ETH zürich

ETH Library

Maximum-likelihood processing of signals received over multipath channels

Doctoral Thesis

Author(s):
Hufschmid, Markus

Publication date:
1992

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000667009

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH No. 9673

Maximum-Likelihood Processing of Signals Received over Multipath Channels

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
MARKUS HUFSCHMID
dipl. El.-Ing. ETH
born May 8, 1961
citizen of Niederwil AG

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. J. L. Massey, examiner
Prof. Dr. G. S. Moschytz, co-examiner

1992

Abstract

In this thesis, some problems concerning the transmission of digital data over unknown multipath channels are dealt with.

A new derivation of the pseudoinverse of a matrix that is based on the venerable "orthogonality principle" for least-squares problems is presented and a generalization of the minimum-norm property of the pseudoinverse is proved. This approach leads to an elementary derivation of Greville's recursive method for computing the pseudoinverse. It is shown that Greville's recursive method provides an optimum initialization for the recursive least-squares (RLS) algorithm.

The maximum-likelihood (ML) rule for the joint estimation of the transmitted data sequence and of the unknown impulse response of the multipath channel is derived. A recursive procedure for computing the maximum-likelihood metric is given. Preprocessing of the received signal by the inverse filter of the shaping sequence leads to a decoding rule that can be implemented as a modified matched-filter receiver. The special case when the delay spread of the channel is not longer than a symbol period is considered and it is shown that the estimate of the data sequence is then obtained by computing the eigenvector corresponding to the largest eigenvalue of a hermitian matrix.

Finally, suboptimum receivers for multipath environments that perform nearly as well as the true maximum-likelihood receiver but are easier to implement are presented. In particular, the applicability of different sequential decoding techniques and of the Viterbi decoder is investigated. A comparison of these methods is carried out.

Kurzfassung

In der vorliegenden Dissertation werden einige Probleme behandelt, welche bei der Übertragung von digitalen Daten über unbekannte Mehrwegkanäle auftreten.

In einem einleitenden Teil wird eine neue, auf dem Orthogonalitätsprinzip beruhende Herleitung der Pseudoinversen einer Matrix vorgestellt und eine Verallgemeinerung der Minimum-Norm Eigenschaft der Pseudoinversen bewiesen. Dieser Ansatz führt zu einer elementaren Herleitung von Greville's Methode zur rekursiven Berechnung von Pseudoinversen. Es wird gezeigt, dass Greville's Methode eine optimale Initialisierung des "recursive least-squares" (RLS) Algorithmus ermöglicht.

Die Maximum-Likelihood (ML) Regel für die gemeinsame Schätzung der gesendeten Datensequenz und der unbekannten Impulsantwort des Mehrwegkanals wird hergeleitet. Ein rekursives Verfahren zur Berechnung der Maximum-Likelihood Metrik wird vorgestellt. Die Vorverarbeitung des empfangenen Signals mit dem zur Sendesequenz inversen Filter führt zu einer Dekodierregel, welche als modifizierter Matched-Filter Empfänger implementiert werden kann. Der Spezialfall wenn der "delay spread" des Kanals nicht länger als die Symbolperiode ist, wird untersucht und es wird gezeigt, dass die Schätzung der Datensequenz dann durch Berechnung des zum grössten Eigenwert korrespondierenden Eigenvektors einer hermitschen Matrix erhalten werden kann.

Schlussendlich werden suboptimale Empfänger vorgestellt, welche nahezu gleich gute Ergebnisse wie der echte Maximum-Likelihood Empfänger liefern, jedoch einfacher zu implementieren sind. Insbesondere wird die Anwendbarkeit verschiedener "Sequential Decoding" Techniken

sowie des Viterbi Dekoders untersucht. Ein Vergleich dieser Verfahren wird durchgeführt.