

MIMO プリコーディングシステムにおける IQ インバランス補償法

Novel IQ Imbalance Compensation Method for MIMO Precoding Systems

西部 浩司[†] 安 昌俊[†]

Koji NISHIBE[†] Chang-Jun AHN[†]

[†] 千葉大学工学部電気電子工学コース

[†] Department of Electrical and Electronic Engineering, Chiba University

1. はじめに

MIMO は高速な無線通信のための重要な技術である。一方、ダイレクトコンバージョン受信機(DCR)は、低コスト・低消費電力化のために注目されている[1]。しかし、DCR では IQ インバランスの発生が BER を悪化させる原因となる。特に MIMO では、あるアンテナの IQ インバランスが他のアンテナの信号にまで影響する。

本稿では、MIMO プリコーディングシステムにおける IQ インバランス補償法を提案した。

2. 提案手法

2.1 IQ インバランス

図 1 の LO から I/Q 相への信号は、振幅が等しく、位相差90°が理想である。しかし実際は、温度変化や設計の問題で振幅と位相が変化する。受信信号は LO の信号とかけられ、LPFを通り、式(1)のベースバンド信号 $\hat{r}(t)$ が得られる。

$$\hat{r}(t) = \zeta r(t) + \xi r^*(t) \quad (1)$$

$$\zeta = \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) + j\Delta \sin\left(\frac{\phi}{2}\right), \xi = \Delta \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) - j \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \quad (2)$$

ここで $r(t)$:IQ インバランスが無い場合のベースバンド信号, Δ :振幅変動, ϕ :位相変動である。

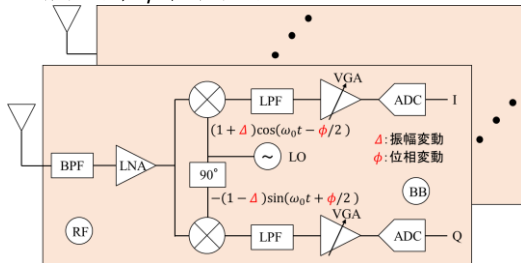


図 1 MIMO の DCR における IQ インバランス

2.2 TFI-OFDM

(1)式より、OFDM で IQ インバランスが発生した場合、送信信号に対して負の周波数の信号が加算され、干渉となる。

TFI-OFDM では、偶数番目サブキャリアの送信信号をヌル化する。これにより、奇数番目サブキャリアでは送信信号と同じ周波数、偶数番目サブキャリアでは負の周波数の信号が受信され、キャリア間干渉は発生しない[1]。

本稿では、TFI-OFDM を MIMO に応用したパイロット信号により IQ インバランスの推定および補償を行う。

2.3 提案 IQ 補償法

受信信号 Y を式(3)とすると、IQ インバランスの影響を受けた受信信号 \hat{Y} は式(4)と表せる。

$$Y = HX + N \quad (3) \quad \hat{Y} = AY + BY^* \quad (4)$$

ここで X :送信信号, H :チャネル, N :雑音, A と B :IQ インバランスによる影響を表す係数である。

受信パイロット信号から推定した AH, BH^* および \hat{Y} より式(5), (6)が求められ、式(5)は式(7)に変形できる。

$$\hat{Y} = \hat{Y} - B(A^*)^{-1}\hat{Y}^* \quad (5) \quad \hat{H} = \{A - B(A^*)^{-1}B^*\}H \quad (6)$$

$$\hat{Y} = \hat{H}X + \hat{N} \quad (7) \quad \hat{N} = \{A - B(A^*)^{-1}B^*\}N \quad (8)$$

これにより、ZF と MMSE でウエイトを式(11), (12)とする。

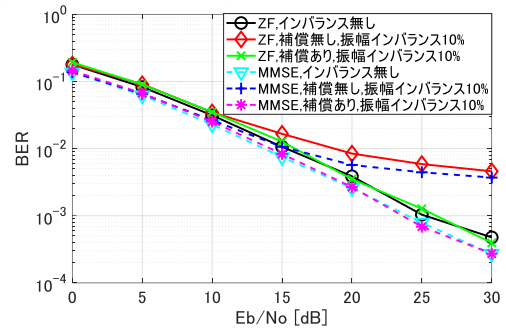
$$W_{ZF} = (\hat{H}^H \hat{H})^{-1} \hat{H}^H \quad (9)$$

$$W_{MMSE} = (\hat{H}^H \hat{H} + \sigma^2 I)^{-1} \hat{H}^H \quad (10)$$

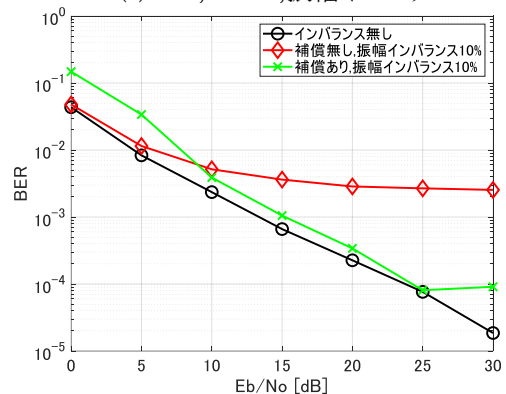
ここで σ^2 : \hat{N} の電力である。

3. シミュレーション結果

2×2MIMO, フラットフェージングとし、片方の受信アンテナでの振幅インバランスの発生を想定した。図 2(a)では、補償により、インバランス無しの場合と同程度まで性能が改善された。図 2(b)のプリコーディングでは、低い Eb/No の場合、補償を行った方が、行わないより BER が高くなった。



(a) ZF,MMSE,振幅インバランス



(b)ZF(プリコーディング),振幅インバランス

図 2 シミュレーション結果

4. まとめ

MIMO プリコーディングシステムにおける IQ インバランス補償法を提案した。提案手法が IQ インバランスを低減し、性能向上を実現できた。

参考文献

[1]H. Oka, et al., The Sixth International Workshop on Signal Design and Its Applications in Communications, pp126-129, 2013