

Team V-Feel

Projektbeschreibung



Entwickler:

Lukas Fechner
Boning Li
Ge Zhang

Datum:

November 2022

Ort:

Electronica, Messe München

Vorwort

Mitten in der Gesellschaft leben weltweit ungefähr eine Milliarde Menschen mit einer Behinderung. 253 Millionen Menschen unter ihnen sind von einer Sehbeeinträchtigung betroffen. Mit wachsender Weltbevölkerung wird diese Zahl noch zunehmen [1] [2].

Die Inklusion von Sehbeeinträchtigten stellt ein wichtiges Bestreben der Gesellschaft hin zu Gleichbefähigung aller Menschen dar. Aber auch aus der wirtschaftlichen Perspektive ist es sinnvoll, sehbeeinträchtigten Menschen eine effektivere Beteiligung an der Gesellschaft zu ermöglichen. Laut Europäischer Kommission sind 75 % der erwerbsfähigen blinden Personen arbeitslos und die Fachliteratur schreibt von einem Produktivitätsverlust von rund 36 % bei Sehbeeinträchtigten [3] [4]. (Hier wurde offensichtlich über alle Schweregrade gemittelt.)

In den letzten Jahrzehnten wurde viel dafür getan, sehbeeinträchtigte Personen nach dem Bestmöglichen an unserem alltäglichen Leben teilhaben zu lassen. Von Blindenleitsystemen mit Rillen- und Noppenbodenplatten über akustische Signale bis hin zu Brailletexten und -karten an einigen Orten des öffentlichen Lebens.

Vor uns als Gesellschaft liegt trotz der bisherigen Bemühungen ein weiter Weg, sehbeeinträchtigten Menschen ein möglichst barrierefreies Leben zu ermöglichen. Die nach dem (teilweisen) Verlust des Sehens übrigbleibenden Sinne sind das Hören, Riechen, Schmecken, Tasten.

1. Konzept und Technische Umsetzung

Der Tastsinn eignet sich exzellent zur räumlichen Orientierung. Ihn zeichnet eine zuordenbare Richtungskomponente zusätzlich zu der Stärke der Wahrnehmung aus. Unser Beitrag entsteht aus einem richtungs- und distanzweisenden Assistenzsystem. Dieses ermittelt, am Handgelenk befestigt, mithilfe von mehreren Sensoren die Distanz und Richtung zu umliegenden Objekten. Die Kombination aus beiden Komponenten wird durch die Stärke der Vibration und Auswahl des richtigen Vibrationsaktors über den empfindlichen Tastsinn am Handgelenk vermittelt.

Eine Brille mit eingebauter Kamera zur Objekterkennung und zum Vorlesen von Texten fungiert als ergänzender Teil des Systems. Dazu verwendet unser System Methoden des Maschinellen Lernens.

Eine Kommunikation zwischen Armband und Brille ist vorgesehen, beeinträchtigt die Eigenständigkeit beider Systemteile jedoch nicht. Aus beiden Baugruppen ergibt sich der Name unseres Teams: engl. „Vision“ + „Feel“ = „VFeel“.

1.1 Anforderungen

Um das Ziel der Entwicklung dieses Systems zu erreichen, die Lebensqualität blinder Menschen zu verbessern, soll unser System diese Funktionen erfüllen:

1. Die Stoßgefahr für Sehbeeinträchtigten zu reduzieren.
2. Den Sehbeeinträchtigten helfen, sich ein Bild von der Welt zu erzeugen.

3. Ein Feedback zu geben, wenn ein Signalquelle (Ortungs-Tag) nahe genug ist.

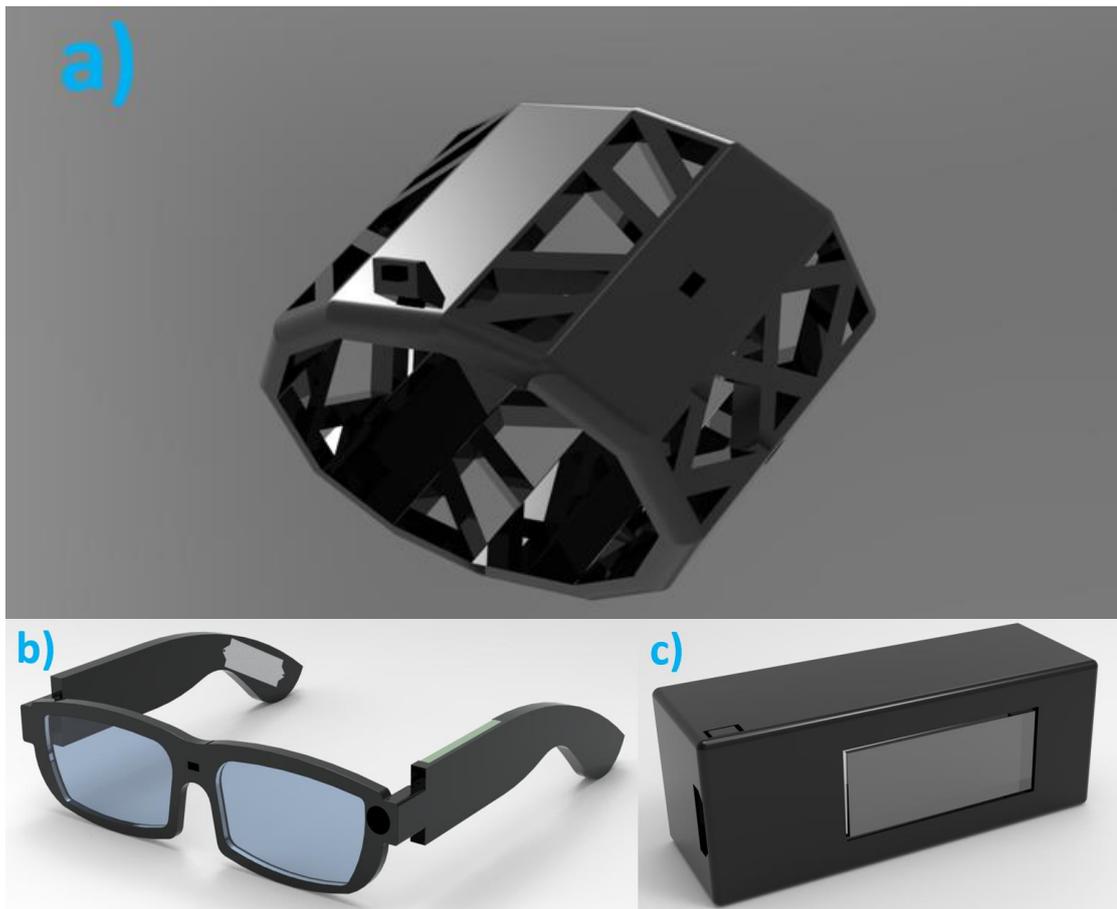


Abbildung 1. Aufbau des V-Feel Systems: a) Armband, b) Smart Brille, c) Ortungs-Tag.

Dazu haben wir ein Armband und eine Smart-Brille entwickelt. Das Armband dient zur Detektion des Hindernisses und die Smart Brille erkennt die Objekte und liefert den Sehe-beeinträchtigten die Informationen über die erkannten Objekte.

Mit unserem V-Feel-System können Sehbeeinträchtigte die Umgebungssituation besser verstehen, insbesondere Gegenstände einfacher greifen oder Hindernisse besser vermeiden. Nicht nur der Benutzer, sondern auch andere Personen, die z.B. am Benutzer vorbeigehen oder mit ihm zusammenarbeiten, profitieren davon, indem das System die Gefahr des Aneinanderstoßens miteinander verringert.

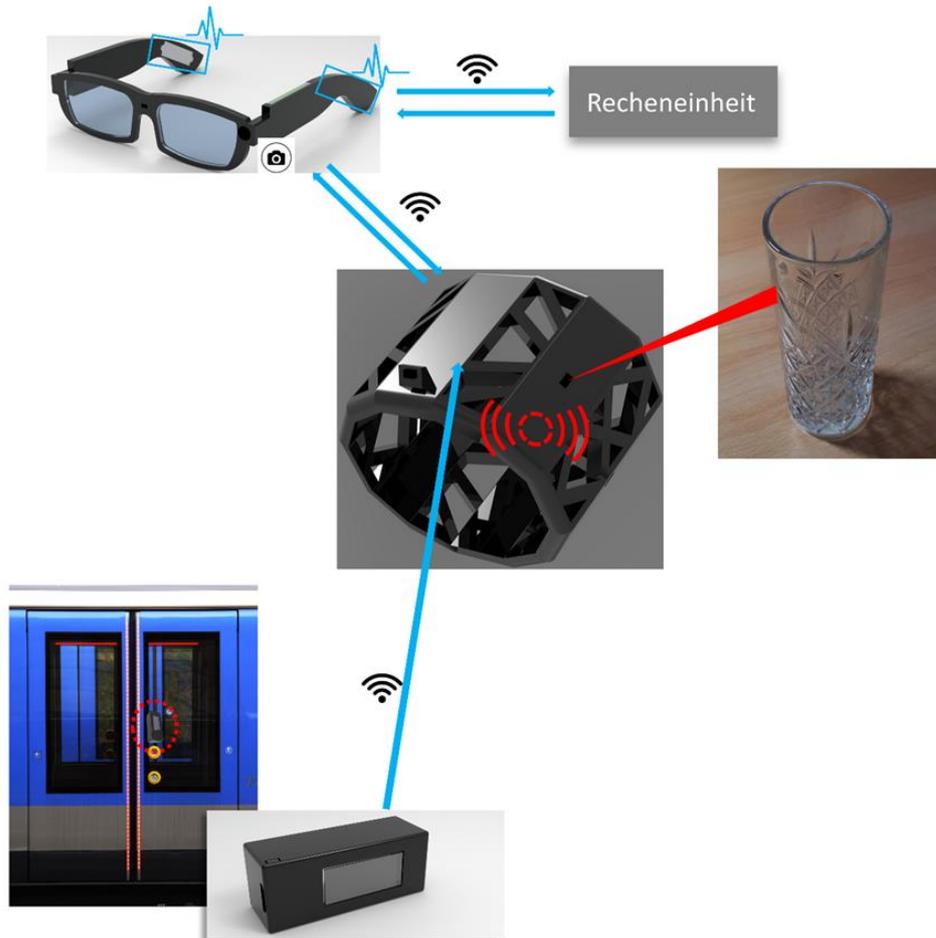


Abbildung 2. VFeel System Funktionalität

Das VFeel-System besteht aus drei grundlegenden Komponenten: ein Armband, eine Smart Brille (Siehe Abb. 2).

Das Armband scannt die Umgebung und misst die Entfernung zu dort vorhandenen Gegenständen.

Die Brille kann die Kategorien von Objekten erkennen und Text vorlesen. Sie kommuniziert zur Gestensteuerung mit dem Armband. Ortungs-Tags können im Alltagsumfeld des Sehbeeinträchtigten platziert werden, um bestimmte Objekte schnell und zuverlässig zu finden.

1.2 Armband

In dem Armband werden sechs Time-of-Flight-Sensoren (ToF-Sensoren) um den Arm herum integriert. Sie können in zwei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe von ToF-Sensoren wird verwendet, um die Objekte in der Umgebung des Arms zu erkennen. Die zweite Gruppe von Sensoren wird währenddessen verwendet, um das Objekt zu erkennen, auf das der Arm gerichtet ist. Das Sichtfeld des ToF-Sensors beträgt 22° , und die maximale Erkennungsdistanz liegt bei 2 Metern. In der ersten Gruppe werden vier ToF-Sensoren verwendet, damit das ganze Sichtfeld rund um den Arm abgedeckt wird. Zu jedem ToF Sensor wird ein elektrischer Unwucht-

Vibrationsmotor angebracht. Der Abstand eines Objektes wird dabei durch die Stärke der Vibration an das Handgelenk übertragen. Der aktive Messbereich der ToF-Sensoren in der ersten Gruppe bei 10 mm bis 150 mm. Je kleiner der Abstand ist, desto stärker vibriert der Unwuchtmotor. Ist ein Abstand kleiner als 10 mm, vibriert der richtungszugehörige Unwuchtmotor nicht. Auf diese Weise wird ein fälschliches Vibrieren der Unwuchtmotoren vermieden, wenn einer der ToF-Sensoren abgedeckt wurde.

Die zweiten Sensorgruppe ist am oberen und unteren Teil des Armbands angebracht. Wird von dieser Sensorgruppe ein Objekt erkannt, dann vibrieren die zugehörigen Unwuchtmotoren in einem Anderen Modus, als die der ersten Gruppe. Der aktive Messbereich beträgt 200 mm bis 600 mm. In Kombination mit den Ausrichtungsdaten des integrierten Gyroskops wird ein dynamischer Scan der Umgebung erreicht.

1.3 Smart-Brille

Die Smart-Brille besitzt eine integrierte Kamera vom Modell OV5640 und nimmt Fotos mit hoher Qualität auf. Ein Objekterkennungsalgorithmus erkennt in den Fotos Hände, wandelt Text in Sprache um und erkennt verschieden Gegenstandsklassen. Diese Informationen werden über zwei Knochenleitungskopfhörer wiedergegeben. Sprachbefehle sind durch das MEMS-Mikrofon möglich. Die Knochenleitungslautsprecher haben den Vorteil, dass der Benutzer die Umgebungsgeräusche in unverminderter Lautstärke wahrnehmen kann. Auf diese Weise teilt die Smart-Brille dem Benutzer nicht nur das Vorhandensein eines Hindernisses, sondern auch Informationen über dieses mit. Durch die Hand- und Fingererkennung und dem Mikrofon kann der Benutzer Informationen über bestimmte Hindernisse mit Draufzeigen erfragen. Die Datenkommunikation zwischen Armband und Brille basiert auf dem HTTP-Protokoll und wird in dem Kapitel „Programm“ genauer beschrieben. Da auch ein BNO055-Gyroskop in die Smart-Brille integriert ist, kann sie den Benutzer darauf aufmerksam machen, seinen Kopf gelegentlich zu bewegen – diese Funktion fördert die Gesundheit des Nackens und oberen Rückenbereichs.

1.4 Ortungs-Tag

Der Ortungs-Tag kann auf Gegenständen angebracht werden, welche für die Sehbeeinträchtigte Person besondere (alltägliche) Bedeutung haben. Die Ortungs-Tags senden kontinuierlich ein WLAN-Signal in die Umgebung aus. Dieses WLAN-Signal kann von dem Armband detektiert und durch Received Signal Strength Identification (RSSI) der Abstand zwischen Armband und Tag berechnet werden. Ein Tagentfernung mit einem Abstand kleiner als ein Grenzwert verursacht ein Feedback. Dieses wird durch zwei Vibratoren der zweiten Gruppe an das Handgelenk des Trägers übertragen. Der Ortungs-Tag kann an beliebigen Stellen angebracht werden, wo eine Führung für die Sehbeeinträchtigte erforderlich ist, wie Aufzugknöpfe oder Türe. Diese Idee ist realisierbar, weil statt eines großen Umbaus der Infrastruktur nur ein Ortungs-Tag angebracht werden muss.

1.5 Bestandteil vom Armband

Die Abbildung 1a) zeigt den grundlegenden Aufbau des Armbands. Es besteht aus einem Lolin-ESP32 Mikrokontroller, 6 Time-of-Flight-Sensoren, 6 Exzenter-Vibratoren, ein MPU6050-Gyroskop und eine wiederaufladbare Versorgungsbatterie. Der ToF-Sensor sendet den Laserstrahl kontinuierlich aus, und sobald er auf ein Hindernis trifft, wird er zum Sensor reflektiert. Das Gyroskop liefert Beschleunigungsdaten und Temperatur. Der Exzenter-Vibrator kann dem Benutzer eine haptische Rückmeldung geben. Das ist das grundlegende Prinzip des Armbands. In dem Armband werden folgende Teile integriert:

a). Lolin-ESP 32, enthält:

- Xtensa Dual-Core 32-Bit LX6 Mikroprozessor.
- Antennenschalter.
- RF-Balun und Leistungsverstärker.
- Empfangsverstärker und Filter.
- Power-Management-Module.

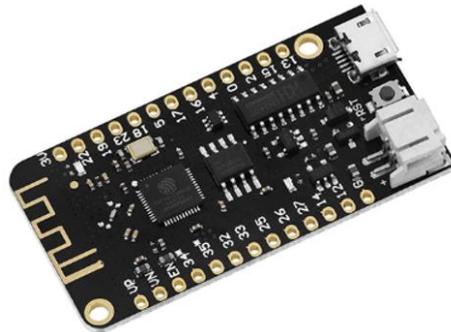


Abbildung 3. Lolin ESP32

b). ToF LiDAR Sensor VL53L0X, enthält:

- SPAD-Array (Single Photon Avalanche Diode)
- Die zweiten Generation von FlightSense™ von STM.
- Maximaler Messabstand beträgt 2 Meter und das Field of View ist 22°.

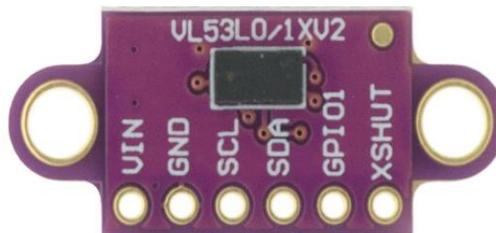


Abbildung 4. ToF VL53L0X

c). Exzenter-Vibrator.

d). Batterieversorgung:

- Wiederaufladbar.
- 3.7V, 300 mAh.



Abbildung 5. Wiederaufladbare Batterie

1.6 Bestandteil vom Ortungs-Tag

Der Ortungs-Tag besteht aus:

- ein ESP8266 Mikrocontroller: WiFi & Bluth, und UART.



Abbildung 6. ESP8266

- Batterie mit 3.7V und 300mAh. Die Batterie wird nur im Falle eines Betriebs ohne Netzverfügbarkeit benötigt.

1.7 Bestandteil von der Smart Brille

V-Feels-Smart Brille ist ein Gerät, das am Kopf getragen wird und dem Benutzer einige praktische Funktionen bietet. Im Gegensatz zu den normalen Smart Brille von Google oder anderen Marken, deren Zielgruppe Menschen ohne Sehbehinderung sind, gibt es keine Displays zur Anzeige von Bildinformationen. Stattdessen verarbeitet die Smart Brille das Bild und gibt die gesammelten Informationen über haptische und akustische Signale weiter. Ein zusätzlicher ToF-Sensor und ein Gyroskop sind in die Brille integriert und sorgen per Sensor Fusion dafür, dass der Nutzer Hindernissen

besser ausweichen kann. Um diese Funktionen zu realisieren, wird eine OV-5640 2k-Kamera integriert, um ein Echtzeitbild von hoher Qualität ermöglichen.

Wie die **Abbildung 7** gezeigt, dieses Mainboard enthält 4 Layer und beidseitig. In diesem Mainboard werden folgende Module integriert:

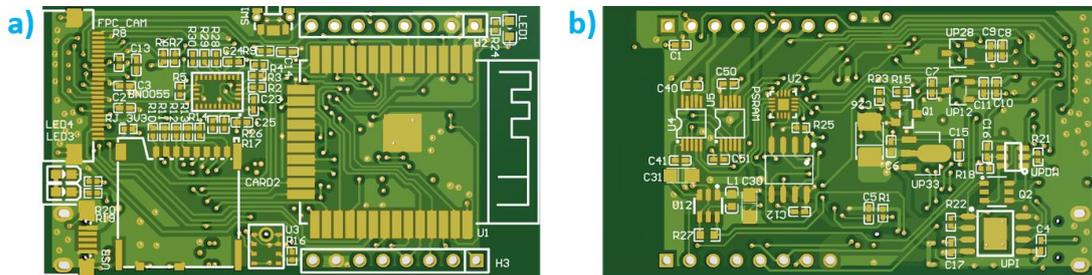


Abbildung 7. Mainboard für Smart Brille: a) Vorderseite. b) Rückseite

a). ESP 32-Mikrokontrolle:

- enthält der Bluetooth und WiFi
- dient zum Rechen- und Verarbeitungseinheit für die Smart Brille.

b). Batteriereglung- und Schutzmodul:

- 5V Inputversorgung.
- 4.7V Batterieschutz.
- Logikschaltung zur Spannungssenkung auf 3.3V zur Elementesteuerung.
- Spannungssenkung auf 2.8V und 1.3V/1.5V für OV 5640 Kamera.
- Anzeige für Power.

c). Taptic Engine:

- elektromagnetischer linearer Aktor.
- dient zur 2-Kanal-Knochenleitungskopfhörer.

d). Anschlüsse der Kamera.

e). Flash Driver.

f). SD-Kartenschlitz.

g). Analoges Mikrofon INMP 411:

- hochleistungsfähiges, omnidirektionales MEMS-Mikrofon.
- hohem SPL, geringem Rauschen und geringem Stromverbrauch.

h). 9-Achse Gyroskop BNO055:

- integriert einen 14-Bit-B Beschleunigungsmesser, ein triaxiales 16-Bit-Gyroskop, ein Magnetometer und eine Software für Orientierung.
- 1.13mm * 3.8mm * 5.2mm Gehäuse

Aufgrund des Gewichts kann eine vorgesehene KI-Recheneinheit nicht in das Smart-Brillen-Mainboard integriert werden. Die Smart-Brille würde ansonsten zu stark auf der Nase drücken.

2. Software

Für die Steuerung des Armbands und des Ortungs-Tags nutzen wir die Arduino IDE und implementieren den Code in C++. Die Smart-Brille, die Steuerung und Fotobearbeitung wird in Python implementiert. Die Abbildung 8 zeigt die Beziehung und den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Modulen, dem Armband, den Ortungs-Tags und der Smart Brille.

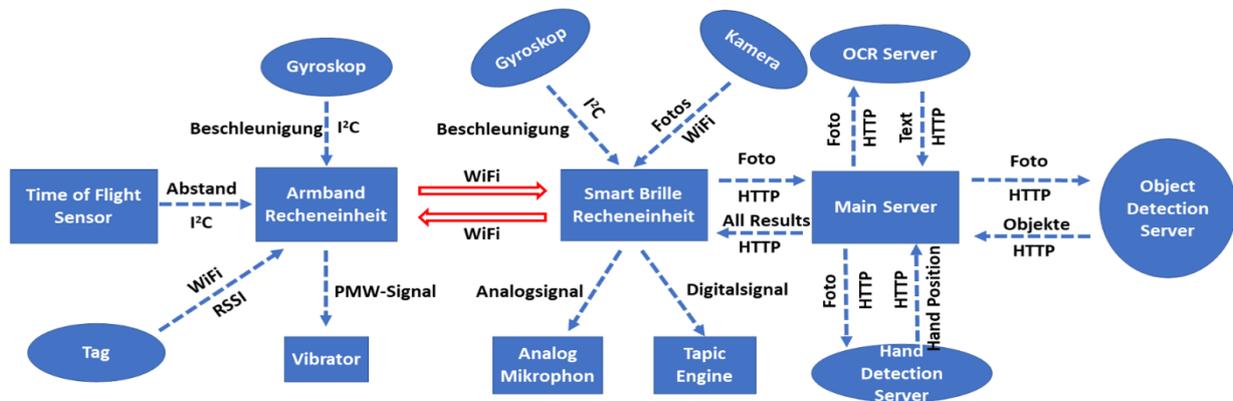


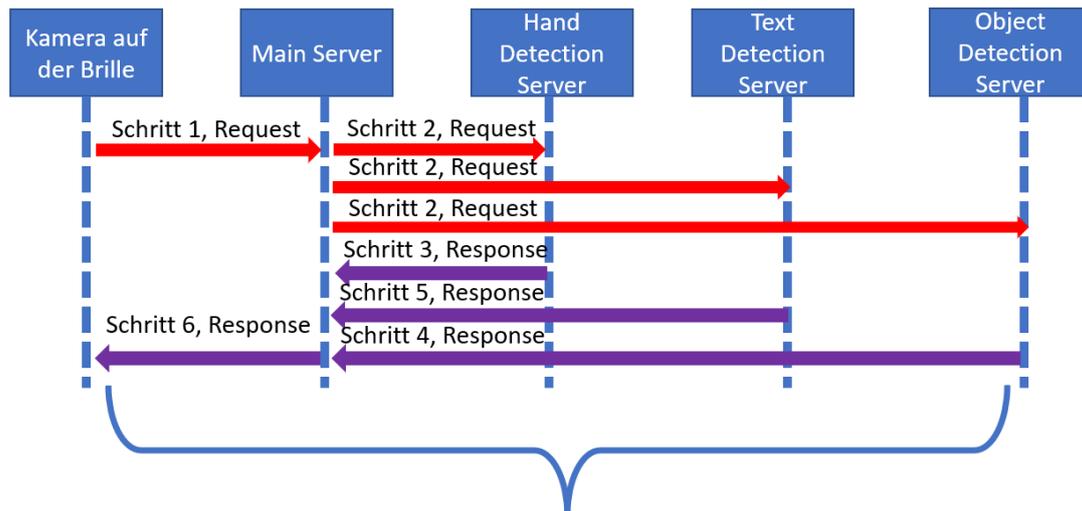
Abbildung 8. Beziehung und Datenaustausch zwischen verschiedenen Komponenten

Im Anhang befindet sich eine Beschreibung des Algorithmus zur Objektverfolgung des Armbands.

2.1 Smart Brille

Wie die Abbildung 9 zeigt, ist der Algorithmus für die Messungen der Smart-Brille wie folgend implementiert. Dabei wird der Datenaustausch durch http-Kommunikation realisiert:

- ✧ OV5640 Kamera nimmt ein Foto mit hoher Qualität.
- ✧ Das aufgenommene Foto wird an einen Main Server via HTTP weitergeleitet.
- ✧ Der Main Server teilt das empfangene Foto asynchron dem Detektion Server, Text Detektion Server und Objekt Detektion Server.
- ✧ Diese Fotos werden auf jedem Server verarbeitet, und die Ergebnisse von Handposition, Text und Objekttyp werden an Main Server zurückgesendet.
- ✧ Mithilfe des analogen Mikrofons oder der Taptic Engine (Knochenleiterlautsprecher) werden die aus dem Bild extrahierten Informationen zu dem Benutzer übertragen.



HTTP Kommunikation

Abbildung 9. Datenaustausch zwischen verschiedenen Servern.

2.2 Armband

Auf Basis der ToF-Sensordaten kann unser System ein gerastertes Entfernungsabbild der Umgebung erstellen. Der Algorithmus dazu wird im Anhang 1 nähergehend beschrieben. Dadurch kann unser System den Nutzer über Gefahren und Hindernisse informieren.

3. Marktanalyse

Der globale Umsatz des Markts von Produkten für Menschen mit Sehbeeinträchtigungen betrug im Jahr 2020 4,36 Mrd. US-Dollar und wird sich bis 2027 fast verdoppeln. Das entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 8,1 % [5]. Der aktuelle Umsatz des Spartenmarkts ist dabei erst am Anfang seiner Möglichkeiten, denn die weltweiten jährlichen Produktivitätsverluste durch Menschen mit Sehbeeinträchtigungen betragen ca. 410 Mrd. US-Dollar (2021) oder ca. 0,3 % des BIP [4]. Im Bereich der mobilitätserweiternden technologischen Lösungen warten etliche Firmen mit in der Funktionalität verschiedensten Produkten auf. Zum Beispiel erzielte die Firma eSight 2021 mit ihren elektronischen Kamera-Brillen für erhöhtes Sehvermögen Einnahmen von 5,2 Mio US-Dollar [6]. Anders arbeitet OrCams Kamera „MyEye“, welche „gedruckten und digitalen Text von jeder Oberfläche [vorliest] und Gesichter, Produkte, Barcodes und Geldscheine [erkennt]“. OrCam, noch nicht börsennotiert, erzeugt laut jährliche Einnahmen von rund 140 Mio [7]. US-Dollar. Als letztes Beispiel diene hier MobileEye, die mit ähnlichen Produkten 2014 zum Börsengang der Firma eine Bewertung von 5 Mrd. US-Dollar erzielte und 2017 für 15 Mrd. US-Dollar an Intel verkauft wurde [8]. Auch die Wissenschaft ist rund um das Thema Sehbeeinträchtigung sehr aktiv. Ein Indikator gibt die Anzahl der Google-Scholar-Artikel in diesem Jahr (2022). Eine Suche nach den Begriffen „assistive technology visually impaired“ auf der Webseite ergab 5.270 Artikel in 2022 bis zum 07.11.2022. Zum Vergleich ergibt die Suche nach „physics“ 90.700 Ergebnisse im laufenden Jahr

2022. Das ist eine erstaunliche Anzahl an veröffentlichten Artikel im Vergleich zu der vielumspannenden Naturwissenschaft Physik.

4. Kosten und Sponsoren

4.1 Kosten

| Armband | |
|----------------------------|----------------|
| Lolin-ESP32 | 11,49€ |
| ToF VL53L0X | 8,27€ |
| MPU6050 | 0,88€ |
| Batterie | 1,34€ |
| Vibrator | 10,14€ |
| gesamt | 32,12€ |
| Tag | |
| ESP8266 | 4,5€ |
| gesamt | 4,5€ |
| Smart Brille | |
| Mainboard | 24,13€ |
| Batterie | 1,34€ |
| BNO 055 (Sponsor by Bosch) | 12,27€ |
| OV 5640 Camera | 7,03€ |
| ToF VL53L0X | 1,37€ |
| Taptic Engine | 20,00€ |
| gesamt | 66,14€ |
| Gesamtpreis | 102,76€ |

Tabelle 1: Bill of Materials + Kosten

4.2 Sponsoren

Die JLCPCB GmbH hat unserem Team über 120 Dollar für die Leiterplattenproduktion und SMT gesponsert. Die Firma MAKERSPACE der Technischen Universität München hat uns verschiedene Geräte zum Testen, 3D-Drucken, etc. zur Verfügung gestellt. Wir möchten uns auch bei der Robert Bosch GmbH für das Sponsoring des Bauteils BNO055 und bei ROBOY für die Bereitstellung der ToF-Kamera bedanken. Wir sind Mizuki Lab Equipment sehr dankbar für den Sicherheitsbericht. Des Weiteren danken wir dem Lehrstuhl für Entwurfsautomatisierung an der Technischen Universität München für die freundliche Unterstützung durch die Bereitstellung einiger Entwicklungskits. Ohne die Unterstützung durch unsere Sponsoren hätten wir das Projekt nicht durchführen können.

4.3 Sonstige

Wir haben einen Artikel auf LinkedIn hochgeladen, in dem wir den COSIMA-Wettbewerb und unser Produkt vorstellen. Bisher haben wir schon viele Rückmeldungen bekommen. Außerdem ist das soziale Netzwerk SINO 40 auf uns aufmerksam geworden, derzeit sind wir in Kontakt mit dem Unternehmen, und planen ein Interview. Die Plattform SINO 40 ist ein soziales Medium, das sich auf chinesische und deutsche kleine und mittlere Unternehmen und Startups konzentriert. Wir glauben, dass dieses Interview unser Produkt einem breiteren Publikum bekannt machen wird, so dass wir mehr Unterstützung bekommen und unser Produkt weiter verbessern können.

5. Ausblick

5.1 Hardware

In der aktuellen Version des V-Feel-Systems verwenden wir eine 3.7V, 300mAh-Lithium-Batterie, um die zentrale Recheneinheit zu versorgen. Aus diesem Grund ist die Energieversorgung nicht optimal und kann optimiert werden. Wir können auch andere Elemente mit geringerem Energieverbrauch verwenden. Auf diese Weise kann die Batterie länger genutzt werden.

5.2 Software

In der Testphase des Prototyps haben wir bemerkt, dass die Texterkennung noch nicht schnell genug ist. In Durchschnitt kostet es 3 bis 4 Sekunden CPU-Zeit, um den Text aus einem Bild zu extrahieren. Gleichzeitig kosten die Handerkennung und Objekterkennung nur ca. 0,3 bis 0,5 Sekunden. Nach unseren Anforderungen sollte die Verarbeitung eines Bildes kürzer als 1 Sekunde dauern. Bei Verzögerungen unter 1 Sekunde spürt der Benutzer keine nennenswerte Verzögerung bei der Verwendung der Smart-Brille. Deswegen müssen wir noch einen Algorithmus implementieren, damit das Bild zuerst in verschiedene Stücke geschnitten wird, bevor der Texterkennung angewendet wird. Die Teile ohne Text werden weglassen und das System versucht Texte nur in solchen Stücken zu erkennen. Dadurch wird die Bearbeitungszeit deutlich reduziert.

5.3 Weiter Anwendungsmöglichkeit

Obwohl wir unser Produkt für Sehbeeinträchtigte entwickelt haben, ist es auch möglich, das Armband und die Brille in einem Roboter eingesetzt werden. Das Grundprinzip ist das gleiche. Wenn die integrierten Sensoren ein Hindernis erkennen, gibt das Armband eine Rückmeldung. Die Smart-Brille versorgt den Roboter mit Informationen über das Objekt, das sich vor ihm befindet. Mit vordefinierten Zielen kann der Roboter zu seinem Ziel geführt werden. Schlussendlich gibt es noch viele Anwendungsmöglichkeiten, die noch darauf warten, entdeckt zu werden.

Referenzen

- [1] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- [2] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5820628/>
- [3] <https://cordis.europa.eu/article/id/411423-visually-impaired-unemployment-rate-set-to-reduce-in-europe/de>
- [4] [https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370\(21\)00132-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(21)00132-2/fulltext)
- [5] <https://www.coherentmarketinsights.com/market-insight/vision-impairment-market-4337>
- [6] <https://www.zippia.com/esight-careers-1401766/revenue/>
- [7] <https://growjo.com/company/Orcam>

Anhang 1 Algorithmus des Armbands

Der Algorithmus des Armbands ist wie folgt:

1. Die ToF-Sensoren aus der Gruppe 1 messen kontinuierlich die Objekte in der Umgebung von dem Arm. Falls ein Objekt in den Bereich von 10 mm bis 150 mm um Sensoren eintritt, vibriert der richtungszugehörige Exzenter-Motor mit einer Stärke, die antiproportional zur Entfernung ist. Alle Exzenter-Motoren werden mit PWM-Signalen betrieben. Auf der linken und rechten Seite des Arms befinden sich jeweils zwei ToF-Sensoren.

2. ToF-Sensoren aus der Gruppe 2 detektieren Objekte in Richtung des und vor dem Arm. Der aktive Messbereich beträgt zwischen 200 mm und 600 mm. Für die Messung der Sensoren in dieser Gruppe haben wir einen Objektverfolgungs-Algorithmus entwickelt. Die Objektverfolgung wird durch die folgenden Schritte realisiert:

- ✧ Am Anfang wird ein $7 * 7$ Gitternetz erzeugt. In jedem Kästchen wird der initiale Abstand als „NAN“ eingetragen.
- ✧ Nach der initialen Messung liefern die ToF-Sensoren aus der zweiten Gruppe den Abstand zum Objekt an der Vorderseite. Wenn der Abstand zwischen 200 mm und 600 mm beträgt, wird dieser Abstand im Zentrum des Gitternetzes eingetragen (s. Abb. 9, bei „A“ wird der Abstand eingetragen). In diesem Fall befindet sich vor dem Arm ein Objekt und die linken und rechten Exzenter-Motoren vibrieren alternierend. Wenn der Abstand nicht im Bereich von 200 mm bis 600 mm ist, bleibt der Wert „NAN“ und Vibratoren geben kein Feedback.

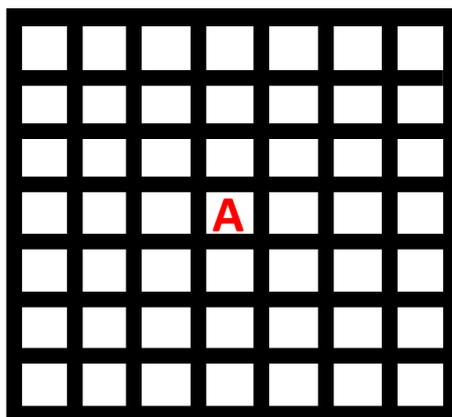


Abbildung 10. $7*7$ Gitternetz für Objektverfolgung

- ✧ In der nächsten Messphase wird die Bewegung nach links, rechts, oben oder unten aus der Beschleunigung der x- und y- Achse des Gyroskops berechnet. Es entsprechen 10 cm Abstand einem Kästchen, und das Vorzeichen entspricht der Richtung.

Bewege jetzt den Fokuspunkt A in die Richtung und den Abstand, die durch das Gyroskop ausgerechnet werden. Der neu ausgelesene Abstand des ToF-Sensors wird an der neuen Stelle von „A“ eingetragen (A_2). Die Abbildung 10 zeigt eine Bewegung von jeweils 10 cm nach links und oben.

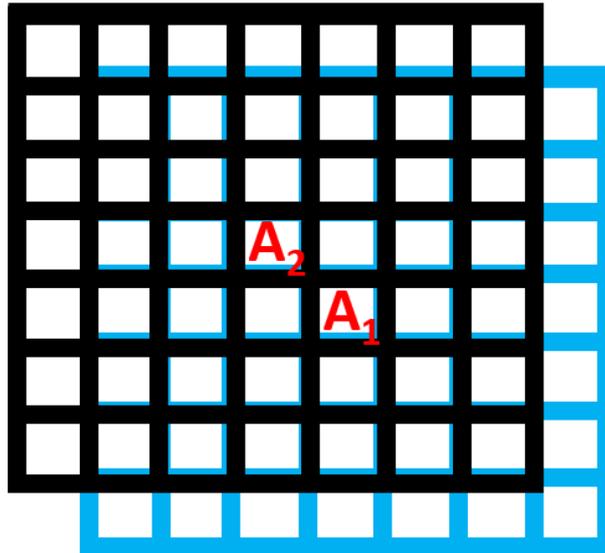


Abbildung 11. Bewegung des Gitternetzes einen Schritt nach links oben.

- ✧ In der nächsten Messphase werden die überlappenden Einträge aus dem alten Gitternetz (blau) in das neue Gitter (schwarz) kopiert, nicht jedoch der Wert A_2 . Das Restkästchen in dem neuen Gitter (schwarz) wird als „NAN“ eingetragen.
 - ✧ Feedback Fallunterscheidung:
 - i. Ist $A_2 > A_1$ ist, bedeutet das, dass das nächstgelegene Objekt noch dasselbe ist, welches in der vorherigen Messphase entdeckt wurde. In dem oben abgebildeten Fall ist A_1 auf der rechten Seite von A_2 und nur der rechte Exzenter-Motor vibriert. Wenn A_2 auf der rechten Seite von A_2 und $A_2 > A_1$, dann wird nur der linke Exzenter Motor aktiviert.
 - ii. Wenn $A_2 < A_1$ ist, bedeutet das, dass das nächstgelegene Objekt ein neu entdecktes Objekt ist. In diesem Fall werden der linke und rechte Exzenter-Motor alternierend angesteuert. Das bedeutet, das Objekt ist vor dem Arm.
- Je nach dem Abstand bzw. der Anzahl der Quadrate wird der Exzenter-Motor mit verschiedener Stärke vibrieren. Mit diesem Algorithmus ist es möglich, dass das Armband das zuletzt gefundene Objekt verfolgt oder den Benutzer über dessen Anwesenheit, Abstand und Richtung informiert.
4. Wenn sich der Ortungs-Tag in einem Abstand, der kleiner als ein Grenzwert ist, liegt, dann fangen die zwei Exzenter-Motoren an zu vibrieren.

Anhang 2 – Schaltbild der Smart Brille

V-FEEL

