

## Akustische Szenenanalyse in Hörgeräten

Sascha Korl

Phonak AG, CH-8712 Stäfa, Schweiz, E-mail: sascha.korl@phonak.com

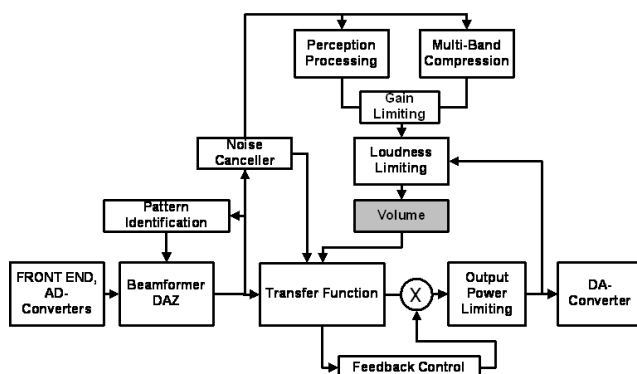
### Einleitung

Signalverarbeitungs-Algorithmen moderner Hörgeräte müssen durch Einstellung unzähliger Parameter an die Hörbedürfnisse des Benutzers und an die aktuelle akustische Situation angepasst werden [4, 5]. Die Bürde des Auswählens eines geeigneten Hörprogrammes mittels Fernbedienung wird dem Benutzer durch eine automatische Situationserkennung und Hörgerätesteuerung abgenommen [1, 2, 6].

In diesem Beitrag wird die akustische Szenenanalyse für die Anwendung zur Hörgerätesteuerung diskutiert. Der Schwerpunkt liegt dabei weniger auf den algorithmischen Details der Szenenanalyse; vielmehr wird versucht einen generellen Einblick in den Einsatz von Szenenanalyse-Algorithmen im Hörgerätekontext zu vermitteln.

### Problemstellung

Abbildung 1 zeigt schematisch die Signalverarbeitung im Hörgerät. Eine automatische Hörgerätesteuerung analy-

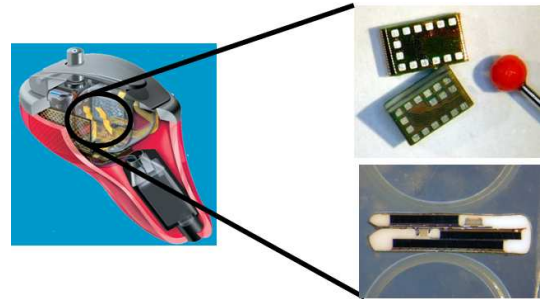


**Abbildung 1:** Schematisches Blockdiagramm der Signalverarbeitung im Hörgerät. Die Funktionalität aller Einheiten muss durch Einstellung unzähliger Parameter an den Hörwunsch des Trägers und die akustische Situation angepasst werden.

siert die akustische Umgebung und stellt die Parameter der Algorithmen im Hörgerät entsprechend ein.

Die im Hörgeräte zur Verfügung stehende Rechenleistung ist sehr beschränkt. Die hier beschriebene Szenenanalyse ist auf der in Abbildung 2 ersichtlichen Hardware-Plattform implementiert (neben allen anderen Funktionen des Hörgerätes).

Die Basis-Signalklassen, die alle heutigen Szenenanalyse-Algorithmen zuverlässig erkennen (Erkennungsrate > 90%), sind Sprache, Sprache im Störgeräusch, reines Störgeräusch und Musik. Eine brauchbare Erkennung von Spezialsituationen, wie z.B. Telefongespräch oder



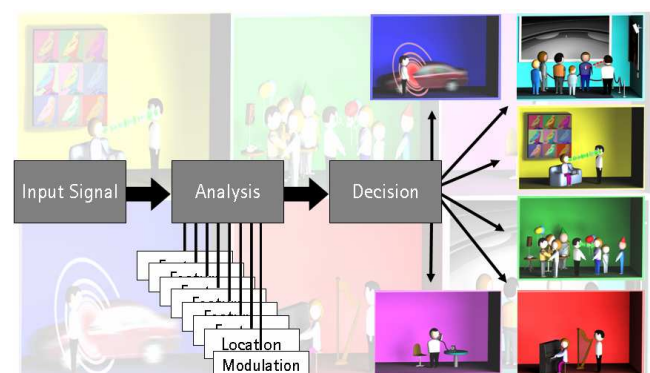
**Abbildung 2:** Hardware-Plattform für die Hörgeräte-Algorithmen. Das Multichip-Modul in der ungefähren Grösse von 5x3x1mm beherbergt Signalprozessor, Analog-Elektronik und Speicher. Eine Knopfzellen-Batterie muss die Stromversorgung für eine Woche sicherstellen.

Hall, oder feiner aufgeteilte Signalklassen, ist begrenzt möglich.

Ein wichtiger Punkt in der Entwicklung von Klassifikations-Algorithmen ist die sorgfältige Auswahl von Trainings- und Testdaten. Für die Entwicklung der hier diskutierten Algorithmen standen über 600 Ausschnitte à 30s aus Aufnahmen mit Hörgeräten in realen Situationen zur Verfügung.

### Methoden und Algorithmen

Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Szenenanalyse: Signal-Akquisition, Merkmals-Extraktion und Klassifizierung mit Nachverarbeitung.



**Abbildung 3:** Struktur der akustischen Klassifikation im Hörgerät. In der Signalanalyse werden verschiedene Merkmale, wie z.B. spektrale Einhüllende oder Tonhöhenunterschiede, extrahiert. Eine anschließende Klassifikationsstufe teilt das aktuelle Signal einer Signalklasse zu. In der Basisversion werden die Signalklassen Sprache, Sprache im Störgeräusch, Störgeräusch und Musik erkannt.

Folgende Merkmale werden aus dem Signal extrahiert:

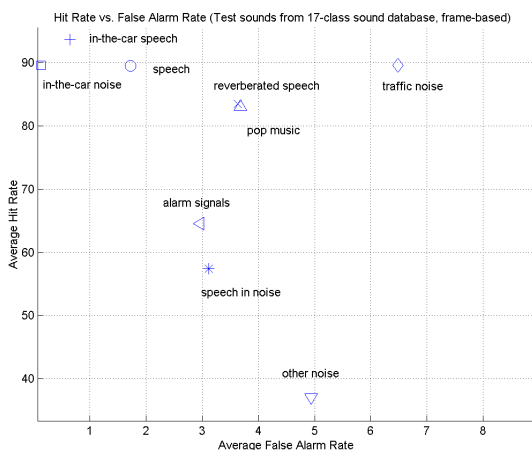
- Signalenergie,
- Spektrale Merkmale,
- Zeitliche Merkmale, z.B. Amplituden-Fluktuationen,
- Tonhöhe (Pitch),
- Spektral-temporale Merkmale, z.B.: common onsets.

Diese Merkmale werden in konstanten Zeitabständen zu einem Vektor zusammengefasst, aufgrund dessen eine Klassifikation in eine der o.g. Signalklassen durchgeführt wird. Folgende Klassifikations-Algorithmen sind zu diesem Zweck untersucht worden (vergleiche [3]):

- Linear Discriminant Analysis (LDA, MDA),
- Entscheidungsbäume,
- Minimum Distance Classifier,
- Neuronale Netze,
- Naïve Bayes Classifier,
- Hidden Markov Modelle (HMM).

## Resultate und bestehende Probleme

Die Resultate der Erkennung 17 verschiedener Signalklassen ist in Abbildung 4 gezeigt. Hauptsächlich Fehler be-



**Abbildung 4:** Erkennungsergebnisse für 17 Klassen. Der Übersichtlichkeit wegen sind nur einige der 17 Klassen dargestellt. Die Abszisse stellt die Falschalarm-Rate dar, die Ordinate die Erkennungsrate, beide in Prozenten. Im Idealfall würden alle Punkte im linken oberen Eck zu liegen kommen.

treffen spezielle Signale, wie z.B. tonhaltige Geräusche, die fälschlicherweise als Musik erkannt werden, oder Musiksignale mit schlecht erkennbarem Rhythmus oder Melodie, welche als Sprache im Störgeräusch erkannt werden.

Neben diesen technischen Schwierigkeiten gibt es aber eine prinzipielle Grenze der automatischen Erkennung: Die Erwartung des Hörgeräteträgers.

## Erweiterte Funktionalität

Nicht immer ist die akustische Szene eindeutig einer Klasse zuzuordnen. Deshalb werden in aktuellen Hörgeräten die Einstellungen nach den Wahrscheinlichkeiten der erkannten Klassen gemischt.

Der Hörgeräteträger kann verschiedene Einstellungen am Hörgerät vornehmen, z.B. die Lautstärke einstellen. Diese Veränderungen werden klassenspezifisch gespeichert (data logging). Desweiteren werden die erkannten Klassen gespeichert. Dies ermöglicht eine bessere Anpassung des Hörgerätes an die Bedürfnisse des Benutzers.

## Zukünftige Entwicklungen

Auf der technischen Seite erlaubt die fortschreitende Entwicklung der Elektronik schrittweise Verbesserung der bestehenden Szenenanalyse-Algorithmen, wie z.B. die Implementation erweiterter Merkmalsextraktion, oder die Aufteilung der Klassifikation in feinere Klassen.

Weiters werden zukünftige Algorithmen Richtungsinformation auswerten; entweder in der Merkmalsextraktion oder in der Klassifizierung selbst.

Da falsche Hörgeräte-Einstellungen, abhängig von der akustischen Situation, unterschiedlich schwere Folgen haben, werden mögliche Verwechslungsfehler schon im Training des Klassifizierers berücksichtigt werden.

Auf der konzeptionellen Ebene wird sich die Entwicklung der Szenenanalyse in Hörgeräten weg von den diskreten Signalklassen in Richtung detailliertere Beschreibung der akustischen Situation bewegen. Denkbar ist die Anwendung von Analysemethoden aus dem Bereich der Computational Auditory Scene Analysis (CASA).

Bisher wird der Klassifikations-Algorithmus in der Entwicklungsphase trainiert und arbeitet in jedem ausgelieferten Hörgerät gleich. Eine individuelle Anpassung an die Bedürfnisse des Hörgeräteträgers, durch Kategorisierung oder individuelles, maschinelles Lernen, könnte die Qualität der Signalverarbeitung weiter verbessern.

## Literatur

- [1] Büchler, M.: Algorithms for Sound Classification in Hearing Instruments, Dissertation, Nr. 14498, ETH Zürich, (2002).
- [2] Büchler, M., Allegro, S., Launer, S., Dillier, N.: Sound Classification in Hearing Aids Inspired by Auditory Scene Analysis, EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 18, (2005), 2991-3002.
- [3] Duda, R. O., Hart, P. E., Stork, D. G.: Pattern Classification, Wiley, (2004).
- [4] Hamacher, V., Chalupper, J., Eggers, J., Fischer, E., Kornagel, U., Puder, H., Rass, U.: Signal Processing in High-End Hearing Aids: State of the Art, Challenges, and Future Trends, EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 18, (2005), 2915-2929.
- [5] Hamacher, V., Fischer, E., Kornagel, U., Puder, H.: Applications of Adaptive Signal Processing Methods in High-End Hearing Aids, in Topics in Acoustic Echo and Noise Control, Hänsler, Schmidt, Eds., (2006).
- [6] Korl, S.: Automatische Geräuschklassifizierung zur Anwendung in Hörgeräten, Diplomarbeit, TU Graz, (1999).