

ローカル5Gの高度化を目指す研究開発と実証実験

伊深和雄 ibuka@nict.go.jp
国立研究開発法人情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク総合研究センター
ワイヤレスシステム研究室

2021/02/12 センターオープンラボ@オンライン



Contents



- ローカル5Gの概要
 - ▶ 第5世代移動通信システム(5G)とは?
 - ▶ ローカル5Gとは?
- ワイヤレスシステム研究室のローカル5G高度化への取り組み
 - ▶ マルチバンド対応リソース共用基地局技術
 - ▶ 事前仮想接続技術によるスポットセルへの低遅延接続
- 高速移動鉄道車両による鉄道沿線ミリ波帯リニアセルへの低遅延接続の実証実験



現在の移動通信システムより 100倍速いブロードバンドサー ビスを提供



⇒ 2 時間の映画を3 秒でダウンロード (LTEは5分)

超低遅延

利用者が遅延(タイムラグ)を 意識することなく、リアルタイム に遠隔地のロボット等を操作・ 制御





ロボットを遠隔制御

⇒ ロボット等の精緻な操作 (LTEの10倍の精度) をリア ルタイム通信で実現

多数同時接続

スマホ、PCをはじめ、身の回り のあらゆる機器がネットに接続





⇒ 自宅部屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続 (LTEではスマホ、PCなど**数個**)

5Gは、AI/IoT時代のICT基盤

1ミリ秒程度の遅延 低遅延

最高伝送速度 10Gbps

移動体無線技術の 高速・大容量化路線

2G

LTE/4G 3G

2010年 2001年 1993年

5G 2020年

同時接続

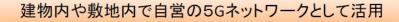
100万台/km²の接続機器数

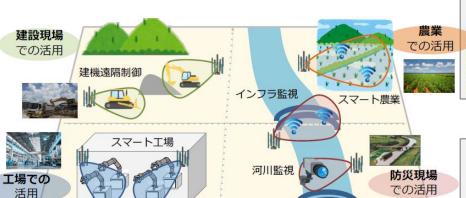
社

ローカル5Gとは?











自治体等が導入 河川等の監視

- 公衆5Gとは異なる独自の周波数
- 2020年末に利用可能周波数拡大
 - ✓ SA構成が可能
- 他者土地利用の制限も一部解除
- 準同期運用・非同期運用も可能







- 企業や自治体等の様々な利用主体
- 自らの建物内や敷地内のみでの 独立したネットワーク
 - ✓ 高セキュリティ
 - 安定品質
- スポット的に柔軟に個別ニーズ に応じたサービス構築
 - ✓ ユニークなサービス

総務省. "5G·ローカル5Gの普及·高度化に向けた取組", 2020/10

(公共業務用無線局との共用条件) ▶ 屋内利用限定 かつ 一部の市区町村においては設置不可

(隣接する周波数を使用する無線局との共用条件) ▶ 屋外、屋内利用いずれも可能

▶ 屋外利用の場合に、一部の市区町村において使用条件 (空中線電力及び不要発射の強度の上限値)を設定

ローカル5G² **HEALTIN** ローカル5G1 ※屋内かつ地域限定 ※屋外/屋内 100MHz ↑ ↓ 4.6

(衛星通信システムとの共用条件)

- 28.3-28.45GHzは屋外、屋内利用いずれも可能
- 28.45-29.1GHzは屋内利用が基本
- 使用条件(空中線電力及び空中線利得の上限値)を設定

【28GHz带】 制度化済 楽天モバイル **HEALTIN** KDDI/沖縄セルラ-400MHz ↑ ↓ 400MHz ↑ ↓ 400MHz ↑ ↓

100M ローカル5G③

ソフトバンク 400MHz ↑ J

無線アクセス

システム

4.9

27.8

【4.5GHz带】

4.5

5.0

Contents



- ローカル5Gの概要
 - ▶ 第5世代移動通信システム(5G)とは?
 - ▶ ローカル5Gとは?
- ワイヤレスシステム研究室のローカル5G高度化への取り組み
 - ▶ マルチバンド対応リソース共用基地局技術
 - ▶ 事前仮想接続技術によるスポットセルへの低遅延接続
- 高速移動鉄道車両による鉄道沿線ミリ波帯リニアセルへの低遅延接続の実証実験



マルチバンド対応リソース共用基地局



概要

<u>ブロック図</u>

一つとは限らない!

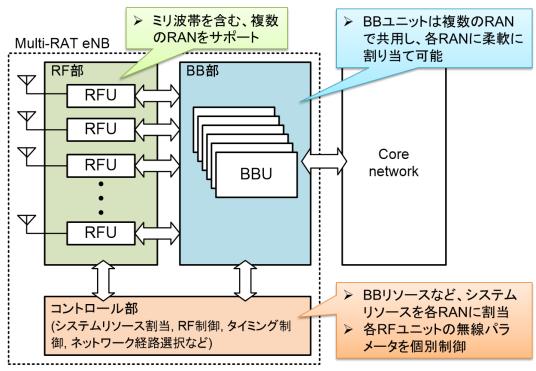


アプリケーションによって求められる性能が異なる。

- eMBB (enhanced Mobile Broadband)
- ► URLLC (Ultra Reliable and Low Latency Communication)
- mMTC (massive Machine Type Communication)

ダイナミックなシステムパラメータ設定

- ✓ ミリ波帯を含む様々な周波数帯をサポート(Multi-RAN)
- ✓ ダイナミックにベースバンドのシステムリソースを制御(帯域割当)



RAN: Radio Access Network RAT: Radio Access Technology RFU: Radio Frequency (RF) Unit

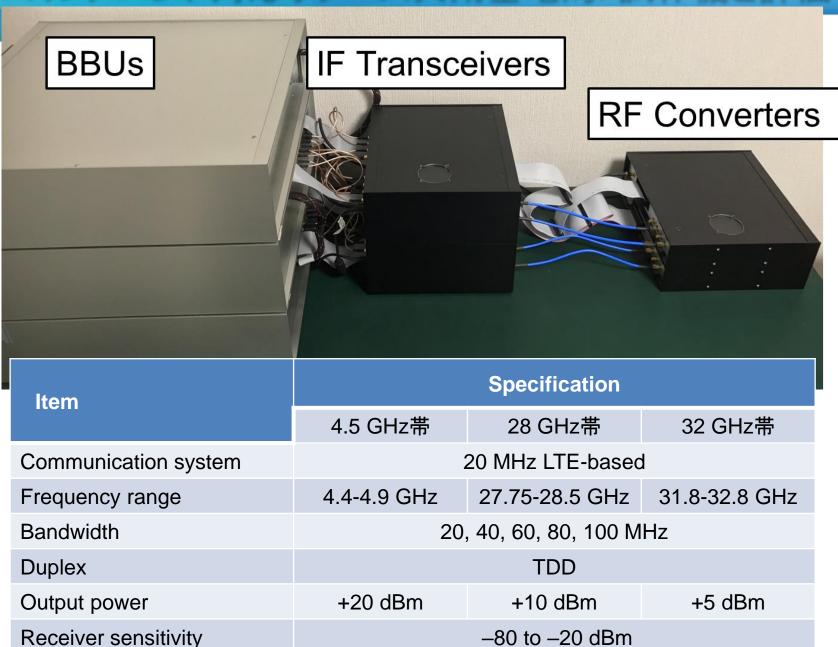
BBU: Baseband (BB) Unit

T. Matsumura, et al., "A Prototype of Multi-RAN eNB with Dynamic Baseband Resource Allocation for Heterogeneous Private LTE Networks." WPMC2018.

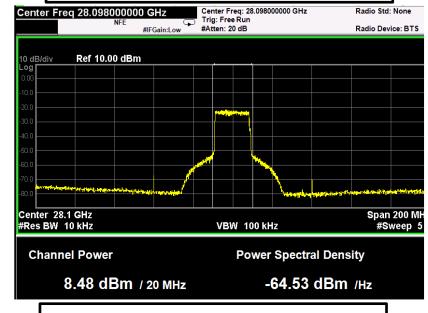


マルチバンド対応リソース共用基地局: 試作機と評価





28.098 GHz with 20 MHz BW



32.388 GHz with 80 MHz BW

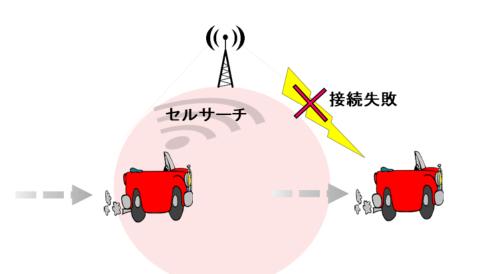


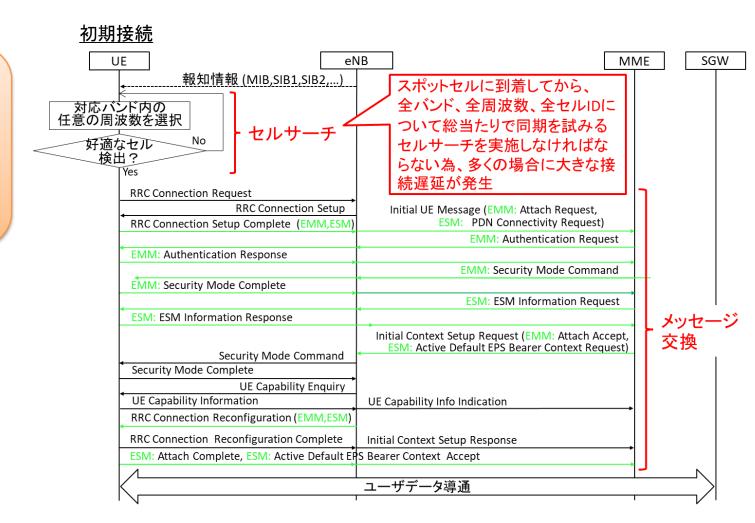
事前仮想接続技術によるスポットセルへの低遅延接続



ー スポットセル単独 ー

- 安価な低出力基地局のみで実現可能
- サービス提供可能エリアが小さい
- 高速で移動するユーザからの利用が困難
- セルサーチに時間を要するため、
- 接続完了する前にそのエリアを通過





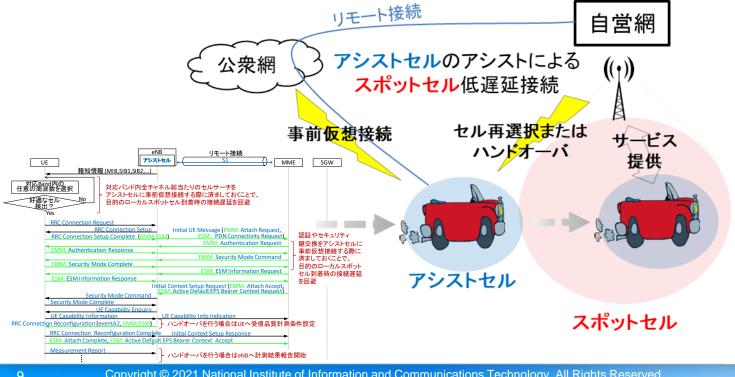


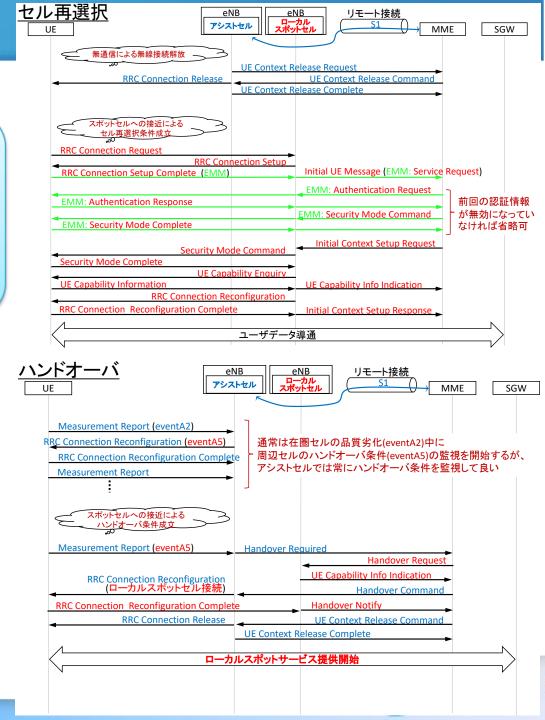


アシストセル導入による事前仮想接続

アシストセルの導入

- アシストセルは、公衆網等を利用して自 営網とリモート接続
- スポットセルエリア外で通常サービス提供
- マクロセルのアシスト機能を代行すること でセルサーチを回避
- 自エリア内で固有サービスを提供





Contents



- ローカル5Gの概要
 - ▶ 第5世代移動通信システム(5G)とは?
 - ▶ ローカル5Gとは?
- ワイヤレスシステム研究室のローカル5G高度化への取り組み
 - ▶ マルチバンド対応リソース共用基地局技術
 - ▶ 事前仮想接続技術によるスポットセルへの低遅延接続
- 高速移動鉄道車両による鉄道沿線ミリ波帯リニアセルへの低遅延接続の実証実験



低遅延接続の実証実験

実験諸元

項目	値
中心周波数	32.3 GHz
帯域幅	20 MHz
空中線電力	18 dBm (RRH), 16dBm (UE)
アンテナ利得	23 dBi
アンテナ半値角	水平10度,垂直11度
列車速度	約 60 km/h
実効セルサイズ	下野花岡駅方向: 約 2.5 km 宝積寺方向: 約 1.9 km

Rear

UE H



RRHのアンテナの向きは列車進行方向

NICT, 報道発表(https://www.nict.go.jp/press/2020/04/16-1.html), 2020/04/16

車上端末設置の様子

Optical Fiber

BS

+ CN

Directional

antenna

mobile

router

Assist cell

BS

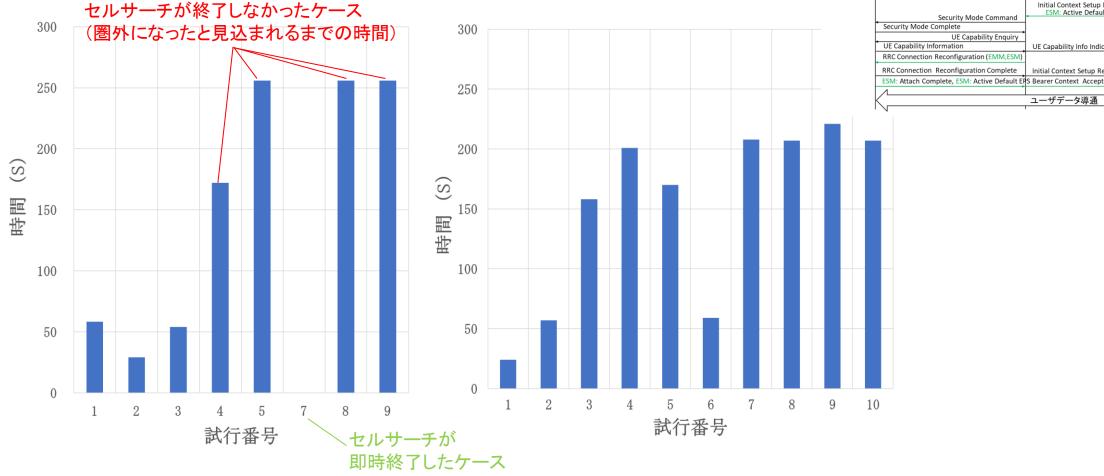
UE

mobile

router

セルサーチ時間 - 事前仮想接続なし

事前仮想接続を行なわなかった場合の UEが<u>セルサーチ</u>に要する時間(Band38限定)



JR烏山線実証実験結果

屋内実験結果

UE

eNB

スポットセルに到着してから、 全バンド、全周波数、全セルIDに ついて総当たりで同期を試みる セルサーチを実施しなければな らない為、多くの場合に大きな接

Initial UE Message (EMM: Attach Request, ESM: PDN Connectivity Request)

Initial Context Setup Request (EMM: Attach Accept,

ESM: Active Default EPS Bearer Context Request

EMM: Authentication Request

EMM: Security Mode Command

ESM: ESM Information Request

続遅延が発生

UE Capability Info Indication

Initial Context Setup Response

ユーザデータ導通

報知情報 (MIB,SIB1,SIB2,...)

RRC Connection Setup

Security Mode Command

UE Capability Enquiry

RRC Connection Setup Complete (EMM,ESM

EMM: Authentication Response

EMM: Security Mode Complete

ESM: ESM Information Response



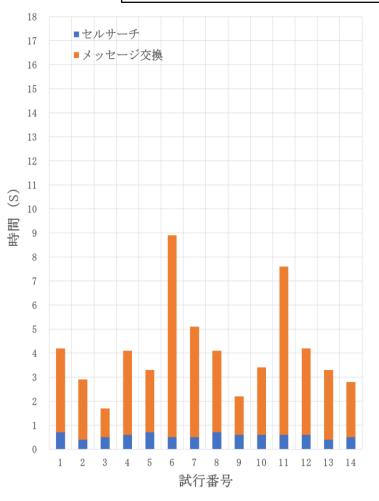
MME

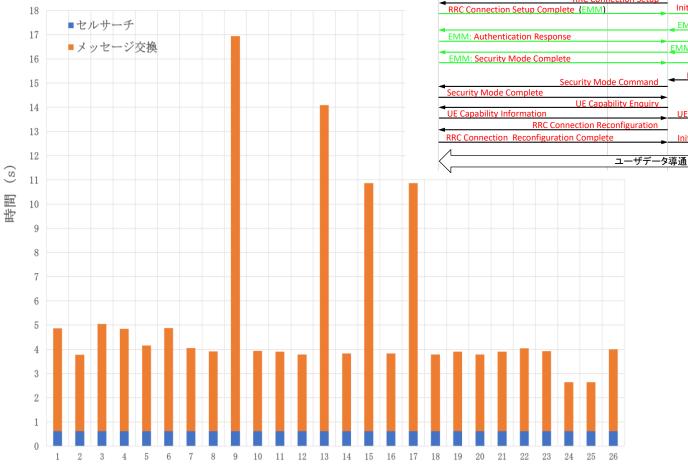
SGW

メッセージ

全接続時間 - 事前仮想接続あり

事前仮想接続を行った場合の UEが<u>接続完了</u>に要する時間(Band38限定)





UE

無通信による無線接続解放

スポットセルへの接近による セル再選択条件成立

RRC Connection Release

JR烏山線実証実験結果

屋内実験結果

試行番号

松村ほか、"RoF技術によるエリア拡張が可能なミリ波帯自営ネットワークシステムの試作開発、"RCS研、2020年4月. 伊深ほか、"ミリ波帯鉄道リニアセルにおける営業列車を用いた事前仮想接続技術の実証実験、"RCS研、2020年4月. 川崎ほか、"RoF技術を用いたミリ波帯自営ネットワークシステムの鉄道環境におけるフィールド実証、"RCS研、2020年7月.

MME

Initial UE Message (EMM: Service Request)

EMM: Authentication Request

SGW

前回の認証情報

が無効になってい なければ省略可

Summary



- ローカル5Gの概要について紹介した。
 - ▶ 第5世代移動通信システム(5G)とは?
 - ▶ ローカル5Gとは?
- ワイヤレスシステム研究室のローカル5G高度化への取り組みについて紹介した。
 - ▶ マルチバンド対応リソース共用基地局技術
 - ▶ 事前仮想接続技術によるスポットセルへの低遅延接続
- 高速移動鉄道車両による鉄道沿線ミリ波帯リニアセルへの低遅延接続の実証実験について紹介した。

【連絡先】

伊深和雄 ibuka@nict.go.jp
国立研究開発法人情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク総合研究センター
ワイヤレスシステム研究室

