

Digitale Sprachverbesserung für Automobile

Conrad Schucht¹, Simon Bork¹, Alexander Meier²

¹Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr GmbH, 38518 Gifhorn, Deutschland,

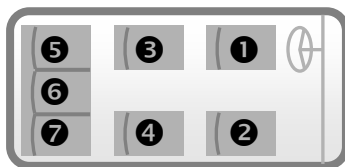
Email: conrad.schucht@iav.de, simon.bork@iav.de,

²TU-Braunschweig, Institut f. Nachrichtentechnik

Einleitung

Die Sprachkommunikation in Fahrzeugen mit mehreren Sitzreihen leidet aufgrund verschiedener Einflussgrößen wie z.B. Fahrgeräusch, akustische Bedämpfung der Kabine, Hörentfernung, Reflexionen und Nachhalldauer. Eine geringe Hör- und Sprechanstrengung während der Fahrt, ist jedoch als ein wesentliches Komfortmerkmal zu nennen.

Speech Transmission Index STI



Rating	STI
<i>bad</i>	< 0,3
<i>poor</i>	< 0,45
<i>fair</i>	< 0,6
<i>good</i>	< 0,75
<i>excellent</i>	< 1,0

Abbildung 1: Draufsicht auf die Sitzplätze eines dreireihigen Fahrzeugs und Rating zum Sprachübertragungsindex STI.

Die Abbildung 1 zeigt die Draufsicht auf ein beispielhaft untersuchtes Fahrzeug und den Zusammenhang der STI-Werte $0 < STI < 1$ und entsprechendem Rating.

Tabelle 1: Ergebnis der Messung des Sprachverständlichkeitsindex nach Abbildung 1. STI-PA nach Sitzplätzen, Sprecher auf Sitzplatz 2, Geschwindigkeit 100 km/h

Platz	1	2	3	4	5	6	7
STI-PA	0,74	0,92	0,58	0,58	0,42	0,46	0,37

Die in Tabelle 1 gemessenen Werte bestätigen, dass Platz 7 am ungünstigsten abschneidet. Der Oktavwert bei 1 kHz der STI-PA Messung fällt auf 0,16. Bei diesem Wert ist die Sprachkommunikation nahezu unterbunden. Für höherwertige Fahrzeuge sollte jedoch die STI-Bewertung nicht unter 0,45 (*poor or bad*) absinken.

Akustischer Aufbau

Das vorgestellte Verfahren löst diese Problematik mit Hilfe zweier Übertragungswege in der Fahrzeugkabine. Die Abbildung 2 zeigt das akustische Schema eines Kanals. Einem Mikrofon mit einer Acht-Charakteristik zur Aufnahme steht ein Lautsprecher zur Wiedergabe gegenüber. Die neutrale Ebene des Mikrofons steht dabei parallel zur Mittelachse des Fahrzeugs auf den Lautsprecher gerichtet, der ebenfalls auf der Mittelachse des Fahrzeugs verbaut ist. Die Reduzierung der akustischen Rückkopplung in der Kabine wird durch

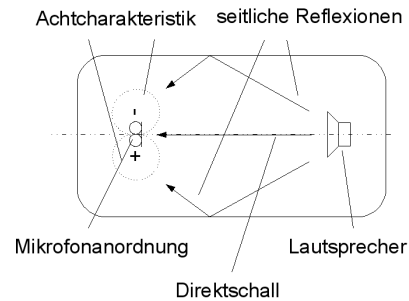


Abbildung 2: Fahrzeugkabine mit den akustische Pfade.

eine streng symmetrische Anordnung im Fahrzeug erreicht. Sie ist wirksam für Direktschall und die ersten Reflexionen, die sich in den gegenphasigen Empfangscharakteristika des Achtmikrofons kompensieren.

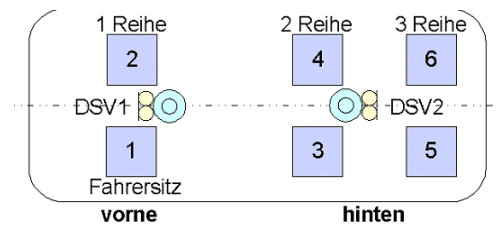


Abbildung 3: Anordnung in der Kabine. Position im Dachhimmel.

Die Abbildung 3 zeigt als Beispiel die Draufsicht eines dreireihigen Fahrzeugs. Das Modul DSV1 erfasst mit dem Achtmikrofon die Sprecher auf Platz 1 und 2. Sie werden über den Lautsprecher im Modul DSV2 wiedergegeben. Das Achtmikrofon im Modul 2 nimmt die Sprecher der Plätze 5 und 6 auf. Sie werden im Modul DSV1 wiedergegeben. Wegen der geringen Abstände der Plätze 3 & 4 zur vorderen und hinteren Sitzreihe wird hier auf ein Modul verzichtet, wodurch das System zweikanalig ausgeführt werden kann.

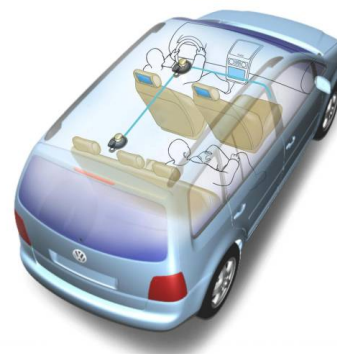


Abbildung 4: Fahrzeug mit zwei Modulen, Signalverbindung und Bordnetzanschluss.

Die Abbildung 4 zeigt den Einbau im Fahrzeug. Aus Abbildung 5 wird die Übereinstimmung der Richtung von Originalquelle und dem unterstützenden Signal aus dem Lautsprecher LS2 ersichtlich. Durch diesen Entwurf bleibt die korrekte horizontale akustische Quellenordnung des Hörers erhalten.

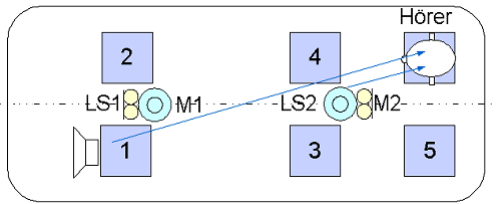


Abbildung 5: Direktschallwege zum Zuhörer mit der Übereinstimmung der horizontalen Raumrichtungen und Parallelstruktur von Direktschall und Lautsprecherschall.

Wegen der geringeren vertikalen Auflösung der Lokalisation des menschlichen Gehörs ist die vertikale Quellenabweichung nahezu unauffällig. Des Weiteren wird durch den unsichtbaren Einbau der Mikrofone und Lautsprecher im Dachhimmel der Realitätseindruck weiter gesteigert.

DSP-Signalverarbeitung

Nach der Zerlegung des Mikrofonsignals in 128-FFT-Bänder, wird in jedem Band das Signal mit einem schnellen und einem langsamen Speicher nach der Gleichrichtung und Logarithmierung gemittelt (siehe Abb. 6). Während beim Fahrgeräusch die Ergebnisse dicht beieinander liegen (< 6 dB), unterscheiden sie sich bei Sprache stark. Bei jeder Überschreitung erzeugt ein Komparator pro Band eine 1 am Ausgang. Die Mittelungszeiten und Komparatorschwellen werden nach Abb. 7 in vier Gruppen parametrisiert. Ein Tiefpassfilter bewertet die Komparatorimpulse. Ein weiterer Vergleicher steuert mit seiner Schwelle, ob die Realteile der FFT-Signale mit 1 oder mit der Dämpfung D multipliziert werden. Zusätzlich wird die Entzerrung aufmultipliziert.

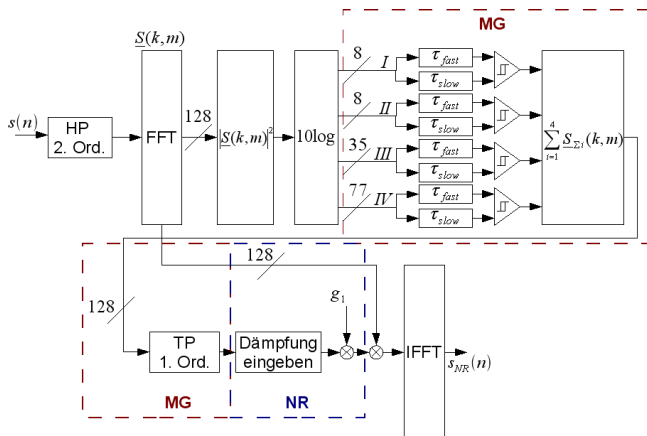


Abbildung 6: Ein Kanal der Signalverarbeitung im DSP [3].

Auf ein adaptives Rauschmodell wird wegen der sich schnell ändernden Fahrgeräuschzustände verzichtet. Die gefilterten Sprachsignale steuern anschließend eine Pegelwaage, die ein bidirektionales Sprechen erlaubt und gleichzeitig eine übermäßige Pegelerhöhung im Betrieb verhindert. Einsetzendes Rückkopplungspfeifen schließt das Mikrofongate selbsttätig,

da ein eingeschwungenes Signal über keine ausreichende Dynamik verfügt.

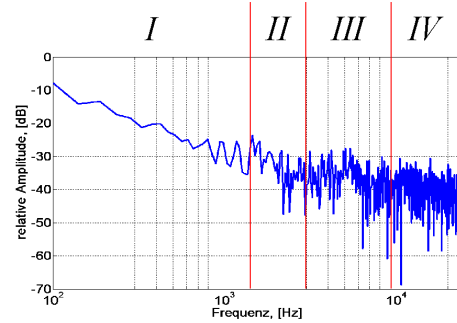


Abbildung 7: relatives Fahrgeräuschspektrum; das Audio-band wird in vier Bändern hinsichtlich Speicherdiffenz und Zeitkonstanten parametrisiert.

Wegen der Addition von Direktschall und Lautsprecherschall gemäß der Ausnutzung des Haas-Effekts zur korrekten Lokalisation des Sprechers, siehe Abb. 8, wurde eine analytisch bestimmte Entzerrung nicht verwendet. Eine terzbasierte Hörbewertung mit Burst-Signalen kommt stattdessen zur Anwendung, um gleichzeitig eine optimierte Entzerrung für unetige und eingeschwungene Signale zu berücksichtigen. Der elektrische Weg wird bewußt nicht linearisiert, da der vorhandene Luftschall lediglich mit dem elektroakustischen Signal ergänzt wird, um einen natürlichen Sprachklang entstehen zu lassen.

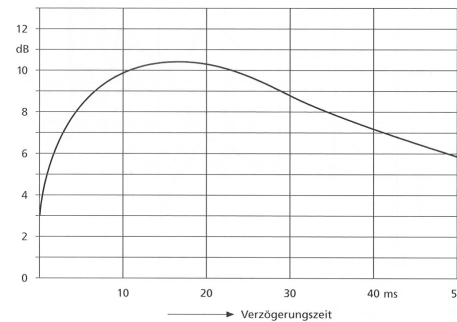


Abbildung 8: Die Pegelerhöhung des Sekundärschalls, die noch nicht die Ortung beeinträchtigt, in dB SPL in Abhängigkeit ihrer Verzögerungszeit zur ersten Wellenfront [4].

Die Entzerrung ist damit genau für eine gewünschte Sprachverstärkung gültig.

Das System wurde in ein dreireihiges Testfahrzeug verbaut, parametrisiert und beurteilt.

Literatur

[1] Steenhagen, S.: "The first automotive implementation of a digital voice enhancement system"; <http://www.appliedsignalprocessing.com/>

[2] Ludemann, T.: "Untersuchungen an Mikrofonanordnungen zur richtungsgebundenen Filterung von Sprachsignalen in Störschallfeldern"; TU Ilmenau, 2006

[3] Analog Devices: "SHARC Processor: ADSP 21364"; Description; Norwood, USA, 2005. <http://www.analog.com>

[4] Kuttruff, H.: "Akustik"; Hirzel Verlag; 2004; Stuttgart