

## 指向性アンテナを用いたアドホックルーティング プロトコルの性能評価\*

3G-07

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科<sup>†</sup>  
横山 雄一 梅島 慎吾 桧垣 博章<sup>‡ §</sup>

### 1 背景と目的

近年、コンピュータの小型化と高性能化により、ノート型 PC や PDA といった携帯型のコンピュータが広く利用されるようになってきた。また、ネットワーク技術の発達と WWW をはじめとするネットワークアプリケーションの普及により、ネットワークに接続されるコンピュータの比率が高まっている。このような背景から、モバイルコンピュータをネットワークに接続して利用するモバイルコンピューティングへの要求が高まっており、IEEE802.11 [1] などの CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) を用いた無線 LAN 技術が研究開発されている。

モバイルコンピュータの移動性を活用したネットワークアプリケーションの実行環境として、アクセスポイントを用いないアドホックネットワークが注目されている。ここでは、モバイルコンピュータがメッセージのルーティングを行う。アドホックネットワークにおけるルーティングプロトコルとして、DSR, AODV [3, 4] などがある。これらのプロトコルは、経路構築のために、フラッディングという手法を用いて経路要求メッセージをネットワーク全体に送信する。フラッディングとは、ブロードキャストされたメッセージを受信したモバイルコンピュータが、受信したメッセージをブロードキャストすることを繰り返すことで、ネットワーク全体にメッセージを伝播させる手法である。しかし、ブロードキャストを行なうモバイルコンピュータの近隣には、同じようにブロードキャストを試みるモバイルコンピュータが存在する。無線信号到達範囲が重複する複数のモバイルコンピュータが、同時に送信を開始しようとしたとき (競合)、ランダムに送信待ち時間を設定することで衝突を回避するが送信遅延は大きくなる。

この問題を解決するために、[2] では、Adaptive Counter Based Scheme (以下 AC) というブロードキャストの冗長性に注目した方法が提案されている。AC では、近隣のモバイルコンピュータの台数から一定のしきい値を算出し、同一のブロードキャストの受信回数がしきい値以上となったときに送信を抑制する。送信が抑制されることで衝突が回避されるが、冗長性の判断のための待ち時間が存在するため、通信遅延は拡大している。そこで、本研究では特にブロードキャストで発生する競合による待ち時間を減少させることで各モバイルコンピュータに発生する通信遅延を減らすことを目的とする。

### 2 指向性アンテナ

指向性アンテナは、全方向アンテナのように全周位にメッセージ送信するのではなく、一定の範囲 (指向角度) のみにメッセージを送信する。図 1 のように、全方向アンテナを装備したモバイルコンピュータ (以下、ノードと記述) A が送信している場合、A の信号到達範囲内に存在する B、C、D は、信号到達範囲が重複するため、A と同時に送信することはできない。このとき、C が D に送信を試みると D 宛の送信は延期される。しかし、指向性アンテナを装備している場合、各ノードの信号到達範囲が狭くなる。これにより、信号到達範囲の重複が解消され競合の発生が減少する。図 1 では、A から B の送信と、C から D の送信は、同時に行なうことができる。

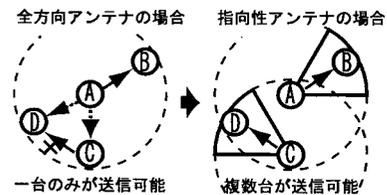


図 1: 指向性アンテナの有効性

### 3 指向性アンテナを用いたフラッディング

議論の前に、本論文における想定環境を以下に定める。

- 指向角度 60 度の指向性アンテナを使用する。
- ノードは、このアンテナを周囲 360 度をカバーするように 6 基装備する。
- 隣り合うアンテナは、互いに干渉しない。
- ノードは、1 度に 1 基のアンテナを用いて送信または受信を行なう。
- ノードは、メッセージを受信したアンテナを区別できる。

全方向アンテナを用いた無線 LAN 環境は、アンテナの特性から、ブロードキャストメッセージを全方向に送信する。そのため、信号到達範囲が重複し、競合や衝突が発生する。しかし、指向性アンテナを用いた無線 LAN 環境を想定すると、ブロードキャストメッセージを 1 度に全方向に送信する必要はない。ノードが複数の指向性アンテナを装備していることから、アンテナを順に切り替えてメッセージを送信することで、1 度の送信における信号到達範囲は狭くなる。また、メッセージを受信した方向に基づき、受信した方向や、その横方向への送信を遅らせることで、競合の発生を減少できる。

\*Performance Evaluation of Ad hoc Routing Protocol using Directional antennas

<sup>†</sup>Tokyo Denki University

<sup>‡</sup>Yuichi Yokoyama, Shingo Umeshima and Hiroaki Higaki

<sup>§</sup>{yoko,shin5,hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

想定環境では、受信する電波の強度から受信アンテナを区別できる。そこで、受信アンテナを起点とした各ノードの持つアンテナの相対位置で、6基のアンテナの送信順序を決定する。はじめに、メッセージを受信したアンテナの逆方向へ送信することで、メッセージの広がりが早くなる。また、横方向へ左右交互に送信すると、信号到達範囲が重複する確率が低くなるそこで、6基のアンテナの送信順序として以下の5パターンを評価する(図2)。

- 広がりを優先する (パターン1、2)。
- 衝突と競合の回避を優先する (パターン3、4)。
- 広がりとともに衝突と競合の回避を優先する (パターン5)。

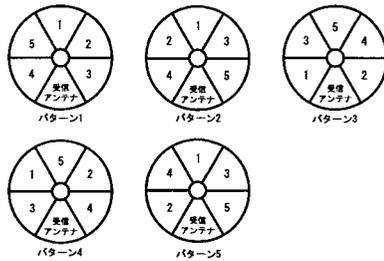


図2: 送信順序

#### 4 評価

指向性アンテナの有効性をシミュレーションによって評価する。全方向アンテナまたは、指向性アンテナを用いたフラッディングにおける到達率、衝突発生数、平均送信時間を測定した。シミュレータは[2]の想定環境を元に作成した。シミュレーション環境を表1に示す。

測定範囲 (km 平方)	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
通信半径 (km)	0.5					
通信速度 (bps)	1 M					
最大移動速度 (km/h)	10	30	50	70	90	110
ノード数 (台)	100					
メッセージサイズ (Byte)	280					

表1: シミュレーション環境

測定は、全方向アンテナ、全方向アンテナ+AC、指向性アンテナ+各送信順序について行なった。衝突発生数は、1つのアンテナが送信を行った場合に衝突したメッセージ数を示す。到達率は、最終的にブロードキャストを受けとったノード数の送信元がブロードキャストを行ったときに到達可能なノード数に対する比率を示している。各ノードの送信処理時間は、ノードがブロードキャストメッセージを受信してから送信を完了するまでの時間とした。送信処理時間には、CSMA/CAによる待ち時間や指向性アンテナによる複数回の送信が完了するまでの時間が含まれる。到達率は各測定において同等の結果となった。このことから本提案において、到達しないノードが新たに発生しないことがわかる。衝突発生数は図3に示した。指向性アンテナの衝突発生数は、

全方向アンテナの衝突の数より減少していることがわかる。各パターンによる衝突の数はほぼ同等であった。平均送信処理時間を図4に示した。全方向アンテナや全方向アンテナ+(AC)に比べて、指向性アンテナを用いることで平均送信処理時間が短縮した。

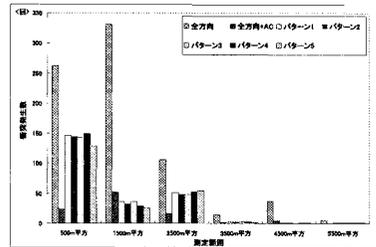


図3: 衝突発生回数

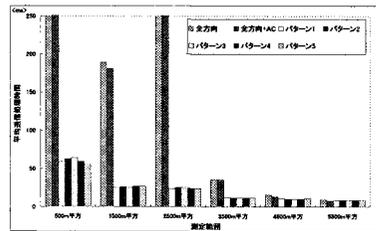


図4: 平均送信処理時間

#### 5 まとめと今後の課題

シミュレーション結果により、指向性アンテナを用いることで、衝突と競合が減少することを確認した。送信順序による有意差は見られなかった。今後の課題として、送信順序による影響の再検討と、送信アンテナを減らした場合の影響についてさらに研究を進め、指向性アンテナの効果的な利用方法を模索する。

#### 参考文献

- [1] "Wireless LAN Medium Access control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," Standard IEEE 802.11 (1997).
- [2] Tseng, Y., Ni, S. and Shih, E., "Adaptive Approaches to Relieving Broadcast Storms in a Wireless Multihop Mobile Ad Hoc Network," Proceedings on the 21st International Conference on Distributed Computing Systems, pp. 481-488 (2001).
- [3] David, B., David, A., Hu, Y.-C. and Jetcheva, J.G., "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-04.txt (2000).
- [4] Perkins, C.E. and Royer, E.M., "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Proceedings of the IEEE 2nd Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100 (1999).
- [5] 佐川, 俊垣, "アドホックネットワークにおけるループ型ルーティングプロトコル," 情報処理学会第60回全国大会論文集, No.3, pp.359-360 (2001).