

オールジャパンによる 5G システムトライアル

5G System Trials by All Japan

奥村幸彦 箕輪守彦 須山 聡



5G は既存のシステムを更に発展させた「超高速・大容量」, 「超低遅延」, 「多数接続」などの特徴を持つ次世代の移動通信システムである。日本では2017年度から総務省の「5G 総合実証試験」が開始され, 2020年の5Gの実現に向けた準備が進められている。5G 総合実証試験では新たな市場・サービス・アプリケーションの創出に向けて移動通信業界関係者とともに様々な利活用分野の関係者が参画している。本稿では, 第5世代モバイル推進フォーラム(5GMF) 総合実証試験推進グループが取りまとめた, 5G 総合実証試験に関する内容と成果について概観する。

キーワード: 第5世代移動通信システム, 実証試験, 5G システムトライアル, アプリケーション, サービス

1. はじめに

第5世代移動通信システム(5G)は, 従来システムを発展させた超高速(eMBB: enhanced Mobile Broadband)だけでなく, 超低遅延(URLLC: Ultra-Reliable and Low Latency Communications), 多数接続(mMTC: massive Machine Type Communications)といった新たな特徴を持つ移動通信システムであり, 早期実現が期待されている。近年, 2020年の5G実現に向け, 国際標準規格化や実用化に向けた研究開発が加速しており, 2017年度からは5Gの実現による新たな市場や新しいサービス・アプリケーションの創出を目的に, 様々な利活用分野の関係者が参画する総務省の「5G 総合実証試験」が開始された^{(1)~(2)}。2017年度の同実証試験は表1に示す六つの試験グループ(GIからGVI)で構成されており, GI, GII及びGIVはeMBB, GIIIとGVはURLLC, GVIはmMTCに関する実証試験に利活用分野のパートナーと協力して試験が実施された。本稿

では, 筆者らが5GMF(The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum) 総合実証試験推進グループのメンバーと取りまとめた, 各試験グループの試験内容と成果について概説する⁽⁹⁾。

2. 実証試験

2.1 人口密集地での10Gbit/sを超える超高速通信試験

GIでは, 人口密集地において10Gbit/s超の超高速通信に関して, エンターテインメント, スマートシティ, 医療の三つの応用分野において実証試験を実施した⁽³⁾。

2.1.1 エンターテインメント分野

東京オリンピック・パラリンピックの会場などの人口密集地において超高速通信を活用したエンターテインメント分野に関する実証試験を実施し, 図1のように5Gにより高精細な8K映像を12チャンネル伝送できることを明らかにした。また, 4K高精細360度カメラ映像伝送, 低反射ディスプレイによるサインエージ, スタジアムでの高解像度4K映像の複数チャンネル伝送などの様々なエンターテインメントサービスの評価が行われた。

2.1.2 スマートシティ分野

東京オリンピック・パラリンピックのスタジアムなどを想定し, 監視カメラとウェアラブルカメラを備えた警

奥村幸彦 正員: シニア会員 第5世代モバイル推進フォーラム総合実証試験推進グループ

E-mail okumura@nttdocomo.com

箕輪守彦 正員 第5世代モバイル推進フォーラム総合実証試験推進グループ

E-mail mino@jp.fujitsu.com

須山 聡 正員 第5世代モバイル推進フォーラム総合実証試験推進グループ

E-mail satoshi.suyama.zd@nttdocomo.com

Yukihiko OKUMURA, Senior Member, Morihiko MINOWA, and Satoshi SUYAMA, Members (5G Trial Promotion Group, The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum, Tokyo, 100-0013 Japan).

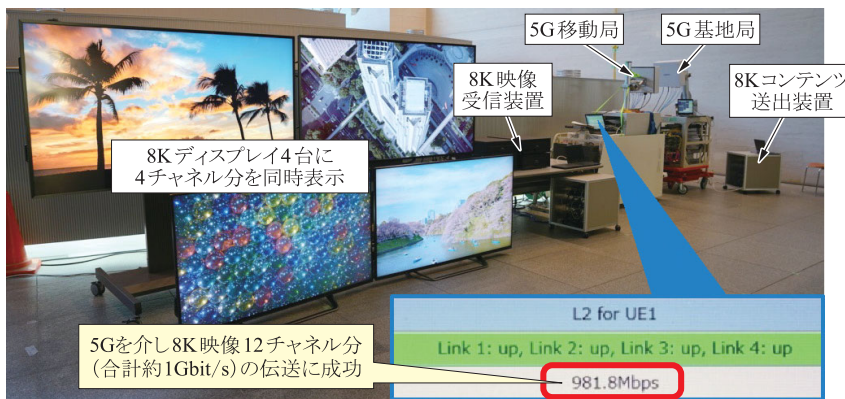
電子情報通信学会誌 Vol.101 No.11 pp.1058-1065 2018年11月

©電子情報通信学会 2018

表1 2017年度5G総合実証試験の全体概要（2017年5月時点）

	実施主体	主な想定パートナー	概要	主な想定実施場所	技術目標
I	株式会社NTTドコモ	・東武タワースカイツリー株式会社 ・総合警備保障株式会社 ・和歌山県	・高臨場・高精細の映像コンテンツ配信や広域監視、総合病院と地域診療所間の遠隔医療に関する実証	・東京都（東京スカイツリータウン周辺） ・和歌山県	ユーザ端末 5 Gbit/s の超高速通信の実現 ※基地局当り 10 Gbit/s 超
II	エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社	・東武鉄道株式会社 ・株式会社インフォステイ	・高速移動体（鉄道、バス）に対する高精細映像配信に関する実証	・栃木県（東武スカイツリーライン・日光線沿線） ・静岡県	高速移動時における 2 Gbit/s の高速通信の実現
III	KDDI 株式会社	・株式会社大林組 ・日本電気株式会社	・建機の遠隔操作など、移動体とのリアルタイムな情報伝送に関する実証	・埼玉県	1 ms（無線区間）の低遅延通信の実現
IV	株式会社国際電気通信基礎技術研究所	・那覇市 ・京浜急行電鉄株式会社	・屋内スタジアムでの自由視点映像の同時配信や鉄道駅構内における高精細映像の収集配信に関する実証	・沖縄県 ・東京都（羽田空港国際線ターミナル駅）	ユーザ端末 5 Gbit/s の超高速通信の実現 ※基地局当り 10 Gbit/s 超
V	ソフトバンク株式会社	・先進モビリティ株式会社 ・SBドライブ株式会社	・トラックの隊列走行、車両の遠隔監視・遠隔操作に関する実証	・山口県	1 ms（無線区間）の低遅延通信の実現
VI	国立研究開発法人情報通信研究機構	（今後公募により選定）	・生産から消費までの物流管理や在庫管理、自由な働き方を実現するスマートオフィスやテレワークに関する実証	・北海道 ・大阪府	100 万台/km ² の多数同時接続の実現

文献(1)より抜粋。



(a) 試験模様

解像度	8K: 7,680×4,320 (参考 FHD: 1,920×1,080)
フレームレート	60fps
ビット深度	10bit
圧縮方式	HEVC
トランスポート方式	MMT
チャンネル当りビットレート	平均 80Mbit/s

(b) 映像諸元

図1 8K映像・複数チャネル伝送

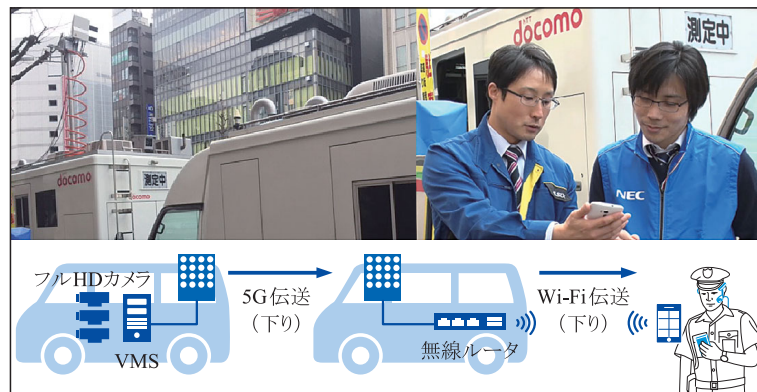


図2 高精細映像による遠隔監視



(a) 医科大学側

(b) 診療所側

図3 5Gを利用した遠隔診療実証試験



図4 鉄道による高速移動時5G実証試験

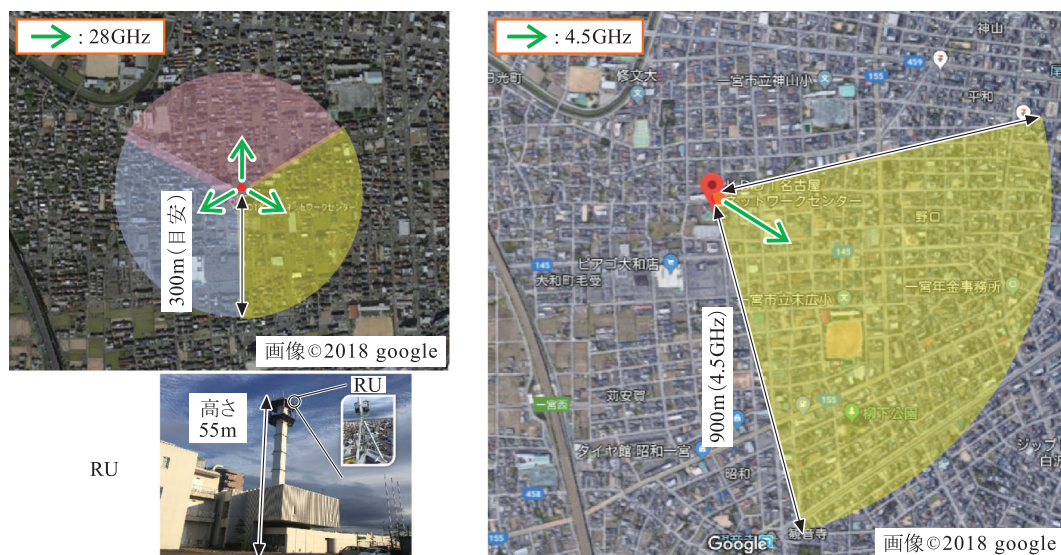
備員を配置し、遠隔監視センターに5Gネットワークを介して、高精細カメラ映像を伝送・配信し、広域監視や施設内監視に活用する試験を実施した。図2に示すように、東京都新宿区では、4.5 GHz帯における5G装置により警備員に配信された高精細映像により評価が行われた。

2.1.3 医療分野

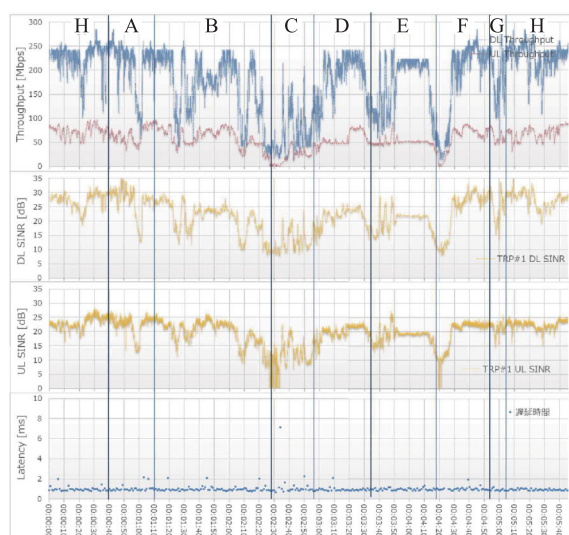
街中の医科大学病院と山間部にある診療所とを回線接続し、5G（今回は診療所側に適用）を介した遠隔診療の実証試験を行った。病院の専門医と診療所の医師が、図3に示す4Kテレビ会議と、4K接写カメラ、タブレット型超音波画像診断装置の高精細映像を用いてリアルタイムに遠隔診療を実施した。皮膚科、循環器内科、整形外科の複数診療科における実証試験を通して、より正確な診断の実現・診療時間の短縮・医師と患者双方の負担軽減などの5G適用効果を示すことができた。

2.2 高速移動時での2 Gbit/sの高速通信試験

GIIでは、5Gの超高速通信の特徴を生かし、エンターテインメント分野において、高速移動体（電車・バス）に対する2 Gbit/sの高速通信の実証試験を行った。パートナーとして鉄道事業者が参加し、90 km/h以上で走行する電車を用いて実証試験を実施した⁽⁴⁾。スポーツ観戦者と観光客向け高精細映像コンテンツの配信に関して、図4に示すように90 km/h以上で走行する電車及び電車の乗務員室に設置された28 GHz帯5G移動局試験装置を用いて実証試験を実施した。本試験環境において測定された通信スループットは、90 km/h以上の移動速度において約2.1 Gbit/sが達成でき、5Gにより高速移動環境においても高速通信を実現できることが確認された。また、乗客向けエンターテインメントとして、大容量・高精細映像コンテンツを提供するサービスを想定し、4K/8Kの高精細映像を5Gで伝送し、電車内の4K/8Kディスプレイや4Kスマートフォンで再生する評価



(a) 郊外試験エリア



(b) 郊外試験結果(4.5GHz)

図5 コネクテッドカー試験

を行った。

2.3 都市または郊外での1msの低遅延通信試験

GⅢでは、スマートシティ分野において、5Gの大容量・超低遅延の特徴を生かし、コネクテッドカーへの応用の実証試験を実施した。また、ワークプレイス分野において、同じく5Gの超低遅延の特徴を生かし、土木建機の遠隔制御の実証試験を実施した。更に、イベントや災害時に、ドローンから5Gを使用して4K動画を送信するユースケースの実証を目指して、2017年度は予備的検討・評価として、4Gを利用する場合の課題抽出のための評価を実施した⁽⁵⁾。

2.3.1 コネクテッドカー

大容量かつ1msの低遅延通信により、公共安全に役立つユースケースの実証を目指し自動車からのデータ伝送試験を実施した。試験エリアは都市部と郊外の二つであり、図5は郊外の試験エリアと同エリアにおける4.5GHzを使用した測定結果を示し、①周囲の建物や基地局(BS)と移動端末(UE)間の距離に応じて性能が変動、②ダウンリンク(DL)とアップリンク(UL)の性能に相関あり、③ブロッキングにより性能が低下、④レイテンシの中央値は0.935msで1ms未満であり、チャンネル品質の劣化によって増加、といった特徴のある測定結果を得た。これに対し、同エリアの28GHzの測定では、①周辺の障害物やBSとUEとの距離に応じて性能が変動、②DLとULの性能の相関あり、③ブロッ

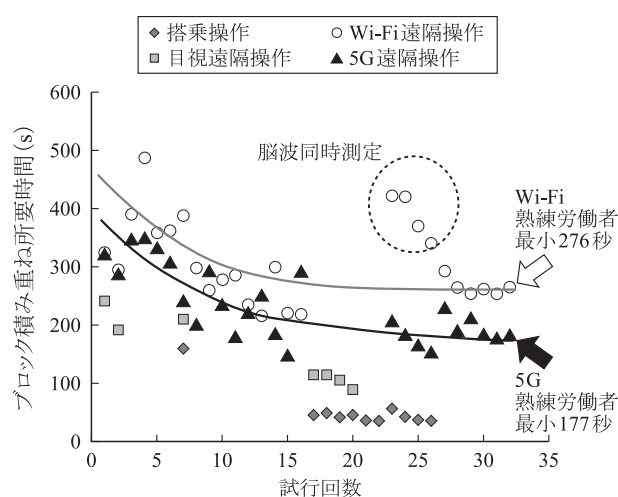
キングにより大きく性能が低下、④レイテンシの中央値は0.915 msで1 ms未満であり、チャンネル品質の劣化によって増加、といった結果を得た。

2.3.2 土木建機の遠隔制御

大容量かつ1 msの低遅延通信により、既存モバイル通信では実現が難しいアップロードによる大容量映像伝



(a) 試験模様



(b) 試験結果

図6 土木建機の遠隔制御

送を実現し、建機遠隔施工の作業効率や生産性向上に関する実証を行った。パートナーとして建設業者が参加し、実環境において土木建機を用いて試験を実施した。従来の建設機械の遠隔操作では、①労働人口の減少／熟練労働者、②遠隔操作には熟練労働者が必要、③建設効率の低下（一般的に約50～60%）という課題があり、5G高精細映像伝送による操作性の向上により、建設効率の向上が期待される。土木建機によって三つのブロックを移動させるのに必要な時間を測定した。図6(a)に試験模様、同(b)に試験結果を示す。5Gを使用した遠隔操作は、Wi-Fiと比較して建設効率を35%改善した。また、高精細ビデオは情報品質を改善し、オペレータの負担を軽減できた。

2.4 屋内における10 Gbit/sを超える超高速通信試験

GIVでは、エンターテインメント分野及びスマートシティ分野において、5Gの超高速通信の特徴が生かせる用途を想定した実証試験を実施している。本節では、スタジアムにおける高精細映像配信と、駅構内におけるリモート監視を取り上げ、各施設の管理者と連携し評価試験を行った内容を紹介する⁽⁶⁾。

2.4.1 スタジアムでの実証試験

5Gの映像伝送により、視聴者が見たい視点を自由に選択しスポーツ中継等を観戦するなど、ライブエンターテインメントを楽しむ方法が更に増えることが期待されている。2017年度はスタジアムにおけるエンターテインメント高度化のための自由視点映像の同時配信に向けた、高精細映像（4Kクラス）の多重配信の試験を行った。スタジアムの三塁側照明柱に5G基地局のアンテナを設置し、観客席にタブレット型の5G端末を50台設置し、5Gを使用した同時伝送試験を実施した（図7）。その結果、各端末に4Kクラスの高精細映像が正常に伝送できることを確認した。

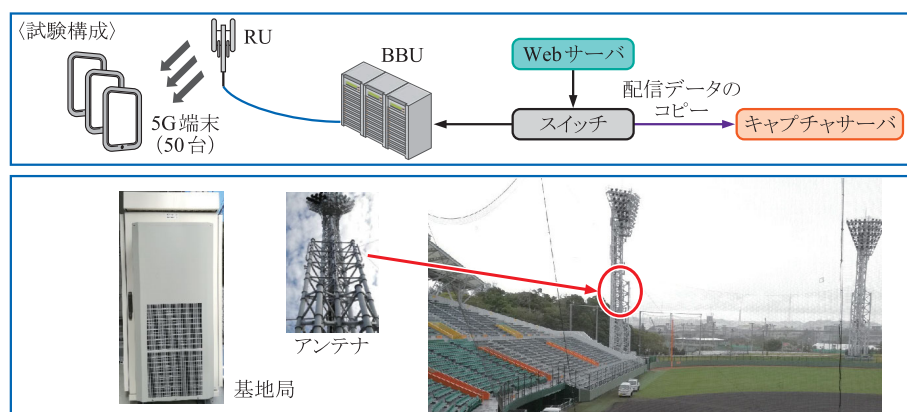


図7 スタジアムにおける試験構成

2.4.2 駅での実証試験

駅構内等における安全の向上のため、5G による高精細映像伝送と、その画像を解析するアプリケーションにより、不審者などを検出し、迅速かつ効果的に対応するシステムの実現が期待されている。パートナーとして鉄道事業者の参画を得て、羽田空港国際線ターミナル駅ホームにおいて試験を実施する。駅の乗客とスタッフへの更なる安全な環境を提供することを目的とし、不審者や危険物などを検出するため、5G で伝送した高精細映像を画像解析するアプリケーションを用いた評価を行っていく。2017 年度は、予備調査として 4K 映像などの高精細映像の画像解析アプリケーションの評価を行った。図 8 のように画像解析による人物検出では、4K 映像の人検出範囲が 2K 映像のほぼ 2 倍であることが確認され、4K クラスの高精細映像伝送が可能な 5G の超高

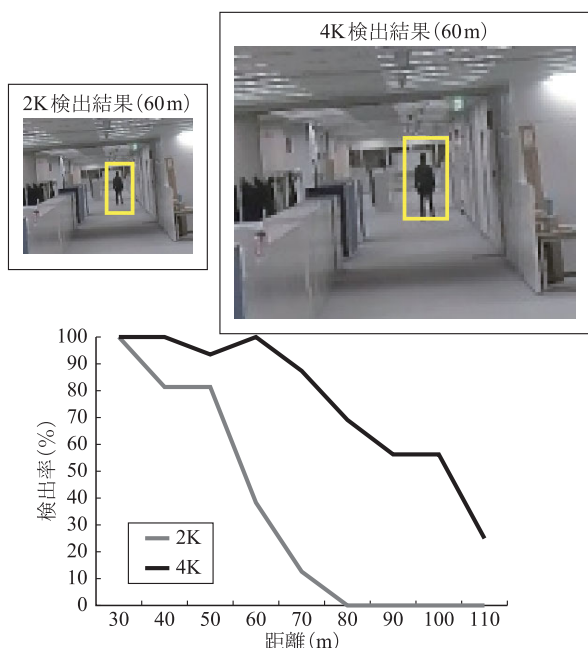
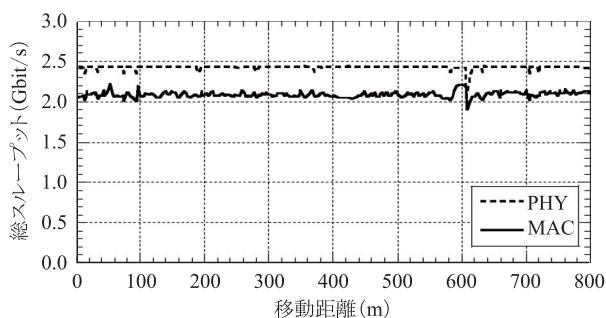


図 8 人の検出範囲の比較



(a) V2N2V無線伝送遅延時間特性



(b) V2V直接通信のスループット特性

図 10 試験結果

速通信の有用性が確認できた。

2.5 高速移動時での 1 ms の低遅延通信試験

GVでは、交通分野において、5G の大容量・超低遅延の特徴を生かし、トラック隊列走行、車両の遠隔監視・遠隔操作の実証試験を実施した⁽⁷⁾。通信の要求条件は大別すると二つある。一つは車両制御系の通信に必要な小容量低遅延通信である。もう一方は隊列走行を監視するビデオ監視系の通信に必要な大容量低遅延通信である。前者においては高信頼性も必要となる。また、通信形態としては、①基地局を経由した車々間 (V2N2V) 通信、②車々間直接通信 (V2V)、③車対ネットワーク間 (V2N) 通信がある。2017 年度は、隊列走行の後続車自動運転への 5G 通信の適用を検討するため、車両制御及び後続車周囲のビデオ監視に必要な通信の基本性能評価を行った。

図 9 のように郊外のテストコース (周回路) において大型トラックを用いて評価を行った。同試験は V2N2V 通信及び V2V 直接通信で実施した。隊列走行での車両制御システムへの 5G アプリケーションを想定して、郊外において 5G 通信システムの V2N での伝送遅延特性を測る試験を 4.7 GHz 帯を用いて実施した。トラックの速度は 0~90 km/h とした。図 10 (a) に示すように、87 km/h で 0.58 ms の遅延時間が達成され、5G の 1 ms



図 9 大型トラックの隊列走行通信試験

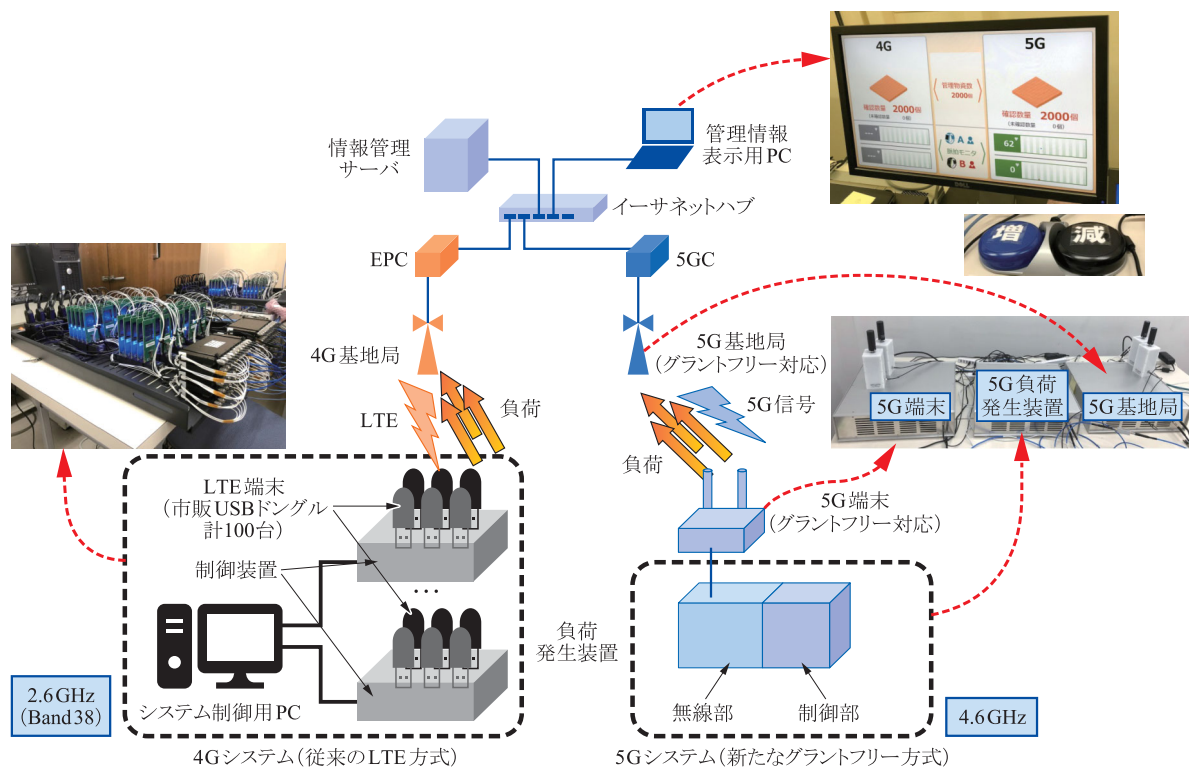


図 11 防災倉庫を想定した実証環境の構成



図 12 スマートオフィス環境を想定した実証環境の構成

以下の超低遅延が確認できた。次に、トラックの隊列走行において後続トラックの周辺監視をするためのビデオ信号の伝送を想定した V2V 直接通信の試験結果を示す。車間距離は 10 m とし、28 GHz 帯を用い、帯域幅を 700 MHz とした。図 10 (b) は移動距離に対するスループットを示しており、2 Gbit/s のスループットが達

成できた。

2.6 屋内での 2 万台程度の多数同時接続通信試験

GVI では、スマートハウス／ライフ及び交通（物流）分野において、5G の多数接続の特徴を生かし、防災倉庫の物品管理・物流 IoT に関する実証試験を実施した。

更に、オフィス／ワークプレイス分野において、5G の多数接続のほかにも超高速・超低遅延の特徴を生かし、それらの異なる要求性能が混在するオフィス環境の高度化に関する実証試験を実施した⁽⁸⁾。

2.6.1 防災倉庫での実証試験

災害が発生すると、備蓄された物資の配給や外部からの支援物資の受入れ、避難所などでの子供やお年寄りなどケアが必要な家族の健康管理など、多数の‘ひと’と‘もの’に関する情報の収集と処理が必要となる。そこで、防災倉庫や避難所を対象とし、5G システムを活用した情報収集と指示発信が可能であることを示す。5G では、端末の通信時に事前に基地局から通信タイミングの割当を受けずに送信を可能にするグラントフリー方式が検討されている。この方式を採用した5G システムとLTE 方式(4G)による従来システムの性能を比較するため図 11 に示す環境を構築した。この装置では、4.6GHz 帯において2万台分の5G 端末をエミュレートし、電波を発射する。一方、従来システムでは2.6GHz 帯において基地局に100 台の市販端末をRF ケーブルで接続する。試験の結果、5G システムでは70 秒で2万台のデータを全て受信した(各端末から5 秒間隔で送信した)が、従来システムでは同時に接続を試みると接続が困難な状況を確認した。

2.6.2 スマートオフィスでの実証試験

将来のオフィス環境(スマートオフィス)では、様々な働き方を支援できるように、多数のセンサなどを活用してオフィス環境の把握と制御、遠隔地との円滑な作業性の確保が期待される。そこで、図 12 に示すように5G の多数同時接続・超高速・低遅延の性能を活用したスマートオフィス環境を開発した。スマートオフィスは、①椅子から着座姿勢を取得してオフィス全体の人の疲労度検出やその対処(空調制御やリラクセス促進など)を行うスマートチェア(多数同時接続)、②内蔵アンテナにより机上のみ通信可能で複数の机で周波数共用が可能なスマートテーブル(超高速)、③従来のテレビ会議に加えてホワイトボード描画をリアルタイム共有するスマートホワイトボード(超低遅延)により構成される。仙台市と能美市のオフィスにこの環境を構築し、臨場感のある議論が可能になることを確認した。

3. ま と め

本稿では、5G の実現による新たな市場の創出を目的に2017 年度から開始された総務省の5G 総合実証試験において、各試験グループが実施した試験内容や成果の概要について紹介した。5G 総合実証試験は、日本全国

の人口密集都市から郊外または屋内において、eMBB, URLLC, mMTC にそれぞれ焦点を当て実施され、様々な利活用分野の多くのパートナーが試験に参画した。

謝辞 本稿記載の総務省5G 総合実証試験に関する内容・成果の取りまとめにあたり、最新情報の提供に御協力頂いた各試験グループの請負機関各位に深謝致します。

文 献

- (1) 総務省, “5G 総合実証試験の開始,” May 2017. http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000297.html
- (2) 奥村幸彦, 一瀬正則, 松永 彰, 山田雅也, 吉野 仁, 石津健太郎, “第5 世代移動通信システム5G の実現に向けた総合実証試験,” MWE 2017 Microwave Workshop Digest, WEIB, pp. 15-18, Nov. 2017.
- (3) 奥村幸彦, 須山 聡, 増野 淳, “5G 総合実証試験におけるNTT ドコモの取り組み,” 2018 信学総大, no. BP-1-1, March 2018.
- (4) 中川一郎, 一瀬正則, 須山 聡, 奥村幸彦, “5G 総合実証試験におけるNTT コミュニケーションズの取り組み,” 2018 信学総大, no. BP-1-2, March 2018.
- (5) 松永 彰, 中野 哲, 酒井清一郎, 黒澤菜子, “5G 総合実証試験(GIII)の概要報告,” 2018 信学総大, no. BP-1-3, March 2018.
- (6) 山田雅也, 鈴木信雄, 杉山敬三, “第5 世代移動通信システムの屋内環境における実証試験,” 2018 信学総大, no. BP-1-4, March 2018.
- (7) 吉野 仁, 山口 良, 三上 学, “自動運転を支援する5G 超低遅延通信の実証試験—トラック隊列走行への適用—,” 2018 信学総大, no. BP-1-5, March 2018.
- (8) 石津健太郎, 村上 誉, 沢田浩和, 伊深和雄, 松田隆志, 児島史秀, “屋内における超多数接続通信の実現に向けた5G 実証試験の取り組み,” 2018 信学総大, no. BP-1-6, March 2018.
- (9) The Fifth Generation Mobile Communications Promotion Forum (5GMF), “The First Report on 5G System Trials in Japan 2018-Revised Edition 1-,” April 2018.

(平成30 年7 月17 日受付 平成30 年8 月3 日最終受付)



おくむら ゆきひこ
奥村 幸彦 (正員: シニア会員)

平4 NTT ドコモ入社以来、デジタル移動無線アクセス方式・技術の研究、国際標準化、商用装置開発に従事。現在、5G 無線アクセス方式・技術の研究・検証実験及び5G システムトライアルを推進中。同社5G イノベーション推進室5G 方式研究グループリーダー、博士(工学)。



はせがわ しゅん
箕輪 守彦 (正員)

昭58 富士通研究所入社、平17 から富士通において、第3 世代及び第4 世代移動通信方式・基地局装置の開発に従事。現在、5G 無線アクセス方式の装置開発及び実証試験を推進中。同社ネットワークプロダクト事業本部プリンシパルアーキテクト。



すど さとし
須山 聡 (正員)

平13 東工大大学院修士課程了。同年同大学院・助手。以来、移動通信における無線伝送技術の研究に従事。平19 同大学院・助教。平25 (株)NTT ドコモ入社。現在、同社5G イノベーション推進室担当課長。博士(工学)。本会平16 年度学術奨励賞、平23 年度論文賞各受賞。