

採 択 番 号 : 19101

研究開発課題名 : 来を創る新たなネットワーク基盤技術に関する研究開発

副 題 : IoT インタネットを支えるプライバシー保護ルーティング・輻輳制御技術

## (1) 研究開発の目的

本研究開発の目的は、プライバシー、IoT デバイスへのルーティング、輻輳制御などの問題を解決して、センサデータのプライバシーを保護しつつ、収集者が実時間でセンサデータを収集する事を可能とするクラウドソーシングに適したアーキテクチャを開発することである。本アーキテクチャの基盤技術は、プライバシー保護可能な属性ルーティング技術、及びキャッシュを利用したネットワーク主導のマルチパス輻輳制御技術である。これらを組み合わせて、5G 以降の多様な無線ネットワークから構成されるインタネットにおいて、あまねく設置された IoT デバイス取得したセンサデータを、プライバシー情報を保護しつつ、オープンにアクセスできるIoT 時代のインタネットを実現することを目指す。

## (2) 研究開発期間

平成28年度から平成32年度（5年間）

## (3) 実施機関

国立大学法人大阪大学〈代表研究者〉

パナソニック株式会社

## (4) 研究開発予算（契約額）

総額 100百万円（平成30年度 20百万円）

※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： プライバシーを保護する属性ルーティング

1. 属性ルーティング（パナソニック株式会社）
2. プライバシ保護ルーティング（大阪大学）

研究開発項目2： 実時間クラウドソーシングアプリケーション

1. アプリケーション設計（パナソニック株式会社）
2. マルチパス輻輳制御（大阪大学）

## (6) 特許出願、論文発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	4	0
	外国出願	2	1
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	26	11
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目1： プライバシーを保護する属性ルーティング

#### 1. 属性ルーティング（パナソニック株式会社）

属性として位置をサポートする位置ルーティングの、エッジコンピューティングへ適用するためのアーキテクチャの基礎設計を完了した。具体的には、データとして位置に紐づくデータ（位置データと呼ぶ）を引数としてエッジルータで計算することで、デバイスが生成する大量のデータをクラウドに収集して計算するクラウドコンピューティングに対して、応答時間の短縮やコアネットワークでのトラフィック量削減を実現した。提案アーキテクチャは、Named Data Networkign (NDN) 網において、エッジルータでの計算負荷が処理能力を超えない条件で、コアネットワークでのトラフィック量を削減することのできる適切なエッジルータへの計算の要求転送を可能とするものである。評価により数万台規模の移動体によって構成されるネットワークにおいてエッジネットワーク間で転送される位置データ数を削減した。

#### 2. プライバシ保護ルーティング（大阪大学）

平成29年度までに開発した、位置データの収集に際して位置プライバシーを第三者から秘匿するプライバシー保護ルーティングについて、セミオネストなアノニマイザの存在下における漏洩する位置プライバシーを保護する手法を設計した。平成29年度に開発した手法を含めて既存研究では、中央集権的でオネストなアノニマイザにおいて位置を匿名化することで位置匿名性を達成する。しかし、アノニマイザは、全ユーザの興味のある位置を知ることができるため、プライバシー保護の観点において単一障害点である。これに対して、アノニマイザがセミオネストであると仮定し、アノニマイザにも位置プライバシーが漏洩しないための要件（セッション匿名性と位置匿名性）を定義し、それに基づいたアーキテクチャを設計した。さらに、 $k$  匿名性および  $t$  近接性を用いて人気度の分布と匿名化された位置のばらつきの観点で匿名化された位置の満たすべき性質を定量的に計測するための指標を定義し、これを満たす匿名化位置を選択するための発見的な手法を設計した。

さらに、400万台規模の移動体端末を有する位置ベースサービスにおける位置プライバシー保護手法を評価するための評価技術を設計した。これは、移動体の位置をログガウシアン点過程を用いて数学的にモデル化した。さらに、このモデルに基づいて位置の人気度の分布を数学的にモデル化することで、大規模ネットワークにおける提案手法によって匿名化された位置の定量的な評価を可能にした。

### 研究開発項目2： 実時間クラウドソーシングアプリケーション

#### 1. アプリケーション設計（パナソニック株式会社）

多数の移動するIoTデバイスに対して、LPWA (Low Power Wide Area)、セルラー網、インターネットを協調させてオブジェクトを追跡するシナリオを設計した。具体的には、宅配ソリューションを一例として、配達対象領域に展開している配送車が、配達対象の在宅情報をそのプライバシーを保護しながら収集し、最適な集配ルートを選択できるアプリケーションを想定し、このシナリオについて基本部分の構築を完了した。さらに、実証実験用の小規模テストベッドの設計を開始した。

また、平成29年度までに開発したIoTデバイスを用いたオブジェクト追跡アプリケーションに対して、追跡するシナリオを設計するとともに、シナリオに基づいた移動

モデルの構築と追跡アルゴリズムの構築を完了した。具体的には、アプリケーションのユーザーとして警察、移動体としてバイクで逃走する犯人を想定し、属性ルーティングにより位置と時間を指定して防犯カメラ映像を収集して犯人を追跡するシナリオを想定し、その追跡アルゴリズムを設計した。また、探索範囲の空間的拡大を優先する手法、探索範囲の時間的拡大を優先する手法、およびそれらの融合手法を設計した。更に、23 区内に人口密度に比例した密度でカメラを設置するモデルを構築し、それを用いてバイク移動する犯人追跡の評価を開始した。

## 2. マルチパス輻輳制御（大阪大学）

適応的に符号化レートを制御する可変符号化レートコンテンツの ICN (Information Centric Networking) の環境下における輻輳の解析をし、符号化レートの振動が発生すること、およびキャッシュの存在によりその符号化レートの振動が悪化することを明らかにした。その要因の1つとして、キャッシュの存在が、アプリケーションにおける符号化レートの制御アルゴリズムの推定する帯域を過大評価させることであることを明らかにした。キャッシュ置き換えが発生しない理想的な状態では符号化レートの振動が徐々に収束するものの、収束するまでに多くの繰り返しコンテンツ要求が必要であることが分かった。さらに、現実的なキャッシュ置き換えが発生する状況下では符号化レートの振動が収束しないことも明らかにした。