

# Thesis Abstract

Registration Number	"KOU" No.3370	Name	Liyanage, Maduranga
Thesis Title			
Resource allocation and channel estimation techniques for OFDMA systems			
<p>Wireless communications is ubiquitous. People are no longer just checking email from wireless devices. Multimedia services are in very high demand, while the quality of multimedia services is increasing. This puts enormous pressure on the wireless service providers to constantly increase the throughput. The 4<sup>th</sup> generation wireless systems are been designed to address this throughput demand. Orthogonal-frequency-division-multiplexing (OFDM) technology is being chosen as the PHY/MAC layer of the 4<sup>th</sup> generation networks due to number of advantages it provides and high throughput being one of them. Although OFDM is able to provide increased throughput in theory, in practice it is difficult to achieve this limit. Resource allocation is the technique that allocates bandwidth, power, etc., to users, such that the system throughput is increased, while at the same time user quality-of-service (QoS) is maintained.</p> <p>Chapter 1 presents an introduction to the OFDM system with its' theoretical background. Then resource allocation fundamentals are presented with some simulation results showing the importance of proper resource allocation and also the nature of the complexity of the problem. Finally we introduce the channel estimation fundamentals of the OFDM system. Channel estimation is an important, as well as an integral part of OFDM systems which uses coherent demodulation, multiple-input-multiple-output (MIMO), antenna selection and many other techniques. Most of all, channel estimations are required for proper resource allocation. Resource allocation algorithms rely heavily on the channel estimations to allocate subcarriers, power, modulation and coding levels, etc., to achieve better throughput and QoS. Hence, channel estimations play an important part in the resource allocation process as well. A discussion on importance of channel estimations and the complexity involved with the process is discussed here.</p> <p>Chapter 2 presents our proposed low complexity resource allocation technique using a user ranking procedure to address the complexity issue of the channel estimation in OFDM systems,. This technique takes in to account users channel characteristics and define several attributes. Fuzzy set theory is used then on these attributes to prioritize the users. The proposed methodology is flexible in the sense that it can be used with different attributes to customize to the system parameters and required performance.</p> <p>Chapter 3 explains the proposed steady-state Kalman filter for the channel estimation in OFDM systems. Conventional Kalman filters are used in OFDM systems for channel estimation due to their simplicity and the ability to operate in non-stationary environments. Nevertheless, Kalman filters are quite computationally complex due to a matrix inversion present in the calculation. In OFDM systems, channel estimations are required to perform frequency and this could become a computational burden. The</p>			

proposed steady-state Kalman filter uses channel and system characteristics to simplify the problem to a scalar level. In addition to reduced complexity, the steady-state Kalman filter is able to avoid the convergence period, thus providing better performance.

Chapter 4 presents a statistical analysis of the quantization noise present in an end-to-end OFDM link. Quantization noise is present in every digital communication system, and although the higher resolutions of currently available quantizers are able to reduce the quantization noise to negligible levels, this higher resolution comes at a high power consumption cost. With newer systems integrating MIMO, the effect of power consumption of the quantizers are going to more severe as parallel radio-frequency (RF) links are required. Here we identify the effect of system model on the quantization noise. It has been shown that quantization noise is a function of the quantizing signal probability density function (PDF), and here we analyze how the signal PDF is changing from the transmitter to the receiver end, and how it affects the quantization noise. This study is motivated by the Kalman filter channel estimation, where the noise statistics are an important parameter that needs to be known. Often only background Gaussian noise is considered, but as we have shown in this chapter, quantization noise should also be taken into account depending not only on the quantizer resolution, but also on the propagating channel.

Chapter 5 concludes this dissertation with an overall discussion of the OFDM system and techniques discussed throughout the report.

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 3370 号	氏 名	Liyanage, Maduranga
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 笹瀬 巖
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 山中 直明
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 大槻 知明
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 眞田 幸俊
<p>工学士，修士（工学），Liyanage, Maduranga 君提出の学位請求論文は，「Resource allocation and channel estimation techniques for OFDMA systems (OFDMA システムにおけるリソース割り当てとチャネル推定技術)」と題し，全 5 章から構成される。</p> <p>近年，移動通信技術とその利用環境はめざましい発展を遂げており，多様化するマルチメディア情報を様々な通信環境において高速に送受信できる要求がますます高まっている。特に，マルチパス伝搬路での高速伝送に適した直交周波数分割多重(OFDM)変調方式や直交周波数分割多元接続方式(OFDMA)を基盤として，高スループット，低遅延，ユーザの要求に応じた柔軟な品質制御を図る研究開発が精力的になされている。ブロードバンド移動通信ではチャネルの伝搬状況が大きく変動する。よって，チャネル状況を的確に推定して，電力，サブキャリア，送受信アンテナ，変調方式，誤り訂正などのリソースを，ユーザ毎に適切に割り当てることは重要な課題である。</p> <p>本論文は，今後のブロードバンド移動通信技術の発展を担う，OFDM および OFDMA を用いたシステムにおけるリソース割り当てとチャネル推定に焦点を当て，高性能化や高効率化に対する検討を行い，ユーザごとの品質要求を満足しながら高スループットを達成できる，優れたリソース割り当て方式，および，演算量を低減できるチャネル推定方式を提案している。</p> <p>1 章では，これまでの移動通信システムに関する研究の流れと，リソース割り当てとチャネル推定に関する研究課題について概説し，本研究の目的について述べている。</p> <p>2 章では，OFDMA システムにおいて，各ユーザのサブキャリアの受信特性を複数の評価尺度を用いて，ファジー理論によりユーザのランクを求め，そのランクに従って柔軟にサブキャリアを割り当てる方式を提案している。そして，計算機シミュレーションにより，提案方式は，サブキャリア割り当てに要する収束までの繰り返し演算量を低減できることを示している。</p> <p>3 章では，レイリーフェージング環境下の OFDM を用いた移動通信システムにおいて，定常状態でのカルマンゲインを用いて，フィルタの収束性が優れ，かつ，演算量も少ないチャネル推定法を提案している。提案方式では，行列の対角性を利用してカルマンフィルタ問題をベクトル領域からスカラー領域へ変換することにより，定常状態でのゲインを容易に導出することを可能にしている。また，信号対雑音電力比(SNR)によるチャネルの雑音分散を導出する手法も提案している。そして，計算機シミュレーションにより，提案方式が従来方式よりも大幅に演算量を低減できることを示している。</p> <p>4 章では，OFDM を用いたブロードバンド移動通信において，多入力多出力アンテナを併用して高スループットや低 SNR を達成する場合には，電力削減のために量子化レベルを低く抑える必要があるが，そのような場合での量子化が並列伝送信号に及ぼす影響について解析し，量子化 OFDM 伝送信号の確率密度関数と量子化雑音の関係を明らかにしている。</p> <p>第 5 章は結論であり，本論文で得られた結果を総括している。</p> <p>以上，本論文の著者は，OFDM を用いた次世代移動通信システムに適したリソース割り当て方式とチャネル推定方式を提案し，その有効性を明らかにしており，工学上，工業上寄与するところが少なくない。よって，本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			