

# Beyond5G を目指した新しい通信方式を検討するための初期検討

## Initial study to consider new communication methods for Beyond5G

姜大程<sup>1)</sup> 栗原啓弥<sup>2)</sup>

指導教員 前山利幸<sup>1)</sup>

1) 拓殖大学 大学院工学研究科 機械・電子システム工学専攻 前山研究室

2) 拓殖大学 工学部電子システム工学科 前山研究室

キーワード: Beyond5G, 6G, OFDM, レイリーフェージング, Scilab

### 1. はじめに

2030年には第6世代移動通信システム(B5G or 6G)の利用が開始される。無線アクセス技術は世代毎に代表的な通信方式が存在したが、4G以降はOFDM[1]と複数の無線技術の組み合わせで構成されており、6Gではさらに多くの無線技術の組み合わせが必要となると考えられているが、基本的な変調方式は引き続きOFDMの使用が予想されている。しかし、現在のOFDMはすでにシャノン限界に近い周波数利用効率が得られているため、6GでOFDMを用いるためには現在のOFDMが抱えている課題を改善する必要がある。

本稿ではScilab[2]を用いてOFDM変復調を再現し、レイリーフェージング環境下でのBER評価を行ったので報告する。

### 2. OFDMについて

#### 2.1 OFDMとは

OFDMは、Orthogonal Frequency Division Multiplexingの略であり、直交周波数分割多重である。OFDMの周波数分割多重を図1に示す。隣り合う周波数の搬送波を直交させて重ね合わせることで搬送波間の干渉を軽減し、高密度な周波数配置を実現している。具体的には、一つの搬送波が1に達したタイミングで両隣の搬送波はゼロとなることで、搬送波が相互に干渉することなく周波数を利用することが可能である。現在の無線LANやデジタルTVそして5Gなどで利用されている。

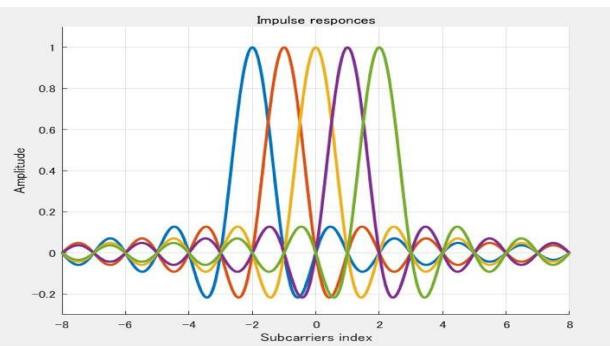


図1 OFDM周波数分割多重図

■赤線は実数部、青線は虚数部

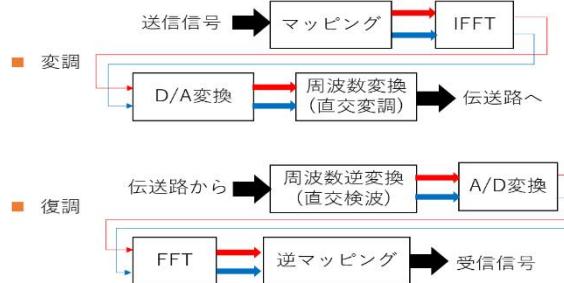


図2 OFDMのフローチャート

#### 2.2 OFDM変復調の手順

OFDMの変復調の手順を図2に示す。変調処理は、送信ビット列を複素平面にマッピングする。例えばQPSKであれば信号を2ビットずつに区切り、複素平面の4点のいずれかにマッピングする。その複素平面の横軸を実数部、縦軸を虚数部として搬送波となるサブキャリアに割り当てる。全てのサブキャリアに割り当てるが終えたのち逆フーリエ変換を行い、周波数領域の信号を時間領域の信号に変換する。出力は複素数であるため、実数部、虚数部そ

それを D/A 変換し, 所望の周波数で直交変調し, 必要な電力に増幅されアンテナから放射される。復調は, 変調の逆の過程をたどることで受信信号を復元する。

### 3. レイリーフェージングとは

受信アンテナから送信アンテナを見通すことができない見通し外伝搬であるとき, 送信アンテナから受信アンテナまでの経路は複数存在する。この時, 受信アンテナの位置がわずかに変化することによって受信電波強度が大きく変化する。この受信電圧の変動分布がレイリー分布に従うことから, レイリーフェージングと呼ばれている。レイリー分布の確率密度関数  $f(x)$  は式 (1) のように表される[3]。

$$f(x) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

### 4. 評価方法

OFDM 変復調を再現するプログラムを作成し, レイリーフェージングを与えた評価を行う。フェージングの周波数に応じて BER の変化をシングルキャリアである QPSK と BPSK の BER 理論値曲線と比較することで評価を行う。評価条件は表 1 に示す。

### 5. 評価結果

評価結果を図 3, 図 4, 図 5 に示す。図 3 より, OFDM のレイリー環境では BER が 0.5 誤りであり, SN 比を改善しても BER の改善は見られない。図 4 では SN 比の改善に応じて BER の低下が見られる。図 5 ではフェージング周波数を遅くしているため, SN 比の改善に応じて BER の低下が顕著となる。

表 1 評価条件

変調方式	QPSK
ビット数	512
SN 比	0~60 dB

### 6. まとめ

本研究では OFDM 変復調を再現するプログラムを作成して様々な周波数のレイリーフェージング環境で BER の評価を行った。フェージング周波数の低下に伴い BER が改善することが確認できた。今後はマルチパスフェージングや仲上ライスフェージングの評価を行い, Beyond 5G に向けて現行の

OFDM の改善点を検討する予定である。

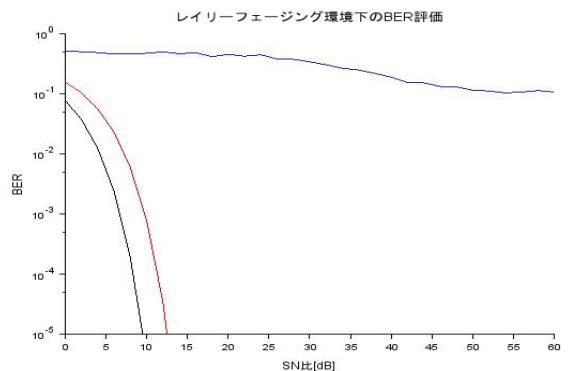


図 3 高周波数レイリーフェージングの BER

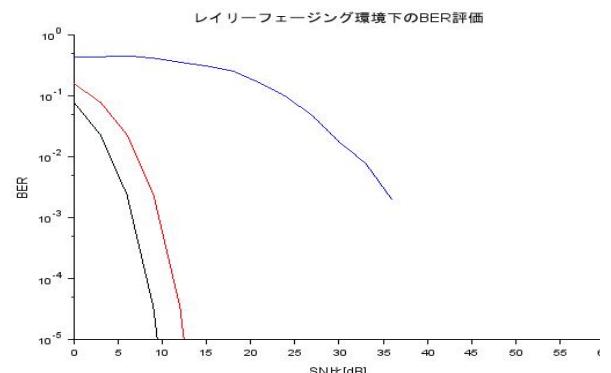


図 4 中周波数レイリーフェージングの BER

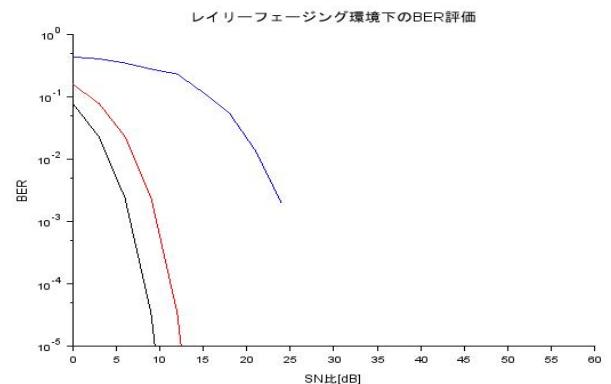


図 5 低周波数レイリーフェージングの BER

### 参考文献

- [1] <https://www.scilab.org>
- [2] “MathWorks OFDM とは?”, <https://jp.mathworks.com/discovery/ofdm.html>
- [3] “電子情報通信学会知識ベース-無線伝搬路” [https://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun\\_01hen\\_02.pdf](https://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun_01hen_02.pdf)