

回転角分割多元接続を用いる UAV-BS 無線ネットワーク

Rotational Angle Division Multiple Access (RADMA) for UAV-BS Wireless Network

ヘンドリック ルンバントルアン
Hendrik Lumbantoruan

安達 宏一
Koichi Adachi

電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター
Advanced Wireless & Communication Research Center, The University of Electro-Communications

1 まえがき

近年、無線ノードからの情報収集に無線通信機能を持たせた無人航空機 (UAV-BS) の利用が検討されている [1]. 無線ノードはバッテリー駆動のため、可能な限りの低消費電力化が必要となる. 無線ノードの近傍に UAV-BS を配置し通信距離を短縮することで、所望の通信品質を達成するのに必要となる送信電力を削減する方法が提案されている [2]. 本稿では、UAV-BS が適応的に通信方向を制御できるという新たな次元を用いた回転角分割多元接続 (Rotational Angle Division Multiple Access: RADMA) を提案し、無線ノードの送信エネルギー削減効果を計算機シミュレーションにより明らかにする.

2 提案法

K 個の無線ノードから N 個のアンテナ素子を実装している UAV-BS への上りリンクランダムアクセスを仮定する. RADMA では、図 1 のように UAV-BS を回転角 θ_{RT} で回転させることで通信エリア内に時間的に切り替わる仮想セクタを形成する. 仮想セクタ内に存在する無線ノードが信号を送信する. この時の無線ノード k に対するアンテナ利得は次式で与えられる.

$$G_{R,k} = \left| \sum_{n=0}^{N-1} \exp(-j2\pi nd \cos(\phi_k)) \right|^2 \quad (1)$$

ここで、 d は搬送波波長で正規化されたアンテナ素子間の距離、 ϕ_k は無線ノード k の到来角である. 無線ノードはチャネル状態に適應して最適な変調符号化方式 (MCS) を選択するものとする. RADMA では、仮想セクタ内に存在する無線ノードが高いアンテナ利得を得られるため、より高効率な伝送レートでの通信が可能となる. そのため、特定のデータ量をより短時間で送信できる. これにより、所要送信エネルギーを削減できる. 本稿では、初期検討として各無線ノードが理想的に UAV-BS の仮想セクタを把握できるものとする. RADMA では、仮想セクタ内に存在する無線ノードのみが通信を行うため、一度に UAV-BS と通信を行うノード数を減らすことが出来る. そのため、隠れ端末問題等により生じる衝突によるパケット損失を回避することが可能となる.

3 計算機シミュレーション

本稿では、無線アクセス方式として IEEE 802.11g を適用する. 60×60 [m²] のシミュレーション領域内に $B = 12.5$ [KB] の送信パケットを保持した $K = 10, 20$ 個の無線ノードがランダムに配置されているものとする. 正規化アンテナ距離 $d = 1/4$ とした $N = 3$ の線形アン

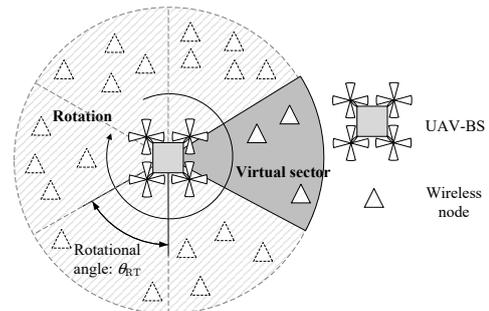


図 1 RADMA を用いる無線ネットワーク

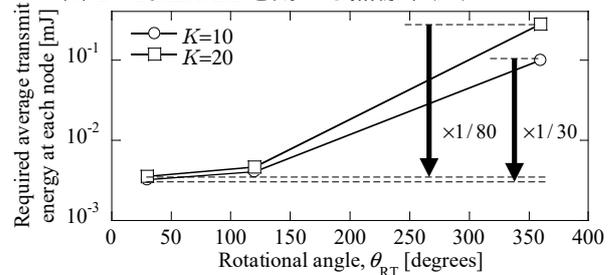


図 2 回転角度 θ_{RT} に対する所要平均送信エネルギー. アンテナ素子を実装した UAV-BS はシミュレーション領域の中央に配置した. 無線ノードの送信電力は $P_T = 0.5$ [mW] とした. 図 2 に RADMA を用いた場合に 1 パケットの送信に必要な平均所要送信エネルギーを示す. 回転角を 360 度にした場合が従来のオムニアンテナを用いた場合の特性となる. 図 2 より、回転角度を $\theta_{RT} = 30$ [degrees] とすることで、 $K = 10$ (20) の場合におよそ 1/30 (1/80) まで所要送信エネルギーを低減できていることが分かる. これは、RADMA により UAV-BS にランダムアクセスする無線ノード数を仮想的に少なくすることで、パケットの衝突や隠れ端末問題を回避できているためである. 更に、アレイアンテナ利得によって高効率な MCS を使えることで送信時間が短くなりエネルギー消費量の削減につながっていると考えられる. さらに、通信に必要な最低 SNR を下回った無線ノードは通信不能 (アウトージ) となる. 従来法ではおよそ 10 % 程度のアウテージが生じている一方で、RADMA を用いることでアウテージを 0 % に出来ていることも分かった.

4 まとめ

本稿では、UAV-BS の向きという新たな自由度を用いたマルチアクセス方式 (RADMA) を提案し、無線ノードのエネルギー消費量の低減効果を明らかにした.

参考文献 [1] J.P. Bodanese, et al., *IEEE Commun. Mag.*, vol.54, No.5, pp.36-42, May 2016. [2] J. Lu, et al., *in Proc CoRR*, 2017.