

IQ ミスマッチ補償を用いた 20 Gbps 60 GHz 帯送受信機

IQ Mismatch Calibrated 20 Gbps 60 GHz Transceiver

河合 誠太郎
Seitaro Kawai

近藤 智史
Satoshi Kondo

岡田 健一
Kenichi Okada

松澤 昭
Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理学専攻
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

1 まえがき

近年、60GHz 帯における近距離高速無線通信が注目されている。送受信機の性能を劣化させる要因として利得の平坦性・位相雑音・IQ ミスマッチが挙げられるが、特にプロセスばらつきなどにより生じる IQ ミスマッチの補償は大きな課題である。本研究では、注入同期型発振器 (QILO) 及び RF 側差動可変利得増幅器 (RF VGA) を用いた IQ ミスマッチの補償手法を提案する。

2 IQ ミスマッチキャリブレーション

図 1 にキャリブレーションに用いた送受信機回路のブロック図を示す [1]。回路面積と消費電力を抑えるためダイレクトコンバージョン方式を採用している。受信機は低雑音増幅器、RF VGA、パッシブミキサ、BB 側差動増幅器、QILO から構成される。送信機は電力増幅器、RF VGA、アクティブミキサ、BB 側差動増幅器、QILO から構成される。

IQ ミスマッチの検知は Loop-back を用いることにより受信機側ベースバンドで行う。QILO は free-run 周波数を変化させることにより高精度な位相差の制御が可能であることから [2]、RF VGA を用いて振幅誤差を調整し、送受信機のもつ位相誤差及び RF VGA で振幅誤差を補償するために生じた追加の位相誤差を QILO を用いて補償する [3]。

3 測定結果

図 2, 図 3 に提案する補償手法を用いる前と後の振幅誤差・位相誤差及び SNR を示す。提案手法を用いることにより振幅誤差を 0.2 dB 以下、位相誤差を 0.3° 以下まで抑制した。以上のような IQ ミスマッチの抑制により、10 dB 以上の SNR の改善を確認した。表 1 に送受信機の貫通測定の結果を示す。60 GHz 帯の全チャンネルで貫通を確認し、ch.1-3 において EVM<-25 dB を達成した。また、帯域を広げて使うことにより最大 20 Gbps のデータレートを実現した。

4 まとめ

QILO と RF VGA を用いた高精度な IQ ミスマッチ補償手法を提案した。提案手法により振幅・位相誤差を大幅に抑制し、補正前に比べ SNR が 10 dB 向上することを示した。また、貫通測定において EVM<-25 dB を達成し、帯域を広げることで 20 Gbps のデータレートを実現した。

謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、総務省 SCOPE、科学研究費補助金、半導体理工学研究センター、キャノン財団、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。

参考文献

- [1] K. Okada, *et al.*, "A full 4-channel 6.3 Gb/s 60 GHz direct-conversion transceiver with low-power analog and digital baseband circuitry," in ISSCC 2012.
- [2] 山口 達也, 他, "60 GHz 注入同期型周波数通倍器の I/Q ミスマッチに関する検討" 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 2011.

- [3] S. Kawai, *et al.*, "A Digitally-Calibrated 20-Gbps 60-GHz Direct-Conversion Transceiver in 65-nm CMOS," in RFIC 2013.

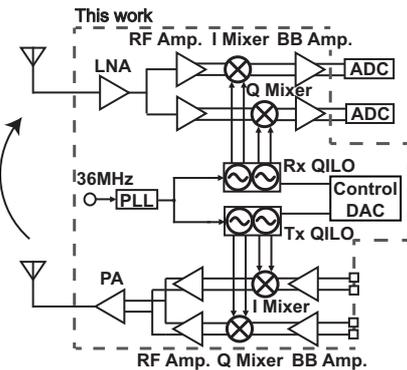


図 1 60GHzRF フロントエンドブロック図

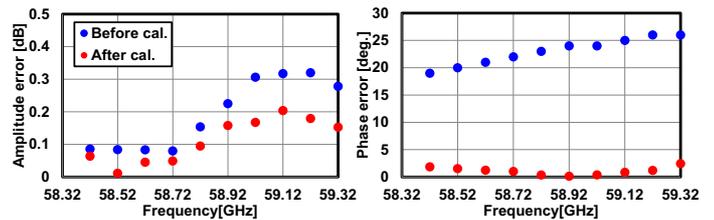


図 2 振幅・位相誤差の補償結果

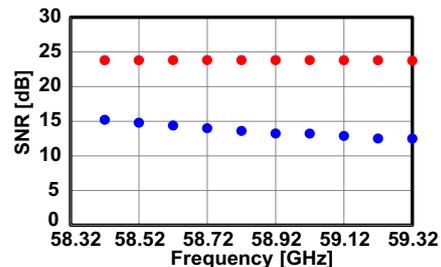


図 3 SNR の補償結果

表 1 Measurement Summary for 16QAM of RF front-end.

Channel	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Ch.4	Max rate (Ch.2)
Constellation					
Spectrum					
Date rate	7.0Gb/s	7.0Gb/s	7.0Gb/s	7.0Gb/s	20.0Gb/s
SNR	23.7 dB	22.6 dB	22.5 dB	20.7 dB	17.6 dB
EVM	-26.2 dB	-25.2 dB	-25.2 dB	-23.4 dB	-20.2 dB