

SPA特集

# Bluetoothシステムのコア技術

## Core technologies of Bluetooth System

杉山直樹  
Naoki Sugiyama

### 要 旨

Bluetoothシステムは1998年に日米欧の5社がプロモータとなってオープンスタンダード化した、音声通信とデータ通信が共存できる通信方式で、このシステム認証を受けた装置は相互接続性が保証されている。当社はBluetoothシステム用チップセットとして、RFトランシーバLSIとベースバンドコントローラLSIを開発した。本稿ではこのうち、ベースバンドコントローラLSIに組込まれる通信処理回路とソフトウェアの概要について述べる。

### 1. ま え が き

Bluetoothシステムは機器間をワイヤレスでつなぐことをコンセプトとしており、あらゆる電子機器に適用できる可能性がある。この規格に賛同し、Bluetooth SIG (Special Interesting Group) に登録した企業は、2000年6月現在で1,880社を超えている。当社は、このBluetoothシステムに適合した商品として、RFトランシーバLSI (ML7050LA) とベースバンドコントローラLSI (ML7051LA) のチップセットと、Bluetooth通信ソフトウェア、システム開発用キットを開発した。本稿では、まずBluetoothシステムを概観した後、ML7051LAに組込まれているBluetooth通信処理ハードウェアおよびソフトウェアの動作概要について述べる。

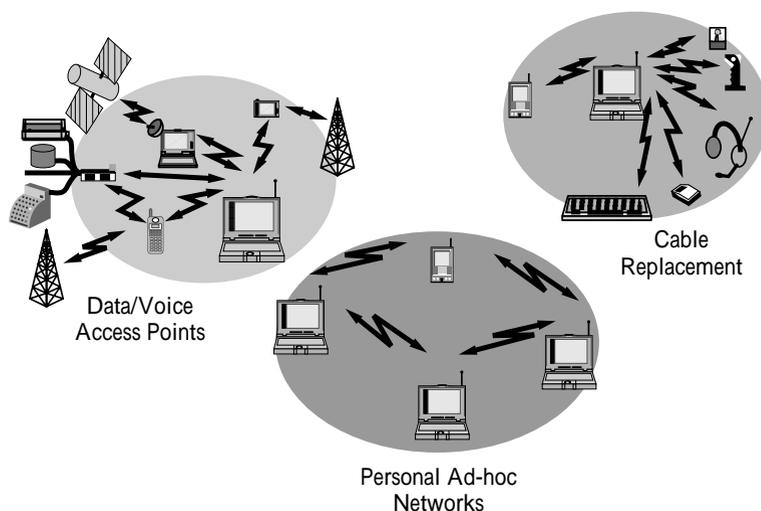


図1 システム構成イメージ図  
Fig. 1 Bluetooth system usage model

### 2. Bluetoothシステム

Bluetoothシステムは、工業・科学技術・医療用に免許なしで使用できるように割り当てられた2.4GHz帯 (ISMバンド) の無線周波数を使用する無線通信システムである。図1に示すように、携帯電話やパーソナルコンピュータなど、様々な電子機器をケーブルレスで



杉山直樹  
シリコンソリューションカンパニー  
LSI事業部 先端商品開発第1部 ワイヤレス技術開発第2チーム チームリーダー

表 1 仕様諸元  
Table 1 Bluetooth specification table

無線周波数帯	2.4GHz帯(ISMバンド)
周波数間隔	1MHz
無線チャンネル数	79チャンネル
無線送信出力	Class1 : +20dBm (100mW) Class2 : 0dBm (1mW)
複信方式	時分割複信方式(TDD: Time Division Duplex)
拡散方式	周波数ホッピングスペクトラム拡散方式 (FH-SS: Frequency Hopping Spread Spectrum)
周波数ホッピング速度	毎秒1600ホップ
変調方式	GFSK m 0.35
変調速度	1Mbps
音声通信	64k PCM(A-law, $\mu$ -law), CVSD (Continuous Variable Slope Delta Modulation)
最大データ通信速度	対称通信 : 432.6kbps 非対称通信 : 721kbps / 56kbps

表 2 Bluetoothリンク一覧  
Table 2 Bluetooth link type table

パケットタイプ	誤り訂正	CRC	最大伝送速度 (対称通信時) (kbps)	最大伝送速度 (非対称通信時) (kbps)	
				Forward	Reverse
ACLリンク					
DM1	2/3	あり	108.8	108.8	108.8
DH1	なし	あり	172.8	172.8	172.8
DM3	2/3	あり	258.1	387.2	54.4
DH3	なし	あり	390.4	585.6	86.4
DM5	2/3	あり	286.7	477.8	36.3
DH5	なし	あり	433.9	723.2	57.6
AUX1	なし	なし	185.6	185.6	185.6
SCOリンク					
HV1	1/3	なし	64.0		
HV2	2/3	なし	64.0		
HV3	なし	なし	64.0		
DV	音声:なし データ:2/3	音声:なし データ:あり	音声:64.0 データ:57.6		

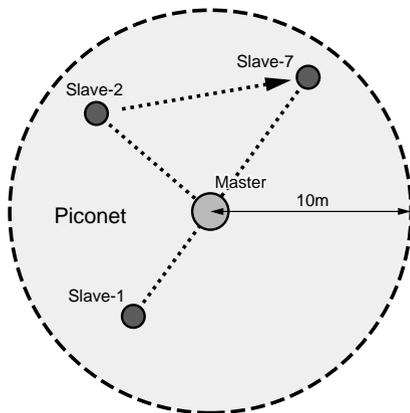


図 2 Bluetoothピコネット構成図  
Fig. 2 Bluetooth Piconet topology

接続することができる。

主な仕様を表 1<sup>1)</sup>に、Bluetooth通信形態の種類を表 2<sup>1)</sup>に示す。表 2の中で示すACL (Asynchronous Connection Less) リンクはデータ通信用、SCO (Synchronous Connection Oriented) リンクは音声通信用として使用する。

Bluetoothで構成される無線ネットワークを図 2 に示す。Bluetoothではマスター (Master) とスレーブ (Slave) の 2 種類の無線局で構成される。

この図のように、マスターを中心に半径約10mのピコネット (Piconet) と称するサービスエリアが構成される。マスターはピコネット上に、最大 7 台までのスレーブをアクティブスレーブとして常時通信ができる状態 ("connection") にすることができる。

### 3. Bluetooth通信処理回路

ベースバンドコントローラ LSI ML7051LAは、SPA (Silicon Platform Architecture) 構想の下で開発された当社独自のプラットフォーム ( $\mu$ PLAT<sup>TM</sup>)<sup>\*1)</sup> を中心に構成されている。Bluetooth通信処理回路は、UART (Universal Asynchronous Receiver Transmit) ブロックやUSB (Universal Serial Bus) ブロックと同様にこのプラットフォームの

周辺ブロックとして、APB (AMBA Peripheral Bus) に接続されている。

Bluetooth通信処理回路は図 3 に示すように、10種類の小ブロックで構成されている。これらのブロックがソフトウェアによる制御により、Bluetoothの仕様で規定される、無線制御、リンクごとの通信処理、音声処理、タイミング制御を行う。

これらの回路動作について説明する。

#### (1) 無線制御

RFトランシーバLSI (ML7050LA) に対して、送信起動制御、受信起動制御、周波数制御を行うとともに、1秒間に1600回の周波数ホッピングシーケンスに基づく無線周波数演算処理、また受信時のクロック再生処

\* 1)  $\mu$ PLAT<sup>TM</sup>は沖電気工業(株)の登録商標

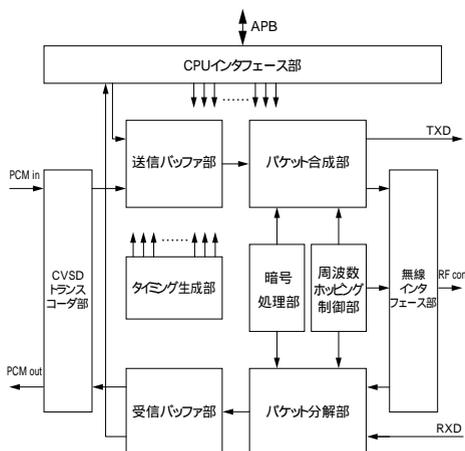


図3 Bluetooth通信処理回路ブロック図  
Fig. 3 Bluetooth baseband processing block diagram

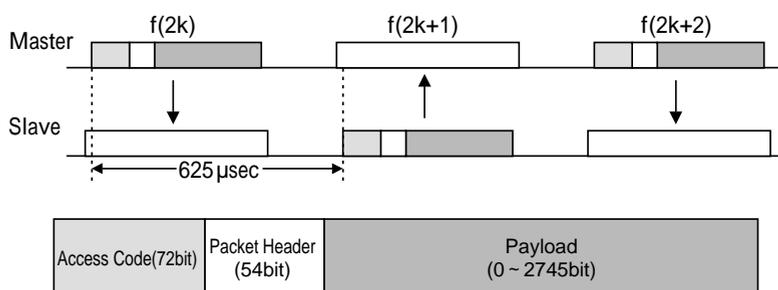


図4 Bluetoothパケット構成図  
Fig. 4 Bluetooth packet format

理と同期信号検出処理を行う。

(2) リンクごとの通信処理

パケットごとにソフトウェアにより設定される通信形態、データ長にしたがって、図4<sup>1)</sup>に示すBluetoothパケットの生成および分解処理を行う。送信時には、送信バッファに格納されているデータのスクランブル、暗号化処理を行い、ペイロードデータを生成する。アクセスコードおよびパケットヘッダの生成とともに送信パケット全体の組立て生成を行う。ソフトウェアより、表2に示す通信形態が設定されるため、この設定に応じて、リンク切り替え、パケットサイズの切り替え、誤り訂正符号の選択を行う。

受信時には、パケットヘッダとペイロードを分離する。ペイロードデータは誤り訂正処理、逆スクランブル、暗号復号処理を行い、受信バッファへ格納する。パケットヘッダ解析により、受信したパケットのリンク種別やパケットサイズの判別を行い、ソフトウェアへ通知する。

(3) 音声処理

ソフトウェア設定により、SCOリンクで通信する音声信号方式により、PCM符号とCVSD符号との符号化/復号化処理を行う。音声通信のデータ速度は64kbpsで  $\mu$  Law PCM, A Law PCM, CVSDの3種類の音声符号を通することができる。

(4) タイミング制御

無線部の送信起動、受信開始、周波数設定、送信データの送出、受信データ分解、CPUへの割り込み発生など、Bluetooth通信処理回路の各ブロックの動作タイミングを制御する。

4. ソフトウェア

4.1 動作フロー<sup>1)</sup>

前項で述べた通信処理回路をソフトウェアが制御してBluetoothの通信を確立する。これを処理するソフトウェアがLC (Link Controller) とLMP (Link Manager Protocol) である。Bluetoothが接続状態 ("connection") へ移行するまでの動作フローを説明する。

(1) inquiry/inquiry scan

マスター: ピコネットを構成する際に、はじめに "inquiry" 動作を行い、周辺に存在するスレーブのアドレスなどの情報収集を行う。

スレーブ: マスターに収容されるために "inquiry scan" 動作を行う。周期的に受信周波数を切り替えながら、マスターからの "inquiry" 信号を待受ける。"inquiry" 受信に対し、スレーブのアドレス情報等をマスターへ送信する。

(2) page/page scan

マスター: スレーブを "connection" 状態に移行させるために、"page" 動作を行う。"page" 動作の中で、スレーブに対し、アクティブメンバーアドレス、マスターのアドレスおよびクロック位相情報を通知する。

スレーブ: マスターからの "page" を受けるために "page scan" 動作を行う。周期的に受信周波数を切り替えながら、マスターからの "page" 信号を待受ける。"page" 受信後、マスターのアドレスおよびクロック

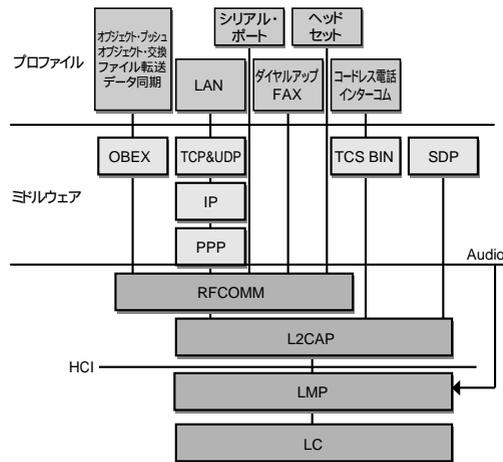


図5 ソフトウェアスタック構成図  
Fig. 5 Bluetooth software stack architecture

オフセット情報を受ける。

### (3) connection

“page/page scan”完了後に、マスターとスレーブ相互でリンク情報の交換を行い、“connection”が確立される。周波数ホッピングおよびスクランブラの同期を取るための情報は、スレーブがマスターから受信するアドレスとクロック位相情報をもとに算出して得られる。

### 4.2 ソフトウェア構成

Bluetooth Profile 1.0B<sup>2)</sup>で規定されているBluetoothのソフトウェア構成を図5に示す。

当社はベースバンドコントローラLSI (ML7051LA)上で動作するソフトウェアの取り揃えとして、3タイプを提供する。

#### (1) Pack1

ML7050LA/ML7051LAを用いてBluetoothモジュールを構成する場合のソフトウェアで、4.1項で述べたLC, LMPで構成される。上位とはBluetooth Core 1.0B<sup>1)</sup>で規定されている, HCI (Host Controller Interface)でインタフェースする。HCIの物理インタフェースとしてはUARTとUSBに対応する。

#### (2) Pack2

ML7050LA/ML7051LAを用いて機器へ組込む場合を想定したソフトウェアである。Pack1のソフトウェアのほかに, L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol), RFCOMM, SDP (Service Discovery Protocol) が組込まれる。これらのソフトウェアはBluetooth Core 1.0Bで規定されている。アプリケーションプログラムは機器本体のプロセッサで処理され, Bluetoothに関するソフトウェアはML7051LA上で動作させることを想定している。当社独自の上位インタフェースを提供する。

#### (3) Pack3

ML7050LA/ML7051LAでスタンドアローンのBluetooth機器を構成する場合のソフトウェアである。機器が提供するアプリケーションソフトウェアをすべてML7051LA上で動作させる。機器の要求により, アプリケーションごとに適用されるプロファイル<sup>2)</sup>と, 必要となるミドルウェアが組込まれる。

## 5. あ と が き

本稿ではBluetoothシステムの概要を解説するとともに, 当社BluetoothベースバンドコントローラLSI (ML7051LA) Bluetooth通信処理回路およびBluetoothソフトウェアについて述べた。当社は今後Bluetooth SIGで標準化される新たな仕様およびプロファイルに応じて開発を進め, 市場へ提供していく。

## 6. 参 考 文 献

- 1) Bluetooth SIG Specification of the Bluetooth System Core v1.0B 1999年12月1日
- 2) Bluetooth SIG Specification of the Bluetooth System Profiles v1.0B 1999年12月1日