

SPRAWOZDANIE

1. Sposób realizacji projektu

Projekt rozpoczęto na potrzeby pomiarów parametrów geofizycznych, w tym meteorologicznych, które są prowadzone w miejscach trudnodostępnych lub nieosiągalnych dla konwencjonalnych stacji. Celem projektu jest stworzenie wielofunkcyjnego systemu pomiarowego, używanego w warunkach ekstremalnych, działającego autonomicznie i przez jak najdłuższy czas. Jedno urządzenie zbiera dane z czujników, działa autonomicznie oraz przesyła informacje do drugiego urządzenia, które zapisuje te dane na karcie SD. Stacja taka nie wymaga serwisowania ani żadnej ingerencji przez cały czas operowania oraz posiada własne źródło zasilania.

1. Materiały i oprogramowanie zastosowane do stworzenia ExtremeBox'a

1.1 Software:

- menedżer płytek drukowanych Tlera Corp i STMicroelectronics [1];
- biblioteka do czujnika ciśnienia [2];
- biblioteka do obsługi wzmacniacza czujnika temperatury [3];
- biblioteka do zapisu i odczytu danych na karcie SD [4].

1.2 Hardware:

- płytka zawierająca mikrokontroler STM32L072CZ z modulem komunikacyjnym LoRa B-L072Z-LRWAN1 (STMicroelectronics);



Ryc. 1. Płytkę zawierającą mikrokontroler.

- bateria wykonana w technologii Lit-chlorek tionylu. Dzięki temu możemy zasilać nadajnik do -60 stopni celsjusza. Mają one bardzo wysoki stosunek pojemności do wagi oraz objętości. A jest to 19Ah do 0,1kg do 53cm³. Będzie można zasilać nimi ExtremeBox'a przez bardzo długi czas.
- wzmacniacz do czujnika temperatury MAX31865 (Adafruit);



Ryc.2. MAX31865, w środku zdjęcia.

- czujniki temperatury powietrza, precyzyjny, wodoodporny 72-11301002-0300.0045.SS (GUENTHER) (Ryc.2);
Jest on w postaci sondy o dużej wodoodporności i dokładności 0,2°C.
Wyprowadzenie go na zewnątrz poprzez dławnicę pozwoli na pomiary w ekstremalnych warunkach. Zestaw ten to czujnik Pt100 i wzmacniacz MAX31865.
- czujnik ciśnienia atmosferycznego, wodoodporny, o wysokiej rozdzielczości LPS33HW (Adafruit)



Ryc.3 LPS33HW.

Jest to zaawansowany model LPS33HW o dokładności $\pm 0.1\%$ hPa, dużej wytrzymałości, dobrze dobranej obudowie, pozwalającej na łatwe podpięcie kabli jak zarazem przewodu, który jest wyciągany dalej na zewnątrz. Jego wbudowany czujnik temperatury automatycznie przelicza ciśnienie na rzeczywiste uwzględniając wpływ ciepła jako czynnika.

- czujnik wilgotności o wysokiej rozdzielczości HIH-4000-001 (HONEYWELL)



Ryc. 4 HIH-4000-001

Jest urządzeniem analogowym o precyzji 1,2% i wysokiej trwałości oraz zakresie temperatur działania. Podczas pomiaru zużywa $200\mu A$, więc jest bardzo energooszczędny.

2.OPIS BADANIA:

2.1 Faza Przygotowawcza:

- cykliczne wewnętrzne spotkania zespołu ExtremeBox'a;
- bieżąca współpraca z koordynatorem szkolnym projektu;
- spotkania robocze z opiekunami: inżynieryjnym oraz opiekunem od spraw środowiskowych i testowania systemu;
- pozyskiwanie wiedzy i danych z ogólnodostępnych źródeł;
- przeprowadzenie analizy dotyczącej podobnych rozwiązań;
- analiza rynku dotycząca wykorzystywanych materiałów oraz czujników wykorzystywanych w meteorologii (kontakt z firmami oraz analiza ceny);
- ustalenie miejsca testowania: pole uprawne, Obserwatorium Geofizycznym na Helu (Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk), Svalbard - tundra, Antarktyda - obszar wolny od lodu;
- analiza warunków pogodowych dla obszarów testowych na podstawie danych archiwalnych;
- ustalenie i przeanalizowanie wpływu warunków atmosferycznych (temperatury maksymalne i minimalne przy gruncie, szadź, mróz, duża wilgotność, śnieg, opady deszczu) na elektronikę;
- analiza wpływu promieni słonecznych na czujnik temperatury co może powodować złe pomiary temperatury powietrza;
- wpływ ogrzewania i ochładzania obudowy na warunki w jakich pracuje elektronika wewnątrz obudowy;

- przeanalizowanie możliwości i sposobu instalacji w terenie (np. możliwość uszkodzenia przez dzikie zwierzęta, prędkość wiatru i grubość pokrywy śnieżnej);
- przeanalizowanie geomorfologii i rodzaju podłoża (kamieniste, grunt zamrznięty, odmarzanie wieloletniej zmarzliny);
- przeanalizowanie odległości od najbliższych budynków;
- uwzględnienie transportu ręcznego urządzenia.

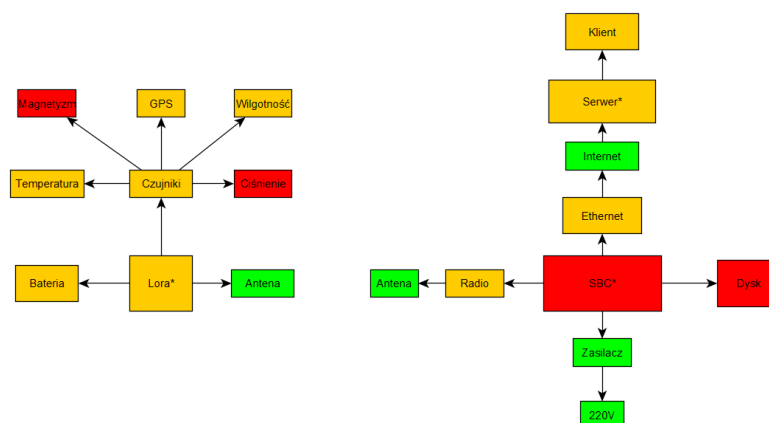
2.2 Faza Techniczna:

a) Software

- wybranie odpowiedniego Menedżera płytek [1] który ułatwił pracę w przejrzystym i prostym edytorze;
- wgranie na 2 płytki drukowane programu do komunikacji pomiędzy nimi w za pomocą modułów LoRa;
- testowanie bibliotek do czujników, modułu LoRa oraz modułu karty SD;
- napisanie programu odczytującego parametry czujników.

b) Hardware

- wybór modułu pamięci z wykorzystaniem kart SD;
- analiza charakterystyki czujników dotycząca zakresów pomiarów, temperatury warunków w jakich mają pracować, tolerancji wilgotności i precyzji pomiaru;
- wybór czujników badających: zmiany jonosfery, błędy związane z określeniem lokalizacji (za pomocą modułu GPS), grubość pokrywy śnieżnej, wartości przyspieszenia statycznego i dynamicznego oraz prędkości wiatru;
- skompletowanie czujników ciśnienia, temperatury powietrza oraz wilgotności;
- przygotowanie prostego modelu elektronicznego na bazie: Arduino Mega, czujników cyfrowych DS18B20, analogowych czujników temperatury NTC;
- znalezienie odpowiedniego źródła energii;
- próba oszacowania budżetu energetycznego;/
- znalezienie odpowiedniego mikrokontrolera;
- testy poszczególnych czujników;
- stworzenie modelu systemu LoRaWAN.



Ryc. 5. Schemat połączenia urządzenia mierzącego parametry geofizyczne do systemu LoRaWAN.

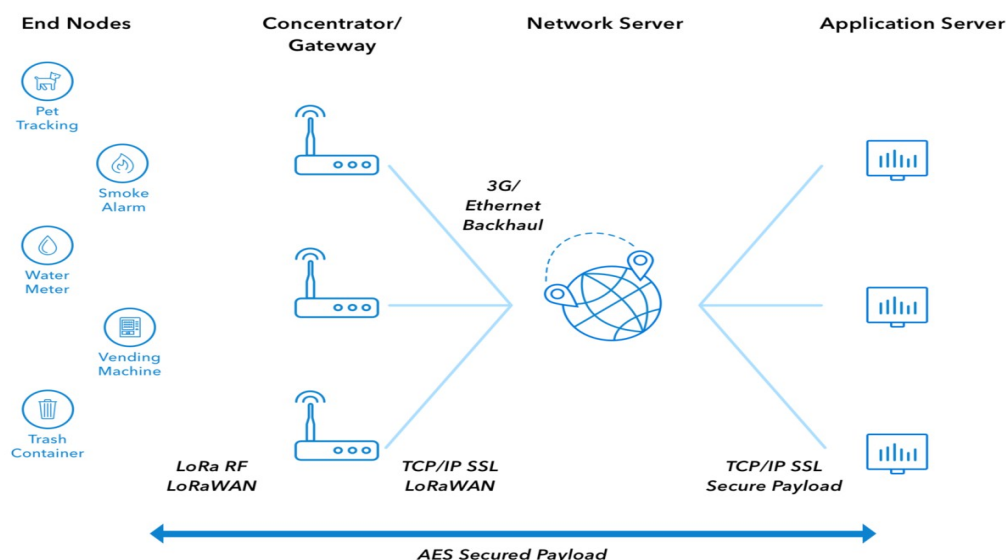
c) Komunikacja:

Komunikację oparta o protokół LoRa:

LoRa oraz LoRaWAN, protokół i system komunikacji bezprzewodowej dalekiego zasięgu o małej mocy idealny do naszej konstrukcji [5]. Udało nam się doprowadzić do komunikacji pomiędzy mikrokontrolerami za pomocą specjalnego oprogramowania oraz zastosowania struktur do wysyłania wielu zmiennych na raz. Dzięki zastosowaniu tej technologii w przyszłości będzie można łączyć wiele takich urządzeń pomiarowych z jednym serwerem, zlokalizowanym np. w stacji badawczej. Będzie można odczytywać pomiary z dowolnego miejsca na ziemi za pomocą Internetu w czasie rzeczywistym.

Ryc.

6



schemat działania systemu LoRaWAN [5].

- pozyskiwanie wiadomości na temat energooszczędnych urządzeń łączących się z siecią LoRaWAN;
- znalezienie i zakup: płytek drukowanych z mikrokontrolerem i modułem LoRa (B-L072Z-LRWAN1) do rozpoczęcia komunikacji LoRa oraz do późniejszego użycia w projekcie;
- rozpoczęcie pracy z systemem LoRa;
- zainstalowanie odpowiedniego menedżera do obsługi płytek drukowanych;
- testy odległości;
- testy wysyłania danych w różnych formatach pomiędzy mikrokontrolerami;
- możliwość komunikacji z Gateway'em[6] w celu połączenia z LoRaWAN.

d) Proces konstrukcji:

- zaprojektowanie obudowy systemu;
- kolejne iteracje obudowy tak aby zaprojektować sposób zamknięcia w taki sposób, aby była ona wielorazowego użytku;
- rozpoczęto proces modelowania i wykonano kilka iteracji, aby dostosować model do możliwości druku jak i potrzeb projektu;
- model uszczelniono dla zapewnienia wodoodporności;
- przygotowanie projektu obudowy na czujniki, która zabezpiecza przed słońcem i śniegiem;

=



Ryc.8 Pokrywa obudowy, iteracja 2.



Ryc.7 Dolna część obudowy, iteracja 2.



Ryc.9 osłona czujnika temperatury, iteracja 1.

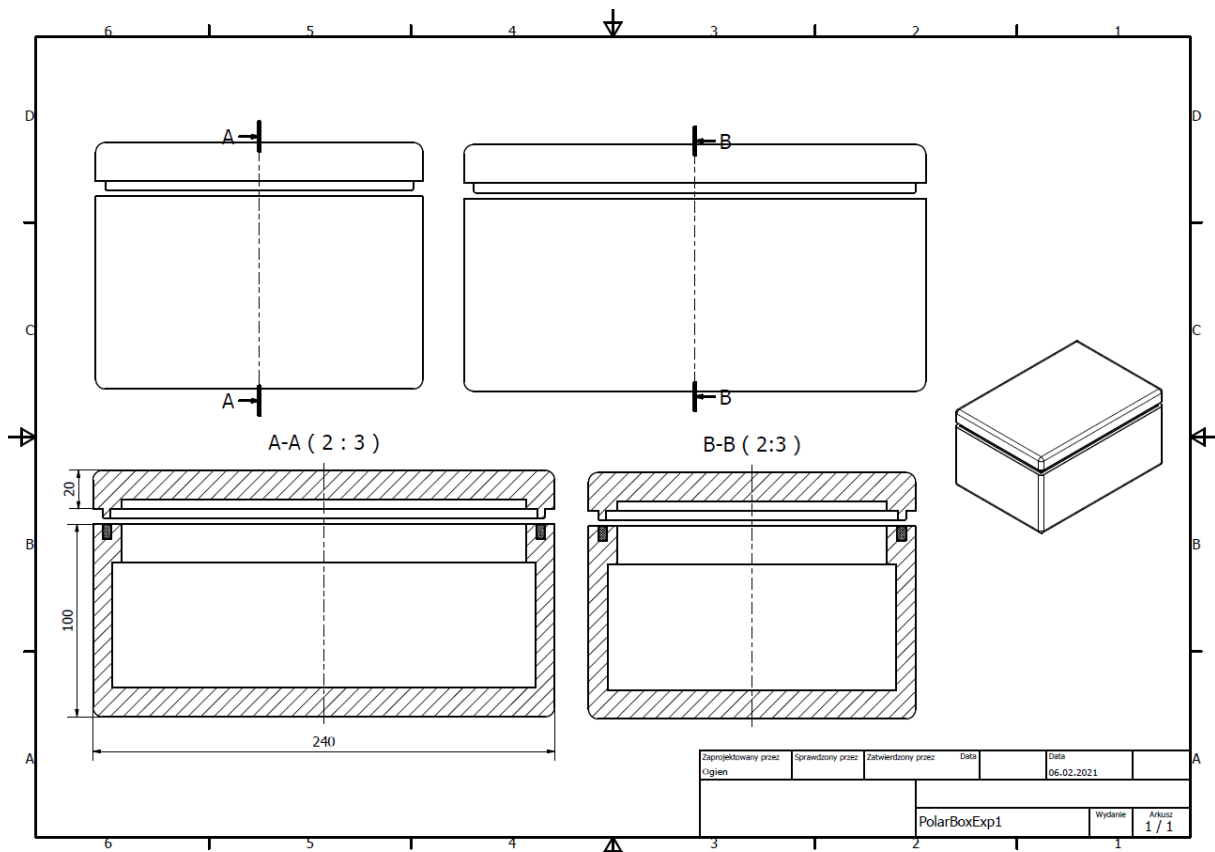
- wydruk osłony do czujników na drukarce 3D;
- wykonano wewnętrzne elementy podtrzymujące elektronikę, aby zapobiec uszkodzeniom;
- zamontowanie czujników oraz wgranie oprogramowania.

Wymagania wobec korpusu stacji:

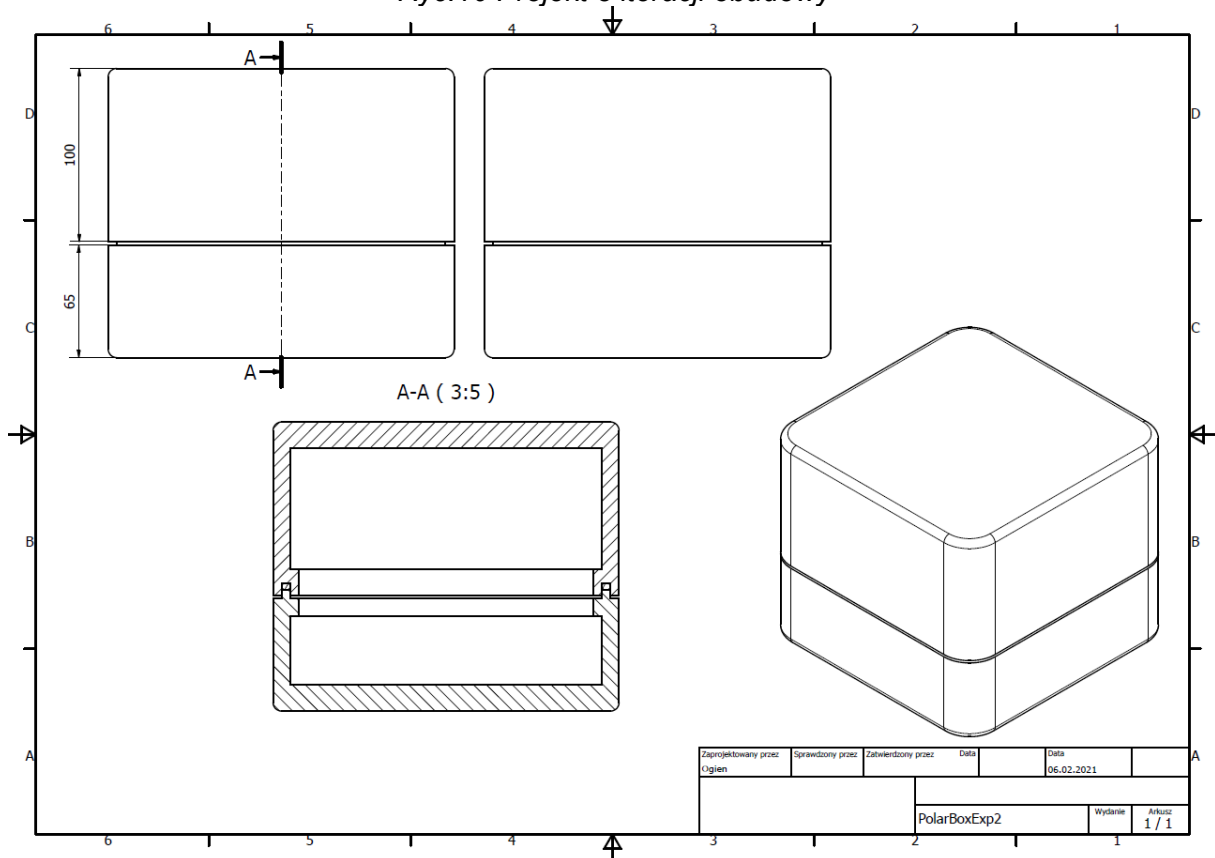
1. Wododporność
2. Mrozodporność
3. Kompaktowa konstrukcja
4. Niska masa

Proces Projektowania:

1. Pierwsza iteracja zaprojektowana z dużym marginesem na modyfikację układu
2. Druga iteracja zoptymalizowana gabarytowo w porównaniu do pierwszej, ostatecznie odrzucona.
3. Trzecia iteracja zaprojektowana bezpośrednio na przewidywany układ z małym marginesem na zmiany.
4. Dostosowane otwory, dławnice na kable, podwójne uszczelnienie, dedykowany system montażowy oraz dostosowane osłony czujników

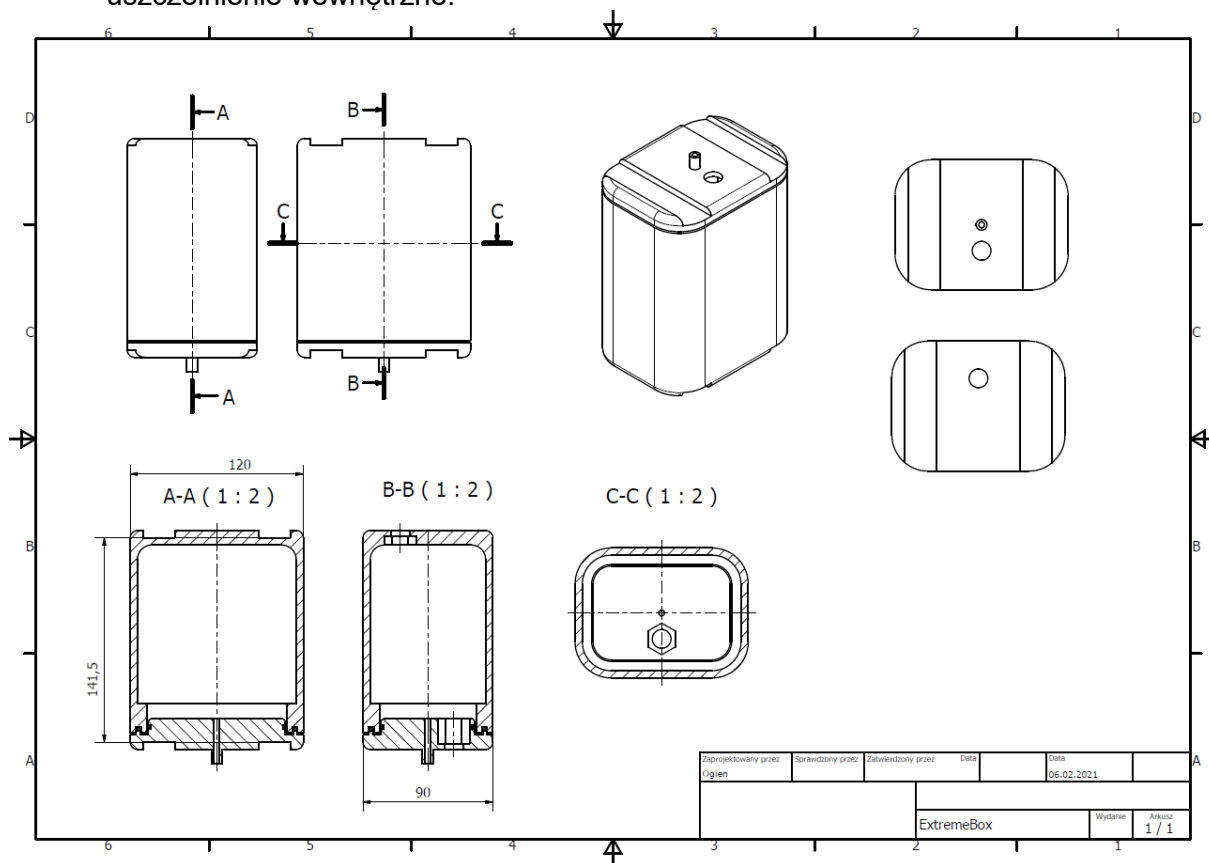


Ryc.10 Projekt 3 iteracji obudowy



Ryc.11 Projekt 4 iteracji obudowy

Po wielokrotnym przeprojektowaniu oraz kilkunastu odrzuconych pomysłach zdecydowaliśmy się na kompaktową obudowę dostosowaną bezpośrednio do podzespołów które zostały wykorzystane. W wersji tej wprowadzono obszerne zmiany w porównaniu do pierwszych modeli. Gabaryty zmniejszono o połowę oraz przystosowano ją do wszystkich czujników, które zostały wykorzystane. Przewidziane zostały także otwory zaprojektowane na podstawie dobranych wcześniej dławnic PG7. W projekcie wzięto także pod uwagę wycięcia na belki które potem zostają ze sobą ściągnięte prętami gwintowanymi zapewniając pewne i sztywne połączenie. Zmieniono także system uszczelnienia poza uszczelnieniem czołowym które, w porównaniu do pierwszej iteracji zostało zwężone, dodano także drugorzędne uszczelnienie wewnętrzne.



Ryc.12 Projekt obecnie używanej obudowy

2.3 Faza badawcza:

Projekt jest na etapie budowania prototypu (testu, zapisu, przesyłu danych, dokładności pomiaru).

a) MODEL ELEKTRONICZNY (prototypowanie):

Przygotowanie prostego modelu elektronicznego na bazie: Arduino 2560, czujników cyfrowych DS1820, analogowych czujników temperatury NTC.

b) TEST MAKSYMALNEJ ODLEGŁOŚCI KOMUNIKACJI (teren zabudowany i wolna przestrzeń);

Ilość zgubionych pakietów danych w zależności od odległości w terenie zabudowanym przy około 500 metrach zaczynały się poważne problemy. Z komunikacją w terenie przybrzeżnym była to odległość około 700 m. Bez

optymalizacji parametrów przesyłania LoRa posłużyliśmy się jedynie nieco lepszymi antenami niż te dołączone przez producenta.



Ryc.13 Zdjęcie zespołu

Od lewej: Bartosz Kostarczyk, Jan Łubiński, Jakub Zdroik, Robert Miśkiewicz

c) TESTY KOMUNIKACJI POMIĘDZY MIKROKONTROLERAMI

Komunikacja z użyciem struktur do przesyłania danych w różnych formach, takich jak liczby naturalne i wymierne oraz odczytywanie ich na drugim mikrokontrolerze.

d) TESTY CZUJNIKÓW:

Odczytywanie wilgotności, temperatury i ciśnienia - podłączono każdy czujnik z osobna oraz przy użyciu odpowiednich bibliotek, napisano oprogramowanie, dzięki któremu można zbierać dane pomiarowe z czujników.

2.4. Wyniki:

a) MODEL ELEKTRONICZNY:

Przez długi czas nie zoptymalizowana oraz nie przystosowana elektronika pobiera ogromne ilości energii, co uniemożliwia zbudowanie mobilnego urządzenia. Wynikiem tego badania, było poszukiwanie energooszczędnego mikrokontrolera. Nie można ustalić budżetu energetycznego bez posiadania działającego prototypu.

b) TEST MAKSYMALNEJ ODLEGŁOŚCI KOMUNIKACJI:

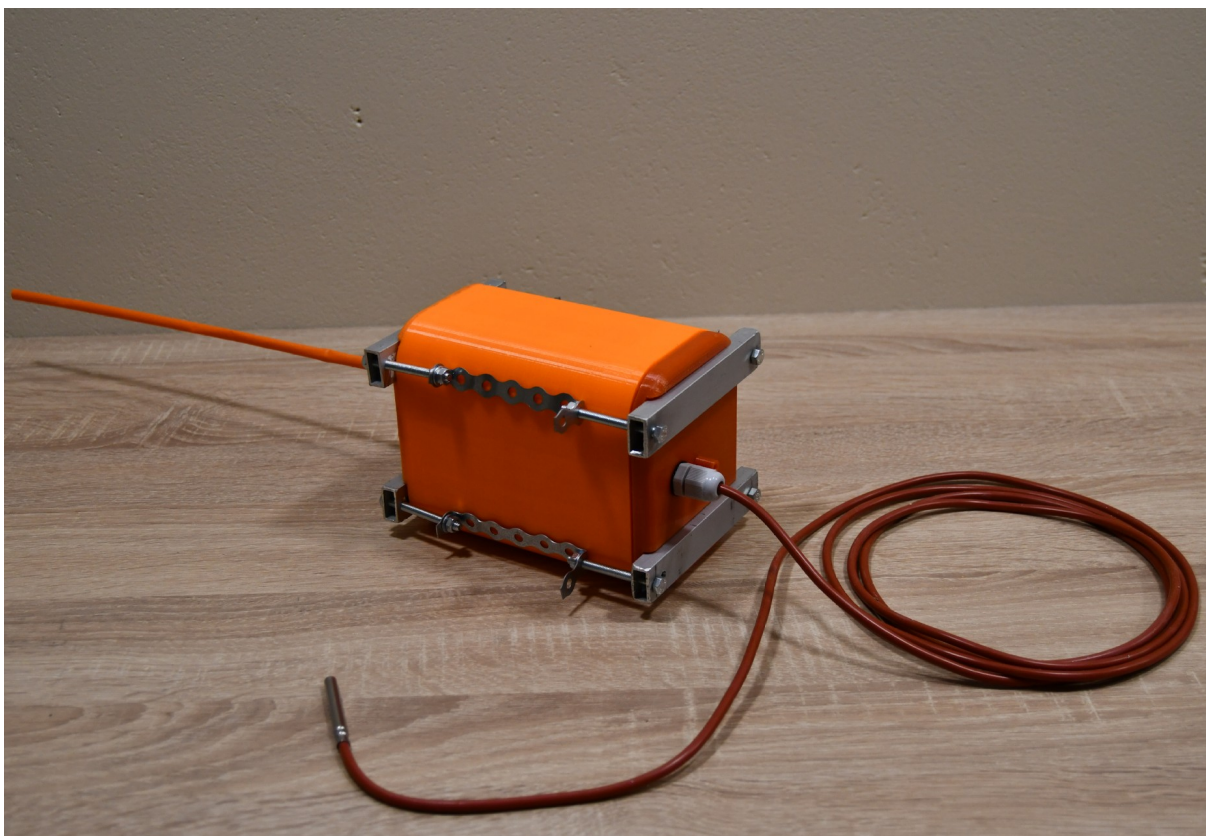
Wykazana maksymalna odległość komunikacji systemów Lora okazała się wystarczająca.

c) TESTY KOMUNIKACJI POMIĘDZY MIKROKONTROLERAMI:

Bezproblemowa komunikacja między mikrokontrolerami.

d) TESTY CZUJNIKÓW:

Podłączenie wszystkich czujników zakończyło się pomyślnie, dlatego nie będzie stanowiło problemu połączenie ich i stworzenie działającego urządzenia.



Ryc. 14 Aktualny prototyp urządzenia

Instrukcja Obsługi:

Pudełko z literką N – nadajnik, Pudełko z literką O - odbiornik

1. Włóż kartę SD do nadajnika
2. Włóż kartę SD do odbiornika
3. Włącz nadajnik
4. Włącz odbiornik
5. Ustaw odbiornik w bezpiecznym miejscu
6. Zamontuj nadajnik maksymalnie 1km od odbiornika. Na mocowaniu załączonym w zestawie umieść nadajnik na wysokości 2m. Opuść sondę temperatury aż do ziemi.
7. Do danych ma się dostęp poprzez kartę SD w odbiorniku.
8. Jeśli odbiornik utraci kontakt z nadajnikiem, dane nadal są zapisywane na karcie SD w nadajniku, z którego to można je odzyskać,

2. Wartość pracy na tle dotychczasowego stanu techniki (twórczy charakter, pomysłowość, nowość, samodzielność):

Z przeprowadzonych przez nas rozmowach z licznymi ekspertami takimi jak Adam Nawrot, Jakub Zdroik, Marek Lewandowski zbadaliśmy aktualny stan techniki. Pozwoliło nam to na wyłonienie najciekawszych urządzeń.

Uniwersytet w Oslo stworzył prototyp systemu pomiarowego do monitoringu środowiska Svalbardu LATICE. System Land-ATmosphere Interactions in Cold Environments został przetestowany na lodowcach Svalbardu. Pomimo zaawansowanej technologii, system okazał się awaryjny.

ExtremeBox to niskobudżetowe urządzenie, umożliwiające autonomiczne prowadzenie obserwacji geofizycznych w warunkach ekstremalnych przez okres kilku lat. Dzięki zastosowaniu technologii LoRa, będzie można łączyć wiele urządzeń pomiarowych ExtremeBox, w dowolnym miejscu na Ziemi, w czasie rzeczywistym.

Stacja taka nie może wymagać serwisowania ani żadnej ingerencji przez cały czas operowania od 1 do 2 lat, musi także posiadać własne źródło zasilania i nie może być zależna od dostaw energii z zewnątrz.

Nasz zespół chciałby złożyć podziękowania wszystkim osobom, które wspierały nas przez cały okres trwania projektu i wciąż oferują nam swoje wsparcie. Szczególne podziękowania należą się Pani Annie Rzepie, dzięki której projekt miał szansę się rozpocząć oraz która w dzień i w nocy poświęcała nam swoją energię i cierpliwość. Ogromny wysiłek włożył także Jakub Zdroik, którego wiedza oraz wsparcie merytoryczne w dziedzinie algorytmiki oraz elektroniki było kluczowe w dalszym rozwoju naszego projektu. Niezmierzone pokłady profesjonalnej pomocy otrzymaliśmy także od Adama Nawrota - polarnika, którego szeroka wiedza o świecie badań oraz warunków naturalnych na jakie wystawione będzie nasze urządzenie pozwoli nam na projektowanie całego układu w odpowiedni sposób.

3. Określ zdolność rejestrową rozwiązania w myśl ustawy „Prawo własności przemysłowej”

W przypadku gdy uda nam się przeprowadzić niezbędne testy wytrzymałości systemu zaczniemy kontaktować się z ośrodkami badawczymi w sprawach sprzedaży.

4. Zastosowanie oraz efekty ekonomiczne

Zaproponowane przez nasz Zespół urządzenie ExtremeBox pozwoli na prowadzenie nieprzerwanych pomiarów geofizycznych i środowiskowych w trudnym terenie. Ze względu na niskie zapotrzebowanie na prąd, elastyczność, przesył danych, wytrzymałość oraz niską cenę, nasz system sprawdzi się zarówno w badaniach naukowych, jak i komercyjnych. Autonomicznym systemem pomiarowym parametrów geofizycznych ExtremeBox mogą być zainteresowane instytucje naukowe, organizacje pozarządowe oraz firmy prywatne z różnych krajów, które na co dzień zajmują się prowadzeniem badań w rejonach polarnych lub w rejonach trudno dostępnych, zajmują się ochroną przyrody lub budową np. elektrowni wiatrowych. Nasz system pozwoli na zebranie unikatowych danych abiotycznych. Istniejące stacje meteorologiczne lub inne urządzenia rejestrujące parametry geofizyczne, które mogą pracować w trudnych środowiskowo warunkach, np. Vaisala, potrzebują zdecydowanie większego magazynu energii pozwalającego na prowadzenie rejestracji i łączności. Łączność odbywa się poprzez drogi system telefonii satelitarnej lub naziemnej (GSM). Niestety, te urządzenia wymagają wymiany akumulatorów kilka razy w roku. Z założenia ExtremeBox jest systemem przystosowanym do pracy bezobsługowej, bez ingerencji przez wiele miesięcy. Dlatego będzie mógł być wykorzystany na wielu polach eksploatacji. Główna płytką, na której budowane jest urządzenie posiada certyfikat RoHS. Mocowania elektroniki wydrukowano ze 100% biodegradowalnego materiału PLA (Polilaktyd). Finalny produkt wykonano z materiału PET-G możliwego do uzyskania z recyklingu.

Otrzymaliśmy pomoc w zakresie testowania urządzenia od Prof. dr hab. Krzysztofa Migąły wraz z zespołem Zakładu Klimatologii i Ochrony Atmosfery.

Zainteresowanie oraz chęć pomocy wyraził również Prof. dr hab. Marek Lewandowski.

Szczególne podziękowania należą się także radzie rodziców 3 Liceum Ogólnokształcącego z oddziałami dwujęzycznymi w Gdyni oraz pani Marcie Mąkosie za wsparcie finansowe i merytoryczne. Dziękujemy także firmie ZORTRAX za zaopatrzenie naszego zespołu w drukarkę 3D inventure.

Bibliografia:

- [1]<https://github.com/GrumpyOldPizza/ArduinoCore-stm32l0>
Arduino Core for STM32L0 based boards, Thomas Roell, Víctor Altamirano.
- [2] https://github.com/adafruit/Adafruit_LPS35HW
- [3]https://github.com/adafruit/Adafruit_MAX31865
- [4]<https://www.arduino.cc/en/Reference/SD>
- [5]<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/architecture.html>
- [6]<https://www.thethingsnetwork.org/docs/gateways/>