

# Projekt Urządzenia Echolokacyjnego dla Osób Niewidomych

## Seeing with Sound: Echolocation Device Project for the Visually Impaired

PATRYK OLEARCZYK

Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny

**Abstrakt:** Artykuł eksploruje koncepcję echolokacji w kontekście wsparcia osób niewidomych poprzez innowacyjne rozwiązania technologiczne. Korzystając z biologicznego modelu echolokacji obserwowanego u nietoperzy i delfinów, badanie zagłębia się w złożone mechanizmy słuchowe tych zwierząt. Ponadto, krytycznie analizowane są istniejące rozwiązania, w tym umiejętności echolokacyjne rozwijane przez ludzi oraz technologicznie ulepszone urządzenia, takie jak SmartCane czy Sezual. Artykuł identyfikuje mocne i słabe strony każdego z podejść, otwierając drogę do sformułowania nowej koncepcji urządzenia. Zaproponowane urządzenie ma na celu wykorzystanie ultradźwiękowej technologii zintegrowanej w okularach, dostarczając kompleksowego widoku otoczenia dla osób niewidomych. Adresując wyzwania stojące przed istniejącymi rozwiązaniami, projekt uwzględnia kwestie dostępności, komfortu oraz długiego czasu pracy baterii. Artykuł kończy się wizjonerską perspektywą potencjalnego wpływu technologii echolokacyjnej na zwiększenie niezależności i mobilności osób niewidomych w codziennym życiu.

**Abstract:** This article explores the concept of echolocation in the context of aiding visually impaired individuals through innovative technological solutions. Drawing inspiration from the biological model of echolocation observed in bats and dolphins, the study delves into the intricate mechanisms of these animals' auditory systems. Additionally, existing solutions, including human-developed echolocation skills and technologically enhanced devices like SmartCane and Sezual are critically examined. The article identifies the strengths and limitations of each approach, paving the way for the formulation of a new device concept. The proposed device aims to leverage ultrasonic technology integrated into glasses, providing a comprehensive view of the surroundings for the visually impaired. Addressing challenges faced by existing solutions, the design incorporates considerations for accessibility, comfort, and prolonged battery life. The article concludes with a visionary perspective on the potential impact of echolocation technology in enhancing the independence and mobility of the visually impaired in their daily lives.

## 1. Wzorzec biologiczny

Echolokacja jest powszechnie znanym wśród ludzi pojęciem, które odnosi się do zdolności niektórych zwierząt do orientowania się w przestrzeni za pomocą dźwięku. Proces ten polega na wysłaniu sygnału dźwiękowego, a następnie analizie tego samego sygnału po jego odbiciu od przeszkody. Umiejętność ta pozwala na określenie odległości od przedmiotu, jego rozmiaru, a nawet tekstury. Niektóre gatunki zwierząt przy użyciu echolokacji są nawet w stanie wykryć pojedynczy ludzki włos. W naturze zjawisko to jest najczęściej kojarzone z nietoperzami. Zwierzęta te są zdolne do wydawania dźwięków, których częstotliwość mieści się w zakresie od 1 kHz do 250 kHz, gdzie zakres słyszalności ludzkiego ucha wynosi od 20 Hz do 20 kHz. Sygnały dźwiękowe wysyłane przez nietoperza osiągają natężenie nawet 110 Db co można porównać do dźwięku puzonu przyłożonego bezpośrednio do ucha.

Aby zrozumieć w jaki sposób nietoperze są w stanie wykorzystywać echolokację należy przyjrzeć się dokładnie budowie ich uszu i umiejętności wydawania dźwięków. Ucho nietoperza wyróżnia się bardzo dużym w porównaniu do reszty ciała rozmiarem. Na Rys 1.1 można zauważyć, że ucho nietoperza posiada charakterystyczną strukturę - ułożone równolegle do siebie na całej powierzchni ucha. Są to komórki czuciowe, które dodatkowo ułatwiają przekazywanie dźwięku bezpośrednio do ucha. Po przekazaniu fal do ucha, te trafiają do narządu nazywanego ślimakiem. Jest to zawinięta struktura, w której znajduje się płyn. Pod wpływem drgań wywołanych dźwiękiem płyn zaczyna wibrować co odbierane jest przez komórki rzęsaty, a następnie przekazywane przez neurony zwojowe do mózgu.



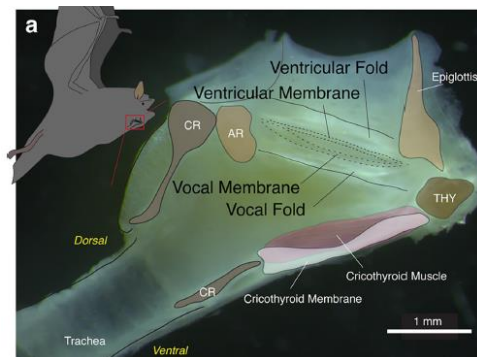
Rys. 1.1 Zbliżenie na głowę nietoperza.

Jeżeli chodzi o sposób w jaki nietoperze wydają dźwięki warto wspomnieć, że każdy gatunek nietoperza posługuje się tymi samymi częstotliwościami dźwięku. Niektóre

gatunki posługują się wyłącznie falami o stałej częstotliwości. Inne natomiast wykorzystują szeroki zakres częstotliwości w zależności od sytuacji. Naukowcy odkryli, że nietoperze komunikując się między sobą wykorzystują niższe dźwięki, niż podczas stosowania echolokacji. Zmienność sygnałów wydawanych przez nietoperze jest możliwa dzięki wyspecjalizowanym błonom głosowym, które znajdują się na zakończeniach fałdów głosowych. Błony te posiadają zdolność do samoczynnego podtrzymywania wibracji i działają jak oscylatory. Odkryto również, że wspomniane rozciągają się do czaszki. Do wprawienia tej struktury w ruch nietoperze wykorzystują mięsień, którym regulują ciśnienie wewnątrz organizmu. Po osiągnięciu minimalnej wartości ciśnienia możliwe jest rozpoczęcie drgania błony. Następnie ciśnienie zaczyna mocno oscylować. Kontrolując ową oscylację możliwe jest kontrolowanie częstotliwości dźwięków, które następnie są wysyłane przez usta lub nos. Dodatkowo nietoperze posiadają drugi rodzaj, trochę mniejszych błon, które skierowane są w dół od fałdów nalewkowych i są nazywane błonami nalewkowymi. Ich funkcja nie jest obecnie zweryfikowana.

W celu dokładniejszego przeanalizowania echolokacji warto jest również przyjrzeć się sposobowi w jaki robią to delfiny. Ssaki te wykorzystują echolokację w środowisku wodnym, gdzie poprzez wydawanie dźwięków klikania są w stanie analizować otoczenie, a nawet szacować prędkość z jaką porusza się dany obiekt. Dźwięk uzyskiwany jest za pomocą organu nazywanego melonem, który znajduje się na głowie delfina. Odbieranie sygnału po odbiciu dźwięku odbywa się za pomocą antenek znajdujących się w żuchwie i na czole delfina. Następnie dźwięki przenoszone są do kanału usznego, a następnie do mózgu, gdzie informacja o zmianie sygnału jest przetwarzana.

Technologia wykorzystuje echolokację od czasu wynalezienia sonaru, który powstał w 1912 roku, a prace nad zastosowaniem jej w różnych innych urządzeniach trwają do teraz. Idea widzenia słuchem od razu przynosi na myśl osoby niewidome, których poruszanie się jest mocno utrudnione. Co prawda ludzie niewidzący są w stanie przyzwyczaić się do poruszania „na pamięć” i używania różnych pomocy takich jak laski lub towarzystwo psów, ale proces ten mogłaby ułatwić echolokacja. Dodatkowym beneficjentem sprzętu rozpoznającego otoczenie z użyciem dźwięku mogą być ludzie, którzy idąc ulicą zapatrzeni są w telefon.



**Rys. 1.2** Schemat przedstawiający budowę krtani nietoperzy.

## 2. Istniejące rozwiązania

Celem projektu jest stworzenie urządzenia, które z zastosowaniem echolokacji będzie wspomagać ludzi niewidomych w sytuacjach, kiedy zawodzą tradycyjne rozwiązania. W tym rozdziale rozważone zostaną istniejące rozwiązania, które mogą pomóc wybrać kierunek dalszego rozwoju koncepcji urządzenia.

### 2.1. Echolokacja osób niewidomych

Niezwykłą zdolnością, która nie wymaga żadnych technologicznych gadżetów, jest echolokacja wykorzystująca własny głos. To zdolność, która może być rozwijana i doskonalona poprzez poświęcenie odpowiedniego czasu i wytrwałej praktyki. Osoby niewidome, które opanowują tę umiejętność, są w stanie precyzyjnie określać otoczenie na podstawie dźwięków odbitych od przeszkód. Co więcej, są zdolne do określenia dokładnego kształtu, rozmiaru i wysokości obiektów w ich otoczeniu. Najlepiej wyćwiczeni w echolokacji są w stanie samodzielnie poruszać się na równym terenie, niezależnie od dodatkowych urządzeń wspomagających. Zdolność ta pozwala im wykreować w swoim umyśle obraz otoczenia na podstawie echa dźwięków generowanych przez własny głos. Dzięki temu stają się bardziej niezależni i zdolni do skutecznego poruszania się w świecie codziennego życia, otwierając nowe perspektywy dla osób niewidomych.

Oczywistą wadą rozwiązania jest konieczność wieloletniej praktyki i pracy nad wyćwiczeniem umiejętności. Proces ten wymaga ogromnego nakładu czasu, którym nie każda osoba dysponuje. Dodatkowo metoda ta jest wykluczona w przypadku osób o słabszym słuchu. W koncepcji urządzenia powinna zostać uwzględniona wspomaganie również osób o mniejszym zakresie słyszenia niż człowiek bez niepełnosprawności.

### 2.2. Laska, która widzi więcej

Zastosowaniem echolokacji w pomocy niepełnosprawnym zainteresowali się również twórcy urządzenia nazwanego SmartCane. Jest to w pewien sposób rozwinięcie istniejącego już rozwiązania i wyposażenie go w dodatkowe funkcje, które znacząco usprawniają jego działanie. Częstym problemem osób, które straciły wzrok jest utrata pewności siebie w samodzielnym poruszaniu się. Twórcami urządzenia są studenci Uniwersytetu centralnego w Michigan, którzy zainteresowali się technologią identyfikacji częstotliwości radiowej, która jest używana do wykrywania obiektów znajdujących się w otoczeniu. Urządzenie jest wyposażone w sonar znajdujący się trochę poniżej uchwytu. Dla osób niesłyszących dostępne są dodatkowe rękawice, które wibrują w odpowiednim miejscu w zależności od obecności obiektów w otoczeniu. W urządzeniu zastosowano sygnały o częstotliwości 40 kHz, ponieważ częstotliwość ta może być wygenerowana przez sonar o średnicy 2 cm, co jest dobrym rozmiarem do zamontowania na lasce. Dodatkowo częstotliwość ta jest niesłyszalna dla ludzi, a więc nie będzie ona zakłócana przez otoczenie i vice versa. Głównymi problemami urządzenia jest brak licznika zużycia energii, który monitorowałby stan zasilania, trudność w przechowywaniu – brak możliwości złożenia laski i wysoki koszt produkcji.



**Rys. 3.2.1.** Laska dla osób niewidomych SmartCane.

Wady tego produktu nie są wymieniane w źródłach internetowych, natomiast zauważyć można, że do wad produktu należą mała dostępność na rynku, spora cena i konieczność adaptacji osoby niewidomej do korzystania z nowego sposobu wspomagania.

### **2.3. Sezual – aktywna biolokacja dźwięku**

W 2020 roku kazachski start-up otrzymał spore rozeznanie w związku z pracą nad innowacyjnym systemem Sezual. Wynalazek pozwala ludziom niewidomym na wizualizację otoczenia w trójwymiarze wewnątrz kory mózgowej. Urządzenie to ma być noszone przez osobę niepełnosprawną wokół szyi i emitować kliknięcia, które odbijają się od otoczenia i dostarczają informacji o ich odległości i kształcie, które następnie przetworzone przez system są wysyłane do mózgu. Projekt miał być rozwijany i trafić na rynek globalny w roku 2021 jednak ze względu na sytuację na świecie projekt został opóźniony i pozostaje w dalszej fazie rozwoju. Produkt ten jest we wczesnej fazie rozwoju i prawdopodobnie przez długi czas nie trafi na rynek. Dodatkowo można podejrzewać, że tak zaawansowana technologia będzie bardzo kosztowna i jej początkowe prototypy mogą mieć negatywny wpływ na użytkowników.

### **2.4. Podsumowanie**

Podsumowując, istniejące rozwiązania oparte na echolokacji oferują pewne korzyści, ale również napotykają na wyzwania związane z praktyką, dostępnością, ceną i trudnościami technicznymi. Projekt nowego urządzenia powinien uwzględnić te aspekty, dążąc do stworzenia bardziej efektywnego, dostępnego i praktycznego narzędzia wspomagającego osoby niewidome w codziennym poruszaniu się. Warto zaznaczyć, że pomimo długiego czasu rozwoju technologii echolokacji, ta do dzisiaj nie może zostać wykorzystana w pełnym potencjale.

### 3. Problem badawczy

Na podstawie analizy istniejących rozwiązań można stwierdzić, że rozwój urządzeń służących wspomaganie osób niewidomych pomimo dużego potencjału jest bardzo ograniczony. Wszystkie opisane rozwiązania są bardzo drogie i wymagają wielu lat dalszych prac zanim będą mogły zostać wprowadzone na rynek. Wynika to ze złożoności problemu jaki próbują one korygować. Potencjalni użytkownicy tego typu urządzeń często są przyzwyczajeni do skutków ich niepełnosprawności i przez długi okres życia są uczeni jak z nimi funkcjonować. Projektując nowe koncepcje należy uwzględnić brak możliwości naruszenia komfortu użytkownika, czyli na przykład ograniczyć dodatkowe bodźce oddziałujące na jego zmysły. Przykładowo wspomaganie osoby niewidzącej przez komunikaty dźwiękowe zakłóca podstawowe funkcje słuchu, na którym taka osoba w dużym stopniu polega. Dlatego też urządzenie tego typu powinno przekazywać informacje o przeszkodach w sposób nieinwazyjny lub ograniczyć jego inwazyjność do minimum (np. jednorazowy, krótki sygnał dźwiękowy przy dużym stopniu zagrożenia kolizji). Przekaz informacji o przeszkodach znajdujących się w otoczeniu może np. odbywać się przez lekkie wibracje w określonym miejscu.

Istniejące koncepcje często nie gwarantują odczytu informacji z całego otoczenia. Działanie najbardziej podstawowych lasek dla osób niewidomych jest w pełni uzależnione od tego, jak użytkownik się nimi posługuje pozostawiając sporo miejsca na błędy. Ważnym jest, żeby podczas bycia wspomaganym człowiek zyskiwał pełen obraz otoczenia dokładnie tak jak robi to nietoperz. Otrzymując informacje z odbitych fal dźwiękowych powinien być tworzony obraz otoczenia uniemożliwiający istnienie „martwych stref”, a co za tym idzie minimalizujący ryzyko wpadnięcia na przeszkodę.

### 4. Koncepcja własna

#### 4.1. Założenia konstrukcyjne

Projekt urządzenia dla osoby niepełnosprawnej musi spełniać szereg wymagań, które pozwolą na bezpieczne i efektywne korzystanie. W tym celu część projektową rozpoczęto od sformułowania założeń konstrukcyjnych ściśle określających czego nie można pominąć podczas tworzenia koncepcji.

W procesie powstawania konceptu urządzenia kierowano się następującymi założeniami:

- Urządzenie ma wspomagać osoby niewidome i nie wykluczać osób o innych dodatkowych niepełnosprawnościach;
- Użytkownik powinien dostawać informacje o całym otoczeniu bez pozostawiania „martwej strefy”;
- Projekt powinien dostarczać informacje dotyczące przeszkód poprzez sprawny zmysł;
- Produkt nie powinien powodować dyskomfortu podczas użytkowania;
- Długi czas działania podczas jednego cyklu ładowania;

- Sygnały wysyłane przez emiter nie mogą być zakłócone przez warunki panujące w otoczeniu i vice versa.

#### 4.2. Koncepcja urządzenia

Podsumowując słabe i mocne strony przeglądanych istniejących rozwiązań oraz założenia konstrukcyjne, które sformułowano w poprzednim punkcie zdecydowano się na umieszczenie emiterów ultradźwięków w okularach, które po wysłaniu sygnału byłyby zdolne do ich odbioru i przesyłały informację o bodźcach z otoczenia do rękawic dołączonych w zestawie. Zestaw rękawic w swojej strukturze posiadałby czujniki, które po otrzymaniu informacji powodowałyby wibrację na odpowiednim obszarze dłoni. Dodatkowe emitery zapewniające dodatkowe bezpieczeństwo mogłyby znajdować się na powierzchni rękawic lub koniuszkach palców. Zasilanie okularów znajdowałoby się w ich strukturze w sposób, który umożliwiłby łatwe ładowanie. Emitery i odbiorniki dźwięku znajdowałyby się z przodu okularów, obejmując otoczenie z góry, z dołu i bezpośrednio przed użytkownikiem. Dodatkowa para sensorów znalazłaby się na bokach okularów.



**Rys. 4.2.1.** Wygenerowany przy użyciu sztucznej inteligencji przykładowy wygląd urządzenia.

Urządzenie opiera się na zasadzie echolokacji, podobnej do tej stosowanej przez nietoperze czy delfiny. Emituje ultradźwięki, a następnie analizuje odbicie fal, przekształcając je w informacje zrozumiałe dla użytkownika. To połączenie dźwięku i analizy danych pozwala użytkownikowi na tworzenie mentalnej mapy otoczenia. Efekt zostanie osiągnięty poprzez sensory o średnicy nie większej niż 10 mm. Częstotliwość, którą muszą generować emitery musi być wyższa niż 20 kHz, dzięki czemu nie będzie ona wpływała negatywnie na otoczenie. Typową wartością częstotliwości czujników ultradźwiękowych o małych rozmiarach jest 40 kHz. Optymalne rozłożenie sensorów na

okularach wymaga minimum ośmiu sztuk, gdzie cztery znajdowałyby się z przodu i obejmowały przeszkody znajdujące się tuż przed głową i pod nogami użytkownika, dwa położone byłyby ułożone tak aby obejmować obszary po skosie od płaszczyzny strzałkowej i dwa czujniki obejmujące obszar boczny głowy. Ważnym aspektem urządzenia jest uniemożliwienie interferencji fal czujników, więc położone obok siebie czujniki powinny wysyłać sygnały na zmianę. Po powrocie zmieniona fala dźwiękowa będzie przetwarzana na sygnał elektryczny, który w następnej kolejności trafiałby do minikomputera znajdującego się w punkcie symetrii okularów. Z wykorzystaniem odpowiedniego systemu komputer prześle informacje do podłączonych do niego bezprzewodowo rękawiczek. Na podstawie otrzymanego sygnału uruchomiony zostanie odpowiadający mu obszar rękawiczki powodując wibracje. Dodatkowo w środkowym punkcie okularów znajdowałby się dodatkowy element, który ostrzegałby użytkownika przed przeszkodami znajdującymi się bezpośrednio na poziomie głowy.

#### 4.3. Rozwiązania technologiczne

Rozwijając te koncepcje należy wskazać konkretne metody i urządzenia, które pozwolą osiągnąć opisany efekt. Obecnie na rynku znajduje się wiele przetworników ultradźwiękowych, natomiast do projektu okularów sonarowych wykorzystane powinny być przetworniki MEMS (Mikroukład elektromechaniczny). Jednym z tego typu urządzeń jest rozwijany przez firmę TDK sensor, który został zmieszczony w urządzeniu o imponująco małych rozmiarach 3,5 x 3,5 x 1 mm. Czujniki te potrafią wykrywać obiekty oddalone od 40 milimetrów do nawet 5 metrów od ich położenia początkowego. Dodatkowo ich pole widzenia obejmuje 180° z dokładnością do 0,2 mm [3]. Tego typu elementy składają się z mikroskopijnych struktur przypominających membrany wykonanych na płytach krzemowych. Napędzane pojemnościowo membrany zaczynają wibrować z wysokimi częstotliwościami pod wpływem siły mechanicznej, która powstaje po przyłożeniu zmiennego napięcia elektrycznego. Wygenerowana zostaje fala dźwiękowa, która po natrafieniu na przeszkodę odbija się od niej i powraca do przetwornika wytwarzając sygnał elektryczny. Między wypuszczeniem i powrotem fali mierzony jest czas, który następnie zostaje przetworzony na informację dotyczącą odległości od przeszkody [4].

Po przetworzeniu sygnału ten musi zostać przekazany do rękawiczek. Tego typu działanie można osiągnąć stosując moduł bezprzewodowy, a konkretniej, moduł bluetooth. Rozwiązanie to sprawdza się przy przesyłaniu sygnałów na nieduże odległości do 10 metrów, co jest zdecydowanie wystarczającą wartością dla projektu okularów. Najmniejsze dostępne moduły bluetooth są takich samych rozmiarów jak opisane wcześniej sensory, czyli 3,5 x 3,5 x 1,0 mm. Bluetooth do działania wykorzystuje promieniowanie elektromagnetyczne, a konkretnie fale radiowe, które są przez niego zarówno odbierane jak i nadawane. Przekazana przez sensor informacja dotycząca fali zostanie przekazana bezpośrednio do drugiego modułu znajdującego się w rękawiczkach [5].



Sygnał otrzymany przez rękawiczki w następnej kolejności musi zostać przetworzony na wibrację, która pojawi się w konkretnym miejscu na powierzchni rękawiczek. Przerobienie sygnału może odbyć się wykorzystując mikrokontrolery takie jak Arduino Nano. Tego typu mikrokontrolery są w stanie wykonywać praktycznie każde zadanie, jeżeli zostaną zaprogramowane w odpowiedni sposób. Rozpoznawałby on, z którego czujnika został przesłany sygnał i jaka jest jego wartość, a następnie przekazywał sygnał na wydzielony do tego silnik wibracyjny. Najmniejsze Arduino mogą osiągać rozmiar 45 x 18 mm [5]. Silniczki wibracyjne są natomiast jeszcze mniejsze i mogą mierzyć około 10 x 4 mm wytwarzając drgania o częstotliwości 170 Hz, czyli podobną do tradycyjnych telefonów [6]. Rozmieszczenie tych silniczków mogłoby wzorować się na zegarze, gdzie każdy z silniczków znajdowałby się w pozycji cyfry na tarczy. Wibracja silniczka na drugiej pozycji oznaczałoby wówczas „Przeszkoda na godzinie drugiej”. Gdyby to rozwiązanie okazało się zbyt skomplikowane istniałyby dodatkowe ustawienia zmieniające ich sposób wibracji. Inne przykłady to: umieszczenie silniczków na neutralnie ułożonej ręce – wibracja w okolicy kciuka oznacza przeszkodę z przodu, część grzbietowa dłoni przeszkodę z boku, a wibracja na powierzchni dłoni – zagrożenie w bardzo bliskim otoczeniu; umieszczenie silniczków na palcach, gdzie na przykład palec środkowy oznaczałby przeszkodę centralnie z boku, kciuk przeszkodę z przodu, palec wskazujący pozycję pomiędzy.

Ostatnim elementem jest system ostrzegawczy, który ostrzega o przeszkodach na poziomie głowy lub tych w bardzo bliskim otoczeniu. Do tego celu wykorzystany może zostać brzęczyk elektromechaniczny, którego dźwięk jest słyszalny, a rozmiar pasuje do pozostałej konstrukcji. Jego wymiary to około 9 x 9 mm. Dźwięk generowany byłby tylko w przypadku bardzo bliskiego kontaktu z przeszkodą z towarzyszącym odpowiednim sygnałem dotykowym na rękawiczkach [7].

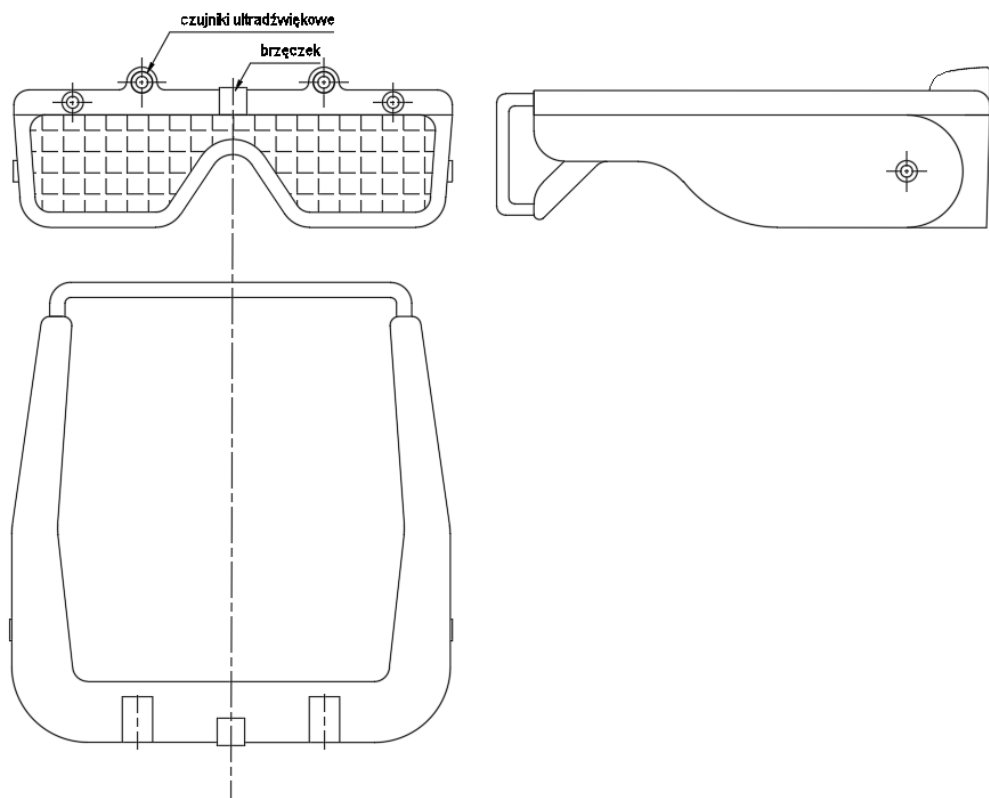
#### **4.4. Materiały**

Zaczynając od materiału przeznaczonego do produkcji rękawiczek, wybrano poliester, który idealnie nada się do tego zadania. Materiał ten jest przede wszystkim odporny na działanie promieni słonecznych, a co za tym idzie nie pozwala na nadmierne grzanie w wysokich temperaturach. Umożliwia on również szycie cienkich, idealnie dopasowanych do ciała elementów garderoby. Rękawiczki wykonane z poliestru będą mogły być prane nie tracąc kolorów i nie uszkadzając się w procesie. Dodatkowo przepuszcza on powietrze, dzięki czemu może być noszony podczas wszelkich dziennych aktywności oraz podczas snu. W przypadku zastania deszczu materiał ten bardzo szybko schnie i posiada właściwości hydrofobowe.

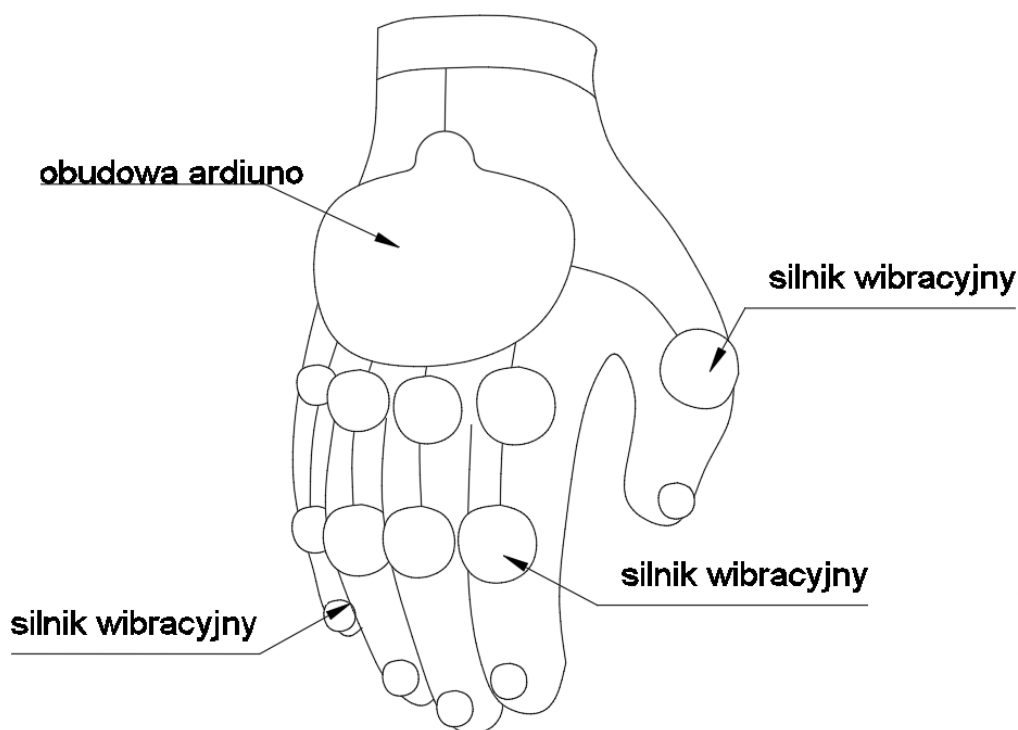
Sama obudowa okularów musi zostać wykonana z materiału, który nie ciąży na głowie użytkownika i jest łatwy w kształtowaniu. Do tego zadania wybrany został ABS (akrylonitryladienobutadienstyren). Materiał ten charakteryzuje się dużą wytrzymałością i twardością ograniczając ryzyko złamania okularów podczas niefortunnnych zdarzeń. Materiał ten jest lekki, dzięki czemu często wykorzystywany jest do produkcji obudowy do gogli

VR. Najważniejszą zaletą jest jednak fakt, że obróbka ABS nie należy do trudnych. Jest on przystosowany do obróbki mechanicznej, klejenia, malowania oraz spawania.

Ostatnim elementem konstrukcji jest pasek, który nie pozwoli okularom zsuwać się podczas codziennego użytku. Jego zasada działania jest podobna do tych stosowanych w goglach narciarskich. Pasek wykonany jest z elastycznego nylonu, który idealnie dopasowuje się do kształtu głowy.



Rys. 4.4.1. Schemat projektowanego urządzenia - okulary



Rys. 4.4.2. Schemat projektowanego urządzenia - rękawiczki

## 5. Podsumowanie

Zaprezentowana została koncepcja okularów wykorzystujących echolokację do analizy otoczenia w celu wspomagania osób niewidomych. Koncepcja urządzenia została stworzona na podstawie założeń konstrukcyjnych przedstawionych w rozdziale 4.1. Produkt znajdując się na drugim poziomie gotowości technologicznej ma określoną koncepcję i potencjalne zastosowania. Urządzenie będzie wymagało dużej inwestycji w technologię, ale w zamian zagwarantuje poprawę jakości życia osobom, które straciły wzrok lub urodziły się bez niego. Przy obecnym stanie technologii, gdzie część zaprezentowanych w rozdziale 4.3. elementów nie jest jeszcze ogólnodostępna, rozwój projektu wymaga kilku lat ciągłej pracy, poszukiwań inwestorów i prób nawiązywania współprac z firmami zajmującymi się rozwojem mikrotechnologii.

Mała dostępność technologii nie wyklucza możliwości wstępnej pracy nad projektem. Możliwe jest opracowanie prototypu, który może mocno różnić się od końcowego produktu, ale za to pozwalać na sprawdzenie działania technologii w praktyce. Taki prototyp przy większych rozmiarach i mniej dopasowanej do głowy strukturze może stanowić cenne źródło informacji pokazując czy technologia jest warta dalszego rozwoju.

Urządzenie wymaga wykonania obudowy z ABS z wbudowanymi czujnikami ultradźwiękowymi i modułami oraz rękawiczek z wszytymi między warstwy materiału panelem sterowania i silniczkami wibracyjnymi. Najtrudniejszą częścią wykonania prototypu jest na pewno stworzenie programu sterującego jego pracą. Ilość kroków, które należy wykonać przed powstaniem pierwszych modeli wymaga zebrania grupy fachowców, którzy wspólnie będą zdolni do rozwoju technologii.

Oczywistym zastosowaniem produktu jest wspomaganie osób niewidzących w ich codziennym życiu i jego kompetencje nie wykraczają poza tę funkcję. Okulary docelowo mogą towarzyszyć osobom niewidomym w ich własnych mieszkaniach lub podczas spacerów na świeżym powietrzu. Jeżeli technologia okazałaby się wystarczająco godna zaufania i miałaby wystraczająco szybki czas reakcji na otoczenie, mogłaby ona pozwolić niepełnosprawnym w jeździe na rowerze lub pływaniu.

## Literatura

- [1] Håkansson J, Mikkelsen C, Jakobsen L, Elemans CPH (2022) Bats expand their vocal range by recruiting different laryngeal structures for echolocation and social communication. PLoS Biol 20(11): e3001881. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001881>
- [2] Mohd Helmy Abd Wahab. (2011). Smart Cane: Assistive Cane for Visually-impaired People. International Journal of Computer Science Issues, (8), Artykuł 2.
- [3] tek.info.pl - Pierwsze na świecie ultradźwiękowe czujniki ToF MEMS. (b. d.). tek.info.pl - rzetelne newsy z branży elektronicznej. <https://tek.info.pl/article/772> (Dostęp 05.12.2023)
- [4] MEMS ultrasonic transducers made by Fraunhofer for the production technology. (b. d.). Fraunhofer Institute for Silicon Technology. [https://www.isit.fraunhofer.de/en/newsroom/techblog/2021/06/MEMS\\_Ultrasonic\\_Transducer.html](https://www.isit.fraunhofer.de/en/newsroom/techblog/2021/06/MEMS_Ultrasonic_Transducer.html) (Dostęp 05.12.2023)
- [5] Jak działa Bluetooth - zasięg, różnice - Botland. (b. d.). Botland. <https://botland.com.pl/blog/jak-dziala-bluetooth-zasieg-roznice/> (Dostęp 05.12.2023)
- [6] LRA Coin Vibration Motor - VG1040003D | Vybrionics. (b. d.). Vybrionics. <https://www.vybrionics.com/coin-vibration-motors/lra/v-g1040003d> (Dostęp 05.12.2023)
- [7] Electronic Alarm Buzzer. (b. d.). TaiMi(Shenzhen) electronics technology Co.,Ltd. <https://www.uttransducer.com/sale-13524146-smallest-micro-smd-piezo-buzzer-2ma-1-8mm-ultrathin-high-temperature-smd-electronic-alarm-buzzer.html> (Dostęp 05.12.2023)