



Doctoral Thesis

Multicarrier modulation techniques for bandwidth efficient fixed wireless access systems

Author(s):

Hunziker, Thomas

Publication Date:

2002

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004469984> →

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 14818

Multicarrier Modulation Techniques for Bandwidth Efficient Fixed Wireless Access Systems

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by

Thomas Hunziker
Dipl. El.-Ing. ETH
born September 11th, 1966
citizen of Staffelbach, AG

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Dirk Dahlhaus, examiner
Prof. Dr. Andreas Polydoros, co-examiner

Abstract

Fixed wireless access (FWA) technologies are of great interest as a means to provide broadband data services to households and businesses without requiring any existing cable infrastructure. Multicarrier modulation techniques like orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) facilitate the high-speed data transmission over time-dispersive channels. What makes the physical layer design in FWA systems demanding is the limited frequency spectrum and the fact that, unlike in some cable based systems, the transmission medium needs to be shared among multiple users. Bandwidth efficient transmission schemes are thus a central issue.

In this thesis, two potential techniques for achieving higher spectral efficiencies than with a conventional OFDM modulation are investigated. The first technique exploits available channel state information (CSI) at the transmitter side for accomplishing an adaptive modulation. In particular, the spectral power allocation of a bit-interleaved coded broadband OFDM transmission over slowly time-variant channels is optimized. The presented adaptation policies aim to minimize the bit error rates at the decoder output of hard-decision and soft-decision based receivers, assuming either perfect or outdated CSI. The achievable increase in the spectral efficiency with respect to nonadaptive transmission schemes is investigated by means of computer simulations.

The second part of the thesis focuses on alternative multicarrier transmission techniques without bandwidth wasting guard periods. Multicarrier modulation schemes in which the elementary signal pulses relate to the elements of a Weyl-Heisenberg system, i.e. resulting from a prototype function shifted in time and frequency, are studied. The overlapping of the information-bearing signal parts after dispersive channels and the resulting interference are bounded by utilizing a prototype pulse whose energy is concentrated in both time and frequency. Re-

ceiver schemes are presented in which first a sufficient statistic for the unknown data symbols is calculated from the output signals of a filter bank, and second an iterative maximization of the likelihood function or a decorrelation is performed. The bounded pulse overlapping allows for limiting the computational effort in the receivers. The computational complexity, error rate performance and information capacity are analyzed and compared to the characteristics of a conventional coded OFDM transmission.

Kurzfassung

Drahtlose Festanschlüsse sind eine Alternative zu drahtgebundenen Lösungen zur Versorgung von Haushalten und Geschäften mit breitbandigen Datendiensten. Der Vorteil der drahtlosen Systeme liegt darin, dass keine Kabel-Infrastruktur vorausgesetzt werden muss und die Endgeräte einfach installiert werden können. Mit Mehrträger-Modulationsverfahren wie OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) lassen sich Daten mit hoher Geschwindigkeit über Funkkanäle mit Mehrwegausbreitungserscheinungen übertragen. Andererseits sind wegen der Knappheit an Frequenzen, und weil sich die Benutzer in einer Zelle das Spektrum teilen müssen, Übertragungsverfahren mit hoher spektraler Effizienz gefordert.

Gegenstand dieser Arbeit ist die Untersuchung zweier Ansätze zur Verbesserung der Bandbreite-Effizienz gegenüber einer gewöhnlichen OFDM Übertragung. Die erste Technik beruht auf der Ausnutzung von Kanalinformation im Sender. Es werden insbesondere Verfahren zur Adaptierung der Leistung der Unterträgersignale an den gegenwärtigen Kanalzustand betrachtet. Die hergeleiteten Algorithmen minimieren die Fehlerraten am Decoder-Ausgang bei Systemen mit Codierung und einer Verschachtelung (Interleaving) auf Bit-Ebene, wobei auch der Fall einer wegen eines zeitvarianten Kanals veralteten Kanalinformation untersucht wird. Die mittels adaptiver Leistungsanpassung erzielbaren Gewinne werden durch Computersimulationen ermittelt.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Eignung von alternativen Mehrträger-Modulationstechniken ohne die für OFDM notwendigen Schutzintervalle untersucht, welche die Bandbreite-Effizienz vermindern. Es wird eine Klasse von Modulationsverfahren betrachtet, bei welchen die elementaren Pulsformen durch Verschiebung einer Prototypfunktion in der Zeit und der Frequenz resultieren und somit den Elementen eines Weyl-Heisenberg-Systems entsprechen. Durch

Verwendung von Prototypen mit hoher Signalenergiekonzentration im Zeit- und Frequenzbereich lässt sich die Überlappung der informationstragenden Signalanteile am Kanalausgang - und damit die Interferenz am Empfänger - beschränken. Empfängerkonzepte werden vorgestellt, welche mittels einer Filterbank zuerst eine suffiziente Statistik für die unbekanntenen Datensymbole erzeugen und auf dieser Basis eine iterative Maximierung der Likelihood-Funktion oder eine Dekorrelation durchführen. Die erforderliche Rechenkomplexität lässt sich durch die Beschränkung der Pulsüberlappungen begrenzen. Neben der Rechenkomplexität werden die Fehlerraten und die Kapazitäten untersucht, und es wird ein Vergleich zu konventionellen OFDM-Systemen ohne und mit Codierung angestellt.