

国立大学法人 京都大学
株式会社日立国際電気
科学技術振興機構（JST）
内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）

IoT データ収集・制御用広域系 Wi-RAN^{注1} システムによる 70 km 超無線多段中継伝送を用いた多地点広域データ伝送試験に成功

ポイント

- 屋外環境において長距離多段中継による5拠点同時中継データ伝送に成功（総中継距離 75.0 km、単区間最大距離 27.8 km）
- 超高能率無線スマートライフライン NW との連動による医療情報収集システムの実証
- 防災・減災危機管理システムとの連動による被災現場の動画情報収集を実証

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）が主導する革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）の原田 博司プログラム・マネージャーの研究開発プログラムの一環として、京都大学大学院情報学研究科（以下「京都大学」）原田 博司教授および株式会社日立国際電気（以下「日立国際電気」、代表執行役 執行役社長：佐久間 嘉一郎）の加藤 数衛の研究グループは、このたび“モノ”のインターネット（Internet of Things: IoT）データ収集・制御用広域系 Wi-RAN システム用無線機（以下、本装置）による無線多段中継伝送を用い、3 段・分岐有という構成で総中継距離 75.0 km、単区間最大距離 27.8 km での 5 拠点同時中継データ伝送試験に成功しました。

さらに、上記 Wi-RAN 同時中継回線を用いて、Wi-SUN 無線機を用いた無線ネットワークにより血圧・脈拍等の生体計測データを取得する医療データ収集システムと、災害時における被災現場の情報収集としての防災・減災危機管理システムとの異システム同時運用試験に成功しました。

現在まで1台の無線機で実現する中継段数無制限のスケラブルな多段中継機能の開発を行ってきました。しかし実フィールド環境では、単区間最大距離が6km程度で1段の中継を行う2地点同時映像伝送の基礎実験の実証にとどまり、多段中継の機能についての十分な実証は行われておらず、また、IoT用の実システムへの応用についても行われていませんでした。

今回、より長距離の多段中継回線を容易に構築するために、無線機の電源投入のみで、自動的に通信可能な無線機をセンシングし接続していくことにより、順次中継エリアを拡大していく、詳細設定不要な自動多段中継ネットワーク構築機能を開発しました。さらに実際に想定されるアプリケーションで十分に利用できることを確認しました。

今回の試験結果を受け、実システムにおける Wi-RAN マルチホップを利用した IoT システムの普及促進が期待されます。

なお、本試験は、比叡山自動車道株式会社様、琵琶湖湖岸緑地管理事務所様、びわ湖バレイ株式会社様のご協力のもと京都府および滋賀県において実施しました。

本成果は、以下のプログラム・研究開発課題によって得られました。

内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

プログラム・マネージャー : 原田 博司

研究開発プログラム : 「社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム」

研究開発課題 : 「超ビッグデータ創出ドライバ用広帯域無線機の研究開発」

研究開発責任者 : 原田 博司 (京都大学)

加藤 数衛 (日立国際電気)

研究期間 : 平成 28 年度～平成 30 年度

本研究開発課題では、数 10km 以内のエリアに存在する数万のメーター、センサーからデータ収集、機器制御を行う超ビッグデータを創出可能な多段中継広帯域無線機の研究開発に取り組んでいます。

■原田 博司プログラム・マネージャーのコメント■



社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォームを構築するためには、ローカルな環境において各種センサー、メーター、モニタに代表される数千の IoT デバイスから創出された超ビッグデータを効率的に処理エンジンに伝送する必要があります。現在まで開発してきた無線多段中継無線機は、数千の IoT デバイスからの超ビッグデータを数 km の範囲内で収集し、かつそのデータを自動的に多段中継により数十 km 先の処理エンジンに伝送可能とするものです。しかし、目標としていた数十 km の通信エリアに関してはまだ実証をされていませんでした。本試験の成功により、1 段あたりの最大伝送距離を 27.8km まで伝送することができ、また 3 段の中継を行うことにより総中継距離を 70km 以上にすることができました。この通信システムの実現により、離島、へき地等に対し、医療の確保の向上、福祉の増進、モノのインターネット (IoT) を利用した災害対策等が期待されます。

<研究の背景と経緯>

ImPACT 原田 博司 プログラム・マネージャーの研究開発プログラムでは、現状のビッグデータ規模を遥かに凌ぐ「超ビッグデータ」の創出・活用を可能とする超ビッグデータプラットフォーム (図 1) を構築し、この技術による新たな社会応用として、製造工場へのサイバー攻撃、故障の撲滅を目指すファクトリセキュリティと予見先取ヘルスケア・医療サービスを目指すヘルスセキュリティに関する研究開発を行っています。

この超ビッグデータプラットフォームは、センサー、メーター、モニタ等により創出されたビッグデータを超高能率無線スマートライフライン NW (狭域系 Wi-SUN ^{注2)} システム) により、局所的に収集する一次的なデータ収集と、この各収集したデータを超広域高能率無線中継ライン NW (広域系 Wi-RAN システム) により広域に収集する二次的なデータ収集をシームレスに統合することにより構成されます。

超ビッグデータプラットフォームの構成要素の一つである広域系 Wi-RAN システムについては、これまで、国立研究開発法人情報通信研究機構 (以下、「情報通信研究機構」) が国際標準化に取り組み、京都大学において当該方式の大容量伝送するための高能率受信方式の開発を行ってきました。日立国際電気は情報通信研究機構からの技術移転を受け、無線機の開発と、一台の無線機による多段中継機能の実装・情報収集基礎試験に成功し、共同で実用化を行ってきました。そして、平成 29 年 6 月には、これは一つの長距離無線回線を用い、見通し外通信環境においても遠隔地のみならず中継地の情報を同時に収集する多地点同時映像情報収集基礎試験に成功しました。この基礎試験では、無線機同士が見通せない環境において、最大 8.4km の距離を中継接続で接続し (単区間中継距離最大 6.4km)、遠隔地の車上端末局および中継局からの 2 拠点同時リアルタイム映像伝送に成功しました。

しかし、超ビッグデータプラットフォームの開発目標である非連続な広域エリア (数 10km 以内) をカバーする多拠点同時中継データ伝送試験の成功には至っていませんでした。また、無線機の電源投入のみで、自動的に順次中継エリアを拡大していく、詳細設定不要な簡易インストール機能もありませんでした。さらに、本装置の IoT 実アプリケーションへの応用についても実証が行われていませんでした。

＜研究の内容＞

今回、電源投入のみで、無線機が自動的にセンシングすることにより周囲の通信相手となり得る無線機を探し接続していくことで、中継エリアを拡大していく、詳細設定不要な自動多段中継ネットワーク構築機能を開発しました。また、センシングによって得られた周囲無線機の統計情報を上位に伝達していくことで、スケジューラおよび回線監視サーバにおいて接続している全無線機の状態を一元管理することが可能となるシステムの構築を行いました。そして平成 29 年 6 月に本研究開発プログラムで開発した多段中継可能な Wi-RAN 無線機（図 2）に実装しました。この無線機を用い、比叡山自動車道株式会社様、琵琶湖湖岸緑地管理事務所様、びわ湖バレイ株式会社様、のご協力のもと、京都府と滋賀県の一部をカバーする広域データ収集試験システムを構築して実証試験を実施しました。

本試験では、遠隔からの医療情報の伝送及び災害時の緊急臨時インフラ構築を想定しており、情報収集本部として基地局を京都大学に、第一中継局は長距離無線通信環境の確保という観点から近隣で最も高台である比叡山に、第二中継局は遠隔医療時の中継点及び災害時の避難所を想定し琵琶湖南部湖畔（滋賀県草津市下寺町）に、第三中継局はさらにエリアを拡大するという目的で琵琶湖西側の高台に位置するびわ湖バレイに、第四中継局は遠隔医療時の中継点及び災害時の避難所を想定し琵琶湖中央部湖畔（滋賀県近江八幡市沖島町）に設置しました。また、高台である比叡山に中継局を設置したときの最大伝送距離を検証するために第五中継局を比叡山から 27.8 km離れた京田辺市（京都府京田辺市薪西山）に設置しました（図 3）。各中継局においては、ホイップアンテナ、ブラウンアンテナという位置合わせの必要がなく、広い設置場所も必要がない、簡便なアンテナを採用しました。各無線局の設備構成を図 4 に示します。設置完了後、すべての無線機の電源を入れたところ、自動的に図 3 右下のような形態のネットワーク構成（中継段数 3、分岐有、総中継距離 75.0 km、総直列中継距離（基地局-第一中継局-第二中継局-第三中継局-第四中継局）47.2km、単区間最大距離 27.8 km）となる Wi-RAN 中継回線の構築に成功しました。

また、構築した Wi-RAN 中継回線を用いて末端の第四中継局から映像伝送を行うと同時に、医療データ収集システム（図 5）及び防災・減災危機管理システム（図 6）と連動させ、他の 4 拠点からのデータを収集する伝送試験に成功しました（図 7、8）。

また、情報収集本部に設置した回線監視サーバの画面上では、各無線局から上がってきた GPS 位置情報、無線の伝送特性情報から算出された無線局間距離、無線品質、スループット等を表示することが可能です（図 9）。

＜今後の展開＞

今後は以下に示す機能を順次実証、必要に応じて追加実装します。

- 各中継局無線機配下に 100～1000 台の Wi-SUN システムを用いた医療情報、環境情報収集ネットワークを接続させ、大規模なエリアの情報収集の実現
- 無線機のセンシング結果から周辺の中継局の存在有無、必要な伝送速度を検知し、その無線情報を基地局に集約し、最適な無線リソースの再計算・経路割り当ての実現

平成 30 年度末のプログラム完了までに、京都大学、日立国際電気の産学官連携体制のもと、医療関係、工場関係の数 km から数 10km 以内に存在する 1000 から数万のモニタ、センサーから 1 日数百万から数億生成されるビッグデータを、高信頼性、高レスポンス性（数 10ms）を保ちつつ自らネットワーク構築し収集することができる無線通信ネットワーク（従来比 100 倍のカバーエリア、収容能力）を可能とする「超ビッグデータ創出ドライバ」の実現を目指します。

<参考図>

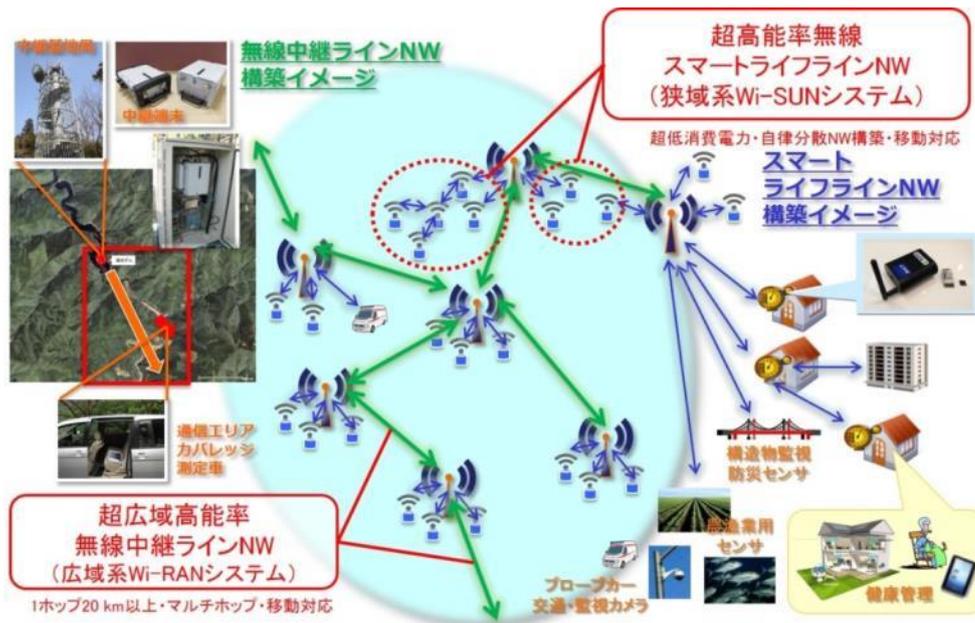


図1 狭域系システムと広域系システムの統合による超ビッグデータ創出ドライバの概要
(局所的に狭域系 Wi-SUN で集められたビッグデータは広域系 Wi-RAN システムでビッグデータ処理エンジンに伝送される)



項目		仕様
通信方式		OFDMA/TDD
変調方式	下り (DL)	QPSK、16QAM、64QAM
	上り (UL)	QPSK、16QAM、64QAM
ダイバシチ受信		最大比合成方式 (2 ブランチ)
送信出力		5W / 1W
外形寸法	5W	240 (W) × 300 (H) × 180 (D) mm
	1W	210 (W) × 90 (H) × 200 (D) mm
質量	5W	8 kg 以下
	1W	3 kg 以下

図2 マルチホップ中継方式のファームウェアを搭載した無線機と仕様



図3 広域データ伝送試験における無線局設置場所
 出典: Geospatial Information Authority of Japan 「(国土地理院の地理院地図(電子国土Web)『京都市付近』掲載)」

無線局	設置場所	アンテナ種別	連動システム
基地局(1W)	京都大学	ホイップアンテナ(ダイバーシチ受信なし)	映像 / 防災・減災危機管理 / 医療情報収集(Wi-SUN)
第一中継局(5W)	比叡山	ホイップアンテナ(ダイバーシチ受信あり)	防災・減災危機管理
第二中継局 (5W)	琵琶湖南部湖畔	ホイップアンテナ(ダイバーシチ受信あり)	医療情報収集(Wi-SUN)
第三中継局 (5W)	びわ湖パレイ	ブラウンアンテナ(ダイバーシチ受信あり)	防災・減災危機管理
第四中継局 (5W)	琵琶湖中央部湖畔	ホイップアンテナ(ダイバーシチ受信あり)	映像
第五中継局 (5W)	京都府京田辺市	ホイップアンテナ(ダイバーシチ受信あり)	防災・減災危機管理



図4 無線局設備構成(各拠点には簡単なアンテナの装備で、拠点間の位置合わせを行わずに中継が可能)

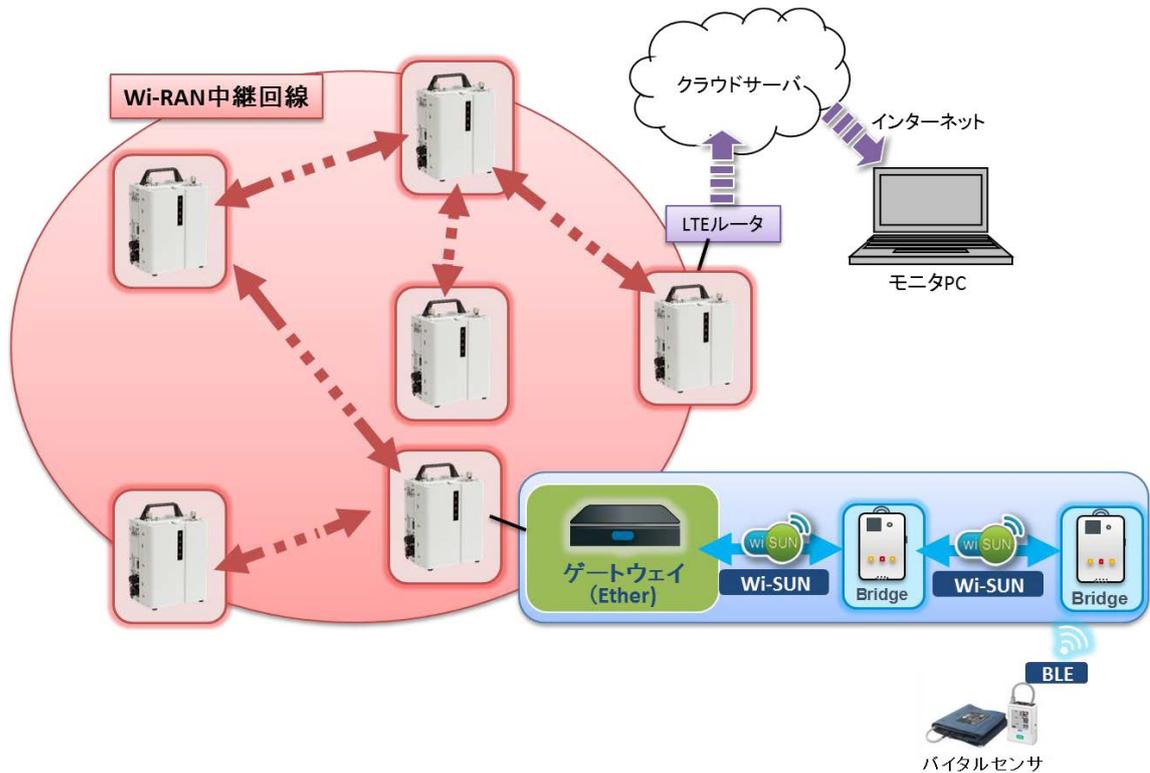


図5 医療データ収集システム概念図

中継局にWi-RANとWi-SUNとのブリッジを行うゲートウェイを設置し、バイタルセンサ（脈拍、血圧計）の情報を基地局まで伝送、基地局からは携帯電話回線（LTE）によりImPACTクラウドに伝送。利用者はこのImPACTクラウドにアクセスすることにより各種バイタルデータ（脈拍、血圧等）を見ることが可能。血圧脈波の測定できる血圧計はImPACT 原田博司プログラムにおいて自治医科大学 苅尾 七臣 教授および株式会社エー・アンド・デイが開発したBluetooth搭載マルチセンサー携帯型自動血圧計（エー・アンド・デイ社TM-2441）を使用。

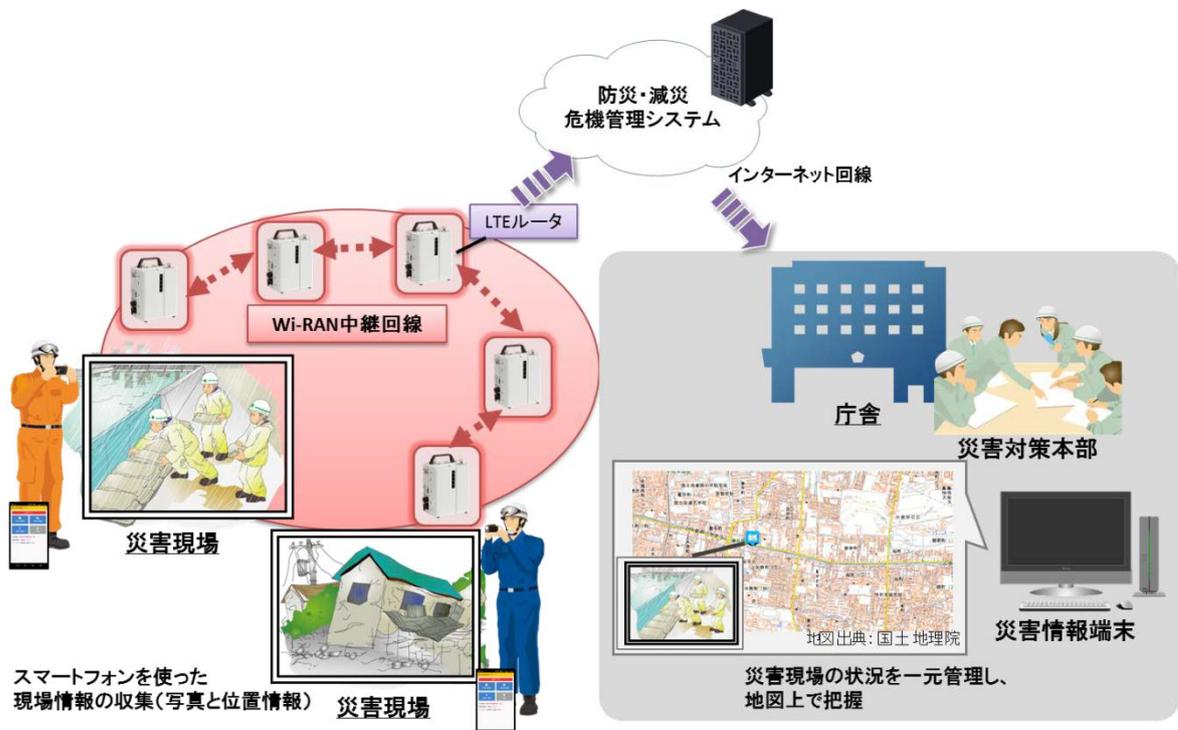


図6 防災・減災危機管理システム概念図

災害現場で撮影された写真・メッセージを中継局を介して、基地局まで伝送。基地局からは携帯電話回線（LTE）により防災・減災危機管理システムサーバに伝送。防災・減災危機管理システムサーバは掲示板のように各災害拠点の情報を見ることができる。



図7 医療データ収集システムによる血圧脈拍データ

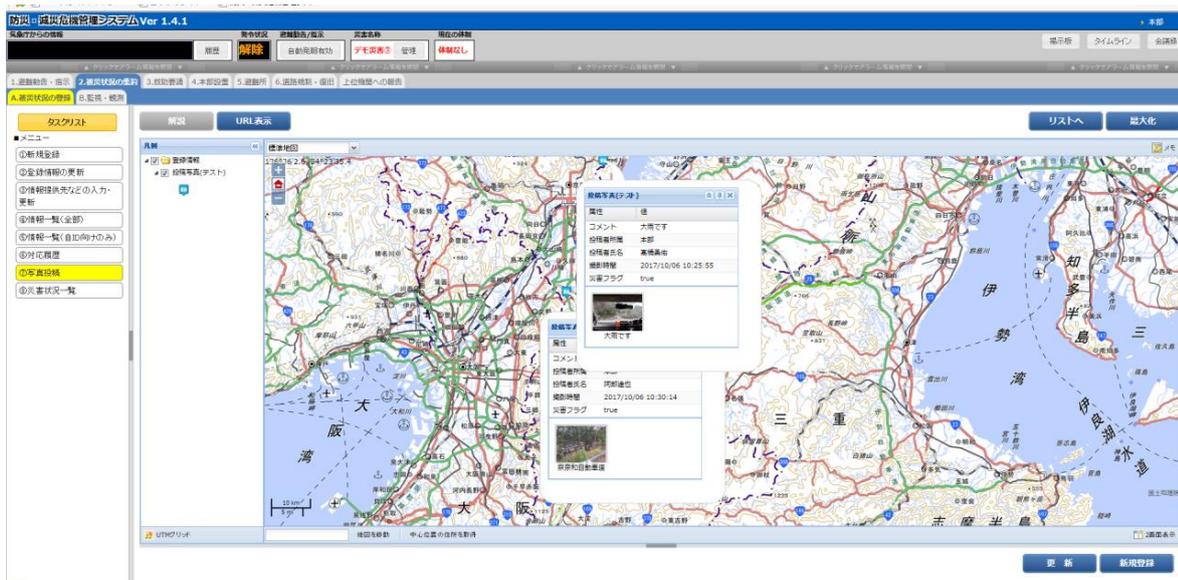


図8 防災・減災危機管理システムにおける現場写真（送信された位置情報に従い地図上に表示される）

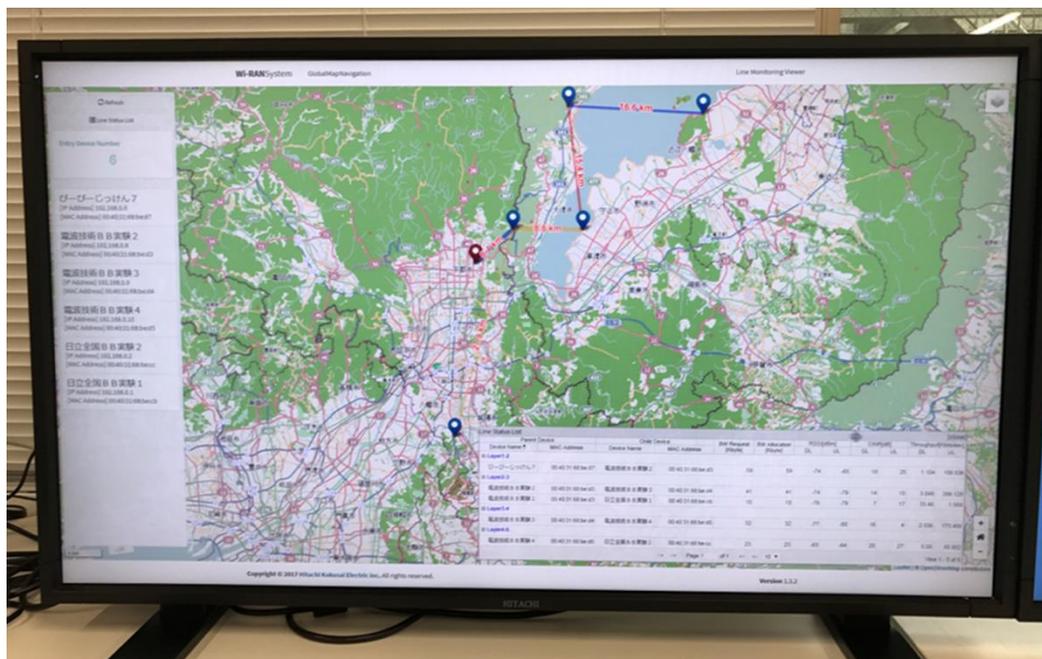


図9 試験中における開発した回線監視サーバ画面(無線機の設置位置、無線の接続状況が、基地局においてすべて一元管理することが可能、無線品質は線の色により変化、スループットは線の太さによって表現される、各無線局間距離も表示される)

地図出典：© OpenStreetMap contributors (<http://www.openstreetmap.org/>)

<用語解説>

注1) Wi-RAN (Wireless Regional Area Network)

数 km～数 10km の範囲をカバーする地域無線ネットワーク (Regional Area Network) の呼称。携帯電話に比較して低い周波数帯 (VHF 帯、UHF 帯) を用いて数 10Mbps 程度の伝送速度ながら数 10km の範囲内の通信を行う。主に地域系のブロードバンド回線および IoT 用の広域情報収集回線としての利用が期待されている。

注2) Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network)

国際無線通信規格 IEEE 802.15.4g 規格をベースにエネルギー管理、防災、工場等の各種アプリケーションを実現するために他のオープンな国際標準規格と融合させ、製造メーカー間で相互接続可能な国際無線通信規格。最大 1km 弱程度の距離で相互通信を行うことが可能。

<お問い合わせ先>

<研究に関すること>

原田 博司 (ハラダ ヒロシ)

京都大学 情報学研究科 通信情報システム専攻
〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町
Tel : 075-753-5317
E-mail : hiroshi.harada@i.kyoto-u.ac.jp

堂坂 淳也 (ドウサカ ジュンヤ)

株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 ソリューション本部 IoT プロジェクト
〒187-8511 東京都小平市御幸町 32 番地
Tel : 042-322-3111
E-mail : <http://www.hitachi-kokusai.co.jp/contact/index.html>

柳澤 慶 (ヤナギサワ ケイ)

株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 ソリューション本部 IoT プロジェクト
〒187-8511 東京都小平市御幸町 32 番地
Tel : 042-322-3111
E-mail : <http://www.hitachi-kokusai.co.jp/contact/index.html>

<ImpACT 事業に関すること>

内閣府 革新的研究開発推進プログラム担当室

〒100-8914 東京都千代田区永田町 1-6-1

Tel : 03-6257-1339

<ImpACT プログラム内容および PM に関すること>

科学技術振興機構 革新的研究開発推進室

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K' s 五番町

Tel : 03-6380-9012 Fax : 03-6380-8263

E-mail : impact@jst. go. jp

<報道担当>

京都大学 総務部 広報課 国際広報室

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 36 番地

Tel : 075-753-5727 Fax : 075-753-2094

Email : comms@mail2. adm. kyoto-u. ac. jp

株式会社日立国際電気 法務・CSR本部広報室

〒105-8039 東京都港区西新橋 2-15-12 (日立愛宕別館 6F)

Tel : 03-6734-9401 Fax : 03-3502-2507

E-mail : <http://www.hitachi-kokusai.co.jp/contact/index.html>

科学技術振興機構 広報課

〒102-0081 東京都千代田区四番町 5 番地 3

Tel : 03-5214-8404 Fax : 03-5214-8432

E-mail : jstkoho@jst. go. jp