

修士論文題目 高周波数帯域信号の AD/DA 変換におけるジッタ雑音に関する
研究

学籍番号 20NC528 氏名 齋藤 裕之

指導教官 新井宏之 教授

論文提出日 令和4年3月11日

近年、スマートフォンやタブレット端末などのモバイル端末の普及により、無線通信トラフィックは増加し続けている。それに伴い、5Gのような高周波数帯の信号を用いた通信の需要は高まっている。信号を受信して A/D 変換を行う際、通常はサンプリング定理より搬送波周波数の2倍のサンプリング周波数を持つ ADC を用いる必要があるが、コストや消費電力の面で問題がある。

そこで本論文では、信号の帯域の制限を行うことで、サンプリング定理を満たしてなくても A/D 変換が可能であるアンダーサンプリングを用いて高周波数帯域の信号の受信方法を検討している。ADC でのサンプリング時に生じるクロックジッタは近年では非常に小さくなっているものの、高周波数帯域では低周波数帯域の信号よりも大きく影響を受けてしまう。そのため、アンダーサンプリング時にジッタが与える影響についてシミュレーションと測定による検討を行う。

初めに、ジッタ雑音が変調信号に与える影響について理論的に示す。その後、本検討で使用する ADC のジッタ実効値の測定を行った。測定の結果ジッタの実効値は $\sigma_j=238.6$ fs と分かった。次にサンプリング時に生じる信号のスペクトルの折り返し成分についての説明とともに、アンダーサンプリングが可能な帯域制限についての説明を行う。

これらを考慮して、QAM 変調信号をアンダーサンプリングした時のジッタ雑音の影響をコンスタレーションパターンと EVM, BER を用いてシミュレーションにて検討を行った。その結果、入力信号の中心周波数が大きいほどコンスタレーションパターンのジッタ雑音の影響が大きく見られた。EVM 特性については、QAM の変調次数にはほとんど依存せず、入力信号の中心周波数によって悪化が見られた。BER 特性については、変調次数に依存していることが分かる。QPSK では、ジッタ実効値 $\sigma_j=1000$ fs の場合は入力信号の中心周波数が 30.0GHz 以上では BER の悪化が見られた。また測定結果からも低周波数帯域ではジッタ雑音の影響が見られないことが分かった。

また、D/A 変換においても同様に低サンプリング周波数の DAC で高周波数帯域信号を扱う方法について検討を行った。D/A 変換を行うことで生じる高調波成分を BPF を用いることでサンプリング周波数以上の周波数帯域の信号を得ることができた。