

## TFI-OFDMにおけるIQインバランス補償の演算量削減

阿部 由希帆  
Yukiha Abe丸田 一輝  
Kazuki Maruta安 昌俊  
Chang-Jun Ahn

千葉大学工学部 電気電子工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Chiba University

## 1 まえがき

OFDMシステムを用いた通信において使用されるダイレクトコンバージョン受信機は電力効率に優れているが、さまざまな問題点もあり、そのひとつにIQインバランスがある。受信信号の実部と虚部で受信機の伝送路上の不要容量成分に差が生じるため、復調した時に位相および振幅のずれが生じる。先行研究では、TFI-OFDMを用いてこれを推定し、補償する手法が提案された。[1] 本研究ではこの補償法の計算量を低減する手法を提案する。

## 2 TFIによるIQインバランス補償の手法および提案法

受信信号は、希望信号を中心周波数で反転したものが希望信号と重ね合わされるため、反転した信号がノイズとなる。これより、希望信号のゲインを $\alpha$ 、反転した信号のゲインを $\beta$ 、時間領域における希望信号を $r(t)$ とすると、IQインバランスの影響を受けた $\bar{r}(t)$ は、

$$\bar{r}(t) = \alpha r(t) + \beta r^*(t) \quad (1)$$

となる。また、受信信号の振幅ずれを $\varepsilon$ 、位相ずれを $\phi$ とすると、 $\alpha$ 、 $\beta$ はそれぞれ

$$\alpha = \cos(\phi) - j\varepsilon \sin(\phi) \quad (2)$$

$$\beta = \varepsilon \cos(\phi) + j \sin(\phi) \quad (3)$$

で表せる。TFIとは、チャンネル推定の手法の一つであり、パイロット信号を周波数方向に

$$[1, 0, 1, \dots, 0] \quad (4)$$

とおく。本来はこれでフーリエ変換後のピーク値を複数にしそれを足し合わせることでノイズの減少を図るものである。とある信号のパイロットサブキャリアが1であるとき、その信号が反転して重ね合わせられた場所の信号のサブキャリアが0になるため、受信信号を $\tilde{y}(t)$ とすると周波数領域では

$$\tilde{y}(k) = \sqrt{\frac{2S}{N_c}} [\alpha H(k) d(k) + \beta H^* d^*(N_c - 1 - k)] + \tilde{z}(k) \quad (5)$$

のようになり、この式を $k$ が奇数と偶数のときで分けると $\alpha$ と $\beta$ を分離して求めることができる。ここで、 $V(k)$ を

$$V(k) = \begin{cases} \frac{\tilde{y}^*(N_c+1-k)}{\tilde{y}(k)} & (k \text{ for odd}) \\ \frac{\tilde{y}^*(k)}{\tilde{y}(N_c+1-k)} & (k \text{ for even}) \end{cases} \quad (6)$$

と定義し、ノイズ項を無視すると

$$V(k) = \frac{\beta^*}{\alpha} \quad (7)$$

$$= \frac{\varepsilon \cos(\phi) - j \sin(\phi)}{\cos(\phi) - j \varepsilon \sin(\phi)} \quad (8)$$

となり、 $\varepsilon$ 、 $\phi$ は式(2)、式(3)、式(7)の式を用いて計算できる。以上より、下式で受信信号を補償することができる。

$$\frac{\alpha^* \bar{r}(t) - \beta r^*(t)}{|\alpha|^2 - |\beta|^2} \quad (9)$$

ただし、この手法では複雑な計算をするため、計算量を削減するには

$$\varepsilon \sin \phi \approx 0 \quad (10)$$

とみなして近似をすることを提案した。この場合、 $\phi$ が大きくなると誤差が大きくなるので、誤差が大きい場合には使用できない。

## 3 シミュレーション結果

近似で誤差が大きくなる範囲を調べるため、 $\phi$ の大きさごとに従来法と近似式でそれぞれBERを求めた。シミュレーション諸元は、変調方式はBPSK、伝送方式はOFDM、サブキャリア数は64である。シミュレーションの結果、 $\phi > 20^\circ$ 前後で特に誤差が増大することが分かった。これ以上の場合、近似ではなく従来法で処理したほうがよいと考えられる。

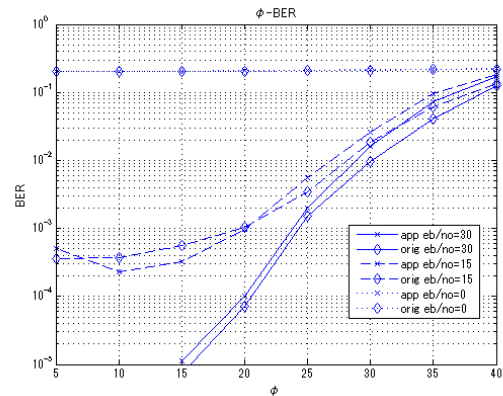


図1:  $\phi$ によるBER特性

## 4 まとめ

本稿では、IQインバランス補償法の計算量を減らした近似計算による影響を検証した。その結果、提案法を使用できる条件を明らかにすることができた。

## 参考文献

- [1] H.Oka, C.Ahn, T.Omori, K.Hashimoto "IQ imbalance estimation and compensation schemes based on time-frequency interferometry for OFDM" Transaction on Emerging Telecommunications, vol. 26, no. 9, pp. 1165-1172, sept, 2015.