

キャリアセンス可能端末の時分割グルーピングによる通信プロトコルの提案と評価

劉 雄^{†1} 重安 哲也^{†2} 松野 浩嗣^{†1}

本発表では、隠れ端末を考慮したクリーク分割によるスロット化 CSMA 方式を提案する。提案方式の有効性を評価した結果から、割り当てスロット以外での送信を完全に排除する CSMA 方式では低トラフィック時にスロット化を適用しない純粋な CSMA よりもスループット性能が低下するが、トラフィックの変動に伴い、適当に割り当てスロット外での送信を許可する確率を変化させる方式を採用することでトラフィック量に依存せず高いスループットを達成できることを明らかにする。

Proposal and Evaluation of a Protocol Based on the Time-Division Grouping of Terminals with Carrier Sense

LIU XIONG,^{†1} TETSUYA SHIGEYASU^{†2}
and HIROSHI MATSUNO^{†1}

This paper proposes a new slotted CSMA with hidden terminals. Results of performance evaluations confirmed that our protocol can achieve higher throughput performance when used in combination with non-allocated slot transmission, while the simple slotted CSMA degrades its throughput performance than traditional CSMA.

1. はじめに

無線ネットワークにおける代表的なメディアアクセス制御プロトコルとして、CSMA (Carrier Sense Multiple Access) がある。CSMA はユーザ端末のトラフィック変動に柔軟に対

^{†1} 山口大学大学院理工学研究科, 山口市
Graduate School of Science and engineering, Yamaguchi University, Yamaguchi-city
^{†2} 広島国際大学工学部, 呉市
Faculty of engineering, Hiroshima International University, Kure-city

応できるスケラビリティに優れたプロトコルであるが、通信範囲外に位置する隠れ端末の存在により、著しくスループットが低下する。これに対し、スロットをあらかじめ固定して通信を行う TDMA (Time Division Multiple Access) では隠れ端末の影響を排除できるが、ユーザ端末のトラフィック変動に柔軟に対応できない [1]。

本発表では無線端末接続状態を表すグラフの最大クリークを抽出することによりスロット化 CSMA 方式を実現する方式を提案する [2-3]。これは隠れ端末の関係にある端末同士が別々のグループとなるように分割を行った上で、それぞれのグループ毎にスロットを割り当てる方式 (グループ型 TDMA) である。同方式では隠れ端末は存在しないため、隠れ端末に起因するパケット衝突を排除できる。

以下、本発表では、グループ型 TDMA を実現するためのクリーク分割方式について述べる。また、低トラフィック領域における、不要なチャンネルのアイドル時間を削減するために、隠れ端末によるパケット衝突の危険性が低いと考えられる低トラフィック領域では、割り当てスロット以外でも、送信を許可する方式との組み合わせ方式についても検討したので結果について報告する。

2. クリーク抽出によるスロット化 CSMA 方式

提案方式では、隠れ端末の関係にある端末同士をそれぞれ別グループに分類し、それぞれ異なるスロットでの送信を割り当てることで衝突を回避する。具体的には、与えられたネットワークグラフに対し、図 1 示すようなクリーク分割を行う。

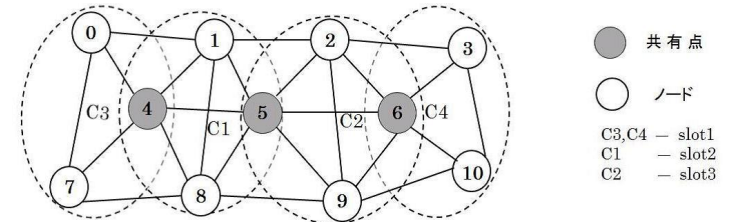


図 1 ネットワーク例

- (1) 整数 $m=1$ とする。グラフから最大クリークを抽出し、このクリークを構成するノード集合 C_m を作成する ($C_1=\{1,4,5,8\}$)。
- (2) C_m に所属するノードを黒に着色し、黒のノード同士のリンクを消去する。このとき、孤立点が生じた場合はそのノード自体を消去する。
- (3) $m=m+1$ とする。再度グラフから、黒のノードを1つ含むように最大クリークを抽

出し、新たなノード集合 C_m を作成する。

- (4) 手順 (2) と同様に C_m のノードを黒に着色し、黒のノード同士のリンクを消去し、孤立点が生じたらそのノードも消去する。
- (5) 以上の処理をノードがなくなるまで繰り返す。

次に、分割された各クリーク (C_1, C_2, C_3, C_4) に対し、隠れ端末の関係にある端末同士が同時に送信することがないように、それらの端末を含むクリークにそれぞれ異なる送信スロットを割り当てる。ここで、以下の二つにいずれか該当するクリーク同士は同じスロットに割り当てない。

- クリーク C_i とクリーク C_j が共有点を持っている場合。
- クリーク C_i のノード u とクリーク C_j のノード w の間に元グラフでリンクが存在する場合。

図 1 に示すネットワークでは C_3 と C_4 は同じ送信スロットを割り当てることができる。そのため、Slot1 をクリーク C_3, C_4 に、Slot2 をクリーク C_1 に、Slot3 を C_2 にそれぞれ割り当てた。

以上のように構成したネットワークでは隠れ端末同士のパケット衝突を回避できるが、各端末の送信タイミングをあらかじめ割り当てた固定スロットのみに限定している。従って、送信要求が発生していないスロットにも不必要にチャンネルは等しく割り振られるため、そのような場合はスループットが低下する。

3. シミュレーション結果と評価

提案手法の有効性を計算機シミュレーションにより評価した。ここでは、 $1000 \times 1000m$ のフィールド内に 100 端末をランダムに配置し、各端末の通信範囲は 300m とした。また、任意の送信要求が生じた際にその時刻が自分の割り当てられたスロット内であった場合は確率 1 で、他の送信スロットでは確率 $1 - p (0 \leq p \leq 1)$ で送信を試みることにした。

シミュレーション結果を図 2(a) に示す。破線①は nonpersistent CSMA 方式のスループット特性、黒線②は隠れ端末の影響を完全排除した提案方式 ($p=1$) のスループット特性、中間の黒線③④⑤は $p = 0.25$, $p = 0.5$, $p = 0.75$ の場合のスループット特性をそれぞれ示している。結果より、低トラフィック時には、スロット化を適用していない CSMA より提案方式のスループットが低いことが分かる。すなわち、スロット化を適用することにより送信が発生せずに無駄にチャンネルを浪費してしまう時間が発生するためと考えられる。逆に高トラフィック時には提案方式のほうが高いスループット値を得られているが、これ

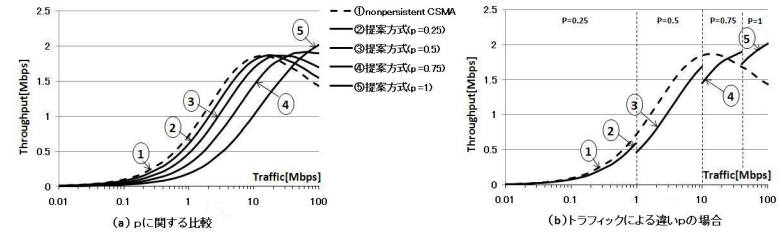


図 2 Traffic-Throughput 特性

はトラフィックの増加に伴い、どの送信スロットにもまんべんなく送信が発生し、かつ、隠れ端末を考慮したスロット化により、パケットの衝突を軽減できているためであると考えられる。

ところが、低トラフィック時には隠れ端末に起因するパケット衝突がかなり少ないため、スロット化を完全適用しているというものでない。そして、これらの結果から、トラフィックの変化に応じ、図 2 (b) 示すように適応的に p を選択することで高いスループット特性を得られると考えられる。

4. まとめ

本発表では、隠れ端末の影響を軽減するためのクリーク抽出によるスロット化 CSMA 方式提案を用い、トラフィック変動と隠れ端末影響の因果関係を考え、シミュレーションを行った。結果から、スロット化を完全適用している CSMA 方式は低トラフィック時には、nonpersistent CSMA 方式よりもスループットが下まわることが明らかとなったが、トラフィック値により、適当な隠れ端末影響の存在許可度を制御し、比較的高いスループット特性を得られることを示した。

今後は、無駄なアイドル時間を削減するために、可変長スロット方式の導入を検討し、低トラフィック時のスループット向上方法について検討するつもりである。

参考文献

- 1) 松江英明, 守倉正博, “IEEE802.11 高速無線 LAN 教科書”, IDE ジャパン, 2003.
- 2) 有信明彦, “パケット無線ネットワークにおける資源割り当て問題に関する理論的考察”, 山口大学大学院理工学研究科, 平成 12 年度修士論文, 2000.
- 3) 劉雄, 妹尾慎也, 重安哲也, 松野浩嗣, “キャリアセンスと時分割による無線 LAN アクセス方式の提案と評価”, 情報処理学会研究報告, Vol.2009-ARC-183, No.1, pp.1-3, 2009.