

平成19年度 新規委託研究
「ダイナミックネットワーク技術の研究開発」
研究計画書



1. 研究テーマ

『ダイナミックネットワーク技術の研究開発』

2. 研究開発の目的

ユビキタスネット情報社会を目指した通信のブロードバンド化やサービスの多様化が急速に展開しており、ネットワークが国民生活における社会インフラとして、幅広い分野に広く活用されてきている。加えて、サービスへのユビキタスアプライアンス等を用いたアクセス手段も同様に多様化してきている。反面、利用者の経験やスキルにより、ネットワークからの恩恵の受け方に大きな差が生じる状況になってきている。

このため、利用者の常に変化する要望や通信環境に対応してダイナミックに最適なサービスを提供できるネットワーク、センシングデータなどの微細なデータや高精細動画などの重量級データのトラフィックが増加する場合でも高い品質と高い効率でデータを伝送することができるネットワーク、障害や輻輳の検出やそれらを検出した場合にでも回線の持続性を確保できるネットワークの実現が求められており、当該ネットワーク(以下ではダイナミックネットワークと称する)の実現は、喫緊に取り組むべき研究課題である。

本委託研究では、ダイナミックネットワークとして、実ネットワーク層、オーバーレイネットワーク層、アプリケーション・サービス層の3層レイヤアーキテクチャを想定し、特に、実ネットワークの上位に位置する仮想的な論理ネットワーク層であるオーバーレイネットワーク層を、多様な実ネットワークを相互に連携させ、ひとつのネットワークのように活用できる機構として、本委託研究の重要な課題と捉える。具体的には、本委託研究を

- サブテーマ1として、利用者要望や通信環境に対応してダイナミックに最適なサービスを提供することを目標とした、「ダイナミックネットワークの構造設計・構築・制御に関わる課題」に関する研究開発
- サブテーマ2として、障害や輻輳の検出やそれらを検出した場合にでも回線の持続性を確保することを目標とした、「ディペンダビリティ確保に関わる課題」に関する研究開発

のダイナミックネットワークに必須の技術課題について、研究開発を行う。これらの研究開発成果を以って、世界に先駆けてダイナミックネットワークの要素技術を確立することを目的とする。

更に、本委託研究テーマ分野では、欧米亜で国家主導プロジェクトとして産学官連携体制の下、研究開発が推進されている。国際的な競争は、今後激しくなることが予想される中、本委託研究は、ユビキタスアプライアンスや光ネットワーク技術など我が国の

強みを活かしつつ、早い段階から研究開発に取り組むことにより、日本が世界市場を主導することを目的とする。

3 . 研究開発期間及び予算

研究開発期間：平成 19 年度から平成 22 年度までの 4 年間。

予算：平成 19 年度は 787 百万円程度を上限とする。

また、課題毎（課題ア～ク）の上限は、約 98 百万円とする。

なお、平成 20 年度以降の予算については未定ではあるが、提案を行う際には、平成 19 年度提案額と同額或いは未満の金額で提案を行うこと。また、平成 20 年度以降の予算については、全体の進捗管理を行う情報通信研究機構プログラムディレクターからの助言に基づき、金額が変更となる（場合によってはゼロ円、すなわち研究停止となる）可能性もある。

4. 研究開発課題

課題の概要

図 1 に研究開発課題の概要を示す。

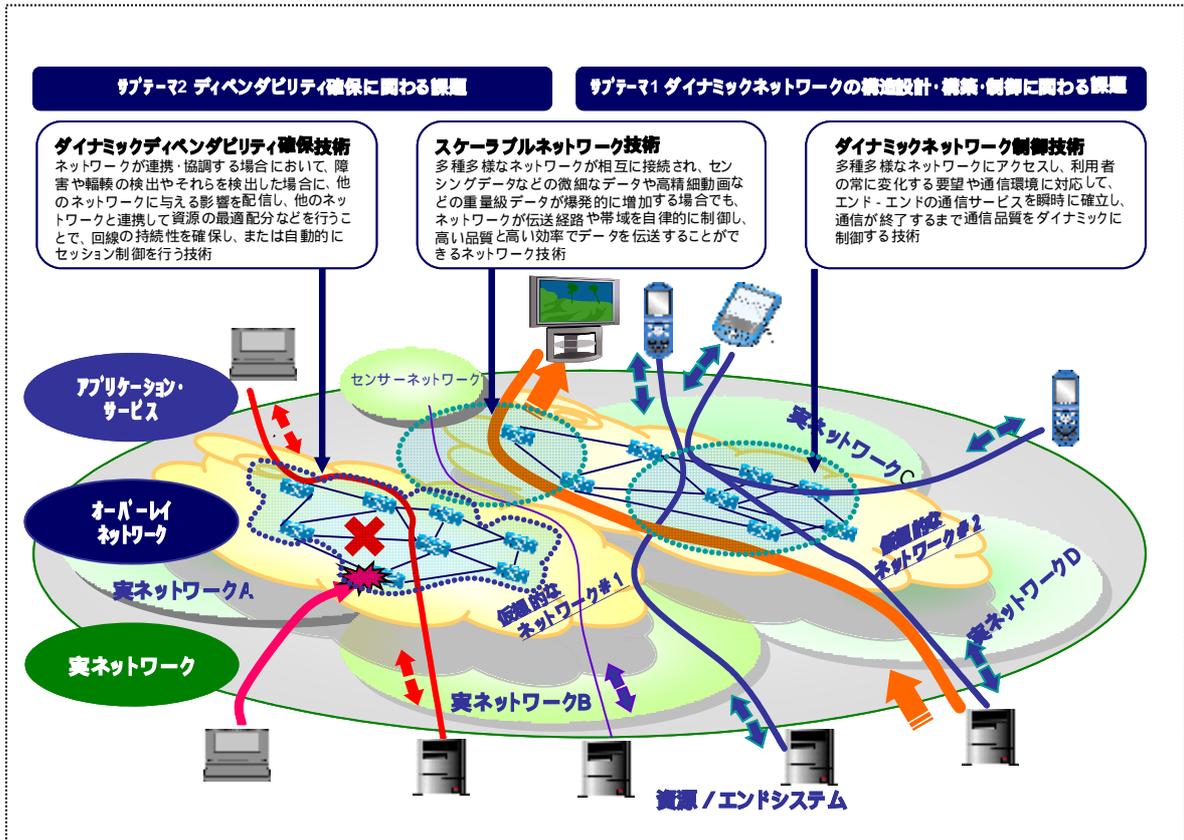


図 1 研究開発課題の概要

(主な構成、機能などは、仮想化された論理ネットワークであるオーバーレイネットワーク層を用いて示している。)

本委託研究では、

- 実ネットワーク層
- オーバーレイネットワーク層
- アプリケーション・サービス層

の3層レイヤアーキテクチャを想定する。実ネットワークとして、光ネットワーク、移動体ネットワーク、センサーネットワーク等、更に IP(Internet Protocol) 及び非 IP のネットワークを想定する。実ネットワークの速度としては、2010 年代に光アクセス系として導入が想定される 10Gbps 級をその上限とする。

オーバーレイネットワーク層、及びアプリケーション・サービス層に関しては、特に、

実ネットワークの上位に位置する仮想的な論理ネットワーク層であるオーバーレイネットワーク層を多様な実ネットワークを相互に連携させ、ひとつのネットワークのように活用できる機構として、本委託研究の重要な課題と捉える。

本委託研究の課題は、以下の二つのサブテーマに大別する。

- サブテーマ1：ダイナミックネットワークの構造設計・構築・制御に関わる課題

図1に示すように、「ダイナミックネットワーク制御技術」と「スケーラブルネットワーク技術」に関係する課題である。具体的には、ダイナミックネットワークの構造設計・構築を含めたネットワーク構造やノード構成に関わる技術、及びアプリケーション・サービスや実時間性・規模の視点からの制御に関わる課題である。

- サブテーマ2：ディペンダビリティ確保に関わる課題

図1に示すように、「ダイナミックディペンダビリティ確保技術」を主とし、「スケーラブルネットワーク技術」にも関係する課題である。具体的には、品質の適応型最適化、耐障害、セキュリティ、及びサービスデリバリーの視点からのディペンダビリティ確保に関わる課題である。

各課題の内容は、ダイナミックネットワークの実現に必要な要素機能（要素技術）毎に、上記の3層の連携を考慮した形で設定し、研究開発を実施する。特に上位レイヤを対象に含めることにより、ユビキタスアライアンス等との連携も考慮した研究開発を実施する。

なお、特に、断りの無い場合は、「ネットワーク」とは上記の3層よりなるダイナミックネットワークを指すものとする。

課題の具体的内容

以下に具体的な研究開発課題を示す。

サブテーマ1：ダイナミックネットワークの構造設計・構築・制御に関わる課題

課題ア：スケーラブルネットワーク構造最適化に関する技術

課題イ：実時間ストリーミング指向の制御に関する技術

課題ウ：利用者・アプリケーション指向の制御に関する技術

課題エ：大規模資源の管理・制御に関する技術

課題オ：異種ネットワーク連携に関する技術

サブテーマ2：ディペンダビリティ確保に関わる課題

課題カ：ネットワーク品質の適応型制御、及び耐障害に関する技術

課題キ：オーバーレイネットワークのセキュリティに関する技術

課題ク：サービスプラットフォームの構築に関する技術

サブテーマ1：ダイナミックネットワークの構造設計・構築・制御に関わる課題

課題ア：スケーラブルネットワーク構造最適化に関する技術

我が国の実ネットワークでブロードバンド契約者(DSL(Digital Subscriber Line)やFTTH(Fiber To The Home))のトラフィックは2倍/年程度で増加しており、2010年頃には30Tbpsに達する推定されている。また海外のISP(Internet Service Provider)と我が国の主要ISP間のトラフィックは2倍/年程度で増加している。

このような大容量性や広域性など対象とすべき大規模なダイナミックネットワークに対して、ネットワークの解析手法の確立、及びネットワーク構造の複雑化を極力抑さえつつ、最小のコストで最大のトラフィックを得るネットワークの最適化手法の確立が必要である。具体的には、トラフィック増大に対応して、ノード数を増やし、経路を最適化するだけでなく、最適なネットワーク構造に遷移してゆく制御が重要となる。

本課題では、上記に加え、ネットワーク全体の消費電力も最適化するなどの観点から、高効率性・高信頼性・管理容易性を具備したネットワーク構造の研究開発を行なう。本技術は本委託研究の出発点となる課題である。本課題では、以下の2つの技術の研究開発を行う。

課題ア - 1：構造最適化技術

ネットワーク構造とネットワーク性能、特に重要なネットワーク最大トラフィック容量、ネットワーク資源効率等のネットワーク性能指標を解析し、ネットワーク構造の最適化を図る技術。ネットワーク構造の最適化に際しては、ノードリンクの増大時にも、中継数を抑え、ネットワーク資源効率の低下を抑えられるスケーラビリティを具備し、その構造の全体が把握できるネットワーク構造を導出する技術。

ネットワークの解析結果の検証のためシミュレーション技術なども活用する。

課題ア - 2：ネットワーク制御技術

課題ア - 1の結果を受け、ネットワークノードが最適なルーティングを実現するためのネットワーク制御の技術

課題イ：実時間ストリーミング指向の制御に関する技術

ブロードバンド化により、映像などのストリーミングサービスが拡大する。ストリームデータ配信のスループットとして、(圧縮)高精細テレビジョン信号(100Mbps)を60チャンネル/1配信元、10-20程度の配信元数、すなわち配信性能10Gbpsクラスのサーバが10拠点程度、あるいはそれ以上設置される状況が想定される。ダイナミックネットワークにおいてもストリームデータ配信が必須であり、伝送特性が異なる(混在する)実ネットワークを経由して(すなわちストリームパスが固定されたままで)、ストリーミングデータを安定配信することはできない。

スループット 100Gbps のストリームデータ配信を実現するため、実ネットワークの伝送特性を実時間で測定し、それに基づくダイナミックなパス設定、バースト転送やデータフォーマット変換によって、オーバーレイネットワーク上でエンド - エンドにストリームデータ配信を安定的に実現する技術の研究開発を行なう。また、データフォーマット変換では実ネットワーク上を伝送すると想定される非圧縮高精細テレビジョン信号(1500Mbps)までに対応する技術の研究開発を行なう。本課題では、以下の3つの技術の研究開発を行う。

課題イ - 1：ネットワーク実時間測定技術及びストリームパス設定技術

実ネットワークの使用状況やそれに基づく伝送特性の変化を実時間で測定し、その測定結果から、ストリームデータの安定配信が可能となるようストリームパスをダイナミックに設定する技術

課題イ - 2：ネットワークの使用状況を考慮した柔軟な転送制御技術

課題イ - 1 の測定結果に基づき判明するネットワークの状況に応じて、回線の空き時間を活用したバースト転送などの柔軟な制御によって、ストリームデータの転送完了時刻に対する制約を満足しつつ実ネットワーク全体の使用状況を最適化する技術

課題イ - 3：ダイナミックトランスコーディング技術

課題イ - 1 のネットワーク実時間測定結果や接続されている機器(例えば端末機器)の能力により定まる諸条件(要求条件)に応じて、適切なコーディング方式を選択してストリームデータを変換する技術

課題ウ：利用者・アプリケーション指向の制御に関する技術

ダイナミックネットワークが広く利用者に受け入れられるためには、ネットワーク側が利用者やアプリケーションに応じて、様々な機能を提供する必要がある。特に、仮想化されたオーバーレイネットワークを介してのダイナミックネットワークの利用では、実ネットワークへのアクセス、認証方式、サービス品質等が利用者から直接見えなくなり、これらに関する機能の利用者への提供が課題となる。

本課題では、利用者とアプリケーションの両属性に応じて、アクセス制御、利用者間認証、更にエンド - エンドのサービス品質を制御する技術の研究開発を行う。本課題では、以下の3つの技術の研究開発を行う。

課題ウ - 1：利用者やアプリケーションの両属性をキーとしたアクセス制御技術

利用者やアプリケーションの両属性を認識することで、伝送するデータやアプリケーションが動作する端末機器の性能などに応じたアクセス方式をネットワークが選

択する技術

課題ウ - 2 : 利用者間の認証技術

課題ウ - 1 に連動して、利用者間のデータ伝送に関する認証方式や、利用者のアプリケーション利用に関する認証方式に、利用者の選択可能性を持たせることができるネットワーク認証技術

課題ウ - 3 : エンド - エンドのサービス品質制御技術

課題ウ - 1 と課題ウ - 2 により構築されたサービスにおいて、利用者がサービス品質を選択できるサービス品質制御技術

課題エ : 大規模資源の管理・制御に関する技術

ネットワークがネットワーク資源、計算機資源、データストレージ資源等、及び利用者側に提供される機能を具備するように進展することにより、利用者はいわゆるシンクライアントの活用やネットワークが提供する前記資源を P2P でのファイル共用等に利用すると想定される。

しかし、現状では、グリッド技術の枠組みを用いて、計算機資源を自律的に割り当てる技術はあるが、これらの資源をアプリケーションが利用する場合、各資源の管理・制御が統一されていないため煩雑な設定が必要であり、また各資源割り当てが半固定的に管理・制御されているために、アプリケーションと連携して、必要な資源や機能を自動的に割り当てる資源の管理・制御技術は実現されていない。

本課題では、ネットワーク資源、計算機資源、データストレージ資源等や利用者側に提供される機能を仮想化し、アプリケーションと連携して、必要な資源や機能を自動的に割り当てる資源の管理・制御技術と、複数ドメイン化、複数アプリケーション対応化等の大規模化を考慮した資源管理技術の研究開発を行う。

課題エー 1 : アプリケーションに適した資源・機能の自動割当て技術

各種資源（ネットワーク、計算機、データストレージ等）と機能を仮想化して、アプリケーションに適した資源・機能を判別して自動的に割り当てを行う大規模資源の管理制御技術

課題エー 2 : 複数管理組織を跨る仮想インフラストラクチャー提供技術

複数管理組織により提供される資源を連携させ、利用者の要求に応じたサービスを提供するために必要な仮想的なインフラストラクチャーを構築し、提供する大規模資源の管理制御技術

課題エー 3 : 高度ネットワーク機能の提供技術

アプリケーションと連携して、データ転送だけでなく高度ネットワーク機能（データを加工する、複数個所に転送する、データを条件つきで受け取る等）を効率的に

実現するため、広域・異種・複数の資源を動的に連携させて利用可能とする大規模資源の管理制御技術

課題オ：異種ネットワーク連携に関する技術

ダイナミックネットワークを構成する実ネットワーク(多様な異種ネットワーク)は、家庭やオフィスだけでなく、道路や公園をはじめとする屋外空間にまで普及して来ている。

利用者の直感的な操作や置かれている状況に応じて、利用者がこのダイナミックネットワークが提供するサービスを楽しむことを可能とする技術が重要となる。

本課題では、ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などにおいて、利用者の直感的な操作や置かれている状況に対応して、機器を透過的に接続させたり、相互に連携しての運用を可能とするため、異種ネットワークを連携させる技術の研究開発を行う。本課題では、以下の3つの技術の研究開発を行う。

課題オ-1：シームレスネットワーク連携・運用技術

ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などの異種ネットワークをまたがって、自律的かつ動的な機器間の経路構築・経路制御機構を確立し、下位レイヤでの透過的接続・相互運用を確保する技術

課題オ-2：直感的操作による機器接続技術

ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などの異種ネットワークをまたがって、利用者が「置くだけ」「触るだけ」といった直感的な操作により、機器のネットワークへの接続や、機器同士の連携を実現する技術

課題オ-3：ユニバーサル状況依存サービス技術

ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などの異種ネットワークをまたがって、利用者の置かれている状況や利用者の属性に基づいて接続すべき機器を発見し、発見した機器同士を連携させ、誰もがユニバーサルに提供サービスを楽しむことを可能とする技術

サブテーマ2：ディペンダビリティ確保に関わる課題

課題カ：ネットワーク品質の適応型制御、及び耐障害に関する技術

ダイナミックネットワークでは、複数のオーバーレイネットワークが実ネットワークを共有し、実ネットワークの資源について競合する状況が起こる。また、障害発生時においても同様に実ネットワークの資源について競合する状況が起こるが、オーバー

レイネットワーク間で資源調停を行い、ネットワーク品質を維持する技術は確立されていない。

本課題では、上記の状況下においてオーバーレイネットワークに関して、ネットワークやサービス（アプリケーション）の状況に応じて、ネットワーク品質を適応的に制御する技術の研究開発を行う。また、ネットワークの状況として、障害発生時の検知・回避処置に関する研究開発を行なう。本課題では、以下の3つの技術の研究開発を行う。

課題カ - 1：マルチレイヤ統合型品質制御技術

ネットワークやサービス（アプリケーション）の状況に応じて、複数ネットワークレイヤ（マルチレイヤ）の品質を適応的に制御する技術

課題カ - 2：障害検知・迂回技術

オーバーレイネットワークによる障害発生時の検知・回避処置を行うためのアルゴリズム、及びエンジン構築の技術。また、障害発生時の検知のためのサービス（アプリケーション）フローの識別・監視技術

課題カ - 3：ネットワークノードの自律復旧・動的再構成技術

マルチレイヤのネットワークノードを仮想化する技術を確立し、障害発生時等において、資源の再配分や自動障害回復機能等を具備することにより、無瞬断でサービスの導入や停止が可能なプラットフォームの実現技術

課題キ：オーバーレイネットワークのセキュリティに関する技術

オーバーレイネットワークにより、現在の実ネットワーク防御機構、ファイアウォールやIDS(Intrusion Detection System)/IPS(Intrusion Prevention System)等が容易にバイパスされるなど、その有効性が低下する。現在、インターネットではセキュリティ基盤である名前管理機能としてDNS(Domain Name Server)サービスがあるが、上位の管理者に登録を依頼する必要があるなど、オーバーレイネットワークのような固定的に存在しないネットワークには適さず、オーバーレイネットワークに適した名前管理機能などのセキュリティ基盤は現時点ではない。

本課題では、オーバーレイネットワークの動作から実ネットワークを保護するための技術、及び実ネットワークと連携してセキュアなオーバーレイネットワークの構築技術を研究開発する。本課題では、以下の2つの技術の研究開発を行う。

課題キ - 1：実ネットワーク防御機構技術

オーバーレイネットワークを介して流れるトラフィックを監視し、制御することなどによる、実ネットワークの防御機構技術

課題キ - 2 : セキュアオーバーレイネットワーク構築のためのプラットフォーム技術

セキュアなオーバーレイネットワークを構築するためのセキュリティ要素機能のビルディングブロック群、名前管理機構・認証基盤のオーバーレイ機能等を具備したプラットフォームの構築技術

課題ク : サービスプラットフォームの構築に関する技術

ダイナミックネットワークでは、ネットワークやサーバ等サービスを構成する要素を仮想化し、仮想化されたサービス部品を結合することで、様々なサービスを開発・実行するサービスプラットフォームが重要となる。サービスプラットフォームがオープン化され、アプリケーションがサービス部品を駆使し、利用者の要求を満たすサービスを実現することが、ネットワーク自体の価値を高めることになる。

そのためには、様々なサービス部品が存在すること、外部のアプリケーションからアクセスする際にサービスプラットフォームがサービス部品を安定して機能させることが重要となる。特に、サービス部品が安定して機能するには、現在の実ネットワークのストリーム以下のレイヤ監視だけではなく、サーバを含めたメッセージレイヤ以上のレイヤ監視が重要となるが、このような技術は現在、確立されていない。

本課題では、サービスプラットフォームを安定、かつ高い性能で動作させるために必要な以下の3つの技術の研究開発を行う。

課題ク - 1 : サービスプラットフォームの状態監視技術

サービスプラットフォームを構成するサービス部品やその実体となるサーバの状況やサービス部品間のメッセージの流れを可視化し、実行されているサービスの状況を監視する技術

課題ク - 2 : サービスプラットフォームの品質保護技術

サービスプラットフォームのオープン化に際し、アプリケーションや利用者などの外部からの不正利用、あるいは、過剰な要求に対して、サービスプラットフォーム全体に及ぼす悪影響をできるだけ小さくする品質保護技術

課題ク - 3 : サービスプラットフォームの高性能化技術

サービス部品間連携時のメッセージ転送の高性能化技術。すなわち、メッセージの内部情報を分析して転送先を決定し、所定のサービス部品へ転送する処理の高性能化技術

研究開発に当たっての留意点

研究開発に当たっては、以下を留意すること。なお、以下は研究課題ではないが、提案に際しては、各項目に対する実施方法、及び到達目標を設定することが望ましい。

- 1) 本委託研究開発でのオーバーレイネットワークは、今後創出される実ネットワークを含めて現在ある実ネットワークの上位に位置するオープンな論理ネットワークと想定する。すなわち、現在の実ネットワークをエッジシステムとして接続するためのネットワークとはとらえない。
- 2) 標準化活動を通して、海外のプロジェクトとの連携を行うことなどが望ましい。
- 3) 各課題は、独立した課題ではなく、他の課題との早期の連携が望ましい。特に、実証実験に際しては、連携しての実証実験を行うことを想定する。
- 4) 実証実験の際には、NICT で構築予定のテストベッドの利用が可能である。利用条件等の詳細については、NICT に問い合わせること。
- 5) 本委託研究終了以降の実用化に向けた研究開発フェーズなども想定した研究開発を実施すること。

5. 研究テーマ選定の背景、研究開発の必要性及び他で実施されている類似研究との切り分け

- 1) 研究開発テーマを取りまく現状

政策

通信ネットワークやそれらを基盤としたサービスを実現するダイナミックネットワークに関して、以下のような政府決定がなされている：

- ・「第3期科学技術基本計画（総合科学技術会議 平成18年3月）」の分野別推進戦略の 情報通信分野において、利用者の要求に対してダイナミックに最適な環境を提供できるネットワーク、超高画質コンテンツ配信が柔軟にできる高速・大容量・低消費電力ネットワーク、及び利用者の要求に応じたディペンダブルなセキュアネットワークが重要な研究開発課題として選定されている。
- ・長期戦略指針「イノベーション25 ～未来をつくる、無限の可能性への挑戦～」(イノベーション25戦略会議 平成19年5月)では、政策ロードマップの技術革新戦略ロードマップにおいて、「大量の情報を瞬時に伝え誰もが便利・快適に利用できる次世代ネットワーク技術」を掲げている。
- ・「重点計画2007(IT戦略本部)平成19年7月」においては、IT新改革戦略のその他の政策を推進するための施策として、多種多様なネットワークや端末から誰もがネットワーク上に蓄積された情報にアクセスできる環境を実現するために必要となる基盤技術を確立することをダイナミックネットワーク技術の研究開発に位置づけている。
- ・ICT政策である「u-Japan政策」(総務省 平成16年12月)において、「ユビキタスネット社会」を2010年までに実現することを目標に据え、状況に応じ重点

的な取組を行う分野を定めるため、「u-Japan 推進計画 2006」(総務省 平成 18 年 9 月)を策定し、世界最先端の ICT 国家として先導することを目指し、施策の推進を行っている。

更に、

- ・新世代ネットワークアーキテクチャの実現に向けて、「ネットワークアーキテクチャに関する調査研究会」(総務省 平成 19 年 8 月)において、ネットワークをめぐる環境の変化、及び欧米におけるインターネットの次の世代を見据えた基本アーキテクチャの検討の始動を踏まえ、「ユーザに優しく、シンプルに使えるネットワーク」、「スケーラブルなネットワーク」、「止まらないネットワーク」などの新世代ネットワークのコンセプトを検討し、研究開発プロジェクトの推進を含む実現のための総合的な推進方策を示している。

研究開発

ユビキタス情報社会の実現を目指したネットワークの技術の進展と研究課題(求められる機能)としては、

- ・ネットワークコンバージェンス(多様なネットワークの連携を図るためのネットワーク制御)、コンシェルジュネットワーク(利用者の要求に対して最適なものを選んで提供し、利用者をサポートしてくれるネットワーク)、トラスト認証プラットフォーム(コンテンツや利用者個人の情報が安全なサービス基盤上に保管され、自由に利用できる。また、エンド・エンドでセキュアかつ利便性の高いセッションを実現するための認証基盤)、更にダイナミックな品質制御(利用者の要求やトラフィック量に応じて、ダイナミックにネットワーク資源を割り当て、自律的に流量制御ができるネットワーク)等の利用者がネットワークを意識することなくあらゆる機能・知識・支援にアクセスするための課題
- ・スケーラブル・コアネットワーク(様々なネットワークが繋がることによるトラフィック量の増加にも対応し、映像などの大容量コンテンツもスムーズに流通させることができるネットワーク)等のユビキタス情報社会における大量なトラフィックに対応するための超高速・大容量なネットワークの課題
- ・ネットワークの安心・安全(ネットワーク自身が、自己診断・自己修復する防衛機能を備え、災害や不正なアクセスに対する安全・信頼を確保しサービスを停止しないネットワーク)等の、ディペンダブルなネットワークの課題

が指摘できる。

具体的な研究開発に関わる動向として、機能層(サービス・ストラタム)と伝送ネットワーク層(トランスポート・ストラタム)を IP により結合させる NGN(Next Generation Network)アーキテクチャが、ITU-T で検討がなされている。また、Post-NGN と位置づけられる NWGN(New Generation Network)では、非 IP ネット

ワークも想定した、アプリケーション層、オーバーレイネットワーク層、コモンネットワーク層、及び伝送ネットワーク層（アンダーネットワーク層）によるアーキテクチャの議論がなされている。

また、米国では GENI (Global Environment for Networking Innovations)により構築されるインターネット研究を実証するためのテストベッド上で、2020 以降の実用化を想定したインターネットアーキテクチャを目指した研究開発 FIND(Future Internet Network Design)、欧州ではブロードバンドにおける欧州のリーダーシップを確立するための次世代光ネットワークなどの研究開発を目指す FP7 (7th Framework Programme)、更に韓国では、IT 関連産業の成長を目指した u-IT839 戦略など、欧米亜で国家主導プロジェクトとして産学官連携体制の下、次世代ネットワークに関する研究開発が推進されてきている。

FIND (Future Internet Network Design)は、2020 年以降を想定して、インターネットアーキテクチャを見直すことを目標としている。大学へのグラントが主であり、2006 年度は 26 件の研究提案が採択され、研究提案はテストベッド GENI 上で実証が行われる。FIND の基本的な目的は、IP(Internet Protocol)に組み込む機能などの設計・評価であり、具体的には、ネットワーク管理、名前管理機構、セキュリティ機能、位置情報管理等が対象となっている。また、実ネットワークはインターネットと NGN として

いる。

GENI (Global Environment for Networking Innovations)は、将来インターネット研究を実証するためのテストベッドイニシアティブで、その基本コンセプトは、仮想化、オプトイン、モジュラリティで、オーバーレイネットワークの研究開発を含む。GENI は要求仕様に基づいて開発されるが、GENI の開発目標を把握するために有用な評価項目をいくつか以下に記載する：

- スライサビリティ：ネットワークを仮想化し相互への影響が及ばないこと
- 汎用性：個別のニーズに合わせて環境設定を変更可能なツールの開発
- 遮蔽制御：利用者の選択による以外は他とは遮断
- 拡張性：既存および将来のネットワーク技術への対応
- 可観測性：ネットワーク管理機能によるデータの抽出と分析
- セキュリティ：他の利用者やインターネットへの攻撃が不可能な構造

世界規模のオーバーレイネットワークとしては PlanetLab があり、GENI の原型でもある。資源は高速の IP スイッチ網で結ばれており、約 300 施設の約 700 台のサーバから構成されている。利用者の処理状況により、ネットワーク側により資源の割り当てが行われる。

2) 研究開発の必要性

本委託研究は、「第3期科学技術基本計画」、長期戦略指針「イノベーション25～未来をつくる、無限の可能性への挑戦～」、「重点計画2007(IT戦略本部)」、及びICT政策である「u-Japan政策」や「u-Japan推進計画2006」等の政策実現に資する研究開発としてその実施の必要性が高い。また、本委託研究はその成果により、安心・安全な社会への貢献等による社会的問題の解決、社会活動の基盤の実現や新たな市場・革新的価値の創出による社会・産業への活力の増進、更にネットワークの高度利活用から生まれる国際競争力や、我が国の強みの活用による国際競争力の強化等のユビキタス情報社会に必須の環境を創出するものである。上記政策の主要な目標の一つであるユビキタス情報社会の実現に資する研究開発としてその実施の必要性がある。

また、本委託研究は、ユビキタス情報社会で求められる機能、すなわち、利用者がネットワークを意識することなくあらゆる機能・知識・支援にアクセスするためのネットワークコンバージェンス、及び大量なトラフィックに対応するための超高速・大容量なネットワークのためのスケーラブル・コアネットワーク、ネットワークの安心・安全を確保するディペンダブルなネットワークを、それぞれサブテーマ1：ダイナミックネットワークの構造設計・構築・制御に関わる課題とサブテーマ2：ディペンダビリティ確保に関わる課題により満たす研究開発であり、ユビキタス情報社会の実現のため、実施の必要性がある研究開発である。

更に、ユビキタスアライアンスや光ネットワーク技術など我が国の強みを活かしつつ、早い段階から研究開発に取り組むことにより、日本が世界市場を主導する点からも、研究開発を実施する必要がある。

3) NICT 及び他で実施されている類似研究との切り分けと NICT 委託研究における本テーマの位置づけ

NICT では、新世代ネットワーク研究センターのネットワークアーキテクチャグループにおいて、「ユビキタスネットワーク環境における多彩なユーザのニーズに柔軟に対応するために、有線・無線を統合したアクセスネットワークとペタビットクラスのコアネットワークを高信頼・高品質で提供しつつ統合的に運用するためのネットワーク構築技術及び制御技術を実現することで、新世代の情報通信ネットワーク社会を支える」ことを目標とした研究開発を行なっている。更に、「2015年に新世代ネットワークを実現することを目指し、そのためのネットワークアーキテクチャを確立し、それに基づいたネットワーク設計図を作成すること」を目的とした AKARI プロジェクトを産官学連携により推進している。また、NGN や NWGN をターゲットとした研究開発用テストベットネットワーク JGN (Japan Gigabit Network)の研究開発プロジェクトが実施さ

れている。

NICT の委託研究では、NGN に関して、モバイルやマルチメディア、VoIP(Voice over IP) や JG N の運用技術、IPv6 技術、セキュリティ技術等の研究開発を行う「次世代ネットワーク(NGN)基盤技術の研究開発(平成 18 年度 - 22 年度)」、100 Tbps 級高機能フォトニックノード構成を目指す「高機能フォトニックノード技術の研究開発(平成 17 年度 - 22 年度)」、「ユーティリティ技術の研究開発(平成 18 年度 - 22 年度)」、「アクセス技術の研究開発(平成 18 年度 - 22 年度)」などが関係する研究開発が実施されている。

以上の NICT における研究開発(研究開発プロジェクト)や委託研究開発は、ユビキタス情報社会の実現のための基盤技術の確立がその目的といえる。本委託研究は、これらの研究開発成果と連携しつつ(例えば、実証実験においては JGN 等との連携も想定される)、ユビキタス情報社会の実現のための要求(課題)を満たしうるダイナミックネットワークの要素機能(要素技術)を、要素機能毎に3層(実ネットワーク層、オーバーレイネットワーク層、アプリケーション・サービス層)を層間に連携させて研究開発することにより、ユビキタス情報社会の実現を目指した実用性を重視した研究開発と位置づけられる。

6. 研究開発の到達目標

研究開発の到達目標を以下とする。

なお、当該到達目標は最低限の目標であり、提案に際しては、当該到達目標を超える目標の設定が望ましい。また、当該到達目標は、本委託研究に関する技術や利用動向を勘案しつつ、必要に応じて計画実施の途中でも見直しを行うものとする。

到達目標の設定の考え方

- 1) 利用者に直接関わる部分については、現在の実ネットワークでの状況と同等以上にすることを基本とする。
- 2) 実ネットワークの進展を考慮した（実ネットワークの進展を享受できる）到達目標とする。
- 3) 海外等で相当する研究開発がある際は、それらの到達目標を考慮する。

全体目標

- 1) 100万人程度のオーバーレイネットワークの利用者に対応できること
- 2) 10Gbps級の実ネットワークに対応できること

サブテーマ1：ダイナミックネットワークの構造・制御に関わる課題

課題A：スケーラブルネットワーク構造最適化に関する技術

- ・解析、最適化などの対象は、他の課題で検討するネットワークとし、且つ実ネットワークの実態をふまえること

課題A - 1：構造最適化技術

- ・ 実ネットワーク構造を含めたネットワーク構造情報の具体的なパラメータを示し、且つ数値化し、スケーラビリティを確保する上で重要なネットワーク最大トラフィック容量、ネットワーク資源効率等のネットワーク性能指標との関係を解析する技術を確立すること
- ・ ネットワーク構造の違いによる、ネットワーク性能指標の差分を示すことが可能であること
- ・ 最適なネットワーク性能指標を示し、最適なネットワーク性能指標を有するネットワーク構造を明らかにすること

課題A - 2：ネットワーク制御技術

- ・ トラフィックの増減に対して、経路最適化を行うとともに、ネットワーク構造間の

遷移制御を可能とする技術を確立すること

課題イ：実時間ストリーミング指向の制御に関する技術

- ・スループット 100Gbps のストリームデータの安定配信を可能とすること

課題イ - 1：ネットワーク実時間測定技術及びストリームパス設定技術

- ・ 任意の観測（測定）ポイントにおいて、実ネットワークの使用状況、特に伝送特性の変化を発生から 500ms 以内で測定可能な技術を確立すること
- ・ 利用者の要求によりストリームデータ配信元を変更する際のセッション確立は 1 秒以内で完了すること
- ・ 10 箇所以上の観測ポイントが相互に連携し、ネットワーク断や輻輳回避のためのストリームパス設定が 5～10 秒以内で可能であること

課題イ - 2：ネットワークの使用状況を考慮した柔軟な転送制御技術

- ・ ネットワークの使用状況の観測結果のフィードバックを受け、その転送制御機構への反映が、ストリームデータ転送を中断することなく、その転送制御機構の変更をネットワークの使用状況変化の観測後少なくとも 5 秒以内で実現する技術を確立すること
- ・ 1 転送制御機構あたり最大 40Gbps のバースト転送を実現すること

課題イ - 3：ダイナミックトランスコーディング技術

- ・ 25Mbps～1,500Mbps のストリームデータフォーマットに対応し、実時間でこれらのデータフォーマットの相互変換が可能な技術を確立すること

課題ウ：利用者・アプリケーション指向の制御に関する技術

- ・ 利用者の選択に基づき認証や制御が実行されること

課題ウ - 1：利用者やアプリケーションの両属性をキーとしたアクセス制御技術

- ・ 数 10Kbps から 10Gbps 級のアプリケーション実行に関わるデータに対応できること
- ・ 利用者側のシステムにアクセス可能であるとともに、ネットワークを介して接続された遠隔のエンドシステムのアクセス制御も可能とすること

課題ウ - 2：利用者間の認証技術

- ・ PKI(Public Key Infrastructure)を用いた認証方式、事前に交換された認証情報による認証方式、及び利用者が準備する認証方式を含め、利用者が少なくとも 3 つの認証方式を選択することが可能であること

- ・また現在の認証時間と、それを短縮する技術を確立することによる認証時間とをそれぞれ提案すること

課題ウ - 3 : エンド - エンドのサービス品質制御技術

- ・ネットワーク品質、アプリケーション品質、端末機器品質に関してそれぞれ少なくとも3つ以上のサービス品質を設定し、利用者が当該サービス品質を選択できること

課題エ : 大規模資源の管理・制御に関する技術

- ・複数管理組織から提供される 10,000 を超える資源を有するネットワーク上で、少なくとも（複数利用者も想定した）1,000 のアプリケーションが同時に実行可能であること

課題エー 1 : アプリケーションに適した資源・機能の自動割当て技術

- ・アプリケーションが必要とする資源を判別して、自動的に割当てを行うこと
- ・少なくとも 1,000 以上のアプリケーションに対する資源共有管理を実現すること

課題エー 2 : 複数管理組織を跨る仮想インフラストラクチャー提供技術

- ・10以上の複数管理組織から提供される 10,000 以上の資源を自動的に確保可能な仮想インフラストラクチャーを実現すること
- ・負荷変動に対応し、仮想インフラストラクチャーの形態の変更が1システム単位時間（タイムユニット）以内で可能なこと

注：提案に当たっては、具体的なシステム単位時間を明示すること

- ・データバックアップや復旧を実現すること

課題エー 3 : 高度ネットワーク機能の提供技術

- ・1,000 以上のアプリケーションに対して高度ネットワーク機能を同時に提供できること

課題オ : 異種ネットワーク連携に関する技術

- ・1,000 種類以上の利用者の置かれている状況を、ネットワーク側で認識し、認識結果、及び利用者の1回の操作に基づき、合計 1,000 台以上の機器を含む異種ネットワークを瞬時に相互接続し、1,000 種類以上のサービスを利用者に提供できること

課題オ - 1 : シームレスネットワーク連携・運用技術

- ・ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などの異種ネットワークをまたがって、合計 1,000 台以上の機器を含む異種ネットワークを透過的に瞬時に

接続できること

- ・ 新たに開発される異種ネットワークにも対応できる拡張性を備えていること

課題オ - 2：直感的操作による機器接続技術

- ・ ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などにおいて、利用者が機器を「置くだけ」「触るだけ」といった 1 回の操作（直感的操作）で、機器をネットワークに瞬時に接続させ、且つ（他の異種ネットワークを含む）ネットワークに接続されている機器と連携させられること

課題オ - 3：ユニバーサル状況依存サービス技術

- ・ 利用者の状況を合計 1,000 種類以上、ネットワーク側が瞬時に識別できること
- ・ ホームネットワーク、オフィス環境、あるいは屋外空間などにおいて、1,000 台以上の機器から、利用者の置かれている状況や利用者の属性に基づいて、ネットワーク側が接続相手先の機器を、1,000 台以上の機器から 1 秒以内に特定できること
- ・ 利用者の状況に基づいて、提供するサービスを、1,000 種類以上のサービスからネットワーク側が瞬時に選択できること

サブテーマ 2：ディペンダビリティ確保に関わる課題

課題カ：ネットワーク品質の適応型制御、及び耐障害に関する技術

課題カ - 1：マルチレイヤ統合型品質制御技術

- ・ マルチレイヤ統合型の品質制御を行うアルゴリズムは、100 万同時セッションを処理可能な特性を有すること
- ・ ネットワークやアプリケーションの状況変化に応じて、システム中断を行うことなくサービスを利用者に提供できる制御方式であること

課題カ - 2：障害検知・迂回技術

- ・ フロー識別・監視、高速迂回、認証処理、ローミング処理、QoS 制御、DDoS 防御等のアルゴリズムは、ハードウェア化可能なモジュラリティを有すること
- ・ フロー識別・監視は 100 万フローに対応可能とすること
- ・ 処理アルゴリズムは、10-40G のスループットを達成可能なものであること

課題カ - 3：ネットワークノードの自律復旧・動的再構成技術

- ・ ネットワークノードにおける通信ならびに計算資源のリアルタイム・サービスかつ無瞬断の再配分を可能とする制御技術を確立すること
- ・ 制御方式は、データ転送スループットが 10 Gbps 級から 10 Tbps 級までの要求に対応可能なスケーラビリティ特性を有すること

課題キ：オーバーレイネットワークのセキュリティに関する技術

- ・オーバーレイネットワークの動作がネットワークに付加されても、ネットワークは実ネットワーク単体と同程度以上のネットワーク防御を行うことが可能であること

課題キ - 1：実ネットワーク防御機構技術

- ・オーバーレイネットワーク及び実ネットワークの両者を監視し、実ネットワーク単体と同程度の実ネットワーク防御を行うことが可能であること
- ・10以上の監視点がオーバーレイネットワーク及び実ネットワークの両者を監視し、監視結果を相互に交換できること

課題キ - 2：セキュアオーバーレイネットワーク構築のためのプラットフォーム技術

- ・セキュリティ要素機能のビルディングブロック群、名前管理機構・認証基盤のオーバーレイ機能は同時に100万人利用者に対応できること
- ・名前管理機構・認証機構は相互認証を可能とすること

課題ク：サービスプラットフォームの構築に関する技術

- ・事前にサービスプラットフォームの動作を想定し、予め定めた品質保護手法を実行する従来の事前防御の限界を克服して、サービスプラットフォームに問題があるアクセスに際して、その都度、品質保護手法を構築する設計思想に立脚した技術であること

課題ク - 1：サービスプラットフォームの状態監視技術

- ・現在のサーバ単体、あるいはネットワークだけの状態監視ではなく、複数サーバが連携して実現されるサービスにおいて、サービス間の論理的な関係を監視可能とすること
- ・サービスを実行するサービス部品やサーバの状態(例えばプロセッサ使用率)の定量的把握を可能とすること

課題ク - 2：サービスプラットフォームの品質保護技術

- ・不正利用に際し、不正利用を検知し、その要因を排除しつつ全体の品質低下を防止できること
- ・過剰利用時にも、平均的な応答時間が通常時の4倍程度で抑えられること

課題ク - 3：サービスプラットフォームの高性能化技術

- ・現状のメッセージ転送処理能力(例えば、XMLメッセージでは数10トランザクション/s)の10倍程度のメッセージ転送処理能力を実現すること

7. 期待される波及効果

1) 類似研究開発面に期待する波及効果

本委託研究は、NICT における研究開発、AKARI プロジェクト、また、NGN や NWGN をターゲットとした研究開発用テストベッドネットワーク JGN (Japan Gigabit Network) の研究開発プロジェクト、及び NICT の委託研究である「次世代ネットワーク(NGN)基盤技術の研究開発(平成 18 年度 - 22 年度)」、「高機能フォトニックノード技術の研究開発(平成 17 年度 - 22 年度)」、「ユーティリティ技術の研究開発(平成 18 年度 - 22 年度)」、「アクセス技術の研究開発(平成 18 年度 - 22 年度)」などが関係する。これらは、ユビキタス情報社会の実現のための基盤技術の確立を目指す研究開発(研究開発プロジェクト)であり、本委託研究は、これらの研究開発成果と連携しつつ、ダイナミックネットワークの要素機能(要素技術)を機能毎にアーキテクチャの3層を層間に連携させた研究開発である。

言い換えると、NICT における研究開発等はアーキテクチャの層別に重点を置いた研究開発であり、本委託研究はこれらの成果を層間で連携した要素機能毎に活用する研究開発といえる。要素機能毎の層間の連携という視点より、NICT における研究開発等へフィードバックを行う、逆に NICT における研究開発等の成果を考慮し、層間の連携を行うなど、類似研究開発との相乗効果が創出され、類似研究開発への波及効果が期待できる。

2) 実用化面に期待する波及効果

本委託研究は、ユビキタス情報社会で求められるダイナミックネットワークの要素機能(要素技術)を各機能毎にアーキテクチャの3層を層間に連携させた研究開発である。すなわち、基本的には、利用者のインターフェースとなるアプリケーション・サービス層を包含した研究開発である。これにより、ユビキタス情報社会の早期の実現(実用化)に対する波及効果が期待できる。

8. 研究開発スケジュール

本研究テーマの研究開発期間は、平成 19 年度から平成 22 年度までの 4 年間であり、スケジュールは概ね以下のとおりである。

平成 19 年度から平成 20 年度は基本設計・試作を行ない、平成 21 年度から平成 22 年度はプロトタイプの開発、実証実験、評価、分析を実施する。実証実験は課題毎、及び必要に応じて課題間で連携して、平成 22 年度に行う。

なお、平成 20 年度及び平成 21 年度に中間評価を行う。

| 課題 | 平成 19 年度 | 平成 20 年度 | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 |
|-------------------------------------|----------|----------|---------------|-----------|
| | | | 中間評価 ▼ | 中間評価 ▼ |
| 課題ア： スケーラブルネットワーク構造最適化に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題イ： 実時間ストリーミング指向の制御に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題ウ： 利用者・アプリケーション指向の制御に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題エ： 大規模資源の管理・制御に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題オ： 異種ネットワーク連携に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題カ： ネットワーク品質の適応型最適化、及び耐障害に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題キ： オーバーレイネットワークのセキュリティに関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |
| 課題ク： サービスプラットフォームの構築に関する技術 | 基本設計・試作 | | 開発・実証実験・評価・分析 | |

注:課題間で連携した実証実験は必要に応じて実施する。

なお、本研究テーマは情報通信機構プログラムディレクターのもと進捗管理が行われるため、年に複数回の関係者による会合の開催を想定しておくこと。また、必要に応じて研究開発の方向性に関する助言等がプログラムディレクターにより行われ、進捗状況に応じて、予算額の変更も平成20年度以降あり得る（「3. 研究開発期間及び予算」にも記載）。