

ローカル 5G 技術の海外展開

OVERSEAS DEPLOYMENT OF LOCAL 5G TECHNOLOGY

波多野 伸司*・勝亦 俊弘*

Shinji HATANO and Toshihiro KATSUMATA

5G is a new mobile communication technology that enables ultra-high speed, ultra-reliable low-latency, and simultaneous massive connections. In Japan, a frequency utilization system called "Local 5G" has been implemented, which allows private companies to use 5G for their use, and it is expected to be used in various fields such as remote medical diagnosis/care, automatic driving, remote/autonomous construction of heavy machinery, and IoT (Internet of Things) applications. Nippon Koei Co., Ltd. had been commissioned by the Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC) of Japan to conduct a project of demonstrations for overseas deployment of Local 5G, and this report describes the details of the demonstrations.

Keywords : 5G, Local 5G, LTE, mobile communication, O-RAN, vRAN, MIMO, beam forming, network slicing, virtualization, IoT, AI

1. はじめに

人類にとって、離れたところにいる人々とコミュニケーションを取る「通信」という手段は、社会の営みにおいて距離の制約を超えた活動を実現するために欠かせないものである。19 世紀には金属導線と電気信号を用いた通信が、20 世紀には電波を用いた無線通信がそれぞれ実用化され、商用、外交用、軍用に広く用いられた。1980 年代にはインターネット(Internet)の構築が全世界で広まり、一対一、一対多の高速なコミュニケーションや膨大な情報量へのアクセスが個人レベルで可能になった。いずれの通信手段も、その登場と発展に従って人類の社会活動の形態を変化させてきた。

今日、持ち運びができる端末により音声通話やデータ通信を可能とした携帯電話サービスは、全世界の人々の生活に溶け込むほどに入手と利用が可能となった。携帯電話サービスを支える移動通信システム(Mobile Communication System)の前身は、第二次世界大戦中にアメリカ軍が使用した「ウォークリーキー(Walkie Talkie)」と呼ばれる無線電話機/トランシーバ(Transceiver)で、一対一、一対多の音声通話を可能とするものであった。その後の移動通信システムは表-1 の過程を経て、第 5 世代(5G)まで進化を遂げた。

5G 技術は、モノのインターネット(Internet of Things, IoT)と呼ばれるインターネットを介した装置(モノ)同士の通信と相互制御によるデジタル社会の高度化の取組や、AI (Artificial Intelligence、人工知能)技術、クラウド/エッジコンピューティン

グ処理分離による低遅延処理実現において、カスタマイズ可能な無線通信ネットワークを提供する技術として注目を集めている。我が国では、民間企業でも 5G のプライベート利用を可能とする、ローカル 5G と呼ばれる周波数利活用制度を施行しており、遠隔診断・医療、自動運転、重機の遠隔・自律施工等の様々な分野での利活用が期待されている。本稿では 5G 技術の特徴とローカル 5G について解説するとともに、当社が総務省より委託を受けて実施したローカル 5G の海外展開に係る実証試験の内容を報告する。

表-1 移動通信システムの世代

世代	出来事
第 0 世代	アメリカの Bell System が移動電話サービス(Mobile Telephone Service、MTS)により、無線電話機を公衆回線に接続するサービスを開始した(1946 年)
第 1 世代 (1st Generation, 1G)	日本電信電話公社(現(株)NTTドコモ)がアナログ通信規格を用いた 1G 車載電話サービスを世界に先駆けて開始した(1979 年)
第 2 世代 (2G)	フィンランドの Radiolinja (現 Elisa)がデジタル通信規格の 2G 携帯電話サービスを開始し、手のひらに収まるサイズの端末が一般化した(1991 年)
第 3 世代 (3G)	NTTドコモが 3G 携帯電話サービスを世界に先駆けて開始し、端末高機能化とインターネットやマルチメディアへの対応を進めた(2001 年)
Apple iPhone 発売(2008 年)を契機にスマートフォン(Smartphone)が携帯電話端末として主流となった	
第 4 世代 (4G)	3G の長期的進化・発展である LTE (Long Term Evolution)方式の展開がスウェーデンで開始された(2009 年)
第 5 世代 (5G)	LTE 方式のさらなる発展形として、5G 携帯電話サービスが韓国で開始された(2019 年)

* エネルギー事業統括本部 ソリューション事業本部
プラント事業部 情報通信技術部

2. 5G の特徴

先に述べたとおり、1G から 5G までの移動通信システムは約 10 年毎に進化してきた。5G の最大通信速度は 30 年を経て約 10,000 倍に高速化した。電気通信分野の国際連合専門機関である国際電気通信連合の無線通信部門(ITU-R: International Telecommunication Union-Radiocommunication sector)は 5G への要求条件として、①超高速(eMBB: Enhanced Mobile Broadband)、②低遅延(URLLC: Ultra-Reliable and Low-Latency Communications)、③多数同時接続(mMTC: Massive Machine Type Communications)の 3 つを定義している(図-1)。

(1) 5G の通信方式

5G の通信方式は NR (New Radio)と呼ばれるが、これは基本的に LTE や Wi-Fi の通信方式の拡張版である。上り回線(移動局送信、基地局受信)と下り回線(基地局送信、移動局受信)で同一周波数帯を使用する TDD (Time Division Duplex、時分割多重)方式である(図-2)。上り回線は 4G でも使用されている SC-FDMA (Single Carrier-Frequency Division Multiple Access、単一キャリア周波数分割多元接続)方式に加えて、Wi-Fi 6 (IEEE802.11ax)でも使用されている OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple

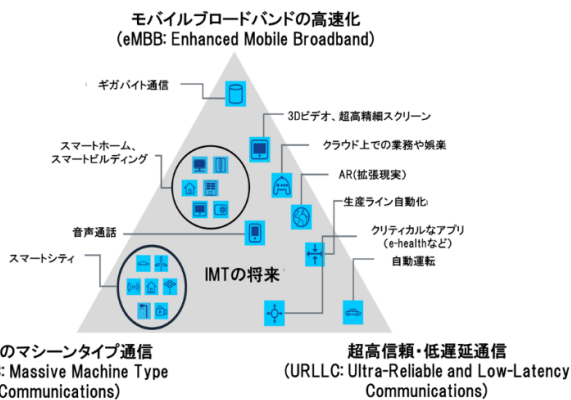


図-1 5G のコンセプト¹⁾

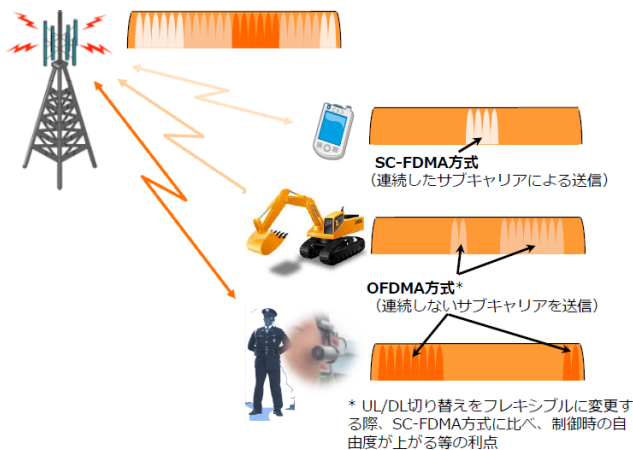


図-2 5G の周波数利用イメージ²⁾

Access、直交周波数分割多元接続)方式が追加された。下り回線には 4G でも使用されている OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing、直交周波数分割多重)方式と TDM (Time Division Multiplexing、時分割多重)方式との複合方式が採用された。

(2) 超高速(eMBB)の実現技術

5G の最大通信速度は、上り 10Gbps、下り 20Gbps を目標としており、これは現行の LTE の最新版で 4G の代表的な標準規格である LTE-Advanced の上り 130Mbps、下り 1.7Gbps のおよそ 10~80 倍に及ぶ。これを実現するために、①広帯域化・高周波数帯(ミリ波)の活用、②MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output、マイモ)/ビームフォーミング(Beam Forming)の 2 つの手段が適用される。

1) 広帯域化・高周波数帯(ミリ波)の活用

無線通信の場合、通信速度は使用する周波数帯域(周波数の幅)にほぼ比例する。周波数帯域幅が 4G では最大 20MHz 幅であったのに対し、5G では Sub6GHz 帯で最大 100MHz 幅、ミリ波帯では最大 400MHz 幅である(図-3)。単純計算でも 5~20 倍通信速度が向上することが分かる。

2) MIMO/ビームフォーミング

MIMO とは、無線通信において、送信機と受信機の双方で複数のアンテナを使い通信速度を向上させる技術であり、その理論的基盤は空間多重化(SM, Spatial Multiplexing)という

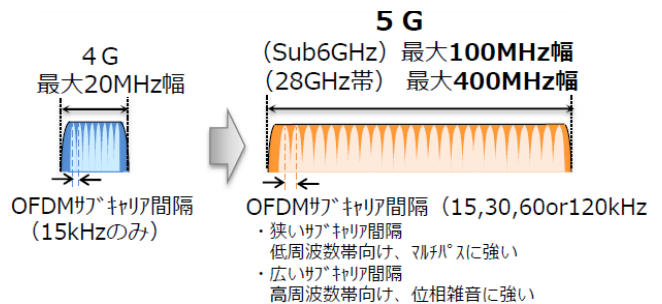


図-3 5G の広帯域化・高周波数帯(ミリ波)の活用²⁾

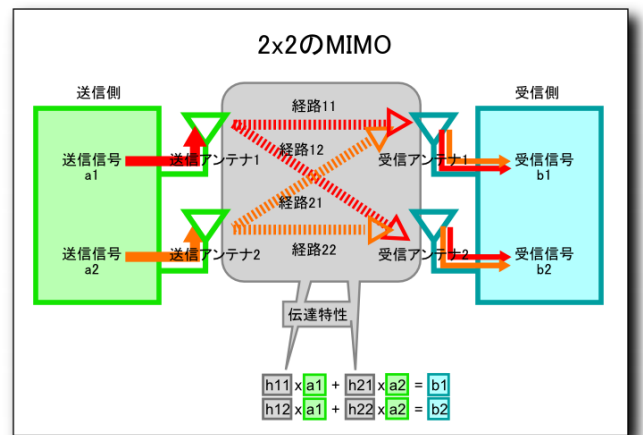
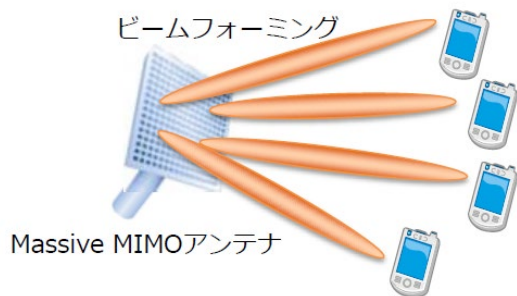


図-4 2x2 MIMO の仕組み³⁾


図-5 ビームフォーミングのイメージ図²⁾

概念である。LTE-Advancedでは、上り最大4経路、下り最大8経路のMIMO多重がサポートされるのに対し、5Gでは上りも下りも最大12経路までのMIMOがサポートされている。2x2 MIMOの仕組みを図-4に示す。

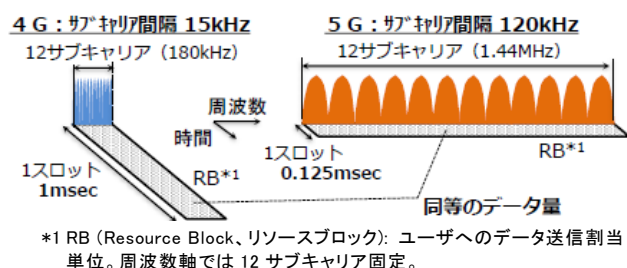
ビームフォーミングとは、アンテナ素子を小型化して多素子アンテナの位相や振幅制御を行うことにより、指向性を持たせたビームを作り出す技術であり(図-5)、厳密にはMIMOとは別の技術であるが、通常MIMOと組み合わせて実用化される。5Gでは基地局側で100素子以上の超多素子アンテナ(Massive MIMO)が実用化された。Massive MIMOについては、(4)多数同時接続(mMTC)の実現技術の節で述べる。

(3) 超低遅延(URLLC)の実現技術

5Gでは、通信データ信号については1ms以下、制御信号については20ms以下という非常に厳しい遅延時間要求条件が課された。これをクリアする技術が、①Short TTI (Transmission Time Interval)と呼ばれる送信単位の時間長の短縮、②Fast HARQ-ACK (Hybrid Automatic Retransmission reQuest-ACKnowledgement)と呼ばれる高速再送制御である。

1) Short TTI

LTEでは、サブキャリア間隔は1サブキャリア間隔15kHz×12サブキャリア=180kHz固定で送信するように規定されていた。それに対し5Gではサブキャリア間隔を広くすることにより、同等のデータ量を短時間で送信可能とした。具体的にはOFDMの場合、サブキャリア間隔は15、30、60、120kHzから選択可能となり、サブキャリア間隔120kHzの場合、120kHz×12サブキャリア=1.44MHzとなる。これによって、TTIと呼ばれる単位送信時間長は、LTEの1msに対し、5Gでは


図-6 4Gと5Gのサブキャリア間隔とTTIの比較²⁾

0.125msに短縮された(図-6)。同時に、LTEではTTIが1msで固定されていたのに対し、5Gではデータ量が少ない場合などはスロット内のシンボル数を変化(下りデータ信号の場合、2、4、7、14から選択可能)させて送信可能となった。

2) Fast HARQ-ACK

移動通信の場合、送信されたデータが正常に受信できたか否か、受信側から送信側にACK(ACKnowledgement)またはNACK(Negative ACK)と呼ばれるフィードバック信号を送信して通知する。このフィードバック時間間隔が、4Gでは最短3msだったのに対し、5Gでは最短0.179msまで短縮された。このことが、超低遅延(URLLC)の実現に大きく貢献している。

(4) 多数同時接続(mMTC)の実現技術

5Gでは都市部広域での接続端末数を1平方キロあたり1,000,000台にまで向上させるとしている。これを実現する技術が、Massive MIMOとネットワークスライシングである。

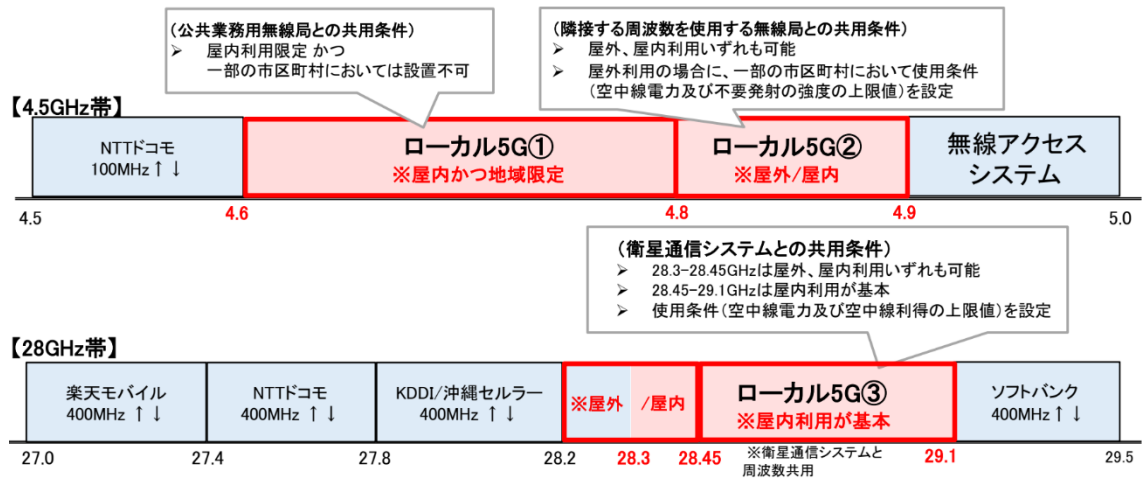
1) Massive MIMO

上述のMIMOに超多素子アンテナを用いる技術はMassive MIMOと呼ばれており、各ユーザに異なるビームを向けることで多数ユーザを同時に接続させるユーザ多重を行ってシステム容量を増大させることができる(図-7)。ただし、アンテナのビームはある一瞬では特定の方向の利得を上げることしかできないため、時間的にビームの指向性を高速に制御させる必要があると同時に、ユーザ間またはストリーム間で干渉が発生しないように送信機側であらかじめ送信する前の信号に各ユーザの無線伝搬路に応じた重みづけ係数を乗算するプリコーディング処理となり、最も技術的に実用化が困難な分野である。

2) ネットワークスライシング

ネットワークスライシングとは、端末種別やサービスによって最適化されたネットワークを複数作成し管理する技術である。無線ネットワーク(RAN、Radio Access Network)はコアネットワーク(CN、Core Network)と呼ばれる、交換機や加入者情報管理装置等で構成されるネットワークに接続されるが、ネットワークスライシング技術を使用して、端末が使用するサービスの種別に応じて、DCN(Dedicated Core Network)と呼ばれる個別の仮想的なCNに接続することによって、要求属性の異なる多様なサービスを要求する多数の端末を同時に処理できるようにする。


図-7 Massive MIMOの導入効果⁴⁾



図－8 日本におけるローカル 5G への周波数割当 ⁶⁾

3. ローカル 5G

ローカル 5G とは、総務省のローカル 5G 導入に関するガイドライン ⁷⁾によれば、「自己の建物内又は自己の土地内で、建物又は土地の所有者等が自ら構築することを基本とする 5G システム」として定義されている。地域や産業の個別のニーズに応じて地域の企業や自治体等の様々な主体が、自らの建物内や敷地内で 5G ネットワークを Wi-Fi と同じようにスポット的に柔軟に構築できるようにして、携帯事業者によるエリア展開が遅れる地域でも、5G システムを先行して構築可能にすることを目的としている。

このローカル 5G として定義される 5G ネットワークは、移動通信システム仕様標準化プロジェクトである 3GPP (3rd Generation Partnership Project)の用語では“Non-Public Network”と呼ばれるが、ここまで述べてきた 5G ネットワークと技術的な差分があるものではない。日本の場合、電波を管轄する総務省が、商用(Public) 5G 用の周波数とは別に、ローカル(Non-Public) 5G 用に専用の周波数を割り当てた(図－8)。しかし、周波数割当方針は国によって異なり、本稿執筆時点では ASEAN 主要各国で Non-Public 5G 用に専用の周波数を割り当てている国はない。

4. タイの工業団地における実証試験

日本工営(再委託先:KDDI THAILAND Ltd.)は総務省の委託により、タイ王国のチョンブリ県にあるアマタシティチョンブリ工業団地内で、ローカル 5G を活用した実証事業を 2021 年度(令和 3 年度)に実施した。業務概要を表－2 に示す。

(1) 実証試験の目的

総務省では、デジタル化の基盤となる安心・安全な 5G の世界的普及に貢献し、5G を起点とした産業基盤を展開していくために、デジタルインフラやデジタル技術の海外展開の方針として「総務省海外展開行動計画 2020」を策定し、5G およびローカル 5G を主要分野と位置付けて推進している。その一環と

して、タイの工業団地でローカル 5G 通信環境を構築し、5G を活用したアプリケーション構築・運用の実現性について、技術面および運用面から実証等を行うことを決定した。実証試験の目的は、本邦企業が持つ 5G 関連技術等の海外展開の可能性を検証するとともに、我が国技術の優位性、有効性についてタイ側と認識を共有し、デファクトスタンダード化を含む国際標準化や我が国技術・企業の国際的な優位性の確保を実現することを目指すことにある。

(2) 実証試験システムの構成

アマタシティチョンブリ工業団地にある Daikin Industries (Thailand) Ltd.(以下、Daikin)の工場 Factory 1 内の約 180m×約 80m の区画に、タイ第 2 位のシェアを持つ商用 5G 通信事業者の協力の下で、3GPP が規定する 5G 無線装置/通信制御装置の標準仕様、ならびに O-RAN (Open RAN)対応として O-RAN Alliance が規定する O-RAN Specification に準拠した、26GHz 帯(n258) 5G RU 3 台、NSA 構成のためのアンカーバンド用 2.1GHz 帯(B1) 4G RU 1 台と 4G/5G

表－2 ローカル 5G 実証試験 概要

正式名	タイ王国工業団地内におけるローカル 5G を活用したアプリケーションの実証試験の請負
業務委託者	総務省 国際戦略局 国際展開課
業務受託者	日本工営株式会社
参画企業	現地再委託先: KDDI THAILAND Ltd. 場所提供: Daikin Industries (Thailand) Ltd. 5G ネットワーク: 商用 5G 通信事業者、Mavenir アプリケーション: リコー(株)、LEGA CORPORATION Co., Ltd.、 ブレインズテクノロジー(株)、(株)コルグ、(株)アニモ
業務内容	(1) 実証試験計画策定および準備 1) O-RAN 準拠通信機器によるローカル 5G ネットワークの設置・運用 2) ローカル 5G 技術を活用したアプリケーションの実証試験の計画、実施 3) 上記 1)2)に係る構築・運用の実現性、実証試験エリアにおける有用性の検証計画の策定 (2) ローカル 5G を活用したアプリケーションの検証 (3) 実証試験結果の取りまとめ

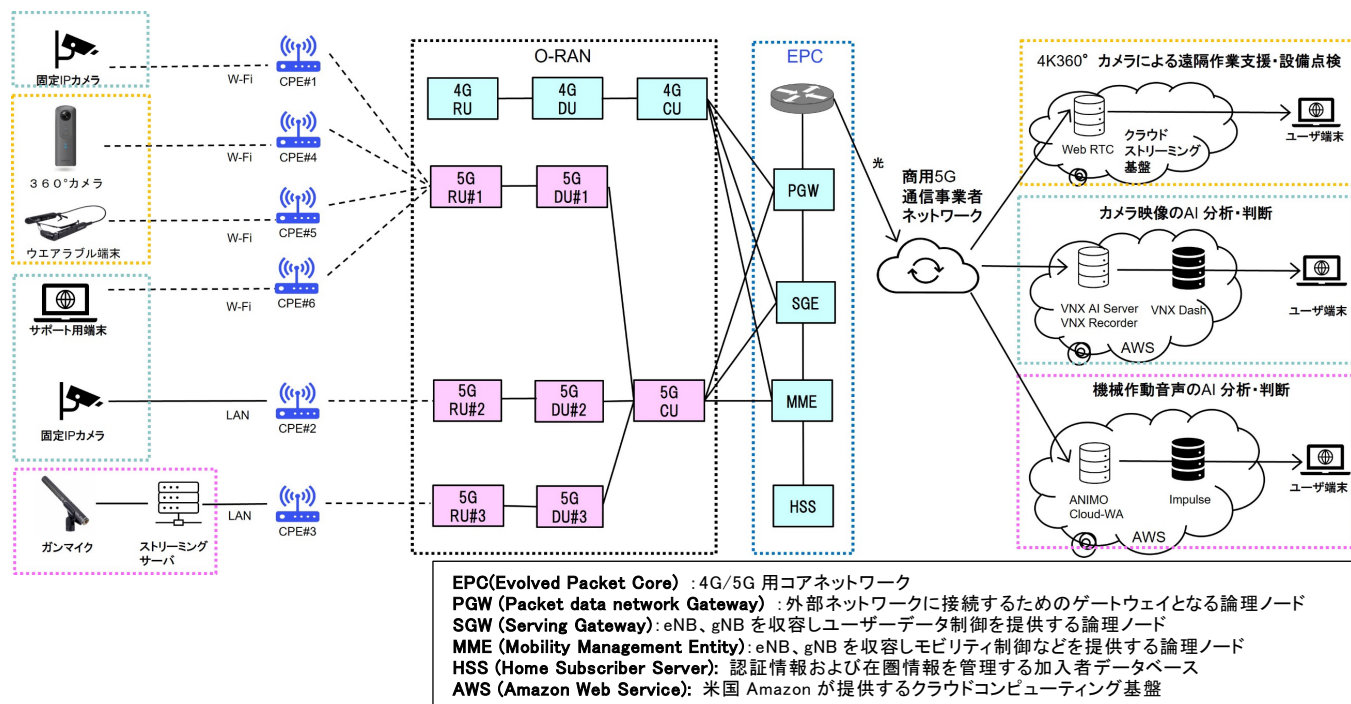


図-9 実証試験システム構成

ルータ端末装置(CPE、Customer Premises Equipment) 6 台を設置した。また、Factory 1 内に汎用 PC サーバ 8 台で構成する仮想化基盤上に RAN と CN を設置し、アマタシティチヨンブリ工業団地のダークファイバを経由して通信事業者のネットワークと接続し、インターネット接続を確保した。このネットワーク上で「4K360° カメラによる遠隔作業支援」、「カメラ映像・機械作動音声の AI 分析・判断」および「カメラ映像による作業員動作 AI 分析」のアプリケーションを実証した。実証試験システムの構成を図-9 に示す。

5G の RAN 機器は、通信事業者の意向により米国 Mavenir の製品を採用した。Mavenir の 5G ネットワークは、米国 Dell の汎用 PC サーバを使用して、その上に DU、CU、CN の機能を実現する Open vRAN (Virtual RAN)を採用している。設置した 5G RU を図-10 に示す。

CPE は米国 Inseego 製の FW2010e を使用した(図-11)。この機種は 4G および 5G の Sub6GHz・ミリ波周波数帯を広くサポートし、5G ミリ波では 2x2 MIMO をサポートする。

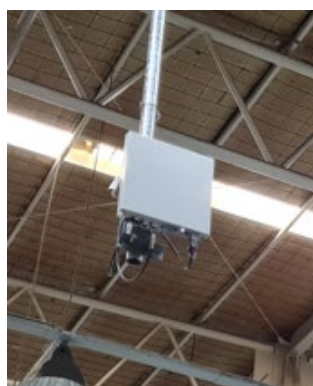


図-10 5G 用 RU

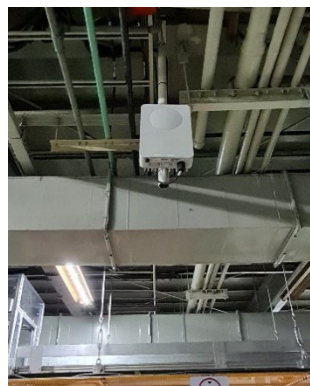


図-11 5G 用 CPE(端末)

本構成により、RU 1 台当たりのアップロード通信速度は常時 55Mbps 以上、MIMO 設定を有効にすることで最大 90Mbps 超を実現した。

(3) 実証試験で求められる 5G の特徴

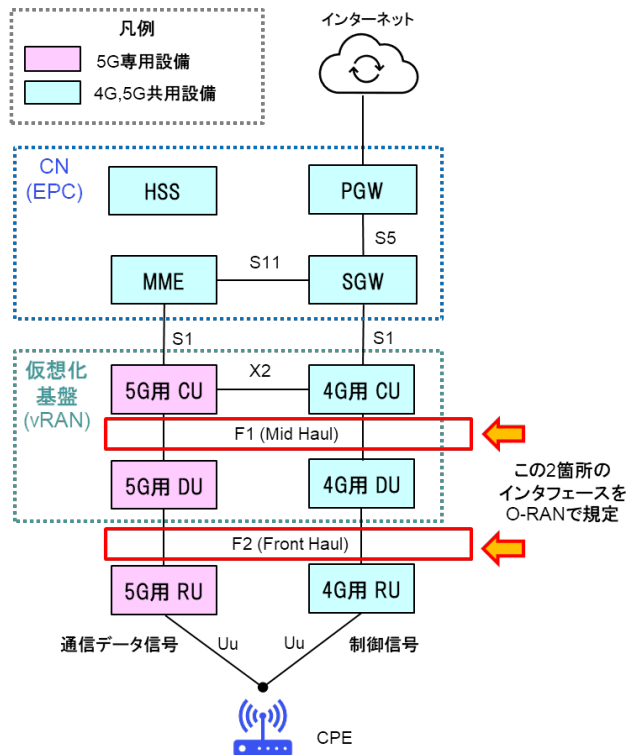
今回実証試験を行った 5G 移動通信システムは要求条件として、①ローカル 5G ネットワーク構築、②O-RAN 対応の 2 点が挙げられた。また、実証試験システムには NSA (Non-Stand Alone)構成、および仮想化技術(Virtualization)を採用することとした。

1) ローカル 5G

今回実証試験を行ったタイにおいて、ローカル 5G 専用に割り当てられた周波数はないため、実証用ネットワークを構築する際は、5G 周波数の免許を保有している通信事業者の協力が同国の法制度上必須である。本実証試験では、タイで商用 5G 通信サービスを展開している通信事業者と共にネットワーク構築を実施することとした。

2) O-RAN 対応

2 つ目の要求条件が O-RAN 対応である。移動通信ネットワークの装置間インタフェースなどの仕様は、2000 年前後の 3G の世代から 3GPP で規格化されているが、なかなか異ベンダ間の相互接続は実現しなかった。その背景には、たとえ各社が 3GPP 仕様に準拠する標準仕様を採用したとしても、一旦システムが納入されると他社製品に置き換えるのは難しいという移動通信市場固有の事情がある。結果的に世界の移動通信市場はヨーロッパと中国に本拠地を構えるごく少数の機器ベンダの寡占市場となり、日本の通信ベンダをはじめ、新たなプレイヤーの新規参入は困難であった。この状況を打開するため、



図－12 5G リファレンスアーキテクチャ(NSA 構成)⁸⁾

2018 年に AT&T、China Mobile、Deutsche Telekom、NTT ドコモ、Orange のオペレータ 5 社が中心となって、O-RAN Alliance が設立された。O-RAN Alliance の役割は、3GPP を補完する形で機器の柔軟な構成を可能とするオープンインタフェース化を推進することである。総務省では、O-RAN 等における移動通信分野のオープンインタフェース化への取組を、関連するグローバル市場のゲームチェンジの好機と捉え、我が国の機器ベンダや新たなプレイヤーの参入機会として戦略的に活用およびその取組を支援していくことが重要であると考えている。このような背景から、今回の実証試験では、O-RAN 対応の機器を使用することが必須条件であった。

3GPP で規定される 5G RAN リファレンスアーキテクチャを図－12 に示す。プロトコルレイヤ毎に装置が定義され、下位から

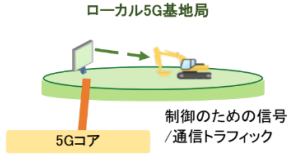
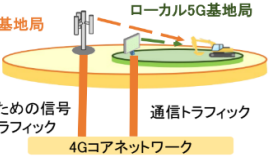
ら RU (Radio Unit)、DU (Distributed Unit)、CU (Central Unit)、CN (Core Network)と分離されている。このうち、O-RAN Alliance では、CU～DU 間の F1 インタフェースと、DU～RU 間の F2 インタフェース(Front Haul とも呼ばれる)を規定し、異ベンダ間接続を保証するとともに、汎用サーバコンピュータ上で DU および CU の機能を仮想的に実現する vRAN 機能の実現を容易にしている。仮想化技術の背景と詳細については 4)仮想化技術の節で述べる。

3) NSA 構成

実証試験システムの特徴として、NSA 構成が挙げられる。NSA 構成とは、通信データ信号と制御信号を分離して制御信号だけを既存の 4G LTE ネットワークで搬送する仕組みである。5G では 4G よりも高い周波数を使用するため、電波の直進性が高く電波の到達距離が短い。5G への移行期には 5G の基地局の数も少ないため、カバレッジが限定される。この問題を緩和するため、4G から 5G への移行期間中に NSA 構成が 3GPP で仕様化されている。ただし将来的には、4G LTE のコアネットワークに頼らずに 5G 基地局単独で通信が可能となる SA (Stand Alone)構成が普及する見込みである(図－13)。NSA 構成は要求条件ではないものの、通信事業者が 5G 免許を保有する 26GHz 帯でローカル 5G ネットワークを構築する際、SA 構成の製品が実証試験開始時点で調達できなかったため、NSA 構成を採用した。

4) 仮想化技術

昨今の IT 業界において、仮想化は欠かせない重要技術となっている。仮想化とは、物理的なコンピュータや通信装置などのハードウェアの処理能力をソフトウェアにより抽象化し、必要に応じて処理能力を組み合わせることで発揮できるようにすることであり、汎用コンピュータネットワーク上に仮想的にコンピュータやネットワークを構築して動作させる技術である。この技術によって、限られたハードウェアの処理能力を有効活用できるほか、ソフトウェアに対する処理能力の割当を柔軟に設定できるため、システムの能力規模を要求に応じて自由に変更すること

SA方式	NSA方式
ローカル5G基地局  制御のための信号 /通信トラフィック 5Gコア 4G LTEのコアネットワークに頼らず、制御信号とデータ信号を搬送し、ローカル5G基地局単独で通信が可能	4G基地局  制御のための信号 /通信トラフィック 通信トラフィック 4Gコアネットワーク - 無線はLTEと5G NRが併用され、ネットワークと端末間の制御にはLTEを使用 - ローカル5G事業者等が、局所的な4Gの基地局、コアネットワークを自前で運用する仕組みとして、2019年12月に2.5GHz帯自営等BWA*の制度を合わせて整備 - 既存の全国MNOや地域BWA*事業者から4Gの基地局やコアネットワークを借り受けることも可能 1.9GHz帯TD-LTE方式デジタルコードレス電話(sXGP)についても、ローカル5Gの制御を行う「4Gの基地局」として利用可能にする制度が整備

*1地域広帯域移動無線アクセス(Broadband Wireless Access)システム。2.5GHz帯(2575-2595MHz)の周波数の電波を使用し、地域の公共サービスの向上やデジタル・ディバイド(条件不利地域)の解消等、地域の公共の福祉の増進に寄与することを目的とした電気通信業務用の4Gによる無線システム。

図－13 SA 方式と NSA 方式の違い⁹⁾

が可能になる。クラウドプラットフォーム上で顧客の要求に応じた処理能力をカスタマイズして提供する上でも、仮想化技術は大きな役割を果たしている。

一方、ローカル 5G は企業や自治体などの組織が独自のネットワークを整備できる柔軟性を備えたシステムであり、求められるネットワークの規模(通信可能なエリアの広さ、端末数、要求される上り/下り帯域幅)は、携帯通信事業者が携帯電話サービスを提供する商用 5G システムに比較してはるかに小さく、また組織によって要求される規模が異なる。そのため、商用 5G システムに採用されるような 5G 通信設備をそのまま導入すると、設備性能が過剰となり、調達コストも高くなってしまふ。ローカル 5G の実装にあたっては、要求規模に応じた 5G 通信性能をカスタマイズして導入できること、そして必要のない性能を削ることで調達コストが下げられることが重要となる。

5G システムに対するこのような要求に対し、ベンダの多くは CN や RAN のソフトウェアコンポーネントを仮想化技術の下で動作させるソリューションを提供している。仮想化技術により、必要最小限の能力を持った汎用サーバコンピュータで CN や RAN を動作させることができるほか、クラウドプラットフォーム上で課金サービスとして動作させることも可能になる。ローカル 5G の導入を検討する組織は、対象の敷地内に汎用サーバを調達してネットワークを構築することも、RU と最小限の通信設備以外をすべてクラウド上で構築することも可能となり、組織の運用方針に沿って柔軟にカスタマイズできるネットワークとなっている。

実証試験システムは、工場屋内の一部区画を通信エリアとし 6 台の CPE を稼働させる小規模のローカル 5G ネットワークであることから、必要となる CN と RAN の処理能力に応じた仮想化環境を汎用 PC サーバを用いて構築した。

(4) ローカル 5G アプリケーション

本実証試験においては、ローカル 5G の超高速通信を活用するアプリケーションの実証を主な目的とし、以下に示す 3 種類のアプリケーションを動作させた。

1) 4K360° カメラによる遠隔作業支援・設備点検

現場作業者が装着するウェアラブルカメラ端末による視野撮



図-14 4K360° カメラによる遠隔作業支援・設備点検



図-15 カメラ映像の AI 分析・判断

影および遠隔側の立会者・作業支援者との双方向コミュニケーションと、全体俯瞰のための 360° カメラによる 4K 映像配信を、ローカル 5G ネットワークとインターネットを通じてクラウド上の多拠点低遅延プラットフォーム上で実現した(図-14)。以下の製品およびソリューションを採用した。

- ・ 4K360° カメラ: RICOH THETA Z1
- ・ ウェアラブル端末: Vuzix M400
- ・ 多拠点低遅延プラットフォーム: RICOH Live Streaming Service

この仕組みを通じたオフィスエリア等の遠隔側からの補助などにより、現場作業者の経験やスキルの不足を補うことができた。さらに、遠隔支援によって関係者の新型コロナウイルスの感染リスク軽減や移動コストの削減を可能とした。

2) カメラ映像および機械作動音声の AI 分析・判断

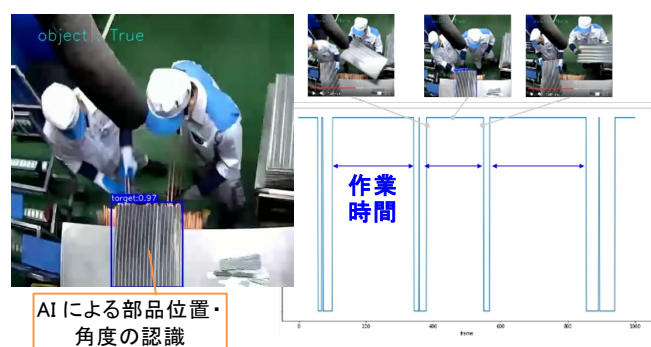
工場内に設置した高解像度 IP カメラの映像と、マイク搭載 IP 端末により取得する工場機械作動音(人間に聞こえない周波数成分を含む非圧縮音声データ)を、ローカル 5G ネットワークとインターネットを経由してクラウドサーバーで取得、AI による解析を行い、映像に基づく稼働状況分析(図-15)、作動音に基づく故障予兆分析及各判断・通知を実現した。以下の製品およびソリューションを採用した。

- ・ IP カメラ: Panasonic WV-S1572L
- ・ カメラ映像向け AI: LEGASYS VNX
- ・ マイク: RØDE NTG-1
- ・ 非圧縮音声伝送: KORG Live Extreme
- ・ 音声分析: ANIMO Cloud Wave Analyzer
- ・ 音声向け AI: ブレイズテクノロジー Impulse

この仕組みにより、作業工程における停止時間を明確に記録することで、効率化分析に資する情報収集を可能とした。

3) カメラ映像による作業員動作 AI 分析

作業品質の管理効率向上を目的として、作業工程における作業員の動きを常時撮影する IP カメラの映像データをローカ



図－16 カメラ映像による作業員動作 AI 分析

ル 5G ネットワーク経由とインターネット経由でクラウド AI サーバへ送信、クラウド上で AI 分析を行い、作業ミス・手順漏れの検出や作業時間の自動計測等を可能とした(図－16)。以下の製品およびソリューションを採用した。

- IP カメラ: Panasonic VRK-C301
- カメラ映像向け AI: ブレイنزテクノロジー Impulse

この仕組みにより、作業工程の実態の詳細な分析に基づく改善提案を可能とした。

(5) 実証試験の成果と実施にあたっての工夫点

この実証試験を通じて、海外における 5G 通信技術のオープン化、仮想化の構築実績、および日系企業によるローカル 5G アプリケーション構築・運用を通じた海外現地における市場形成の足掛かりを作ることができた。

ローカル 5G について、総務省による 5G 技術の国内・海外展開の軸である O-RAN に準拠したローカル 5G ネットワーク構築の実績を残せたことは、今後の展開において大きな意義がある。汎用コンピュータサーバと仮想化技術による環境構築が短期間で実現可能であることも確認できた。

また、5G の高速大容量通信を活用した映像コミュニケーション・AI 分析・判断アプリケーションの日系企業による好事例を複数残すことができた。場所を提供した Daikin 職員からのローカル 5G アプリケーションに対する評価も高く、かつタイ国内の同様の製造業企業からの関心の高さを確認できた。

事業管理においては、タイ・日本共に新型コロナウイルスの感染状況が収束していない状況下での実証試験であり、KDDI THAILAND Ltd.による事業実施をリモートで管理せざるを得なかったが、オンラインツールを活用した密な連絡と文書共有、共同編集などにより、遅滞のない進捗管理を行った。

(6) 実証試験の反省点

ローカル 5G ネットワークの構築において、環境構築は短時間で実現したもの、通信安定の確保に 1 カ月以上の期間を要した。この理由として、NSA 構成を採用したことにより 4G と 5G の 2 つのネットワークを構築・運用する必要があり、双方の調整に手間を要したこと、および、5G において周波数が高く

直進性が高いミリ波帯(26GHz 帯)を用いたことにより、工場屋内の壁や機械設備による反射の影響などを考慮する必要があったことが挙げられる。今回は実施できなかったが、事前にミリ波帯における電波伝搬シミュレーションを行ったうえで、RU と CPE の設置位置を検討することが望ましい。

また、実証試験の期間全体にわたり、汎用コンピュータサーバ、4G/5G RU および CPE のハードウェア障害が散発したが、計画時に代替機を確保することができなかった。5G 製品市場は立ち上がったばかりであることから、製品ベンダの品質管理がまだ成熟していない可能性を考慮して、導入する 5G 製品が不具合を起こした際の現地サポート体制や代替品の確保の検討が必要である。

5. まとめ

超高速、低遅延、多数同時接続の特徴により、携帯電話通信のみならず IoT や AI と共に社会インフラを担うことが期待される 5G 通信技術とローカル 5G について解説した。また、我社の業務実績におけるローカル 5G の海外展開の事例を紹介した。

今回の実証試験の結果、我社の業務実績として、ローカル 5G システム設計手法に加え、機器調達・工事に係る工程管理のノウハウを確立することができた。また実証試験の実績として、ローカル 5G を活用したアプリケーションが運用改善や課題解決に資することを Daikin だけでなくタイの日系企業にもアピールすることができた。今後はタイ以外の国でもローカル 5G を活用したソリューションを提案してゆく予定である。

本稿が、今後の 5G 通信技術の活用に向けた検討の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) ITU-R Recommendations: M-2083.0, IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond, Sep. 2015
- 2) 総務省:情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会(第 8 回) 資料 8-1 技術検討作業班中間報告、pp. 23-25、平成 30 年 3 月 6 日
- 3) ボイスワーク:図解 WiMAX がわかる、技術評論社、2008
- 4) 須山 聡、奥山 達樹、井上 祐樹、岸山 祥久: 5G マルチアンテナ技術、NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.23 No.4、pp. 33、平成 28 年 1 月
- 5) 下城 拓也、ウメシユ アニール、藤島 大輔、巳之口 淳: 5G 時代に向けた将来コアネットワーク、NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.23 No.4、pp. 54、平成 28 年 1 月
- 6) 総務省:製造現場におけるローカル 5G 等の導入ガイドライン、pp. 25、令和 3 年 7 月 27 日
- 7) 総務省:ローカル 5G 導入に関するガイドライン、pp.5、令和 4 年 3 月 31 日

- 8) ウメシユ アニール、ウリ A. ハブサリ、内野 徹、戸枝 輝朗、高橋
英明: 5G 無線アクセスネットワーク標準化動向、NTT DoCoMo テ
クニカル・ジャーナル Vol.25 No.3、pp.39、平成 29 年 10 月
- 9) 総務省:製造現場におけるローカル 5G 等の導入ガイドライン、pp.
33、令和 3 年 7 月 27 日