

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870325

研究課題名(和文) 広域分散仮想化環境のためのハイブリッド型トラフィックエンジニアリング手法の研究

研究課題名(英文) Researches for a hybrid traffic engineering method for wide area distributed virtualization infrastructures

研究代表者

柏崎 礼生 (Kashiwazaki, Hiroki)

大阪大学・情報推進本部・講師

研究者番号：80422004

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では既に提案した自律分散型TE手法と中央集権型TE手法を利用した階層ハイブリッド型TE手法を提案する。シミュレーション評価、および学術網、研究網、キャリア網からなるマルチホーム環境での評価を行い、世界全体に分散した数百拠点からなる広域分散環境における有効性を示す。この階層ハイブリッド型TE手法を用いることにより数百拠点からなるネットワークにおいて通信障害時においても高い通信品質を実現することができ、広域分散仮想化環境におけるsplit-brain問題を解決することができる。

研究成果の概要(英文)：The research activity proposed a traffic engineering (TE) stratified hybrid method that combines an autonomous distributed TE method and a centralized TE method. The research showed superiority of the proposed method by computer simulation evaluations and real network simulation consisted of science networks, research testbed networks and carrier networks. The method can maintain high communication quality during network fault in hundreds of network nodes, and also resolve split brain syndrom on wide area distributed virtualization infrastructures.

研究分野：Cloud Computing

キーワード：トラフィックエンジニアリング 自律分散 インターネット運用技術

1. 研究開始当初の背景

携帯電話、スマートフォンに代表されるモバイル機器や、**Raspberry PI**や**Arduino**などに代表される小型・省電力のシングルボードコンピュータが普及し、低価格化している。その結果、個人単位の行動を追跡した履歴や、高い密度での気象現象の計測をインターネットを介して集約することができるようになった。集約された情報は**3V(high Volume, Variety and Velocity)**と呼ばれる特徴を持ち、この情報を横断的に解析するビッグデータ解析がトレンドとなっている。端末は粒度の小さな情報をインターネットを利用して高い頻度で情報収集サービスに送信するため、情報収集サービスとの間の伝送遅延が端末の電力消費に与える影響が大きい。そのため、情報収集サービスは地理的に広域に分散され、端末は地理的に近傍にある情報収集サービスに情報を送信すると電力消費を低減することが可能となる。特に電源無給電地域におけるセンサー機器において、情報の送受信による電力消費の低減は情報収集の持続性に大きな影響を及ぼす。

情報収集サービスが収集した情報は、その外部にあるクラウドコンピューティング環境などの巨大な計算資源に転送して蓄積し、解析処理することも可能だが、収集された情報量は膨大なものとなるため、その転送コストは無視できない。そのため広域に分散した情報収集サービスは、**広域分散仮想化環境(Wide Area Distributed Virtualization Infrastructure: WADVI)**の上で稼働し、情報の蓄積と解析処理もこの広域分散仮想化環境で行われることにコストメリットがある。これまでの広域分散型の仮想化環境においてはストレージの入出力におけるランダムアクセス性能の低さが問題となっていたが、メタデータを従来のような関係データベースに保存するのではなく、分散化が容易でスケールアウト性の高い分散**Key-Value**ストアに保存することで、ブロック単位での広域分散化を行うことにより、データセンタのラック内で完結するような低遅延・広帯域環境のネットワークストレージと同程度の性能を広域分散環境でも実現することに成功している。

これまで**WADVI**の構築とその評価から、**split-brain**問題(ネットワークパーティション問題)の解決は**WADVI**の安定稼働において不可欠であることが分かっている。**split-brain**問題とは、並列分散環境を構成する拠点間の通信が障害により途絶することで環境が分断され、各種情報サービスが提供できなくなる、あるいは一貫性を喪失してしまう問題である。広域分散環境を構成する拠点間の通信障害を引き起こす代表的な原因は電力供給の途絶によるものである。地震や津波、豪雨や洪水といった災害によりこの途絶が生じ易い。欧州や米国においては陸続きの国土を持つ国が多いため、インターネットを構成する自律システム間の**TE**での対応が**2005**年頃

から提案されている。しかし日本やニュージーランド、インドネシアのような島嶼国においてはこれらの災害が発生する確率が高く、また島嶼を跨ぐ国土であるため回線敷設コストが国内において不均一となっている特殊な問題点を持つ。ビッグデータ解析は災害の発生時においてこそ情報の収集と解析を行う事が求められるものであるため、この問題への対応が強く望まれる。対応方法として回線の冗長化が挙げられるが、広域での迂回を実現するような回線の冗長化には高いコストを要し、回線を利用するユーザはその設計に関する決定権を持たない。広域迂回が実現可能な回線においても、迂回路に様々なトラフィック要求が集中した結果、輻輳を起して回線品質が低下することが想定される。そのため、各拠点間が物理的・地理的に独立な複数の回線により接続されたマルチホーム環境を構築し、これらの回線にトラフィック要求を適切に配分することにより回線資源を有効活用し、転送効率と品質を高める**TE**手法が求められる。

本研究代表者はマルチホーム環境においてネットワーク障害や輻輳に対して適応的に迂回路を設定しトラフィック要求を分散させる**TE**手法を提案してきた。一つの手法は拠点を結ぶ経路制御装置(ルータ)が自律的に情報を収集し、その情報をもとに各ルータが独自の経路制御表を構築する自律分散型の手法である。この手法は既存の経路制御手法よりもネットワーク資源をより有効に活用することと、伝送遅延の増大を抑制することを両立している。また拠点数が数百まで増大しても現実的な計算機リソースで動作することができ、高いスケーラビリティを示した。この手法は国内での広域分散環境を想定しており、例えば**10**ホップ以上の距離があり、伝送遅延が**100ms**を超える海外拠点を含めた環境においては通信品質の劣化が顕在化することも分かっている。これを解決するために、各ルータが収集した情報を一元集約し、巨視的な経路の組み合わせ評価から適切な経路を決定する中央集権型の手法を提案した。この手法では送信元と送信先のポート、**IP**アドレスの組み合わせに対して一意に経路が定まるため、高い通信品質を確保しながらネットワーク資源の有効活用を両立することができる。経路組み合わせの評価に要する計算量は膨大となるが、数十拠点からなる広域分散環境への適用が可能であることを示している。

2. 研究の目的

本研究では既に提案した自律分散型**TE**手法と中央集権型**TE**手法を利用した階層ハイブリッド型**TE**手法を提案する。シミュレーション評価、および学術網、研究網、キャリア網からなるマルチホーム環境での評価を行うことで、世界全体に分散した数百拠点からなる広域分散環境における有効性を示すことを目標とする。各拠点間の通信を多次元のベクトル

ルとして扱うことで自己組織化マップを作成することで複数のクラスタに分割し、クラスタ間は中央集権型 TE 手法を用いることにより、遅延のゆらぎを抑制する。一方で最短ホップ数が少なく遅延時間も短い拠点間においては自律分散型 TE 手法を用いる。このような拠点間においては経路が確率論的に分散されても通信品質に対する影響を少なく留められる。この階層ハイブリッド型 TE 手法を用いることにより数百拠点からなるネットワークにおいて通信障害時においても高い通信品質を実現することができ、WADVI における split-brain 問題を解決することができる。

3. 研究の方法

本研究代表者が既に提案した 2 種類の TE 手法について可搬性を高めるために、xFlow 技術および OpenFlow 1.3.2 以降を用いて実装可能なアルゴリズムに修正を行い、OpenFlow テストベッドを利用して評価実験を行う。既に広域分散仮想化基盤のために用意された計算機上に OpenFlow vSwitch を導入し、国内 6 拠点を学術網、研究網、キャリア網で接続するマルチホーム環境を構築する。この拠点間で OpenFlow によるオーバーレイルーティングを用いて提案する TE 手法を実現し、実ネットワーク評価を行う。中央集権型 TE 手法のコントロールプレーンとして研究機関が持つクラウドコンピューティング環境を利用する。研究成果の発表を通して広域分散仮想化環境への参加組織を募集し、より大規模なネットワークでの検証を実現する。

本研究代表者が提案した自律分散型 TE 手法はパケット単位の送付先決定を行うことで効率的なトラフィック配分を実現しているが、確率的な配分であるため目的地への到着順序が前後する。そのため各拠点のルータは十分なバッファを用意してリオーダーリングを行う必要があった。また、トラフィック要求の統計量から各回線への配分割合を決定する手法であるため、パケットキャプチャを用いた方式では、統計量の計測によるオーバーヘッドが通信のスループットに影響を与える問題点が指摘されていた。xFlow 技術では大量のトラフィック要求に対してもパケットをサンプリングすることでスループットに影響を与えることなくトラフィック全体の傾向を把握することができる技術である。これにより高スループットを保持したままトラフィック要求の統計量を取得することが可能となる。

また、これまでの評価においては提案する TE 手法を一般的な x86 サーバ上で実装したソフトウェアルータを用いてきた。ソフトウェアルータではネットワークポートに到達したパケットの情報をメモリ上にコピーし、転送先を決定して、転送先のネットワークポートにコピーするという作業を経るため高いスループットを実現するために高価なハードウェアを用意する必要があった。OpenFlow はトランスポート層の情報まで利用してスイッチング

を行うことができる仕様であり、この仕様に沿ったスイッチやルータが生産されている。OpenFlow に準拠したスイッチはパケットを転送するデータプレーンが ASIC 化されているため、高いスループットと粒度の細かい、かつ高速なスイッチングを両立することができる。また量産化による低価格化が期待できる技術である。提案した自律分散型 TE 手法を OpenFlow を用いて実装する場合、OpenFlow はフロー単位の制御しかできないため、現時点での手法をそのまま OpenFlow へ移植することができない。そこで先に述べた xFlow 技術を用いた統計量を利用することで、任意の 2 拠点間で交わされるトラフィック要求を解析し、提案手法から導出される配分割合に適合するようにフローの割り当てを行う手法への変更を行う。

数百拠点からなる広域分散環境を対象として離散イベント型シミュレータ (NS-3) を用いた評価を行う。シミュレーションには北海道大学のアカデミッククラウドおよび国立情報学研究所 (NII) の Edubase Cloud を利用する。情報通信研究機構 (NICT) が提供する StarBED3 の OpenFlow テストベッドである RISE を用いて、研究テストベッドネットワークである JGN-X 上での実証実験を行い、シミュレーションによる評価と実ネットワークによる評価を比較する。北海道大学アカデミッククラウド、Edubase Cloud、および StarBED3 と RISE の使用料金については、北海道大学情報基盤センター共同研究、NII 戦略研究公募型共同研究、NICT 共同研究により提供される計算機使用権を活用することとして予算には計上していない。また広域分散仮想化基盤 (WADVI) の拠点が保有する計算機上に Open vSwitch を導入し、実際に WADVI のトラフィック要求を提案手法で配分することでマルチホーム環境における有効性を検証する。

本研究代表者が提案した中央集権型 TE 手法は、UDP トラフィック要求に対する経路割り当てに特化されているため、TCP トラフィック要求に対して提案手法を適用すると、手法が想定する通信品質と実際の品質の乖離が大きくなる問題点がある。本研究が対象とする広域分散仮想化環境のストレージ基盤は、複数のストレージノードが相互に通信し合い、高速な I/O 性能を実現しているが、このノード間相互通信を UDP 通信と TCP 通信の混在方式にして通信効率を向上することを計画しており、この場合、提案手法によるトラフィック要求の配分割合から想定される通信効率と、実際の通信効率の間で乖離が生じることが考えられる。そのため xFlow 技術を用いたトラフィック要求のサンプリングをもとに UDP と TCP トラフィック要求が混在していても十分に高い精度で通信要求を配分を実現できる手法を提案する。前年度同様に離散イベント型シミュレータを用いた評価を行い、有効性を検証した後に OpenFlow を用いて移植を行い RISE を用いた評価、マルチホーム環境を用い

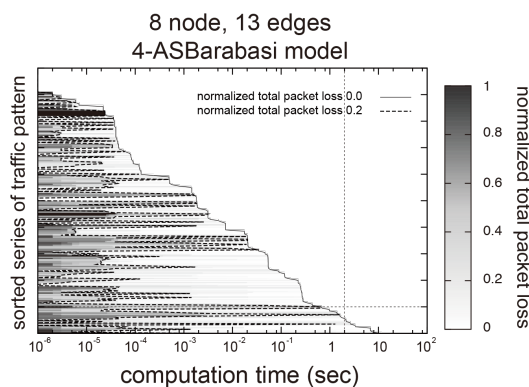
た評価を行う。また各拠点のトラフィック要求を xFlow 技術を用いてサンプリングすることにより自己組織化マップを作成し、トラフィック要求量、片方向遅延時間、ホップ数を根拠としたトポロジー分割を行う手法を提案する。分割されたトポロジー内における通信は自律分散型 TE 手法を適用し、分割されたトポロジー間における通信は中央集権型 TE 手法を適用するハイブリッド手法を提案する。有効性の検証と並行して研究発表と、本提案の TE 手法を実現する Open vSwitch を含んだ VM イメージをオープンソースで公開する。WADVI への参加組織の増大に対して、VM イメージの配布とアップデート情報を一元化することにより管理運用コストを低減し、また開発参加者を広く募集する。また、本研究に限らず様々な TE 手法においては手法が複雑になるほどトラフィックの配送経路が複雑になり、運用担当者が状況を把握し、問題点を発見することが困難となる。そのため TE によるトラフィックの配送状況の可視化を行う事が不可欠となる。本提案の TE 手法により実現されたトラフィックの配送状況をリアルタイムで可視化する研究開発にも取り組み、提案手法の有効性を WADVI への参加組織や参加検討組織の担当者に視覚的に伝達する仕組みを構築する。トラフィックの可視化については既に研究を進めており、この手法と本提案の TE 手法で得られた各種ネットワーク情報と経路制御情報を組み合わせる事で有効な管理運用や手法の改善につながる可視化方法を模索する。

4. 研究成果

初年度は自律分散型 TE 手法と中央集権型 TE 手法を利用した階層ハイブリッド型 TE 手法を提案し、国内 11 拠点からなる広域分散仮想化環境を想定した中央集権型 TE 手法の準最適解の探索に要する計算量の評価を行った。またこの探索計算を行うために北海道大学情報基盤センター、国立情報学研究所、および HPCI システムとの共同研究による計算機資源の一部を利用して頂き、最大で 2400 コア・月の仮想計算機および 240 コア・月の物理サーバを稼働させて評価計算を行った。この評価はバックボーンネットワーク 11 ノードに接続された 1 ノードあたり 9 拠点の地域ノード(全体で 110 ノード)の経路制御を 1 秒単位の障害発生に対応させることが可能となることを示している。

さらに現実的なネットワーク障害を発生させるため、多様な障害を同時多発的に広域分散で発生させる SDN プラットフォーム

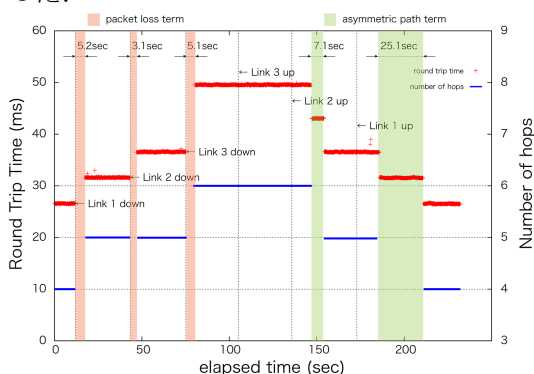
「DESTCloud」の初歩的な実装を行い、JGN-X を用いて実証実験を行った。また、さらに現実的なネットワーク障害を発生させるため、多様な障害を同時多発的に広域分散で発生させる SDN プラットフォーム「DESTCloud」の初歩的な実装を行い、JGN-X を用いて実証実



図：8 ノード 13 節ネットワークでの経路探索に要する計算量の評価

験を行った。また広域分散仮想化基盤上の 3 拠点で本提案手法を用いた経路制御を行い、本研究の目的である広域分散ストレージを動作させた結果を発表している。

2 年目は当初は北海道大学アカデミッククラウドや国立情報学研究所の Edubase Cloud, JGN の StarBED3 を用いたネットワークシミュレーションを想定していたが、より実ネットワーク指向へと研究内容を発展させるため、初年度にシミュレーションを行った環境である 11 ノード(札幌 DC, 東北大学, 国立情報学研究所, 金沢大学, 奈良先端科学技術大学院大学, 京都大学, 大阪大学, 広島大学, 高知工科大学, 九州大学, 沖縄 DC)からなるオーバーレイ・バックボーンネットワークを実際に国内に作成し、実ネットワークを用いた実証実験を行った。また自律分散型 TE 手法と中央集権型 TE 手法の計算処理コードを github 上のプロジェクトとして作成し、公開した。公開したコードを用いた経路制御仮想計算機を利用したトラフィックエンジニアリングの実証実験を行い、ネットワーク障害の発生に対して動的な対応を想定した時間内に行うことができることを示すとともに、その際に要する計算機資源や負荷についての詳細な調査を行った。



図：障害発生と RTT の変化による経路回復状況の測定結果

最終年度は広域分散ストレージの対象を 1 種類だけでなく市販されている広域分散ストレージソフトウェアまで対象とし、Scality 社、および Cloudian 社と協働することにより広

域分散仮想化環境に3種類の広域分散ストレージを配置し、本提案手法の評価を実施するとともにプレスリリースを行った。また本提案手法の経路制御を行う仮想計算機のアプリケーションを作成するためのコードをgithubで公開した。

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 27 件)

1. 柏崎礼生: 地域間インタークラウドと減災の5年間, 第10回地域間インタークラウドワークショップ, ITRC Technical Report [to appear] (2017) [査読無].
2. 柏崎礼生: SCOPE と DESTCloud の2年間とこれからの RICC/D4Cloud, 第39回インターネット技術第163委員会研究会, ITRC Technical Report [to appear] (2017) [査読無].
3. 柏崎礼生: post DESTCloud: RICC の次の取り組み, 第40回インターネット技術第163委員会研究会, ITRC Technical Report [to appear] (2017) [査読無].
4. 北口善明, 柏崎礼生, 近堂徹, 市川昊平, 西内一馬, 中川郁夫, 菊池豊: 広域分散システムの耐障害性を評価する検証プラットフォームの実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 3, pp. 958--966 (2016) [査読有].
5. 柏崎礼生, 北口善明, 市川昊平, 近堂徹, 中川郁夫, 菊池豊, 下條真司: 広域分散仮想化環境の展開・運用・管理コストの定量的評価, インターネットと運用技術シンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 18--25 (2016) [査読有].
6. 柏崎礼生, 西内一馬, 北口善明, 市川昊平, 近堂徹, 中川郁夫, 菊池豊: ネットワーク災害訓練のシナリオ記述コストを低減するインターフェイスの設計と実装, インターネットと運用技術シンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 33--40 (2016) [査読有].
7. Ikuo Nakagawa, Hiroki Kashiwazaki, Shinji Shimojo, Kohei Ichikawa, Tohru Kondo, Yoshiaki Kitaguchi, Yutaka Kikuchi, Shigetoshi Yokoyama and Shunji Abe: ``A design and implementation of global distributed POSIX file system on the top of multiple independent cloud services'', In Proc. of the 5th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI AAI 2016), pp. 867-872 (2016) [査読有].
8. 柏崎礼生: 受託研究開発とワルツを, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2016-IOT-33, No. 16, pp. 1-6 (2016) [査読無].
9. 北口善明, 柏崎礼生, 近堂徹, 市川昊平, 西内一馬, 中川郁夫, 菊池豊: 耐障害性・耐災害性の検証・評価・反映プラットフォームの設計と実装, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2015-IOT-32, No. 13, pp. 1-6 (2016) [査読無].
10. 柏崎礼生, 北口善明, 近堂徹, 市川昊平, 西内一馬, 中川郁夫, 菊池豊: 耐障害性・耐災害性の検証・評価・反映プラットフォームを用いた広域分散ストレージの評価, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2015-IOT-32, No. 14, pp. 1-6 (2016) [査読無].
11. Hiroki Kashiwazaki: [invited] or: How I Learned to Stop Worrying and Love Cloud Computing, Proc. of Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2015 IEEE 39th Annual, Vol. 3, pp. 139--140 (2015) [査読無].
12. 柏崎礼生: [招待講演] DESTCloud の展望, 信学技報, vol. 115, no. 254, R2015-52, pp. 1-6 (2015) [査読無].
13. 柏崎礼生, 西内一馬, 北口善明, 市川昊平, 近堂徹, 中川郁夫, 菊池豊: 耐障害性・耐障害性検証テストベッド DESTCloud の現状と今後, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 115, no. 256, IA2015-31, pp. 7--12 (2015) [査読無].
14. 柏崎礼生: クラウドコンピューティングとファロゴセントリスム, 信学技報, Vol. 115, No. 192, IA2015-29, pp. 59--64 (2015) [査読無].
15. 柏崎礼生: Software Defined Disaster Emulation プラットフォームを用いた広域分散環境の評価, 信学技報, Vol. 115, No. 45, ICM2015-2, pp. 83-88 (2015) [査読無].
16. 柏崎礼生, 下條真司, 高井昌彰: 自律分散型適応的経路制御手法の OpenFlow 実装, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2015-IOT-29, No. 34, pp. 1--6 (2015) [査読無].
17. 北口善明, 西内一馬, 市川昊平, 近堂徹, 柏崎礼生, 中川郁夫, 菊池豊: SDDE (Software Defined Disaster Emulation) プラットフォームを用いた広域分散ストレージの評価実験, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 114, no. 523, ICM2014-70, pp. 97--102 (2015) [査読無].
18. 柏崎礼生, 西内一馬: 分散システムの耐障害性を検証・評価するための災害シナリオを用いたネットワークエミュレータに関する考察, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 114, no. 523, ICM2014-69, pp. 91--96 (2015) [査読無].

19. 柏崎礼生, 北口善明, 近堂徹, 楠田友彦, 大沼善朗, 中川郁夫, 阿部俊二, 横山重俊, 下條真司: 広域分散仮想化環境のための分散ストレージシステムの提案と評価, 情報処理学会誌論文誌, Vol. 55, No. 3, pp. 1140--1150 (2014) [査読有]
20. Hiroki Kashiwazaki, Yoshiaki Takai: An Evaluation of Adaptive Traffic Engineering for Delivering High Bandwidth Movie on Overlay Routing Network, Proc. of Computer Software and Applications Conference Workshops (COMPSACW), 2014 IEEE 38th International, pp. 614--619 (2014) [査読有]
21. Ikuo Nakagawa, Kohei Ichikawa, Toru Kondo, Yoshiaki Kitaguchi, Hiroki Kashiwazaki, Shinji Shimojo: Transpacific Live Migration with Wide Area Distributed Storage, Proc of The 38th Annual International Computers, Software & Applications Conference, pp. 486--492 (2014) [査読有].
22. 柏崎礼生, 西内一馬, 北口善明, 市川昊平, 近堂徹, 中川郁夫, 菊地豊: 分散システムの耐災害性・耐障害性の検証・評価・反映を行うプラットフォームの設計と評価, インターネットと運用技術シンポジウム 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 1--8 (2014) [査読有].
23. 柏崎礼生, 北口善明, 近堂徹, 市川昊平, 中川郁夫, 阿部俊二, 横山重俊, 下條真司: 広域分散仮想化基盤を実現する広域分散ストレージの評価, Proceedings of NORTH Internet Symposium 2014, Vol. 20, pp. 33-40 (2014) [査読有].
24. 近堂徹, 柏崎礼生, 北口善明, 市川昊平, 西内一馬, 中川郁夫, 菊池豊: 分散システムの耐災害性・耐障害性の検証・評価・反映を行うプラットフォームの設計, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 114, no. 374, IA2014-70, pp. 7-12 (2014) [査読無].
25. 柏崎礼生, 西内一馬, 北口善明, 市川昊平, 近堂徹, 中川郁夫, 菊地豊: 分散システムの耐災害性・耐障害性の検証・評価・反映を行うプラットフォームの設計, 研究報告インターネットと運用技術 (IOT), Vol. 2014-IOT-27, No. 3, pp. 1--6 (2014) [査読無].
26. 柏崎礼生, 近堂徹, 北口善明, 市川昊平, 中川郁夫, 阿部俊二, 横山重俊, 下條真司: 広域分散仮想化環境 distcloud の現状と今後, 信学技法, vol. 114, no. 236, IA2014-30, pp. 37-42 (2014) [査読無].
27. 中川郁夫, 柏崎礼生, 北口善明, 市川昊平, 近堂徹, 下條真司: 広域ライブ

マイグレーションを実現する技術 ～分散ストレージとネットワーク～, 信学技報, Vol. 113, No. 388, pp. 59--64 (2014) [査読無].

[学会発表] (計4件)

1. Hiroki Kashiwazaki: Brief discussion of container leveraged clouds, APAN43: The 43rd Asia-Pacific Advanced Network Meeting, Cloud working group (14th, Feb. 2017, India).
2. Hiroki Kashiwazaki: distcloud: distributed virtualization platform, APAN43: The 43rd Asia-Pacific Advanced Network Meeting, Cloud working group (14th, Feb. 2017, India).
3. Hiroki Kashiwazaki: DESTCloud, now and the future, APAN42: The 42nd Asia Pacific Advanced Network Meeting and the 20th Anniversary of APAN, Disaster Mitigation Working Group (8th, Aug. 2016, HongKong).
4. Hiroki Kashiwazaki: An introduction and evaluations of a wide area distributed storage system, SNIA 11th annual storage developer conference (11th Sep, 2014, U.S.)

[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]

ホームページ等

<https://github.com/reokashiwa>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柏崎礼生 (Hiroki Kashiwazaki)

大阪大学・情報推進本部・講師

研究者番号: 80422004

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし