

氏 名	RUANGCHAIJATUPON,Nararat		
学位（専攻分野）	博士（情報学）		
学位記番号	総研大甲第 1242 号		
学位授与の日付	平成 2 1 年 3 月 2 4 日		
学位授与の要件	複合科学研究科 情報学専攻 学位規則第 6 条第 1 項該当		
学位論文題目	Providing Quality of Service and Fairness in Broadband Wireless Access Networks		
論文審査委員	主 査	准教授	計 宇生
		教授	山田 茂樹
		教授	曾根原 登
		准教授	阿部 俊二
		准教授	福田 健介
		准教授	張 勇兵（筑波大学）

Broadband Wireless Access (BWA) networks are becoming an infrastructure for broadband connectivity for residential and mobile users with various types of applications including data, voice, and video transfer. As wiring is not required, BWA networks are expected to provide low pricing for high-speed last mile connectivity. Beside that, BWA networks are also to bring the access to the areas where the access has been economically unavailable. Hence, these networks can extend the community and bring connectivity to the larger number of people.

This PhD dissertation is about resource allocation scheme for the BWA network. The resource allocation scheme plays an important role in supporting the network to achieve the aforementioned goals; i.e. to provide Quality of Service (QoS) for applications with various characteristics. In addition, according to the nature of wireless link, channel condition may fluctuate and some users may face low signal-to-interference-noise ratio, which results in low transmission capability. Hence, the resource allocation scheme must take channel condition into account and ensure that all users' applications are allocated enough network resource in a fair manner.

We compare the performance of various resource allocation schemes for the BWA network that is based on Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) in Time Division Duplex (TDD) mode which serves the fixed and nomadic subscribers. In this case, channel condition is presumably stable because the subscriber stations have no mobility, and hence, transmission rate is fixed. We propose a novel resource allocation and packet scheduling scheme in order to serve several classes of traffic with various requirements in this fixed-rate case. The scheme is based on deficit counters, which can provide fairness and flexibility at the same time.

Our study also covers the case where users move with various patterns of mobility. In this case, the Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) technique is recommended. OFDMA allows an Adaptive Modulation and Coding (AMC) technique so that users with inferior channel condition can change the modulation and coding scheme to the more reliable one. This technique ensures connectivity and increases reliability. Furthermore, OFDMA enhances the network capacity by dividing data in the multiple streams and sending via multiple subchannels with low transmission rate in parallel. OFDMA with AMC provides multiuser multichannel diversity, which should be exploited by the resource allocation scheme.

Thus, in this dissertation, we present our research work for fair resource allocation with the consideration of users' mobility and variation of wireless channel condition. We employ a matrix to model multiuser multichannel diversity. In addition, we propose three novel resource allocation schemes with the objective of providing QoS and maintaining fairness while trying to maximize the total system throughput. All three schemes are based on Proportional Fairness (PF) utility function because this function is the balance trade between throughput and fairness. The first scheme focuses on fair resource allocation while maximizing total system throughput. In the second scheme, we analyze PF utility function for a multicarrier system, and derive a novel PF-based utility function that takes users' data rate requirement into consideration. The third scheme focuses on providing service to multiple classes of users. The scheme tries to guarantee QoS for the guaranteed class, while serves the non-guaranteed class as much as possible.

Moreover, this dissertation contains the evaluation of the schemes' performance in various ways with the realistic assumption that users' queue are finitely backlogged and can be empty from time to time. In summary, our schemes provide the completely solutions for resource allocation and packet scheduling in various cases of a BWA system ranging from the case where users are nomadic or have no mobility to the case where users have full mobility with various speed. The schemes cover many dilemma issues that are introduced by BWA networks such as the maximization of network utilization, fairness, classes of users with different requirements, and traffic with individual data rate requirement. In addition, our work also considers reducing the number of iterative computation to reduce the computation complexity in order to provide the feasible implementation in the realistic systems.

本博士論文は「Providing Quality of Service and Fairness in Broadband Wireless Access Networks (広帯域無線アクセスネットワークにおけるサービス品質と公平性の提供)」と題し、広帯域無線アクセス (BWA) ネットワークにおいて、異なるレベルのサービス品質 (QoS) を提供するために必要な無線リソースの資源管理とパケットスケジューリングの方法について提案したものである。広帯域無線アクセス (BWA) ネットワークは IEEE802.16委員会およびWiMAXフォーラムで規定されている国際標準であり、これからの無線データ通信で広く使われることが予想される。その中で、利用者の品質要求と公平性を保ちながら、資源管理を有効に行うことが重要な課題であり、本論文は、その課題について行った研究に関するものである。

論文は6章で構成され、第1章および第2章の研究の動機と目的、及び関連技術の概観に続いて、第3章から第5章では、要求条件をいくつかのケースに分けて研究目的を実現するための提案について述べた。

具体的に、第3章では、単一チャネル、固定レートの場合において、複数のQoSクラスを実現するためのパケットスケジューリング法について提案している。すなわち、データを伝送する無線通信チャネルは一つであり、また、その無線チャネルが比較的安定しているため送信レートが不変であるような場合の品質保証法の提案である。広帯域無線アクセスネットワークの標準ではサービス品質の要求によって、UGS、rtPS、ertPS、nrtPSおよびBEの5つのサービスクラスが規定されている。これらが同じ無線チャネルを共有する場合、データの転送優先度を定めるためのスケジューリングが必要である。この章ではそれぞれのクラスの品質要求に対応し、トラフィックの需要にも適応できるようなスケジューリング方式を提案した。シミュレーションによる評価の結果、トラフィックの動的な変化に対応でき、利用者間の公平性にも優れていることを示した。

第4章では、多チャネル、可変レートの場合において、ベストエフォートサービスを提供するためのスケジューリング法について提案している。広帯域無線では、高速なデータ転送を実現するために OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, 垂直周波数分割多重アクセス)方式と呼ばれる、複数のサブチャネルを多数のユーザ間で共有することになる。また、利用者の移動等によりチャネル状態が変化し、それによってデータ転送レートも変化する。これらの状況の下でまずベストエフォート (BE) サービスの利用者間での公平性を確保しつつ、システムのスループットを上げることを目的に、効用関数のマトリクスを利用した資源割当方式を提案し、複雑度を抑えたスケジューリング方式を提案した。

第5章では、多チャネル、可変レートの場合の品質保証型サービスおよび複数クラスが混在したときの資源割当法について提案している。ベストエフォートサービスに加えて、最小の伝送レートを保証する場合のスケジューリング法を最適化問題として定式化し、また、品質保証型とベストエフォートが混在した場合の資源割当法を、最小コストと最大効用を求めることによるスケジューリング法について提案し、品質保証の目標を達成できることを確認した。

また、第6章では結論をまとめ、今後の課題を提示した。

なお、本研究の研究成果として、出願者はジャーナル論文1篇、査読付き国際会議8篇(採択済みを含む)、およびその他の論文3篇を発表している。

以上これを要するに、本論文は高速・高品質無線通信を実現するための広帯域無線アクセスネットワークにおいて、電波資源を有効に利用しつつ、各種のサービス要求に応えすべく、利用者間での公平に資源を配分するパケットスケジューリングの新たな方式を提案し、方式性能を解析することにより提案方式の有効性を示したものであり高速無線通信の実現による情報通信システムの高度化に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士の学位請求論文として合格と認められる。