

令和4年度

**ローカル5Gの交換設備の接続・共用の
在り方に関する調査研究の請負**

成果報告書 概要版

令和5年3月31日

東日本電信電話株式会社

目次

1. 背景・目的	P2
2. 本調査研究の概要	P3
3. ローカル 5 G のシステム形態	P4
4. 実証エリア	P5
5. ネットワーク・システム構成	P6
6. ローカル 5 G 機器	P7
7. 検証実施概要	P8
8. 異ベンダー間の相互接続検証	P9
9. コアの共用における性能検証	P10
10. コアの共用における機能検証	P11
11. コアの共用におけるセキュリティ検証	P12
12. コアの共用における監視等および運用検証	P14
13. ユースケース検証	P15
14. 各団体ヒアリング結果	P19
15. まとめ	P20
16. (参考)ローカル 5 G システム各装置の機能	P23

1. 背景・目的

- 全国の様々な業界・団体でローカル 5 Gへの期待や導入希望が高まる中、ローカル 5 Gの普及に向けては技術の発展・ユースケースの創出が必須である。総務省「課題解決型ローカル 5 G等の実現に向けた開発実証」においては技術実証および課題実証にて検討を進めてきたが、更なる普及に向け、異ベンダー間の相互接続および導入の容易化・費用の低廉化を目指したコア設備の共用等の検討が必要である。
- R3年度の調査研究において、異なるベンダーの機器による相互接続試験を実施し、相互接続できるパターンの取りまとめ等を行った。また、コア共用技術実証については、共用するに当たって想定される詳細の機器配置検証、セキュリティ検証等を実施した。
- R4年度の調査研究においては、R3年度の成果を踏まえた上で、さらなる実フィールドでの活用ケースを調査するためのユースケースの検証や相互接続検証、コア共用における技術検証を行った。これらの実証結果をもとに、ローカル 5 G導入を検討する企業等の導入障壁を軽減することおよび導入する企業等を支援するSIer等の技術面での負担を軽減することを目的として、相互接続の必要性や具体的に異ベンダー接続を実施する際の技術的な要件等を記載した相互接続のための技術的手引及び交換設備共用に向けた最適な設備構成等を記載した技術的手引を整備する。

<ローカル 5 G普及に向けた検討>

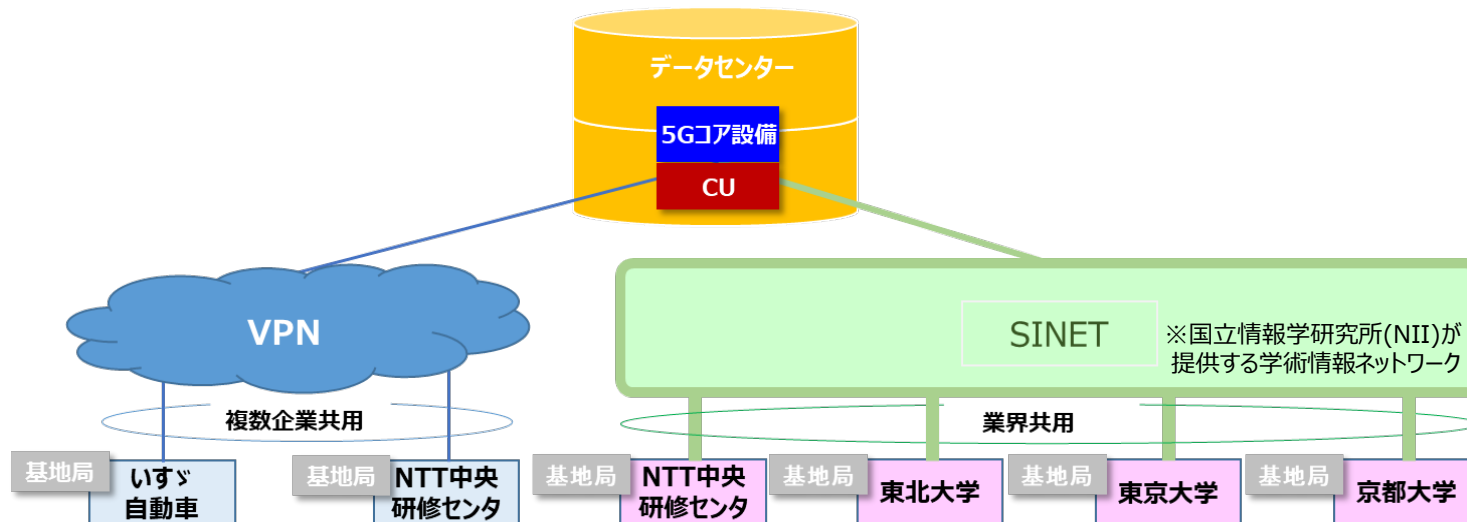
本調査研究範囲

	検討内容	実証・調査研究等
技術の発展／実証／知見の蓄積	電波伝搬や性能に関する知見の蓄積、エリア構築の柔軟化等	課題解決型ローカル 5 G等の実現に向けた開発実証(技術実証)
	コア共用推進に向けた異なるベンダーでの相互接続の検証	ローカル 5 Gの交換設備の接続・共用の在り方に関する調査研究(相互接続検証)
	コア設備共用実現のための最適なローカル 5 Gシステム形態およびマネージドサービス化、アウトソーシング可否の検討	ローカル 5 Gの交換設備の接続・共用の在り方に関する調査研究(ローカル 5 Gシステム検証)
ユースケースの創出	様々な分野・地域課題の解決および新たな価値創出等に資するローカル 5 Gの必要性や優位性の検討	課題解決型ローカル 5 G等の実現に向けた開発実証(課題実証)および実装・横展開の検討
	中小企業をはじめとする様々な団体が、5 G利活用に向けたソリューション・アプリケーションを容易に導入可能とする仕組みの検討	5 Gソリューションの横展開に向けた共用形態の有効性に係る調査研究
	サービス提供形態や運用面、費用面等による最適なコア設備共用パターンの検討	ローカル 5 Gの交換設備の接続・共用の在り方に関する調査研究(ユースケースの検証)

2. 本調査研究の概要

- 本調査研究は、企業や各団体等へのローカル 5 G導入促進を目指し、複数の企業や団体間での利用に向け異なるベンダー間での相互接続性の検証を行うとともに、性能・機能・セキュリティ、監視運用面からコア共用の実現性を検証する。
- 共用パターンとしては、実際の企業や団体間での利用を想定した 2 パターンを検証する。
 - 「複数企業共用パターン」：中小企業はコスト面で障壁がある一方、工場をはじめとする製造業では、工場の無線化・製造ラインの遠隔監視等、利活用場面の展開が見込まれることから、複数の異なる中小企業等の間でローカル 5 Gの交換設備を共用する形態を想定
 - 「業界共用パターン」：業界共用高速バックボーンNW(団体が業界共用NWに接続するための接続点POI間を繋ぐNW)を有する業界では、当該既存のNWを活用した交換設備共用に係る効果が期待されることから、同業界の異なる団体間でローカル 5 Gの交換設備を共用する形態を想定

パターン	考え方	ローカル 5 G設備の在り方	ユースケース
複数企業共用パターン	・異なる企業間でコア設備を共用	共用パターンについて、双方のモデルで最適な構成を検証	<ul style="list-style-type: none"> ・新たな働き方の創出や技術の伝承に資する遠隔指導の検証 ・製造現場の遠隔監視(4Kカメラ)とAIソリューションを活用した侵入検知や混雑度検知に関する検証
業界共用パターン	・同一業界の異なる団体でコア設備を共用		<ul style="list-style-type: none"> ・4K高精細映像のAI解析による人物の顔認証、属性検知の検証 ・大学間での8K高精細映像を用いた遠隔講義等、業界共用高速バックボーンNWを活用した映像伝送検証



3. ローカル 5 G のシステム形態

- ローカル 5 G のシステム形態については①から⑥までが考えられるが、コア装置等の共用(③～⑥)を行うことでシステム全体での総機器数が減少し、エンド拠点における導入の容易化やコスト低廉化が見込める。
- ローカル 5 G を導入する際は利用用途やユーザ・拠点配置・アプリケーション等によって最適な形態を選択する必要がある。令和3年度の実証ではUPFを共用しないシステム形態(③)、UPFを共用するシステム形態(⑤左)とし、UPFの設置位置による遅延特性等を検証した。本実証においてはさらに共用形態を進め、CUを共用するシステム形態(⑤右)を検証することで、更なる導入の容易化やコスト低廉化へ貢献。

R3年度調査研究範囲 R4年度調査研究範囲

	① オンプレ型	② マネージドコア型	③ C/U分離型	④ コア/MEC分離型	⑤ 基地局設置型		⑥ オペレータ供給型	
センタ拠点		マネージドクラウド等	5GC	5GC UPF	5GC UPF	5GC UPF CU	5GC UPF	5GC UPF
エンド拠点	5GC UPF MEC CDU RU UE	5GC UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC CDU RU UE	UPF MEC DU RU UE	CDU RU UE	CDU RU UE MEC
概要	ユーザ施設等のエンド拠点にコアネットワーク以下の機能を全て設置する非コア共用形態。	エンド拠点のコアの管理・監視相当機能をセンタ拠点が担う形態。	コアの制御部分をセンタ拠点に、UPFをエンド拠点側に分離する形態。	基地局(CDU・RU)とUPFをエンド拠点に設置して、コア・UPFをセンタ拠点に設置する形態。	基地局(CDU・RU)のみエンド拠点に設置して、コア・UPFは全てセンタ拠点に設置する形態。	センタ拠点にCU・UPFを設置し、エンド拠点にDU・RUを設置する形態。(必要に応じてエンド拠点にもUPFを設置)	センタ拠点には基地局・UPFを設置し、エンド拠点にはRUを設置する。CDUはオペレーター(サービス提供事業者)拠点到設置される形態。現時点では、キャリア 5 G によるプライベート 5 G を想定した形態だが、将来的には基地局共用等でローカル 5 G との同居も想定される。	
	少		センタ拠点で設備・機器を共用				多	

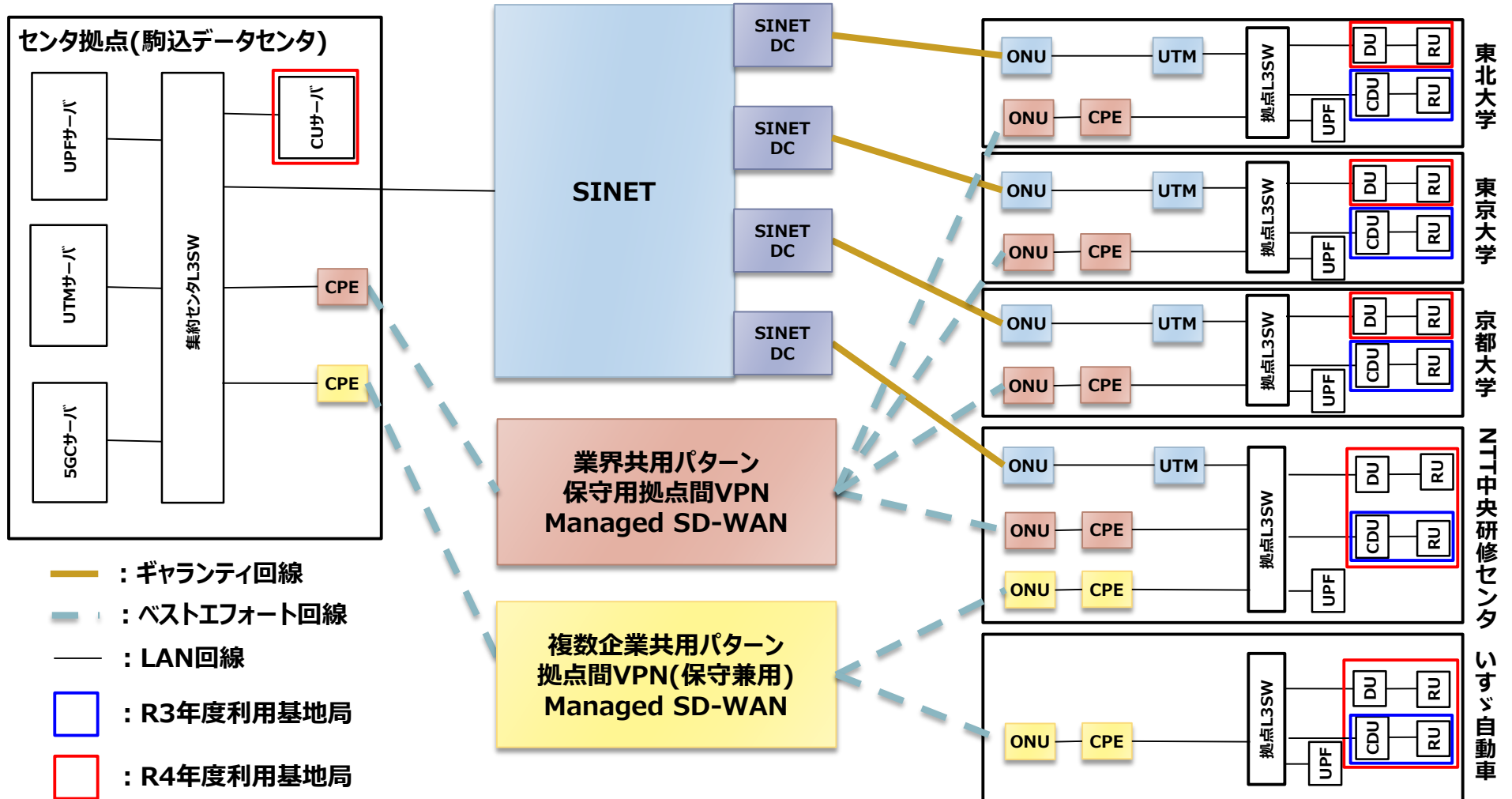
4. 実証エリア

- 複数企業共用パターンは、商工会議所等の地域団体や自治体等が中心となった共同利用が想定されるため、ローカル5Gコア共用拠点(東京都)より近い隣接都道府県内であるいすゞ自動車藤沢工場(神奈川)とNTT中央研修センタ(東京都)を選定した。
- 業界共用パターンは、全国に点在していることが想定されるため、ローカル5Gコア共用拠点(東京都)を中心として広域な設置場所がある教育分野のバックボーンNW「SINET」を選定し、「SINET」が接続されている東北大学、東京大学、京都大学の3拠点を選定した。



5. ネットワーク・システム構成

- センタ拠点(コア設備とCUが設置されているデータセンタ)とエンド拠点(基地局が設置されている企業や大学)をつなぐ広域回線の種別によるローカル 5 Gシステムへの影響をUPFの位置関係も踏まえて評価する。
- 複数企業共用パターンでは比較的安価なベストエフォート回線、業界共用パターンでは比較的高価であるが帯域保証型のギャランティ回線を採用した。



6. ローカル 5 G 機器

■ 本調査研究では以下のベンダーの機器により検証環境を構築しました。

【ローカル 5 G 機器配置イメージ図】



【5GC製品】

2種：A社、B社

【基地局製品】

4種：B社、C社、D社、東京大学開発

【UE製品】

6種：A社、B社、E社、F社、G社、H社

検証	ローカル 5 G 機器		
	5GC	基地局	UE
相互接続検証	2種,2台	4種,4式	6種,6台
ローカル 5 Gシステム検証	2種,2台	3種,11式	4種,17台
ユースケース検証	1種,1台	2種,10式	4種,15台

7. 検証実施概要

■ 異ベンダー間の相互接続検証

異ベンダーの組合せによるローカル 5 Gシステムの相互接続環境において、相互接続に必要な要件を検証した。

■ コアの共用におけるローカル 5 Gシステム検証

コア/CU/UPFを共用するローカル 5 Gシステムにおける性能・機能・セキュリティ・監視運用面の必要要件を導出することを目的として検証した。

■ ユースケース検証

コア共用環境下において、4つのユースケースにおける推奨されるローカル 5 G構成を検証した。

実施年度		R3年度	R4年度
1. 異ベンダー間の相互接続検証		1-1 相互接続検証 8パターン	1-1 相互接続検証 27パターン
2. コアの共用 におけるロー カル 5 Gシス テム検証	2-1 性能検証	2-1-1 UE～UPFの伝送性能検証 2-1-2 UE多接続検証 2-1-3 消費リソースの検証 2-1-4 UE認証時間の検証	2-1-1 UE～UPFの伝送性能検証 2-1-2 UE多接続検証
	2-2 機能検証	2-2-1 顧客管理機能 2-2-2 UEごとのUPF指定	2-2-1 顧客管理機能 2-2-3 トラヒックモニタリング検証 2-2-4 在圏情報 2-2-5 ネットワークスライス
	2-3 セキュリティ検証	2-3-1 コアを共用した際のローカル 5 Gシステムの外部からの攻撃に対するセキュリティ 2-3-2 ローカル 5 Gシステム内部からの不正通信等の攻撃に対するセキュリティ	2-3-3 コア/CUを共用した際のローカル 5 Gシステムの外部からの攻撃に対するセキュリティ 2-3-4 端末の不正利用やSIMの不正利用に対するセキュリティ
	2-4 監視等および運用検証	-	2-4 障害発生に対する監視体制モデルの検証
3. ユースケース検証		3-1 ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援検証 3-3 映像AIシステムを用いた顔認証検証	3-2 4K AIカメラを用いた遠隔地からの現場安全確認検証 3-4 8Kカメラを用いたリアルタイム高精細映像の大学間伝送検証

8. 異ベンダー間の相互接続検証 (R3・R4年度)

- ユーザ個別の所要性能や予算に応じた最適なローカル 5 G環境を導入するためには、コア設備や基地局等を異なるベンダーから選定できることが重要であり、かつローカル 5 Gシステム形態の選択肢の一つとなるコア共用形態の実現にも相互接続が重要である。そのため、相互接続検証を複数の組合せで実施した。
- 3GPPで規定されるパラメータの設定に加えて、①～④で示す改善措置を施すことで全てのパターンにおいて相互接続を実現。3GPP規定で自由設計となっているパラメータや、リリースバージョンによるパラメータの差異、機器を導入するNW環境との整合も相互接続可否に関わることが判明した。

異ベンダー間の相互接続検証	
目的	異ベンダー機器同士の相互接続を実現し、相互接続に必要な措置を明らかにすること
検証	相互接続の確認、スループット(同期/準同期TDD1/準同期TDD2/準同期TDD3)、遅延時間、長期安定試験、認証時間
検証イメージ	<p> 5GC 5GC CDRU CDU CDU RU RU UE UE UE UE UE UE </p> <p> コア：A社製、B社製 基地局：B社製、C社製、D社製 端末：A社製、B社製、E社製、F社製、G社製、H社製 </p> <p>(コア：2種、基地局：3種、端末：6種を用いた36パターンから、統一ベンダーとなる1パターンを除いた計35パターン)</p>
改善措置	3GPPで規定されるパラメータの整合を行った上で、下記措置を実施し相互接続を実現した ①自由設計パラメータへの措置：コア側で“InitialContextSetupRequest”メッセージ内の当該フィールドを削除 ②自由設計パラメータへの措置：コア側で“PDUSessionEstablishmentAccept”メッセージ内へ当該フィールドを追加 ③3GPPリリースバージョンによるシーケンスの差異：コア側の“NASSecurityModeCommand”内の構成をV15.3以降のシーケンスに対応する措置 ④ネットワーク関連パラメータの措置：コア、基地局のMTU設定をWAN回線のパスMTUを下回るよう調整した
結果	35パターン全ての相互接続性を確認。ただし、以下のパターンについては①～④の改善措置により相互接続を実現した ・A社製コア/C社製基地局/A社製端末：①③の措置にて接続実現 ・A社製コア/B社製、D社製基地局/A社製端末：①②③④の措置にて接続実現 ・A社製コア/B社製、C社製、D社製基地局/A社製以外の端末：①②③の措置にて接続実現 ・B社製コア/B社製、D社製基地局/A社製端末：④の措置にて接続実現 また、同期方式について準同期TDD3をサポートしていない端末で検証したところ、相互接続はできるがTDD3のULスループットが著しく低い結果となった
考察	・3GPPで規定されるパラメータについて、自由設計のパラメータやリリースバージョンによる差異について注意し、改善措置等が必要である ・ローカル 5 G機器同士のパラメータだけでなく、機器を導入するNW環境に合わせた設定が必要となる ・今回検証したTDDパターンも含め、MIMOレイヤー数、変調方式などの無線機能については、基地局と端末のサポート有無を事前に確認する必要がある ・本検証で得た相互接続するための知見を公開することで、異ベンダー間相互接続の普及促進が期待できる

9. コアの共用における性能検証 (R3・R4年度)

- コア/CU共用環境において、広域回線の種別やセンタUPF/エンドUPFといった環境の違いによる必要なリソース(CPU使用率、メモリ消費量)、UE最大接続数、UE認証時間、伝送性能(同期方式、準同期方式)を分析し、これらの要件を導出することを目的として検証した。
- 機器の実力値と同程度のスループット等を測定し、コア/CU共用環境下で伝送性能を十分に発揮できることを確認。ただし、ベストエフォート回線によるスループットの低下並びに遠隔地における遅延時間の劣化が確認されたため、ユースケースに要する伝送性能を考慮した回線選定および拠点の選択が必要である。

	2-1-1 UE～UPFの伝送性能検証	2-1-2 UE多接続検証	2-1-3 消費リソースの検証	2-1-4 UE認証時間の検証
目的	各種伝送性能を測定し、コア等を共用する場合の環境の違いによる伝送性能の劣化有無や課題を検証	コア共用下によるUE最大接続数への影響およびUE多接続時の認証パケットの必要となる帯域を検証	UE接続数による必要リソースの変動を測定し、UE数増加による必要リソースの要件を検証	センタ拠点～エンド拠点の回線種別および物理的距離によるUE認証時間の変動について検証
項目	同期方式/準同期方式のスループット、遅延時間、パケットロス、ジッタ	UE最大同時接続数、UE多接続時の認証パケットの必要帯域	CPU使用率、メモリ消費量	UEが認証されるまでの時間
検証イメージ	<p>計測区画 R3 コア共用 R4 コア+CU共用</p> <p>広域回線 センタ拠点 エンド拠点</p> <p>4つの環境における伝送性能を測定し検証 ①複数企業共用パターンセンタUPF ↔ UE (広域回線:ベストエフォート回線) ②複数企業共用パターンエンドUPF ↔ UE (広域回線:ベストエフォート回線) ③業界共用パターンセンタUPF ↔ UE (広域回線:チャランテ回線) ④業界共用パターンエンドUPF ↔ UE (広域回線:チャランテ回線)</p>	<p>最大接続UE数検証 認証パケット帯域計測</p> <p>広域回線 センタ拠点 エンド拠点</p>	<p>消費リソースの確認対象</p> <p>広域回線 センタ拠点 エンド拠点</p>	<p>アタッチ時間を計測 回線種別、物理距離による差分</p> <p>広域回線 センタ拠点 エンド拠点</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・コア/CUの共用による伝送性能の劣化は同期/準同期ともになし ・ベストエフォート回線でスループット低下および遅延時間の劣化を確認 ・UE～UPFが遠距離の環境で遅延時間の劣化を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・R3年度にRU仕様上最大数の実UE7台、R4年度にエミュレータで30台(仕様上最大数80台)の同時接続 ・共用環境による性能の逼迫はない ・UE数増加は認証パケットの帯域にほぼ影響しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・UE1台の接続に伴い、メモリ消費量は最大で18MiB増加することを確認 ・CPU使用率には大きな変動なし ・CPU使用率とメモリ消費量は、センタUPF/エンドUPFで差異なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・UE接続時間は41～42秒 ・拠点違いによる大きな差分はなく、回線種別や拠点間距離による劣化は軽微であることを確認
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・コア/CUを共用した環境でもユースケースに応じて同期/準同期を柔軟に選択可能 ・伝送性能の要件に応じた回線および拠点の選定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・コア/CUの共用によるUE接続台数への影響はなし ・UE多接続した場合の認証パケットはコア/CUを共用した環境のスループットの負担とならない 	<ul style="list-style-type: none"> ・UE接続数による消費リソース変動は製品仕様に依存するものであり、コア共用による影響は少ない ・大多数のUEを同時に接続する場合にはメモリ増強の考慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・UE接続時間は製品仕様に依存するものであり、コア/CU共用環境下におけるセンタ拠点～エンド拠点間の距離や回線種別に依存しない

10. コアの共用における機能検証 (R3・R4年度)

- コア/CU共用環境下ではシステム運用や管理をユーザ毎で実施できることが求められる。SIM認証管理、端末情報管理等の顧客情報管理機能、トラフィックモニタリング、在圏情報について2社のベンダーの異なるコア環境で実装を検証し、統合運営および拠点毎の管理を実現できることを確認した。
- 混在するユースケースに対応し自由度の高い利用方法を実現する機能として、UEごとに異なるUPFを選択できるかを確認した。本機能によってアプリケーションの所要性能に応じてUEごとに適切なUPFを選択することが可能となる。
- ネットワークスライス機能を検証しeMBB/URLLCそれぞれの特性を確認できた。コア/CU共用環境下においてもネットワークスライス特性によりユースケース毎に要求される通信性能に応じた柔軟なネットワーク設計が可能である。

	2-2-1 顧客管理機能	2-2-2 UEごとのUPF指定	2-2-3 トラフィックモニタリング	2-2-4 在圏管理	2-2-5 ネットワークスライス
目的	コア/CU共用下の顧客管理機能の実用性について確認	用途によりUEごとにセンタUPF/エンドUPFを選択可能か確認	拠点ごとの通信負荷状況を管理するため、トラフィックモニタリングの有効性を検証	UE接続管理のため、接続する基地局を表示する在圏情報の閲覧等の実用性を検証	eMBB/URLLCの実用性およびコア/CU共用下での環境の差による影響を検証
項目	SIM認証、端末情報、ポリシー管理、セッション管理、管理権限	指定UPF、指定外UPFへのアクセス確認	拠点ごとのトラフィック発生グラフ表示	在圏情報 (拠点ごと、基地局ごと)	スループット、遅延時間、パケット損失率、ジッタ
検証イメージ					
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・コア/CU共用環境下において、SIM認証等機能の運用が可能であることを確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・A社製コアで設定によりUEごとに指定UPFへアクセス可、指定外UPFへアクセス不可を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・即時的にトラフィックをグラフ表示できることを確認 ・UE個別表示/拠点総量等、ベンダーで表示方法に違いあり 	<ul style="list-style-type: none"> ・UEが接続する拠点および基地局についてGUI上で表示できることを確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・eMBB/URLLC同時利用時にそれぞれのスライス特性に応じた通信性能を確認 ・URLLCではトラフィック高負荷時でも低遅延の維持を確認
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・コア/CU共用環境下で拠点毎に運営管理が可能 ・一部機能をユーザ向けに分離できれば利便性が向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・コアを共用する環境下でアプリケーションの所要性能に応じてUEごとに適切なUPFを選択する柔軟な利用が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ローカル5Gシステム通信状況のグラフ表示機能等は有用 ・今後、通信量統計などさらなる機能向上に期待 	<ul style="list-style-type: none"> ・基地局毎の利用率や端末位置判定など、ユーザ管理だけでなく基地局再配置検討等に活用できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・コア/CU共用環境下でも、要求される通信性能に応じたスライス設定によりローカル5G特性の柔軟な設計が可能

11. コアの共用におけるセキュリティ検証（R3年度）

- R3・R4年度を通してコア/CUを共用する際に想定しうるセキュリティホールを網羅し、各セキュリティホールに対するセキュリティ対策について考察を実施した。
- 拠点内で全ての通信が完了するオンプレの構成と異なり、コア共用下においては拠点間通信が発生するため、外部からの侵入や不正な通信に対するセキュリティ上の懸念がある。コアと基地局が別拠点に分かれることによって想定される以下の4種類の攻撃に対し、効果的なセキュリティ対策を検証した。
- 複数ユーザで共用可能な製品を活用することで、コア共用下においてもコストを抑えながらセキュリティ対策が可能と考える。

	2-3-1 コアを共用した際のローカル 5Gシステム的外部からの攻撃に対するセキュリティ		2-3-2 ローカル 5Gシステム内部からの不正通信等の攻撃に対するセキュリティ		(参考)オンプレ構成
攻撃の種類	ローカル 5Gシステム外部からの攻撃		ローカル 5Gシステム内部からの攻撃		-
想定攻撃例	コアへの侵入/通信の傍受	コア共用する異なる拠点への攻撃	コアへのDoS攻撃/不正なデータ通信等	セッション情報の書き換え・削除等	コア共用構成をとることによる新たなセキュリティホールは想定されない
攻撃のイメージ					
攻撃によってもたらされる影響	コアからの攻撃への踏み台や通信の傍受	異なる拠点への攻撃や通信の傍受	サービスの停止/通信の傍受	セッションの乗っ取り(中間者攻撃)	
対策方法	IPsecによる暗号化		Firewallによる遮断		
結果	IPsecの認証機能/暗号化機能により拠点間通信の傍受と不正な接続が防げた		各ファンクション通信に対応したFirewall機能によって各攻撃が検知・遮断できた		
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・センタ拠点のセキュリティ装置として仮想アプライアンス製品 1 台を複数ユーザで共用することでコストが抑えられる ・エンド拠点にはIPsec機能を有するセキュリティ機器のみを設置することでコストを抑えられる 				

11. コアの共用におけるセキュリティ検証（R4年度）

- さらに共用を進めコアだけでなくCUを共用する際には、CU-DU区間が拠点間通信となり経路上での盗聴のセキュリティリスクが生じる。盗聴に対して有効とされるIPsec機能を有するセキュリティ機器を活用することで、コア/CU共用下においてもコストを抑えながらセキュリティ対策が可能であることを確認した。
- 多数の端末が接続されるローカル5Gシステムでは端末からの不正な通信や、SIMの差し替えによる不正利用等に対するセキュリティリスクが生じる。複数のテナントを収容するコア/CU共用下においても、セキュリティ機能付きSIMのシステムを用いることでコストを押さえながら端末の管理が可能であることを確認した。

	2-3-3 コアおよびCUを共用した際のローカル5Gシステムの外部からの攻撃に対するセキュリティ	2-3-4 端末の不正利用やSIMの不正利用に対するセキュリティ	
攻撃の種類	ローカル5Gシステム外部からの攻撃	端末からの攻撃	
想定攻撃例	CU-DU区間通信の盗聴	端末からの不正なインターネット通信	悪意を持った不正なSIM差し替え
攻撃のイメージ			
攻撃によってもたらされる影響	端末情報やSIM情報の漏洩/ユーザ通信の漏洩	端末のウイルス感染/セキュリティインシデント発生による社会的影響	エンド拠点ネットワークへの不正な侵入による情報漏洩やネットワークの他の端末への攻撃
対策方法	Diffie-Hellman方式(DH方式)/量子暗号鍵交換方式で構成されたIPsecによる暗号化	セキュリティ機能付きSIM、監視装置、端末管理装置による通信の検知	
結果	・DH方式・量子暗号鍵交換方式ともに、IPsecによるCU-DU区間通信の暗号化により、盗聴されても通信内容を盗み見ることが不可能であることを確認	・セキュリティ機能付きSIMの機能で拠点毎/端末毎に通信を監視し、不正な通信やSIMの不正入れ替えの発生時にはそれを検知・遮断し、セキュリティポリシーに応じて端末の隔離ができることを確認	
考察	・コア/CU共用環境下においてセンタ拠点に設置したセキュリティ装置を複数ユーザで共用することでコストが抑えられる ・金融業やOT機器の使用等で、より強固なセキュリティを求めるユーザは量子暗号鍵交換方式を用いることが可能	・コア/CU共用環境下において監視装置および端末管理装置を複数ユーザで共用することが可能だが、エンドUPFを使う場合はエンド拠点にも監視装置を設置する必要がある ・役割の重要性や通信の特性に応じて端末を分類し、分類ごとに適切なセキュリティポリシーを設定することで柔軟に多数の端末の管理が可能	

12. コアの共用における監視等および運用検証（R4年度）

- 複数企業や業界団体がローカル 5 Gを構築運用する際に、起こりうる障害事例を再現した。障害発生検知/正常性の確認に使用可能なKPIおよび障害原因切り分けのためのサブKPIを設定することで、コア/CU共用環境下における監視運用体系について検証した。
- KPIとしてシステム全体の正常性監視には5GCおよび基地局の監視、コア/CU共用環境下で不可欠なWAN回線の障害検知には拠点間通信セッションの監視、システム同期異常の検知にはGMCの監視がそれぞれ有効であると確認。サブKPIとして全機器の死活監視と通信ポート状態監視が有効と確認。
- 障害箇所の切り分けを含めた監視運用については運用者による正確なシステム構成把握のため、構成情報・系統図等の整備が必要。

2-4 障害発生に対する監視体制モデルの検証

目的	ローカル 5 Gシステムの維持・運用について、疑似的な障害の再現を行うことで、正常性等の監視や障害が発生した場合の原因切り分けのために有効な監視体系について実証し、コア/CU共用利用における運用・監視モデルを提言			
想定障害	RU装置故障による電波送出停止	センタ～エンド拠点間通信回線のサービス断	GNSS故障および同期信号断	SIM認証エラー
障害発生ポイント	<p>Legend: 障害発生点 (Fault point), 広域回線 (Wide area network), センタ拠点 (Center site), エンド拠点 (End site)</p>	<p>Legend: 障害発生点 (Fault point), 広域回線 (Wide area network), センタ拠点 (Center site), エンド拠点 (End site)</p>	<p>Legend: 障害発生点 (Fault point), 広域回線 (Wide area network), センタ拠点 (Center site), エンド拠点 (End site)</p>	<p>Legend: 障害発生点 (Fault point), 広域回線 (Wide area network), センタ拠点 (Center site), エンド拠点 (End site)</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・KPI：RU電波送信レベルの正常性 ・サブKPI：RU以外の機器を死活監視することで、RUのみが異常と切り分け 	<ul style="list-style-type: none"> ・KPI：拠点間通信セッション状態 ・サブKPI：拠点の機器死活監視等で回線断と切り分け 	<ul style="list-style-type: none"> ・KPI：GMC同期状態 ・サブKPI：GNSS状態を設定することで衛星断であることを切り分け 	<ul style="list-style-type: none"> ・KPI：呼処理の正常性 ・サブKPI：RUおよびNW機器の状態監視によりUEの異常と切り分け
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・機器の動作の監視やパラメータの確認によつて的確に原因箇所を特定可能 ・事前の予備RUの機器確保と無線局免許取得により復旧時間の短縮が見込める 	<ul style="list-style-type: none"> ・拠点間通信回線のセッション監視にて異常検知可能 ・回線提供業者の監視サービスや保守回線の整備が有効 	<ul style="list-style-type: none"> ・GMC故障や同期信号断が発生してもローカル 5 Gシステムは継続稼働する可能性があるため、故障の発見が遅れる ・GMC同期状態の定常的な監視により障害の発生を検知可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・呼処理の正常性監視により工場等における高可用性のサービス提供が可能 ・外部の端末が意図せず持ち込まれ認証エラーとなる場合も想定され、そういった事象はKPIから外すことも推奨

13. ユースケース検証（R3年度：ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援検証）

■ 日本の製造業では人材不足・技術継承が課題となっており、ウェアラブルカメラを用いた遠隔指導による高度な技術の伝承や、離れた現場と現場における遠隔での技術指導が注目されている。中小企業への導入を見据えて、複数企業共用パターンにおいてコア共用下でウェアラブルカメラを利用した遠隔指導を実証した。リアルタイム性が求められる本ユースケースではエンドUPFの構成とすることで遠隔支援の実現が可能である。

3-1 ウェアラブルカメラを用いた遠隔支援検証	
検証概要	<ul style="list-style-type: none"> ・複数企業共用パターンにおいて、ローカル 5 Gの性能(超高速、低遅延)を活かしたウェアラブルカメラ・360度カメラを利用し遠隔地の熟練作業員が現場の作業員をサポートするユースケースを検証 ・いすゞ自動車のライン工場の作業員に対し、いすゞ自動車の別室から熟練作業員がサポートを実施 ・準同期TDD方式を使用し、カメラを複数台接続かつ別拠点との同時利用環境下で検証
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・いすゞ自動車のキャブの点検作業において、遠隔支援システムの使用感について現場作業員と熟練作業員にアンケートを実施 ・NTT中央研修センタにおいて遠隔支援システムにカメラデータ(20Mbps)を流している状況下で、いすゞ自動車では遠隔支援システムの正常動作を確認
検証イメージ	
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・複数拠点同時利用時において、NTT中央研修センタ、いすゞ自動車のPBX室において遠隔支援システムの正常動作を確認 ・ただし、いすゞ自動車のライン工場においては、遅延と音声については問題ないが、映像品質が不安定である事象を確認 ・センタUPFよりエンドUPFの方が映像・音声の品質が体感的に良かったという意見もあった(アンケート結果)
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・同時利用のNTT中央研修センタでは映像品質に問題はなかったため、工場環境における金属や鉄板素材等による乱反射やマルチパスへの影響が考えられ、事前に詳細な電波調査を実施した上での無線設計が必要 ・遠隔指示者と作業員がリアルタイムで連携するため(低遅延性が要求)、エンドUPF構成が望ましい ・FullHDのウェアラブルカメラ・360度カメラの1台の要求帯域 約5Mbps × 台数 で想定された必要帯域に対して、無線区間における実効UL伝送ルートおよびMEC接続回線や拠点間回線(センタUPFの場合)の帯域設計が必要

13. ユースケース検証（R4年度：4K AIカメラソリューション検証）

- 複数企業共用パターンにおけるR4年度検証では、R3年度とは異なるユースケースとして労働災害の防止や昨今の新型コロナウイルス感染症対策における作業監視に焦点を当て、4K AIカメラの侵入検知・混雑度検知AI機能を用いた遠隔地からの現場安全確認検証を実証した。複数拠点における同時通信利用時でもAI機能および映像品質に劣化がなかったため、コア/CUの共用環境下でも利用可能なユースケースと考える。

3-2 4K AIカメラを用いた遠隔地からの現場安全確認検証	
検証概要	<ul style="list-style-type: none"> ・複数企業共用パターンにおいてローカル5Gの性能(大容量、低遅延)を活かし、リアルタイム性が求められる高精細映像伝送ユースケースについて検証 ・いすゞ自動車の工場に4K AIカメラを設置し侵入検知/混雑度検知AIを動作させ、遠隔からAIの検知情報や現場映像を確認
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・NTT中央研修センタとコア/CUを共用する環境下において、いすゞ自動車以下を実施 - いすゞ自動車の工場において3台のAIカメラを設置し、拠点内の別室からスマホ型端末を用いて映像を確認した際の人侵入検知AIと混雑度検知AIの使用感について作業員にアンケート - いすゞ自動車の別室にて、上記システムの映像確認にかかるまでの時間と人侵入検知時の通知にかかる時間の測定 ・R3年度の金属や鉄板素材による映像品質影響の考察を踏まえ、カメラの設置にあたっては事前に電波測定を行った上で配置設計を実施
検証イメージ	<p>ローカル5G ・4K映像 ・AI統計情報 ・通知</p> <p>AIカメラ AIによる人侵入検知 危険エリア AIによる混雑度検知</p> <p>スマホ型端末 映像の確認 AI検知情報の確認 人侵入検知時の通知</p> <p>人侵入検知AI 実証環境 →AGVが動作する進入禁止エリアを設定 侵入禁止エリアに作業員が立ち上がった際、人侵入検知AIが動作 PBX室 AIカメラの映像確認や人侵入検知後の通知受け取りが可能</p> <p>混雑度検知AI 実証環境 →作業員が密集しやすいライン作業エリアを設定 作業エリアの人数を混雑度検知AIが識別 PBX室 AIカメラの映像確認や混雑度検知AIのデータ確認が可能</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・各カメラの映像をスマホ型端末で確認でき、コア/CUを共用した環境においてもAI機能および映像品質に問題がない旨のアンケートを受領 ・人侵入検知の通知について、エンドUPFを用いた構成の方がセンタUPFを用いた構成より数秒早く受領する結果となった
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・より低遅延の通知を必要とする場合、エンドUPFの採用が有効 ・金属材による反射の多い工場においては、事前に電波測定を行い基地局/端末の配置設計を行うことで高い無線品質の提供が可能 ・いすゞ自動車とNTT中央研修センタで同時通信利用時においても映像品質に影響がなかったことから、コア/CU共用環境下でも利用可能なユースケースであると考えられる

13. ユースケース検証（R3年度：映像AIシステムを用いた顔認証検証）

- 人材不足に対するDX推進に向けた施策例としてAI解析の導入があるが、この解析機能をNW側に設けて全国拠点をカバーし業界単位で利用する形態が実現できればDXの推進に大きく貢献できる。本ユースケース検証では大きなバックボーンNWを有する業界共用パターンにおいて、映像AIシステムを用いたAI顔認証検証を実施しコア共用環境下における実現性を確認した。また、センタUPFでも品質は問題ない結果であったため、広帯域回線を用いた構成が取れる場合はセンタUPFも選択可能と考えられる。

3-3 映像AIシステムを用いた顔認証検証	
検証概要	<ul style="list-style-type: none"> ・業界共用NWを活用しローカル5Gの特性(超高速、低遅延)を活かし、4K映像AIによる顔認証判定を用いて入退室管理を行うユースケースを検証 ・センタUPFとエンドUPFそれぞれの構成でAI顔認証システム使用可否を検証し、複数拠点同時利用による他拠点への影響の有無について確認
検証方法	<ul style="list-style-type: none"> ・東北大学、東京大学、京都大学において1台の4KカメラをMEC拠点の映像AI顔認証システムへ接続し、人物特定および性別推定の実施 ・NTT中央研修センタにおいてAI顔認証システムにカメラデータ(20Mbps)を流している状況下で、各大学でAI顔認証システムの正常動作を確認
検証イメージ	<p>The diagram illustrates the system architecture. At the top, a yellow 'L5Gコア' (L5G Core) is connected to a cloud labeled 'MEC'. Inside the cloud is a blue box with 'AI' and 'AI顔認証' (AI Face Recognition). Below the cloud, a blue oval represents 'ローカル5Gの高速大容量・安定通信' (Local 5G high speed, large capacity, stable communication). At the bottom, three storefronts represent '各拠点でのAI顔認証' (AI face recognition at various sites). To the right, two photos show the physical setup: a '4Kカメラ' (4K camera) on a tripod and a 'モニタ用PC' (monitoring PC). A third photo shows a person's face being recognized, with labels for '性別推定 (♂ or ♀)' (Gender estimation) and '人物特定 (事前に顔写真を登録)' (Person identification (pre-registered face photo)).</p>
結果	<ul style="list-style-type: none"> ・準同期TDD方式を採用し、複数拠点同時利用時において、NTT中央研修センタ、各大学においてAI顔認証システムの正常動作を確認 ・センタUPFとエンドUPFで映像・音声の品質に違いは発生しなかった
考察	<ul style="list-style-type: none"> ・顔認証の品質はセンタUPFでも問題ない結果であるため、広帯域回線を用いた場合はセンタUPFの構成も選択可能と推定される ・4Kカメラの1台の要求帯域 約20Mbps × 台数 で想定された必要帯域に対して、無線区間における実効UL伝送スループットおよびMEC接続回線や拠点間回線(センタUPFの場合)の帯域設計が必要

13. ユースケース検証（R4年度：大学間リアルタイム8K映像伝送検証）

- 業界共用パターンにおけるR4年度検証では、大規模な拠点間ネットワークを活用したR3年度とは異なるユースケース検証を行った。高度技術を離れた大学間で共有する遠隔教育に焦点を当て、コア/CUを共用する環境下で8Kカメラを用いたリアルタイム高精細映像の伝送を実証した。8K画質の放送品質で映像配信ができたため、コア/CU共用環境下でも利用可能なユースケースと考える。

3-4 8Kカメラを用いたリアルタイム高精細映像の大学間伝送検証

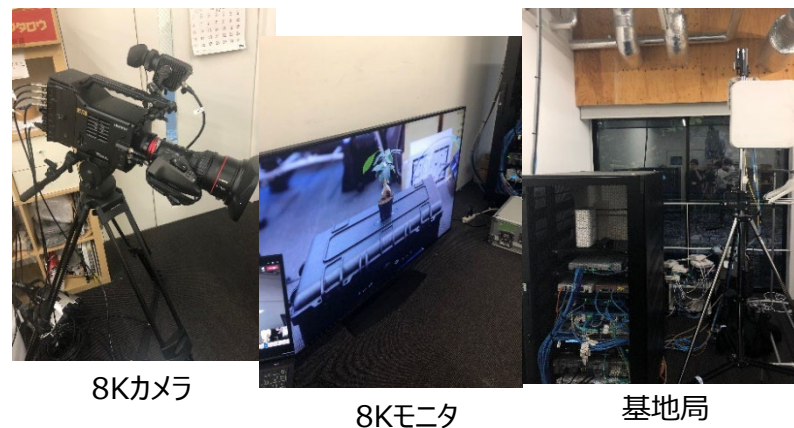
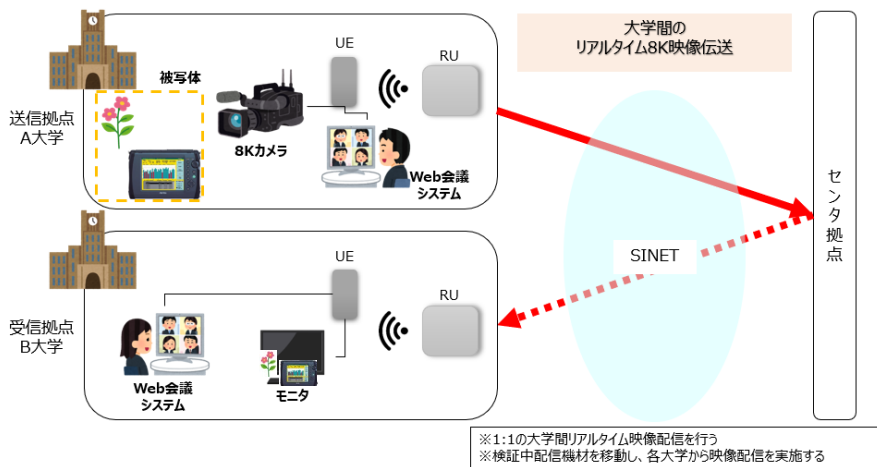
検証概要

- ・業界共用NWを活用し、ローカル 5 Gの特性(大容量、低遅延)を活かし8Kカメラによるリアルタイム8K映像伝送を行うユースケースを検証
- ・各拠点毎の映像配信の遅延時間の測定、両拠点ロケーションによる比較について検証

検証方法

- ・東北大学、東京大学、京都大学の二大学ずつの組み合わせでコア/CUを共用した環境で以下を実施
 - 8Kカメラとモニタを異なる大学に配置し、二つの被写体(植物および機材)を用いた8K映像の伝送
 - 画質/ビットレート/デコードバッファのパラメータを変更して複数回送信試験を行い、遅延値や映像品質の比較
- ・コア/CU共用に用いた業界共用NWを活用し拠点間の映像伝送を行うため、センタUPFを経由する構成で検証を実施

検証イメージ



結果

- ・8K/80Mbps(放送品質)で各大学ともに映像配信を実現。8Kの映像のメリットを感じる旨のアンケートを受領した
- ・RUの上り方向の上限値である120Mbpsをエンコーダに設定した際、120Mbpsを超過するパケットが発生することがあり映像が流れなかった
- ・8K映像伝送ではネットワークによる遅延とエンコード/デコード処理にかかる時間の影響があり、エンコード/デコード処理にかかる時間が支配的となった

考察

- ・コア/CU共用環境下において、大容量な業界共用NWを利用したことで8K放送品質で安定した配信が行えた
- ・エンコーダのビットレートの設定は回線の帯域やRUの上限スループットを考慮した上で、設定値より多少バーストしても問題ないように配慮が必要
- ・8Kの映像伝送にかかる遅延についてはエンコード/デコード処理にかかる時間が支配的であるため、それらを考慮した運用設計が必要

14. 各団体ヒアリング結果

- 相互接続のための技術的手引および交換設備等共用のための技術的手引の作成に当たっては、複数の関係者の意見を踏まえて整備を行う必要があるため相互接続・コア共用についての意向や課題等のヒアリングを実施した。
- 上記のヒアリングよりコア共用、相互接続ともに一定のニーズはあるものの実装に向けては課題を感じているベンダーやSIer、通信事業者が多いことが分かった。ヒアリングから判明した各社の課題解決については解決策を手引書に記載している。相互接続・コア共用を進めていくうえで手引書を活用頂きたい。

<p>利用者 (企業・団体)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 明確な相互接続のニーズは今のところは挙がっていないが、今後ユースケースに応じて様々なタイプの端末導入のニーズが出てくる可能性はある。複数ベンダーの機器を活用する場合の保守対応についてはユーザ側でのベンダー調整等が必要になる。 ● 5GCの共用およびUPFの共用についてはコストメリットという観点においては良い。複数ユーザでの利活用となった場合、セキュリティ等については不安な部分もある。
<p>ベンダー</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ローカル5Gを自分たちで構築・運用できるスキルセットがユーザ側にない。民間企業が自分たちでローカル5Gを運用していくための技術・経験が圧倒的に不足している。 ● SIerとしては機器の選定がしやすくなるため5GC/基地局間の接続検証実績の情報がオープンになることを望む。 ● ユースケースに応じて様々なタイプの端末導入の要望があることから、基地局/端末間での相互接続が最もニーズがあり、かつ実現性の高いインターフェースと考える。 ● 多くの企業ユーザを共通の5GCに収容することから、セキュリティ面での担保、メンテナンス時のシステム停止などが全ユーザに波及することの認識、対策が必要と考える。
<p>SIer</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 相互接続を実現するためには、大前提としてベンダー/メーカー間の協力サポート体制を確立する必要がある。SIerとしてそのための稼働確保するには限界があるので、相互接続に関する仕組み化は必要と考える。 ● 相互接続については機器費をどう下げるかと安定して使えるかという観点の両方を実現する必要があると考えている。 ● 現時点ではコア共用ニーズはあまり出てきていないが、複数拠点を持った企業が商用化を行う場合にはコア共用ニーズは上がると考える。 ● ローカル5Gシステムは広範囲に渡るため障害時の要因特定に向けた切り分け手順、責任分界点、なるべく他のユーザや拠点に影響を及ぼさないような復旧方法等、運用について入念な検討・検証を繰り返したうえで整備する必要があると考える。
<p>通信事業者 /CATV</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 5GCや基地局においても、異なるベンダー間の相互接続のニーズはあると考える。上位(監視機能や5GC)になるほど、複数の垂直統合モデルを別々で持つことは非効率である。また、基地局CU/DU/RUは、ユースケースごとに最適な機種が変わってくる。 ● 将来的には、異ベンダー間接続として基地局は複数のベンダー、5GCは1つのベンダーというような相互接続のニーズは出てくると考える。 ● 相互接続する際の定量的な合格基準は何かなど、明確なルール作りがスタートラインとして必要と感じる。 ● 5GCおよびUPFの共用はコストメリットという観点ではすでにニーズがあると考えている。

15. まとめ（相互接続・コア共用モデルの必要性／相互接続検証）

1 背景（相互接続・コア共用モデルの必要性）

- 相互接続/コア設備の共用に関しては、利用者(企業・団体)および提供者(ベンダー・業界団体・SIer等)の双方にニーズが存在していることをヒアリング結果から確認した。
- ローカル5Gの普及を促進させるためには、ユースケースや予算に合わせベンダーによらず必要なスペックの機器を選択可能となることや、コア/CU設備を共用することでコストや運用のハードルを下げることを目的として様々なコア共用形態が実現できることが重要である。

2 (1) 相互接続検証

- ユースケースや予算に合わせ最適なコア設備およびRAN機器等を異なるメーカーから選定することや、ローカル5Gシステム形態の選択肢の一つとなるコア共用形態を実現していくためにも、異ベンダー機器が相互接続できることが重要である。
- コア2種、基地局3種、端末6種を組み合わせた36パターンから、同じベンダーの組み合わせとなる1パターンを除いた35パターンでの相互接続検証を実施した。
- 事前に3GPPで規定されるパラメータを設定した上で、以下の措置を実施することで全てのパターンでの相互接続に成功した。
 - ①自由設計パラメータへの措置：コア側で“InitialContextSetupRequest”メッセージ内の当該フィールドを削除
 - ②自由設計パラメータへの措置：コア側で“PDUSessionEstablishmentAccept”メッセージ内へ当該フィールドを追加
 - ③3GPPリリースバージョンによるシーケンスの差異：コア側の“NASSecurityModeCommand”内の構成をV15.3以降のシーケンスに対応する措置
 - ④ネットワーク関連パラメータの措置：コア、基地局のMTU設定をWAN回線のパスMTUを下回るよう調整した
- 相互接続の実現には3GPPで規定されるパラメータの設定に加えて、3GPP上自由設計となっているパラメータや準拠する3GPPのリリースバージョンの差異、機器を導入するネットワーク環境に合わせたパラメータの調整が必要となることが判明した。35パターンという数多くの異ベンダー間組み合わせでの検証を通して、現時点での3GPPに準拠した機器においては①～④の要素を確認することで概ね相互接続性が実現できると判明した。本検証で得た相互接続に必要なパラメータの知見を「相互接続のための技術的手引」へ反映することで異ベンダー間相互接続の普及促進が期待でき、今後相互接続を必要とする一般ユーザやSIerが活用できるものとした。
- また、相互接続成功後の通信試験において準同期TDD3をサポートしていない端末で検証を実施したところ、準同期TDD3のULスループットが著しく低くなる組み合わせが2パターン発見された。解析の結果、基地局が端末からの無線通信を正常に受信することができず、通信のエラーが多数発生してしまっていることが原因と判明した。相互接続を実現するには、TDDパターンを含め、MIMOレイヤー数、変調方式などの無線機能について、基地局と端末のサポート有無を事前に確認する必要がある。

15. まとめ（ローカル5Gにおけるシステム形態）

2（2）コア共用における共用形態（ユースケース検証含む）

- コア/CU共用を進めるには、ユースケースに応じて様々なシステム形態から選択可能な状態にする必要がある。
本調査研究ではコア/CU共用下における様々なユースケースについて、推奨されるシステム形態や回線種別等について検証した。
- コア/CU共用下ではセンタ拠点・エンド拠点の物理的距離が離れるため、特に低遅延用途でのユースケースにおいてはコアを共用することによる対応が求められるものの、適切なUPF配置や回線種別を選択することで対応が可能であることが分かった。

	① オンプレ型	③ C/U分離型(コア設備のみ共有)	⑤ 基地局設置型(コア設備+UPF共用、CU/DU分離)
センタ拠点 回線間			
エンド拠点			
特徴	拠点間の回線不要であり完全閉域NWである	コア設備/セキュリティ装置の共用により安価であり、UPFがエンド拠点に配置されることで低遅延通信が可能	コア設備/セキュリティ装置に加えUPFも共用する安価な構成。ユーザ通信が拠点間回線を通るため、要件に応じて拠点間回線の選定が必要
推奨モデル	低遅延性能かつユーザのセキュリティ要件により閉域NWが求められる等の用途であり、他拠点と共用しないモデル	複数企業や同一企業等の複数の拠点間で共用する場合で、工場の遠隔操縦等の低遅延性能を要する用途で採用するモデル	③と同様に複数の拠点間で共用する場合で、比較的低遅延を要しない用途で採用するモデル

15. まとめ（コア共用システム検証／手引書について）

2（3） コアの共用におけるローカル5Gシステム検証

- コア/CUの共用を進めるためには、共用するにあたりオンプレミスと同様に各性能が十分に発揮できることが必要である。
本調査研究では、性能面、機能面、セキュリティ面、監視運用面から検証し、コア/CU共用形態のパフォーマンスとして問題ないことが分かった。
- **性能面：**
 - コア/CU共用環境下によるスループット性能の劣化はなく、同期/準同期を柔軟に選択可能
 - 遅延時間を重要視するユースケースの場合は、センタ拠点～エンド拠点の広域回線種別およびUPFの選択への考慮が必要
 - コア/CU共用環境下によるUE接続台数への影響はなく、複数のUEを同時接続した場合も消費リソースや認証時間への影響は少ない
- **機能面：**
 - 顧客管理機能、UPF選択機能、トラヒックモニタリング、在圏管理機能の実装により、コア/CU共用環境下での統合運営/拠点毎管理を実現可能
 - コア/CU共用環境下においても、ネットワークスライス特性によりユースケース毎に要求される通信性能に応じた柔軟なネットワーク設計が可能
- **セキュリティ面：**
 - R3・R4年度の調査研究を通してコア/CU共用環境下における想定しうるセキュリティホールを網羅し、それぞれに有効なセキュリティ対策を検証
 - センタ拠点～エンド拠点間の通信についてはいずれの共用パターンにおいてもIPsec機能およびFirewall機能を有する機器を用いて拠点間通信の暗号化および攻撃からファンクションを守る環境を整えることが望ましい
 - 多数拠点の管理や端末に高度なセキュリティが求められる場合、セキュリティ機能付きSIMを活用しセキュリティを担保しつつ柔軟な端末管理が可能
 - いずれの対策においても複数ユーザで共用可能な製品を活用することで、コア/CU共用下においてもコストを抑えながらセキュリティ対策が可能
- **監視運用面：**
 - コア/CU共用環境下における起こりうる障害事例を再現し、監視運用において必要な機能や運用要件について確認
 - KPIとして5GC、RU、拠点間通信セッションおよびGMCの監視、サブKPIとして全機器の死活監視と通信ポート状態監視の有効性を確認
 - 故障原因の適切なりモト切り分けには運用者による正確なシステム構成把握が必要であり、構成情報・系統図等の整備が求められる

3 手引書について

- R3・R4年度の調査研究で明らかになった検証結果をもとに、ローカル5Gの導入を目指す企業やSIer向けに手引書を作成。
- ユースケースや予算に応じた柔軟な機器選定を可能とする相互接続の実現方法や、複数の異なるユーザでローカル5Gを共用する際のシステム形態や必要となる性能・機能・セキュリティ・監視運用に関するルール等を手引書として取りまとめた。
構成：第1部 ローカル5G導入を検討するユーザ企業等に向けた手引 / 第2部 導入企業等を支援するSIer等に向けた手引
- 今後、導入企業やベンダー・SIer等が本手引書を活用しローカル5Gの導入を進めることでローカル5G市場の拡大に貢献されたい。

(参考)ローカル 5 Gシステム各装置の機能

