



Tokyo Tech

SONY



KDDI
KDDI R&D LABS

平成 28 年 2 月 29 日

報道機関各位

国立大学法人東京工業大学
ソニー株式会社
日本無線株式会社
株式会社 KDDI 研究所

世界初 40GHz 帯／60GHz 帯協調による次世代 高速ワイヤレスアクセスネットワーク構築に成功

国立大学法人東京工業大学（学長：三島良直／以下、東工大）、ソニー株式会社（代表執行役社長：平井一夫／以下、ソニー）、日本無線株式会社（代表取締役社長：土田隆平／以下、日本無線）、株式会社 KDDI 研究所（代表取締役所長：中島 康之／以下、KDDI 研究所）は、大容量コンテンツ配信のための 40GHz 帯*1／60GHz 帯*2 協調による次世代高速ワイヤレスアクセスネットワークの共同研究開発を行い、ネットワーク構築試験に成功しました。これにより、将来のワイヤレスネットワークにおいてミリ波帯*3による高速通信サービスを取り入れる一形態を示すことができました。今後増加が見込まれる移動体通信のトラヒックの一部を、周波数ひっ迫度の低い、ミリ波帯に迂回させることにより、混雑を回避できることが期待されます。2016 年 3 月 2 日（水）～3 月 4 日（金）に東京工業大学大岡山キャンパスで開催される移動通信ワークショップ（電子情報通信学会通信ソサイエティの 4 研究会合同開催）に合わせ、本成果の公開実証実験が行われます。

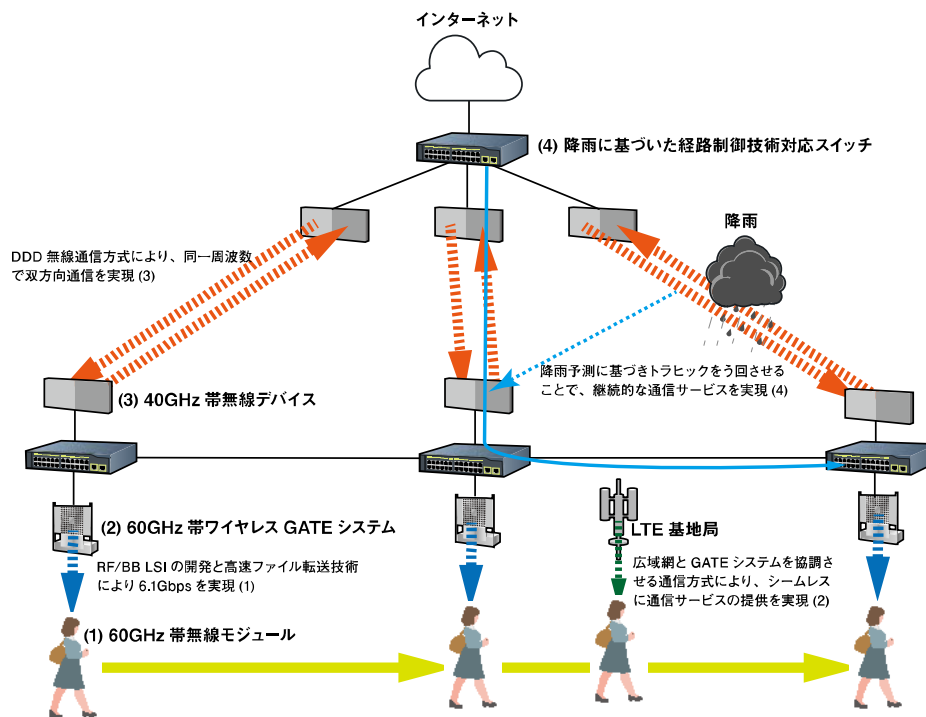


図 1. 共同研究開発したシステムの全体像

なお、本成果は、総務省の電波資源拡大のための研究開発「ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク構築のための周波数高度利用技術の研究開発」の一環によるものです。

【研究の背景】

モバイルトラヒックの急増により、無線周波数資源が不足しており、より高い周波数帯の利活用が望まれています。特に各国で研究が進められている第 5 世代移動通信システム（以下、5G）が目指す高速通信性能を実現するために、ヘテロジニアスネットワーク [1] の一部としてミリ波帯を用いる提案がなされています。ただし、ミリ波帯は、高速なデータ転送が提供可能である一方、電波の減衰が大きく遠くまで電波が届きにくいいため、屋内や屋外の小ゾーン形成に用いられ、移動帯通信におけるワイヤレスネットワークとしての利用は難しいとされてきました。特に屋外の利用では、降雨による影響をどのように回避するかが課題の一つになっています。また、高速なデータ転送を実現するためには、無線区間の周波数利用効率の向上（多値変調方式）が必要となると共に、モバイル端末側のデータ処理速度が、現状たかだか数百 Mbps と無線区間の速度（数 Gbps）よりも遅いため、この問題をどうやって解決するかが課題となります。

【技術的詳細】

上記の課題を解決するため、東工大、ソニー、日本無線、KDDI 研究所が協力して研究開発を行い、端末側・ネットワーク側が協調し、ギガバイトクラスの大容量コンテンツを高速に配信可能な、40GHz/60GHz を組み合わせた新しいミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークを構築しました。その技術的ポイントは以下の 4 点になります。

(1) 60GHz 帯通信において、無線ファイル転送システムとして世界最高のユーザデータ伝送速度 6.1 Gbps を実現（ソニー、東工大）

東工大とソニーは 2012 年に、60 GHz 無線 LSI の共同開発を行い、6.3 Gbps の物理層速度を CMOS LSI として達成しました [2]。今回、東工大において利得 6 dBi のスラブ導波路アンテナ(安藤・広川研究室)、ダイレクトコンバージョン方式の 65 nm CMOS 60 GHz RF LSI と 2.3 G Sample/s 7-bit analog-to-digital converter (ADC) 等のアナログ回路(松澤・岡田研究室)、及びソニーにおいて上記アナログ回路と rate-14/15 及び 11/15 の新規 Rate-compatible LDPC 符号*4 を用いた物理層と無線制御 (MAC) 層を含む 40 nm CMOS Baseband LSI を搭載した無線モジュールを開発し、帯域幅 2.16GHz において最大物理層速度 6.57Gbps という、60 GHz 帯として高い帯域利用効率を装置として実現いたしました。なお、この無線モジュールは、現在規格化中の IEEE802.15.3e*5 の 1st ドラフトをベースに設計されています。また、端末技術では大容量キャッシュメモリへの高速データアクセスを可能にしたファイル転送システムを開発し、無線モジュールと端末を含めた無線システム全体で 6.1 Gbps という (1G バイトのファイルを約 1.3 秒で送れる) 世界最高のユーザデータ伝送速度の無線ファイル転送に成功しました。本技術により、モバイル端末の処理速度を上回る高速で、かつ一瞬で大容量ファイルを受け取る事ができます。



図 2. 60 GHz 帯無線モジュール (左) とスマートフォンへの 6.1 Gbps 無線ファイル転送実験の様子 (右)

(2) 60 GHz 帯ワイヤレス Gigabit Access Transponder Equipment (GATE) システムの実現（日本無線、ソニー、KDDI 研究所、東工大）

60GHz 帯の高速性、空間分離性といった特性を最大限に活かすために、例えば駅の改札ゲートのように、隣接して複数の装置が設置されていても、無線区間で混信することなく、それぞれ独立した装置として動作するようなシステム（以下 GATE システム）を実現しました。ここでは、東工大（安藤・広川研究室）で開発された、空間分離を可能にする高利得スロットアレイアンテナ（構築試験では 1000 素子程度）により、アンテナの前方 10m 以上に渡り、電波が拡散しない筒状のサービスエリアを実現しました。また、このエリアをユーザが短時間で通過するシナリオを想定し、通信可能になるまでのリンクセットアップ時間を 2ms 以下まで低減可能な無線通信制御システムを、(1)において開発した RF/BB LSI 上にソニーが実装しました。これら技術を日本無線が GATE システムとして統合しました。また、Content Centric Networking (CCN)^{*6} という次世代のネットワークアーキテクチャ技術を用いて、KDDI 研究所が開発[3]した、ヘテロジニアスネットワークにおける大ゾーン long-term evolution (LTE) とミリ波小ゾーン (60GHz 帯) とを協調動作させる方式を本システムに採用することにより、GATE システムを通過時にユーザが意識することなくミリ波帯で高速ファイル転送を利用することができます。



図 3. 60 GHz 帯ワイヤレス GATE システム

(3) 40GHz 帯通信において、Directional Division Duplex (DDD) 無線通信方式^{*7}により、2 倍の周波数効率を実現（日本無線、東工大）

小型でポータブルなアクセスポイントである 60GHz 帯ワイヤレス GATE システムを

迅速にかつ自在に配置しサービスエリアを構築するには、これをネットワークに収容するための、やはり設置の自由度が高いワイヤレスリンクが有利です。組み合わせの一例として通信速度 1Gbps で伝送距離 1km 以上の 40GHz 帯無線伝送システムと、60GHz 帯 GATE システムを協調動作させる構成も実フィールドで実証しました。40GHz 帯の無線通信方式は同一周波数・同一偏波で同時双方向通信を実現することにより、従来の Frequency Division Duplex (FDD) 方式や Time Division Duplex (TDD) 方式と比較して原理的に 2 倍の周波数利用効率を実現しています。本方式の実現のため「高アイソレーション送受信アンテナ並列配置技術」と「自局送信波回り込みキャンセル技術」を世界で初めて調和的に動作させています。



図 4. 40GHz 帯 DDD 方式 無線通信装置

(4) ミリ波ワイヤレスアクセスネットワークのための経路制御技術 (KDDI 研究所、東工大)

ミリ波帯の通信路は降雨による減衰が大きく 40GHz 帯システムは主に 1 km 程度の近距離で使用しますが、ゲリラ豪雨に代表される局地的な豪雨では回線断が発生します。これを防ぐため「降雨予測に基づいた経路制御技術」を開発し、あらかじめトラヒックの一部を迂回させることにより、ネットワークとしての通信容量低下を抑える運用を行い、継続的な通信サービスを実現します。

【用語説明】

- *1 40GHz 帯：ITU WRC-2000 (World Radio communication Conference)において「固定業務における高密度に配置して使用する無線通信システムに利用可能である」という議決がなされた帯域に該当するものであり、国内周波数分配の脚注 J260 にも同様の記載のあるものです。
- *2 60GHz 帯：60GHz を中心に世界中で免許不要で利用できる帯域として割り当てられている周波数帯です。日本国内では 57～66GHz の周波数帯域が使用可能となっていま

す。

- *3 ミリ波帯：一般的に、波長が mm オーダとなる 30GHz 帯以上の周波数帯です。
- *4 Rate-compatible LDPC 符号：複数の符号を 1 つ分の符号の回路で復号可能 (rate compatible) な low-density parity-check (LDPC) 誤り訂正符号です。
- *5 IEEE802.15.3e：最大 100 Gbps までの物理層データ伝送速度とリンクセットアップ時間 2 ms をサポートする次世代 60 GHz 無線通信規格です。
- *6 Content Centric Networking (CCN)：現在 Internet Research Task Force (IRTF) で議論がなされている、Internet Protocol (IP) に変わる新しいプロトコルです。現在の IP が端末間を接続することを目的としているのに対して、「コンテンツ」の配信を目的としてネットワークを構築し直すという考え方に基づいています。
- *7 Directional Division Duplex (DDD) 無線通信方式：3GPP 等でも近年注目され始めた技術で、「Full Duplex」とも呼ばれています。

【補足説明】

- [1] セル半径や方式の異なるシステムを同一エリアに混用するネットワーク技術で HetNet と呼ばれています。小セルにミリ波を適用する提案として、例えば以下があります。
http://search.ieice.org/bin/pdf_link.php?category=B&lang=E&year=2015&fname=e98-b_3_388&abst=
- [2] ニュースリリース： 世界最高 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～, <http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201202/12-0220/>,
<http://www.hyoka.koho.titech.ac.jp/eprd/recently/research/research.php?id=265>
- [3] プレスリリース： 60GHz 帯通信と LTE を協調動作させる通信方式の開発～5G 時代の新しい通信プロトコル～, <http://www.kddilabs.jp/press/2015/0525.html>

【問い合わせ先】

国立大学法人 東京工業大学

広報センター

TEL : 03-5734-2975

E-mail : media@jim.titech.ac.jp

ソニー株式会社

広報・CSR部

TEL : 03-6748-2200

日本無線株式会社

経営企画部 広報担当

TEL : 03-6832-0455

株式会社 KDDI 研究所

営業・広報部

TEL : 049-278-7464

E-mail : inquiry@kddilabs.jp