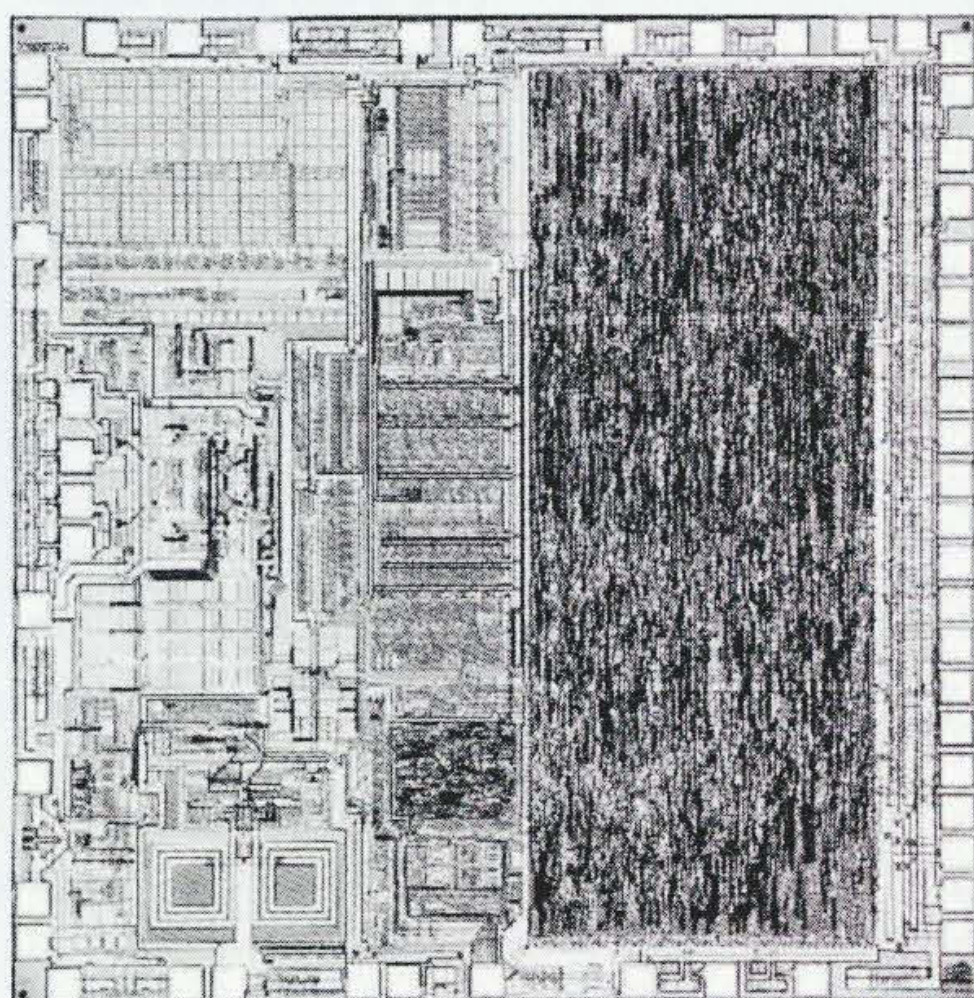


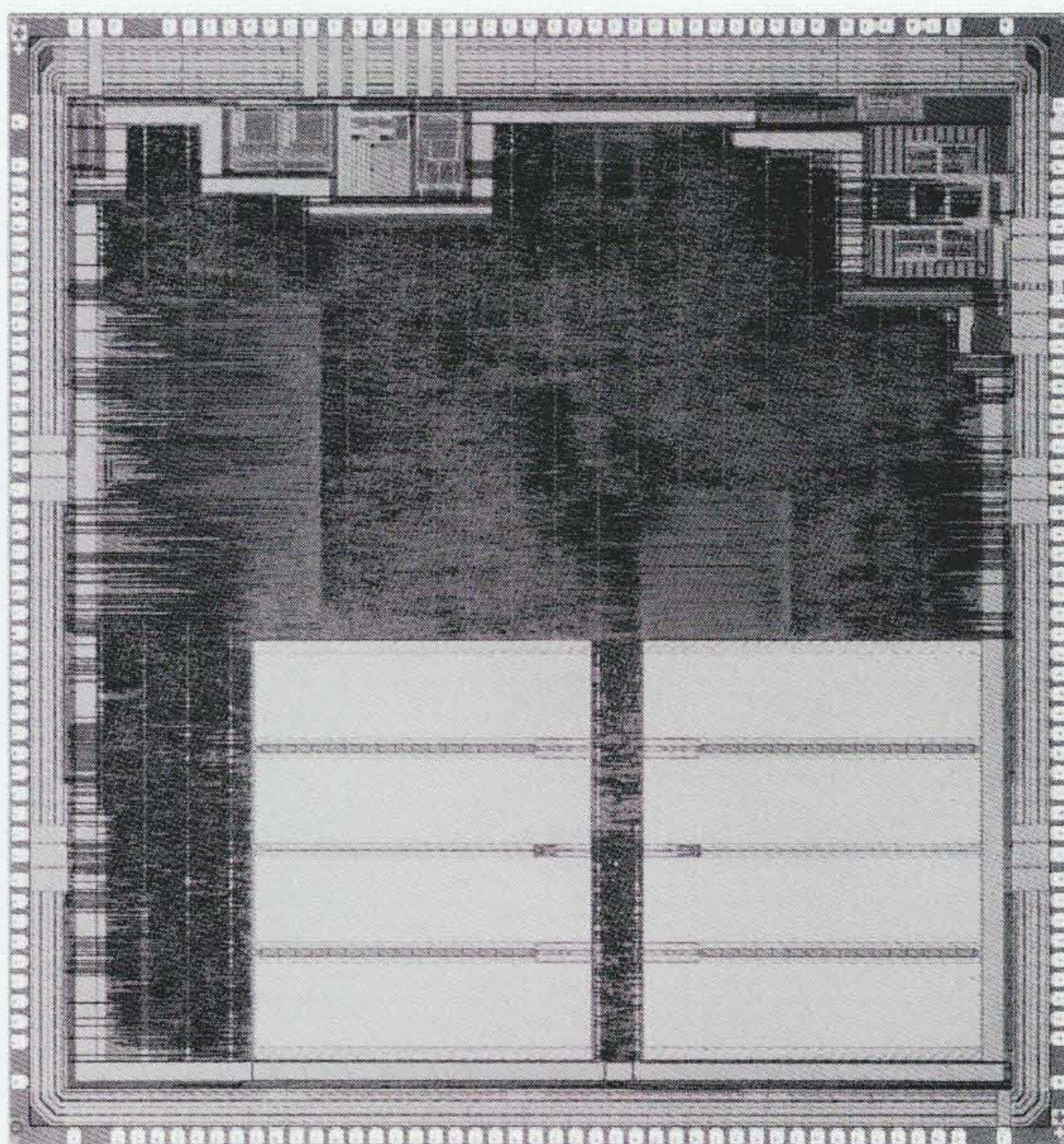
組み込み用ブルートゥースチップセット

Hitachi's Bluetooth Chip Sets for Embedded Applications

河合 和彦 Kazuhiko Kawai 堤坂 康博 Yasuhiro Sagesaka 志田 雅昭 Masaaki Shida
木内 淳 Atsushi Kiuchi 深田 馨 Kaoru Fukada



(a) HD157100のチップ



(b) SH7630のチップ

日立製作所の組み込み用ブルートゥースチップセット“HD157100”と“SH7630”

Low-IF (低中間周波数) 方式を採用したブルートゥース用高周波信号処理IC“HD157100”, および高性能マイコンSuperHとブルートゥースベースバンド機能を集積化した, ブルートゥース用マイコン“SH7630”を開発した。

ユビキタス情報社会に不可欠な要素として, ユーザーがいつでも, どこでも, 容易に接続できるネットワークの形成があげられる。そのかぎは, 有線ネットワークの制約から解放される, 「無線ネットワーク」である。中でもブルートゥース(Bluetooth[※])は, 小型, 低消費電力, 面倒な設定が不要でだれもが簡単に使えることなどを特徴として策定され, 正にこのようなニーズにこたえるために考案された無線LANシステムである。

2001年までは幾度かの規格変更の影響で, 相互接

続性の問題が生じるなどの混乱があったものの, ブルートゥースVersion 1.1の登場以降はひとまず規格も安定し, ブルートゥースを応用した製品の販売が本格的に始まっている。

日立製作所は, ユビキタス情報社会を支える近距離無線LANシステムとして高いポテンシャルを持つこのブルートゥースを, さまざまな用途・機器へ組み込むのに適したチップセット構成を提案している。

1 はじめに

ブルートゥースは, 今後さまざまな機器へ組み込まれて普及していくことを考えた場合, 無線という形式の「周辺インタフェース」の一つとして位置づけられるべきである。すなわち, ベースバンド機能に関しては, 能力の高いホストCPUそのものに

機能を取り込まれ, 一方, RF(Radio Frequency)チップは単独で, 高性能(低消費電力)と, 低コストを追求するための最適化へと向かうものと考ええる。

ここでは, ブルートゥースを利用したシステムに必要なハードウェアとソフトウェア構成のための, 上記の機能の実現を先取りして開発したチップセットとして, (1) 周辺部品内蔵化による低コスト化を追求したブルートゥース用RFトランシーバIC

※) Bluetoothは, 米国Bluetooth SIG, Inc.の商標であり, 日立製作所はライセンス契約により, これを使用している。

“HD157100”と、(2) ホストCPUとして使用できるブルートゥースベースバンド機能付きSuperHマイコン“SH7630”について述べる。

2 日立製作所のチップセット構成

2.1 ブルートゥースシステムの構成

ブルートゥースシステムは、(1) 高周波無線部のRF処理・変復調部、(2) 無線プロトコルを制御する通信制御部、および(3) 各種アプリケーション処理に応じた処理を行う上位プロトコル・アプリケーション部の三つの部分で構成している。従来は、(2)と(3)を、それぞれに対応する16/32ビットクラスのマイコン二つを用いて別々に処理しており、両者は、HCI (Host Control Interface)と呼ばれるインタフェースレイヤを介して接続されていた。しかし、各種機器へのブルートゥース機能の組込みを考えた場合、このようにいったんHCIレイヤで分ける形式は、二つのマイコンを使わなければならないことから、低価格と低消費電力という観点から、得策ではない(図1参照)。

2.2 チップセット構成

日立製作所のチップセットは、組込み系機器で実績を誇る日立製作所の高性能マイコンSuperHファミリの“SH-3”CPUコアやブルートゥースのベースバンド機能、リンクマネージャ機能などの通信制御に必要なハードウェアを集積化した“SH7630”と、SAW(表面弾性波)フィルタなど外付け部品の削減を図ったシングルチップRFトランシーバ・モデム“HD157100”の2チップから成る。これらのチップとプログラム内蔵用フラッシュメモリを加えた3チップにより、ブルートゥース機能を実現することができる(図2参照)。

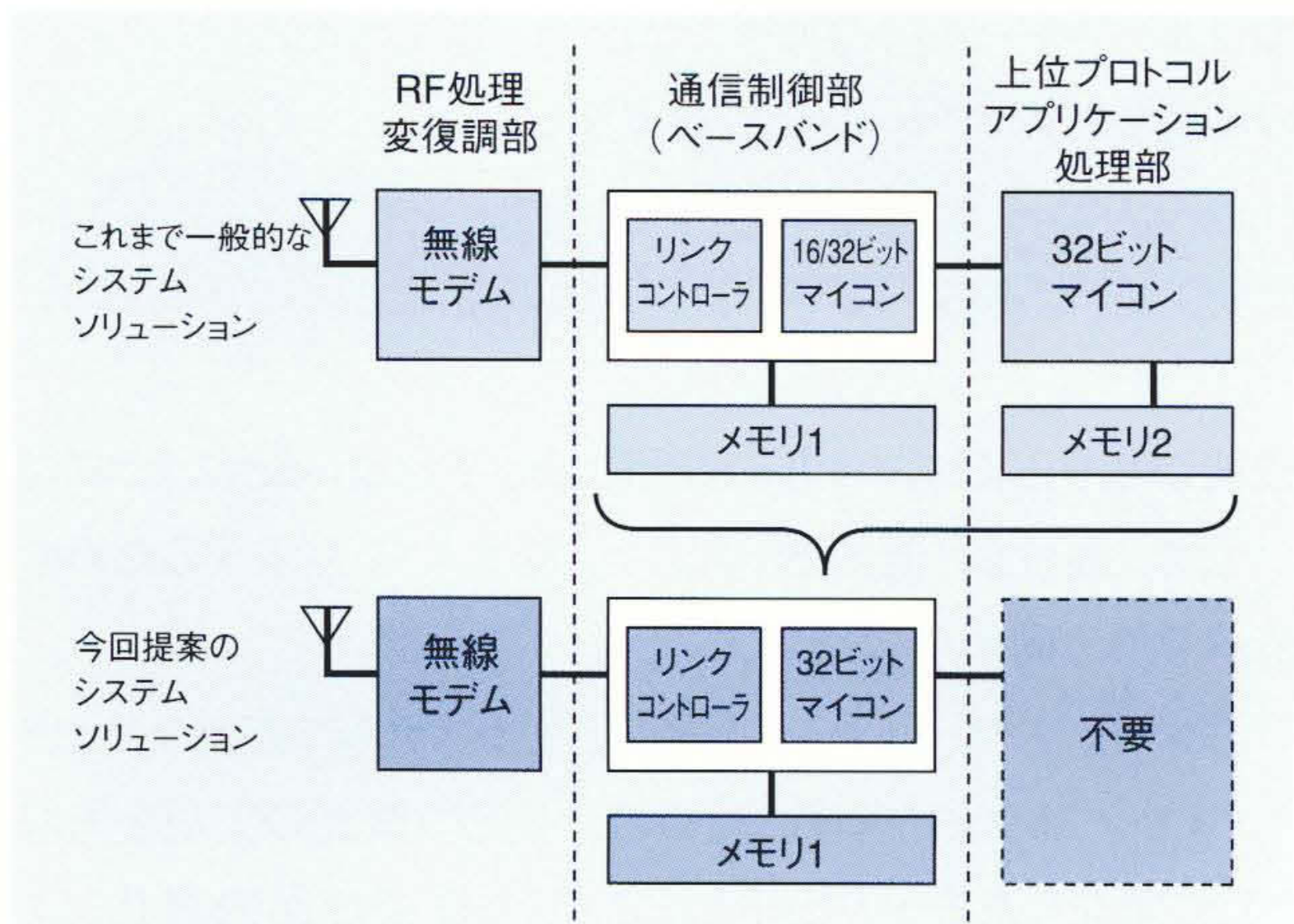
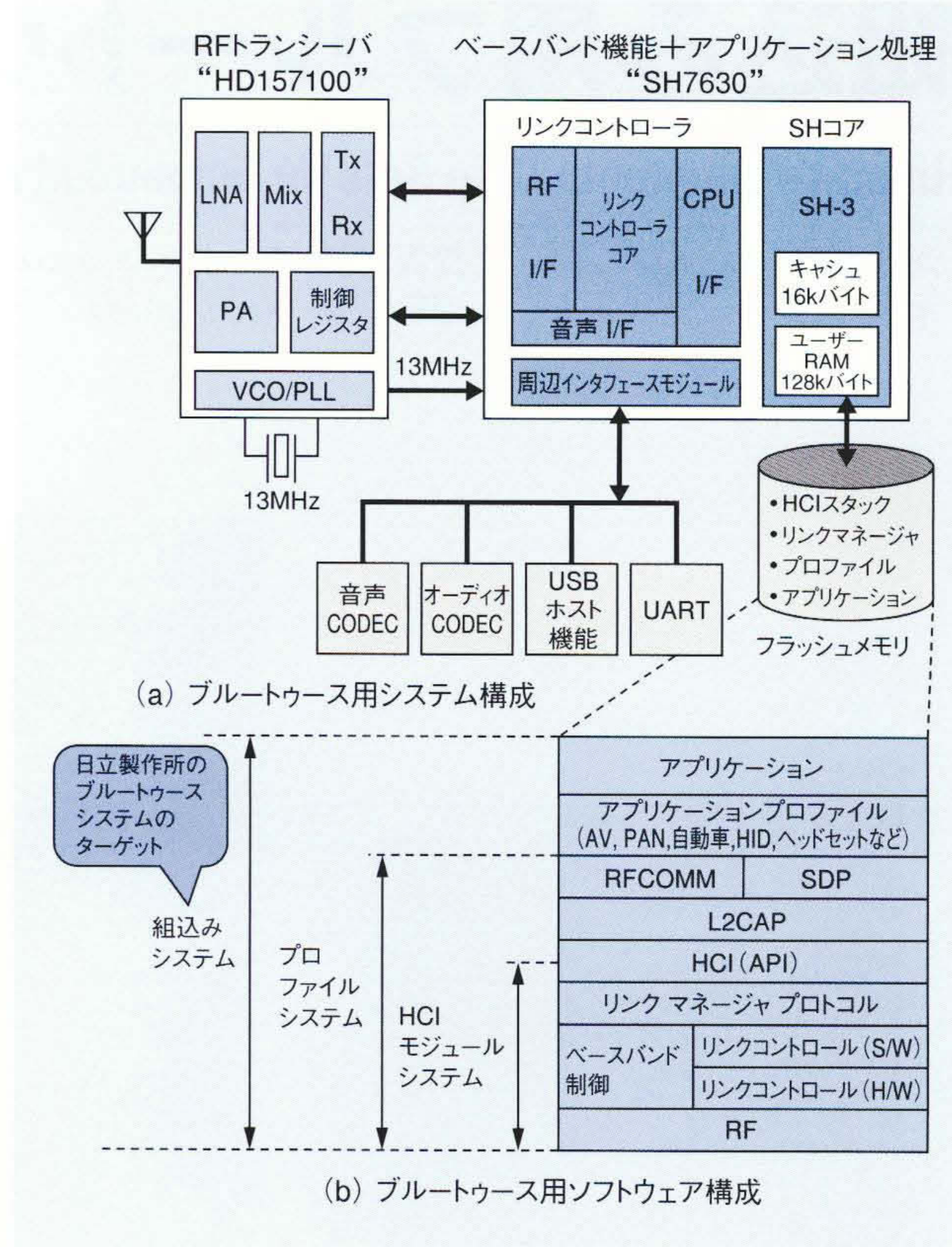


図1 これまでのシステム構成と日立製作所のチップセットのシステム構成比較

日立製作所のシステム構成では、通信制御と上位プロトコル、およびアプリケーションまでを一つのCPUで処理する。



注：略語説明

LNA (Low Noise Amplifier), Mix (Mixer), Tx (Transmitter), Rx (Receiver)
 PA (Power Amplifier), VCO (Voltage-Controlled Oscillator)
 PLL (Phase-Locked Loop), I/F (Interface), CODEC (符号化)
 USB (Universal Serial Bus)
 UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
 AV (Audio-Visual)
 PAN (Personal Area Network), HID (Human Interface Device)
 RFCOMM (Serial Port Emulation), SDP (Service Discovery Protocol)
 L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol)
 API (Application Program Interface), S/W (Software), H/W (Hardware)

図2 ハードウェアとソフトウェアのシステム構成

ソフトウェアは、HCI層以下の通信制御プロトコルと、HCIよりも上位の基本プロファイル、およびアプリケーションプロファイルなどの上位プロトコルに分けられる。

これまでは二つのマイコンで処理していた各階層ソフトウェアの実行が、アプリケーションも含めて一つのマイコン上で可能であるということは、ブルートゥース機能にとどまらず、他のアプリケーションの同時処理機能を実現できることを意味する。さらに、これを生かした機器の高性能化、低価格化、小型化、および低消費電力化も図ることができる。

3 RFトランシーバIC“HD157100”の概要

HD157100は、ベースバンド機能を内蔵したマイコン“SH7630”からのパケットデータ信号を受け、2.4 GHzキャリア信号にGFSK (ガウス周波数偏移符号化) 変調をかけて出力する送信部と、RF信号を受信し、これからパケットデータを再生してSH7630へ送り出す受信部を、0.35 μ mプロセスのSOI (Silicon on Insulator) BiCMOS (バイポーラ相補形MOS) プ

表1 HD157100の諸元

ブルートゥースVersion 1.1に準拠したRFトランシーバ機能を実現している。

項 目	仕 様
最小受信感度	−83 dBm(標準)
イメージ妨害除去比	−16 dB(標準)
隣接チャンネル電力@2 MHz	−52 dBm/1 MHz(標準)
外付け水晶発振子	13 MHz
パッケージ	QFN-36 [6.2×6.2(mm), ピンピッチ：0.5 mm]
電源電圧	2.7～3.0 V
消費電流	送信時：36 mA(標準), 受信時：48 mA(標準)

ロセスを用いて1チップ化したものである。低コスト化と小型化を図るために、送受信ともに外付け部品を極力少なくすることと、低消費電力化に主眼を置いた構成としている。

受信部では、「イメージ リジェクション ミクサ+低中間周波数アーキテクチャ」によってフィルタ オン チップ化と、部品点数の削減を図っている。さらに、中間周波フィルタにはデジタルフィルタを併用することでアナログフィルタの要求性能を緩和し、少ないチップ面積で、十分な妨害波除去性能を実現している。また、送信部では、GFSK変調であることから、回路構成が簡単で、かつ消費電力面でも有利な直接変調方式を採用している。キャリア周波数を発生するVCO(電圧制御発振器)では、タンク回路も含めて集積化を図っている¹⁾。そのほか、13 MHzの水晶発振回路を内蔵しており、SH7630と組み合わせた場合には、このRFチップから動作に必要なメインクロックを供給することができる。

HD157100の性能諸元を表1に示す。

4 ベースバンド機能内蔵マイコン “SH7630”

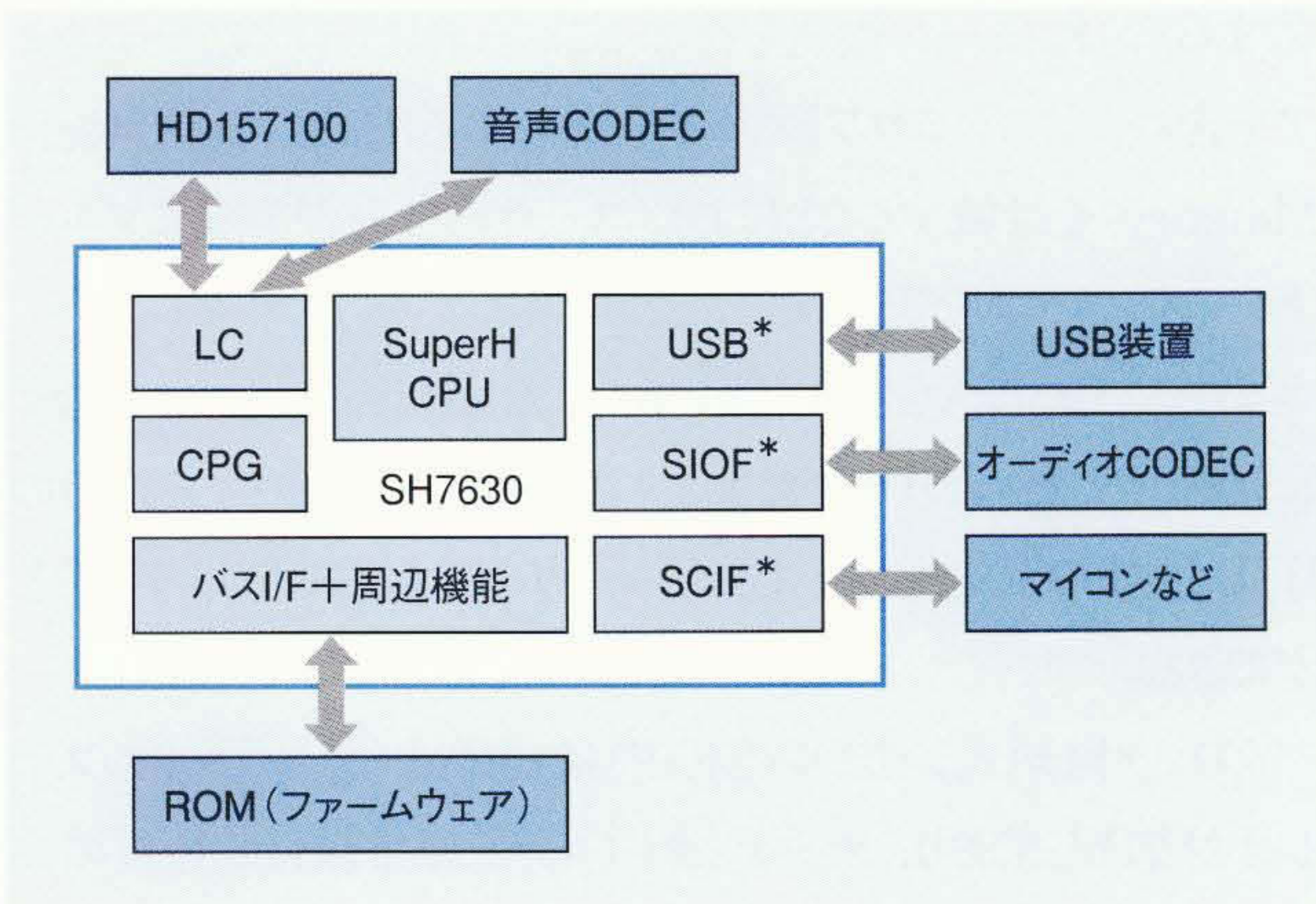
4.1 日立製作所のブルートゥースベースバンドLSIの特徴

ブルートゥースのチップセットのうち、ベースバンド処理を行うSH7630は、単なるベースバンドLSIではなく、ブルートゥースベースバンド機能を内蔵したSuperHマイコンとして開発したもので、調歩同期シリアル(UART)やUSB(Universal Serial Bus)などと同様に、ブルートゥースをシステムLSIを構成するインタフェースの一つとして位置づけている。

SH7630は、従来のブルートゥースHCIモジュールに必要なリンク マネージャ プロトコル(LMP)層までの処理に加え、HCIの上位に位置する基本プロファイルの処理と各種アプリケーションプロファイルも実行できる性能と、外部ホストプロセッサを不要とする性能を持っている。そのため、強力なホストプロセッサを持っていないパソコンのような周辺機器に適用できる。

4.2 SH7630のアーキテクチャ

SH7630は、SuperHマイコンの携帯機器用シンセサイザブルCPUコア “SH-3” から、MMU(Memory Management Unit) 機能などを除いたプロセッサである。外部インタフェースとして、ブルートゥースのベースバンド処理を行うリンクコントローラ、USB(ホスト・ファンクション)、クロック同期式シリアル(SIOF)、調歩同期式シリアル(SCIF)などの通信系周辺機能を持つ(図3、表2参照)。また、SuperHマイコンの機能として、外部割込み端子、GPIO(汎用入出力ポート)、D-A



注：略語説明ほか
LC (Link Controller), CPG (Clock Pulse Generator)
* 選択的に使用が可能な周辺機能を示す。

図3 SH7630の構成とシステム

SH7630では、RF-IC(HD157100)と外付けROM上のファームウェアから成る、ブルートゥース システム ソリューションを提供する。

表2 SH7630の諸元

50 MHz以下でSBC(Sub-band Coding) フォーマットのオーディオデータを連続的にデコードして出力することができる。

項 目	仕 様
C P U	SH-3コア(ただし、MMU機能なし)
動作周波数	52 MHz*(最大64 MHz)
メ モ リ	キャッシュ16 kバイト, ユーザーRAM128 kバイト
割 込 み	NMI, IRQ0
外 部 バ ス	フラッシュROM, SRAMに接続
リンクコントローラ	ブルートゥースVersion 1.1対応
U S B	USB1.1対応ホスト・ファンクション トランシーバ内蔵
S C I F	2チャンネル調歩同期シリアル, 最高1 Mビット/s
そ の 他	クロック同期式シリアル(1チャンネル), DAC(2チャンネル), タイマ(3チャンネル), DMAC(6チャンネル)
ファームウェア	LMP RF/BBドライバ, Bluetooth API
パッケージ	TFBGA-1212-208
電 源 電 圧	2.7～3.6 V 内部1.5 V用レギュレータ内蔵
消 費 電 力	1 mA/MHz(標準動作時)

注：略語説明ほか
NMI(Non-Maskable Interrupt), IRQ0(Interrupt Request 0)
SRAM(Static RAM), DAC(Digital-to-Analog Converter)
DMAC(Direct Memory Access Controller)
LMP(Link Management Protocol), API(Application Program Interface)
BB(Baseband)
* HD157100から動作クロックを供給する場合

(Digital-to-Analog)コンバータ、オンチップに16 kバイトのキャッシュおよび128 kバイトの大容量RAM(Random Access Memory)を搭載しており、外付けにフラッシュメモリを接続することでシステムを構築することができる。

また、SH7630は、HD157100から供給される13 MHzのリンクコントローラ用のクロックをCPUのメインクロックとして利用できる機能を持っているので、システムを構成する部品点数を低減することができる。

4.3 システムソリューションの提供

SH7630は、ブルートゥースのベースバンド処理を行うリンクコントローラに、RF-IC(HD157100)と音声CODEC ICを直結するインタフェース機能を持つ。これらのドライバファームウェアを含め、システムソフトウェアを格納するROM(Read-Only Memory)を接続することにより、ユーザー自身が容易にブルートゥースシステムを構築することができる。

また、パソコンやPDA(Personal Digital Assistant)などに接続するためのUSB機能と、周辺機器に接続するためのUSBホストの双方を備えており、一方を選択して使用することができる。

クロック同期式シリアル(SIOF)は16ビット×2チャネルのステレオ対応としており、オーディオCODECに接続して品質の高いオーディオの再生に適した周辺機能である。ブルートゥースで送られてきたSBC(Sub-band Coding)フォーマットのオーディオデータをSH7630で直ちにデコードし、オーディオCODECに出力することができる。

調歩同期式シリアル(SCIF)は汎用性の高い通信ポートで

あり、既存のシステムにブルートゥースを追加する場合に適したインタフェースである。

以上のように、SH7630は、単にブルートゥースの基本のベースバンド処理にとどまらず、応用に密着した上位のアプリケーションプロファイルなどの処理も可能なシステムソリューションを提供するものである。ユーザーは、ブルートゥースの基本システムを構築したうえで、所望のシステム実現のためのアプリケーションプログラムを、1チップで実現することができる。

5 おわりに

ここでは、日立製作所のブルートゥース用チップセットとして、ベースバンド機能内蔵マイコン“SH7630”とRFトランシーバIC“HD157100”について述べた。

今回開発したブルートゥースベースバンド処理回路は、他の通信インタフェースと同様、日立製作所の標準周辺バスに接続が可能である。今後も、ニーズに合わせた、さらに信号処理機能の高い次世代SuperHマイコンと、H8マイコンを内蔵したASSP(特定用途向け標準品)にブルートゥース通信機能を搭載していく考えである。

参考文献

- 1) M. Shida, et al.: A 2.4-GHz RF Transceiver with Digital Channel-Selection Filter for Bluetooth, ISSCC2002, 5.5 (Feb. 2002)

執筆者紹介



河合和彦

1984年日立製作所入社、半導体グループ ミックスドシグナル IC本部 所属
現在、ブルートゥース用RF ICの開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: kawai-kazuhiko @ sic.hitachi.co.jp



木内 淳

1984年日立製作所入社、半導体グループ ミックスドシグナル IC本部 所属
現在、ブルートゥース用ベースバンドICの開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: kiuchi-atsushi @ sic.hitachi.co.jp



堤坂康博

1986年日立製作所入社、半導体グループ ソリューション マーケティング本部 所属
現在、ワイヤレスシステムの開発に従事
E-mail: sagesaka-yasuhiro @ sic.hitachi.co.jp



深田 馨

1985年日立製作所入社、半導体グループ 設計・ソフト技術本部 所属
現在、各種通信系・メモリカード系IPの開発に従事
E-mail: fukada-kaoru @ sic.hitachi.co.jp



志田雅昭

1993年日立製作所入社、中央研究所 情報システム研究センタ 通信システム研究部 所属
現在、無線LANを用いた測位システムの研究・開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: shidau @ srl.hitachi.co.jp