

# 組み込みの世界を整理 してみる

熊谷 あき

組み込みシステムや組み込み機器とは何かと言われると、だいたいイメージするものは同じようでも、具体的に線を引くとすると、人により微妙に線引きが異なる場合がある。本章では筆者なりの分け方で組み込みシステムを分類してみる。そして採用されているCPUやOS、そして搭載されているバス/インターフェースの三つの観点から、組み込みの世界を整理してみる。  
(編集部)

## はじめに

組み込み機器とは何か？

組み込み機器、組み込みシステムとはどのようなものか、組み込み分野とはどこまでかといった線引きは、人によりそれぞれ微妙に違う場合が多々あります。筆者は『ソフトウェアを固定(組み込んで)して使う機器』は、すべて組み込み機器であると考えています。この定義から、アプリケーションをあとからユーザの手で自由にインストールできるPCは、組み込み機器ではありません。またPDAの中には最初からインストールされているスケジューラやアドレス帳以外に、アプリケーションをインストールできるものがありますが、これも組み込み機器の範ちゅうからはずれてきます。しかし、採用されているOSやハードウェアがPCやPDAと同じであっても、アプリケーションを後からインストールできない、特定の用途にのみ使うことを想定して設計された機器は、組み込み機器であると思います。

...といいながら、最近の携帯電話はiアプリといったように、後からソフトウェアをダウンロードできるものが増えています。でも、携帯電話はやはり代表的な“組み込み機器”だと思います。そのようなわけで、筆者の定義には、まだまだ矛盾があるようです。

組み込みの“いろは”を知らないと...

筆者はこの業界で約十年ほど仕事をしてしていますが、システム開発時の打ち合わせの席などで、ちょっとバランス感覚が悪いなと思う人を時折見かけます。

「そのCPUはちょっと速すぎる(または遅すぎる)ような...」、「そのOSを使うんじゃミドルウェアはどうするの?」、「その接続にそのインターフェースは使わないだろ...ふつ〜」、などです。

本誌の読者は、マイコンのハードウェアやソフトウェアの開発者が多いと思いますが、CPUやOSの選択は、技術的にはさまざまな観点から十分に検討されるべきものです。また最近のシステムは単独で動作するだけでなく、ネットワーク機能など

でさまざまな機器と接続する場面も増えています。接続インターフェースにはさまざまな種類があるので、どのような用途にはどのインターフェースが適しているかをよく考えなければなりません。

以降では次の3点に注目して、組み込み技術の世界を見てみることにしましょう。

- ▶ いろいろなCPU
- ▶ いろいろなOS
- ▶ いろいろなバス/インターフェース

## 1 規模の大きなシステムの例

とある娯楽施設にて...

以前筆者が利用したことのあるとある娯楽施設でのことです。入り口にタッチパネル式の券売機がありました。それは、そこで磁気式のカードを発券してもらい、入退場時にカードを提示するという、よくある機器でした。

入場券購入のときのことで、筆者の番になってその券売機の前に立つと、直前の利用者のときに問題があって再起動したのか、タッチパネルの画面にいつも見慣れたWindowsの起動画面が表示されていました。しばらくすると、これまた見慣れたデスクトップ画面が一瞬だけ表示され、次の瞬間には画面いっぱい「しばらくお待ちください」という表示が出た後、やっと券売機の画面が表示されました。この機器はWindowsベースで動作していることがわかりました。

また、ここで発行される磁気カードは、施設への入退場時だけでなく、施設内のさまざまなところで使うカードで、人数限定のアトラクションなどではあらかじめ予約もできるようになっているそうです。そのような点から、この券売機は入金確認と発券だけを行う単独の機器ではなく、中央にあるサーバと通信を行い、予約のある入場者がどうかを確認したり、それに応じて券を発券するなど、システム全体では、大規模なものに

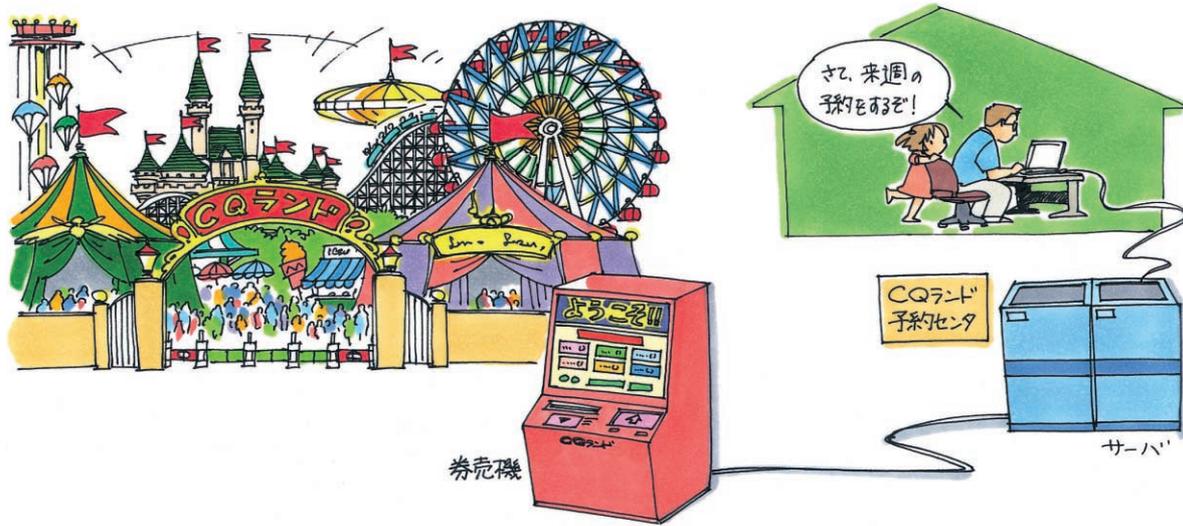


イラスト1 とある娯楽施設と券売機システム

なっていることが予想されます。

広義の意味では、このシステム全体も組み込みシステムといえるでしょうが、この規模になると組み込みシステムとは呼ばれないのが一般的でしょうか。利用者が1日数千から数万というオーダになると、券売機の数だけでも数十台、センタのサーバはそれこそラックマウント式で、複数のCPUを搭載した大容量のサーバ・マシンが使われ、組み込みというイメージからどんどん遠のきます。

しかし、このシステムの中の1台の券売機に注目すれば、それはそれだけで立派な組み込み機器であるといえるでしょう。

#### 券売機に Windows を使うメリット

全体のシステムの規模が大きくなればなるほど、端末には Windows などの規模の大きな OS が採用される傾向があるようです。たとえば先ほどの券売機では、なぜ Windows が使われているのでしょうか。

理由としては次のような点が挙げられるでしょう。

- 高度な GUI を必要とする
- サーバと通信する

先の券売機は、1日券や2日券、回数券というように券の種類やオプションを選択するため、いくつかのメニュー構造が必要です。また、画像によるメニュー表示だけでなく、入場者が操作にもたついていると、そのとき表示されているメニュー内容に合わせて音声ガイドも流れてきます。しまいには画面の一部に操作方法を説明するアニメーション表示が、それも CG ではなく実写の動画で再生されます。

コスト削減の要求から、券売機付近の説明案内要員を極力減らすことになっているのでしょう。その替わり説明員がいなくても操作できるよう、さまざまなサポート機能を券売機に盛り込む必要が出てきます。このような音声や動画も含めた高度な GUI を扱うためには、マルチメディア機能を扱えるだけのリ

ソース(メモリや音声/動画再生機能のためのハードウェアなどの資源)が必要です。

また、予約確認などのためにサーバと通信する必要があります。このあたりは、まさにクライアント/サーバ・システムそのものです。

このようなシステムの開発であれば、一般的な PC を使ってそのままアプリケーションを開発し、作成したプログラムを券売機の中の PC にインストールすることができるので、開発効率がよくなるわけです。

#### Windows を使う場合のデメリット

Windows を採用すると、GUI や音声や動画や通信も簡単に

### コラム①

#### 非 x86CPU で動作する Windows

Windows と名のつく OS には、Windows CE という名前のついた x86CPU 以外の CPU でも動作する "Windows が存在します。以前は、SH、MIPS 用の Windows CE がありましたが、最新のバージョンでは ARM(と x86)用のものが用意されているようです。

ARM 用の Windows CE は、PocketPC と呼ばれる PDA で採用されています。業務用では、バーコード・リーダの読み取り部と一体型になった専用の携帯機器などがあり、物流システムの端末などで使われているようです。

x86 以外の CPU を使った機器は、低消費電力であるという特徴があります。よって、バッテリー駆動で動作する携帯機器や、発熱が問題になるような環境で使うことを要求されながらも、Windows などのマルチメディア機能や通信機能が必要となる場合に採用することが多いようです。

扱え、アプリケーションの作成が容易であるなら、GUIを持ち通信を行うすべての組み込み機器でWindowsが採用されていてもよさそうなものですが、実際にはそうでない分野もたくさんあります。

まず、Windowsを動かすにはx86系のCPUでPC/ATアーキテクチャを採用した、いわゆるPCプラットフォームである必要があります。後述する一般的な組み込み機器では、より低消費電力が要求されるので、PCのような数十Wの電力を消費するような機器は使えない場合が多々あります。

また、Windowsをストレスのない速度で動作させるには、高速なCPUと大容量のメモリやHDDが必要ですし、OSの起動に時間がかかったり、いきなり電源を切れないなど、組み込み用途では使いにくい面が多いのも事実です。

## 2 中規模のシステムの例

### DVD/HDDビデオ・レコーダの例

先日筆者も、ちまたで流行のDVD/HDDビデオ・レコーダを購入しました。Ethernetを搭載していて、ネットワークに接続できるタイプです。

メーカーのリリースには謳われていませんが、カバーをあけてみた人などの話では、中身は動作周波数200MHz程度の32ビットRISC CPUが使われており、メモリは数十Mバイト程度のSDRAMが実装されていると聞きます。そしてOSはLinuxが採用されているとのこと。

これらの機器は最近では情報家電と呼ばれるようですが、このような機器ではそれなりに処理能力が必要となります。しかし、あくまで家電機器なので、低コストで低消費電力であることも必要です。秋葉原で数万円で販売され、巨大なヒートシンクが必要なPentium4などは採用できません。100MHzや200MHz程度で動作する32ビットRISC CPUが使われるのが一般的です。

もちろんすべてのDVD/HDDビデオ・レコーダに、32ビット

RISC CPUが使われているとはいいません。有名なところではNECのAXシリーズのような、中身はPC/ATアーキテクチャそのもので、OSとしてLinuxが用いられているようなDVD/HDDビデオ・レコーダもあります。ただし、PC/ATアーキテクチャを採用しているからといって、CPUが3GHz動作のPentium4かといえばそうではなく、1GHz程度の組み込み向けに適した低消費電力なCPUが採用されています。

### なぜEthernetが使われるのか

これまでのAV機器は、ネットワーク機能は実質的に皆無でした。一部、ビデオ・カメラとビデオ・デッキを連携させてビデオ編集を簡単に行うためのコントロール端子といったものもありましたが、今でいうネットワーク機能と比べれば、おもちゃのような簡易的な通信機能でした。

そこへ、「LAN経由で動画を転送」や「メールで予約録画設定」といったことを実現するには、より本格的なネットワーク機能が必要になります。ネットワークとは相手があってそれと接続するものであり、独自のネットワーク機能では話になりません。その意味において、今日一般的に使われているネットワーク・インターフェースといえば、Ethernetであり、その上に流れる通信プロトコルであるTCP/IPによる通信処理が必要となるわけです。

### なぜLinuxが使われるのか

これまでまともなネットワーク機能がなかったところへ、いきなりEthernetだのTCP/IPだのが必要になったとしても、それを一から作成していたのでは、開発期間もコストもかかってしまいます。かといって、Windowsを採用するにはCPUの性能やメモリといったハードウェア・リソースが足りません。第一、PC向けのWindowsは、x86系CPU以外では動作しません。

このような理由から、最近ではLinuxが採用される場面が増えています(写真1)。LinuxはPCの世界でも使われているので、EthernetやTCP/IPについては十分な信頼性があります。もちろんx86以外のさまざまな32ビットRISC CPUにも移植され、動作実績もあります。

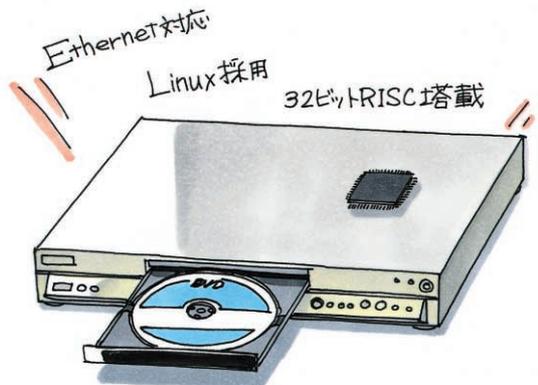


イラスト2 32ビットRISC CPU + Linux搭載の情報家電

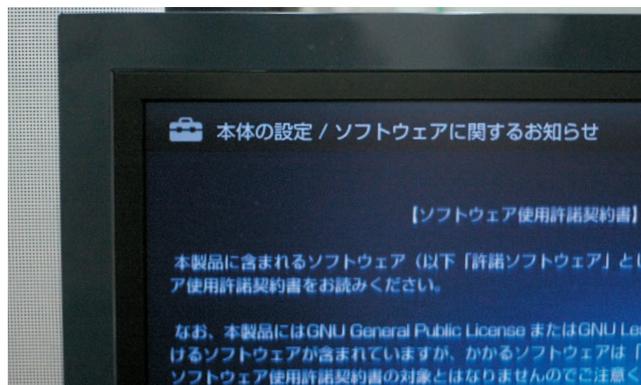


写真1 Linuxが搭載されている液晶TV(GPLの表示メニューがある)



イラスト3 4ビット/8ビット・マイコン搭載の白物家電

### 3 規模の小さなシステムの例

#### 白物家電に使われるCPU

エアコン、洗濯機、電子炊飯器などは、白物家電の代表です。これらの機器も立派な組み込みシステムです。これらの機器は情報家電よりも厳しい低コスト化や低消費電力化が求められています。

この分野では、もはやPC/ATアーキテクチャは太刀打ちできません。しいて言えば、低消費電力版の8086をコアにした組み込み制御用コントローラがあるかもしれませんが、それはもはやPC/ATではありません。

使われているCPUとしては、高性能なものでは16ビット・マイコンやDSPが使われている場合もありますが、ほとんどが4ビットや8ビットのマイコンです。

#### OSを使わないシステムも多い

4ビットや8ビット・マイコンでメモリが数Kバイト程度の場合は、OSを使わない場合もあります。機能が絞られていて、CPUは一つの処理だけを担当すればよい場合などは、OSを使わずにシングル・タスクでプログラムを記述できるので、OSを使う必要がありません。またこのクラスでは、メモリ容量に制限があり、OSの採用をあきらめざるを得ない場合もあります。

#### 低速な通信インターフェースが多い

このクラスはCPUの処理性能もメモリも少ないので、データ転送性能が高い高速で大容量なインターフェースを採用することはありません。

家電機器で通信というと、リモコンも通信インターフェースの一種となります。一般的なリモコンには赤外線が使われており、シリアル通信の一種に分類されます。

### 4 CPUのいろいろ

世の中にはさまざまな種類のCPUが存在します。分類の方法にはいくつか考え方がありますが、ここでは次のようにCPUを分類してみました(図1)。

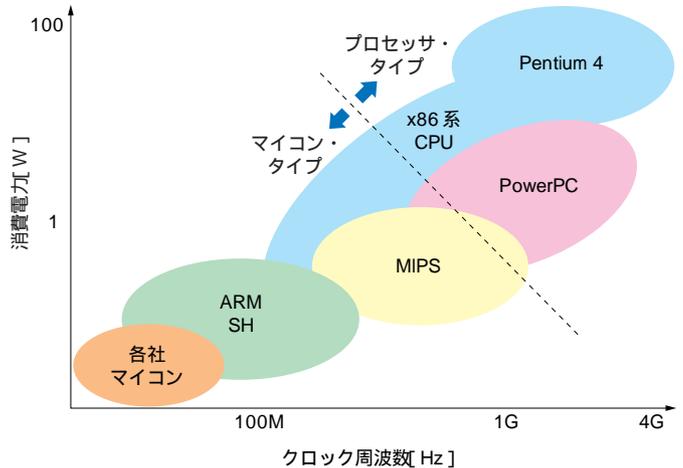


図1 CPUのいろいろ

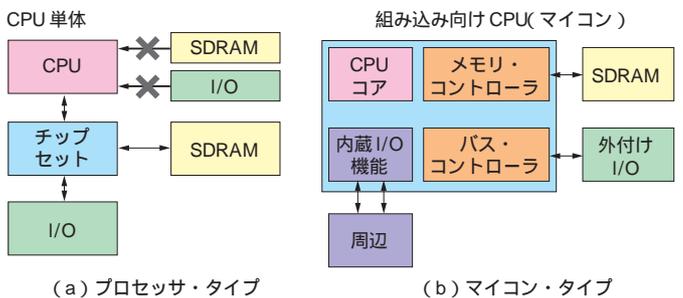


図2 プロセッサ・タイプとマイコン・タイプの違い

#### プロセッサ・タイプ

処理性能を追求すると、プロセッサ・タイプのCPUになります。周辺機能やメモリは内蔵しておらず、外部バスにはCPUの持つローカル・バスがそのまま出ています。このローカル・バスにはそのままでは周辺I/O機能や、ROM, RAMを接続できません。したがって周辺I/O機能やメモリを接続するには、CPUローカル・バスとメモリや周辺I/O機能とを接続するためのデバイスが必要になります。一般的にはチップセット・デバイスと呼ばれ、CPUとセットで使うこととなります(図2(a))。

#### ▶ 最高クラスの処理能力が必要な場合

消費電力やコストなどは度外視してでも、最高の処理性能が必要なのであれば、最新のPentium4を採用します。そしてCPUがx86系となれば、プラットフォームのアーキテクチャとしてはPC/ATアーキテクチャ以外はずりありません。

消費電力という点では問題ですが、入手性やトータル・コストを考えると、x86系CPU + PC/ATアーキテクチャという組み合わせも、実はさまざまな場面で無視できない選択肢でもあります。というのも、PCは大量生産されているので、同じような仕様のマザーボードは市場に山ほど存在し、しかも安価に供給されています。またOSとしてWindowsなどを使うのであれば、ハードウェアとアプリケーションが完全に分離されているので、マザーボードや一般的なインターフェース・カードの

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

たぐい  
類が故障した場合にも容易に交換できるので、すぐにシステムを復旧させることもできます。

▶ x86 以外で処理能力が必要な場合

x86 以外で処理能力が高いものとなると、入手可能なものとしては PowerPC 系か MIPS 系などになるでしょうか。ただし、このクラスの CPU はあくまで“ プロセッサ ”なので、x86 と同様チップセットとセットでないと実質的にシステムを構成できません。

マイコン・タイプ

マイコンは、メモリ・コントローラや周辺コントローラが内蔵されており、メモリなど最小限の部品を外付けすれば、それだけでシステムを構成できる CPU です〔図 2(b)〕。このようなタイプの CPU を、一般的には組み込み向け CPU と呼びます。

この分野の CPU については第 2 章で詳しく解説します。ここでは先に説明したプロセッサ・タイプと対比するため、簡単に解説します。

▶ 32 ビット RISC CPU

情報家電機器などに使われる、クロック周波数 200MHz クラスの CPU が該当します。このクラスで代表的な CPU アーキテクチャとしては、ARM, MIPS, SH, PowerPC あたりでしょうか。いずれも 32 ビットの RISC CPU に分類されます。

CPU それぞれに、さまざまな周辺機能を内蔵しています。クロック周波数が 200MHz 以上になってくると、メモリを内蔵したタイプはほとんどありません。100MHz 前後の CPU になると、メモリを内蔵したタイプがあるので、これを使うと基本的には 1 チップでの構成も可能になります。

▶ 4/8/16 ビット CPU

このクラスは非常に混沌としていて、さまざまなアーキテク

チャの CPU が存在します。またメモリを内蔵した 1 チップ・マイコン構成のものが多数存在します。ただし、より大容量のメモリが必要な場合は、外部バスをもった CPU を選択し、メモリを外付けする必要があります。

## 5 OS のいろいろ

CPU と同様に、OS にもさまざまな種類が存在します。大まかには、次のように分類できます。

リアルタイム OS と非リアルタイム OS

▶ 非リアルタイム OS

Windows や Linux はリアルタイム OS ではありません。たとえば大きなファイルをコピー中に、デスクトップのアイコンをクリックしてアプリケーションを起動させようとしても、なかなか起動せずに何度もクリックして、しまいにはアプリケーションを複数個起動させてしまった経験があるでしょう。このように、非リアルタイム OS は重い処理にかかりきりになると、それ以外の処理をすぐには開始できない OS といえます。

▶ リアルタイム OS

リアルタイム OS の場合、たとえば、このファイル・コピーの例は次のような動作になるでしょう。ファイル・コピー以外にこなすべき処理がない場合は、CPU のもつ処理能力をすべてファイル・コピー作業に費やすこともできます。しかし、デスクトップのクリックを検出したら、CPU 処理能力のうちの半分をファイル・コピー作業に、半分をソフトウェアの起動に使うようにして、すぐに(規定時間内に)アプリケーションを起動させます。

▶ PC 用途と組み込み用途の違い

もちろん、CPU の処理能力には上限があるので、それを超える処理を一度にこなすことはできません。そのため、たとえば PC では、アプリケーションを起動するとそれだけ全体の動作が遅くなります。

しかし、組み込みシステムでは、あとからアプリケーションをインストールするという使い方はしません。組み込みシステムでは、動作させるアプリケーションを設計時に決めるので、それがどれくらいの処理能力を要求するものなのかをあらかじめ見積もることができます。そして、それらを規定時間以内に処理できる能力をもつ CPU やプラットフォームを採用します。

規定時間は用途によって異なります。高速な FA 制御用途では ms オーダの遅れが致命的となる場合もあります。また人間が操作する GUI では、0.1 秒程度の遅れは気になりません。用途によって、ms オーダの時間内で処理しなければならない場合もあれば、0.1 秒以内でよい場合もあるわけです。

表 1 にリアルタイム OS の一例を挙げます。

大規模 OS

規模の大きさをいえば、Windows や Linux は大規模 OS に分類されます。組み込み向けのリアルタイム OS の代表ともいえ

表 1<sup>(1)</sup> 組み込み用のリアルタイム OS の一例

OS 仕様名	実用例(連絡先)	規格元
μITRON	RX850(NEC), TOPPERS/JSP Kernel (TOPPERS プロジェクト), REALOS(富士通), μITRON(日立製作所, 東芝, 三菱電機), NORTi(ミスボ), PrKER-NEL(イースル), μMore(Access), ELX-ITRON(エルミックシステム), ExRon(ファームウェアシステム), μiPLUS(メンター・グラフィックス), TronForce(エアイコーポレーション), UDEOS(東芝情報システム), I-right(パーソナルメディア), ThreadX-μITRON(グレースシステム)	TRON 協会
OSEK/ VDX	osCAN(ベクター・ジャパン), OSEK/VDX(日立製作所), PrOSEK(イースル), OSEKWorks(Wind River 社), ERCOS(ETAS 社), Nucleus OSEK(メンター・グラフィックス)	BMW 社 など 9 社
VxWorks	VxWorks(Wind River 社)	Wind River 社
OS-9	OS-9(RadiSys 社)	Microware 社

る VxWorks も、筆者は大規模 OS に分類します。

これらの OS の何が大きいかといえば、カーネル( OS の心臓部)にさまざまな機能が実装されて多機能であるため、サイズが大きいことに加えて、標準でさまざまなミドルウェアなどが用意されているため、OS 全体の規模が大きいということです。

Windows は実質的に TCP/IP プロトコル・スタックや GUI システムを標準で持っています。VxWorks にも、TCP/IP のプロトコル・スタックを代表としたさまざまなミドルウェアが用意されているので、ミドルウェアの心配をしなくてもアプリケーションだけを開発すればよいわけです。

#### 小規模 OS

ここでいう小規模 OS とは、カーネルしか用意されていない OS を指します。TOPPERS などの ITRON 系の OS がそれです。

したがって、TCP/IP で通信を行ったり、GUI システムを構築するためには、TCP/IP プロトコル・スタックや、GUI 構築用のミドルウェアが必要になります。最近では T-Kernel のように、通信や GUI のスタックやミドルウェアが充実している ITRON 系 OS もあります。

TCP/IP プロトコル・スタックなどのミドルウェアがない場合は、別途ミドルウェアを購入するか、自分たちで開発する必要があります。しかしミドルウェアの開発には、それなりにノウハウが必要となります。これまで ITRON 系 OS を扱ってきたが、高度な TCP/IP 通信が必要になったため、OS を Linux に切り替えたという話も聞きます。

## 6 バス/インターフェースのいろいろ

DVD/HDD ビデオ・レコーダの説明で、ネットワークといえは Ethernet を使うのが一般的であると説明しました。機器と機器を接続するためのバスやインターフェースは、ほかにもいろいろなものがあります。ここでは代表的なバス/インターフェースについて見ていきましょう。

#### 転送性能別の分類

バスやインターフェースについてその特徴を考えると、まずは転送性能に着目して分類する方法があります。

たとえば PC/AT 互換機を見たとき、もっとも高速なバスはどこかといえば、CPU のローカル・バスとなるでしょう。しかし、そこは CPU とチップセットをつなぐためのバスであり、ほかのデバイスは接続できません。その次に高速な部分としては DIMM など差し込むメモリ・ソケットでしょうか。また AGP などのビデオ・カード用に用意されているスロットも高速です。しかし一部の特殊な用途を除き、これらのソケットやスロットは用途が限定されているので、汎用用途には使いません。

汎用性のある拡張バスといえば、現在では PCI Express がもっとも高速でしょうか。ついで PCI-X/PCI バスとなるでしょう。しかしこれらのバスは筐体の外まで信号を延長して引っ張り出すことはできません。

### コラム 2

#### Windows や Linux のリアルタイム化

Windows や Linux はリアルタイム OS ではありませんが、これをリアルタイム OS 化したものや、ソフトウェアを追加してリアルタイム OS 化することもできます。INtime や RT Linux が代表的なものです。

これらは、リアルタイム制御が必要な部分にのみ専用の API などを使ってリアルタイム性を与えることができるというものです。そのため、システム全体をリアルタイム化するわけではありません。リアルタイム性が不要な部分は、従来の Windows や Linux の作法に従ってアプリケーションを開発できるので、ソフトウェア資産や開発環境を生かすことができます。

ノート・パソコンには PCI バスなどの拡張スロットはありませんが、CardBus や PC カード用スロットが用意されています。筐体外部での接続で使うインターフェースとしては、USB、IEEE1394、Ethernet が代表的なところでしょう。そして低速なインターフェースとしては、RS-232-C が挙げられます。

#### PCI Express/PCI-X/PCI バス

PC の拡張スロットに使われているバスです。PC に組み込んで使う機器で、大量のデータ転送を必要とする処理であれば、これらのバスに対応した拡張ボードという形状がもっとも一般的でしょう。64 ビットの PCI-X ならば 100M バイト/秒、PCI バスでも数十 M バイト/秒を確保することはできます(写真 2)。

ただし、一般的にこれらのバスはホットスワップ(システムの電源を入れながらカードを交換すること)には対応していないので、拡張カードを交換する際には、一度システムの電源を切って筐体カバーを開け、拡張カードを取り付けたり外す必要があ

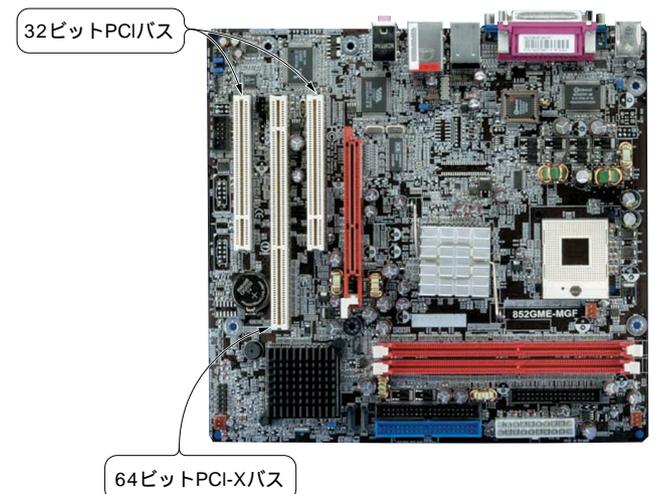


写真 2 PCI バス搭載マザーボードの外觀



(a) Card Bus カード



(b) 16 ビット PC カード

写真3  
PC カードの  
外観

るため、付けたり外したりを頻繁に行う用途には向きません。

PC カード( CardBus/16 ビット PC カード)

ノート・パソコンで使われている拡張スロットです。PCI ボードなどとは異なり、こちらはシステムの稼動中でもカードを抜き差しできるので、必要になったときに差し込んで使うことができます。また、カード・サイズも小さいので、持ち運びにも便利です。

転送性能的にも、CardBus カード〔写真3(a)〕であれば PCI バスと同等、16 ビット PC カード〔写真3(b)〕であれば ISA バスと同様といわれています。

USB

当初は最大で 12Mbps の転送速度しかありませんでしたが、現在では 480Mbps と高速な転送モードも規格化され、高速データ転送の用途でも十分に使えるインターフェースとして普及しています(写真4)。PC カード同様、システムの稼動中のコネクタの抜き差しもできるので、非常に扱いやすいインターフェースです。また、さまざまな USB 周辺機器が市販されています。

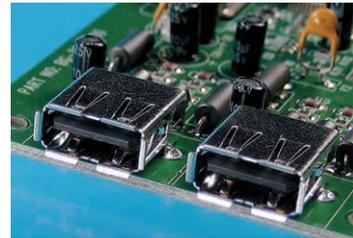
USB は Ethernet と違い、ホストとターゲットが明確に分かれています。基本的には PC がホストになります。USB 周辺機器はすべてターゲットです。そのため、組み込み機器に USB 周辺機器を接続したいときは、USB のホスト機能を組み込み機器に実装しなければなりません。



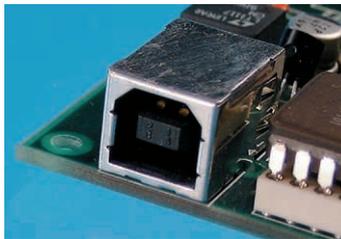
(a) 標準 A プラグ



(b) 標準 B プラグ



(c) 標準 A レセクタブル



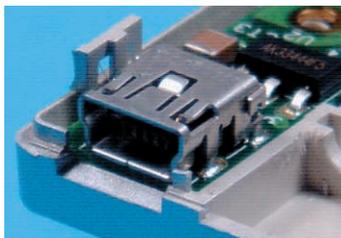
(d) 標準 B レセクタブル



(e) ミニ A プラグ



(f) ミニ B プラグ

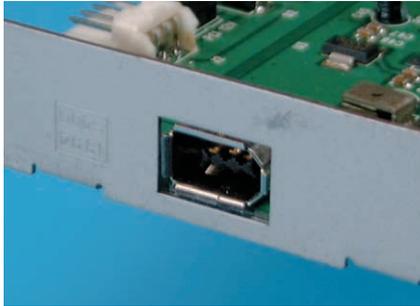


(g) ミニ B レセクタブル



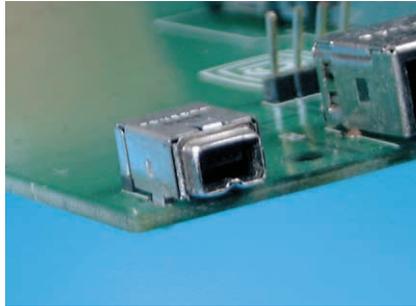
(h) ミニ AB レセクタブル

写真4 USB コネクタのいろいろ



(a) 6ピン・コネクタ

写真5 IEEE1394 コネクタの外観



(b) 4ピン・コネクタ



写真6 Ethernet コネクタの外観(10Base-T/100Base-TX)

また、USBのトポロジの一番上にはUSBホストが必須なので、たとえポイントtoポイントの接続であったとしても、USBターゲット機器どうしは直接は接続できません。しかし、普段はUSBターゲット機器として動作しながら、必要なときにUSBターゲット機器どうしを接続できる規格として、USB On-The-Goがあります。

以上のことから、ホスト機能を必要とするのか、ターゲット機能のみでよいのか、On-The-Goの機能が欲しいのかどうかを、システム要求に合わせて検討する必要があります。

USBの通信速度にはいくつか種類があり、もっとも遅いロー・スピードで1.5Mbps、もっとも一般的なフル・スピードで12Mbps、もっとも速いハイ・スピードで480Mbpsとなっています。実質的な転送速度としては、ハイ・スピードで20M～十数Mバイト/秒といったところです。

プロトコル的には、ホストから送られてくるコマンドに対してターゲットが答えるというスタイルになっているので、ターゲット側に要求される機能が少なく、ターゲット側の機器はハードウェア的にもソフトウェア的にも簡単な構成で実現できます。

#### IEEE1394

DVビデオ・カメラやBS/地上デジタル放送用セット・トップ・ボックスの接続インターフェースなど、オーディオ・ビジュアル領域で使われているインターフェースです。現在ではPC用のストレージ関連でも普及しています。ソニーなどではi.LINK、Macintoshの世界ではFireWireという名称でも呼ばれます(写真5)。

USBとの大きな違いは、USBはホストとターゲットという関係があるのに対して、IEEE1394にはホスト/ターゲットという概念がなく、すべての機器が対等に扱えるという点です。USBターゲット機器を実現する場合と比較すると、データ送信を開始するにも、自分でバスを監視する必要があるなど、ハードウェア的にもソフトウェア的にも比較的高度なものが要求されます。

IEEE1394の通信速度には段階的に100M/200M/400M/800M/1.6Gbpsがあります。実質的な転送速度は、もっとも一般的な400Mbpsの場合でUSBのハイ・スピードと同程度となるでしょう。

#### Ethernet

ネットワーク用のインターフェースといえば、Ethernetがもっとも一般的だといえます(写真6)。メールの送受信やWebサーバ、ブラウジング機能が要求された場合は、このインターフェースを採用するのが一般的です。

EthernetもIEEE1394同様にホスト/ターゲットの区別がありません。歴史的に古いこともあり、ハードウェア的にはそれほど難しいわけではありません(ただしギガビットEthernetは複雑)が、この上に流れるパケットにはさまざまなものがあり、それを正しく認識して処理するソフトウェアが必要です。単純にパケットを流したり受け取るレベルは簡単ですが、たとえばメールを送受信したり、Webサーバを立ち上げようなどと思うと、TCP/IPプロトコル・スタックが必要になります。

組み込み用途でも一般的に使われるのは、10Mbps(10Base-T)と100Mbps(100Base-TX)です。実質的な転送速度は100Base-TXで数Mバイト/秒です。

#### RS-232-C

もっとも基本的で、かつ代表的なシリアル通信のインターフェースです。しかし最近のノート・パソコンなどではRS-232-Cポートをもたないものも多くなってきたこともあり、最終製品においてこのインターフェースを採用することもだんだん少なくなってきたと思います。

しかし、ここで紹介したインターフェースの中ではもっとも簡易なハードウェアで実現できることもあり、CPU評価ボードや開発初期段階の通信用インターフェースなどとして、今後も使われ続けることでしょう。

通信速度は、下は9600bps、上は38400bpsや57600bpsなどが使われていて、実質的な転送速度は数K～数十Kバイト/秒といったところです。

なお、バス/インターフェースの選択については、第7章でも詳しく解説しているので、そちらを参照してください。

#### 引用文献

(1) 猪飼國夫；組み込みシステムとは何か，Interface，2004年5月号。

くまがい・あき 半導体デバイス設計エンジニア

1

2

3

4

5

6

7