

# 博士論文審査報告書

## 論 文 題 目

Studies on Congestion Control for Green Wireless  
Sensor Communications in Information-Centric  
Networking

情報センタリックネットワークにおけるグリー  
ン無線センサ通信輻輳制御に関する研究

申 請 者

Rungrot	SUKJAIMUK
スクジャイムク	ルングロット

Department of Computer Science and Communications Engineering  
Research on Ubiquitous Communication System

2019年7月

IoT時代を迎えて、現在のIPネットワークでは、アクセス数の増大に伴うネットワークの輻輳問題やネットワークの消費電力の増大化が大きな課題となる。これ等の課題を解決する次世代ネットワークとしてコンテンツ指向ネットワーク ICN: Information Centric Networkingの研究が有望視されている。膨大な数のIoTセンサと多くのコンシューマーで構成されたIoTセンサネットワークを用いたICNの輻輳問題やICNのグリーン化は重要な研究課題である。

ICNはIn-networkキャッシング機能を基本として、周辺ノードにアクセスして要求コンテンツを検索することができる。周辺ノードやデータセンタを介して膨大な数のIoTセンサから要求コンテンツを取得する上で、コンテンツの人気度に応じて優先的にコンテンツを伝送する方式やノードでの優先的なキャッシュ制御方式を用いることにより、ネットワークの効率を向上することができるばかりでなくICN全体の消費電力の削減にも有効である。

多種多様なIoTセンサからは、映像やメッセージなど様々な種類のコンテンツや、異なったデータ量のコンテンツが伝送されるばかりでなく、重要度の異なるコンテンツがネットワーク内で共有される。多くのコンシューマーがこれらのコンテンツを同時に要求することを可能とし、IoTセンサネットワークを効率的に運用するためには、コンテンツの人気度のみを用いてICNを伝送制御するだけではなく、コンテンツの大きさ、重要度、種類を考慮した適応的なコンテンツ制御方式を用いることが必要である。また、ICNのグリーン化のためには、ICNノードにおいてコンテンツの人気度と重要度に応じてICNノードの動作を適切に制御することが必要である。本論文では、多くのコンシューマーがデータセンタを介して膨大な数のIoTセンサから要求コンテンツを取得できるIoTセンサネットワークの輻輳の課題とグリーン化の課題を解決するために、ICNの新しい伝送制御方式について述べている。

本論文は英語で執筆されている。以下、各章毎に内容を述べ、評価を行う。Chapter 1は「Introduction」として、IoT無線センサを用いたIoTセンサネットワークにおいて、ネットワークの輻輳問題の解決とIoT無線センサを含むネットワーク全体でのグリーン化が重大であることの背景と問題解決のための研究の進め方について紹介している。

Chapter 2は「Research Background and Literature Review」として、ICNの1つであるNDN: Named Data Networkingについて、コンテンツの人気度を用いたノードでのコンテンツ制御方式とネットワークの高効率化との関係について述べている。

Chapter 3は「Dynamic Congestion Control Strategies in ICN」として、コンテンツ人気度に基づく優先制御方式を用いたICNノードでの、キャッシュの効率的利用方法について述べている。本章では、コンシューマーの要求に基づいて、IoT無線センサがデータセンタを介してセンサデータを送信するタイミングを、コンテンツの人気度に基づいて適応的に制御するDTC:

Delay Transmission of a Content 制御方式を提案している。さらに、本章ではコンテンツの人気度に応じてノードのキャッシュサイズを適応的に可変するキャッシュパーティション制御方式を提案している。この2つの制御方式を ICN に採用することで、従来のコンテンツ人気度のみにより優先制御する ICN を用いた IoT センサネットワークと比較して、輻輳時のパケットドロップ率が 20% 以上低減できることを明らかにしている。本章では、DTC 制御方式とキャッシュパーティション制御方式により ICN の輻輳問題を軽減し、ICN を用いた高効率な IoT センサネットワークを実現できたことは評価できる。

Chapter 4 は「Adaptive Congestion Control Framework in ICN for the IoT Sensor Network」として、Chapter 3 で述べた DTC 制御方式にコンテンツの人気度と合わせてコンテンツの優先度を新たなパラメータとして加えた ICN 適用制御方式を提案している。コンシューマーからの要求コンテンツに応じて、データセンタは IoT 無線センサからのコンテンツに人気度と優先度をパラメータとして送信する DTC 適応輻輳制御方式を用い、従来の人気度のみよる ICN で構成した IoT センサネットワークと比較して、パケットドロップ率で 30% 以上改善できる高効率な IoT センサネットワークを実現できることを明らかにした。本章ではコンテンツの人気度と優先度に基づいて DTC 適応輻輳制御方式を提案しドロップ率の低減とネットワークの高効率化を実現できたことは評価できる。

Chapter 5 は「The Integration of Green Networking into the Proposed Congestion Control Framework for IoT Sensor-enabled ICN」として、無線 IoT センサによる ICN のグリーン化方式の研究成果について述べている。グリーン化を目的として適応マルコフスマートスケジューリング方式を提案している。ここでは、ICN のノードの動作状態を Active, Broadcast, Unicast, Inactive として、コンテンツの人気度に応じて適応的に動作状態を移行する方式について述べている。さらに、コンテンツの人気度に応じて、センサデータを複数まとめて送るアグリゲーション方式を提案し、ICN のエネルギー効率を 40% 削減したことを明らかにした。本章では、ICN のグリーン化を目的として、適応マルコフスマートスケジューリング方式を提案し、アグリゲーション方式と合わせて ICN のグリーン化を実現したことは評価できる。

Chapter 6 は「Conclusion, Closing Remarks, and Future Work」として、研究のまとめと今後の研究での課題について述べている。

本論文では、ICN における IoT センサネットワークの高効率化とネットワークのグリーン化の実現において、コンテンツの人気度と優先度に対応した適用制御方式を提案し、コンテンツの人気度に応じた ICN の適応動作制御方式によりグリーン化を実現した成果は大きい。したがって、情報通信の発展に寄与するところ極めて大であり、本論文は博士（工学）早稲田大学の学位を授与するに値するものと認める。

2019年7月

主任

早稲田大学教授 工学博士（新潟大学）

（専門分野：無線通信工学）

佐藤拓朗

印

サイン

早稲田大学教授 博士（工学）（東北大学）

（専門分野：無線通信工学）

嶋本薫

印

サイン

早稲田大学教授 工学博士（東京大学）

（専門分野：画像通信）

甲藤二郎

印

サイン

早稲田大学 GITI 顧問 工学博士（東京大学）

（専門分野：情報通信ネットワーク）

津田俊隆

印

サイン