

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等のタイムスタンプ、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。

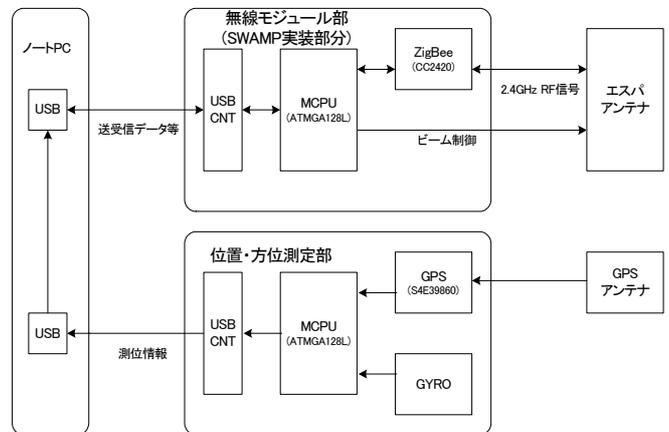


図1 実験システムのブロック図

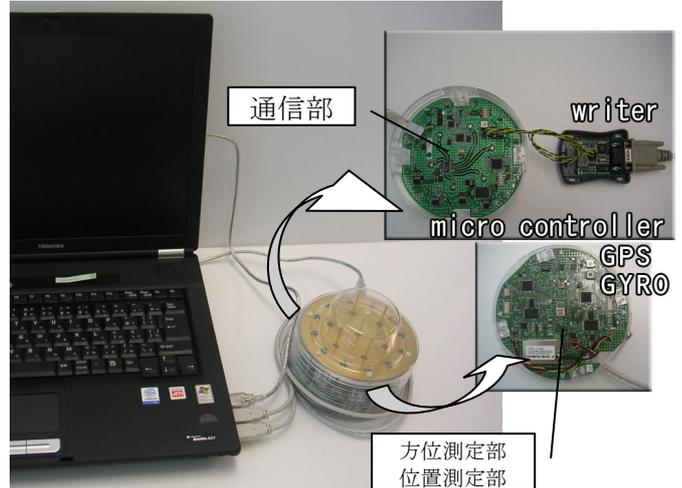


図2 実験システムの概観

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。

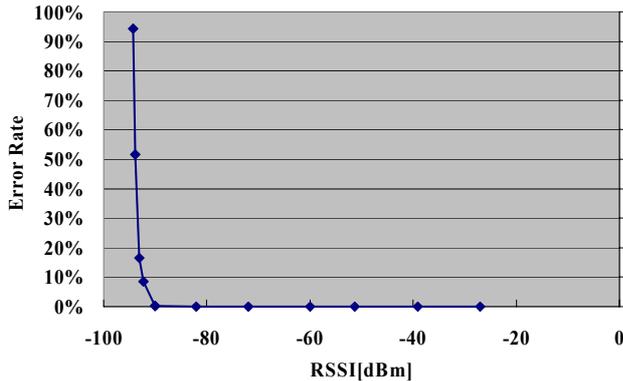


図 3 信号強度毎のエラーレート

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。

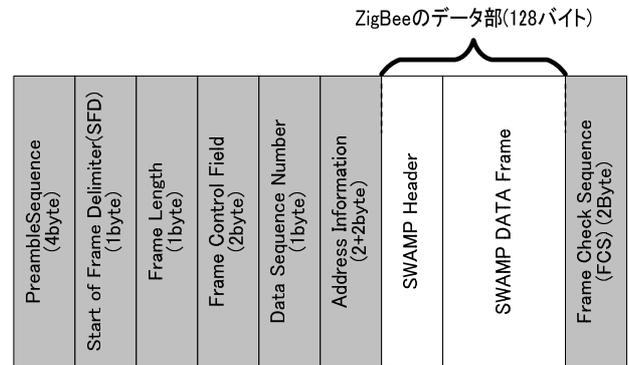


図 4 SWAMP データフレームのカプセル化

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.