

平成 26 年 6 月 26 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560473

研究課題名(和文) UAVを用いた広域通信網に関する多角的な研究

研究課題名(英文) Studies on Wide Area Network employing Unmanned Aerial Vehicle

研究代表者

嶋本 薫 (Shimamoto, Shigeru)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：80235639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、危険区域でも飛行可能な無人機(UAV)を利用することで、現場上空を飛行させ、空中映像だけでなく、センサ技術を用いた行方不明者探索を可能にさせる。主に、UAVはアメリカや中国のように偵察機として一般的に用いられているが、本稿ではセンサ技術を用いた探索機として利用するモデルを提案した。提案モデルとして、腕時計型トランスポンダとUAVとの信号やりとりから行方不明者位置特定システム構築を行った。実際に、腕時計型トランスポンダアンテナ製作評価をはじめ、UAV-センサ間における伝送成功率、平均伝送遅延、ビット誤り率、パケット誤り率といった通信品質評価を行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, it is possible that the missing person search in the disaster area using not only the air picture but also sensor technology by using Unmanned Aerial Vehicle (UAV). UAV is generally used as a spy plane in the United States and China, but suggests a model to use as a search machine using the sensor technology in this main study. I aim the missing person position identification systems construction from the exchanges of a watch type transponder and the signal with UAV. We have introduced a novel approach implemented to leverage the performance of Medium Access Control for Wireless Sensor Networks and UAV. In fact, including the wristwatch type transponder antenna production evaluation, and also communicates quality evaluation transmission success rate in UAV-sensors, average transmission delay, bit error rate, and packet error rate.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：情報ネットワーク

キーワード：UAV 無人機 広域網 WSN センサー網 アクセス方式 災害 不明者探索

## 1. 研究開始当初の背景

先の東日本大震災においては死者 14,719 人、重軽傷者 4,718 人、行方不明者 3,616 人と計 26,043 人にも被害者が上がっていることが問題であるが、このような大規模震災の特徴としては、主に大規模な複合災害(地震、津波災害、原子力発電所災害)、広域居住エリアの壊滅、社会・生活・産業インフラに甚大な被害、原子力発電所周辺の住民健康や環境に対する悪影響等が挙げられ、迅速な救援救助体制の確立が必要となっている。大規模災害状況での課題点として、地震・津波災害または原子力事故への応急対応、被災地住民および国民によって必要な情報をタイムリーかつ的確に提供すること、応急対応機関(消防、緊急医療、警察、赤十字、自衛隊等)間の共同救援救助体制の確立等、つまり非常時情報通信網に関する課題解決が必要となる。主に非常時情報通信網の課題点として、状況認識の統一、衛星通信による適格な非常時情報通信網、情報通信システム間の相互運用性の確保等があげられる。その解決手段としては、被災地域の衛星画像・デジタルマップ、GPS(全地球測位システム)データの統合、被災状況の把握・救援救助活動の状況把握等のリアルタイム配信、地震や津波によって地上の情報通信インフラが壊滅しても、それに代わる新しい通信形態の導入、救援救助活動をスムーズに行うための無線通信システムの標準化かつ柔軟な運用性が挙げられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、その中でも地上の情報インフラが壊滅しても、それに代わる新しい通信形態の導入により災害時の諸問題を解決することを目的としている。新しい通信形態として、操縦者のいない危険区域でも飛行可能な無人機(UAV)による災害現場での行方不明者探索システムの提案、無人機(UAV)を用いた津波観測広域無線センサネットワークシステムの提案を図る。これら提案により、災害現場上空を飛行させ、空中映像だけでなく、センサ技術を用いて災害現場での行方不明者探索を可能にさせ、

地震発生後の災害現場や津波状況観察を可能にさせることができる。主に UAV はアメリカや中国のように偵察機として一般的に用いられているが、本研究ではセンサ技術を用いた無人探索機として利用する。本提案モデルでは、腕時計型トランスポンダと UAV 間での信号のやりとりから行方不明者位置特定システム構築を目指す。本研究では、腕時計型トランスポンダと UAV 間での信号やりとりから行方不明者位置特定システム構築を目指す。実際に、腕時計型トランスポンダアンテナ作成をはじめ、地上での腕時計型トランスポンダと UAV 間のデータ通信に関して、1.2GHz/2.3GHz 帯における飛行高度に対する送信電力割合についてデータリンクシミュレーションを行うことで、UAV を用いた被災者探索ネットワーク通信効率向上に向けた各飛行高度における最適送信電力量算出も行う。これら各特性評価を行うことにより、災害現場で通用する UAV を用いた行方不明者探索システムモデルを構築する。

## 3. 研究の方法

### 3.1 移動体通信路の特徴

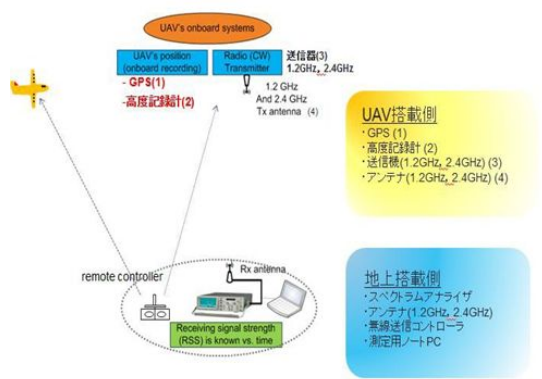
飛行体と地上センサ間での通信を考えた際に、両者共に移動するため、見通し内環境、ビル等の建物による見通せないシャドウイング環境が考えられる。本研究では、シャドウイングを起こすビル等の建物が多く存在する環境では飛行体と地上センサ間通信の特性調査結果を得るには場所環境に依存してしまうことから、ノーマルに障害物のない環境で飛行通信実験を行うことで、純粋な飛行体と地上センサ間通信の特性を調べる。

### 3.2 実験機

本研究では、実際に無人機(UAV)による飛行通信を想定した実験を想定するので、機体諸元は、全長が 2.13m、ウイングスパン 4.21m、右翼/左翼 2.1m、プロペラ直径 0.66m、制御 9ch、プロポによ

る操作方式をとっている。一般的に UAV の種類には、飛行機タイプ、ヘリコプタータイプ等様々な機体が存在するが、本実験機は飛行機タイプである。UAV と地上センサ間の通信特性調査における取得データとして 1.2GHz, 2.3.GHz における各受信パワー、位置情報、飛行高度の 3 種データ取得により見通し内環境でのライス分布におけるライスフェージングにおいて重要なパラメータである K ファクタ(ライス係数) 算出に必要なデータ取得を目的としている。その為、3 種データ取得のために、実験機には 1.2GHz, 2.3.GHz 送信機・送信アンテナ, GPS システム, 飛行高度記録計, 遠隔操作スイッチシステム, 無人機操作受信機, 電圧保護回路が搭載されている。

データ情報は、外部の SPI フラッシュメモリからデータを取得し、電源は 1 セル Li-Po バッテリーにより簡単に使用できる。



上図より、飛行中無人機の仰角別に対する受信パワーレベル測定装置としてスペクトルアナライザを使用する。横軸を周波数、縦軸を電力または電圧とする二次元グラフを画面に表示する電気計測器である。略してスペアナと呼ばれることが多い。表示は、画面を左から右に周期的に掃引される光点によってなされる。この装置を使うことで、各周波数における受信パワーレベルを得る事ができる。

#### 4. 研究成果

距離 0 ~ 30m 間の受信パワーレベルが低い状態であった。その理由は、電波伝搬間に多くの障害物が存在したことで、見通し悪い環境でのシャドウイングが発生したためであると考えられた。30m 以降からは見通し良い環境に入ったため、受信パワーレベルが高くなった。通信距離 300m 程まで離れるとビルやその他建造物による障害物が多く、シャドウイングが発生すると共に距離減衰を起こしたため、通信距離を大きくとるにつれて、受信パワーレベルが落ち込んでいる事が考えられた。本実験では、通信距離 300m までの測定を行ったが、仮に 300m を超えて測定を行っていくと、スペクトルアナライザで表記されている雑音領域まで受信パワーレベルが下がり、その時点で測定不能となり、飛行通信実験を想定した場合の通信限界高度にあたる考えた。ルーフアンテナを用いた場合にも同様な事が言える。上記で述べたように、通信距離 0 ~ 30m 付近まではビルやその他建造物により障害物が多く存在するため、シャドウイングが発生して受信パワーレベルが落ち込んでいる。受信パワーレベルが上がり、シャドウイング発生と距離減衰が要因となり、通信距離 300m 付近では受信パワーレベルが低い傾向が読み取れた。これも、通信距離 300m を超えて測定を行っていたら、おそらくある通信距離でスペクトルアナライザ上で表記されている雑音領域に入り、受信パワーレベルの測定不能となり、その限界通信距離が実際の飛行通信実験を想定した場合の限界通信高度に値すると思われる。



本研究では、東日本大震災を踏まえ、今後起こりうる首都直下型大地震を視野に入れた上で問題になるだろう行方不明者数増加を抑えるための、無人機(UAV)を用いた行方不明者探索システムモデル提唱により、今後問題になる可能性の高い行方不明者救出を目的とする。本研究では、UAVを用いた移動体通信システムとして様々な特性評価を行った。初めに、無人機を利用した地上センサとの通信モデル提案により、飛行状況を考慮した見通し内環境における地上実験を行い、その電波伝搬モデルとして実際に人が身に付けているもので携帯電話以外に災害発生時に身に付けているもので確率の高いものとして腕時計型トランスポンダアンテナ作成を試みた。これによりUAVと地上にいる人との信号やりとりに関する飛行高度に対する受信パワーレベル測定やUAVによる通信での省電力通信を目指したデータリンクにおける最低限必要な送信電力割合について実験&シミュレーション解析を行った。この探索システムは実環境での適応が最も望ましいので、実環境でのUAV飛行を想定した仰角別電波伝搬特性測定実験を行い、使用周波数である1.2GHz/2.4GHz帯における仰角に対する受信パワーレベルを測定した。UAVの飛行高度に対してどれ程の通信距離をもち、通信できるかの許容範囲を調べ、飛行状況を想定したライス分布によるライスフェージングにおける重要パラメータであるKファクタ(ライス係数)導出から各仰角、受信パワーレベルとの関係性を調べた。実環境でのUAV飛行を想定した実験では、見通し内環境での通信はもちろん見通し外環境つまりシャドウイングが発生する環境の中での測定を行うことで実際の通信品質について各1.2GHz/2.4GHz帯での特性調査できた。本研究では、研究室で所有する実験機の安定飛行を目指した飛行通信実験のための前段階として実験機飛行試験を行い、見事成功することができた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 8 件)

Dac-Tu Ho and Shigeru Shimamoto "Novel Communication Protocol for WSN-UAV System Employing TDMA and PFS Schemes", IEEE GLOBECOM Workshop on WNUAV Houston TX 2011

David Donald Mrema and Shigeru Shimamoto, "Evaluation of channel Parameters for UAV to LEO Satellite link", IEICE General conf. 2012

Mrema, David Donald and Shigeru Shimamoto, Performance of quadrifilar helix antenna on EAD channel model for UAV to LEO satellitelink, Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2012 International Conference on, 2012

Shigeru Shimamoto, Future Applications of UAV in Major Disaster based on Experience of Great East Japan Earthquake, Tsunami and Fukushima Nuclear Accident, (KEYNOTE SPEECH), IEEE GLOBECOM Workshop on WNUAV Houston TX, 2011

Shigeru Shimamoto, "Public Safety Future Networks: Industry and Stakeholder views on Emerging Technologies, Standardisation Status & Regulatory Issues" Future Network & mobile Summit 2013, Panel Session, 3 - 5 July 2013, Lisbon, Portugal

Sotheara Say Kento Aso, Naoto Aomi, Shigeru Shimamoto, Effective Data Gathering and Energy Efficient Communication Protocol in Wireless Sensor Networks employing UAV, IEEE WCNC2014

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

嶋本 薫(早稲田大学)

研究者番号: 80235639