

## 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 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500084

研究課題名（和文） 新世代ネットワークを目指した組込み機器通信アーキテクチャおよびプロトコルの開発

研究課題名（英文） Development of Communication Architecture and Protocols for Embedded Device Systems towards New Generation Networks

研究代表者

佐藤 健哉（SATO KENYA）

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：20388044

研究成果の概要（和文）：家電機器や携帯電話，高度交通システム(ITS)などの組込み機器を対象とし，動画などのストリームデータや低遅延が求められるデータを効率よく伝送可能なネットワークアーキテクチャの構築を行った．ネットワーク層を利用することなくデータリンク層から直接サービスを発見する手法の検討を行った．また，通常では目視できない無線によるノード間接続やノードの状態を直接的に把握できるネットワークアナライザのプラットフォームの開発も実施した．

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed new network architecture for embedded systems, such as home appliances, mobile phones, and intelligent transport systems (ITS), to effectively transport stream and/or low latency data. We studied the node/service discovery method in data link layer without network layer. In addition, we developed the network analyzing platform to directly understand invisible network topology and node status with augmented reality technology.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：組込みシステム・ネットワークアーキテクチャ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) インターネットは，その起源とされる ARPANET が開発されて約 40 年経過し，現在では社会経済基盤を支える通信インフラとしてなくてはならない存在となっている．しかし，映像配信やネットショッピング，組込み機器や移動環境など，インターネット設計当初では予想していなかった利用方法が

登場し，その時の必要性から一貫性のない技術が次々と追加されてきた．

(2) 次世代ネットワークにおいては動画配信のための帯域確保や携帯電話網の IP 化が検討されているが，IP ネットワークの延長ではない新しいアーキテクチャとプロトコルからなるネットワークを目指して，様々な組織

が検討を開始している。近い将来、計算機技術の中心が PC からユビキタスコンピューティングへ発展すると想定される状況において、これまで家電機器や高度交通システム (ITS) などの組み込み機器を中心としたユビキタスネットワークに関する研究に取り組んでおり、その中でも特に位置や状況に特徴を持つ非均質な組み込み機器の計算資源を有効利用するためのネットワークのプラットフォームの構築、および、新しいネットワークアーキテクチャを考慮した組み込み機器通信プロトコルを開発し、ユビキタスコンピューティングのための新しいネットワークアーキテクチャが必要となる。

## 2. 研究の目的

(1) 家電機器や携帯電話、高度交通システムなどの組み込みシステムを対象とし、主に効率的な動画配信や低遅延のデータ伝送を実現できるネットワークアーキテクチャを構築する。

(2) 世界規模のネットワーク実験プラットフォームである PlanetLab の上で構築したネットワークアーキテクチャおよびプロトコルを評価する。

(3) 無線通信など、実際にネットワーク構成を目視できない状況において、ノード間の接続やノード自信の状況を把握することができる AR 技術を利用したネットワークアナライザのプラットフォームを設計、開発する。

## 3. 研究の方法

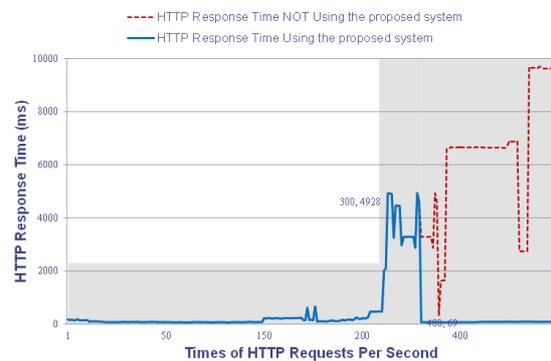
(1) セキュリティ確保、QoS 保証、動的仮想グルーピング機能を持つ (新世代) ネットワーク層、水平分散型カプセル化アプリケーション層の設計を行う。従来から検討を行っている P2PSIP を利用した仮想ネットワークグループ構築方式を応用し、ネットワーク層として実現する。現在の URI (Unique Resource Identifier) に相当する論理 ID と物理 ID であるノード ID を区別し、また、グループ ID を導入し、動的に高速マッピングを行う手法により動的仮想グルーピングを実現するとともに、ネットワークの可視化ツールを実現する。

(2) PlanetLab プロジェクトのネットワークを利用しプロトコル動作の実験環境構築を行う。PlanetLab とは、米国 IT 企業や大学が中心となって実施している次世代インターネットと分散アプリケーションを行う実験的ネットワーク環境である。PlanetLab ではこれまで規模が小さすぎて実験ができなかったような分散システムの評価が可能となる。環境構築においては、2 台のラック

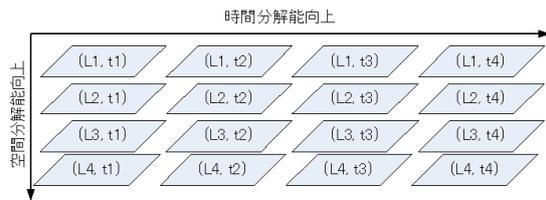
サーバを当研究室内に設置し、グローバルネットワーク経由で米国 PlanetLab プロジェクトの分散システム環境の一部として動作させる。PlanetLab 自身はオーバーレイネットワークであるため、これを利用したプロトコル動作のフレームワークを動作させる。

## 4. 研究成果

(1) 新世代インターネットに向けて光パスを前提とした IP アドレスを利用しないネットワークアーキテクチャである IP スルーネットワークの検討、開発を実施した。課題となるノード発見、サービス発見には LLDP (Link Layer Discovery Protocol) で実現可能であることを検証した。また、米国 IT 企業や大学が中心となって実施している次世代インターネットと分散アプリケーションを行う実験的ネットワーク環境 PlanetLab を利用し、アクセス集中時に動的に負荷を分散するネットワークアーキテクチャを開発し、実装・評価を行い、有効性を示した。世界的に主流となりつつあるクラウドコンピューティングにおいて、ユーザが複数の端末を用いてクラウドサービスを利用する際に、現在の構成では、柔軟なクラウドサービスの統合利用、複数端末の同時並行利用が実現困難という問題を解決するためのフレームワークの開発も実施した。評価結果を次の図に示す。



(2) 低帯域ネットワークを利用した移動ノードを対象とした動画などのストリームデータ配信において、データを空間的もしくは時間的に分割して配信し、低帯域ネットワークを利用する場合は、最低限利用者が情報を理解できる程度まで空間分解能 (解像度) および時間分解能 (フレームレート) を低下させることで帯域を確保し、それぞれに異なった成分のデータを送付し、このデータを P2P 通信によりノード間で相互に交換、共有することで、より高い解像度、フレームレートの情報を得る仕組みを開発した。本構成を図に示す。また、より効率化を向上させるために、ネットワークコーディングを適用させる方法も検討した。



(3) 組込み環境における複雑なネットワークを前提とし、拡張現実感技術を利用し、組込み機器を効率的に制御する方法を開発し、特許を出願するとともに、発表論文はDICOMO2010野口賞を受賞した。複数のネットワークアーキテクチャの実運用にかかわるアプローチの検証を行った。具体的には、現在のインターネットにおける帯域の大部分を占めるストリーム映像の分散処理の方式の検討を実施した。移動端末から発生する複数のストリーム映像の位置情報をベースに分割し、ネットワークの状況に応じてトランスコードし統合する仕組みを構築した。そのネットワークの状況を監視するモニタリングソフトウェア、および、その状況の可視化ツールの開発を行った。利用者の視点からのアプローチとして、同一ネットワーク環境において、同一機能をもった機器が複数接続されている場合、現状のネットワーク機器連携の仕組みを利用した場合、操作対象となる機器を特定するのは困難となる問題に対して、Augmented Reality技術を利用し、ネットワーク上の機器を利用者が直感的に操作できる手法を開発した。

#### 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 51 件)

1. Ryota Ayaki, Hideki Shimada, and Kenya Sato, A Proposal of Sensor Data Collection System Using Mobile Relay Nodes, *Wireless Sensor Network*, Vol.4, No.1, pp.1-7, 2012.  
DOI: 10.4236/wsn.2012.41001
2. Naoya Sakamoto, Hideki Shimada, and Kenya Sato, Design and Implementation of Sensor Network Device Control System with AR Technology, *Advanced Engineering Forum*, Vols.2-3, pp.131-134, 2012.  
DOI:10.4028/www.scientific.net/AEF.2-3.131
3. 加藤 隆志, 光川 真由, 綾木 良太, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 車々間通信のためのデータセンタリックルーティング (DCR)の設計と評価, *情報処理学会論文誌 Vol.53, No.1*, pp.165-174, 2012.
4. Takahiro Koita, Kenta Ueda, and Kenya Sato, Integrated Device Control System using Google Maps, *International Journal of Computer Technology and Applications*, Vol.3, No.1, pp.283-287, 2012.
5. 佐藤 健哉, 勝沼 聡, 山口 晃広, 島田 秀輝, 本田 晋也, 中本 幸一, 高田 広章, Cloudia : 車載データ統合プラットフォーム -基本コンセプト-, *情報処理学会 研究報告 Vol.2012-SLDM-155*, No.18, pp.1-6, 2012.
6. 勝沼 聡, 山田 真大, 本田 晋也, 佐藤 健哉, 高田 広章, ストリーム処理を用いた車々間通信データのフィルタリング方式, *情報処理学会 研究報告 Vol.2011-ITS-45*, No.4, pp.1-8, 2011. (平成 23 年度 ITS 研究会優秀論文受賞)
7. Hiroaki Goto, Ema Kawamoto, Hideki Shimada, and Kenya Sato, A Proposal of Content Viewing Web System for DLNA Devices in Wide Area Network, *The Science and Engineering Review of Doshisha University*, Vol. 52, No.3, pp.42-51, 2011.
8. 山田 達也, 光川 真由, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 車々間通信における効率的なジオキャスト伝送方式の検討, *情報科学技術フォーラム講演論文集*, Vol.4, pp.63-66, 2011. (査読付き採録論文)
9. Shinya Mihara, Akira Sakamoto, Hideki Shimada, and Kenya Sato, Augmented Reality Marker for Operating Home Appliances, *Proceedings of the 2011 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC2011)*, pp.372-377, 2011.  
DOI:10.1109/EUC.2011.20
10. Masahiro Yamada, Kenya Sato, and Hiroaki Takada, Implementation and Evaluation of Data Management Methods for Vehicle Control Systems, *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Society Conference (VTC-2011-Fall)*, pp.1-5, 2011.  
DOI:10.1109/VETEFCF.2011.6093147

11. Kazuki Hizen, Takahiro Koita, User-Oriented Web Service Search Technique for Mobile Mashup, Advanced Engineering Forum, Vol.2-3, pp.579-582, 2011.  
DOI:10.4028/www.scientific.net/AEF.2-3.579
12. Yusuke Shirakawa, Takahiro Koita, Device Management System Using Group Information on SNS, Advanced Engineering Forum, Vol.2-3, pp.573-578, 2011.  
DOI:10.4028/www.scientific.net/AEF.2-3.573
13. 周 勅, 綾木 良太, 島田 秀樹, 佐藤 健哉, クラウドサービスにおける分散コンポーネントフレームワークの提案, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, pp.415-423, 2011.
14. 佐藤 健哉, 坂本 陽, 三原進也, 島田秀樹, 拡張現実感技術を利用したネットワーク家電制御方式, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-EMB-20, No.30, pp.1-6, 2011.
15. 佐藤 健哉, ガラパゴスからの脱却 ～情報通信における標準化の意義～, 同志社大学理工学会報 Vol.52, pp.30-32, 2011.
16. Hideki Shimada, Naoya Sakamoto, Ryota Ayaki, and Kenya Sato, Visualization and Control System for Wireless Network using Augmented Reality Technology, Proceedings of IEEE Consumer Communications & Networking Conference, pp.838-839, 2011.
17. 佐藤 健哉, [招待講演] 自動車走行環境認識のためのセンサデータ処理機構, 電子情報通信学会 データ工学研究会, 信学技報 Vol.110, No.107, pp.51-56, 2010.
18. 坂本 陽, 綾木 良太, 岡部 朗, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 拡張現実感技術を用いた家電機器連携システムの構築, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.372-377, 2010.
19. 大山 周佑輔, 一瓢 達也, 綾木 良太, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, コンテキストを考慮した情報付加ストリーム再生システムの提案, 第3回楽天研究開発シンポジウム論文集, RRDS3-P-08, pp.1-6, 2010.
20. Ryota Ayaki, Hideki Shimada, and Kenya Sato, Online Personal Connection Presentation System for Communication Assistance, Proceedings of the 2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC2010), pp.380-385, 2010.  
DOI:10.1109/EUC.2010.63
21. 後藤 寛明, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, モバイルゲートウェイを利用した DLNA 広域相互接続ネットワークアーキテクチャの設計, 組込みシステムシンポジウム論文集 IPSJ Symposium Series, Vol.2010, No.8, pp.143-148, 2010.
22. 島田 秀輝, 坂本 直弥, 岡田 昌和, 綾木 良太, 佐藤 健哉, EVANS: 拡張現実感技術を用いた無線ネットワーク可視化システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.2085-2090, 2010. (DICO2010 野口賞受賞)
23. Meng Xie, Hideki Shimada, Ryota Ayaki, and Kenya Sato, P2P-based Mobile Video Delivery Method Using Network Coding, Proceedings of 2010 International Conference on Intelligent Network and Computing, Vol.2, pp.292-296, 2010.
24. 山田 真大, 鎌田 浩典, 手嶋 茂晴, 高田 広章, 佐藤 健哉, データストリーム管理機構を利用した車載データ統合モデルの提案と評価, 自動車技術会論文集, Vol.41, No.2, pp.419-424, 2010.
25. Cheng Tian, Ryota Ayaki, Hideki Shimada, and Kenya Sato, An Implementation and Evaluation of Web Access Distribution System Using PlanetLab, Proceedings of the 2010 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA2010), Vol.2, pp.752-757, 2010.
26. 山田 真大, 鎌田 浩典, 佐藤 健哉, 手嶋 茂晴, 高田 広章, 車両制御システムのためのセンサデータ統合管理方式の検討, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J93-D, No.7, pp.1189-1201, 2010.

27. Ryota Ayaki, Kohei Kadowaki, Hideki Shimada, and Kenya Sato, Embedded Device Cooperative System Using Java Bytecode Instrumentation, The Science and Engineering Review of Doshisha University, Vol. 51, No.1, pp.16-20, 2010.
28. Kohei Kadowaki, Ryota Ayaki, Hideki Shimada, and Kenya Sato, Homogenous Web Communication Platform in Non-homogenous Network Environment for Emerging Countries, The Science and Engineering Review of Doshisha University, Vol.51, No.2, pp.83-88, 2010.
29. Yoshimitsu Morita, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Approaches to Integrating Distributed OSGi Frameworks in a Wide Area Network, 2009 International Conference on Mechatronics and Information Technology, pp. 392-393, 2009.
30. Shinji Nakajima, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Proposal of Location-Based Routing for Delay Tolerant Networks, 2009 International Conference on Mechatronics and Information Technology, pp. 394-395, 2009.
31. 大原 伸喜, 加藤 隆志, 島田 秀輝, 小板 隆浩, 佐藤 健哉, モバイル P2P による端末間協調データ配信システムの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.913-918, 2009.
32. 早川 裕志, 佐藤 健哉, 田頭 茂明, 中西 恒夫, 福田 晃, 一時的なサービス利用を考慮した UI 配布型機器連携アーキテクチャの提案, 情報処理学会研究報告 Vol.2007-UBI-21, No.17, pp.67-74, 2009.
33. Nobuyoshi Ohara, Takashi Kato, Hideki Shimada, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Multimedia Content Delivery System Using Mobile P2P Technology, Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing 2009, Vol.2, pp. 150-155, 2009.
34. Kenya Sato, Kohta Nakamura, Ema Kawamoto, Masahiro Ogawa, and Takahiro Koita, Secure DLNA Content Sharing System in Different Home Networks, Proceedings of the 7th International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2009), pp. 213-216, 2009.
- [学会発表] (計 40 件)
1. Shiwei Yang, Mayu Mitsukawa, Hideki Shimada, and Kenya Sato, A Study of Data Processing Platform by MapReduce for Driving Environment, Proceedings of the 74th National Convention of IPSJ, Vol.3, pp-177-178, 2012.
  2. 丸田 直樹, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 新世代インターネット向け IP スルーネットワークアーキテクチャの提案, 第 73 回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.3, pp.321-322, 2011.
  3. 藤田 琢磨, 坂本 直弥, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, AR を利用したスマートフォン向け効率的情報提供ユーザーインタフェース, 第 74 回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.4, pp.309-310, 2012. (第 72 回情報処理学会全国大会学生奨励賞受賞)
  4. 坂本 陽, 三原 進也, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, EVANS2:拡張現実感技術を利用した家電機器操作システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.1638-1645, 2011.
  5. 大谷 晋一郎, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 通信帯域を考慮したオーバーレイマルチキャスト上でのライブストリーミング配信, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.107-112, 2011.
  6. 佐藤 健哉, 山田 真大, 島田 秀樹, 金 榮柱, 本田 晋也, 高田 広章, Local Dynamic Map (LDM) の設計と評価, 問題点とその対策, 第 10 回 ITS シンポジウム 2011 予稿集, pp.85-90, 2011. (ベストポスター賞受賞)
  7. 中村 和己, 谷川 諒, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 関連する複数ストリーミングコンテンツ同時視聴システムの設計と実装, 第 10 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.355-356, 2011.

8. 松本 江里加, 光川 真由, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 車線を考慮した車々間通信向け効率的 IP アドレス割り当て手法の提案, 第 10 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.327-328, 2011.
9. Luo Hao, Tatsuya Ippy, Hideki Shimada, and Kenya Sato, A Concept Design of Location Aware Interactive Environment for Co-presence of Human-User and Agent-Avatar, Proceedings of Forum of Information Technology, Vol.4, pp.371-372, 2011.
10. 一瓢 達也, 綾木 良太, 島田 秀輝, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, ユビキタス環境におけるユーザ情報を利用した資源調停方式の提案, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会講演論文集, Vol.3, pp.339-340, 2010. (第 70 回情報処理学会全国大会学生奨励賞受賞)
11. 岡田 昌和, 綾木 良太, 島田 秀輝, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 拡張現実感技術を用いたネットワーク及びリソース管理システムの設計と実装, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会講演論文集, Vol.4, pp.429-430, 2010.
12. 大谷 晋一郎, 謝 夢, 綾木 良太, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, オーバレイマルチキャストを利用した複数チャンネル配信方式の検討, 第 9 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.321-322, 2010.
13. 谷川 諒, 一瓢 達也, 綾木 良太, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 複数チャンネルを考慮したモバイルライブストリーミング配信サービスの提案, 第 9 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.379-380, 2010.
14. Cheng Tian, Ryota Ayaki, Tetsuya Iwasaki, Hideki Shimada, Takahiro Koita, Kenya Sato, A Proposal of Web Access Distribution Method Using PlanetLab, Proceedings of the Information Processing Society of Japan 50th Anniversary 72nd National Convention of IPSJ, Vol.3, pp.265-266, 2010.
15. Xie Meng, Takashi Kato, Nobuyoshi Ohara, Hideki Shimada, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Proposal of Web Cache Sharing in Mobile P2P Network Environment, Proceedings of Forum of Information Technology 2009, Vol.4, pp.373-374, 2009.
16. 川本 絵菜, 小川 将弘, 島田 秀輝, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, DLNA 機器広域相互接続のためのネットワークアーキテクチャの設計, 平成 21 年度情報処理学会関西支部大会講演論文集, A-15, 2009.
17. Zhang Yu, Takashi Kato, Hideki Shimada, Takahiro Koita, and Kenya Sato, A Proposal of Multi-Channel Conversion System for Inter-Vehicle Communication, 平成 21 年度情報処理学会関西支部大会講演論文集, G-05, 2009.
- [図書] (計 1 件)
1. 佐藤 健哉 (分担執筆), 2012 自動車用半導体・センサ技術大全: Automotive Devices Technology Outlook, 2012.
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 1 件)
- 名称: 拡張現実感技術を利用した情報家電操作システム  
 発明者: 佐藤 健哉, 坂本 陽, 三原 進也  
 権利者: 学校法人 同志社  
 種類: 特許  
 番号: 特願 2010-174383 (特開 2012-037919)  
 出願年月日: 2010 年 8 月 3 日  
 国内外の別: 国内
- 取得状況 (計 0 件)
- [その他]
- ホームページ  
<http://w3.doshisha.ac.jp/japanese/research>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
佐藤 健哉 (SATO KENYA)  
 同志社大学・理工学部・教授  
 研究者番号: 20388044
- (2) 連携研究者  
小坂 隆浩 (KOITA TAKAHIRO)  
 同志社大学・理工学部・専任講師  
 研究者番号: 60319580