

無線アドホックネットワークにおける帯域割り当ての理論的評価

Theoretical Evaluation of Bandwidth Allocation in Wireless Ad Hoc Network

桑原 大樹
Daiki Kuwabara

渡部 康平
Kohei Watabe

中川 健治
Kenji Nakagawa

長岡技術科学大学 大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagaoka University of Technology

1 研究背景

無線アドホックネットワークは、基地局や固定ネットワーク網などのインフラに依存せず、各端末が自律分散的に動作することでネットワークを構築する。しかしながら、無線アドホックネットワークの標準である IEEE802.11 に準拠した無線技術を適用した場合、端末間の位置関係やホップ数によってネットワーク特性が低下する場合がある。[1] そこで、本研究では帯域割り当てが不公平となるトポロジについて離散時間マルコフモデルを用いた理論的評価を行う。

2 対象トポロジ

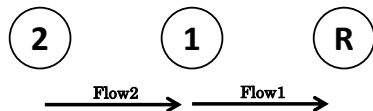


図1 Large-EIFS トポロジ

図1に示す Large-EIFS トポロジと呼ばれる端末の位置関係によってネットワーク特性が低下する代表的なトポロジについて各端末が得る帯域の理論的評価を行う。このトポロジは端末2が端末1に対して、端末1が端末Rに対してパケット送信を行う。隣接する端末同士は通信範囲内にあるが、端末2とRは範囲外である。したがって、隣接する端末からのパケットの復号が可能であるが、両端の端末はもう一方からのパケットを復号が不可能である。そのため、IEEE802.11の衝突回避機構によって、端末Rからのパケットが端末2で復号不可となり、通常より長い待機時間が付与されることになり、端末2の割り当てられる帯域が小さくなる。

3 解析手法

Large-EIFS トポロジの帯域割り当ては IEEE802.11 の Distributed Coordination Function(DCF) による自律分散的なアクセス制御方式によって決定される。DCF はフレーム間スペースと呼ばれる待機時間の差による優先制御アルゴリズムとバックオフスロットを用いたランダムな待機時間による衝突回避アルゴリズムからなり、自律分散的に衝突を回避し、アクセス権の競合を行う制御方式である。この DCF を離散時間マルコフモデルを用いてモデル化を行い、定常分布を求めることで飽和状態における帯域割り当ての理論的評価を行う。

DCF の挙動をモデル化するための手順を以下に示す。はじめに、競合開始時刻、つまり DCF の優先制御アルゴリズムの開始時刻を観測時点とし、この観測時点における状態を決定する3要素を以下の様に定義する。1) 端

末1のバックオフスロット数、2) 端末2のバックオフスロット数、3) 直前の観測時点の送信端末。これら3要素から DCF のアルゴリズムに基づく状態遷移確率行列を作成する。作成した状態遷移確率行列を用いて定常分布の解を得る。そして、定常分布から各端末に与えられる帯域を算出する。

また、モデル化を行う際、計算量削減のために1回の競合時に発生する衝突は高々1回であるという仮定を行っている。そのため、各端末のバックオフスロット数は0~63の64通りとなり、直前の観測時点の送信端末は端末1か端末2かの2通りとなるため、状態数は $64 \times 64 \times 2 = 8192$ 状態と定義される。したがって、状態遷移確率行列のサイズは 8192×8192 となる。

4 結果

状態遷移確率行列から定常分布を得た。この定常分布の検証を行うために、定常分布から各端末のスループットの算出を行いシミュレーションのスループットとの比較を行った。スループットを算出するためのパラメータとして帯域を 2[Mbps]、パケットサイズを 1024[Byte]、伝搬遅延を 0[s] とし、1000[s] のシミュレーションを行い平均スループットを求めた。

表1 各端末のスループット

	解析手法	シミュレーション
Flow1 [Mbps]	1.1363917	1.243176
Flow2 [Mbps]	0.2898131	0.1830288

表1から、シミュレーション値と比較して、Flow1 のスループットが 0.1[Mbps] 小さく、Flow2 のスループットが 0.1[Mbps] 大きいことが確認できる。この原因として衝突回数の制限を行う仮定によるものであることが考えられる。

5 まとめ

本稿では、位置関係によって帯域割り当てが不公平になる Large-EIFS トポロジについて、離散時間マルコフモデルを用いて理論的なスループットを導出をおこなった。その結果、シミュレーション値と異なる結果が得られた。今後は、より良い状態の定義について検討する。

6 参考文献

[1] Z. Li, S. Nandi, and A. K. Gupta. Improving MAC Performance in Wireless Ad-Hoc Networks Using Enhanced Carrier Sensing (ECS). In Proceedings of Networking 2004, volume 3042 of LNCS, pages 600–612, Athens, Greece, May 2004.