

時空間ブロック符号化 AF 中継伝送に及ぼす ドップラシフトの影響

Impact of Doppler Shift on Space-Time Block Coded AF Relay

遠藤 力 宮崎 寛之 安達 文幸

Chikara ENDO Hiroyuki MIYAZAKI Fumiyuki ADACHI

東北大学大学院 工学研究科 通信工学専攻

Department of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

無人航空機 (UA) を活用した無線中継システムを用いれば、災害時に迅速に通信ネットワークを回復できると期待されている[1]。筆者らは最近、UA の構成を簡易に保つことのできる時空間ブロック符号化 AF (STBC-AF) 中継伝送を提案し、準静的フェージング ($f_D T \rightarrow 0$) のとき AF 中継伝送より優れた伝送品質を達成できることを明らかにした[2,3]。本論文では、UA の巡回時の STBC-AF 中継による誤り率 (BER) 特性を計算機シミュレーションによって求め、ドップラシフトが STBC-AF 中継に及ぼす影響について検討している。

2. STBC-AF 中継伝送

それぞれ 1 本のアンテナを有する地上送信局と地上受信局の間の上空に 1 本のアンテナを有する UA が 2 機存在し、直交周波数分割多重 (OFDM) を用いて STBC-AF 中継する。1 フレームは先頭に挿入された 1 個のパイロットブロックおよびそれに続く N_B 個のデータブロックで構成されている。地上送信局、UA および地上受信局の送受信機構成を図 1 に示す。第 1 タイムスロットでは、地上送信局がフレームを UA に送信する。各 UA は、受信パイロットブロックにはパイロット除算、複素共役演算、循環遅延パイロット乗算を適用し、受信データブロックには複素共役演算とブロック入れ替えからなる AF-STBC 符号化[2]をそれぞれ適用する。そして、第 2 タイムスロットにおいて地上受信局に増幅中継する。地上受信局では受信パイロットブロックに循環遅延パイロットチャネル推定 (CDP-CE) [3] および線形内挿補間を適用してデータブロック受信時点における地上送信局→UA#0→地上受信局間リンクおよび地上送信局→UA#1→地上受信局間リンクの等価チャネルを同時推定する。そして、推定した 2 つの等価チャネルを用いて受信等化と STBC 復号を行った後、データ判定する。

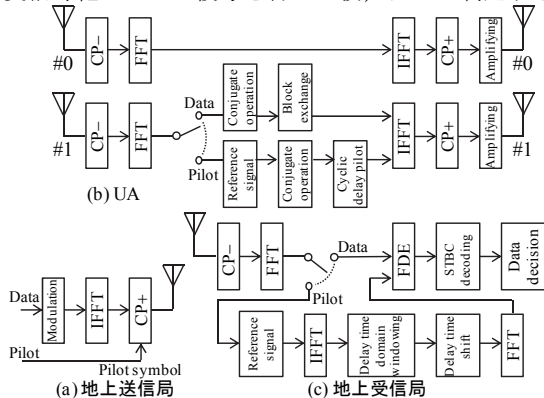


図 1 送受信機構成

3. 計算機シミュレーション

UA が巡回する環境下での STBC-AF 中継における BER 特性を計算機シミュレーションによって求めた。QPSK データ変調を仮定し、高速フーリエ変換 (FFT) のブロックサイズおよびサイクリックプレフィックス (CP) 長はそれぞれ $N_c=64$ および $N_g=16$ とした。パス数 $L=8$ で減衰係数 $\beta=3\text{dB}$ の指数減衰電力遅延プロファイルを有する、 K ファクタ $K=10\text{dB}$ の時間・周波数二重選択性仲上・ライスフェージングを仮定し[4]、伝搬損失指数 $\alpha=3.5$ を仮定した。2 機の UA は地上送信局と地上受信局の間の上空で巡回し

ているものとし、地上受信局および UA 受信機における平均受信 E_b/N_0 は共に同じ $E_b/N_0=15\text{dB}$ とした。

図 2 に STBC-AF 中継および AF 中継の正規化ドップラシフト周波数 $f_D T$ 対平均 BER 特性を示す。送信シンボルレートの逆数を T_s で表したとき、 $T=(N_c+N_g)T_s$ である。図 2 より、チャネル情報が理想的に得られる場合でも、 $f_D T > 4.0 \times 10^{-2}$ のとき STBC-AF 中継の BER 特性が AF 中継より劣化する。これは STBC-AF 中継では STBC 符号語内のチャネルの時間変動によって符号の直交性が崩れてしまうからである。一方、CDP-CE を用いる場合、 $\text{BER}=10^{-3}$ 以下を満たす許容正規化最大ドップラシフト周波数は STBC-AF 中継と AF 中継とで同じ $f_D T=1.0 \times 10^{-2}$ になる。STBC-AF 中継と AF 中継の許容正規化ドップラシフト周波数がほぼ等しくなる理由は、STBC 符号の直交性の崩れよりもチャネル推定精度の劣化のほうがより支配的であるためである。UA の飛行速度は約 100km/h であり[1]、これは搬送波周波数 5GHz で伝送帯域幅 20MHz のとき、 $f_D T=1.9 \times 10^{-3}$ に相当する。このことより、CDP-CE を用いる STBC-AF 中継は、UA の巡回に伴うドップラシフトの影響を受けずに優れた中継特性を達成できると言える。

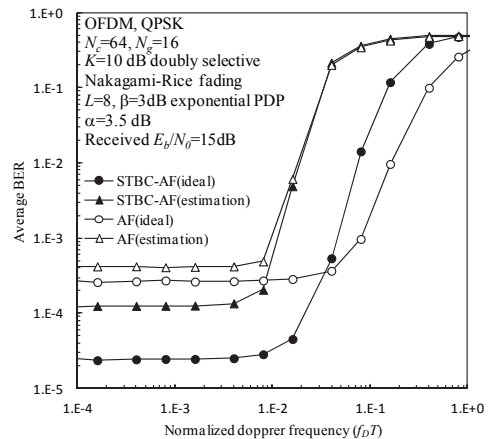


図 2 平均 BER 特性

4. まとめ

本論文では STBC-AF 中継の BER 特性に及ぼすドップラシフトの影響を計算機シミュレーションにより明らかにした。この結果、搬送波周波数 5GHz および伝送帯域幅 20MHz のとき、CDP-CE を用いる STBC-AF 中継は、飛行速度約 100km/h で巡回している UA によるドップラシフトの影響を受けずに優れた BER 特性を達成できることが分かった。

謝辞

本稿の一部は、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」による委託を受けて実施した研究開発による成果である。

文献

- [1] K. Takizawa, et al., PIMRC, pp.111-116, Sept. 2013.
- [2] C. Endo, et al., WPMC, Sept. 2014.
- [3] 遠藤ら, 信学技報, RCS2014-90, pp.7-12, 2014年7月.
- [4] S. N. Venkatasubramanian, et al., EUROCAST1004, Feb. 2013.