

アドホックネットワーク MAC プロトコルにおける サイドローブの影響とその改良について

高塚 雄也[†] 長島 勝城[‡] 萬代 雅希[†] 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

近年、無線通信技術の進歩と無線機器の普及に伴い、無線アドホックネットワークが注目されている。無線アドホックネットワークとは、固定インフラを必要とせず、端末だけで一時的に構成されるネットワークである。全端末が同一チャネルを使用するアドホックネットワークにおいては、無指向性アンテナを使用することにより空間利用効率が低下し、スループットが制限される。

そこで近年、電子制御によりアンテナビームの指向性制御が可能なスマートアンテナを使用することにより、スループットを向上させる研究が行われている。著者らも SWAMP(Smart antenna based Wider-range Access MAC Protocol)[1]を提案している。これらの研究の多くは、ビームパターンを理想化しているが、現実のスマートアンテナにはサイドローブが存在する。

本稿では、サイドローブ、バックローブを考慮した実アンテナパターンでの SWAMP を評価し、実アンテナパターンでの問題点を指摘し、改良案を提案する。実アンテナパターンとして、ESPAR(Electronically Steerable Passive Array Radiator)アンテナ[2]を使用する。

2. SWAMP

SWAMP は IEEE 802.11 DCF[3]をベースとしている。SWAMP では OC-mode と EC-mode の二種類のアクセスモードを使い分け、アクセスモードを宛先と自身の位置情報によって選択する。

OC-mode は、宛先まで無指向性ビーム 1 ホップで届く場合に選択される(図 1(a))。無指向性ビームで RTS, CTS, SOF(Start of Frame)を送受信し、指向性ビームで DATA, ACK を送受信する。CTS に RTS 送信者の位置情報、SOF に CTS 送信者の位置情報を付加することによって、受信端末は 2 ホップ離れた端末の位置情報を得ることができる。

EC-mode では、OC-mode で取得した位置情報を利用し、無指向性ビーム 2 ホップ必要な端末と直接通信を行う(図 1(b))。通信は高利得な指向性ビームで RTS を送信し、無指向性で受信する。CTS, DATA, ACK は指向性ビームで送受信する。

また、IEEE 802.11 DCF で定義されている NAV よりも期間の短い Omni-NAV を導入している。Omni-NAV は、SOF 送受信終了後の OC-mode の起動を許可している。Omni-NAV の導入により、仮想キャリアセンスの時間を短縮し、空間利用効率の向上を実現している。

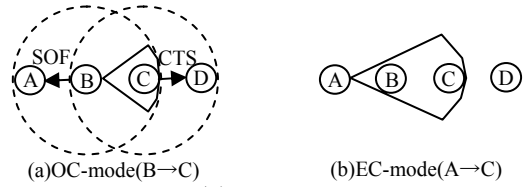


図 1 SWAMP

3. 基礎評価

従来、理想的な指向性ビームを仮定した場合には、SWAMP は IEEE 802.11 DCF よりも優れたスループット性能を実現できることが示されている[1]。

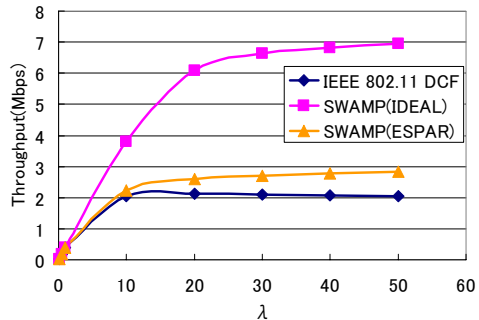


図 2 スループットに関する基礎評価結果

ESPAR アンテナのビームフォーム[2]を用いて SWAMP を評価した結果を図 2 に示す。同図により、理想ビームフォームを用いる SWAMP は高い性能であったが、実アンテナでは低いスループットであることがわかる。性能低下の原因としては隠れ端末によるサイドローブでの干渉が多発していることが挙げられる。隠れ端末によるサイドローブでの干渉が起こる原因として、大きく二つが考えられる。一つ目は、Omni-NAV がサイドローブ、バックローブを存在しないものと仮定していることである。サイドローブ、バックローブによる衝突が起こる例を図 3(a)に示す。端末 D の CTS により X は Omni-NAV がセットされるが、Omni-NAV 後の X の RTS 送信が D のバックローブによって受信されるため干渉する。二つ目は、仮想キャリアセンスが NAV をセットする必要がある全ての端末に機能していないことである。図 3(b)において、CTS を受信できない範囲の端末 X が送信する EC-mode の RTS が D のサイドローブ、バックローブと干渉する。

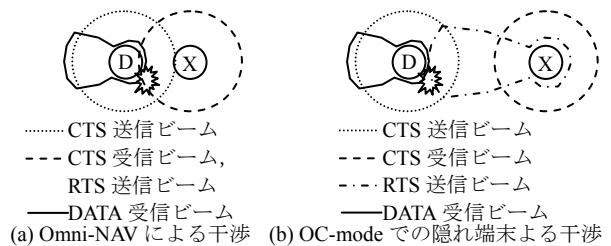


図 3 干渉原因

About an Effect of Side Lobes on Performance in Ad Hoc Network MAC and its Improvement

Yuya Takatsuka[†] Katsushiro Nagashima[‡] Masaki Bandai[†] Takashi Watanabe[†]

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

4. 改良方式

提案方式で用いるビームパターンとしては、無指向性ビーム、指向性ビームの二種類とする。

本提案方式では次の三つを考慮して SWAMP の改良を行う。

- Omni-NAV 後の OC-mode の RTS 送信による干渉を減少させるため、Omni-NAV を DNAV(Directional NAV) に変更する。
- EC-mode の RTS 送信ビームと同一ビームで受信するようにするため、受信ビームは指向性送信ビームと同一ビームを用いる。
- DATA 受信ビームと同一ビームで DNAV をセットするようにするため、RTR(Ready to Receive), EC-mode の CTS(RTR, EC-mode の CTS を NAV リクエストフレームとする)送信ビームは DATA 受信ビームと同一ビームを用いる。

NAV リクエストフレーム受信ビームと EC-mode の RTS 送信ビームを同一ビームとするため、図 4 に示すように、受信待機状態では指向性を巡回して待機する。そして、受信可能な電波を受信した場合、巡回を止め、受信ビームを固定する。

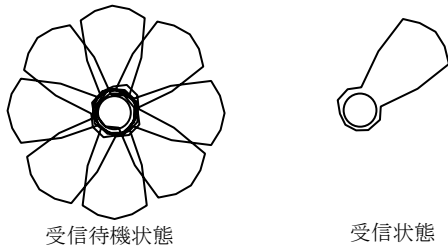


図 4 受信待機状態と受信状態

NAV リクエスト送信ビームを DATA 受信ビームと同一ビームとするため、OC-mode の制御フレームとして RTR を追加する。RTR は DATA 受信端末が DATA 受信ビームと同一ビームで送信する。

次に、提案方式の具体的な動作について説明する。OC-mode のシーケンスチャートを図 5(a), EC-mode のシーケンスチャートを図 5(b)に示す。また、OC-mode の各フレームの送信ビーム、付加する位置情報、DNAV のセット期間を表 1(a)に示し、EC-mode の各フレームの送信ビーム、DNAV のセット期間を表 2(b)に示す。

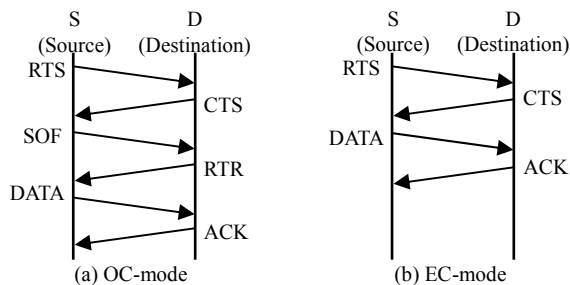


図 5 シーケンスチャート

OC-mode では、CTS, SOF, RTR に位置情報を付加することにより、これらを受信したノードが 2 ホップ先の端末の位置情報を得ることができる。CTS には RTS 送信端末の位置情報が付加されるため、CTS 受信端末は 2 ホップ先の端末として RTS 送信端末の位置情報を得ることができる。SOF には CTS 送信端末の位置情報が付加されるため、

表 1(a) OC-mode フレーム情報

フレーム	送信ビーム	付加位置情報	DNAV 期間
RTS	無指向性	S	RTR 終了
CTS	無指向性	S, D	RTR 終了
SOF	無指向性	D	RTR 終了
RTR	指向性	D	ACK 終了
DATA	指向性	なし	ACK 終了
ACK	指向性	なし	ACK 終了

表 1(b) EC-mode フレーム情報

フレーム	送信ビーム	DNAV 期間
RTS	指向性	ACK 終了
CTS	指向性	ACK 終了
DATA	指向性	ACK 終了
ACK	指向性	ACK 終了

SOF 受信端末は 2 ホップ先の端末として CTS 送信端末の位置情報を得ることができる。RTR には自身の位置情報が付加されるため、RTR を受信した端末は 2 ホップ先の端末として RTR 送信端末の位置情報を得ることができる。CTS, SOF, RTR に位置情報を付加することで、EC-mode で必要となる無指向性送信-指向性受信で 2 ホップの端末の位置情報、つまり、指向性送信-指向性受信において 1 ホップで通信できる端末の位置情報を得ることができる。

本提案方式では、Omni-NAV を DNAV に変更したことにより、Omni-NAV 後の周辺端末による干渉を減少させることができる。また、NAV リクエストフレームを DATA 受信ビームと同一ビームで送信することによって、近隣端末が適切に DNAV をセットできる。NAV リクエストフレームを受信した端末は、自身が指向性で送信した場合、DATA 通信と干渉することになるため、NAV リクエストフレームを受信した方向には通信を開始しないようにしてはならない。NAV リクエストフレームによって、隠れ端末問題による DATA 通信への干渉を減少させる。

5. おわりに

従来の SWAMP における問題点を指摘し、問題点を解決する改善策について提案した。

今後、提案方式についてシミュレーション評価を行うとともに、更なる改善策を検討していく。

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”, 電子情報通信学会論文誌, VOL.J87-B, NO.12, pp.2006-2019, DECEMBER 2004.
- [2]J. Cheng, Y. Kamiya, and T. Ohira, "Adaptive beamforming of ESPAR antenna based on steepest gradient algorithm", IEICE Trans. Commun., vol. E84-B, No. 7, pp. 1790-1800, July 2001.
- [3]ANSI/IEEE Std 802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications", 1999.