

スマートアンテナを用いる アドホックネットワーク MAC プロトコルの性能について

関戸 正規[†] 高田 昌忠[‡] 長島 勝城[‡] 渡辺 尚[†]

[†]静岡大学情報学部 [‡]静岡大学大学院情報学研究科

1. はじめに

無線アドホックネットワークにおける無線媒体の効率的な利用を目的として、SWAMP[1]、DMAC[2]、MMAC[2]などのスマートアンテナを用いた指向性 MAC プロトコルの提案が行われている。本稿では指向性 MAC プロトコルのマルチホップ伝送時の性能評価を行い考察する。

2. 評価対象プロトコル

評価対象プロトコルは以下の四つとする。

■IEEE 802.11 DCF[3]

■SWAMP

以下に述べる二つのアクセスモードを併用する。

• OC-mode (図 1)

RTS/CTS/SOF/DATA/ACK の順に通信を行う。RTS/CTS/SOF を無指向性ビームで、DATA/ACK を指向性ビームで送信する。RTS/CTS/SOF の交換によって通信相手の位置情報を取得し、さらにそれを近隣に通知する。近隣端末は従来の NAV よりも短い Short-NAV の間自身の通信を延期し空間利用効率を向上させる。

• EC-mode (図 2)

OC-mode で近隣から取得した端末の位置情報を基に指向性を制御する。高利得な指向性ビームを RTS/CTS/DATA/ACK すべての送信に使用し、無指向性ビームで 2 ホップ先の端末と直接通信を行う。通信エリアは無指向性ビーム使用時の 2 倍に拡張される。

■DMAC (図 3)

RTS/CTS/DATA/ACK すべてを指向性ビームで送信する。RTS/CTS を受信した近隣端末は DNAV を設定し、その方向への通信を延期する。DNAV が設定されていない方向への通信は可能となる。通信エリアは使用する指向性ビームの通信距離に依存する。このプロトコルでは指向性の制御に必要な位置情報取得方法について述べられてない。

■MMAC (図 4)

DMAC を拡張したもので、RTS を近隣端末で中継するマルチホップ RTS を利用し通信エリア

の拡張を図っている。このプロトコルについても位置情報取得方法と RTS のマルチホップルートの構築方法については述べられてない。

これらのプロトコルをマルチホップ環境で比較評価することにより、指向性 MAC プロトコルとマルチホップフローの形状、アンテナビーム形状の関係について考察する。

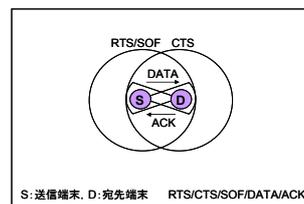


図 1. SWAMP(OC-mode)

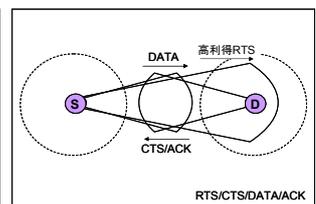


図 2. SWAMP(EC-mode)

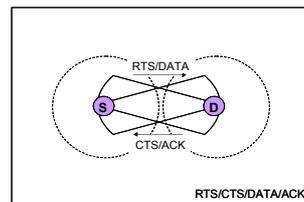


図 3. DMAC

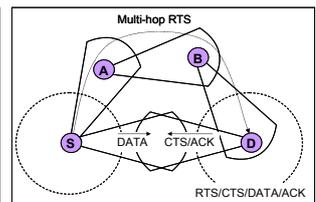


図 4. MMAC

3. 性能評価

計算機シミュレーションによる性能評価を行った。表 1 にシミュレーション仮定を示す。

表 1. シミュレーション仮定

ノード	5×5 格子配置(間隔 150m)
フロー数	4(固定, 4 ホップ) *SWAMP(EC-mode), MMAC は 2 ホップ
データ	CBRトラフィック生成
データサイズ	512Bytes
指向性ビーム幅	45°
無線帯域	2Mbps
評価指標	4 フローの End-to-End スループット総計

各プロトコルで用いるアンテナビームによる最大通信距離は 802.11, SWAMP(OC-mode)では 250m, SWAMP(EC-mode)では 500m, DMAC では 900m[2]と 250m の二種類, MMAC では 900m[2]とした。また宛先端末の位置情報は既知とし、様々なルート形状を仮定し評価した。評価結果を図 5-7 に示す。なお、各プロトコルの通信距離によりホップする端末が異なる。例えば 802.11, SWAMP(OC-mode), DMAC は a-b-c-d-e, SWAMP(EC-mode)は a-c-e, MMAC は a-d-e である。

Performance of MAC Protocols in Ad Hoc Networks using Smart Antennas

Masanori Sekido[†] Masanori Takata[‡] Katsushiro Nagashima[‡] Takashi Watanabe[†]

[†]Faculty of Information, Shizuoka University [‡]Graduate School of Information, Shizuoka University

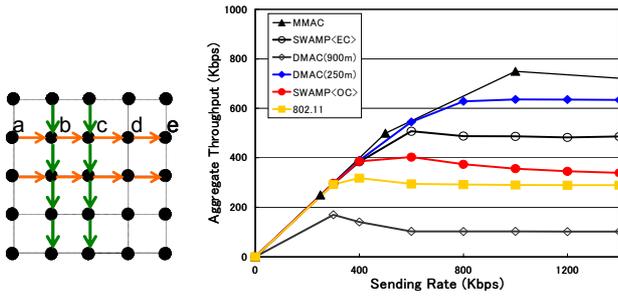


図5. ルートモデル1の評価結果

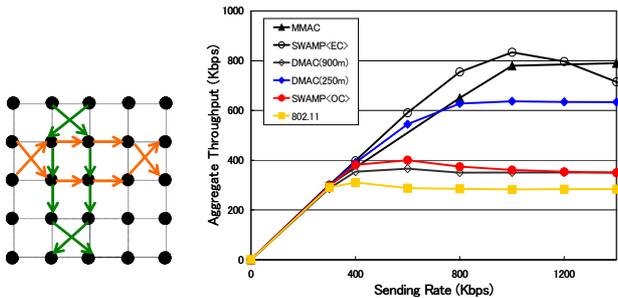


図6. ルートモデル2の評価結果

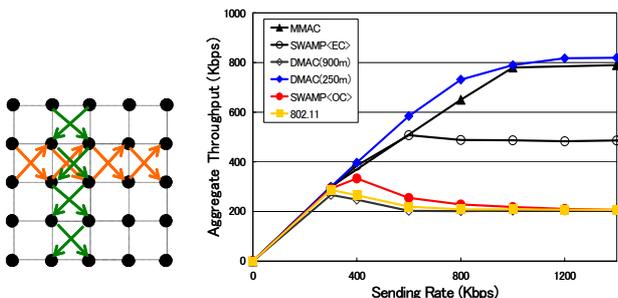


図7. ルートモデル3の評価結果

4. 評価結果と考察

■図5:

ホップ数の少ない MMAC と、送信範囲の小さい指向性ビームを用いる DMAC(250m)が高い性能を示した。SWAMP(EC-mode)や DMAC(900m)では高利得な指向性ビームが、進行方向に存在する他のリンクに容易に干渉するため、直進性の強い図5のフローでは十分に性能が得られていない。また SWAMP(OC-mode)は 802.11 に比べて高い性能を示したが、無指向性ビームによる制御フレームを使用するために DMAC(250m)よりも低い性能であった。

■図6:

すべての指向性 MAC プロトコルが 802.11 よりも良い性能を示した。特に SWAMP(EC-mode)は低負荷では高利得な指向性ビームによる干渉が生じず、また MMAC に比べ RTS のマルチホップを必要としないため最も高い性能を示した。

■図7:

ホップ数が多いにもかかわらず DMAC(250m)が MMAC, SWAMP(EC-mode)よりも高い性能を示した。図7のフローは、DMAC(250m)にとって最も直進性が少なく、干渉の発生がなく空間を効率よく利用したためである。

■図5, 6, 7:

SWAMP(EC-mode)は図6が、DMAC(250m)は図7がそれぞれ最も直進性の低いフローであり、性能が最も高く得られた。またすべてのモデルにおいて DMAC(900m)は DMAC(250m)よりも性能が低い。これは必要以上に高利得なビームを使用することで周辺リンクへの干渉を引き起こしたためである。

今回の性能評価では位置情報を既知とした。これは DMAC, MMAC に有利な条件である。ビームの指向性制御のためには宛先端末の位置情報が必要不可欠である。SWAMP は OC-mode で無指向性ビームを用いて位置情報の取得を解決し、EC-mode でそれと通信距離の大きな RTS を使用してより遠くの端末との通信を可能にしている。それに対し DMAC, MMAC ではあらかじめ位置情報を取得できていることを前提としているため MAC プロトコルのみではうまく機能せず、それを補うためのオーバーヘッドの増加は避けられない。

以上のことをまとめると以下のことがいえる。

無指向性通信の 802.11 よりも DATA/ACK を指向性ビームで送信する SWAMP(OC-mode)は性能が良く、さらに制御フレームも含めすべて指向性ビームを用いる DMAC(250m)が最も高い性能を示す。ただし、位置情報取得の解決と、高利得な指向性ビームを使用しないという条件が必要である。言い換えると、指向性ビームを送信する際には利得を可変とし、必要最小限の利得で送信することが理想である。これを実現するには宛先端末の信頼性の高い位置情報が必要である。

また指向性 MAC プロトコルとマルチホップルートの関係について、指向性 MAC プロトコルを用いる場合の理想的なルート形状は、リンク間の平行性が低い場合である。

5. おわりに

本稿では、指向性 MAC プロトコルの性能評価を行い、マルチホップ伝送における性能が指向性 MAC プロトコルのほかに、形成されるルートやビーム形状に依存することを示した。今後、指向性制御に必要な宛先端末の位置情報の取得方法と、指向性 MAC プロトコルを前提としたルーティングについて考察する。

参考文献

- [1] 長島勝城, 高田昌忠, 渡辺尚, “スマートアンテナを利用したアドホックネットワーク MAC プロトコルの提案と評価” 信学技報, RCS2003-132, Oct. 2003.
- [2] R. R. Choudhury, X. Yang, R. Ramanathan, N. H. Vaidya, “Using Directional Antennas for Medium Access Control in Ad Hoc Networks,” Proc. ACM Mobile computing and Network (Mobicom), Sep 2002.
- [3] International Standard ISO/IEC 8802-11:1999(E) ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition