Richtlinie zum „Software-Sprint“

NoIze – Selektiver Geräuschfilter

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger: Peggy Sylopp und Aislyn Rose GbR

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IS18S49 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Kurze Darstellung der Aufgabenstellung und Motivation

Wir wollten den Prototypen eines selektiven Noisefilter erstellen, der von dem/der Benutzer*in gewählte Störgeräusche im Alltag unterdrücken kann.
Motivation für die Initialisierung des \\NoIze//-Projekts war die moderate Höreinschränkung einer der GbR Gesellschafterin, Peggy Sylopp. Mit ihrer Höreinschränkung verbunden ist die Erfahrung von Beeinträchtigung der Sprachverständlichkeit in einer geräuschhaften Umgebung.
Durch ihrer Forschungsarbeit in der Arbeitsgruppe „Personalisierte Hörsysteme“ am Fraunhofer IDMT realisierte sie, dass Störgeräusche für die meisten Menschen, auch wenn sie über sehr gutes Hörvermögen verfügen, in bestimmten Situationen ein Problem darstellen oder zumindest als störend empfunden werden.
So beeinflussen Störgeräusche generell maßgeblich die Verstehbarkeit von Sprache. Für Menschen mit guter Hörfähigkeit bedeuten das Gespräche in Geräuschkulisse eine erhöhte Höranstrengung, Menschen können schon bei geringen Hörverlust Gesprächspartner in Geräuschkulissen nicht mehr verstehen.
Störgeräusche senken auch die Aufmerksamkeitsschwelle auf gelesenen Text und können selbst bei geringer Lautstärke Stress verursachen. Starke Störgeräusche können Hörschäden zur Folge haben.
Mit der Entwicklung von \\NoIze// wollten wir die Grundlagen für eine App schaffen, die negative Auswirkungen von Störgeräuschen mildert.

Folgende Meilensteine waren geplant:

1. Meilenstein Ende März 2019:
Trainingsdaten bestimmen
Zum Trainieren unseres Algorithmus greifen wir auf bestehende Sound-Datenbanken zurück, wie freesound.org, Urban Sound Classification, Soundarchiv Deutschlandfunk.

2. Meilenstein Ende April 2019:
Festlegung Lernalgorithmus und Variablen, Programmiersprachen, Bibliotheken
Wir parametrisieren die Trainingsdatensätze, z.B. bzgl Frequenz, Samplelängen bzw. Zeit-Intervalle und Relationen

3. Meilenstein Ende Mai 2019: Implementierung des Prototypen auf Linux System
Programmierung des Lern-Algorithmus
Recherche: Wir entscheiden, welche Technologien wir benutzen, und ob wir eine Topologie (z.B. RNNoise) deployen

4. Meilenstein Ende Juni 2019:
mehrere Testläufe mit diversen Datensätzen durchgeführt
Training: Die ML Topologie wird auf einer lokalen Testmaschine (mit entsprechender GPU und Arbeitsspeicher) trainiert

5. Meilenstein Ende Juli 2019:
Iteration, Anpassungen, selektiver Noisefilter getestet, Dokumentation aufgesetzt, Test außerhalb der Maschine in definierter Testsituation
1-3 wird iteriert. Wir testen die Topologie mit den im Selbstversuch aufgenommen Geräuschdatensätzen und passen die Topologie ggf. entsprechend an.

6. Meilenstein Ende August 2019:
Stresstest, Finetuning, NoIze-Filter für ein autonomes System, Prototyp für personalisierten Noisefilter evaluiert, Dokumentation fertig
Wir testen und evaluieren die Noisefilter im realen akustischen Raum

Beitrag des Projektes zu den Zielen der Förderinitative „Software-Sprint“

Wie zu Anfang des Dokuments in der Motivation beschrieben betreffen die Anwendungsszenarien viele Menschen. Wir leben in einer lärmenden Umwelt, wobei selbst leise Umgebungsgeräusche Stress bewirken können. Viele Menschen kennen das Problem mit dem "Cocktail-Party-Effekt", sie verstehen ihr Gegenüber bei Gesprächen mit Nebengeräuschen schlecht bis gar nicht.

Mit \\NoIze// wollten wir die Grundlagen für einen selektiven Open Source Geräuschfilter schaffen, der in verschiedenen Hardware- und Softwareumgebungen implementiert werden kann. Ziel ist, dass \\NoIze// in mobilen Lösungen wie Hearables oder Smartphones das selektiven Filtern von user-bestimmten Alltags-Geräuschumgebungen ermöglicht.
Die Entwicklung von \\NoIze// sollte allen Menschen zugänglich, auch für darauf basierende Folgeprojekte, nachhaltig gestaltet sein. Daher war es uns wichtig, unter der GPL3.0 zu veröffentlichen.

Mit dem Einsatz von maschinellen Lernen sollte die Architektur für einen dynamischen Geräuschfilter geschaffen werden, der über die Lernfähigkeit sich immer weiter verbessert.

Durch gezieltes Herausfiltern von belastenden und die Verstehbarkeit einschränkenden Nebengeräuschen kann \\NoIze// einen Beitrag zur für Gesundheit, Prävention von Hörschäden und besseres Hören leisten.

Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

Wir konnten alle Meilensteine erreichen und darüber hinaus noch weitere Entwicklungen veröffentlichen.

Unsere Ergebnisse anhand der Meilensteine:

1. Meilenstein: Wir definierten unsere Ziele und organisierten den Arbeitsablauf. Die Open Source Sound Datenbank freesound.org hat uns die Daten geliefert, um den Algorithmus entwickeln zu können. Wir recherchierten zu Ansätzen zur Echtzeit-Filterung im Zusammenspiel mit Deep Learning und geringer Rechenleistung. Wir experimentierten mit den ersten Bausteinen wie der Voice Activity Detection mit Hilfe con Convolutional Neural Networks (CNN)

2. Meilenstein: Überarbeitung des CNN zur Klassifizierung der Geräusche mit Data Science Techniken. Erste Überlegungen zum Wiener Filter wurden angestrengt.

3. Meilenstein: a) Die Recherche des Lern-Algorithmus‘ lieferte uns wissenschaftliche Puplikationen[1][2], die uns als Orientierung für die Implementierung dienten.

b) Die Programmierung der ersten Implementierung des Algorithmus‘ fokusierte zunächst dessen Funktionalität, das Zusammenspiel von Geräusch-Klassifizierung und Wiener Filter wurde mit ersten praktischen Ergebnissen realisiert. Ein Spectral Subtraction Filter erweist sich als Sackgasse, da zu viele Bugs entstehen.

4. Meilenstein: Trainingsdaten wie auch die Implementierung wurden weiter verfeinert, bis zufrieden stellende Ergebnisse erzielt werden konnten. Ein Test wurde entwickelt (PyTest) und die erste Dokumentation aufgesetzt.

5. Meilenstein: Der Code wurde reorganisiert, so dass er als Python Tool einsetzbar wurde. Wir testeten den Algorithmus in verschiedenen Szenarios, u.a. mit von uns erstellten alltagsakustischen Aufnahmen.

6. Meilenstein: Wir setzen die Seite für die Projektdokumentation und das finale Repository auf. Der Code wurde final reorganisiert. Tabellen und Graphen zur Dokumentation erstellt.
Über den vorher definierten Meilenstein hinaus veröffentlichen wir den Code auf Jupyter Notebook, so dass selbst für Laien die Funktionsweise des Filters online nachvollziehbar wird. Die Software Demo mit guter Dokumentation erlaubt einen Einstieg in die Programmierung von Soundklassifizierung mit Python.

Die Ausschreibung und das offene Konzept der Open Knowledge Foundation hat uns ermutigt, ein Projekt zu starten, an dass wir uns unter anderen Umständen nicht heran gewagt hätten. Insbesondere als Mütter mit sehr beschränkten Zeitrahmen für ehrenamtliche Tätigkeiten haben wir erst durch die finanzielle Unterstützung des Prototypefund die Möglichkeit erhalten, uns intensiv dem Open Source Projekt zu widmen.

Das Coaching machte uns klar, wie wir die Idee hinter unserem noch nicht alltagstauglichen Prototypen auf akademischer Basis auch für Laien nachvollziehbar machen können. So wurden wir dazu angeregt, ein GUI für eine App zu skizzieren, die die Steuerung von NoIze möglich machen könnte. Das hat das Potential für Vermittlung und Weiterentwicklung ermöglicht.

Zielgruppe, Nutzen und mögliche Weiterentwicklungen

Jede Person, die sich an bestimmten Geräuschen stört, ist potentiell in der Zielgruppe von \\NoIze// enthalten.

Die Implementierung, Anpassung und Wartung der \\NoIze// Anwendung in Hearables wie Headsets, Earbuds oder Computer und Smartphones erlaubt eine kommerzielle Verwertbarkeit.
Der Ergebnisse des NoIze Prototypen wollen wir kontinuierlich erweitern in Bezug auf Zuverlässigkeit der Algorithmen und Anwendung in alltagsakustischen Situationen sowie Sicherheit im Umgang mit den Daten.

Durch die intensive Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Publikationen und deren Implementierung haben wir uns fachlich sehr viel weiter gebildet.

Der Schritt, die Verantwortung für eine solche Herausforderung zu übernehmen, hat uns persönlich gestärkt. Der lange Weg von der Idee zur Implementierung, von den anfänglich frustrierenden Erfahrungen bis hin zur Machbarkeit hat unser Selbstvertrauen gestärkt.

1 A Real-Time Personalized Noise Reduction Smartphone App for Hearing Enhancement, Nasim Alamdari, Shashank Yaraganalu, Nasser Kehtarnava, Department of Electrical & Computer Engineering, University of Texas at Dallas, Richardson, TX, USA, 2018

2 Efficiant Musical Noise Suppression for Speech Enhancement Systems, Thomas Esch and Peter Vary, Insitute of Communication Systems and Data Processing, RWTH Aachen University, Germany, 2009

Eine mögliche Weiterentwicklung wäre ein Pilot für eine GUI für eine bestimmte Alltagssituation mit Störgeräusch, beispielsweise dem Arbeiten mit Laptop in einem Büro mit akustisch störender Klimaanlage. So könnte ein praktisch erfahrbarer Erfolg gezeigt werden, der die Bahn für weitere Anwendungen frei macht.

Weiterhin könnte die Optimierung der Signalverarbeitung im Sinne von noch geringerer Prozessorbelastung die Implementierung auf einem Smartphone oder Raspberry Pi ermöglichen. Dies könnte weitere unabhängige Weiterentwicklungen in vielfältigen Situationen außerhalb von geschlossenen Räumen nach sich ziehen, wie z.B. im öffentlichen Verkehr.

Die Entwicklung einer App zum Upload und Austausch von Open Source Audiodaten würde zur Generierung von Audio-Datenbanken führen. Diese werden benötigt, um den bestehenden Geräuschfilter trainieren und optimieren zu können. Bestehende freie Datenbanken verfügen nicht über ausreichende Alltagsgeräusche.

Kurze Darstellung der Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Die im Antrag formulierten Ziele haben wir soweit erreicht. Darüber hinaus haben wir im Vorfeld und während der Projektzeit noch folgende Ideen diskutiert:

Wir hatten überlegt, den Algorithmus soweit zu optimieren, dass er Sound-Datenströme, (also live-Umgebungs-Akustik) ohne Delay verarbeiten kann, etwa wie ein Noisecancelling Kopfhörer oder ein Hörgerät. Dies stellte sich aber als eine Herausforderung heraus, die wir mit unseren zeitlichen und personellen Ressourcen nicht realisieren konnten.

Weiterhin hatten wir darüber nach gedacht, die Implementierung auf einen Raspberry Pi (siehe unter Meilenstein 6: Test auf autonomen System) zu portieren. Auch dieses war mit unseren Ressourcen nicht machbar.

Wir entwarfen im Laufe des Projekts die Idee, die Implementierung als Basis für Workshops zu nutzen. Aus dieser Idee heraus entwickelten wir in mehreren ein Demo und ein Tutorial auf der online Jupyter-Notebook Plattform, das es auch Newbies möglich macht, die Arbeitsweise unserer Implementierung nach zu vollziehen. Es ist uns aber zum jetzigen Zeitpunkt des Projektabschlusses noch nicht klar, ob wir diesen Ansatz wirklich verwirklichen wollen, da die Vermittlung der Implementierung sehr komplex ist.

Hier können sich Interessenten detailliert über unsere Projektergebnisse informieren:

Webseite: https://pexlab.space/index.php/de/50-selektiver-geraeuschfilter-auf-basis-von-ai
Github: https://github.com/pgys/NoIze
Tutorial: https://notebooks.ai/a-n-rose/

Kurze Erläuterung zur Einhaltung der Arbeits- und Kostenplanung

Die anfängliche Recherche mit dem Durcharbeiten verschiedener Publikationen nahm sehr viel Zeit als geplant in Anspruch. Die Implementierung der Klassifizierung der Klänge stellte sich als kleineres Problem heraus. Wesentlich mehr Entwicklungszeit nahm die Implementierung des Wiener Filters in Anspruch, da wir keine Implementierung im Netz finden konnten, die wir modifizieren und weiter entwickeln konnten und auch nicht über keine Expertise in der Soundverarbeitung verfügen. Die Überarbeitung und Reorganisierung des Codes, so dass er auch für Außenstehende nachvollziehbar wird, kostete auch viel Zeit, ebenso wie die Erarbeitung eines Demos mit Tutorials. Da wir mit einem akademischen Ansatz arbeiteten, kostete es auch einiges an Überlegung, ein Konzept für die Übermittlung der Idee zu entwickeln.

Kurze Darstellung von etwaigen Ergebnissen bei anderen Stellen

Peggy Sylopp ist für das Citizen Science Projekt „Hear How You Like To Hear“ am Fraunhofer IDMT an der Anpassung des Open Source Hörgerätealgorithmus OpenMHA und der Entwicklung dessen Steuerung mit einer App beteiligt. Der Einblick in die Funktionsweise von Hörgerätealgorithmen und der Herausforderung deren Implementation hat sie vielfältig inspiriert. So gewann sie den Eindruck, dass das selektive Herausfiltern von Geräuschfiltern vielen Menschen zu Gute kommen könnte. Sie erfuhr, dass die Entwicklung eines selektiven Geräuschfilters mittels maschinellen Lernens noch eine Herausforderung in der Wissenschaft darstellte.

Die Mit-GbR-Inhaberin Aislyn Rose konnte auf ihre Erfahrung in der Sprach-Klassifzierung mit Python zurück greifen. Diese war Basis für die Implementation des Geräusch-Klassifizierers.

Folgende wissenschaftliche Publikationen haben uns inspiriert:

„A Real-Time Personalized Noise Reduction Smartphone App for Hearing Enhancement“, Nasim Alamdari, Shashank Yaraganalu, Nasser Kehtarnava, Department of Electrical & Computer Engineering, University of Texas at Dallas, Richardson, TX, USA, 2018

Efficiant Musical Noise Suppression for Speech Enhancement Systems, Thomas Esch and Peter Vary, Insitute of Communication Systems and Data Processing, RWTH Aachen University, Germany, 2009

Speech Enhancement, Theory and Practice, Second Edition, Philipos C. Loizou, 2013

Berlin, 19.09.2019,

Peggy Sylopp, contact@peggy-sylopp.net
Aislyn Rose, arose510@gmail.com