

# Vollduplex-Kommunikation für Consumer- und Automotive-Anwendungen

Christian Gruber<sup>1</sup>, Diane Hirschfeld<sup>1</sup>

<sup>1</sup> voiceINTERconnect GmbH, Ammonstraße 35, 01067 Dresden, Deutschland, Email: [gruber/hirschfeld]@voiceinterconnect.de

## Einleitung

Die Möglichkeit des freien Sprechens ist ein wesentliches Komfortmerkmal in modernen Sprachkommunikationsanlagen. Eine entscheidende Rolle spielt hierbei die akustische Echokompensation (AEC), mit der sich Rückkopplungen zwischen einem Lautsprecher und einem Mikrofon reduzieren lassen.

Die Kfz-Freisprecheinrichtung ist hierfür ein Anwendungsbeispiel. Sie ermöglicht dem Anwender das freie Sprechen im Fahrzeug während eines Telefongesprächs. Ein weiteres Anwendungsbeispiel sind vollduplexfähige Wechselsprechanlagen, also Türsprechanlagen oder auch Gegensprechanlagen, wie sie in der Gebäudetechnik verwendet werden. Ein drittes Anwendungsbeispiel sind Systeme zur Kommunikation innerhalb von Fahrzeugen (In-Car-Kommunikationssysteme), mit denen sich zum Beispiel die Sprachkommunikation zwischen Vorder- und Rücksitzen im Pkw bei sehr lauten Umgebungsgläuschen während der Fahrt bei hoher Geschwindigkeit verbessern lässt.

Jede dieser drei Anwendungen stellt unterschiedliche Anforderungen an die akustische Echokompensation und das Gesamtsystem und erfordert daher unterschiedliche Zusatzkomponenten zur AEC. In diesem Beitrag werden die unterschiedlichen Anforderungen, die damit verbundenen Schwierigkeiten und die daraus resultierenden Komponenten und der Aufbau des Gesamtsystems gegenübergestellt und miteinander verglichen. Es werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufgezeigt.

## Kfz-Freisprecheinrichtung

In einem Pkw herrschen folgende akustische Gegebenheiten vor:

- relativ kurzes Echo ( $< 50$  ms)
- geringer, relativ konstanter Sprecher-Mikrofon-Abstand
- größerer Lautsprecher-Mikrofon-Abstand
- starke Änderung der Raumimpulsantwort durch die Bewegung der Personen im Pkw
- Störungen durch Fahrgeräusche

Hinzu kommt eine nicht zu vernachlässigende Verzögerung bei der Übertragung über das Telefonnetz ( $> 50$  ms).

Das Hauptproblem bei einer Kfz-Freisprecheinrichtung liegt darin, in jeder Situation eine schnelle und robuste Adaption der AEC zu erreichen. Das heißt die

AEC muss robust sein gegenüber Gegensprechsignalen und störenden Fahrgeräuschen und sich gleichzeitig auch schnell an Änderungen der Raumimpulsantwort anpassen können. Darüber hinaus muss eine hohe Echounterdrückung erreicht werden. Da diese hohe Unterdrückungsleistung aufgrund von nichtlinearen Verzerrungen (Klirren) der Lautsprecher und Verstärker im Pkw meist nicht erreicht wird, ist hier eine zusätzliche Restechoreduktion notwendig.

Weiterhin müssen für eine vernünftige Kommunikation störende Nebengeräusche mit Hilfe einer Störgeräuschunterdrückung bedämpft werden.

Damit setzt sich die Kfz-Freisprecheinrichtung aus den Komponenten AEC, Restechoreduktion und Störgeräuschunterdrückung zusammen.

## Wechselsprechanlage

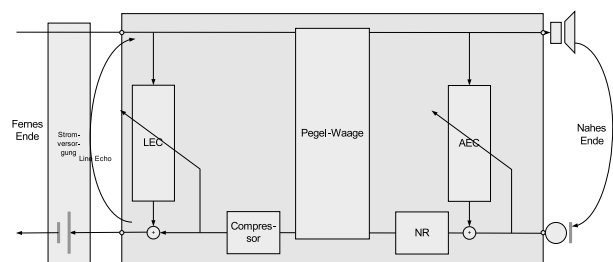


Abbildung 1: Aufbau einer Wechselsprechanlage

Die akustischen Gegebenheiten an einer Wechselsprechanlage sehen wie folgt aus:

- geringer Lautsprecher-Mikrofon-Abstand (u.U.  $< 10$  cm)
- kurzer, relativ starker Direktschallanteil ( $< 20$  ms) im Echopfad
- langer, relativ schwacher Nachhall ( $> 200$  ms) (Wohn- bzw. Büroumgebung)
- deutlich stärkeres Echosignal gegenüber dem Nutzsinal
- hohe Schleifenverstärkung bei der Kopplung von zwei Sprechstellen
- variabler Sprecher-Mikrofon-Abstand

Die größte Schwierigkeit bei der Wechselsprechanlage besteht in einem geringen Lautsprecher-Mikrofon-Abstand, welcher gleich zu mehreren Problemen führt. Das Hauptproblem besteht darin, dass dadurch die Schleifenverstärkung bei der Verkopplung von zwei Sprechstellen deutlich größer als 1 wird.

Die Hauptaufgabe der AEC besteht also darin, durch eine Kompensation des akustischen Echos zu verhindern, dass es zum Aufschwingen der Wechselsprechanlage kommt. Von Vorteil ist hierbei die Tatsache, dass der Echosi- gnalanteil im Mikrofonsignal gegenüber dem Nutzsi- gnalanteil relativ hoch ist, Gegensprechsignale und Hin- tergrundgeräusche fallen dadurch weniger ins Gewicht. Allerdings reicht die erzielbare Echodämpfung durch die AEC aufgrund von nichtlinearen Verzerrungen nur bei geringer bis mittlerer Wiedergabelautstärke aus, um das Aufschwingen zu verhindern. Bei hoher Wiederga- belautstärke muss zusätzlich eine Pegelwaage verwendet werden, die wechselseitig den Sende- oder Empfangskanal weiter bedämpft, damit die Schleifenverstärkung dauer- haft unterhalb von 1 gehalten wird.

Die erzielbare Echodämpfung der AEC reicht ebenfalls nicht aus, um das als störend wahrgenommene Echo der eigenen Sprache ausreichend zu unterdrücken. Hierfür ist wie auch im Pkw eine zusätzliche Restechoreduktion notwendig. Im Gegensatz zur Kfz-Freisprecheinrichtung ist hier aber die sehr geringe Übertragungsverzögerung ( $< 10$  ms) vorteilhaft. Die benötigte Echodämpfung muss nicht mehr so groß sein.

Grundsätzlich ist die Leistungsfähigkeit der Wechsel- sprechanlage dann erschöpft, wenn der Nachhall, der durch die akustische Umgebung erzeugt wird, zu stark ins Gewicht fällt. Dies tritt in einer typischen Wohn- bzw. Büroumgebung aber noch nicht auf, solange sich der Sprecher nicht mehr als 1 m vom Gerät entfernt be- findet. Erst wenn die Wiedergabelautstärke und die Mi- krofonempfindlichkeit weiter erhöht werden soll, um eine ausreichende Kommunikation auch aus größerer Entfer- nung zum Gerät zu ermöglichen, reicht es nicht mehr aus, nur den Direktschallanteil zu kompensieren.

Außerdem ist in einer Wechselsprechanlage ein Kom- pressor notwendig, um bei unterschiedlichen Sprecher- Mikrofon-Abständen eine gleichmäßige Lautstärke zu er- zielen.

Die Wechselsprechanlage beinhaltet damit die Kom- ponenten AEC, Restechoreduktion, Pegelwaage, LEC, Kompressor.

## In-Car-Kommunikationssystem

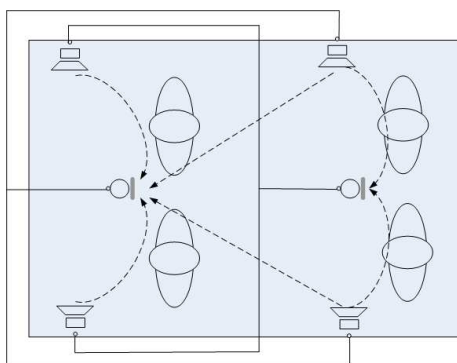


Abbildung 2: Aufbau eines In-Car-Kommunikationssystems

Die akustischen Gegebenheiten bei einem In-Car- Kommunikationssystem sind prinzipiell die gleichen wie bei einer Kfz-Freisprecheinrichtung. Es gibt jedoch einen wesentlichen Unterschied. Und zwar kommt es bei einem solchen System zusätzlich zu einer Rückkopplung zwi- schen dem Lautsprecher einer Seite und dem Mikrofon der Gegenseite (siehe Abbildung 2).

Eine solche Rückkopplung lässt sich jedoch nicht durch eine AEC kompensieren, da der AEC-Algorithmus vor- aussetzt, dass Echo- und Nutzsignal nicht miteinander korreliert sind. Bei einer akustischen Kopplung zwischen zwei Seiten eines Freisprechsystems ist dies jedoch nicht der Fall, da das Signal, welches auf einer Seite über den Lautsprecher ausgegeben wird dem Mikrofonsignal der Gegenseite entspricht.

Aus diesem Grund wird für ein In-Car-Kommunikations- system eine akustische Feedbackkompensation (AFC) benötigt.

## Zusammenfassung

Alle drei gegenübergestellten Systeme sind dafür kon- zipiert, Freisprechfunktionalität zu ermöglichen. Je- doch hat sich gezeigt, dass jedes System spezifi- sche Besonderheiten aufweist, die spezielle Zusatz- komponenten erfordern. Dies sind Restechoreduktion, Störgeräuschunterdrückung, Pegelwaage, Kompressor, sowie akustische Feedbackkompensation. In Tabelle 1 sind noch einmal die wesentlichen Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den akustischen Gegebenheiten der drei Systeme gegenübergestellt.

Tabelle 1: Vergleich der akustischen Gegebenheiten in den drei Anwendungsfällen

	Kfz- Freispr.	Wechsel- sprech.	In-Car- Komm.
Echolänge	$< 50$ ms	$< 20$ ms	$< 50$ ms
Echo-/Nutzsignalverh.	moderat	hoch	moderat
Variab. Raumimp.antw.	hoch	moderat	hoch
Inhärente Systemstab.	ja	nein	nein
direkte Rückkopplung	nein	nein	ja
Nebengeräusche	hoch	gering	hoch
Übertragungsverzög.	$> 50$ ms	$< 10$ ms	$< 10$ ms

## Literatur

- [1] Haykin, S.: Adaptive Filter Theory. Prentice Hall, 2002.
- [2] Gerald Enzner: Hands-Free Communication: A Uni- fied Concept of Acoustic Echo Cancellation and Re- sidual Echo Suppression, DAGA 2003
- [3] Gustafsson, S., Jax, P., Kamphausen, A., Vary, P.: A Postfilter for Echo and Noise Reduction avoiding the Problem of Musical Tones. Proc. ICASSP 99, Vol. 2
- [4] B. H. Nitsch: A frequency-selective stepfactor control for an adaptive filter algorithm working in the fre- quency domain, Signal Processing, vol. 80, 2000.