

ミリ波通信技術を活用した次世代インフラシステムの開発

Development of Next-Generation Infrastructure System Utilizing Millimeter-Wave Communication Technology

永井 翔太郎 横野 聡 吉田 秀明
Shotaro Nagai Satoru Yokono Hideaki Yoshida

要 旨

品川開発プロジェクトにおける、まちびらきに向けた期待感醸成等を目的としたイベント「Takanawa Gateway Fest」において、近未来のタッチレスサービスの模擬体験プログラムが企画された。当社は、プログラムで取り上げられた「ミリ波通信技術を活用したサービス」において使用された無線システムを開発した。本開発に際し、今までの技術では難しかった『限定した通信エリアの形成』、『瞬時の個人認証』および『高速データダウンロード』を可能とする新たな技術の導入により、新しいサービスの体験機会を提供すべく、当社で以前より開発を進めているミリ波アンテナ技術および60 GHz帯高速近接無線通信技術を中心とする無線技術を用いたデモンストレーションシステムの開発に取り組んだ。

Abstract

In the event “Takanawa Gateway Fest” for the purpose of fostering expectations of community developments in the Shinagawa development project, a simulated experience program for touchless services of the near future was planned. JRC has developed the radio system used in the “service utilizing millimeter-wave communication technology” featured in the program. In this development, JRC introduced new technologies that enable “formation of limited communication area”, “instantaneous personal authentication” and “high-speed data download”, which were difficult with conventional technologies. In order to provide an opportunity to experience new services, JRC is working on the development of a demonstration system using “radio technology centered on millimeter-wave antenna technology and 60 GHz band high-speed near field radio communication technology”.

1. まえがき

当社は、ミリ波通信の新たな利用形態の実現を目指し、これまでに開発した技術およびノウハウを活かして60 GHz帯高速近接無線システムの開発を進めている⁽¹⁾。このミリ波通信技術を応用したシステムとして、ICカードをかざすことなく通過できる改札機（以下、タッチレスゲート）が挙げられる。当社は、このタッチレスゲートの開発を東日本旅客鉄道株式会社（以下、JR東日本）およびソニーセミコンダクターソリューションズ株式会社（以下、ソニー）と共同で進めている⁽²⁾。品川開発プロジェクトにおける、まちびらきに向けた期待感醸成等を目的としたイベント「Takanawa Gateway Fest」において、ミリ波通信技術を活用したタッチレスサービスを体験できるプログラムが企画された。当社は、そのイベントで使用するミリ波無線システムの開発に取り組んだ。本稿では、ミリ波通信技術開発の概要、イベントにおけるデモンストレーションのシステム構成、サービスの特長および本開発の今後の展望について述べる。

2. 開発概要

Takanawa Gateway Festのデモンストレーションで使用する無線装置には、「限定した通信エリアを形成できること」および「接続が瞬時に確立できること」を併せ持つことが

基本性能として要求され、また一部のデモンストレーションでは、「高速大容量通信」にも対応することが求められたが、これらの要求を実現することは従来の技術では困難であった。この課題解決に向け、当社は、東京工業大学およびソニーと共同開発した「限定通信エリアを形成するアンテナ技術」および「60 GHz帯高速近接無線通信技術」を活かした無線装置を開発した。本章では、各技術の開発概要および特長について紹介する。

2.1 限定した通信エリアを形成するアンテナ技術

デモンストレーションでのタッチレスサービスは、サービス提供エリア内にいる1名のユーザのみを対象とするため、限定した無線通信エリアを形成することが求められた。この要求を満たすため、利用例が少ない高指向性アンテナ近傍の放射電磁界の活用⁽³⁾を検討した。デモンストレーションで使用したアンテナを図1に示す。本アンテナは多数の円偏波放射スロットの2次元アレイで構成されており、立体的な分配回路を有しながらも極めて薄型とする新たな技術が応用されている⁽⁴⁾。本アンテナの開口面積は、60 GHzの波長に対してそれぞれ、横幅が110倍、縦幅が56倍と十分大きいものである。使用する電波の波長に対して十分広い面積を持つアンテナは、その面積とほぼ同等の断面サイズの強電磁界ゾーンをアンテナ近傍に形成する。本アンテナの近傍における電磁界強度分布の測定結果を図2に示す。図に示す様に、本アンテナの近傍では、アンテナの面積と同等サ

イズの強電磁界ゾーンが生成されていることがわかる。このゾーンを通信エリアとすることにより、限定した無線通信エリア実現の要求を満たした。



図1 大開口スロットアレイアンテナ
Fig.1 Large-aperture slot-array antenna

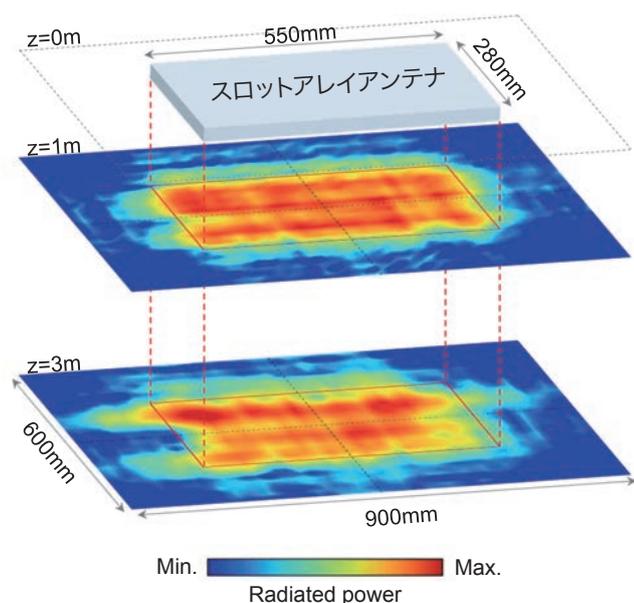


図2 大開口スロットアレイアンテナの近傍電磁界分布
(実験結果)

Fig.2 Near-field electromagnetic field distribution of a large-aperture slot-array antenna (experimental results)

2.2 60 GHz帯高速近接無線通信技術

60 GHz帯高速近接無線通信システムは、2017年6月にIEEE802.15.3eとして国際標準化され、また翌年春にはITU-Rにおいても標準化された。日本では、当社も参画するTransferJetコンソーシアムにおいて上記規格に準拠する次世代TransferJet (TransferJet X) 規格を策定中であり、60 GHz帯高速近接無線通信システムの普及活動が進められている。

当社は、ソニーと共同で高速近接無線技術研究組合（以下、HRCP: High-Rate Close Proximity）を結成し、次世代TransferJet規格に対応した無線送受信回路のIP (Intellectual Property) ビジネスを進めている。本技術の特徴である、「2 msec以下（規格値）の短い接続時間」および「最大13.1 Gbps（規格値）の高速大容量伝送レート」を活用することにより、デモンストレーションでのタッチレスサービスに要求される「瞬時の接続確立」および「高速大容量通信」を可能とする性能を有する無線装置を開発した。なお、接続時間2 msec以下は現行改札機の認証に費やす時間に比べて約100分の1以下と十分に短いものであり、本無線技術はタッチレスゲートに求められる「歩きながらの認証」にも適用できる可能性を有している。

開発した装置を図3に示す。60 GHz帯無線モジュール、CPUボード、電源回路などはイベント会場デザインとの調和を図りカバーで覆っている。またアンテナドームも60 GHz帯の電波の通過を大きく阻害しないものとし、アンテナ保護性能とイベント会場デザインとの調和を両立させた。

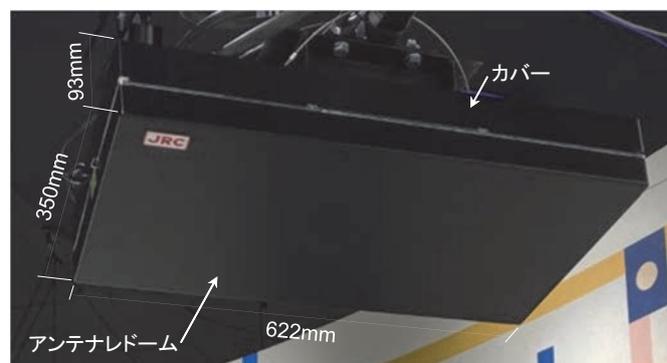


図3 ミリ波無線装置

Fig.3 Millimeter-wave radio equipment

3. ミリ波通信技術を活用したタッチレスサービス

本章では、Takanawa Gateway Festにおける体験プログラムで企画されたタッチレスサービスの概要および各デモンストレーションの特徴について述べる。体験プログラムは4種類のデモンストレーションで構成され、体験者は1台の専用端末を使用して全てのデモンストレーションを体験することができる。専用端末には前述の60 GHz帯高速近接無線通信送受信回路が搭載されており、体験者は専用アプリ(Android (TM) * OSがベース、ソニーにより開発)を操作してサービスを体験する。体験者は、ニックネーム、顔画像データおよび必要な情報をあらかじめ専用端末上のアプリに登録したうえで各デモンストレーションを体験する。

3.1 タッチレスゲート

本デモンストレーションは、タッチ操作をすることなく改札を通過できるタッチレスゲートを体験するものである。

デモンストレーション会場におけるタッチレスゲートを図4に示す。改札機の上部および下部(床下空間内)に設置したミリ波無線装置の位置、配置角度を工夫することにより、成人に対してだけでなく、背の低い子供や車椅子利用者などに対しても安定した通信エリアを形成可能としている。改札機下部のミリ波無線装置を塞ぐ床材には、電波の透過性が高くかつ十分な強度を有するものを使用している。また、改札機には赤外線センサを複数配置しており、センサ同士の組み合わせによって改札機への体験者の進入、退出等の状態を検知する。

本タッチレスゲートのシステム構成を図5に示す。専用端末を所持する体験者が改札機に進入すると、センサが進入状態を検知し、それがトリガとなって改札機上部および下部のミリ波無線装置からそれぞれビーコン信号が送信される。体験者が所持する端末は、双方の無線装置が送信したビーコン信号のいずれかを受信し、その信号の送信元である無線装置との通信が瞬時に確立される。通信が確立されると、専用端末に事前登録された体験者の情報が無線装置を介して改札機に伝送され、体験者は改札機を通過することができる。なお、体験者の情報が改札機に認識されると、個人認証を完了したことがディスプレイ表示および応答音により示される。改札機に進入した体験者が専用端末を所有していない場合、体験者の情報が送信されず、個人認証が行われないため、改札機に配置された赤外線センサの検知領域で「無札者」と判定され、体験者は改札機を通過することができない。この場合、ディスプレイ上にエラー情報が表示されるとともにアラート音が鳴動する。本システムにおいて進入検知から認証完了までに要する時間は既存のタッチ式改札機と比較しても遜色なく、実際の歩行速度で改札機を通過する状況下における個人認証を可能としている。



図4 タッチレスゲートの体験風景
Fig.4 Scene of experiencing "Touchless-gate"

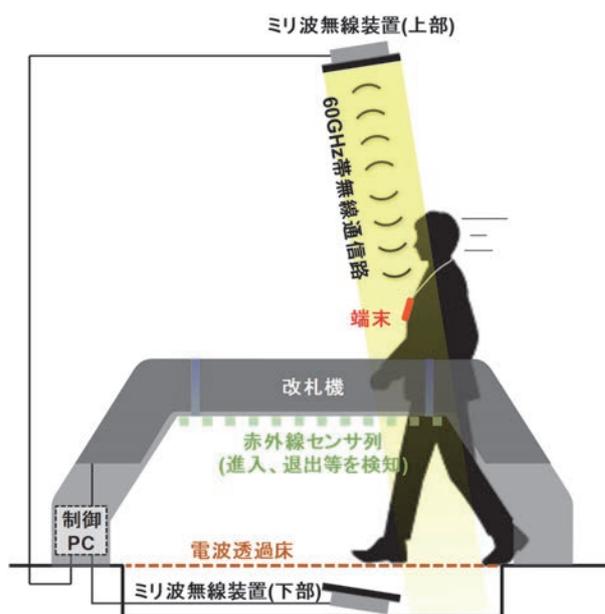


図5 タッチレスゲートのシステム構成
Fig.5 System configuration of the Touchless-gate

3.2 高速ダウンロード

本デモンストレーションは、AR技術を活用したデジタルサイネージを用いて、モーションセンサで読み取った体験者の手や顔などの動きに連動して画面に表示されるコンテンツがリアルタイムに変化する様子を動画ファイル化し、ミリ波通信技術により専用端末へ瞬時に転送する高速ダウンロードを体験するものである。

本デモンストレーション会場の様子を図6に、またデモンストレーションシステムの構成を図7にそれぞれ示す。体験

者は、大型ディスプレイの前に立ってデジタルサイネージを操作し、JR東日本のキャラクターと一緒に写った動画ファイルを作成する。動画作成後にファイルのダウンロード操作を実行することにより、プレイエリアの上方に設置されたミリ波無線装置を介して、体験者が所持する専用端末に動画ファイルが瞬時に転送される。ファイルのダウンロードは、大型ディスプレイに表示される「転送完了」の通知を体験者が確認し、専用端末の画面を見るまでの間に完了する。



図6 高速ダウンロード体験風景

Fig.6 Scene of experiencing "High-speed download"

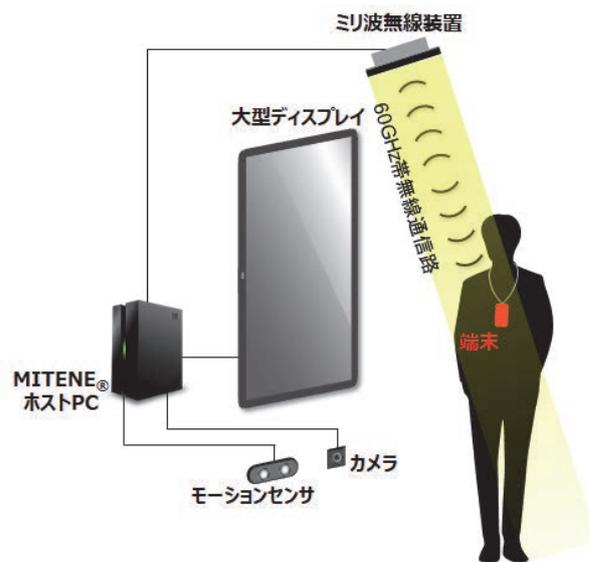


図7 「高速ダウンロード」

デモンストレーションシステムの構成

Fig.7 Configuration of the demonstration system for "High-speed download"

3.3 タッチレス決済

本デモンストレーションは、ミリ波通信技術および顔認証技術を用いた瞬時的なタッチレス決済を体験するものである。本デモンストレーション会場の様子を図8に、またデモンストレーションシステムの構成を図9にそれぞれ示す。

本デモンストレーションでは、サービス提供側のサーバに顔画像をあらかじめ登録し、サービス利用時にサーバ上の登録データと照らし合わせる一般的な顔認証システムとは異なり、体験者が所持する専用端末上で顔認証を行う新たなシステムを適用している。このシステムを利用したタッチレス決済を実現するためには、レジのカメラで撮影した体験者の顔画像を専用端末に瞬時に転送し、かつ認証結果を専用端末からレジ側に瞬時に返送することが必要であるが、ミリ波通信技術を用いることによって上記データのやり取りを1秒足らずで完了し、体験者に待ち時間を与

ない瞬時的な顔認証システムを実現した。なお、本デモンストレーションではRFIDカードを商品に見立てて体験を行い、顔認証が成功するとレジモニタ上に「認証成功」の通知が表示されるが、それと同時に、ミリ波通信により、購入した商品の情報が記載されたレシート画像が専用端末に瞬時に転送され、体験者が認証成功の通知を認識する時には専用端末上で決済内容を確認することもできる。

本システムでは、ミリ波通信技術の応用により、顔認証開始からレシート画像データ送信までの間の複数回のデータ通信にかかる時間を極めて短縮することによってユーザの待ち時間をなくし、不自由を感じさせないタッチレス決済サービスを実現した。また、ユーザの顔画像データは専用端末にのみ保存され、サービス提供側のサーバへ保存する必要がないため、プライバシー保護上のメリットも大きい。



図8 タッチレス決済の体験風景

Fig.8 Scene of experiencing “Touchless payment”

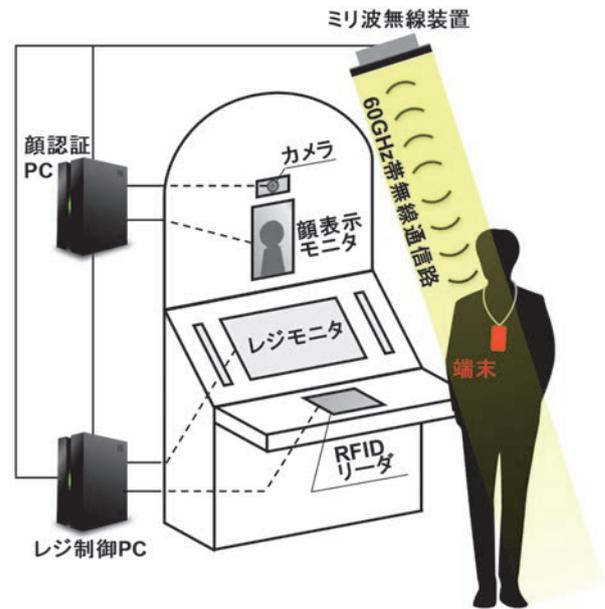


図9 「タッチレス決済」

デモンストレーションシステムの構成

Fig.9 Configuration of the demonstration system for “Touchless payment”

3.4 予約・受付サービス

本デモンストレーションは、設定エリアに入ると個人認証によりタッチレスで予約・受付（チェックイン）ができることを体験するものであり、ミリ波通信技術が応用されている。本デモンストレーション会場の様子を図10に示す。スライドドアの直前の認証エリアを示す足跡マークの上に立つと、ミリ波無線装置を介し、体験者が所持する専用端末との間で認証が開始される。

本デモンストレーションシステムの構成を図11に示す。体験者がドア手前の認証エリアに入るとほぼ同時に、エリア直上に設置されたミリ波無線装置から送信されるピーコ

ン信号を専用端末が受信し、接続を瞬時に確立した後、専用端末は必要な情報を返送する。情報を受信したドア開錠制御PCは体験者の個人認証を行い、認証が完了するとチェックイン動作としてドアが自動的に開錠される。

本システムは、一般的な自動ドアと異なり、設定エリアにいる「特定の人のみ」が個人認証によりチェックインできるという特長をもつ。この特長は、ミリ波通信技術の応用により実現される。昨今普及が進んでいるICカードをかざすスマートキーのようなタッチ動作を必要とせず、手がふさがった状態でのタッチレスによるドア開錠を可能とする。



図10 予約・受付サービスの体験風景

Fig.10 Scene of experiencing “Reservation and reception services”

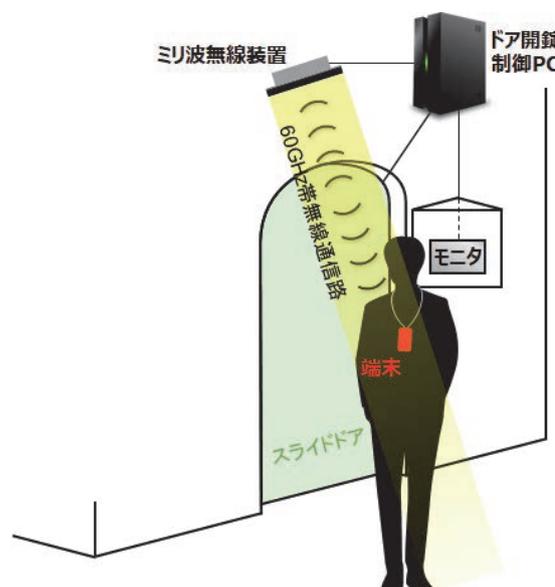


図11 「予約・受付サービス」

デモンストレーションシステムの構成

Fig.11 Configuration of the demonstration system for “Reservation and reception services”

4. あとがき

本稿では、「Takanawa Gateway Fest」におけるミリ波通信技術を活用したタッチレスサービスの体験デモンストレーションに向けた無線装置開発の取り組み、各デモンストレーションの概要、システム構成および特長について述べた。本デモンストレーションに求められる「限定した通信エリアを形成する電波伝搬路を制御できる性能」、「接続を瞬時に確立できる性能」および「高速大容量通信ができる性能」を実現すべく、限定した通信エリアを形成するアンテナおよび60 GHz帯高速近接無線通信技術を活用した無線装置を開発し、それによるタッチレスサービスの実現の可能性および有効性を示した。

当社が強みとするミリ波通信技術は、本稿で紹介したタッチレスサービスのみならず、「4K・8K動画データの高速転送」や医療用途向けなどの「非圧縮動画データの低遅延通信」などにも応用が可能である。今後の開発推進により、さらなる社会的課題の解決および豊かな社会の実現に貢献してゆく。

参考文献

- (1) 中野洋, 諸星光則, 辻田雅之, 小林純, 平林和雄, 谷口徹, “近接ギガビット通信用60 GHz-CMOSトランシーバChipの開発”, 日本無線技報, No.68, 2017, pp.31-35
- (2) 酒井康裕, 石田拓司, “ミリ波を活用したタッチレスゲートの研究開発”, サイバネティクス, Vol.25, No.3, 2020, pp.1-7
- (3) Miao Zhang, Koji Toyosaki, Jiro Hirokawa, Makoto Ando, Toru Taniguchi, Makoto Noda, “A 60 GHz-Band Compact-Range Gigabit Wireless Access System Using Large Array Antennas,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 63, no. 8, pp. 3432-3440, Aug. 2015.
- (4) Takashi Tomura and Jiro Hirokawa, “Electrically Large Circular Polarized Waveguide Slot Array Antennas for GHz-Band GATE System,” Photonics Electromagnetics Research Symp., Dec. 2019.

用語一覧

NFC: Near Field Communication (近距離無線通信)
 IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers
 (米国電気電子学会)
 ITU: International Telecommunication Union (国際電気通信連合)
 RFID: Radio Frequency Identifier
 (近距離無線通信によりRFタグとの間で情報をやりとりする技術)
 *Android は Google LLC の商標です。