

単一周波数ネットワークにおける STBC 連携ダイバーシチ

STBC Coordinative Diversity on Single Frequency Network

熊谷 慎也 長岡 諒 小原 辰徳 山本 哲矢 安達 文幸
 Shinya Kumagai Ryo Nagaoka Tatsunori Obara Tetsuya Yamamoto Fumiyuki Adachi
 東北大学 大学院工学研究科 電気・通信工学専攻

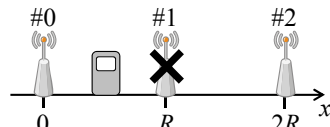
Dept. of Electrical and Communication Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

複数のアクセスポイント(AP)が単一周波数を用いて同時送信する単一周波数ネットワーク(SFN)[1]は、カバーエリアを拡大できる。時空間ブロック符号(STBC)[2]を用いる送受信ダイバーシチを適用することにより、さらなるカバーエリアの拡大が見込める。本論文では、下りリンク SFN において STBC を用いる AP 連携ダイバーシチを行った際のスループット分布について検討を行う。

2. 下りリンク SFN 伝送モデル

図 1 に示すように、単一アンテナを有する 3 つの AP(#0-2)が距離 R 離れて存在しているネットワークにおいて、中央の AP(#1)が使用できなくなり、AP#0 と #2 が SFN を形成する。また、 N_{user} 本の受信アンテナを有する端末が 1 台、AP#0 から距離 x だけ離れて AP#0 と #2 の間に存在しているものとする。STBC 連携ダイバーシチを行う際には、AP 間で端末とのチャネル情報(CSI)を共有し、送信周波数領域等化(FDE)と組み合わせた STBC[3]を行う。また、比較として、単純に 2 つの AP が同一の信号を同時送信する SFN を考える。このとき、端末では N_{user} 本のアンテナで受信した信号を最大比合成(MRC)[4]する。図 1 下りリンク SFN モデル



3. STBC 連携ダイバーシチ

図 2 に、直交周波数分割多重(OFDM)伝送[4]を用いる SFN における STBC 連携ダイバーシチの送受信系を示す。変調シンボル系列に STBC 符号化と送信 FDE を適用する。送信 FDE は、受信機での STBC 復号が受信信号の加減算および複素共役演算のみで行えるように設計されている[3]。 N_c サンプルからなる送信ブロックの後尾 N_g サンプルをサイクリックプレフィックス(CP)としてコピーし、ブロック先頭のガードインターバルに挿入して各アンテナから送信する。本論文では送信アンテナ本数(SFN 内の AP 数) $N_{\text{network}}=2$ としたが、送信 FDE と組み合わせた STBC は、符号化率を低下させることなく任意の本数の送信アンテナを使用でき、受信アンテナ本数 $N_{\text{user}}=2$ までは符号化率は 1 のままである。

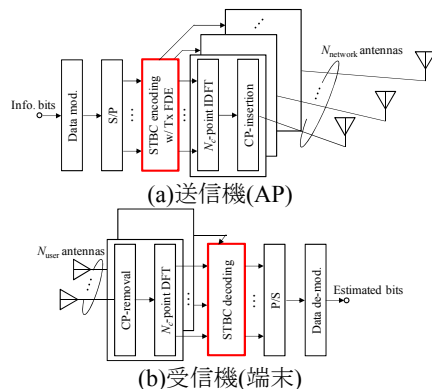


図 2 SFN における STBC 連携ダイバーシチ

4. 計算機シミュレーション

$N_c=64$, $N_g=16$ とし、 $L=16$ パスの一様電力遅延プロファイルを有する周波数選択性ブロックレイリーフェージングチャネルを仮定する。伝搬損失指数 $\alpha=3.5$ とし、シャドウイング損失は標準偏差 $\sigma=7.0$ (dB)の対数正規分布に従うものとした。データ変調には QPSK を用いた。本論文では、スループット η (bps/Hz)を次式で定義する。

$$\eta \equiv \log_2 M \cdot (1 - \text{PER}) \cdot N_c / (N_c + N_g) \quad (1)$$

ここで、 M は変調多値数(QPSK のとき $M=4$)、PER は平均パケット誤り率である。 $K=1536$ 情報ビットを 1 パケットとし、誤り訂正符号化を行わない。

$N_{\text{user}}=2$ 本のアンテナを有する端末を AP#0 から AP#2 の間を移動させ、各地点でのスループット分布を測定した。図 3 にスループットの累積分布 10%値(10%アウトエージスループット)の空間分布を示す。距離 R だけ離れた地点での平均受信シンボルエネルギー対片側雑音電力スペクトル密度比(E_s/N_0)が 12dB となるように送信電力を設定した。図 3 より、STBC 連携ダイバーシチを行う SFN が、特に 2 つの AP から最も離れた地点($x/R=1$)において、単純に同時送信する SFN よりも高い 10%アウトエージスループットを達成できることがわかる。STBC 連携ダイバーシチを行う SFN では 2 つの AP による最大比送信ダイバーシチ利得が得られるが、単純に同時送信する SFN ではこれが得られないため、特に平均受信信号電力が低下する $x/R=1$ 付近におけるスループットの改善効果に差が出たためである。

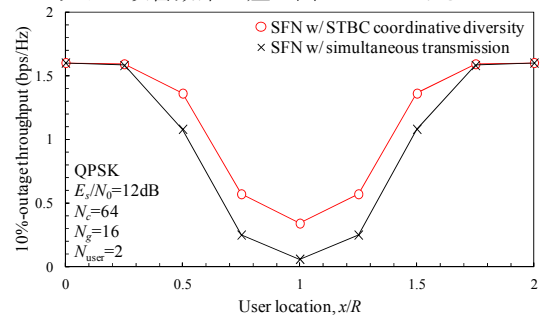


図 3 10%アウトエージスループットの空間分布

5. まとめ

本論文では、STBC 連携ダイバーシチを行う下りリンク SFN のスループット分布を明らかにした。STBC 連携ダイバーシチを行うことにより AP から離れた地点においても高いスループットを達成できることを示した。

謝辞

本論文は、総務省の「情報通信ネットワークの対災害性強化のための研究開発」(平成 23 年度補正予算(第 3 号))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。

参考文献

- [1] M. Eriksson, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 19, no. 10, pp. 1905-1914, Oct. 2001.
- [2] S. M. Alamouti, IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.
- [3] H. Tomeba and F. Adachi, Proc. 10th IEEE International Conference on Communication Systems, Singapore, 30 Oct.-1 Nov. 2006.
- [4] A. Goldsmith, Cambridge University Press, 2005.