

＜基本計画＞

次世代バックボーンに関する研究開発

1. 目的

情報家電等様々な端末がインターネットに接続するユビキタスネット社会において想定されるインターネット通信量(トラヒック)の急増やトラヒック交換の東京一極集中等に備え、インターネットの基幹通信網(バックボーン)の強化に必要な技術の研究開発を推進し、国民が高品質・高信頼なインターネットサービスを楽しむ環境を実現することを目的とする。

これにより、e-Japan 戦略Ⅱに掲げる先導的な取組による高度 IT 利活用の推進を下支えするとともに、本分野における国際的な技術開発競争において我が国のイニシアティブを確保する。

2. 政策的位置付け

第 2 期科学技術基本計画(平成 13 年 3 月 閣議決定)「第 2 章 I . 科学技術の戦略的重点化 2. 国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点化 (2)情報通信分野」における「ネットワーク上であらゆる活動をストレスなく時間と場所を問わず安全に行うことのできるネットワーク高度化技術」に該当する。

分野別推進戦略(平成 13 年 9 月 総合科学技術会議決定)「情報通信分野 高速・高信頼情報通信システム(2)重点領域ウ」における「利便性、安全性(セキュリティ)・信頼性のための技術」に該当する。情報通信研究開発・標準化戦略(平成 15 年 3 月 総務省)「第 1 部 研究開発基本計画、実施戦略 第 3 章 取組むべき研究開発課題(研究開発基本計画) 3.1.2 ネットワーク領域 ○インターネット関連分野」に該当し、「トラヒックの増大、ネットワークのインフラとしての確立に呼応し、基本機能であるパケットネットワークの速度向上、特にコンピュータの要求するピークトラフィックに対応する広帯域性が継続的に求められる」と指摘されている。

「平成 17 年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」(平成 16 年 5 月 総合科学技術会議)においては、「ユビキタスネットワークによる安心・安全で快適な生活の実現に向けた、ネットワーク基幹技術」の研究開発及び実証を推進することとされており、情報通信分野の国家的・社会的課題に対応した重点化すべき研究開発と位置付けられている。

「e-Japan 重点計画 2004」(平成 16 年 6 月 IT 戦略本部)においては、「IT 革命を推進し、我が国を世界最先端の IT 国家とするため、ネットワーク形成においては、通信の速度・容量だけでなく、多様性・安全性・信頼性など総合的に評価した上で、

「世界最先端の水準と認められるものを目指していくことが必要」であり、「将来的なトラヒック急増に対応し得るネットワークインフラの整備の在り方について、必要な技術開発を視野に入れた検討を行い、必要に応じて速やかに解決策に着手する」とこととされている。

「次世代 IP インフラ研究会 第一次報告書」(平成 16 年 6 月 総務省)においては、我が国インターネットのバックボーンにおけるトラヒック交換が東京一極に集中している現状を指摘しており、サイバー攻撃や災害時等においてもネットワークの安定運用を実現する観点等から、分散型のネットワーク形態に移行するに当たっての技術的な諸課題を解決することが求められている。また、インターネットが社会・経済活動においてますます重要な基盤となっている中、その高信頼、高品質等に対する利用者のニーズが高まっており、複数の事業者を跨るトラヒック制御や品質保証に関する技術開発等を推進することが必要とされている。

また、「u-Japan 政策」(平成 16 年 12 月 総務省)においては、ユビキタスネットワーク整備に向けた重点戦略の中で、IP インフラの高度化のための施策として、「トラヒック分散や通信品質の確保等を可能とする IP バックボーン技術の研究開発を行う」とこととされている。

3. 目標

平成 21 年度を目標に IP バックボーンの強化に必要な次の①～③の技術に関する研究開発を実施し、i)～iii)の目標を実現する技術を確立する。

(技術課題)

- ① トラヒック交換の東京一極集中を是正し、東京以外でのトラヒック交換を推進するための経路制御等を可能とする分散型バックボーン構築技術(以下「分散型バックボーン構築技術」)
- ② サービスに応じて複数事業者間で最低限必要となる帯域・品質等を確保する品質保証技術(以下「複数事業者間の品質保証技術」)
- ③ 通常のネットワーク運用では見られない異常なトラヒックの検出・制御等を可能とする異常トラヒックの検出・制御技術(以下「異常トラヒックの検出・制御技術」)

(目標)

- i) トラヒック交換の分散化による東京の通信設備の負荷軽減、トラヒックの東京折り返しによる地方の利用者に対する伝送遅延の防止等
- ii) IT 利活用の高度化に不可欠な複数事業者を跨ったサービス毎の通信品質の確保等
- iii) 通常のネットワーク運用では見られない異常なトラヒックを検出・制御し、IP バックボーン全体の安定運用の確保等

4. 研究開発内容

以下に示す「分散型バックボーン構築技術」、「複数事業者間の品質保証技術」及び「異常トラヒックの検出・制御技術」に関する研究開発を実施し、各技術をネットワークノード、運用管理システムに組み込み、実用レベルネットワークにおける実証実験を行うことにより、実用化を図る。

(1)分散型バックボーン構築技術

① 概要

我が国のIPバックボーンにおいてはトラヒックの交換機能が東京一極に集中しており、大規模災害やDDoS攻撃等に際してもネットワークの安定運用を実現する観点等から、分散型の形態に移行するに当たって必要となるトラヒック情報の収集技術、最適なトラヒック交換ポイントの分析技術、分散型の最適な経路の構築技術、トラヒック変動に対しても柔軟に容量を拡張し、また、新規ノードの追加等に際しても自律的にバックボーンを再構成し得る技術等に関する研究開発を実施する。

② 技術課題および到達目標

ア)地域間トラヒック交換管理技術

(技術課題)

現在の我が国におけるIPバックボーンのトラヒック交換機能は、東京一極に集中しており、仮に大規模災害やDDoS攻撃等により東京のトラヒック交換機能に支障を来すと、我が国のIPインフラ全体に障害が及ぶ可能性がある。また、東京から離れた地域における伝送遅延を防止する観点からも、トラヒック交換機能を複数の地域に分散するために必要な技術を確認しておくことが必要である。

そのため、大容量のトラヒックが流れるIPバックボーンにおいて、トラヒックのアプリケーション毎の識別や地域性等に関する情報を収集する技術の研究開発を行う。また、収集したトラヒック情報に基づき、トラヒック交換機能を国内の複数の箇所に分散することを可能にするため、最適なトラヒック交換ポイントをシミュレートする技術の研究開発を行う。

(到達目標)

大容量のトラヒックが流れるバックボーンにおいて、トラヒックのアプリケーション毎の識別や地域性等に関する情報を収集する技術を確認する。また、地域内に閉じるトラヒック情報等を考慮し、トラヒック交換機能を国内の複数の箇所に分散することを可能にするため、最適なトラヒック交換ポイントをシミュレートする技術を確認する。

イ)分散型バックボーン高信頼化技術

(技術課題)

IPバックボーンにおいて、大規模災害やDDoS攻撃等による障害発生時の迂

回経路の設定や障害回復を迅速に行い、高信頼なネットワークを維持、制御することは必要不可欠である。

そのため、トラヒック交換機能が国内の複数の箇所に分散した分散型バックボーンにおいても、中小規模の障害(装置が障害を検出・通知できない場合を含む。)を迅速に検出し、障害箇所、故障影響範囲等を特定するとともに、品質、接続可能対地、復旧の優先度等を考慮し、総合的に適切な経路を迅速に再構築する技術の研究開発を行う。また、大規模障害発生時においても、故障影響範囲等を特定し、最適なネットワークを早急に再構築する技術の研究開発を行う。

(到達目標)

数百のノード規模で構成される分散型バックボーンにおいて、中小規模の障害発生時において、障害検出・分析等を行い、適切な経路の再構築を2分以内に完了することを実現可能とする。また、大規模障害発生時において、故障影響範囲等を特定し、最適なネットワークを2時間以内に再構成することを実現可能とする。

ウ)分散型バックボーン容量拡張技術

(技術課題)

IP バックボーンのトラヒックは、今後新たに登場するアプリケーションの普及によりさらに急増し、トラヒックパターンも大きく変化することが想定される。そのため、瞬発的なトラヒックピークや事業者間で交換するトラヒックの急増・変動等に対して、ノード容量やリンク容量の増強に柔軟に対応し、ネットワークの接続性を確保し、必要な品質保証を行うことが必要である。

これらの課題を解決するため、トラヒックの急増・変動等に応じて、小容量から大容量まで高いノード拡張性を可能にするノード拡張技術、高効率性・高信頼性・長距離伝送を満たしながら多岐(TDM/WDM/パケット)にわたった高効率・高信頼なリンク容量拡張を実現する多重分離・スイッチ技術、ピークトラヒック時においても低遅延・高品質なトラヒック交換を行うためのトラヒック伝送制御技術の研究開発を行う。

(到達目標)

トラヒックの急増・変動等に対応して、全国規模のネットワークにおいて様々な経路制御を行っても、低遅延を保証し高品質なサービスを提供するため、1架あたり10Tbpsクラスのスイッチ容量と100Gbpsクラスのリンク容量を実現できる拡張性を持つバックボーンノード構成技術確立し、そのノードシステムを実現する。

エ)分散型バックボーンノード自律的再構成技術

(技術課題)

トラヒック交換機能の分散化により、新規ネットワークの敷設や新規ノード等の追加の際の設定や複数拠点に分散化したバックボーンノードの運用管理等が

複雑化するため、ネットワークの信頼性等を確保する高度な運用管理技術が必要となる。また、イーサネットや GMPLS 等の異なるプロトコルで制御されたネットワークが複数接続され、様々なトポロジで構成された IP バックボーン網においても、高信頼なサービスを複雑な設定なしに提供する必要がある。

そのため、分散化した複数のバックボーンノードを一元管理する運用管理技術、ネットワークの新規敷設、新規ノード追加等の際のネットワーク設定・設計を容易にするネットワーク自動構成技術、新規ノード追加、障害回復等の際にサービス中断なしに、ネットワーク構成を自律的に再構成する技術の研究開発を行う。

(到達目標)

ノードの運用管理を容易にし、ネットワーク運用管理の信頼性を高めるため、数百拠点のノード運用管理を一元化するための運用管理技術を実現する。100 ノード程度で構成されるコアネットワークにおいて、ネットワーク設計稼動を現在の数日単位から 1 時間以内に短縮することを目標とする。また、メトロエリアネットワークに新規ノードを追加して、高速障害回復を実行可能な状態にするためネットワークを再構成する際にあっても、すでに提供しているサービスの中断なしでネットワークを再構成することを実現可能とする。また、その障害回復においても、単一トポロジに限定せずに障害検知から 50msec 以内での自律的な迂回経路設定を実現可能とする。

(2) 複数事業者間の品質保証技術

① 概要

IP インフラは社会・経済活動において重要な基盤であり、その高品質、高信頼性に対する利用者のニーズが高まっている。そのため、複数事業者に跨って、アプリケーションに応じた通信品質保証を行うため、複数事業者間で通信品質に関わる情報を交換する技術、エンドトゥエンドでアプリケーション特性に応じた通信品質の制御管理を行う技術、新しいアプリケーションの登場やトラヒックの変動等によるネットワーク環境の変化に適切に対応し品質保証を実現する技術等に関する研究開発を実施する。

② 技術課題及び到達目標

ア) 品質情報の複数事業者間流通技術

(技術課題)

複数事業者に跨って、アプリケーションに応じた通信品質保証を行うには、リンク毎のネットワーク資源情報等の通信品質に関わる情報を IP バックボーンを経由して事業者間で交換出来るようにする必要があるが、通信事業者のネットワーク規模の大きさ、事業者数の多さから、交換する情報量が膨大となり、実現が困難である。

そこで、単一事業者内において通信品質保証のために交換されているリンク

毎の通信品質に関わる情報等を網レベルの通信品質情報として集約し、IP バックボーンを経由して複数事業者間でそれらを流通可能にする技術の研究開発を行う。

(到達目標)

ノード数数万台、経路数数十万規模のネットワーク環境において、交換する通信品質に関わる情報を現在の 1/10 に集約し、複数事業者間で自動的・効率的に共有することを可能にする技術を確立する。

イ) 上位レイヤを考慮したセッション間品質計測・制御技術

(技術課題)

IP 電話、P2P 型ファイル交換等の様々なアプリケーションに応じた通信品質の制御を行うためには、パケットレベルだけでなく、アプリケーションの特性や上位レイヤを考慮した通信品質計測・制御が必要である。また、複数事業者に跨って通信品質制御を行うには、パケットレベルの通信品質制御でも情報量が多く、事業者間で運用情報を交換することが困難である。

そこで、複数事業者間で流通すべき運用管理情報の集約を図り、エッジノード間のセッションで上位レイヤの品質計測・制御を行うことによって、様々なアプリケーションの特性に応じたセッションレベルの品質管理を行う技術の研究開発を行う。

(到達目標)

将来のトラヒック交換が分散化された環境を想定し、交換される経路数が 10 倍に増大するネットワーク環境において、リアルタイム系アプリケーション(例: IP 電話等)、準リアルタイムアプリケーション(例: World Wide Web 等)、非リアルタイム系アプリケーション(例: P2P ファイル交換等)等、アプリケーションに応じた通信品質計測・制御を実現する。また、そのために必要な複数事業者間で流通すべき運用管理情報を 1/100 に集約することにより、品質管理可能な規模を 10 事業者以上に拡大する制御技術を確立する。

ウ) 新たなアプリケーションの登場等に適応可能な品質制御基盤技術

(技術課題)

新たに登場するアプリケーションに対しても、それに応じた通信品質を保証し、DDoS 攻撃等の新たなネットワーク攻撃手法が登場した場合等にも、複数事業者間のネットワークにおいて、連鎖的な通信障害を防ぐため、アプリケーション毎のトラヒック特性や障害・攻撃等に適切に対応可能なネットワークを維持する必要がある。

そのため、連鎖的なサービス障害を防ぎ、サービス毎のトラヒック特性や障害・攻撃等に動的かつ適切に対応可能な品質制御技術の研究開発を行う。

(到達目標)

数千の事業者が接続する環境下において事業者間の接続関係が複雑し、かつ現状の 10 倍にサービス・アプリケーション数が多様化する環境を想定し、アプ

リケーション毎のトラフィック特性や障害・攻撃等に動的かつ適切に対応可能な制御モジュールの部品化と動的な機能再構成を可能とする基盤の構築を実現する。また、アプリケーション毎に論理制御網を高信頼に1分以内で再構成可能な経路制御プロトコルを開発する。

(3) 異常トラフィックの検出・制御技術

① 概要

利用者が安心・安全にIPインフラを利用できるよう、通常のネットワーク運用では見られない異常トラフィックをリアルタイムで監視・検出・分析・制御する技術、災害時における急激なトラフィックの変化等を早期に検知し、経路の迂回・分散等により、IPバックボーン全体の安定運用の確保を行う技術等に関する研究開発を実施する。

② 技術課題及び到達目標

ア) 大規模トラフィック監視技術

(技術課題)

今後、IP電話、ストリーミング等の高い通信品質が要求されるアプリケーションのさらなる発展、大規模災害やDDoS攻撃等によるトラフィックの変化を迅速・高精度に把握するためには、従来のレイヤ2、3のトラフィック情報だけでなく、アプリケーションレイヤの計測による高度なトラフィック情報の監視が必要である。

そこで、高速・広域ネットワーク環境において、レイヤ2、3のトラフィック情報に加え、複数事業者に跨ってアプリケーションレイヤのトラフィック情報を効率的に監視する技術の研究開発を行う。

(到達目標)

IPバックボーンにおけるトラフィックのさらなる増大を想定し、10Gbps以上の高速インタフェース環境において、パケットレベルだけでなく個々のアプリケーションセッション単位に最大10Mセッションの同時モニタリングを実現し、マルチレイヤにわたり、トラフィック情報を計測・収集・管理する技術を確立する。また、高精度で時刻同期可能な測定器を100台規模で配備し、複数事業者に跨ってスケラブルな測定・管理を行う技術を確立する。

イ) 異常トラフィックの検出・分析技術の高度化

(技術課題)

大規模災害やDDoS攻撃等による通常のネットワーク運用では見られない異常トラフィックの検出・分析については、トラフィックや通信プロトコルの挙動について通常時との乖離レベルの分析が行われているものの、現状では高精度で検出することが難しく、false positive(*)が発生する問題がある。

さらに効果的な対処措置を行うためには、異常トラフィックの発生源を特定することが必要となるが、ネットワークの大規模化・複雑化やDDoS攻撃等における

発アドレスの詐称等により、異常トラヒックの発生源を迅速に特定することは困難である。

そのため、今後、さらに大規模化・大容量化するネットワークにおいて、異常トラヒックを高速・高精度で検出・分析するため、大量のトラヒック情報等を高速に蓄積・分析する際のデータベース構築技術、データベースエンジンの高速化及びマイニング技術の高度化のための技術の研究開発を行う。

(*) false positive; 正常時に異常と誤って警報を出すこと

(到達目標)

大規模災害や DDoS 攻撃等による異常トラヒックの分析手法や false positive を最小限にする検出手法を明らかにする。個々の通信におけるアプリケーションプロトコルやコンテンツをネットワーク規模で検知する等、経路情報や複数レイヤ情報等の各種の情報を用いた多角的な検出・分析技術を明らかにし、検出精度を1桁向上させ、異常トラヒックの発生源の特定を可能とする。

本技術を具現化するため、複数の 10Gbps クラスの観測点からの情報をリアルタイムに蓄積・分析するデータベース構築技術、データベースエンジン高速化技術、マイニング技術を実現する。

ウ) 異常トラヒックの制御技術の高度化

(技術課題)

大規模災害や DDoS 攻撃等により発生する異常トラヒックの制御においては、異常原因トラヒックだけを抽出して遮断する制御が望まれるが、IP バックボーンを流れる大量トラヒックから異常原因トラヒックのみを抽出して制御するのは非常に困難である。

また、複数事業者に跨る大規模な異常トラヒックについては、その影響を最小限にするため、事業者間での連携・協調した対処が必要となるが、迅速な連携・協調が難しいのが現状である。

そのため、異常原因トラヒックを抽出し高速に制御する技術、異常トラヒックの発生源に近いポイントで制御を行うため、複数の分散ノードが連携して制御を行う技術、複数事業者に跨る大規模な異常トラヒックに対応するための事業者間連携制御技術の研究開発を行う。

(到達目標)

大量トラヒックから異常原因トラヒックのみを抽出して遮断する制御を可能とする。その際、可能な限り異常トラヒックの発生源に近いポイントで制御を行うような、複数の分散制御ノードが連携する制御手法を検討し、そのノード間連携プロトコルを開発する。さらに、異常トラヒックへの対処時に事業者間で必要な情報を交換・共有するための事業者間連携情報交換方式を実現する。

また、本技術を具現化するため、10Gbps 以上の高速インタフェース環境において、個々のパケットに対して、転送の遮断、シェーピング、フィルタリング、ルーティング等の制御を行う等、異常トラヒックの制御の高速化を実現する。

5. 実施期間

平成 17 年度から平成 21 年度までの 5 年間

6. その他

本研究開発の実施に当たっては次の点を考慮すること。

- ① 通信事業者のネットワークの実運用の向上に寄与することを視野に入れ、研究開発課題を選定し、研究計画を立てること。
- ② 国内外で進められているネットワークの光化等の研究開発動向を視野に入れ、研究開発を実施し、必要に応じて連携・協力を図ること。