



Doctoral Thesis

Analyse dezentraler lokaler Funknetze mit Codevielfachzugriff

Author(s):

Perle, Hans-Christian

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001915485> →

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](#).

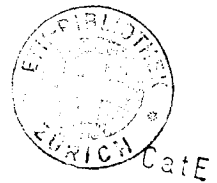
Diss. ETH Nr. 12545

**Analyse dezentraler lokaler Funknetze
mit Codevielfachzugriff**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
HANS-CHRISTIAN PERLE
M.S.E.E., University of Missouri – Rolla, USA
geboren am 17. Februar 1965
in Mannheim (Deutschland)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. E. Leuthold, Referent
Prof. Dr. J. L. Massey, Korreferent



Zürich 1998

Abstract

In this thesis, a novel decentralized radio local area network (RLAN) with asynchronous direct-sequence code division multiple access (DS/CDMA) is proposed and investigated with regard to its performance. Such a RLAN does not include any fixed network infrastructure which renders possible to set up a data network in a highly flexible way (ad hoc RLAN).

The different users simultaneously transmit sequences of binary phase-shift keying symbols which are spread by the individual users codes. The signals are transmitted over time-invariant frequency-nonselective radio channels and demodulated by conventional receivers at the destination nodes. The system performance is limited by multiple access interference. Due to the absence of a common reference point, power control can not be used as a means to eliminate the near-far problem. Approximate expressions of the probability of packet success are derived for signals spread by periodic or aperiodic spreading sequences (PSS or ASS). It is shown, that systems with PSS exhibit better performance, even in a system employing error correcting block codes.

Error correcting block codes are employed and therefore a certain number of erroneously detected symbols can be corrected at the receiver. A perfect error detection scheme is assumed. Packets which can not be correctly received, have to be retransmitted which motivates to combine DS/CDMA with slotted ALOHA. The system is modelled as a Markov chain which renders possible to derive throughput and mean delay figures as well as to study the dynamic behavior of the RLAN. Packet collisions occur, if two different packets arrive simultaneously at a certain node or if a packet is received by a currently transmitting node. For an increasing number of nodes with constant network traffic, the probability of a packet

collision decreases and therefore, as opposed to classical ALOHA networks, the maximum throughput increases. Other topics discussed in this thesis include the choice of a retransmission strategy and the benefit of applying the “ binary exponential backoff ” algorithm.

The problem of fairness is addressed as well. It arises, if a node at an unfavorable location cannot fully participate on the network resources. It turns out that an adjustment of the transmitter power according to the distance between transmitter and receiver node can be used to substantially reduce the fairness problem.

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein neuartiges dezentrales, lokales Datenfunknetz (RLAN, radio local area network) basierend auf Mehrfachzugriff mit Code-Multiplex und pseudozufälliger Phasenumtastung (DS/CDMA, direct-sequence/code division multiple access) vorgestellt und dessen Leistungsfähigkeit analysiert. Derartige dezentrale RLAN können beispielsweise für die Datenkommunikation in einem Ad-hoc-Szenario eingesetzt werden, bei dem keine Netzinfrastruktur innerhalb eines Gebäudes zur Verfügung steht.

Hinsichtlich der bandspreizenden Sekundärmodulation beschränken sich die Betrachtungen auf die Multiplikation mit einem binären Spreizcode (DS/CDMA), während die Primärmodulation mit BPSK (binary phase shift keying) realisiert wird. Signale unterschiedlicher Teilnehmerstationen - im folgenden als Knoten bezeichnet - sind dabei in Bezug auf den Spreizcode oder die Trägerphase nicht synchronisiert. Unter der Annahme eines einfachen Kanalmodells wird die Paketerfolgswahrscheinlichkeit an einem Empfangsknoten mit einem kohärenten Korrelationsempfänger ermittelt. Da das untersuchte RLAN ohne eine zentrale Basisstation operiert, kann keine Leistungsregelung wie bei zellularen Funknetzen vorgesehen werden. Daraus resultiert das sogenannte Near-Far-Problem. Für ein solches System werden neue Approximationen für die Paketerfolgswahrscheinlichkeit vorgestellt. Systeme mit periodischen bzw. aperiodischen Spreizsequenzen (PSS bzw. ASS) werden miteinander verglichen. Es stellt sich heraus, daß das System mit PSS demjenigen mit ASS überlegen ist. Dies ist auch der Fall, wenn Blockcodes zur Korrektur von Fehlern eingesetzt werden.

Pakete, die nicht korrekt empfangen werden können, müssen wiederholt gesendet werden. Deshalb wird DS/CDMA und das ALOHA-

Protokoll mit Zeitschlitzten („Slotted ALOHA“) kombiniert. Durch den Einsatz der Theorie Markowscher Ketten kann sowohl der Durchsatz und die mittlere Verzögerung bestimmt als auch das dynamische Verhalten des Systems untersucht werden. Bei der Analyse wird dem Problem von Paketkollisionen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Diese entstehen, wenn ein Paket an einen zur selben Zeit sendenden Knoten geschickt wird oder aber zwei Pakete zeitgleich oder mindestens überlappend an denselben Zielknoten gesendet werden. Für eine wachsende Anzahl von Knoten bei konstantem Verkehrsaufkommen im Netz sinkt die Kollisionswahrscheinlichkeit und damit steigt, anders als bei ALOHA ohne DS/CDMA, der maximale Durchsatz stark an. Die geeignete Wahl der Wiedersendestrategie sowie das Verbesserungspotential der „Binary Exponential Backoff“-Strategie werden untersucht.

Abschließend wird das Problem der sog. „Fairneß“ behandelt. Es stellt sich nämlich heraus, daß einzelne Knoten zufolge eines ungünstigen Standorts nur unzureichend von der insgesamt verfügbaren Netzkapazität Gebrauch machen können. Diesem Problem kann durch eine Anpassung der Sendeleistung an die Distanz zwischen Sender und Empfänger wirkungsvoll entgegengewirkt werden.