

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2013

課題番号：21360187

研究課題名(和文) マルチ仮想ネットワークによる高信頼ネットワークシステムアーキテクチャの研究

研究課題名(英文) A Reliable Network System Architecture based on Multi-Virtualized Networking

研究代表者

村上 孝三 (Murakami, Koso)

大阪大学・情報科学研究科・招へい教授

研究者番号：10273731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円、(間接経費) 4,020,000円

研究成果の概要(和文)：多様化するサービス仕様の効率的開発と高信頼性要求の両方の課題を同時に解決するための従来にないICTシステムアーキテクチャの開発を目指す。その基本的なアプローチとしてネットワークの可視化、すなわち、ネットワークの構成・動作を管理者およびユーザに見えるようにすることを新パラダイムとし、サービスおよびシステム機能のコンポーネント化技術、コンポーネントの仮想ネットワーク化技術および仮想ネットワーク間自律分散協調技術を主たる構成要素とするネットワークシステムアーキテクチャを構築する。

研究成果の概要(英文)：We challenge to construct a new ICT system architecture that achieves efficient development and reliable provision of various services. It is based on visibility of network. In other words, the proposed system shows its architecture and processes to users. Component-based virtual networking architecture realizes this concept with autonomous cooperative management.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：高信頼性ネットワーク セキュアネットワーク エージェント 自己組織化 仮想ネットワーク

1. 研究開始当初の背景

近年、光通信技術の発展によるバックボーンネットワークの大容量化と、ブロードバンドアクセスの高速化に伴い、ネットワーク上で動画像や音声などを含めた多様なアプリケーションが提供できるようになり、ICTシステムが社会インフラとして重要な役割を求められるようになった。その一方でサービスの大規模で長時間にわたる停止等の頻度が著しく増大し、システムの信頼性を安定させることが重大な課題となっている。この問題は、サービスやオペレーションの多様化、高度化に対するソフトウェア・ハードウェアの複雑化という現状の ICT の本質的特徴に由来するものであり、その抜本的対策として、システムアーキテクチャの革新による新しいネットワークシステムの研究開発が活発化している。国際標準化中の次世代ネットワーク NGN はその代表例で、情報伝達基盤とサービス提供基盤を分離する階層的アーキテクチャの導入によりシステム機能と機能間インターフェースの明確化を特徴としており、多様化する新サービス開発の効率的開発や超高速サービス等の実現基盤として期待されている。しかしながら、既存インターネットを継承していることなどからシステムの信頼性・安全性については不十分であり、ポスト NGN として、米国での GENI(Global Environment for Network Innovations)や日本の AKARI(Architecture Design project that illuminates the path to the New Generation Network)など新世代ネットワークの構築を目指した研究プロジェクトが胎動しているが、これらの技術的アプローチはまだ明確になっておらず、研究開始段階に過ぎない。大容量高速ネットワーク上で複雑で多様なネットワークアプリケーションを効率よく開発・提供するための新しい概念として SOA(Service Oriented Architecture)や SaaS over NGN (Software as a service over NGN) などの提唱があり研究開発が進められているが、これらも同様にサービスの効率的開発重視のアプローチであり、信頼性、安定性の問題に対する対応が不十分である。

2. 研究の目的

多様化するサービスの効率的開発と高信頼性要求の両方の課題を同時に解決するための従来にない ICT システムアーキテクチャの開発を目指し、その基本的なアプローチとしてネットワークの可視化、すなわち、ネットワークの構成・動作を管理者およびユーザに見えるようにすることを新パラダイムとする。その実現技術として、サービスおよびシステム機能のコンポーネント化技術、コンポーネントの仮想ネットワーク化技術および仮想ネットワーク間自律分散協調技術を主たる構成要素とするネットワークシステムアーキテクチャを構築する。

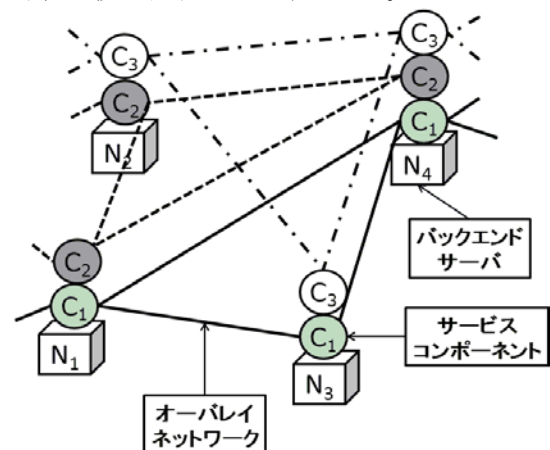
3. 研究の方法

ネットワーク中に同機能のコンポーネントを複数配置し、それらが仮想ネットワークを構築して相互に連携することで安定性と対故障性を飛躍的に高めるネットワークシステムアーキテクチャを提案する。このとき、ネットワークの構成と動作を可視化することで、従来のブラックボックスとして隠蔽されたネットワークとは根本的に異なる信頼性を得ることを目指す。具体的には、研究期間内に以下の3点を確立する。

- (1) コンポーネント間仮想ネットワークによる対故障性向上手法
- (2) エージェント間協調を用いた自己組織化によるサービス品質安定化手法
- (3) セキュアな通信環境の確保

4. 研究成果

提案プラットフォームでは、サービスをコンポーネント化してネットワーク中に分散配置することで、多数のリクエストに対して高品質なサービスを提供する。このとき、高いスケラビリティを保ちながら適切な制御を行うため、同種のコンポーネント間で仮想ネットワークを構築し、自律的負荷分散と障害回復を行う手法を確立した。



図：コンポーネント間仮想ネットワーク

更に、エージェントを用いた分散制御により、アクセス数の増減に合わせてコンポーネントの追加・削除・移動を行い、自己組織的に仮想ネットワークを変化させながら安定したサービス品質を保証する手法を提案した。

また、サービス機能だけでなく、ネットワークもコンポーネント化することで制御を一元化し、より柔軟で信頼性の高いプラットフォームを構築した。このとき、コンポーネント化されたネットワークは、それを単位として通信品質を保証すると共に、セキュアな通信を担保する。

加えて、アプリケーションとして映像配信を想定し、P2P におけるピアをサービスコンポーネントとする高品質・高信頼ストリーミングシステムを開発した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

[1] 藤本章宏, 藤枝太一, 戸出英樹, 村上孝三, ``マルチサーバ配信における高信頼 Inter/Intra-Stream FEC 方式,`` 電子情報通信学会論文誌, Vol. J93-B No. 2 pp. 379-389, Feb. 2010.

[2] T. Hisada, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``P2P Network System for Private Live-Streaming Distribution,`` International Journal of Multimedia Intelligence and Security (IJMIS), Special Issue on Multimedia Signal Processing and Communications, vol. 2, no. 1, pp. 36-53, May 2011.

[3] サンパトプリヤンカラ, 木下和彦, 戸出英樹, 村上孝三, ``ノード性能の不均質な無線センサネットワークのためのハイブリッド型ルーチング方式,`` 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J96-B, No. 2, pp. 102-113, February 2013.

[4] A. Fujimoto, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``Design and Prototyping of Error Resilient Multi-server Video Streaming System with Inter-Stream FEC,`` IEICE Transactions on Communications, vol. E96-B, no. 7, pp. 1826-1836, July 2013.

[5] K. Takahashi, T. Mori, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``A Resilient Forest-based Application Level Multicast for Real-time Streaming,`` IEICE Transactions on Communications, vol. E96-B, no. 7, pp. 1874-1885, July 2013.

[6] T. Motohashi, A. Fujimoto, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``A Resilient Video Streaming System Based on Location-aware Overlapped Cluster Trees,`` IEICE Transactions on Communications, vol. E96-B, no. 11, pp. 2865-2874, Nov. 2013.

[7] 元橋智紀, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三, ``多様な配信木により離脱耐性と遅延抑制を向上させる重畳クラスタ木型動画配信システム,`` 電子情報通信学会論文誌, 通信技術の革新を担う学生論文特集号, vol. J97-B, no. 2, pp. 132-142, Feb. 2014.

〔学会発表〕(計38件)

[1] 藤本章宏, 戸出英樹, 村上孝三, ``マルチサーバ配信における高信頼 Inter/Intra-Stream FEC 方式の拡張提案,`` 信学技報, vol. 109, no. 60, ICM2009-11, pp. 95-100, 2009年5月

[2] 吉原直利, 戸出英樹, 村上孝三, ``QoS 指向 IP ルータにおける TCP ストリーミングに適したバッファ管理機構,`` 信学技報, vol. 109, no. 60, ICM2009-12, pp. 101-106, 2009年5月

[3] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami: ``A Clustering Method for

Wireless Sensor Networks with Heterogeneous Node Types,`` Proceedings of the 18th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2009), San Fransisco, USA, August 2009.

[4] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami, ``Cluster-based Routing Method for Wireless Sensor Networks with Heterogeneous Node Types,`` Proceedings of the 2009 International Conference on Multimedia, Information Technology and its Applications (MITA 2009), C-4, Osaka, Japan, August 2009.

[5] J. Nagata, Y. Tanigawa, H. Tode, and K. Murakami, ``A Construction Method of Cluster-tree Topology Suitable for Dense ZigBee Network,`` Proceedings of International Conference on Multimedia, Information Technology and its Applications (MITA 2009), Session C-1, pp. 55-56, Osaka, Aug. 2009.

[6] 永田純子, 谷川陽祐, 戸出英樹, 木下和彦, 村上孝三: ``複数のチャンネルを用いた高密度 ZigBee ネットワーク構築手法,`` 電子情報通信学会技術研究報告, NS2009, October 2009.

[7] T. Hisada, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``P2P Live-Streaming System Suitable for Private Contents Distribution,`` in Proceedings of IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2010), M1-5, Las Vegas, NV, USA, Jan. 2010.

[8] サンパトプリヤンカラ, 木下和彦, 戸出英樹, 村上孝三: ``無線センサネットワークにおけるシンク周辺の負荷分散を考慮したハイブリッド型ルーティングプロトコル,`` 電子情報通信学会技術研究報告, NS2009, March 2010.

[9] 吉原直利, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三, ``IP ネットワークにおけるプログレッシブダウンロードに適した QoS 制御機構,`` 電子情報通信学会技術研究報告, NS2009, pp. 415-420, Mar. 2010.

[10] 高橋和也, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三, ``ノードの離脱・故障の影響を低減する高効率マルチキャスト配信法,`` 2010年電子情報通信学会総合大会, B-6-126, Mar. 2010.

[11] 上窪加奈, サンパトプリヤンカラ, 谷川陽祐, 木下和彦, 戸出英樹, 村上孝三: ``ノード性能の不均質な無線センサネットワークのための拡張 DSR プロトコル,`` 電子情報通信学会総合大会, March 2010.

[12] 久田貴之, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三: ``[奨励講演] 配信者の転送負荷を低減させる P2P ストリーミングシステムの離脱耐性評価,`` 電子情報通信学会技術研究報告, NS2010, June 2010.

- [13] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami: ``A Study on Efficient Node Placement for Clustering/Multi-hop Hybrid Routing in Heterogeneous Wireless Sensor Networks,’’ IEICE General Conference, BS-7-23, Sep. 2010.
- [14] 藤本章宏, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三: ``動画像ストリーミング配信における復元優先度を考慮した適応的パケット復元方式,’’ 電子情報通信学会技術研究報告, NS2010, Oct. 2010.
- [15] 高橋和也, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三: ``複数配信木アプリケーションレベルマルチキャストにおけるハイブリッド障害回復手法,’’ 電子情報通信学会技術研究報告, NS2010, Oct. 2010.
- [16] T. Hisada, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``Churn Resilience of P2P System Suitable for Private Live-streaming Distribution,’’ Proceedings of 1st International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems (SMDMS-2010) in Conjunction with 5th 3PGCIC-2010 Conference, Fukuoka, Japan, Nov. 2010.
- [17] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami, ``A Clustering/Multi-hop Hybrid Routing Method for Wireless Sensor Networks with Heterogeneous Node Types,’’ Proceedings of IEEE Globecom 2010 Workshop on Heterogeneous, Multi-hop Wireless and Mobile Networks (HeterWMN 2010), Florida, USA, Dec. 2010.
- [18] K. Takahashi, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``Robust Network Construction Method in Multiple Tree-Based Application Level Multicast,’’ Proceedings of IEEE CCNC 2011, Special Session on Scalable Adaptive Multicast in P2P Overlays, Las Vegas, USA, Jan. 2011.
- [19] A. Fujimoto, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``Adaptive Packet Recovery Method Based on Recovery Priority for High Quality Video Streaming Service Infrastructure,’’ Proceedings of IEEE CCNC 2011, Multimedia & Entertainment Networking and Services, Las Vegas, USA, Jan. 2011.
- [20] 久田貴之, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三: ``ユーザ嗜好に応じたコンテンツ推薦機能を有するP2Pライブストリーミングシステム,’’ 電子情報通信学会技術研究報告, NS2010, Mar. 2011.
- [21] 井本圭佑, 木下和彦, 谷川陽祐, 戸出英樹, 村上孝三: ``複数の送受信機を備えたノードで構成される無線センサネットワークのための経路制御方式,’’ 電子情報通信学会総合大会, B-6-56, Mar. 2011.
- [22] K. Murakami, H. Tode, K. Kinoshita, Y. Hirota, and Y. Tanigawa, ``Future Network Architecture for High-Quality Multimedia Communication Services,’’ Proceedings of the Korea Multimedia Society Conference 2011-Spring, Pusan, Korea, May 2011. (Invited Talk)
- [23] A. Fujimoto, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``Parity Stream Construction Method Based on Estimated Utility for Multi-Server Video Streaming System,’’ Proceedings of IEEE ICC 2011, Session CQRM, Kyoto, Japan, June 2011.
- [24] 元橋智紀, 廣田悠介, 戸出英樹, 村上孝三, ``ノード間距離を考慮に入れた離脱耐性を有する重畳クラスタツリー型経路構成法,’’ 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 111, no. 277, NS2011-116, Nov. 2011.
- [25] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami, ``A Generalized Spatial Boundary Analysis Method for Clustering/Multi-hop Hybrid Routing in Wireless Sensor Networks,’’ Proceedings of the IEEE Globecom 2011, Workshop on Heterogeneous, Multi-hop, Wireless and Mobile Networks (HeterWMN), Houston, USA, Dec. 2011.
- [26] 永田純子, 谷川陽祐, 木下和彦, 戸出英樹, 村上孝三, ``重畳された無線センサネットワーク間の協調による負荷分散のためのルーチング手法,’’ 電子情報通信学会技術研究報告, NS2011-242, Mar. 2012.
- [27] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami, ``Spatially Boundary Analysis Method for Clustering/Multi-hop Hybrid Routing in Homogeneous Wireless Sensor Networks,’’ IEICE General Conference, BS-3-39, Mar. 2012.
- [28] J. Nagata, Y. Tanigawa, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami, ``A Routing Method for Cooperative Forwarding in Multiple Wireless,’’ Proceedings of the 8th International Conference on Networking and Services (ICNS 2012), St. Maarten, Netherlands Antilles, Mar. 2012.
- [29] T. Motohashi, A. Fujimoto, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``Construction Method of Overlapped Cluster-trees Considering Inter-node Distance for Resilient Video Streaming,’’ in Proceedings of the 21st International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN2012), Multimedia, Qos, and Traffic Modeling Track (MQTM), Munich, Germany, July-Aug. 2012.
- [30] サンパト プリヤンカラ, 木下和彦, 戸出英樹, 村上孝三, ``無線センサネットワークのためのハイブリッド型ルーティングプロトコルとその動的再構成手法,’’ 電子情報通信学会技術研究報告, NS2012-125, December 2012.
- [31] 元橋智紀, 藤本章宏, 廣田悠介, 戸出

英樹, 村上孝三, ``大規模なノード離脱に耐性のある重畳クラスタ木型動画配信システム,`` 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 112, no. 463, NS2012-263, pp. 571-576, Mar. 2013.

[32] S. Priyankara, K. Kinoshita, H. Tode, and K. Murakami, ``Optimization of Dynamic Reconfiguration Method for Hybrid Wireless Sensor Networks,`` IEICE General Conference, BS-1-8, March 2013. (NS 英語セッション奨励賞)

[33] 橋本稜平, 木下和彦, 谷川陽祐, 戸出英樹, 村上孝三, ``共有ノードを用いた複数センサネットワーク協調におけるネットワーク公平性の検討,`` 電子情報通信学会総合大会, B-6-57, March 2013.

[34] 井上優也, 廣田悠介, 木下和彦, 戸出英樹, 村上孝三, 渡辺尚, “ネットワーク制御とサービス制御を一元化したサービスプラットフォーム,” ITRC-NWGN2013, Sept. 2013.

[35] 勝元健, 木下和彦, 山井成良, 村上孝三, ``大容量ファイルダウンロードにおけるユーザ効用最大化を目的とした帯域割り当て方式,`` ITRC-NWGN2013, Sept. 2013.

[36] A. Fujimoto, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, ``High Quality Streaming System with Hierarchical Cache Servers Based on Inter-Stream FEC Function,`` in Proceedings of the 38th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN2013), Oral Session, Sydney, Australia, Oct. 2013.

[37] R. Kawasumi, Y. Hirota, H. Tode, and K. Murakami, “Multicast Distribution System with Functions of Time-shift and Loss-Recovery based on In-network Caching and OpenFlow Control,” in Proceedings of 4th International Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems in Conjunction with the 9th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC-2013), W-SMDMS-S2-1, Compiègne, France, Oct. 2013.

[38] 山内俊英, 橋拓至, 木下和彦, ``ホップバイホップルーティングにおけるロバスト性を考慮した確率的経路選択法,`` 電子情報通信学会技術研究報告, NS2013-219, March 2014.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上孝三 (Murakami Koso)
大阪大学・大学院情報科学研究科・招へい教授
研究者番号: 10273731

(2) 研究分担者

木下和彦 (Kinoshita Kazuhiko)
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 40304018
廣田悠介 (Hirota Yusuke)
大阪大学・大学院情報科学研究科・助教
研究者番号: 20533136

(3) 連携研究者

戸出英樹 (Tode Hideki)
大阪府立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 20243181
山井成良 (Yamai Nariyoshi)
岡山大学・情報統括センター・教授
研究者番号: 90210319