

Diss. ETH Nr. 8649

Elektrotaktile Erkennung von vorklassifizierten Alarmsignalen für Gehörlose

oder

"TIPS: Tactile Identification of Preclassified Signals"

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

BOHUMÍR UVÁČEK

dipl. El.-Ing. ETH

geboren am 17. November 1955

von Dübendorf ZH

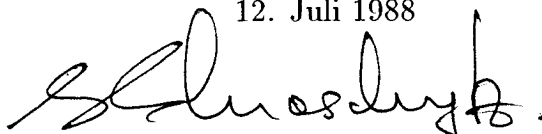
angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. G.S.Moschytz, Referent

Prof. Dr. J.L.Massey, Korreferent

Dr. med. T.Spillmann, Korreferent

12. Juli 1988



Abstract

As a result of experiments with electrocutaneous spectral displays for the profoundly deaf, a new strategy, especially useful in the detection of common alarm-signals, has been defined.

Through the TIPS (Tactile Identification of Preclassified Signals) strategy a significant increase of the recognition of alarm-signals paired with a substantial decrease in the learning time for the tactile patterns is obtained if compared with current tactile hearing aids.

The problem with vocoder-like tactile aids commonly used in speech therapy, is the time-continuous and very fine representation of the acoustic spectrum, which is very tiresome and learning-time consuming if used for the detection of acoustic alarms. Through the recognition of alarms by machine and preclassification into a few desired classes of alarms only the alarm class of the detected event has to be signalled. This brings a substantial reduction in learning and concentration needed for an efficient use of this new hearing aid.

Recognition results for different signal classification algorithms have been computed with a database of 200 alarm-signals. The signals were also classified using the experimental wearable signal detector described in this thesis.

Under different conditions, recognition performances of 78%-98% were obtained in simulations or in real-time. A trend became obvious, namely, with more sophisticated model, i.e. with more model variables, we obtain a very good recognition of the signals used in model training ("self recognition"; recognition of the training set) but only a moderate recognition of signals not used during the training ("foreign recogni-

tion"; recognition of the test set). Increasing the number of training signals this gap between self and foreign recognitions diminishes and both recognitions reach a common end-level which increases as a function of the model complexity.

A simplified classification algorithm in fixed-point arithmetic, running on the digital signal processor TMS320C25, was programmed for the experimental evaluation in real time.

Because of TIPS it was possible to use a novel technique for a reliable and painfree electrotactile stimulation. Finger muscle nerve fibers under the skin at the wrist are stimulated to evoke a very slight vibration sensation. The maximal reported information transmission rate by electrotactile stimulation of 4-5 bit/s is matched by signaling one of four alarm-signal classes every third of a second. With a longer presentation time for the tactile patterns, i.e. 1 second, up to 16 different classes could be reliably transmitted.

Our experimental wearable signal detector, called SIGNALON, incorporates the whole system and makes it possible to carry out experiments with deaf users in their common environment.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit präsentiert, als Folge der Voruntersuchungen mit vokoderähnlichen taktilen Hörhilfen, eine neue Strategie für die Erkennung von akustischen Alarmsignalen mit Hilfe der elektrotaktilen Hautstimulation. Die TIPS-Strategie (Tactile Identification of Preclassified Signals) erlaubt bei kürzeren Trainingszeiten für die elektrotaktilen Reizmuster eine höhere Erkennungshäufigkeit von Alarmsignalen, verglichen mit den heute bekannten Geräten.

Das Problem der, auf dem Vokoderprinzip beruhenden, taktilen Hörhilfen ist die sehr feine und zeitlich ununterbrochene Darstellung des akustischen Spektrums. In der Detektion akustischer Alarmsignale führt dies zu sehr langen Trainingszeiten und zu Ermüdungseffekten während der Benützung. Durch eine maschinelle Erkennung der Alarmsignale und die Vorklassifizierung der Alarme in wenige wichtige Klassen, muss nur noch die Alarmklasse des detektierten Signals angezeigt werden. Das bringt eine bedeutende Reduktion der Lernzeit und der erforderlichen Konzentration während der Benützung dieser neuen Hörhilfe.

Anhand einer Datenbank von 200 Alarmsignalen wurden mehrere Varianten der Signalklassifizierung im Hinblick auf eine tragbare Realisierung untersucht. Simulationen zeigten unter verschiedenen Bedingungen eine Erkennungshäufigkeit von 78%-98%.

Die Erkennungsraten der verschiedenen Verfahren lassen einen Trend erkennen: je komplizierter die Modelle gewählt werden, d.h. je mehr Variablen ein Modell enthält, umso bessere Erkennung der Signale aus der Trainingsphase (Selbsterkennung, Erkennung der Lernstichprobe) und umso schlechtere Erkennung der übrigen Signale, die nicht beim Modell-

training benutzt wurden (Fremderkennung, Erkennung der Prüfstichprobe). Der Unterschied zwischen der Selbst- und der Fremderkennung verkleinert sich mit steigender Anzahl der Trainingssignale, bis die beiden Erkennungen einen gemeinsamen Endwert erreichen. Der erreichte Endwert ist umso höher, je komplizierter ein Modell gewählt wurde.

Eine neue Variante der elektrotaktilen Stimulation, die durch die TIPS-Strategie möglich wurde, ist zusammen mit einem Klassifizierungsalgorithmus, der für Signalprozessoren mit Festkommaarithmetik geeignet ist, im tragbaren experimentellen Erkennungsgerät SIGNALON realisiert worden.

Die Reizung der Fingermuskelnerven, die dicht unter der Haut am Handgelenk verlaufen, ermöglicht eine sichere und schmerzlose elektrotaktile Übermittlung von Informationen. Diese Reizung ruft ein leichtes Vibrationsgefühl hervor, ohne dass eine Bewegung von außen sichtbar wäre. Die maximale publizierte Informationsrate von 4-5 bit/s wird erreicht durch die Übermittlung von maximal 4 verschiedenen Alarmsignalklassen pro Drittelsekunde. Mit einer längeren Präsentationsdauer von 1 Sekunde können bis zu 16 verschiedene Signalklassen über die elektrotaktile Reizung vermittelt werden.

Durch die tragbare Realisierung von SIGNALON ist es möglich geworden, praktische Versuche mit Gehörlosen durchzuführen.