

Beyond5G を目指した Wavelet OFDM の評価

Evaluation of Wavelet OFDM for Beyond5G

姜大程¹⁾

指導教員 前山利幸¹⁾

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

キーワード: Beyond5G, 6G, OFDM, wavelet OFDM

1. はじめに

2030 年には第 6 世代移動通信システム(B5G or 6G)の開始が予定されている。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、従来のフーリエ変換に基づく OFDM は、周波数オフセットやタイミングオフセットに敏感であること、ピーク電力が比較的高いことなどの欠点がある。一方、ウェーブレット解析は定常信号を扱うフーリエ解析に基づいて開発された時間周波数解析手法であり、フーリエ解析との類似性がある。

本稿では Matlab を用いて従来の OFDM におけるフーリエ変換の代わりに、ウェーブレット変換を用いて、ウェーブレット変換に基づく OFDM 特性について説明する。まず、フーリエ変換による OFDM の基本原理とウェーブレット解析の理論を研究し、OFDM の長所と短所を研究し、OFDM の欠点を改善し長所を発掘する目的で、新しいマルチキャリア変調技術であるウェーブレット変換による OFDM 技術について検討する。次に、この技術の実現において重要な技術であるウェーブレット

基底関数の選択を検討し、最後にシミュレーションによって基底関数 db4 ウェーブレットを選択し、Matlab ソフトウェアを利用して、シミュレーションによる BER の評価を報告する。

2. Wavelet OFDM について

2.1 ウェーブレット とは

2.1.1 ウェーブレット変換の基本

ウェーブレット変換は、フーリエ変換の基底関数である無限の長さの三角関数を、有限の長さで減衰するウェーブレット基底に置き換えたものである。フーリエ変換では変数 w しかないが、ウェーブレット変換はスケール a と平行移動量 b があり、スケールは周波数に対応し、平行移動量は時間に対応するので、ウェーブレット変換は時間周波数分析に使うことができ、信号の時間スペクトルを得ることができる。数式 1 はウェーブレット関数の一般的な形である。

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in \mathbb{R} \quad (1)$$

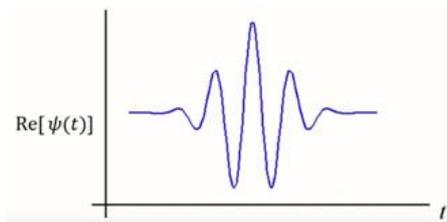


Fig 1. Wavelet のスペクトラム

2.2 Wavelet OFDM 変復調の手順

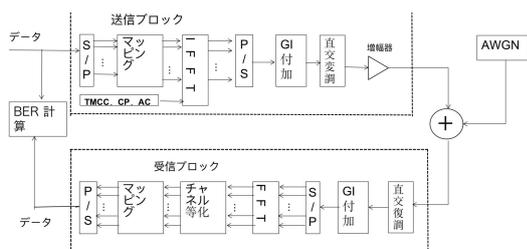


Fig 2. Wavelet OFDM のフローチャート

Wavelet OFDM の変復調の手順を図 2 に示す。送信端では,信号を 2 ビットずつに区切り, QPSK マッピングされ,S/P 変換され, それぞれ IFFT と Wavelet で変調され,周波数領域から時間領域に変換されている.その後,変調された信号は P/S 変換されて,AWGN の干渉で送信されている.受信側と送信側は対応し,S/P 変換,FFT と Wavelet,周波数領域等化,元の送信信号は QPSK 復調されている。

3. 評価方法

OFDM と Wavelet OFDM プログラムを作成し,それぞれの BER 理論値曲線と比較することで評価を行う。

4.評価結果

評価結果を図 3 に示す.Wavelet OFDM と OFDM を比較して,BER が 3dB 下がった.3 つの原因が挙げられる.1 つは,Wavelet OFDM のスペクトルは通常平坦ではなく,その結果,ある周波数では信号のパワーが高くなり,別の周波数ではパワーが低くなる.このスペクトル不均一性は,ある周波数の信号に大きな干渉を与え,BER を増加させていると考えられる.2 つ目は,Wavelet OFDM には,より複雑な信号処理および復調プロセスが必要となり,特にノイ

ズや干渉があると,符号誤り率が増加する.信号処理が複雑になると誤符号性能が低下する問題がある.3 つ目は,Wavelet OFDM は,QPSK と同様の BER を得るために,より高い SNR を必要となる.これは,Wavelet OFDM が同じ SNR でより高い BER を示すことを意味する。

Wavelet OFDM は,BER に関して多少の損失を受ける可能性があるが,ウェーブレット変換は,高いスペクトル効率,マルチパス伝送チャンネル,または非定常信号処理が必要な場合に良い選択である。

5.まとめ

本研究では,OFDM と Wavelet OFDM による QPSK 方式で matlab シミュレーションによる AWGN 環境で従来の OFDM の方が符号誤り性能が高いことを検証しました。今後の課題では,Beyond 5G に向けて現行の Wavelet OFDM の PAPR を検討する予定である。

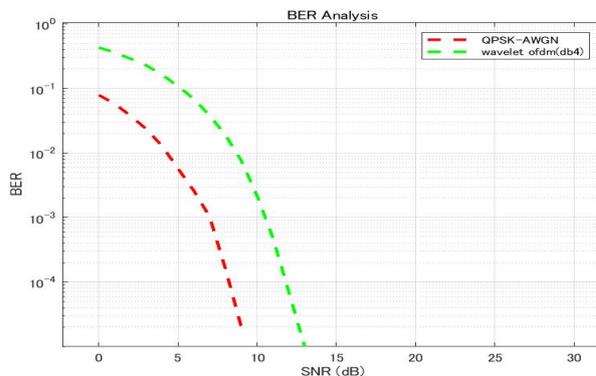


Fig 3.AWGN における 2 つの変調方式の BER

参考文献

[1] Asif, R., Abdalhameed, R. A., Anoh, O. O., et al. (2012). Performance Evaluation of DWT-OFDM and FFT-OFDM for Multicarrier Communication Systems using Time-Domain Zero Forcing Equalization. International Journal of Computer Applications, 51(4), 34-38.

[2] 韩越,黑勇,乔树山.基于小波变换的 OFDM 与传统 OFDM 在电力线信道下的性能对比 [J]. 科学技术与工程,2012,12(19):4667-4671.

[3] 孙锴,黄威.MIMO-OFDM 无线通信技术及 MATLAB 实现 [M].北京:电子工业出版社,2013:132-133.