

## 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 3月31日現在

機関番号：32612  
 研究種目：基盤研究(C)  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22500069  
 研究課題名（和文） 安心・安全な情報提供を可能とするインターネット基盤の構築に関する研究  
 研究課題名（英文） A Study of the Internet Infrastructure for Providing Safe and Secure Information Services  
 研究代表者  
 西 宏章（NISHI HIROAKI）  
 慶應義塾大学・理工学部・准教授  
 研究者番号：00365470

## 研究成果の概要（和文）：

目的と成果は次の通り．1)メンテナンスコスト削減：DBMS 共有手法，ベイジアンネットワークの利用を提案．2)識別能力向上：ネットワーク基幹デバイス補助として期待されている GPGPU の利用法と，専用のキャッシュ機構を提案．3)リアルタイム性確保：ネットワーク中の情報を直接利用可能な SLIM を実装．4) P2P 対応：ハッシュによるコンテンツ検索に対応．5)低遅延経路切替：インクリメンタル・デクリメンタルアップデート手法を提案．

## 研究成果の概要（英文）：

The purposes and their achievements are shown as follows.

1) As the reduction of a maintenance cost: DBMS sharing method and the introduction of Bayesian network was proposed. 2) As the improvement of the discrimination ability: a method for using GPGPU is proposed to support devices in core networks and specialized cache architecture was proposed. 3) As real-time processing: SLIM, a software emulator of proposed router was implemented 4) As P2P inspection: hash based contents search function was implemented on SLIM 5) Low-latency routing: incremental and decremental updating algorithm of routing table was proposed.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2011年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2012年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |

## 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：インターネットトラフィック ルータアーキテクチャ 情報抽出

## 1. 研究開始当初の背景

違法・有害情報の検出技術は，情報が違法・有害の対象であるかを判断する識別技術と，ネットワークをクロールし，実際に違法・有害情報の対象となる情報を探し出す検出技術からなる．実運用では検出後の迅速な

対応が必要となるため，**高速な検出情報の排除や封じ込み技術**が重要となる．ネットワークセキュリティの分野においても最も緊急かつ重要なテーマとして位置づけられている．本研究は，研究代表者の西がセマンティックルータによる情報指向型ネットワーク

の基礎評価技術～」、文部科学省科学研究費補助金「特定領域研究（情報爆発）」の公募研究課題 A02-26 において研究開発してきた技術を発展させ、過去の関連研究とは一線を画した方法により、従来手法では実現できなかった問題、扱われなかった問題を解決する手法を提案・実証することを目的とする。

ネットワーク上で違法・有害情報が発見された場合、その対応は速やかに行わなければならない。例えば、銀行の口座情報の漏えいと蔓延は、被害者の穏やかかつ安全な生活を脅かす可能性があり緊急かつ重要な問題である。現在有効な対策は、これらの情報を公開しているホストの管理者に当該情報の削除を申し出ることであるが、一般にこれらのホストの管理者も想定・意図しない形でアタックを受けた被害者であることが多く、当該情報の「飛び火」を完全に掌握し未然に防ぐことは大変困難である。また、P2P 群で構築される仮想ネットワーク上で交換される情報は秘匿性が高く、ソースの特定、共有情報の追跡すらままならない場合が多い。このような問題に対し有効な手立てがないのは、現状のネットワークシステムが有する不完全性に起因する。

従来、違法・有害情報であるかどうかを識別する技術に関しては様々な研究がなされてきた。識別技術に関しては、肖像権や著作権が存在する違法画像や映像を判別する電子透かし技術や、色の分布など画像の特徴を利用して有害な画像かどうかを区別する技術、テキストに存在する特定文字を利用して違法・有害情報かどうかを判別する技術、これらの応用でペジアンネットワークを利用する spam の検出技術などが存在する。また、ネットワークトラフィックを利用し、DDoS 攻撃といったシステムタックを検出することは既に行われている。

従来法には、次のような問題が存在する。問題 1) 違法・有害情報の識別を行う際に必要な、NG ワードによるブラックリスト参照を行うソフトウェアをサーバおよびクライアントにインストールしなければならない、それぞれ個別にメンテナンスが必要で、維持経費が必要となる。問題 2) 識別サーバにおける情報の識別処理能力はインターネットが有する情報量に対し不十分である。問題 3) 識別サーバによりブラックリストへの登録が行われるまで、該当する情報が流布するため、対策にリアルタイム性が欠ける。問題 4) P2P を利用して、もしくはログインが必要なサイトから、該当する情報を検索・入手しているため識別できない。問題 5) 識別後の処理（記録・変更・廃棄・転送等）を行うことが困難である。これらの欠点により、従来手法は有効な手段とは言えず、またこれらの問題を解決する抜本的な解決策は提案されて

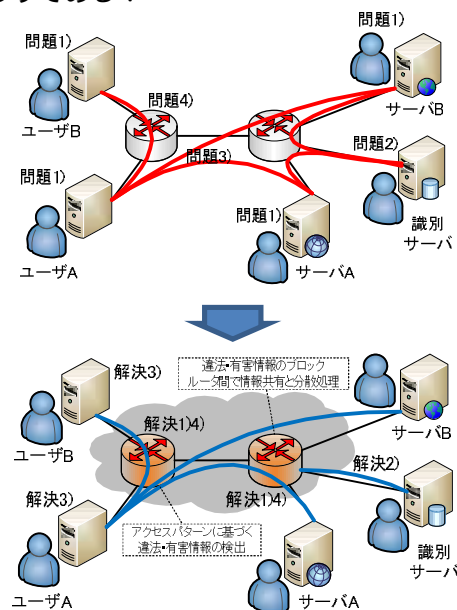
いない。

## 2. 研究の目的

本研究は、急激に需要が高まりつつあるインターネット上の違法・有害情報の検出技術を確立するために必要な、ネットワークトラフィックが有する特徴に基づく違法・有害情報の検出・封じ込め方法を提案する。本提案は Web で公開されている情報に加え、従来困難であった P2P により交換される情報についても検出・封じ込めが可能である。本研究提案により、従来手法に比して極めて効果的かつ格段に即応性の高い検出・封じ込め手段が提供できると共に、付随する管理コスト、システム投資コスト等、様々なコスト低減を達成する。本研究成果により、我々の生活に直結した緊急課題である安心・安全・快適な情報社会の実現に寄与する。

## 3. 研究の方法

これら従来の違法・有害情報検出システムの問題点と解決法の概略は次の図に示すとおりである。



コンテンツを解析しその結果をデータベースへの登録が可能な、セマンティックルータエミュレータ SRIM を利用し、WEB ページアクセスによる違法・有害情報交換や、現存する主な P2P を利用した交換に対する対策方法の評価を行う。評価項目として、検出率、リアルタイム性（レイテンシ）、システム負荷、管理コストなどが挙げられる。研究室のゲートウェイ、WIDE のインターネットエクステンジ (maui プロジェクトのトレースを毎年取得)、SINET のインターネットエクステンジ (NII の協力確認済) など、実インターネット環境上で取得した情報を利用して評価する。また、ハードウェア記述言語 verilog を用いたセマンティックルータのシステム設計を

行うとともに、提案手法の動作確認を行い、回路規模・遅延評価といった将来の ASIC 設計に繋がる性能評価を行う。また、持続可能なシステム構築のため循環リソース型のシステム構築を実際に行う。

#### 4. 研究成果

有害・違法な情報の蔓延をなるべく防ぐ仕組みが研究されているが、検出処理はエンドホストかクラウドサービスの利用が前提である。これらは、検出の即時性という点で問題がある。そこで、ルータによるパケットペイロード監視により、false positive のみ厳しく取り除き、検出コストを削減したうえで、精査サーバに候補を転送するルータについて研究・開発した。今後の情報管理や、ネットワーク健全性維持に寄与する点で本提案は意義があり、即時性を有するとともに全体の検出性能を大きく向上できる可能性がある点で重要である。2010 年度は、まず、このようなルータに必要なパケット選別機能について研究を進め、独自のハッシュと統計処理を利用した手法により厳選したフラグを利用することで、キャッシュサイズを 2 割ほど増大させるが、処理コストを 40%から 60%削減可能な手法を提案した。また、パケットトラフィックが有する時間的局所性に基づく注目ワード存在確率の推移をキャッシュのハッシュ関数や追い出し機構の優先度決定に反映させる方法によりキャッシュヒット率を 3%程度向上させることを可能とした。これらの手法を融合することで、有害・違法な情報を抽出するために必須である検出ハードウェアの高速化が可能であるとともに、ハッシュを利用することで、false negative を排除しつつ、極力 false positive を確保した情報抽出機構の構成を可能とした。さらに、抽出結果をローカルで一部保持し、お互いに情報を共有すればトラフィックやパケットの経路に基づく検出の効率化が可能となる。そこで、簡便なハードウェアデータベース機構を構成し、情報をローカルに蓄積する手法についても検討した。特にこのようなハードウェアにおけるインデックス生成機能およびマルチクエリ対応について、論理設計により処理スループットや必要となるハードウェア量を評価した。

ネットワークストリームを余すところなくキャプチャする SLIM アプリケーションについて、従来 libboost を利用した実装がなされていた。これは、パフォーマンスと実装の容易さ(特に SDEM ライブラリが洗練されている)ことから採用したが、ポーティングの際に、例えば異なる Linux ディストリビューションでカーネルのバージョンに強く依存するためコンパイルできないといった問題が発生した。そこで、これらを取り除き、

一般的なライブラリを利用する変更を加えた。この SLIM により、ネットワーク上を流れる PDF について、実際にその内部を解析、Google Distance 等を利用した一致度により、そのオリジナリティを解析し、あるユニークなキーワードをもとに、誰がそのコンテンツに興味を持っているか、さらには、そのコンテンツの類似コンテンツは誰が興味を持ち、どこに存在するかといった解析手法を提案した。この手法は、ハッシュに対して行うことで、どこに問題となるコンテンツが存在するかという特定だけでなく、人気のあるコンテンツの流通をも管理できる。また、たとえば PDF を例にとり実際に PDF 内部に存在する XML で記載されたメタデータを参照し、pdf text でタイプスクリプトが可能であればテキスト情報も利用することができる。このテキストに存在する著作権情報をもとに流通を管理することが可能となった。このトラフィックとしては、研究室のゲートウェイトラフィックを利用した。

もう一つの観点である、個人情報など完全な公開が望ましくない情報を、そのアプリケーション面からみた重要性ゆえ、安全に公開する手段として、PPDP(Privacy Preserving Data Publishing)と呼ばれる技術が存在する。この処理は一般に  $o(n^2)$  の処理遅延が伴うため、データ量が多い処理では処理遅延が膨大となり、スケーラビリティが低い。CAM とキャッシュを利用したアーキテクチャを利用することで、Information Loss と呼ばれる指標においてデメリットがあるが、処理遅延を  $o(n)$  に低減する手法を提案し、評価した。提案手法では、現在一般的に利用されているインテルマルチコアプロセッサのシングルプロセッサ処理と比較して、FPGA では、200 倍程度、ASIC では、さらに 2,000 倍程度の高速化が可能であることが示された。

データベースへの書き込み処理を高速化するため、高速なデータ書き込み機構として、専用ハードウェアモジュールである DBM Co-Processor (Database Management Co-Processor) を開発した。DBM Co-Processor は高速なメモリ書き込み処理を実現する DBINS Engine(Database Insertion Engine)、永続化処理を実現する Archiving Engine、格納したデータを出力する IMDB Reading Engine (In-Memory Database Reading Engine) からなる。データベースへの書き込み処理は、抽出されたトラフィックを IMDB(In-Memory Database)へ書き込むメモリ転送処理と、インデックス生成処理に大別できる。処理遅延を低減するためには、これらの処理を並列して実行することが望ましい。また、データベースへの書き込みにおいては、ネットワーク環境やユーザの要求に適応することが求められるため、インデック

スの作成方法，すなわちデータの管理方法をこれらの要求に応じて自由に選択できる手法が必要である．DBINS Engine は IMDB への書き込みおよびインデックス生成，管理を行う専用ハードウェアである．

提案する DBINS Engine の実装には Verilog-HDL を用いた．さらに，論理合成を行うことで論理規模および動作遅延を求めた．DBINS Engine はアプリケーションやユーザの要求に対応した柔軟なインデックス構造が望まれるため，過去に提案された 2 手法のほかに，さらに 2 種類の管理手法を加えた 4 手法について実装を行い，処理スループットの評価を行った．評価の結果 DBINS Engine は FPGA 実装時で 0.84~2.63Gbps，ASIC 実装時で 6.06~19.16Gbps のスループットを達成した．以上より，DBINS Engine は基幹ルータでの処理が可能であることを確認するとともに，各種インデックス生成アルゴリズムを利用できることから，ユーザの要求やネットワーク環境の変化に対して柔軟に対応できることを確認した．

また，GPGPU を利用した，ネットワークストリームを直接利用可能な文字列検索アルゴリズムおよびアーキテクチャを提案した．Parallel Failure-less Aho-Corasick Algorithm にもとづき動作しつつ，マルチユーザサポートを行う．複数のネットワークストリームを同時に扱うことが可能である．本構成により，現状で最新 CPU に比較して 6% 程度の性能向上が達成されており，性能を低下させる原因は I/O にある．ザークイドなど，将来 GPGPU を混載したプロセッサアーキテクチャを利用すれば，I/O 性能向上がはかられ，性能予測値に基づく予測性能では，CPU の 6 倍程度に達すると考えられる．以上まとめると，目的に示した 5 つの項目について

1) NG ワード抽出に必要なメンテナンスコストを削減するため，DBMS による NG ワード管理とその共有手法，さらに，ペイジアンネットワークを利用した，アクティブな情報抽出手法を提案した．

2) 識別能力を向上させるため，文字列検索処理において，民生用途で普及し，ネットワーク基幹デバイスの補助機能としても期待されている GPGPU を利用した文字列探索機能を利用した性能向上手法を提案した．また，処理速度そのものの向上のため，専用のキャッシュ機構を提案した．

3) リアルタイム性については，ルータに提案機能を搭載することにより，アクティブなクローリングといった処理に依存せず，パッシブかつネットワーク中になされる情報そのものを扱うことのできる SLIM を利用して実装した．

4) P2P について，SLIM は，ハッシュによる

コンテンツ検索が可能であり，やり取りされているデータそのものをハンドリング可能であることが示された．ただし，P2P が所有する暗号化アルゴリズムを外す必要があり，全ての P2P に対して有効な手法とはいえない．しかしながら，ユーザが希望すれば，ホストにも SLIM は搭載可能であり，メモリトランザクションやディスクトランザクションに当該機能を利用できれば，安全性は保たれる．5) SLIM はネットワークルータに搭載されており，新たに提案した，インクリメンタル・デクリメンタルアップデート手法による高速なルーティングテーブル書き換え機構を利用することで，即座に該当バケットを遮断，転送することが可能であることが確認された．なお，この機能の確認には，Juniper 社の JunOS V App Engine において SLIM を実装することで達成した．

また，本研究成果の必要部分は，verilog により設計され，FPGA 上での動作と回路規模の見積もりが行われた．

## 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 9 件)

1. 中部 知久，西 宏章，環境快適性と消費電力量を考慮した家電制御最化手法，建築学会環境系論文集，査読有，NO.682 P.1011-1019，2012 年 12 月，日本建築学会，2012.
2. Tianmeng Shen, Daichi Kawashima, Ryogo Kubo, Masaru Ihara, Toshiro Togoshi and Hiroaki Nishi, Field Demonstration of Building Energy Management Systems, International Journal of Energy Engineering (ISSN:2225-6571), 査読有，2012.
3. 石田 慎一，原島 真吾，鯉淵 道紘，川島 英之，西 宏章，トラヒックからアプリケーションレイヤ情報の検索・抽出を可能とするソフトウェアの実装と評価，コンピュータソフトウェア，査読有，Vol.29, No.4 (2012), pp.59-73, 日本ソフトウェア科学会，2012.
4. Hayato Yamaki, Yasutsugu Nagatomi and Hiroaki Nishi, Effective Hash-based Filtering Architecture for High-throughput Regular-expression Matching, International Journal of Information and Electronics Engineering, 査読有，Volume 2 Number 5 pp.672-677, 2012.
5. Shin-ichi Ishida, Koji Ikehara and Hiroaki Nishi, Enhanced Patricia Tree with Reordering and Fast Incremental and Decremental Update Functions,

International Journal of Information and Electronics Engineering, 査読有, Volume 2 Number 5 pp.656-660, 2012.

6. Shin-ichi Ishida, Michihiro Koibuchi and Hiroaki Nishi, A Case for Routing Cache on HPC Switches, IEICE Electronics Express, 査読有, Vol.1, No.1, pp. 49-53, 2012.

7. 松柴 由直, 西 宏章, 構造物ヘルスモニタリングシステムのためのデータバックアップ機構, 建築学会環境系論文, 査読有, Vol.76, No.662 pp.439-447, 2011.

8. Akihiro Oda and Hiroaki Nishi, Self-organized Link State Aware Routing for Multiple Mobile Agents in Wireless Network, IEICE TRANSACTIONS on Communications, 査読有, Vol.E93-B No.8, E93-B, pp. 2012-2021, 2010.

9. 池原 幸司, 西 宏章, コールドブートアタックに対する防御手法の提案, 電気学会情報通信部門誌, 査読有, Vol. 130, No. 8, pp.1350-1356, 2010.

〔学会発表〕(計 67 件)

1. 八巻 隼人, 西 宏章, 新世代キャッシュ搭載ネットワークプロセッサにおけるキャッシュアルゴリズムの提案, The Annual Symposium on Advanced Computing Systems and Infrastructures, 2012年5月16日, 神戸, 2012.

2. Michihiro Koibuchi, Shin-ichi Ishida and Hiroaki Nishi, The Impact of Routing Cache on High-Performance Switches, The 10th International Conference on Optical Internet, 2012年5月29日, 横浜, 2012.

3. Yusuke Nishida and Hiroaki Nishi, Implementation of a Hardware Architecture to Support High-speed Database Insertion on the Internet, The 2012 International Conference on Engineering of Reconfigurable Systems and Algorithms (ERSA2012), 2012年7月16日, Las Vegas, USA, 2012.

4. Hayato Yamaki and Hiroaki Nishi, An Improved Cache Mechanism for a Cache-based Network Processor, The 2012 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA2012 in WORLDCOMP2012), 2012年7月17日, Las Vegas, USA, 2012.

5. Junichi Sawada and Hiroaki Nishi, Hardware Accelerator for Low-Latency Privacy Preserving Mechanism, The Fourth International Conference on Future Computational Technologies and Applications, 2012年7月24日, Nice, France, 2012.

6. Junichi Sawada and Hiroaki Nishi, Hardware Acceleration And Data-Utility Improvement For Low-Latency Privacy Preserving Mechanism, The International Conference on Field Programmable Logic and Applications (FPL), Oslo, Norway, 2012年8月29日, 2012.

7. Seiya Ito, Hiroaki Nishi, Estimation of the number of people under controlled ventilation using a CO2 concentration sensor, 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), 2012年10月27日, Montreal, Canada, 2012.

8. Daichi Kawashima, Masaru Ihara, Tianmeng Shen, Hiroaki Nishi, Real-Time Simulation of Cooperative Demand Control Method With Batteries, 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), 2012年10月25日, Montreal, Canada, 2012.

9. Ryogo Kubo, Tianmeng Shen, Toshiro Togoshi, Koichi Inoue, Hiroaki Nishi, Masashi Tadokoro, Ken-Ichi Suzuki, and Naoto Yoshimoto, Service-oriented Communication Platform for Scalable Smart Community Applications, 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2012), 2012年10月25日, Montreal, Canada, 2012.

10. Janaka Wijekoon, Erwin Harahap and Hiroaki Nishi, High SoR based Request Routing for Future CDN, The 6th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT2012), 2012年10月18日, Georgia, Tbilisi, 2012.

11. Janaka Wijekoon, Erwin Harahap and Hiroaki Nishi, NS2 Simulation Extension for Service-oriented Router, 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, 2012年11月8日, Santiago and Valparaiso, Republic of Chile, 2012.

12. Erwin Harahap, Janaka Wijekoon and Hiroaki Nishi, Distributed Algorithm for Efficient Use of Replica-Servers in Content Delivery Network, 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, 2012年11月8日, Santiago and Valparaiso, Republic of Chile, 2012.

13. 西 宏章, Service-oriented Backbone Router for Information Open Innovation Platform, 第4回新世代ネットワークおよび将来インターネットに関する日欧シンポジウム, 2012年1月19日, 東京, 2012.

14. 西 宏章, Service-oriented Backbone Router for Information Open Innovation Platform, 4th EU-Japan Symposium on the "New Generation Network" and the "Future Internet", 2012年1月19日, 東京, 2012.
15. Hiroaki Nishi, A Challenge to Construct New Society Model, IEEE Intelligent Transportation Systems Society Smart Grid Vision Project Workshop #1, 2011年10月3日, Washington DC, USA, 2011.
16. TienMeng Shen, Toshiro Togoshi and Hiroaki Nishi, Implementation and Substantiation of Energy Management Systems for Terminal Buildings, 2011年9月7日, Toulouse, France, 2011.
17. Masaru Ihara, Tianmeng Shen, Hiroaki Nishi, A Simulation Study of Electric Power Leveling using V2G Infrastructure, 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2011), 2011年11月8日, Melbourne, Australia, 2011.
18. Kyosuke Funami, Hiroaki Nishi, Evaluation of Power Consumption and Comfort using Inverter Control of Air-conditioning, 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2011), 2011年11月8日, Melbourne, Australia, 2011.
19. Tomoaki Makino, Koichi Inoue, Michihiro Koibuchi, Hideyuki Kawashima, and Hiroaki Nishi, Hardware Architecture for Supporting High-speed Database Insertion on Service-oriented Router for Future Internet, International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, 2010年7月14日, Las Vegas, USA. 2010.
20. Yasutsugu Nagatomi, Michihiro Koibuchi, Hideyuki Kawashima, Koichi Inoue and Hiroaki Nishi, A Regular Expression Processor embedded in Service-friendly Router for Future Internet, 5th International Symposium on Embedded Multicore Systems-on-chip(SoCs), Software, Tools and Applications (MCSoc-10), 2010年9月13日, 会津, 2010.
21. Erwin Harahap, Wataru Sakamoto, and Hiroaki Nishi, Failure Prediction Method for Network Management System by using Bayesian Network and Shared Database, 8th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication, 2010年6月17日, Technologies Kuching, Sarawak, Malaysia, 2010.
22. Yasutsugu Nagatomi and Hiroaki Nishi,

Effective Hash-based Filtering Architecture for High-throughput Regular-expression Matching, International Conference on Future Information Technology, 2010年12月14日, Changsha, China, 2010.

23. Koji Ikehara and Hiroaki Nishi, Enhanced Patricia Tree with Reordering and Fast Incremental and Decremental Update Functions, International Conference on Future Information Technology, 2010年12月14日, Changsha, China, 2010.

24. 永富 泰次, 牧野 友昭, 井上 恒一, 川島 英之, 西 宏章, サービス指向ルータにおけるデータ入力機構, The Annual Symposium on Advanced Computing Systems and Infrastructures, 2010年5月27日, 奈良, 2010.

25. Hiroaki Nishi, Router Cloud: Service Oriented Router Infrastructure for Next Generation Internet, 第3回日欧新世代ネットワークシンポジウム, 2010年10月21日タンペレ, フィンランド, 2010.

【図書】(計2件)

1. 新井 宏征, 井上 恒一, 久保 亮吾, 西 宏章, 湧川 隆次, 櫻井 義人, 近藤 芳展, 合田 忠弘 スマートグリッドの国際標準と最新動向2012, 276ページ, 株式会社インプレス R&D, 2012.
2. 西 宏章(監修・著)他, 次世代自動車を中核にしたスマートコミュニティ最新動向2012~地方自治体が主導するEV/ITS/エネルギー網の新展開~, 株式会社インプレス R&D, 第1, 2, 4, 6, 8, 9章執筆, 全体監修, 2012.

【その他】

ホームページ等

<http://www.west.sd.keio.ac.jp>

<http://www.openinter.net>

6. 研究組織

(1)研究代表者

西 宏章 (NISHI HIROAKI)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号: 00365470

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし