

ハードウェア技術者のための  
ツール・カスタマイズ入門— Verilog PLI, Java, TCP/IP を利用して  
画像応用向け検証環境を作成

古都哲生

ここでは、ハードウェア設計の知識のある技術者を対象に、市販ツールをカスタマイズして独自の検証環境を構築する事例を紹介する。ワークステーションで実行している Verilog-XL の結果を画像データに加工し、Ethernet 経由でクライアントとなるパソコンの画面に表示させる。Verilog-XL が備える PLI の機能を利用してカスタマイズした、画像表示ソフトウェアは Java 言語で作成した。なお、本記事で紹介したサンプルのソース・コードは、本誌付属の CD-ROM に収録されている。

(本誌)

ここ数年、SOC (system on a chip) という言葉が注目を集めています。システム全体のかかなりの部分を LSI で実現できるくらいプロセス技術の微細化は進み、LSI 設計者は年々規模の大きな回路を設計しなければならない、という状況にあります。そして、LSI の進化はコンピュータの進化とほぼ並行して進んでおり、シミュレータに代表される EDA ソフトウェアなしに LSI を開発することは不可能になっています。

LSI の回路設計において、シミュレータと呼ばれる EDA ソフトウェアには、アナログ回路シミュレータ、ゲート・レベル・シミュレータ、RTL シミュレータなどがあります。シミュレーションの結果はなんらかの方法で必ず人間がチェックする必要があります。しかし回路規模が大きくなるにしたがって、限られた期間やリソースで、その機能のすべてを確認することはむずかしくなっています。

## ●市販ツールは目的に合わせてカスタマイズして使おう

とくに画像や通信などを扱う LSI は、処理するデータ量が圧倒的に多く、画像データや通信データに関連する検証の工数が格段に大きくなっています。検証方法は、やはりテスト・パターンやテストベンチを用いた期待値比較の手法が主流ですが、画像用 LSI については、人間の視覚による主観的評価も行われます。一般に、市販のゲート・レベル・シミュレータや RTL シミュレータ (HDL シミュレータ) は、期待値

比較の手法を前提に開発されているように見えます。たとえば人間の視覚による主観的評価を行うための画像表示機能などを最初から備えているシミュレータはほとんどありません。しかし、画像用 LSI の設計者が画像による目視チェックを行わないわけにはいきません。一般には、シミュレーションを実行し、画像データをファイルで出力した後、別の画像表示ソフトウェアを起動して、その出力結果を確認するという手順をとっています。

さて、最近の市販シミュレータは、たいいてい機能追加のためのインターフェースを備えています。たとえば、ほとんどの Verilog-HDL シミュレータは PLI (Programming Language Interface) をサポートしています。これによって、C 言語などでインターフェースすることが可能になっています。しかし、国内のシミュレータ・ユーザがそれを利用している割合はあまり高くないようです (ASIC ベンダが ASIC ライブラリの機能を実現するために利用することはある)。

本来、設計ツールというのは、ユーザの設計方針にしたがってその作業負荷の軽減を図るためのものなのですが、現状では理想と現実のギャップは大きく、現実問題として、設計者が設計ツールの言いなりにならざるを得ない状況にあります。その一方で、シミュレータの機能を拡張するには、PLI の作法や C 言語の知識などが要求され、「ソフトウェア技術の専門家でない LSI 設計者が自力でツールをカスタマイズするのは無理である」、という思い込みがあるのもたしかです。

市販ツールは、数多くの開発者の意見を取り入れ、その機能を拡張してきています。その特徴を上手に利用するだけでもそれなりの効果は期待できるでしょう。しかし、個々の設計者がもっている設計手法や設計ノウハウをツールに反映させることができれば、さらに大きな効果が得られるはずです。たとえば、開発期間の短縮や設計品質の向上といった効果を期待できます。

では、市販ツールの機能拡張はハードウェア設計者にはできないことなのでしょうか？ 数年前なら困難であったことは

事実です。しかし最近では、ソフトウェア技術についての情報が公開されたり、無償で利用できるソフトウェア開発環境の入手が容易になったことなどから、市販ツールの機能拡張に対する敷居はかなり下がってきたのではないかと思います。

## ●ネットワーク対応の画像応用向け検証環境を作成

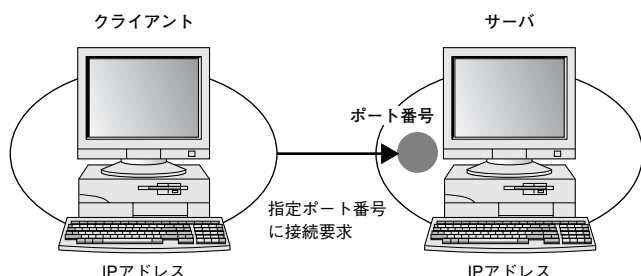
さて、ここでは、LSI 開発の際によく利用されている米国 Cadence Design Systems 社の論理シミュレータ「Verilog-XL」に拡張を施し、画像応用向けの検証環境を構築する事例を紹介します。画像表示ソフトウェアは Java 言語で作成しました。Verilog-XL と Java アプリケーションはネットワークを介して通信します。最近では広く普及している TCP/IP の一部の機能を利用しています。ここでは、ネットワーク技術の話にも少し触れてみたいと思います。

なお、本記事で紹介しているプログラムは、本誌付属の CD-ROM に収録されています。これらのプログラムは、その機能の理解のしやすさを優先しているため、商用プログラム・レベルのエラー検出やエラー・リカバリなど、フェイル・セーフのための機能を組み込んでいません。また、そのプログラムのテストも商用プログラム・レベルで行っているわけではありません。実際の業務で使用する際には、各人の環境で十分にテストしてから導入するようにしてください。とくに、今回のプログラムは、ネットワークになんらかの障害が発生した場合、シミュレーションの実行を阻害してしまうことがあります。

また、今回は誌面の都合で、記載されているプログラムの詳細な説明は割愛しています。詳細は、ツールやソフトウェアに付属するドキュメントなどを参照してください。

## 1. ネットワークの基礎知識

今回紹介しているプログラムは、ネットワークを利用しま



〔図1〕 TCP/IPによる接続イメージ

クライアント、サーバともに IP アドレスをもつ。クライアント・マシンがサーバ・マシンの IP アドレスとポート番号を指定することによって接続を要求する。サーバ・マシンはその要求を受けることでソケット・コネクションが成立し、クライアント・サーバ間でコミュニケーションできるようになる。

す。ネットワークに関して詳しく説明をし始めると、いくらページがあっても足りないので、ここでは非常に基本的なことに限定して説明していきます。

## ●IPアドレスを頼りに通信を実現するTCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) という言葉は、ワークステーションやパソコンを使っている方であればご存じだと思います。近年のインターネットの発展も、TCP/IP という通信プロトコルが存在したおかげ、と言っても過言ではないでしょう。

ネットワークの話を始めると、必ずネットワーク・アーキテクチャ・モデル、すなわち 7 層に分かれた OSI 参照モデルについて解説するべきなのだと思いますが、ここでは実用面に絞って、最低限知っておかなければならない事項だけを説明します。

TCP/IP を一言で説明すると、「それぞれの機器に付けられた番号 (IP アドレス) を頼りに、データ損失のないコミュニケーションを実現する約束事」、ということになります。IP アドレスとは、192.168.xxx.xxx というような四つの整数を . (ドット) でつないだ番号です。

TCP に対抗するプロトコルとして、UDP (User Datagram Protocol) があります。これは、プロトコルとしては TCP よりも軽いのですが、データ損失やデータの順番を保証しないという特徴をもっています。ここでは UDP は扱いません。以後、通信プロトコルは TCP であることを前提に話を進めます。

TCP/IP によるコミュニケーションは、IP アドレスを頼りに行われると説明しましたが、じつは「ホスト名 (たとえば www.cqpub.co.jp という文字列)」を IP アドレスの代わりに使用することも可能です。ただし、その場合は、DNS (Domain Name System) という機能が存在する必要があります。今回使用しているサンプル・プログラムでは、ホスト名はそのライブラリのなかで勝手に処理されます。わざわざプログラムのなかで DNS の処理を行う必要はありません。

TCP/IP でコミュニケーションを行うためには、ポートという概念が重要になります。ポートとはアプリケーションを区別するための窓口のようなものです。ポート番号によって、ネットワークを介して機能を実現するアプリケーションを区別しています (図 1)。たとえば、80 番は WWW を実現する http (hyper text transfer protocol) に割り当てられており、ファイル転送を行う ftp (file transfer protocol) には 21 番が、ネットワークにつながれたコンピュータの遠隔操作を行う telnet には 23 番が割り当てられています。このような主要なアプリケーションに割り当てられているポート番号は、ウェルノウン・ポート番号と呼ばれます。