

能動的 3 次元通信エリア制御を用いた複数無人航空機による 同時観測技術の研究開発 (141301001)

Study on Simultaneous Observation Technologies by Unmanned Air Vehicles
Based on Active 3 Dimensional Communication Area Control Method

研究代表者

樋口 健 室蘭工業大学

Ken HIGUCHI Muroran Institute of Technology

研究分担者

上羽正純[†] 北沢祥一[†] 高久雄一[†] 伏水博樹^{††}

熊谷智明^{†††} 矢野一人^{†††} 阿野 進^{†††} 塚本悟司^{†††}

Masazumi UEBA[†] Shoichi KITAZAWA, Yuichi TAKAKU Hiroki FUSHIMI^{††},
Tomoaki KUMAGAI^{†††} Kazuto YANO^{†††} Susumu ANO^{†††} Satoshi TSUKAMOTO^{†††}

[†]室蘭工業大学 ^{††}日本遠隔制御(株) ^{†††}(株)国際電気通信基礎技術研究所

[†]Muroran Institute of Technology ^{††}Japan Remote Control Co., Ltd.

^{†††}Advanced Telecommunications Research Institute International

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

複数の UAV による大規模設備や大型プラントの監視を想定し、UAV が建造物の背後に移動することによる地上局との間の見通し遮断や、UAV 間の相互干渉による伝送品質劣化を抑えるべく、追尾アンテナを有する複数の地上局を用いて通信品質を維持する技術の研究開発を行った。具体的には、移動する UAV の位置・姿勢情報や信号強度情報、アンテナ指向性情報等を用いて各地上局のアンテナの追尾方向、各 UAV が接続する地上局、及び各通信リンクの使用チャネルを動的に制御する追尾アンテナ制御技術と品質保証型無線通信技術、および UAV 搭載時に良好な放射特性を得るためのアンテナ技術を検討した。これらの技術をシミュレーション及び屋外実験により検証し、複数の UAV が基地局と通信するデータリンクが所望のスループットを下回る時間率を 2%以下に抑えることが可能なことを確認した。

1. まえがき

本研究開発は、近年無人航空機(UAV)の利用が注目されるなか、同一周波数帯を使用する複数UAVと追尾アンテナを有する複数の地上局を用いて、大規模設備や大型プラントの同時観測(図1)を可能にする能動的3次元通信エリア制御技術の確立を目的としている。UAVの飛行中において発生するブロッキング、干渉、切替による伝送品質の劣化を、UAVの位置・姿勢情報、信号強度情報、追尾アンテナの指向性等を用いた能動的追尾アルゴリズムにより回避し、通信品質を維持する。

2. 研究開発内容及び成果

UAV が建造物付近を移動する場合地上局との見通しが遮られたり、複数の地上局-UAV ペア間で干渉が生じたりすることにより、伝送品質の劣化が生じる。このような状況でも移動する UAV の位置・姿勢情報や信号強度情報、アンテナ指向性情報等を用いて、各地上局のアンテナの追尾方向、各 UAV が接続する地上局及び各通信リンクの使用チャネルを動的に制御することにより通信品質を維持する。ビットレートが 8 Mb/s 程度の動画映像データ 2 ストリームを無線 LAN で収容することを想定し、通信品質の目標値として動画映像データの 1 秒間に 1 回の欠落を参考に、各データリンクのスループットが 8 Mb/s (所要値)を下回る時間率 2%を設定した。このうち、対象 UAV の物理的な切替えに要する時間率を 1%とした。この実現に必要な (ア) UAV 予測・追尾制御技術、(イ) UAV 搭載用アンテナの開発と実装、(ウ) 能動的 3 次元通信エリア制御を用いた品質保証型無線通信技術、(エ) 実 UAV を用いた総合実証実験の研究開発を行い、下記成果を得た。

(ア) UAV 予測・追尾制御技術

UAV 搭載の慣性航法装置で測定・送信される位置情報

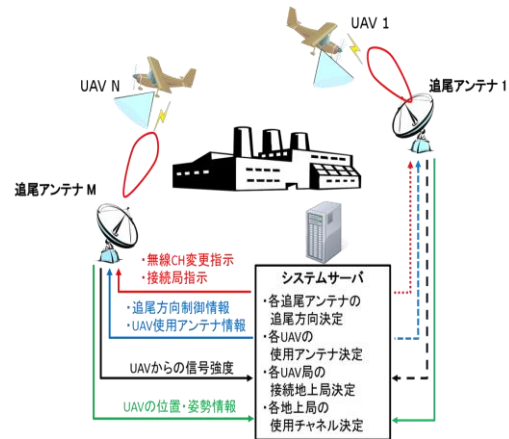


図1 複数 UAV および複数追尾アンテナによる観測システム

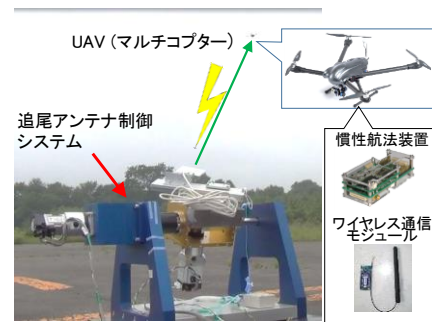


図2 UAV と追尾アンテナを用いた屋外実験

を用いる追尾アンテナ制御システムを製作し、屋外飛行試験(図2)により、UAVの目標追尾制御精度0.4°(図3)ならびに2自由度制御系の適用により

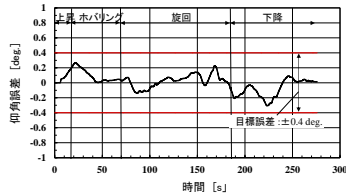


図3 仰角追尾制御精度

従来技術に対して2分の1となる切替時間0.15秒を達成したことを確認した。また、LED搭載のUAVを背景の影響を小さくして識別する手法を考案、屋外飛行試験により90%以上の検出確率が達成可能なことを確認した。

(イ) UAV搭載用アンテナの開発と実装

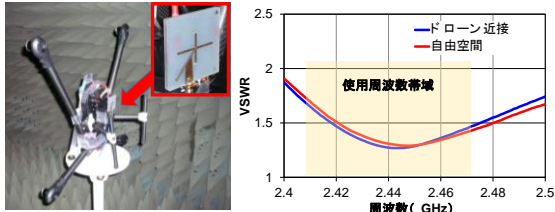


図4 試作平面アンテナ及びVSWR

移動方向が自在なマルチコプター向けクロスダイポール型平面アンテナ(図4)を設計し、周波数選択板をグランドとの間に用いた機体方向への放射低減と、長さの異なるダイポール素子を用いた広帯域化を施した。本アンテナをUAV下部に設置し、目標性能(VSWRが2.0以下、ピーク利得3.0 dBi以上)の達成、およびスリーブアンテナよりも飛行時放射特性変動を低減できることを確認した。

(ウ) 能動的3次元通信エリア制御を用いた品質保証型無線通信技術

複数UAV同時運用時での安定したハンドオーバーの実現に向けて、UAVのすれ違いや追い越し等を考慮した複数地上局協調ハンドオーバーアルゴリズムと、単一地上局での複数UAV追尾アルゴリズムを確立した。図5に示す状況を想定し、事前実験結果に基づき位置・速度・受信電力に

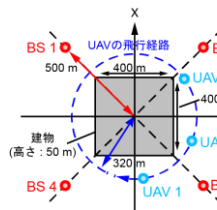


図5 シミュレーションエリア

ランダムな計測誤差を与えたシミュレーションにより、目標性能である「1 km 四方のエリア内に地上局が3~5台設置される環境において、最大3機のとのデータリンクが8 Mb/sのスループットを下回る時間率を2%以下に抑えられること」の達成を確認した(図6)。

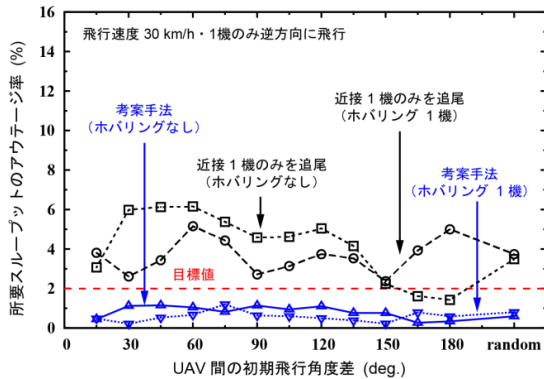


図6 目標スループットに対するアウテージ結果 (UAV 3機・地上局 4台)

(エ) 実UAVを用いた総合実証実験

(ア) から (ウ) にて検討した技術を統合した実験系を構築(図7)し、屋外実環境での統合実験により全体性能評価を行った。結果として大きなアウトエージ率が発生し、安定動作の実現に向けては無線LAN STAのAP帰属情報の安定取得、追尾対象UAVが通信圏外に移動して受信電力

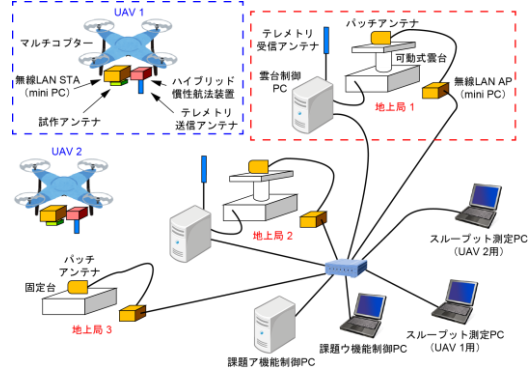


図7 構築した屋外実験系

が測定できない場合やハンドオーバー条件を充足しなかった場合のリカバリ機能、およびハンドオーバー実施時のための帰属解除に新たな課題があることが明らかになった。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発の成果は論文誌等への投稿より周知を行うとともに、UAV予測・追尾制御技術については固定翼UAVを用いて広大な農地を短時間で観測可能なシステムの研究開発への適用を、UAV搭載アンテナについてはCFRPで製作された固定翼UAVへの適用を進めている。能動的3次元通信エリア制御を用いた品質保証型無線通信技術については、地上で構築されるネットワークにおける通信品質保証が必要となるユースケースへの応用を模索し、必要となる研究開発を実施する予定である。

4. むすび

本研究開発により、設定の要素技術について当初の目標性能を達成するとともに、総合実証実験により新たな課題を明らかにした。

【誌上发表リスト】

- [1] 矢野一人、北沢祥一、阿野進、有吉正行、熊谷智明、伏水博樹、上羽正純、樋口健、“複数無人航空機による大型建造物監視のためのアンテナ追尾方式”、電子情報通信学会 衛星通信研究会、SAT2014-51、那覇市、2015.2.18
- [2] Kazuto Yano, Shoichi Kitazawa, Tomoaki Kumagai, “A study on handover of multiple UAVs among base stations with high-gain tracking antenna for real-time monitoring of large building”、電子情報通信学会衛星通信研究会(大阪市)、SAT2015-36、2015.10.8
- [3] 上羽正純、高久雄一、樋口健、“複数無人航空機による同時観測を可能とする高応答追尾アンテナ制御システムの性能評価”、電子情報通信学会衛星通信研究会(広島市)、SAT2015-66、2016.2.16

【申請特許リスト】

- [1] 樋口健、上羽正純、熊谷智明、有吉正行、矢野一人、北沢祥一、追尾アンテナシステム、飛行体および追尾アンテナ装置(特願2015-049744号)、日本、2015.3.12
- [2] 伏水博樹、マルチコプター(実願2015-1165)、日本、2015.3.12
- [3] 矢野一人、北沢祥一、熊谷智明、追尾アンテナシステムおよび追尾アンテナ装置(特願2016-065291号)、日本、2016.3.29