

無人航空機を用いる時空間ブロック符号化非再生中継伝送のフィールド実験

Field Experiment of UAV Space-Time Block Coded Amplify-and-Forward Cooperative Relay

安達文幸[†] 宮崎寛之[†] 遠藤力[†] 小野文枝[‡] 三浦龍[‡]
 Fumiyuki Adachi Hiroyuki Miyazaki Chikara Endo Fumie Ono Ryu Miura

[†]東北大学電気通信研究機構 [‡]情報通信研究機構

[†]Research Organization of Electrical Communication, Tohoku University

[‡]National Institute of Information and Communications Technology

1. まえがき

無人航空機 (UAV) を用いる無線中継システムは、大規模な災害時に通信手段を迅速に提供できると期待されている[1]。しかし、地上局-UAV 間リンクは距離変動や他の無線通信システムからの干渉によって通信品質が時々刻々と変動する不安定なリンクになる。そこで筆者らは、UAV の中継器構成を簡易に保ちつつ高品質・高安定な無線中継システムを実現する時空間符号化非再生 (STBC-AF) 協調中継技術の研究開発を進め、フィールド実験によりその有効性を確認した。

2. STBC-AF 協調中継

(1) UAV を用いる無線中継システム

孤立地域と非孤立地域の上空に滞空する複数の UAV を利用して協調中継を行う (図 1)。STBC-AF を導入することで、UAV 中継器の構成を簡易に保ちつつ優れた伝送品質を達成できる。

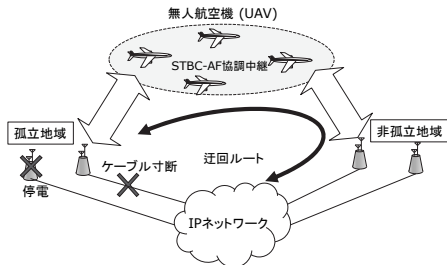


図1 UAVを用いる無線中継システム

(2) 送受信機構成

STBC-AF 協調中継局および地上送受信局の構成を図2に示す。地上送信局および地上受信局はそれぞれ1本および2本のアンテナを搭載しているものとし、2機のUAV (または2本のアンテナを搭載する1機のUAV) を用いてSTBC-AF 協調中継を行う。まず第1タイムスロットでは、地上送信局が2ブロックからなる送信信号をUAVに向けて送信する。UAV#0では受信信号をそのまま増幅し、UAV#1では受信信号に複素共役演算およびブロック入れ替えを適用して増幅する[2]。これが 2×2 転置 STBC 符号化である (2×2 転置 STBC 符号化行列は良く知られた 2×2 STBC 符号化行列[3]を転置したものである)。そして第2タイムスロットにおいて、UAV#0およびUAV#1が地上受信局に向けて同時送信する。地上受信局では、ダイバーシチ受信と等化およびSTBC復号を行う。

このような STBC-AF 協調中継における UAV 側では、チャネル情報 (CSI) ばかりでなく等化を必要としないため、中継器構成をかなり簡易化できる。また、STBC 符号化率を低下させずに任意の本数の地上受信局アンテナを利用できる。STBC-AF 協調中継の特徴を表1にまとめる。

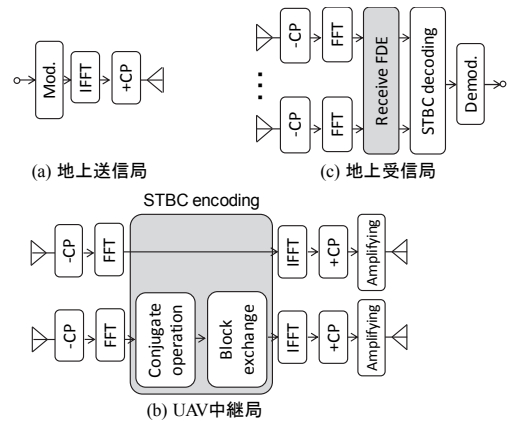


図2 地上送受信局および中継局の構成

表1 STBC-AF 協調中継

	STBC 符号化率を低下させずに利用できるアンテナ本数	CSI	UAV 間の信号の共有
地上送信局	1	不要	不要
中継器	≤ 2	不要	
地上受信局	任意	必要	

3. STBC-AF 協調中継のフィールド実験

(1) 実験系

宮城県仙台市青葉区に位置する東北大学青葉山キャンパスの電気情報系大講義室の南側と北側にそれぞれ送信装置と受信装置を設置した。今回のフィールド実験では STBC-AF 中継装置を UAV ではなく1号館6階東側バルコニーに設置した。フィールド実験諸元、実験装置配置および外観をそれぞれ表2、図3および図4に示す。

(2) 実験結果

図5および図6に地上受信局受信電力対パケット誤り率 (PER) 特性およびスループット特性のフィールド実験結果を示す。これまで筆者らは計算機シミュレーション[4,5]および室内実験[6]により STBC-AF 協調中継の伝送特性改善効果を明らかにしてきたが、実伝搬環境下でも AF-STBC を用いることで空間ダイバーシチ効果を得ることができ伝送特性を改善できることを確認した。

4. むすび

大規模な災害時に通信手段を迅速に提供できると期待されている UAV を用いる無線中継システムの高品質化および高安定化を目的として、筆者らはこれまで STBC-AF 協調中継について検討してきた。その有効性をフィールド実験により確認した。

表 2 フィールド実験諸元

搬送波周波数	送信装置:5110MHz 非再生中継装置:5130MHz
サブキャリア間隔	$\Delta f=0.3125\text{MHz}$
データサブキャリア数	48
パイロットサブキャリア数	4
FFTブロックサイズ	64
ガードインターバル長	16 サンプル
データ変調	QPSK
チャンネル符号化	無符号化
パケットサイズ	1440bits/packet
パケット送信間隔	1ms
伝送方式	時空間符号化非再生協調中継
	従来 AF 中継
チャンネル推定	直交パイロットチャンネル推定
送信—中継アンテナ間距離	47m (中継局受信電力: -61.5dBm)
中継—受信アンテナ間距離	61m



図 3 フィールド実験装置の配置



図 4 フィールド実験装置の外観

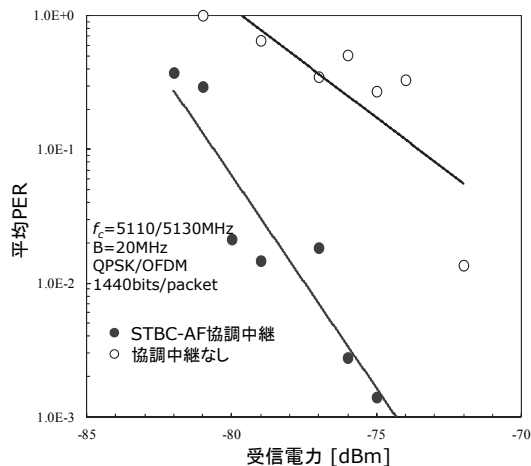


図 5 PER 特性

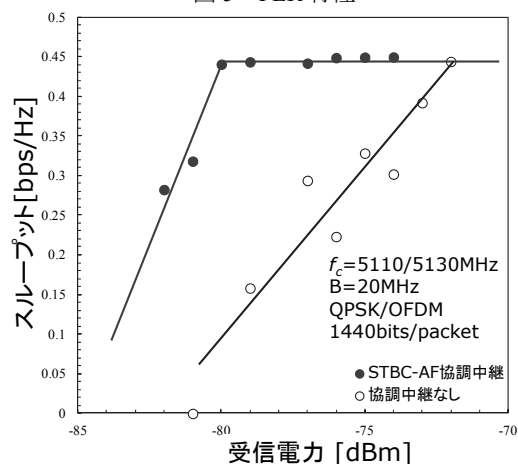


図 6 スループット特性

謝辞

本論文は、総務省委託研究開発「無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携および共用技術の研究開発」によるものである。

参考文献

- [1] 三浦他, “小型無人航空機を用いた災害時無線中継システムの開発,” 信学会総合大会, BI-2-6, pp. SS-69-70, 2013年3月.
- [2] 遠藤, 宮崎, 安達, “中継局でチャンネル情報を必要としない時空間ブロック符号化協調 AF 中継伝送,” 信学技報, vol. 114, no. 8, RCS2014-11, pp. 55-60, 2014年4月.
- [3] S. M. Alamouti, “A simple transmit diversity technique for wireless communications,” IEEE JSAC, Vol. 16, No. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.
- [4] 安達, 宮崎, 遠藤, “マルチリンク構成により信頼性を向上した UAS 時空間符号化中継,” URSI-C 委員会第 22 期 第 12 回公開研究会, 2014年8月.
- [5] 安達, 宮崎, 遠藤, “無人航空機システムにおける MIMO 時空間符号化中継,” 信学会ソサイエティ大会, BI-1-4, pp. SS-38-39, 2014年9月.
- [6] 遠藤, 宮崎, 徳田, 安達, “時空間ブロック符号化 AF 中継の実験評価,” 信学技報, vol. 115, no. 113, RCS2015-46, pp. 1-6, 2015年6月.