

UAVによる位置推定及び推定位置に基づくアレイアンテナによる干渉低減に関する検討

UAV-aided Localization and Interference Suppression by Array Antenna Based on Estimated Position

熊田 遼汰
Ryota Kumada

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 and Communication Research Center (AWCC), The University of Electro-Communications

1 まえがき

近年、モノのインターネットの発展に伴い、省電力広域ネットワーク (LPWAN) が注目されている。これらの規格では、簡易な端末構成である事が多いため、送信制御が困難であり、パケット衝突が頻繁に発生する。一方、無線通信機能を搭載した無人航空機 (UAV) を LPWAN に導入する研究が盛んに行われている [1]。しかし、多くの場合、UAV-端末間は見通し内チャネルとなるため、複数端末が同時に信号を送信した場合、非常に大きな干渉が発生する。干渉低減の方法として、UAV が端末に接近することや、UAV に複数アンテナを具備し、所望信号に指向性を向ける事が挙げられる。これらを実現するには端末の位置情報を知る必要があり、多くの文献では端末の位置情報が既知と仮定している。そこで、本稿では UAV を用いた端末の位置推定、及び推定位置に基づいた接続性について、端末位置が既知の場合との比較する。

2 システムモデル

通信エリア内にランダムに配置された N 個の端末が、エリア内を飛行する UAV にパケットを送信するアップリンク通信を考える。端末はパケット生成周期 G_p に従ってパケットを生起し、直ちに送信する。端末からの受信信号は、信号電力対干渉・雑音電力比 (SINR) が閾値を上回った場合、正しく受信されるものとする。UAV は、正しく受信した場合、端末に ACK 信号を返す。端末は、UAV からの ACK 信号を理想的に受信出来るものとし、ACK 信号の返送が無い場合、ランダムな時間待機後、再送する。

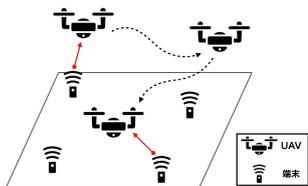
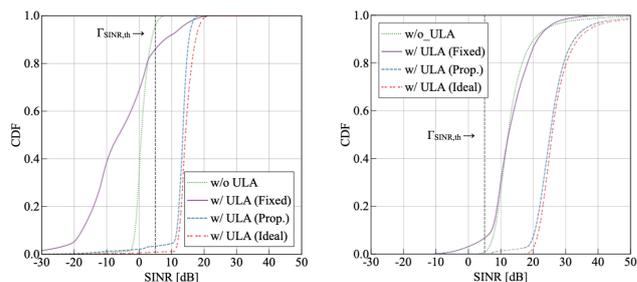


図1 システムモデル

3 提案手法

UAV が3箇所以上で端末からのパケットを正しく受信することで、RSSI から距離を算出し、位置推定を行える [2]。高い機動性を有する UAV は、飛行することで複数箇所から端末が送信するパケットを受信可能である。更に、UAV は見通し内チャネルとなる確率が高く、シャドウイングは発生しないものと仮定できるため [3]、広大な通信エリアに対しても地上局と比較して高精度な端末の位置推定が可能である。加えて、端末の同時送信による干渉を低減するために、UAV に線形アレイアンテナ (ULA) を具備する。この時、端末の位置が未知の場合でも、推定位置に基づいて指向性を向けることで、SINR を向上させることが可能となる。



(a) 通信時の最小 SINR の CDF (b) 通信時の最大 SINR の CDF
図2 シミュレーション結果

4 計算機シミュレーション

5×5 [km²] の通信エリア内に $N = 1000$ 台の端末を配置する。通信エリアを4つのグリッドに等分割し、UAV は各グリッドの中心に位置するバッテリー交換所間を10分で直線移動し、時計・反時計回りで各交換所を経由する。UAV を用いた位置推定では、アンテナ数 $M = 1$ 、ULA を具備した干渉低減では、 $M = 3$ とした。また、 G_p は 10 [min]、ペイロードサイズは 2000 [bit]、搬送波周波数は 923 [MHz]、帯域幅は 125 [kHz]、端末の送信電力は 13 [dBm]、閾値 $\Gamma_{\text{SINR,th}}$ は、伝送レートが 2 [bps/Hz] 以上となる、5 [dB] とした。図2に UAV-端末の通信時における SINR の最小値及び最大値の CDF を示す。それぞれ、位置推定を行った後に位置推定に基づき指向性を向ける提案手法 (w/ ULA (Prop.)), ULA を具備しない手法 (w/o ULA)、指向性を移動方向に固定する手法 (w/ ULA (Fixed)), 指向性を実際の位置に向ける手法 (w/ ULA (Ideal)) である。図2(a)より、無指向性の場合や指向性を固定した場合、多くの端末が閾値を上回らないことがわかる。一方で、提案法の場合、90%以上の端末が閾値を上回っており、実際の位置に指向性を向ける場合と比較して平均 1 [dB] 程度の劣化で済んでいる。図2(b)では、その特性劣化は更に小さいことがわかる。

5 まとめ

本稿では、UAV を用いた端末の位置推定および推定位置に基づいた接続性の評価を行った。UAV の高い機動性を利用することで端末の位置推定が可能であり、端末の位置が未知の場合でも、既知の場合と大差ない特性が得られることが示された。

参考文献

- [1] J. Baek, S. I. Han and Y. Han, "Energy-Efficient UAV Routing for Wireless Sensor Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol.69, no.2, pp.1741-1750, Feb. 2020.
- [2] J. R. Qiang, Wei Wang, Haiyong Wang, Peilun He and Wenyong Huang, "3D Maximum Likelihood Estimation Positioning Algorithm Based on RSSI Ranging," *2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, pp.1311-1314, Mar. 2017.
- [3] A. Al-Hourani and Sithamparanathan Kandeepan, "Optimal LAP Altitude for Maximum Coverage," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol.3, no.6, pp.569-572, Dec. 2014.