

# 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

## (高信頼クラウドサービス制御基盤技術)

### 基本計画書

#### 1. 目的

「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フィ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の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。

※本研究開発における「クラウド」とは、「クラウドコンピューティング」の略称として用いている。なお「クラウドコンピューティング」とは、「デジタル新時代に向けた新たな戦略～三か年緊急プラン～」（平成 21 年 4 月 IT 戦略本部決定）において、「データサービスやインターネット技術などが、ネットワーク上にあるサーバー群（クラウド（雲））にあり、ユーザーは今までのように自分のコンピュータでデータを加工・保存することなく、「どこからでも、必要な時に、必要な機能だけ」を利用することができる新しいコンピュータネットワークの利用形態。」と定義されている。

#### 2. 政策的位置付け

IT 戦略本部が取りまとめた「デジタル新時代に向けた新たな戦略～三か年緊急プラン～」（平成 21 年 4 月 9 日：IT 戦略本部決定）において、「我が国が強みを持つデジタル技術関連の革新的な技術の研究開発を加速化し、デジタル技術を活用した新産業のシーズを創出することにより、我が国の国際競争力の強化を図る。具体的には、世界最高水準の超高速・高信頼・極小エネルギー消費型の革新ネットワーク技術（中略）等の研究開発を推進する。」及び「クラウドコンピューティング等における更なる省エネ環境を実現するデータセンター等の情報通信機器・設備、ネットワークのすべてについて、環境面で世界最先端の技術の実用化を推進する。併せて、最新のグリーン IT 技術及び高信頼化・セキュリティ技術の研究開発を加速化する。具体的には、(中

略) インターネットにおける省電力ネットワーク制御技術やトラフィック経路制御技術を内容とするエコインターネットの開発等を推進する」とされている。このほか、経済財政諮問会議による「経済財政改革の基本方針2009」(平成21年6月23日:閣議決定)において、「革新的な環境・エネルギー技術(中略)等、成長力強化と安全・安心確保につながる研究開発を推進する」とされている。

また、平成21年12月22日に発表された「原口ビジョン」(平成21年12月22日:総務大臣)では、2020年時点でCO2排出量25%削減という政府目標のうち10%以上をICTパワーで実現するため、「ICT産業のグリーン化の推進(Green of ICT)」等がうたわれ、同月30日に閣議決定された「新成長戦略(基本方針)」(平成21年12月30日:閣議決定)では、「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」として「情報通信システムの低消費電力化など、革新的技術開発の前倒しを行う。」とされている。

これは、「民主党政案集INDEX2009」(平成21年7月 民主党)における、「地球温暖化対策基本法を制定し、2020年までに1990年比25%(中略)の温室効果ガス排出量削減を実現」する旨の記述に沿うものであり、また、平成21年9月22日の国連気候変動首脳会合においても鳩山首相により同内容が表明されたところである。

加えて、総務省の「ICTビジョン懇談会報告書―スマート・ユビキタスネット社会実現戦略―」(平成21年6月5日:総務省 ICTビジョン懇談会)においても、「次世代クラウド・ネットワークング技術(中略)など我が国の尖った技術の早期実用化に向けた研究開発の加速化と国際的な展開を図るための取組を強化し、国際競争力を持つ新たな産業を創出すべき」及び「ICT産業そのもののグリーン化を進めるため、インターネットの省電力制御等の開発などをICTグリーンプロジェクトとしてパッケージ化しグローバル展開を図るべき」とされている。

更に、「情報通信分野におけるエコロジー対応に関する研究会報告書―ユビキタス・グリーンICTの実現―」(平成21年6月:総務省 情報通信分野におけるエコロジー対応に関する研究会)において、喫緊の課題であるCO2排出削減に向けた今後の推進方策のため、民間における取組として「環境自主行動計画の策定やガイドラインの策定等」が、国の取組として「省エネ設備等の投資促進税制の利用促進、研究開発等」が挙げられており、効率的にCO2排出削減を実現するためには、研究開発を含めたこれらのすべての取組を官民が連携しつつ確実に実施していくことが重要とされている。

### 3. 目 標

#### (1) 政策目標

クラウドサービスにより、ICTを資産として「所有」せずに使った分だけ対価を支払い「利用」する形態となり、いつでもどこからでもネットワークを通じて必要なコンピュータ資源に柔軟にアクセスし利用することが可能である。こうしたクラウド

サービス市場は、ICT設備投資の負担軽減や情報処理の集約による環境負荷低減の効果が大きいと期待され、今後急速に拡大すると予測されている。

しかし一方で、既存のクラウドサービスに対しては、データ処理を外部に委ねることへの不安（サービスの安全性・信頼性や情報流出に対する懸念等）が根強く存在しており、国民一人一人や一般企業が安心して利用できるようにし、ひいてはクラウドサービスを、より広範な業務（企業の基幹業務や社会インフラサービスといった、ミッションクリティカルなサービス等）に活用するために、安全性・信頼性の一層の向上を図っていくことが不可欠である。

加えて、ネットワーク側にデータ処理を大きく依存するクラウドサービスの拡大は、ネットワークのトラフィックの飛躍的拡大を伴い、ネットワーク全体の消費電力がますます増大することが予想される。このため、世界的な課題でもあるCO<sub>2</sub>排出削減に対する取組のため、クラウドサービスを提供するためのネットワークの省電力化技術も重要である。

こうした課題を解決するため、本研究開発を実施し、クラウド間及びクラウド／ネットワーク間連携による高信頼サービスや、ネットワークの全体最適化による低消費電力化を実現するための技術を確立する。

また、現在のクラウド市場は、先行する一部企業がそれぞれ独自技術でシステムを構築しサービスを提供しているケースも多く、市場の健全な発展が妨げられるのではないかと懸念がある。そのような中、我が国が先行する次世代IPネットワークやユビキタスで培った技術を積極的に活用しながら研究開発に取り組み、その成果について積極的に国際標準化に取り組むことで、クラウドサービス市場での我が国ICT産業の発展と国際競争力強化を図る。

## （２）研究開発目標

本研究開発課題においては、クラウドサービスの信頼性向上（安定・確実なサービス稼働の維持）と、ネットワーク利用の拡大（通信トラフィックの急増）に伴う消費電力の増大抑制を実現する高度なネットワーク制御技術である、「高信頼・省電力ネットワーク制御技術」の確立を目指し、当該技術の要素技術のひとつとして、クラウドサービスでの過剰負荷や障害発生時に、多種多様なサービスや利用者の要求に応じながら、複数のクラウドネットワークを柔軟かつ最適に連携させることにより、信頼性の高いサービス基盤を実現するための「高信頼クラウドサービス制御基盤技術」の研究開発を実施する。

## 4. 研究開発内容

高信頼クラウドサービス制御基盤技術の副要素技術として、以下の2つの技術の研究開発を実施することにより、複数のクラウドネットワークを柔軟かつ最適に連携させる技術を確立する。

## (1) クラウドシステム基盤連携技術

### ① 概要

「クラウドシステム基盤連携技術」として、障害や災害（ディザスタ）等によりクラウドサービスを提供するシステム（クラウドシステム）が停止した際に、稼働している他のクラウドシステムに移行してサービスを引き継ぐ（リカバリ）手段や、1つのクラウドシステムで許容できない大幅な負荷の変動があった場合に、複数のクラウドシステム間で動的にリソースを融通しあうなど自クラウドシステム以外にも処理規模を拡大（スケールアウト）することで負荷を吸収する手段を確立する必要がある。

また、クラウドシステム間でリソース動的再構成を行う際には、クラウドシステムのコンピューティング資源のみならず、利用者からのアクセスラインとなるネットワークの品質保証も含めた、エンドエンドのサービス品質保証を考慮するとともに、セキュリティ等の安全性を確保するため企業や行政を中心に導入が進むと考えられているプライベートクラウド（利用者が自らクラウドシステム設備を保有する形態）との連携についてもあわせて考慮する必要がある。

このような複数クラウドシステム間の連携を、スケーラブルかつ自律的に行うため、具体的には、以下の2つの技術課題について研究開発を行う。

### ② 技術課題

#### ア) クラウドリソース要件解析技術

災害によるクラウドシステムの停止や、突発的な負荷によるサービス品質の低下などによる利用者への影響を最小限に抑えるため、事象発生時のクラウドシステムの状態を迅速に把握してサービス毎の影響度を解析し、ディザスタリカバリや負荷分散といった、各サービスの復旧に必要なクラウドリソースの種類や量を即座に決定する技術。

ただし、復旧に必要なクラウドリソースの種類や量の決定に際しては、業務アプリケーションごとに画一的であったり、事前の机上設計等に基づいたりするのではなく、提供しているサービスの特性や利用者に対して保証しているサービスレベルアグリーメント（SLA）に応じて、事象発生時のクラウドシステムのコンピューティングリソースやネットワークリソース（利用者とクラウドシステム事業者間を含む）のリアルタイムな稼働状況から、自動的に算出し決定するものであること。

#### イ) クラウド間リソース融通技術

クラウドリソースの融通を行うために、クラウドシステム間で利用可能なリソースを相互に発見可能とする手段、クラウドシステム間で必要なリソースを必要に応じて確保する手段、確保したリソースを用いてサービスを提供可能な状態とするための環境設定とサービス機能の配備手段に係る技術。

特にクラウド間で確保したリソースへのサービス機能配備においては、各クラウド事業者の運用ポリシーを考慮して、SLAを満足する最適な機能配備プランを算出すること。なお、SLAとしてサービス品質のみならず、セキュリティ要

件やデータ保存位置（国内に限るのかどうか）等についても考慮できるものであること。

また、現状のクラウドシステム間には互換性がないため、クラウドシステム間のインタフェースの標準化に努めるとともに、異なるポリシーで運用されているクラウドシステム間において、ポリシー調整に基づいて動的にリソースを融通するための標準手順を確立すること。

### ③ 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リ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、「(2) クラウドネットワーク基盤技術」との連携を図ること。

## (2) クラウドネットワーク基盤技術

### ① 概要

「クラウドネットワーク基盤技術」として、クラウドシステム上で展開される個々のクラウドサービスに対して、サービスごとに求められるネットワーク諸条件（優先度や必要な通信帯域・品質等）に応じて、ネットワーク機器（ルータ等）及びネットワークノード（ネットワーク制御装置等）を制御し、高信頼で柔軟性の高いクラウドネットワークを構築する必要がある。

これは、複数クラウドシステム間の連携を行う「(1) クラウドシステム基盤連携技術」をネットワーク制御面から支えるものであり、利用者（エンドユーザ）からクラウド（データ処理環境）までのエンドエンドでの最適処理の確保のため、制御対象とするネットワーク機器等はクラウドシステム内のみにとどまらず、システム間及び利用者とクラウドを結ぶネットワーク（NGN等）内に対しても拡張可能である必要がある。

このような個々のクラウドサービス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行うため、具体的には、以下の3つの技術課題について研究開発を行う。

### ② 技術課題

#### ア) ネットワーク自律最適制御技術

「(1) イ) クラウド間リソース融通技術」と連携して、ネットワーク機器のトラヒック状況や通信経路確保状況等を収集・監視し、必要な情報を集約化すると

ともに、クラウドサービスの提供に必要な通信帯域・品質等を確保するため、例えば優先度の高いサービスに必要な帯域が確保できない場合は、優先度の低いサービスの通信経路を変更する等して、クラウドサービス単位で、自律的に最適な経路制御等を行う技術。

なお、ネットワーク情報の分析に当たっては、仮想化された各種リソースに関しても分析を行うとともに、将来的な負荷変動予測も含めた分析にも対応すること。

#### イ) ネットワークノード再構成技術

「(2) ア) ネットワーク自律最適制御技術」を実現し、効率的なアクセス制御やアクセス堅牢性の確保のため、クラウド間の接続構成やポリシーの変更に伴い、ネットワークにおけるセキュリティ・負荷分散・課金・認証・効率的アクセス収容等の機能や性能を動的に変更し、ネットワーク制御装置群等のネットワークノードにおける機能を再構成する技術。

#### ウ) リアルタイム分散処理技術

交通制御やプラント監視などをクラウドサービス化すると、大量のセンサ情報等がクラウドシステムに集中することになり、クラウドシステム自体の性能不足を招くばかりか、センサとクラウドシステム間を結ぶネットワークの帯域不足や転送遅延が起こり、ひいてはクラウドサービスの応答性の劣化や停止を引き起こす懸念がある。こうした事態を防ぐために、例えば、ネットワーク上に情報処理機能を分散配置して、情報発生源近傍のネットワーク上でのリアルタイム分散情報処理を行い、ネットワーク伝達経路を短縮すること等により、応答性の劣化等を大幅に低減する技術。

なお、障害発生時のサービス停止を抑止するため、分散情報処理機能に障害が発生した場合でもサービス継続ができるバックアップ機能も含むものであること。

### ③ 到達目標

#### ア) ネットワーク自律最適制御技術

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「(1)クラウドシステム基盤連携技術」との連携を図ること。

#### イ) ネットワークノード再構成技術

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。

#### ウ) リアルタイム分散処理技術

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等を実現する。

## 5. 実施期間

平成22年度から平成24年度までの 3年間

## 6. その他 特記事項

- (1) 本研究開発の提案に際して、本計画書に定めた研究開発内容について、当該研究開発内容に示す副要素技術及び技術課題の区分けにとらわれることを要しない。ただしその場合は、当該研究開発内容と、提案された研究開発内容との対応を明確にすること。
- (2) 本研究開発の実施及び提案にあたっては、次の点を考慮すること。
  - ① 本研究開発の要素技術である、「高信頼クラウドサービス制御基盤技術」と「環境対応ネットワーク構成シグナリング技術」は、両要素技術間の連携が無い場合、ネットワークの経路制御において互いの技術が競合することが想定される。こうした事態を防ぎ、本研究開発の推進と研究開発成果の展開を効果的に推進するため、以下の各事項を考慮した研究開発計画とすること。
    - ア) 要素技術間及び要素技術内の連携も十分に考慮した上での技術開発とすること。
    - イ) 研究開発の実施にあたって、両要素技術間の連携を促進するため、各課題の責任者等により構成する「研究開発プロジェクト統括会議（仮称）」を設置し、その統括の下で研究開発を遂行すること。なお、具体的な連携方法については、提案の採択後、上記会議において協議を行い定めること。
  - ② 経済産業省のクラウド関連施策である「次世代高信頼・省エネ型IT基盤技術開発・実証事業」との技術の相互連携について、総務省の指示のもと必要に応じて協力を行うこと。
  - ③ 研究開発成果の早期実用化と広範な普及を図るため、以下の各事項を考慮した研究開発計画とすること。
    - ア) 様々なクラウド事業者による技術の採用や異なるクラウド事業者間の連携に繋がるよう、インタフェース等の標準化推進を念頭においた計画であること。
    - イ) 国際電気通信連合（ITU）等の国際標準化機関・団体への提案やフォーラム等の民間ベースの活動を積極的に行い、技術仕様の国際標準化、オープン化に取り組むこと。
    - ウ) 有識者や当該技術の将来の利用者となる企業等との意見交換及び実証実験、評価・改良等を可能な限り行うこと。
    - エ) 研究開発提案時には、本技術のアウトプット・アウトカム目標（標準化、実用化及び商用化時期等）を明確にすること。