

2024 年 11 月 7 日

国立研究開発法人情報通信研究機構
日本電気株式会社
国立大学法人東北大学
トヨタ自動車東日本株式会社

NICT、NEC、東北大学、トヨタ自動車東日本、 東北の工場において SRF 無線プラットフォーム Ver. 2 の実証実験に成功

～公衆網とローカル 5G のハイブリッドなネットワークを活用し、無線通信の安定化を実現～

【ポイント】

- 自動車工場での、SRF 無線プラットフォーム Ver. 2 を用いた無線通信の安定化実証実験に世界で初めて成功
- 公衆網とローカル 5G のハイブリッドなネットワークを活用し、自動搬送車との通信をシームレスに切替え
- 今後、SRF 無線プラットフォームの実用化を目指し、技術開発及び標準仕様の策定と認証制度の整備を推進

国立研究開発法人情報通信研究機構^{エヌアイシーティー}(NICT、理事長：徳田 英幸)、日本電気株式会社(NEC、取締役代表執行役社長 兼 CEO: 森田 隆之)、国立大学法人東北大学(東北大学、総長：富永 悌二)及びトヨタ自動車東日本株式会社(トヨタ自動車東日本、取締役社長：石川 洋之)は、公衆網とローカル 5G のハイブリッドなネットワークを活用して移動体との無線通信を安定化する Smart Resource Flow (SRF) 無線プラットフォーム^{*1}の実験に世界で初めて成功しました。

NICT、NEC 及び東北大学は、製造分野における 5G 高度化技術の研究開発を推進しており、その中で SRF 無線プラットフォーム技術仕様書 Ver. 2 に対応した無線通信システムを開発しました。本システムの有効性を稼働中の製造現場で確認するために、トヨタ自動車東日本の宮城大衡工場にて、公衆網(5G/LTE)とローカル 5G を切り替えて移動体との間の無線通信品質を評価する実験を実施しました。その結果、本システムにより、サービスエリアの広さ等の特性が異なる公衆網とローカル 5G によるハイブリッドなネットワークを活用し、通信が途切れることのない安定化が実現できることを確認しました。

【背景】

製造現場では、生産効率を向上するため無線通信を用いた製造向けアプリケーションの導入が年々進んでおり、今後も更に増加するものと予想されます。例としては、自動搬送車による部品搬送の自動化やトルクレンチ等の工具情報の収集・管理などがあります。導入が増加すると、無線通信は干渉や遮蔽の影響により通信品質が不安定になり、遅延やスループットが悪化することがあります。その結果、自動搬送車が安全のために停止したり、工具情報が取れず製造ラインが停止するなど、かえって生産効率が下がってしまいます。

このような事態を避けるため、NICT 及び NEC は、2015 年から、製造現場の無線化を推進するフレキシブル・ファクトリー・プロジェクト(Flexible Factory Project)^{*2}の活動を実施しており、本活動を通して得られた知見をいかし、異種無線通信の協調制御により無線通信を安定して動作させる SRF 無線プラットフォームの技術開発を推進してきました。また、2017 年 7 月に、SRF 無線プラットフォームに高い関心を持つ企業と共にフレキシブルファクトリパートナーアライアンス(FFPA)^{*3}を設立し、技術仕様の標準化を推進してきました。そして、2023 年 1 月に、SRF 無線プラットフォーム

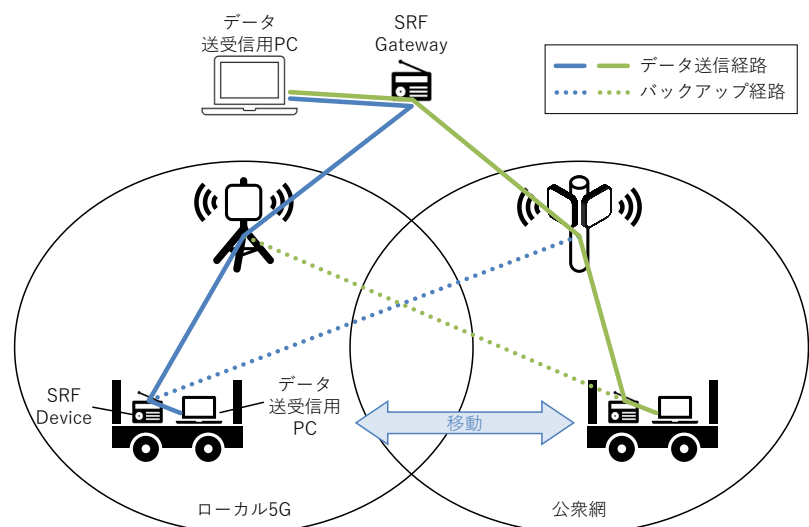


図 1 SRF 無線プラットフォームを用いた実験システム

の技術仕様書 Ver. 2 を策定し、公開⁴しました。

SRF 無線プラットフォーム技術仕様書 Ver. 2 においては、Ver. 1 が対象としていた無線 LAN に加えて、キャリア 5G、ローカル 5G、LTE も用いたハイブリッドなネットワークの利用が可能になりました。これにより、広いエリアに無線通信を提供できる公衆網(キャリア 5G や LTE)と、工場の建屋のように金属で囲われて外部からの電波が届きにくいところに局所的に無線通信を提供できるローカル 5G を組み合わせることで、無線通信品質をより安定にさせることが可能となりました。NICT 及び NEC は、この SRF 無線プラットフォーム技術仕様書 Ver. 2 に対応した無線通信システムを開発しました。

【稼働中の製造現場における実証実験】

本無線通信システムの有効性を稼働中の製造現場で確認するために、トヨタ自動車東日本の宮城大衡工場にて、図 1 のような環境で、公衆網とローカル 5G の切替えによる移動体との間の無線通信品質を評価する実験を実施しました。実験では、図 2 のように製造現場で稼働している移動体(自動搬送車)に SRF Device を搭載し、約 163 m 離れた工場 A、B の間を往復させました⁵。ローカル 5G の周波数帯は 4.8GHz~4.9GHz の電波を使用しました。

自動搬送車は、図 1 の青線のようにローカル 5G でデータを送信しながら、ローカル 5G の基地局が設置してある工場 A からスタートして工場 B に向かいます。工場 A から離れるにつれてローカル 5G の通信品質が悪化していきますが、SRF 無線プラットフォームでは図 1 の青点線のように公衆網側にもバックアップ経路を用意しておき、SRF Device が無線の品質情報(受信信号強度など)を基にローカル 5G よりも公衆網の方が送信に適していると判断した場合に、図 1 の緑線のようにデータ送信経路を公衆網側に切り替えることで、通信品質を維持します。

本実験では、この SRF 無線プラットフォームにより、ローカル 5G と公衆網をシームレスに切り替えて安定して通信を継続することができるかを検証しました。

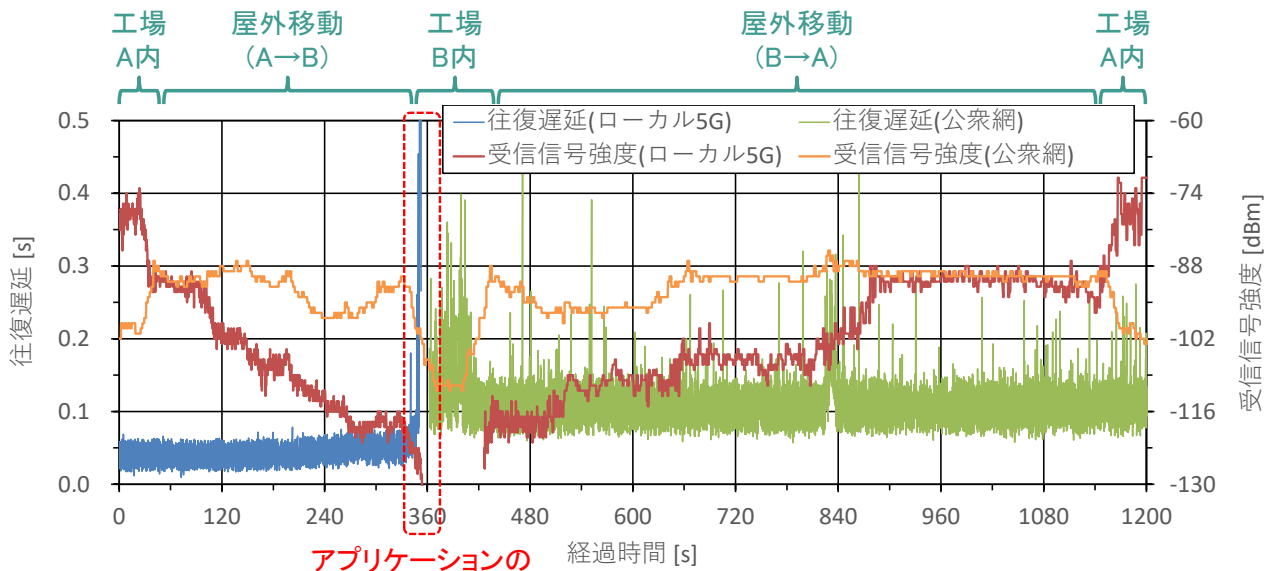


図 2 SRF Device を搭載した移動体(自動搬送車)

実験結果を図 3 に示します。図 3(a)のように SRF 無線プラットフォームを使用していない場合、工場 B に入った直後辺りでローカル 5G の圏外になり通信が遮断し、アプリケーションの通信が途絶しました。その後、通信可能な経路をサーチして公衆網に切り替えて通信を再開しましたが、約 9.75 秒の間、通信が遮断しました。また、ローカル 5G の通信遮断の直前には往復遅延も大幅に悪化し、最大で約 1.01 秒になりました(拡大図は図 3(c)左 参照)。

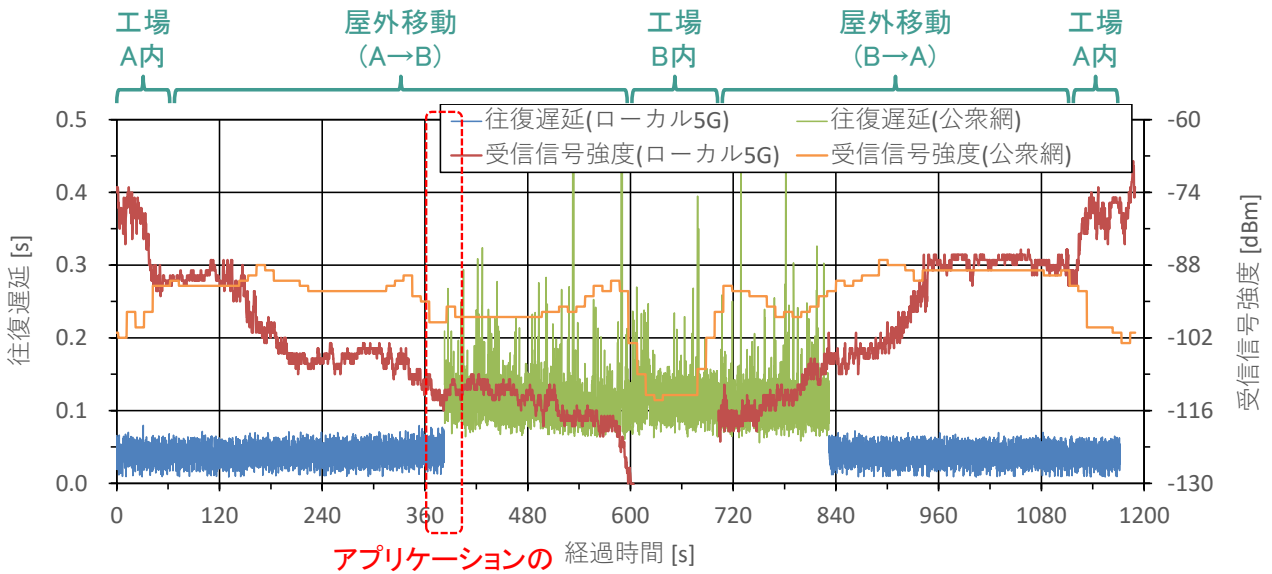
これに対し、図 3(b)のように SRF 無線プラットフォームを使用した場合、工場 B に入る少し前からデータ送信経路を公衆網に切り替えることで、経路切替時の通信遮断時間を約 0.14 秒に短縮し、アプリケーションの通信が途絶することなく安定して通信を継続できることを確認しました(拡大図は図 3(c)右 参照)。また、自動搬送車が工場 B を出て工場 A に近付き、ローカル 5G の受信信号強度が良くなってくると、SRF Device は再びローカル 5G に切り替えて通信を継続できました。

この結果により、サービスエリアの広さ等の特性が異なる公衆網とローカル 5G によるハイブリッドなネットワークを活用し、通信が途切れることのない安定化を実現できる SRF 無線プラットフォームの効果を実証することに世界で初めて成功しました。



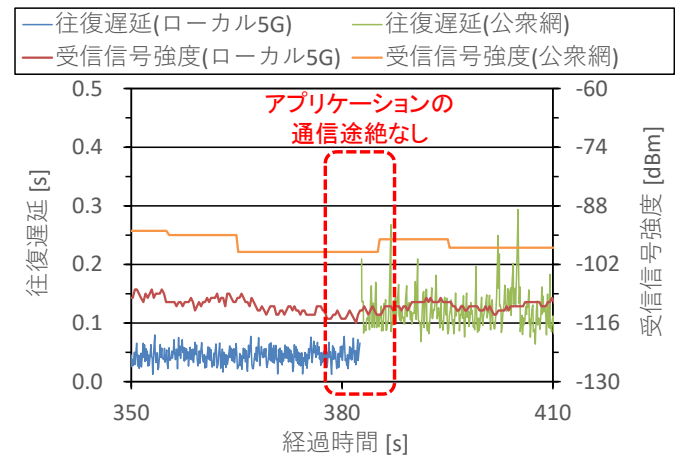
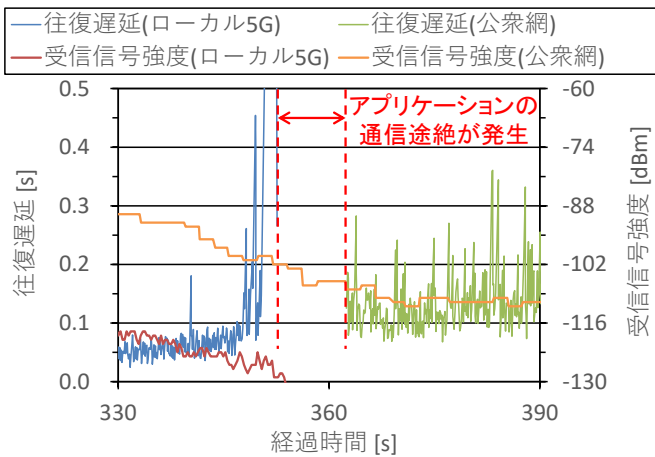
アプリケーションの
通信途絶が発生

(a) SRF 無線プラットフォームを使用していない場合



アプリケーションの
通信途絶なし

(b) SRF 無線プラットフォームを使用した場合



(c) 切替付近の拡大図(左: SRF を使用していない場合、右: SRF を使用した場合)

青線: ローカル 5G 経由の往復遅延、緑線: 公衆網経由の往復遅延
赤線: ローカル 5G 経由の受信信号強度、オレンジ線: 公衆網経由の受信信号強度

図 3 実験結果

【今後の展望】

今後、NICT、NEC、東北大学及びトヨタ自動車東日本は、本実証実験の結果をいかし、SRF 無線プラットフォームを工場における安定した無線通信を利活用できるプラットフォームとして実用化を目指し、技術開発及び標準仕様の策定と認証制度の整備を推進していきます。

＜各機関の役割分担＞

- ・情報通信研究機構: 実験計画立案、実験実施、データ分析
- ・NEC: ローカル 5G の実験試験局の免許取得※、実験システム構築、実験実施
- ・東北大学: 実験における無線通信関連の技術支援
- ・トヨタ自動車東日本: 実験環境整備及び実験実施支援

※ローカル 5G 用実験試験局(基地局相当 2 局、陸上移動局相当 9 局)の免許を東北総合通信局から受けました。

なお、本研究開発の一部は、総務省 SCOPE(国際標準獲得型)JPJ000595 の委託により実施しています。

＜ 本件に関する問合せ先 ＞

国立研究開発法人情報通信研究機構
ネットワーク研究所
ワイヤレスネットワーク研究センター
ワイヤレスシステム研究室
E-mail: ffpj-info@ml.nict.go.jp

NEC
Digital Twin Business Hub
E-mail: fr-contact@iot.jp.nec.com

東北大学
電気通信研究所
附属21世紀情報通信研究開発センター
E-mail: takashi.shiba.e2@tohoku.ac.jp

トヨタ自動車東日本
広報部広報グループ
E-mail: ci_tmej_kouhou00@toyota-ej.co.jp

＜ 広報（取材受付） ＞

国立研究開発法人情報通信研究機構
広報部 報道室
E-mail: publicity@nict.go.jp

NEC
Digital Twin Business Hub
E-mail: fr-contact@iot.jp.nec.com

東北大学
電気通信研究所
総務係
E-mail: riec-somu@grp.tohoku.ac.jp

トヨタ自動車東日本
広報部広報グループ
E-mail: ci_tmej_kouhou00@toyota-ej.co.jp

<用語解説 / 補足説明>

*1 Smart Resource Flow(SRF)無線プラットフォーム

多種多様な無線機器や設備を繋ぎ、安定に動作させるためのシステム構成のこと。Smart Resource Flow は、マルチレイヤシステム分析を用い、製造に関わる資源(人、設備、機器、材料、エネルギー、通信など)がスムーズに流れるよう管理するシステム工学戦略である。同一空間内に共存する他のアプリケーションの通信状況を監視して通信に使用するチャネルや通信速度を適応的に制御することで、無線区間での干渉を回避して通信遅延を抑制する。SRF 無線プラットフォームの技術仕様は FFPA により策定された。

<https://www.ffp-a.org/news/jp-index.html#20190924b>

*2 フレキシブル・ファクトリー・プロジェクト(Flexible Factory Project)

工場での無線利活用促進を目的として 2015 年 6 月に設立した、NICT 主導による多種無線通信実験プロジェクトのこと。現在、NICT、オムロン株式会社、株式会社国際電気通信基礎技術研究所、日本電気株式会社、富士通株式会社、サンリツオートメーション株式会社、村田機械株式会社、株式会社モバイルテクノ、株式会社パナソニック システムネットワークス開発研究所、株式会社インターネットイニシアティブ、株式会社構造計画研究所、サイレックス・テクノロジー株式会社、トヨタテクニカルディベロップメント株式会社、PwC コンサルティング合同会社、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社、株式会社 竹中工務店、京セラ株式会社、AK Radio Design 株式会社、フクダ電子株式会社、マイクロウェーブ ファクトリー株式会社、アンリツ株式会社、積水化学工業株式会社、東日本電信電話株式会社の 23 社が参加している。新たな無線プラットフォームの開発や、無線通信規格の仕様策定、製造現場の通信セキュリティを含む各種ホワイトペーパーの発行などに取り組んでいる。

https://www2.nict.go.jp/wireless/i_ffpj.html

*3 フレキシブルファクトリパートナーアライアンス(FFPA)

フレキシブルファクトリパートナーアライアンスは、複数の無線システムが混在する環境下での安定した通信を実現する協調制御技術の規格策定と標準化、及び普及の促進を通じ、製造現場の IoT 化を推進するために 2017 年 7 月に設立された非営利の任意団体である。メンバー企業は、2024 年 6 月現在、オムロン株式会社、株式会社国際電気通信基礎技術研究所、サンリツオートメーション株式会社、国立研究開発法人情報通信研究機構、日本電気株式会社、富士通株式会社、村田機械株式会社、シーメンス株式会社、一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター。会長は、アンドレアス・デンゲル (ドイツ人工知能研究センター) である。

FFPA 公開サイト : <https://www.ffp-a.org/jp-index.html>

*4 SRF 無線プラットフォームの技術仕様書 Ver. 2 の公開

SRF 無線プラットフォームの技術仕様書は、FFPA が策定した、製造現場の様々な用途として混在して利用される多様な無線システムの安定化を図るために必要な通信規格の技術仕様である。技術仕様書 Ver. 2 では、技術仕様書 Ver. 1 との後方互換性を保ちながら、新規に 5G Control for Frequency Control、5G Control for Multi-radio Integration Control、Multi-hop Control の機能等を追加している。

<https://www.ffp-a.org/news/jp-index.html#20230118>

*5 今回実験を行った工場環境

今回、図 4 のような環境で実験を行った。工場 A の中にローカル 5G の基地局を設置し、SRF Device を搭載した自動搬送車は工場 A と工場 B の間を往復している。工場 A と工場 B のシャッター(自動搬送車の出入口)は約 163m 離れており、その間は屋外の通路となっている。自動搬送車は図 4 の矢印の方向に移動し、渋滞しないように通路の途中 3 か所にすれ違いの待機場所が存在している。すれ違いの待機場所では、双方向の自動搬送車が揃うまで、先に到着した自動搬送車は待機する。

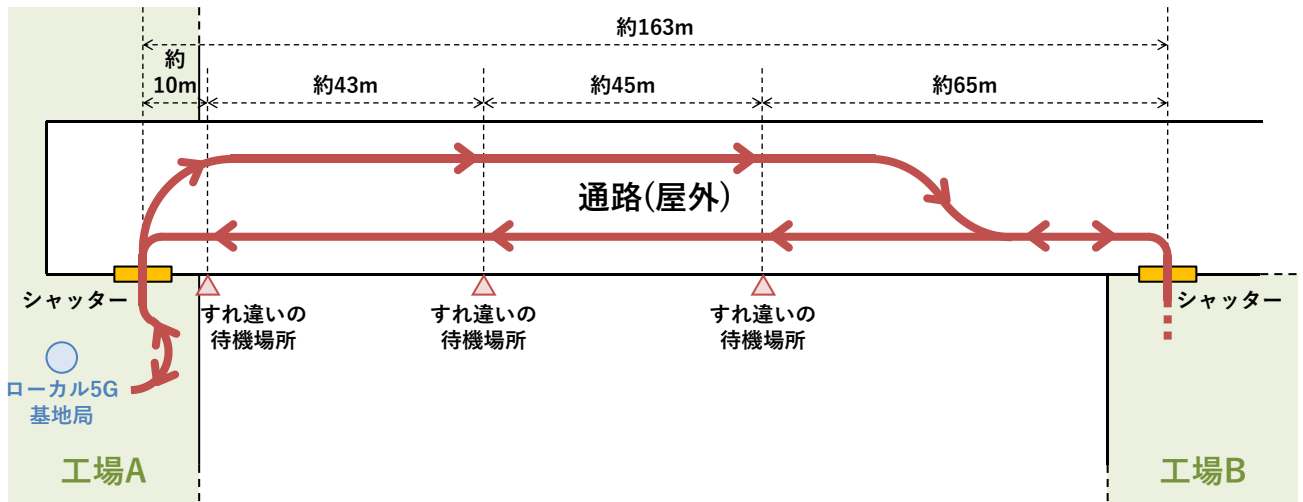


図4 今回実験を行った工場環境