

ZUR BEURTEILUNG DER VERZERRUNGEN
BEI GETASTETER SPRACHUEBERTRAGUNG

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften

der

E I D G E N Ö S S I S C H E N T E C H N I S C H E N
H O C H S C H U L E Z Ü R I C H

vorgelegt von

A L B E R T K Ü N D I G

Dipl. El.-Ing. ETH Zürich

geboren am 19. Februar 1937

von Pfäffikon (Kt.Zürich)

Angenommen auf Antrag von

Prof. H. Weber, Referent

Prof. Dr. E. Baumann, Korreferent

1974

ZUSAMMENFASSUNG

Die Sprachübertragung in integrierten digitalen Nachrichtennetzen erfolgt nach dem Prinzip der Abtastung und Rekonstruktion, wobei sowohl sende- wie empfangsseitig eine verzerrungsfreie Wiedergabe durch geeignete Filter sichergestellt werden muss. Es zeigt sich durch Untersuchung der langzeitlichen im Vergleich mit den kurzzeitlichen statistischen Eigenschaften von Sprachsignalen, dass die Dimensionierung der Filter nur aufgrund einer subjektiven Beurteilung der Verzerrungen richtig durchgeführt werden kann. Die entsprechende Optimierung der Filter erfolgt in einem zweistufigen Verfahren. Zunächst wird gezeigt, dass ein beliebiges Filter durch Superposition \cos^2 -förmiger Elementarfilter konstruiert werden kann, und dass dessen Verzerrungseigenschaften in einfacher Weise von der Verzerrungswirkung der zugrunde liegenden Elementarfilter abhängen. Mit dieser Basis können Gruppen von verzerrungsfreien Filtern ausgeschieden werden, aus denen in einem zweiten Schritt durch paarweise Vergleiche die besten Kombinationen von Sende- und Empfangsfiltern hervorgehen.

Die Versuche zeigen, dass die subjektiv optimierten Filterkombinationen Frequenzgänge aufweisen, die wesentlich von den theoretisch idealen Lösungen abweichen. Insbesondere erlauben sie einfache Filterrealisierungen bei subjektiv besserer Uebertragungsqualität gegenüber den gemäss Abtasttheorem erforderlichen idealen Tiefpässen. Die Untersuchungen schliessen einen Vergleich der Uebertragungsqualität bei verschiedenen Abtastfrequenzen ein.

Im Zuge der theoretischen Ableitungen wird der Zusammenhang zwischen der kontinuierlichen Interpolation von Abtastwerten durch Filter und der zeitdiskreten Rekonstruktion von Abtastlücken hergeleitet. Diese letztere lässt sich zur Gewinnung zusätzlicher Datenkanäle aus digitalen Telefon-

kanälen verwenden. Mittels subjektiver Beurteilungsverfahren werden auch für diesen Fall die Störschwellen bestimmt, wobei sich ergibt, dass die erreichbaren Datenraten in der gleichen Größenordnung wie bei andern Methoden (zum Beispiel "bit stealing") liegen.

Die subjektive Beurteilung erfolgt sowohl hinsichtlich Natürlichkeit der Wiedergabe (mit Hilfe von Präferenztests) wie auch bezüglich Verständlichkeit (mit Hilfe von Reimtests). Es zeigt sich, dass die untersuchten Verzerrungen weitgehend nur Einfluss auf die Wiedergabequalität und nicht auf die Verständlichkeit besitzen.

S U M M A R Y

In integrated digital communication systems, speech signals must be filtered both before sampling and following reconstruction to prevent aliasing distortion. A comparison of the time dependent and longtime statistical properties of speech signals shows that the design of pre- and postfilters should be based on a subjective evaluation of the distortion phenomena. The corresponding optimization is carried out in two steps. First, it is shown that an arbitrary filter may be decomposed into elementary filters with \cos^2 -shape. The subjective performance of that filter is rather simply related to that of the elementary filters by superposition principles, so that measurements on the elementary filters form the basis for the choice of distortionless characteristics. In a second step, the best combinations of sending and receiving filters are found with pairwise comparisons.

The results of the subjective evaluations depart significantly from the theoretically optimum ideal low pass filters. Simple filter realizations result in a statistically significant improvement in transmission quality for a range of different sampling rates.

The time discrete reconstruction of missing samples, which is closely related in theory to continuous interpolation by the receiving filter, may be used to extract data subchannels in PCM telephone transmission. Subjective tests show that such "sample stealing" methods yield data rates similar to those obtained by "bit stealing".

The subjective evaluation comprised both naturalness (by preference methods) and intelligibility (by rhyme tests). Surprisingly, speech with intolerable aliasing distortion does not show a statistically significant degradation of intelligibility.