

6F-1

スマートアンテナを用いたアドホックネットワーク MACプロトコルの実装について

岡田辰博† 渡辺正浩‡ 小花貞夫‡ 萬代雅希* 渡辺尚*

†静岡大学大学院情報学研究科 ‡ATR 適応コミュニケーション研究所 *静岡大学情報学部

1. はじめに

近年、アドホックネットワークにおいて、アンテナの指向性パターンを適応的に制御可能なスマートアンテナが注目されている。筆者らはスマートアンテナを用いた MAC プロトコルとして SWAMP (Smart antenna based Wider-range Access MAC Protocol)[1]を提案し、計算機シミュレーションで、IEEE 802.11 DCFのスループットを3倍程度に改善できることを示している。これまでのシミュレーション評価では、アンテナの指向性パターンを理想化しており、バックロブ、サイドロブや電波伝播環境等が性能にどの程度影響を与えるか、十分検討がされておらず、実環境での性能を明らかにする必要がある。そこで本研究では、アンテナのビームパターンを指向性及び無指向性に制御可能である ESPAR (Electrically Steerable Parasitic Array Radiator)アンテナ[2]を用いて、MAC プロトコルの実験・検討が可能なアドホックネットワーク実験装置 (以下実験システムと呼ぶ)を開発した。本稿では、実験システムの基礎特性及び実装した SWAMP の実装方法を示す。

2. 実験システムの構成

実験システムのハードウェア構成を図1に、外観図を図2に示す。無線モジュール部では、無線モジュールとそれを制御するマイコンを搭載している。無線モジュールは ZigBee チップを用いており、変復調方式として DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) を有し、伝送速度は 250kbps である。また、ZigBee は -25dBm ~ 0dBm の範囲で 32 段階の送信電力制御することが可能である。本研究では、2.4GHz 帯を利用し、キャリアセンスや制御パケットの生成、ACK 送信、再送制御など、SWAMP の動作をマイコンで制御する。また、マイコンにログ機能を持たせており、内部時計を用いてパケットの送受信時のタイムスタンプ、パケットの再送回数、ZigBee がパケットを受信したときの RSSI (Received Signal Strength Indicator) 等をノート PC に送る。マイコンの内部時計を合わせるため、実験時の最初に時刻合わせを行う。アンテナの指向性制御もマイコンによって行う。スマートアンテナとして ESPAR アンテナを用いており、6本のバラクタアンテナを DC 電圧制御することによってアンテナのビームパターンを指向性と無指向性とを切り替えることができる。

アンテナの指向性を 30°刻みで 12 方向に制御可能である。ESPAR アンテナを用いて他ノードと通信を行う。位置・方位測定部では、位置情報測定用に GPS、方位測定用に GYRO を搭載しており、ノート PC が定期的にそれらの測位データを取得し、無線モジュール部に送る。ノート PC (Fedora Core) は、データ発生やログ収集を行い、スループット、遅延時間の算出を行う。また、次ホップを選択する。

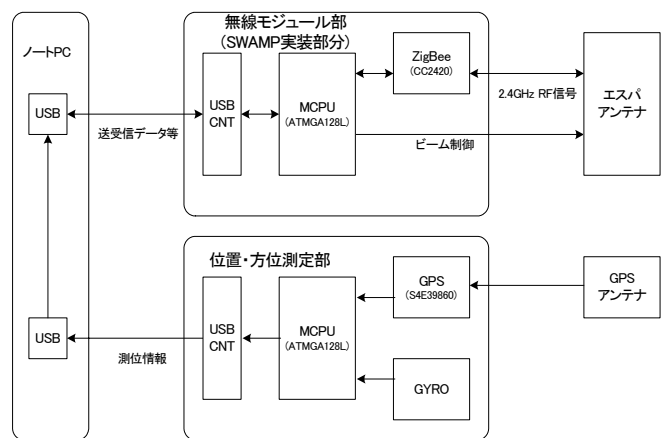


図1 実験システムのブロック図

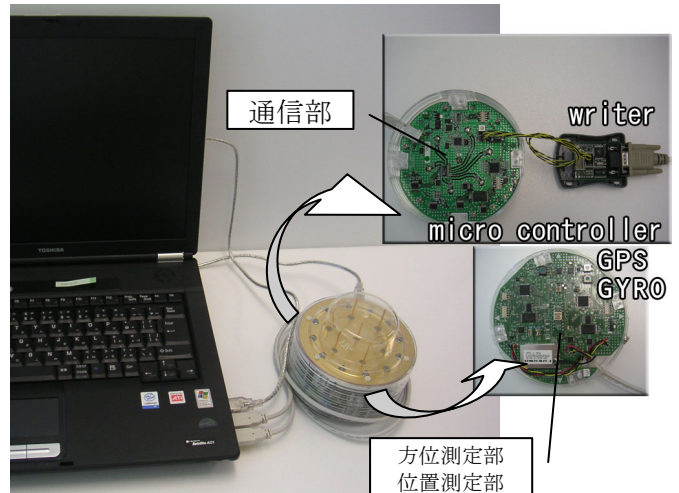


図2 実験システムの概観

An Implementation of MAC Protocol in Ad Hoc Networking Using Smart Antenna

Tatsuhiko Okada† Masahiro Watanabe‡ Sadao Obana‡ Masaki Bandai* Takashi Watanabe*

†Graduate School of Informatics, Shizuoka University ‡ATR Adaptive Communications Research Laboratories *Faculty of Informatics, Shizuoka University

3. 基本特性

実験システムを用いて最小受信感度を算出し、回線設計を行った。アッテネータの両端に2つの ZigBee チップの RF ピンをそれぞれ有線で接続する。一方の実験システムをパケットの送信端末、もう一方の実験システムを受信端末に固定し、パケットサイズを 100 バイトとして、

パケットを 500 回送信したときのエラーレートを計測する。同時に ZigBee チップで RSSI を測定する。アッテネータで RSSI を変動させたときのエラーレートを図 3 に示す。最小受信感度としては、エラーレート 10% で定義するものとする。最小受信感度は約 -92dBm となる。この結果を用いて、送信側のアンテナのビームパターンを指向性、受信側のアンテナのビームパターンを無指向性とした場合の回線設計 (フェージングによる影響等を除く) を表 1 に示す。この例では、最大通信距離は 443m となる。

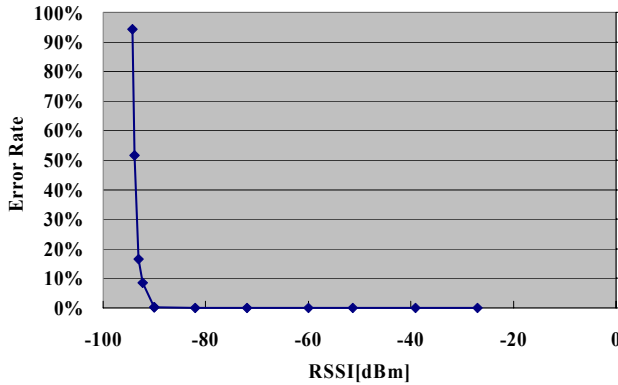


図 3 信号強度毎のエラーレート

表 1 回線設計例

記号	項目	値	単位	備考
f	周波数	2405	GHz	ZigBeeの無線モジュールチャネル11ch使用
Pt	送信電力	0	dBm	ZigBeeの無線モジュール出力最大値(公称)
Lt	アンテナ給電ロス	-2	dB	
Gt	送信アンテナ利得	5	dBi	指向性ビームのアンテナ利得
PGr	実効放射電力	0	dBm	
Rmax	最大通信距離	443	m	Pr=Sminとなる地点
Gr	受信アンテナ利得	0	dBi	無指向性ビームのアンテナ利得
Lr	アンテナ給電ロス	-2	dB	
Pr	受信機入力レベル	-92	dBm	
Smin	最小受信感度	-92	dBm	10%エラーで定義

4. SWAMP の実装方法

4. 1 SWAMP

SWAMP は示す 2 つのアクセスモードを併用する。

OC-mode:

無指向性 1 ホップ通信距離 d の宛先に対し、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。このとき指向性ビームは無指向性ビームよりアンテナ利得が高くなるため、指向性ビームを用いるとき、通信距離が d となるように送信電力制御を行う。制御フレーム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。

EC-mode:

OC-mode で取得した(無指向性 2 ホップ通信距離 $2d$ の)近隣端末の位置情報を基に指向性を制御する。指向性ビームを RTS/CTS/DATA/ACK すべての送信に使用する。通信距離が $2d$ となるように送信電力制御を行う。

4. 2 SWAMP フレームの実現

ZigBee の制御フレームにはビーコンと ACK があるが、それぞれの制御フレームの送信の有無を選択することが

でき、データフレームのみの送信が可能である。SWAMP の制御フレーム及びデータフレームを ZigBee のデータフレームのデータ部にカプセル化 (図 4) することで ZigBee フレームへと変換する。ZigBee の最大ペイロードサイズである 128 バイトを超えるデータを送信する場合は、データを連続送信することで実現する。

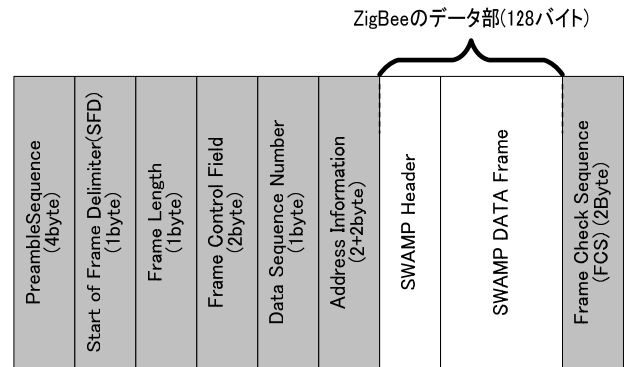


図 4 SWAMP データフレームのカプセル化

4. 3 SWAMP の送信電力制御

SWAMP には、通信距離を含めた送受信パターンは全部で 4 パターンあり (表 2)、これらを送信電力制御によって通信距離を d または $2d$ に制御する。送受信パターン 1 のときの送信電力を A (dBm)、指向性ビームのアンテナ利得を α (dB) とすると、4 パターンの送信電力を算出することができる。

表 2 SWAMP で用いるアンテナパターン

送受信パターン	アクセスモード	フレームタイプ	送信アンテナ	受信アンテナ	通信距離	送信電力
1	OC	RTS	無指向性	無指向性	d	A
1	OC	CTS	無指向性	無指向性	d	A
1	OC	SOF	無指向性	無指向性	d	A
2	OC	DATA	指向性	指向性	d	$A-2\alpha$
2	OC	ACK	指向性	指向性	d	$A-2\alpha$
3	EC	RTS	指向性	無指向性	$2d$	$A+6-\alpha$
4	EC	CTS	指向性	指向性	$2d$	$A-2\alpha+6$
4	EC	DATA	指向性	指向性	$2d$	$A-2\alpha+6$
4	EC	ACK	指向性	指向性	$2d$	$A-2\alpha+6$

5. まとめ

本稿では、ESPAR アンテナを用いて、MAC プロトコルの実験・検討が可能なアドホックネットワーク実験装置実験システムを開発し、ハードウェア構成、基本特性、SWAMP の実装方法を示した。今後は、SWAMP の実証実験を行い、その性能を明らかにする。

謝辞

本研究は科研費基盤研究 A(17200003)の助成を受けて行った。

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用いた 2 種アクセス併用指向性メディアアクセス制御プロトコル,” 信学論 (B), Vol.J87-B, No.12, pp.2006-2019, Dec. 2004.
- [2] J. Cheng, et al, “Adaptive beamforming of ESPAR antenna based on steepest gradient algorithm”, IEICE Trans. Commun., vol.E84-B, No.7, pp.1790-1800, July 2001.