

Comfort Noise und Störgeräuschreduktion zur Verbesserung der Sprachkommunikation aus dem Fahrzeug

Frank Kettler, Hans Wilhelm Gierlich
HEAD acoustics GmbH, Ebertstraße 30a, 52134 Herzogenrath

1. Einleitung und Motivation

In der mobilen Kommunikation aus dem Fahrzeug bereitet einerseits der typischerweise sehr hohe Störgeräuschpegel, andererseits die große Entfernung zu dem (oder den-) Mikrofon(en) entscheidende Probleme. Adaptive Störgeräuschreduktionsalgorithmen zur Verbesserung der Sprachübertragung und Comfort Noise-Realisierungen werden zunehmend in Endgeräte wie Freisprecheinrichtungen integriert. Die Hintergrundgeräuschübertragung wird zunehmend zu einem Qualitätsmerkmal. Auditive Tests zeigen, dass diese Komponenten nicht im Sinne einer höchstmöglichen Dämpfung des Hintergrundgeräusches optimiert werden sollten. Vielmehr ist es sinnvoll, die Charakteristik und den Informationsgehalt des Originalgeräusches beizubehalten und - nicht gänzlich vermeidbare - Beeinträchtigungen der Sprache so gering als möglich zu halten.

In diesem Beitrag werden instrumentelle Tests vorgestellt, die konsequenterweise um charakteristische Merkmale zur Störgeräuschreduktion und Comfort Noise Einspeisung erweitert wurden.

2. Einsatz von Störgeräuschreduktion und Comfort Noise

Der relativ hohe geometrische Abstand der Mikrofone von Kfz-Freisprecheinrichtungen und der Nutzsignalquelle (Fahrer oder Beifahrer) und der extrem hohe Störgeräuschpegel im Kfz bedingen einen ungünstigen Signal/Störgeräuschabstand bei der Sprachübertragung aus dem fahrenden Fahrzeug heraus. Zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit und -qualität werden adaptive Störgeräuschreduktionsalgorithmen in mobilen Freisprecheinrichtungen implementiert [1], [2], [3]. Diese sollen das übertragene Störgeräusch signifikant dämpfen ohne entscheidende Qualitätseinbußen bei der übertragenen Sprache. Die qualitätsbestimmenden Merkmale einer Störgeräuschreduktion sind neben der Adaptionsgeschwindigkeit, die erzielte Dämpfung im eingeschwungenen Zustand, die Robustheit gegenüber Variationen im Hintergrundgeräusch sowie die Beibehaltung charakteristischer Merkmale des Hintergrundgeräusches ohne auditive Beeinträchtigung der übertragenen Sprache.

Comfort Noise-Implementierungen werden häufig in Verbindung mit Verfahren zur elektrischen oder akustischen Echounterdrückung eingesetzt. Im Anwendungsfall (mobile Freisprecheinrichtungen) zeichnet das im Kfz befindliche Mikrofon natürlich auch das über den Freisprechlautsprecher wiedergegebene Empfangssignal auf. Hierbei kann es für den Gesprächspartner auf der „gegenüberliegenden“ Seite (z.B. Festnetzteilnehmer) zu Echostörungen kommen. Um diese zu vermeiden, wird entweder durch akustische Echokompensation in Verbindung mit zusätzlicher Dämpfungsregelung oder durch ausschließliche Dämpfungsregelung im Sendeweg dieses Echo unterdrückt. Bei gleichzeitiger Störgeräuschkulisse im Fahrzeug wird bei diesen Implementierungen aber ebenfalls das übertragene Hintergrundgeräusch moduliert bzw. im Extremfall auch komplett abgeschaltet. In diesem Moment hört der Gesprächspartner auf der Festnetzseite das Fahrgeräusch aus dem Fahrzeug nicht mehr. Dies wird als deutliche Qualitätseinbuße in einer Konversation angesehen. Comfort Noise-Einspeisungen sollen diesen hörbaren Geräuschkontrast vermeiden, indem ein künstlich generiertes Rauschen anstelle des übertragenen Geräusches eingespeist wird. Die qualitätsbestimmenden Merkmale

hierfür sind eine möglichst gute Reproduktion des Original übertragenen Kfz-Fahrgeräusches sowohl im Pegel, in der spektralen Anpassung als auch der Reproduktion zeitlicher Strukturen [1], [3].

Es bleibt grundsätzlich aber festzuhalten, dass durch die Auswahl möglichst geeigneter Mikrofone oder Mikrofonarrays und der Optimierung der Mikrofonposition die beste Voraussetzung für eine gute Sprachübertragungsqualität geschaffen werden muss. Die Optimierungen, die auf akustischem Wege möglich sind, müssen entsprechend durch den Einsatz dieser Signalverarbeitungsmechanismen nicht mehr verbessert werden.

3. Analyse von Störgeräuschreduktionsverfahren

Die nachfolgenden 4 Abbildungen zeigen für eine kommerzielle Freisprecheinrichtung die Analyse der implementierten Störgeräuschreduktion. In Abbildung 1 ist in roter Farbe das Kfz-Innengeräusch, aufgezeichnet mit einem Messmikrofon am Ort des Freisprechmikrofons im Fahrzeuginnenraum, dargestellt. In gelber Färbung ist das nach Annahme eines Gesprächs in Senderichtung übertragene Signal angegeben. Aus dem Zeitbereich erkennt man die Reduktion des übertragenen Störgeräuschpegels. Dieses ist explizit in Abbildung 2 als Dämpfung über der Zeit analysiert. Hierbei wird der Pegel des gemessenen Signals mit einer Zeitkonstanten von 35 ms berechnet und auf den Pegel des Original Kfz-Innenraumgeräusches bezogen. Aus dieser Analyse erkennt man neben einem hohen Einschaltpeak eine Reduktion um ca. 15 dB.

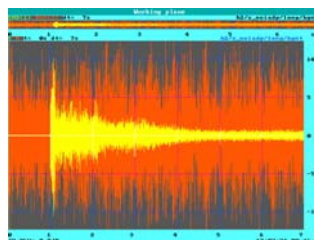


Abb. 1: Kfz-Innengeräusch und Störgeräuschreduktion

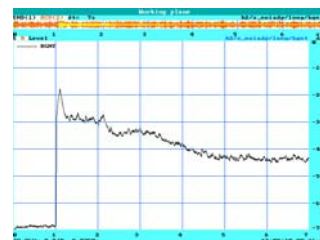


Abb. 2: Dämpfungsverlauf

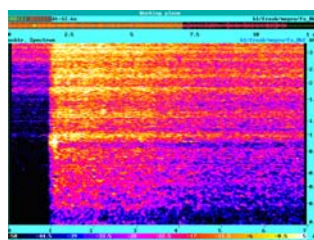


Abb. 3: Spektrografie

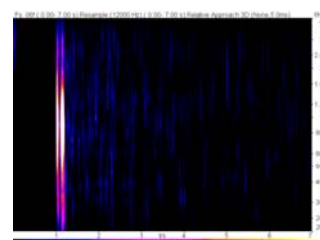


Abb. 4: Analyse mittels Relative Approach

In der spektrografischen Analyse (Abb. 3) erkennt man über der Zeit (x-Achse) und Frequenz (y-Achse) eine deutliche Reduktion des Störgeräusches insbesondere im tieffrequenten Bereich. Diese Aussage ist somit wesentlich detaillierter als reine Analyse des Pegelverlaufes - wie in Abbildung 2 angegeben - erlaubt jedoch noch keine Aussage über die auditiv wahrgenommene Qualität. Hierzu ist die Analyse mittels Relative Approach [4] geeignet. Dieser Algorithmus bildet aus dem bisherigen Signalverlauf einen Schätzwert und vergleicht diesen mit dem aktuellen gemessenen Signal. Grundlage für dieses Verfahren ist eine dem menschlichen Gehör angepasste Zeit- Frequenzanalyse, die dem nichtlinearen Zusammenhang zwischen Schalldruck und auditiv empfundener Lautstärke Rechnung trägt. Das verwendete Gehörmodell basiert auf einer Filterbank. Die Differenz zwischen Schätzwert und aktuellem Signalwert wird farblich kodiert dargestellt. Helle Farben entsprechen großen Unterschieden zwischen dem Erwartungswert und dem aktuellen Wert, lassen also auf für das Ohr unerwartete Signalcharakteristika schließen. In dem in Abbildung 4 dargestellten Beispiel zeigt sich ein deutliches Merkmal zu Beginn des Einschaltimpulses, insbesondere im Bereich mittlerer Frequenzen (helle Färbung). Der darauf folgende Adaptionsprozess produziert keine auditiv wahrnehmbaren Störungen.

Ein weiterer Vergleich zweier Implementierungen mittels Relative Approach ist in den beiden nachfolgenden Abbildungen 5 und 6 dargestellt.

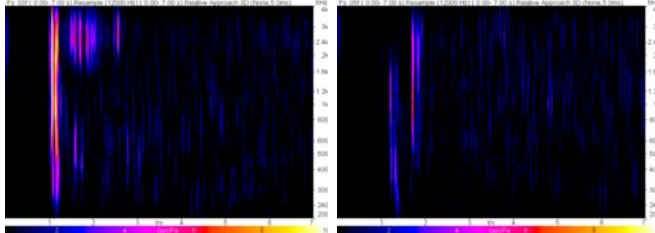


Abb. 5: Implementierung A

Abb. 6: Implementierung B

Während für Implementierung A im Adaptionsprozess deutlich wahrnehmbare Störungen insbesondere oberhalb von 2 kHz durch den Relative Approach detektiert werden, zeigt sich für die Implementierung B in Abbildung 6 ein Adaptionsprozess, der 2 auditiv auffällige Merkmale im Abstand von 500 ms aufweist.

4. Analyse von Comfort Noise-Implementierungen

Um zum Beispiel an Kfz-Freisprecheinrichtungen die Comfort Noise-Implementierung zu analysieren, wird typischerweise in einem Fahr-simulator ein realitätsnahes Fahrzeuggeräusch eingespielt und bei gleichzeitiger Aktivierung der Empfangsrichtung (Lautsprecherweg) das übertragene Geräusch in Senderichtung analysiert. Die nachfolgenden beiden Abbildungen zeigen eine spektrografische Analyse zweier Implementierungen.

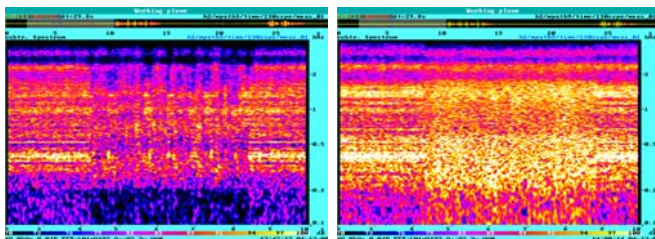


Abb. 7: Moduliertes Kfz-Innen-
geräusch

Abb. 8: Typische Comfort
Noise-Implementierung

Während man an der spektrografischen Darstellung in Abbildung 7 ein deutlich moduliertes, übertragenes Fahrgeräusch wahrnimmt (diese Schwankungen sind auditiv störend) zeigt die Abbildung 8 die Substitution des übertragenen Fahrgeräusches durch eine Comfort Noise-Einspeisung. Um auch hier weitergehende Aussagen über die auditive Störung ableiten zu können, ist ebenfalls der Relative Approach anwendbar. Die beiden Abbildungen 9 und 10 zeigen diese Analysen.

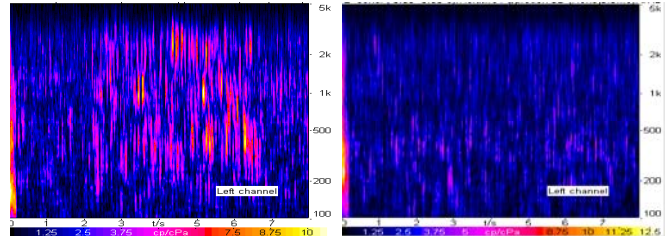


Abb. 9: Relative Approach für
moduliertes Geräusch

Abb. 10: Relative Approach für
Comfort Noise-
Implementierung

Während die in Abbildung 7 sichtbaren Modulationen des übertragenen Hintergrundgeräusches durch diesen Algorithmus als deutlich wahrnehmbare Störungen identifiziert werden (helle Färbung in Abb. 9), ruft die Comfort Noise-Implementierung aus Abbildung 8 keine Auffälligkeiten für das Gehör hervor.

Diese Kombination der Analysen bestehend aus der Darstellung des Dämpfungsverhaltens eines Störgeräuschreduktionsalgorithmus (z.B. Abb. 2), spektrografische Darstellung (Abb. 3, 7 und 8) und dem gehörmodellbasierten Relative Approach gestatten eine recht umfassende Beurteilung der Qualität der Hintergrundgeräuschübertragung.

5. Zusammenfassung

Bei dem Kfz-Innenraumgeräusch handelt es sich für Freisprecheinrichtungen um eine massive Störgröße. In einer Konversation ist das aus dem Fahrzeug heraus zu einem Gesprächspartner übertragene Geräusch jedoch auch Informationsträger. Von daher muss bei der Analyse von der „Qualität der Hintergrundgeräuschübertragung“ gesprochen werden. Messverfahren zur Beurteilung einer Störgeräuschreduktion bzw. Comfort Noise-Einspeisung sind - wie oben gezeigt - verfügbar und können zur Beurteilung und Optimierung verwendet werden. Die Wichtigkeit dieses Parameters zeigt sich auch in der VDA-Spezifikation für Freisprecheinrichtungen [5], hier werden diese entsprechenden Analysen angewandt.

6. Literatur

- [1] Kettler, F.; Gierlich, H.W.; Diedrich, E., Störgeräuschreduktion bei mobiler Kommunikation - Möglichkeiten einer instrumentellen Qualitätsbeurteilung, 11. ESSV 2000, 04.-06.09.2000, Cottbus
- [2] Martin, R., Störgeräuschreduktionsverfahren für den Mobilfunk, 11. ESSV 2000, 04.-06.09.2000, Cottbus
- [3] Gierlich, H.W.; Kettler, F., Background Noise Transmission and Comfort Noise Insertion: The Influence of Signal Processing on "Speech"-Quality in Complex Telecommunication Scenarios, IWAENC 2001, 10.-13.09.2001, Darmstadt
- [4] Genuit, K. Objective Evaluation of Acoustic Quality Based on a Relative Approach, InterNoise '96, Liverpool, UK
- [5] VDA-Spezifikation für Freisprecheinrichtungen, Entwurf, Version 1.3 vom 09.10.2001