

時空間符号化送受信ダイバーシチを用いる 下りリンク分散アンテナネットワークの BER 分布

Bit Error Rate Distribution of Downlink Distributed Antenna Network Using Space-Time Block Coded-Joint Transmit/Receive Diversity

松川 隆介
Ryusuke MATSUKAWA

松田 大輝
Hiroki MATSUDA
東北大学工学部

武田 一樹
Kazuki TAKEDA
電気情報・物理工学科

安達 文幸
Fumiyuki ADACHI

1. まえがき

多数のアンテナを分散配置する分散アンテナネットワーク(DAN)に期待が集まっている[1,2]. DAN では, 空間的に離れた複数のアンテナを用いて協調通信を行うことで伝送品質の改善をできる. 本論文では, 時空間符号化送受信ダイバーシチ(STBC-JTRD)[3]を用いる下りリンクシングルキャリア DAN のビット誤り率(BER)分布について検討している.

2. DAN 送信モデル

周波数非選択性チャネルにおけるシングルユーザ環境を仮定する. 下りリンク DAN のシステムモデルを図 1 に示す. 各分散アンテナは格子状に配置されており, ユーザは 4 つのアンテナで囲まれたエリアの中にランダムで発生するものとする. 基地局はユーザからの距離が近い N_t 本の分散アンテナを用いて送信ダイバーシチを, 移動局は N_r 本のアンテナを用いて受信ダイバーシチを行う.

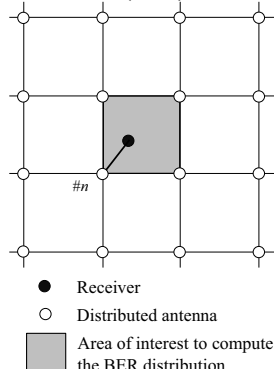


図 1 DAN システムモデル

3. STBC-JTRD

図 2 に STBC-JTRD の送受信系を示す. 送信機では, まず送信シンボル系列を J 個のブロック系列 $\{\mathbf{d}_j : j=0 \sim (J-1)\}$ に分割する. そして, 各ブロックごとに時空間符号化を適用して $N_t \times Q$ の送信ブロック行列を生成し, Q 個のブロックを各アンテナから送信する. このときの送信信号行列 \mathbf{S} は次式で表せる.

$$\mathbf{S} = [\mathbf{s}_0, \mathbf{s}_1, \dots, \mathbf{s}_{Q-1}] = \sqrt{2P\Omega\mathbf{H}}\mathbf{D} \quad (1)$$

ただし $\mathbf{s}_i = [s_{i,0}, s_{i,1}, \dots, s_{i,N_t-1}]$ であり, Ω は 1 シンボルあたりの平均送信電力を常に P に保つための電力正規化係数, \mathbf{H} は伝搬損失, シェドウイング損失とフェージングの影響を含めた $N_t \times N_r$ チャネル行列である. また, \mathbf{D} は文献[3]で与えられている $N_t \times Q$ 符号化行列である. これを N_r 本の受信アンテナで受信したときの受信信号行列 \mathbf{R} は次式のように表せる.

$$\mathbf{R} = [\mathbf{r}_0, \mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_{Q-1}] = \mathbf{H}\mathbf{S} + \mathbf{\Pi} \quad (2)$$

ここで $\mathbf{r}_i = [r_{i,0}, r_{i,1}, \dots, r_{i,N_r-1}]$ であり, $\mathbf{\Pi}$ は雑音ベクトル行列を表している.

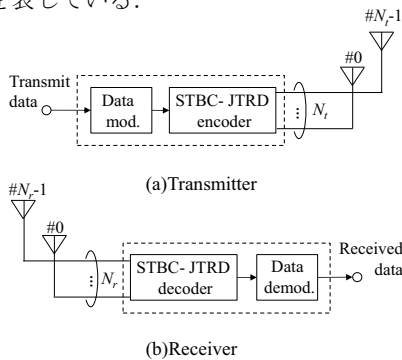


図 2 STBC-JTRD 送受信系

\mathbf{R} に対して STBC-JTRD 復号を行うことで, 軟判定シンボルブロック系列 $\{\hat{\mathbf{d}}_j : j=0 \sim (J-1)\}$ を得る[3].

STBC-JTRD では受信アンテナ本数 $N_r \geq 3$ とすると符号化率が低下してしまうが, 送信機では利得を低下させることなく任意の本数のアンテナを用いることができる.

4. 計算機シミュレーション

ユーザを領域内に一様発生させ, BER が所要 BER= 10^{-4} を下回る確率(アウトージ確率)を測定した. データ変調は QPSK, 伝搬損失指数 $\alpha=3.5$, シェドウイング標準偏差 $\sigma=7.0\text{dB}$ としている. また, チャネル推定は理想的としている.

図 3 に正規化総送信 E_s/N_0 対アウトージ確率を示す. まず, 受信アンテナ本数 $N_r=1$ としたときの送信アンテナ本数 N_t とアウトージ確率の関係を図 3(a)に示す. 図より, N_t を増やすにつれて許容アウトージ確率を確保するための所要送信電力を著しく低減できることが分かる. 例えば, 許容アウトージ確率 10%における所要正規化総送信 E_s/N_0 は $N_t=1$ のとき 12dB であるが, $N_t=2,3,4$ とすればそれぞれ 6dB, 4dB, 3dB となる.

次に, 図 3(b)に $N_t=1$ としたときの受信アンテナ本数 N_r とアウトージ確率の関係を示す. 図 3(a)(b)より, 受信アンテナよりも送信アンテナを増やす方が所要送信電力の低減効果が大きいことが分かる. これは, 受信アンテナを増やすと, ダイバーシチ利得は大きくなるものの復号演算に加減算が含まれるために雑音強調が発生するためである.

5. むすび

本論文では, STBC-JTRD を用いる下りリンク DAN の BER 分布について検討し, 送信アンテナ本数を増やすことで所要送信電力を大幅に低減できることを示した. また, 受信アンテナ本数よりも送信アンテナ本数を増やす方がより大きな改善が得られることを示した.

参考文献

- [1]松田, 武田, 安達, 信学技報, RCS2009-111, pp. 7-12, 2009 年 10 月
- [2]W. Choi, "Downlink performance and capacity of distributed antenna systems," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 6, No. 1, pp. 69-73, Jan. 2007.
- [3]H. Tombea, K. Takeda and F. Adachi, "Space-Time Block Coded Joint Transmit/Receive Diversity in a Frequency-Nonselective Rayleigh Fading Channel," IEICE Trans Commun, Vol.E89-B, No.8, pp.2189-2195, Aug 2006.

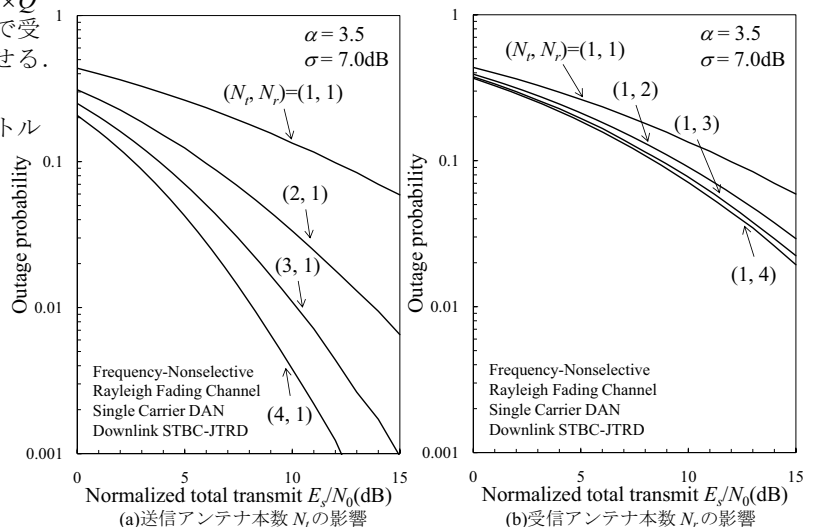


図 3 正規化総送信電力対アウトージ確率