

CMOS 技術を用いたミリ波帯超高速スケーラブル無線回路技術の研究

研究代表者

岡田健一 東京工業大学大学院理工学研究科



1. 研究の背景と達成目標

有線通信速度の向上と LSI の性能向上により、インターネット上で流通する情報は飛躍的に増大している。これはデバイス技術の改善によるところが大きい。一方で、無線通信は、その通信速度がシャノンの定理に示されるように通信帯域幅で律速するため、コンテンツ量の増大に対して相対的に遅い通信手段となっている。

本研究ではシリコン CMOS 技術を用いたミリ波帯スケーラブル無線システムの研究を行う。CMOS トランジスタの性能向上にあわせ、無線通信のビットレートのスケールアップが可能であることを示す。実際に、65nm CMOS プロセスにより 60GHz 帯で動作する無線 LSI を試作し、提案技術の有効性を示すことが本研究の目標である。

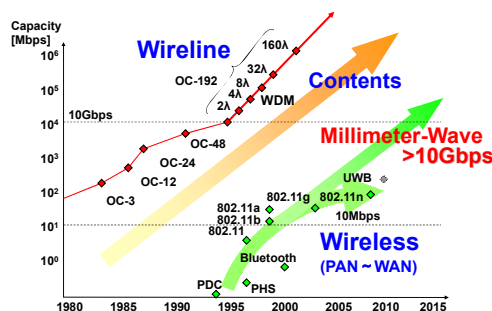
2. 主な研究成果と社会、学術へのインパクト

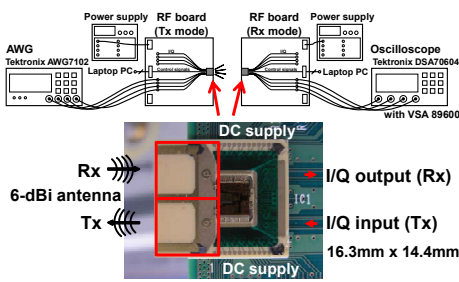
- ・ミリ波で動作する無線集積回路を実現し、世界最速となる 16Gbps の無線伝送速度を達成した。スマートフォンやノートパソコンに搭載可能な小型・低消費電力な無線機が実現可能である。
- ・Digitally-Assisted RF 技術により、小面積化・低消費電力化・変調性能の向上を実現した。化合物半導体を使わずに、安価な CMOS 集積回路においてミリ波動作可能な無線機が実現できた。本技術は、広く無線向け回路技術に適用可能であり、現状利用されているあらゆる無線回路の消費電力を削減しうる。

3. 研究成果

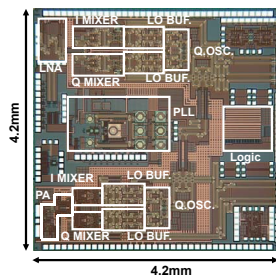
65nm CMOS プロセスにより 60GHz 帯で動作する無線機 LSI を試作し、これまで集積回路として実現された無線機として世界最速となる 16Gbps の無線伝送速度を達成した。位相雑音を従来の 1/100 に低減し、小型・低消費電力なダイレクトコンバージョン型無線機を世界で初めてミリ波帯において実現できたことによる成果である。従来、無線機での利用が難しかった注入同期型直交発振器を、提案する Digitally-Assisted RF 技術により集積化を可能とした。送信

時に 319mW、受信時に 223mW と極低消費電力での動作を実現した。本成果は、学会等で発表されている中では世界で初めて 4 チャンネルすべてにおいて無線通信を実現しており、変調精度 EVM において、これまでで世界最高の -23.3dB を達成した。インターリーブ構成により 40Gbps の実現可能性を示し、CMOS トランジスタの性能向上にあわせ、無線周波数をスケールアップし伝送速度を向上できることを示した。

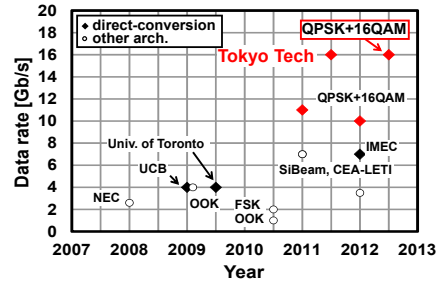




作成した 60GHz 無線通信ボード



CMOS 無線チップ



他研究機関との性能比較

4. 今後の展開

無線機を構成するアナログ回路は、アナログ信号を扱う故に動作温度や供給電圧、製造上のばらつきなどの影響により必然的に性能劣化を起こしやすい。本研究における Digitally-Assisted RF 技術は、そのようなアナログ回路をデジタル回路により柔軟に制御し、常に最高性能を発揮させることが可能である。回路の種類を選ばないため、幅広く適用可能であり、無線機の性能向上や、携帯機器の消費電力の大幅な削減が可能である。

5. 発表実績

1. Kenichi Okada, *et al.*, "A Full 4-Channel 6.3Gb/s 60GHz Direct-Conversion Transceiver With Low-Power Analog and Digital Baseband Circuitry," IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), pp.218-219, San Francisco, CA, Feb. 2012.(新聞・Web等 46件報道)
2. Kenichi Okada, *et al.*, "A 60-GHz 16QAM/8PSK/QPSK/BPSK Direct-Conversion Transceiver for IEEE802.15.3c," IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC), Vol. 46, No. 12, pp. 2988-3004, Dec. 2011.
3. Ahmed Musa, *et al.*, "A Low Phase Noise Quadrature Injection Locked Frequency Synthesizer for MM-Wave Applications," IEEE Journal of Solid-State Circuits (JSSC), Vol. 46, No. 11, pp. 2635-2649, Nov. 2011.
4. Kenichi Okada, *et al.*, IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC), pp.160-161, San Francisco, CA, Feb. 2011.
5. Hiroki Asada, *et al.*, "A 60GHz 16Gb/s 16QAM Low-Power Direct-Conversion Transceiver Using Capacitive Cross-Coupling Neutralization in 65nm CMOS," IEEE Asian Solid-State Circuits Conference, pp.373-376, Nov. 2011.
6. Kenichi Okada, "60-GHz CMOS Direct-Conversion Transceiver Using Injection-Lock Oscillators," IEEE Compound Semiconductor IC Symposium, CA, Oct. 2012. (invited)
7. Kenichi Okada, "A 60-GHz CMOS Direct-Conversion Transceiver," IEEE European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC) Tutorial, Bordeaux, France, Sep. 2012. (invited)
8. Kenichi Okada, "A Millimeter-wave CMOS Transceiver for 10Gb/s Wireless Communication," CMOS Emerging Technologies, Vancouver, Canada, July 2012. (invited)
9. Kenichi Okada, "A 60GHz 16QAM/8PSK/QPSK/BPSK Direct-Conversion Transceiver," International SoC Design Conference, Seoul, Korea, pp.20-23, Nov. 2011. (invited)
10. Kenichi Okada, "Measurement and Characterization of Millimeter-wave Passive and Active Devices," IEEE International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices, Sep. 2011. (invited)