

周辺情報を利用したマルチプルアクセス手法の提案と評価

理学専攻 情報科学コース 松本 真紀子

1 はじめに

近年、複数のセンサ情報など集約し、抽象化した情報(コンテキスト)を利用した高度なサービス提供に関する研究が盛んに行われている。しかしコンテキストの利用先は人々が利用するアプリケーションなどのサービスに利用されることが主で、それを無線通信に利用することは議論されていない。その理由として、多くの無線機器は軽量化が求められるために、周辺の環境を把握することが可能なセンサはほとんど搭載されておらず、周辺情報を取得するのが困難であることがあげられる。そのため、現在の無線通信システムの多くのパラメータは、通信規格ごとに一意に値が設定されており、十分にリソースを利用できていない。

しかし、近年では無線機器が様々な機器の一部として搭載され始めているため、これまでは利用できなかったセンサ情報などが無線機器で利用できるようになると考えられている。その一例がクルマである。クルマには既に数百種類のセンサが搭載されているだけでなく、今後クルマ社会において、無線技術が大きな役割を果たしていくと考えられており、車両で無線通信を行うための研究が多くなされている。このように無線機器によって利用可能な情報が異なる中で、既存の携帯端末などの通信システムに固執して利用していく必要はなく、それぞれの状況に応じた通信システムが求められる。

そこで本研究では、周辺情報を利用可能な無線機器における無線通信に着目し、周辺情報を利用した効率的な通信に関する検討を行った。本研究では周辺情報の利用先として、無線通信における通信タイミングの制御を司る CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) に焦点をあて、周辺の端末情報を用いた効率的な通信制御手法の提案と実装を行い、その評価を行った。

2 通信タイミングの制御方式

2.1 CSMA/CA の概要とその問題点

CSMA/CA は無線通信で主に利用されている通信方式で、通信タイミングの制御を司っている。CSMA/CA では各端末はパケット送信前に周波数が現在使われていないかを一定時間 (DIFS + Back Off 時間) センシングすることで、他端末とのパケット送信中の衝突を回避している。またセンシング時間の際に利用する Back Off 時間は、各端末ごとに乱数を用いて決定しており、乱数を利用し各端末の送信タイミングをずらすことにより送信時の衝突を防いでいる。乱数はコンテンションウィンドウ (CW) という値を用い、 $[0, CW]$ の範囲で発生させている。各端末の乱数が一致し Back Off 時間が同一の値になってしまった場合には、送信タイミングが重複してしまうためにパケット衝突が発生する。パケットの衝突が発生した場合は CW の値を 2 倍にし、乱数の取

りうる範囲を広げることで、再送の際に再度 Back Off 時間が重複する確率を抑制している。

しかし、CSMA/CA により複数の端末が協調して通信することが可能になるが、ネットワーク上の端末が増加した場合にトータルスループットが低下してしまうといった問題点がある。その原因は、CW の初期値 (CW_{min}) が端末数に対し少なすぎるために Back Off 時間が重複し、衝突が発生しやすくなるため再送が繰り返され、その分だけ時間を余計に消費し通信性能が低下するためであると、シミュレーションによる解析により確認された。

そこで本研究では CW_{min} を端末数に応じて適切に設定することで度重なるパケット衝突による不要な待ち時間を軽減し、通信効率の改善を目指す。

3 適切な CW_{min} の算出方法

端末数に応じた CW_{min} の設定に関しては、文献 [1] の Bianchi モデルが提案されている。本モデルでは、各端末においてパケット送信時にコンスタントかつ独立にパケット衝突が発生すると仮定し、その上でパケット衝突確率やパケット送信確率など複数の確率を利用して端末数ごとの最適な CW_{min} を定義している。しかし、Bianchi モデルは確率的に導かれた式であり、通信端末の通信環境を考慮していないため、本研究では以下の 3 つの環境において実験を行い、通信環境を考慮した際の Bianchi モデルの有用性の評価を行った。

- (a) 全ての端末の通信環境が等しい理想的な環境
- (b) 各端末ごとにアクセスポイント (AP) からの距離が異なる環境
- (c) 各端末ごとに AP からの距離および伝送レートが異なる環境

また、本研究では膨大な端末が同時に通信を行う環境を評価する為に、シミュレーションを用いて評価を行った。

4 通信環境を考慮した CW_{min} 最適化

4.1 全ての端末の通信環境が等しい理想的な環境

シミュレーション結果から得たトータルスループットを最大にする CW_{min} の値と、Bianchi モデルを利用して算出した CW_{min} の値の比較結果を表 1 に示す。表 1 より端末数 10~50 において双方の値はほぼ一致しており、Bianchi モデルは有用であると判断できる。また、

表 1: CW_{min} の比較結果

端末数	10	20	30	40	50
Simulation	50~75	100~150	175~225	225~300	175~375
Bianchi	70	134	198	262	325

端末数ごと (10~100) で Bianchi モデルによる CWmin の最適化を行った場合と、デフォルトの CWmin を用いた場合とのトータルスループットの比較結果を図 1 に示す。Bianchi モデルを適用することにより、デフォルトの場合に見られた端末数の増加に伴う総スループットの低下が抑制されることが確認された。詳細な解析により、これは再送回数の軽減、パケット送信までにかかる時間の大幅な短縮が複合的に影響した結果であることが分かった。

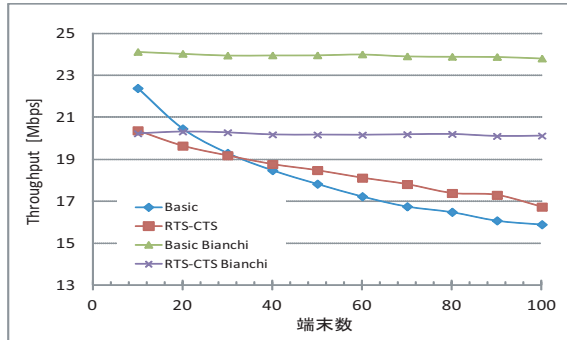


図 1: トータルスループットの比較結果

4.2 各端末ごとに AP からの距離が異なる環境

AP の周囲の半径 250m に任意数の端末をランダムに配置し、シミュレーションを行った。Bianchi モデルを用いることにより、各端末と AP 間の距離が異なる条件においても、端末数の増加に伴うスループット低下が抑制されることが確認された。またデフォルト場合、AP からの距離が遠い端末ほどスループットが低下してしまうのに対し、Bianchi モデルを用いることで、いかなる距離においても距離の影響を受けず、スループットを公平に分けあげていることが確認された [2]。

4.3 各端末ごとに AP からの距離および伝送レートが異なる環境

次に 54/48/36/24/18/12/9/6Mbps から任意の伝送レートを 2 つ選択し、2 つの伝送レートが混在した場合の実験を行った。その結果、伝送レートの近いもの同士を組み合わせさせて通信を行った場合には、Bianchi モデルを用いて適切に CWmin を算出できるが、伝送レートの遠いもの同士を組み合わせさせて通信を行った場合、トータルスループットを最大にする CWmin と Bianchi モデルを用いて算出した CWmin が一致しないことが確認された。そこで本研究では複数の伝送レートが混在する場合においても CWmin の最適化が可能な手法を考案した。これを次節で述べる。

5 提案手法

5.1 提案手法の概要

伝送レートが複数混在する環境にも対応するために、以下の特徴を持つ CWmin 最適化手法を提案した。

- ネットワーク上の端末をグループに分類
- グループの端末数をもとに Bianchi モデルを用いた CWmin の最適化
- グループごとに通信機会を区別し、混在を回避
- (c) のための Bianchi 適用型 RTS/CTS 方式を構築

グループの分類方法については、前節で複数の伝送レートを組み合わせた場合に大まかに 2 つの傾向に分類できることが確認されたため、2 グループ (Group1 : 54/48/36/24Mbps, Group2 : 18/12/9/6Mbps) に分類することとした。

5.2 Bianchi モデル適用型 RTS/CTS 方式の提案

通常の RTS/CTS 方式 (自身の通信を他端末に知らせるために利用される CSMA/CA のオプションの一つ) では、AP から送信される CTS (送信許可) パケットを用いて自身の通信を他端末に到達し、他端末の通信を一定期間停止 (NAV 状態) させることで端末間の衝突を防いでいる。これに対し本方式では、CTS パケットによる NAV 状態へ遷移命令を受け取るまで無期限で送信を禁止する NAVS 状態を NAV 状態の他に新たに設け、AP で NAV 状態と NAVS 状態の振り分けを管理することにより、グループ間での送信機会を AP で意図的に区別している。Bianchi モデル適用型 RTS/CTS 方式の流れを図 2 に示す。

この手法を用いることにより、複数の伝送レートが混在した場合においてもトータルスループットを最大にする CWmin の最適化が可能となった。

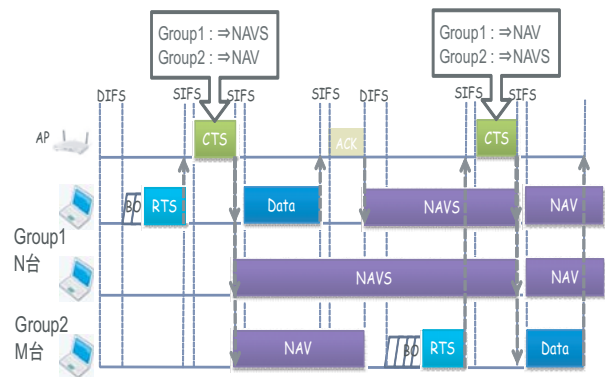


図 2: Bianchi モデル適用型 RTS/CTS 方式の流れ

6 まとめと今後の課題

本研究では周辺端末情報を用いた効率的な通信タイミング制御を行うための手法の提案と実装を行った。既存手法として Bianchi モデルが提案されていたが、端末間の伝送レートが異なる場合に CWmin の最適化が適切に行われないことが確認された。そのため本研究では複数の伝送レートが混在した場合にも対応可能な CWmin の最適化手法の提案を行い、トータルスループットの面においてそれが有用であることを確認した。今後は端末間の公平性の面からの解析を行うことで、さらなる性能の改善を目指す。

参考文献

- Giuseppe Bianchi, "Perform Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," IEEE JSAC, Vol. 18, No.3, pp.535-547, March 2000
- 松本 真紀子, 小口 正人:「無線端末の周辺情報を利用した MAC 層におけるマルチプルアクセス手法の一検討」電子情報通信学会 NS 研究会, NS2011-106, pp.13-18, 弘前大学, 2011 年 11 月.