



Doctoral Thesis

Analyse eines zentralisierten lokalen Datenfunknetzes mit Codevielfachzugriff

Author(s):

Rechberger, Bruno

Publication Date:

1997

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001846278> →

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](#).

18. Nov. 1997

Diss. ETH ex. B

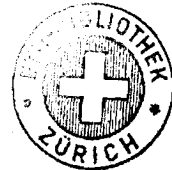
P. Leuthold
18. 09. 97

Diss. ETH Nr. 12263

Analyse eines zentralisierten lokalen Datenfunknetzes mit Codevielfachzugriff

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

vorgelegt von
BRUNO RECHBERGER
Dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 22. November 1965
von Pfyn (TG)



Gate

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. E. Leuthold, Referent
Dr. S. Ramseier, Korreferent

Zürich 1997

Abstract

In this thesis a centralized radio local area network (RLAN) based on direct sequence code division multiple access (DS/CDMA) is investigated. Packets between the network nodes are always sent via a hub. In contrast to mobile radio systems, LANs are characterized by a high peak data rate. Therefore, the spreading factors are generally small. For the uplink, i.e. the link from the nodes to the hub, asynchronous DS/CDMA is used. Synchronous DS/CDMA is applied to the downlink, i.e. the link from the hub to the nodes. With the assumption of a single path channel the use of orthogonal spreading sequences results in an error-free transmission on the downlink. Thus, the system performance is limited by the strong multiple access interference (MAI) on the uplink.

The probability of packet success is essential for the investigation of medium access control protocols in a RLAN. The exact calculation of the probability of success for asynchronous DS/CDMA as used for the uplink can only be performed at a very high computational expense. Therefore, approximations of the probability of packet success are employed instead. A widely used method is the well known Gaussian approximation. Based on the central limit theorem this method requires a large number of transmitting nodes. Usually, this does not hold in a RLAN and therefore the Gaussian approximation is not well suited for the calculation of the probability of packet success in this case. On the other hand, the improved Gaussian approximation gives accurate results even for a small number of active nodes. However, it is only applicable to systems with aperiodic random sequences, i.e. a different spreading sequence is used for every bit of a packet, and moreover requires a high computational effort. Based on the improved Gaussian approximation a new approximation is presented, which shows a marginally lower precision but has the advantage of a moderate computational expense. Finally, an accurate method for the calculation of the probability of packet success for periodic spreading, i.e. the same spreading sequence is used for every bit of a packet, is derived. In

contrast to results presented in the literature it is shown that aperiodic and periodic spreading sequences yield considerably different results.

It is pointed out that despite the small spreading factors the theoretically achievable network capacity of the DS/CDMA system is about 40 to 50% of that of a traditional system based on the collision channel. However, the application of slotted ALOHA as medium access protocol for the uplink gives about the same results for both systems. This is due to the high efficiency of the slotted ALOHA protocol in combination with asynchronous DS/CDMA.

The modeling of slotted ALOHA and asynchronous DS/CDMA as a discrete time Markov chain allows not only the calculation of the system throughput and delay for various parameters but also enables the investigation of the dynamic behavior.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Untersuchung eines zentralisierten, lokalen Datenfunknetzes (radio local area network, RLAN) unter Verwendung des auf pseudozufälliger Phasenumtastung basierenden Bandpreizverfahrens mit Codevielfachzugriff (direct sequence code division multiple access, DS/CDMA). Im Gegensatz zu Mobilfunksystemen versucht man bei RLAN eine möglichst hohe Datenrate zu erreichen. Entsprechend werden relativ kleine Spreizfaktoren verwendet. Die Übermittlung von Paketen zwischen zwei Netzknoten erfolgt stets über einen zentralen Knoten, den sogenannten Hub. Für die Verbindung von den Knoten zum Hub (Uplink) wird asynchrones DS/CDMA eingesetzt, während für die Verbindung vom Hub zu den Knoten (Downlink) synchrones DS/CDMA zum Einsatz kommt. Da der Einfachheit halber nur ein Ausbreitungspfad angenommen wird, ermöglicht die Verwendung von orthogonalen Spreizsequenzen eine fehlerfreie Übertragung auf dem Downlink. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit des Systems weitgehend von der starken, beim Uplink auftretenden Interferenz der Signale (multiple access interference, MAI) bestimmt.

Die Paketerfolgswahrscheinlichkeit bildet die Basis für die Untersuchung von Zugriffsprotokollen in einem RLAN. Da sich deren Berechnung im Fall von asynchronem DS/CDMA als rechnerisch äusserst aufwendig erweist, ist man diesbezüglich auf möglichst genaue Approximationen angewiesen. Die bekannteste ist wohl die gaussische Approximation, bei der man - basierend auf dem zentralen Grenzwertsatz - von einer grossen Anzahl sendender Knoten ausgeht. Da diese Bedingung bei RLAN meist nicht erfüllt ist, stellt sich die erwähnte Methode zur Berechnung der Paketerfolgswahrscheinlichkeit als nur bedingt geeignet heraus. Die erweiterte, gaussische Approximation liefert hingegen auch bei einer kleinen Anzahl sendender Knoten zuverlässige Resultate. Sie kann jedoch nur im Fall von aperiodischen Spreizsequenzen, d.h. für jedes Bit eines Paketes wird eine andere Spreizsequenz verwendet, eingesetzt werden und ist zudem nume-

risch aufwendig. Basierend auf der erweiterten, gaussischen Approximation wird eine neue Methode vorgestellt, die zwar im Vergleich dazu eine etwas geringere Genauigkeit aufweist, dafür aber einen moderaten numerischen Rechenaufwand erfordert. Zum ersten Mal wird auch ein Weg aufgezeigt, der es erlaubt, zuverlässige Werte der Paketerfolgswahrscheinlichkeit für Systeme mit periodischen Spreizsequenzen zu berechnen. In diesem Fall wird für jedes Bit eines Paketes die gleiche Spreizsequenz benutzt. Entgegen früheren Annahmen zeigt sich, dass aperiodische und periodische Spreizsequenzen auf völlig unterschiedliche Paketerfolgswahrscheinlichkeiten führen.

Eine neue Erkenntnis ist, dass die theoretisch erreichbare Netzkapazität des vorliegenden DS/CDMA-Systems trotz kleiner Spreizfaktoren bei etwa 40 bis 50% eines traditionellen, auf dem Kollisionskanal (collision channel) beruhenden Systems liegt. Der Einsatz von unterteiltem (slotted) ALOHA als Zugriffsprotokoll für den Uplink führt jedoch in beiden Fällen zu ungefähr der gleichen Netzkapazität. Dies ist auf die erstaunlich hohe Effizienz von unterteiltem ALOHA in Verbindung mit asynchronem DS/CDMA zurückzuführen.

Die Modellierung von unterteiltem ALOHA in Kombination mit asynchronem DS/CDMA als zeitdiskrete markovsche Kette erlaubt es, den Durchsatz und die Zugriffsverzögerung des Gesamtsystems für beliebige Wahl der verschiedenen Parameter zu bestimmen. Zudem lässt sich damit auch das dynamische Verhalten studieren.