

災害時等におけるドローンを用いたWi-Fi中継に関する研究

～電波伝搬特性モデル化およびWi-Fi中継通信システム実現性の検証～

A Demonstration Experiment of Wi-Fi Relay Communication System Using Multicopters in Case of Disaster
 ～ Modeling of Radio Propagation Characteristics and Verification of the Feasibility for Wi-Fi Relay Communication System ～

(先端技術応用研究所 情報通信G)

大規模災害時には地上の通信インフラにも障害が発生し、情報収集の支障となる場合がある。そこで、地上の通信インフラに頼らないドローンを用いたWi-Fi中継システムの実現性を検証し、適用の可能性を明らかにした。

(Information & Communication Technology Group, Advanced Research & Innovation Center)

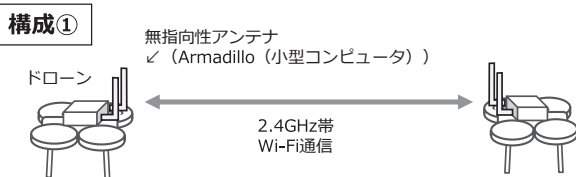
In the event of a large-scale disaster, ground-based communications infrastructure may also be affected, which can prevent the gathering of information. Therefore, we evaluated the feasibility and applicability of a Wi-Fi relay communication system using multicopters.

1 背景と目的

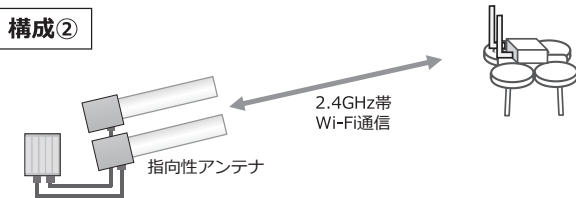
近年、大規模な自然災害が発生し、電力供給に大きく支障を与えていることから、被災時に早急な電力供給体制の復旧を求められており、迅速な情報収集が重要となっている。しかしながら、大規模災害時には地上の通信インフラにも障害が発生し、情報収集の支障となる場合がある。このため、本研究では、地上の通信インフラに頼らないドローンを用いたWi-Fi中継システムの実現性を検証し、適用可能性を明らかにした。

2 Wi-Fi中継システム構成

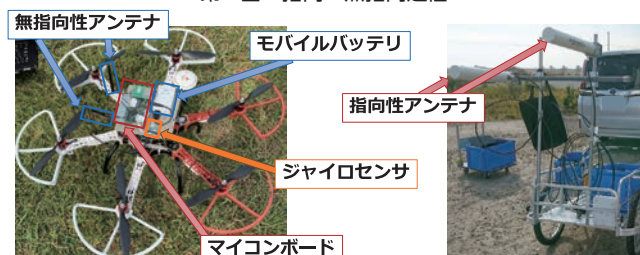
第1図～第3図、第1表の機器構成で実験を行った。なお、Wi-Fi機器はドローンに搭載し屋外での通信に利用できる2.4GHz帯で、容易（電波の利用申請が不要）に使用可能なものとした。



第1図 無指向～無指向通信



第2図 指向～無指向通信



第3図 (左) ドローン搭載無線機、(右) 地上無線機

第1表 ドローン搭載および地上の無線機等の構成

ドローン搭載無線機	通信規格	IEEE802.11b/g/n
	アンテナ	2本 長さ 109mm 利得 2dBi 無指向性ダイポールアンテナ (WAND2DBI-SMA-2NB)
	無線機器	Atmark社 マイコンボード Armadillo-X1
地上無線機	ジャイロセンサ	RT CORPORATION 9軸IMUセンサ
	通信規格	IEEE802.11b/g/n
	アンテナ	2本 長さ 544mm 利得 14dBi 指向性八木アンテナ (Buffalo WLE-HG-DYG)
ドローン	無線機器	Buffalo WAPM-1266R
	フレーム	DJI社 F550 (半径約30cm プロペラ含まず)
	フライトコントローラー	DJI社 A3
プロポ	FUTABA社 T10J (2.4GHz-FHSS)	

3 測定環境

利用が想定される山間地ではWi-Fiの干渉が極めて少ないため、同様の試験環境が得られる郊外（総合グラウンド、(株)JERA碧南火力発電所敷地及び近傍地域）を測定場所として選定した。構成①、構成②それぞれ2日間ずつ晴天時に測定を実施し、複数の送信レート（AUTO含）で各30秒間のUDP通信を行い、徐々に距離を離しながらデータの収集を行った。

4 測定結果分析

(1) ドローン高度や揺れの影響

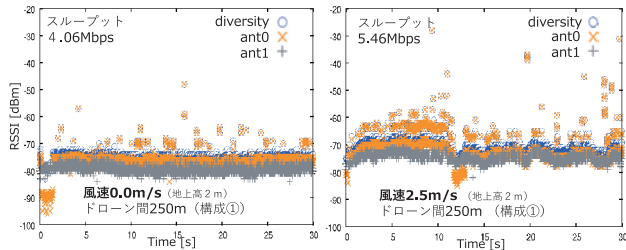
収集したデータを分析した所、ドローン高度とスループットの関係について、見通しが確保できればスループットはほぼ同じであることが分かった。(第4図参照)



第4図 ドローン高度とスループットの関係

風が強い方が受信信号強度 (RSSI) の変動が大きくなっているが、スループットはほぼ同じで、風速 2.5m/s 程度では通信品質に大きく影響しないものと考えられる (第5図)。

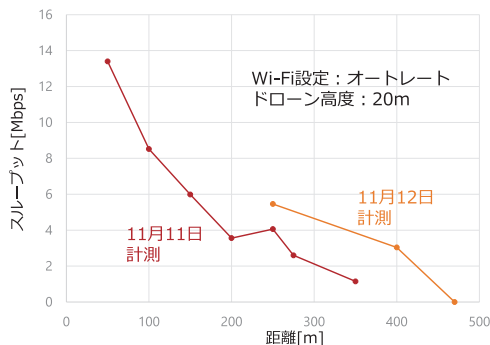
なお、スループットが風速 0m/s より 2.5m/s の方が高くなった理由は 0m/s 時の測定の際、アンテナがやや傾いていた事が原因と想定している。



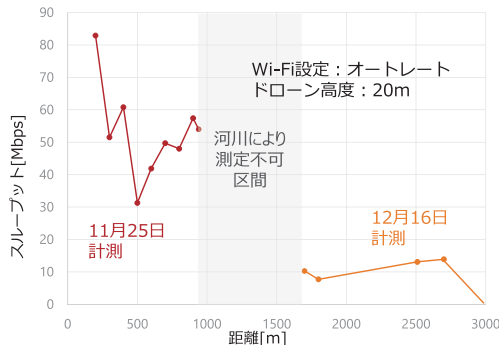
第5図 RSSIとスループットの関係

(2) スループット特性

最長通信距離と通信速度は、構成①において 400m 地点で 3Mbps、構成②において 2700m 地点で 13.9Mbps という結果になった。構成②の変動 (通常はなだらかに低下) は、地表による反射波の干渉が影響している可能性が考えられる。第6図、第7図に代表例を示す。



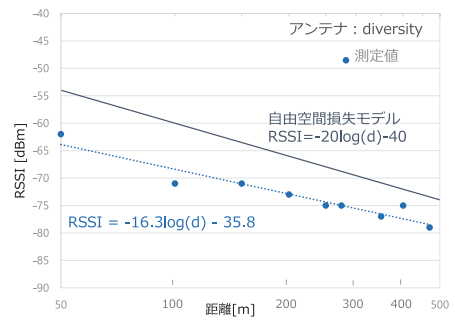
第6図 スループット距離特性 (構成①)



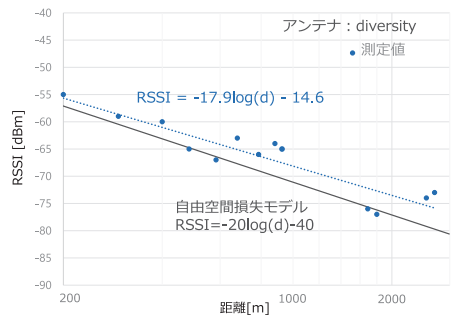
第7図 スループット距離特性 (構成②)

(3) 電波伝搬特性のモデル化

構成①、②共に RSSI と距離の関係は一般的な自由空間損失モデル [$20\log(4\pi \times \text{距離} / \text{波長})$] を適用できると考えられる。構成①は自由空間損失モデルより全体的に約 10dB 低く、測定時に確認されている比較的大きな短時間変動 (10dB) の影響と考えられるが、その原因は不明である。第8図、第9図に代表例を示す。



第8図 RSSI距離特性 (構成①)



第9図 RSSI距離特性 (構成②)

5 現場での適用可能性の検討

測定結果に基づき、構成①で見通し～400m、構成②で見通し～2700mの通信が可能であると仮定し、長野県の山間部にある「中房第五水力発電所・中房第四水力発電所・宮城第一、第二水力発電所間」の送電鉄塔にて、Wi-Fi中継システムの実現性を机上検討した。第10図に検討時のイメージを示す。なお、現場には直線距離約4.6kmの間に40基の鉄塔があり、携帯電話サービス外である。また、市街地側のモバイルWi-Fiルーター利用可能場所や発電所 (自営有線回線利用) から中継を行うものとして検討した。



第10図 地図上での机上検討イメージ

結果、上空50mのドローンでWi-Fi中継すれば、「中房第四発・宮城第一発間」は通信可能と推測し、巡視・工事の際の通信の確保が可能と考える。より山奥の「中房第五発・中房第四発間」は、通信可能な所はあるが、場所により設置方法の工夫や、現場調査も踏まえた詳細検討が必要である。

6 まとめ

ドローンを用いたWi-Fi中継システムによる電波伝搬特性のモデル化、中継通信システムの現場での適用可能性の検討を通じて、臨時通信回線を構築できる可能性が高いことが分かった。今後は、得た知見の現場への適用を検討していく。



執筆者 / 田中弘生