

UAV 検知のための操縦用電波の時系列解析方式の検討

柴田 恭輔[†]山本 寛[†]

立命館大学 情報理工学部 情報コミュニケーション学科

1. はじめに

近年、無人航空機 (UAV : Unmanned Aerial Vehicle) への関心が高まるにつれて、UAV による事故や不正行為が多く発生しており、大きな社会問題となっている。この問題に対処するために、多くの企業が上空を飛行する UAV を検知するシステムの開発に取り組み始めているが、広範囲の検知は実現できていない[1]。そこで本研究では、UAV と操縦者との間で必ず送受信される操縦用電波を計測・解析することで、広範囲における UAV の検知を実現するシステムを提案する。

2. 提案システム

提案システムは、フィールドに設置する電波強度計測用のセンサノード、計測機能に加えて無線 LAN のアクセスポイント機能を備えたゲートウェイ用センサノード、および、計測した電波強度の時系列データを解析する解析用サーバで構成されている。提案システムの全体像を図 1 に示す。

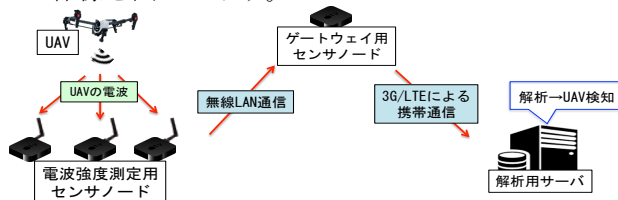


図 1. 提案システムの全体像

3 受信電波強度の線形回帰を利用した UAV 検知

UAV を操縦するために、利用者との間で送受信されている操縦用電波の計測結果を図 2 に示す。この図からわかるように、UAV が上空を移動して UAV とセンサノードの間の距離が時間の経過と共に変化すると、操縦用電波が送受信されているチャンネルの受信電波強度は特徴的な変化パターンを示す。UAV が飛行中は細かな方向転換は行わず等速飛行していると考えると、経過時間と距離は線形の関係になる。この時、受信電波強度は自由空間基本伝搬損失 L を周波数 f [Hz]、距離 d [m] ($= vt$) で表す下記の式(1)に線形回帰できる。

$$L[dB] = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi f d}{3 \times 10^8} \right) \quad (1)$$

本システムでは、電波強度の計測結果を式(1)に線形回帰し、この式から得られる電波強度の理論値と、計測値との二乗誤差を算出し、計測区間における合計値が事前に設定された閾値より小さい場合、UAV が飛行し

ていると判断する。また、電波強度の増減の傾向を特定することで、UAV が遠ざかっている (電波強度が減少) か、近づいている (電波強度が増加) か判別する。

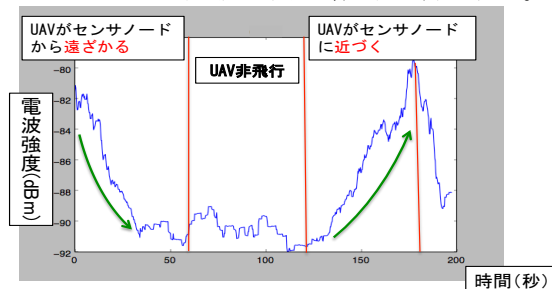


図 2. 操縦用電波の計測結果

4. 実証実験

提案した手法の有効性を評価するために、立命館大学のグラウンドで実証実験を行った。フィールド上にセンサノードを設置し、その地点から UAV は上空に飛行して約 100m 平行移動し元の位置まで戻る。実証実験で 100 回取得した UAV 飛行時と非飛行時の電波強度を 3 章で説明した通り式(1)に線形回帰し、二乗誤差の合計値を求めて作成したヒストグラムを図 3 に示す。図 3 より、閾値を 135 周辺に設定することで、UAV を検知できることが分かる。

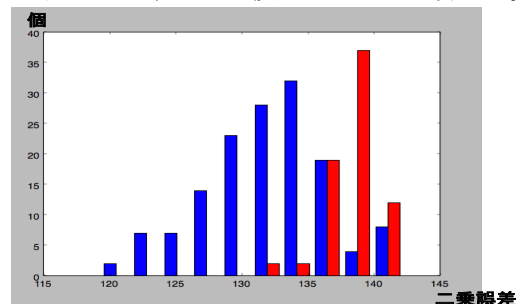


図 3. UAV 飛行時(青)と非飛行時(赤)の二乗誤差

5. まとめと今後の予定

本研究では、UAV と操縦者との間で送受信される操縦用電波の受信強度を時系列解析することで、UAV の存在や移動方向を検知するシステムを提案・実装した。今後は、より正確に UAV の飛行状況を把握するために、複数台のセンサノードから収集した時系列データについて、その相関関係を解析する方法などを検討する。本研究の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究 (FESTIVAL) として実施した。

参考文献

[1] 萬造寺博, 他, “空中音響技術を利用したドローン探知システム”, 2015-OKI テクニカルビュー.