

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : 未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の将来環境を創るセキュアで省電力な網内自己学習型ネットワーキング技術
- ◆実施機関 : 国立大学法人大阪大学, 株式会社KDDI総合研究所, 国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学
- ◆研究開発期間 : 平成28年～平成32年 (5年間)
- ◆研究開発予算 : 総額80百万円 (平成29年度16百万円)

2. 研究開発の目標

本提案開発では、これまでデータセンターで実行されていた深層学習などのデータ処理・学習機能をエッジ側IoT端末の連携で自律分散的に実現する。これを省電力プロセッシングと軽量セキュア転送技術で動作させることで、超多数のIoT機器によるデータ爆発・電力消費・プライバシー問題を解消し、省電力で安全な将来IoT環境を実現する。

3. 研究開発の成果

① 深層学習の網内分散実行技術

畳込ニューラルネットワークを完全分散環境で実行する技術の考案

1000m²超の実空間温度データによる学習精度検証

② 省電力データプロセッシング技術

省電力センサノードの基本設計

SenStick (省電力センサー) Edison (省電力処理ユニット)

基本性能を検証

③ FIBレス・セキュアデータ転送技術

消費電力の小さい経路制御・通信方式の確立

電力消費量の少ないセキュアなデータ転送技術の考案

計測データや学習のフィードバックなどをセキュアに転送する技術

研究開発成果: 網内深層学習制御システムの基本設計完了

多くの深層学習の実装事例は資源制約の厳しい省電力センサーNW向けではないため、センサーNW環境に適した深層学習分散実行の概念確立が必要。

- CNNを無線センサーNW上で実行させる分散アルゴリズムとプロトコル設計を完了し、CNNの各機能を完全分散で実現。
- 実装コードレベルのシミュレータ開発。2つの実データセットによる実証と評価実施。

研究開発成果: 網内深層学習制御システムの基本性能検証

- 1,400m²の実ラウンジ空間内50地点から2か月にわたり取得した温度データによる温熱環境において、集中型と比較し遜色ない精度95%を達成(集中型97%)。
- 6×6赤外線アナログセンサアレイを独自開発し、転倒検知実験を実施。精度90%を達成(集中型91%)。最大20%のセンサー欠損に対しても精度を維持可能(判定精度低下1%以下)。

研究開発成果: 省電力センサー・環境発電モジュールの設計開発

センシング・データ処理・通信の消費電力を賄う環境発電技術の開発が目標。

- SenStick(複数センサ搭載小型基盤)に給電可能な、太陽光パネルを使った環境発電モジュールを設計・開発

研究開発成果: 省電力センサー・省電力処理ユニット・環境発電モジュールの動作確認

センサーノードの消費電力をクラウド比1/100(ニアゼロ)に削減することが目標。

- EdisonとSenStickからなるアンビエントセンシング・省電力処理ユニットを試験開発。
- センシング、BLE送受信、データ処理・記録を行うソフトウェアを開発し動作確認。
- 環境発電モジュールとSenStickにより、屋内環境においてゼロ・エネルギーで30分間隔の間欠動作を確認。
- 今後、処理ユニットへの環境発電モジュールの適用等による電力削減を目指す。

研究開発成果: 消費電力と通信方式の関係の実証調査完了

経路制御/セキュアデータ転送の設計にあたり、通信方式と消費電力の関係を明確にする必要があったため、Edisonを用いた実証調査を実施。

- データ通信を行なっている時間に比例して消費電力が上昇することを解明し、シンプルな通信プロトコルの効率が良いことを確認。
- Edisonの場合Wi-FiとBluetoothが一体化しているためか、Bluetoothのバイトあたりの電力効率はそこまで高くないことを確認。

研究開発成果: FIBレスルーティング方式の実装完了

項目①を実ネットワーク上で実現するための通信プロトコルの設計・プロトタイプ実装を完了。

- PUSHベースでの通信を行い、イベント駆動型で計算機処理ならびにデータの転送を行うフレームワークを設計・プロトタイプ実装を完了。

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	プレスリリース 報道	展示会	標準化提案
2 (1)	0 (0)	1 (1)	20 (10)	0 (0)	1 (1)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- (1) 既存技術の課題点として、リッチな通信環境等を仮定し、処理分割や並列化のみを考慮していたが、これまで省電力化やオンサイト学習、通信最適化は考慮されていなかった。これに対し、センサーNW内でニアゼロエネルギーで深層学習を実現する試みは世界初である。センサーNWの特性と深層学習の特性を考慮したプロトコル設計と分散型の順伝播・逆伝播を実現しており、高い新規性・独創性を備えている。英論文誌、著名国際会議での採択、2件の招待講演、2件の特許出願、展示会展出など、対外成果発表を積極的に実施している。
- (2) 実用性:2つの応用事例と実センサーデータを用いた実証実験を実施している。集中型と比較しても遜色ない精度を達成(精度低下1~2%程度)できており、幅広い応用可能性を示している。

5. 今後の研究開発計画

現在までに、BEMS実証実験における基本パラメータである温度や人の快適性に関する異常検知、および人の行動に関する検知の2事例を対象とし、有効性を示すことができている。それら2事例を通じて今後の応用事例展開に関する良質な知見が得られたと思われるため、社会展開に向けた事例実証を継続する。同時に将来IoTネットワーク基盤としての知的センサーNWを完全実装し、技術的・社会的な注目度を得るよう努力し、プレスリリースを目指したい。データ処理電力削減については通信抑制がキーポイントとなる。センサーNWでは最初のノードが稼働できなくなるまでをネットワークライフタイムとすることを鑑みれば、特定ノードへの通信量集中を避けることが重要である。提案手法では、ピーク通信量を記録するノード(全結合を行うノード)の通信量を集中型のその1/5程度に抑制しながら、一方で精度はほとんど低下しないことを示している。加えてプロトコルの軽量化で電力を1/100程度に抑制できる目途を得たため、通信の観点からは一定の電力削減は達成可能と考える。プロセッシングの電力については、センサーノードを、現在用いているIntel EdisonからSenStick3に変更することで電力削減可能である。Intel Edisonは1.6mW/MIPSである一方、SenStick 3は0.095mW/MIPSであり、大きな省電力が期待できる。なお、例えば100ノードの場合のSenStick3の総消費電力は数W程度であるのに対し、クラウドサーバはデータ量に依存せず数百W程度は消費する。サーバの省電力化技術も進む一方、提案技術がエナジーハーベストで動作できるレベルになればニアゼロエネルギーになり、サーバの省電力化技術にほぼ依存しない形での電力削減も視野に入る。その実現を目指していきたい。