

Berichte aus der Kommunikations- und Informationstechnik

Band 23

**Alexander Stenger**

**Kompensation akustischer Echos unter Einfluß  
von nichtlinearen Audiokomponenten**

D 29 (Diss. Universität Erlangen-Nürnberg)

Shaker Verlag  
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Stenger, Alexander:*

Kompensation akustischer Echos unter Einfluss von  
nichtlinearen Audiokomponenten/Alexander Stenger.

Aachen: Shaker, 2001

(Berichte aus der Kommunikations- und Informationstechnik; Bd. 23)

Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-8675-1

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8675-1

ISSN 1432-489X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# Kurzfassung

Heutige Freisprecheinrichtungen besitzen zur Reduktion akustischer Echos meist einen digitalen Kompensator mit linearem Echopfadmodell. Bei ausreichend linearen Audiokomponenten erreichen solche Kompensatoren unter realen Bedingungen eine Echoreduktion von etwa 20...30 dB. Durch den Einsatz kostengünstiger Audiokomponenten oder durch Übersteuerung des Wiedergabeverstärkers, z.B. aufgrund niedriger Batteriespannung in Mobilgeräten, entstehen nichtlineare Verzerrungen. Anhand eines Hörtests wird gezeigt, daß der Benutzer des Freisprechgeräts erhebliche derartige Verzerrungen bei Sprache toleriert bzw. nicht hört. Zum fernen Teilnehmer wird dadurch jedoch bei lauten Äußerungen ein störendes, verzerrtes Echo zurückgesendet, das oft nicht durch herkömmliche lineare Kompensation entfernt werden kann. Deshalb werden in dieser Arbeit neue Echokompensatoren mit nichtlinearem Echopfadmodell vorgeschlagen.

Es wird zwischen gedächtnislosen und gedächtnisbehafteten Nichtlinearitäten unterschieden und jeweils ein spezielles Modell eingesetzt. Erstere entstehen durch Übersteuern des Wiedergabeverstärkers. Für diesen Fall wird ein kaskadierter Kompensator mit gedächtnisloser Polynomial- oder Begrenzerkennlinie als Vorstufe für ein lineares FIR-Filter eingesetzt. Ein spezielles Adaptionungsverfahren erlaubt die gleichzeitige NLMS- bzw. RLS-Adaption der Vorstufe und NLMS-Adaption des FIR-Filters mit einem gemeinsamen Fehlerkriterium. Mit einem übersteuerten Ein-Chip-Verstärker und einem ausreichend dimensionierten Kleinlautsprecher wird bei 1.5...7-fachem Rechenaufwand die Echoreduktion gegenüber einem linearen Kompensator um bis zu 10 dB verbessert. Die Möglichkeit von recheneffizienten Frequenzbereichsrealisierungen ähnlich denen von linearen adaptiven Filtern wird aufgezeigt. Dominieren vom Lautsprecher verursachte gedächtnisbehaftete Nichtlinearitäten, so eignet sich zur Echokompensation ein Volterra-Filter zweiter Ordnung mit NLMS-Adaption. Durch Beschränkung auf relevante Koeffizienten kann mit etwa dreifachem Rechenaufwand im Vergleich zum linearen Kompensator die Echoreduktion um 5...8 dB verbessert werden, wie Experimente mit verschiedenen Kleinlautsprechern belegen.

Ein zentrales Problem bei Echokompensatoren ist die Steuerung der Adaptionsschrittweite in Abhängigkeit von Sprecheraktivität und Adaptionzustand. Basierend auf einer Steuerung für lineare Kompensatoren werden für die neuen Kompensatoren geeignete Erweiterungen entwickelt. Dadurch können obige Ergebnisse mit realistischen Gesprächsszenarien erreicht werden.

Für beide Modelle wird auf Ansätze zur Steigerung der Recheneffizienz verwiesen, die in Nachgearbeiten untersucht werden könnten.