

採択番号 04001

研究開発課題名 関数型パラダイムで実現する B5G 時代の
資源透過型超並列広域分散コンピューティング環境

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、Beyond 5G (以降、B5G と略す) 時代の通信インフラの利点・機能を積極活用した IoT アーキテクチャを創出し、アクターベースの関数型言語である Elixir (エリクサー) を礎とした革新的なコンピューティング環境を開拓することを目指します。

- ① エンドデバイス (エッジデバイス) からクラウドに至るネットワークに配置される構成要素である exMEC (extended MEC) に対して、これらのノードの資源特性に対して柔軟に処理を配置できる透過的な並列処理基盤を研究開発します。
- ② IoT システムの構成要素である IoT ノード (エンドデバイス、exMEC およびクラウド) について、Elixir プロセスが能率的に実行できる技術を開発します。
- ③ IoT ノード上で動作するアプリケーションの品質と性能を発揮できる最適な資源配分を決定するアルゴリズムを開発します。
- ④ 本研究開発の成果を活用して実証評価向けアプリケーションを開発します。

これらの研究開発に取り組むことで、IoT システムの開発・運用において必要とされる機能・性能を最大限に実現できるアーキテクチャを創出します。計算資源の特性や種類に依存しない統一された広域分散プラットフォームを構築し、関数型パラダイムに基づくプログラム性の高い超柔軟な IoT アプリケーションの開発環境を提供します。

本研究開発の成果を利用するシステム開発者は、IoT システムの構成要素であるエッジデバイスや MEC といった多様な資源特性を意識することなく、関数型パラダイムによる一体的なプログラミングが可能となります。開発された IoT アプリの各処理は、配分決定アルゴリズムによって計算資源が最適に割り当てられ、ネットワーク上に分散配置された各 IoT ノード上で透過的に動作するようになります。加えて IoT ノードの実行環境として具備された Elixir 処理系および通信ミドルウェアの機能によって、IoT システム全体の超低消費電力化が自動的に実現されるようになります。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 5 年度 (3 年間)

(3) 受託者

国立大学法人東京大学<代表研究者>
高知県公立大学法人
国立大学法人大阪大学
株式会社シティネット
さくらインターネット株式会社
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 3 年度から令和 4 年度までの総額 97 百万円 (令和 3 年度 23 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 資源透過型の分散処理プラットフォーム

1-a) アーキテクチャの検討・設計 (大阪大学、高知工科大学、シティネット)

研究開発項目 2 IoT ノードの能率的な実行環境

2-a) ヘテロ SoC 向け BEAM 処理系の設計・実装

(東京大学、高知工科大学、シティネット)

2-b) B5G 向け通信ミドルウェア

(さくらインターネット、東京大学)

研究開発項目 3 計算資源配分の決定手法

3-a) 最適配分アルゴリズム

(情報・システム研究機構)

3-b) 優先制御と競合解決アルゴリズム

(情報・システム研究機構)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	29	29
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1 資源透過型の分散処理プラットフォーム

1-a) 本研究開発の起点である Dripcast の Java による既存実装について仕様検証と検証、ソースコード解析を実施した。これを踏まえて、Elixir ならびに汎用向けの抽象化フレームワークの策定、ならびに Elixir 実装に向けた基礎検討と機能検証を実施した。

研究開発項目 2 IoT ノードの能率的な実行環境

2-a) 小規模コアおよび汎用向けコアを混載したヘテロ SoC を対象として、BEAM 処理系の IoT ノード向けプラットフォームである Nerves の移植および動作確認に成功した。また、小規模コアから汎用コアに効率的にアクセスする手法について技術調査を実施し、BEAM 処理系への統合に向けた仕様検討を実施した。

2-b) Elixir 処理系の BEAM に DDS を組み込み、基本機能が動作することを確認した。種々の通信ミドルウェア技術に対する機能拡張としては、任意定義型のメッセージによる DDS 通信を実現する手法の設計・実装および定量的評価を実施した。また、これらのミドルウェアを扱う Elixir アプリケーションのための API 仕様および効率的な通信処理を実現するための内部構造について設計・実装を進めた。

研究開発項目 3 計算資源配分の決定手法

3-a) 最適配分アルゴリズムの基礎検討を実施し、経済的合理性に基づき行動判断を行うエージェントを用いた初歩的なシミュレーションによる初期評価を行い、中央集権的アプローチと非中央集権的の比較検討を行った。

(8) 今後の研究開発計画

2022 年度には、5G を含めた広域分散型の IoT システムについて、実証実験が可能になる最低限の環境を構築することに早期に重点的に取り組み、本研究開発課題を推進するために Elixir の処理系である BEAM が本環境において稼働できるようにします。資源透過型プラットフォームについては、2021 年度に実施した本プラットフォーム技術を実現するための機能要件と実現方式の

検討結果をもとにソフトウェア実装を進めます。基本的な機能については定量的評価を実施し、オープンソースのソフトウェアとして公開可能とします。IoT ノードの実行環境については、同じく2021 年度の機能要件と実現方式の検討結果をもとに、ソフトウェア実装およびオープンソース公開を進めます。また、ヘテロ SoC 搭載の BEAM 処理系向け評価ボードの設計試作にも取り組みます。資源配分アルゴリズムについては、優先制御と競合解決アルゴリズムの基礎設計を行い、初歩的なエージェントシミュレーションによってその有用性を検証します。実証評価向けアプリケーションについては、市場調査を実施し、本研究開発で得られる成果が寄与できる産業分野や5G アプリケーションを選定します。また、そのアプリケーションを作動させたリソース利用状況や通信遅延などの実行メトリック情報を収集できるような枠組みを構築します。