

# ソフトウェア無線を用いた直交変調信号の生成に関する研究

2015sc002 相川泰輝

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

近年、無線通信技術の進歩に伴い、新たな無線通信システムが次々と導入されている。しかし、利用者にとって新たなシステムを利用するための端末を常に用意することは金銭的な負担が大きいため困難であるといえる。また、開発者にとっても新規装置を開発する場合、材料費よりも人件費の割合が高くなっていることから、人的負担が大きいため。上記の理由から、一つの無線機で様々な機能の追加やシステムの変更、更新に対応できる無線端末の開発が期待されている。そこで、その問題を解決するための手段としてソフトウェア無線の概念が挙げられる。[1][2]

本研究ではソフトウェア無線通信プラットフォームとしての bladeRF に直交変調方式を実装し、Simulink を用いて RF 信号の生成について明らかにする。

## 2 研究対象の技術

本研究で用いる技術と先行研究について説明する。

### 2.1 ソフトウェア無線

ソフトウェア無線とは、これまでハードウェアで行われていた信号処理の大半をソフトウェアで行う無線通信のことである。この技術によって、以前はハードウェアを変える必要があったサービスの切り替え、ソフトウェアの変更と更新などを、ハードウェア上のソフトウェアを切り替えるだけで対応できるようになった。その一つとして bladeRF というハードウェア、動作制御に Simulink というソフトウェアを使用する。

### 2.2 bladeRF の概要

bladeRF (blade Radio Frequency) とは、利用可能な周波数が 300MHz ~ 3.8GHz のハードウェアである。周波数レンジの拡張やパワーアンプの追加にも最適である。

### 2.3 Simulink

Simulink とは MathWorks 社によって開発された、モデリング、シミュレーション、解析のためのマルチドメインシミュレーション及びダイナミックシステムである。モデルを作成するには、Sine Wave、Integrator、Bus Creator、Scope の 4 つの Simulink ブロックが必要である。ブロックの追加には Simulink ライブラリブラウザウィンドウから Simulink エディターにドラッグする。

### 2.4 先行研究との比較

本研究は、先行研究がある。先行研究では、LabVIEW を用いて 16QAM 変調、パルス整形、シンボル同期などの機能を USRP2 に実装、実測した。[3][4]

本研究では、Simulink を用いてアナログ信号の直交変調機能を bladeRF に実装、実測する。

## 3 直交サンプリング

本研究で用いる技術として直交サンプリングについて以下に述べる。

直交サンプリング方式とは、RF 信号がもともと持っていた位相成分の変位情報を得るための方式である。

RF 信号の振幅成分を  $A$ 、キャリア周波数を  $f_c$ 、位相の変位を  $\phi$ 、時間を  $t$  として表現すると、以下の等式が成り立つ。

ただし、 $I = A \cos(\phi)$ 、 $Q = A \sin(\phi)$  として次式を得る。

$$A \cos(2\pi f_c t + \phi) = I \cos(2\pi f_c t) - Q \sin(2\pi f_c t) \quad (1)$$

## 4 研究の内容

Simulink を用いて様々な周波数の正弦波を合成し、その合成信号をベースバンド信号として 1 台の bladeRF で 2.415GHz のキャリアで変調し、Tx 側から送信する。その際、実数を入力した信号成分と虚数を入力した信号成分を比較し、変調されているか確認する。また、フィルタを用いて指定した周波数以上の成分を正常に減衰しているかを確認する。

## 5 実験及びシミュレーションの概要

本研究で行った実験の概要と測定条件を示す。

### 5.1 実験の概要

Simulink を使い、3 つの周波数 (1MHz、2MHz、8MHz) の正弦波を生成、合成し、その合成信号をベースバンド信号として 1 台の bladeRF を用いて 2.415GHz のキャリアで変調し、送信信号をスペクトラムアナライザを用いて観測する。また、フィルタを用いて指定した周波数以上の周波数成分を減衰させる。

### 5.2 シミュレータの構成

図 1 は今回の実測に用いたシミュレータの構造である。

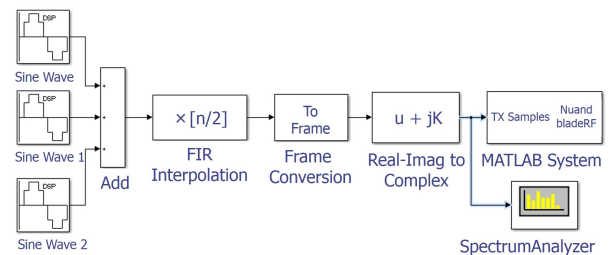


図 1 Simulink モデル

### 5.3 測定条件

本研究で行った測定条件は表 1 の通りである。

表 1 測定条件

項目	設定値 1
キャリア周波数	(Tx, Rx 共に)2.415GHz
送信サンプリングレート	6MHz
送信信号 (ベースバンド)	3つの正弦波 (1MHz, 2MHz, 8MHz) を合成して作成する。
送信ゲイン	TXVGA1:-4dB TXVGA2:0dB
TxLPF	10MHz( $\pm 5.0$ MHz)

実験 1 ではローパスフィルタの遮断周波数を 1.5MHz とし、実験 2 では 2.15MHz とする。

## 6 結果と考察

bladeRF を用いた実測とその結果の考察をする。

### 6.1 結果

実験 1 の結果は図 2 のようになり、実験 2 の結果は図 3 のようになった。実験 1 では、実部のみでの送信信号と虚部のみでの送信信号が共にセンター周波数とキャリア周波数の一致をしており、フィルタによって 1.5MHz 以上の周波数成分が減衰している。

実験 2 では、実部のみでの送信信号と虚部のみでの送信信号が共にセンター周波数とキャリア周波数の一致をしており、フィルタによって 2.15MHz 以上の周波数成分が減衰している。

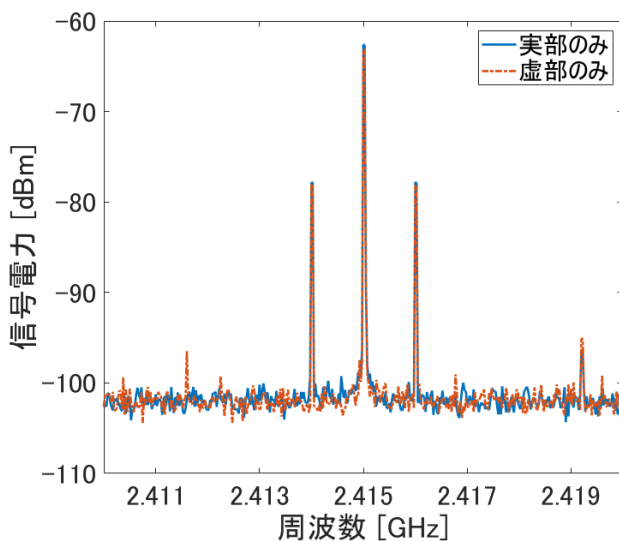


図 2 1.5MHz の LPF を通過後のスペクトラム

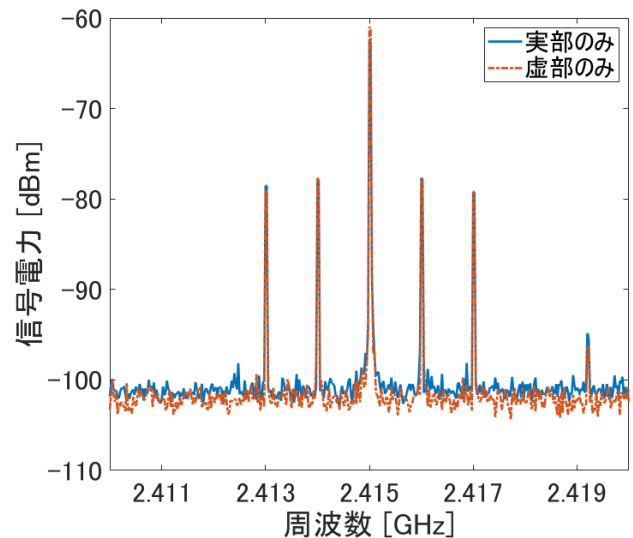


図 3 2.15MHz の LPF を通過後のスペクトラム

### 6.2 考察

図 2 と図 3 より、実数を入力した送信信号と虚数を入力した送信信号共に、センター周波数とキャリア周波数が一致していることから、bladeRF によって変調されていることがわかった。またフィルタによって指定した周波数以上の成分を正常に減衰していた。

## 7 おわりに

本研究は、ソフトウェア無線を用いた直交変調信号の生成に関する研究である。結果として、三つの正弦波の合成波を bladeRF を用いて変調し、送信信号をスペクトラムアナライザを用いて観測することが出来た。今後の課題として、受信スペクトルをスペクトラムアナライザを用いて観測し、送信スペクトルと比較し考察することで、無線通信におけるノイズの特性評価をできると考えられる。

### 参考文献

- [1] 藤井義巳, “ソフトウェア無線 (SDR) 技術の最新動向と将来展望,” ITU ジャーナル, vol.47, no.11, pp.17-21, November 2017.
- [2] 鈴木康夫, 荒木純道, “ソフトウェア無線機とその国内における開発の現状,” 電子情報通信学会論文誌 B, vol.J84-B, no.7, pp.1120-1131, July 2001.
- [3] 朝倉彰洋, 北原慎平, 西田結梨香, “USRP2 への 16QAM とシンボル同期の実装に関する研究,” 南山大学情報理工学部システム創成工学科 2014 年度卒業論文, January 2015.
- [4] 猿渡俊介, 菅沼久浩, “GNU Radio に関する調査,” 東京大学先端科学技術研究センター森川研究室, 技術研究報告書, no.2011001, pp.1-7, June 2011.