

Bluetooth™*1 ベースバンド LSI KL5BBT002*2

山本 英明*3 赤荻 一成*3 前田 泰久*4

Bluetooth™ Baseband LSI KL5BBT002

Hideaki Yamamoto Kazunari Akaogi Yasuhisa Maeda

1 はじめに

Bluetooth™ とは、現在 2800 以上の企業が加盟する、Bluetooth™ SIG (Special Interest Group) が管理する無線通信の標準規格である。

Bluetooth™ は、数 m~数十 m のローカルなエリア内での無線通信に特化した規格であるため、無線装置の小型・低コスト・低消費電力を実現することができる。この特徴から、今後そのマーケットの拡大が期待される、モバイル・ウェアラブル機器の多くで採用が予想される通信方式である。

さまざまな製品に Bluetooth™ を搭載することにより、たとえば、デジカメで撮った写真をケーブルを使わずにプリンタでプリントアウトしたり、携帯電話 1 台を家中の家電製品のリモコン代わりにするなどといったアプリケーションが考えられる。

Bluetooth™ の機能ブロックは、電波の送受信を行う RF (radio frequency 送受信) 部、データの送受信管理や符号化・暗号化などの信号処理を行うベースバンド部、Bluetooth™ 機器どうしの接続を管理するリンクマネージャ部と上位アプリケーション部に大別することができる。小型・低コスト・低消費電力といった Bluetooth™ の特徴を最大限に引き出すためには、ハードウェアで構成される RF 部やベースバンド部に専用 LSI を用いることが望ましいと考えられる。

川崎マイクロエレクトロニクス(株) は今回 Bluetooth™ ベースバンド LSI KL5BBT002 (以下 BT002) およびリンクマネージャ

ファームウェアを開発したので紹介する。

2 ハードウェア

以下に BT002 の特徴を示す。

- (1) 7 個までのスレーブと交信可能なマスターモードおよびスレーブモード
- (2) データ (ACL) および音声 (SCO) 転送サポート
- (3) パケット自動生成、解読、自動再転送 (ARQ) サポート
- (4) 送信用に 7 個、受信用に 1 個のダブルバッファ搭載
- (5) 16 ビットバス、USB およびシリアルバスを介した制御
- (6) 低消費電力動作、ローパワーモード対応
- (7) 3 社の RF IC に対応

Fig. 1 に BT002 LSI のブロック図を示す。BT002 LSI はベースバンドコアと RF インターフェースブロック、および内部バスを介してホストとの接続を司る機能ブロックよりなる。

RF インターフェースはベースバンドコアと完全に分離した設計であり、外部 RF に依存しないベースバンド設計に寄与している。また、現時点でサポートしている3社の RF IC 以外に、将来的なサポート要求に応えられるよう拡張性を備えている。

ベースバンド部は、Bluetooth™ 1.1 仕様に必要な機能のみを最適化して無駄をなくし、外部ホストからの命令に対して送信、受信を同一ハードウェアで行うシンプルなアーキテクチャを採用している。

ホストとのインターフェース部は、システム環境に応じて最適な

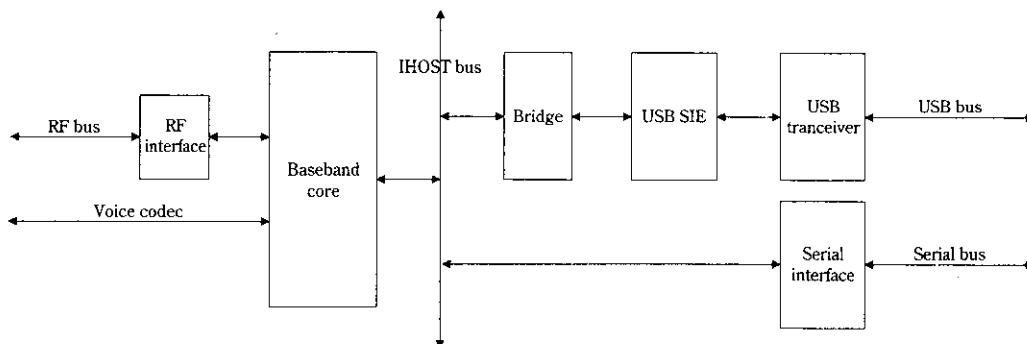


Fig. 1 BT002 Block diagram

*1 平成13年9月20日原稿受付

*2 Bluetooth™ は Bluetooth SIG, Inc., U.S.A の、米国およびその他の国における登録商標または商標である。

*3 川崎マイクロエレクトロニクス(株) 商品開発部画像通信チーム 主席 掛長

*4 川崎マイクロエレクトロニクス(株) 商品開発部画像通信チーム

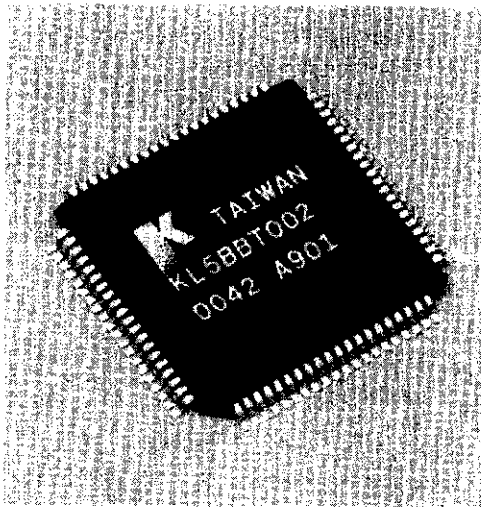


Photo 1 KL5BBT002

形態を切り替えて使用することができ、USB またはシリアルであれば、RF IC と接続するだけで Bluetooth™ システムを容易に構築できる。また、BT002 LSI は完全な RTL (register transfer level ハードウェア記述言語) 設計のため半導体プロセスの移植性が高く、将来の機能拡張やシステム ASIC の IP として柔軟かつ迅速に対応でき、汎用品の枠に留まらない可能性を持つ。Photo 1 に BT002 のパッケージ写真を示す。

3 ソフトウェア

Bluetooth™ では RF IC やベースバンドといったハードウェアのみならず、その上位に位置するソフトウェアも定義している。ソフトウェアはその機能によって階層になっており、一般にスタックと呼ばれる。Fig. 2 にソフトウェアとハードウェアを合わせたアーキテクチャを示す。川崎マイクロエレクトロニクス(株)では、HCI-LM ファームウェアを規格に合わせて独自に開発した。

HCI-LM ファームウェアは、その中でも上位に位置する制御レイヤーとベースバンド・データレイヤーの2つに分けられる。制御レイヤーは HCI コマンドおよび相手 Bluetooth™ デバイスから受け取った LMP コマンドを処理する。上位レイヤーの L2CAP に対しては HCI イベントを送ったり相手に LMP パケットを送ったり ACL や SCO データの転送を制御を行ったりする。相手先ごとの接続パラメータはソフトウェア内部の情報管理ブロックに保存する。一方ベースバンド・データレイヤーは制御レイヤーの指示にしたがい LMP パケットを生成したり、ACL、SCO データを BT002 LSI 独自のフォーマットに変換して LSI にデータをわたす。また BT002 LSI からデータをリードし、LMP、ACL、SCO データに変換する。

HCI-LM ファームウェアは Bluetooth™ 規格にしたがった相手デバイスの認証やデータの暗号化制御も行う。相手デバイスの認証ではリンクキーの生成と照合を行う。暗号化制御では暗号化キーの生成と BT002 LSI の暗号化設定をする。電波を使用するネットワークでは情報の漏洩を防ぐために、これは重要な機能である。

言語は C++ 言語で開発した。Windows®*5 をはじめとする PC 用 OS や組み込み機器への移植は比較的容易であるが、OS や環境に依存する部分を合わせ込む作業は必要である。

*5 Windows® や Win32® は米国 Microsoft Corp. の、米国およびその他の国における登録商標または商標である。

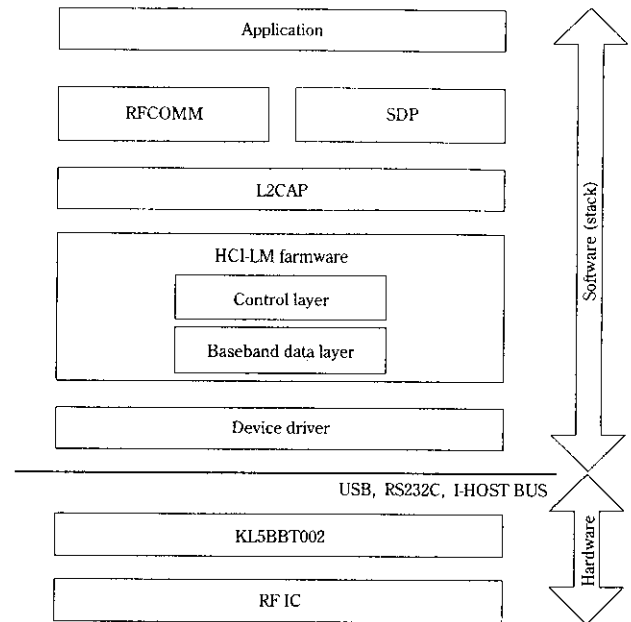


Fig. 2 Software stack

4 システム構成例

BT002 LSI をシステム的に評価する目的から、以下のデモシステムを作成した。Photo 2 に外観の写真を、Fig. 3 に構成図を示す。このアプリケーションは、任意のファイルをお互いに転送する。ACL のデータタイプならば DM1 から DH5 まで任意に選べる。Encryption をサポートしている。また同時に双方向に送受信可能である。

Windows® 2000 の Win32® アプリケーションとして実装した。HCI-LM ファームウェアは ELM.DLL と HKC.DLL の2つの DLL に分割した。L2CAP レイヤーは KSCL2CAP.DLL、アプリケーションレイヤーは KSCL2CAP.DLL と KBT.exe である。KBT.exe が下位の3個の DLL をロードして1つのプロセスを形成する。それぞれのレイヤーが数個のスレッドを生成し、スレッド間は Mutex、Semaphore で排他制御されたメモリ領域をバッファとして通信する。BT002 LSI と PC 間は USB バスで接続する。デバイスドライバである WDM ドライバ (U2B.SYS) も開発した。IOCRL を用いてアプリケーションと ACL データをやりとりし、また BT002 LSI の割り込みを通知する。本システムでは DH5 の ACL パケットにて最大 300 Kbit/s のアプリケーションデータ転送スピードを達成した。

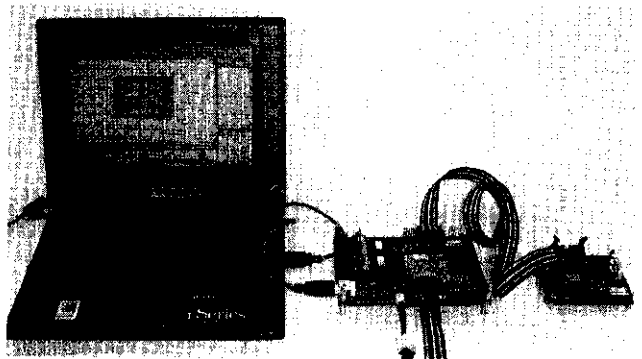


Photo 2 Evaluation system

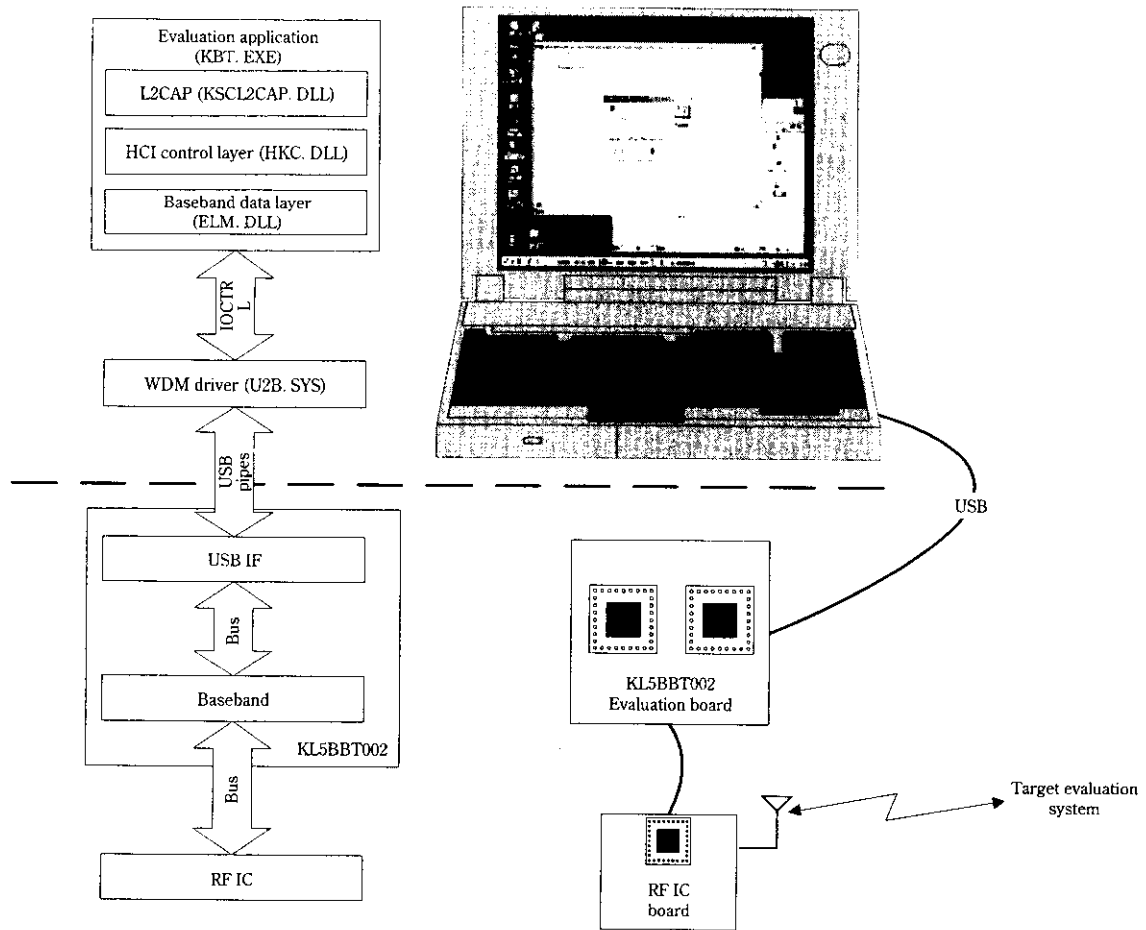


Fig. 3 Structure of evaluation system