

# 離散長球波動関数を用いた下り回線におけるサンプリングタイミングずれの影響

1241006 椿 俊輔 【ワイヤレスネットワーク研究室】

## 1 はじめに

5G 通信技術の持つ高速大容量・超低遅延・同時多元接続等の性能を VR や AI の応用に活かすことが検討されている。5G では直交周波数分割多重方式 (orthogonal frequency division multiplexing: OFDM) [1] の技術が数多く導入されている。OFDM よりも更に周波数帯域を効率良く利用でき、想定する通信路に応じた様々な設計が可能な通信方式として、非直交マルチキャリア (nonorthogonal multicarrier: NOMC) 信号が提案されている [2]。NOMC 信号を離散長球波動関数 (discrete prolate spheroidal wave function: DPS 波動関数) と呼ばれる信号として用いることで、優れた帯域制限特性を実現できる。本研究では、下り回線における DPS 波動関数に対するサンプリングタイミングのずれがビット誤り率 (bit-error rate: BER) 特性にどの程度影響を及ぼすか評価する。

## 2 離散長球波動関数

DPS 波動関数はスレピアン系列を用いることで得られる NOMC 信号であり、この信号は直交サブキャリアを用いる直交マルチキャリア信号の一部分を切り出すことで生成される。この直交マルチキャリア信号のサブキャリア数を  $N$ 、信号長を  $T_0$  [s]、サブキャリアの周波数を  $(l - \frac{1}{2})/T_0$  [Hz] ( $l = 1, 2, \dots, N$ )、直交マルチキャリア信号から切り出した時の長さを  $T$  [s] ( $T < T_0$ ) とすると、NOMC 信号の  $k$  番信号  $c_k(t)$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) の等価低域系での表現は次式で与えられる。

$$c_k(t) = g_T(t) \sum_{l=1}^N c_{k,l} e^{j \frac{2\pi}{T_0} (l - \frac{1}{2}) t} \quad (0 \leq t < T) \quad (1)$$

ここで、 $j = \sqrt{-1}$ 、 $g_\tau(t) = \{1 \ (0 < t < \tau), 0 \ (\text{otherwise})\}$  は矩形ゲート関数、 $c_{k,l}$  は  $l$  番サブキャリアの複素振幅である。 $c_{k,l}$  としてスレピアン系列を選択すると、NOMC 信号は DPS 波動関数と呼ばれる信号となる [2]。

### 2.1 送信機

DPS 波動関数を用いた下り回線における送信信号は次式で与えられる。

$$s(t) = \sum_{k=1}^K b_k c_k(t) \quad (2)$$

ここで、 $K$  は多重化数、 $b_k$  は  $c_k(t)$  で運ばれる複素メッセージである。

### 2.2 受信機

$0 \leq t < T$  におけるサンプル数を  $M$ 、サンプリング間隔を  $\Delta = T/M$ 、 $\delta$  をサンプリングタイミングの

ずれとすると、受信機でのサンプル値列  $r(m; \delta)$  ( $m = 0, 1, \dots, M - 1$ ) は次式で与えられる。

$$r(m; \delta) = s(m\Delta + \delta) \quad (3)$$

$$= \sum_{k=1}^K b_k c_k(m\Delta + \delta) \quad (4)$$

## 3 性能評価

DPS 波動関数のサブキャリア数を  $N = 10, 20, 40, 100$ 、サブキャリア密度を  $\rho = 4$ 、多重化数を  $K = 1$ 、受信機でのサンプル数を  $M = 100$  としたときのサンプリングタイミングのずれ  $\delta$  と BER の関係を図 1 に示す。

図 1 より、サブキャリア数が少ない場合にはサンプリングタイミングのずれ  $\delta$  の増加に対して BER の悪化が緩やかなのに対し、サブキャリア数が増えると BER が急激に悪化することが分かる。

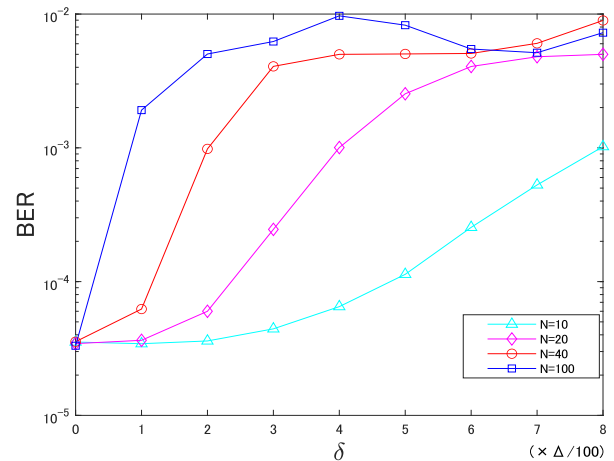


図 1 サンプリングタイミングのずれと BER の関係

## 4 まとめ

本研究では、DPS 波動関数を用いた送信信号に対して、受信処理時に生じるサンプリングタイミングのずれが BER に及ぼす影響を評価した。サブキャリア数が異なると BER の悪化度合いが異なることを明らかにした。

今後はサンプリングタイミングのずれの影響を抑える信号処理方式について考えていきたい。

## 参考文献

- [1] 伊丹誠, “OFDM の基礎と応用技術,” IEICE Fundamentals Review, vol. 1, no. 2, pp. 35-43, Oct. 2007.
- [2] 浜村昌則, “非直交マルチキャリア信号へのスレピアン系列の応用,” IEICE Fundamentals Review, vol. 11, no. 1, pp.54-62, July 2017.