

Evaluierung der Übertragungsqualität von Freisprechern im Kfz

Dr. Gudrun Klasmeyer, Martin Herrenkind, Karl Kreft
IAV GmbH, D-10587 Berlin und D-38518 Gifhorn, Germany,

Email: Gudrun.Klasmeyer@iav.de, Martin.Herrenkind@iav.de, Karl.Kreft@iav.de

Zusammenfassung

Wozu werden Gütemaße zur Erfassung der Qualität von Freisprecheinrichtungen gebraucht? In der Automobilindustrie sieht die Entwicklung neuer Modellreihen meist so aus, dass fertige Module verschiedener Zulieferer eingekauft und integriert werden. Planungsphase und Entwicklung überschneiden sich. Bis zum serienreifen Produkt entstehen mehrere Baumusterstände, die zeitnah entwickelt und erprobt werden müssen. Am Ende der Entwicklung soll ein bestimmter Qualitätsstandard erreicht werden. So entsteht das Bedürfnis, den Entwicklungsstand und die Qualität einzelner Komponenten messbar, dokumentierbar und kommunizierbar zu machen. Dabei ist es von Wichtigkeit, dass die Messungen unabhängig von Zeit, Ort und Personen ("Experten") zuverlässig reproduzierbar sind - und so zeit- und kostensparend wie möglich durchgeführt werden.

"State-of-the-Art" und Anforderungskatalog

Der Verband der deutschen Automobilindustrie konnte sich in der VDA-Spezifikation für Freisprecher im Kfz zur Sicherung bestimmter Qualitätsstandards auf die Einhaltung einer Reihe hauptsächlich physikalisch motivierter Maße einigen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Einhaltung dieser Kriterien für die Kundenzufriedenheit zwar notwendig, aber nicht hinreichend ist. Daraus resultiert die Frage: Welche Messgrößen würden die Produktmerkmale, die für den Kunden eine Rolle spielen, besser erfassen? Bei der Beurteilung der akustischen Übertragungsqualität eines Freisprechers im Kfz ergeben sich aus Kundensicht folgende Anforderungen:

1. Sprachverständlichkeit ist von höchster Priorität
2. Natürlichkeit des Stimmklangs bei vertrauten Personen soll erhalten bleiben
3. Vokaler Ausdruck (Sprecherintention, Emotion, etc.) soll erhalten bleiben
4. Unterdrückung der Hintergrundgeräusche muss gegen die Lästigkeit akustischer Artefakte abgewogen werden

Lösungsansätze aus verwandten Gebieten

Woher nehmen wir in der Praxis verwendbare Gütemaße, die die Einhaltung der Anforderungen aus Kundensicht berücksichtigen? Es gibt Gütemaße aus dem Bereich Festnetztelefonie, Mobilfunk, VoIP etc., die sich für die Bewertung von Freisprechern im Kfz modifizieren lassen. Generell unterscheidet man zwischen instrumentellen Maßen und Tests mit Probanden.

a. Technisch motivierte instrumentelle Maße nehmen die Bewertung mit Hilfe eines ungestörten Referenzsignals vor. Als Beispiele wären Distanzmaße im Zeitbereich, LPC-

Distanzmaße und spektrale Distanzmaße zu nennen. Eine genauere Betrachtung technisch motivierter Maße ist z.B. in [1] oder in [2] gegeben.

b. Psychoakustisch motivierte instrumentelle Maße legen ein Gehörmodell sowie ein Modell der anschließenden kognitiven Verarbeitung zugrunde. Es gibt psychoakustisch motivierte Maße mit und ohne Referenzsignal. Ein neueres Maß - POMNR – *Perceptual Objective Measure for Noise Reduction* [3], verwendet sogar zwei Referenzsignale, d.h. im Signalpfad werden drei Schnittstellen benötigt. Es wird ein fünfdimensionales Ergebnis erzielt, welches die Verzögerung durch den *noise reduction* Algorithmus, die Adaptionszeiten dieses Algorithmus, die Effizienz der Störgeräuschunterdrückung, die Belästigung durch das Rauschen sowie Verzerrungen beschreibt. Die fünf Einzelmaße werden auf eine MOS-Skala abgebildet.

c. Psychoakustische Maße ohne Referenzsignal (non-intrusive measures) nutzen – ähnlich wie auditive Tests – eine "interne Repräsentation" natürlicher Sprache. Hier wären hauptsächlich zwei Beispiele zu nennen: 3SQM – *Single Sided Speech Quality Measure* [4] und das *E-Model* ("Planungsmodell") [5]

Der 3SQM Algorithmus ermittelt eine größere Anzahl von *key parametern*, die schließlich auf eine MOS-Skala abgebildet werden. Beim *E-Model* werden Vorhersagen über die Sprachqualität aus sogenannten *impairment factors* – entnommen aus Referenztabellen und aktuellen Messungen – abgeleitet.

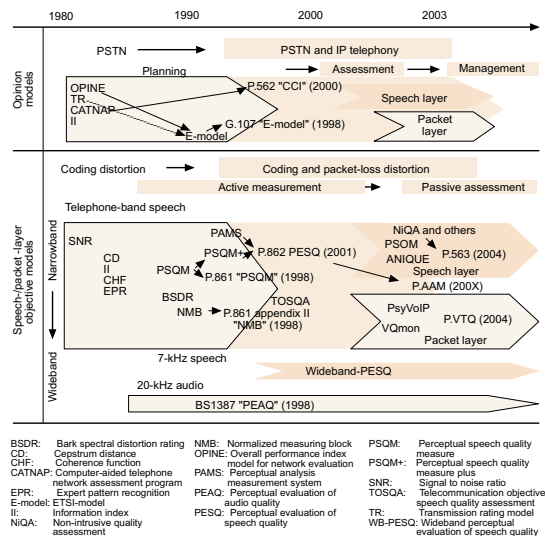


Bild 1: Instrumentelle Sprachbewertungsalgorithmen [6]

Die Beurteilung der Sprachverständlichkeit, der Natürlichkeit des Stimmklangs und des vokalen Ausdrucks sowie die Einschätzung der Lästigkeit von akustischen

Artefakten ist mit instrumentellen Maßen allein derzeit nicht zufriedenstellend möglich.

d. Die große Vielfalt auditiver Tests lässt sich gliedern hinsichtlich der verwendeten Skalen, ob absolute oder relative Urteile abgegeben werden, ob die Probanden Laien oder Experten sind, etc. Empfehlungen für auditive Tests finden sich z.B. in ITU-T Rec. P.800/835, [1], [7]. Mit Probandentests, die für spezielle Fragestellungen konstruiert werden, lassen sich in der Regel exaktere Qualitätsaussagen ableiten als mit instrumentellen Maßen. Jedoch sind auditive Tests stets zeit- und kostenintensiv.

Unsere praktischen Lösungen und "Testautomatisierung"

Beim Stichwort "Testautomatisierung" denkt man zunächst an eine Einsparung von Kosten. Im Zusammenhang mit der Beurteilung von Freisprechern ist die "Testautomatisierung" aber auch unter dem Gesichtspunkt der Reproduzierbarkeit der Messungen und der Vergleichbarkeit der Ergebnisse ein wichtiges Thema. Zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten unter verschiedenen akustischen Bedingungen gesprochene Sprache ist nur sehr eingeschränkt vergleichbar.

A. Erstellung einer Sprachdatenbank mit wiederverwendbarem, den realen Bedingungen am Kfz-Freisprecher optimal nachempfundenem Ausgangsmaterial: Sprachproben werden in reflexionsarmen Raum aufgenommen. Da aus der phonetischen Forschung bekannt ist, dass sich akustische Merkmale der Sprache entsprechend der Bedingungen bei der Produktion wesentlich unterscheiden können, haben wir ein spezielles Aufnahmeverfahren entwickelt, welches die Bedingungen am Kfz-Freisprecher bestmöglichst simuliert – und damit die Vorteile von Konversations- und *Listen-Only-Tests* bzw. instrumentellen Tests verbindet: Der Sprecher im reflexionsarmen Raum hat außerhalb einen Dialogpartner ohne Sichtkontakt. Das Sprachsignal des Dialogpartners wird – wie die akustische Fahrzeugumgebung ("Lombard-Effekt") - über spezielle Kopfhörer eingespielt, die das eigene akustische Feedback des Sprechers nicht dämpfen. Verschiedene typische Dialogsituationen sind Terminabsprachen, Wegbeschreibungen, oder komplexe Bauanleitungen. Für zusätzlich zu simulierenden mentalen "*TaskLoad*" anstrengender Fahrsituationen kommt ein Fahrsimulator (PC) zum Einsatz.

Das aufgenommene Sprachmaterial wird phonetisch transkribiert und verschriftet in einer Datenbank abgelegt. Zum Test einer Übertragungsstrecke wird je nach Testkriterium ein bestimmtes TestSet zusammengestellt, z.B.:

- lange Sätze ohne Pausen (verschiedene Sprecher)
- "unrhythmische" Äußerungen, Hesitationen, schwankende Lautstärke
- Einzelwörter, die mit Frikativen bzw. Plosiven anfangen oder enden (Herausforderung des *Speech Detectors*)

B. Akustische Fahrprofile: Evaluierungen werden entweder während realen Testfahrten oder in der Laborsimulation vorgenommen. Akustische Fahrprofile werden mit dem zu

beurteilenden Zielfahrzeug eingefahren. Dazu werden entweder während der Testfahrt unter verschiedenen Fahrbedingungen Sprachsignale aus der Datenbank über Kunstkopf pegelrichtig auf der Beifahrerposition eingespielt. Das elektrische "Summensignal" kann hinter dem im Fahrzeug verbauten Mikrofon abgegriffen und gespeichert werden. Alternativ wird nur das Fahrgeräusch aufgezeichnet und das Sprachsignal auf dem Rechner nach Faltung mit der Kfz-Raumimpulsantwort zugemischt.

C. Freisprechkomponenten im Labor – am Beispiel "Uplink": Freisprecher werden im Labor elektrisch mit pegelrichtigen Mikrofondaten beschickt. Hier können Bauteile ausgetauscht oder Parametrisierungen verändert werden. Auch die Mobilfunkstrecke wird im Labor simuliert, um reproduzierbare Bedingungen zu gewährleisten.

D. Die "Downlink" Situation im Labor ist nur mit größerem Aufwand für auditive Tests zu realisieren. Allerdings ist diese Signalrichtung für die Entwicklung als weniger kritisch anzusehen.

E. Individuelle Testplanung und -durchführung: Jeder Test kostet Geld. Deshalb werden instrumentelle und auditive Tests je nach aktueller Fragestellung kombiniert, z.B. Sprachverständlichkeitsmessung (in %) plus instrumentelle Gütemaße für Sprache, Hintergrundgeräusch und Gesamtsystem sowie ausgewählte auditive Tests. In allen Tests werden die gleichen Sprachproben und Fahrprofile verwendet.

Literatur

- [1] Quackenbush, S.R., Barnwell III, T.P., Clements, M.A.: Objective Measures of Speech Quality. Prentice Hall, New Jersey (2006)
- [2] Mattila J.S. & V.V.: New intrusive method for the objective quality evaluation of acoustic noise suppression in mobile communication. AES Convention, Berlin (2004)
- [3] Gautier Turbin, V. & Le Faucher, N.: A perceptual objective measure for noise reduction systems. On-line Workshop MESAQIN (2005)
- [4] ITU-T Rec. P.563. Single-ended method for objective speech quality assessment in narrow-band telephony applications. (2004)
- [5] ITU-T Rec. G.107. The E-model, a comput. model for use in transmission planing. (1998)
- [6] Takahashi, A. & Yoshimo, H.: Perceptual QoS assessment technologies for VoIP. IEEE Communications Magazine, 4: S.28-34 (2004)
- [7] Marzinzik, M.: Noise Reduction Schemes for Digital Hearing Aids and their Use for the Hearing Impaired. Dissertation, Oldenburg (2000)