

事業DXを支えるローカル5G技術

Local 5G Technology Supporting Digital Transformation for Business

友江直仁*

Naohito Tomoe

三宅裕士†

Yuji Miyake

山本寛人*

Hiroto Yamamoto

大賀正夫‡

Masao Oga

青山哲也‡

Tetsuya Aoyama

松永亮‡

Ryo Matsunaga

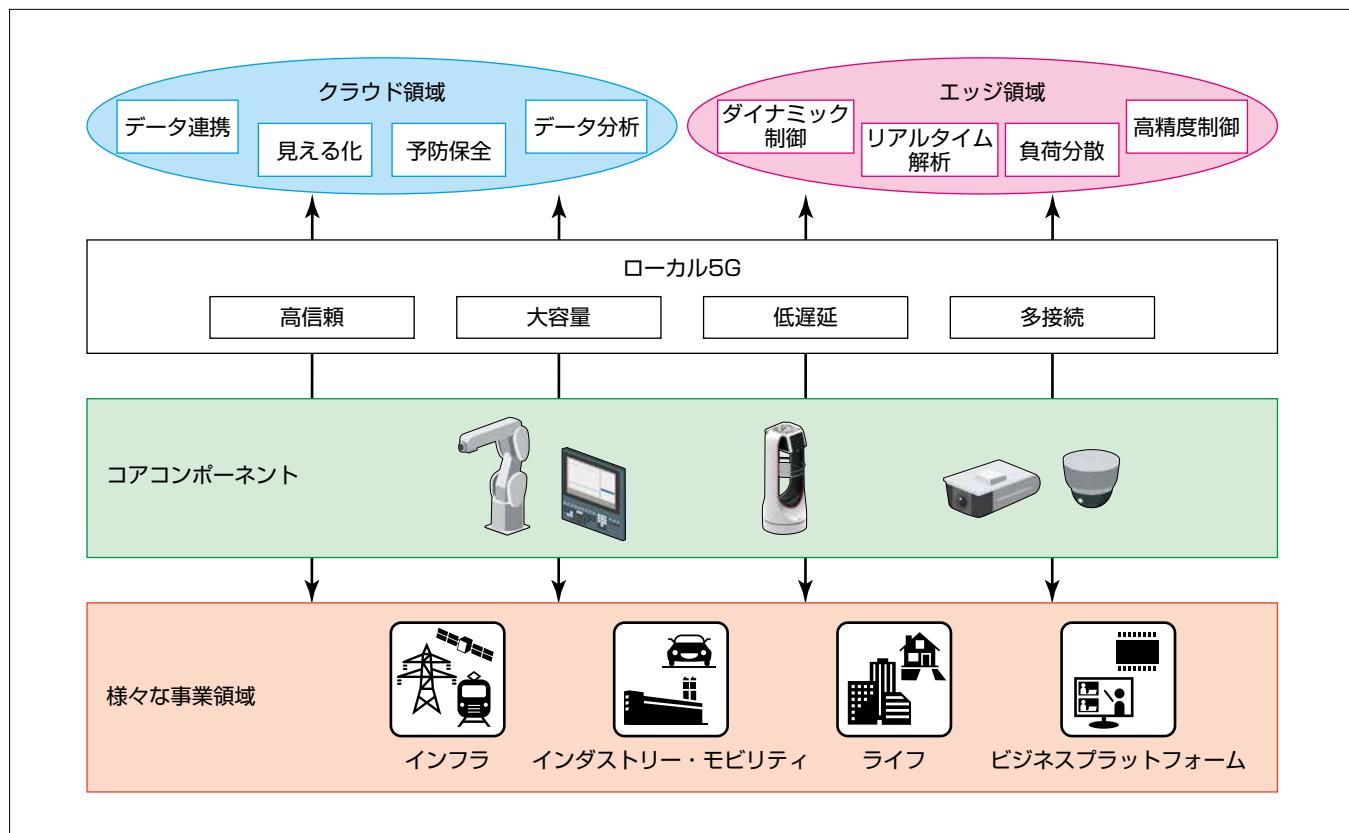
要旨

2019年12月の電波法関連法令の制度改正で利用可能になったローカル5G(第5世代移動通信システム)は、企業や自治体などの様々な主体が、自らの建物や敷地内でスポット的かつ柔軟にネットワークを構築し、土地に紐(ひも)づいたライセンスド・バンドを用いて携帯電話で培われた高度な無線通信技術を活用できる自営無線システムである。

ローカル5Gは、無線LANなどのアンライセンスド・バンドを用いた無線システムと異なり、電波干渉の影響を受けることなく、安定した通信が期待できる。また、携帯電話事業者による公衆網サービスと異なり、複数ユーザー・

事業者間で通信容量をシェアすることなく、通信容量を占有できるというメリットを持つ。

三菱電機では、ローカル5Gを自社が展開する様々な事業領域で、コアコンポーネントとクラウド領域・エッジ領域との連携を支える通信プラットフォームとして研究・開発し、実証実験を推進している。ローカル5Gは、5Gの特長である高信頼・大容量・低遅延・多接続を生かして、当社のコアコンポーネントを活用するソリューション、サービスで新たな価値を創出し、事業DX(Digital Transformation)に貢献する。



事業DXを支えるローカル5G

ローカル5Gは、様々な事業領域での企業の事業DX推進に当たって、コアコンポーネントとクラウド領域・エッジ領域の間のデータ伝送に、高速大容量・低遅延などの特長をもって寄与し、高セキュアな自営通信プラットフォームとして活用できる。

1. まえがき

企業での高精細な映像データや低遅延なロボット制御などの利用が増えて、高い信頼性や高いセキュリティが求められる中、ローカル5Gはこれらの需要を満たす高速大容量・低遅延などの特長を持つとともに、企業の事業DX推進に当たっての自営通信プラットフォームとして活用できる。

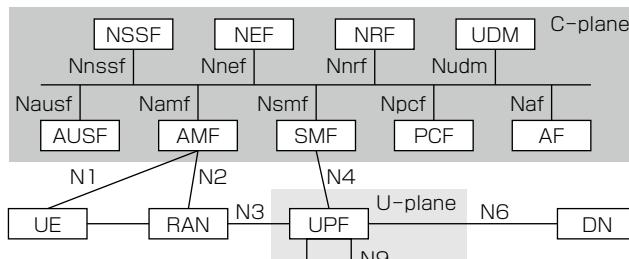
このような背景の中、当社はこれまで、2020年5月にローカル5Gシステムと自社製品のワンストップ提供など、新たなビジネスやサービスを創出するため、当社の名古屋製作所(愛知県名古屋市)でローカル5G基地局とFA製品との無線通信伝送性能の技術検証を行ったのを皮切りに、2021年6月には当社の情報技術総合研究所(神奈川県鎌倉市)で顧客やパートナー企業と共同研究や実証実験を行う5G OPEN INNOVATION Labを開設するなど、ローカル5Gの事業DXでの活用に向けて取り組んできた。

本稿では、当社ローカル5Gの構成と特長を述べるとともに、事業DXに向けた取組みとして、実証環境の構築及び多用途移動ロボットを活用した実証実験について述べる。

2. 当社ローカル5Gの構成と特長

2.1 5Gのアーキテクチャ

図1に、3GPP(3rd Generation Partnership Project)での5Gのアーキテクチャ⁽¹⁾を示す。5Gシステムは、端末のUE、基地局のRANのほかコアネットワークで構成されている。5Gでのコアネットワークには、Service-based Architectureが採用されており、U(User)-plane機能とC(Control)-plane機能が分離されていることが特徴である。このような機能分離が行われていることによって、柔軟な機能配置が可能になり、それぞれ独立に特徴を持った開発を展開することが可能である。



AF : Application Function, AMF : Access and Mobility Management Function, AUSF : Authentication Server Function, DN : Data Network, NEF : Network Exposure Function, NRF : Network Repository Function, NSSF : Network Slice Selection Function, PCF : Policy Control Function, RAN : Radio Access Network, SMF : Session Management Function, UDM : Unified Data Management, UE : User Equipment, UPF : User Plane Function

図1. 3GPPでの5Gアーキテクチャ⁽¹⁾

2.2 様々なサービスに対応する5Gコアネットワーク

表1に、ローカル5Gの活用が期待されている産業アプリケーションのE2E(End-to-End)の伝送遅延要求値⁽²⁾を示す。ユースケースによって、求められる伝送遅延要求値は大きく異なることが分かる。5Gシステムでは、このような異なるサービス要件に対応するため、5Gコアネットワークが重要な役割を果たしている。5Gコアネットワークでの伝送遅延についてはUPFの性能だけを考慮すればよい。そこで、この節では5Gコアネットワークでの低遅延化に関する取組みとして汎用アクセラレータカードを用いたUPFの試作・評価について述べる。

図2に5Gコアネットワークの構成例を示す。5Gでは基地局やコアネットワークのソフトウェア化が進んでおり、汎用サーバの活用が見込まれている。そのため、5Gコアネットワークのユーザーデータ転送に関わるUPFの実現方式としては、求められるサービス要件やアプリケーションや構築するシステム規模に応じて、適切なUPF構成方法を選択することが可能である。例えば、低遅延性が求められないベストエフォート型のアプリケーションでは、CPU上で動作するソフトウェアとして構成することも可能である。一方で、高い伝送遅延要求値が求められるアプリケーションに対しては、アクセラレータカードを探

表1. 産業利用での代表的なE2E伝送遅延要求値

ユースケース	伝送遅延要求値(ms)
遠隔操作用パネル	緊急停止
	安全データストリーム
	制御の視覚化
	モーションコントロール
	触覚フィードバック
TSN	1
AGV	2.5
産業向けセンサネットワーク	100
PA	10

TSN : Time Sensitive Network, AGV : Automatic Guided Vehicle, PA : Process Automation

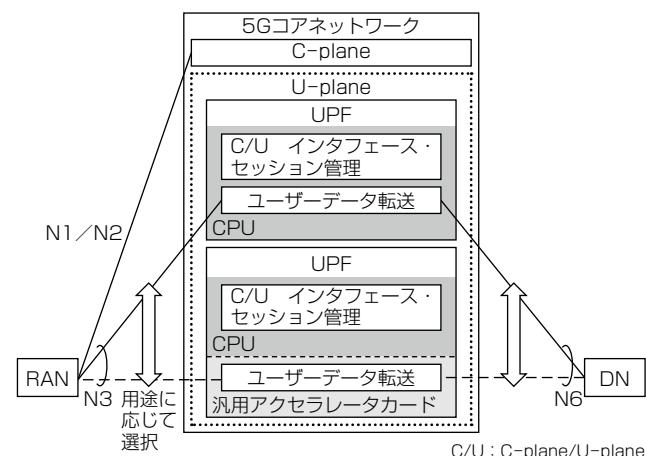


図2. 5Gコアネットワークの構成例

用することでユーザーデータ転送処理に関わる負荷を分散し、独立に制御させることによってユーザーデータ転送の安定化、低遅延化が実現可能である。

今回は、FPGA(Field Programmable Gate Array)を搭載した汎用アクセラレータカードを活用し、図2のようにUPFの中でも伝送遅延に直接影響を与えるユーザーデータ転送機能だけを汎用アクセラレータカード上に実装した。C-planeとのインターフェースやユーザーデータ転送に関わる管理機能についてはCPU上で動作するソフトウェアで実装した。試作したUPFの性能検証として、UPF全体をソフトウェアで実装したケースとUPFの内部転送遅延時間とを比較する評価を行った。この評価では、下り方向に100Mbpsのトライフィックのパケット転送を行い、パケットがUPFを通過した前後の時刻を比較し、内部転送遅延時間を算出した。UPFをソフトウェアで実装した場合の内部転送遅延時間の最頻値、最大値はそれぞれ158μs、1,858μsであったところ、汎用アクセラレータカードを活用した場合は、33μs、57μsと内部転送遅延をそれぞれ79%、97%短縮した。このように、汎用アクセラレータカードの活用によって、UPFの内部転送遅延の短縮及び低減に効果があることを確認した。

2.3 ローカル5Gのエリア設計

ローカル5Gは、“自己の建物内”又は“自己の土地内”で利用可能なシステムである。特に、多くの人が作業を行う屋内利用では、様々な業務の効率化やサービスの提供にローカル5Gを活用できる可能性がある。適切なエリア設計を行うためには、屋内の電波伝搬を正確に把握する必要がある。しかし、屋内利用では、GPS(Global Positioning System)等の位置を特定するアプリケーションが使用できないことから、測定結果と測定位置を連携するための仕組みが必要であり、測定者の作業が必要になる場合が多い。そこで、短時間で屋内通信エリアを測定し、現地移動も効率化するツールを開発した。

図3に試作した電波伝搬測定ツールを示す。この測定ツールは、アンテナ、ローカル5Gの周波数帯成分を取り出すフィルタなどから構成する電波検出・解析部を持つ

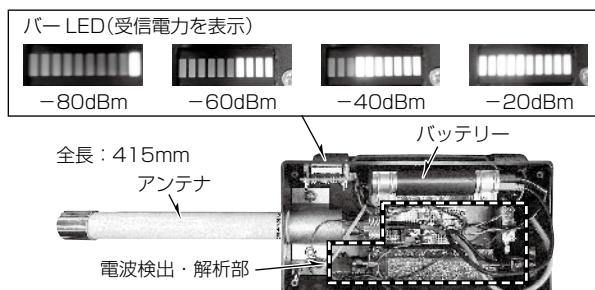


図3. 電波伝搬測定ツール



図4. 位置測定機能付きキャスター付きバッグ

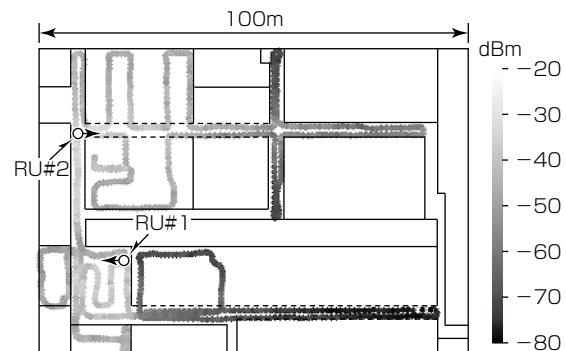


図5. ローカル5Gエリア測定結果の一例

ており、電波検出・解析部から出力される受信電力情報をUSBケーブルで接続するパソコンに記録することができる。また、測定ツール本体側面にバーLEDを取り付けて、受信電力をリアルタイムに可視化する。図4に電波伝搬測定ツールと併用する位置測定機能付きキャスター付きバッグを示す。市販のキャスター付きバッグの車輪に複数個の磁石及び磁気センサを取り付けている。磁気センサによって、左右の車輪の回転数を検出することで移動距離及び方向を算出する。磁気センサの出力結果を、電波伝搬測定ツールの測定結果を記録するパソコンで併せて記録することで、位置測定結果と受信電力測定結果を関連付けることができる。キャスター付きバッグをベースにすることで、収納した測定機器のハンドキャリーだけで現地への移動を効率化することが可能である。

図5に試作した電波伝搬測定ツールと位置測定機能付きキャスター付きバッグを組み合わせて測定した電波伝搬測定結果の一例を示す。総測定距離約1kmに対して、測定に要した時間は約15分間であり、短時間で電波伝搬特性を評価できることを確認した。

3. 運用事例

3.1 ローカル5G実証システムの構築

当社は2022年3月、三菱地所㈱に、大手町、丸の内の全8拠点のローカル5Gエリア化を実現するローカル5G実証システムを提供した(図6)。このローカル5Gシステム

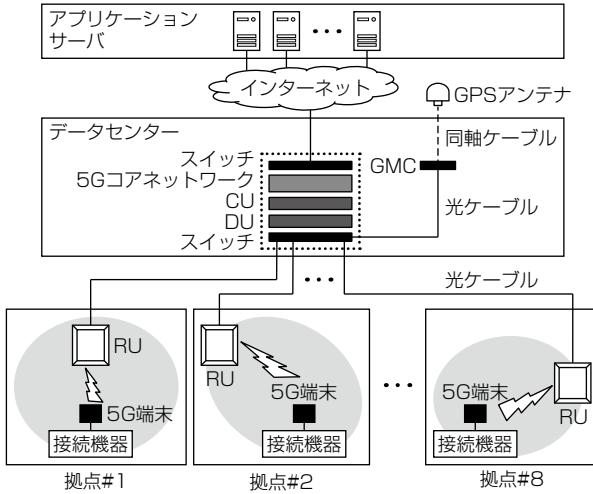


図6. ローカル5G実証システム構成

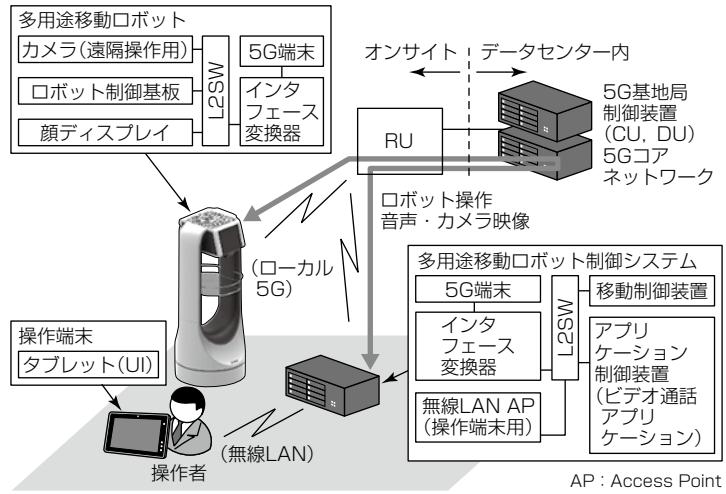


図7. ローカル5Gを用いた多用途移動ロボット実証システム

は、データセンターに、スイッチ、5Gコアネットワーク、CU(Centralized Unit)、DU(Distributed Unit)を設置する。各拠点のRU(Radio Unit)は、データセンターから光ケーブルで延伸して設置される。ここでRUの無線フレーム送信開始タイミングとGPS基準信号との許容時間差を1.5μs以下とするために、GPSアンテナを設置するとともに、IEEE1588として標準化されているPTP(Precision Time Protocol)をサポートしたGMC(Grand Master Clock)を設置することで、光ケーブル及びスイッチを介してRU、DUの時刻同期を可能にしている。また、このローカル5Gネットワークは、スイッチを介してインターネットと接続し、各拠点に在る5G端末とその接続機器が収集するデータを、アプリケーションサーバなどのデジタル空間上へ転送することやアプリケーションサーバなどのデジタル空間から5G端末と接続した機器に転送することを可能にしている。

3.2 ローカル5Gを活用した実証実験事例

3.1節に述べたローカル5G実証システムは、三菱地所(株)で、eスポーツ大会、美術館の遠隔鑑賞実証など、様々な用途に活用されているが、ここでは、実証実験事例として当社が開発した多用途移動ロボットとの接続検証について述べる。実証実験は東京ビルTOKIA^(注1)西側ガレリアで実施した。実証実験に用いたシステム構成を図7に示す。使用した多用途移動ロボットは、当社が開発したテレプレゼンス機能を持つロボット⁽³⁾であり、この実証実験では、多用途移動ロボットの内部に5G端末を搭載し、ガレリア内に設置したRUと無線通信を行う。多用途移動ロボットには、ロボットの駆動を制御するロボット制御基板のほか、遠隔操作及び操作者とのビデオ通話を行うための、カメラ及びUI(User Interface)となるロボット顔領域タブレットを搭載している。各搭載装置は、5G端末と通信機能を

終端するインターフェース変換器で接続し、ローカル5Gシステムと通信を行う。一方、多用途移動ロボットの制御システムは、多用途移動ロボットと通信を行う移動制御装置及びビデオ通話用のアプリケーション制御装置で構成する。この実証実験では、移動制御装置、アプリケーション制御装置を含む多用途移動ロボット制御システムも、多用途移動ロボットと同様に5G端末とインターフェース変換器を用いて、ローカル5Gシステムと通信した。

実証実験では、操作者は、操作端末であるタブレットを用いて、多用途移動ロボット制御システムに接続した無線LAN APと通信を行い、多用途移動ロボットの操作を行った。ロボット操作に必要な移動制御及びロボット操作用の映像、ビデオ通話のトラヒックをローカル5Gシステムで同時に収容し、安定的かつ低遅延な通信によって、操作者は円滑にロボットを操作できることを確認した。

(注1) 東京ビルTOKIAは、三菱地所(株)の登録商標である。

4. む す び

当社のローカル5Gの特長及び実証環境構築・実証実験事例について述べた。

当社が展開する様々な事業領域で、コアコンポーネントとクラウド領域・エッジ領域の連携を支える通信プラットフォームとしてこのローカル5Gシステムを更に発展させ、事業DXのイノベーション創出に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 3GPP : Technical Specification Group Services and System Aspects : System architecture for the 5G System (5GS), TS 23.501 V16.10.0 (2021)
- (2) 3GPP : Technical Specification Group Services and System Aspects : Service requirements for the 5G system, TS 22.261 V16.15.0 (2021)
- (3) 赤穂賢吾, ほか:省人化・非対面ソリューションを実現する多用途移動ロボットシステム, 三菱電機技報, 96, No.9, 328~331 (2022)