

# NCSP-OFDMにおけるPAPR特性に関する研究

てき 博偉<sup>†</sup> 川崎耀<sup>‡</sup> 太田正哉<sup>‡</sup> 山下勝己<sup>‡</sup>  
 大阪府立大学工学部<sup>†</sup> 大阪府立大学大学院工学研究科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

$N$ -continuous OFDM [1] は OFDM シンボル間の接続を滑らかにすることでサイドローブを抑圧するプレコーディング手法であるが、シンボル全体が修正されるため誤り率が劣化する問題がある。  $N$ -continuous symbol padding OFDM (NCSP-OFDM) [2] はガードインターバル (GI) のみを修正することで、この誤り率の劣化を改善できるが、サブキャリア数が減少すると修正の影響が大きくなり、Peak-to-Average Power Ratio (PAPR) 特性が劣化する。

そこで本研究では、NCSP-OFDM に Selected Mapping (SLM) [3] を用いて PAPR 特性を改善する手法を提案する。

## 2 NCSP-OFDM

NCSP-OFDM において、 $i$  番目の OFDM シンボル  $s_i(t)$  は次式で表される。

$$s_i(t) = \begin{cases} \bar{u}_i(t), & -T_g \leq t < 0, \\ u_i(t), & 0 \leq t < T_s, \\ 0, & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (1)$$

$$\bar{u}_i(t) = \sum_{k \in K} \bar{d}_{k,i} e^{j2\pi \frac{k}{T_s} t}, \quad (2)$$

$$u_i(t) = \sum_{k \in K} d_{k,i} e^{j2\pi \frac{k}{T_s} t}, \quad (3)$$

ここで、 $T_s$  は OFDM シンボル長、 $T_g$  は GI 長、 $K = \{k_0, k_1, \dots, k_{K-1}\}$  は使用するサブキャリア番号、 $K$  はサブキャリア数、 $\mathbf{d}_i = [d_{k_0,i}, \dots, d_{k_{K-1},i}]^T$  はデータシンボル、 $\bar{\mathbf{d}}_i = [\bar{d}_{k_0,i}, \dots, \bar{d}_{k_{K-1},i}]^T$  は  $\mathbf{d}_i$  のプレコーディング結果であり、GI のシンボルが前後のシンボルと  $N_c$  次微分まで連続となる制約条件によって次式のように決定される。

$$\bar{\mathbf{d}}_i = (\mathbf{I} - \mathbf{P})\mathbf{d}_i + \mathbf{P}\Phi^H \mathbf{d}_{i-1}, \quad (4)$$

ここで、 $\mathbf{P}$ 、 $\Phi$  は文献 [2] で表される定数行列である。NCSP-OFDM において、サブキャリア数が減少すると GI の修正の影響が大きくなり、PAPR 特性が劣化する。

## 3 SLM を用いた NCSP-OFDM

本研究では、NCSP-OFDM に SLM を導入し PAPR 特性を改善する手法を提案する。図 1 に提案法のブロック図を示す。まず、 $\mathbf{d}_i$  の各要素の位相を  $\mathbf{q}^{(m)} = [q_{k_0}^{(m)}, \dots, q_{k_{K-1}}^{(m)}]$  で回転させた  $M$  通りのデータシンボル  $\mathbf{d}_i^{(m)} = [d_{k_0,i}^{(m)}, \dots, d_{k_{K-1},i}^{(m)}]^T$  を次式によって生成する。

$$d_{k,i}^{(m)} = q_k^{(m)} \cdot d_{k,i}, \quad (5)$$

ここで、 $q_k^{(m)} \in \{+1, -1\}$ 、 $m \in \{0, \dots, M-1\}$  のような乱数系列であり、次式より PAPR を最小とする  $m_i^*$  を決定する。

$$m_i^* = \arg \min_m \{ \text{PAPR}[s_i^{(m)}(t)] \}, \quad (6)$$

ここで、

$$\text{PAPR}[s_i(t)] = \frac{\max_{-T_g \leq t < T_s} \{|s_i(t)|^2\}}{E\{|s_i(t)|^2\}}, \quad (7)$$

であり、 $m_i^*$  はサイドインフォメーションとして送信する。

## 4 実験結果

提案法の性能を評価するために、変調方式 16QAM、 $T_s = 896/3 \mu\text{s}$ 、 $T_g = 9T_s/128 = 21 \mu\text{s}$ 、 $K = 180$  ( $K \in \{-90, \dots, -1, 1, \dots, 90\}$ )、FFT ポイント数 256、微分次数  $N_c = 8$ 、SLM の候補数  $M = 4$  の条件で、4 倍のオーバーサンプリングで数値実験した。図 2 に実験結果を示す。図 2 より、提案法の PAPR 特性は従来の NCSP-OFDM と比べて改善できることがわかる。

## 5 まとめ

本研究では、NCSP-OFDM に SLM を用いて PAPR 特性を改善する手法を提案した。数値実験により、提案法の PAPR 特性は従来の NCSP-OFDM と比べて改善できることがわかった。

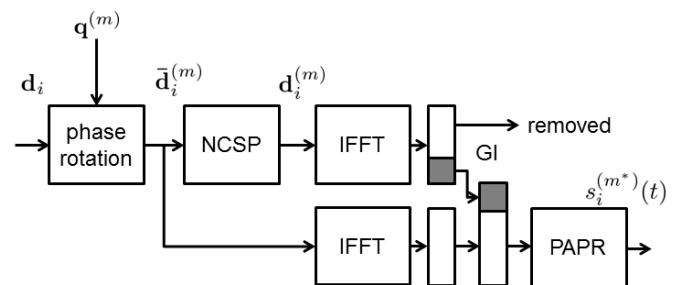


図 1 提案法のブロック図

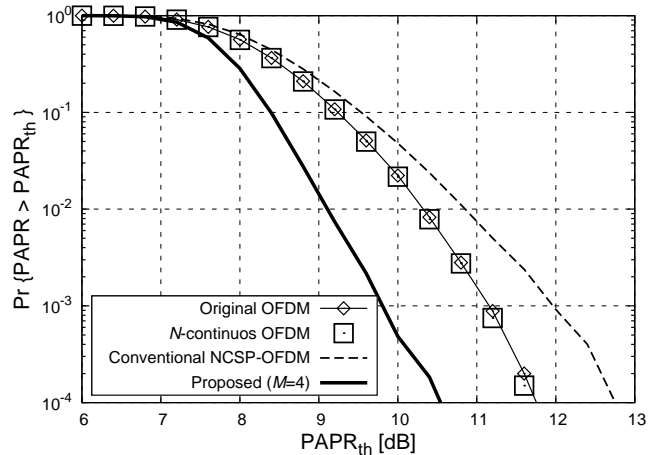


図 2 PAPR 特性

## 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, Jan. 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] R.W.Bauml, R.F.H.Fischer and J.B. Huber, “Reducing the Peak-to-Average Power Ratio of Multicarrier Modulation by Selected Mapping,” Electronics Letters, vol.32, no.22, pp. 2056-2057, 1996.