

無線通信用フィルタを最新式に改善する ソフトウェア定義のアナログ・フィルタ

Joel Brand

1. はじめに

フィルタは、無線システムの設計で見かける最も一般的な部品の1つで、主として、いろいろな発生源からの干渉を阻止するために使われる。増え続けるユーザに対して限られたスペクトラム資産を割り当てるためユーザー間の争いが増え、フィルタの需要も高まる一方である。最近では、携帯電話基地局や衛星システム、レーダー施設、他のタイプのアクセスおよびバックホール通信システムの間で発生する干渉は、よくあることである。通常、従来のフィルタではガードバンドが不十分なため、要求事項に対処できないことが多い。例えば LTE 基地局と衛星レシーバが Lバンド^{*1} 周波数帯を共有している地域にはいくつかある。

また 3.5GHz 近辺 (3550 ~ 3700 MHz) では、5G の運用、CBRS^{*2} 無線通信、軍用レーダが共存しようという試みがなされている。

この帯域内干渉に対応するため、調整可能な新しいフィルタ技術が市場で認められるようになってきているが、これはアナログ技術とデジタル技術両方の良いところだけを融合させたユニークなものである。

2. アナログ・フィルタ

無線機器業界では、ここ数十年の技術的進歩の恩恵を受け、オペレータや企業ユーザ、消費者向けの製品とサービスに劇的な改善があった。これには、真空管からトランジスタや集積回路までの進展、基幹系無線システム (Trunked radio system)、移動無線システム、デジタル無線システムの開発、一般消費者向けの免許不要局の増加などが含まれる。

だが、干渉を除去し無線スペクトラム資産の有効活用を確保するアナログ RF フィルタは、依然として優れた性能と大きさ/重さを持ち、製造の限界があるアナログ時代の技術に基づいている。

従来の無線フィルタには、遷移バンドまたはガードバンド、つまり排除バンド (不要な信号が阻止される) からパスバンド (希望信号のパスを許容) へと損失が減少していく周波数範囲が必要となる。実際には、ガードバンドは従来のフィルタの鈍い動作に対応するために

犠牲にされるスペクトラムの範囲である。

従来のアナログ・フィルタに関するもう1つの制限は、本質的に特定の周波数に対するフィルタなので特定の用途ごとに設計し製造しなければならないことである。ある用途で異なる時間にそれぞれ違う周波数の信号を阻止し、次にフィルタバンクが要求される場合、回路切り替え可能な複数のフィルタを装備した機器が必要だろう。

しかし従来のフィルタの最も大きな問題は、しばしば十分に信号を阻止できないことである。これは、干渉する信号が希望信号の周波数に近すぎる、干渉する信号の発生源が受信機に近すぎる、干渉する信号が単純に強すぎるなど、いくつかの理由で起こる。

3. デジタル・フィルタ

デジタル・フィルタは例えば、有限インパルス応答 (FIR: Finite Impulse Response) または無限インパルス応答 (IIR: Infinite Impulse Response) のアーキテクチャに基づいて広く利用でき、実際にあらゆるデジタル・サブシステムの一部として広く使われている。このフィルタは、信号を成形する能力に非常に高い適応性がある。本来、デジタル・フィルタは元のアナログ信号のデジタル的なサンプルに作用する。言い換えると、どんなデジタル操作であっても、信号に適用される前にサンプリングし、デジタル表現に変換する必要がある。この過程は時間がかかるだけでなく、元の信号の解像度 (ダイナミックレンジ) も低下させる。というのも、アナログ-デジタル変換器 (ADC) の分解能が有限のビット数のみを有するからである。いったんデジタル表現に変換できれば、デジタル・フィルタ (つまり主としてサンプルの数学的な操作のセット) に適用できる。

このプロセスであっても、あらゆる加算または乗算によって CPU サイクルを消費するため時間はかかる。デジタル処理は本質的に、アプリケーション内にあるべきデータ経路での待ち時間の原因となる。本来のアナログ信号の伝搬速度を考えると、これは RF アプリケーションの課題となることが多い。最後に、システムが希望する出力が (送信機と同様) RF アナログ信号でなければならない場合、デジタル・

[※訳者注 1] IEEE のマイクロ波の周波数分類で、Lバンドは1~2 GHz帯域を表す。

[※訳者注 2] CBRS (Citizens Broadband Radio Service) は、周波数範囲3550~3700 MHzの3.5GHz帯で運用される無線通信サービスで、FCC規則のパート96で規定されている。