

無線マルチホップアクセスネットワークの一方通行化

加藤 正悟[†] 桧垣 博章[†]東京電機大学大学院 未来科学研究科 ロボット・メカトロニクス学専攻[†]

1 はじめに

移動無線ノードから固定基地局までのデータメッセージ配送に無線マルチホップ配送を適用する無線マルチホップアクセスネットワークは、設置基地局数の削減を可能とすることから、その構築、維持管理に要するコストを低減することが期待できる。無線マルチホップ配送においては、同時並行に同一経路を配送される複数のデータメッセージの隣接無線ノード間送信における競合が配送性能を低下させる。特に、データメッセージ列を配送する場合には、競合による配送性能の低下が著しい問題がある。この競合は、配送経路を一方通行化することによって削減可能であることから、固定基地局を送信専用/受信専用に分け、すべての移動無線ノードを送信専用固定基地局から受信専用固定基地局への無線マルチホップ配送経路の中継移動無線ノードとし、すべてのデータメッセージをこの経路に沿って配送する(図1)。

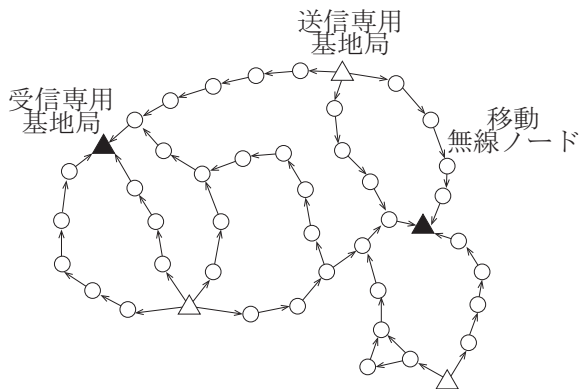


図1: 一方通行化した無線アクセスネットワーク。

データメッセージ列の無線マルチホップ配送では、経路内の中継移動無線ノード間で発生する衝突の回避が重要であり、RTS/CTS制御が導入される。しかし、各中継無線ノードはその次ホップ中継無線ノードのNAV設定を必ずしも検知することができず、これを検知せ

One-way Data Messages Transmissions in Wireless Multihop Access Networks

[†]Katou Shougo and [†]Hiroaki Higaki[†]Department of Robotics and Mechatronics, Tokyo Denki University

ずに送信したRTSメッセージの影響によって、前ホップ中継無線ノード N_{i-1} と前前ホップ中継無線ノード N_{i-2} のデータメッセージ送信を待機させる問題がある。

2 関連研究

片方向無線マルチホップ配送経路において、単一のデータメッセージの配送遅延を短縮する手法にMARCH[1]がある。MARCHでは、中継移動無線ノード N_i が前ホップ中継移動無線ノード N_{i-1} から受信したデータメッセージを直ちに次ホップ中継移動無線ノード N_{i+1} へと転送することを前提として、制御メッセージを重畳によって削減する。 N_{i-1} からデータメッセージを受信した N_i は N_{i-1} にACKメッセージを送信するが、これを N_{i+1} が傍受することが可能であることから、 N_i から N_{i+1} へのデータメッセージ転送のためのRTSメッセージをこのACKメッセージに重畳する。これによって制御メッセージ数の削減と配送遅延の短縮を実現する。ただし、 N_{i+1} が既にNAVを設定している場合には、 N_i はRTSメッセージを再送することになり重畳の効果は失われる。本論文で議論しているデータメッセージ列の順次配送では、前後のデータメッセージが N_{i+1} , N_{i-1} によって転送されている場合があることから、単一のデータメッセージ配送の性能向上を目的として考案されたMARCHを適用するためには、転送レートを適切に調整することが必要である。また、図1に示す分流、合流する中継無線ノードを含む無線マルチホップ配送経路では、次ホップ中継無線ノードが合流経路に沿って配送されたデータメッセージを処理していることが考えられ、性能改善効果が低減する。

3 提案手法

無線ノード N_0 と N_n を端点無線ノードとする無線マルチホップ配送経路 $\langle\langle N_0 \dots N_n \rangle\rangle$ に沿ったデータメッセージ配送を行なうとき、配送経路を一方通行化することにより、双方向配送と比較して経路内競合を削減できる。このとき、 N_i はRTS/CTS制御によって N_{i+1} への衝突のないデータメッセージ送信を実現するために、RTSメッセージをブロードキャスト送信する。このRTSメッセージを受信した N_{i-1} を含む N_i のすべ

ての隣接無線ノードには NAV が設定される。ところが、 N_{i+1} に NAV が既に設定されている場合は N_{i+1} から N_i に CTS メッセージが返送されない。しかし、 N_i のすべての隣接移動無線ノードには NAV が設定されており、メッセージの送信が待機させられる。すなわち、 N_{i-1} に NAV が設定されているために自身が N_i へ RTS メッセージを送信することができないだけでなく、 N_{i-2} から送信された RTS メッセージを受信しても N_{i-2} へ CTS メッセージを返送することができない。これによって、 N_{i-1} から N_i へのデータメッセージ送信と N_{i-2} から N_{i-1} へのデータメッセージ送信とが待機させられることとなる。このような過剰なデータメッセージ送信の待機によって、無線マルチホップ配送性能が低下する。

3.1 送信レート調整

N_i は、 N_{i+2} がブロードキャスト送信する RTS メッセージを受信して N_{i+1} が NAV を設定しているか否かを制御メッセージとデータメッセージの傍受だけで知ることは困難である。そこで、 N_{i+2} のデータメッセージ送信レートを推定することによって、自身のデータメッセージ送信レートを決定する手法を導入する。

N_i と N_{i+2} は N_{i+1} を介して互いに競合することから、 N_i のデータメッセージ送信レートは、 N_{i+2} のデータメッセージ送信レートの増加ともなって単調に減少するべきである。また、 N_i のデータメッセージ送信レートは、自身が保持するデータメッセージ数に対して単調に増加するべきである。また、前後 2 ホップの中継移動無線ノードとの競合を考慮するならば、保持メッセージ数の減少ともなって送信レートを低減することも求められる。

N_{i+2} のデータメッセージ送信を N_i は直接観測することができないが、 N_{i+1} は直接観測することが可能である。 N_{i+2} はその次ホップ中継移動無線ノード N_{i+3} へとデータメッセージを送信するが、この送信時に N_{i+2} が送信する RTS メッセージとデータメッセージを N_{i+1} はすべて傍受することが可能である。また、 N_{i+1} は N_{i+2} のバッファに保持されているメッセージ数を推定することも可能である。 N_{i+2} が送信する ACK メッセージを傍受することによって、無線マルチホップ配送経路が N_{i+2} で合流する場合においても N_{i+2} 以外の前ホップ中継移動無線ノードから送信されたデータメッセージの存在を検知することが可能である。ただし、 N_{i+2} 自身が送信元移動無線ノードとなっているデータメッセージについては、その生成数を知ることにはできない。この限界を踏まえた上での推定値である N_{i+2} の保持データメッセージ数を送信レートとともに N_{i+1} が N_i に通知することによって、 N_i は今後の送信レートを調整し、 N_{i+1} が CTS メッセージ

を返送する確率を向上させる。

3.2 遅延 CTS と NAV 延長

中継移動無線ノード N_i が次ホップ中継移動無線ノード N_{i+1} へ RTS メッセージを送信したとき、既にその次ホップ中継移動無線ノード N_{i+2} がブロードキャスト送信した RTS メッセージの傍受により N_{i+1} が NAV を設定済みである場合には、 N_{i+1} は N_i へ CTS メッセージを直ちに返送できない。このとき、 N_{i+1} が CTS メッセージの返送を自身に設定された NAV 設定が解除されるまで遅延する。ここでは、図 2 に示す

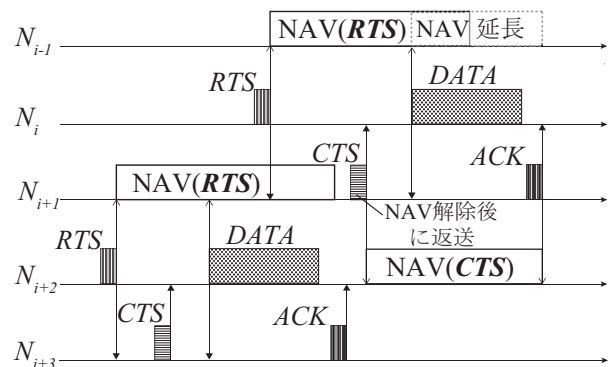


図 2: 遅延 CTS と NAV 延長。

ように、 N_{i+1} が受信した RTS メッセージへの応答を NAV 設定の解除まで遅延し、NAV 設定が解除されたならば、 N_i に CTS メッセージを返送する。 N_i からの RTS メッセージの受信によって N_i の隣接移動無線ノードが設定した NAV がタイムアウトする前に、 N_i からブロードキャスト送信されたデータメッセージが N_i の隣接移動無線ノードに受信されたなら、それらの NAV を新しいものに再設定する。

4 まとめ

本論文では、データメッセージ列が一方向に配送される無線マルチホップアクセスネットワークにおける配送性能の向上のために、各中継移動無線ノードが次々ホップ中継移動無線ノードのデータメッセージ送信レートとデータメッセージバッファ数の推定から自身の RTS メッセージ送信レートを決定する手法と、次ホップ中継移動無線ノードの NAV 設定によって CTS メッセージが直には返送されない RTS メッセージ送信によるオーバヘッドの影響を低減する遅延 CTS と NAV 延長手法を提案した。

参考文献

- [1] Toh, C.K., Vassiliou, V., Guichal, G. and Shih, C.H., "A Medium Access Control Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks," Architectures and Technologies for Information Superiority, pp. 22-25 (2000).