

修士論文題目 アンダーサンプリングによる受信機構成法に関する研究

学 籍 番 号 19NC502 氏 名 浅井 美佑

指 導 教 官 新井宏之 教授

論 文 提 出 日 令和3年3月12日

近年,5G や beyond 5G においてミリ波帯を用いた通信が必要とされ,無線 LAN や移動体通信システムなど変調を用いたシステムでは RF 信号を用いて通信を行う.しかし,ナイキスト周波数を用いたサンプリングは,周波数が 5GHz 以上であると実用的なコストと消費電力でが難しい.またミリ波帯において Massive MIMO(Multiple-input multiple-output)の需要が高まっているため,アンテナ素子ごとに設置しなくてはならない送受信器の小型化,低コスト化を課題となっている.無線通信のような狭帯域信号の場合,適切な BPF を用いることでアンダーサンプリングにより大幅にサンプリング周波数を下げることが可能であるため,小型化,低コスト化に有効である.

アンダーサンプリングは搬送波の折り返し周波数成分を用いた方法であるため,ナイキストサンプリングに比べてクロックタイミングの揺らぎ(クロックジッタ)による雑音や位相変動の影響が大きいと考えられる. RF 信号における影響とサンプリングに必要な機器の検討はされていないため,本論文では RF 信号における変調をアンダーサンプリングするときのクロックジッタが与える影響と具体的な機器について検討を行う.

はじめに,クロックジッタの定義とサンプリングにおいてジッタが与える影響を理論的に示す.高周波数帯においてクロックジッタは量子化誤差に比べて強く影響し,また実際に秒単位で測定することが困難であるためパワースペクトル密度の積分から求められる.ジッタの影響は式で表すことができ,コンステレーションパターンでは中心に対して扇状に値が振れるため,ガウス雑音と区別できる.

次に,QPSK,16QAM 変調方式においてクロックの影響をシミュレーションにて検討する.サンプリング後のコンステレーションパターンを確認し,EVM 特性と BER 特性から RF 信号のサンプリングに必要なクロックの性能を評価する.QPSK 信号では 1.0ps, 16QAM では 0.5ps 以下のジッタであれば 28GHz 帯でのアンダーサンプリングが可能である.

最後に,シミュレーション結果に基づいて実験に用いる機器を検討し,実験可能である測定系を示す.測定系において,ADC の性能は分解能,周波数範囲共に問題なく,クロック同期が可能なインターフェース JESD204B に対応していることからクロックのタイミングスキューの問題を解決出来る.クロックは低ノイズの水晶発振器と PLL を用いて $1/7 f_s$ のクロックを提供できるためクロックの性能として適している.