

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330119

研究課題名(和文) コンテンツ指向ネットワーク基盤の大規模モバイルソーシャルネットワークサービス

研究課題名(英文) Large-scale Mobile Social Network Service based on Content-Centric Networking

研究代表者

朴 容震 (Yong-Jin, Park)

早稲田大学・理工学術院(国際情報通信研究科・センター)・その他(招聘研究員)

研究者番号：80580779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：次のような成果をCCN/NDNにおいて得ることができた。(1) コンテンツ・ソース・モビリティ(CSM)に対する新しい方式を提案し定式化して詳細な性能評価を行った。(2) ソーシャルネットワークで必要なPush方式に、CSM機能を追加した。(3) CCN/NDNパケットのアグリゲーション(統合)・セグリゲーション(分割)の手法を開発し、シミュレーションにより、効率性を確認した。(4) CCN/NDNではコンテンツ名でルーティングを行うため体系的なネーミングスキームの検討が必要である。ネーミングスキームの代表的な提案を整理分類し、ネーミングスキームとしてリゾルバを前提としたものを提案した。

研究成果の概要(英文)：We make several achievements in CCN/NDN as follows:(1) We propose new protocol about content source mobility (CSM) and formulize it for detailed performance analysis.(2) As push mechanism is necessary in social networks, we propose protocols considering CSM. (3) Aggregation and segregation methods in CCN/NDN packets are developed and our simulation proves its efficiency. (4) A systematic naming scheme is necessary in CCN/NDN for routing based on content names. We sort out typical and existing proposals and propose a new naming scheme using a resolver.

研究分野：工学(コンピュータネットワーク)

キーワード：情報ネットワーク インターネット ネットワークアーキテクチャ 情報指向ネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

CCN(Content-centric Networking)/NDN(Named Data Networking)は爆発的なインターネットユーザの増加や端末の通信規模の増加により考案された全く新しいインターネットアーキテクチャである。CCN/NDNは負荷をネットワーク内で分散することで大規模ネットワークに対応し、高速かつセキュリティ、(コンシューマ)モバイルサポート、スケーラビリティなどの面で優れている未来インターネットアーキテクチャとして、近年、世界的に非常に大きな注目を集めている[1]。従来の通信技術は端末の位置情報(IP)により通信が行われている。しかし、モバイル端末の普及やコンテンツ取得のための通信がトラフィックの大部分を占めている現在では、IPをルーティングのために管理し、位置情報を基にした通信は位置が動的なモバイル端末が普及している現在のインターネット社会では効率的ではなくなりつつある。CCNではこのような現状を考慮し、通信相手の位置情報を用いず、要求するコンテンツそのものを指定する識別子を指定することでコンテンツを取得する。また、CCNで使用されるルータはコンテンツを一時的にキャッシュする領域を保持しており、各ルータが自律的に簡易なCDN(Content Delivery Network)サーバのような動作をするため、サーバや特定の経路への集中的な負荷を各ルータに分散させることができるだけでなく、コンテンツを効率的に取得することができる。

インターネットユーザ数の増加に伴いSNS(Social Network System)が非常に注目を集めている。SNSの主なサービスの形態として、Twitter型、Facebook型、ニアミーエリアネットワーク型(NAN型)が挙げられる[3]。Twitter型のSNSは、あるユーザが複数のユーザをフォローすることで人のネットワークが形成される。Twitter型のSNSでは、あるユーザのつぶやきがそのユーザをフォローしているすべてのユーザに対して送届けられ、リアルタイム性が重視される。Facebook型のSNSでは特定のコミュニティ間の情報交換が主な利用目的となっており、処理などによる遅延がある程度許されるSNSであると考えることができる。また、NAN型のSNSは物理的に近い人同士が繋がることで実生活における情報交換や助け合いを促進する。例えばある店内で子供を見失った際、周囲の人々に端末を通して助けを求めることで容易に迷子の子供を見つけることができる。

我が国では「地域SNS」としてこのような形態のSNSを導入している地方自治体も存在する。

SNSにはさまざまなサービスの形態が存在するが、ネットワークという観点で考察した場合、いずれもある情報が発信されたとき、関連する各ユーザに対してその情報は送られ共有されるという点で共通である。CCNではルータのキャッシュ機能やマルチキャスト通信を基本機能として備えているため効率的かつネットワーク負荷を最小限に抑えたうえでSNSサービスを提供することができる。また、CCNはコンテンツそのものを示す識別子により通信を行うため、モバイル端末からのアクセスに対し非常に効率的に情報配信を行うことができる。CCNを用いたSNSサービスを実現するためには、(a) SNSに適したコンテンツ名の定義、(b) Pull型の通信方式による余分な処理の削減およびPush型通信方式の定義、(c)効率的なマルチフェースルーティング手法、(d)パケットの結合・分割技術、(e)SNSの要求に応じた適切なセキュリティ方式などを考察しなければならない。特に(b)では物理的な位置情報に基づく識別子やコミュニティに対する識別子を定義しなくてはならない。これらの課題を解決し、大規模ネットワークに対応した低負荷かつ効率的なSNSサービスの基盤を構築することが本研究の目的である。

## 2. 研究の目的

コンテンツの名前を使って情報を取得するコンテンツ指向ネットワーク(CCN)/NDNを使うと、従来のホストの位置アドレス(IP)による情報アクセスの基本的な欠点が改善される。このCCNは、基本的に受信者駆動(Pull)型であるため、ソーシャルネットワークサービス(SNS)に適用しよう[2]とすると新たに、(a) SNSに適したコンテンツ名の定義、(b) Pull型の通信方式による余分な処理の削減およびPush型通信方式の定義、(c)効率的なマルチフェースルーティング手法、(d)パケットの結

合・分割技術、(e)SNS の要求に応じた適切なセキュリティ方式などを考察しなければならない。特に(b)では物理的な位置情報に基づく識別子やコミュニティに対する識別子を定義しなければならない。これらの課題を解決し、大規模ネットワークに対応した低負荷かつ効率的な SNS サービスの基盤を構築することが本研究の目的である。追加として、移動端末の急増に対処することが SNS においても重要であるので、移動性 (mobility) を効率的に管理する方法についても研究する。

### 3. 研究の方法

本研究は(1)CC(コンテンツ指向)SNS 支援のためのネットワーク技術の提案及び開発 ( (a) 位置情報基盤・コミュニティ基盤ネーミングの定義、(b) Push 型の通信方、(c) コンテンツのアクセス権限やプライバシーに関するセキュリティ技術、(d) コンテンツ指向なマルチフェースルーティング・フォワーディング手法 )、(2) CCSNS の実装及び開発、(3) 現実的なテストベッド上での CCSNS の実験、(4) 実験結果による性能評価及び改善を 3 年間で実施する。

### 4. 研究成果

[平成 26 年度]

CCN/NDN ルータでのパケットの(1)アグリゲーション(統合)・セグリゲーション(分割)および(2)モビリティについての研究で学会に発表が出来る成果を見ることが出来た。(1)CCNでは、IP アドレスのような位置情報を用いず、コンテンツ名を直接指定する要求パケットを送信することにより、応答パケットを受信し、要求コンテンツを得られる。コンテンツ単位ごとに、要求パケットと応答パケットの対が送受信される。しかし、データサイズが小さいコンテンツを多数要求する場合には、この要求 応答パケットの対の数が増加し、ネットワークの通信効率を低下させる。本提案手法は、統合された1つの要求パケットにより、コンテンツを一括して要求し、

それらに対する応答パケットを適宜、統合して送り返す。これにより、CCNルータの処理時間および通信負荷を全体として大幅に削減している。ndnSIM を使ったシミュレーションでもこの効果が示された。また、本手法は、従来のCCNに少しの機能の追加で済むという特徴がある。(2)CCNでは、ユーザ (consumer) モビリティは、容易に実現されるが、コンテンツソース (producer) モビリティをどのように実現するかが、課題になっている。ここでは、IP プロトコルで使われる PMIP を参考にしたコンテンツソースモビリティを提案した。

[平成 27 年度]

ソーシャルネットワークで必要な処理として、Push 機能がある。CCN/NDN は Pull 型の機能が中心であるので、この Push 機能をいかに実現するかの研究がいくつか報告されている。この中で、最も評価されている COPSS(Content Oriented Publish/Subscribe System) を選び、Producer Mobility 機能を追加し、学会に発表することができた。COPSS ではランデブーポイントを設け、加入者 (Subscriber) はこれに 要求するコンテンツの Push サービスを登録する。しかし、この加入者が移動した場合にはランデブーポイントから加入者への パスが変わるために、新たな登録が必要になる。移動加入者が多い環境ではこの登録によるトラフィックが増大する。そこでこのパスの変更を効率的に行うための3つのプロトコルを提案し、その特徴を比較した。

また、CCN/NDN で最も重要な課題であるネーミングスキームに対して研究を行い、学会で発表した。CCN/NDN ではコンテンツ名でルーティングを行うため体系的なネーミングスキームの検討が必要である。現在までに、様々な役割や情報を持ったネーミングスキ

ームが提案されているが体系的に研究したものは見られない。今までの代表的な提案を整理分類し、コンテンツ流通におけるコンテンツ ID や ロケータの国際標準および業界標準と照らし合わせ、CCN/NDN のネーミングスキームとして必要な条件や機能について研究した。ネーミングスキームとしてリゾルバを前提としたものを提案した。また、昨年の研究成果の Proxy ベースの Producer Mobility に対する評価を行い、学会に発表することができた。ここではハンドオーバー遅延について既存の提案を比較・評価を行い、我々の提案の有意性を確認した。

[平成 28 年度]

CCN/NDN におけるコンテンツ・ソース (producer) モビリティに対する前年度の提案について定式化して詳細な性能評価を行った。同時に過去の研究成果についての性能比較を行った。この結果を含んだ内容を英文論文誌に採録された。また、ネットワークにおけるモビリティ管理のための既存の TCP/IP プロトコールにおいては、MIPv6 (Mobile IPv6)、PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) が開発され、移動通信の標準化組織の 3GPP のサービスにも組み込まれている。スマートフォンなどの移動体通信機器が爆発的に増加する中、このモビリティ管理のスケラビリティが重要である。しかし、MIPv6/PMIPv6 では中央管理方式の単一エンティティである HA (Home Agent)、LMA (Local Mobility Anchor) がそれぞれモビリティ管理を行っている。本研究で分散モビリティ管理 (DMM: Distributed Mobility Management) の方法として MIPv6/PMIPv6 に、CCN/NDN の基本概念を導入した方法を提案した。性能評価を通じて、提案した方法が既存の MIPv6、PMIPv6 より優れていることを示した。この結果も英文論文誌に採録された。また、NEMO (Network Mobility) を CCN/NDN

で実現するプロトコールを開発し、国際コンファレンスで発表した。さらに、CCN/NDN に DTN (Delay Tolerant Networking) を適用し、異なるネットワーク間にまたがってダウンロードサービスを効率的に受ける方法についての研究を行い、国際コンファレンスのポスターセッションに採録された。

<引用文献>

“ Networking named content ” , V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. Briggs, and R. Braynard, 5th ACM International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies (CoNEXT '09), December 2009.

“ Information-Centric Networking: A Natural Design for Social Network Applications ” , B. Mathieu, P. Truong, W. You, and J. F. Peltier, Communication Magazine, IEEE, Vol. 50, No. 7, pp. 44-51, July 2012.

“ The Near-Me Area Network ” , A. K. Y. Wong, Internet Computing, IEEE, Vol. 14, No. 2, March-April 2010.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

Siran ZHANG, Zhiwei YAN, Yong-Jin Park, Hidenori NAKAZATO, Wataru KAMEYAMA, Kashif NISAR, Ag Asri Ag IBRAHIM, “Efficient Producer Mobility Support in Named Data Networking,” IEICE Transactions (電子通信情報学会論文誌) on Communications., Vol. E100-B, No. 10, pp. -, April 2017, DOI: 10.1587/transcom.2016EBP3458, 査読あり.

Zhiwei Yan, Guanggang Geng, Sherali Zeadally, and Yong-Jin Park, “Distributed All-IP Mobility Management Architecture Supported by the NDN Overlay,”

IEEE Access, Vol.5, pp.243-251, December 2016, DOI: [10.1109/ACCESS.2016.2639008](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2639008), 査読あり.

Kenji Kanai, Takeshi Muto, Jiro Katto, Shinya Yamamura, Tomoyuki Furutono, Takafumi Saito, Hirohide Mikami, Kaoru Kusachi, Toshitaka Tsuda, Wataru Kameyama, Yong-Jin Park, Takuro Sato, ” Proactive Content Caching for Mobile Video Utilizing Transportation Systems and Evaluation Through Field Experiments,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.34, Issue 8, pp.2102-2114, Aug 2016, DOI: [10.1109/JSAC.2016.2577238](https://doi.org/10.1109/JSAC.2016.2577238), 査読あり.

Zhiwei Yan, Jong-Hyouk Lee, Yong-Jin Park, “ Distributed proxies with fast handover support for a PUTSUIT based networking architecture,” Wireless Networks(SCI), May 2015, , January 2016, Volume 22, Issue 1, pp. 307-318, DOI 10.1007/s11276-015-0977-1, 査読あり.

Zhiwei Yan, Jong-Hyouk Lee, Yong-Jin Park, Xiaodong Lee, “Network Mobility Support in Content-Centric Internet,” International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronics and Communication Engineering, Vol.10, No. 1, pp.91-97. Jan 2016, file:///C:/Users/User/Downloads/abstract%20(2).pdf, 査読あり.

Zhiwei Yan, Jong-Hyouk Lee, Xiaodong Lee, Yong-Jin Park, ” Utilizing the Domain Name System for Scalable and Secure Named Data Networking,” Wireless Personal Communications , October 2015, Volume 84, Issue 3, pp 2135-2149, DOI 10.1007/s11277-015-2537-5, 査読あり .

Zhiwei Yan, Hwang-Cheng Wang, Yong-Jin

Park, Xiaodong Lee, “Performance study of the dual-stack mobile IP protocols in the evolving mobile internet,” IET Networks, Vol.4, Iss.1, pp.74-81, Jan 2015, DOI: 10.1049/iet-net.2013.0072, 査読あり.

Zhiwei Yan, Sherali Zeadally, Yong-Jin Park, “A Novel Vehicular Information Network Architecture Based on Named Data Networking (NDN),” IEEE Internet of Things Journal, Vol.1, No.6, pp.525-532, Dec 2014, DOI:

[10.1109/JIOT.2014.2354294](https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2354294), 査読あり .

#### [学会発表](計17件)

Zhiwei Yan, Guanggang Geng, Hidenori Nakazato, Yong-Jin Park, Kashif Nisar, and Ag Asri Ag Ibrahim, On-demand DTN Communications in Heterogeneous Access Networks based on NDN, IEEE VTC 2017-Spring Workshop RAFNET, June 2017, Sydney.

Zhiwei Yan, Jong-Hyouk Lee, Guanggang Geng, Xiaodong Lee, Yong-Jin Park, “A Novel DMM Architecture based on NDN,” 12<sup>th</sup> EAI International Conference (QSHINE) on Heterogeneous Networking for Quality, Reliability, Security and Robustness, July 7-8, 2016, Seoul Korea.

亀山 涉, 朴容震, “ ICN における Content 名と Naming Scheme に関する考察,” 2016年4月20日 電子情報通信学会 ICN 時限研究専門委員会、早大、東京。前田 泰彰, Zhiwei Yan, 朴 容震, 亀山 涉, Kashif Nisar, Ag Asri Ag Ibrahim, Mohd Hanafi Ahmad Hijazi, Heedon Kim, ” NDN における第5世代移動通信システムの プッシュ型コンテンツ配信,” 電子通信情報学会総合大会、九大、B-6-133, 2016.3.

Hidenori Nakazato, Siran Zhang, Yong Jin Park, Andrea Detti, Dariusz Bursztynowski, Zbigniew Kopertowski, and Ioannis Psaras, “On-Path Resolver Architecture for Mobility Support in Information Centric Networking”, Proc. IEEE Globecom 2015 ICNS Workshop, San Diego, U.S.A., December 2015. DOI:10.1109/GLOCOMW.2015.7413979, San Diego, USA.

Kenji Kanai, Takeshi Muto, Jiro Katto, Wataru Kameyama, Yong-Jin Park, Takuro Sato, Shinya Yamamura, Tomoyuki Furutono, Takafumi Saito, Hirohide Mikami,

Kaoru Kusachi, and Toshitaka Tsuda, "Performance Evaluation of Proactive Content Caching for Mobile Video through 50-User Field Experiment," 2015 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), 6-10 Dec. 2015, pp.1 – 6, San Diego, USA.

亀山 渉・朴 容震; ICNにおけるコンテンツネーミングスキームに関する一考察, 電子情報通信学会信学技報, NS2015-145, pp.107-112, 2015.12, 松山、愛媛.

Ngo Thang Quang, Zhiwei Yan, Jiro Katto, Yong-Jin Park, Hidenori Nakazato, Wataru Kameyama, Kashif Nisar, and Ag Asri Ag Ibrahim, "Mobility Support for Content-Oriented Publish/Subscribe System, IEICE Technical Report, vol.115, no.304, CS2015-50 pp.31-34 (2015.11) , 層雲峡温泉、北海道.

Xiaobo Li, Sho Harada, Zhiwei Yan, Yong-Jin Park, Wataru Kameyama, Kashif Nisar, and Ag Asri Ag Ibrahim, "Performance Analysis of Proxy based Producer Mobility in Named Data Networking," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, BS-6-8, 仙台, 2015.9.

Siran Zhang, Zhiwei Yan, Yong-Jin Park, Hidenori Nakazato and Heedong Kim, "Route Optimization for Producer Mobility in Named Data Networking," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, BS-6-9, 仙台, 2015.9.

朴 容震, "ICN 研究動向と早大での取り組み," (招待講演) 電子情報通信学会情報指向ネットワークング時限研究会キックオフワークショップ、東京・早大、2015.4.

Xiaobo Li, Sho Harada, Zhiwei Yan, Yong-Jin Park, and Wataru Kameyama, "Proxy based Producer Mobility in Named Data Networking", 電子情報通信学会総合大会, BS-3-27, 草津、滋賀, 2015年3月.

Sho Harada, Zhiwei Yan, Yong-Jin Park, and Wataru Kameyama, "Performance Analysis of Packet Aggregation over NDN", 電子情報通信学会 総合大会, BS-3-29, 草津、滋賀, 2015年3月.

Kenji Kanai, Takeshi Muto, Hiroto Kisara, Jiro Katto, Toshitaka Tsuda, Wataru Kameyama, Yong-Jin Park and Takuro Sato, "Proactive Content Caching utilizing Transportation Systems and its Evaluation by Field Experiment," IEEE Globecom 2014, Dec.2014., Austin, TX, USA.

Siran ZHANG, Zhiwei YAN, Sho HARADA, Yong-Jin PARK, Hidenori NAKAZATO, "Producer Mobility in NDN Based on Interest Redirection," Technical Report, CS2014-66, pp.75-80, 電子情報通

信学会通信方式研究会, 北海道/知床, 2014-11.

原田 翔, 延 志偉, 朴 容震, 亀山 渉, "Named Data Networkingにおけるネットワーク内パケット統合・分割技術を用いた通信負荷削減手法", 電子情報通信学会信学技報, Volume 114, Number 252, NS2014-121, pp. 99-103, 松江、島根県, 2014年10月17日.

佐藤拓朗・朴 容震・津田俊隆・後藤滋樹・田中良明・亀山 渉・嶋本 薫・甲藤二郎・市野将嗣, "交通機関を活用したコンテンツ配信システム," (招待講演) 電子情報通信学会信学技報, Volume 114, Number 252, NS2014-120, pp. 93-97, 松江、島根県, 2014年10月16日.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

朴 容震 (PARK, Yong-Jin)

早稲田大学・理工学術院 (国際情報通信研究科・センター) その他 (招聘研究員)

研究者番号: 80580779

### (2) 研究分担者

亀山 渉 (KAMEYAMA, Wataru)

早稲田大学・理工学術院教授

研究者番号: 90318858

### (4) 研究協力者

延 志偉 (YAN, Zhiwei)

China Network Information Center  
グループリーダー

アグ・アスリ・アグ・イブラヒム (Ag Asri Ag Ibrahim)

University Malaysia Sabah, Faculty of Computing and Informatics 准教授 (学部長)

カシフ・ナイサー (Kashif Niser)

University Malaysia Sabah, Faculty of Computing and Informatics 准教授