ETH zürich

ETH Library

Gleichwellenübertragung in analogen und digitalen Mobilfunksystemen

Doctoral Thesis

Author(s):
Jiang, Shang-Zhou

Publication date:
1987

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000413581

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. 8286

GLEICHWELLENÜBERTRAGUNG IN ANALOGEN UND DIGITALEN MOBILFUNKSYSTEMEN

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
SHANG-ZHOU JIANG
dipl. El.-Ing. der
Tsinghua University, Beijing, VR China
geboren am 20. April 1947
Fujian, VR China

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. Leuthold, Referent
Prof. Dr. G. Epprecht, Korreferent

Zürich 1987

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Eigenschaften der analogen und digitalen Übertragung mit Gleichwellentechnik in Mobilfunksystemen mit Frequenzmodulation behandelt.

Unter Gleichwellentechnik versteht man ein Verfahren, bei dem Funkverbindungen von mehreren Basisstationen zu Mobilstationen auf dem gleichen Funkkanal erfolgen. Die Bedeutung der Gleichwellentechnik liegt vor allem darin, dass geographische oder bauliche Hindernisse für die Funkwellenausbreitung auf diese Art überwunden werden können und sich damit der effektive Versorgungsbereich relativ einfach erweitern lässt. Dies ist zudem ohne zusätzlichen Bedarf an Frequenzband sowie ohne wesentliche Steigerung der Komplexität des Empfängers im Vergleich zu einer konventionellen Mobilstation möglich.

Einerseits wegen der massiven Zunahme der Nachfrage nach Mobilfunksystemen in verschiedenen Bereichen, andererseits wegen der permanenten Knappheit an Frequenzbändern steigt das Interesse am Gleichwellenfunk in jüngster Zeit deutlich. In gleichen Masse nimmt die Wichtigkeit von theoretischen Studien zur Gewinnung tieferer Erkenntnisse über die Probleme beim Gleichwellenfunk, insbesondere bei digitaler Übertragung, im Hinblick auf die Konzeption neuer Systeme zu.

Die Hauptprobleme stellen die Interferenz und ihre Auswirkungen auf die Übertragungsqualität dar. Die Interferenzstörungen werden durch Überlagerung der von verschiedenen Basisstationen gesendeten Funkwellen hervorgerufen. In Gebieten mit vergleichbar grossen Pegeln sind diese Effekte besonders stark ausgeprägt.

In dieser Arbeit werden zunächst aufgrund bekannter Erkenntnisse die Interferenzeinflüsse bei analoger Übertragung und Sichtverbindung zusammengestellt und diskutiert. Dabei werden die möglichen Parameterdifferenzen bei der Trägerfrequenz, beim Modulationshub, bei der Laufzeit sowohl des Trägers als auch des modulierenden Signals und bei den Signalpegeln zwischen den Empfangssignalen verschiedener Sender berücksichtigt. In diesem Zusammenhang ist auch die Ortswahrscheinlichkeit der Interferenzstörungen von Bedeutung.

Danach werden die Kanaleigenschaften bei Rayleigh-Schwund analysiert, wobei die Statistik des Schwundes unter dem Einfluss von Parameterdifferenzen häufigere Schwellendurchgänge und eine kürzere Schwunddauer aufweist.

Das Schwergewicht der Untersuchungen liegt bei der Ermittlung des Systemverhaltens des digitalen Gleichwellenfunksystems. Durch theoretische Analyse werden die Zusammenhänge zwischen der Bitfehlerwahrscheinlichkeit und den verschiedenen Parameterdifferenzen bei Sichtverbindung sowie bei Rayleigh-Schwund festgelegt. Es zeigt sich, dass die theoretischen Berechnungen, die Computersimulationen sowie die Labormessungen gut übereinstimmen.

Als konkreter Anwendungsfall wird ein digitales Gleichwellenfunksystem mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 9.6 kbps bei einer Bandbreite von 16 kHz mit Hilfe von Simulationen sowie durch Messungen an einem Labormuster untersucht. Unter bestimmten Einschränkungen hinsichtlich der zulässigen Parameterdifferenzen weist dieses digitale Gleichwellenfunkkonzept durchaus eine praktische Bedeutung auf.

Schliesslich wird das Diversity-Verhalten bei Rayleigh-Schwund diskutiert. Beim Gleichwellenfunk mit niedriger Übertragungsgeschwindigkeit hat man früher drei Diversity-Techniken, nämlich Trägerfrequenz-, Modulationshub- und Wellenform-Versatz entwickelt. Hier wird mit einer vereinfachten Analyse das Diversity-Verhalten einheitlich dargestellt; damit lassen sich die Bedingungen für das Erzielen eines ähnlich grossen Diversity-Gewinns wie bei "maximum ratio combining diversity" bestimmen.

Abstract

This work deals with the performance of analog and digital FM transmission in a multitransmitter mobile radio system, also called simulcast mobile radio.

In such multitransmitter mobile radio systems communication from the base stations to the mobile units is established by simultaneous transmission of the same information from more than one base station within the same radio channel. The advantage of this method is mainly a better overcoming of geographical or man-made obstacles in the propagation paths of the radio waves and hence wider radio coverage. The benefit of a wide-area coverage is not dependent on an extension of the necessary frequency spectrum and moreover maintains simple receiver design in mobile units just as in conventional mobile radio systems.

Because of the rapidly increasing need for mobile radio communication and a shortage of available frequency spectrum the interest in multitransmitter systems has grown continuously during the past years. For the development of new systems it is necessary therefore to get a deeper understanding of the problems related to multitransmitter transmission, especially the transmission of digital signals.

The main problems turn out to be the interference and its influences on the system performance. Interference occurs due to superposition of the radio waves which are transmitted from different base stations. In some areas where the different radio waves are of similar intensity interferences may cause very severe disturbances.

At first, in this work, the influences of interference on analog transmission over a line of sight are summarized and discussed referring to the present state-of-the-art. The possible parameter differences, namely those concerning the carrier frequencies, the modulation deviation, the delay time between the carriers or the modulation signals as well as the magnitude between received signals from different transmitters are taken into account. Thereby the spacial distribution of relevant interference distortions is of special interest.

Afterwards some channel properties of multitransmitter mobile radio in the case of Rayleigh fading are analyzed. The statistics show a higher threshold crossing rate and a shorter fading time which are directly influenced by the parameter differences.

The main object of this investigation is to discuss the system performance for digital transmission. Theoretical analysis allows some fundamental statements about the bit error probability as a function of parameter differences of the system operating over a line-of-sight as well as within a fading environment. The results of this analysis show good agreement with computer simulations and laboratory measurements.

As an example a multitransmitter digital mobile radio system for a transmission rate of 9.6 kbps within a bandwidth of 16 kHz has been investigated by means of simulations and measurements carried out with an experimental system. Such a system proves to be realizable. For satisfactory operation parameter differences must be restricted within reasonable boundaries.

Finally, the effect of diversity to combat Rayleigh fading in digital multitransmitter systems is discussed. For low bitrate systems three distinct offset techniques offering diversity improvement have been applied in the past, namely carrier-frequency-offset, modulation-index-offset und waveform-offset. It is shown that operating methods can be explained by means of an unified and simplified analysis. The obtainable diversity improvement turns out to be comparable with the maximum ratio combining diversity.