Otrais variants ir izmantot LORA modulācijas veidu, bet sakarus nodrošināt tieši starp bojām. Šajā gadījumā mums nav nepieciešams gateway. Līdz ar to katrs modulis pats sazinās ar citiem moduļiem. Tāpēc šajā projektā ir izvēlēts otrais variants.

2.2.2. Par boju sinhronizācijas scenārijiem:

Atkarībā no boju sinhronizācijas scenārijiem tie varētu būt šādi:

relatīva laika izmantošanas scenārijs: visas bojas izmanto relatīvo laiku. Boja, kas tiek uzstādītā pēdējā, aizsūta pārējiem, pēc cik ilgā laika notiks sinhronizācija. Pārejas bojas, saņemot ziņojumu, sāk laika atpakaļ skaitīšanu, pēc kura notiek sinhronizācija.

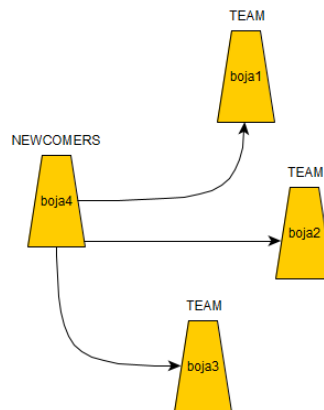
absolūtā laika izmantošanas scenārijs: katrai bojai ir uzstādīts RTC (real time clock), kas darbību uzsākot tiek nosinhronizēts izmantojot GPS. Boja, kas tiek uzstādītā pēdējā, aizsūta citiem laiku, kad notiks sinhronizācija. Sinhronizācija notiek noteiktajā laikā.

Šajā atskaitīšanas posmā uzmanība tika veltīta gan relatīvā laika izmantošanas scenārijam (versija 1), gan arī absolūtā laika izmantošanas scenārijam (versija 2), kas tiks aprakstīti detalizētāk.

2.2.3. Relatīvā laika izmantošanas scenārijs (realizācijas 1.versija)

Pieņemsim, ka boja1,boja2,boja3 – ir bojas, kas jau strādā sinhroni jeb, citiem vārdiem sakot komandā, to turpmāk apzīmēsim "TEAM", bet boja4 ir boja "jaunpienācējs", ko turpmāk apzīmēsim ar "NEWCOMERS". Boja4 sūta signālu, kurā tiek pateikts **laika intervāls**, pēc kura bojas tiks sinhronizētas savā starpā

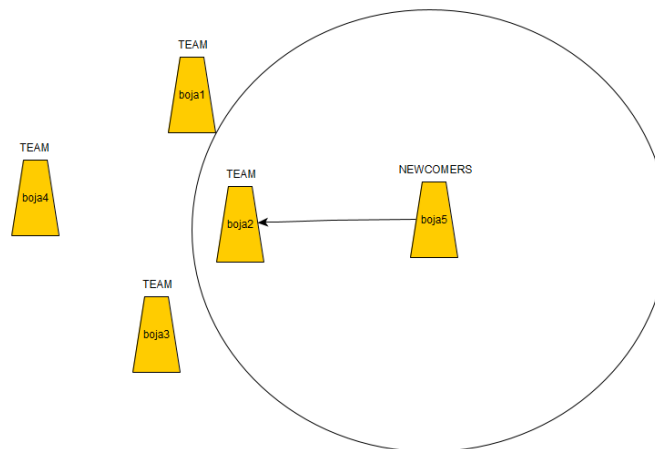
Boja1,boja2,boja3 uztver to signālu un visas bojas tiek sasihronizētas savā starpā, veicot inicializāciju 1.att.



1.att. Boju sinhronizācija, ko uzspiež boja4

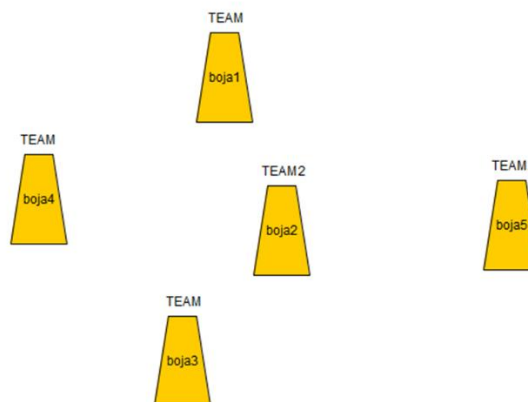
Šis sinhronizācijas veids šķiet parocīgs, it īpaši nelielam boju skaitam, tomēr tam piemīt virkne trūkumu, ko apskatīsim tālāk.

Pieņemsim, ka mums tagad ir boja1,boja2,boja3,boja4 kas strādā sinhroni (TEAM) un NEWCOMERS – boja5 (2.att.). Boja5 sūta savu sinhronizācijas laiku. Bet diemžēl tā kā savstarpējas saziņas darbības diapazons ir ierobežots, signāls nevar aizsniegt visas pārējās bojas.



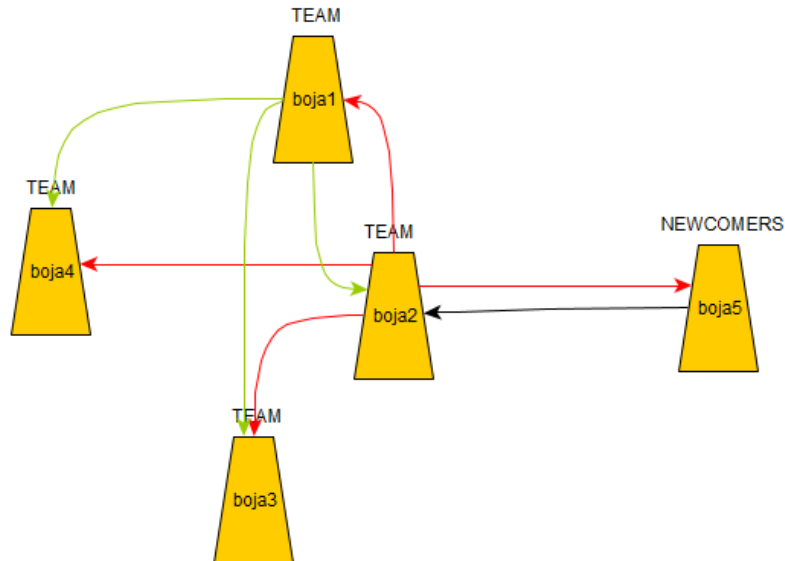
2. att. NEWCOMERS signāls neaizsniedz visas pārējās bojas.

Tad tas nedaudz sajauc boju sinhronizāciju, jo izjauc boja1, boja4, boja3 un boja2 savstarpējo sinhronizāciju. 3.att. Kā rezultātā bojas strādā dažādās komandās.



3.att. Divas komandas ar bojām.

Aprakstīto situāciju varētu glābt ziņojumu retranslācija. Tagad iedomāsimies, kā bojas retranslēš saņemto ziņojumu 4.att.



4.att. Boju sinhronizācijas scenārijs ar retranslāciju.

apzīmējumi: melnā bultiņa – pirmais signāls, sarkanā bultiņa – retranslācija no boja2, zaļā bultiņa – retranslācija no boja1.

Diemžēl retranslācijas process varētu ilgt bezgalīgi, ko vajadzētu ierobežot: fiksēt retranslācijas reižu skaitu vai identificējot jau saņemtus ziņojumus un neretranslējot tos.

Tātad ir jāievieš boju identifikācija, kurai ir risinājums - katram Lora modulim ir ierakstīts unikāls numurs, pie kura var piekļūt, izmantojot: **sys get hweui** komandu.

Vēl ir jāņem vērā, ka radīsies laika aizture dēļ tā kā viena boja saņem, tad retranslē tālāk laika intervālu pēc, kura notiek savstarpēja sinhronizācija. Laikam starp saņemšanu un retranslāciju ir jābūt konstantam, un jāievieš korekcijas retranslētajā informācijā. Ja, piemēram, ziņojums bija: savstarpējā sinhronizācija pēc 50 sekundēm, bet uztveršana un retranslācija prasītu 1s. tad ziņojumam ir jābūt "sinhronizācija pēc 49 sekundēm".

2.2.4. Energoefektivitātes un modulācijas īpatnību ietekme uz realizāciju

Kā LORA raidītājs-uztvērējs tika izvēlēts RN2483 modulis. Tas var darboties gan pieminētajā LORA tīklā ar vārteju, gan arī autonomi pats sūtot un saņemot ziņojumus. Vienlaicīgi modulis var atrasties tikai vai nu raidīšanas vai nu uztveršanas režīmā. Attiecībā uz raidīšanas scenāriju eksistē ierobežojumi [LORA2] – modulis nevar raidīt vairāk nekā 1% no laika. Pie kam ja modulis visu laiku raidītu, tas nevarētu klausīties citu moduļu ziņojumus un būtu varbūtība ka kaut kas nebūs saklausīts. Attiecībā uz klausīšanas režīmiem moduļiem ir ieviesta sekojošā klasifikācija: class A, class B, class C [LORA3]. Klases A moduli var pārraidīt un uzreiz pēc pārraides īsu brīdi klausīties atbildi, kas vairāk ir derīgs darbībām LORA tīklā. Klases B moduli var atvērt klausīšanas logu periodiski ar noteiktu laika intervālu. Klases C moduli var turēt klausīšanas logu atvērtu visu laiku, kad modulis neko neraida. Izvēlētais RN2483 var strādāt gan A, gan C režīmā (ar RN2483A-I/RM105 versiju). Tabulā 1. ir apkopota dotā moduļa patērētā strāva raidīšanas, klausīšanas, miega un pauzes režīmos.

tabula 1. RN2483 darbības režīmi un patērētā strāva.

Režīmi	Paterētā strāva
Miega režīms	0.0016mA
Pauzes režīms	2.8mA
Raidīšanas režīms	40mA
Klausīšanas režīms	14.2mA

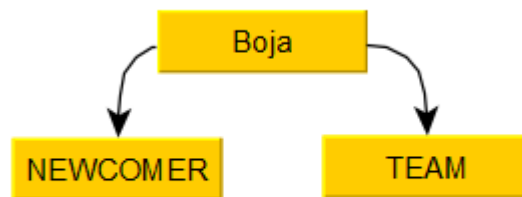
Kā redzam, gan klausīšanas, gan raidīšanas režīms patērē stāvu, kaut gan tā ir neliela, tomēr vērā ņemama.

Tāpēc, ņemot vērā šos ierobežojumus, var izstrādāt boju darbības scenārijus. Kā jau bija pieminēts šī realizācija ar relatīvo laiku bez retranslācijas.

Katrai bojai ir, divi stāvokļi:

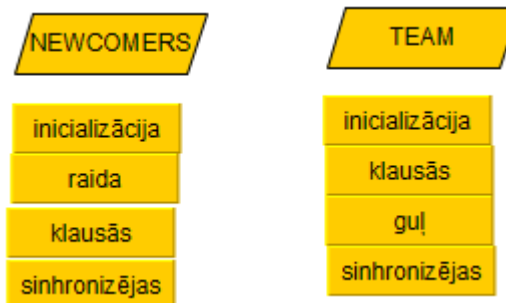
boja var tikt klasificēta kā NEWCOMER – ja boju tikko ieslēdza

boja var tikt klasificēta kā TEAM – ja boja tika nosinhronizēta ar pārējām bojām, vai pagāja noteiktais laiks no ieslēgšanas brīža 5.att.



5.att. Bojas stāvokļi

Katru bojas stāvokli var raksturot kā stāvokļu automātu ar sekojošiem stāvokļiem 6.att.



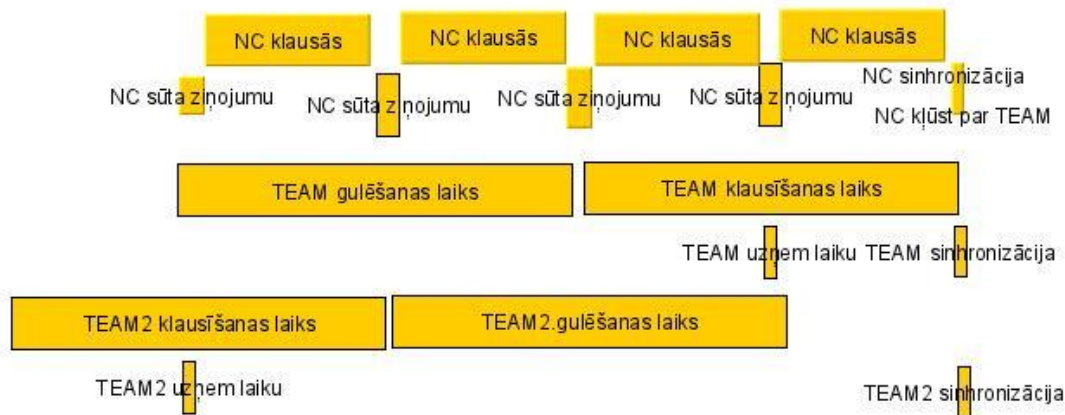
6.att. NEWCOMERS un TEAM stāvokļi.

7.attēlā ir parādītas laika diagramma, kā moduļi pāriet no viena stāvokļa uz otru. Inicializācijas stāvoklis nav parādīts. Kad, modulis tiek ieslēgts tas kļūst par NEWCOMERS, tas uzreiz sāk raidīt laiku pēc, kura notiks sinhronizācijas. Tā kā pastāv ierobežojumi uz ētera izmantošanu, tas pāriet klausīšanas režīmā (tas tiks izmantots turpmākajās realizācijās). Tā kā nav garantijas, ka ziņojuma sūtīšanas laikā visi apkārtējie TEAM locekļi klausījās, raidīšana tiek atkārtota (ziņojums tiek koriģēts attiecība uz laiku līdz NEWCOMERS (NC) sinhronizācijai). Tiklīdz kāds no TEAM saņem laiku, tas

sāk skatīt laiku līdz saņemtajam sinhronizācijas momentam. Līdz NEWCOMERS sinhronizējas, tas arī kļūst par TEAM locekli.

Teorētiski TEAM moduļi varētu klausīties nepārtraukti, bet elektrības taupības nolūkos tie klausās periodiski.

NEWCOMERS Pauzes starp raidīšanām, raidīšanu skaits, un TEAM klausīšanas ilgums un gulēšanas ilgums tiek izvēlēti šādi, lai NEWCOMERS būtu saklausāms ar TEAM.



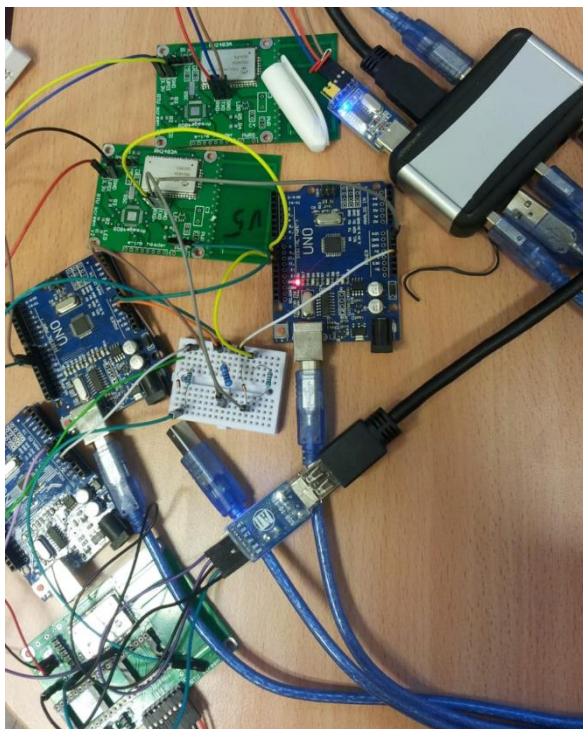
7.att. NEWCOMERS un TEAM savstarpējais sinhronizācijas scenārijs. NC – NEWCOMERS. Pa horizontāli ir jāsaprot parādīts laiks.

2.2.5. Piezīmes par programmēšanu

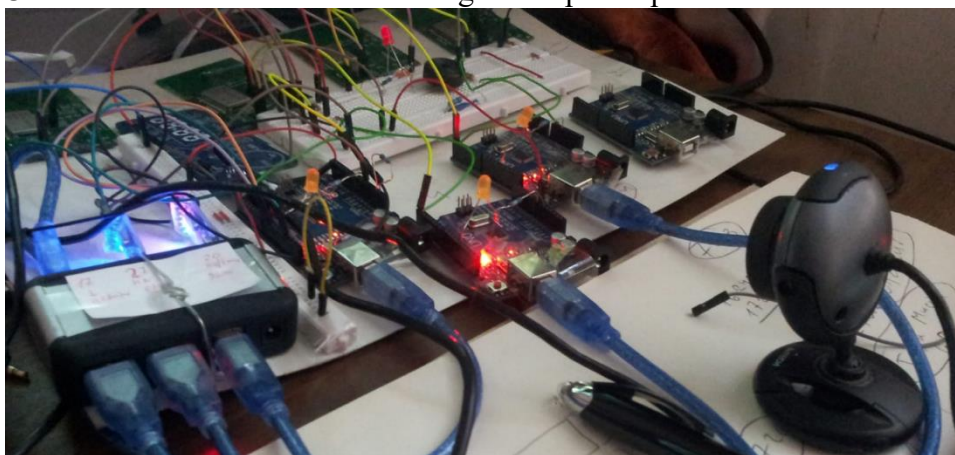
Eksperimentālām realizācijām tika izmantot Arduino UNO mikrokontrolieris, kuram caur serial portu tiek pieslēgts LORA modulis. Sakumā tika izmantots virtuālais seriālais ports (SoftwareSerial), bet vēlāk izrādījās kā šāda veidā nav iespējams iegūt precīzu (izmantojot Interrupt) laiku kad ir uztverts ziņojums. Kā alternatīva bija event() funkcija, bet tā rādīja laiku cikla beigās, nevis uzreiz. Tāpēc turpmākajā izstrādē LORA modulis tika pieslēgts caur hardware serial, ar ko varēja realizēt arī interrupt mehānismu. Diemžēl parādījās problēmas ar SoftWare serial ko izmantoja, lai skaņotu moduli, jo tā pakete uz laiku aizliedza visus interruptus. Lai to novērstu, tika izmantota altSoftware pakete kā nomainīga softwareSerial.

2.2.6. Relatīvā laika algoritma testēšana

Pašreizējā (versija 1) prototipa attīstības stadijā ir izstrādātā pieeja bez retranslācijas. Turpmākajos prototipos tā būs ar retranslācijas iespēju, bet tomēr ir jāapsver doma par absolūtā laika ieviešanu, kas tomēr varētu izrādīties vienkāršāks risinājums. 8.attēlā ir parādīta relatīvā laika izmantošanas scenārija prototipēšana. 9., 10. attēlos sinhronizācijas testēšana izmantojot videokameru un ekrāna ierakstīšanas funkciju, ka arī boju sinhronizācijas starta moments tiek parādīts ar dzelteno gaismas diodi.



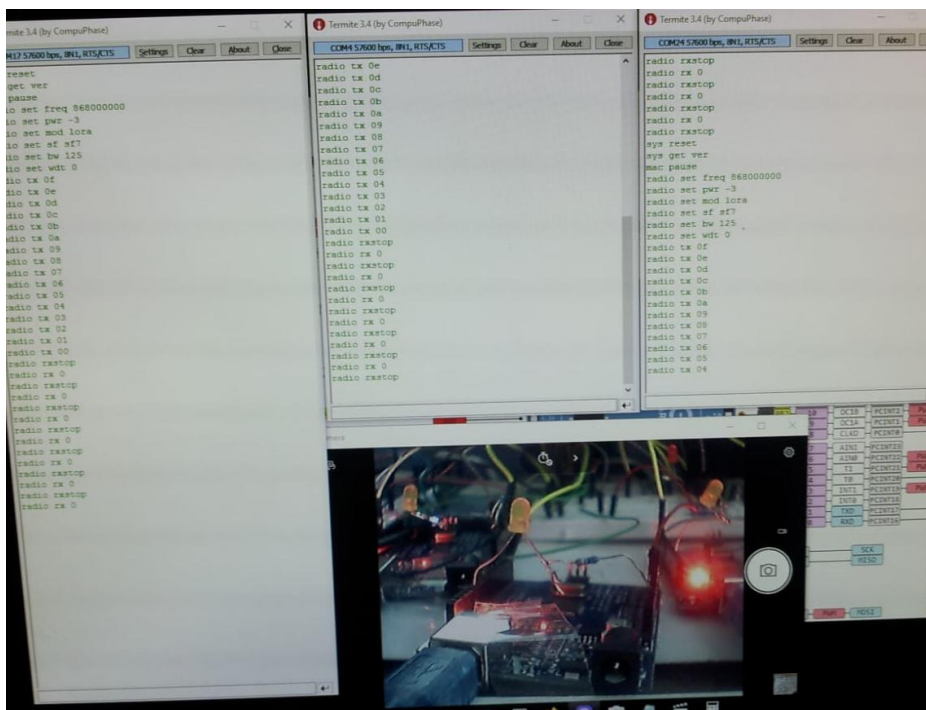
8.att. Relatīvā laika izmantošanas algoritma prototipēšana uz Arduino Uno mikrokontrolieriem.



9.att. Relatīvā laika izmantošanas algoritma testēšana izmantojot videokameru (1)

February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001



10.att. Relatīvā laika izmantošanas algoritma testēšana, ierakstot Seriālo monitoru un “boju prototipu” datorā.

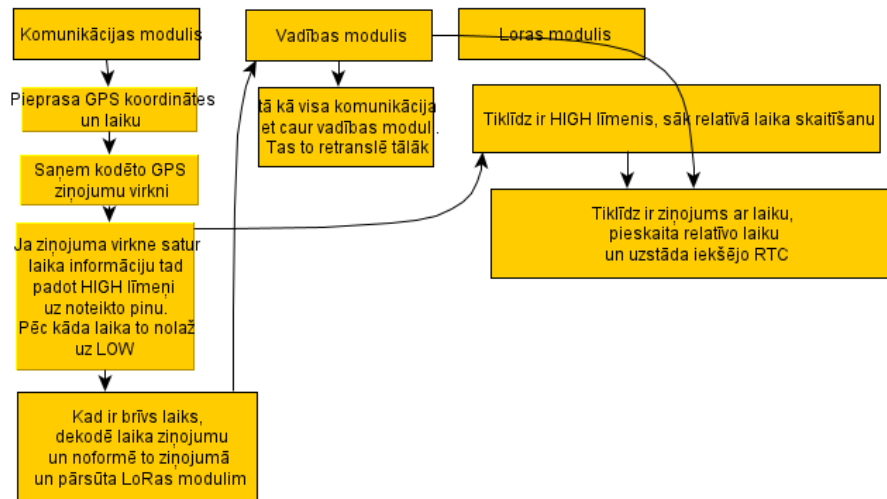
Testēšana tika pabeigta veiksmīgi un algoritms ir pilnībā strādājošs, trīs bojas spēj savā starpā sinhronizēties.

2.2.7. Absolūtā laika izmantošanas scenārijs (realizācijas 2.versija)

Kad bija realizēta 1.realizācijas versija, tika apzināti tas trūkumi un priekšrocības tad ir iesākts darbs pie otrās versijas. Ideiski versijas ir līdzīgas, un punktu 2.2.4. var arī attiecināt uz 2.realizāciju.

Katrai bojai ieslēdzoties, bojas komunikācijas modulis inicializē koordināšu iegūšanu. Kopā ar koordinātēm tiek iegūta arī informācija par laiku. Tiklīdz laika pakete ir saņemta, komunikācijas modulis to dekodē un pārsūta LoRa modulim (īstenībā LoRa modulis ir iebūvēts signāla ģeneratora modulī). Lai izslēgtu pārsūtīšanas laika fluktuācijas, komunikācijas modulis, uzreiz, kad saņem atbildi par laiku un koordinātēm dot elektrisko signālu uz vienu no piniem, kas tiešā veidā savienots ar LoRas moduli. (turpretī ziņojums ar laiku tiek pārsūtīts, izmantojot UART komunikāciju, par starpnieku izvēloties komunikācijas moduli).

Tiklīdz LoRas modulis iegūst signālu, uz speciālā pina, tas sāk laika korekcijas atskaiti, un skaita tik ilgi, kamēr neesot saņemta informācija par laiku. Tiek uzstādīts laiks un tam tiek ieviesta nepieciešamā korekcija. Šajai realizācijai tiek lietots ESP32 mikrokontrolieris, kurā ir iebūvēts real time clock (RTC). (11.att)



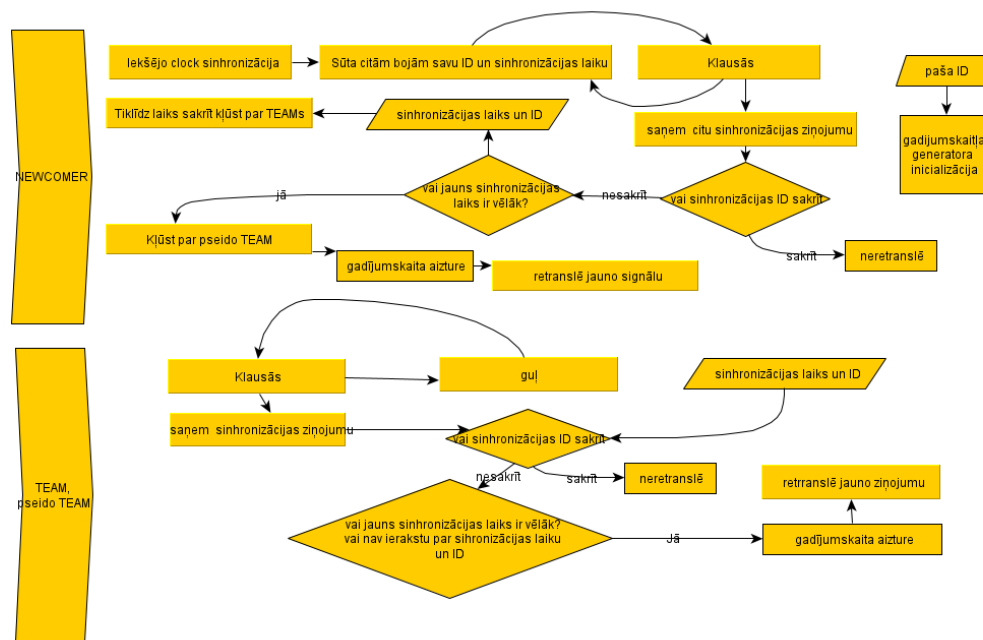
11.attēls. Laika uzstādīšanas algoritms

Boja – jaunpienācējs, kad laika sinhronizācijas procesi ir pabeigti sūta citiem moduļiem pieprasījumu uz sinhronizāciju. Laikā, kad informācija netiek sūtītā, boja klausās. Tiek pārsūtītā bojas ID (1 baits) un laiks, kad notiks sinhronizācija. Citā laikā Sinhronizācija notiek parasti 10-20 minūšu robežās, līdz ar to tiek pārsūtīta tikai informācija par minūtēm. Piemēram ja pašreizējais absolūtais laiks ir 11:55, tiek pārsūtīts skaitlis 05, tas nozīmē ka sinhronizācija notiek kad minūšu raidītājs radīs uz 05, t.i. 12:05.

Citas bojas uztverot to informāciju analizē kāds ir pārsūtītāja ID, vai tiem jau ir informācija par gaidāmo sinhronizāciju (varbūt no citas bojas), ieraksta ID un sinhronizācijas laiku, un pārsūta informāciju citām bojām. Lai izslēgtu situāciju, kā bojas retranslēš ziņojumu vienlaicīgi, tiek ieviests gadījuma skaitļu intervāls, kas būs inicializēts ar bojas ID, un tad boja pārsūta informāciju pēc noteiktā laika, ko atgriež gadījuma skaitļu ģenerators. Tiek pārsūtīts sinhronizācijas iniciatora ID, kā arī absolūtais sinhronizācijas laiks.

Ja ir saņemts ziņojums ar to pašu ID, ka bojai, vai ar to pašu ID, kas jau ierakstīts un tika pārsūtīts iepriekš, tas nozīmē kā tas ir tas pats ziņojums, ziņojums netiek retranslēts.

Pēc noteiktā laika notiek visu boju sinhronizācija (12.att).



12.att. Absolūtā laika izmantošanas scenārija algoritma ilustrēšana

2.2.8. Piezīmēs par programmēšanu (2.versija) - Paralēlā procesu izpildīšanā.

2. programmatūras versija tika pielagotā ESP32 modulim. Tā kā mikrokontrolieris ir diezgan jaudīgs tika izvēlēts apvienot kopā ģenerators un Loras moduļi.

Dodot komandu Loras modulim, tiek sagaidīta atbilde OK. No laika līdz komandas došanai līdz izpildei pāriet 1-3s. Ja nesagaidīt OK, bet dot nākamo komandu tiek atgriezts busy un komanda tiek noīgnorēta. Pirmā programmas versijā, kad mikrokontrolieris atbildēja tikai par LoRu mēs varējām gaidīt katru OK. Bet apvienojot kopā signālu ģenerators moduli un Loras sinhronizācijas moduli vienā mikrokontrolierī, esam spiesti ieviest netiešus Loras komandu izpildes mehānismus.

Sākumā dodot komandu LoRas blokam – tā komanda tiek ierakstīta noteiktajā struktūrā (13.att). Gadījumā, ka var būt vairākas komandas, tur ir pat komandu struktūru masīvs. Tad var izpildīties citas darbības (piem. izpildās ģenerators komandas un ja Loras modulis nav aizņemts notiek komandas nodošana Loras modulim (izpildām komandu). Atbilde, ka komanda tiek veiksmīgi izpildīta, tiek sagaidīta nevis uzreiz, bet tikai tad, kad tā atnāk uz buferi. Rezultātā pa laiku, kamēr tiek sagaidīta atbilde, ka komanda ir veiksmīgi izpildīta, programma pilda ģenerators vai citas LoRas moduļa funkcijas. Ja pa to laiku tiek iedota cita komanda, tā tiks ievietota komandu struktūras masīvā, ka nākamā komanda, un tiks pildīta, tiklīdz ir saņemta atbilde par iepriekšējo komandu izpildi.



13.att. Netiešā Loras komandu izpildes struktūra.

2.2.9. 2.verijas gatavības stadija

2.versijas tika uzrakstīta programmatūra, kurai seit bija aprakstītie algoritmi. Diemžēl līdz gatavībai būtu vēl to notestē, daži neskaidri jautājumi, kas palika neaprobēti, vai GPS laiks ir precīzs, vai RTC pulkstenis uz laiku līdz baterijas nomaiņai, sanāk precīzs.

2.2.10. Literatūra

[LORA1] Ramon Sanchez-Iborra; Jesus Sanchez-Gomez; Juan Ballesta-Viñas; Maria-Dolores Cano; Antonio F. Skarmeta (2018). "[Performance Evaluation of LoRa Considering Scenario Conditions](https://doi.org/10.3390/s18030772)". *Sensors*. **18** (3): 772. doi:10.3390/s18030772. PMC 5876541. PMID 29510524.

[LORA2] <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/duty-cycle.html>

[LORA3] <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/classes.html>

2.3. U3.2. Roņu detektēšanas funkcijas realizācijas iespēju izpēte

Darba uzdevuma ietvaros tiek plānots izpētīt tehnoloģiskās realizācijas iespējas roņu detektēšanas iekārtai, kas būtu savietojama ar pirmajā darba pakā izveidoto akustisko atbaidīšanas ierīci. Roņu detektēšanas funkcijas ieviešana ļautu manāmi palielināt iekārtas energoefektivitāti, ieslēdzot jaudīgus akustiskus signālus tikai konstatējot roņu tuvošanos.

Darba uzdevuma izpilde iekļauj sevī tehnoloģisko realizācijas izpēti, izvērtējot iespējas implementēt minēto moduļi, izmantojot nespecializētu komponentu bāzi.

Ja priekšizpētes rezultāta tiks konstatēts, ka šāda tipa modulis ir realizējams, tad tiks veikta potenciāla shemtehniskā risinājuma izstrāde.

Eksistējošie risinājumi:

Jūras iemītnieku (galvenokārt zīdītāju, delfīnu, vaļu, roņu, utt.) klātbūtnes noteiktā apkārtnē pārbaude ir obligāta procedūra pirms zemes dzīļu seismoloģiskās izpētes jūrā, meklējot derīgos izrakteņus (galvenokārt naftu). Izpētes laikā tiek radīti akustiskie viļņi, kas intensitātes ziņā daudz neatpaliek no granātas un pat lielāka lādiņa sprādziena un var ne tikai sabojāt dzīvnieku dzirdi bet pat beigties letāli.

Piemērām rakstā [Ursula K. Verfuss et al (2018)] tiek analizētas mūsdienās izmantotās jūras dzīvnieku novērošanas metodes:

- Pasīvais akustiskais monitorings (interesējošām sugām raksturīgu skaņu uztveršana ar zemūdens mikrofoniem - hidrofoniem);
- Aktīvais akustiskais monitorings (sonars, eholote, analogs radiolokācijai, tikai izmanto dzirdamo vai ultraskaņu);
- Virsūdens termālās infrasarkanās kameras (delfīnu un lielāku dzīvnieku meklēšanai no lidaparātiem vai kuģiem);
- Virsūdens doplera radari (konstatē vaļu, delfīnu un citu zīdītāju izniršanu ieelpai).

Šeit lietotos tehniskos risinājumus varētu attiecināt arī uz mūsu problēmu, taču jāņem vērā praktiski neierobežoto finansējumu (pasūtītāji ir viena no nopietnākajiem biznesa pārstāvji), teju nekādus ierobežojumus iekārtu izvietojumā un barošanā. Dažu no rakstā pieminētajām sistēmu ražotāju izstrādā arī militāra pielietojuma sistēmas. Līdz ar to pieminētie risinājumi tīrā veidā nav pielietojami, bet no tiem var aizņemties kādas idejas.

Cita joma ir virsūdens objektu (piemērām dzīvokļu) apsardze. Šādās sistēmās nesankcionētas piekļuves atklāšanai tiek lietoti PIR sensori (passive infra-red, pasīvie infrasarkanie) un apkārtnes videonovērošana, vai kustības un vibrācijas sensori automašīnās.

Vēl viena jomā – dažāda mēroga zvejniecībā (no makšķerēšanas līdz rūpnieciskai tralēšanai) tiek lietotas dažāda darbības attāluma un iespēju eholotes.

Visu šo uzdevumu risinājumus hipotētiski var pielietot roņu atklāšanai murda tuvumā.

Hipotētiskās metodes

Roņu atklāšanas risinājumam ir jāspēj darboties autonomi, ar pēc iespējas zemu elektrības patēriņu, salīdzinoši ilgu laiku, jābūt pēc iespējas kompaktai, un uzstādāmai uz bojas vai zem tās, vai uz tīkla u.t.l., ka arī ar izmaksām, salīdzināmām ar peļņu no dažiem lomiem.

Sekojošā tabulā uzskaitītas vairāk vai mazāk realizējamas (kā arī tīri hipotētiskas) metodes roņu atklāšanai. Dažas metodes tiek atmestas uzreiz, kā tehniski pārāk sarežģītas, dārgas vai balstītas uz

nepārbaudītu informāciju (iekrāsotas ar pelēku), citām tiek veikta metožu aprakstošā priekšrocību – trūkumu analīze.

Metode, īss skaidrojums	Priekšrocības	Trūkumi
1. Pasīvā akustiskā Zemūdens mikrofons, uztverto skaņu filtrācija un analīze.	Būtu ļoti daudzsološa, jo visai vienkārša un enerģiju maz tērējoša. Vienam murdam pietiktu ar vienu mikrofonu.	Nav pārliecinošo pierādījumu, ka, medijot zivis, roņi lieto eholokāciju (kā to dara delfīni) vai rada kādas citas specifiskas skaņas.
2. Aktīvā akustiskā_1 Ultraskaņas tālmēru pielietošana zem ūdens. Darbības zona ir 5 ⁰ -20 ⁰ šaurs konuss līdz 10-20m garumā, kurā spētu atklāt roņa izmēra ķermeni zem ūdens.	Samērā neliels enerģijas patēriņš.	Praksē nav pārbaudīta. Minēta tikai vienā rakstā, kurā aprakstīta ideja pielietojumam trālim. Riņķa veidā ap murdu vajadzētu uzstādīt vismaz 10 ierīču 2-5m dziļumā, kas savā starpā un ar centrālo boju savienoti ar kabeļiem.
3. Aktīvā akustiskā_2 Tie paši zivju sonari (veikalos – eholotes), ko lieto makšķernieki un zvejnieki. Izmanto ultraskaņas (30-300kHz) atstarojumu no ķermeņa, priekšmeta vai virsmas.	Ir daudzi komerciāli produkti. Dārgākie modeļi (daži simti EUR, gpspro.lv) identificē arī mencas lieluma zivis līdz 20-50m dziļumam. Identificēt roni – elementāri.	Dārgi. Atkal riņķa veidā ap murdu vajadzētu uzstādīt vismaz 10 ierīču (kas peldētu virs ūdens vai atrastos jūras dibenā), kas savā starpā un ar centrālo boju savienoti ar kabeļiem.
4. Aktīvā akustiskā_3 Ultraskaņas barjeru (atsevišķi starotāji un uztvērēji) virkne pa tīkla perimetru. Reaģē uz ķermeni, kas, iepeldot starp starotāju un uztvērēju, maina uztvertā signāla līmeni (aizēno).	Vienkārša signālu apstrāde.	Tā pati kabeļu infrastruktūra, kas iepriekšējām metodēm. Papildus – starotāji un uztvērēji izvietoti vertikāli noenkurotās caurulēs, kuru garumam jāatbilst ūdens dziļumam murda vietā.

5. Radiolokācija_1 Radars (viens rotējošs vai vairāki – katrs savam virzienam) novietots uz bojas 2-3m virs ūdens. Mēģina konstatēt roni, kad tas izniris ieelpot.	Vienkārša infrastruktūra – tikai viena papildus ierīce uz bojas.	Iespējams, varētu konstatēt roni uz gludas ūdens virsmas, bojai nekustoties. Viļņos bezcerīgi – gan tāpēc, ka boja šūpojas, gan tāpēc, ka viļņu kores var aizsegēt roņa galvu.
6. Radiolokācija_2 Radars (vien rotējošs vai vairāki – katrs savam virzienam) iekārti ūdenī zem bojas.	Vienkārša infrastruktūra – tikai viena papildus ierīce uz bojas.	Saldūdens (vēl jo vairāk sālsūdens) ievērojami vājina elektromagnētisko starojumu. Jo augstāk afrekvence – jo vairāk. Roņa izmēra ķermeņa konstatācijai vajag īsu viļņa garumu (<10...100cm). Taču sālsūdenī tik augstas frekvences (virs 300MHz) izplatās labi ja 1m.
7. Video virs ūdens_1 Infrasarkanā (infra-red, IR) kamera 1-2m gara bojas stieņa galā. Rotējoša vai arī ar 360° skatu (no vairākām kamerām).	Vienkārša infrastruktūra – tikai viena papildus ierīce uz bojas.	Specifiska vērsma diagramma. Kamerai nepieciešama mehāniska stabilizācija ar žiroskopu vai arī t.s. elektroniskā (no kopējā attēla izgriežot mazāku apgabalu). Jo augstāk virs ūdens, jo tālāk redz, taču vairāk šūpojas. Tāpat viļņos nedarbosies, jo viļņi var aizēnot skatu.
8. Video virs ūdens_2 IR kamera dronā, kas vēro piem. 200x200m lielu platību. Drons – kopters vai spārnots	Ir komerciāli produkti, ko varētu pielāgot roņu atklāšanai. Procesu (lidojuma maršrutu, lādēšanu krastā) var automatizēt.	Vajag vismaz 2 dronus – viens lido, otram krastā lādē akumulatorus. Vēja ātrumam pārsniedzot 10...20m/s droni nevar ieturēt maršrutu.

9. Video virs ūdens_3 IR kamera pie gaisa balona (dirižabļa), kas piesiets dažu desmitu m garā trosē pie bojās.	Var sakomplektēt no komerciāliem produktiem.	Stiprā vējā ļoti šūposies. Ļoti stiprā vējā jānovāc nost. Līdz ar trosi no bojās pa īpašu (vieglu, izturīgu, lokanu) kabeli jānodod barošanas spriegums.
10. Video zem ūdens_1 Ir zivju skaitīšanas sistēmas. IR videokamera un prožektors, norobežots kanāls, caur kuru peld zivis. Pat atpazīst sugas un mēra izmērus (pēc zivs kontūra). Bet tur ir runa par 1...3m attālumu no kameras.	Atšķir zivis no roņiem pēc ķermeņa izmēra.	Dulķainā ūdens dēļ kameras jāizvieto ik pa 5...10m. Un tas viss jāsavieno ar kabeļiem. Liels enerģijas patēriņš prožektoros. Jau iepriekš pieminētā sarežģītā kabeļu infrastruktūra.
11. Infrasarkanie PIR sensori Sensori tā paša tipa, kas apsardzes sistēmās tiek lietoti iekš- un ārtelpu apsardzei. Tikai zemūdens noformējums.	PIR sensoriem jābūt ievērojami jutīgākiem par IR videokameru sensoriem. To enerģijas patēriņš ir ļoti mazs.	Ūdenī IR staru vājinājums ievērojami lielāks, nekā gaisā. Tāpēc sensori jāizvieto ik pa 3-5m pa riņķa perimetru ap murdu. Nav pamata cerēt, ka roņa ķermeņa temperatūra krasi atšķirsies no apkārtējā ūdens – laba siltumizolācija (tauku slānis) ir vitāli svarīga izdzīvošanai. Siltākā varētu būt seja.
12. Tīkla vai murda vibrāciju uztveršana_1 Tīklam pa tā perimetru piestiprināts vibrācijas uztverošs kabelis – līdzīgs tiem, ko lieto perimetra aizsardzības sistēmās (ierokot zemē vai nostiprinot pie žoga). Pievienots peldošai bojai.	Samērā vienkārša kabeļu infrastruktūra.	Šie speciālie kabeļi nepārdzīvos brutālo apiešanos ar murdu un tā virvē. Sarežģīta signālu apstrāde, mēģinot atšķirt tīklā iesprūdušas zivs kustības no roņa pieskaršanās.

13. Tīkla vai murda vibrāciju uztveršana_2

Kompakti vibrāciju sensori piekarināti pie tīkla vai murda vairākās vietās. Caur kabeli pievienoti peldošai bojai.

Var lietot robustākus kabelus, ne kā pie iepriekšējās metodes.

Sarežģīta signālu apstrāde, mēģinot atšķirt tīklā iesprūdušas zivs kustības no roņa pieskaršanās.

Metožu priekšrocību – trūkumu analīze.**1.metode Pasīvā akustiskā**

Metode izmanto zemūdens iegremdētu mikrofonu, lai klausītos zem ūdens uztveramās skaņas. To pašu dara zemūdeņu akustiķi, pēc specifiskām skaņām mēģinot atšķirt dzīvās būtnes, virsūdens kuģus un pretinieka zemūdenes. Akustiķi varētu aizvietot mākslīgais intelekts – sarežģīta signālu apstrāde un filtrācija. Taču nav drošu ziņu par to – vai roņi medībās izmanto specifiskas skaņas (hipotētiski – eholokācijai, analogiski delfīniem).

Piem. rakstā [D.Renouf et al, 1982] autori apgalvo, ka plankumainais ronis īpaši smagos apstākļos (tumsa, duļķains ūdens, kad vairs nedarbojas īpaši jutīgā redze un dzirde) lieto ko līdzīgu ultraskaņas eholokācijai. Turpretim rakstā [Ronald J. Schusterman et al, 2000] tas ir noliegts, roņi izmanto tikai īpaši jutīgu dzirdi un vibrāciju uztveri ar ūsām.

Rakstā [Karen Ann Ballard et al, 2011] sniegti ap Grenlandi un Kanādas ZR piekrastē dzīvojošā *Cystophora cristata* (hooded seal) vairāku simtu audiogrammu analīzes rezultāti. Starp ierakstiem ir arī zem ūdens veikti, taču tos klasificē galvenokārt kā savstarpējai komunikācijai paredzētus signālus. Bez tam ierakstas augstākās frekvences ir ap 7-8 kHz, kas ir daudz par zemu eholokācijas pielietojumam, ja mērķis ir zivs lieluma objekts.

Vēl vairākos rakstos [D. Bagočius, 2015], [Prawirasasra Mustonen et al, 2020] ziņots par zem ūdens ierakstītām roņu skaņām (gan zemās 100-300Hz, gan augstākās līdz 5kHz frekvencēs), taču nav apliecinājumu par to izmantošanu medībās.

Grāmatā [Cepreeв Б.Ф. 1980] minēts, ka klikšķu veida skaņas var būt eholokācijas signāli, kaut gan tie ir samērā zemākas frekvences nekā citiem ūdens iemītniekiem.

Arī projekta [Marine mammals in the Baltic sea in relation to the Nord Stream 2 project, 2017] gala dokumentā tiek atzīts, ka eholokāciju aktīvi lieto delfīni, bet par roņiem atzīmēts:

- Baltijas jūrā sastopamo roņu sugu dzirde frekvenču ziņā tālu pārsniedz cilvēku, un sniedzas līdz dažiem desmitiem kHz (ar jutības pīķi 10-20kHz joslā), taču nav apstiprinātu ziņu par eholokācijas izmantošanu;
- Medījuma lokalizācijai līdz ar izcilo redzi izmanto ūsu pamatnē esošos nervus, kas ļauj uztvert ļoti vājas vibrācijas ūdens vidē.

Atliek secināt, ka:

1. Nepieciešams atsevišķs pētījums roņu eholokācijas spēju apstiprināšanai vai noliegšanai. Domājam, ka rezultāts būs noliedzošs.
2. Iespējams, roņu klātbūtnes noteikšanai varētu izmantot arī “parasto” roņu radīto skaņu (savstarpējai komunikācijai, elpošanai, utt) meklēšanu.

2.metode Aktīvā akustiskā

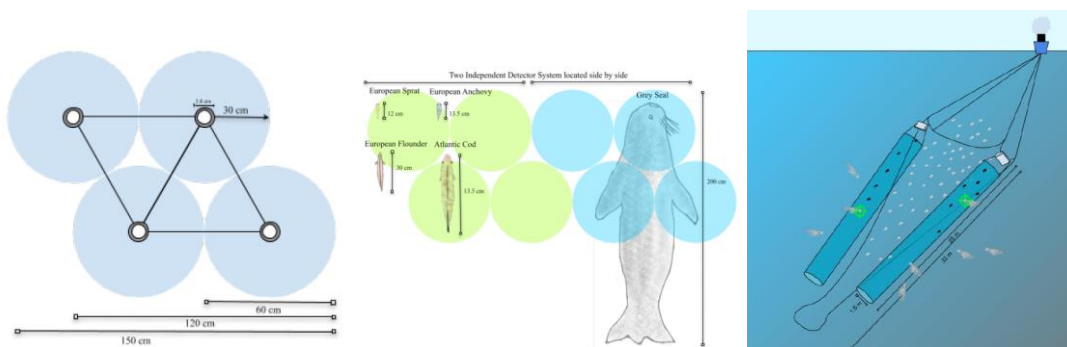
2019. gadā ES nodibinājums *Digital Innovation HUB* izsludināja ideju konkursu “*Robocoast Challenge: Detecting a seal*”, apsolot 10.000 EUR prēmiju fondu. Uzdevuma nosacījumos bija minētas problēmas:

- zem ūdens roņi neizdod īpašas uztveramas skaņas
- ūdens var būt pārāk duļķains, lai darbotos redzamās gaismas videokameras
- sistēmas barošanas nodrošināšana
- ir pieļaujams neliels viltus trauksmju līmenis, taču roņus jāatpazīst 100%.

Viens no uzvarētājiem bija students no Kolumbijas, viņa ideja izklāstīta rakstā [A.F. Zapata-Palacio, Underwater Preventive System for Detection and Deterring of Seals, 2019]. No inženiera skata darbā pieļautas daudzas paviršības. Piemēram – ehokācijai ūdenī autors cer izmantot MaxBotix ražojuma ultraskaņas sensorus MB7092, ko ražotājs paredz izmantošanai gaisā vidē. Tā darbības attālumu (gaisā līdz 7,6m) autors aprēķina, vienkārši pareizinot to ar skaņas ātruma ūdenī un gaisā attiecību (tā iegūst 25m distanci). Rakstā nav pieminēts – kā signāls no sensoru bloka nonāks pie vadības ierīces. Kā sensora darbības zonu autors iedomājas cilindru (realitātē tas ir konuss). Tādas paviršības raksturīgas bakalauriem.

Ideja īsumā: traļa tīkla 2 pusēs (nav runa par ierīču izvietošanu pa perimetru) novieto režģus, kuru mezglos nostiprināti plastmasas korpusi ar elektronikas bloku, AA tipa bateriju turētāju un jau pieminēto sensoru.

Seko dažī attēli no minētā raksta. Autors iecerējis romba formas rāmī nostiprināt 4 korpusus ar barošanas elementiem, vadības bloku, sensoru un arī miniatūru pjezoskaļruni (ar kuru iecerēts atbaidīt roņi).



Autors cer, ka divi šādi komplekti, iekārti tralim abās pusēs, spēs pasargāt lomu. Ak naivums!

3. metode. Zivju sonāri

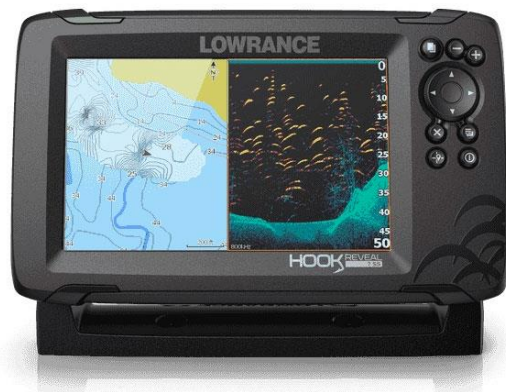
Zivju sonāru (sauc arī par ehobotēm) ir plaši nopērkami specializētajos veikalos, piemēram gpspro.lv vai ehobotes.lv un citos. Nav šaubu, ka šīs iekārtas spēj atšķirt pat laša lieluma zivis no roņiem.

Attēlā – displeja labajā pusē redzamas zivis līdz 50m dziļumam. Jaudīgākās eholotes darbojas pat līdz dažu simtu metru dziļumam.

Problēma ir tā, ka ar perimetrs ap murdu ir jānoklāj ar vairākām (6...12, atkarībā no perimetra rādiusa) šādām iekārtām, kas nozīmē gan ievērojamas izmaksas (katrs sonars – vismaz 300 EUR), datu analīzes bloks (jauna izstrādne), gan kabeļu infrastruktūru (vai nu uz ūdens virsmas starp pludiņiem, vai jūras dibenā), ievērojamu patērēto jaudu (no laivas akumulatora barotie eholoti impulsā patērē vairākus simtus vatu).

Modernākā risinājumā sonara bloks ir atsevišķa peldoša boja, kas caur kādu bezvadu interfeisu (piem. BlueToth) nosūta datus viedierīcei.

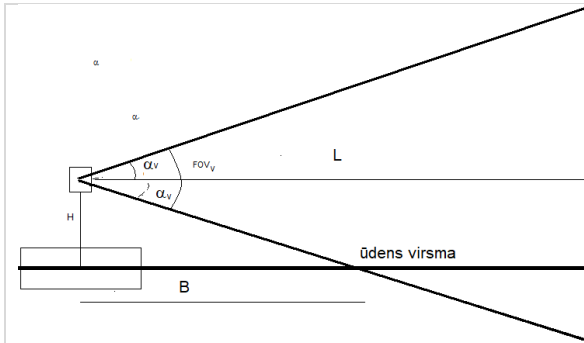
Šeit varētu iztikt bez kabeļu infrastruktūras (pietiktu noenkurot eholotes vajadzīgajās vietās), taču no iebūvētā akumulatora šādi sonari darbojas tikai 6...10 stundas.



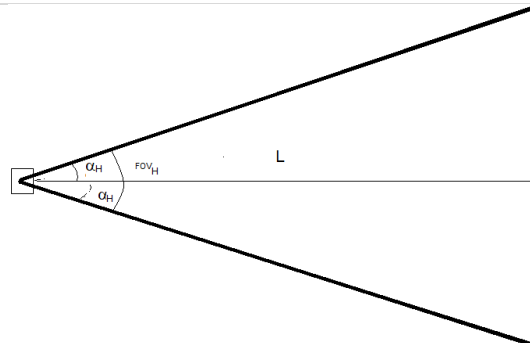
Līdz ar to ir pamatotas šaubas – vai no patērētās enerģijas viedokļa šāda sistēma būtu ekonomiskāka par atbaidītāja darbināšanu ierastajā režīmā.

7.,8.,9.metode. Redzamās gaismas, tuva IR, vai tālā IR gaismas diapazona. Kamera, kas ir uzstādīta virs ūdens

Šeit būtu svarīgi saprast, kādam ir jābūt ir kameras redzes leņķim un minimālai izšķirtspējai. Tad varētu secināt par kameras uzstādīšanas iespējam un skaitu. 1.attēlā ir parādīts kameras skata leņķis vertikālā plaknē (FOV_v), kameras uzstādīšanas augstums (H), maksimālais roņu detektēšanas attālums (L), kā arī aklais apgabals (B), un puse no vertikālā redzes leņķa (α_v), bet 2. attēlā - kameras horizontālais redzes leņķis (FOV_H) un puse no tā (α_H).



1.att. Boja, kamera, vertikālais redzes leņķis



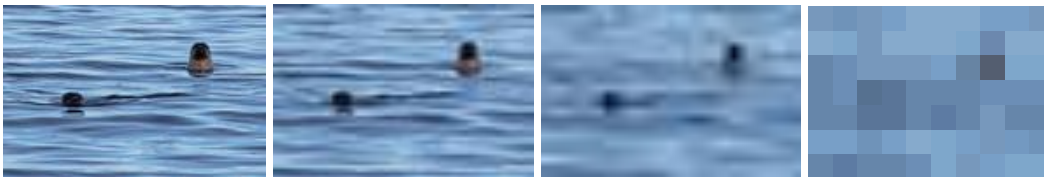
2.att. Kameras horizontālais redzes leņķis.

Tālāk analizēsim - kā kamera redzēs roņi 3.attēls. Ronis šajā attēlā aizņem aptuveni 10% no attēla platuma.

Tālāk pārrēķinot attēlu mazākā izšķirtspējā, var secināt, ka roņi var atpazīt līdz pat 33x23 pikseļu attēlā, kurā pats roņis aizņem ap 6-7 pikseļus horizontāli un vertikāli.



3.attēls. Ronis izniris ieelpot.



4.att. Attēls pie dažādām izšķirtspējām: a) 150x105, b) 75x52, c) 33x23, d) 10x7

Tālāk mēģināsim noteikt redzamās gaismas kameras parametrus.

Pieņemsim, ka apsargājamais perimetrs ir 100m rādiusa ap boju.



5.att. Palielināts attēls ar 33x23 izšķirtspēju.

Tirgū lielākās izšķirtspējas kameras par saprātīgu cenu (ap 50 EUR) ir ar 4K izšķirtspēju (3840 x 2160 pikseļi). Tātad ja pieņemsim ka roņa atrašanai pietiek ar 6 pikseļiem pa horizontāli, līdz ar to $6/3840 = 0.0016$. Ja roņu galvas izmērs ir ap 20cm, tad viss kameras horizontālais skatu lauks ($2 \times S$) varētu sastādīt

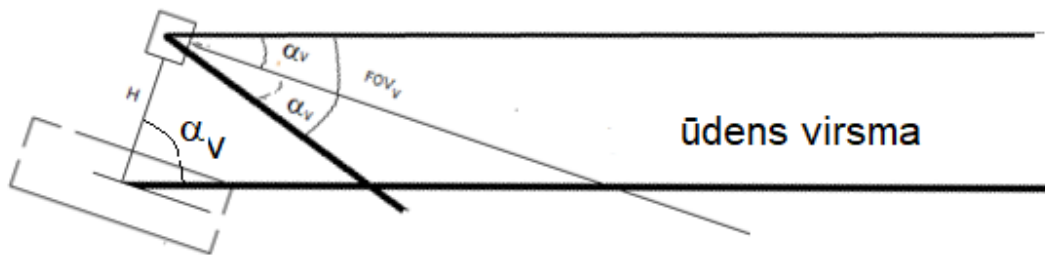
$$2 \times S = 0.2/0.0016 = 125\text{m}.$$

Aprēķināsim pusi no skatu leņķa (2.attēls):

$$a_h = \text{rad2deg}(\text{atan}(S/L)) = \text{rad2deg}(\text{atan}(125/2\text{m}/100\text{m})) = 32 \text{ grādi}$$

un kameras skatu leņķis (FOV_H) šajā gadījumā būtu $\text{FOV}_H = 64 \text{ grādi}$.

Aprēķināsim - cik var sašūpoties boja (leņķis α_v).



$$av = a_h * \text{horizontal_resolution} / \text{vertical_resolution} = 32 * 2160 / 3840 = 18 \text{ grādi}.$$

Rezultāts ir visai iepriecinošs, jo diez vai boja šūposies vairāk par 20 grādiem, līdz ar to visai pieņemams.

Viļņu ietekmē.

Lielākā vējā viļņi varētu aizēnot roņa galvu, ja pieņemsim, ka ronis iznirst uz kādiem 20 cm, tad jau viļņiem būtu jābūt ne lielākiem par 20 cm. Arī iespēja atpazīt roņi ar 6 pikseļiem samazināsies. Šis ir būtisks šīs metodes trūkums.

Apgaismojuma problēmas.

Šādu metodi varēs pielietot tikai pie pietiekama apgaismojuma (resp. dienas laikā). Pie nepietiekama apgaismojuma (atkarībā no kameras darba režīma) vai nu palielinās ekspozīcijas laiks (attēls izsmērējas) vai, tam nemainoties, attēls kļūst tumšāks ar mazāku kontrastu. Tas samazina iespēju iegūt roņa atpazīšanai derīgu attēlu.

Arī saulainā dienā (biežāk pēc saullēkta un pirms saulrieta) kādas no kamerām skatā var iekļūt saule vai tās atspīdums ūdenī. Ja paļaujamies uz automātisko ekspozīcijas korekciju, attēls ārpus saules pleķa būs pilnīgi tumšs. Ja to atslēdzam, daļa no matricas pikseļiem būs “piesātināti”, kas sabojās arī daļu saules neskartā attēla.

Daļēji apgaismojuma problēmas varētu atrisināt, lietojot tuvā vai vidējā infrasarkanā spektra kameras. Tuvā infrasarkanā spektra ($\lambda \sim 800 \dots 2000\text{nm}$) kameras strādās arī mēness apgaismojumā. Vidējā un tālā spektra (līdz pat 10000nm) kamerām (termovizoriem) redzamās gaismas apgaismojums nav vajadzīgs. Taču optisko īpatnību (objektīva lēcas) un cita tipa pusvadītāju matricu dēļ šādas kameras ir gan ievērojami dārgākas (vismaz daži simti EUR), gan ar zemāku izšķirtspēju (labi, ja 640×480 pikseļi). Pieņemsim, atpazīšanai termovizora attēlā roņa galvai jāaizņem 3×3 pikseļus. Tad kameras skata lauks būtu:

$$3/640 = 0.0047$$

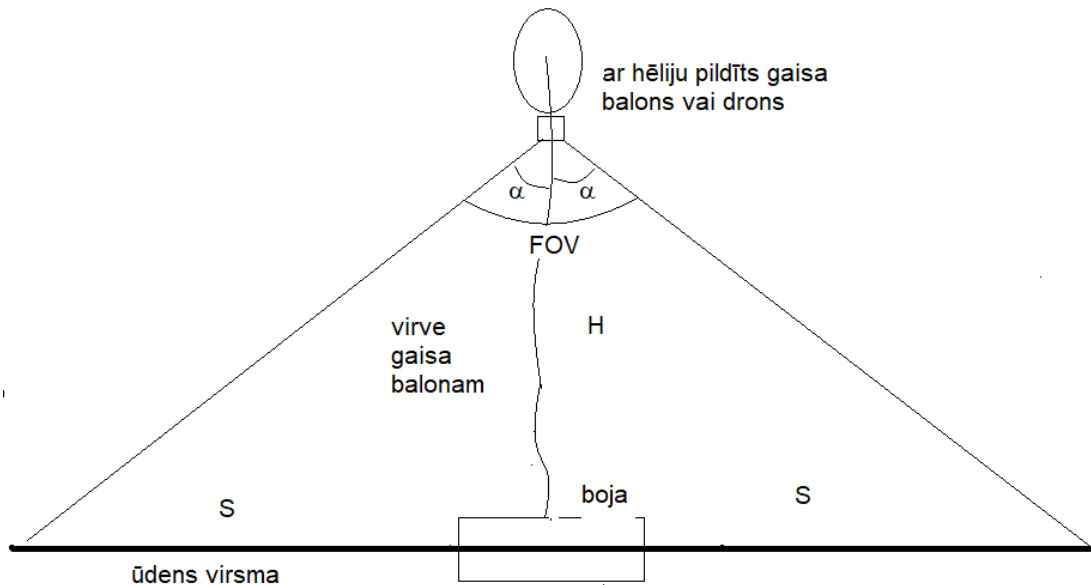
$$2 \times S = 0.2/0.0047 = 42.55 \text{ m}$$

$$a = \text{rad2deg}(\text{atan}(42.55/2/100)) = 12 \text{ grādi}$$

Tātad mums derētu kamera ar 24 grādu skata leņķi, un perimetra nosegšanai vajadzētu 15 nekustīgās kameras. Tās nevarētu aizstāt ar vienu rotējošu kameru, jo ik pēc 24 grādu pagriezienu kameru būtu jāapstādina attēla uzņemšanai. Rezultātā pilnu apgriezību kamera veiktu vairākās sekundēs, visdrīzāk palaižot nepamanītu roni ārpus skata leņķa.

Uz drona vai aerostata nostiprinātā kamera.

Šādā variantā varētu izvairīties kameras šūpošanās bojas gadījumā.



Aprēķināsim, kādam būtu jābūt kameras leņķim, lai pārklātu 100x100m laukumu:

$$a = \text{atan}(S/H) = \text{atan}(100/2/10) = \gg \text{rad2deg}(\text{atan}(100/10)) = 78 \text{ grādi}$$

Iegūstam skata leņķi FOV = 157 grādi, kas ir visai liels, taču sasniedzams ar īpašu platleņķa objektīvu. Pie troses būtu jāpiestiprina arī vieglu, bet izturīgu kabeli kameras barošanai un video signāla nogādāšanai uz vadības bloku bojā. Tad varētu prognozēt vajadzīgo balona celtspēju ap 5 kg, un tam būtu jābūt ap 5 m³ tilpumā. Risinājuma vājā vieta – vējš, kas pat pie dažu m/s ātruma pamatīgi šūpos balonu. Pie stiprāka vēja balons būtu noteikti jānovāc.

Droni, kas nestu kameru.

Droni mūsdienās tiek bieži izmantoti teritoriju pārlūkošanai, un mūsu kontekstā tas nebūtu unikāls risinājums. Vajadzētu vismaz 3 vai 4 dronus. Kamēr viens no tiem lidotu pa uzstādīto maršrutu, pārējiem krastā tiktu uzlādēti akumulatori (uzlāde, gādājot par akumulatora ilgāku darba mūžu, noritētu 2-3 reizes ilgāk par izlādi lidojumā). Uzlāde lētākā gadījumā noritētu pēc manuālas uzlādes kabeļu pievienošanas (apnicīgs darbs), dārgākā – būtu ierīkotas īpašas platformas, uz kuras nosēžoties, drons saņem uzlādes strāvu caur kontaktiem “kāju”apakšā.

Tik tāl viss būtu skaisti, taču gan kopteru, gan spārnoto dronu lietojumi iespējami tikai līdz noteiktam vēja ātrumam – atkarībā no modeļa līdz 5...15m/s. Līdz ar to šis variants negarantē nepārtrauktu roņu meklēšanu.

Secinājumi

Diemžēl neviena no aplūkotajām tehnoloģijām vēl nav pielietojama tādā veidā, ka tās uzstādīšana būtu vienkāršāka par paša murda noenkurošanu, tās izmaksas atmaksātos ar kaut 10-20 roņu nesabojātiem lomiem, un tā būtu spējīga darboties jebkuros laika apstākļos.

Cerīgāks liekas pasīvā akustiskā monitoringa virziens, kas nozīmē vismazāko infrastruktūru. Taču vispirms jānoskaidro – vai medību laikā vienmēr sagaidāmas kādas roņa izdotas skaņas. Līdz šim avoti nesniedz skaidru atbildi.

Literatūra:

- Ursula K. Verfuss, Douglas Gillespie et al. Comparing methods suitable for monitoring marine mammals in low visibility conditions during seismic surveys. Marine Pollution Bulletin, 126, 1 2018
- [gpspro.lv] https://www.gpspro.lv/search_result/lv/word/eholotes/page/1/
- D. Renouf, M. B. Davis Evidence that seals may use echolocation. Nature, 300, 5893, 1982
- Ronald J. Schusterman and David Kastak. Why pinnipeds don't echolocate. The Journal of the Acoustical Society of America 107, 2256 (2000)
- Karen Ann Ballard, Kit M. Kovacs. The acoustic repertoire of hooded seals (Cystophora cristata). Canadian Journal of Zoology February 2011.
- D. Bagočius Potential Masking of the Baltic Grey Seal Vocalisations by Underwater Shipping Noise in the Lithuanian Area of the Baltic Sea. Environmental Research, Engineering and Management, 70, 4, 1 2015.
- Muhammad Saladin Prawirasasra, Mirko Mustonen et al. Underwater monitoring of pinniped vocalizations in the Gulf of Riga. 5th International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life, 37, 1, 8 2020
- Живые локаторы океана (Сергеев Б.Ф.) 1980
<http://animal.geoman.ru/books/item/f00/s00/z00000003/st033.shtml>
- Thomas C. Poulter. Sonar signals of the sea lion. Science, 139, 3556, 2 1963
- Deane Renouf, Gerald Galway et al. Evidence for echolocation in harbour seals. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 60, 4, 1980.
- Marine Mammals In The Baltic Sea In Relation To The Nord Stream 2 Project (2017) Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy.
- A. F. Zapata-Palacio. Underwater Preventive System for Detection and Deterring of Seals
<https://robocoast.eu/2019/07/30/robocoast-challenge-detecting-a-seal/>

2.4. Bezvadu sakaru interfeisa izstrāde un realizācija

2.4.1. Nepieciešamība pēc sakaru kanāla

Normālos apstākļos roņu atbaidīšanas ierīcei ir jādarbojas autonomi, tikai ar nelielu regulāru apkopi akumulatora maiņai. Taču ierīces ekspluatācijas apstākļos (jūras ūdens, viļņi, un dažādi objekti apkārt, t.sk. citi cilvēki) var rasties dažādas avārijas situācijas, kurās jāspēj savlaicīgi konstatēt. Šīs situācijas ietver:

- akumulatora izlāde, lai veiktu apkopi tikai tad, kad tas ir nepieciešams,
- korpusa bojājumi, piem. ūdens nokļūšana korpusā,
- nepareizā ierīces pārvietošanās, t.sk. zādzība, ko var konstatēt pēc GPS lasījumiem,
- jebkurš cits iemesls ierīces darbības pārtraukšanai.

Nodrošinot ierīcei sakaru kanālu, tā varētu pati regulāri ziņot savu statusu kādam nelielam serverim datu glabāšanai un izziņošanai atbildīgām personām.

Akumulatora izlādes dati ļautu ne tikai konstatēt tūlītējo nepieciešamību veikt apkopi, bet veicot datu ekstrapolāciju, iepriekš paredzēt/ieplānot ierīces apkopes laiku.

2.4.2. Sakaru kanāla arhitektūra

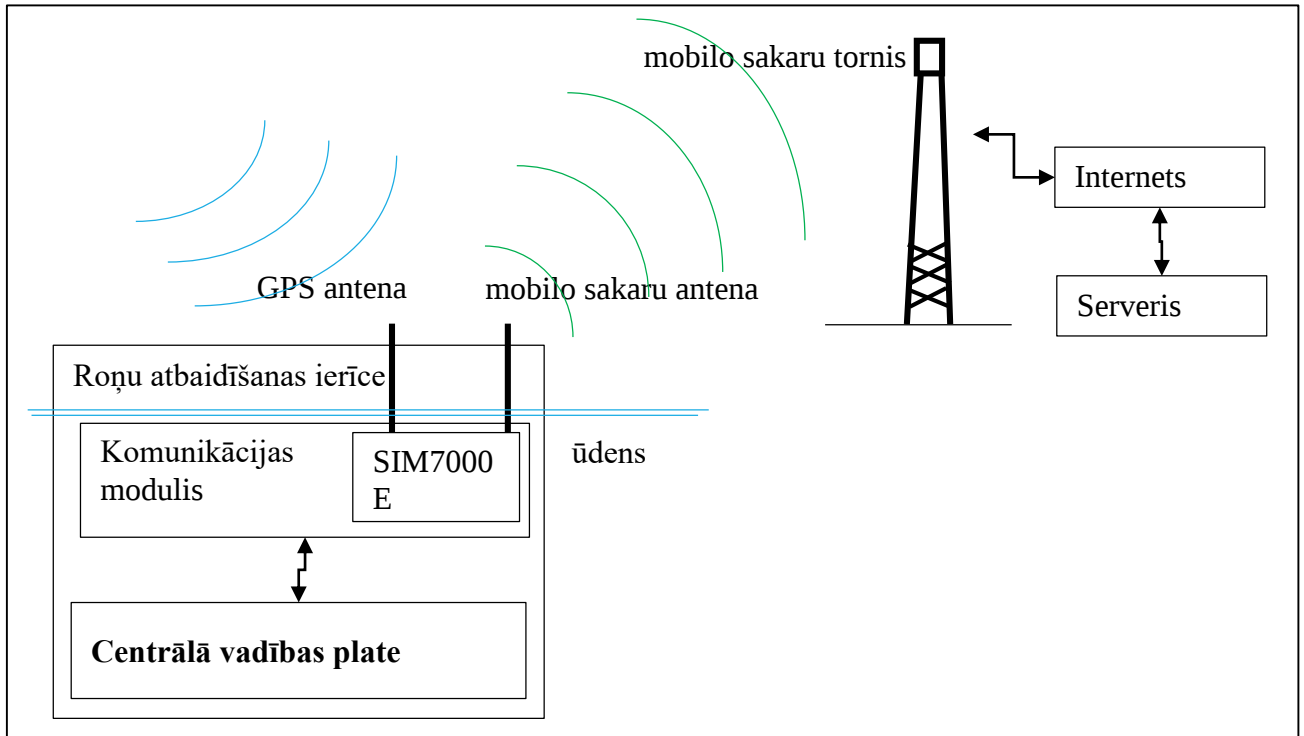
Sakariem tika izvēlēts 4G mobilo sakaru torņu tīkls, jo tās pārklāj lielāko Latvijas teritoriju, t.sk. arī piekrastē. Ir plaši pieejamas dažādas mikroshēmas un pat gatavi moduļi, kas nodrošina 3G/4G sakarus un ar speciālo komandu palīdzību ļauj komunicēt izmantojot dažādus saziņas instrumentus un protokolus.

Projekta vajadzībām tika izvēlēts SIM7000E NB-IoT Hat, kas ir redzams attēlā zemāk:



1.6.2.1. att. izmantotais 3G/4G modulis

Tas atbalsta gan 3G/4G, gan GPS funkcionalitāti un ir viegli vadāms no mikrokontroliera. Tika izvēlēta sekojoša sakaru kanāla arhitektūra un komponenti:



1.6.2.2. att. sakaru kanāla arhitektūra

Blokshēmā ir atzīmējami sekojošie komponenti par kuriem būs pastāstīts tālāk:

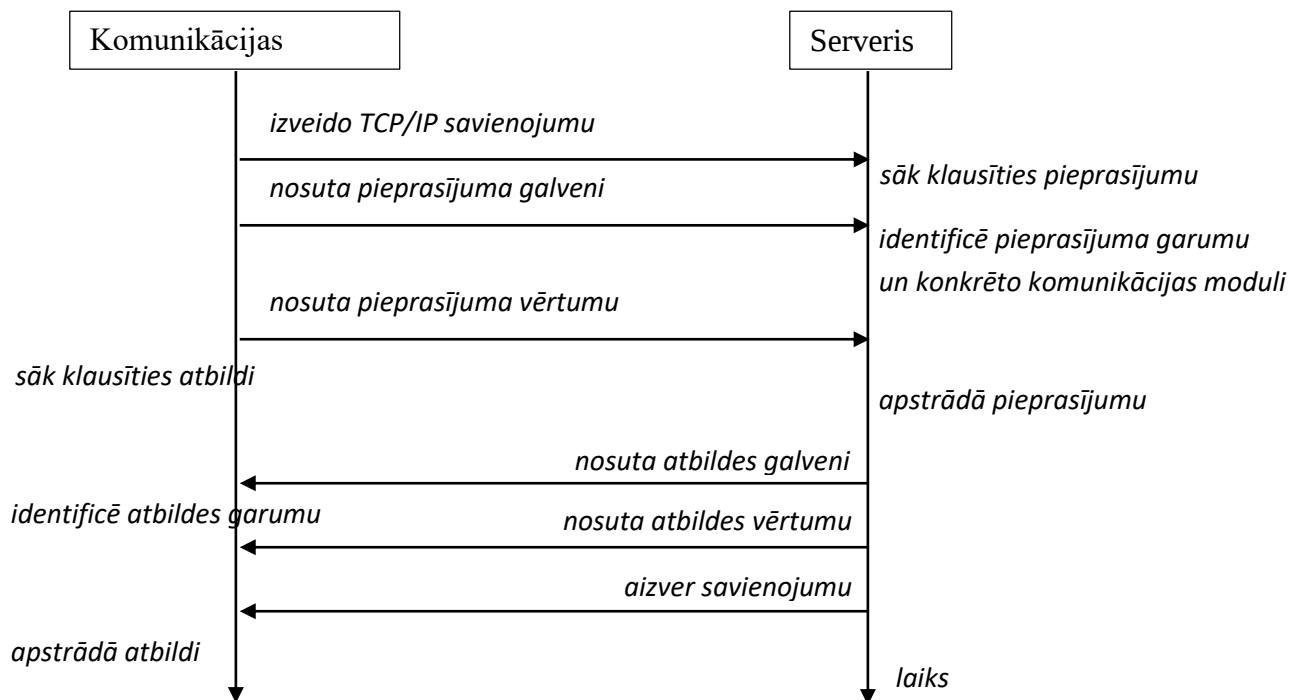
1. Komunikācijas modulis – uz ESP32 mikrokontroliera bāzēts modulis, kas nodarbojas ar datu savākšanu no Roņu atbaidītāja pārējiem moduļiem, GPS datu regulārai nolasīšanai un pareizai komunikācijai ar serveri (pakešu formēšanai un dekodēšanai).
2. SIM7000E nodrošina sakarus, realizē TCP/IP protokolu un GPS signāla uztveršanu.
3. Serveris – uz Raspberry Pi bāzēts mini dators, kas klausās un atbild uz ieejošiem TCP/IP pieprasījumiem. Nākotnē, vajadzības gadījumā, šo funkcionalitāti varēs pārnest uz kādu Cloud tipa platformu (piem. Amazon IoT).

Projekta ietvaros tiks izmantoti sekojoši saziņas veidi:

1. 3G/4G – komunikācija ar attālināto serveri, izmantojot TCP/IP,
2. SMS – gan sūtīšana, gan saņemšana, reaģējot tikai uz ziņām ko nosuta iepriekš autorizētie lietotāji.

Komunikācija ar attālināto serveri ir svarīgāka sastāvdaļā un ir nodrošināta pirmajā kārtā. Taču tai ir noteikti ierobežojumi:

Visas mobilā tīklā esošās ierīces (t.sk. SIM7000E modulis) atrodas t.s. “iekšējā tīklā”. Tās var izveidot savienojumu ar ārējo resursu (piem. attālinātais serveris) un apmainīties ar datiem, taču nevar patstāvīgi pieņemt savienojumu no ārpuses. Tāpēc tipiskās transakcijas ar serveri vienmēr ir pēc sekojoša principa:



1.6.2.3. att. servera transakcijas secība

Transakcija norisinās pēc iespējas īsākā laikā, lai serveris būtu gatavs apstrādāt citus pieprasījumus. Izšķir divu veidu transakcijas:

1. Send komunikācijas modulis nosuta serverim informāciju un nesagaida nekādu atbildi (pietiek ar parasto saņemšanas apstiprinājumu)
2. Send and Receive komunikācijas modulis nosuta serverim informāciju un sagaida atbildi ar datiem

Tā kā tikai komunikācijas modulis ir spējīgs izveidot savienojumu, tas būtiski ierobežo komunikāciju pretējā virzienā. Ja serverim ir nepieciešams nosūtīt uz komunikācijas moduli savu ziņu, kas nav kāda pieprasījuma rezultāts, tad to ir iespējams piestiprināt tikai kāda cita pieprasījuma (piemēram, “Send”) atbildei. Līdz ar to:

- serveris nevar (no)sūtīt komunikācijas modulim ziņas biežāk nekā pats komunikācijas modulis realizē kādu transakciju; ja šo transakciju intervāls ir mērāms minūtēs (piem. reizi 15 minūtēs), tad šis laiks arī būs maksimāla aizture starp ziņas izveidi servera pusē un tas nogādāšanu komunikācijas modulim; tas ir jāņem vērā veidojot ierīces vadību no servera,
- komunikācijas modulim ir regulāri jāveic transakcijas (arī tad ja “tukšas”) tikai lai saņemtu servera ziņas, ja tur tādas ir.

Saziņa izmantojot SMS var norisināties ātrāk un darbojas abos virzienos. Piemēram, ar īsziņas palīdzību varētu paziņot komunikācijas modulim par to, ka tam servera pusē ir gatavs pieprasījums. Arī trauksmes rezultāta īsziņas nosūtīšana var būt ātrāks veids kā paziņot lietotājam. Taču īsziņu datu apjomi nav lieli, un komunikācijas iespējas ir ierobežotas. Šī funkcionalitāte būs implementēta vēlāk.

2.4.3. Komunikācija ar serveri

Produkta pirmajai versijai tika definētas sekojošas prasības:

1. regulāri (reizi ~15 minūtēs, ja nenotiek cita veida komunikācija) izziņot serverim par savu aktivitāti – tās var būt gan “tukšas” (jeb t.s. Heartbeat) ziņas, kuras ģenerē komunikācijas modulis patstāvīgi, vai ziņas ar pašdiagnostiku / darba parametriem, kuriem datus ģenerē citi moduļi,
2. regulāri izziņot serverim sekojošus darba parametrus:
 - a) ārēja akumulatora esamība / uzlādes līmenis (spriegums),
 - b) iekšēja akumulatora uzlādes līmenis (spriegums),
3. regulāri veikt GPS pozicionēšanu un izziņot serverim par savu atrašanās vietu.

Ar šādu funkcionalitāti būs iespējams:

- konstatēt vai ierīce ir darba stāvoklī (pēc ziņu esamības un satura),
- kontrolēt ierīces atrašanās vietu,
- paredzēt nepieciešamās apkopes (akumulatora maiņas) laiku.

Konkrēto ziņu tipi:

- HB: “heartbeat” ziņa, bez noteikta satura. Tiek sūtīta automātiski, ja nenotiek nekāda cita datu pārraide. Garantē saziņu ar serveri vismaz reizi 15 minūtēs.
- GP: GPS nolasīšanas pabeigšanas ziņa ar GNRMC un GNGGA NMEA ziņām, kas iekodē objekta atrašanās koordinātes. Ir atklāts ka jāglabā abas, jo ne vienmēr abām būs pieejami koordināšu dati (atkarīgs no satelītu signālu uztveršanas).
- PP: ir iekšējās komunikācijas kopnes (kas savieno visus bojā esošus mikrokontrolierus) dati. Atbalsta datu pārradi abos virzienos, t.i. visi dati, kurus saņem komunikācijas modulis, tiek nogādāti uz serveru, un pretēji – no servera ir iespējams nosūtīt datus bojā esošiem miktokontrolieriem. Šādi ir iespējams attālināti vadīt un novērot jebkuru bojā esošu apakšsistēmu, piemēram, ieslēgt/izslēgt skaņu, vai mainīt tās parametrus.
- TM: ziņa, kas satur regulāri vācamo telemetriju. Ietver informāciju par barošanas spriegumiem, strāvām, temperatūru, komunikācijas statuss (ar akumulatoru), u.tml.
- Ārkārtas gadījumā (piemēram, ūdens nokļūšana korpusā, pārāk liela temperatūra, vai izlādējies akumulators) reaģēšana notiek vienā no sekojošiem veidiem:
 - ja ir atļauts (no servera puses) sūtīt SMS ziņu, tad par ārkārtu gadījumu tiek izziņots šādi,
 - ja nav atļauts, tiek sūtīta ‘EM’ ziņa serverim, kas satur to pašu informāciju.
- SMS atļaujas pieprasījums tiek veikts ar ‘S1’ ziņu, ko komunikācijas modulis nosūta serverim palaišanas brīdī.

2.4.4. Serveris

Izmantojot iepriekšējo Radioelektronikas institūta pieredzi, serveris ir uzbūvēts uz Raspberry Pi bāzes un sastāv no sekojošām komponentēm:

- Python programmas, kas apstrādā RAW (caur TCP/IP ligzdu) un REST pieprasījumus (no vadības mājaslapas),

- NGINX, kas rūpējas par piekļuvi statiskam vadības mājaslapas saturam un par pārējo REST pieprasījumu pārdresēšanu Python programmai (vajadzīgs, lai mājaslapas saturs – HTML un bildes – kopā ar vadības pieprasījumiem ir pieejami no vienas un tās pašas IP adreses un porta numura),
- HTML+Javascript mājaslapai, kas ir paredzēta roņu atbaidīšanas ierīces parametru novērošanai un vadībai.

Turpmāk ar ‘servera programmatūru’ (vai vienkāršoti – ‘roņu serveris’, ‘serveris’) būs domāta tieši šī komplekta Python programma.

Gan NGINX, gan Roņu serveris ir automātiski palaižami kā Linux Systemd servisi, lai nodrošinātu nepārtrauktu darbu bez manuālas iejaukšanas. Testēšanas procesā Roņu serveris ir palaižams arī manuāli:

```

pi@raspberrypi:~ $ cd ronu-server/
pi@raspberrypi:~/ronu-server $ ./start_ronu-server.sh
./0
./1
./2
./3
./4
./5
./6
./7
./8
./9
./10
./11
./12
./13
./14
./15
./16
./17
./18
./19
./20
./21
./22
./23
./24
./25
./26
./27
./28
./29
./30
./31
./32
./33
./34
./35
./36
./37
./38
./39
./40
./41
./42
./43
./44
./45
./46
./47
./48
./49
./50
./51
./52
./53
./54
./55
./56
./57
./58
./59
./60
./61
./62
./63
./64
./65
./66
./67
./68
./69
./70
./71
./72
./73
./74
./75
./76
./77
./78
./79
./80
./81
./82
./83
./84
./85
./86
./87
./88
./89
./90
./91
./92
./93
./94
./95
./96
./97
./98
./99
./100
./101
./102
./103
./104
./105
./106
./107
./108
./109
./110
./111
./112
./113
./114
./115
./116
./117
./118
./119
./120
./121
./122
./123
./124
./125
./126
./127
./128
./129
./130
./131
./132
./133
./134
./135
./136
./137
./138
./139
./140
./141
./142
./143
./144
./145
./146
./147
./148
./149
./150
./151
./152
./153
./154
./155
./156
./157
./158
./159
./160
./161
./162
./163
./164
./165
./166
./167
./168
./169
./170
./171
./172
./173
./174
./175
./176
./177
./178
./179
./180
./181
./182
./183
./184
./185
./186
./187
./188
./189
./190
./191
./192
./193
./194
./195
./196
./197
./198
./199
./200
./201
./202
./203
./204
./205
./206
./207
./208
./209
./210
./211
./212
./213
./214
./215
./216
./217
./218
./219
./220
./221
./222
./223
./224
./225
./226
./227
./228
./229
./230
./231
./232
./233
./234
./235
./236
./237
./238
./239
./240
./241
./242
./243
./244
./245
./246
./247
./248
./249
./250
./251
./252
./253
./254
./255
./256
./257
./258
./259
./260
./261
./262
./263
./264
./265
./266
./267
./268
./269
./270
./271
./272
./273
./274
./275
./276
./277
./278
./279
./280
./281
./282
./283
./284
./285
./286
./287
./288
./289
./290
./291
./292
./293
./294
./295
./296
./297
./298
./299
./300
./301
./302
./303
./304
./305
./306
./307
./308
./309
./310
./311
./312
./313
./314
./315
./316
./317
./318
./319
./320
./321
./322
./323
./324
./325
./326
./327
./328
./329
./330
./331
./332
./333
./334
./335
./336
./337
./338
./339
./340
./341
./342
./343
./344
./345
./346
./347
./348
./349
./350
./351
./352
./353
./354
./355
./356
./357
./358
./359
./360
./361
./362
./363
./364
./365
./366
./367
./368
./369
./370
./371
./372
./373
./374
./375
./376
./377
./378
./379
./380
./381
./382
./383
./384
./385
./386
./387
./388
./389
./390
./391
./392
./393
./394
./395
./396
./397
./398
./399
./400
./401
./402
./403
./404
./405
./406
./407
./408
./409
./410
./411
./412
./413
./414
./415
./416
./417
./418
./419
./420
./421
./422
./423
./424
./425
./426
./427
./428
./429
./430
./431
./432
./433
./434
./435
./436
./437
./438
./439
./440
./441
./442
./443
./444
./445
./446
./447
./448
./449
./450
./451
./452
./453
./454
./455
./456
./457
./458
./459
./460
./461
./462
./463
./464
./465
./466
./467
./468
./469
./470
./471
./472
./473
./474
./475
./476
./477
./478
./479
./480
./481
./482
./483
./484
./485
./486
./487
./488
./489
./490
./491
./492
./493
./494
./495
./496
./497
./498
./499
./500
./501
./502
./503
./504
./505
./506
./507
./508
./509
./510
./511
./512
./513
./514
./515
./516
./517
./518
./519
./520
./521
./522
./523
./524
./525
./526
./527
./528
./529
./530
./531
./532
./533
./534
./535
./536
./537
./538
./539
./540
./541
./542
./543
./544
./545
./546
./547
./548
./549
./550
./551
./552
./553
./554
./555
./556
./557
./558
./559
./560
./561
./562
./563
./564
./565
./566
./567
./568
./569
./570
./571
./572
./573
./574
./575
./576
./577
./578
./579
./580
./581
./582
./583
./584
./585
./586
./587
./588
./589
./590
./591
./592
./593
./594
./595
./596
./597
./598
./599
./600
./601
./602
./603
./604
./605
./606
./607
./608
./609
./610
./611
./612
./613
./614
./615
./616
./617
./618
./619
./620
./621
./622
./623
./624
./625
./626
./627
./628
./629
./630
./631
./632
./633
./634
./635
./636
./637
./638
./639
./640
./641
./642
./643
./644
./645
./646
./647
./648
./649
./650
./651
./652
./653
./654
./655
./656
./657
./658
./659
./660
./661
./662
./663
./664
./665
./666
./667
./668
./669
./670
./671
./672
./673
./674
./675
./676
./677
./678
./679
./680
./681
./682
./683
./684
./685
./686
./687
./688
./689
./690
./691
./692
./693
./694
./695
./696
./697
./698
./699
./700
./701
./702
./703
./704
./705
./706
./707
./708
./709
./710
./711
./712
./713
./714
./715
./716
./717
./718
./719
./720
./721
./722
./723
./724
./725
./726
./727
./728
./729
./730
./731
./732
./733
./734
./735
./736
./737
./738
./739
./740
./741
./742
./743
./744
./745
./746
./747
./748
./749
./750
./751
./752
./753
./754
./755
./756
./757
./758
./759
./760
./761
./762
./763
./764
./765
./766
./767
./768
./769
./770
./771
./772
./773
./774
./775
./776
./777
./778
./779
./780
./781
./782
./783
./784
./785
./786
./787
./788
./789
./790
./791
./792
./793
./794
./795
./796
./797
./798
./799
./800
./801
./802
./803
./804
./805
./806
./807
./808
./809
./810
./811
./812
./813
./814
./815
./816
./817
./818
./819
./820
./821
./822
./823
./824
./825
./826
./827
./828
./829
./830
./831
./832
./833
./834
./835
./836
./837
./838
./839
./840
./841
./842
./843
./844
./845
./846
./847
./848
./849
./850
./851
./852
./853
./854
./855
./856
./857
./858
./859
./860
./861
./862
./863
./864
./865
./866
./867
./868
./869
./870
./871
./872
./873
./874
./875
./876
./877
./878
./879
./880
./881
./882
./883
./884
./885
./886
./887
./888
./889
./890
./891
./892
./893
./894
./895
./896
./897
./898
./899
./900
./901
./902
./903
./904
./905
./906
./907
./908
./909
./910
./911
./912
./913
./914
./915
./916
./917
./918
./919
./920
./921
./922
./923
./924
./925
./926
./927
./928
./929
./930
./931
./932
./933
./934
./935
./936
./937
./938
./939
./940
./941
./942
./943
./944
./945
./946
./947
./948
./949
./950
./951
./952
./953
./954
./955
./956
./957
./958
./959
./960
./961
./962
./963
./964
./965
./966
./967
./968
./969
./970
./971
./972
./973
./974
./975
./976
./977
./978
./979
./980
./981
./982
./983
./984
./985
./986
./987
./988
./989
./990
./991
./992
./993
./994
./995
./996
./997
./998
./999
./1000
./1001
./1002
./1003
./1004
./1005
./1006
./1007
./1008
./1009
./1010
./1011
./1012
./1013
./1014
./1015
./1016
./1017
./1018
./1019
./1020
./1021
./1022
./1023
./1024
./1025
./1026
./1027
./1028
./1029
./1030
./1031
./1032
./1033
./1034
./1035
./1036
./1037
./1038
./1039
./1040
./1041
./1042
./1043
./1044
./1045
./1046
./1047
./1048
./1049
./1050
./1051
./1052
./1053
./1054
./1055
./1056
./1057
./1058
./1059
./1060
./1061
./1062
./1063
./1064
./1065
./1066
./1067
./1068
./1069
./1070
./1071
./1072
./1073
./1074
./1075
./1076
./1077
./1078
./1079
./1080
./1081
./1082
./1083
./1084
./1085
./1086
./1087
./1088
./1089
./1090
./1091
./1092
./1093
./1094
./1095
./1096
./1097
./1098
./1099
./1100
./1101
./1102
./1103
./1104
./1105
./1106
./1107
./1108
./1109
./1110
./1111
./1112
./1113
./1114
./1115
./1116
./1117
./1118
./1119
./1120
./1121
./1122
./1123
./1124
./1125
./1126
./1127
./1128
./1129
./1130
./1131
./1132
./1133
./1134
./1135
./1136
./1137
./1138
./1139
./1140
./1141
./1142
./1143
./1144
./1145
./1146
./1147
./1148
./1149
./1150
./1151
./1152
./1153
./1154
./1155
./1156
./1157
./1158
./1159
./1160
./1161
./1162
./1163
./1164
./1165
./1166
./1167
./1168
./1169
./1170
./1171
./1172
./1173
./1174
./1175
./1176
./1177
./1178
./1179
./1180
./1181
./1182
./1183
./1184
./1185
./1186
./1187
./1188
./1189
./1190
./1191
./1192
./1193
./1194
./1195
./1196
./1197
./1198
./1199
./1200
./1201
./1202
./1203
./1204
./1205
./1206
./1207
./1208
./1209
./1210
./1211
./1212
./1213
./1214
./1215
./1216
./1217
./1218
./1219
./1220
./1221
./1222
./1223
./1224
./1225
./1226
./1227
./1228
./1229
./1230
./1231
./1232
./1233
./1234
./1235
./1236
./1237
./1238
./1239
./1240
./1241
./1242
./1243
./1244
./1245
./1246
./1247
./1248
./1249
./1250
./1251
./1252
./1253
./1254
./1255
./1256
./1257
./1258
./1259
./1260
./1261
./1262
./1263
./1264
./1265
./1266
./1267
./1268
./1269
./1270
./1271
./1272
./1273
./1274
./1275
./1276
./1277
./1278
./1279
./1280
./1281
./1282
./1283
./1284
./1285
./1286
./1287
./1288
./1289
./1290
./1291
./1292
./1293
./1294
./1295
./1296
./1297
./1298
./1299
./1300
./1301
./1302
./1303
./1304
./1305
./1306
./1307
./1308
./1309
./1310
./1311
./1312
./1313
./1314
./1315
./1316
./1317
./1318
./1319
./1320
./1321
./1322
./1323
./1324
./1325
./1326
./1327
./1328
./1329
./1330
./1331
./1332
./1333
./1334
./1335
./1336
./1337
./1338
./1339
./1340
./1341
./1342
./1343
./1344
./1345
./1346
./1347
./1348
./1349
./1350
./1351
./1352
./1353
./1354
./1355
./1356
./1357
./1358
./1359
./1360
./1361
./1362
./1363
./1364
./1365
./1366
./1367
./1368
./1369
./1370
./1371
./1372
./1373
./1374
./1375
./1376
./1377
./1378
./1379
./1380
./1381
./1382
./1383
./1384
./1385
./1386
./1387
./1388
./1389
./1390
./1391
./1392
./1393
./1394
./1395
./1396
./1397
./1398
./1399
./1400
./1401
./1402
./1403
./1404
./1405
./1406
./1407
./1408
./1409
./1410
./1411
./1412
./1413
./1414
./1415
./1416
./1417
./1418
./1419
./1420
./1421
./1422
./1423
./1424
./1425
./1426
./1427
./1428
./1429
./1430
./1431
./1432
./1433
./1434
./1435
./1436
./1437
./1438
./1439
./1440
./1441
./1442
./1443
./1444
./1445
./1446
./1447
./1448
./1449
./1450
./1451
./1452
./1453
./1454
./1455
./1456
./1457
./1458
./1459
./1460
./1461
./1462
./1463
./1464
./1465
./1466
./1467
./1468
./1469
./1470
./1471
./1472
./1473
./1474
./1475
./1476
./1477
./1478
./1479
./1480
./1481
./1482
./1483
./1484
./1485
./1486
./1487
./1488
./1489
./1490
./1491
./1492
./1493
./1494
./1495
./1496
./1497
./1498
./1499
./1500
./1501
./1502
./1503
./1504
./1505
./1506
./1507
./1508
./1509
./1510
./1511
./1512
./1513
./1514
./1515
./1516
./1517
./1518
./1519
./1520
./1521
./1522
./1523
./1524
./1525
./1526
./1527
./1528
./1529
./1530
./1531
./1532
./1533
./1534
./1535
./1536
./1537
./1538
./1539
./1540
./1541
./1542
./1543
./1544
./1545
./1546
./1547
./1548
./1549
./1550
./1551
./1552
./1553
./1554
./1555
./1556
./1557
./1558
./1559
./1560
./1561
./1562
./1563
./1564
./1565
./1566
./1567
./1568
./1569
./1570
./1571
./1572
./1573
./1574
./1575
./1576
./1577
./1578
./1579
./1580
./1581
./1582
./1583
./1584
./1585
./1586
./1587
./1588
./1589
./1590
./1591
./1592
./1593
./1594
./1595
./1596
./1597
./1598
./1599
./1600
./1601
./1602
./1603
./1604
./1605
./1606
./1607
./1608
./1609
./1610
./1611
./1612
./1613
./1614
./1615
./1616
./1617
./1618
./1619
./1620
./1621
./1622
./1623
./1624
./1625
./1626
./1627
./1628
./1629
./1630
./1631
./1632
./1633
./1634
./1635
./1636
./1637
./1638
./1639
./1640
./1641
./1642
./1643
./1644
./1645
./1646
./1647
./1648
./1649
./1650
./1651
./1652
./1653
./1654
./1655
./1656
./1657
./1658
./1659
./1660
./1661
./1662
./1663
./1664
./1665
./1666
./1667
./1668
./1669
./1670
./1671
./1672
./1673
./1674
./1675
./1676
./1677
./1678
./1679
./1680
./1681
./1682
./1683
./1684
./1685
./1686
./1687
./1688
./1689
./1690
./1691
./1692
./1693
./1694
./1695
./1696
./1697
./1698
./1699
./1700
./1701
./1702
./1703
./1704
./1705
./1706
./1707
./1708
./1709
./1710
./1711
./1712
./1713
./1714
./1715
./1716
./1717
./1718
./1719
./1720
./1721
./1722
./1723
./1724
./1725
./1726
./1727
./1728
./1729
./1730
./1731
./1732
./1733
./1734
./1735
./1736
./1737
./1738
./1739
./1740
./1741
./1742
./1743
./1744
./1745
./1746
./1747
./1748
./1749
./1750
./1751
./1752
./1753
./1754
./1755
./1756
./1757
./1758
./1759
./1760
./1761
./1762
./1763
./1764
./1765
./1766
./1767
./1768
./1769
./1770
./1771
./1772
./1773
./1774
./1775
./1776
./1777
./1778
./1779
./1780
./1781
./1782
./1783
./1784
./1785
./1786
./1787
./1788
./1789
./1790
./1791
./1792
./1793
./1794
./1795
./1796
./1797
./1798
./1799
./1800
./1801
./1802
./1803
./1804
./1805
./1806
./1807
./1808
./1809
./1810
./1811
./1812
./1813
./1814
./1815
./1816
./1817
./1818
./1819
./1820
./1821
./1822
./1823
./1824
./1825
./1826
./1827
./1828
./1829
./1830
./1831
./1832
./1833
./1834
./1835
./1836
./1837
./1838
./1839
./1840
./1841
./1842
./1843
./1844
./1845
./1846
./1847
./1848
./1849
./1850
./1851
./1852
./1853
./1854
./1855
./1856
./1857
./1858
./1859
./1860
./1861
./1862
./1863
./1864
./1865
./1866
./1867
./1868
./1869
./1870
./1871
./1872
./1873
./1874
./1875
./1876
./1877
./1878
./1879
./1880
./1881
./1882
./1883
./1884
./1885
./1886
./1887
./1888
./1889
./1890
./1891
./1892
./1893
./1894
./1895
./1896
./1897
./1898
./1899
./1900
./1901
./1902
./1903
./1904
./1905
./1906
./1907
./1908
./1909
./1910
./1911
./1912
./1913
./1914
./1915
./1916
./1917
./1918
./1919
./1920
./1921
./1922
./1923
./1924
./1925
./1926
./1927
./1928
./1929
./1930
./1931
./1932
./1933
./1934
./1935
./1936
./1937
./1938
./1939
./1940
./1941
./1942
./1943
./1944
./1945
./1946
./1947
./1948
./1949
./1950
./1951
./1952
./1953
./1954
./1955
./1956
./1957
./1958
./1959
./1960
./1961
./1962
./1963
./1964
./1965
./1966
./1967
./1968
./1969
./1970
./1971
./1972
./1973
./1974
./1975
./1976
./1977
./1978
./1979
./1980
./1981
./1982
./1983
./1984
./1985
./1986
./1987
./1988
./1989
./1990
./1991
./1992
./1993
./1994
./1995
./1996
./1997
./1998
./1999
./2000
./2001
./2002
./2003
./2004
./2005
./2006
./2007
./2008
./2009
./2010
./2011
./2012
./2013
./2014
./2015
./2016
./2017
./2018
./2019
./2020
./2021
./2022
./2023
./2024
./2025
./2026
./2027
./2028
./2029
./2030
./2031
./2032
./2033
./2034
./2035
./2036
./2037
./2038
./2039
./2040
./2041
./2042
./2043
./2044
./2045
./2046
./2047
./2048
./2049
./2050
./2051
./2052
./2053
./2054
./2055
./2056
./2057
./2058
./2059
./2060
./2061
./2062
./2063
./2064
./2065
./2066
./2067
./2068
./2069
./2070
./2071
./2072
./2073
./2074
./2075
./2076
./2077
./2078
./2079
./2080
./2081
./2082
./2083
./2084
./2085
./2086
./2087
./2088
./2089
./2090
./2091
./2092
./2093
./2094
./2095
./2096
./2097
./2098
./2099
./2100
./2101
./2102
./2103
./2104
./2105
./2106
./2107
./2108
./2109
./2110
./2111
./2112
./2113
./2114
./2115
./2116
./2117
./2118
./2119
./2120
./2121
./2122
./2123
./2124
./2125
./2126
./2127
./2128
./2129
./2130
./2131
./2132
./2133
./2134
./2135
./2136
./2137
./2138
./2139
./2140
./2141
./2142
./2143
./2144
./2145
./2146
./2147
./2148
```

```

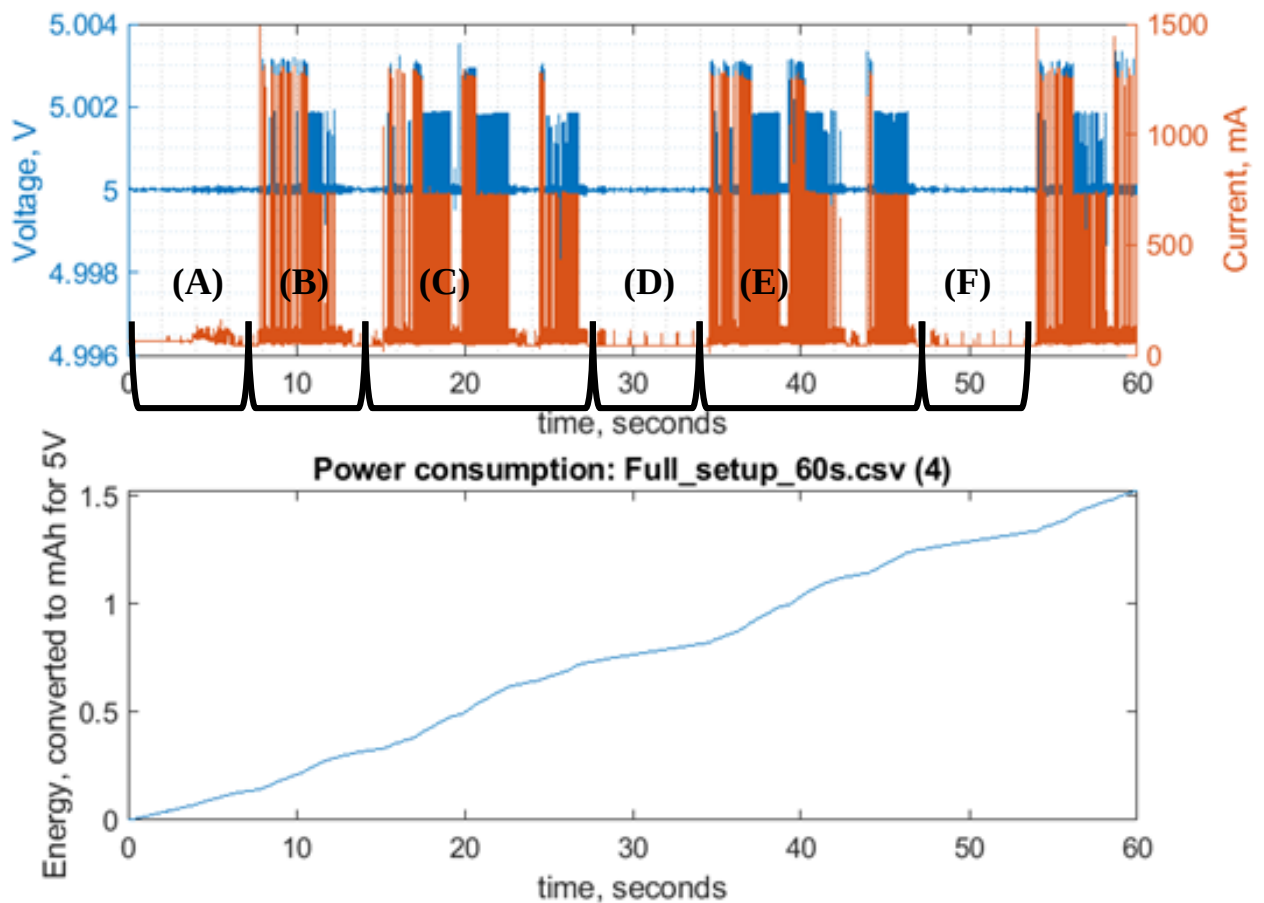
07 01 05 06 8E 00 01 FD 32 4C F8 01 01 00 00"},
{"date": "2020-11-23 13-13-21", "type": "GP", "content": "$GNRMC,111319.00,A,5700.673032,N,
02358.881792,E,0.0,63.7,231120,5.2,E,A*17$GNGGA,111319.00,5700.673032,N,02358.881792,E,1,11,
0.6,-7.6,M,25.0,M,*55"},
{"date": "2020-11-23 13-25-14", "type": "TM", "content": "05 06 8D 00 01 39 30 B1 00 9D 04 01 01
08 01 05 06 8E 00 01 FF 32 28 F8 01 01 00 00"},
...

```

Datu reprezentēšana vadības mājaslapā ir paredzēta nākamajā projekta posmā.

2.4.5. Komunikācijas moduļa enerģijas patēriņa testi

Svarīgi bija novērtēt cik lielu iespaidu uz pārējo sistēmu atstās regulārā komunikācija ar serveri. Ieslēdzot komunikācijas moduļa prototipu intensīva komunikācijas režīmā (reizi 8 sekundēs), bija iespējams novērtēt tā patēriņa strāvu, sekojoši:



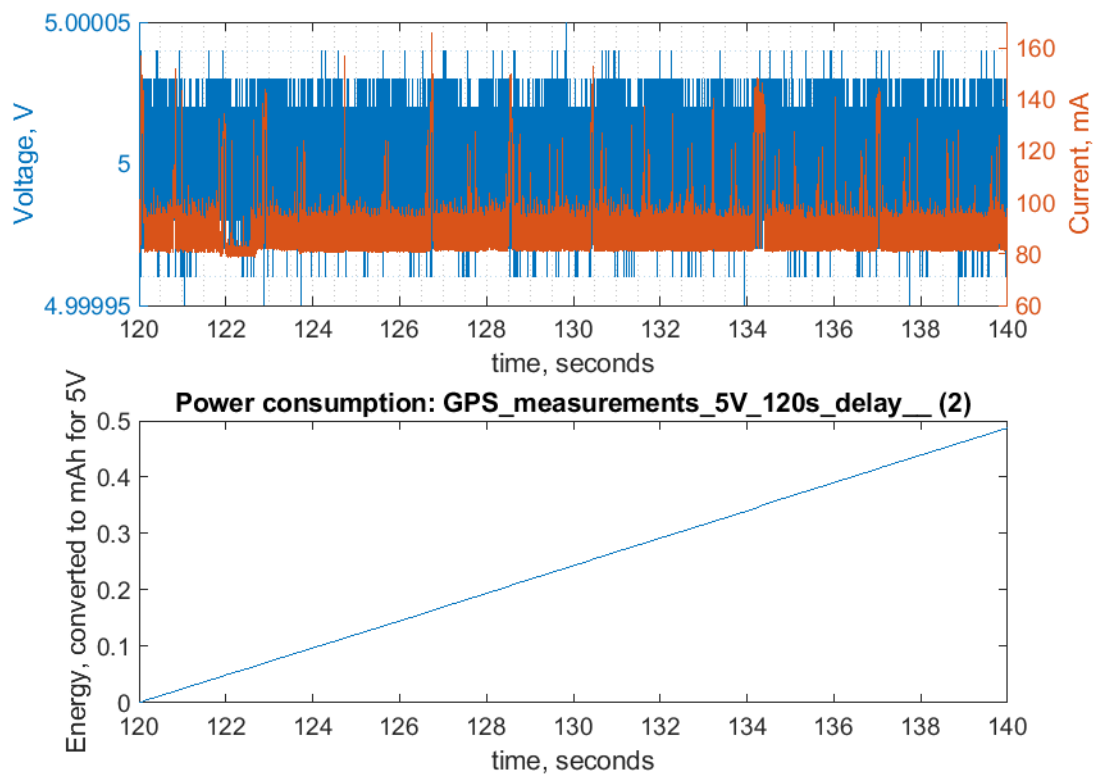
1.6.5.1. att. enerģijas patēriņa novērtējums komunikācijas laikā
Šajā eksperimentā notiek sekojošas operācijas:

- A. 8 sekunžu aizture pēc prototipa ieslēgšanas, nepieciešama, lai SIM7000E modulis sagatavotos darbībai,
- B. SIM7000E moduļa inicializācija, pieslēgšanās mobilam tīklam,
- C. viena Send transakcija – pieslēdzas tīklam, iegūst IP adresi, nosūta serverim “heartbeat” ziņu un saņem apstiprinājumu,
- D. gaidīšana starp transakcijām,
- E. un F. atkārtoti vēl vienu Send transakciju.

Var redzēt, ka vienas transakcijas enerģijas patēriņš ir apmēram 0.45 mAh.

Veicot vienu transakciju reizi 15 minūtēs, diennaktī būs iztērēts apmēram 45 mAh.

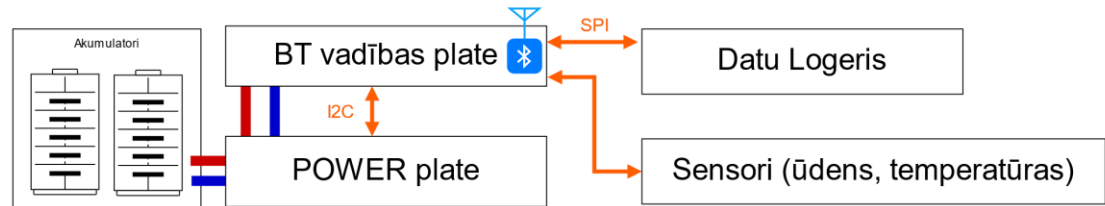
Līdzīga veida eksperiments bija veikts arī GPS datu saņemšanas laikā:



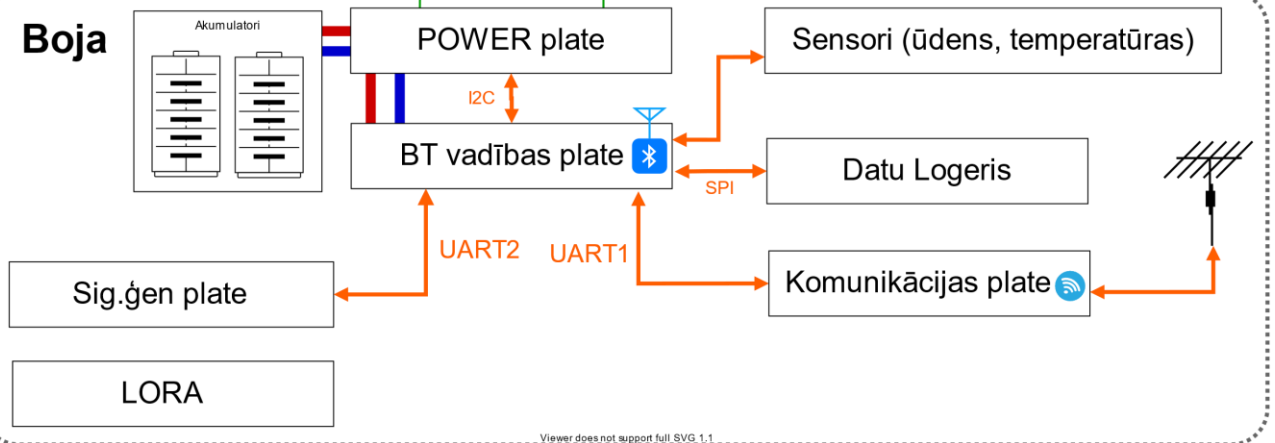
1.6.5.2. att. enerģijas patēriņa novērtējums GPS signāla uztveršanas un dekodēšanas laikā
Var redzēt ka esošajā konfigurācijā komunikācijas modulis nerāda nozīmīgus enerģijas zudumus visai sistēmai.

2.5. Vadības moduļa izstrāde

Ārējais akumulatoru bloks

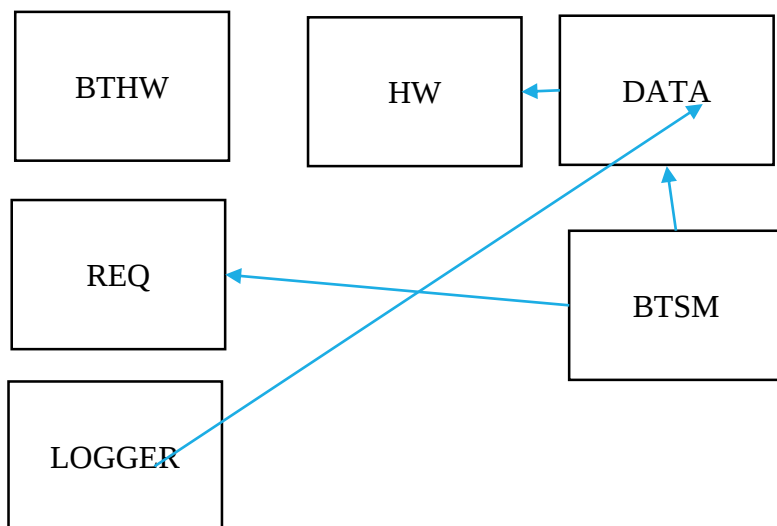


Boja



February 1, 2021

**Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde
un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001**



February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

Pielikums 1. Testēšanas žurnāla paraugs 2021. gadam.

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Jūrlietu un
zivsaimniecības fonds

Elektronikas un
telekomunikāciju fakultāte

Rīgas Tehniskās universitātes
Elektronikas un telekomunikācijas fakultātes
Radioelektronikas institūta projekts

„Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana”
Nr. 19-00-F01101-000001

Testēšanas žurnāls

Zvejnieku
saimniecība:

Zvejas vietas
adrese:

February 1, 2021

Projekts „Jaunās paaudzes roņu atbaidīšanas ierīču izstrāde un testēšana” Nr. 19-00-F01101-000001

Datums		
Ierīce bija ieslēgta	☐ Jā	
Tika mainīts akumulators	☐ Jā	
Zvejas dziļums (m)		
Zvejas rīks	☐ tīkls	☐ murds
Tīkla acs (cm)		
100m rādiusā bija vairāki zvejas rīki	☐ Jā	
Bojāti zvejas rīki	☐ Jā	
Zvejas rīkos bija roņi	☐ Jā	
Zvejas rīku tuvumā bija roņi	☐ Jā	
Bojāto zivju īpatsvars (%)		
Lašu dzimtas zivis	☐ Veselas	☐ Bojātas
Butes	☐ Veselas	☐ Bojātas
Reņģes	☐ Veselas	☐ Bojātas
Citas zivis	☐ Veselas	☐ Bojātas
Nozveja (kg)		
Aizpildīja (uzvārds)		
Piezīmes		