

信号処理システム設計を体験する

—シミュレータで設定を変えながらデジタルPLLの動作を解析

ルーウィ ヴアレニャ

ここでは、同期検波用の全デジタルPLL (phase-locked loop) を例に、評価版のシミュレータを使いながら、信号処理システムの動作を確認する。PLLは、通信回路やクロック回路などに利用される重要な回路である。シミュレータを使うことで、PLLのさまざまな動作を視覚的に確認することができる。なお、本稿で説明する作業に必要な評価版ツールや設計データは、すべて本誌付属のCD-ROMに収録されている。(編集部)

無線通信システムでは、送信側と受信側が空間的に離れています。そのため、ほとんどの場合、使っている基準クロックは独立しており、周波数が一致していません^{注1}。送信側と受信側の周波数(位相)を正確に合わせる必要がない応用もありますが(例えば、低コストのAMラジオなど)、無線LAN(local area network)や携帯電話などでは周波数を合わせるために同期検波がよく使われます。同期検波の

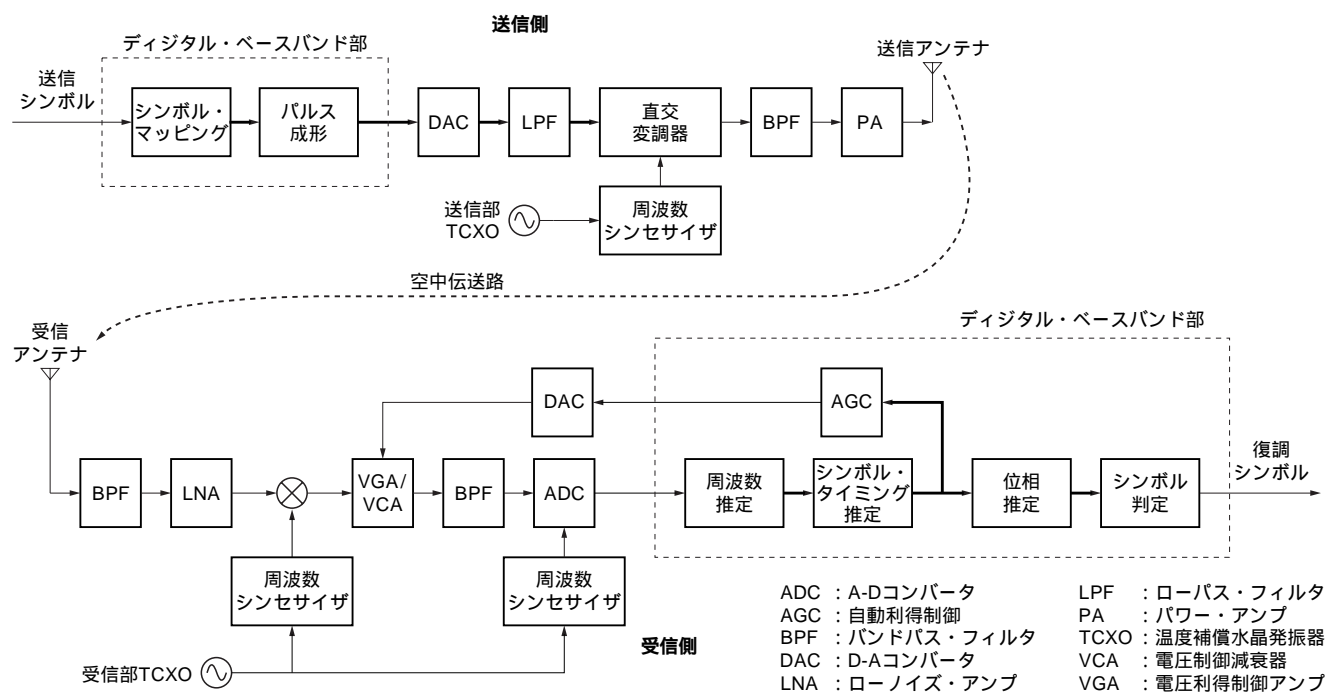


図1 無線通信システムの概要

太い矢印は複素信号を表す。送信側と受信側が利用している基準クロック(TCXO)は完全に独立しているため、まったく同じ周波数にはならない。同期検波では、受信側の搬送波の周波数と受信した搬送波の周波数が異なる場合がある。また、伝達遅延によって位相が変わることもある。送受信双方が利用しているタイミング基準(例えば、温度補償水晶発振器)の周波数の標準値は同じであっても、温度、電源電圧、湿度などによって周波数誤差が生じることもある。

注1: 例えば、送信側と受信側がGPS信号を利用すれば、周波数を合わせられる。しかし、応用によってはドップラ・シフトが生じ、受信側がGPS信号から生成したリファレンスの周波数と受信した搬送波の周波数が異なる場合がある。また、伝達遅延によって位相が変わることもある。送受信双方が利用しているタイミング基準(例えば、温度補償水晶発振器)の周波数の標準値は同じであっても、温度、電源電圧、湿度などによって周波数誤差が生じることもある。

一つの実装例がPLL (phase-locked loop)です。一般的な無線通信システムの構成を図1に示します。

このような複雑なシステムを正しく理解し、解析し、設計するには、シミュレーションは欠かせない手法です。本稿では、シミュレータを使って動作を解析しながら、同期検波用PLLについて勉強していきます。

● 信号処理シミュレータをインストールする

本誌付属のCD-ROMには、Windows XP上で動作する米国CoWare社のデジタル信号処理システム開発ツール「SPW 5-XP (評価版)」が収録されています。これを実際に動かしながら、本稿を読まれることをお勧めします。

本ツールをインストールするにあたって、評価用ライセンスを取得する必要があります。まず、コーウェア (CoWare社の日本人)のホームページ (<http://www.coware.co.jp/>)を開いて、「SPW 5-XP無償評価プログラム」のところをクリックします。そして、必須情報を記入し、[評価希望]ボタンを押します。HOST IDを聞かれますが、これはインストールするパソコンのMAC (media access control)アドレスです。MACアドレスを調べるには、Windowsのコマンド・プロンプト (DOS窓)でipconfig/allコマンドを実行します。「Ethernet adapter ローカル エリア接続」の「Physical Address」の部分がMACアドレスになります。3営業日中に30日間の評価ライセンスが電子メールで届き

ます。ライセンス・ファイルは適当な場所(「マイドキュメント」フォルダなど)に保存します。

本ツールをインストールする際には、まず、米国Microsoft社の「Visual Studio .NET」をインストールしてから、付属CD-ROMに収録されているCoWare_SPW5-XP_Installer.exeを実行します注2。必要な情報を入力して、インストールを進めていきます。インストールが終わったら、C:\¥Documents and Settings¥ユーザ名¥MyDocuments¥myworkspaceというフォルダが作成されます。これは本ツールのデフォルト・ワークスペースで、作成するファイルやシステムはこのフォルダに保存されます。付属CD-ROMの中のpll_demoフォルダに今回の例題に合わせたデモンストレーション・システムがあるので、myworkspaceフォルダにコピーしてください。

● シミュレーションを実行する

デスクトップにあるSPW 5-XPのアイコンをダブルクリックすると、ツールが起動します。ここで、左側にあるブラウザ領域 (ファイル・ツリー形式)のUser Libsのpll_demoの下にあるsym_timing_and_freq_errの「system」をダブルクリックしてください。図2のような画面が表示されます。

注2: Visual Studio .NETを所有していないが、SPW 5-XPを評価したいという方は、Microsoft社の以下のサイトでVisual Studio .NETの60日間限定評価版を購入できる。<https://s.microsoft.com/japan/ordercenter/developer/vs2003enteval.aspx>

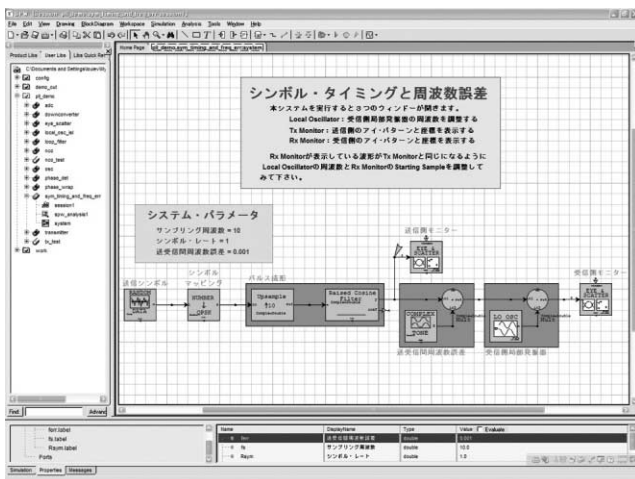


図2 SPW 5-XPの画面例

左側がファイル・ツリー形式のブラウザ領域、下が情報表示領域、中央(右上)がブロック図などを作成するデザイン領域になっている。システム・パラメータを変えると、そのパラメータを参照しているブロックも同時に変わる。ブロックをクリックすると、そのブロックのパラメータが情報ウィンドウに表示される。ダブルクリックすると、下の階層を開ける。最下層にあるブロックをダブルクリックすると、ソース・コードが表示される。

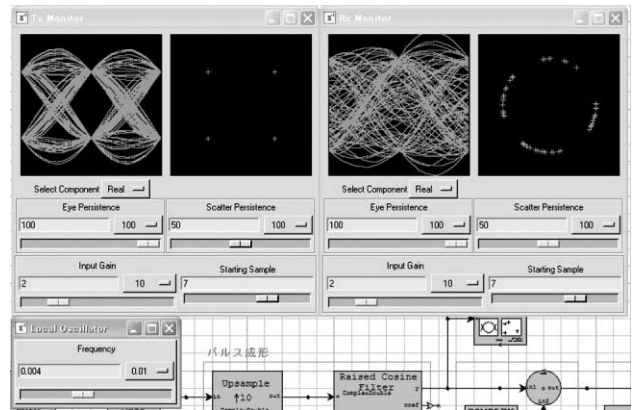


図3 シンボル・タイミングと周波数誤差

Tx Monitorの左にアイ・パターン (eye pattern)が、右に座標が表示されている。アイ・パターンとは、信号を時間軸上で決まった間隔で切って、重ね合わせた図である(ひし形の部分が「アイ」、つまり「目」)。本例ではQPSK (quadrature phase shift keying)が使われているので、四つの点が見える。この画面ではシンボル・タイミングはとれているが、周波数誤差が存在する。周波数誤差が残っていると、Rx Monitorの座標が回転しているように見える。