

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K20264

研究課題名（和文）IoTサービスのモビリティ通信を支援する情報指向ネットワーク技術

研究課題名（英文）Information Centric Networking for supporting mobile communication in IoT

研究代表者

松園 和久（Matsuzono, Kazuhisa）

国立研究開発法人情報通信研究機構・ネットワークシステム研究所ネットワーク基盤研究室・研究員

研究者番号：90751074

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、情報指向ネットワーク技術（ICN）を応用することで、モビリティ通信の高信頼化と効率化を行える通信技術の検討を行った。成果として、ICN通信の特徴の一つであるネットワーク内キャッシュに符号化技術を組み合わせるとともに、受信者の移動性を考慮したデータリクエスト転送方式の検討を行い、受信者モビリティ通信機構の提案及びその効果を確認した。更に、ICNを応用したモビリティ通信の効果的な検証及び開発を行うためにはより柔軟かつ現実的な検証が行える環境が重要であるため、実ネットワークとシミュレータ上のネットワークが連携したICN通信プロトコルの通信検証環境の検討及び構築を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

様々な移動デバイスによる通信を活用したIoTサービスの多様化が予想される。大抵のIoT通信では、任意ホストとの通信が主目的ではなく、必要となる情報やデータの共有・取得・活用が重要となる。このような環境下では、従来のホストセントリックなIPアドレスを用いた通信を用いた場合、通信がサーバへ集中し高信頼かつ効率的な情報・データの配信及び収集が困難となり得る。本研究では、情報指向ネットワーク技術を応用したデータセントリックな通信を提案し、効果的な受信者モビリティ通信を行えることを示した。この知見は、モビリティ通信技術の更なる高度化、並びに将来的に様々なIoTサービスへの応用に期待できる。

研究成果の概要（英文）：Motivated by a further development of mobile communication in Internet of Things (IoT) services in the near future, we investigated a method to achieve high reliable and efficient mobile communication by applying the technologies of information-centric networking (ICN). As an achievement of this research, we proposed and evaluated an ICN-based mobile communication method that exploits in-network cache and combines it with in-network coding, and confirmed the effectiveness of the proposed method through an experimental evaluation. Furthermore, we investigated and developed experiment environments that interconnects a simulator and real communication world to facilitate development and validation of ICN-based mobile communication.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：ICN IoT Mobility

1. 研究開始当初の背景

本格的な Internet of Things (IoT) 社会の到来により、多様かつ大量のデータが自動的にネットワーク上で配信され、利活用されるようになる。大抵の IoT 通信では、任意ホストとの通信が主目的ではなく、必要となる情報やデータの共有・取得・活用が重要となる。そのため、相手通信ホストの位置情報 (IP アドレス) を指定する従来のインターネット通信では、通信の効率化が困難となる。例えば、クラウドを利用した方式では通信がサーバへ集中し、莫大なトラフィック増加を引き起こす可能性がある。また、通信デバイスを相互接続する多種多様な技術を同時に使用するためには、複雑なプロトコル拡張や変換が必要となる。特にモビリティ通信を考慮した場合には位置情報の紐づけが必要なため、通信の複雑化や導入コストの増加を招く。将来の ICT として、投資コストを抑えつつ、高信頼かつ効率的な情報・データの配信及び収集を行えるネットワーク技術が必要不可欠である。

一方、ホストセントリックな IP 通信ではなく、情報・コンテンツを中心に据えたデータセントリックな通信を行う Information-Centric Networking (ICN) が、近年研究されている。コンテンツ名を通信の識別子として利用することで、ネットワーク自体がコンテンツを識別し、ネットワーク内キャッシュを用いた迅速なデータ取得や配信サーバの負荷削減といったメリットが存在する。また、効率的なデータ転送を可能とするマルチキャストやマルチパス転送、そして受信者モビリティ通信を内包しているという特徴を持つ。

2. 研究の目的

本研究の目的は、移動体通信によって実現される IoT サービスの高信頼化を図り、ユーザの体感品質 (QoE: Quality of Experience) を向上させることにある。特に、ある程度のリアルタイム性が求められるビデオ配信などに着目し、ハンドオーバー時のデータ損失のみならず、フェージングや輻輳に伴うデータ損失に伴う QoE 劣化を防ぐ技術の検討を行う。ICN 通信に内包されているネットワーク内キャッシュ機能、同一データリクエスト集約機能 (マルチキャスト通信)、ホップバイホップ型の通信を生かしたネットワーク内処理を駆使することで、既存のデータ通信とクラウドモデルの制約にとらわれない効率的なデータ配信・取得を可能とする通信基盤技術の検討を行う。

3. 研究の方法

(1) まず、シンボリックインタレストの応用とネットワーク内処理による迅速なデータ損失回復機能について検討する。通常のインタレスト (データリクエストメッセージ) は、コンテンツのプレフィックス名とチャンク番号を含めたユニークな名前を指定しネットワークにリクエストすることで、その所望のデータを取得する。しかし、インタレストとデータが一对一対応しているため、インタレストのトラフィック量が増加し、ネットワーク負荷を増長してしまうと同時に、インタレストの損失によるデータ取得遅延が QoE を低下させてしまう恐れがある。そこで、チャンク番号を除いたコンテンツのプレフィックス名のみを指定し、一つのインタレストで複数のデータを取得可能とするシンボリックインタレストを応用し、そのインタレストがネットワーク内で有効となる時間を受信者モビリティの状況に応じて適応させ、無駄な受信データを発生させることなくシームレスにデータを受信できる方式を検討する。更に、ネットワーク内のノードが自律的に損失データを回復すべく、ネットワーク内処理技術としての符号化技術とネットワーク内キャッシュを活用した再送処理機能を組み合わせた方式について検討し、その効果を示す。

(2) 情報指向ネットワーク技術を応用したモビリティ通信の検証を行うためには、WiFi や LTE などの実ワイヤレスネットワーク環境での検証及び実験を行うのが理想的であるが、モビリティを考慮した場合には、再現性が更に困難となる。また、より迅速な ICN モビリティ通信の検証、そして ICN モビリティ通信の検証シナリオを拡充し多様な環境での性能評価を可能とする必要がある。このような観点から、ICN モビリティ通信の検証を継続的かつ柔軟に行える環境について検討する。

4. 研究成果

(1) ns-3 のフレームワークである Direct Code Execution (DCE) を用いた実験環境にて、ネットワーク内キャッシュ及びネットワーク内処理としてネットワーク符号化技術を活用するとともに、シンボリックインタレストを応用しネットワーク上のトラフィック流量を抑えつつ効率的にデータ取得を行えるモビリティ通信の評価を行った。具体的には、受信者側の初期バッファレベルに応じたビデオ視聴時における QoE (最大値 1.0) を定義し、既存の TCP を使用したホストセントリックな通信及び従来の ICN 通信との比較を行った。図 1 に示すように、提案手法は高いスループットを維持可能であるため、従来手法と比較して最も高い QoE を達成しており、初期バッファレベルが 1 秒相当においても、0.9 以上の QoE を達成可能であることを示した。SMI の

効果とネットワーク内処理による迅速なデータ損失回復機能は、これまでに提案されている送信者モビリティ方式へ適用可能であることから、送信者モビリティを伴う通信時においても有効に機能し更なるパフォーマンス向上が期待できる。

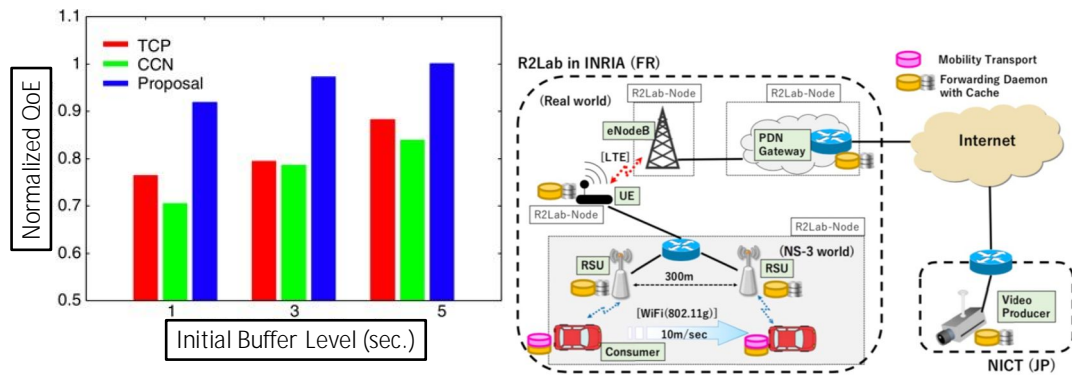


図 1：提案手法と既存技術のパフォーマンス比較 図 2：R2Lab と ns-3 を用いた検証環境

(2) オープンワイヤレステストベッド (R2Lab) を使い、実ワイヤレスネットワークとシミュレータ上のネットワークを連携させ、現実的な検証及び評価環境を構築した(図 2)。これにより、モビリティ通信環境を ns-3 で再現しつつ、実 LTE ネットワーク及びインターネットを介した通信検証を行えるようにした。また、ICN 通信を実現するソフトウェア Cefore のランニングコードを可能な限りそのまま ns-3 で DCE を用いて動作させるべく、Cefore の改良を実施し、Cefore を ns-3 で動作可能とした。更に、ns-3 の基本モジュールとして Cefore の通信モジュールを実装し、DCE に依存した Cefore 改良及びその制限が生じることなく、実ネットワークで動作する Cefore と連携し通信可能な環境構築を行った。これにより、より迅速かつ柔軟な ICN モビリティ通信プロトコルの検証、そして ICN モビリティ通信の評価シナリオを拡充し多様な環境での性能評価を可能とした。これにより、今後も ICN モビリティ通信だけでなく様々な ICN 応用通信機構の円滑な検証を行うことが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 速水祐作, 松園和久, 朝枝仁
2. 発表標題 CeforeSim: Ceforeと連携するNS-3ベースICNシミュレータ
3. 学会等名 電子情報通信学会 ICN研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuhisa Matsuzono, Hitoshi Asaeda, Indukala Naladala, Thierry Turletti
2. 発表標題 Efficient Pull-based Mobile Video Streaming Leveraging In-Network Functions
3. 学会等名 IEEE CCNC (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------