

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 1 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009 ～ 2012

課題番号：21300022

研究課題名（和文） 社会活動のネットワーク化を実現するコミュニティ指向ネットワーク

研究課題名（英文） Community-Oriented Network for Supporting Online Social Activities

研究代表者

今瀬 真 (IMASE MAKOTO)

大阪大学・大学院・情報科学研究科・教授

研究者番号：30346176

研究成果の概要（和文）：

さまざまな社会活動の基礎となっているのは、人と人によって構成される「コミュニティ」である。そこで本研究課題では、社会的なアプローチを用いることにより、人と人によって構成されるコミュニティの活動を自然な形でネットワーク上にマッピングできる、「コミュニティ指向ネットワーク」の実現を目的とする。人と人によって構成されるコミュニティに対して、柔軟かつ効率的な通信環境を提供するためのネットワークアーキテクチャの設計および基盤技術の確立を目指す。「コミュニティ指向ネットワーク」実現のための 3 種類の基盤技術（エンティティ制御技術・コミュニティ制御技術・セマンティック通信技術）のうち、エンティティ制御技術・コミュニティ制御技術・セマンティック通信技術それぞれについて研究を実施した。エンティティ制御技術として、クラウド上のライブマイグレーションによる制御とネットワーク上のトラヒックエンジニアリング間の総合干渉および統合制御に関する基礎検討を実施した。また、コミュニティ制御技術として、コミュニティ参加者の交流関係をネットワークとして表現し、その交流ネットワークからコミュニティの活性度を推定する手法を提案し、オープンソースソフトウェア開発コミュニティのログデータを用いて提案方式の有効性を検証した。さらに、セマンティック通信技術として、コミュニティ単位での閉域性を実現できるコンテンツセントリックネットワークのアーキテクチャを設計した。

研究成果の概要（英文）：

Fundamentals of various social activities are “communities”, each of which is a group of people. In this research, by taking a novel sociological approach, we aimed at realization of “community-oriented network”, which enables natural mapping of social activities in communities onto communication networks. The primary objective of this research includes the design of network architecture for providing flexible and efficient communication infrastructure to communities and the establishment of fundamental technologies. We actively performed research regarding, in particular, three fundamental technologies (i.e., entity control, community control, and semantic communication) toward realization of community-oriented network. As entity control, theoretical research on mutual interference of Cloud lives migration and traffic engineering and their integrated control were studied. As community control, we developed an estimation method of community’s activity from a social network, which is a graphical representation of social interactions. As semantic communication, a content-centric network architecture which enables closed communication per community was designed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2010年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
2012年度	3,300,000	990,000	4,290,000
総計	13,600,000	4,080,000	17,680,000

研究分野：計算機システム・ネットワーク

科研費の分科・細目：計算基盤・情報ネットワーク

キーワード：インターネット高度化、コミュニティ、ネットワーク、ネットワークアーキテクチャ、通信工学

1. 研究開始当初の背景

近年、さまざまな社会活動がネットワーク上へ移行しつつある。この背景には、情報処理技術の高度化・低コスト化やインターネットに代表される情報ネットワーク技術の爆発的な普及がある。情報ネットワーク技術の発展により、大容量の情報を高速かつ低コストで交換することは可能となった。しかし、実社会における社会活動を真の意味でネットワーク上に移行するためには、現在の情報ネットワーク技術はまだ不十分である。スケーラビリティ・適応性・効率性・個人化・コンテキスト適応の点で、現在の情報ネットワーク技術には解決すべき課題が数多く残されている。

情報ネットワーク技術はこれまで、(1)通信容量の拡大という観点からの高速化、(2)接続されるノード数の拡大という観点からのスケーラビリティ向上、(3)個々の利用者の要求に応じた通信を提供するという意味での個人化、というそれぞれ独立した3つのベクトルに向かって研究が行われてきた。例えば、ネットワークの高速化を目指して、超高速トランスポートプロトコル技術・光パケット交換技術などが、スケーラビリティ向上を目指して、ユビキタスネットワーク技術・センサネットワーク技術などが、個人化に関しては、セッション管理技術・意味ベースの通信技術などが研究されてきた。しかし、これらの研究は有機的に結合されておらず、clean-slate なアプローチによる新しいネットワークアーキテクチャが切望されている。

さまざまな社会活動をネットワーク上に移行するためには、多様な人間活動を自然にネットワーク上にマッピングできる情報ネットワーク技術が不可欠である。しかし既存

の情報ネットワーク技術では、膨大な数の人に対して適応的・効率的に通信環境を提供することは容易ではない。また、ネットワーク利用者に対して、個々の要求に応じた通信環境や利用者の状況に応じた通信環境を提供することも容易ではない。さまざまな社会活動の基礎となっているのは、人と人によって構成される「コミュニティ」である。

2. 研究の目的

そこで本研究課題では、社会的なアプローチを用いることにより、人と人によって構成されるコミュニティの活動を自然な形でネットワーク上にマッピングできる、「コミュニティ指向ネットワーク」の実現を目的とする。人と人によって構成されるコミュニティに対して、柔軟かつ効率的な通信環境を提供するためのネットワークアーキテクチャの設計および基盤技術の確立を目指す。

3. 研究の方法

「コミュニティ指向ネットワーク」実現のための3種類の基盤技術(エンティティ制御技術・コミュニティ制御技術・セマンティック通信技術)のうち、エンティティ制御技術・コミュニティ制御技術・セマンティック通信技術それぞれについて研究を実施する。

エンティティ制御技術として、(1) ①参加者のコミュニティ情報を利用することにより、サービスオーバーレイネットワークのトポロジを動的に再構成する手法ACBP(Approximate Cluster-Based Policy)を提案し、その有効性をシミュレーション実験により明らかにする。②クラウド上のライブマイグレーションによる制御とネットワーク上のトラヒックエンジニアリング間の総合干渉および統合制御に関する基礎検討を実施する。また、コミュニティ制御技術として、

(2) コミュニティ参加者の交流関係をネットワークとして表現し、その交流ネットワークからコミュニティの活性度を推定する手法を提案し、オープンソースソフトウェア開発コミュニティのログデータを用いて提案方式の有効性を検証する。さらに、(3)セマンティック通信技術として、コミュニティ単位での閉域性を実現できるコンテンツセントリックネットワークのアーキテクチャを設計する。

#### 4. 研究成果

(1)① 近年、インターネットのルーティングを上位層で柔軟に制御することができる、オーバーレイネットワークへの注目が高まっている。オーバーレイネットワークでは、さまざまに変化する利用者のトラフィック要求に応じて、適切にネットワークのトポロジを再構成することが重要である。これまで、オーバーレイネットワークにおける通信コストとトポロジ再構成コストのトレードオフを考慮した、効率的なトポロジ再構成手法 CBP (Cluster-Based Policy) が提案されている。しかし、CBP は、利用者からのトラフィック要求がすべて既知であることを前提としている。

そこで我々は、オーバーレイネットワーク利用者によって形成されるソーシャルネットワークのコミュニティ情報を利用することにより、利用者のトラフィック要求が未知であっても適用が可能な、オーバーレイネットワークのためのトポロジ再構成手法 ACBP (Approximate Cluster-Based Policy) を提案した。さらに、シミュレーション実験により、提案する ACBP の有効性を評価した。その結果、提案する ACBP のコストは、利用者のトラフィック要求を必要としないにもかかわらず、CBP のコストの約 112% 以下に抑えられることを示した。

(1)② クラウドコンピューティング環境において、データセンター間で仮想計算機を移動させるライブマイグレーションが考えられている。さらに、このライブマイグレーションを応用してサービスの通信品質を向上させる制御が考えられている。一方で、データセンター間を接続するネットワークではトラフィックエンジニアリングが実施されている。これら 2 つの制御は独立に設計、運用されている。ライブマイグレーションとトラフィックエンジニアリングを統合的に制御することで、独立に運用した場合よりも良い性能を実現できる可能性があるが、今まで統合制御の効果について明らかにされていない。

そこで、本研究では、ライブマイグレーション

とトラフィックエンジニアリングの統合制御の有効性を調査した。制御目的の 1 つの例としてリンクの輻輳遅延を採用し、統合制御を混合整数計画法にもとづいて定式化した。シミュレーションにより、インターネット 2 バックボーントポロジで評価した場合は、統合制御が独立制御に比べて最大で 24% 遅延を小さくでき、約 1.3 倍のトラフィックを収容できることを示した。

(2) 近年、社会活動のネットワーク化が急速に進んでおり、ネットワーク上にさまざまな種類のコミュニティ(オンラインコミュニティ)が数多く形成されている。オンラインコミュニティを成功へと導くためには、そのコミュニティの管理者(アドミニストレータ・マネージャ・ファシリテータなど)が、コミュニティの状態を適切に把握できることが求められる。

そこで我々は、ソーシャルネットワークのトポロジ構造を用いることにより、「オンラインコミュニティのリーダーシップ(コミュニティ全体としてどの程度リーダーシップが取られているか)」を推定する手法を提案した。さらに、開発型オンラインコミュニティのポータルサイトである SourceForge のログを用いて、提案するオンラインコミュニティのリーダーシップ推定手法の有効性を検証した。その結果、(1) 媒介中心性によって参加者のリーダーシップが推定できること、(2) 推定したコミュニティのリーダーシップはソフトウェアの成熟度および生産性と十分な正の相関があり、コミュニティの状態把握に有用であること、などを示した。

(3) インターネットに代表される、データを送受信するホストを主体としたネットワーク(ホストセントリックネットワーク)ではなく、送受信されるデータを主体としたネットワーク(データセントリックネットワーク)が近年注目を浴びている。データセントリックネットワークの一つとして、コンテンツの識別子をもとにパケットのルーティングを行う CCN (Content-Centric Networking) が提案されている。CCN はインターネットと同様にオープンな通信モデルを採用しており、コンテンツ識別子を知っていれば、誰でもそのコンテンツを入手することができる。しかし、さまざまな環境での利用を想定すると、ある特定の利用者だけにコンテンツのアクセスを制限するという、グループ単位の閉域性を実現することが望まれる。

そこで本研究では、CCN におけるルータを仮想化することにより、グループ単位の閉域性を実現する VCCN (Virtual Content-Centric Networking) を提案した。VCCN の要素技術(図 3)である、コンテンツ

識別子の拡張・ルータの多重化・VCCN ルータ間のパケット転送を実装し、実験により閉域性が実現できていることを確認した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

[1] S. Tsugawa, H. Ohsaki, M. Imase: "Lightweight and Distributed Connectivity-based Clustering Derived from Schelling's Model" IEICE Transactions on Communications E95.B, 2549-2557 (2012)

[2] S. Tsugawa, H. Ohsaki, M. Imase: "Inferring Leadership of Online Development Community using Topological Structure of its Social Network" Journal of the Infocionomics Society 7. 17-27 (2012)

[3] S. Tsugawa, H. Ohsaki, M. Imase: "Estimating Message Importance using Inferred Inter-Recipient Trust for Supporting Email Triage" Journal of Information Processing 20. 796-805(2012)

[4] K. Sugiyama, H. Ohsaki, M. Imase: "Estimating node characteristics from topological structure of social networks" IEICE Transactions on Communications E92. B. 3094-3101 (2009), 1

[学会発表] (計 27 件)

[1] M. Ishino, S. Tsugawa, H. Ohsaki: "On the Robustness of Centrality Measures against Link Weight Quantization in Real Weighted Social Networks" Proceedings of the 2nd International Workshop on Ambient Information Technologies (AMBIT2013). (20130317). フロリダ、アメリカ

[2] M. Ohtani, K. Tsukamoto, Y. Koizumi, H. Ohsaki, K. Hato, J. Murayama, M. Imase: "VCCN: virtual content-centric networking for realizing group-based communication" to be presented at 12th IEEE International Conference on Communications (ICC 2013). (20130609). ブダペスト、ハンガリー

[3] H. Ichihara, Y. Koizumi, H. Ohsaki, K. Hato, J. Murayama, M. Imase: "On the integrated control of virtual machine live

migration and traffic engineering for cloud computing" Proceedings of IEEE GLOBECOM 2012. (20121203). カリフォルニア、アメリカ

[4] M. Seki, Y. Koizumi, H. Ohsaki, K. Hato, J. Murayama, M. Imase: "Selfish virtual machine live migration causes network instability" Proceedings of the 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT2012). (20121105). サンティアゴ、チリ

[5] S. Tsugawa, Y. Matsumoto, H. Ohsaki, M. Imase: "Robustness of centrality measures against noises in link weights in social network analysis" Proceedings of the 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT2012). (20121105). サンティアゴ、チリ

[6] R. Ishiyama, K. Tsukamoto, Y. Koizumi, H. Ohsaki, K. Hato, J. Murayama, M. Imase: "On the Effectiveness of Diffusive Content Caching in Content-Centric Networking" Proceedings of the 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT2012). (20121105). サンティアゴ、チリ

[7] Y. Matsumoto, S. Tsugawa, H. Ohsaki, M. Imase: "Robustness of Centrality Measures against Link Weight Quantization in Social Network Analysis" in the Proceedings of the 4th Annual Workshop on Simplifying Complex Networks for Practitioners (SIMPLEX2012). (20120417). リヨン、フランス

[8] S. Tsugawa, K. Takahashi, H. Ohsaki, M. Imase: "Robust estimation of message importance using inferred inter-recipient trust for supporting email triage" the 10th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2010). (20100727). シアトル、米国

[9] S. Tsugawa, H. Ohsaki, M. Imase: "Inferring success of online development communities: Application of graph entropy for quantifying leaders, involvement" Proceedings of the 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT

2010). (20100617). マレーシア

[10] T.Ogasa, Y.Takahashi, H.Ohsaki, M.Imase, T.Yagi, J.Murayama: "Dynamic topology reconfiguration method for service overlay networks using users' community information" the 9th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2009). (20090723). シアトル、米国

[産業財産権]

○出願状況 (計 6 件)

[1]

名称: 投稿情報システム、算出装置及び算出方法

発明者: 近藤 毅、胡 博、首藤 裕一、小泉 佑揮、今瀬 真、大崎 博之、塚本 圭一郎

権利者: 日本電信電話株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-177801

出願年月日: 2012-08-10

国内外の別: 国内

[2]

名称: 中継装置および中継方法

発明者: 首藤 裕一、波戸 邦夫、村山 純一、小泉 佑揮、今瀬 真、大崎 博之、石山 亮一、塚本 圭一郎

権利者: 日本電信電話株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-042366

出願年月日: 2012-02-28

国内外の別: 国内

[3]

名称: 中継装置、中継方法、ネットワークシステム及び中継プログラム

発明者: 波戸 邦夫、村山 純一、今瀬 真、大崎 博之、小泉 佑揮、塚本 圭一郎、大谷 雅人

権利者: 日本電信電話株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2011-28989

出願年月日: 2011-02-14

国内外の別: 国内

[4]

名称: 検索装置、検索システム、検索方法及び検索プログラム

発明者: 桑原 健、村山 純一、大崎 博之、今瀬 真、小泉 佑揮、塚本 圭一郎

権利者: 日本電信電話株式会社、国立大学法

人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2010-232971

出願年月日: 2010-10-15

国内外の別: 国内

[5]

名称: ウェブ中継サーバ

発明者: 桑原 健、村山 純一、今瀬 真、大崎 博之、塚本 圭一郎

権利者: 日本電信電話株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2009-197946

出願年月日: 2009-08-28

国内外の別: 国内

[6]

名称: ウェブページ閲覧アシスト方法

発明者: 桑原 健、村山 純一、今瀬 真、大崎 博之、塚本 圭一郎

権利者: 日本電信電話株式会社、国立大学法人大阪大学

種類: 特許

番号: 特願 2009-197945

出願年月日: 2009-08-28

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://www.ispl.jp/~oosaki>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今瀬 真 (IMASE MAKOTO)

大阪大学・大学院・情報科学研究科・教授

研究者番号: 30346176

(2) 研究分担者

大崎 博之 (OHSAKI HIROYUKI)

大阪大学・大学院・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 00294166

小泉 佑揮 (KOIZUMI YUKI)

大阪大学・大学院・情報科学研究科・助教

研究者番号: 50552072