



Doctoral Thesis

Modelling the mobile-radio channel

Author(s):

Papantoniou, Spyros J.

Publication Date:

1990

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000569252> →

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](#).

0. Juli 1990

Diss. ETH No. 9120

Modelling the Mobile-Radio Channel

A Dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZÜRICH

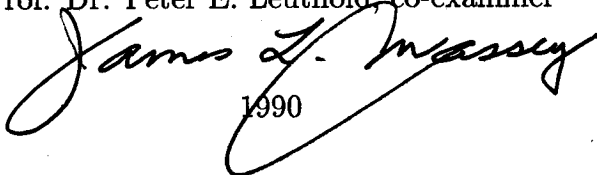
for the degree of
Doctor of Technical Sciences

Presented by

SPYROS J. PAPANTONIOU
dipl. El.-Ing. ETH

born on April 22, 1956
Greek citizen,
and citizen of Geroldswil ZH

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. James L. Massey, examiner
Prof. Dr. Peter E. Leuthold, co-examiner


1990

Abstract

A new model for the land mobile radio channel is derived that is intended to apply to wideband transmitted signals in the 900MHz frequency band. The model is derived from physical reasoning about the geometry of the region surrounding the receiver and transmitter, as well from other physically reasonable assumptions. The model is specified by a two-variable impulse response $h_x(t)$, where $h_x(t)$ is defined as the signal that would be received at point x along some straight line when a unit impulse is transmitted at time 0 from a fixed sender. This geometric model is spatially-stationary but time-invariant; time variation is the result of the receiver's motion, which alters the reception point x .

The derived model for the land mobile radio channel consists of two submodels, one for reflections and one for the line-of-sight path. The reflection submodel treats the received signal as the sum of statistically independent but identically distributed components, each of which is described by five independent and identically distributed random variables. The probability density functions of these random variables are inferred from physical reasoning or from available experimental data. The line-of-sight submodel treats the received signal as the sum of two closely-correlated components that account for experimentally observed fading. A simplified version of the model is derived for the case of bandpass signals whose bandwidth is a small fraction of the the carrier frequency.

The validity of the model is treated by comparing its predictions with channel measurements made recently by the Swiss PTT in an extensive measuring campaign and with measurements reported in the literature. Because the sampling interval in the former measurements is too large to

permit direct confirmation of an essential aspect of the model, viz. that the reflections encountered by the transmitted signal may be treated as ideal (i.e., non-distorting) reflections, an extension of the Wiener filter theory was carried out that permits estimation of the received signal at an artificially increased sampling rate. The measurement data, processed by this interpolating Wiener filter, is used to validate the ideal reflection hypothesis of the model.

The autocorrelation function of the received portion of the signal in the model is derived, together with its simplifications in the case of narrow-band bandpass signals. It is shown that, when the receiver moves at constant velocity in a region small enough that none of the many received paths present disappear and no new paths appear, the model reduces to the well-known and widely accepted Rayleigh-fading model of Clarke for very narrow-band signals. Rician fading can similarly be described within the new model. The new model is also compared with the recent Hashemi-Suzuki-Turin wideband model of the land mobile radio channel.

Zusammenfassung

Ein neues Modell für den Mobilfunkkanal im Freien wird hier hergeleitet, das für breitbandige gesendete Signale im 900MHz Frequenzband Anwendung finden soll. Das Modell ist einerseits aus physikalischen Überlegungen über die Geometrie der Umgebung des Senders und Empfängers und andererseits aus physikalisch plausiblen Annahmen entstanden. Das Modell wird durch eine Impulsantwort $h_x(t)$ in zwei Variablen x und t bestimmt, wobei $h_x(t)$ als das empfangene Signal definiert wird, das an x , einen Punkt auf einer Geraden, empfangen worden wäre, falls ein Einheitsimpuls zur Zeit 0 von einem fixierten Sender aus, gesendet würde. Das geometrische Modell ist räumlich stationär jedoch zeitinvariant; die zeitliche Änderung ist ein Resultat der Bewegung des Empfängers, die den Empfangspunkt x ändert.

Das hergeleitete Modell für den Mobilfunkkanal im Freien besteht aus zwei Untermodellen, eins für Reflektionen und eins für den direkten Pfad entlang der Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger. Das Reflektionsuntermodell behandelt das empfangene Signal als eine Summe von statistisch unabhängigen jedoch identisch verteilten Komponenten, wovon jede durch fünf unabhängige Zufallsvariablen beschrieben wird. Die Wahrscheinlichkeitsdichten dieser Zufallsvariablen lassen sich aus physikalischen Überlegungen oder aus vorhandenen experimentellen Daten bestimmen. Das Untermodell für den direkten Pfad entlang der Sichtverbindung behandelt das empfangene Signal als die Summe zweier stark korrelierter Komponenten, die für den experimentell beobachteten Schwund ("fading") verantwortlich sind.

Für Bandpaßsignale, deren Bandbreite ein kleiner Bruchteil der Trägerfrequenz beträgt, wird eine vereinfachte Version des Modells hergelei-

tet. Die Gültigkeit des Modells wird durch den Vergleich der Aussagen des Modells mit vorhandenen Kanalmessungen, die einerseits durch die Schweizer PTT vor kurzem in einer ausführlichen Messkampagne vorgenommen wurden, oder andererseits in der Literatur bereits erwähnt werden, geprüft. Da das Abtastintervall in den erstgenannten Messungen zu gross gewesen ist, um eine direkte Bestätigung eines entscheidenden Aspekts des Modells zu ermöglichen, insbesondere um zu zeigen, ob die Reflektionen die das gesendete Signal erlitten hat, als ideal (d.h., verzerrungsfrei) angenommen werden können, wurde eine Erweiterung der Theorie der Wiener Filter vorgenommen, die eine Schätzung des empfangenen Signals bei einer künstlich erhöhten Abtastrate erlaubt. Die durch das interpolierende Wiener Filter verarbeitete Messdaten wurden benutzt, um die Hypothese der idealen Reflektionen zu bestätigen.

Im Modell wird die Autokorrelationsfunktion des reflektierten Anteils des empfangenen Signals hergeleitet, zusammen mit Vereinfachungen derselben im Fall von schmalbandigen Bandpaßsignalen. Bewegt sich der Empfänger mit einer konstanten Geschwindigkeit, in einer kleinen Region in welcher keiner der vielen Pfade verschwindet und auch kein weiterer neu hinzukommt, so wird gezeigt, dass sich das Modell für sehr schmalbandige Signale auf das wohl bekannte und akzeptierte Rayleigh-fading Modell von Clarke reduziert. Auf ähnliche Weise kann auch Rician-fading mit diesem neuen Modell erklärt werden. Das Modell wird schliesslich mit dem Kanalmodell von Hashemi-Suzuki-Turin für Breitbandsignale verglichen.