

広帯域受信機における高調波および相互変調歪の検討

Study of Hermonic and Inter Modulation for Wideband Receiver

金丸 正樹
Masaki Kanemaru

伊藤 猛
Takeshi Ito

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、無線技術の発達により様々なアプリケーションに無線通信が利用されている。これに対し、複数のアプリケーションに対応したマルチバンド無線端末への要求が高まっている。マルチバンド無線端末を実現するためには低雑音増幅器 (LNA) やミキサ、発振器等の広帯域化が必要である。広帯域なシステムでは狭帯域とは異なった課題が発生する。その一つとして歪の問題が挙げられる。本発表では、特にダイレクトコンバージョン方式を用いた広帯域受信機において非線形歪の解析を行う。

2 3次高調波の与える影響

狭帯域のシステムでは高調波は帯域外に存在し、十分に減衰されている。しかし、広帯域のシステムでは比較的低周波の信号に対して、高調波の影響を考慮する必要がある。図1に示すような受信機に中心周波数 f_0 の信号およびその近傍にブロッカが入力されたとする。このとき、3次の相互変調により、所望信号の3次高調波 $3f_0$ を中心に歪みが発生する。ミキサには、LO信号として周波数 f_0 の矩形波が入力される。したがって、 f_0 のみでなく奇数次の高調波成分もダウンコンバートされ、ベースバンド信号に重なる。理想的な矩形波のフーリエ級数展開における3次の項の係数が $1/3$ であることを考慮すると、妨害波の信号レベルは次の様に計算できる。

$$P_{3f_0}[\text{dBm}] = 3P_{\text{block}} - 2IIP3 - 10\log 3$$

$$IIP3[\text{mW}] = \left(\frac{1}{IIP3_{\text{LNA1}}} + \frac{G_{\text{LNA1}}}{IIP3_{\text{Mix}}} \right)^{-1} \quad (1)$$

ただし、 P_{block} はブロッカの入力レベル、 $IIP3_{\text{LNA1}}$ および $IIP3_{\text{Mix}}$ は LNA とミキサの3次の入力インターセプターポイント、 G_{LNA1} は LNA の利得を表す。

3 高調波抑制手法の検討

高調波の影響を軽減するアプローチとして、高調波抑圧機能を持ったミキサが提案されている [1]。30dB 程度の高調波の抑制が可能であるが、広帯域 LNA での高調波抑圧には不十分である。しかし、これだけでは抑制が不十分である。そこで図2に示すようにミキサの前段にチューナブル LNA を挿入することで、ミキサの入力における高調波を抑制し、3次高調波の影響をさらに低減できる。ただし、このアーキテクチャを用いた場合には LNA の2次歪みを考慮する必要がある。1段目の LNA では相互変調により $2f_0$ 付近に2次歪みが発生する。2段目の LNA を通過する際にチャンネル近傍の信号と $2f_0$

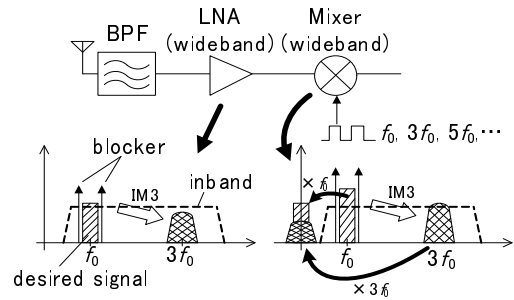


図1 広帯域受信機における高調波

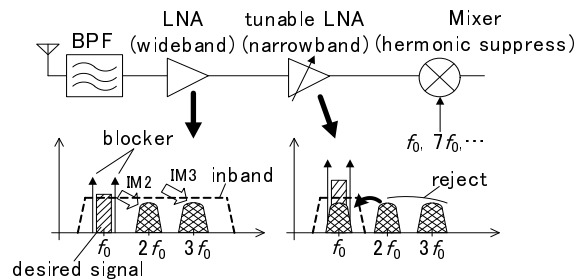


図2 チューナブル LNA を用いた3次高調波の抑制

付近の信号の相互変調によりチャンネル領域に妨害波が現れる。このとき妨害波の信号レベルは次式で表される。

$$P_{2f_0}[\text{dBm}] = 3P_{\text{block}} + G_{\text{LNA1}} - \frac{1}{2}(IIP2_{\text{LNA1}} + IIP2_{\text{LNA2}}) + 10\log 2 \quad (2)$$

ただし、 $IIP2_{\text{LNA}}$ および $IIP2_{\text{LNA2}}$ は1段目と2段目の LNA の2次入力インターセプターポイントを表す。

4 まとめ

本発表では広帯域受信機の設計における高調波の影響を検討した。3次高調波による妨害波レベルを求め、その抑制が必要であることを示した。また、チューナブル LNA を用いたアーキテクチャにおいては、それぞれの LNA の2次歪み性能が重要であることを示した。

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』、日本学術振興会科学研究費補助金、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] R. Bagheri, "An 800mhz to 5ghz software-defined radio receiver in 90nm cmos," ISSCC Deg. Tech. Papers, pp. 1932-1941, Feb. 2006.