voice INTER connect

Schlussbericht zum Verwendungsnachweis

KARE 16SV8809

Sachnummer: 5-9016-00-05-01

KI-gestützte Assistenz zur hybriden Interaktion für die häusliche Pflege (KARE)

Zuwendungsempfänger: **voice INTER connect GmbH**	Förderkennzeichen: **16SV8809**
Projektleiterin: **Marion Fischer**	Tel.: **+49 351 407 526 72**
Laufzeit des Vorhabens: von: **01.02.2022** bis: **31.01.2025**	Fax: **+49 351 407 526 55**
Berichtszeitraum des Vorhabens: von: **01.02.2022** bis: **31.01.2025**	E-Mail: **post@voiceinterconnect.de**

Inhaltsverzeichnis

1 Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse....3
1.1 AP 1: Bedarfserhebung und Konzeption....4
1.1.1 AP1.4: „Technische Konzeption“....4
1.1.2 AP1.5: „Datenerhebung und Annotation“....6
1.2 AP 2: Visuelle und akustische Perzeption....8
1.2.1 AP2.3: „akustische Lokalisierung“....8
1.2.2 AP2.4.1: „akustische Szenenanalyse 1“....9
1.2.3 AP2.4.2: „akustische Szenenanalyse 2“ + AP2.4.3: „akustische Szenenanalyse 3“....10
1.2.4 AP2.5: „Multiple Hotword Erkennung“....14
1.3 AP 5: Erweiterung Perzeptionssystem....16
1.3.1 AP5.3: „Integration Perzeptionsmodule“....16
1.3.2 AP5.4: „Thermisch-mechanisches Konzept“....18
1.3.3 AP5.5: „Integration“....20
1.4 AP6: Systemintegration....23
1.4.1 AP6.1: „KARE Netzwerk“....23
1.4.2 AP6.5: „Test der Integrationsplattform“....23
1.5 AP7: Hybride Assistenz....24
1.5.1 AP7.2: „Assistenz im Telepräsenz-Modus“....24
1.5.2 AP7.3: „Autonome Assistenz“....24
1.6 AP8: Implementierung und Evaluation des Versorgungarrangements....26
1.6.1 AP8.3: „Feldtest und Datenerhebung“....26
2 Vergleich des Vorhabenstands mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung....27
2.1 Vergleich mit ursprünglicher Arbeitsplanung....27
2.2 Vergleich mit ursprünglicher Zeitplanung....28
2.3 Vergleich mit ursprünglicher Kostenplanung....28
3 Änderungen der Aussichten für die Zielerreichung gegenüber ursprünglichem Antrag....28
4 F&E-Ergebnisse Dritter, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind....28
5 Notwendige Änderungen in der Zielsetzung....28
6 Fortschreibung des Verwertungsplans....29
6.1 Erfindungen/Schutzrechte Anmeldungen, Erteilungen, Inanspruchnahmen, Verwertungen und Verwertungsmöglichkeiten....29
6.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)....29
6.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)....29
6.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse....29

© voice INTER connect 2023

1 Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse

Das Konsortium hat sich etwa halbjährlich in Präsenz zu Konsortialtreffen getroffen (noon-to-noon) und darüber hinaus online in etwa sechswöchigen Regeltreffen. Für die inhaltliche Bearbeitung wurden die drei Arbeitsgruppen (AGs) „Perzeption“, „Interaktion“ und „System“ gebildet. Je nach Themen hat VIC sich an den Arbeitstreffen beteiligt, wobei der Fokus im Berichtzeitraum auf der Perzeption lag. In Rahmen der AGs wurden die inhaltlichen Arbeiten i.d.R. in einem zweiwöchentlichem Rhythmus in online-Meetings abgestimmt und die gemeinsamen Arbeitspakete koordiniert.

Abbildung 1: Foto Projekttreffen 26./27.07.2022 in Reutlingen

Im Folgenden sind die wesentlichen Arbeitsergebnisse der Arbeitspakete dargestellt.

© voice INTER connect 2023

1.1 AP 1: Bedarfserhebung und Konzeption

1.1.1 AP1.4: „Technische Konzeption“

Im Dialog mit den Konsortialpartnern erfolgte unter Auswertung der in AP1.2 erhobenen Bedarfe unter den Randbedingungen der in AP 1.3 entwickelten Szenarien eine technische Spezifikation der auditiven Anforderungen. Die auditive Sensoreinheit wurde so konzipiert, dass sie eine Personenlokalisierung im Raum ermöglicht, sowie Geräusche und bestimmte Wörter (Hot-Words) erkennt und klassifiziert. Als 3D Audiosensor dient dabei ein Mikrofonarray samt Verarbeitungseinheit, die eine embedded Personenlokalisierung sowie eine Weiterleitung der Informationen an das Gesamtsystem ermöglicht. Für rechenintensivere 3D Audioalgorithmen auf DNN-Basis wurde ein Edge-KI-Server vorgesehen (siehe Kapitel 1.2.4).

Der Systemaufbau des Gesamtsystems sieht vor, Perzeptionsergebnisse der akustischen Situationserkennung für die Stützung der Visuellen/3D-Situationserkennung und umgekehrt zu nutzen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse erkannter Geräusche, Wörter, Posen, Aktivitäten und Gesten von einer multi-modalen Aktivitätserkennung genutzt, um qualitativ höherwertige und detailliertere Aktivitätsinformation zu liefern. Den übrigen KARE-Systemkomponenten stehen die Daten aller Perzeptionsmodule über die entsprechenden Benachrichtigungsdienste zur Verfügung. Als Schnittstelle für sämtliche Kommunikation zwischen den Komponenten wurde Ethernet definiert. Um einen kompakten Sensor aus auditiver und visueller Einheit zu ermöglichen, wurde gemeinsam mit den Partnern als Einbauposition die Zimmerdecke mittig im Raum festgelegt (siehe Kapitel 1.1.2).

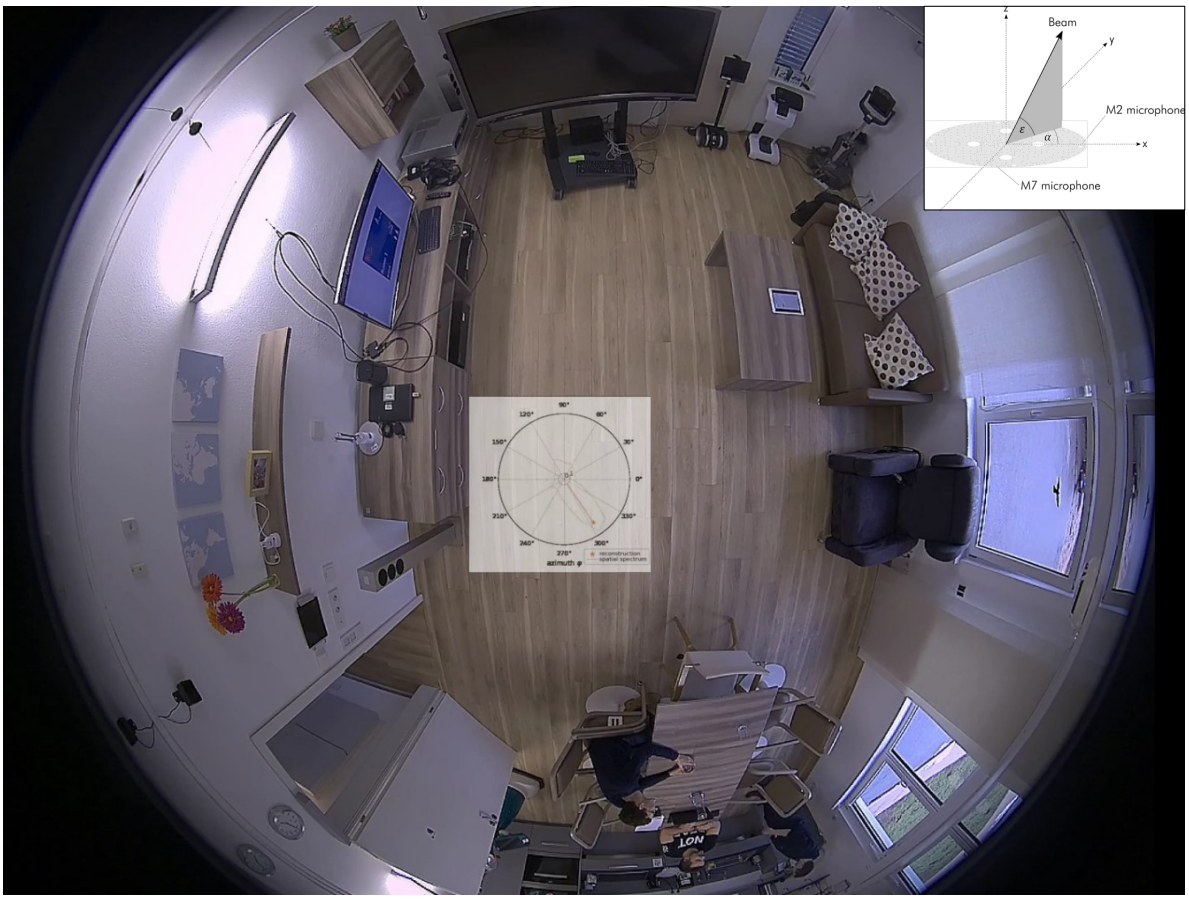

Abbildung 2: akustische Personenlokalisierung

© voice INTER connect 2023

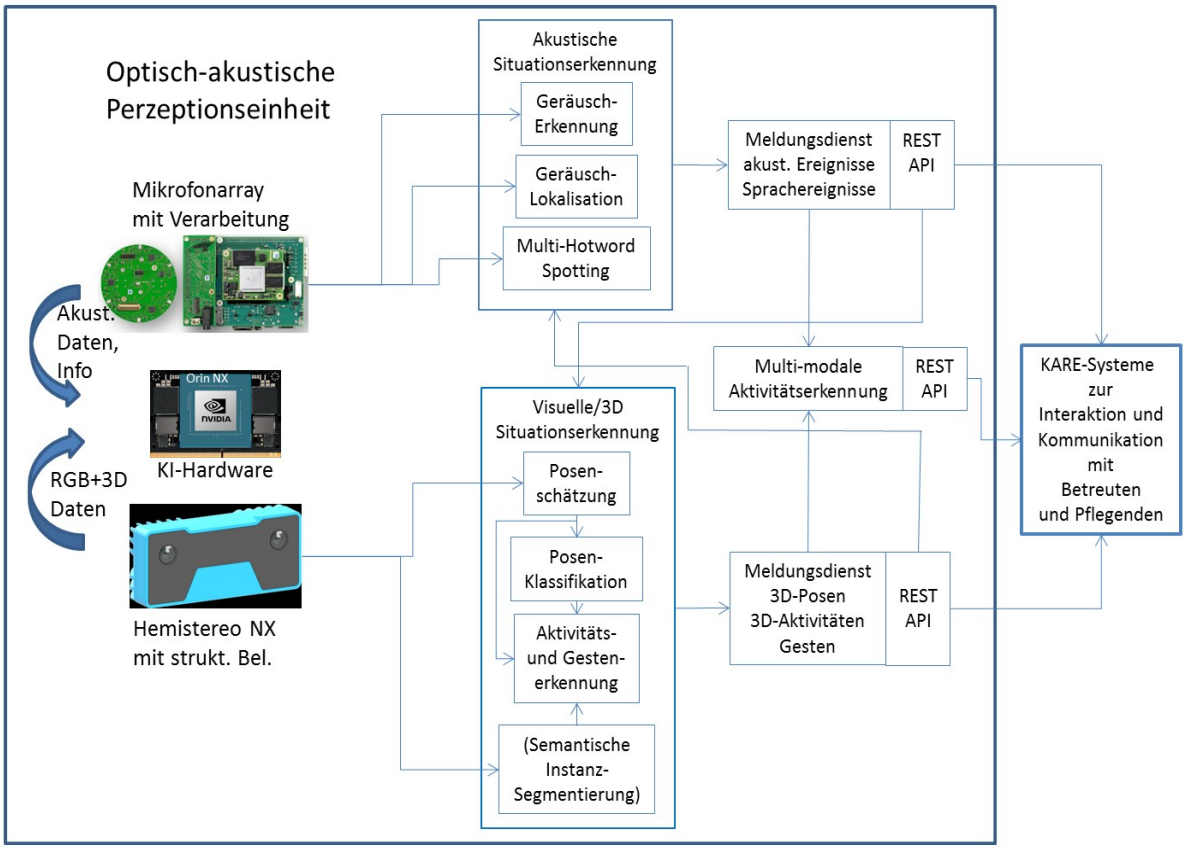

Abbildung 3: Systemaufbau der optischen und akustischen Sensoreinheit

In den abschließenden Arbeiten dieses Arbeitspaketes fand die Definition des Schnittstellen-/Nachrichtenprotokolls im Dialog mit den Konsortialpartner innerhalb der KARE Arbeitsgruppe AG Perzeption statt. Dabei wurde beschlossen, dass die in Abbildung 14 dargestellten Systemkomponenten auf dem Server mittels MQTT kommunizieren. Dieses Netzwerkprotokoll bietet u.a. die Möglichkeit, Daten im Json-Format (siehe Abbildung 4) zu übertragen, damit Perzeptionsergebnisse ausgetauscht werden können. Damit ist gegeben, dass Daten der akustischen Situationserkennung für die Stützung der Visuellen/3D-Situationserkennung und umgekehrt genutzt werden können. Darüber hinaus werden die Ergebnisse erkannter Geräusche, Wörter, Posen, Aktivitäten und Gesten der multi-modalen Aktivitätserkennung (HKA Datenfusion) zur Verfügung gestellt, um qualitativ höherwertige und detailliertere Aktivitätsinformation zu erhalten. Die Konzepterstellung wurde damit finalisiert. Das Arbeitspaket wurde abgeschlossen. MS 1.1 (Konzepterstellung) und MS 1.2 (Erste Datenaufnahme) wurden erreicht.

© voice INTER connect 2023

```
% JSON ASL example
{
"target_pos_cart": {
        "x": 0.9659258127212524,
        "y": 0.0,
        "z": 0.258819043636322
        },
"target_pos_sphere": {
        "azimuth": 270.0,
        "elevation": 15.0,
        "r": 1.0
        },
"time": 1702390443938
}
```

Abbildung 4: Beispielnachricht im Json-Format

1.1.2 AP1.5: „Datenerhebung und Annotation“

Im Rahmen von AP1.5 wurde die Vorbereitung zur Erhebung und Annotation von akustischen und visuellen Daten getroffen. Die Aufzeichungen erfolgten im Future Care Lab der Hochschule Furtwangen. An dem Teilarbeitspakt waren diverse Partner mit umfänglichen Beiträgen beteiligt. VIC hat innerhalb der KARE Arbeitsgruppe AG Perzeption bei der Spezifikation der UseCases und Szenarien für die Trainings- und Testdatensätze mitgewirkt und maßgeblich das Drehbuch für die Aufnahmen der Datensätze an der HFU mit erstellt. VIC hat die Szenarien entsprechend der Perzeptionsanforderungen evaluiert und priorisiert.

VIC entwickelte eine prototypische Sensorplatte, welche die Audio- und Videoeinheit vereint. Die Bauform wurde speziell an die Gegebenheiten des Future Care Labs angepasst. Die Installation und Inbetriebnahme des Sensors sowie die Durchführung der Datenaufzeichnung unterstützte VIC technisch.

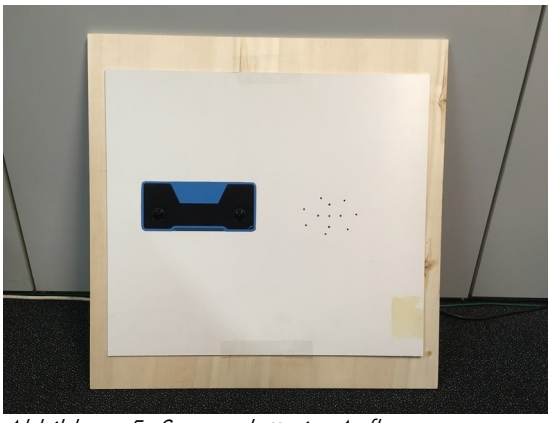

Abbildung 5: Sensorplatte im Aufbau

© voice INTER connect 2023

Abbildung 6: Aufnahmen aus dem Future Care Lab mit der prototypischen Sensorplatte

Die Absprachen zur Datenverwaltung als auch zum Thema Datenschutz fanden unter Beteiligung von VIC statt. Abschließend wurden die erhobenen Audiodaten annotiert. Vor allem dienten sie als Testdaten für die Erkennungsalgorithmen des Audiomoduls. Mit Hilfe der Daten konnten Schwachstellen identifiziert werden, die vor allem bei der Geräuschklassifizierung eine Rolle spielten. Ein weiterer Schwerpunkt wurde auf die gemeinsame Kalibrierung zwischen Audio- und Videolokalisierung gelegt (Abbildung 7). VIC unterstützte die HKA bei der Entwicklung eines gemeinsamen Koordinatensystems. Das Arbeitspaket wurde abgeschlossen.

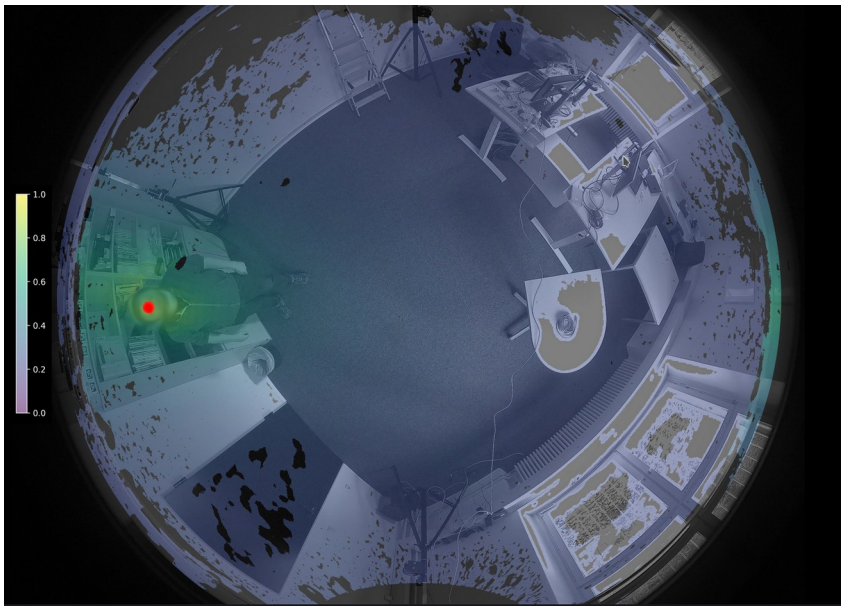

Abbildung 7: Kalibrierung von Audio- und Videolokalisierung

1.2 AP 2: Visuelle und akustische Perzeption

1.2.1 AP2.3: „akustische Lokalisierung“

Im Rahmen des AP2.3 wurden Arbeiten zur akustischen Lokalisierung von akustischen Quellen (Position von Sprechern und Störquellen im Raum) durchgeführt. Auf Grund von fehlender Zulieferung passender Algorithmen zur akustischen Lokalisierung des Partners HKA entschied sich VIC nach einiger Verzögerung, eigene Algorithmen zu entwickeln und zu verwenden. Hierbei wurden zum einen Algorithmen als Simulation implementiert (Array-Processing, Beamforming, ASL). Zum anderen wurden diese Algorithmen auf eine embedded Plattform portiert. Beides diente als Basis für die Datenerhebung unter AP1.5.

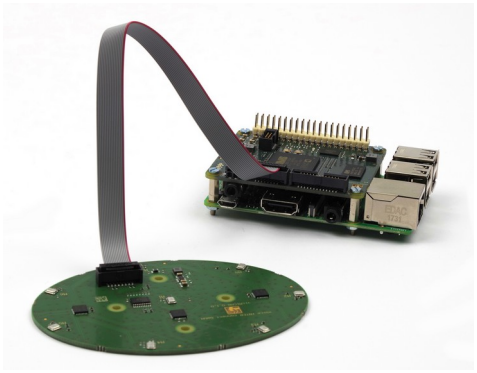

Abbildung 8: Mikrofonarray samt Verarbeitungseinheit

Die abschließenden Arbeiten am AP2.3 beinhalteten hauptsächlich die Anpassung der Lokalisierungsalgorithmen von VIC an das geplante Demonstratorszenario. Die geplanten Algorithmen des Partners HKA flossen aus Zeitgründen nicht in den Demonstrator ein. Ebenfalls fand eine Portierung der angepassten Algorithmen auf embedded-Ebene statt, um zukünftig eigenständige Audiolokalisierungssysteme unterstützen zu können. Das Arbeitspaket wurde abgeschlossen.

© voice INTER connect 2023

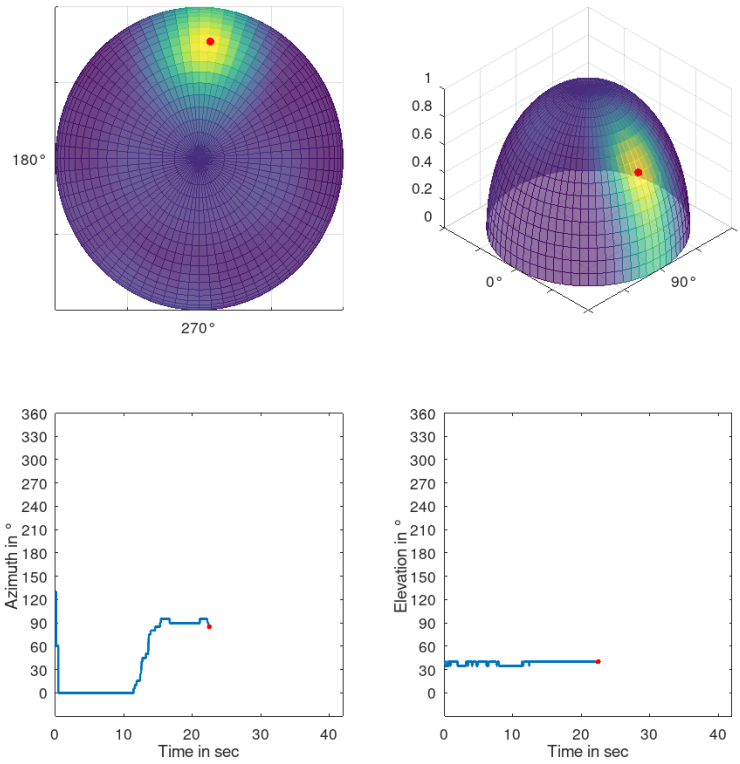

Abbildung 9: Darstellung der akustischen Lokalisierung

1.2.2 AP2.4.1: „akustische Szenenanalyse 1“

Das Optimieren und Trainieren von Algorithmen zur Erkennung von Geräuschen unter Bezugnahme der Position fand im Rahmen des AP2.4.1 statt. Hierfür wurde ein sogenanntes MCD (Multi-Stage Complex Deep Net) entwickelt – ein Neuronales Netz, welches bei entsprechenden Trainingsdaten in der Lage ist, bestimmte Geräusche von Sprache zu unterscheiden und diese zu klassifizieren. Die entsprechenden Trainingsdaten wurden ebenfalls selbst erzeugt bzw. aus für Forschungszwecke frei verfügbaren Geräuschdatenbanken extrahiert. Es fand weiterhin eine umfangreiche Dokumentation des Verfahrens statt. Für Demonstrationszwecke wurde eine Applikation entwickelt.

Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

© voice INTER connect 2023

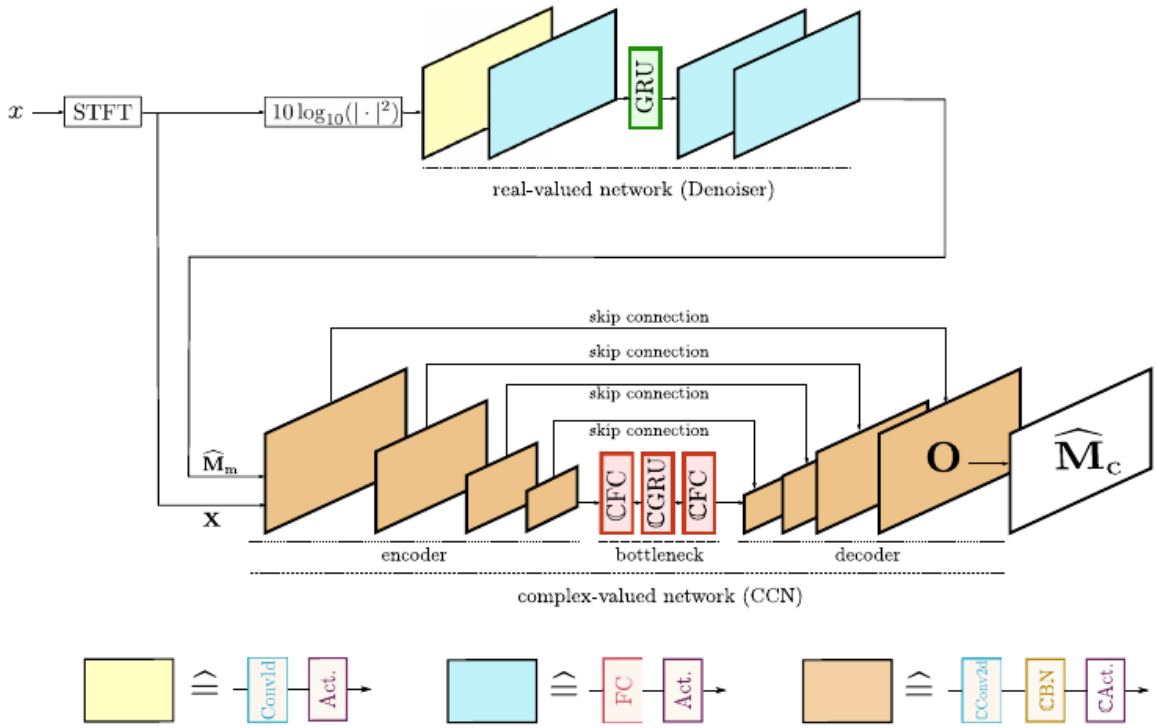

Abbildung 10: MCD-Architektur

1.2.3 AP2.4.2: „akustische Szenenanalyse 2“ + AP2.4.3: „akustische Szenenanalyse 3“

Im Rahmen des 4. Konsortialtreffens hat sich das Konsortium auf einen gemeinsamen Anwendungsfall “Hitze-Gefahrenabwehr” verständigt und es wurde im Folgenden eine User Story entwickelt. Auf der User Story aufbauend wurde im Diskurs mit allen interdisziplinären Projektpartnern der Use Case “Hitze-Gefahrenabwehr” (vgl. Abbildung 11) mittels eines Ablaufdiagramms konkretisiert. Hierbei wurden verschiedene Abläufe des Anwendungsfalls berücksichtigt. Das Konsortium hat beschlossen, diesen Use Case durch einen Demonstrator abzubilden. Darauf aufbauend wurden die verschiedenen Module der akustische Szenenanalyse weiterentwickelt, angepasst, evaluiert und optimiert.

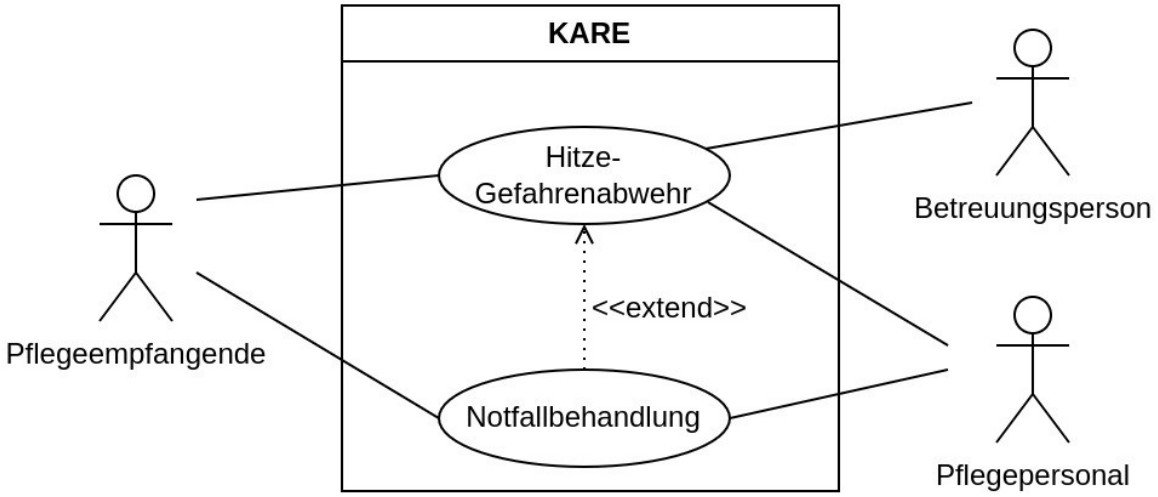

Abbildung 11: Use Case Diagramm zum Thema Hitzeschutz

Aus Kosten- und Performancegründen wurde innerhalb dieser APs beschlossen, die komplette akustische Szenenanalyse („VIC Audioverarbeitung“) auf einen lokalen Server (vgl. Abbildung 14) auszulagern. Dies vereinfacht die Kommunikation der Module untereinander und bietet die Möglichkeit, mehrere Demonstratoren bzw. zukünftige Wohneinheiten auf einer Recheneinheit zu verarbeiten.

Unter Abbildung 12 sind die einzelnen Module der akustischen Szenenanalyse abgebildet, die im Demonstrator zusammenspielen. Die Kommunikation der Module untereinander erfolgt über die Nachrichtenaustauschbibliothek ZMQ. Die Kommunikation zum KARE-System findet dann mittels MQTT statt. Folgende Module sind an der akustischen Szenenanalyse beteiligt:

- Audio Acquisition Node:
  - Audiostreaming vom Audiodevice
  - Streaming von mehrkanaligem Audio vom Audiodevice (MCHStreamer+vicMICM8-Array) frameweise via ZMQ an den ZMQ Proxy im Protocol-Buffers-Format (protobuf-Format)
- Sound Localization Node:
  - Steuerung der Signalverarbeitungsalgorithmen (Beamformerprozessor und ASL)
  - Eingangsdaten: mehrkanalige Audioframes vom Audio Acquisition Node
  - Ausgangsdaten: gebeamformtes Signal + mehrkanaliges Audio (über ZMQ); ASL-Koordinaten (über MQTT) für die Verifikation der Posenschätzung
- Beamformerprozessor:
  - Verwaltung vom Beamformer und Signalvorverarbeitung (FFT, IFFT, WOLA)
  - Beamformerausrichtung abhängig von der pflegenden Person im Raum, um somit gezielte Aussagen wie z. B. Hilferufe zu erfassen und ggf. Störquellen aus anderen Richtungen zu minimieren -> wird über die Keypoint-Koordinaten der Posenschätzung bestimmt (MQTT)
- ASL (Automatic Source Localization):
  - Automatische Quellenlokalisation
  - Schätzung der Richtung der lautesten Quelle im Raum aus den mehrkanaligen Signalen
- SED (Sound Event Detection) Node:
  - DNN-basierter Soundklassendetektor

© voice INTER connect 2023

- nutzt aktuell das gebeamformte Signal (ZMQ)
- Soundklassen:
  - Sprache
  - Stille
  - Wasser (Wasserhahn, Wasser ins Glas einschenken)
  - Geschirr (Klappern mit Geschirr oder Gläsern)
  - Verpackung (Knistern)
  - Husten, Niesen
  - Musik
  - Alarm
  - Fenster (öffnen, schließen)
  - Sonstiges
- trainiertes DNN: YAMNet

- ASR (Automatic Speech Recognition) Node:
  - Wrapper Node für vicDM Dialog Manager
- vicDM Dialog Manager:
  - Dialog Manager für Keyword- und Spracherkennung
  - Eingangsdaten: einkanaliges Audiosignal vom ASR Node (ZMQ)
  - Ausgangsdaten: Ergebnis der Spracherkennung (MQTT)
- ZMQ Proxy:
  - ZeroMQ Proxy zum Empfangen und Weiterleiten von Daten (VIC-Intern)
- MQTT Broker
  - MQTT Broker zum Empfangen und Weiterleiten von Daten (KARE-Schnittstelle)
  - Übertragung der Daten im Json-Format

© voice INTER connect 2023

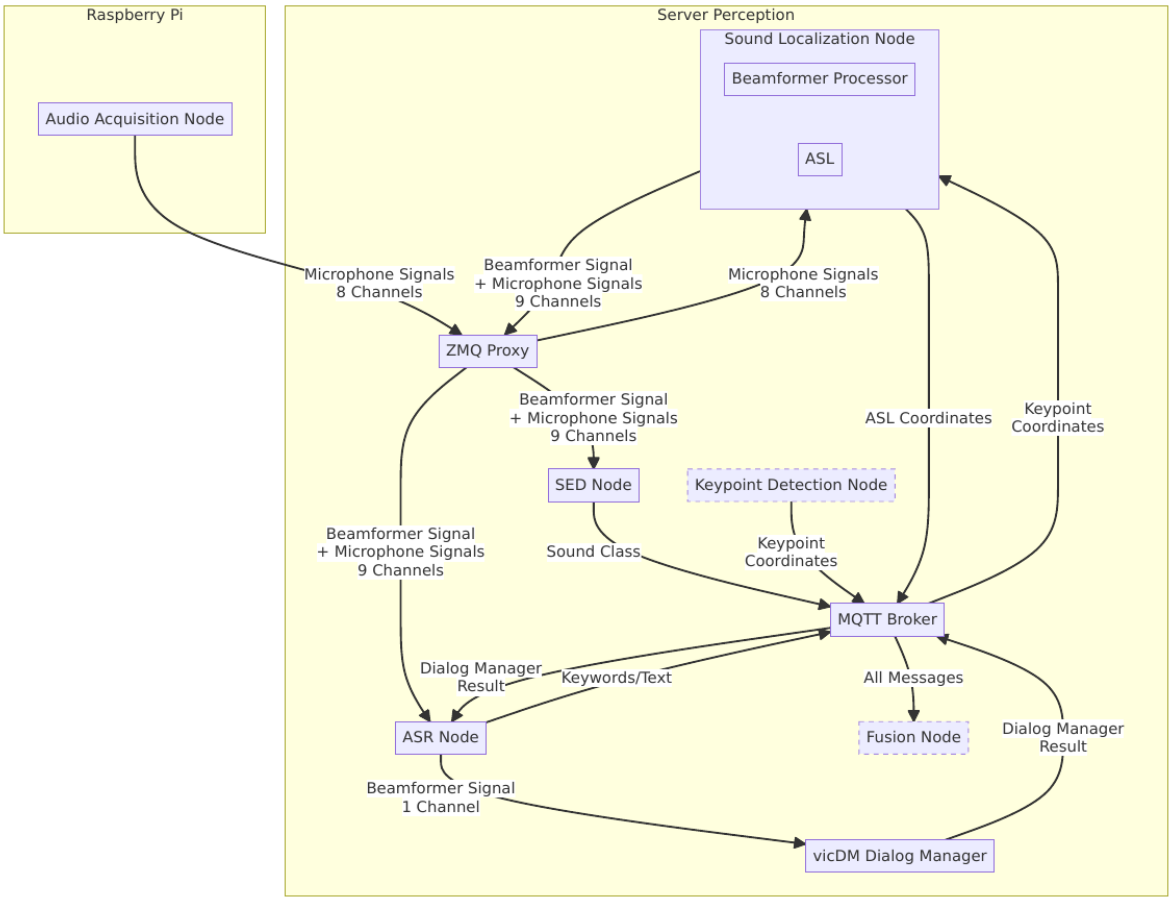

Abbildung 12: Übersicht der Hardware- und Softwaremodule und deren Kommunikation

Beim SED Node wurde aus Zeitgründen auf das bereits vortrainierte DNN „YAMNet“ für die Demonstratorapplikation zurückgegriffen. Parallel dazu wurde ein eigenes DNN (vgl. Abbildung 13) mit Daten trainiert, wobei die Datenbasis noch unzureichend ist. Es kam deshalb häufiger zu Fehldetektionen.

© voice INTER connect 2023

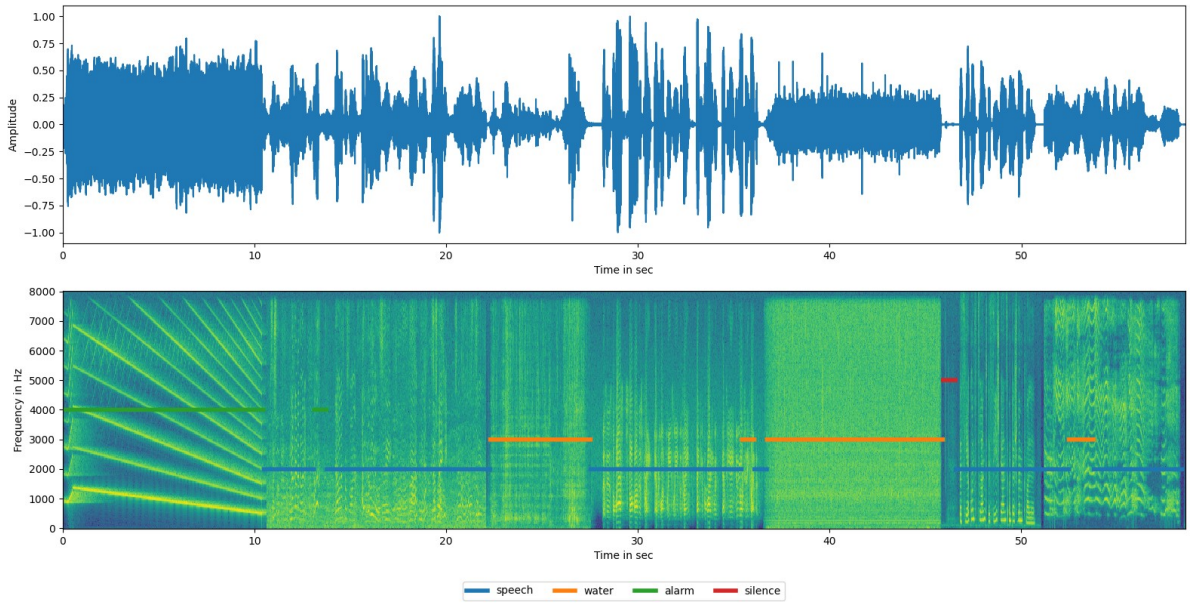

Abbildung 13: Ergebnisse des von VIC trainierten Soundklassendetektors

Das AP2.4.2 und das AP2.4.3 wurden abgeschlossen. MS 2.1 (Perzeptionsalgorithmen) und MS 2.2 (Algorithmen optimiert und evaluiert) wurden erreicht.

1.2.4 AP2.5: „Multiple Hotword Erkennung“

Die Bearbeitung des AP2.5 hatte sich auf Grund konzeptioneller Änderungen zeitlich nach hinten verlagert. Die ursprüngliche Idee, die Hot-Word-Erkennung auf dem Embedded Sensor System bereitzustellen, wurde aus softwarearchitektonischen und ökonomischen Gründen verworfen. Statt dessen sollte es für alle angeschlossenen Sensoren einen „Akustikserver“ geben, der neben der Hot-Word-Erkennung auch das rechenintensive Verfahren zur Geräuscherkennung bearbeitet (siehe Kapitel 1.2.2). Somit ist es möglich, den Server für mehrere Wohneinheiten zu nutzen und ihn damit optimal auszulasten. Der Vorteil der nachgelagerten Bearbeitung des AP2.5 ist, dass die inzwischen erreichten Ergebnisse der HKA in diesem Arbeitspaket direkt mit einfließen können.

Wie bereits in Abschnitt 1.2.3 erläutert, wurden die Grundlagen für einen „Akustikserver“ geschaffen. Dessen Bestandteil ist auch die „Multiple Hotword Erkennung“. Zum einen dient die *ASR* samt *vicDM Dialog Manager* als auch der DNN-basierter Soundklassendetektor der Erkennung von relevanten Wörtern. Erkannte Intents, abgeleitet aus den Hotwords, werden über MQTT an das KARE-System zur Weiterverarbeitung weitergeleitet.

Gemeinsam mit der HKA einigte sich VIC basierend auf dem Use Case “Hitze-Gefahrenabwehr”auf mögliche Hotwords. Dies sind z.B. „Hilfe“, „Arzt“, „Ja“, „Nein“, „Notfall“, „Hitze“. Um diese Hotwords erkennen zu können, wurden geeignete Sprachmodelldaten selektiert. Diese Art von Erkennung ist in jedem Fall für einen Einsatz auf einem Embedded System geeignet.

Zum anderen entschied sich VIC für eine erweiterte Hotworderkennung, das sogenannte „Wordspotting“. Unter Verwendung eines NLU-Sprachmodells (Natural-Language Understanding) ist es möglich, Hotwords in normale Sprache/Äußerung einzubetten. In Tabelle 1 ist dies beispielhaft gezeigt.

© voice INTER connect 2023

Tabelle 1: Beispiel für eine NLU-basierte Spracherkennung

Äußerung	Intent	Slot	Value
„Ich brauche einen Arzt.“	Notruf	#HOTWORD	Arzt
„Das ist korrekt.“	Bestätigung	#HOTWORD	korrekt

Diese Arten von Hotworderkennung sind allerdings mit vielen „False-positive“-Erkennungen verbunden, denn das System würde ggf. bei jeder Äußerung mit dem Wort „Arzt“ einen Notruf auslösen. Um dies zu verhindern, wurde das NLU-Sprachmodell mit weiteren Kontextdaten trainiert, damit je nach Situation zwischen „Notfall oder „kein Notfall“ unterschieden werden kann. Das trainierte Sprachmodell wurde bei VIC in mehreren Iterationen getestet und optimiert. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

© voice INTER connect 2023

1.3 AP 5: Erweiterung Perzeptionssystem

1.3.1 AP5.3: „Integration Perzeptionsmodule“

Innerhalb des Arbeitspaketes 5.3 wurde gemeinsam mit den Konsortialpartnern 3DVL, inferics und der HKA das systemische Konzept zur Integration der Video- und Audio-Perzeption in das KARE System erarbeitet:

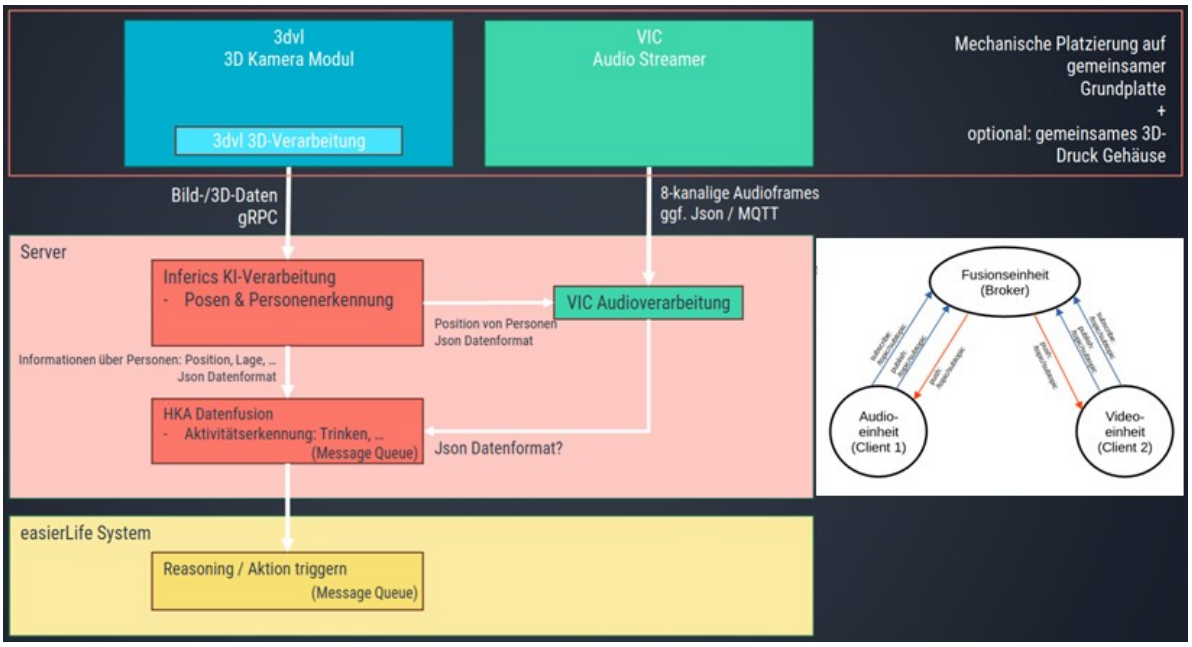

Abbildung 14: Systemkonzept zur Integration der Perzeptionsmodule

Hierbei wurde der Schwerpunkt auf eine möglichst große Modularität gelegt, damit die einzelnen Systemkomponenten auf dem Server unabhängig von den anderen noch optimiert und ausgebaut werden können. Dabei war es unumgänglich, ein gemeinsames Interface zu definieren. Wie bereits in Abschnitt 1.1.1 erwähnt, wurde hierfür MQTT gewählt.

Des Weiteren wurde auf eine weitere mechanische Verknüpfung der beiden Sensoren (3D Kamera, Mikrofonarray) verzichtet, um eine zukünftige Einzelnutzung zu gewährleisten. Lediglich die mechanische Fixierung auf der Sensorplatte wurde für Demonstratorzwecke beibehalten. Zukünftig ist allerdings eine separate Platzung sinnvoll, wie unter Abschnitt 1.6.1 begründet.

Das Perzeptionssystem besteht im Wesentlichen aus 3 Teilen:

- Separates 3D-Video Perzeptionsmodul und separates Audio-Perzeptionsmodul zusammen montiert auf einer gemeinsamen mechanischen Halterung
- Separater „Fusion-Server“ zur KI-basierten Datenverarbeitung von Audio und Video sowie einer Fusion beider Datengrundlagen
- Anbindung an das EasierLife System

Das in Abbildung 14 als „VIC Audioverarbeitung“ bezeichnete Modul wurde unter Abschnitt 1.2.3 bereits näher beschrieben. Ergebnisse dieses Moduls stehen sowohl der Inferics KI-Verarbeitung als auch der HKA Datenfusion zur Verfügung.

Anschließend wurde die Umsetzung des Konzeptes realisiert. VIC lieferte das unabhängige Software-Modul für die Audio-Perzeption. Bei der Integration der Perzeptionsmodule standen neben der Kommunikation über MQTT auch die Kalibierung, Netzwerkkonfiguration und der Zeitabgleich im Mittelpunkt.

© voice INTER connect 2023

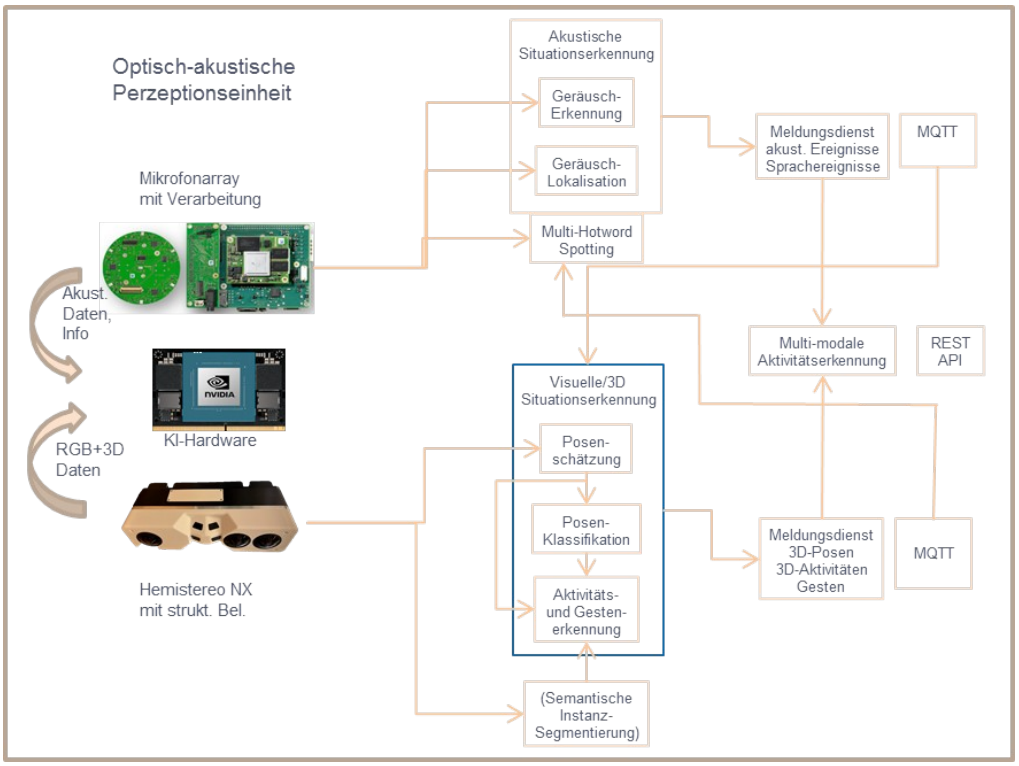

Abbildung 15: Perzeptionseinheit und deren Datenflüsse

Das Konsortium hatte sich auf einen Demonstrator zum Thema „Hitzeschutz" verständigt. Für die Realisierung sollte an der Hochschule Karlsruhe der Audio-/Videosensor in einem Testraum installiert werden. Nähere Informationen hierzu sind unter Abschnitt 1.3.3 nachzulesen. Vorbereitend dazu richtete VIC einen Edge-Server ein, auf dem alle Prozesse unabhängig voneinander installiert werden können.

Um die MQTT-Kommunikation zu gewährleisten, schlug VIC die notwendige Netzwerkkonfiguration aller Module vor und erprobte diese im Vorfeld. Ebenfalls wurde von VIC ein Zeitserver zur Verfügung gestellt, worauf sich sowohl das Kamera-Modul als auch das Audio-Modul synchronisieren konnten. Dies war eine grundlegende Voraussetzung, damit die Daten korrekt verarbeitet werden konnten.

© voice INTER connect 2023

Abbildung 16: Kalibrierung von Audio- und Videosensor

Damit die Audio- und Videodaten korrekt im Testraum verortet werden, wurde ein Verfahren zur örtlichen Kalibrierung mitentwickelt. Hierfür wurde auf einem Tablet gleichzeitig ein spezieller Ton ausgegeben und eine spezielle Grafik angezeigt. Beides wurde an mehreren Stellen im Raum von der Perzeptionseinheit erfasst und diente als Grundlage für die Kalibrierung der Audio- und Videodaten.

Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

1.3.2 AP5.4: „Thermisch-mechanisches Konzept“

Für die thermische Simulation und Auslegung der Gehäuse des KARE Systems als Sensorplattform wurden gemeinsam mit dem Partner 3DVL die Parameter für eine erfolgreiche Integration der Sensorprinzipien eruiert. Zusammenfassend ist für eine Integration entscheidend, dass die akustische Sensorik die visuelle Sensorik nicht verdeckt und den entsprechenden Sichtbereich einschränkt, während für die akustische Sensorik eine möglichst ungehinderte Ausbreitung der Schallwellen an der Montagefläche der Sensorik entscheidend ist. Es wurde daher angestrebt, beide Sensoren jeweils plan auf einer Ebene zu montieren und hinsichtlich der Aspekte der Synchronisation, die gemeinsame Achse des Stereopaars der visuellen Sensorik und des Mittelpunktes der akustischen Sensorik als Referenz zueinander zu nutzen.

Im Rahmen des AP5.4 wurde eine Optimierung des unter AP1.5 verwendeten Mikrofonarrays angestrebt. Zur Bewertung der technischen Machbarkeit im Hinblick auf eine spätere kosten- und größenoptimierte Lösung wurde ein kleineres Mikrofonarray mit weniger Mikrofonen entwickelt. Statt 8 Mikrofonen werden nur noch 4 Mikrofone verwendet und die Verarbeitungseinheit ist direkt auf dem Array integriert. Damit ist zukünftig eine unauffällige Montage des akustischen Sensors durch die verringerten Abmaße von 5x5cm und eine kompaktere Gerätelösung möglich.

© voice INTER connect 2023

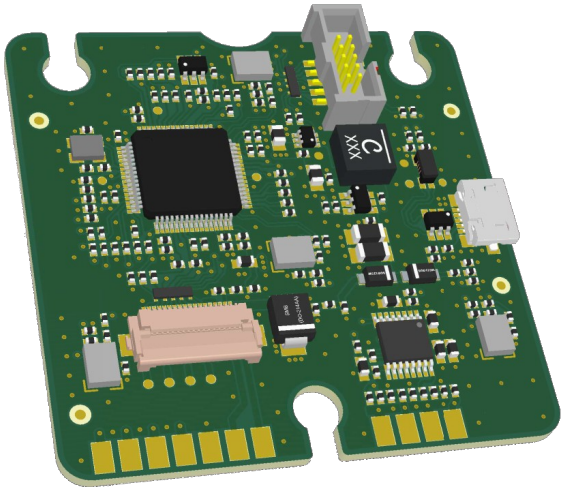

Abbildung 17: 3D-Modell des reduzierten Mikrofonarrays mit integrierter Verarbeitungseinheit

Auf Grund der kosten- und größenoptimierte Lösung ist auch ein Einsatz von mehreren Mikrofonarrays denkbar. Dies könnte zu einem verbesserten Lokalisierungs- und Erkennungsergebnis führen. Dieser Ansatz wurde bis zum Ablauf des Projektes weiterverfolgt. Es fand zum einen eine akustische Optimierung des Prototypens statt, um die Audioqualität weiter zu steigern. Zum anderen wurden die Lokalisierungsalgorithmen auf den Einsatz dieses Mikrofonarrays angepasst. Je nach Szenario wurden diese Algorithmen noch optimiert.

Darüber hinaus wurde erprobt, inwieweit der Einsatz von mehreren Mikrofonarrays im Raum zielführend ist. Dabei wurde zunächst der Schwerpunkt darauf gelegt, mehrere Mikrofonarrays an eine zusätzliche Verarbeitungseinheit zu koppeln und die jeweiligen Audiosignale in sehr guter Qualität und zeitsynchron zu übertragen. Hierbei wurden neben kabelbebundenen Lösungen auch Funkstandards wie Bluetooth in Betracht gezogen.

Begleitend zu dieser Untersuchung fand eine prototypische Konzeption einer zentralen Verarbeitungseinheit statt. Diese soll die Aufgabe übernehmen, die verschiedenen Audiosignale räumlich miteinander abzugleichen, um eine bessere Positionserkennung im Raum zu ermöglichen. Eine finale Umsetzung konnte im Projektzeitraum nicht erfolgen. Ebenfalls steht ein Qualitätsvergleich mit dem im Demonstrator verwendeten Array noch aus.

© voice INTER connect 2023

Abbildung 18: überarbeiteter Prototyp des kleineren Mikrofonarrays

1.3.3 AP5.5: „Integration“

In den Diskussionen in den AGs des KARE-Projekts wurde die Notwendigkeit eines Demonstrator-Szenarios und Demonstrators des KARE-Systems als Leitlinie für die gemeinsame Entwicklung des KARE-Systems erkannt. Als solches Szenario wurde im Gesamtkonsortium die „Hitze-Gefahrenabwehr“ für Bewohner als besonders relevant und alle Aspekte von KARE abdeckend identifiziert.

Für das Szenario wurden die Abläufe, die notwendigen Perzeptions- und Interaktionsleistungen sowie die Kommunikationswege im System mit Betreuten, Betreuern und Pflegenden spezifiziert und formalisiert.

Unter diesen Aspekten und formalen Spezifikationen wurden die Perzeptionssystem-Komponenten (Visuelle Perzeptionseinheit, Akustische Perzeptionseinheit und Fusionseinheit) und das Perzeptionssystem selbst als nebenläufig auswertende und agierende Einheiten des KARE-Gesamtsystems entworfen, die über Message-Queues miteinander asynchron Information austauschen, auf welche auch andere KARE-Systemkomponenten (z.B. die Interaktionseinheit) zugreifen können. Zur Koordinationskomponente hin liefert die Perzeptionseinheit Ereignisse über die Erkennung von Situationen und Aktivitäten, welche von der Koordinationskomponente verarbeitet werden, die entsprechende Aktionen (autonome Interaktion, Benachrichtigungen des Pflegenetzwerks und Telepräsenz) auslöst. Die Kommunikation erfolgt somit im KARE-Gesamtsystem dezentral, was gegenüber dem ursprünglich geplanten Kommunikationsmodul zur einer Flexibilisierung und besseren Entkoppelung der Komponenten und in Folge zu einer wünschenswerten, höheren Modularisierung führt.

Durch die somit notwendige, abgestimmte Spezifikation und Implementierung der Modul-Schnittstellen wurden zusätzliche Arbeiten der Partner erforderlich, die eigentlich in AP 6.1 vorgesehen waren und daher vorgezogen werden mussten, weshalb Ressourcen von AP 6.1 und AP 6.5 in AP 5.5 allokiert wurden. Dadurch wurde auch MS 6.2 in AP 5.5 erreicht.

Beiträge des Partners VIC:

VIC beteiligte sich an der Spezifikation des Demonstrator-Szenarios „Hitze-Gefahrenabwehr und Notfall-Behandlung“ und beteiligte sich an der Planung und Spezifikation der Kommunikationsschnittstellen der Perzeptionseinheit im Rahmen der AG Perzeption.

© voice INTER connect 2023

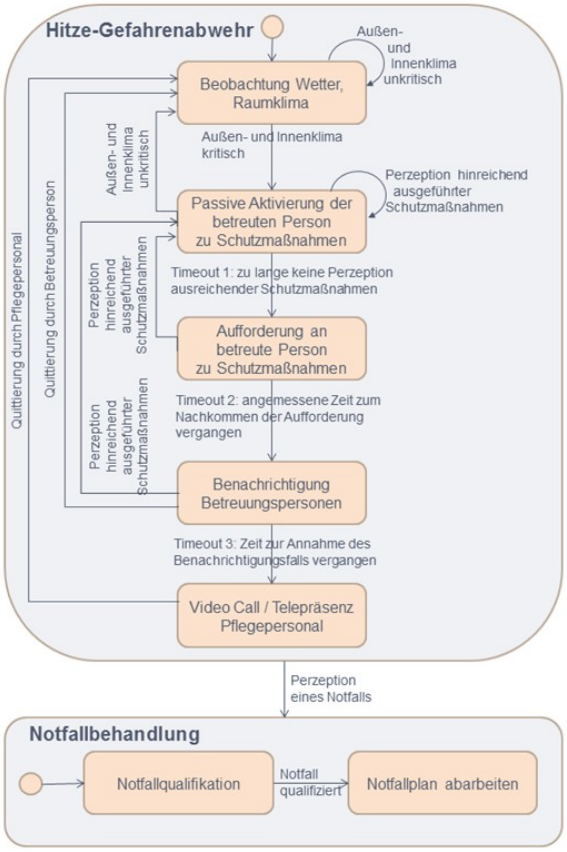

Abbildung 19: Zustandsmachine des Demonstrator-Szenarios

Neben der Implementierung und der Tests der Schnittstellen in der akustischen Perzeptionseinheit war VIC ebenfalls mitverantwortlich für die Systemintegration im Demonstrator und dessen Tests im gewählten Demonstrator-Szenario.

Zur Herstellung des Demonstrators wurden die Arbeiten von AP 6.1 („KARE-Netzwerk") mit denen des AP 5.5 integriert, da die Integration nur mithilfe des Systemnetzwerks erfolgen konnte:

- Spezifikation der Nachrichten und Schnittstelle, die von der visuellen Perzeptionseinheit an die Akustische Perzeptionseinheit und an die Fusionseinheit geliefert werden (Datenstrukturen, Datentypen, JSON-Strukturen, Message Queue)
- Spezifikation des Welt-Koordinatensystems und Implementierung von Kalibrierung und Referenzierung der akustischen Perzeptionsdaten
- Implementierung und Tests der Schnittstellen im KARE-Netzwerk
- Bereitstellung eines Zeitservers für die zeitliche Kalibrierung aller Module

Mithilfe der Erkenntnisse und Daten aus den Tests des Demonstrators wurden die Parameter der akustischen Perzeption optimiert. Es fand eine Verbesserung der Hot-Key-Erkennung sowie der räumlichen Ortung im Raum statt. Zusätzlich zur Erkennung von Trinkgeräuschen wurde das Öffnen und Schließen eines Fensters im Labor hinzugefügt, um das Szenario zu erweitern.

© voice INTER connect 2023

KARE Demonstrator Roadmap		
Task	**Verantwortlich**	**Beitragend**
Demonstrator-Sensoren und -Fusionseiheit im ISRG-Labor in Betrieb nehmen	HKA-ISRG	
Testaufnahme wie an HFU im ISRG-Labor	HKA-ISRG	
Ggf. Modifikation Sensorplatte	HKA-ISRG	ViC, 3dvI
MS: Sensorplatte einsatzfähig		
Zugriff auf Sensorplatte mittel tailscale vpn	HKA-ISRG	
Implementierung Schnittstellen		
Visuell → Fusion (mqtt)	Inf	
Akustisch → Fusion (mqtt)	ViC	
Fusion → Steuerung (REST)	HKA-ISRG	
Steuerung → Interaktion (REST)	easier	
Interaktion → Steuerung (REST)	HKA-IIX	
Dummy-Komponenten für Perzeption		
Erkennung Trinken (vis.) → Fusion	Inf	
Erkennung Trinken (ak.)→ Fusion	ViC	
Erkennung Notfall (vis.)→ Fusion	Inf	
Erkennung Notfall (ak.)→ Fusion	ViC	
Erkennung Fenster öffnen/schließen (vis.)→ Fusion	Inf	
Erkennung Fenster öffnen/schließen (ak.)→ Fusion	ViC	
Triggerschnittstellen Steuerung → Interaktion	easier	
Fusionierte Perzeptionsereignisse (Notfall, Trinken, Fenster)→ Steuerung	HKA-ISRG	easier
Steuerung	HKA-IIX	easier
System-Mockup integrieren	easier	alle
Systemtest (Schnittstellen) Mockup komplett (ggf. mit Dummy-Perzeptionskomponenten)	easier	alle
Ausarbeitung der Perzeptionskomponenten	HKA-ISRG	ViC Inf
Ausarbeitung der Interaktionskomponenten	HKA-IIX	HKA-IIX
Ausarbeitung der Steuerung	easier	alle
Integration aller Komponenten	easier	alle
Demonstrator -Systemtest	easier	alle

Abbildung 20: Roadmap für das Demonstratorszenario

MS 5.1 und MS 5.2 wurden vollständig erreicht. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

© voice INTER connect 2023

1.4 AP6: Systemintegration

1.4.1 AP6.1: „KARE Netzwerk“

Die Datenerhebungen in der frühen Projektphase wurden bei der Konzeptionierung und in ihrer Durchführung technisch durch VIC unterstützt. Das umfasste

- Bereitstellung eines Akustik-Sensorsystems für KARE
- Aufbau, Kalibrierung, Inbetriebnahme und Test des Sensors
- Sensormontage für optische und akustische Perzeption
- Implementierung einer App zur kontinuierlichen Aufzeichnung von Bildmaterial und zugehörigem Zeitstempel

Weitere Ressourcen für AP 6.1 wurden in AP 5.5 verschoben und die entsprechenden Arbeiten in AP 5.5 durchgeführt, da diese unter dem neuen, dezentralen Kommunikationskonzept größtenteils Voraussetzung für die Arbeiten von AP 5.5 waren. Die entsprechenden Arbeiten und Ergebnisse sind im Berichtsteil über AP 5.5 dargestellt.

MS 6.2 wurde vollständig erreicht. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

1.4.2 AP6.5: „Test der Integrationsplattform“

Die Ressourcen für AP 6.5 wurden in AP 5.5 verschoben und die entsprechenden Arbeiten in AP 5.5 durchgeführt, da diese unter dem neuen, dezentralen Kommunikationskonzept größtenteils Voraussetzung für die Arbeiten von AP 5.5 waren. Die entsprechenden Arbeiten und Ergebnisse sind im Berichtsteil über AP 5.5 dargestellt. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

© voice INTER connect 2023

1.5 AP7: Hybride Assistenz

1.5.1 AP7.2: „Assistenz im Telepräsenz-Modus“

In diesem Arbeitspaket unterstützte VIC die Konzeption und die Umsetzung eines Telepräsenz-Modus im Rahmen des Interaktionsmoduls. Dieser wurde im Rahmen des bereits beschriebenen Demonstratorszenarios betrachtet und unterteilte sich in zwei Anwendungsfälle:

1. Aufforderung zum Trinken mit Video einer bekannten Person
2. Zuschalten einer vertrauten Person bei Eskalationsstufen

Um die jeweiligen Anwendungsfälle zu aktivieren, lieferte die akustische Perzeptionseinheit die nötigen Inputs, welche wiederum von der Fusions-Einheit mit den visuellen Daten abgeglichen wurden. Mittels direkter „Hotwords“ (vgl. Abschnitt 1.2.4) konnte der 2. Anwendungsfall aber auch direkt ausgelöst werden.

Abbildung 21: Aufforderung zum Trinken mit Video einer bekannten Person

Es wurde sich im Konsortium gemeinschaftlich gegen eine bloße akustische Assistenz entschieden, da diese gerade bei Nutzern mit einer Demenzerkrankung zusätzliche Verwirrung auslösen würde. Deshalb wurde sich auf eine Telepräsenz einer bekannten und vertrauten Person per Video und Audio verständigt.

Der Meilensteine MS 7.1 wurde vollständig erreicht. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

1.5.2 AP7.3: „Autonome Assistenz“

Implementiert wurden die beiden ausgewählten Szenarien „Hitzegefahrenabwehr“ und „Notfallbehandlung“ wie im Berichtsteil über AP 5.5 dargestellt.

In Abstimmung zwischen allen Arbeitsgruppen des Vorhabens wurde festgelegt, dass die Perzeptionseinheit lediglich Meldungen aus ihrer Fusionseinheit an die Koordinationskomponente abgibt, wenn eine Situation erkannt wurde, die zu einer Meldung Anlass gibt. Im Fall der „Hitzegefahrenabwehr“ war dies die Erkennung durchgeführter Hitzeschutzmaßnahmen (z.B. „Trinken“ anhand visueller und akustischer Wahrnehmungen) und im Szenario „Notfallbehandlung“ visuell wahrgenommenes Liegen oder Kriechen am Boden und akustisch wahrgenommene Rufe nach Hilfe. Die entsprechende Interaktion wird durch die Koordinationskomponente durch Meldung an die Interaktionseinheit angefordert, welche die erforderlichen Dialoge

© voice INTER connect 2023

autonom ausführt.

Im Ergebnis für das Szenario „Hitzegefahrenabwehr“ erfolgte zunächst aufgrund von Raumklimasensorik und wahrgenommenen Ausbleiben von Hitzeschutzmaßnahmen eine Animation des Bewohners zu Hitzeschutzmaßnahmen durch die Interaktionseinheit, bei weiterem Ausbleiben eine Aktivierung und danach eine Aufforderung und schließlich eine Ansage eines Angehörigen als weitere Eskalationsstufen. Als letzte Stufe wurde eine Telepräsenzverbindung zu Pflegepersonal hergestellt.

Beiträge des Partners VIC:

VIC wirkte bei der Spezifikation der Schnittstelle zwischen der akustischen Perzeptionseinheit und der Interaktionskomponente mit. Ebenfalls wurden Sprachdialoge entworfen, die ein Frage-Antwort-Szenario bzw. eine Sprachbedienung der autonomen Assistenz durch den Nutzer zulassen. Es wurden für weitere Assistenz-Szenarien durch VIC Geräusche zugeliefert, z.B. Trinkgeräusche oder Wasserplätschern. Diese sollten der Animation zum Trinken dienen.

Durch die systemische Entkopplung der Perzeption, der Koordination und der Interaktion war darüber hinaus keine spezielle Anpassung der Schnittstellen der akustischen Perzeption erforderlich, so dass die Implementierungen von AP 5.5 weiterhin unverändert verwendet wurden.

Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.

© voice INTER connect 2023

1.6 AP8: Implementierung und Evaluation des Versorgungarrangements

1.6.1 AP8.3: „Feldtest und Datenerhebung“

Die KARE-Perzeptionseinheit konnte in den geplanten Feldtests aus folgenden Gründen nicht eingesetzt werden:

Ursprünglich war mit Beschluss vom Juli 2023 geplant, die Feldtests anhand des Use Case "Hitzeschutz" durchzuführen, wofür im Februar 2024 die Planung begonnen wurde.
Für die Installation in den Wohnbereichen hätte die optische und akustische Sensorik zusammen mit einer leistungsfähigen Auswerteeinheit in einem kompakten Perzeptionssensor (also innerhalb eines kompakten Gehäuses) integriert werden müssen, der auch die lokale Datenauswertung integriert. Einer solchen Integration standen jedoch folgende Erkenntnisse aus den Projektarbeiten entgegen:

1. Die geometrische Verteilung der Perzeptionskomponenten: Die akustische Wahrnehmung seitens des Mikrofonarrays wurde durch eine unmittelbare Nachbarschaft der optischen Perzeptionseinheit (Kameraobjektiv) abgeschattet und führte zu Messartefakten.
2. Die in den Arbeitspaketen 2 und 3 erforschten Algorithmen benötigen zur Darstellung der geforderten Fähigkeiten immer noch eine Rechenleistung, für die die aktuelle Hardware ca. 10 Watt Abwärme erzeugt. Im Rahmen von AP 5.4 hat sich gezeigt, dass diese Rechenleistung zusammen mit der Sensorik und der akustischen Verarbeitung bei kompakter Sensorintegration eine aktive Lüftung erfordert, deren Geräusche die akustischen Signale überlagert hätten und damit die Performanz des Sensors beeinträchtigt hätten.
3. Integration der Auswertungsalgorithmen in dem Sensor: Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass Anforderungen an die Hardware für die dezentrale Sensordatenauswertung durch die erforderliche Rechenleistung auf dem Perzeptionssensor selbst nicht wirtschaftlich lösbar ist. Aus diesem Grund musste das Sensorkonzept mit der dezentralen Datenauswertung auf den Sensoren selbst verworfen werden. Statt dessen wurde für die weitere Entwicklung eine Architektur mit einem zentralen Edge-Server für die Datenauswertung einer Betreuungseinrichtung präferiert.

Diese mögliche technische Ausprägung, wie sie schließlich im Demonstrator realisiert wurde, bestand somit aus einer flächig relativ ausgedehnten Einheit zur Integration der Perzeptionssensorik und einem Edge-Rechner, an den die Perzeptionssensorik über Netzwerk angebunden war. Die daraus resultierenden Anforderungen an die Anbringung in den Räumen und an die IT-Infrastruktur konnten in den für die Feldtests verfügbaren Einrichtungen des Erprobungspartners nicht erfüllt werden. Daher war die technische Umsetzung der Perzeptionseinheit in der vorgesehenen Feldtestumgebung nicht möglich. Für die Evaluation der Projektergebnisse in Bezug auf die Sensoreinheit wurde aus diesem Grund ein Demonstrator in den Laborräumen der HKA aufgebaut, wo das Sensorsystem entsprechend der Anwendungsanforderungen getestet wurde.

Beiträge des Partners VIC:

Integration und Test der visuellen Perzeption im KARE-Demonstrator.

Der Meilenstein MS 8.2 konnte nur teilweise erreicht werden. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen bzw. konnte nicht bearbeitet werden. Die freiwerdenden Ressourcen wurden für AP5.4 und AP5.5 benutzt.

© voice INTER connect 2023

2 Vergleich des Vorhabenstands mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung

2.1 Vergleich mit ursprünglicher Arbeitsplanung

Die geleisteten Arbeiten entsprechen im Wesentlichen der ursprünglichen Arbeitsplanung. AP2.5 wurde inhaltlich angepasst. Des Weiteren, wie in den Berichtsteilen zu AP 5.5, AP 6.1, AP 6.5, 7.2 und 7.3 dargestellt, wurden die Ressourcen der letzten vier genannten Arbeitspakete teilweise in AP 5.5 verschoben, da die Ergebnisse von 6.1 auf Grund des geänderten Kommunikationskonzepts zum Teil bereits in AP 5.5 benötigt wurden und aufgrund der Anforderungen an die Herstellung eines Demonstrators die Anforderung an die Schnittstellen aus AP 7.2 und AP 7.3 bereits auch im Zuge von AP 5.5 erfüllt werden mussten.

Da die mögliche Ausprägung einer Feldinstallation der Perzeptionseinheit in Konflikt mit den Installationsanforderungen der vorgesehenen Einrichtungen stand, musste diese aus den Feldtests ausgeschlossen werden. Stattdessen wurde das KARE-System für das geplante Feldtest-Szenario auf einem Demonstrator in einem Hochschullabor des Partners HKA implementiert und getestet.

Berichtszeitraum: M01 – M35, Stand 31.01.2025

AP	Planung	Durchführung
AP 1.4: „Technische Konzeption“	M01 - M12	Begonnen in M01. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP1.5: „Datenerhebung und Annotation“	M03 - M12	Begonnen in M03. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP2.3: „akustische Lokalisierung“	M01 - M06	Begonnen in M06. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP2.4.1: „akustische Szenenanalyse 1“	M03 - M12	Begonnen in M03. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP2.4.2: „akustische Szenenanalyse 2“	M06 - M18	Begonnen in M12. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP2.4.3: „akustische Szenenanalyse 3“	M12 - M18	Begonnen in M16. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP2.5: „Multiple Hotword Erkennung“	M02 - M10	Begonnen in M19. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP5.3 „Integration Perzeptionsmodule“	M17 - M30	Begonnen in M22. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP5.4: „Thermisch-mechanisches Konzept“	M03 - M30	Begonnen in M3. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP5.5: „Integration“	M23 - M30	Begonnen in M27.

© voice INTER connect 2023

		Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP6.1: „KARE Netzwerk“	M12 - M32	Begonnen in M12. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP6.5: „Test der Integrationsplattform“	M23 - M32	Begonnen in M28. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP7.2: „Assistenz im Telepräsenz-Modus“	M25 - M30	Begonnen in M25. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP7.3: „Autonome Assistenz“	M25 – M30	Begonnen in M25. Das Arbeitspaket ist abgeschlossen.
AP8.3: „Feldtest und Datenerhebung“	M06 – M36	Begonnen in M13. Das Arbeitspaket wurde nicht fortgesetzt. Die freiwerdenden Ressourcen wurden für AP5.4 und AP5.5 benutzt.

2.2 Vergleich mit ursprünglicher Zeitplanung

Der Zeitverlauf der geleisteten Arbeiten wurde entsprechend 2.1 angepasst.

2.3 Vergleich mit ursprünglicher Kostenplanung

Die Kosten wurden entsprechend 2.1 abgerechnet. Die abgerechneten Kosten entsprechen im Wesentlichen der ursprünglichen Kostenplanung.

3 Änderungen der Aussichten für die Zielerreichung gegenüber ursprünglichem Antrag

Die Aussichten für die Zielerreichung haben sich im Berichtszeitraum nicht wesentlich geändert. Lediglich können die Feldtests nicht - wie vorgesehen - mit der Perzeptionseinheit durchgeführt werden. Dennoch wurde die Perzeptionseinheit, auch in Ihrem Zusammenspiel mit den übrigen Komponenten des KARE-Systems, im eigens dafür hergestellten Demonstrator evaluiert.

4 F&E-Ergebnisse Dritter, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind

Es sind keine F&E-Ergebnisse Dritter bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

5 Notwendige Änderungen in der Zielsetzung

Eine Notwendigkeit für Änderungen der Zielsetzung hat sich im Berichtszeitraum nicht ergeben.

© voice INTER connect 2023

6 Fortschreibung des Verwertungsplans

6.1 Erfindungen/Schutzrechte Anmeldungen, Erteilungen, Inanspruchnahmen, Verwertungen und Verwertungsmöglichkeiten

keine

6.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

(z.B. funktionale/ wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/ -industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien)

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten und die entsprechende Anschlussfähigkeit haben sich im Vergleich zum Projektantrag nicht geändert.

6.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)

Die wissenschaftlichen und/oder technischen Erfolgsaussichten und die entsprechende Anschlussfähigkeit haben sich im Vergleich zum Projektantrag nicht geändert.

6.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse

Die im Berichtszeitraum erzielten Zwischenergebnisse bilden einen vielversprechenden Ausgangspunkt für die Fortführung der Forschungsarbeiten in Richtung Projektziel, lassen jedoch einen Rückschluss auf eine mögliche künftige Verwertung noch nicht zu. Im Projektzeitraum wurden durch Austausch mit Partnern und Bedarfsträgern erste Schritte zur Geschäftsmodellentwicklung im Bereich Gesundheit und Pflege unternommen.

© voice INTER connect 2023