

ミリ波帯送信機における不要波校正手法の検討

Undesired Signal Calibration for Millimeter-wave Transmitters

眞木 翔太郎
Shotaro Maki

瀬尾 有輝
Yuki Seo

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、ミリ波帯無線通信の研究が盛んに行われている [1]。ミリ波帯の送信機においては、帯域内の出力に現れる不要波が EVM を劣化させる原因となるため、校正を行うことが必要である。本研究では主に不要波の検出方法について検討する。

2 不要波の検出手法

送信機に 1 トーンの信号を入力すると、図 1(a) のように所望波のほかに、ローカルリーク、イメージ信号という 2 つの不要波が発生する。前者はミキサの DC オフセットやばらつき、後者は I/Q ミスマッチが原因となって発生する。64QAM 変調方式で送受信することを想定し、不要波は所望波に比べて 40 dBc 以上小さいことが求められる。

送信機の出力に現れる不要波の検出には、二乗検波器を用いることが有効である。ミリ波帯の信号を直接 AD 変換することは困難であるが、検波器を利用し、これを時間軸に対して二乗すると、不要波の信号成分をベースバンド帯に落として観測することが可能になる。式 (1) は送信機出力を表しており、これを検波器に入力すると式 (2) のような出力が得られる。この関係は図 1(b) のようにも表される。ただし、 A_O 、 A_{LO} 、 A_{IM} はそれぞれ、所望波、ローカルリーク、イメージ信号の大きさである。

$$x(t) = A_O \cos(\omega_{LO} - \omega_{BB})t + A_{LO} \cos \omega_{LO}t + A_{IM} \cos(\omega_{LO} + \omega_{BB})t \quad (1)$$

$$x(t)^2 \approx \frac{A_O^2}{2} + A_O A_{LO} \cos \omega_{BB}t + A_O A_{IM} \cos 2\omega_{BB}t \quad (2)$$

検波器への信号の供給の方法として、電力増幅器とアンテナの間にカプラを挿入する方法、送信機出力を伝送線路で分岐させる方法がある。前者の場合、カプラの面積が大きいこと、またパワーロスが大きいといった問題があるため、本研究では後者の方法を採用した。具体的には、図 2 のように、電力増幅器最終段のドレイン側から電源へと伸びている伝送線路を分岐させ、それぞれアンテナ、検波器へと接続する。

図 3 に、検波器への分岐がある場合とない場合の送信機の出力電力をシミュレーションで比較したグラフを示す。分岐によるロス は 0.3 dB 程度であることがわかる。

3 実測の方法と結果

図 4 に、検波器を接続した電力増幅器に所望波と不要波の 2 つの成分を入力し、不要波の大きさを変えながら検波器の出力を測定した結果を示す。横軸が所望波と不要波の比である。このグラフより、40 dBc までの小さな不要波を検出することが可能であることが分かる。

4 まとめ

ミリ波帯送信機における不要波校正手法について検討した。また、二乗検波器を用いた手法で、不要波の検出が行えることを実測により確認した。

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、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じ、日本ケイデンス株式会社、メンター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。

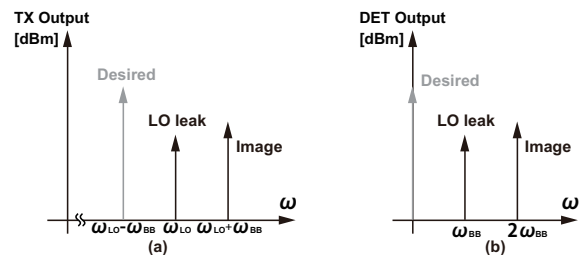


図 1 送信機出力および検波器出力における不要波成分

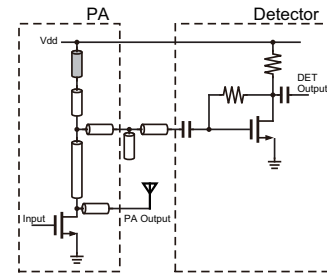


図 2 検波器の構成

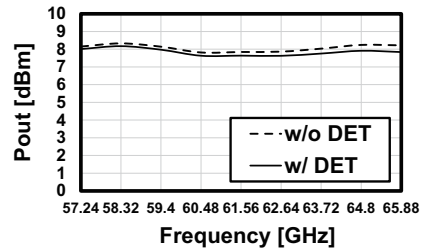


図 3 検波器の有無による送信機出力電力の変化

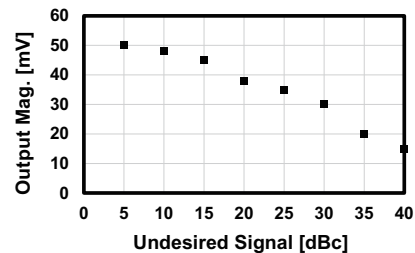


図 4 検波器出力における不要波の検出結果

参考文献

- [1] K. Okada, et al., "A 64-QAM 60GHz CMOS Transceiver with 4-Channel Bonding," in ISSCC, Feb. 2014.