

NCSP-OFDMにおける計算量削減に関する研究

佐々木純[†] 川崎耀[‡] 太田正哉[‡] 山下勝己[‡]
 大阪府立大学工学部[†] 大阪府立大学大学院工学研究科[‡]

1 はじめに

N -continuous OFDM[1]は、OFDMシンボル間の接続を N_c 次微分まで連続にすることでサイドローブを抑圧する手法であるが、通常のOFDMと比較して誤り率が劣化する問題がある。これを解決するため N -continuous Symbol Padding OFDM (NCSP-OFDM)[2]が提案されているが、受信側の計算負荷が高い。そこで本研究では、この計算負荷を低減する手法を提案し、その性能を数値実験により評価する。

2 NCSP-OFDM

NCSP-OFDMは、サイクリックプレフィクスのみ N -continuous OFDMと同様に N_c 次微分まで連続にすることでサイドローブを抑圧する手法である。本手法において受信側では次式によりデータシンボルを推定する。

$$\tilde{\mathbf{d}}_i = \mathbf{y}_i + \mathbf{R}_1(\mathbf{P}_b \mathbf{y}_i), \quad (1)$$

ここで、

$$\mathbf{R}_1 = \Lambda_0^{-1} \mathbf{D} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_2'' \mathbf{Q}_4^{-1} \\ \mathbf{O}_{(N-L) \times L} \end{bmatrix} \mathbf{P}_a, \quad (2)$$

$$\mathbf{Q}_4^{-1} = (\mathbf{I}_L - \mathbf{P}_a \mathbf{P}_b \Lambda_0^{-1} \mathbf{D} \mathbf{H}_2')^{-1}, \quad (3)$$

また、 N はFFTポイント数、 L はガードインターバルのサンプル長、 \mathbf{P}_a 、 \mathbf{P}_b は文献[2]で表される定数行列、 Λ_0 、 \mathbf{H}_2' 、 \mathbf{H}_2'' はチャネル特性より得られる行列、 \mathbf{y}_i は受信シンボルおよび Λ_0 から得られるベクトル、 \mathbf{D} はDFT行列を表す。

Λ_0 、 \mathbf{H}_2' を含む \mathbf{Q}_4^{-1} はチャネル推定ごとに更新しなければならず、その計算量は $O(L^3)$ であるため、受信側の計算負荷が高い。したがって、これを低減する必要がある。

3 提案法および実験結果

本研究では、 \mathbf{Q}_4^{-1} を近似することにより、受信側の計算負荷を低減する手法を提案する。 $\mathbf{T} = \mathbf{P}_a \mathbf{P}_b \Lambda_0^{-1} \mathbf{D} \mathbf{H}_2'$ とおき、(3)式において \mathbf{Q}_4^{-1} をノイマン級数展開すると、

$$\mathbf{Q}_4^{-1} = \mathbf{I}_L + \mathbf{T} + \mathbf{T}^2 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} \mathbf{T}^n, \quad s.t. \|\mathbf{T}\|_{\infty} < 1, \quad (4)$$

となる。ここで、 \mathbf{Q}_4^{-1} を(4)式を用いて第 m 項までで近似することで計算量を削減することを考える。

本近似法の性能を検証するため数値実験を行った。ただし $m = 3$ 以降の計算量は $O(L^3)$ となるため、ここでは $m = 1$ および 2 のみ検証する。図1に都市部のチャネルモデル[3]において、サブキャリアを16QAMで変調、シンボル周期を $T_s = 896/3 \mu\text{s}$ 、ガードインターバル周期を $T_g = 9T_s/128 = 21 \mu\text{s}$ 、サブキャリア数を $K = 72$ ($\mathcal{K} = \{-36, \dots, -1, 1, \dots, 36\}$)、FFTポイント数を $N = 128$ 、微分次数を $N_c = 3$ 、ガードインター

バルのサンプル長を $L = NT_g/T_s = 9$ とした場合の誤り率を示す。同図より、 $m = 1$ の場合の誤り率が、従来のNCSP-OFDMおよび $m = 2$ の場合のそれと同等であることがわかる。図2に K の増加に伴う乗算回数を示す。 $m = 1$ の場合の計算量が最も小さく、例えば従来のNCSP-OFDMと比較して、 $K = 72$ では約35%、 $K = 300$ では約10%の乗算量で済むことがわかる。

4 まとめ

本論文では、復調に用いる行列を近似することによりNCSP-OFDMの受信側の計算負荷を低減する手法を提案し、その性能を数値実験により評価した。実験結果から、提案法は従来法と比較して同等の誤り率を保ちつつ、大幅な計算負荷の低減が可能であることを確認した。

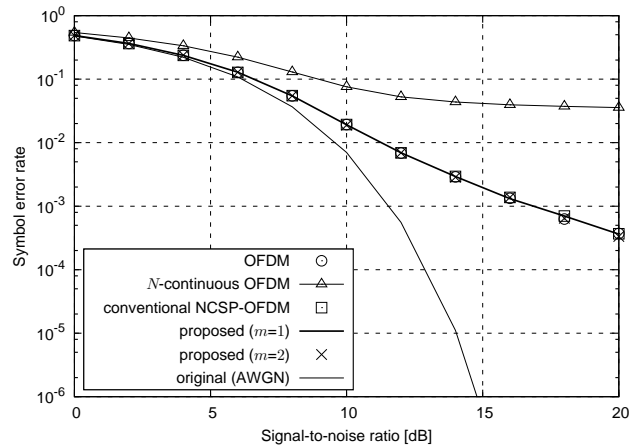


図1: 都市部チャネルに対する誤り率

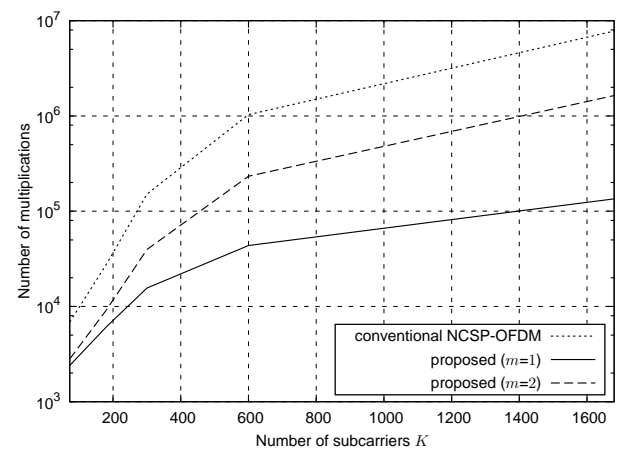


図2: 乗算回数

参考文献

[1] J. van de Beek and F. Berggren, "N-continuous OFDM," IEEE Commun. Lett., vol.13, no.1, pp.1-3, 2009.
 [2] H. Kawasaki, M. Ohta, and K. Yamasita, "N-continuous Symbol Padding OFDM for Sidelobe Suppression," Proc. of IEEE ICC 2014, pp.5890-5895, 2014.
 [3] Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Deployment aspects (Release 9), 3GPP TR 25.943 v9.0.0., Feb. 2010. [Online]. Available: <http://www.etsi.org>.