

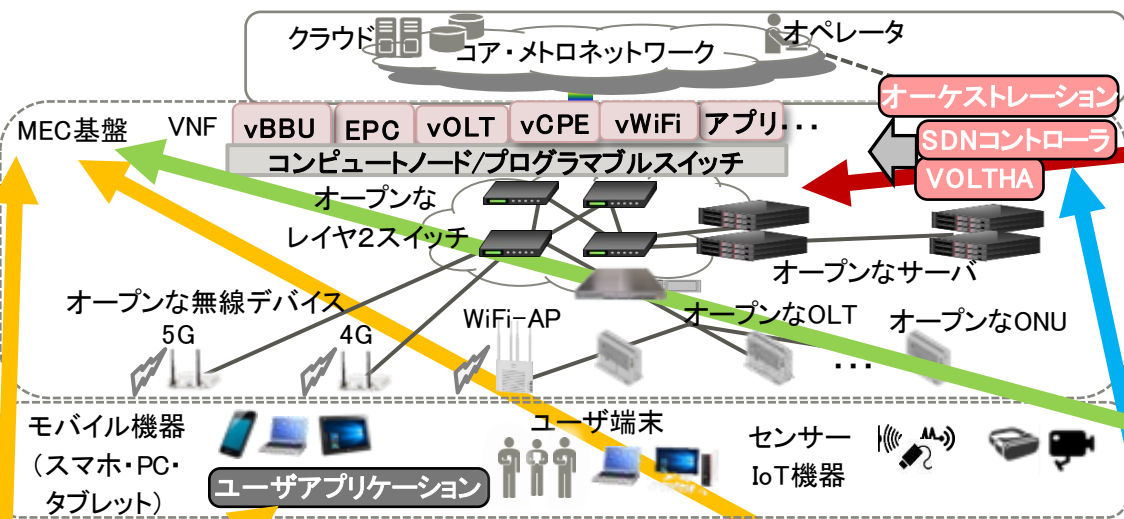
1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 5G・Beyond 5Gの多様なサービスに対応する有線・無線アクセスネットワークのプラットフォーム技術の研究開発
- ◆副題 5G・Beyond 5Gの多様なサービスに対応する有線・無線アクセスネットワークの仮想化とエッジクラウド基盤技術の研究開発
- ◆実施機関 富士通(株)、(大)福井大学
- ◆研究開発期間 平成30年度から令和4年度(5年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 平成30年度から令和4年度までの総額250百万円(令和3年度50百万円)

2. 研究開発の目標

5G・Beyond 5G時代に向けて、多種多様なサービスを誰もがいつでもどこでも容易に利用できる社会を実現するために、サービス多様化に対応する有線・無線アクセスネットワークの仮想化技術とエッジクラウド基盤技術を確立する。

3. 研究開発の成果



研究開発項目1-1:マルチベンダ光、無線アクセス装置のオープン化技術開発(富士通) 令和2年度までに実施完了。
 研究開発項目1-2:マルチベンダレイヤ2装置のオープン化技術開発(富士通) 令和2年度までに実施完了。
 研究開発項目1-3:マルチベンダ次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術開発(富士通)
 次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術動向・市場調査を実施し、現時点で有力な装置、OSSの選定を実施した。また、P4言語に対応し、PTPによる同期機能をサポートしたスイッチ機器について、Fabricネットワークへ組み込む上で適切な構成の調査、および課題の抽出を実施した。
 研究開発項目2-1:光、無線アクセス機能のNFV化技術開発(富士通) 令和2年度までに実施完了。
 研究開発項目2-2:オープンネットワークコントローラ、NFVコントローラ技術開発(富士通) 令和2年度までに実施完了。
 研究開発項目2-3:スケーラビリティ対応による実用化開発(富士通)
 ユースケースとして5G Core機能(OSS Free5GC)を選定し、パケット処理処理性能向上や負荷分散、オートスケーリングの実現性の調査を実施した。
 研究開発項目3-1:ネットワーク論理パス設定自動化技術開発(富士通) 令和2年度までに実施完了。
 研究開発項目3-2:論理パスに連動するネットワークスライス制御技術開発(富士通)
 コンピュータリソースとネットワーク遅延をモニタリングしCloud/MEC等パケット処理場所をサービスの要求に応じて動的に切り替える自動制御技術を開発し、サービスの応答遅延時間低減可能なことを合同検証にて実証した。
 研究開発項目4-1:MEC技術開発(富士通)
 研究開発項目4-3にて福井大学の開発した動的タスク割り当てアルゴリズムと連携可能なプラットフォームを開発した。また、PTPIによる高精度同期を活用し、INTによる遅延測定精度を100us以下まで向上した。

研究開発項目4-2:MECアプリケーション設計及び実用性・有効性評価(福井大学)
 合同検証に向けて、MECプラットフォームで利用するスマートフォン用の多人数情報共有型ARアプリケーションとMECサーバアプリを改良した。具体的には、INT収集サーバとの通信処理や遅延情報収集のためのポート変更処理、異なる送信タスクの送信割合変更処理などを追加・変更した。
 研究開発項目4-3:アプリケーションと連動する一体最適資源利用技術(福井大学)
 合同検証に向けて、MECプラットフォームで収集した情報を利用してタスクの処理場所を決定する簡易アルゴリズムを開発しMECサーバに実装した。実プラットフォームで収集できる情報をアルゴリズムで利用するための機能を追加し、データ数が処理場所の決定に与える影響を評価した。評価結果から、100端末程度で0.1ミリ秒程度で決定可能なことがわかった。

主な成果 - その1: 富士通

研究開発項目1: ネットワーク装置のオープン化技術

研究開発項目1-3: マルチベンダ次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術開発

次世代光アクセス領域

- ・機器として、現時点で調達可能なプラグブル型のOLT/ONUを選定。
- ・OSSについてはVOLTHAが2021年にLTS版である2.8版がリリースされたVOLTHAを選定。

次世代無線アクセス領域

- ・機器として、5G Sub6帯が対応可能なUSRP(ソフトウェア基地局装置)を選定。
- ・OSSについては、NSA方式、SA方式の5Gのサポートを開始したOAI 5Gを選定。

Fabricネットワーク

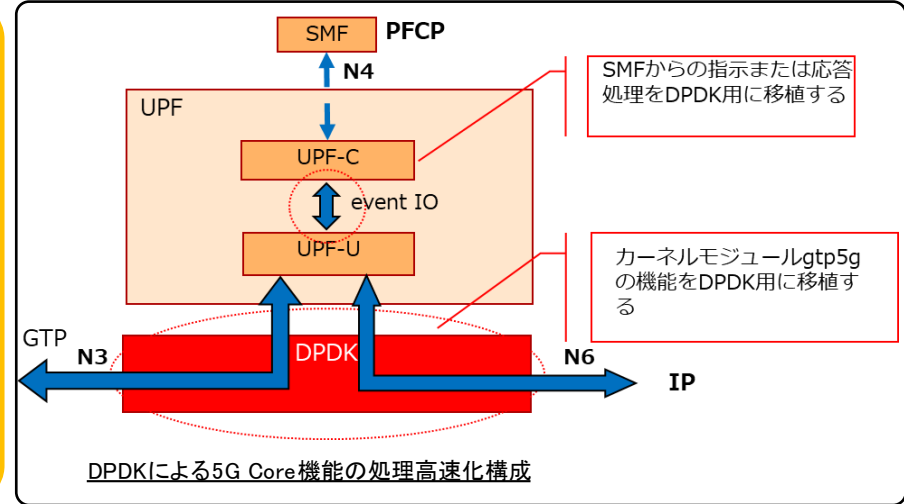
- ・P4言語に対応し、PTPプロトコルによる同期機能をサポートしたOCP準拠のAPS Networks社製スイッチを選定、調達し、Fabricネットワークへ組み込む上で適切な構成の調査、および課題の抽出を実施。

研究開発項目2: ネットワーク仮想化基盤技術

研究開発項目2-3: スケーラビリティ対応による実用化開発

輻輳状態におけるCPUプロセス毎のCPU使用率を計測することで、カーネルスレッドの packets 受信キュー処理、およびGTPヘッダ処理部がボトルネックであり、DPDK活用による処理性能向上が見込めることを特定した。

それに加えてKubernetesによる負荷分散、オートスケーリングを併用することにより、1Mpps以上のパケット処理性能を実現可能であるとの机上検討結果を得た。

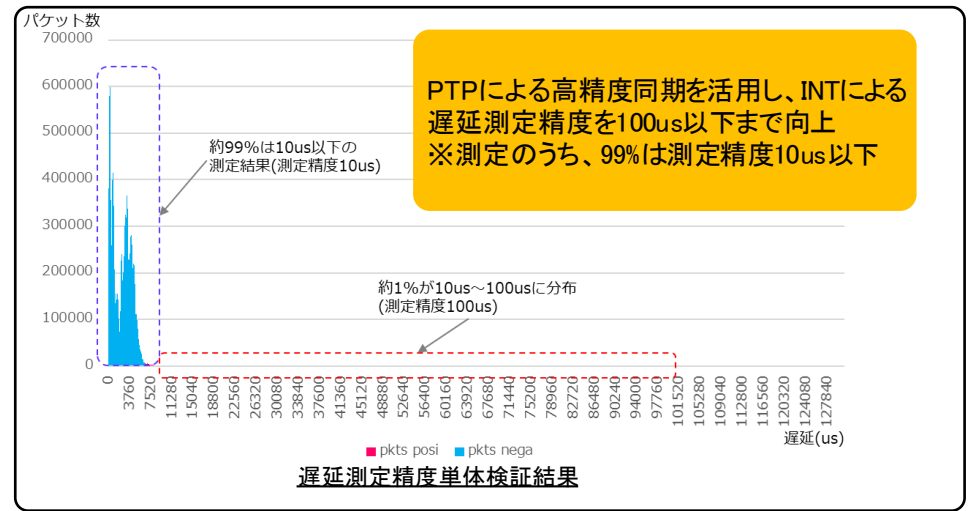
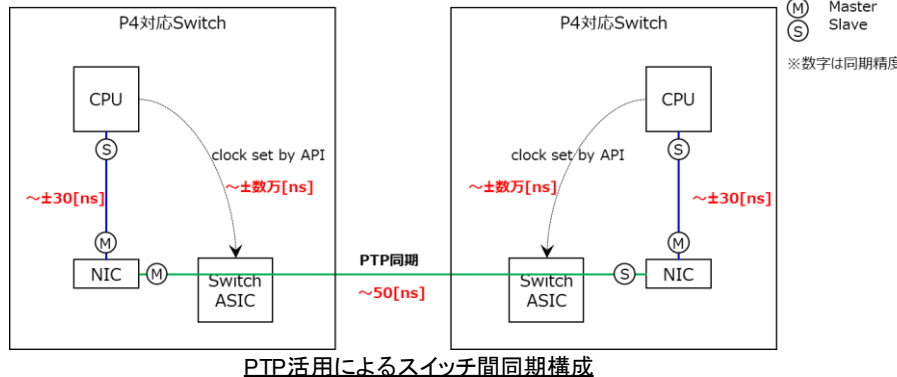


研究開発項目4: エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術

研究開発項目4-1: MEC技術開発(1/2)

INT活用による遅延測定の高精度化

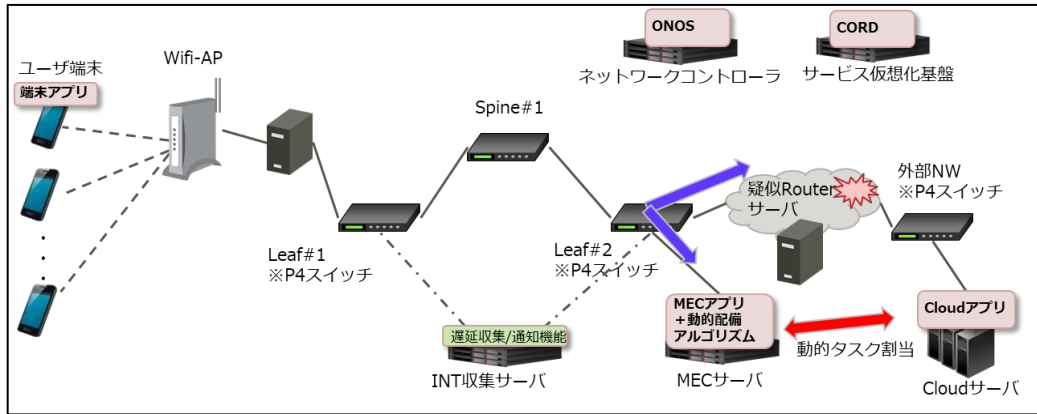
CPU間をPTPプロトコルにて同期し、同期した時刻情報をデバイスに定期的に設定する機能を開発



主な成果 - その1: 富士通

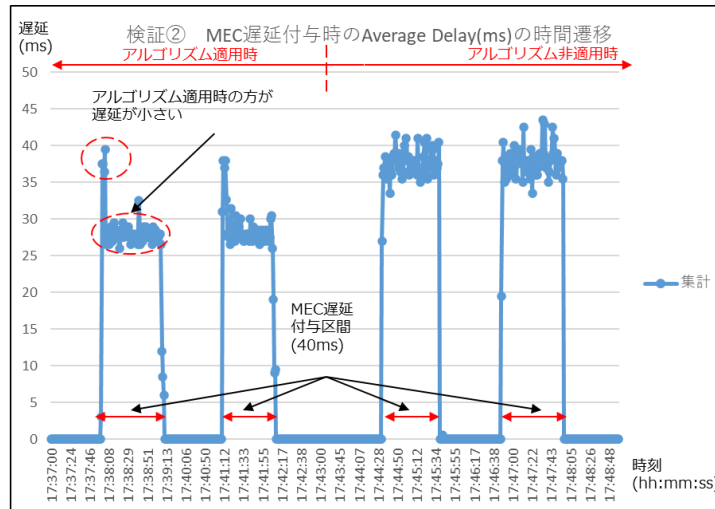
研究開発項目3: ゼロタッチ制御技術 研究開発項目3-2: 論理パスに連動するネットワークスライス制御技術開発
 研究開発項目4: エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術 研究開発項目4-1: MEC技術開発(2/2)

動的タスク割り当てアルゴリズムとプラットフォーム連携による一体最適自動制御技術開発

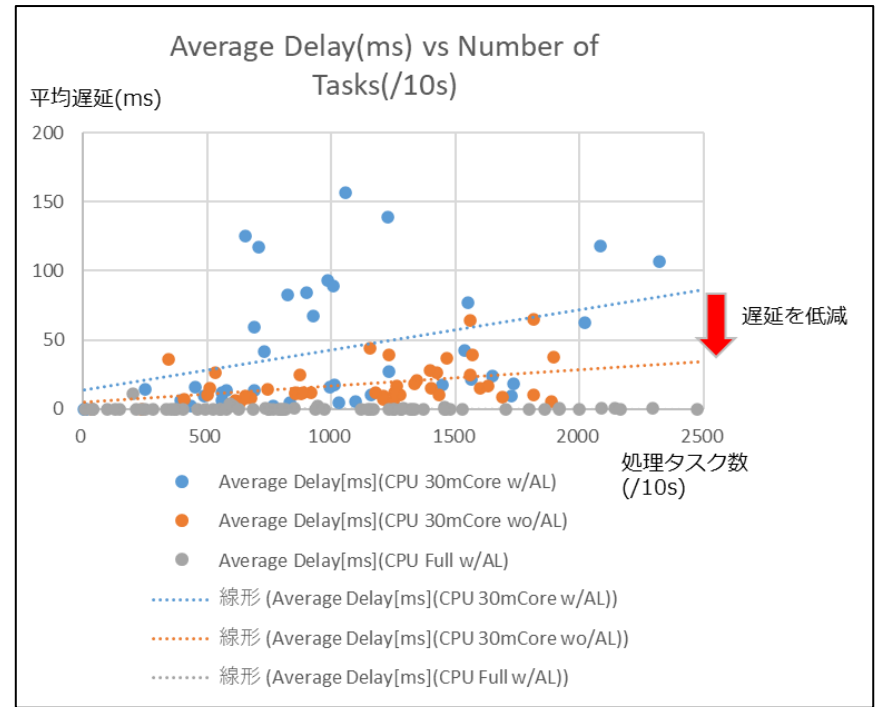


アルゴリズム/プラットフォーム合同検証構成

プラットフォームにて収集した遅延情報をMECサーバに通知する。その情報を基に、MECサーバの応答遅延時間の閾値超過をMECアプリにて判定し、一部のタスク処理の宛先をCloudサーバに切り替えるようユーザー端末に通知する。



MEC擬似遅延付与時のアルゴリズムの適用効果



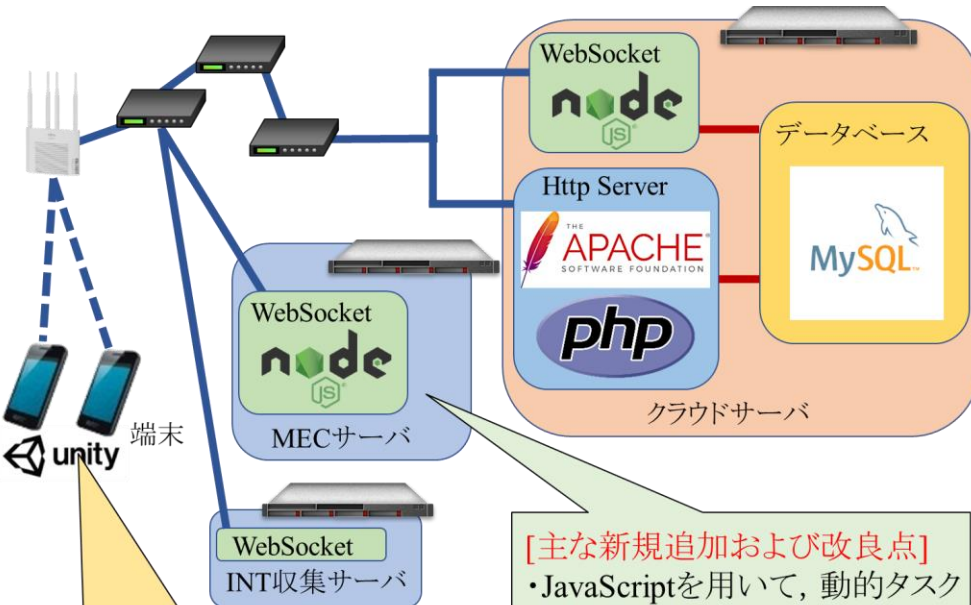
一体最適制御によるサービス応答時間の低減結果

遅延モニタ結果から読み取るサーバの輻輳状況と各サービス・タスクの要求基準から、最適なタスク処理場所をMECサーバとCloudサーバからリアルタイムに選択することで、ユーザ全体のトータル遅延を低減 ※本検証構成においては約50%の低減を達成

研究開発項目4: エッジクラウドとネットワークの一体最適制御技術

研究開発項目4-2: MECアプリケーション設計及び実用性・有効性評価

合同検証用に開発・改良したMECサーバプログラムと携帯端末用アプリ



[主な新規追加および改良点]

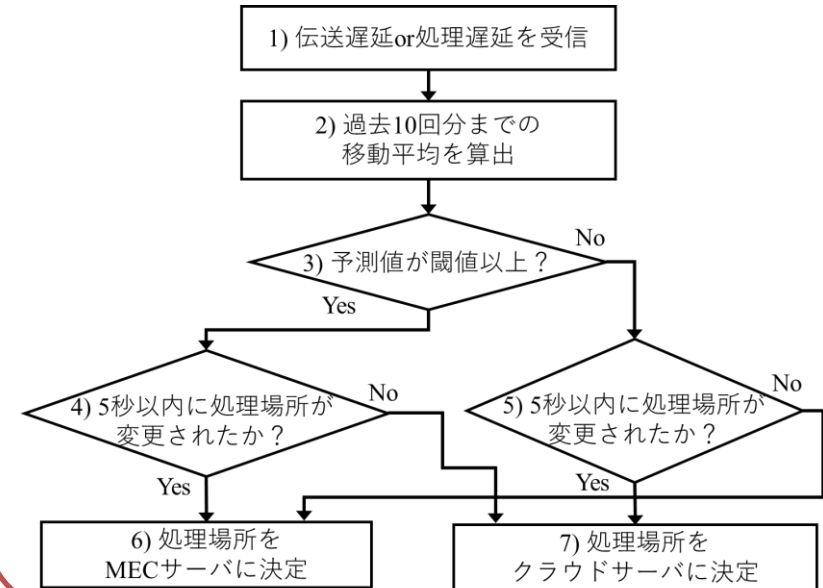
- JavaScriptを用いて、動的タスク割当アルゴリズムを実装
- 処理タスク毎に別ポートを使用
- JavaScriptを用いて、INT収集サーバとのWebSocket通信を確立
- INT収集サーバから送信されたJSONファイルの受取処理

[主な新規追加および改良点]

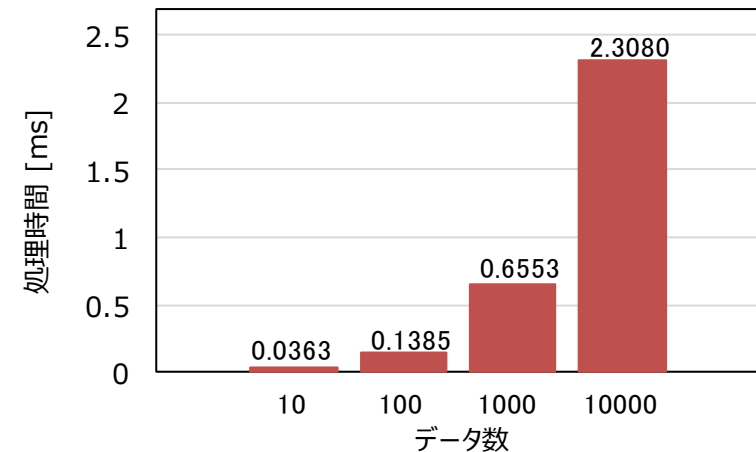
- C#を用いて、共有された処理場所に低優先タスクを送信する処理を実装
- タスク毎に別ポートを使用 (遅延測定用)
- 高優先リアルタイムタスクと低優先リアルタイムタスクの送信割合変更機能 (実験評価用)

研究開発項目4-3: アプリケーションと連動する一体最適資源利用技術

合同検証で使用したアルゴリズム



合同検証で使用したアルゴリズムの配置決定処理性能



4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
1 (0)	0 (0)	0 (0)	24 (4)	6 (2)	0 (0)	1 (0)	2 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- (1) 福井大学開発の動的タスク割り当てアルゴリズムと富士通開発のMECプラットフォームを連携させ、システム資源の配備をリアルタイムに変更可能であること、その結果としてユーザの体感品質に直結するサービスの応答遅延時間低減が可能であることを合同検証において実証した。【開発項目3-2,4-1,4-2,4-3】
- (2) 合同検証の結果および成果を、富士通株式会社と福井大学の共同で電子情報通信学会RISING研究会および総合大会で口頭発表した。
【開発項目3-2,4-1,4-2,4-3】
- (3) 本課題で取り組んでいる成果を有無線統合プラットフォームとして紹介する発表原稿が雑誌O plus Eに掲載された。
- (4) 福井大学の研究室紹介記事として、本プロジェクトの成果をO plus Eで公表した。【開発項目4-2,4-3】
- (5) 毎月の組織間ミーティングに加え合同検証に向けたミーティングを隔週で実施し、実験を主に担当する福井大学生と富士通メンバーが密に連携して準備を進めた。

5. 今後の研究開発計画

- **研究開発項目1-3 マルチベンダ次世代光、無線アクセス装置のオープン化技術開発(富士通株式会社)**
次世代アクセス装置/ネットワーク装置、ネットワークOSSの市場動向、技術調査を継続、現世代プラットフォーム構築技術により構築可能か検討し、また高精度な時刻同期に対応したプログラマブルスイッチ装置をプラットフォームへ組込むことで、各機器、ソフト化機能のオープン化技術、各ドメインの統合技術を確立する。
(研究開発項目1-1、研究開発項目1-2については令和2年度で実施完了)
- **研究開発項目2-3: スケーラビリティ対応による実用化開発(富士通株式会社)**
CNF(Cloud-Native Network Function)を中心に仮想化システム全体の性能、効率を向上させる技術の開発を行い、大規模システム検証を実施する中で、安定的なパケット処理能力などについての性能測定を実施し、専用ハードではなくソフトベースのネットワーク仮想化システムの性能限界(1Mpps以上)を見極める。
(研究開発項目2-1、研究開発項目2-2については令和2年度で実施完了)
- **研究開発項目3-2: 論理パスに連動するネットワークスライス制御技術開発(富士通株式会社)**
リソースの輻輳状況とサービスの要求に応じて、Cloud/MEC等パケット処理場所を動的に切り替える最適自動制御技術を、研究開発項目2-3の検証基盤に実装、本技術の総合システム評価を実施し、大規模なシステムにおいてもMECのサービスレベルが向上できることを検証する。
(研究開発項目3-1については令和2年度で実施完了)
- **研究開発項目4-1: MEC技術開発(富士通株式会社)**
PTPプロトコルによる高精度同期により測定精度を向上したIn-bandネットワーク監視機能のシステム開発、結合評価を行い、Beyond5Gに向けて必要と考える遅延測定精度100us以下を結合環境においても達成する。また、動的配備アルゴリズムと連携するプラットフォーム技術を研究開発項目2-3の検証基盤に実装、本技術の総合システム評価を実施し、リソースの最適配備・運用が自律化されていることを検証する。
- **研究開発項目4-2: MECアプリケーション設計及び実用性・有効性評価(国立大学法人福井大学)**
富士通が開発したMECプラットフォームと連携するためMECサーバを改良し、さらに最終実験に向けて実用性評価・有効性評価ができるようにアプリケーションの改良を行う。本改良では、引き続きソフトウェアUnityを利用し、iOSおよびAndroid上で動作するアプリケーションを開発する。
- **研究開発項目4-3: アプリケーションと連動する一体最適資源利用技術(国立大学法人福井大学)**
最終実験での利用を目指してMECプラットフォームで収集できる情報に基づいて最適な資源利用を実現できるようにアルゴリズムを改良する。具体的には、MECプラットフォームで収集できる情報のみを使用し、収集できない情報はアルゴリズムから除外するか予測した情報として活用できるように改良し、最適化問題の解を導出することで適切な資源利用を実現する。