

# アドホックネットワークにおけるスマートアンテナ制御の効果について

青木 勇太<sup>†</sup> 木谷 友哉<sup>†</sup> 萬代 雅希<sup>‡</sup> 渡辺 尚<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>静岡大学情報学部 <sup>‡</sup>上智大学理工学部

## 1 はじめに

近年、無線ネットワークにおいてスマートアンテナを適用する研究が進められている。ソフトウェアによって特定方向にビームを向けられるスマートアンテナは、無指向性アンテナと比較して、通信距離の延長や空間利用率の向上が可能である。しかし、従来の研究では、スマートアンテナにおけるビーム幅、ビットレート、パワー制御に関する議論が十分になされていない。

また、指向性アンテナを導入したマルチホップネットワークでは、移動性への対処と空間利用率が大きく影響する。ネットワークが空いているときは移動性への対処が影響し、逆の場合は空間利用効率が影響する。

本稿では、ビーム幅、ビットレート、パワー制御に関する議論の第一歩として、ビーム幅のネットワークトラフィックに対する影響を考察する。

## 2 指向性 MAC プロトコルの特徴

指向性アンテナの無線ネットワーク適用のために、DMAC[1]やDVCS[2],SWAMP[3]などの指向性MACが研究されている。指向性MACでは、指向性ビームを用いて送信を行うことにより、その通信の影響を受ける宛先以外の端末数を減少させることができる。

DMACは、あらかじめ与えられた各ノードの位置情報を元にして、RTS送信に指向性ビームを適用する。端末位置情報の取得方法については取決めがないため、Helloパケットによる位置情報取得などが必要となる。

DVCSでは電波到来方向が分かるアンテナを想定する。周辺端末からの電波到来方向の情報をキャッシュし、送信時にキャッシュを参照することで宛先方向にビームを向ける。また、キャッシュに所望の方向が登録されていない場合、無指向性ビームによる通信が行われる。これにより、モビリティ環境で有効となる。

SWAMPは近隣2ホップまでの端末位置情報をあらかじめ交換しておくことで、指向性ビームパターンを調整する。ビームパターンは、送信端末と受信端末におけるパターンの組合せを考慮して電力制御を行う。これにより、空間利用率の向上と通信距離の拡大が可能

となる。各MACプロトコルの特徴を表1にまとめる。

表1: MACプロトコルの指向性ビームに関する特徴

	DMAC	DVCS	SWAMP
指向性送信	CTS 以外	全フレーム	データ
ビーム方向決定法	位置情報	電波到来方向	位置情報
モビリティ対策	なし	無指向通信	位置情報更新

表1より、DMACとSWAMPではGPSなどによって取得した位置情報、DVCSでは電波到来方向を基準としてビーム方向を決定している。DVCSやSWAMPは制御パケット交換によって位置情報を逐次更新するのでモビリティに強いが、DMACは位置情報更新の機構がないため別のプロトコルで対応する必要がある。

## 3 性能評価

モビリティのある環境においてビーム幅を変化させたときのネットワーク性能を評価するために、ネットワークシミュレータQualnet 4.5を用いて基礎評価を行う。ここで、MACプロトコルとしてはDVCSを用いる。また、ビームパターンは一定方向に同じゲインを得られ、サイドローブがないジェネリックモデル[4]を用いる。ビーム幅として、7°, 30°, 360°(無指向)を用いる。360°については電波到来方向のキャッシュを行わない。伝送速度は2Mbpsで、データサイズは1024byteとする。領域は1000m × 1000m、シミュレーション時間は300sとし、ランダムに20端末を配置する。全端末はモビリティを持ち、ランダムウェイポイントを適用し、ポーズタイムは0s、移動速度は最大40km/hとした。それぞれの結果は10回の平均である。

### 3.1 データ発生率変化に対するスループット評価

ビーム幅が通信性能に与える影響を調べるため、フローが1つのときにデータ発生率を変化させて、そのスループットを測定した。それを図1に示す。

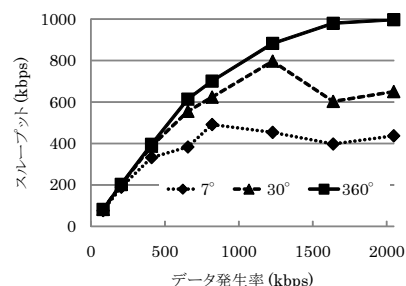


図1: データ発生率に対するスループット

An efficiency of smart antenna control in ad hoc networks  
<sup>†</sup>Yuta Aoki <sup>†</sup>Tomoya Kitani <sup>‡</sup>Masaki Bandai <sup>†</sup>Takashi Watanabe

Faculty of Informatics, Shizuoka University (†)  
 Faculty of Science and Technology, Sophia University (‡)

図1より、ビーム幅 360°では無指向性ビームのため、移動によって端末が通信範囲から外れにくいいため、最も高いスループットとなった。ビーム幅 7°では、狭ビームによってキャッシュミスが生じるため、スループットが低下する。なお、データ発生率 2000kbps におけるスループットの 95%信頼区間は、7°で 436 ± 108 kbps、30°で 650 ± 109kbps、360°で 997 ± 181 kbps であった。フロー数 1 の場合は、空間利用の効果よりも移動性への対処が大きく影響していることがわかる。また、通信の失敗がどの程度生じているのかを調べるために RTS 送信タイムアウト割合を求めた。その結果を図 2 に示す。

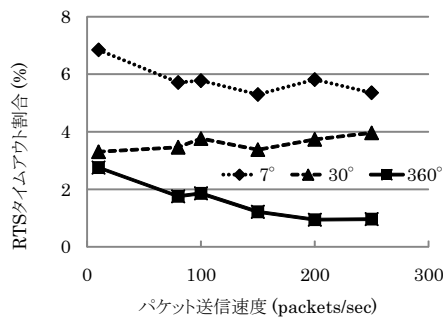


図 2: データ発生率に対する RTS タイムアウト割合

図 2 より、狭ビームでは通信範囲が狭いため、キャッシュミスが頻繁に起こり RTS タイムアウトが増加する。無指向性ビームでは通信範囲内が広いため通信可能端末が増加し RTS タイムアウトが減少する。

### 3.2 フロー数に対するスループット評価

同時に通信しているフロー数を変化させ、各ビーム幅のスループットへの影響を評価する。フローは 1 から 10 フローとし、送信元と宛先ペアはランダムで決定する。また、1 フローあたりのパケット発生は 1600kbps とする。その結果を図 3 に示す。

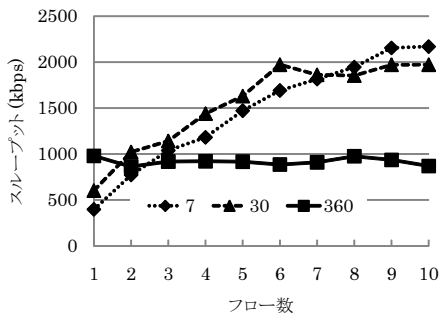


図 3: フロー数に対するスループット

図 3 より、フロー数が少ないとき、狭いビーム幅では、移動によるキャッシュミスによってスループットが低い。一方、フロー数が多くなると、ビーム幅が狭い

場合、空間利用の効果が大きくスループットが向上する。ビーム幅が広い場合は、フロー間の干渉が増加しスループットが低下する。フロー数が増加すると、移動性への対処よりも空間利用の影響が大きくなる。また、通信の失敗がどの程度生じているのかを調べるために RTS 送信タイムアウト割合を求めた。その結果を図 4 に示す。

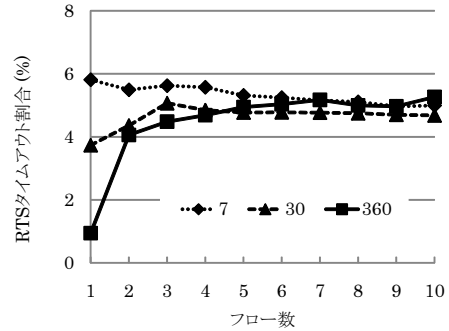


図 4: フロー数に対する RTS タイムアウト割合

図 4 より、RTS タイムアウト割合は、ビーム幅が狭い程多い傾向にある。ビーム幅が狭いほど、宛先ノードが移動によってビーム範囲から頻繁に外れる。そのため、RTS が相手に届かずタイムアウトが起こる割合が大きくなる。ビーム幅 360°ではフロー数が多くなる程、干渉が増加するので、RTS タイムアウト割合が大きくなる。

### 4 むすび

本稿ではビーム幅の性能への影響に着目し、各 MAC プロトコルの特徴を示した。また、モビリティ環境での基礎評価としてビーム幅変化に対するスループットを評価した。

シミュレーション結果より、フローが少ない場合、データ発生数に伴い広ビーム幅のスループットが上昇するが、フローが増加すると、広ビーム幅では干渉が増加しスループットが低下する。今後、ビーム方向決定基準が異なる MAC プロトコルにおけるシミュレーションを行い、結果を踏まえてビーム幅をアダプティブに変更する方式を検討する。

#### 参考文献

- [1] R. R. Choudhury, et al., "On designing MAC protocols for wireless networks using directional antennas," IEEE Trans. on Mobile Computing, vol.5, no.5, pp.477-491, 2002.
- [2] M. Takai, J. Martin, A. Ren, and R. Bagrodia, "Directional virtual carrier sensing for directional antennas in mobile ad hoc networks," MOBIHOC, pp.39-46, 2002.
- [3] M. Takata, K. Nagashima, and T. Watanabe, "A dual access mode MAC protocol for ad hoc networks using smart antennas," ICC, pp.4182-4186, 2004.
- [4] B. Alawieh, C. Assi and W. Ajib, "A Power Control Scheme for Directional MAC Protocols in MANET," WCNC2007, pp.258-263, 2007.