

反復符号を用いた過負荷 MIMO-OFDM の特性評価

Performance of Overloaded MIMO-OFDM System with Repetition Code

松岡暉(Hikari Matsuoka) ○ , 土井寿人(Yoshihito Doi), 矢部達郎(Tatsuro Yabe), 眞田幸俊
(Yukitoshi Sanada)

慶應義塾大学(Keio University)・理工学部(Faculty of Science and Technology)

223-8522・横浜市港北区日吉 3-14-1(3-14-1 Hiyoshi, Kohoku, Yokohama, 223-8522)・

TEL:045-566-1427, FAX:045-566-1529

matsuoka@snd.elec.keio.ac.jp, ydoi@snd.elec.keio.ac.jp, tyabe@snd.elec.keio.ac.jp,
sanada@elec.keio.ac.jp

携帯電話や携帯端末の普及に伴い、無線通信の大容量・高速化が必要とされている。そのためこの要求を満たす通信方式である MIMO (Multiple Input Multiple Output) 伝送方式が広く研究されている。その中でフォームファクターの制限のため、受信側のアンテナ数が少ない過負荷 MIMO システムが検討されている。過負荷 MIMO システムでは、ブロック符号化によるダイバーシティが信号多重化によって発生する性能低下を防止することが知られている。しかし、統合復号方式の計算量は多重化された信号ストリーム数によって指数関数的に増加する。そのため、本研究ではブロック符号の一つで、符号化・復号時の計算量の少ない反復符号を過負荷 MIMO-OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) システムに使用することを提案する。反復符号を用いることで複数サブキャリアにおいて同じシンボルが伝送されるため、復号に QRM (QR decomposition with M-algorithm) MLD (maximum likelihood decoding) を用いることができ、統合復号の計算量を大幅に削減することができる。

QRM-MLD を行うためには、受信アンテナ数 N_R と符号長 L の積が送信ストリーム数 N_T よりも大きくなくてはならない($N_R L \geq N_T$)。しかし、スペースや消費電力の観点から受信アンテナ数は少ないほうが望ましく、また符号長が大きいほど伝送効率が下がってしまう。そのため、受信側に仮想アンテナを用いることで $N_R L \geq N_T$ を満たす。通信路応答行列を \mathbf{H} とすると、 \mathbf{H} を以下のように書き換える。

$$\tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} \alpha \mathbf{I}_{(N_T - N_R)} & \mathbf{0}_{(N_T - N_R) \times N_R} \\ & \mathbf{H} \end{bmatrix}$$

α は最小平均二乗誤差(MMSE)から、雑音の標準偏差 σ にした時性能が最も良くなる。これによって通信路応答行列はフルランク行列 $\tilde{\mathbf{H}}$ となり、QR 分解を行うことができる。このように仮想アンテナを用いて通信路応答行列を拡張する方法を本研究では Augmented Response と呼ぶ。

図 1 は独立 Rayleigh フェージングモデルにおいて符号化率 1/4 で Joint ML Decoding を用いた時の、各一次変調方式の BER 特性と E_b/N_0 の関係である。QPSK4 ストリームと 16QAM2 ストリーム、256QAM1 ストリームはすべて同じスループットであるが、図 1 より低次変調で複数ストリーム送信するほうが性能が良いことが分かる。

図 2 は Indoor Residential-B チャネルモデルで符号化率 1/3 の条件において、QPSK6 ストリームで Augmented Response を用いたときと Joint ML Decoding を用いたとき、および 16QAM3 ストリームで Joint ML Decoding を用いたときの BER 特性と E_b/N_0 の関係を示している。選択候補点数が 16 や 32 のように十分大きいとき、提案方式は Joint ML Decoding とほぼ等しい性能を示していることが分かる。

表 1 はスループットが 4bits/symbol/subcarrier における異なる復調方式での計算量の比較を示している。ここでは 1 符号語において復号にかかる乗算回数を以って計算量としている。表 1 と図 2 から、提案方式では BER の劣化を 0.1dB 以下に抑えながら、計算量を約 1/32 にすることができている。

謝辞：本研究の一部は科学研究費基盤研究(C)No.24520382 により行われた。

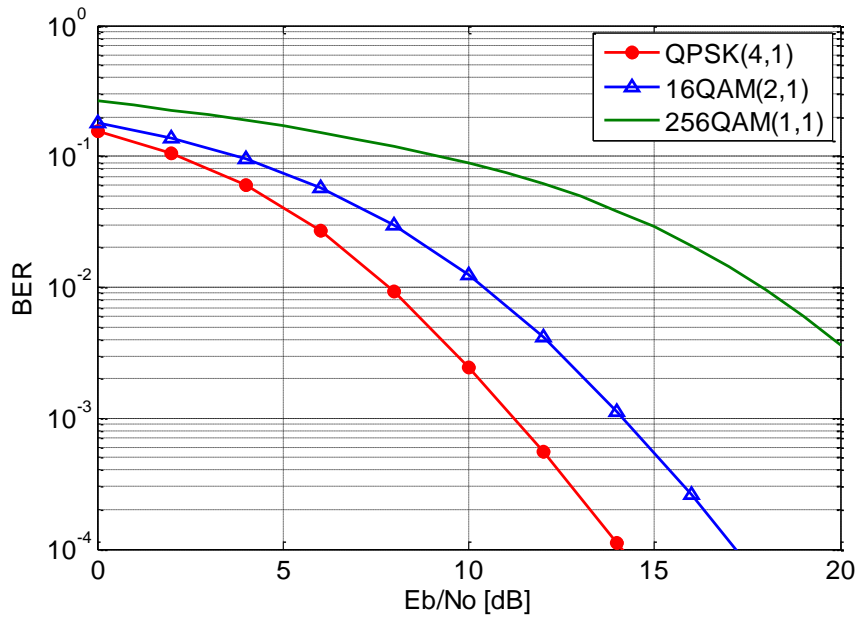


図 1 BER vs. E_b/N_0 (Coding rate 1/4, 独立 Rayleigh フェージングモデル)

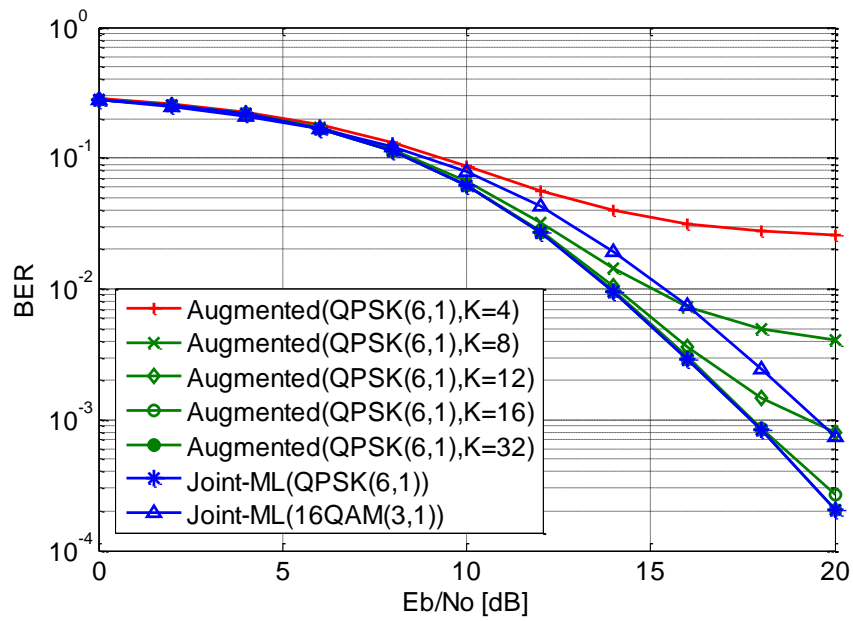


図 2 BER vs. E_b/N_0 (QPSK 6signal streams, Coding rate 1/3, Indoor Residential-B)

表 1 計算量の比較

一次変調方式	QPSK			16QAM	
信号ストリーム数	6			3	
符号化率	1/3				
復調方式	Augmented Response			Joint-ML	QRM-MLD
選択候補数 K	4	16	1024		16
計算量	477	1533	36477	49152	1863