

2012年2月17日

国立大学法人 東京工業大学  
 ソニー株式会社

**世界最高\*1のデータ伝送速度 6.3 Gb/s を実現する  
 低消費電力・広帯域ミリ波無線用 LSI を共同開発**  
 ～ モバイル機器搭載を想定した低消費電力動作を実現～

国立大学法人 東京工業大学と、ソニー株式会社 (以下、ソニー) は、世界最高速 6.3 Gb/s のミリ波無線データ伝送を実現する高周波 (以下、RF) LSI およびベースバンド (以下、BB) LSI を共同開発しました。本成果の詳細については、2012年2月19日からサンフランシスコにて開催される、International Solid-State Circuits Conference (ISSCC) に採択され、論文番号 12.3 にて発表いたします。

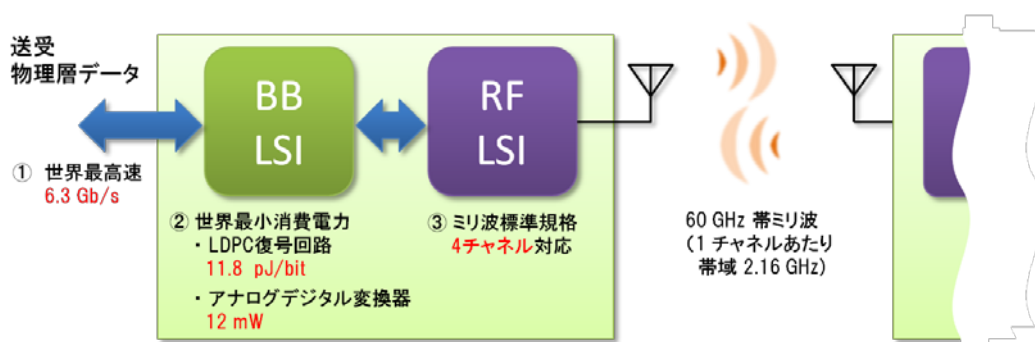


図 1 共同開発したシステムのブロック図

近年、無線通信の高速化に伴い、周波数の需要が増大しており、特に、6 GHz 以下の周波数が、ひっ迫している状況です。また、テレビ、モバイル機器、インターネット上の画像共有サイトなどで扱う音声・写真・動画の音質・画質の向上によって機器間でやりとりするデータ量が加速的に増えており、これら膨大なデータを機器間で高速、簡単に交換する技術の必要性は高まる一方です。

東京工業大学とソニーは、こうした環境の変化に対応するため、モバイル機器間を繋ぐ低消費電力のミリ波高速無線データ伝送技術を開発しました。この技術が実用化できると、例えば、ケーブルにつなぐことなく、モバイル機器間で高速にデータを送受信したり、高画質な映像を非圧縮で送りながら見たりする事が可能になります。

共同開発を進めるにあたっては、ソニーが BB LSI のデジタル部の設計とチップ全体の開発を担当し、東京工業大学が RF LSI と BB LSI のアナログ部の設計を担当しました。

ソニーが開発を担当した高効率・高信頼性のレート 14/15 Low-Density Parity-Check (LDPC) 誤り訂正符号\*2によって、誤り訂正を行うために必要となる付加データ量そのもの

を大幅に削減し、世界最小<sup>\*3</sup>のビット当たり消費電力 11.8 pJ/bit (6.3 Gb/s 動作時 74 mW) で LDPC 復号処理を実現しています。この LDPC 符号は 60GHz 帯ミリ波標準 IEEE 802.15.3c へ提案し採用されています。

東京工業大学の松澤昭教授と岡田健一准教授らの研究グループが開発した RF LSI は、60 GHz 帯ミリ波ダイレクトコンバージョン無線機<sup>\*4</sup>で、高速な無線通信を可能とする 16 Quadrature Amplitude Modulation (16QAM)<sup>\*5</sup>に、世界で初めて、各種 60 GHz 帯無線標準規格<sup>\*6</sup>において規定されているすべての周波数チャンネルで対応することを可能としました。これまで東京工業大学では、注入同期型<sup>\*7</sup>局部発振器<sup>\*8</sup>の開発によって、周波数チャンネル 2 チャンネルまでの対応を実現しています<sup>\*9</sup>。今回、開発した RF LSI は注入同期型<sup>\*7</sup>局部発振器<sup>\*8</sup>を独自の折り返し型構造にすることで、周波数チャンネル全 4 チャンネルへの対応が可能になりました。

また、BB LSI に搭載したアナログデジタル変換器では、変換誤差を増加させずに比較器<sup>\*11</sup>を簡略化できる技術を開発することにより、60 GHz 帯無線機に搭載されたアナログデジタル変換器として世界最小<sup>\*12</sup>の消費電力 12 mW (2.3 G samples/s 動作時) を実現しました。

尚、本研究開発の一部は、総務省委託研究「電波資源拡大のための研究開発」の一環として実施されました。

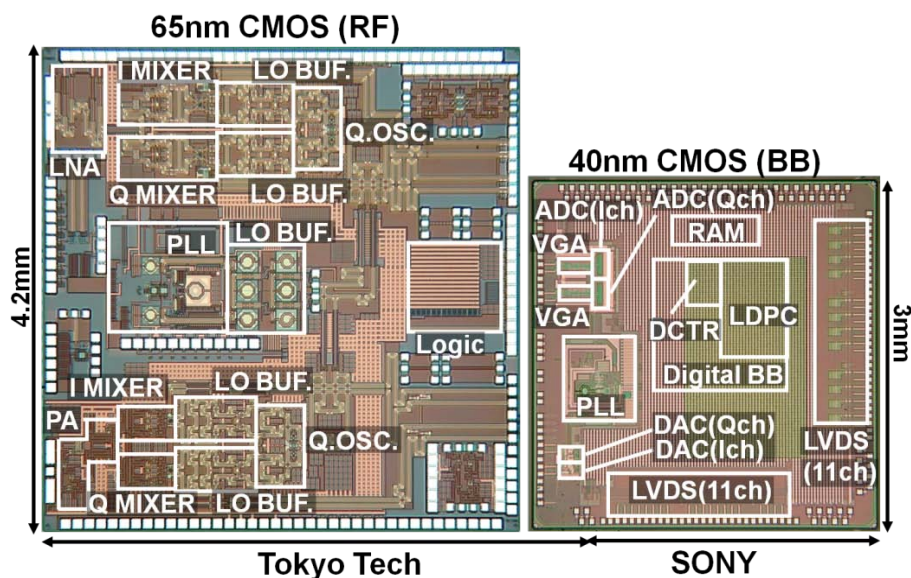


図 2 RF LSI (左) および BB LSI (右) のチップ写真

## ■ 主な研究開発のポイント

### 1. 超低消費電力復号を可能とする独自構造の高符号率 LDPC 符号と、並列型高速デジタルキャリア・タイミング同期技術<sup>\*13</sup>を開発

従来の多くの無線ベースバンドシステムでは、データ伝送速度を上げるために伝送信号の多値度を上げ、それにより起こる信号品質の劣化をリカバーするために誤り訂正符号<sup>\*2</sup>やパイロットワード<sup>\*14</sup>等による冗長度を 50~250 % 程度付加しています。結果的に、ユーザ側から見た伝送速度があまり上がらず、消費電力が増えてしまいやすいという問題がありました。しかし、この冗長度を単純に削減するだけでは、システムに必要な信頼度を確保する事が難しいという課題がありました。今回、ソニーでは誤り訂正符号の冗長度をわずか 7%に抑えても復号後誤り率  $1 \times 10^{-11}$  までエラーフロア<sup>\*15</sup>が観測されず、かつ 6.3 Gb/s 動作時に 74 mW の低消費電力での復号を可能とする、独自構造の高符号率 LDPC 符号とその回路を開発しました。また、デジタルキャリア・タイミング同期(DCTR)技術<sup>\*13</sup>の新しい並列化アルゴリズムを開発する事で、パイロットワードが無くても高速にシンボル同期ができる技術を開発しました。これらの技術により、ミリ波無線用ベースバンドとして最高伝送速度<sup>\*16</sup>を達成しています。

### 2. 新規に開発した注入同期型<sup>\*7</sup>の直交局部発振器<sup>\*8</sup>を用いたミリ波無線機技術の実現

世界で初めて、60 GHz 帯無線標準規格<sup>\*6</sup>において規定されている 4 チャンネルすべてにおいて 16QAM<sup>\*5</sup>による無線データ通信が可能なミリ波ダイレクトコンバージョン無線機<sup>\*4</sup>を実現しました。16QAM をダイレクトコンバージョン無線機で実現するには、局部発振器の位相雑音<sup>\*10</sup>特性の改善と発振周波数範囲の広帯域化が課題でしたが、今回、注入同期型発振器を折り返し型構造にすることで、位相雑音性能を維持しつつ、幅広い周波数に対応することができました。直交度の改善により、変調精度を表す Error Vector Magnitude (EVM) 特性<sup>\*17</sup>において、従来報告のあった -19 dB<sup>\*18</sup>から大幅に改善し、-23 dB<sup>\*19</sup>の性能を達成しました。RF LSI 単体の誤り訂正前のデータ伝送速度として、60 GHz 帯無線標準規格に定められた 2.16 GHz の周波数帯域を用いた場合、16QAM 利用時に 7.0 Gb/s、Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)<sup>\*20</sup>変調利用時に 3.5 Gb/s が、さらに広い周波数帯域を用いた場合、16QAM 利用時に最大で 10 Gb/s が、各々可能となります。

## ■ 注釈の説明

\*1：世界最高のデータ伝送速度 6.3 Gb/s

2012年2月現在ソニー・東京工業大学調べ。チャンネルあたり周波数帯域 2.16 GHz のミリ波無線機として

**\*2 : LDPC 誤り訂正符号**

誤り訂正符号の一種。誤り訂正符号とは、データを伝送する際にノイズなどでデータの一部が誤った場合、データの誤りを訂正できるように、本来のデータに対して冗長なデータを付加したもの。

**\*3 : 世界最小ビット当たり消費電力 11.8 pJ/bit**

2012年2月現在ソニー・東京工業大学調べ。集積回路で実現されたLDPC復号回路として。

**\*4 : ダイレクトコンバージョン型無線機**

無線機の構成方法の一種。通常よく用いられるヘテロダイン型では、キャリア周波数（例えば 60 GHz）から一度中間周波数（例えば 20 GHz）に落としてから、ベースバンド周波数に変換する。そのため、40 GHz 局部発振器と 20 GHz の直交局部発振器が必要となり、部品点数や消費電力は増える。一方で、ダイレクトコンバージョン型では、60 GHz の直交局部発振器を用いて、一気にベースバンド周波数に変換する。回路部品点数が減り、低消費電力かつ小面積な回路にすることができる。60 GHz の直交局部発振器の実現は困難であり、十分な無線性能を得ることが難しかった。

**\*5 : 16 Quadrature Amplitude Modulation (16QAM)**

変調方式の種類。16QAM は振幅情報も用いる直交位相振幅変調の一種であり、位相と振幅の両方に変調をかけることにより、一回の変調で 4 ビットの情報伝送が可能である。

**\*6 : 60 GHz 帯無線標準規格**

IEEE 802.15.3c, ECMA-387, ISO/IEC 13156

**\*7 : 注入同期型**

発振器に、別の周波数を注入することにより、異なる周波数を作り出す技術。

**\*8 : 局部発振器**

局部発振器は、無線通信に必要な搬送波信号を生成するための回路。無線機の性能を左右する最重要構成要素であり、通信品質の改善のため、低位相雑音であることが必要とされる。

**\*9 : 2011年2月18日 東京工業大学プレスリリース**

「ミリ波帯無線機で毎秒 11Gbit の伝送速度を達成 -16 値変復調が可能な世界初のミリ波帯ダイレクトコンバージョン無線機-

[http://www.titech.ac.jp/file/20110218\\_OkadaISSCC.pdf](http://www.titech.ac.jp/file/20110218_OkadaISSCC.pdf)

**\*10 : 位相雑音**

発振器の重要な特性の一つ。必要な周波数の信号に対し、どれだけ不要な周波数のスペクトルを持つかを表す。

**\*11 : 比較器**

回路素子の一種。二つの電圧または電流を比較し、どちらが大きいかで出力が切り替わる。

**\*12 : 世界最小の消費電力**

2012年2月現在東京工業大学・ソニー調べ。

**\*13 : デジタルキャリア・タイミング同期技術**

送受機器間のキャリア周波数・シンボル周波数の、それぞれのずれ量をデジタル信号処理により補正する技術。

**\*14 : パイロットワード**

シンボル同期等のために送信機器において伝送データ中に周期的に挿入されるデータ。

**\*15 : エラーフロア**

信号品質が改善しても誤り訂正復号後の誤り率が低下しなくなる現象。

**\*16 : 最高伝送速度**

2012年2月現在ソニー・東京工業大学調べ。チャンネルあたり周波数帯域 2.16 GHz のミリ波無線システム用ベースバンドとして。

**\*17 : Error Vector Magnitude (EVM) 特性**

平均信号点強度もしくは最大信号点強度に対する変調信号の誤差比率。変調精度の指標として用いられ、値が小さいほど良好な変調特性であることを示す。

**\*18 : -19 dB**

2012年2月現在東京工業大学・ソニー調べ。局部発振器を搭載する 60 GHz 帯無線機として。

**\*19 : -23 dB**

受信側で適応等化器による補正を行った後の、最大信号点強度に対する変調信号の誤差比率の値。

**\*20 : Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) 変調**

一定周波数の搬送波の位相を変化させることで変調する位相偏移変調の一種。位相偏移変調は、変化した位相の種類を増やすことにより、変調 1 回あたりの送信ビット数を増やすことができる。QPSK 変調は、一回の変調 (1 シンボル) で 2 ビット伝送するもので、位相変化を 4 値とする。

---

本件に関する報道関係からのお問い合わせ先

国立大学法人 東京工業大学

総務部 評価・広報課 広報・社会連携グループ 電話 : 03-5734-2975

理工学研究科電子物理工学専攻 岡田健一 Email : okada@ssc.pe.titech.ac.jp

ソニー株式会社 広報センター

電話 : 03-6748-2200