

広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発
(高信頼クラウドサービス制御基盤技術)

Research and Development on Cloud Service Infrastructure for
Recovering Wide-area Disaster
(High-reliability Cloud Service Platform Technology)

研究代表者 桑名 栄二 日本電信電話株式会社

研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

【Abstract】

The implementation of cloud services has so far been centered about business enterprises, but the research and development of high-reliability cloud service platform technology aims to apply these services to social infrastructures such as those in government, finance, and transportation by enhancing service reliability. To this end, we have taken up two key technical issues in enhancing the reliability of cloud systems. The first is “cloud systems interworking platform technology” to provide users with stable cloud services during times of load fluctuation or wide-area, disaster-related failures by enabling the mutual sharing of resources between autonomous clouds. The second is “cloud network platform technology” for controlling network devices in a real-time, autonomous manner according to the demand for cloud services. Additionally, we have interlinked these technical issues to establish technology for achieving a high-reliability cloud service control platform. Furthermore, to apply these R&D results to the real world at an early date, we have placed importance on constructing test beds and conducting comprehensive testing and evaluation while also proposing international standards to lay a foundation for the broad use of these technologies.

1 研究体制

- 研究代表者 桑名 栄二 (日本電信電話株式会社)
- 研究分担者 近山 隆 (国立大学法人東京大学)
村上 明彦 (株式会社エヌ・ティ・ティ・データ)
波多 浩昭 (エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社)
西原 基夫 (日本電気株式会社)
中島 康之 (株式会社 KDDI 研究所)
中尾 彰宏 (国立大学法人東京大学)
高瀬 晶彦 (株式会社日立製作所)

- 研究期間 平成 22 年度～平成 24 年度

- **研究予算** 総額 2,803 百万円
(内訳)

平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度
570 百万円	892 百万円	1,342 百万円

2 研究課題の目的および意義

「クラウドサービス」は企業の ICT 設備投資の負担軽減や情報処理の集約等による環境負荷低減効果が期待される場所であるが、その利用範囲の拡大に向けては、信頼性の向上（安定・確実なサービス稼働の維持）とともに、ネットワーク利用の拡大等に伴う通信トラヒックの急増への対応（消費電力の増大抑制）が重要である。

これらの課題に対応するため、本研究開発では、ネットワーク全体の省電力化を図りつつ、高信頼で高品質なクラウドサービスを実現するネットワーク制御技術を確立する。

これにより、国民生活及び社会経済活動における今後の ICT 利用の主流となることが予想されるクラウドサービスの信頼性向上等が図られるとともに、ネットワークにおける消費電力が削減され、温室効果ガス排出量削減が実現される。また、高度なネットワーク制御技術を世界に先駆けて開発することで、ネットワーク分野における我が国の国際競争力の強化を図る。

本研究開発では、クラウドシステムの信頼性向上のための技術課題として、クラウドシステム間の連携により負荷変動時や災害時にも利用者に対して安定したクラウドサービスを提供可能とする「課題 3. 1 クラウドシステム基盤連携技術」に、取り組む。また、クラウドサービスの要求に応じたネットワーク機器等の制御をリアルタイムかつ自律的に実施可能とする「課題 3. 2 クラウドネットワーク基盤技術」に取り組む。これらはクラウドサービスを構成する「実世界のデバイス（利用者端末、センサ等）」「ネットワーク」「クラウドシステム」上に図 1 に示すようにマッピングできる。

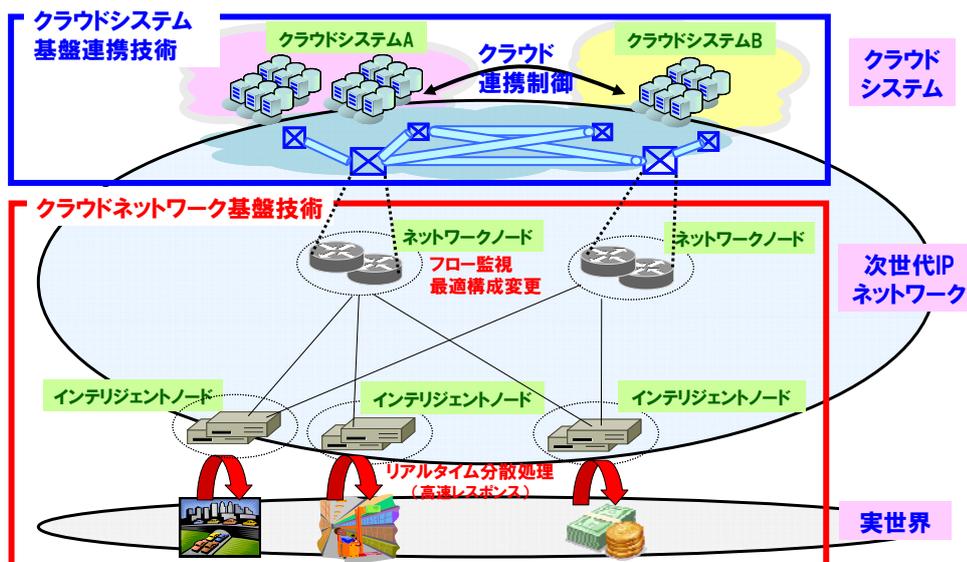


図 1 本研究開発の全体概要

また、これらの技術課題はそれぞれ独立したものではなく、以下に示すように相互に連携させることで、はじめて本研究開発の目標達成が可能になる。

例えば、特定のクラウドサービスで急激な負荷変動が発生し「課題3. 1クラウドシステム基盤連携技術」により複数クラウドシステムで連携して負荷を吸収するケースでは、ネットワーク側でも急増するトラフィックへの対応に加えて、利用者から連携先クラウドシステムへのアクセス経路変更等に伴う短時間で急激なトラフィック変動に柔軟に対応することが求められる。またクラウド連携時には、クラウド事業者間の清算処理や認証連携などが必要となり、ネットワーク機能に求められる性能要件も変動することが想定される。これに対し、「課題3. 2 - ア) ネットワーク自律最適制御技術」「課題3. 2 - イ) ネットワークノード再構成技術」との連携により、リアルタイムにネットワークの全体最適化を図ることで、他のクラウドサービスへの影響を最小限に抑えることが可能となる。

また、センサ情報などのストリーム型データを活用するサービスも、「課題3. 2 - ウ) リアルタイム分散処理技術」によりフロー型情報処理機能を情報発生源近傍のエッジノードに分散配備し、クラウドシステム側で蓄積型の情報処理を実施することで、複数のクラウドサービスが共用しているネットワークの品質、信頼性を損なうことなく安全にクラウドで提供することが可能となる。さらに、本研究開発の成果は、ネットワークおよびクラウドシステム障害からの早期復旧を目指していることから、広域災害時の復旧、復興への応用が期待できる。

このように本研究開発は、「課題3. 1クラウドシステム基盤連携技術」と「課題3. 2クラウドネットワーク基盤技術」の有機的な連携を考慮して進めることがきわめて重要であるため、各研究機関が協調して取り組み、サーバネットワーク間での相互連携技術およびクラウドシステム間での相互連携技術の確立を目指す。

3 研究成果

3. 1 クラウドシステム基盤連携技術

【到達目標】

100程度のクラウドサービスが1,000程度の仮想マシン上で動作しているクラウドシステムにおいて、当該クラウドシステムの処理能力を超える負荷の変動があった場合、10以上の他クラウドシステムのその時点でのリソース稼働状況に基づいたクラウドシステム間に跨る最適なりソース割り当てプランを、自律的かつ動的に作成し、他クラウドシステムでのディザスタリカバリを30分以内に、また、他クラウドシステムへのスケールアウトを10分以内に実施可能とする技術を実現する。

なお、当該技術はプライベートクラウドにも適用可能であること。更に、ネットワーク全体の品質保証については、「3. 2クラウドネットワーク基盤技術」との連携を図ること

【達成度】

「課題3. 1クラウドシステム基盤連携技術」担当機関間にて研究内容の連携を密に図ることで、計画通り、目標である1,000程度の仮想マシン上で動作しているクラウドシステムにおいて、10分以内のスケールアウトと30分以内のディザスタリカバリを達成した。また、「課題3. 2クラウドネットワーク基盤技術」との連携も行った。以上より、到達目標を達成した。

3. 1 - ア) クラウドリソース要件解析技術

3. 1 - ア) - 1 使用リソース計測効率化技術の研究開発

大規模なアプリケーションの処理量・サービスレベルと使用リソースの関係を効率的に把握する技術を実現する。具体的には、所与の処理量に対するサービスレベル実現に必要な使用リソースの把握のために、自動的に必要な項目を設定した計測を行い、結果をデータとして報告するとともにわかりやすく可視化するシステムを実現する。

【実施内容】

平成 22 年度までに実験用のクラウド環境を整備し、その上に平成 21 年度から継続的に開発してきたアプリケーション処理量および使用リソース量の計測・監視ツール（システム名 Pantau）を動作させ、さまざまな改良・拡張を施した。この Pantau については、クラウドサービスを提供するサーバ群において、その物理的なサーバマシンのリソース使用状況と、その上で実行する仮想的なサーバマシン（VM）のリソース使用状況を両面から監視・記録し可視化できる機能を備えている他、計測・監視のためのさまざまな機能をプラグインモジュールとして追加・削除できる柔軟なシステムとすることができた。また、平成 23 年度に CPU 利用率、ディスク、ネットワークなどの I/O に関する細粒度なログを取得するための改良を施し、それぞれのイベントの同一時間軸での詳細な観察を行った。リソースの人為的制約機能についても、制約可能なリソースの種類の実装や、制約の柔軟性の向上などの改良を加えた。さらに、構築した環境を用いて大規模なアプリケーションサービスを試験実行し、計測ツールの機能と性能の評価を行った。平成 24 年度は、このモジュールとして「課題 3. 1 - ア) - 2 必要リソース推定効率化技術の研究開発」のリソース推定に必要な計算資源利用状況の高効率な収集機能を実現するため、計測項目やリソースに加えるべき人為的制約の範囲を設定することを可能にする機能を実現し、アプリケーション性能指標および CPU 負荷や I/O 負荷等の実行環境情報に関する指標など、自動的に必要な計測項目を設定、結果を報告する機能を追加した。

さらに、取得された多岐にわたるリソース利用量ログデータについて、複数系列の時間変化やある時点での利用量分布をわかりやすく表示する可視化ツールを作成し、リソース計測結果の迅速な把握を可能にした。

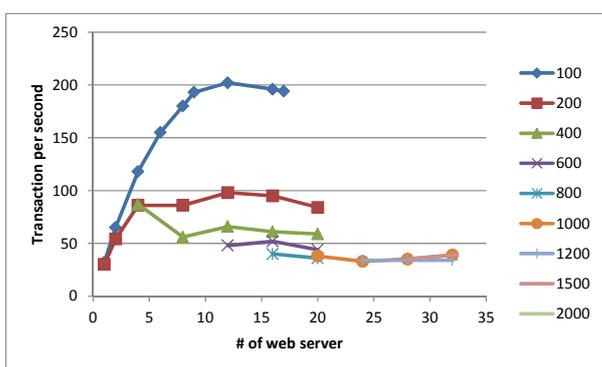


図 2 安否確認アプリケーションにおける性能測定結果とリソース利用状況可視化

【達成度】

以上の実施内容より、大規模なアプリケーションの処理量・サービスレベルと使用リソースの関係を効率的に把握する技術を実現でき、具体的な大規模アプリケーションを対象にサービスレベル実現に必要なリソース量を迅速に把握しその結果を可視化するという目標を達成することができた。

3. 1 - ア) - 2 必要リソース推定効率化技術の研究開発

アプリケーションの予想需要量と要求サービスレベルから、必要とする資源構成を推定する技術を実現する。具体的には、処理量とサービスレベルの条件、および利用可能資源の情報に基づき、アプリケーションレベルでの要求性能の実現に適切な資源構成をほぼすべて自動的かつ効率的に推定するシステムを実現する。

【実施内容】

平成 23 年度までに、大規模な分散並列処理のための代表的な枠組である MapReduce フレームワークを利用した様々なアプリケーションのリソース推定を行うため、代表的な構造のアプリケーションを集めた GridMix2 ベンチマークを用い、Hadoop アプリケーションの動作モデルを構築するための基礎的なデータを集めた。さらに、分散計算において重要となるデータアクセス性能に関してより精密な性能モデルを作成するため、分散ファイルシステムである HDFS を対象に、読み込み時のリソース利用量の変化を詳細に観察し、性能モデルを構築するための基礎的な情報を蓄えた。これらの基礎的な情報をもとに、MapReduce タスクの性能予測を行うモデルを設計し、アプリケーションの実行時におけるリソースと性能間の関係推定方式を設計した。平成 24 年度は、平成 23 年度に設計した必要リソース推定方式に基づき、所与の負荷・必要サービスレベルを実現するために必要なリソースを「課題 3. 1 - ア) - 1 使用リソース計測効率化技術の研究開発」で構築する計測環境を利用して推定するツールを設計・実装、アプリケーションに対して適用し、推定の精度、推定に必要なコストなどの性能評価を行った。具体的には、リソース量測定結果から性能モデルによるリソース推定までを結合するフレームワーク(システム名: Mariom)を構築し、その評価を行った。その結果に基づき、リソース推定方式を改良、ツールについてもそれを反映した改良を施した。

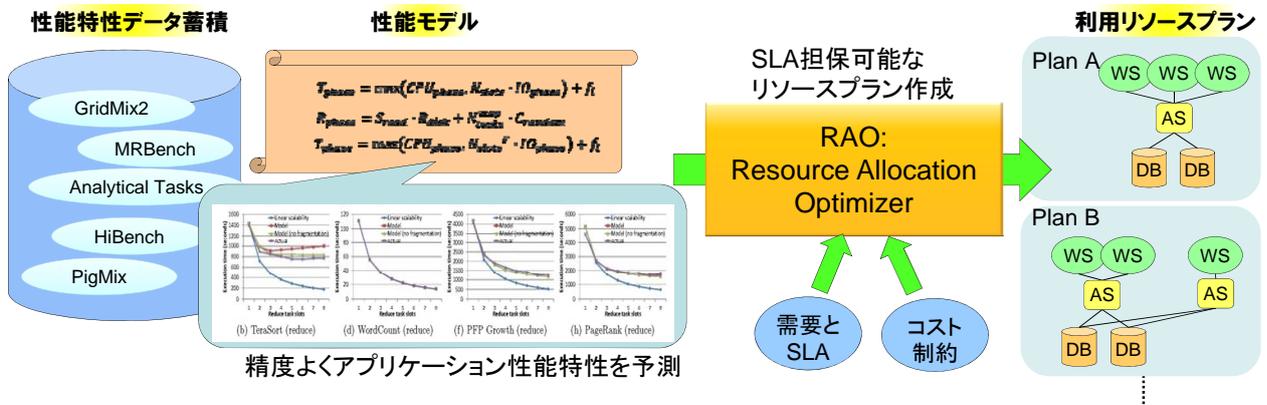


図3 アプリケーション動作の必要リソース推定

【達成度】

以上の実施内容より、アプリケーションの予想需要量と要求サービスレベルから、必要とする資源構成を推定する技術を実現し、具体的な大規模アプリケーションを対象として、処理量とサービスレベルの条件、および利用可能資源の情報に基づき、アプリケーションレベルでの要求性能の実現に適切な資源構成をほぼすべて自動的かつ効率的に推定することができ、目標を達成することができた。

3. 1 - イ) クラウド間リソース融通技術

3. 1 - イ) - 1 クラウド間自律的リソース発見・確保技術の研究開発

複数クラウドシステム同士の連携により、エンドエンドの品質維持を達成する、階層型リソース連携技術を実現する。具体的には、ユーザ要求に応じた品質を提供するため、階層型インタークラウドシステムのフレームワークに基づき、莫大なコンピューティングリソース・ネットワークリソースの双方を抽象化して監視し、リソース不足やユーザ要求からの逸脱を早期に検出可能とし、インタークラウド環境でのディザスタリカバリおよびスケールアウトを実現する。

【実施内容】

クラウド間自律的リソース発見・確保技術の確立に向け、リソース要求を各クラウドシステムに分配、通知し、割り当てる階層型コントロール技術のフレームワークを提案し、そのためのモデル、インタフェースを規定した。さらに、ユーザ要求に基づいてリソースを複数のクラウドシステムへ適切に割り当てるための階層的アルゴリズムの提案・検証を実施した。

次に、複数クラウドシステムが連携した場合に、コンピューティングリソースとネットワークリソースの双方を抽象化して監視するための階層型モニタリング技術の提案・検証を実施した。

これらクラウドシステム間での階層型コントロール技術および階層型モニタリング技術について、クラウドリソース要件解析技術「課題3. 1 - ア) クラウドリソース要件解析技術」、コンピューティングリソースとネットワークリソースの各動的プロビジョニング技術（「課題3. 1 - イ) - 2 コンピューティングリソース動的プロビジョニング技術の研究開発」、「課題3. 1 - イ) - 3 ネットワークリソース動的プロビジョニング技術の研究開発」）とを連携させ、サービス品質要求と変化するリソース利用状況に対して、クラウドシステム間で適切にリソースの再割り当てを行う階層型リソース連携技術の提案・検証を実施した。

そして、階層型リソース連携技術のフィールド検証を目的とした、大規模クラウド連携評価環境における総合検証評価を実施した。その結果、仮想マシン 1,000 台規模の環境において、他クラウドシステムでのディザスタリカバリ 30 分程度、他クラウドシステムへのスケールアウト 10 分程度という当初目標を達成した。

また、本技術の研究開発成果を基に、インタークラウドのユースケース、機能要件、インタフェース仕様案について、GICTF（グローバルクラウド基盤連携技術フォーラム）のホワイトペーパーとして発行した。さらに、それらの内容をベースとして、ITU-T SG13 へ寄書提案を行い、クラウド並びにインタークラウド技術の国際標準化活動に継続して貢献を果たした。

【達成度】

以上の実施内容より、複数クラウドシステム同士の連携により、エンドエンドの品質維持を達成する、階層型リソース連携技術を実現でき、目標を達成することができた。

3. 1 - イ) - 2 コンピューティングリソース動的プロビジョニング技術の研究開発

複数のクラウドシステムがリソースを融通しあうことにより、個々の搭載システムの SLA を維持しつつ、クラウドシステムの負荷の変動をより少ないリソースで吸収する、コンピューティングリソース動的プロビジョニング技術を実現する。具体的には、他クラウドシステムへの 10 分以内のスケールアウト、他クラウドシステムでの 30 分以内のディザスタリカバリを実現する。

【実施内容】

本研究開発では、クラウドシステム上のスケールアウト処理とディザスタリカバリ処理に求められる技術を実現するためのアーキテクチャを図 4 に示すように「クラウド連携マネージャ(CFM)」とし

て決定した。

「クラウド連携マネージャ」の主要構成コンポーネントは、大きく、「構成管理」と「構成制御」の2つに大別される。「構成管理」は、クラウド上で動作する業務システムのリソース構成と起動、停止、スケールアウト、ディザスタリカバリのための手順を管理する。「構成制御」は「構成管理」が管理する情報を参照し、仮想マシンの起動等の具体的なリソースの制御処理を行う。これら以外に、課題ウや管理者・利用者とのインタフェースとなる「外部 I/F」、仮想化インフラ (IaaS) 層とのインタフェースとなる「仮想インフラ I/F 変換」、「アカウント管理」「ユーザデータ同期」「リソース収集」から構成される。

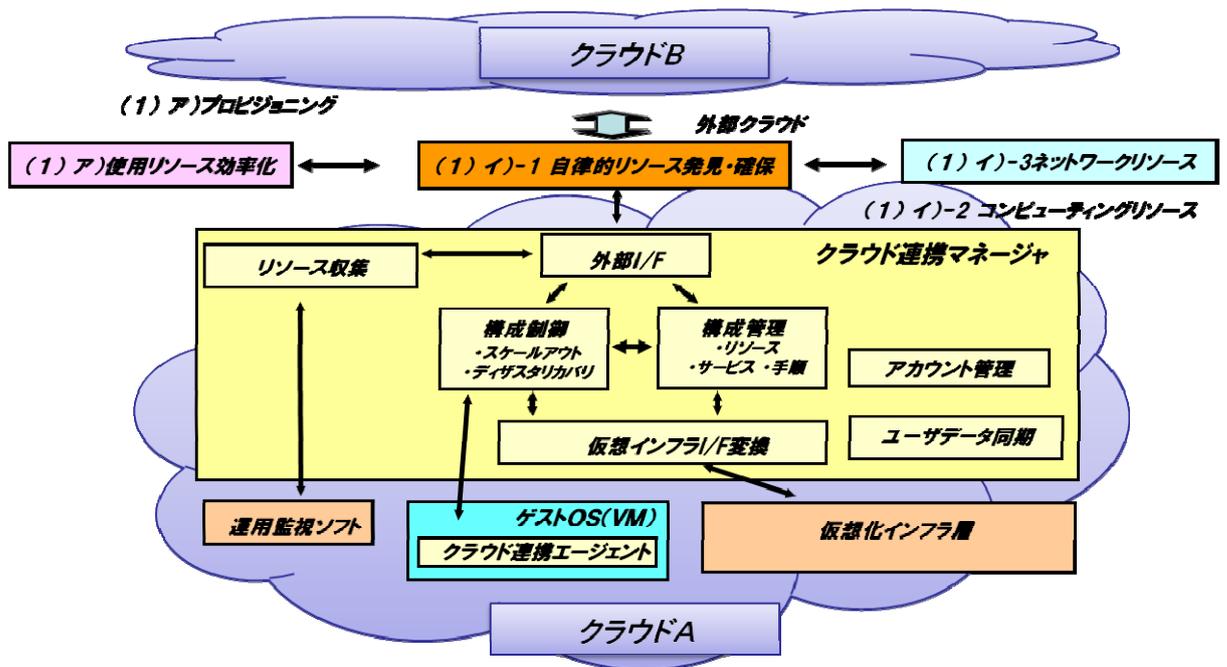


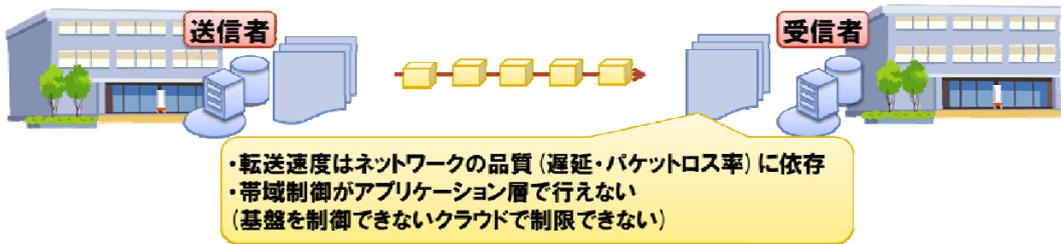
図4 クラウド連携マネージャ(CFM)

まず、本テーマ内のプロトタイプによる検討において、異なる技術で構成されているクラウド間(ヘテロジニアスクラウド)間においても、本アーキテクチャが有効であることを実証した。

また、災害時の対策として、地理的に離れているクラウド間で発生する通信遅延の影響を考慮して、図5に示す「ユーザデータ同期機構」を確立した。

従来手法 (FTP)

- 単一のコネクションを使用してファイルを転送・帯域制御なし



提案手法

- コネクション数やパケット送信間隔を制御してファイルを転送する

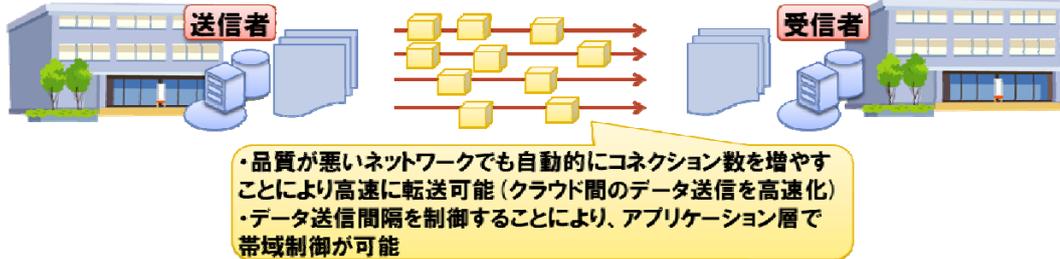


図5 ユーザデータ同期技術の概要

このユーザデータ同期を「クラウド連携マネージャ(CFM)」に組み込み込むことにより、地理的に離れているクラウド間においても、本アーキテクチャが有効であること実証した。

次に、クラウドシステム基盤連携技術全体での連携を実現するため、①「課題3. 1 - イ) - 1 クラウド間自律的リソース発見・確保技術の研究開発」の成果である「インタークラウドサーバ (ICS)」、および、②「課題3. 1 - イ) - 3 ネットワークリソース動的プロビジョニング技術の研究開発」の成果である「仮想ネットワークジェネレータ(VNG)」と、本課題の成果である「クラウド連携マネージャ (CFM)」の間のインターフェースの詳細化を行い、これらを統合してプロトタイプを開発した。次に、③実環境を志向した機能検証のために、従来型のモデル業務 (電子申請システム) に加えて、NoSQL 技術を用いたスケールアウト可能なモデル業務 (安否確認システム) を構築して動作させ、前述のプロトタイプの検証を行った。さらに、実際に遠隔拠点間で構築されたテストベッド環境において、モデル業務ではない実際の商用アプリケーション (SaaS 型翻訳システム) のディザスタリカバリを動作させることにより、プロトタイプの開発環境における検証結果の妥当性を確認した。一方、④実際のディザスタリカバリ処理の評価を行った。

図6にクラウドシステム基盤連携技術全体での連携検証の概要を示す。

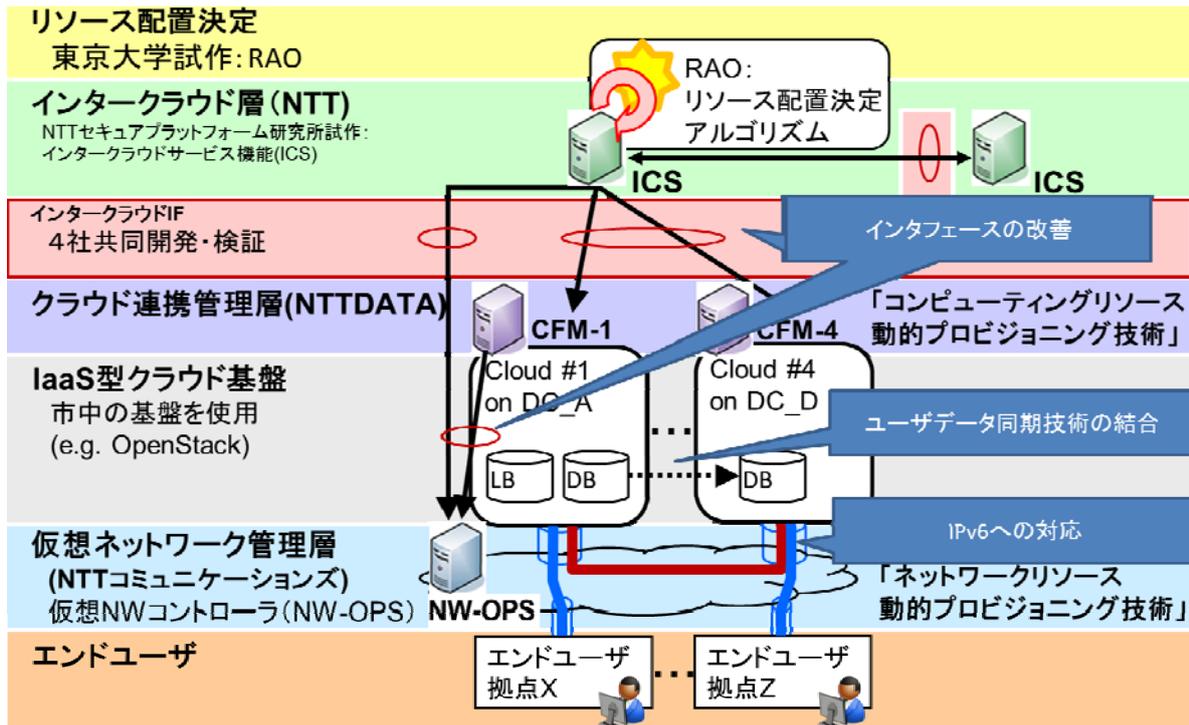


図 6 クラウドシステム基盤連携技術全体での概要

クラウドシステム基盤連携技術全体での連携を実現するため、①「課題3. 1 - イ) - 1 クラウド間自律的リソース発見・確保技術の研究開発」の成果であるインタークラウドサーバ (ICS)、および、②「課題3. 1 - イ) - 3 ネットワークリソース動的プロビジョニング技術の研究開発」の成果である仮想ネットワークジェネレータ (VNG) と、本課題の成果であるクラウド連携マネージャ (CFM) の間のインタフェースの改善を実施した。

インタフェースの改善については、システムが必要なリソース要件を解析する課題3. 1 - アクラウドリソース要件解析技術に必要なアプリケーションの監視情報を返却するインタフェースの追加、また、仮想ネットワークジェネレータと通信に必要なインタフェースを追加した。これにより、目標である10分以内のスケールアウトと30分以内のディザスタリカバリを達成した。

追加課題として、昨今のIPv4資源の枯渇から、IPv6にも本技術が適用できるように取り組みを実施した。IPv6対応においては、様々なクラウドが連携することを考えると、既存のクラウド基盤が必ずしもIPv6を前提として提供されている訳ではないという問題がある。これに対しては、②「課題3. 1 - イ) - 3 ネットワークリソース動的プロビジョニング技術の研究開発」の仮想ネットワークサーバをクラウドのフロント部に置き、クラウド外部からのIPv6でのアクセスをブリッジすることで、IPv6対応を実現した。この方式によりユーザからアクセスするネットワークがIPv6しか対応しておらず、かつ、クラウド基盤がIPv4にしか対応していない場合でも、IPv6でユーザからアクセス可能となる。②「課題3. 1 - イ) - 3 ネットワークリソース動的プロビジョニング技術の研究開発」と連携し、本課題では仮想ネットワークとのインタフェース検討とクラウド基盤への組み込みを行った。

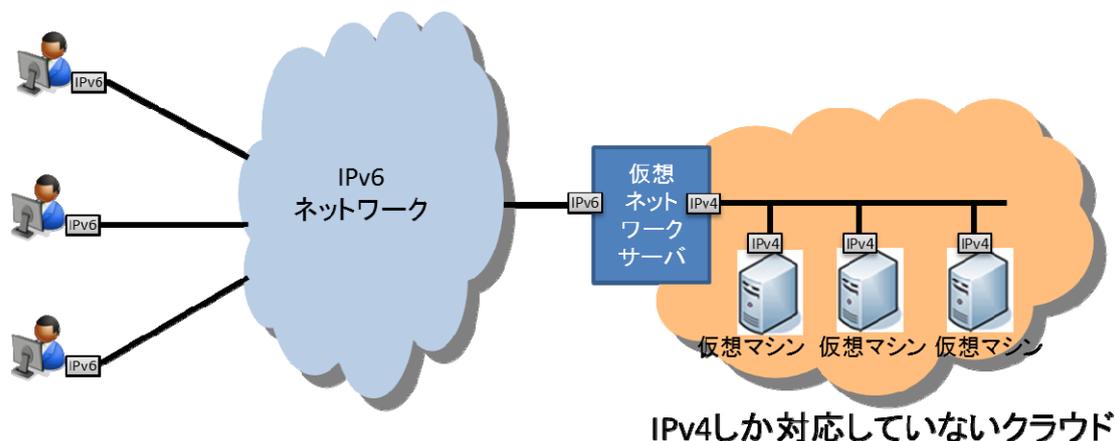


図 7 IPv6 対応の概要

最後に、「課題 3. 2 クラウドネットワーク基盤技術」クラウドネットワーク基盤技術との連携について評価した。具体的には、ユーザデータ同期は、既に確定した経路上で遅延がある状況で通信速度を改善する。しかしながら、経路上の帯域を例えばユーザからのサービスアクセスで使い切ってしまうような場合では対応できない。ここで、DC 間の接続経路を動的に切り替えることができるクラウドネットワーク基盤技術と組み合わせることにより、バックアップデータを空いている経路を利用して転送すればこの問題を解決できることを定性的に評価した。

また、上記の成果を総合的に検証するために、大規模検証環境での評価も行った。評価では、具体的なアプリケーションとして、企業ポータルシステムと安保確認システムを大規模検証環境上のクラウドシステムへインストールし、スケールアウトとディザスタリカバリの検証を行った。

まず、課題内で連携することにより、当初目標である、「他クラウドシステムへの 10 分以内のスケールアウト」、「他クラウドシステムでの 30 分以内のディザスタリカバリ」を実現した。追加要素として、IPv6 への対応も実現した。

本研究成果により、スケールアウト・ディザスタリカバリについては、オペレータを介さずに自動的に処理の実行を行うことができ、クラウドの運用コストを削減することが可能となる。また、1000VM クラスでの大規模検証及び、複数のクラウドが地理的に離れた場所に存在することによって不可避な高通信遅延環境下でも十分な性能を確保できることを検証しており、実用化可能であることを実証した。

また、他課題との連携として、バックエンドのネットワークとして、「課題 3. 2 クラウドネットワーク基盤技術」を利用した場合、クラウド基盤上で動作するサービス・アプリケーションの要求を考慮して最適なネットワークに切り替えることにより、サービスに応じた SLA を提供できることを評価した。

【達成度】

以上の実施内容より、複数のクラウドシステムがリソースを融通しあうことにより、個々の搭載システムの SLA を維持しつつ、クラウドシステムの負荷の変動をより少ないリソースで吸収する、コンピューティングリソース動的プロビジョニング技術を実現でき、目標を達成することができた。

3. 1 - イ) - 3 ネットワークリソース動的プロビジョニング技術の研究開発

逐次変化するクラウドシステム環境に対応して最適なネットワークを実現する技術を実現する。具体的には、動的な NW リソースの確保要求に迅速かつ柔軟に対応して、必要なときに必要なユーザ端末やサーバリソース間のみを適切に接続することで、NW 環境や接続ポリシーなどの違いを吸収・隠蔽したエンドエンドの端末間接続 NW を実現する手法を確立する。

【実施内容】

クラウド間でのスケールアウトやディザスタリカバリといったリソース融通を実現するためには、異なるクラウドにあるサーバ間や、エンド端末とサーバなど、エンドエンドの端末間をオンデマンドに接続するネットワーク技術が必要である。本研究開発では、エンドエンドを接続するネットワークを、要求に応じてオンデマンドに制御する手法を確立した。

エンドエンドを接続するネットワークとして、IP トンネリングによって特定の端末間を仮想的に接続するオーバーレイネットワーク技術を適用した。また、オーバーレイネットワークの接続構成をオンデマンドに制御するため、その接続構成を集中制御する機能を具備した仮想 NW 技術を適用した。

コンピューティングリソースの制御と同期したネットワーク構成の制御を実現するため、図-2 に示すように、「課題 3. 1 - イ) クラウド間リソース融通技術」の他課題が開発するシステムと連携した制御が必要である。そこで、他のシステムへ制御機能を提供する仮想 NW-API として、ネットワーク接続を終端する VNE(Virtual Network Edge)の生成・削除、VNE 間の接続構成の制御、VNE 間の通信状態の監視などの API 機能を検討し、その設計と実装を行った。

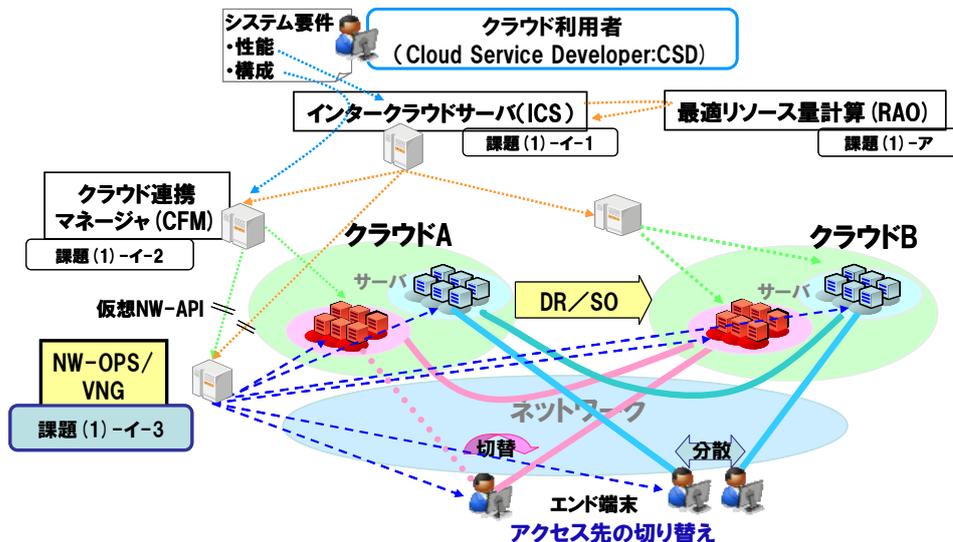


図 8 課題 3. 1-イにおけるシステム間連携制御

また、多様なネットワーク環境でエンドエンドを接続するネットワークを実現するため、仮想 NW 技術の IPv6 拡張を行った。これにより、IPv6 ネットワーク環境におけるネットワークのオンデマンド制御を実現した。

開発した手法の評価として、テストベット上に構築した擬似クラウド環境で、クラウド間でのディ

ザスタリカバリや、スケールアウト・スケールインの制御を、課題3. 1-イの各課題と連携して実現した。H24年度の総合評価では、IPv6で構築された大規模なテストベット環境上で、図9に示すシナリオのネットワーク制御を実現した。このシナリオでは、単一の「親クラウド」にシステムを新設し、システムへのアクセス負荷増大に応じて、異なるクラウドを「子クラウド」としたシステムのスケールアウトを行う。このとき、親クラウドと子クラウドの間を仮想ネットワークでシームレスに接続することで、異なるクラウド間でのシステムのスケールアウトを実現する。また、クラウド間のシステム分散に応じて、エンド端末のアクセス先を親クラウドと子クラウドに分散するようネットワークを制御し、エンドユーザからクラウドへのアクセス品質の最適化を図る。

総合評価では、課題3. 1-イ各課題と連携し、システムへのアクセス負荷変動に応じたスケールアウト・スケールインの自動制御を実現した。これにより、クラウド間リソース融通に必要な、エンドエンドの端末間接続ネットワークを、要求に応じてオンデマンドに制御できることを確認した。

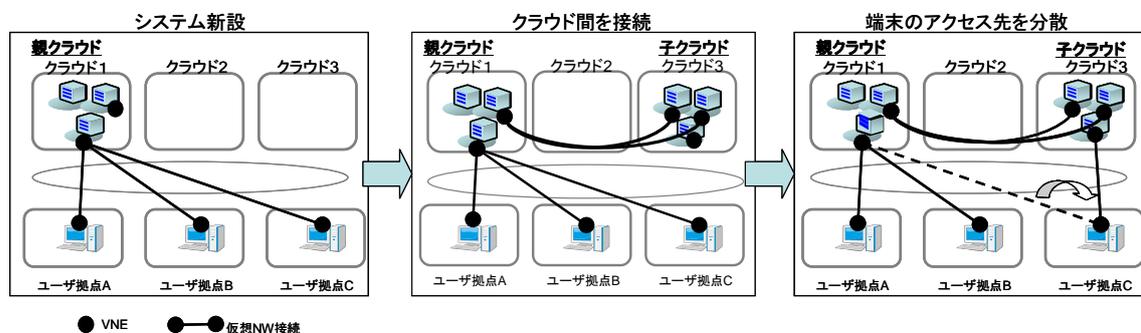


図9 ネットワーク制御シナリオ

【達成度】

以上の実施内容より逐次変化するクラウドシステム環境に対応して最適なネットワークを実現する技術を実現でき、目標を達成することができた。

3. 2 クラウドネットワーク基盤技術

3. 2 - ア) ネットワーク自律最適制御技術

【到達目標】

1,000万セッション程度を扱うネットワークにおいて、ネットワーク状況を監視等し、経路制御等の必要が生じた場合に100ミリ秒程度での自律的な最適経路制御（切り替え等）を実現する。

なお、当該技術は「課題3. 1クラウドシステム基盤連携技術」との連携を図ること。

【達成度】

計画通り、1,000万セッション程度を扱うネットワークにおいて、ネットワーク状況を監視等し、経路制御等の必要が生じた場合に100ミリ秒程度での自律的な最適経路制御（切り替え等）を実現した。また、「課題3. 1クラウドシステム基盤連携技術」との連携を図りながら、研究を進めた。以上より、到達目標を達成した。

3. 2 - ア) - 1 自律制御情報ネットワークの研究開発

ネットワーク監視機能とネットワーク制御機能の連携動作を実現する技術を実現する。具体的には、ネットワーク上に 1,000 万のアクティブなセッションが確立されているという想定のもと、1 つ 1 つのセッションを、ネットワーク内部では、フローとして識別し、フローベースの統計情報を活用しつつ、個々のフローに対して最適な経路制御を行う。

【実施内容】

H23 年度までに、ネットワーク監視機能によって得られたフロー情報を転送するために必要なインタフェースを策定し、ソフトウェアに実装した。またクラウドシステム側の構成変更（例えば課題 1 の資源移動）に合わせて経路変更を行うために、クラウドシステム側から資源移動先の情報を通知してもらうためのインタフェースの機能拡張を行い、ソフトウェア実装を行った。その成果に関しては、OpenStack Conference（2011 年 10 月 7 日 ポストン）において国際発表を行った。また、広域で自律的な経路変更を適用するために、経路制御リソース分散配置機能およびネットワーク環境モニタリング機能との連携動作について検討を行い、インタフェース仕様を確定した。

H24 年度は、実環境に適用するために、以下の 4 つの活動を行った。経路制御分野の活動(活動 A)では、クラウド間接続ネットワークにおいて 1,000 万程度の大量のフローを制御するための経路制御コントローラの実装を行った。フローベースネットワーク分野の活動(活動 B)では、複数クラウドにまたがる仮想ネットワークを構成するためのクラウド間接続ゲートウェイと、ゲートウェイを制御するクラウド間接続コントローラの実装を行った。フローベースネットワーク分野におけるもう一つの活動(活動 C)として、クラウド間にまたがる仮想ネットワークを構成する際に問題となる ARP トラフィック削減のための、ARP サーバ機能の実装と検討を行った。自律制御情報ネットワーク分野の活動(活動 D)では、メッセージ配信ネットワークの性能改善と外部参照インタフェースの整備を行った。

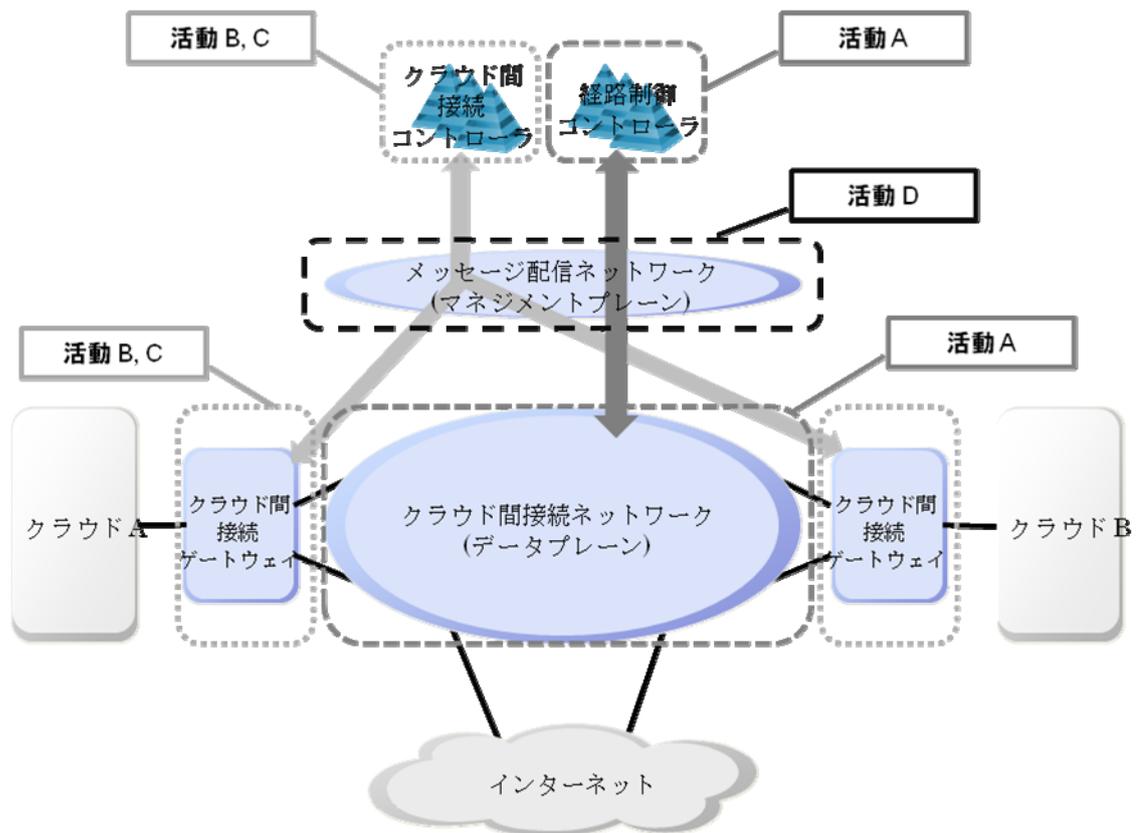


図 10 ネットワーク自律連携制御技術の説明図

最後に本プロジェクトの最終目標の達成を確認するために、実環境を用いた高速経路切り替え機能の実証実験(活動 E)を行った。その結果、本研究の成果を活用することで、ネットワーク全体で 1,000 万セッションを扱うケースにおいて、故障を検知してから 100 ミリ秒以内での最適な経路切り替えが実現可能であることを確認した。

【達成度】

以上の実施内容より、ネットワーク監視機能とネットワーク制御機能の連携動作を可能とする技術を実現でき、目標を達成することができた。

3. 2 - ア) - 2 仮想リソースプロファイリング技術の研究開発

さまざまなリソースの特性を自動的に計測・収集し、ネットワーク制御サーバの安定性を高める技術を実現する。具体的には、ネットワーク制御サーバの安定稼働を実現するため、運用管理情報などの規模が増大した場合のネットワーク制御サーバのリソース選択の処理時間を従来比 1/5 まで削減する。

【実施内容】

複数の仮想リソースの性能比較技術では、新たに追加するネットワーク制御サーバの実行環境を検索するため、仮想リソースの性能比較機能を設計した(図 11)。

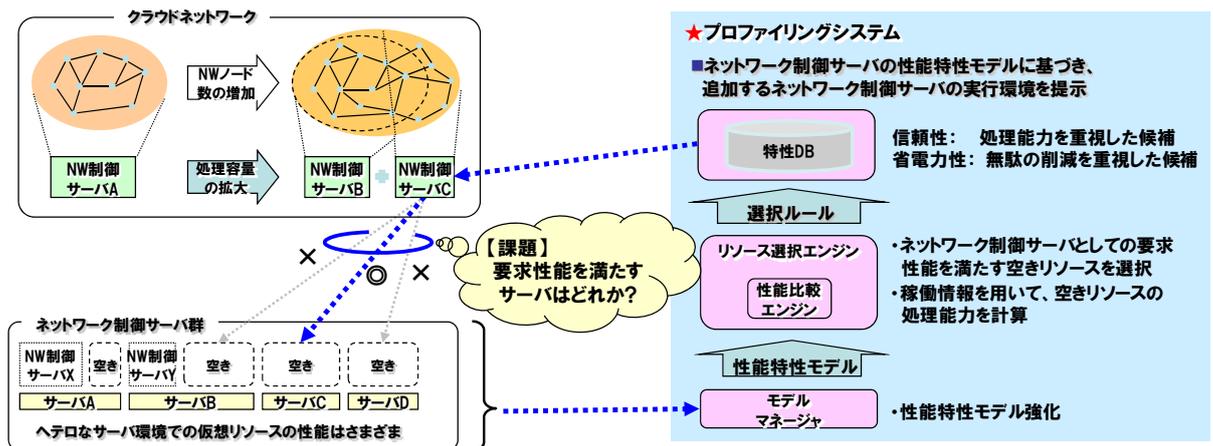


図 11 ネットワーク制御サーバのリソース選択技術の説明図

H22 年度に実施した複数の仮想リソースの特性測定技術として開発した性能特性モデルを強化し、より表現能力の高いモデルマネージャを設計した。また、複数の空きリソースの処理性能を比較し、信頼性と省電力性を考慮した空きリソースの候補を取得することが可能な性能比較機能を設計した。複数の仮想リソースの性能比較機能のプロトタイプを実装し、性能評価を行った。

研究開発の到達目標は、ネットワーク制御サーバのリソース選択に要する時間を 1/5 に削減することである。従来、物理サーバのリソース閾値超過などにより生じた性能問題は、性能監視システムからの通知を人手で分析、対応していたため、多大な時間を要していた。データセンタなどの運用管理では障害発生時に顧客に対して障害発生の通知を一定時間内（30 分）に行わなければならないことが多く、障害の対応を含めるとさらに時間を要する。さらに、システム規模の拡大や仮想化によるリソースの共有化によりリソース管理が複雑化し人手で行うことが困難になってきている。

到達目標達成の確認のため、仮想リソースプロファイリング統合管理システム（VPIS）の開発を行った。VPIS は仮想マシンおよび物理マシンのノード、リソース情報を管理するシステムである。ノード管理、リソース管理のベース部分は OpenStack や ganglia などの OSS を利用している。

最終的な機能確認および到達目標の達成を確認するために、「課題 3. 2 - ア) ネットワーク自律最適制御技術」の他の技術と連携してネットワーク制御サーバのリソース選択手法を設計し、ネットワーク制御サーバのリソース選択機能として実装した。リソース選択機能は、仮想マシン・物理マシンの管理・制御を行う仮想リソースプロファイリング統合管理システム（VPIS）の一部として実装した。評価では、ネットワーク制御サーバの負荷変動に対して、VPIS を用いて割り当てるリソース量を調整し、ネットワーク制御サーバを安定して稼働させられることを確認した。リソース選択時の性能予測では、仮想リソースプロファイリング技術により高精度かつ高速でリソース使用量を予測できることを示した。ネットワーク制御サーバの過負荷状態からの回復はわずか 5 分で完了させることができ、これは従来の障害発生の顧客通知（障害回復を含まない）に要していた 30 分と比較して、1/6 の時間削減を実現できている。

【達成度】

以上の実施内容より、さまざまなリソースの特性を自動的に計測・収集し、ネットワーク制御サーバの安定性を高める技術を実現でき、目標を達成することができた。

3. 2 - ア) - 3 通信ノードの要求捕獲と情報制御技術の研究開発

通信ノードの要求捕獲と情報制御によってセキュリティ強化と高効率な資源利用を実現する技術を確立する。具体的には、ネットワークの自律最適制御を、捕獲した通信ノードの要求に沿った形で行えるようになると共に、その制御結果に従った情報を通信ノードに伝達することで、エンドユーザに対し、要求に応じた適切かつ確実なサービスの提供を実現する。

【実施内容】

H22年度の研究では、クラウド制御装置のエミュレータを作成し、このエミュレータとの連携処理を行う部分について開発を行い、H23年度の研究では、クラウド制御装置との連携技術の開発、クラウド制御装置との連携によるDNS Query 処理時間の調整を行った。H24年度は、H23年度までに開発した機能を結合し、実用面における有効性について、機能面、性能面等から評価・検証した。また、情報制御内容を可視化し、視覚的に確認できるようにした。

可視化については、末端視点での情報制御内容の可視化、および管理者視点での情報制御内容の可視化を行った。この可視化ソフトウェアを用いていることで、課題間連携によって行われている一連の処理の流れが、容易に理解できるようになった。

H23年度までに開発したオーバーライドエージェントの性能面での総合評価も、H24年度に行った。評価に際しては、オーバーライドエージェント側の処理時間をクラウド制御装置で要する時間、オーバーライドエージェント内で要する時間に分類し、ボトルネックとなる点がないかどうかを調査した。同様に通信ノード側についても許容できる時間など考慮し、どの点に着目して評価を行うか等の検討および評価も行った。

その結果、オーバーライドエージェントはクラウドのベースとなるLANを含めた環境での検証を行っており、十分に有効性を示すことができた。クラウドがある場合は、昨年度に開発したクラウド制御装置との連携機能を活用することにより、より多様な情報制御が可能であることが示せた。

以上から、総合的にみてオーバーライドエージェントの機能には有効性があり、多くのLAN環境でその有効性を発揮できるものと考えられる。

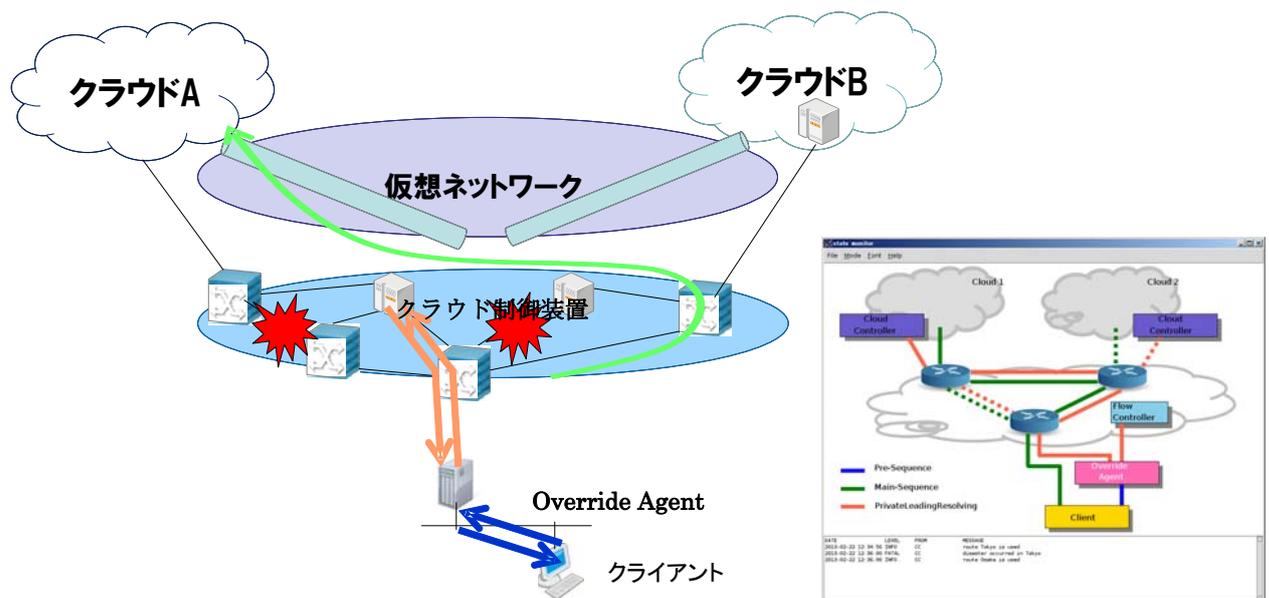


図 12 通信ノードの要求捕獲と情報制御技術と可視化イメージ

【達成度】

以上の実施内容より、通信ノードの要求捕獲と情報制御によってセキュリティ強化と高効率な資源利用を実現する技術を確立でき、目標を達成することができた。

3. 2 - イ) ネットワークノード再構成技術

【到達目標】

1,000 万セッション程度を扱うネットワークにおいて、ネットワークノードの動的構成変更を 10 秒程度で実現する。

【達成度】

計画通り、1,000 万セッション程度を扱うネットワークにおいて、ネットワークノードの動的構成変更を 10 秒程度で実現した。以上より、到達目標を達成した。

3. 2 - イ) - 1 動的再構成ネットワークノード技術の研究開発

ネットワークノードの動的再構成を実現する技術を実現する。具体的には、1,000 万セッションを収容することを想定したクラウド内、クラウド間およびクラウドと利用者間のネットワークにおいて、ノードで実行する処理の構成変更を 10 秒以内で実現する。

【実施内容】

H22 年度の研究では、ノード管理技術とネットワーク処理ノード技術を開発した。H23 年度は、これらの技術を結合して、動的再構成ネットワークノードを実現し、検証を行った。また、H22 年度に抽出した課題に対して、改善策の実装ならびに検証を行った。さらに、動的再構成ネットワークノードと管理サーバ間の接続に課題アの成果を適用し、ノード資源情報の転送を実現するための方式検討を行い、実装により動作検証を行った。

H23 年度に実施したパケット処理性能の改善、ノード制御インタフェースの策定をもとに、H24 年度は動的再構成ネットワークノードの試作を行った。動的再構成ネットワークノードの試作にあたり、ノード資源の状態をモニタリング・可視化する機能、サービス識別で管理するセッション情報を登録する機能、ノードの状態を定期的に監視し、負荷に応じてノードの再構成を指示するノード制御機能の試作を実施した。

ノード資源の状態をモニタリング・可視化する機能に関しては、ノードを構成する複数のサーバから CPU 使用率やネットワーク帯域の情報を収集するための機能を各サーバに配備し、ノード管理にて収集した情報をもとに可視化する機能を実装した。これより動的再構成ネットワークノードの状態を把握することが可能となった。

セッション情報を登録する機能に関しては、ノード管理とサービス識別のインタフェースの変更を行った。具体的には、新たにセッション情報登録用のメッセージを規定し、サービス識別が管理するセッション情報に対して新規エントリの登録を可能とした。これにより、どのようなセッションが確立されるか予想可能な場合、あらかじめサービス識別に登録しておくことで、効率的に処理を行うことが可能となる。これらの改善を組み込み、動的再構成ネットワークノードを実現した。

さらに、動的再構成ネットワークノードの状態を管理し、再構成を指示するノード制御機能を開発した。ノード制御機能は、動的再構成ネットワークノードが提供するインタフェースを利用して、CPU使用率やネットワーク帯域などのノードの状態を取得し、取得した情報をもとにノードの再構成を指示する。

このノード制御機能を用い、動的再構成ネットワークノードの評価を実施した。入力トラフィックは、ポート番号でサービスが識別できることを前提とし、パケットペイロードの情報でセッションを識別できるものとした。このトラフィック条件にて、サーバが高負荷になった場合に、別のサーバにリソースを確保してセッション単位で処理を振り分けるよう再構成する機能を評価した。これら動的再構成ネットワークノードの試作と評価を通して、ノードで実行される処理の負荷に応じて、ノードのリソースの割り当てを変更するノード再構成処理が 10 秒以内に完了することを確認した。

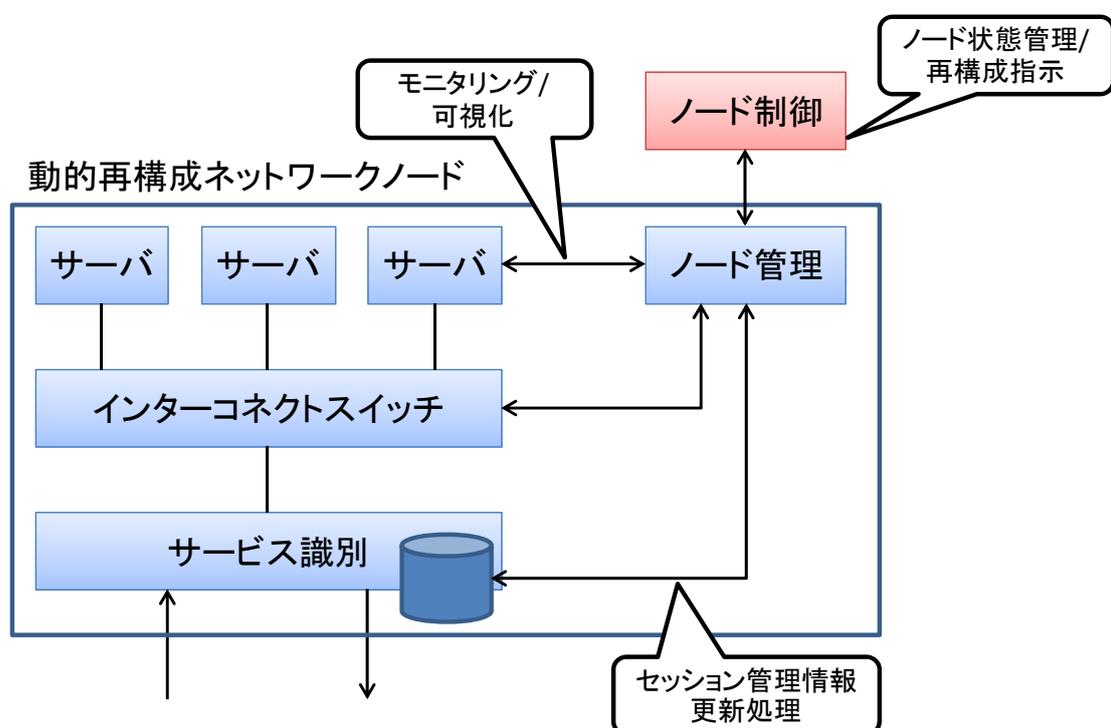


図 13 動的再構成ネットワークノードの構成

【達成度】

以上の実施内容より、クラウドサービスの要件に応じてネットワークノードの動的再構成を実現する技術を確立でき、目標を達成することができた。

3. 2 - イ) - 2 ネットワークサービス制御 再構成管理技術の研究開発

サービス制御プレーンでの構成最適化およびトランスポートプレーンとの連携を実現する。具体的には、セッションベースのサービスを低コストで安定に提供するために、複数の拠点（サイト）に配置されたアクティブまたはスタンバイの CSCF を利用して、トポロジに非依存に 1 対 n 冗長を実現する技術を確立する。

【実施内容】

テレコムネットワークの高信頼性と省電力性を柔軟に提供するための基盤技術を確立すべく、フローベースのトランスポートとサービス制御機能との連携により、ネットワークシステム全体での稼働性最適化を実現する方式について考案・設計を行い、プロトタイプ実装ならびに広域テストベッドでの検証を実施した。

テレコムネットワークのクラウド化を基本コンセプトに、耐障害性と省電力化を実現するための制御基盤に関する研究開発を推進した。LTE の導入等によりモバイル網のオール IP 化が加速していく状況において、サービス制御の中核である IMS (IP Multimedia Subsystem) の重要性が高まっている。IMS の耐障害性を考える場合、災害などの非常時にサービス制御ノードの過負荷により保持しているセッションの処理が継続できない状況や、サービス制御ノードに障害が発生することでセッションに関する情報が消失してしまう状況を想定する必要がある。前者の状況では、保持しているセッションを他の サービス制御ノードで処理させることで負荷の平準化を図ることが可能となるが、その際セッションの状態情報を新しいサービス制御ノードが引き継ぐだけでなく、セッションの経路が引き継いだサービス制御ノードを経由させる必要がある。後者の状況では、さらに、消失したセッション情報を新しいサービス制御ノードで迅速に復元させる必要がある。本課題では、OpenFlow を利用したフローベースのトランスポートシステムを利用することで、セッション単位の分散・集約化を可能とする方式を提案し、クラウドネットワークとの連携により高信頼性を実現するシステムをプロトタイプ実装することにより提案機能の検証を行った。大規模連携強化環境での本提案手法に基づくサービス制御システムの構成を図 14 に示す。本評価環境は、国内の 3 つの拠点 (新川崎、仙台、博多) を JGN-X の 4 つの AP (大手町、仙台、福岡、沖縄) を利用して接続し、多国間クラウド環境を想定した規模のテストベッドを構築した。

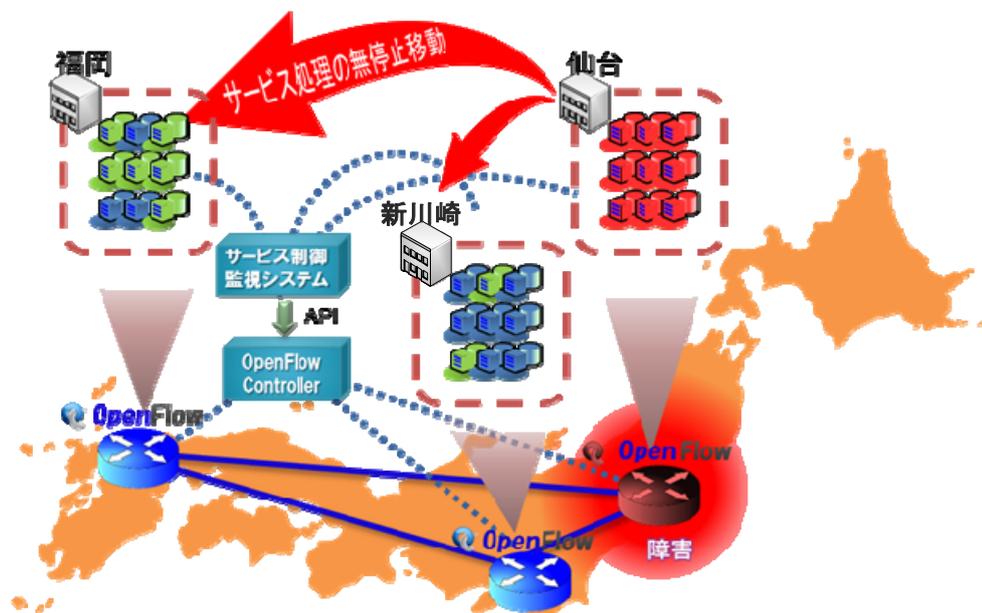


図 14 大規模連携評価環境上でのサービス制御システムの構成

本システムでは、災害・障害により停止したサーバもしくは拠点全体に收容されているアクティブセッションを、無停止で他のサーバもしくは拠点へ移動して継続することにより高信頼性を提供するとともに、オフピーク時にはセッションを移動する際の電力も考慮しながら、消費電力が最少となる

構成が取れるようセッションを集約することで省電力化も実現できること実証した。

【達成度】

以上の実施内容より、サービス制御プレーンでのサービス制御ノードの構成最適化、およびトランスポートプレーンである OpenFlow との連携を実現した。具体的には、セッションベースのサービスを低コストで安定に提供するために、複数の拠点（新川崎、仙台、福岡）に配置されたアクティブまたはスタンバイのサービス制御ノード（CSCF）を利用して、トポロジに非依存に 1 対 n 冗長を実現する技術を確立し、目標を達成することができた。

3. 2 - イ) - 3 広域分散共調型ネットワークノード技術の研究開発

クラウド・ネットワークノード連携による広域分散協調型の自律最適制御技術を実現する。具体的には、広域に分散する複数のネットワークノードの分散協調動作による高度パケット処理を行い、クラウドアクセスの自律的最適制御を実現する。

【実施内容】

ユーザの主導によりクラウドアクセスの高信頼化を実現するため、広域に分散する複数のネットワークノードが分散協調動作することで高度なパケット処理を行う OpenTag アーキテクチャを提案した。OpenTag アーキテクチャの 2 種類のプロトタイプ実装を行い、広域ネットワークテストベッド JGN-X での実験実証により、本アーキテクチャの有用性を実ネットワークにおいて検証した。

OpenTag アーキテクチャは、ユーザ主導型のクラウドアクセスにより自律的最適制御を実現する技術であり、ユーザ主導型でクラウドアクセスを高信頼化する点で、他の研究にはない新規性を有する。近年、インターネットにおける通信形態は大きく変化し、クラウド・プラットフォームでホスティングされたネットワークサービスへの集中的なアクセスとユーザが生成したデータのアップロードの集中、そして、地球上のあらゆる場所からセンサ情報のクラウド・プラットフォームへの集中などの新しい通信形態が大きな割合を占めつつある。このとき、全てのデータはクラウドに集中して集約されるため、大規模災害が発生した場合など、クラウドへのアクセスが途絶えてしまいデータの可用性を著しく損なう結果となりかねない問題がある。更に、このような有事の際には、最初にネットワークの障害に気付くのは、ほとんどの場合、ユーザであり、キャリアやクラウド事業者の障害検知は後手に回る場合がある。そのため、全てのデータへのトラフィックを対等に扱うのではなく重要なデータをユーザ自らの手によって経路制御を行ったり、バックアップを行ったりする高度な経路制御、パケット処理等が必要であると考え、ユーザ主導型のアーキテクチャを考案した。

OpenTag アーキテクチャの評価を行うために、タグをパケットに付加、削除する機能、OpenTag を元に高度なパケット処理をプログラミングする機能を有するネットワークノードのプロトタイプを設計し、メニコアネットワークプロセッサ技術を使用し実現し実装を行った。このプロトタイプ設計・実装により、ユーザ主導でフローによらない明示的なタグ(OpenTag)による以下の情報通信の高度化が実現可能となり、以下の 3 つの情報通信高度化技術について評価を行った。具体的には、(1) 大規模災害に備えるデータ保護や帯域使用ピークの緩和のためのデータバッファリングのアプリケーションのプロトタイプ作成と実運用可能性の評価、(2) 平常時のクラウド型動画配信を網内でキャッシュネットワークを圧迫するクラウドアクセストラフィックの冗長性削減によるトラフィック量の削減・ルータ消費電力の削減を目指すアプリケーションの有効性の評価、(3) ストリーミング映像トラフィックの経路切替えと経路内のノードでのトランスコーディングによるトラフィック削減の評

価である。(4)については、新川崎、仙台、博多の3つのクラウドテストベッド拠点をJGN-Xを利用して構築した広域クラウドネットワーク環境で有用性を検証した。図15にOpenTag実証実験の概要を示す。

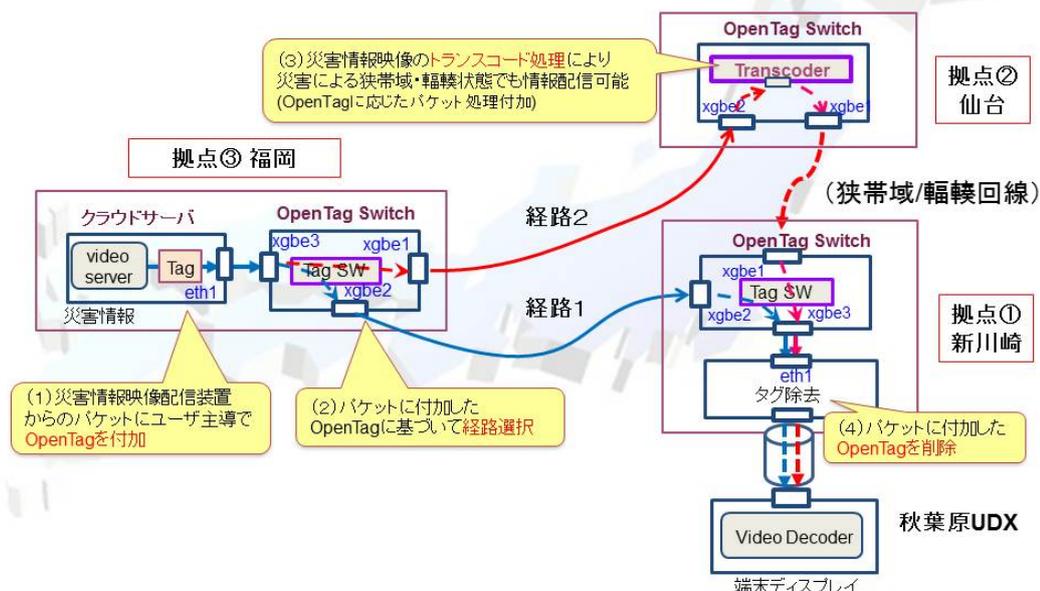


図15 JGN-Xを使用した広域クラウドネットワークでのOpenTag実証実験の概要

結論として、OpenTagによるユーザ主導型のネットワーク内ノードでの高度パケット処理になり、広域ネットワークにおける自律分散的な経路制御が可能となり、クラウドアクセスの効率化・省電力化、あるいはクラウドへの集中アクセスの軽減、災害時トラフィックの急激な変化や経路切替えが実現できるプラットフォームを実証実験により示したことが本研究課題の成果である。

【達成度】

以上の実施内容より、クラウド・ネットワークノード連携による広域分散協調型の自律最適制御技術を実現でき、目標を達成することができた。

3. 2 - ウ) リアルタイム分散処理技術

【到達目標】

100万程度のセンサが配置されているネットワークにおいて、センサ情報を遅延時間10ミリ秒程度で解析・処理を行い、障害発生時には数十ミリ秒程度でのバックアップへの切り替えを実現する。

【達成度】

当初の計画通り、100万程度のセンサが配置されていることを想定したネットワークにおいて、センサ情報を遅延時間10ミリ秒程度で解析・処理を行い、障害発生時には数十ミリ秒程度でのバック

アップへの切り替えを実現できた。

3. 2 - ウ) - 1 ネットワーク分散処理技術の研究開発

管理ノード配布のアプリを情報発生源近傍のインテリジェントノードにて低遅延に分散実施を実現する。具体的には、100 万程度のセンサが配置されているネットワークにおいて、センサ情報の解析・処理を遅延時間 10 ミリ秒程度で実現する。

【実施内容】

本研究では、100 万程度のセンサが配置されているネットワークにおいて、センサ情報の解析・処理を遅延時間 10 ミリ秒程度で実現するために、センサ等の情報発生源近傍で高優先情報の選別と情報処理を行うインテリジェントノードをネットワーク上に分散配置し、通信遅延と情報処理資源量が要求値を満たすインテリジェントノードを管理ノードで選択して、該当するセンサ情報の解析・処理に割り当てるアプローチを採った。

本研究の成果として、まず、100 万程度の膨大なセンサへの対応を実現する帯域制御技術を開発した。本技術では、緊急性の高いデータを特定のタイムスロットで転送する制御と、緊急性の低いデータの通信量を削減する制御により膨大なセンサ情報トラフィックが引き起こすネットワーク輻輳による遅延の増加を避けることが可能となる。本技術を用いたシステム評価により、通信遅延を安定して 2 ミリ秒未満とでき、センサ情報の解析処理を 10 ミリ秒以下とできることを実証した。また、管理ノード連携技術を開発し、データセンタや管理ノードからインテリジェントノードへのアプリケーションやデータを短時間で配信するための配信高速化する方式、通信遅延と情報処理資源量が要求値を満たすインテリジェントノードを、独自アルゴリズム（管理ノードとインテリジェントノードの通信遅延と管理ノードとセンサ・制御対象の通信遅延が同程度のインテリジェントノードを対象として探索）によりセンサ・制御対象やネットワークに負荷をかけずに探索、選択する方式を実現した。本方式を用い、リアルタイム処理の必要があるシステムの代表例として大量のセンサデータの中から地震計データを取得して鉄道等の高速移動体の緊急停止を促すシステムを選定し、プロトタイプの開発とシステム評価、及び、JGN-X 回線を経由して接続する関東拠点（川崎市）・東北拠点（仙台市）を用いた総合評価を行った。その結果、要求遅延を満たすインテリジェントノードをセンサデータ処理のために割り当て、センサ情報の解析処理を 10 ミリ秒以下とできることを実証した。

以上により、100 万程度のセンサが配置されているネットワークを想定した広域環境での実証実験を通じて、センサ情報の解析・処理を遅延時間 10 ミリ秒以下にできることを実証し、最終目標を達成した。

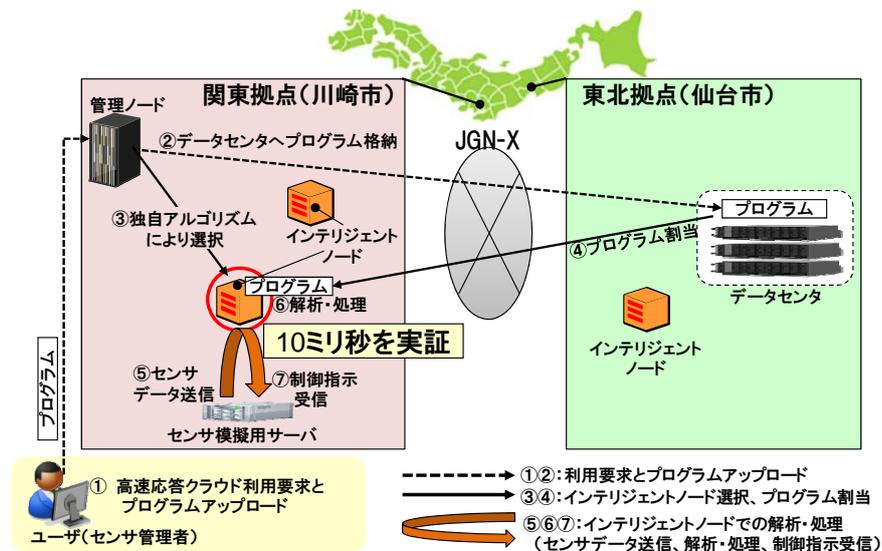


図 16 ネットワーク分散処理技術

【達成度】

以上の実施内容より、管理ノード配布のアプリを情報発生源近傍のインテリジェントノードにて低遅延に分散実施を実現でき、目標を達成することができた。

3. 2 - ウ) - 2 サービス継続のための高信頼切替技術の研究開発

障害状況等を監視・通知し、障害発生時に高速にバックアップへの切り替えを実現する。具体的には、100 万程度のセンサが配置されているネットワークにおいて、障害発生時には数十ミリ秒程度でのバックアップへの切り替えを実現する。

【実施内容】

本研究では、インテリジェントノードの障害発生時に、最終目標である数十ミリ秒程度でのバックアップへの切り替えを実現するため、高精度な時刻同期に基づく切替方式、及び、インテリジェントノードの通信機能部での宛先テーブルの動的変更による切替方式、ダブルアクト状態の現用・予備の二重系において予備系の通信出力を平常時は停止、障害発生後に開始する方式を採用した。これらの切替方式をインテリジェントノード試作機へ実装し、システム評価を実施した。また、時刻同期に基づく切替方式に関しては、課題内連携として、「課題 3. 2 - ウ) - 1 ネットワーク分散処理技術の研究開発」、「課題 3. 2 - ウ) - 3 分散クラウド技術の研究開発」とも連携した総合評価を行った。

本研究の成果として、インテリジェントノードの通信機能部での宛先テーブルの動的変更による切替方式では、インテリジェントノードの情報処理機能部で障害が発生した際に、インテリジェントノードの予備系の情報処理機能部へ処理実行位置を切り替える評価を行い 30 ミリ秒程度で切替可能であることを実証した。

高精度な時刻同期に基づく切替方式では、IEEE1588v2 のグランドマスタークロックを用い、マイクロ秒単位の時刻同期精度で処理を引き継ぐタイミング情報のみを送信することで、インテリジェントノードの障害発生時に、バックアップとなるインテリジェントノードへ処理の引き継ぎを実現した。本方式と「課題 3. 2 - ウ) - 1 ネットワーク分散処理技術の研究開発」、「課題 3. 2 - ウ) - 3 分散クラウド技術の研究開発」の技術を連携させ、模擬広域網を用いた環境において総合評価を行った。その結果、広域網を介して配置したマイクロ DC に含まれる現用系のインテリジェントノードで障害

が発生した際に 100 ミリ秒未満でバックアップとなるマイクロ DC に含まれるインテリジェントノードへ処理の実行位置をシームレスに切り替えできることを実証した。

以上により、「課題 3. 2 - ウ) - 1 ネットワーク分散処理技術の研究開発」、「課題 3. 2 - ウ) - 3 分散クラウド技術の研究開発」とも連携した総合評価により 100 ミリ秒未満でのバックアップへの切り替えがシームレスに実現可能であることを実証し、最終目標を達成した。

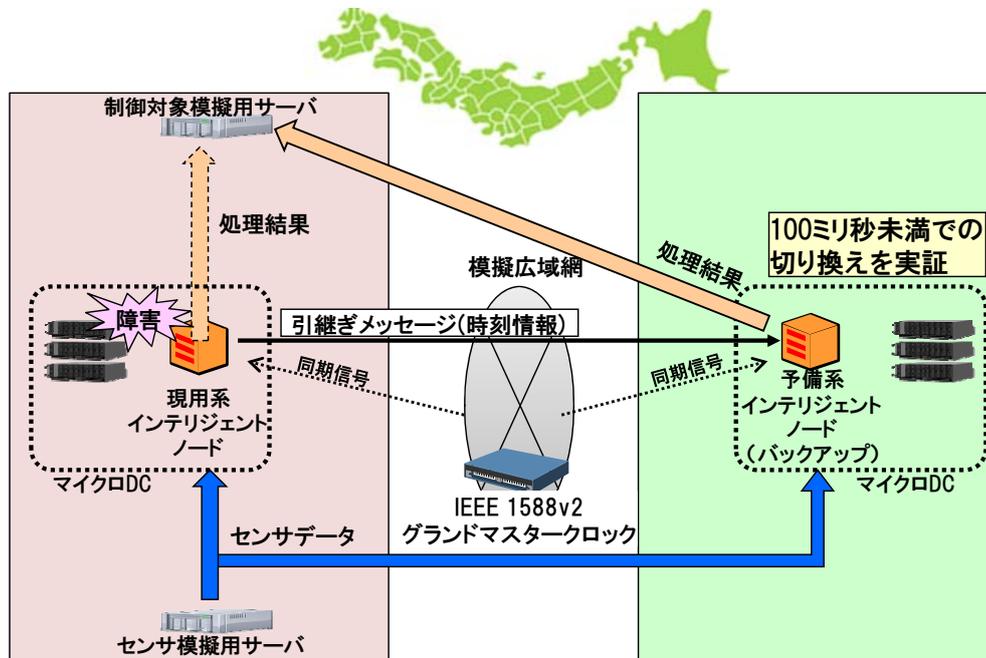


図 17 サービス継続のための高信頼切替技術

【達成度】

以上の実施内容より、障害状況等を監視・通知し、障害発生時に高速にバックアップへの切り替えを実現でき、目標を達成することができた。

3. 2 - ウ) - 3 分散クラウド技術の研究開発

各地域の既存 ICT システムと、ネットワークに分散配置したインテリジェントノードを組み合わせ、仮想的なマイクロ DC を動的に構築し、地域事象に関わる情報のローカル処理を実現する。具体的には、1,000 台規模のインテリジェントノードと既存 ICT 設備を組み合わせ地域毎/アプリ毎マイクロ DC の生成とマイクロ DC による情報のローカル処理を実現する

【実施内容】

本研究では、インテリジェントノードと既存 ICT 設備を連携利用するマイクロ DC 構成技術に関しては、1,000 台規模のインテリジェントノードまでスケールできるように親管理、子管理、孫管理の 3 階層の管理構造を採用した。マイクロ DC のスケーラビリティはシミュレーションによって、マイクロ DC の実構築は実環境を用いて検証した。マイクロ DC ルーティング技術に関しては、マイクロ DC がインターネットを介して広域分散した際に必要なセキュリティの確保を考慮に入れたシステム評価環境で検証した。マイクロ DC 高信頼化技術に関しては、ネットワーク障害時の実効的なデータ消失を避ける方式に関して二つのマイクロ DC を模擬広域網で結んだシステム評価環境で検証した。

激甚災害への対応を考慮し、サービス継続性が必要なシステムの代表例として、自治体が大量のセンサで収集した防災情報を、クラウドを用いてユーザへ提供するインフラサービスを選定し、マイク

ロ DC のプロトタイプの開発と関東拠点・東北拠点を想定した総合評価を行った。

本研究の成果として、マイクロ DC 構成技術に基づいたシミュレータを構築し、1,000 台規模のインテリジェントノードと既存 ICT 設備を組み合わせたマイクロデータセンタ(マイクロ DC)が構成可能であることを確認した。また、JGN-X 回線を経由して接続する関東拠点・東北拠点をを用いた総合評価において、インテリジェントノードと既存 ICT 設備を組み合わせたマイクロ DC を小規模なものであれば5分以内で構成可能であり、地域事象に関わる情報のローカル処理ができることを実証した。また、マイクロ DC ルーティング技術を利用し、広域環境を想定したシステム評価環境で通信パケットの暗号化によりセキュリティを確保しつつ、災害発生時に必要と考えられる 2 つ以上のサービスレベルの転送可否判定がマイクロ DC あたり 4,000 イベント/秒のスループットで可能であることを実証した。また、マイクロ DC 高信頼化技術を利用し、広域環境を想定したシステム評価環境でマイクロ DC 間のネットワーク障害発生時に、レイヤ 2 のリングプロテクション機能によるネットワークの切替と連動して、インテリジェントノードによって切替中に消失するデータを再送してネットワーク内で回復させることで、実効的なデータ消失を無くせることを実証した。

本研究では、関東拠点・東北拠点を想定した総合評価によって、マイクロ DC 構成技術、マイクロ DC ルーティング技術、マイクロ DC 高信頼化技術を連携利用した場合、既存 ICT 設備を有効活用しつつ応答性の劣化や高信頼性を確保したクラウドサービスを提供できることを確認し、最終目標を達成した。

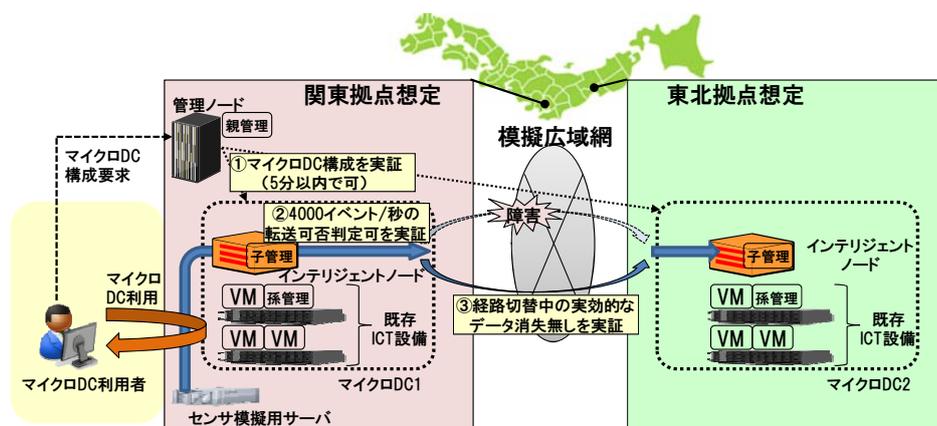


図 18 分散クラウド技術

【達成度】

以上の実施内容より、各地域の既存 ICT システムと、ネットワークに分散配置したインテリジェントノードを組み合わせ、仮想的なマイクロ DC を動的に構築し、地域事象に関わる情報のローカル処理を実現でき、目標を達成することができた。

3. 3 研究開発成果の社会展開のための活動実績

・標準化活動

「課題 3. 1 クラウドシステム基盤連携技術」の研究開発成果を基にした、GICTF ホワイトペーパー「インタークラウドのユースケースと機能要件」の内容をベースに、ITU-T FG-Cloud (Focus Group on Cloud Computing) への提案寄書を作成し、NTT が GICTF の代表として国際標準化提案活動を行った。

その結果、提案内容は FG-Cloud の成果物-FG エコシステム文書に盛り込まれた。

ITU-T FG-Cloud の後継の標準化活動は ITU-T SG13 で行われることが決定したため、同様に本研究開発成果を基にした、GICTF ホワイトペーパー「インタークラウドインターフェース仕様案」の内容をベースに、SG13 において同仕様案の提案活動を継続して推進した。

その結果、提案内容を盛り込んだ、クラウドコンピューティングのフレームワーク勧告案 Y.3501 (Y.ccf) について 2013 年 2 月に勧告化承認を達成した。

「課題 3. 2 - イ) - 2 ネットワークサービス制御 再構成管理技術の研究開発」の研究開発成果を基に、2011 年 5 月に勧告化されるまでの間、将来ネットワークの目的・重点化項目と満たすべき能力や特徴を設計上の大目標とする規定 (Y. 3001) へ将来ネットワークの能力に関する要件の標準化を行った。具体的には、本研究課題のサービス制御とネットワーク制御の連携を包含する、サービスに基づくネットワーク制御 (Data awareness) を将来ネットワークの能力の一つとして盛り込んだ。

またその後、Y.FNvirtreq (将来ネットワークの実現形態であるネットワーク仮想化の基本要件) に、エディターとして積極的にかかわり、草案の作成を推進した。本草案へは、仮想ネットワークにおいてもサービス (処理) の移動が機能要件として求められることを盛り込んだ。2013 年 3 月現在、90%の完成度に達しており、2014 年 2 月をめどに SG13 から勧告化を上申し、2014 年中に標準文書とすることを目指している。

・グローバルクラウド基盤連携技術フォーラムとの連携

「高信頼クラウドサービス制御基盤技術」の研究開発において、検討した技術仕様について、オープンな仕様策定を推進するため、「グローバルクラウド基盤連携技術フォーラム (GICTF)」*に随時検討内容をインプットしてフォーラム参加メンバーと議論し、その内容を再び本研究開発にフィードバックすることで検討を進めた。また、国内外の関連団体とのリエゾン、GICTF を介して積極的に進め、高信頼クラウドサービス制御基盤の実現に関わる技術の検討と議論を推進した。

アウトプットドキュメントとして、クラウドシステム連携のユースケースと機能要件について、GICTF ホワイトペーパー「インタークラウドのユースケースと機能要件」(和文版、英文版)を、クラウドシステム連携のインタフェース仕様案について、GICTF ホワイトペーパー「インタークラウドインターフェース仕様案」(和文版、英文版)を作成し、それぞれ公開した。さらに、ネットワーク仮想化の観点から、クラウドとネットワークの連携を実現する技術要件について検討し、GICTF ホワイトペーパー「クラウド連携を支えるネットワークと技術要件」(和文版、英文版)を作成し、公開した。

次に、高信頼クラウドサービス制御基盤技術の評価検証を推進することを目的とし、GICTF 内にテストベッドワーキンググループを立ち上げ、本研究開発受託機関と一般のフォーラム参加メンバーと連携して、高信頼クラウドサービス制御基盤技術の評価活動を実施した。

*グローバルクラウド基盤連携技術フォーラム (GICTF) : <http://www.gictf.jp/>

・学会等の活動

電子情報通信学会 2012 年ソサイエティ大会において特別シンポジウム「高信頼化・省電力化に向けたクラウド連携技術」を企画し、関連 3PJ「高信頼クラウドサービス制御基盤技術」、「環境対応ネットワーク構成シグナリング技術」、「省電力アクセスネットワーク制御技術」から計 14 件の研究成果発表を行い、関連分野研究者との活発な意見交換を実施し、本研究開発技術の先進性、有用性についてアピールを行った。

「MPLS 2012 Annual International Conference」ならびに併催された「SDN & Intercloud Special Summit」(GICTF、DMTF、ISOCORE 共同主催、ワシントン D.C. 2012 年 10 月)において、「高信頼クラウドサービス制御基盤技術」の研究発表、GICTF の活動紹介を実施し、本研究開発技術の国際アピールを行った。

・成果発表会

研究期間中は、毎年度、対外発表の場を設け、研究活動の対外アピールを行った。以下がその詳細である。

■平成 22 年度

名称：クラウドネットワークシンポジウム 2011

「クラウドサービスを支える高信頼・省電力ネットワーク制御技術の研究開発」の可能性

開催日時：平成 23 年 3 月 7 日 13:00～18:00

会場：品川グランドホール

形式：コンファレンス、併設展示

来場者数：282 名

■平成 23 年度

名称：クラウドネットワークシンポジウム 2012

「最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発」の可能性

開催日時：平成 24 年 2 月 23 日 13:00～18:00

会場：品川グランドホール

形式：コンファレンス、併設展示

来場者数：284 名

■平成 24 年度

名称：クラウドネットワークシンポジウム 2013

～広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発～

開催日時：平成 25 年 2 月 20 日 11:00～17:30

会場：アキバ・スクエア

形式：コンファレンス、併設展示

来場者数：289 名

4 研究開発成果の社会展開のための計画

・国際標準化への取組み

「課題 3. 1 クラウドシステム基盤連携技術」の研究開発成果を基に、インタークラウドのフレームワークならびに詳細仕様について、ITU-T SG13 へ寄書提案活動を継続する。これにより、クラウド関連サービスへの本技術普及の土台作りを推進する。インタークラウド勧告案について、平成 25 年 11 月の勧告化合意を目指す。

・事業化に向けた取組み

受託機関において、本研究開発で確立した要素技術を活用することで、新たなクラウドソリュー

ションや製品化の検討を行い、新規ビジネス機会の創出を目指す。

5 査読付き誌上発表リスト

- [1] A. Viratanapanu, A.K.A. Hamid, Y. Kawahara and T. Asami, “Pantau: A Monitoring System for KVM-based Server Consolidation Environment”, Proc. Of IEEE-CS International Symposium on Applications and Internet (2011年7月):
- [2] Akira Ura, Daisaku Yokoyama, Takashi Chikayama, “Two-level Task Scheduling for Parallel Game Tree Search Based on Necessity”, Journal of Information Processing (2013年1月):
- [3] Sven Groot, “Modeling I/O Interference for Data-Intensive Map-Reduce Applications”, COMPSAC/SAINTE 2012 Joint Doctoral Symposium (2012年7月):
- [4] Sven GROOT, Kazuo GODA, Daisaku YOKOYAMA, Miyuki NAKANO, and Masaru KITSUREGAWA, “Modeling I/O Interference for Data Intensive Distributed Applications”, ACM SAC 2013 (2013年3月):
- [5] M. Itoh, K. Yuyama, K. Yamanaka, “A Filesystem Layer Data Replication Method for Cloud Computing”, World Telecom Congress 2012, “Workshop on Cloud Computing in the Telecom environment, bridging the gap”, Miyazaki, Japan (2012年3月):
- [6] K. Yamanaka, “Clock Driven Programming: A Programming Paradigm which Enables Machine-independent Performance Design”, ACM/SPEC International Conference on Performance Engineering ICPE 2012, Boston, USA (2012年4月):
- [7] Okamoto.T., “Evaluating Auto Scalable Application on Cloud”, Lecture Notes on Software Engineering vol. 1, no. 1, pp. 44-48 (2012年12月):
- [8] 鈴木 一哉、伝宝 浩史, “BGP 運用 ISP/DC ネットワークの OpenFlow による実現とその実装”, マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2012)シンポジウム (2012年7月4日):
- [9] 鈴木一哉, “A network management solution based on OpenFlow towards new challenges of multitenant data center”, 9th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (2012年11月5日):
- [10] Dae Sun Kim, Hiroyuki Shinbo Itou, Yoshinori Kitatsuji, and Hidetoshi Yokota, “An Alarm Correlation Algorithm for Network Management Based on Root Cause Analysis”, the 13th International Conference on Advanced Communication Technology (2011年2月13日):
- [11] Manabu Itou, Satoshi Komorita, Yoshinori Kitatsuji, Hidetoshi Yokota, “Enhanced Service Delivery Platform for Efficient Use of Server Resources”, The Fifth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST 2011) (2011年9月):
- [12] Takeshi Usui, Yoshinori Kitatsuji, and Hidetoshi Yokota, “Restoring CSCF Session State by Using Feature of Retransmission Mechanism in Session Initiation Protocol”, The Third International Conference on Emerging Network Intelligence (EMERGING 2011) (2011年11月):
- [13] Dae Sun Kim, Manabu Itou, Satoshi Komorita, Yoshinori Kitatsuji, and Hidetoshi Yokota, “Design and Implementation of a Network Management System for Service Oriented Network”, World Telecommunications Congress (WTC 2012) (2012年3月):
- [14] Manabu Itou, Satoshi Komorita, Yoshinori Kitatsuji, Hidetoshi Yokota, “OpenFlow-based Routing Mechanism for Call Session State Migration in the IMS”, The 7th International

Conference on COMPUTER ENGINEERING and APPLICATIONS, WSEAS (World Scientific and Engineering Academy and Society) (2013年1月):

[15] Yan Pu, Yilong Deng, Nakao Akihiro, “Cloud Rack: Enhanced Virtual Topology Migration Approach with Open vSwitch”, ICOIN 2011, International Conference on Information Networking (ソウル) (2011年1月):

[16] Soon Hin Khor and Akihiro Nakao, “MI: Cross-layer Malleable Identity”, IEEE ICC 2011, Kyoto, Japan, pp1-6 (2011年6月):

[17] Ryoji Furuhashi・Akihiro Nakao, “OpenTag: Tag-based network slicing for wide-area coordinated in-network packet processing”, IEEE ICC 2011 Workshop on Future Network (FutureNet IV) (2011年6月):

[18] Soon Hin Khor and Akihiro Nakao, “DaaS: DDoS Mitigation as a Service”, IEEE/IPSJ SAINT 2011, Munich, Germany, pp160 - 171 (2011年7月):

[19] Ryoji Furuhashi and Akihiro Nakao, “Applications of wide-area network slicing for improving cloud platform access by OpenTag”, IEEE The Fourth International Conference on COMMunication Systems and NETworkS (COMSNETS), 2012 (2012年1月1日):

[20] Hamid Farhahi, Akihiro Nakao, “Security Services as Software Defined Network APIs”, AsiaFI (2012年8月23日):

[21] Hamid Farhadi, Shogo Ando, Akihiro Nakao, “Deeply Programmable Network’s Nano-logger”, International Workshop on Security (IWSEC) (2012年11月8日):

6 その他の誌上発表リスト

[1] 三宅延久、村田祐一、村山純一、“クラウド連携を実現するインタークラウド制御技術”、ITU ジャーナル 3月号 (クラウド特集) (2011年3月1日):

[2] 村山純一、村田祐一、波戸邦夫、胡博、中島雅之、坂井博、“インタークラウドインターフェース (インタークラウドプロトコル編)”、GICTF クラウド連携 I/F ドラフト版ドキュメント (2011年7月5日):

[3] 村山純一、村田祐一、波戸邦夫、胡博、中島雅之、坂井博、“インタークラウドインターフェース (クラウドリソースデータモデル編)”、GICTF クラウド連携 I/F ドラフト版ドキュメント (2011年8月5日):

[4] 湯山圭一、岡本隆史、“災害を考慮した遠隔地にあるデータセンタ間でのレプリケーション手法”、電子情報通信学会 2012年ソサイエティ大会 (2012年9月13日):

[5] 岩井 孝法、水越康博、“移動端末の移動パターンに基づく状態遷移制御方式”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2011年9月2日):

[6] 小森田 賢史、“リソース効率利用のためのサービス制御層における動的再構成”、電子情報通信学会 新世代ネットワーク時限研究専門委員会 第6回研究会予稿集 (p.7-9) (2011年1月):

[7] 伊藤 学、小森田 賢史、北辻 佳憲、横田 英俊、“OpenFlow を利用した呼制御メッセージの経路制御方式に関する提案”、電子情報通信学会 総合大会 (2011年3月):

[8] T. Usui, Y. Kitatsuji, H. Yokota, et al., “Design and Implementation of Service Mobility Middleware with Session State Migration”、電子情報通信学会技術研究報告 IA(インターネット

アーキテクチャ) 研究究専門委員会 (2012年3月15日):

[9] 横田 英俊、“テレコムネットワークの仮想化に向けた取り組み”、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 (2012年9月):

[10] 北辻 佳憲、伊藤 学、小森田 賢史、横田 英俊、“Proposal of Live Session Migration for Call Session Control in IMS”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会 (2012年10月):

[11] 横田 英俊、“【招待講演】 テレコムネットワークの仮想化による災害対策・省電力化への研究開発の取り組み”、電子情報通信学会 情報通信マネジメント研究会 (2013年1月):

[12] 北辻 佳憲、伊藤 学、小森田 賢史、横田 英俊、“省電力とサービス継続を可能とする IMS の構成に関する考察”、電子情報通信学会 総合大会 (2013年3月):

[13] Hamid Farhadi, Ryoji Furuhashi, Akihiro Nakao、““Toward Secure OpenTag””、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 (2011年9月):

[14] 古橋 亮慈, 中尾 彰宏、““OpenTag を用いた網内データ複製によるクラウドアクセス堅牢化””、電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 第二回研究会 (2011年11月):

[15] Hamid Farhadi, Ryoji Furuhashi, Akihiro Nakao、““Security Considerations for Tag-based Network Slicing””、電子情報通信学会 総合大会 (2012年3月):

[16] 安藤 翔伍, 中尾 彰宏、“ビデオ共有サービスを対象とした重複トラフィック削減手法の提案とシミュレーションによる評価”、電子情報通信学会技術研究報告 NV, ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 (2012年3月):

[17] 古橋 亮慈, 中尾 彰宏、“ユーザ主導型・網内パケット処理によるクラウド連携・アクセスの堅牢化・効率化”、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 (2012年9月13日):

[18] Hamid Farhahi, Akihiro Nakao、““In-Network Services Building Blocks””、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 (2012年9月13日):

[19] Hamid Farhadi・Akihiro Nakao、“An Architecture for Middlebox-as-a-Service in Software Defined Networks”、第10回 QoS ワークショップ (2012年11月2日):

[20] Leon Lee, Akihiro Nakao、“Outroboros: SDN beyond Flow-Tuple Matching”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2013年3月7日):

[21] 矢崎 武己、“実世界情報処理に向けたクラウドネットワーキング”、ITU ジャーナル Vol.41 No.3 (p 19-22) (2011年3月):

[22] 矢崎 武己他、“クラウドコンピューティングを支えるネットワークの取り組み”、日立評論 7月号 (2011年4月):

[23] Takeki Yazaki et al.、“Hitachi’s Involvement in Networking for Cloud Computing”、Hitachi Review Vol. 61-2 (2012年3月1日):

[24] 西村信治, 柴田治朗, 鈴木政朗, 矢崎武己、“スマートな社会, ビジネスを支えるネットワーク”、日立評論 2012年10月号 Vol.94 No.10 pp724-729 (2012年10月):

7 口頭発表リスト

[1] 三宅延久、“Global Inter-Cloud Technology Forum (GICTF)”、TM Forum Regional Spotlights (東京) (2010年10月18日)

[2] 坂井博、池田昌夫、“インタークラウドのユースケースと機能要件”、電子情報通信学会 情報

ネットワーク研究会（福岡）（2010年11月18日）

[3] 村山純一、“インタークラウド・コンピューティングの実現に向けた仮想ネットワーク技術の動向”、マルチメディア推進フォーラム（東京）（2010年12月3日）

[4] 波戸邦夫、胡博、村田祐一、村山純一、“インタークラウドに向けたシステムアーキテクチャの提案”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会（沖縄）（2011年3月3日）

[5] 胡博、波戸邦夫、村田祐一、村山純一、“インタークラウド環境におけるリソース割当アルゴリズムの提案”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会（沖縄）（2011年3月3日）

[6] 村山純一、村田祐一、波戸邦夫、胡博、“「クラウド間自律的リソース発見・確保技術」のH22年度研究成果”、クラウドネットワークシンポジウム2011（東京）（2011年3月7日）

[7] 坂井博、“インタークラウドのユースケースと機能要件”、グリッド協議会 第32回ワークショップ（サイエンスクラウド）（2011年3月10日）

[8] 波戸邦夫、胡博、村田祐一、村山純一、“インタークラウドシステムアーキテクチャの信頼性と経済性の相関評価”、電子情報通信学会 ソサイエティ大会（札幌）（2011年9月13日）

[9] 胡博、波戸邦夫、村田祐一、村山純一、“インタークラウドリソース割当アルゴリズムの性能評価”、電子情報通信学会 ソサイエティ大会（札幌）（2011年9月13日）

[10] 村田祐一、“インタークラウド技術の動向”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会（広島）（2011年12月15日）

[11] 村山純一、村田祐一、波戸邦夫、近藤毅、胡博、首藤祐一、“「クラウド間自律的リソース発見・確保技術」のH23年度研究成果”、クラウドネットワークシンポジウム2012（東京）（2012年2月23日）

[12] 胡博、波戸邦夫、村田祐一、村山純一、“インタークラウド上のWeb三層サービスにおける故障特定手法”、電子情報通信学会 総合大会（岡山）（2012年3月20日）

[13] 波戸邦夫、胡博、村田祐一、村山純一、“インタークラウドシステムに適したサービス構成管理方式”、電子情報通信学会 総合大会（岡山）（2012年3月20日）

[14] 村田祐一、坂井博、村山純一、“Intercloud Computing Technology”、ITU Telecom World 2011（ジュネーブ）（2011年10月24日）

[15] 波戸邦夫、胡博、村田祐一、村山純一、“Designing Inter-Cloud System Architecture”、The 10th International Conference on Optical Internet (COIN2012)（東京）（2012年5月30日）

[16] 波戸邦夫、首藤裕一、胡博、近藤毅、村田祐一、村山純一、“インタークラウドの実現に向けたリソース情報の交換技術”、2012年電子情報通信学会 ソサイエティ大会（富山）（2012年9月13日）

[17] 首藤裕一、波戸邦夫、小林秀承、桑名栄二、“インタークラウドにおけるリソース性能測定方式”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会（鹿児島）（2013年1月25日）

[18] 波戸邦夫、首藤裕一、胡博、近藤毅、村田祐一、村山純一、小林秀承、桑名栄二、“高信頼な社会インフラを実現するインタークラウド技術”、クラウドネットワークシンポジウム2013（東京）（2013年2月20日）

[19] 首藤裕一、波戸邦夫、“インタークラウドにおけるリソース性能測定方式の評価”、2013年電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会（沖縄）（2013年3月7日）

[20] 近藤毅、首藤裕一、波戸邦夫、“読み出し遅延に着目したメモリオーバーコミット検出手法”、

- 2013年電子情報通信学会 総合大会 (岐阜) (2013年3月19日)
- [21] 胡博、波戸邦夫、村田祐一、村山純一、“複数クラウドシステム間での代替サーバ共有方式”、2013年電子情報通信学会 総合大会 (岐阜) (2013年3月19日)
- [22] 村田祐一、波戸邦夫、首藤裕一、胡博、近藤毅、村山純一、小林秀承、桑名栄二、“インタークラウドを実現するリソースデータモデルおよび標準化への取り組み”、2013年電子情報通信学会 総合大会 (岐阜) (2013年3月21日)
- [23] 波戸邦夫、首藤裕一、胡博、近藤毅、村田祐一、村山純一、小林秀承、桑名栄二、“インタークラウドの実現に向けたリソース情報の交換技術のテストベット評価”、2013年電子情報通信学会 総合大会 (岐阜) (2013年3月21日)
- [24] 村田祐一、波戸邦夫、首藤裕一、胡博、“Inter-cloud computing architecture and interfaces for the core of social infrastructure systems”、MPLS 2012 international conference (2012年10月31日)
- [25] 横山大作、喜連川優、“クラウド環境での分散ゲーム木探索実現への取り組み”、第3回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2011) (2011年2月27日)
- [26] 加藤拓也、楠慶、川原圭博、浅見徹、“通信量削減によるスペクトラム情報可視化システムの性能改善”、電子情報通信学会技術報告 (2011年3月3日)
- [27] A. Viratanapanu, A. K. A. Hamid, Y. Kawahara, T. Asami、“On Demand Fine Grain Resource Monitoring System For Server Consolidation”、ITU-T Kaleidoscope Conf., poster presentation, Pune, India (2010年12月)
- [28] Sven Groot, Kazuo Goda, Masaru Kitsuregawa、“Towards Improved Load Balancing for Data Intensive Distributed Computing”、Proceedings of the 26th ACM Symposium on Applied Computing (SAC2011), Technical Track on Cloud Computing, Taichung, Taiwan (2011年3月)
- [29] Sven GROOT, Kazuo GODA, Daisaku YOKOYAMA, Miyuki NAKANO, and Masaru KITSUREGAWA、“Toward modeling the I/O behavior of Map-Reduce applications”、第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2012) (2012年3月)
- [30] 中村 達也、中野 美由紀、喜連川 優、“無線センサネットワークにおける局所値を考慮した分散化フィルタリング手法とその評価”、第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2012) (2012年3月5日)
- [31] 中村 達也、中野 美由紀、喜連川 優、“無線センサネットワークにおける分散化フィルタリングの効率化に関する検討と予備実験”、第74回情報処理学会全国大会 (2012年3月8日)
- [32] 横山 大作、近山 隆、“インタークラウドプロビジョニングに向けた計算リソースモデル”、2012年電子情報通信学会ソサイエティ大会 (2012年9月13日)
- [33] 石田 渉、横山大作、中野美由紀、豊田正史、喜連川優、“オンライントランザクション処理における VM 挙動の詳細解析”、電子情報通信学会データ工学研究会、電子情報通信学会技術報告 (2012年12月)
- [34] 奥寺昇平、横山大作、中野美由紀、喜連川優、“MapReduce 環境におけるアドホックなクエリを対象とした、Adaptive indexing 適用に関する一検討”、電子情報通信学会データ工学研究会、電子情報通信学会技術報告 (2012年12月)
- [35] 村上 明彦、“セキュアクラウド連携技術”、情報処理学会 (東京) (2010年12月6日)

- [36] 村上 明彦、“OpenStack をはじめとしたグローバルな標準化動向”、(社) 電子情報技術産業協会 (JEITA) における講演 (2012 年 1 月 23 日)
- [37] 湯山 圭一, 伊藤 雅典, 山中 顕次郎, 村上 明彦、“ファイルシステムのジャーナルを利用したデータ同期機構の設計と実装”、情報処理学会 第 74 回全国大会(名古屋) (2012 年 3 月 6 日)
- [38] 村上 明彦、“企業ユーザのためのクラウド最新技術動向”、Interop Tokyo 2012(東京) (2012 年 6 月 13 日)
- [39] 林 雅行、“クラウドコンピューティングについての国内外の最新状況と今後”、電子情報通信学会 サービスコンピューティング研究会 (2010 年 10 月 7 日)
- [40] 中田勝巳、“グローバルマーケットにおける NTT の挑戦”、第 2 回日仏情報通信フォーラム(2010 年 10 月 18 日)
- [41] 林 雅行、“国内外のクラウド政策の動向 ～NTT コミュニケーションズの取組み紹介を交えて～”、2010 年度近未来映像情報フォーラム第 4 回 (2010 年 10 月 26 日)
- [42] 上水流由香、“クラウド間ネットワークを実現する仮想ネットワーク技術”、電子情報通信学会、情報ネットワーク研究会(IN) (2011 年 1 月 20 日)
- [43] 上水流由香、“IP-VPN におけるインバンドシグナリング方式についての一考察”、2011 年電子情報通信学会総合大会 (2011 年 3 月 15 日)
- [44] 山田 沙織、“インバンドシグナリングにおける鍵更新方式の検討”、2011 年電子情報通信学会総合大会 (2011 年 3 月 15 日)
- [45] 林 雅行、“クラウドの向かう近未来とは?”、Interop Tokyo 2011 (2011 年 6 月 7 日)
- [46] 林 雅行、“オープンクラウドの動向と今後の展開について”、情報通信マネジメント研究会 (ICM) (2012 年 1 月 20 日)
- [47] 上水流由香、“ネットワークリソース動的プロビジョニング技術”、クラウドネットワークシンポジウム 2012 (2012 年 2 月 23 日)
- [48] 上水流由香, 梅枝実, 波多浩昭、“インタークラウドの実現に向けた仮想ネットワーク制御技術”、電子情報通信学会 2012 年ソサイエティ大会(富山) (2012 年 9 月 13 日)
- [49] 藤若 雅也、“共通指標を用いた複数仮想マシン動作時における性能見積もり方式”、情報処理学会 第 73 回全国大会 (東京) (2011 年 3 月 4 日)
- [50] 伝宝浩史, 林偉夫、“「クラウドサービスを支える高信頼・省電力ネットワーク制御技術の研究開発」の可能性”、クラウドネットワークシンポジウム 2011 (2011 年 3 月 7 日)
- [51] 林 偉夫、“動的再構成ノードに関する一検討”、電子情報通信学会 総合大会 (東京) (2011 年 3 月 14 日)
- [52] 鈴木 一哉、“ID/Locator 分離を用いたインターネットデータセンターにおける出力トラフィック制御”、電子情報通信学会 総合大会 (東京) (2011 年 3 月 14 日)
- [53] 岩井 孝法, 吉田 裕志, 水越康博、“移動端末の移動特性及び通信特性に基づく状態遷移制御方式”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2011 年 7 月 21 日)
- [54] 岩井孝法・吉田裕志・水越康博、“移動端末の移動パターンに基づく状態遷移制御方式”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2011 年 9 月 2 日)
- [55] 伝宝浩史, 林偉夫、“～「最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発」の可能性～”、クラウドネットワークシンポジウム 2012 (2012 年 2 月 23 日)

- [56] 伝宝浩史、“Cloud networking solutions through OpenStack and OpenFlow technologies”、OpenStack Conference Fall 2011 (2011年10月7日)
- [57] 伝宝 浩史、鈴木 一哉、林 偉夫、“Flow-based Publish-Subscribe System in InterClouds”、the World Telecommunications Congress 2012 (WTC 2012) (2012年3月4日)
- [58] 鳥居 隆史、元木 顕弘、伝宝 浩史、林 偉夫、“OpenStack と OpenFlow の連携により実現するオープンクラウド【参考出展】”、Interop Tokyo 2012 (2012年6月13日～15日)
- [59] 伝宝 浩史、林 偉夫、“OpenStack の OpenFlow 連携によるクラウドネットワーク運用の自動化【参考出展】”、Interop Tokyo 2012 (2012年6月13日～15日)
- [60] 林 偉夫、“テストベッド WG (グループ B) の活動報告と今後の予定”、GICTF 総会 (2012年7月9日)
- [61] 林 偉夫、“クラウド連携を実現するフローベースネットワーク技術”、電子情報通信学会 2012年ソサイエティ大会 (2012年9月13日)
- [62] 林 偉夫、“～広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発～”、クラウドネットワークシンポジウム2013 (2013年2月20日)
- [63] 金大善、新保宏之、横田英俊、“An Alarm Correlation Algorithm for Network Management Based on Root Cause Analysis”、13th International Conference on Advanced Communication Technology (韓国) (2011年2月13日～2011年2月16日)
- [64] 伊藤学、小森田賢史、北辻佳憲、横田英俊、“OpenFlow を利用した呼制御メッセージの経路制御方式に関する提案”、電子情報通信学会 2011年総合大会 (東京) (2011年3月14日～2011年3月17日)
- [65] 北辻佳憲、“呼制御システムのクラウド化技術”、H23 年度 QBP ワークショップ (2011年10月28日)
- [66] 横田英俊、北辻佳憲、小森田賢史、“クラウドネットワーク統合管理およびサービス制御再構成技術に関する研究開発”、クラウドネットワークシンポジウム 2012 (2012年2月)
- [67] T. Usui, Y. Kitatsuji, H. Yokota, et al.、“Design and Implementation of Service Mobility Middleware with Session State Migration”、電子情報通信学会技術研究報告 IA(インターネットアーキテクチャ) 研究究専門委員会 (2012年3月15日)
- [68] Satoshi Komorita, Manabu Itou, Hidetoshi Yokota, Fuchun Joseph Lin, Subir Das, Christian Makaya、“WAC with NGSON”、IEEE P1903 NGSON (2011年6月)
- [69] Satoshi Komorita, Manabu Itou, Hidetoshi Yokota, Fuchun Joseph Lin, Subir Das, Christian Makaya、“Potenital Work Items for the Future”、IEEE P1903 NGSON (2011年6月13日)
- [70] Manabu Itou, Satoshi Komorita, Yoshinori Kitatsuji, Hidetoshi Yokota、“Enhanced Service Delivery Platform for Efficient Use of Server Resources”、The Fifth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST 2011) (2011年9月)
- [71] T. Usui, Y. Kitatsuji, H. Yokota, et al.、“Restoring CSCF Session State by Using Feature of Retransmission Mechanism in Session Initiation Protocol”、The Third International Conference on Emerging Network Intelligence (EMERGING 2011) (2011年11月20日)
- [72] 横田英俊、北辻佳憲、小森田賢史、“Cloud-based IMS system for disaster-resilient communications”、World Telecommunication Congress 2012 (2012年3月)

- [73] D. Kim, M. Itou, S. Komorita, Y. Kitatsuji, H. Yokota, “Design and Implementation of a Network Management System for Service Oriented Network”, The World Telecommunication Congress (WTC2012) (2012年3月5日)
- [74] 北辻佳憲、“【招待講演】クラウドIMSの実証について”、世代ネットワーク推進フォーラム・第13回テストベッドネットワーク推進ワーキンググループ会合 (2012年7月19日)
- [75] 横田 英俊、“テレコムネットワークの仮想化に向けた取り組み”、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 (2012年9月11日)
- [76] 北辻 佳憲、伊藤 学、小森田 賢史、横田 英俊、“Proposal of Live Session Migration for Call Session Control in IMS”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会 (2012年10月12日)
- [77] 横田 英俊、“【招待講演】テレコムネットワークの仮想化による災害対策・省電力化への研究開発の取り組み”、電子情報通信学会 情報通信マネジメント研究会 (2013年1月17日)
- [78] 北辻 佳憲、伊藤 学、小森田 賢史、横田 英俊、“省電力とサービス継続を可能とするIMSの構成に関する考察”、電子情報通信学会 総合大会 (2013年3月21日)
- [79] Manabu Itou, Satoshi Komorita, Yoshinori Kitatsuji, Hidetoshi Yokota, “OpenFlow-based Routing Mechanism for Call Session State Migration in the IMS”, The 7th International Conference on COMPUTER ENGINEERING and APPLICATIONS, WSEAS (World Scientific and Engineering Academy and Society) (2013年1月13日)
- [80] 伊藤裕一・岩瀬義昌・中尾彰宏、“戦略的な余剰帯域共有による高速な仮想ネットワークの構築手法”、電子情報通信学会 新世代ネットワーク研究会 (2010年3月4日)
- [81] 安藤翔伍・中尾彰宏・中村文隆、“ネットワークエッジにおける動画共有サービストラフィックの重複度の解析”、電子情報通信学会 新世代ネットワーク研究会 (2010年3月4日)
- [82] Ryoji Furuhashi and Akihiro Nakao, “OpenTag: Tag-based network slicing for wide-area coordinated in-network packet processing”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2010年11月18日)
- [83] Akihiro Nakao, Ping Du, Eiji Miyagaki, Yuji Nishida, “WiFi: WiFi Network Virtualization Infrastructure”、電子情報通信学会 新世代ネットワーク研究会 (2010年11月18日)
- [84] Yan Pu, Yilong Deng, Nakao Akihiro, “Cloud Rack: Enhanced Virtual Topology Migration Approach with Open vSwitch”、ICOIN 2011, International Conference on Information Networking (ソウル) (2011年1月26日)
- [85] 中尾彰宏、“進化するネットワーク仮想化”、第12回 インターネットテクノロジーワークショップ プログラム The Twelfth Workshop on Internet Technology (WIT2011) (2011年6月3日)
- [86] H. Farhadi, A. Nakao, R. Furuhashi, “Toward Secure OpenTag”、電子情報通信学会 ソサイエティ大会 (札幌) (2011年9月16日)
- [87] 古橋亮慈, 中尾彰宏, “OpenTag を用いた網内データ複製によるクラウドアクセス堅牢化”、電子情報通信学会 ネットワーク仮想化時限研究専門委員会 2011 (札幌) (2011年11月10日)
- [88] Hamid Farhadi, Ryoji Furuhashi, Akihiro Nakao, “Security Considerations for Tag-based Network Slicing”、電子情報通信学会 総合大会 (2012年3月)
- [89] 安藤 翔伍, 中尾 彰宏, “ビデオ共有サービスを対象とした重複トラフィック削減手法の提案とシミュレーションによる評価”、電子情報通信学会技術研究報告 NV, ネットワーク仮想化時限研究

専門委員会 (2012年3月)

- [90] Ryoji Furuhashi・Akihiro Nakao, “OpenTag: Tag-based network slicing for wide-area coordinated in-network packet processing”, IEEE ICC 2011 Workshop on Future Network (FutureNet IV) (2011年6月)
- [91] 中尾彰宏, “How will Network Virtualization change the Mobile Telecom Business?”, Business Forum IEEE ICC 2011 (2011年6月8日)
- [92] Soon Hin Khor and Akihiro Nakao, “MI: Cross-layer Malleable Identity”, IEEE ICC 2011 (京都) (2011年6月8日)
- [93] Soon Hin Khor and Akihiro Nakao, “DaaS: DDoS Mitigation as a Service”, IEEE/IPSJ SAINT 2011 (ミュンヘン) (2011年7月21日)
- [94] 中尾彰宏, “Network Virtualization Research Project In Japan ※ポスター発表”, GENI Engineering Conference 11 (GEC11), 2012 Denver (2011年7月26~28日)
- [95] 中尾彰宏, “New-Generation Network and update on Virtualization Node ※講演”, GENI Engineering Conference 11 (GEC11), 2011 Denver (2011年7月27日)
- [96] Ryoji Furuhashi and Akihiro Nakao, ““Applications of wide-area network slicing for improving cloud platform access by OpenTag””, IEEE The Fourth International Conference on COMMunication Systems and NETworkS (COMSNETS), 2012 (2012年1月)
- [97] 古橋 亮慈, 中尾 彰宏, “ユーザ主導型・網内パケット処理によるクラウド連携・アクセスの堅牢化・効率化”, 電子情報通信学会 ソサエティ大会 (2012年9月13日)
- [98] Hamid Farhahi, Akihiro Nakao, ““In-Network Services Building Blocks””, 電子情報通信学会 ソサエティ大会 (2012年9月13日)
- [99] Hamid Farhadi・Akihiro Nakao, “An Architecture for Middlebox-as-a-Service in Software Defined Networks”, 第10回 QoS ワークショップ (2012年11月2日)
- [100] Leon Lee, Akihiro Nakao, “Outroboros: SDN beyond Flow-Tuple Matching”, 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (2013年3月7日)
- [101] Hamid Farhahi, Akihiro Nakao, ““Security Services as Software Defined Network APIs””, AsiaFI (2012年8月23日)
- [102] Hamid Farhadi, Shogo Ando, Akihiro Nakao, “Deeply Programmable Network’s Nano-logger”, International Workshop on Security (IWSEC) (2012年11月8日)
- [103] 宮本 啓生, “クラウドコンピューティングを支える運用管理技術”, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会 (福岡) (2010年11月18日)
- [104] 西村 信治, “実世界リアルタイム情報処理に向けたクラウドネットワーキング”, 情報処理学会 連続セミナー2010 第6回 (東京) (2010年12月6日)
- [105] 堤 聡, “広域分散アプリケーションにおけるメッセージング方式”, 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (沖縄) (2011年3月4日)
- [106] 奥野 通貴, “リアルタイム分散処理技術 [クラウドネットワークシンポジウム2011]”, クラウドネットワークシンポジウム 2011 (東京) (2011年3月7日)
- [107] 村中 延之, “遠隔監視システムにおける送出優先度制御方式の検討”, 電子情報通信学会 2011年総合大会 (東京) (2011年3月16日)

- [108] 奥野 通貴、“次世代クラウドシステムに向けた高信頼ネットワーク分散処理技術に関する検討”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会 (福井) (2011年4月21日)
- [109] 西村 信治、“クラウドコンピューティングを支えるネットワークへの取り組み”、〔第20期第1回テレコムチャンスフォーラム (TCF)〕 (2011年6月8日)
- [110] 奥野 通貴、“リアルタイム分散処理技術 [クラウドネットワークシンポジウム2012]”、クラウドネットワークシンポジウム2012 (東京) (2012年2月23日)
- [111] 明石大, 奥野通貴, 矢崎武己、“分散処理型クラウドアーキテクチャにおける高信頼切替方式”、電子情報通信学会 2012年総合大会 (岡山) (2012年3月24日)
- [112] Takeki Yazaki、“Next Generation Cloud Computing Architecture for Telecommunication Network”、World Telecommunications Congress 2012 Workshop (Miyazaki, Japan) (2012年3月4日)
- [113] Michitaka Okuno, Takeki Yazaki、“Study on Highly Available Switching Technique for Active-Standby Process in Network Nodes for Next Generation Cloud Systems”、World Telecommunications Congress 2012 Poster Session (Miyazaki, Japan) (2012年3月5日、6日)
- [114] 矢崎 武己、“WAN アクセラレータ”、日立製作所 研開 IR (東京) (2012年4月17日)
- [115] 奥野通貴, 西宏章、“テストベッドWG グループD 活動報告”、2012年 GICTF 総会 (東京) (2012年7月9日)
- [116] 奥野通貴, 矢崎武己, 石田慎一, 西宏章、“リアルタイム分散処理技術の研究開発”、電子情報通信学会 2012年ソサイエティ大会 (富山) (2012年9月11日)
- [117] 矢崎 武己、“WAN アクセラレータ”、日立製作所 テクノロジーコミュニティ (東京) (2012年10月31日)
- [118] 奥野通貴, 矢崎武己, 飯島智之, 石井大介, 鈴木敏明、“リアルタイム分散処理技術、デモ(6)クラウドシステムの省電力化・高信頼化連携技術”、クラウドネットワークシンポジウム2013 (東京) (2013年2月20日)
- [119] 石井大介, 飯島智之, 奥野通貴、“リアルタイム分散処理システムの高信頼化とデータ転送高速化に関する一検討”、電子情報通信学会 2013年総合大会 BS-2 次世代クラウド実現に向けたネットワークキング技術 (岐阜) (2013年3月21日)
- [120] Toshiaki Suzuki、“Cloud Use Cases with a Distributed Cloud Architecture”、SDN & Inter-cloud Special Summit MPLS 2012 (Washington, DC, U.S.A.) (2012年11月1日)

8 出願特許リスト

- [1] 波戸邦夫, 村山純一, 胡博, 村田祐一、リソース管理サーバ、リソース管理システム、リソース管理方法及びリソース管理プログラム、日本、2011年2月10日
- [2] 胡博, 波戸邦夫, 村山純一, 村田祐一、割当決定装置、割当決定方法、割当システム及び割当決定プログラム、日本、2011年2月18日
- [3] 波戸 邦夫, 村山 純一, 村田 祐一, 近藤 毅, 胡 博、リソース管理装置、リソース管理システム、リソース管理方法及びリソース管理プログラム、日本、2012年1月24日
- [4] 胡 博, 波戸 邦夫, 村山 純一, 村田 祐一、リソース監視装置、リソース監視システム、リソース監視方法及びリソース監視プログラム、日本、2012年2月6日

- [5] 首藤裕一、波戸邦夫、胡博、サービス品質情報提供システム及びサービス品質情報提供方法、日本、2012年12月20日
- [6] 近藤毅、首藤裕一、メモリーオーバーコミットメント検出方式、日本、2013年2月15日
- [7] 胡博、波戸邦夫、村田祐一、村山純一、予備リソース提供装置、予備リソース提供方法および予備リソース提供プログラム、日本、2013年2月18日
- [8] 首藤裕一、波戸邦夫、サービス品質情報の品質属性特定システム及びサービス品質情報の品質属性特定方法、日本、2013年2月25日
- [9] 伊藤 雅典、障害対策・対応装置、日本、2011年3月30日
- [10] 岡本 隆史、仮想マシン配置装置、仮想マシン配置方法、日本、2012年1月25日
- [11] 湯山 圭一、伊藤 雅典、山中 顕次郎、レプリケーションシステム、情報処理装置、レプリケーション方法、日本、2012年3月1日
- [12] 山中 顕次郎、プログラム処理方法およびそのシステム、日本、2012年3月23日
- [13] 山中 顕次郎、スケジュール作成方法、そのシステムおよびプログラム、日本、2012年3月23日
- [14] 山中 顕次郎、性能制御方法、そのシステムおよびプログラム、日本、2012年3月23日
- [15] 湯山 圭一、岡本 隆史、ファイル転送方法、そのシステムおよびプログラム、日本、2012年8月7日
- [16] 湯山 圭一、岡本 隆史、リソース管理装置、リソース管理方法および、日本、2012年8月27日
- [17] 山中 顕次郎、データ送信装置、データ送信システム、データ送信方法およびプログラム、日本、2012年8月27日
- [18] 伝宝 浩史、イベント配信システムおよびイベント配信方法、日本、2010年12月2日
- [19] 鈴木 一哉、マッピングサーバ装置、ネットワークシステム、パケット転送方法およびプログラム、日本、2010年12月27日
- [20] 藤若 雅也、性能評価装置、性能評価方法及び性能評価プログラム、日本、2011年1月6日
- [21] 竹村 俊徳、仮想サーバシステム、管理サーバ装置及びシステム管理方法、日本、2011年3月1日
- [22] 林 偉夫、通信切替システム、通信切替方法、及びプログラム、日本、2011年3月4日
- [23] 鈴木 一哉、トラフィックエンジニアリング装置、トラフィックエンジニアリング方法およびプログラム、日本、2011年3月31日
- [24] 鈴木 一哉、マッピングサーバ装置、ネットワークシステム、パケット転送方法およびプログラム、日本、2011年5月25日
- [25] 伝宝 浩史、メッセージ転送システム、制御装置、メッセージ転送ノード、メッセージ転送方法およびプログラム、日本、2011年8月9日
- [26] 鈴木 一哉、転送装置の制御装置、転送装置の制御方法、通信システムおよびプログラム、日本、2011年10月21日
- [27] 竹村 俊徳、仮想サーバ管理装置及び仮想サーバの移動先決定方法、日本、2012年3月2日
- [28] 藤若雅也、仮想マシン管理装置及び仮想マシン管理方法、日本、2012年3月8日
- [29] 鈴木 一哉、マッピングサーバ装置、ネットワークシステム、パケット転送方法およびプログ

ラム、海外、2011年8月29日

[30] 竹村 俊徳、仮想サーバシステム、管理サーバ装置及びシステム管理方法、海外、2011年11月7日

[31] 伝宝 浩史、イベント配信システムおよびイベント配信方法、海外、2011年12月2日

[32] 藤若雅也、性能評価装置及び性能評価方法、海外、2011年12月28日

[33] 林 偉夫、アプリケーション通信制御システムおよびアプリケーション通信制御方法、日本、2012年8月15日

[34] 林 偉夫、経路制御システム、制御装置、エッジノード、経路制御方法及びプログラム、日本、2012年8月28日

[35] 鈴木 一哉、制御装置、通信システム、経路切替方法及びプログラム、日本、2013年2月25日

[36] 鈴木 一哉、CONTROL APPARATUS FOR FORWARDING APPARATUS, CONTROL METHOD FOR FORWARDING APPARATUS, COMMUNICATION SYSTEM, AND PROGRAM、海外、2012年10月19日

[37] 藤若雅也、仮想マシン管理装置及び仮想マシン管理方法、海外、2013年1月25日

[38] 竹村 俊徳、仮想サーバ管理装置及び仮想サーバの移動先決定方法、海外、2013年2月18日

[39] 伊藤 学、小森田 賢史、横田 英俊、セッション移行後のシグナリングメッセージの経路制御方法及びネットワークシステム、日本、2011年1月27日

[40] 北辻 佳憲、負荷情報無共有型負荷平滑化サーバ、日本、2011年5月25日

[41] 伊藤 学、横田 英俊、フロースイッチ装置を用いたシグナリングメッセージの経路制御方法及びネットワークシステム、日本、2011年10月28日

[42] 山田 雅毅、ネットワークノード時刻同期方法及びネットワークシステム、日本、2011年3月30日

[43] 奥野 通貴、通信ノード装置システム、装置、及び方法、WIPO、2011年3月23日

[44] 明石 大、通信ノード装置システム、装置、及び方法、日本、2011年10月21日

[45] 山田 雅毅、計算機システム及びサブシステム管理方法、日本、2012年3月28日

[46] 奥野 通貴、通信ノード装置システム、装置、及び方法、米国、2012年2月21日

[47] 山田 雅毅、ネットワークノード、時刻同期方法及びネットワークシステム、米国、2012年2月21日

[48] 緒方 祐次、山田 雅毅、ネットワークシステム、情報中継装置、及びパケット通信方法、日本、2012年7月12日

[49] 奥野 通貴、分散処理システム、及び、方法、日本、2013年2月7日

[50] 山田 雅毅、緒方 祐次、早川 仁、對馬 雄次、計算機システム及びサブシステム、米国、2012年12月27日

[51] 山田 雅毅、緒方 祐次、早川 仁、對馬 雄次、計算機システム及びサブシステム、EPO、2012年12月27日

9 取得特許リスト

10 国際標準提案リスト

- [1] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-026、Introduction to Global Inter-Cloud Technology Forum (GICTF) and its Roadmaps、2010年6月14日、、2010年6月16日
- [2] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-038、LS to FG-Cloud on use cases and functional requirements for inter-cloud computing、2010年9月2日、、2010年9月6日
- [3] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-084、General requirements for inter-cloud computing、2010年11月30日、、2010年12月3日
- [4] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-135、Proposal on listing procedures and interfaces for Inter-cloud computing as candidate study items for ITU-T、2011年1月10日、、2011年1月13日
- [5] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-280、Updating use case descriptions for inter-cloud computing in the deliverable “Introduction to the cloud ecosystem: definitions, taxonomies, use cases, high level requirements and capabilities”、2011年6月27日、、2011年7月1日
- [6] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-339、Proposed corrections for use case description of inter-cloud computing in the ecosystem deliverable、2011年9月26日、、2011年9月30日
- [7] ITU-T Focus Group Cloud Computing、Cloud-I-423、Updating use case descriptions for inter-cloud computing in Deliverable “Introduction to the cloud ecosystem”、2011年12月12日、、2011年12月16日
- [8] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC01、Proposal for high level requirements of inter-cloud on draft Y.cceco、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [9] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC02、Proposal for capabilities of inter-cloud on draft Y.ccic、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [10] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC03、Updated proposal for control framework of intercloud on draft Y.ccic、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [11] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC04、Updated proposal for Modification of "7.Ecosystem specific to inter-cloud " in draft Y.ccic、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [12] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC05、Proposal for interface composition of intercloud on draft Y.ccic、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [13] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC06、New proposal for security consideration of intercloud on draft Y.ccic、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [14] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、Q27-DOC07、Clarification of resource control and management indentified in the excerpts for draft Y.ccinfra、2012年10月15日、、2012年10月16日
- [15] ITU-T SG13、ITU-T SG 13 (Study Period 2013) Contribution:112、Proposed to change the title Clause 7.of Y.ccic、2013年2月18日、、2013年3月1日
- [16] ITU-T SG13、ITU-T SG 13 (Study Period 2013) Contribution:113、Proposed to add a new clause "Overview of inter-cloud" in Y.ccic、2013年2月18日、、2013年3月1日

- [17] ITU-T SG13、ITU-T SG 13 (Study Period 2013) Contribution:70、Refinement for high level requirements of inter-cloud in draft Y.ccic、2013年2月18日、、2013年3月1日
- [18] Clouds BoF (WG 設立提案中)、、Service Mobility for Virtualized Networks <draft-yokota-cloud-service-mobility>、2010年10月8日、2011年2月11日、
- [19] ITU-T SG13/Q21、NGN-GSI -C-898 、Proposal on use cases for mobility in virtualized network and wireless access network virtualization、2011年5月9日、、2011年5月20日
- [20] IETF OPSA WG 、 、Managing Service Mobility for Virtualized Networks <draft-yokota-opsawg-virtnw-service-management>、2011年7月3日、2011年7月4日、
- [21] ITU-T SG13/Q21、COM 13-C-963 、Proposed modifications on use cases of Y.FNvirt、2011年10月10日、、2011年10月21日
- [22] ITU-T SG13/Q21、NGN-GSI-C-1198、Proposal for the initiation of a new draft recommendation: Requirement of network virtualization for Future Networks、2012年1月、、2012年3月
- [23] ITU-T SG13/Q21、ITU-T Y.3001、Y.3001 (Future networks: Objectives and design goals)、、2011年5月
- [24] ITU-T SG13/Q21、ITU-T Y.3011、Y.3011 (Framework of network virtualization for future networks)、、2011年10月
- [25] ITU-T SG13/Q21、COM 13-C-1285 、Proposed modification of Y.FNvirtreq on requirements、2012年5月、、2012年8月
- [26] ITU-T SG13/Q14、COM 13-C-119 、Proposal for adding the additional text of physical resource management function and LINP management function in clause 6 in the draft recommendation Y.FNvirtreq、2013年2月、、2013年3月
- [27] アジア・太平洋電気通信標準化機関(ASTAP)会合、、Networking Architecture and its Technologies for Next Generation Cloud Computing 、2011年5月25日、、

11 参加国際標準会議リスト

- [1] ITU-T Focus Group Cloud Computing 1st、ジュネーブ、2010年6月14日
- [2] ITU-T Focus Group Cloud Computing 2nd、ジュネーブ、2010年9月2日
- [3] ITU-T Focus Group Cloud Computing 3rd、ランニオン、2010年11月30日
- [4] ITU-T Focus Group Cloud Computing 4th、南京、2011年1月10日
- [5] ITU-T Focus Group Cloud Computing 6th、ジュネーブ、2011年6月27日
- [6] ITU-T Focus Group Cloud Computing 7th、ソウル、2011年9月26日
- [7] ITU-T Focus Group Cloud Computing 8th、ジュネーブ、2011年12月12日
- [8] ITU-T SG13/ Q26,Q27,Q28 ラポータ会合、レドモンド、2012年10月15日
- [9] ITU-T SG13、ジュネーブ、2013年2月18日
- [10] 79th IETF、北京、2010年11月7-12日
- [11] 81th IETF、ケベック、2011年7月24-29日
- [12] ITU-T SG13、ジュネーブ、2010年9月16-27日
- [13] ITU-T SG13、ジュネーブ、2011年1月17-28日

- [14] ITU-T SG13、ジュネーブ、2011年5月20-31日
- [15] ITU-T SG13、ジュネーブ、2012年2月6-17日
- [16] ITU-T SG13、ジュネーブ、2012年6月4-15日
- [17] ITU-T SG13、ジュネーブ、2013年2月18日-3月1日
- [18] the 13th International Conference on Advanced Communication Technology、ソウル、2011年2月13-16日
- [19] The Fifth International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST 2011)、カーディフ (イギリス)、2011年9月14-16日
- [20] The Third International Conference on Emerging Network Intelligence、リスボン、2011年11月20-25日
- [21] World Telecommunications Congress (WTC 2012)、宮崎、2012年3月4-7日
- [22] The 7th International Conference on COMPUTER ENGINEERING and APPLICATIONS, WSEAS (World Scientific and Engineering Academy and Society)、ミラノ、2013年1月9-11日
- [23] アジア・太平洋電気通信標準化機関(ASTAP)会合、バンコク、2011年5月25日

12 受賞リスト

- [1] 鈴木 一哉、伝宝 浩史、情報処理学会 DICOMO2012 優秀論文賞 / Paper Awards、“BGP 運用 ISP/DC ネットワークの OpenFlow による実現とその実装”、2012年10月2日

13 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

(2) 報道掲載実績

- [1] “オープン技術を活用した、エコで災害に強い仮想化基盤を実現”、日刊工業新聞、2012年10月2日
- [2] “プライベートクラウドの信頼性と経済性を両立させる”、日経 BP 社 ITpro、2013年2月5日
- [3] “グローバル企業の国内外拠点間データ通信速度を大幅に向上する「日立 WAN アクセラレータ」を販売開始”、日経新聞、日刊工業新聞、電波新聞、フジサンケイビジネスアイ、化学工業日報、2012年1月12日
- [4] “眠れる獅子よさらば！目覚めた日立研究所 (P67.ネットワーク高速化装置「日立 WAN アクセラレータ」に関する言及)”、週刊東洋経済、2013年2月2日
- [5] “既存ネットで電力管理”、日経産業新聞、2013年2月20日
- [6] “社会インフラ向け M2M をクラウドシステムで実現するための高速応答ネットワーク技術を開発”、日立製作所ニュースリリース、2013年2月20日
- [7] “インタークラウドを推進してビッグデータに対応する”、日経 BP 社 ITpro、2013年2月20日
- [8] “広域災害に対応するクラウド基盤構築に向けて～クラウドネットワークシンポジウム 2013”、クラウド Watch、2013年2月25日

[9] “クラウド高度化へ新技術 委託研究成果を披露 高信頼性で国際標準化へ”、通信興業新聞、2013年2月25日

[10] “インタークラウド技術の研究成果発表 「広域災害対応クラウド」を支える SDN”、テレコミュニケーション、4月号（2013年3月25日発行）

14 ホームページによる情報提供

<http://www.gictf.jp/documents.html>、GICTF クラウド連携 I/F ドラフト版ドキュメント、未集計
<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2012/01/0111.html>、国プロ成果の一部を活用した日立 WAN アクセラレータの発売開始、(カウンタなしのため、計測不可)

<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2013/02/0220c.html>、国プロ成果の一部を活用した高速応答ネットワーク技術の開発を発表、(カウンタなしのため、計測不可)

研究開発による成果数

	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	合計	(参考) 提案時目標数
査読付き誌上発表数	2 件 (2 件)	9 件 (9 件)	10 件 (8 件)	21 件 (19 件)	0 件 (0 件)
その他の誌上発表数	4 件 (0 件)	10 件 (1 件)	10 件 (0 件)	24 件 (1 件)	16 件 (2 件)
口 頭 発 表 数	34 件 (4 件)	47 件 (18 件)	39 件 (5 件)	120 件 (27 件)	45 件 (2 件)
特 許 出 願 数	12 件 (1 件)	22 件 (6 件)	17 件 (5 件)	51 件 (12 件)	37 件 (3 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	6 件 (1 件)			
国際標準提案数	5 件 (5 件)	10 件 (10 件)	12 件 (12 件)	27 件 (27 件)	—
国際標準獲得数	4 件 (4 件)	10 件 (10 件)	12 件 (12 件)	26 件 (26 件)	—
受 賞 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	—
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	12 件 (0 件)			
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	9 件 (0 件)	10 件 (0 件)	—

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等を計上する。

注 4 : PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。