

## 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 Beyond 5G大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発
- ◆副題 Beyond 5Gに向けた革新的高速大容量データ転送ハードウェア開発と高機能エッジクラウド情報処理基盤の研究開発
- ◆受託者 東京工業大学、東海国立大学機構 岐阜大学、滋賀県立大学、富士通オプティカルコンポーネンツ(株)、古河電気工業(株)、古河ネットワークソリューション(株)、日本電気(株)、大阪大学、東北大学、楽天モバイル(株)
- ◆研究開発期間 令和2年度～令和6年度(5年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和2年度から令和4年度までの総額2,003百万円(令和4年度1,026百万円)

## 2. 研究開発の目標

日本の強みであるマルチコアファイバ技術を導入し、高速大容量データ転送を可能にする革新的ハードウェア技術を開発する。さらに、これら新たなハードウェア技術を基盤として、多種多様なサービスに対応可能な高機能エッジクラウド情報処理基盤の研究開発を行い、Beyond 5G 大容量無線通信、高信頼・極低遅延、超大量端末を最大限に発揮した将来のCyber-Physical System実現に貢献する。

## 3. 研究開発の成果

### 研究開発目標

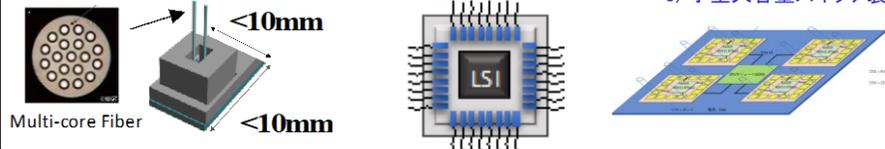
### 研究開発成果

#### 研究開発項目1: 高速大容量データ転送を実現する革新的ハードウェア技術の研究開発

MCFをベースに、破壊的イノベーションの創出

CPO光トランシーバ、電気プラグブルインターフェイス、複数のCPO光トランシーバ搭載のCPOデータボードの実現

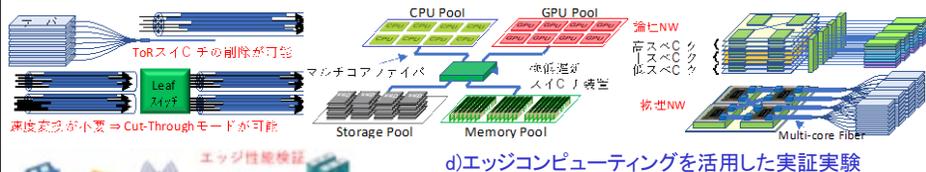
- a) CPO超小型光トランシーバ    b) 高密度光電インターフェイス技術    c) 小型大容量スイッチ装置



#### 研究開発項目2: 多種多様なサービスに対応可能な高機能エッジクラウド情報処理基盤の研究開発

MCFをベースに、新たなエッジクラウド情報処理基盤の確立

- a) 極低遅延スイッチング技術    b) リソース分離型コンピューティング    c) ネットワークスライシング技術



#### d) エッジコンピューティングを活用した実証実験

高機能エッジクラウド情報処理の基本設計・解析モデル、数学モデルによる電波有効利用性検証、エッジ間光通信基本動作、スマートシティ実験環境整備

#### 研究開発項目1-a: Co-Packaged Optics (CPO) 超小型光トランシーバの研究開発

- ・1060nm帯VCSELアレイのNRZ 50Gbps、PAM4 90Gbps高速動作
- ・16ch 送受信用EIC の25Gbps動作、2.5mm角の小型化、2W以下の低電力化
- ・ $1\text{cm}^3$ 以下かつ電力5pJ/bitの400Gbps CPO光トランシーバの実現性を確認

#### 研究開発項目1-b: チップ間光接続を可能とする高密度光電インターフェイス技術

- ・世界最小ピッチ0.3mmを用いた高密度光電インターフェイスの実用性を実現
- ・FPGA搭載CPOデータボードプロトタイプの実証、スイッチASIC搭載CPOデータボードプロトタイプの実証

#### 研究開発項目1-c: 小型大容量スイッチ装置の研究開発

- ・スイッチ装置の実証、試作

#### 研究開発項目2-a: MCFを用いた極低遅延スイッチング技術の研究開発

- ・中継遅延計測機能をFPGA搭載CPOデータボードプロトタイプに実装

#### 研究開発項目2-b: リソース分離型コンピューティング技術の研究開発

- ・サービス管理も含めて試作を進め、物理的かつ時間的細粒度スケールにより目標のリソース利用率が30%→80%が実現できることを実証

#### 研究開発項目2-c: MCFを用いたネットワークスライシング技術の研究開発

- ・ネットワークスライシング実証検証に必要なスイッチ装置評価構成の検討完了

#### 研究開発項目2-d: エッジクラウドコンピューティングを活用した実証実験

- ・エッジクラウド情報処理基盤内NW構成とリソースの割り当て手法を提案・シミュレーションによる有効性の評価
- ・電波資源の有効利用性を最大化する機械学習に基づく判断手法の確立
- ・多入出力の識別ラベル生成・スイッチ素子制御機構の検証・マイクロ秒以内低遅延化の方式提案、シリコン細線光スイッチ集積素子の2コア規模の試作・動作検証
- ・リピータによるミリ波カバレッジの拡大、MECを用いた物体認識の低遅延化
- ・B5Gエッジクラウド環境のEnd to Endの評価および比較検証を実施

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
19 (11)	24 (17)	9 (7)	120 (68)	2 (2)	13 (6)	12 (12)	2 (2)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

- ・単一モード1060nm帯VCSELアレイを製作し、この波長帯では世界最速の変調帯域29GHz以上、NRZ 50Gbps、PAM4 90Gbpsを実現
- ・25 Gbps × 16 ch 光送受信用EICにおいて2 W以下の低電力化に成功。
- ・世界最小ピッチ0.3mmを用いた高密度光電インターフェイスを搭載した評価ステーションを構築し25Gbaud信号伝送に適用可能であることを実証。
- ・B5Gセルラネットワークの実証フィールドカバレッジ拡張を行い、MECを活用することで画像伝送・物体認識の低遅延化に成功。
- ・B5G仮想化エッジクラウド関連の報道発表(6件)を積極的に行った。
- ・Beyond 5Gの実現、次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の創出に向け、知財戦略に基づき、15件の特許出願を行った。
- ・国際会議等の基調講演、招待講演19件を行い、ETSI MEC議長との議論・連携を目的とした国際会議のワークショップを開催し、研究開発成果の情報発信を積極的に行った。
- ・B5G仮想化エッジクラウド関連の特許出願(18件)/展示会(8件)での成果発表を積極的に行った。また標準化提案および提案が採択された。
- ・MECサーバー上で動作するAugmented Information on MECおよびObject Detection on MECを開発し東工大 大岡山キャンパスでデモ実施。30名程度の方々に体験してもらった。

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目1: 高速大容量データ転送を実現する革新的ハードウェア技術の研究開発

高速大容量データ転送を実現する革新的ハードウェア技術の実現を目指し、デバイスレベルから装置までのハードウェアの研究開発を並列に実施し、研究成果を統合していき、最終的にCPOを用いた大容量スイッチ装置の実現性を検証する。具体的には、以下の研究開発を実施する。

- ・NRZ 50Gbps、PAM4 100Gbpsの高速動作可能な裏面出射型16-ch VCSELアレイ試作・評価とCPO光トランシーバ実装に向けたサンプルの提供。
- ・25Gbps × 16ch 光送受信用EICの開発において、送信用EICではデジタル制御を用いた超小型・超低電力回路技術を、受信用EICでは回路トポロジーによる広帯域化技術の開発を行う。また、さらなる高速化に向けた光送受信用EIC回路技術の検討を行う。
- ・25Gbps × 16ch CPO光トランシーバの特性改善、CPOデータボード評価向けサンプルモジュールの製作、および1チャンネル当たりの伝送レート50Gbaudへの高速化に取り組み、800G/1.6Tbps超小型大容量CPO光トランシーバの実現性検証を行う。
- ・50Gbaud用の高密度光電インターフェイスを設計、試作し、50Gbaudの信号伝送に適用できることを実証する。また、CPOデータボードの水冷システムについてシミュレーション及び模擬システムを用いた実験により検討する。
- ・製作したFPGA搭載CPOデータボード(10cm角程度)とスイッチASIC搭載データボードを4枚実装したスイッチ装置にCPO光トランシーバを搭載し、極低遅延スイッチング技術およびネットワークスライシングの実証実験を行う。
- ・スイッチASICの近傍にCPO光トランシーバを配置することで、従来のフロントパネルのI/Oの限界を超える大容量伝送を可能にする小型スイッチ装置の実現性を検証する。

## 5. 今後の研究開発計画(続き)

研究開発項目2: 多種多様なサービスに対応可能な高機能エッジクラウド情報処理基盤の研究開発

- ・エッジクラウドコンピューティング能力の飛躍的な向上を目的として、マルチコアファイバを用いたCPO光トランシーバとASICを実装した64×64以上の規模のスイッチ構成による極低遅延性のスイッチング技術の開発と原理実証を行う。また4スライス以上のネットワークスライシングのスイッチング技術の開発と高速性実証を検討する。
- ・一部の試作を通してリソース分離型コンピューティング・プラットフォームマイクロデータセンターへの適用における有効性、ならびにその社会実装のための課題抽出などの検討を行う。
- ・需要の変動に柔軟に対応可能なようにエッジクラウドコンピューティングのネットワーク構成・制御手法の拡張と有効性のシミュレーションによる実証する。
- ・電波利用効率向上など電波有効利用への貢献を解析的及び数値的に実証する。
- ・多入出力および低遅延ラベル処理構成を基本に、異なる入出力間のシステム統合し、遅延時間の測定・課題を抽出する。光スイッチ集積素子については、4ポート入出力を目標に試作・動作検証を行うとともに、O-Nodeへの組み込み設計を実施する。。
- ・B5G ヘテロジニアスセルラネットワークに中継局を導入し、特にミリ波帯のエリアを一様に拡張、B5Gの基地局・中継局の置局・評価・運用の支援を目的として大岡山デジタルツインを活用したAR伝搬・伝送特性可視化システムの開発及び実証、そして歩行者支援ナビゲーションシステムの実証実験を行う。
- ・スマートシティに求められるアプリケーションを開発し拡張するMECプラットフォーム機能と連携のうえ、これまでに構築したネットワークを活用した実証実験を行う。