

直交周波数分割多重化のプログラム実装

7308013 井口 勇弥

1.はじめに

今日、周波数帯域は多くの通信機器に利用されている。目覚ましい技術の発展に伴い利用される周波数帯域の割合も増大し、個々の通信規格が利用出来る周波数帯域も限られている。

従って、限られた周波数帯域を従来に比してより良い効率で使用し、情報を伝達する事が急務となっている。

同一伝送路で複数の情報を伝達する多重化において、代表的な方式として従来から用いられてきた方式は FDM(Frequency Division Multiplexing:周波数分割多重)である。変調に際し搬送波周波数を通信ごとに変える事で、周波数軸上で異なる通信を同時に行う。通信の各チャネル同士の干渉を防ぐ目的で各チャネル間にガードバンドを設けなければならないが、占有帯域幅が増大してしまう欠点が存在する。

この欠点を克服した変調方式が、1チャネルのデータを複数の搬送波に分割させて変調を行うマルチキャリア変調の一つである OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing:直交周波数分割多重)である。

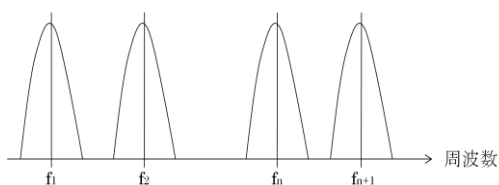


図 1:FDM の概念

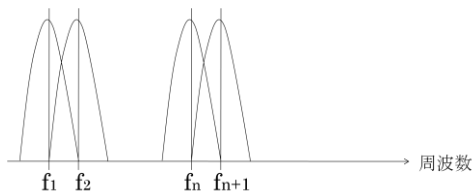


図 2:OFDM の概念

図 1,2 に FDM 及び OFDM の概念を図示する。

OFDM の特徴は、互いの搬送波が直交しており各搬送波の中心周波数は他の搬送波のスペクトラムがゼロとなるために分離が容易な点である。搬送波間の直交関係は、正弦関数と余弦関数の直交性質を利用

している。

これにより、OFDM は FDM に比べて占有帯域幅を狭くする事が出来るため、周波数利用効率に優れる。本研究では OFDM に焦点を定め、OFDM の変調及び復調部、そしてガードインターバル部を計算機シミュレーション上で実装した。

2.ガードインターバルに関して

実際の伝送路では遅延が発生し、そのまま復調を行うと所望の OFDM シンボルの一部が欠落し、かつ直前の OFDM シンボルの一部を含んだ状態で復調がなされるため、正しく OFDM 復調がなされない。

この問題の解決策が GI(Guard Interval:ガードインターバル)である。GI は、OFDM シンボルの末尾のサンプルを適当なサンプル数だけコピーし OFDM シンボルの先頭に付与したものである。この数が遅延波により遅延したサンプル数以下であれば、遅延への耐性を獲得しつつ搬送波同士の直交関係を維持したまま復調が可能となる。

3.OFDM 変調部の構成

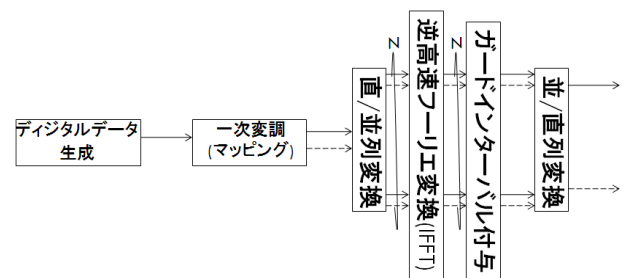


図 3:OFDM 変調部の構成

図 3 に OFDM 変調部のシステム構成を示す。

まず、2進数のデジタルデータを生成する。ここで 16 値の多値変調と定めておく事で、後述の一次変調において 1 シンボルあたり 4 ビットの情報を伝送出来るようになる。その後、16QAM により一次変調を施されたデータは直並列変換を施した上で IFFT(Inverse Fast Fourier Transform:逆高速フーリエ変換)により OFDM 複素信号へと変調される。その後、GI を付与し並直列変換を行う。

4.OFDM 復調部の構成

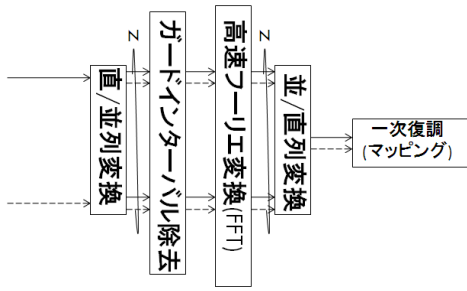


図 4:OFDM 復調部の構成

図 4 に OFDM 復調部のシステム構成を示す。復調を施す前に、付与した GI を除去し搬送波数を変調前に戻す。変調された OFDM 信号は FFT(Fast Fourier Transform:高速フーリエ変換)により元の複素信号へと復調され、コンスタレーションという形で可視化する事により元のデジタル信号へと復調された事を確認する。

4.計算機シミュレーションによる実装

表 1:シミュレーション諸元

変調方式	一次変調	16QAM
	二次変調	OFDM
サブキャリア数	64	
ビット数	256 [bit]	
搬送波周波数	1 [GHz]	
シミュレーション時間	10 [μ s]	
シンボルレート	16QAM	10M [Symbols]
	OFDM	0.16M [Symbols]
ガードインターバル	16 [サンプル]	
遅延数	4 [サンプル]	

表 1 に示すシミュレーション諸元を用いて、計算機シミュレーション上での OFDM 変調及び復調の実装結果を以下、図 5 から図 7 に示す。

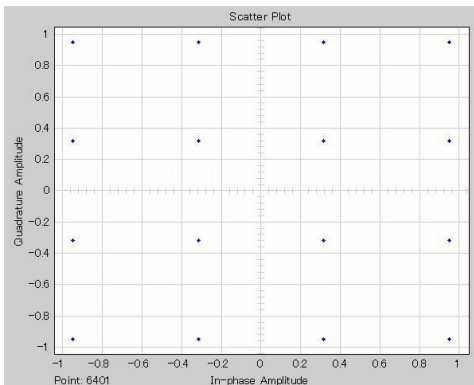


図 5:OFDM 変調後のコンスタレーション

正しく OFDM 復調がなされている事が確認出来る。

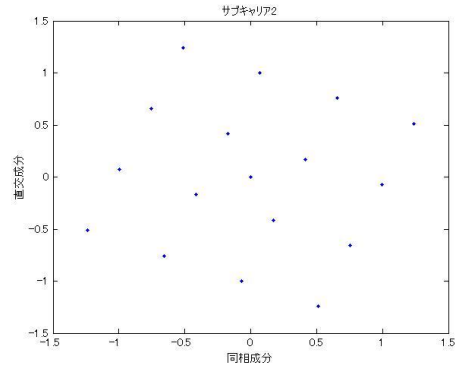


図 6:GI を挿入した際の復調(1)

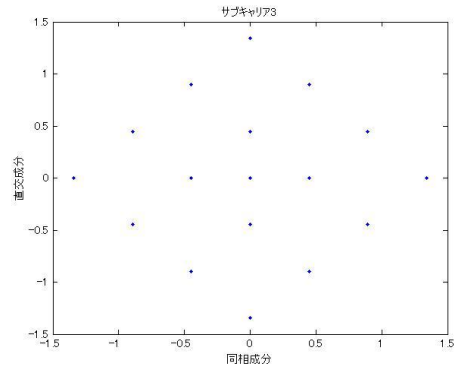


図 7:GI を挿入した際の復調(2)

図 6,7 は特定の搬送波における復調信号を抽出したものである。GI を挿入した場合は、搬送波間の直交関係は保たれているものの振幅及び位相が元のコンスタレーションと異なる。その理由は、GI を付加する事は元のシンボルの振幅と位相に対し歪みを加える事と等価であるとみなせるからである。

5.結論

本研究では、計算機シミュレーション上で基本的な OFDM 変調及び復調プログラムを実装した。GI を挿入した際の搬送波ごとに異なる位相の補正、アップコンバージョン、ダウンコンバージョン部の実装などが今後の課題である。

参考文献

- [1] 高畑文雄, デジタル無線通信入門, 株式会社培風館, 2002
- [2] 伊丹誠, わかりやすい OFDM 技術, 株式会社オーム社, 2005
- [3] 神谷幸宏, MATLAB によるデジタル無線通信技術, 株式会社コロナ社, 2008
- [4] 守倉正博, 久保田周治, 改訂三版 802.11 高速無線教科書, 株式会社インプレス R&D