

# 日本無線の通信・ネットワーク技術

## Communication and Network Technology of JRC

高橋 英紀 Eiki Takahashi	館森 正樹 Masaki Tatemori	勝又 貞行 Sadayuki Katsumata
赤堀 耕一郎 Koichiro Akahori	横野 聡 Satoru Yokono	田中 康英 Yasuhide Tanaka

### 要 旨

本稿では、当社のコア技術の一つである、「通信・ネットワーク技術」に関する具体的な取り組みについて述べる。今後のIoTの通信基盤として重要であるLTE/5Gシステムに関する取り組み、ミリ波近接超高速通信を活用したミリ波ソリューションに関する取り組み、そして、その他の無線技術として、衛星通信システム、陸上、海上などにおける当社の既存通信システムに向けた、無線機プラットフォームとソフトウェア化、大容量化に関する取り組みについて紹介する。

### Abstract

This article describes the communication and network technology of JRC. We introduce the tackles related to LTE / 5G systems, which are important as future IoT communication infrastructures, tackles related to millimeter-wave solutions utilizing millimeter-wave proximity ultra-high-speed communications, and as for other radio technologies, we introduce tackles related to radio platforms and the realization of software and large capacity for satellite communication systems and JRC existing communication systems on land and sea.

## 1. まえがき

本稿では、当社の技術戦略の基本であるコア技術戦略「通信・ネットワーク」、「センシング」、「データ分析」のうち、通信・ネットワーク技術に関する取り組みについて述べる。

るLTE/5Gシステムに関する取り組みについて述べる。次に、ミリ波近接超高速通信を活用したミリ波ソリューションに関する取り組みについて紹介する。最後に、その他の無線技術として、衛星通信システム、陸上、海上などにおける当社の既存通信システムに向けた無線機プラットフォームとソフトウェア化、大容量化に関する取り組みについて紹介する。

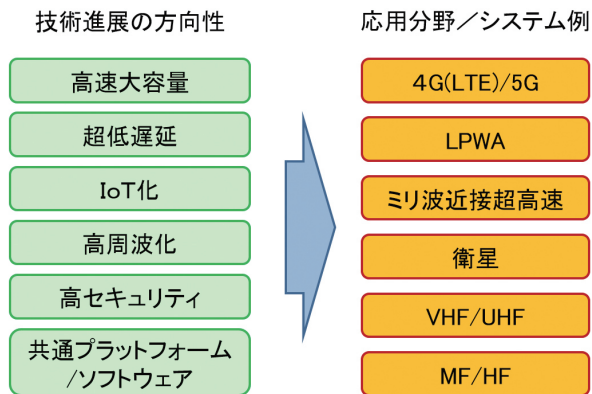


図1 通信・ネットワーク技術の進展と応用

Fig.1 Progress and Application of Communication & Network Technology

図1に通信・ネットワーク技術の進展の方向性と応用分野/システムについて示す。技術進展の方向性として、高速大容量化、高信頼化、低遅延化、高周波化、IoT化（多数接続）、セキュリティの高度化、無線機プラットフォームとソフトウェア化が進んでおり、これらを応用するシステムとして、4G (LTE)、5G、LPWA、ミリ波近接超高速通信、衛星通信、VHF/UHF、MF/HF等が挙げられる。

本稿では、最初に、今後のIoTの通信基盤として重要であ

## 2. LTE/5Gシステム

### 2.1 JRCコンパクトLTEシステム

LTEは、3GPP (Third Generation Partnership Project) によって規格化された世界標準の無線通信方式と移動通信システムである。3GPPは標準化プロジェクトであり、W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) と GSM (Global System for Mobile Communications) の発展型ネットワークを基本とする第3世代携帯電話 (3G) システム、及びそれに続く第3.9世代移動通信システムLTE、第4世代移動通信システムLTE-Advanced、及び第5世代移動通信システム (5G) の仕様検討・策定を行ってきた。LTEは2009年以降、北欧、米国、日本をはじめとする各地域で商用サービスが開始された。ユーザにやさしいタッチスクリーンを備えるスマートフォンやタブレット端末の世界的な普及により、インターネットアクセスと映像を含むリッチコンテンツの利用者が急増し、LTEは広く浸透した。一方、米国をはじめとする世界各国で、パブリックセーフティ (公共安全) 向け通信システムへLTEの採用が検討され、周波数割当やシステムアーキテクチャの規格化、実証実験が始まった。これらの動向を背景として、当社は、「コンパクト」、「スケーラビリティ」、「シンプルオペレーション」な

どを特長とするコンパクトLTEシステムを開発した(図2)。3GPPで規定されるLTEコア網(EPC)としての機能が一つのハードウェアプラットフォーム上で実行できる加入者アクセス制御システムは、高機能な課金機能とネットワーク管理機能と相まって、事業者にとって効率的なLTEシステムの構築・運用を可能とする。LTE基地局装置(eNodeB)はコンパクトかつ軽量で、設置や運用に係るコストの低減に大きく貢献する。また、専用ツールを使用して最適な回線設計サービスもトータルソリューションとして提供する。

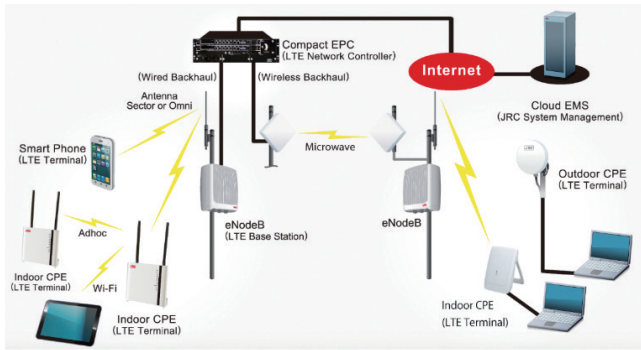


図2 JRCコンパクトLTEシステム  
Fig.2 JRC compact LTE system

## 2.2 パブリックセーフティ向け可搬LTEシステム

現在のパブリックセーフティ向け通信で使われている技術は、第2世代通信技術(GSMをベースとしたTETRAやP25と呼ばれる無線通信方式が主流)をベースにしており、主に音声通信を対象とした通信インフラである。一方、近年、映像やデータを主体とした先進のコンピュータアプリケーションを駆使できる新しい高速パブリックセーフティ通信インフラが望まれている。既に、米国、英国を中心として、LTEを使った新しいパブリックセーフティ通信インフラ構築が検討されており、世界的な技術開発競争が始まっている。当社では、既存パブリックセーフティ通信インフラの置き換え需要に応えるべく、コンパクトLTEシステムの応用製品として、公衆網を含む通信インフラが被災する大規模災害が発生した際、速やかにLTE通信網を構築できる可搬LTEシステムを開発した(図3、表1)。特に操作性に関しては、電源ボタンとRF(Radio Frequency)送信/停止ボタンだけで簡単にシステムの運用ができるようになっており、災害現場等において作業者が迷うことなく迅速にシステムを構築できる装置を実現した。



図3 可搬LTEシステム  
Fig.3 Portable LTE system

表 1 可搬LTEシステム仕様

Table 1 Specification of Portable LTE system

項目	詳細
Model	JRL-151B
Form factor	Rugged Metal Case
Dimensions	588mm (L) x 428mm (W) x 293mm (D)
Weight	25 Kg (without battery)
Input power	AC 110/220V(AC adapter)
Battery Operation	4 hours *4 exchangeable batteries(option)
LTE Frequency	FDD : 28
Bandwidth	5MHz
Transmit Power	2 x 5W
Number of Antenna	2 antennas (2 x 2 MIMO)
Max Active Users	FDD : 64
Max Throughput	37.5Mbps Downlink, 12.5MbpsUplink (FDD 5MHz BW)
Interface	10/100/1000BASE-T x1 (Back haul) 10/100/1000BASE-T x1 (Extended Application Server) 10/100/1000BASE-T x1 (Maintenance)
Synchronization	External GPS antenna for TDD
Network Functions	Internal Software Router VLAN, Routing, NAT, ACL,L2TP,GRE etc.
Operating temperature	-10°C to 50°C
Applications	PTT VIDEO-PTT Location based service

## 2.3 5Gシステムへの展開

LTEや第5世代(5G)の技術の特長の一つは、その技術のオープン性であり、様々なベンダーの装置の相互接続、ハードウェアやソフトウェアコンポーネントの統合によって、経済的なシステム構築や効率的な開発ができることにある。

当社は、LTEシステム開発のノウハウを5Gシステム開発に適用し、主にパブリックセーフティ及びプライベート(自営)市場における競争力の維持及び継続的な顧客獲得のために5Gシステムをロードマップに定義し、タイムリーな実証実験及び製品開発に取り組んでいく予定である。

## 3. ミリ波ソリューション

スマートフォンの登場以来、急速に高まっているデータ通信の需要に応えるため、5Gの開発が加速されつつある。5GはLTEでも使用しているマイクロ波の電波にプラスして、ミリ波(準ミリ波を含む)と呼ばれるマイクロ波より高い周波数帯の電波を組み合わせて利用することにより、『高速大容量』『低遅延』『同時多数接続』を実現する技術であり、将来的に、交通網の自動運行や事故防止のための車車間通信、ホームセキュリティ、ヘルスケア、災害予防、遠隔医療、遠隔教育等、IoTへの活用が大きく期待されている。

しかし一方では、利用シーンの多様化や、アプリケーションの高機能化に伴い、扱うデータ量が膨大となり従来のインフラでは十分に処理しきれないといった問題が発生している。

こうした膨大なデータを、ミリ波帯域を使用してモバイルネットワークから分離し、オフロード化する新サービスの創出が考えられている。

ここでは、ミリ波を利用したソリューションの一つとして、60 GHz帯高速近接無線システムの標準化、無線IPコア開発、及びシステム応用の実証実験について紹介する。

### 3.1 60 GHz帯高速近接無線システムの標準化

60 GHz帯高速近接無線システムはIEEEにおいて標準化され、2017年6月に、IEEE802.15.3e (表2)が発行された。2018年春には、ITU-R 勧告書M.2003-2が発行され、ITU-Rでの標準化が完了した。IEEE 802.15.3eをベースとし、TransferJet コンソーシアムにおいてTransferJet X規格 (図4) を策定中である。

表 2 IEEE802.15.3e仕様

Table 2 Specification of IEEE802.15.3e

キャリア周波数	60 GHz帯
最大転送速度 (SISO*)	13.1 Gbps 256 QAM
接続時間	2 msec以下
通信トポロジー	1対1 双方向

\*SISO: Single-input Single-output

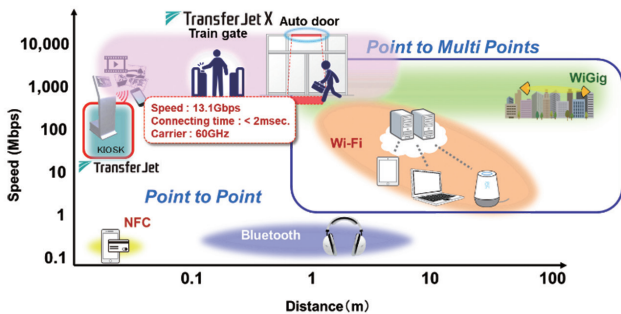


図4 TransferJet X規格

Fig.4 Specification of TransferJet X

### 3.2 無線IPコア開発

当社とソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社は高速近接無線技術研究組合を結成し、ドングル (小型の装置) による実現やスマートフォンへの搭載を目指しており、TransferJet X対応の送受信回路をIPとして開発し、その送受信回路IPを搭載した無線チップを試作 (図5) した。

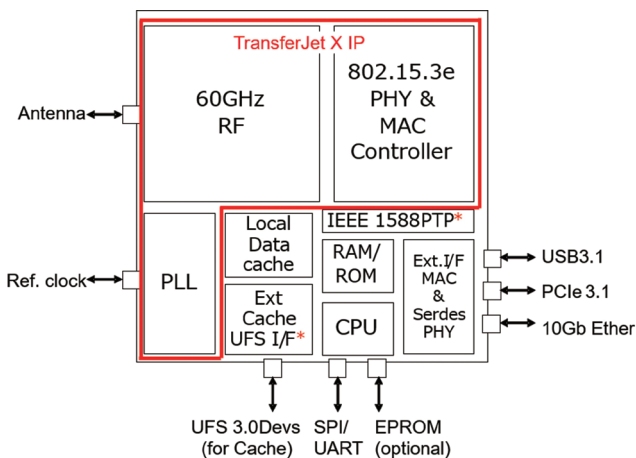


図5 試作チップのブロック図

Fig.5 Block diagram of prototype chip

### 3.3 システム応用例

「B to B」分野における応用対象の1つが鉄道分野であることをふまえ、「TransferJet X」と独自のアンテナ技術を組み合わせ、ICカードをかざすことなく通過できる新型改札機を東日本旅客鉄道株式会社及びソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社と開発・試作した。

地面に向かって指向性が高い電磁波を照射することにより、出入口の上方に、限られた「ゾーン」を形成する新技術を採用したアンテナを設置し、このゾーンに端末が入った瞬間に高速でデータを送受信する。これにより、端末をタッチしたりかざしたりといった操作なしに、改札の入退場処理を可能とする「ミリ波タッチレスゲートシステム」 (図6) を試作した。

試作した改札機では、TransferJet X対応端末をユーザが手に持ったまま、ゾーン内で通信を行い、改札通過の可否を判別できるほか、特急券や座席のデータを端末で受信し、予約した列車や座席を確認することができる。また、座席では電子コンテンツ配信などのサービスを想定する。



図6 ミリ波タッチレスゲートシステム

Fig.6 Touchless gate system

## 4. その他の無線技術

当社では、船舶用通信機、対空通信装置、デジタル業務用無線機、防災無線、放送機器、マイクロ波多重無線装置、衛星通信装置等、長波からミリ波までの広範囲の周波数の電波を使用する様々な製品に対応するため、必要とされるアナログ技術、デジタル技術、デジタル信号処理技術、変復調技術に加え、LSIやRFコンポーネント等のデバイス技術、アンテナ技術など多くの技術開発を行っている。

近年、お客様のニーズが多様化し、IoTデバイスとの通信を含め無線通信の用途範囲が大きく拡大している。また、サービス性向上のため通信の大容量化が求められている。

多種多様な要求に即対応するための取り組みとして、無線機の基本機能を共通化したプラットフォームの開発とソフトウェア化を進めている。通信の大容量化に対しては、周波数利用効率を向上させるための技術開発に取り組んでいる。これらの技術開発について紹介する。

#### 4.1 無線機プラットフォームとソフトウェア化

開発した無線機プラットフォームボードを図7に示す。送受信系にダイレクトサンプリング方式を採用し、アナログ回路を削減することで、高性能化と汎用性を実現した。プロセッサ内蔵のFPGA (Field Programmable Gate Array) を採用することで、使用用途に最適なシステムアーキテクチャをプログラマブルに構築可能とした。音声入出力処理機能、アナログセンサ機能、I/O制御、外部インターフェースを備え、無線機に必要な機能を1つのボードに集約した。

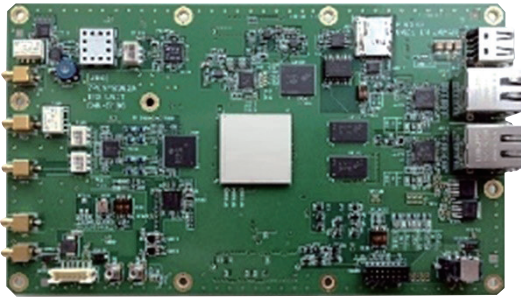


図7 無線機プラットフォームボード  
Fig.7 Radio platform board

この無線機プラットフォームを活用し、無線機のソフトウェア化を進めている。ソフトウェアの開発に際してはモデルベース開発手法を導入し、シミュレーションベースの検証、モデルからの自動コード生成を行うことで、開発期間の短縮を実現している。

開発した技術は今後ソフトウェア資産として蓄積し、多種多様な製品に展開する予定である。

#### 4.2 通信の大容量化

通信の大容量化に対する取り組みとしてマイクロ波多重無線装置の技術開発について紹介する。

マイクロ波多重無線装置は、マイクロ波において多数のチャンネルを使うことにより、大容量の通信を安定して行うものであり、電気通信業務用、公共業務用、放送事業用など様々な通信分野で活用されている。

近年はブロードバンド通信の主流として光ファイバが普及しているが、災害発生時の信頼性、回線構築の利便性など、運用面において数々の長所をもつマイクロ波多重通信は基幹系伝送システムとして重要な位置づけにある。

当社は黎明期よりマイクロ波通信技術の開発に取り組んできた。1990年には6.5 GHz帯16QAM多重無線装置、2000年には6.5/7.5/12 GHz帯128QAM多重無線装置、2003年には伝送容量を2倍とするため垂直/水平偏波を使用し同一チャンネル伝送を実現する交差偏波間干渉補償器を実装した7.5 GHz帯128QAM多重無線装置を開発した。2009年には強い周波数選択抑制フェージング対応する判定帰還型等化器及びパワーアンプの非線形歪を補償するデジタル・プリディストーション技術を実装した公共業務用多重無線装置「JUK-ZEROシリーズ」を開発した。

マイクロ波/ミリ波無線装置の多値化は更なる進化を遂げ、4096QAMに対応する製品も各社よりリリースされてい

る。このような技術の進展、更なる大容量伝送の要求を背景に2015年に無線設備規則の改正により変調多値数の上限が撤廃された。

これらの状況の変化を受け、当社においても、今まで培ってきた「判定帰還型等化技術」、「交差偏波間干渉補償技術」、「デジタル・プリディストーション技術」を基盤とし最大変調多値数4096QAMを実現すべく開発を進め、次世代のマイクロ波多重無線装置に展開していく予定である。

#### 5. あとがき

当社のコア技術戦略の一つである「通信・ネットワーク技術」に関する取り組みとして、LTE/5Gシステムに関する取り組み、ミリ波ソリューションに関する取り組み、そして、その他の無線技術として、多種多様な既存通信システムの高度化に向けた取り組みについて紹介した。今後、他の技術戦略と共に事業の成長戦略を支えとともに、事業を通じて社会的課題の解決と顧客価値の創造を図り、世界の人々の安全・安心・環境保全に貢献する所存である。

#### 用語一覧

IoT: Internet of Things (モノのインターネット)  
 LTE: Long Term Evolution (第4世代移動通信システムの通称)  
 LPWA: Low Power Wide Area (省電力広域)  
 EPC: Evolved Packet Core  
 eNodeB: Evolved Node B  
 TETRA: Terrestrial Trunked Radio  
 IP: Intellectual Property  
 QAM: Quadrature Amplitude Modulation  
 PTP: Precision Time Protocol  
 UFS: Universal Flash Storage