



Title	無線メッシュネットワークのクラスタ分割とリンクスケジューリングに関する研究
Author(s)	田島, 滋人
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2021
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	た 田 じま 島 しげ 滋 と 人
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)
学 位 記 番 号	第 2 4 2 4 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 9 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	無線メッシュネットワークのクラスタ分割とリンクスケジューリングに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 東野 輝夫
	(副査) 教 授 村田 正幸 教 授 村上 孝三 教 授 今瀬 真 教 授 中野 博隆 岡山大学教授 船曳 信生

論 文 内 容 の 要 旨

近年、安価でユビキタスなインターネット接続環境として、複数の無線ルータで構成されたマルチホップ型の無線メッシュネットワークが注目されている。本研究では、無線ルータにリピータ (WDS接続) 機能を有する市販のアクセスポイント (AP) を用いた、インターネット接続のための無線メッシュネットワークWIMNET (Wireless Internet-access Mesh NETwork) を対象としている。その規模拡大時の最適設計のために、(1)各APのグループ (WDSクラスタ) 分割問題 (WDSクラスタ分割問題)、(2)AP間リンクの動作タイミング決定問題 (リンクスケジューリング問題)を取り上げ、問題定式化とアルゴリズムの提案を行う。

(1)WDSクラスタ分割問題では、WIMNETの全APを互いに素となる、複数のWDSクラスタ集合への分割が求められる。その際、各WDSクラスタでは、1)AP数が上限以下、2)ホスト数が上限以下、3)全APが互いに通信可能、4)GWが存在、の4つの制約条件の充足が必要である。その上で、ホップ数および干渉リンク間の総トラヒック量で表される評価関数 (通信遅延の見積値) の最小化が求められる。提案アルゴリズムは、複数制約条件の充足と評価関数の最小化を同時に実現するため、貪欲法による初期解構成と可変深度近傍探索法 (Variable Depth Search method:VDS法) による解改善の2段階構成としている。提案アルゴリズムの有効性は、格子状トポロジ例題での最適解の探索、および、開発したWIMNETシミュレータによるスループット評価で示す。

(2)リンクスケジューリング問題では、全AP間リンクが1つのクロックに従ってタイムスロット単位で動作するTDMA方式を前提として、電波干渉の発生を0とする、動作の必要な全AP間リンクの周期的な動作スケジュール (TDMAサイクル) が求められる。その際、トラヒック量に応じて同一リンクを多重で与えることで、混雑度を考慮したスケジュールを生成する。本問題は、各AP間リンクを頂点、2つの互いに干渉するリンク間を辺として得られるリンク干渉グラフを構成することで、グラフ彩色問題への変換が可能である。そのため、提案アルゴリズムは、グラフ彩色問題に対する、貪欲法と極小状態探索法の2段階構成のアルゴリズムをベースとしている。提案アルゴリズムの有効性は、下限スロット数でのTDMAサイクルの探索、および、

WIMNETシミュレータによるスループット評価で示す。

論文審査の結果の要旨

本論文では、リピータ（WDS接続）機能を有する市販のアクセスポイント（AP）を用いたインターネット接続のための無線メッシュネットワーク WIMNET (Wireless Internet-access Mesh Network) を対象として、構成するAP、接続ホスト増加による通信性能低下の原因となる伝送遅延、伝搬遅延、電波干渉を抑制する最適なネットワーク設計を目的に、(1) WIMNETを構成するAPを複数のグループ(WDSクラスタ)に分割する方法 (WDSクラスタ分割問題) 、および、(2) AP間リンクの動作タイミングを決定する方法 (リンクスケジューリング問題) について、組合せ最適化問題として定式化を行い、そのアルゴリズムの提案を行っている。

まず、(1) WDSクラスタ分割問題の研究では、WIMNETを構成するすべてのAPを、互いに素となる複数のWDSクラスタの集合に分割する2段階のヒューリスティックアルゴリズムを提案するとともに、本問題のNP完全性をBin Packing問題からの帰着により証明している。提案アルゴリズムは、貪欲法を用いて生成した初期解を、可変深度近傍探索法 (VDS法) を用いて解の改善を行う2段階構成となっている。提案アルゴリズムの有効性を示すため、格子状トポロジやランダムトポロジの例題に対して、求めたクラスタ分割に対するパケット転送シミュレーションを行い、そのシミュレーション結果から、全ての例題で通信性能の高いクラスタ分割が得られていることを示している。さらにAP数が少ない例題については、提案アルゴリズムで得られるクラスタ分割が、全探索で得られるクラスタ分割の中で最も通信性能が高いクラスタ分割に一致することが示されている。無線メッシュネットワークを構成するAP数やその接続ホスト数が増加した場合でも、設計段階で通信性能の高いネットワークを考慮することは非常に重要である。また、AP配置が最適でない場合でも、通信性能の高いクラスタ分割を探索することが可能なアルゴリズムであり、無線メッシュネットワークの最適設計手法の一つとして、その有効性が認められる。

次に、(2) リンクスケジューリング問題の研究においては、電波干渉の発生を0とすることを目的に、動作の必要な全AP間リンクの周期的な動作スケジュールを求める4段階のヒューリスティックアルゴリズムを提案している。AP間リンクのトラヒック量を考慮したスケジュールを生成することにより、通信性能の向上を目指している。リンクスケジューリング問題は、リンク間の干渉の有無を表すリンク干渉グラフを生成することで、リンク干渉グラフの彩色問題に変換可能であることから、提案アルゴリズムは、グラフ彩色アルゴリズムをベースとし、貪欲法により生成した初期解を極小状態探索法を用いて改善する構成となっている。シミュレーションによる評価により、提案アルゴリズムで求めた動作スケジュールが、従来手法であるCSMA/CA方式と比較して通信性能を向上させることができることが示されており、提案アルゴリズムは、無線メッシュネットワークの最適設計手法の一つとして、有効であると考えられる。

以上より、本論文は無線メッシュネットワークの最適設計手法に関して有用な提案を行っており、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。