

マルチチャネル送信ダイバーシチにおける最適重み

Optimum Weights for Multi-channel Transmission Diversity

加藤 昭仁 工藤 栄亮 安達 文幸
 Akihito Katoh Eisuke Kudoh Fumiyuki Adachi

東北大学大学院 工学研究科
 Tohoku University Graduate School of Engineering

1. まえがき

マルチアンテナを用いて送信し1アンテナ受信するマルチチャネル送信ダイバーシチについて検討している。各アンテナより複素重み係数を乗算して送信し単純に受信する方法(方式1)と、各アンテナ間の瞬時送信電力をチャネル状態に適應して最適配分し、遅延 τ を加えて送信し Rake 合成する方法(方式2)がある。方式1は、重み係数として複素チャネル利得の共役を用いれば等価的に最大比合成と同じ効果が得られる。本論文では、両方式の最適重み係数とそのときの伝送特性の違いについて考察している。

2. 最適重み係数の算出

送信アンテナ $m(=1,2,\dots,M)$ の重み係数を α_m ($\sum_{m=1}^M |\alpha_m|^2 = 1$)、各アンテナから見たチャネルの複素チャネル利得を g_m ($\sum_{m=1}^M E[|g_m|^2] = 1$)、総送信電力を S と定義する。まず、方式1(図1(a))の場合、受信 E_b/N_0 (QPSK 変調) は次式ようになる。

$$E_b/N_0 = (ST/2)/N_0 |\sum_{m=1}^M \alpha_m g_m|^2 \quad (1)$$

これを最大にする最適重み係数 α_m は、Lagrange の未定係数法[2]を用いると、次式のように求められる。

$$\text{if } \alpha_m = g_m^* / \sqrt{\sum_{m=1}^M |g_m|^2}, (E_b/N_0)_{\max} = (ST/2)/N_0 \sum_{m=1}^M |g_m|^2 \quad (2)$$

即ち、等価的に最大比合成と同じ効果が得られることが分かる。次に、方式2(図1(b))の場合、Rake 合成後の受信 E_b/N_0 は次式ようになる。

$$E_b/N_0 = (ST/2)/N_0 \sum_{m=1}^M |\alpha_m g_m|^2 = (ST/2)/N_0 \sum_{m=1}^M |\alpha_m|^2 |g_m|^2 \quad (3)$$

同様に、これを最大にする最適重み係数 $|\alpha_m|$ は、線形計画法のシンプレックス法[3]を用いると、次式のように求められる。

$$\text{if } |\alpha_m| = \delta_{km} \text{ with } |g_k| = |g_{k,\max}|, (E_b/N_0)_{\max} = (ST/2)/N_0 |g_k|^2 \quad (4)$$

即ち、等価的に選択合成と同じ効果が得られることが分かる。

3. 伝送特性

表1にシミュレーション諸元を示す。図2に計算機シミュレーション結果と計算結果を示す。両者はよく一致していることが分かる。マルチチャネル送信ダイバーシチを用いれば、1アンテナ送信 ($M=1$) 時に比較して誤り率特性を大幅に改善することができる。BER= 10^{-3} を得るときの所要送信 E_b/N_0 ($= (ST/2)/N_0$) は、 $M=1$ のとき 24dB であるが、 $M=2$ とすれば方式1は 14dB に低減され、 $M=4$ のとき 10dB に低減される。方式2は方式1より特性が劣化しているが、それでも $M=2$ のとき 16dB、 $M=4$ のとき 13.5dB となっている。

4. むすび

本論文では、マルチアンテナを用いて送信し 1 アンテナ受信するマルチチャネル送信ダイバーシチについて検討した。各ア

ンテナより複素重み係数を乗算して送信し単純に受信する方法(方式1)において重み係数を最適化すれば等価的に最大比合成と同じ効果が得られ、各アンテナ間の瞬時送信電力をチャネル状態に適應して最適配分し、遅延を加えて送信し Rake 合成する方法(方式2)において重み係数を最適化すれば等価的に選択合成と同じ効果が得られることを明らかにした。

参考文献

- [1] J. K. Cavers, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 49, pp. 2043-2050, Nov. 2000 [2] 堀口, 佐野: 情報数理物理, 講談社, 2000年, [3] 泉, 近藤, 穂刈, 永倉: 数学公式, 共立出版, 1953年

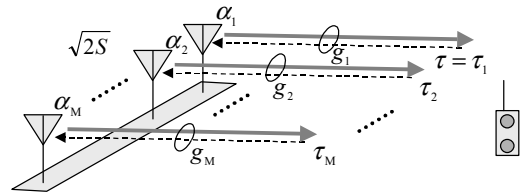


図1. 送信ダイバーシチのモデル図。
 (a) 方式1, 遅延なし ($\tau_m = 0$). (b) 方式2, 遅延あり ($\tau_m \neq 0$).

表1. シミュレーション諸元

Method		1	2
Data Modem	Modulation	QPSK	
	Demodulation	Not required	Ideal coherent detection
Transmission diversity	Antenna	$M=1, 2, 4$	
	Channel estimation	Ideal	
Propagation channel		Freq. non-selective Rayleigh fading	
Spreading factor		64	

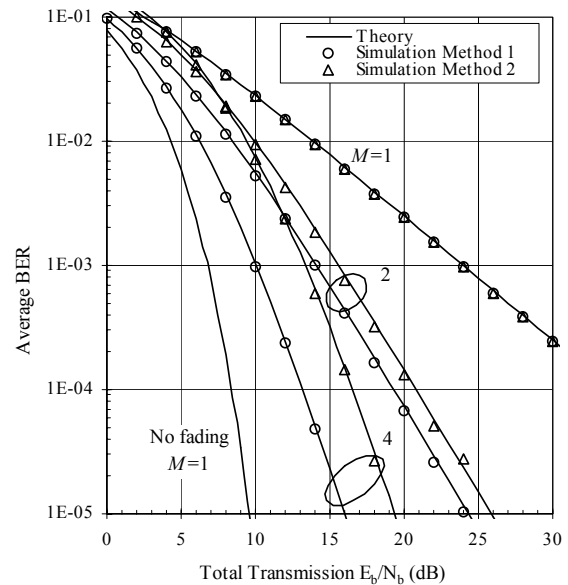


図2. 総送信 E_b/N_0 対平均 BER 特性。