

## 第4章

# USBターゲット機能とOHCI準拠ホスト機能をもつデバイスを使う On-The-GoのしくみとML60842による OTGシステムの開発

宮田 学 / 岡崎 真也 / 齊藤 孝之

当初、USBはパソコンと周辺機器を接続する汎用バスとして開発されました。そのため、パソコンがバス・マスタ(USBではホストと呼ぶ)として動作し、周辺機器はバス・スレーブ(USBではペリフェラルと呼ぶ)として動作する仕様で規格が策定されました。

また、接続の間違いなどによるトラブルを未然に防ぎ、ユーザの負担を減らすため、USBでは使用するケーブルやハブのポートに方向性があり、規定された物理トポロジ以外では接続できない仕様になっています。

ところが、USBが広く普及するにつれ、周辺機器同士を相互に接続させる要求が高まってきました。その要求に応えるために、USBの拡張という形で規格化された周辺機器の相互接続技術がOn-The-Go Supplement to the USB 2.0 Specification(以後OTG)です。

本章では、このOTG規格とそれに準拠したOTGシステムの開発事例を解説します。

## 1 USB On-The-Go とは何か

### ● USB機器の相互接続を実現させる

USB機器同士の相互接続を実現するには、ペリフェラル機能だけでなくホスト機能も必要になります。このホスト/ペリフェラル両方の役割を持ったOTGデバイスを、デュアル・ロール・デバイスと呼びます。

OTGはUSBの拡張という位置付けなので、バスはシングル・マスタを前提としています。そして、この前提のもとで互換性を維持し、コスト面と構造上の実現しやすさなどを考慮した結果、OTG機器同士の接続はピアtoピア接続を主体として規格化されています。そのため、パソコンをホストとしてスター型に構成されたバスにデュアル・ロール・デバイスを接続し

てもホストとして動作できません。しかし、デュアル・ロール・デバイスをホストとしたスター型のバス構成は許されており、これを保証するためのコネクタとケーブルの組み合わせも規定されています。

また、デュアル・ロール・デバイスの要件として、Session Request Protocol(以下SRP)と、Host Negotiation Protocol(以下HNP)という二つのプロトコルをサポートする必要があります。SRPはバスを使用するときのみアクティブにするプロトコルです。一方のHNPは、ピアtoピア接続時にホストとペリフェラルの役割を入れ替え、ケーブル接続方向に縛られずホスト動作を可能にするプロトコルです。以降では、このOTG規格の要所を個別に説明します。

### ● コネクタとケーブル

OTGでは、コネクタの小型化と省スペース化、簡単に接続することを目指して、Mini-Aプラグ&レセクタブル(プラグはケーブル側、レセクタブルは基板側コネクタ)、Mini-ABレセクタブルが規定されました(図1)。

Mini-Aプラグは小型のAプラグであり、大きさはUSB 2.0のECN(Engineering Change Notice)として追加されたMini-Bプラグと同等で、同じようにID端子を持っています。ただし、ID端子はMini-Bと異なりGNDに接続されています。レセクタブル側は、そのID端子の電位で挿入されているプラグの種類を判別できます。

Mini-Aレセクタブルは、Mini-Aプラグのみが挿入できます。

Mini-ABレセクタブルは、Mini-AプラグとMini-Bプラグの両方を挿入可能なA、B兼用のレセクタブルです。デュアル・ロール・デバイスには、このMini-ABレセクタブルを搭載することが要件となっています。そして、デュアル・ロール・デバイスはMini-AB

# DOS ベースのプログラムにより OTG 制御の基本を理解する On-The-Go 対応デバイス ISP1362 と WASABI-Hot! の詳細

岡野 彰文

組み込み系、特にデジタル家電のようなアプリケーションに USB を採用しようとする、ターゲット側(スレーブ、ファンクション、デバイスなどとも呼ばれる)の機能を実装することが多く、ホスト側(マスタ側)を搭載するアプリケーションはあまりありません。

USB ホストを実装するには、通常のホストとして用意する方法と、On-The-Go (OTG) 規格準拠として用意する方法があります。OTG は、2001 年末に USB 2.0 のサプリメントとして策定され、2006 年 12 月には Revision 1.3 に改訂されています。

通常のホストとして実装する場合は、ホスト専用の USB コネクタが必要になります。OTG に準拠すると、ホストとターゲットのコネクタを共有させることができます。

Philips Semiconductor (現: ST-NXP Wireless, 以降では旧社名で表記) 社の組み込み機器向け USB ホスト・コントローラ・シリーズは、このような組み込み機器において、高パフォーマンスの USB ホストを容易に実装するために開発されました。

プリンタや MP3 プレーヤなどでは、すでに USB ホ

スト機能を備えている機器がたくさんあります。これらのアプリケーションでは、Philips 社の組み込み向けホスト・コントローラ・チップがポピュラな存在です。

## 1 Philips 社の USB コントローラの概要

Philips 社の USB ホスト・コントローラは、表 1 のようなシリーズ構成になっています。これらのチップは、すべてアナログ・トランシーバを内蔵しており、1 チップで USB ホスト(さらにデバイスや OTG)に必要な機能を実現できます。図 1 に、製品群のロード・マップを示します。

### ● 組み込みシステム向けホスト・コントローラの特徴

「組み込み向け」のホスト・コントローラとは、どのような特徴を持ったチップなのでしょうか。

EHCI や OHCI, UHCI のような汎用のホスト・コントローラ・チップは、システム側バスとして PCI バスの使用を前提としています。PCI バスを持たないターゲット・システムにこのようなチップを使おうとすると、PCI バス・ブリッジのような余計なハード

表 1 USB ホスト・コントローラの種類

品名	スピード	内蔵コントローラ	USB ポート	システム・バス・インターフェース	内蔵 RAM
ISP1161A1	フル/ロー・スピード	ホスト/ターゲット	ホスト×2 デバイス×1	CPU 汎用バス	4K バイト(ホスト) 2462 バイト(ターゲット)
ISP1160/01	フル/ロー・スピード	ホスト	ホスト×2	CPU 汎用バス	4K バイト(ホスト)
ISP1362	フル/ロー・スピード	ホスト/ターゲット /OTG	OTG×1 <sup>注A</sup> ホスト×1	CPU 汎用バス	4K バイト(ホスト) 2462 バイト(ターゲット)
ISP1561	ハイ/フル/ロー・スピード	ホスト	ホスト×4	PCI	—
ISP1760	ハイ/フル/ロー・スピード	ホスト	ホスト×3	CPU 汎用バス	64K バイト(ホスト)
ISP1761	ハイ/フル/ロー・スピード	ホスト/ターゲット /OTG	OTG×1 <sup>注A</sup> ホスト×2	CPU 汎用バス	64K バイト(ホスト) 8K バイト(ターゲット)

注 A: OTG ポートは設定によりホストまたはターゲット・ポートとして固定可能。

注 B: ISP1261 のシステム接続は USB を介して行う。ISP1261 はシステム側専用の USB ダウン・ストリーム・ポートを持つ。

# USBホスト/ターゲット/On-The-Goにも対応したUSBコントローラ

## ハイ・スピード対応 USBコントローラISP1761の概要

岡野 彰文

本章では、ST-NXP Wireless(以降ST-NXP)社製のUSB 2.0ハイ・スピード対応ホスト・コントローラISP1761について解説します。最初に、USB 2.0についてのおさらいをした後、ISP1761の特徴について解説します。

### 1 USB 2.0仕様の特徴

#### ● 高速化への要求

USBの現行仕様はリビジョン2.0ですが、1.1では、12Mbpsと1.5Mbpsの二つのスピード(データ・レート)が定義されていました。この二つは、それぞれフル・スピードとロー・スピードと呼ばれます。

プリンタやスキャナのような比較的転送容量の大きな機器にはフル・スピードが、キーボードやマウスのようなヒューマン・インターフェース機器には低速のロー・スピードが用いられます。

しかし、USBはパソコンの標準インターフェースとしての地位を確立するとともに爆発的に普及し、採用されるアプリケーションの幅も広がってきました。当初は、USBで接続することを考えられていなかったデバイスも、今日では数多くの周辺機器で使われています。その最も代表的な例がストレージ装置でしょう。

しかし、USBの普及初期の頃は、ストレージもフル・スピードでなんとか対応できました。USBストレージとして販売されていた機器の多くはフラッシュROMによる記憶装置で、当時は小容量のものしか

なく、大容量のハード・ディスクなどには、USB以外の高速インターフェースを使用するのが一般的だったからです。

その後、半導体メモリの価格が下がって大容量化が加速し、さらに「レガシーフリー」と言われるような従来の外部接続インターフェースを持たないパソコンの普及も進みました。このような流れの中でUSBはパソコンと外部機器を接続するインターフェースの代名詞的存在となり、大容量のデータ転送に対応すべく高速化しなければならなくなってきました。

フル・スピードにおける転送レートは、毎秒1Mバイト(毎秒8Mビット)を少し上回る程度です<sup>注1</sup>。転送クロックには12MHzが使われますが、転送プロトコルのオーバーヘッドにより、このぐらいの速度しか出ないためです。32Mバイトや64Mバイトという小さな容量を扱うのであればこの程度の転送レートでも問題ありませんが、Gバイトが当たり前の時代に、このようなインターフェースを用いるのはあまり現実的ではありません。

これに対する回答が、USB 2.0のハイ・スピードです。USB 2.0は、新たにこのハイ・スピードを定義しただけでなく、これまでのUSB 1.1仕様を改めて再定義し改訂した内容になっています。USB 2.0のハイ・スピードは、フル・スピードに比較して40倍の転送容量(480MHz)を持つ高速インターフェースです(図1)。

よく会話の中で、このハイ・スピードを指してUSB 2.0と言うことがあります。しかし、これは正確

注1：フル・スピードのバルク転送によって転送できるデータ・レートは、USBフレーム1期間(1ms)当たりの上限で18～19パケット、1パケットには64バイトのデータを格納可能なので、18パケット×64バイト×1000=1Mバイト強となる。18～19パケットと幅を持たせて表現しているのは、転送の際にそのデータの内容によってビット・スタッフィングと呼ばれる冗長なビットが挿入されるため。0や1が続くパターンが多いデータの場合には、ビット・スタッフィングが挿入される頻度が大きくなり、パケットの(時間的)長さが増え、USBフレーム当たりに転送できるパケット数が少なくなる。バルク転送における最大転送レートについての解説は、USB 2.0仕様書5.8.4節にある。ちなみに、ビット・スタッフィングとは、転送データ中に同じ値が6ビット連続した際に、次のビットに反転したビットを挿入するように決められた動作(USB 2.0仕様書7.1.9節)。