

F1 DSPを用いたソフトウェアラジオに関する研究

浅野 貴年 アサノ デービッド 井澤 裕司

信州大学大学院工学系研究科情報工学専攻

1. はじめに

現在、携帯電話、PHS などの通信機器は急速に発展している。それに伴い多種多様な通信方式が、様々な地域で開発されており、各地域の通信方式に合ったハードウェア（電話機）でないと使用できない。当然、通信方式が変わればハードウェアを交換せざるを得なくなる。通信機器を交換することなく通信できるのであればその技術は有用である。そこで、本研究では信号処理をソフトウェアで処理することにより通信方式に対応した通信機器を作成することを目的として、DSP (Digital Signal Processor) を用いたソフトウェアラジオの基礎検討を行う。

2. ソフトウェアラジオ

2.1 概 論

従来の無線システム（図 1 参照）は、RF (Radio Frequency) アンプ、ミキサ、バンドパスフィルタ、IF (Intermediate Frequency) アンプなどの処理をアナログ技術で構成してきた。このシステムで複数の通信方式に対応した受信器を作ることも可能であるがその数に比例したコンポーネントが必要となるため、構成面やコスト面を考えるとハードウェアで組み込むよりもソフトウェアで機能を変更する方が良い。理想的なソフトウェアラジオでは RF のアナログ信号を直接デジタル化して処理する。しかし、これは数百 MHz から数 GHz の RF を直接アナログデジタル変換する必要があり、現在そのような高周波を直接デジタル変換する素子が存在しないので、現時点では実現不可能である。そこで、本研究では現在処理可能な周波数まで落した中間周波数を用いて原理実験を行う。

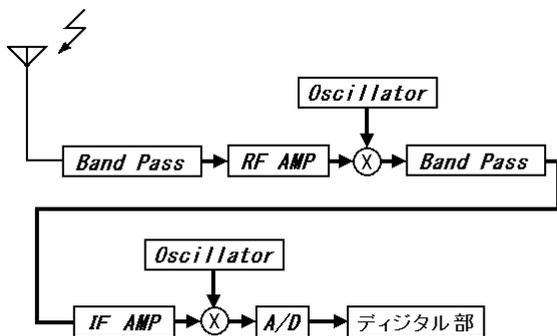


図 1 従来の無線システムの例

2.2 DSP を用いた演算処理

リアルタイムで信号処理を行うためには、ハードウェア演

算並みの高速な演算処理能力が要求される。それをソフトウェアで実現するためには小数点演算を高速に行わなければならない。そこで、デジタルフィルタなどの信号処理に欠かせない乗算を主とした繰り返し演算を高速に処理することを得意とし、また、C 言語やアセンブラによりフレキシブルに開発ができるということから DSP を用いる。本研究では日立製の SH-4 マイクロプロセッサを用いる。特徴は、浮動小数点演算ユニットを搭載しているため高速な単精度、倍精度の浮動小数点演算を行える。また、C 言語による開発をサポートしていて、自動的にプロセッサ用のコードに変換してくれる。

3. 本研究の実験システム

本実験システムを実現するためには、現在のデジタル変換技術で処理可能な周波数まで下げなければならない。この避けられない条件を基にしてシステムを設計した。

3.1 実験システムの構成

このシステムの狙いとしては、アナログ処理部ですべての信号を受け入れ、プログラミングで決定されたプロセッサの処理により特定の信号を受信することにある。また、今回は基礎検討なので受信しやすく変換処理の少ない AM ラジオを受信する実験を行う。本実験システム構成図を図 2 に、また、実験で用いる各素子の仕様を表に示し動作を簡単に説明する。

表 各素子の仕様

	性能	ビット数
A/D 変換	~28MHz	12bit
D/A 変換	~80MHz	10bit
プロセッサ	200MHz	20bit (入出力ポート)
発振器	1~67MHz	24bit (1Hz ステップ)

アンテナから取り込まれた信号は RF アンプで増幅され、発振器から発生させた周波数で中間周波数まで落とす。高周波成分を取り除いた後、A/D 変換を行いプロセッサにデータを送る。ここまでが中間周波数に落とすために必要となるハードウェアでのアナログ処理である。A/D 変換された後、プロセッサに送られたデータをプログラミングによるバンドパスフィルタを通して信号を復調し音声を出力する。受信したい信号の選択はホスト PC からシリアルポートを経由してプロセッサに送られるシステムである。今回は AM ラジオの選局だが、この手法は受信したい信号の周波数をホスト PC から制御できるため、様々な通信方式の信号に対応できる。

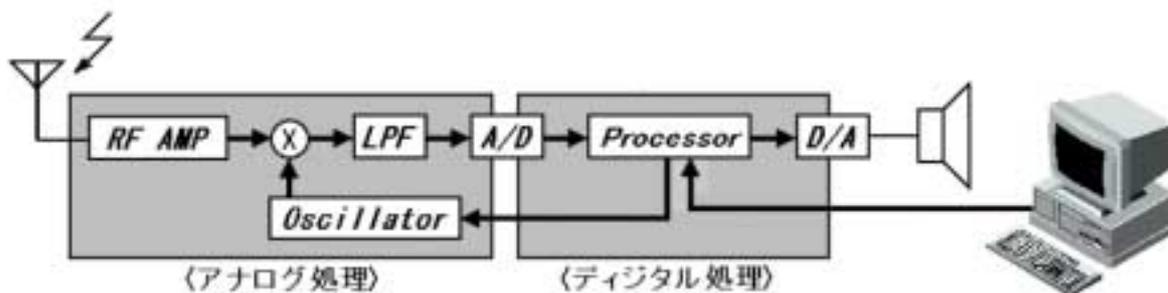


図2 本研究の実験システム

3.2 ソフトウェアによる信号処理

プロセッサに入力される信号には、様々な周波数の信号が混在している(図3(a))。その中から受信したい信号をバンドパスフィルタで取り出す(図3(b))。AM波を取り扱うので、全波整流(図3(c))、移動平均(図3(d))処理を経て出力にわたす。

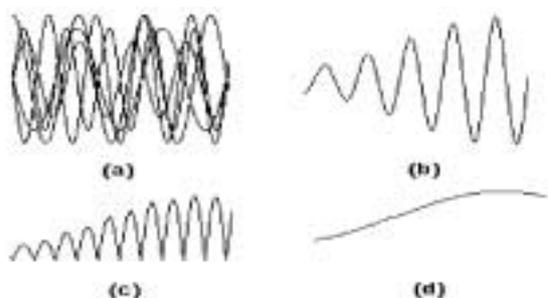


図3 ソフトウェアによる信号処理

3.3 実験装置

設計した実験システムを基に実験装置を構築した。図4に示す装置は、各素子の動作電圧が異なるため電圧変換のインターフェイスを加えている。すべて配線済だが動作の確認を単純にするため、オシロスコプからの発振周波数は固定で受信実験を行う。



図4 実験装置

4. 実験と考察

実験は、NHK 第1(長野: 819 kHz)を受信する。AM音声を出力することを考慮し、中間周波数は20 kHzとする。A/D変換は100 kHzでサンプリングを行う。上記から、100 kHzの割り込みで20 kHzのバンドパスフィルタを作成した。バンドパスフィルタはIIR(Infinite Impulse Response)で、減衰率を高くするため6次バターワースを用いた。しかし、A/D変換からプロセッサ、プロセッサからD/A変換の処理が正常に動作しておらず、バンドパスフィルタの性能を確認できない。そのため、本実験システムの有用性を示すまでには到っていない。変換処理が正常に動作するとしてフィルタリング処理を考えてみる。本実験システムと従来のシステムと大きく違うところは、アナログ処理において同調を行うことなく処理し、いかなる信号をも受け入れてしまう点である。そのままバンドパスフィルタを通すだけでは、中間周波数の生成による折り返し雑音の影響などを受けてしまう。この問題をフィルタリング処理の中で解決する手法を考える必要がある。それと同時に、アナログ処理で解決する手法も考え、双方から検討することにより本実験システムの有用性を示したい。

5. まとめ

DSPを用いたソフトウェアラジオシステムを提案した。このシステムは、飛び交っている信号すべてをアンテナから取り込み、受信したい信号を選択により取り出し、通信方式にあった適応処理をソフトウェア上で行うことで通信できる。つまり、通信方式に依存しない通信機器が可能となる。

文 献

- [1] 山口, デジタル信号処理の基礎, 丸善, 1995
- [2] 尾知, デジタルフィルタ設計入門, CQ出版, 1990
- [3] 春山: "ソフトウェア無線", 情報処理学会, March 1999, pp.333-336
- [4] 斎藤: "デジタル無線通信の変遷", 電子情報通信学会, 1997
- [5] 竹内, 井澤, アサノ: "FPGAを用いたプロセッサとソフトウェアの最適化 ソフトウェア・ラジオへの応用" PCカンファレンス, 1999, pp.95-96