

成果概要書

次世代ネットワーク（NGN）基盤技術の研究開発

（１）研究の目的

本テーマでは、次世代ネットワーク(NGN)における基盤技術の研究開発を通じ、下記の実現を目指す。

- 世界に先駆けた次世代ネットワーク基盤技術の確立
- 国際標準化への貢献
- 社会への貢献

具体的には、各々異なる特性を持つモバイル網・ホーム網と相互接続されたNGNにおいて、1億超の端末(ヒト・物)から多種多様な情報(映像・音声・データ)の受発信を、ユーザが端末や環境を意識することなく、同時に多種多様なサービスを運用しながらリアルタイム・高品質・高信頼に実現するICTプラットフォームを構築する基盤技術を確立する。また、上記要素技術を新世代ネットワークへ展開する観点から、高い拡張性・柔軟性を有するネットワーク基盤技術としてアプリケーション連携サービス創出基盤、シームレス通信実現基盤、高品質フレキシブルネットワーク基盤の確立に取り組む。さらにこれまでの成果を海外に広めるため、国際展開を行う。

（２）研究期間

平成18年度から平成22年度（5年間）

（３）受託社名

日本電信電話株式会社<幹事>

日本電気株式会社

株式会社日立製作所

株式会社 KDDI 研究所

沖電気工業株式会社

エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社

（４）研究予算（百万円）

平成18年度	665.2
平成19年度	778.2
平成20年度	841.7
平成21年度	727.1
平成22年度	462.4

(5) 研究開発課題と担当

課題ア：次世代コアネットワーク構成技術の研究開発

1. 機能分散型トランスポートネットワーク制御統合技術(日本電信電話株式会社)
2. 高度トランスポートサービス処理マウント技術(日本電信電話株式会社)
3. 大容量分散データ流通技術 (日本電気株式会社)
4. 分散サービス間コラボレーション技術 (株式会社日立製作所)

課題イ：ネットワーク間高度接続技術の研究開発

1. FMC シームレス制御技術 (株式会社 KDDI 研究所)
2. キャリア間高性能・高信頼相互接続技術 (沖電気工業株式会社)
3. 自律分散 QoS 制御技術 (エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社)
4. キャリアネットワーク構成機器相互接続技術 (エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社)

(6) これまでの主な研究成果

(全体) 件 (平成22年度) 件

特許出願	国内出願	100	23
	外国出願	45	9
外部発表	研究論文	25	5
	報道発表	8	3
	その他研究発表	144	24
	展示会	16	9
	標準化提案	88	25

具体的な成果

課題ア：次世代コアネットワーク構成技術の研究開発

課題ア-1 機能分散型トランスポートネットワーク制御統合技術

機能分散型トランスポートネットワーク制御統合技術として、以下の基本技術を確立した。

- (1) CE 集約による特徴を生かし、管理する複数の FE の経路情報を利用し、単ノード・単リンク障害の事前計算と組み合わせる計算アルゴリズムを考案し、従来手法であるダイクストラ法の 1/10 以内の経路再計算時間を達成した。
- (2) CE 故障発生時に地理的に分散した別の CE に処理を動的に切替えることを可能とする実現方式を考案しプロトタイプにより、切替え中に別 CE に動的に切替える際に通信中のデータに影響なく動作することを確認し、実現性を明らかにした。
- (3) 収容する FE 数の異なる 2 組の CE-FE の組合せからなるネットワー

クにおいて、負荷の指標として CE の消費電力を用いて負荷を均等化するアルゴリズムを考案し、試作ソフトにより CE の収容する FE 数を動的に変更できることを確認し、実現性を明らかにした。

課題アー 2 高度トランスポートサービス処理マウント技術

10GbpsI/F を有する市中プロセッサで 10Gbps のワイヤレート性能を実現するため、転送処理および転送アプリケーション処理を単位プログラム（ジョブ）に分割し、複数のコアおよびスレッドに処理負荷が平準化されるようにする複数コア・スレッドへのジョブの割当て方法を考案し、フィルタリング機能での 10Gbps 性能を確認した。

課題アー 3 大容量分散データ流通技術

(1) 高速マルチレイヤ分散ディレクトリ技術

コンテンツを発見・特定するための Pull 検索と、コンテンツの更新情報を即座に伝える Push 配信技術の組合せにより、1 億ノードがそれぞれ 100 個のコンテンツを 3 分間隔で更新しても、1 秒以内に全ノードに更新情報が配信可能な高速マルチレイヤ分散ディレクトリ技術を確立した。また、新世代ネットワークに繋がる技術として、マシンやネットワークの仮想化によるネットワークやトラフィックの動的な変化が生じて、柔軟に配信経路を変更して更新情報の配信遅延を一定値以内に維持できる技術を確立し、その有効性を確認した。

(2) スケーラブル端末シームレス接続技術

変化の少ない通信パラメータを事前に通信先と共有しておくことでセッション確立時にやり取りする情報量を削減するとともに、標準 SIP のセマンティクスを残しつつ負荷の小さいバイナリフォーマットを採用したシグナリングプロトコルを開発した。センサデバイスに実装して評価し、標準 SIP を基準として処理負荷を 1/100 以下に、必要帯域を 1/10 以下に軽量化するという目標の達成を確認した。本技術に関しては、平成 21 年度末に終結した。

(3) 大容量分散格納・大規模同時伝送技術

データセンター内のストレージノードを統合し大容量かつ双方向での情報交換基盤を実現する USC (Uniform Storage Cluster)、複数のデータセンターで動作する USC を統合し広域環境に適したデータ配備を効率的に行い、データの需要の変化に追従可能な情報交換基盤を実現する NUSC (Non-Uniform Storage Cluster) の研究開発を行った。モデルに基づく論理検証およびシミュレーションにより 10 万規模のデータ利用者に対するサービスが実現可能であることを確認し、新世代ネットワーク技術を応用しシステムの通信特性に応じたネットワーク経路の選択を適切に行うコンテンツ配信システムを支える基盤技術として国際的なアピールを行った。

課題アー 4 分散サービス間コラボレーション技術

(1) サービスコラボレーションエンジン技術

アプリケーション機能、アイデンティティ管理、セキュアアクセス管理、決済、大容量配信等、アプリケーションサービスを構成する機能要素をサービス提供基盤 (SDP) が連携させるための中核機能として、サービス機能要素間を既定のサービスシナリオに従ってつなぎあわせ

ることで付加価値サービスを合成し、SCF を用いて連携させる技術を「サービスコラボレーションエンジン技術」として確立し、P&T/Expo COMM China 2010 および IPTV World Forum Asia 2010 でのデモ展示を通じて一般利用者・サービス事業者から高い評価を得た。

サービスコラボレーションエンジン技術においてサービス機能要素を連携させる場合に、現行技術の 100 倍超の同時アクセスを許容しつつ、サービス機能要素への負荷集中を防止するため、連携するサービス機能要素の依存関係と負荷状態に基づいて、サービスシナリオの実行順序を動的に変更する動的シナリオ実行技術を確立した。また、SDP が単一障害点となることを防止するため、サービス連携制御機能を仮想化し、あたかもネットワーク上に分散するサービス機能要素が自律的に連携しているように制御する自律的サービスルーティング技術を確立した。

(2) 認証サーバ連携によるセキュリティ高度化技術

サービスコラボレーションエンジン技術を応用し、認証とアプリケーションサービス機能を SDP で連携させることによってアプリケーションサービスを実現することとし、アプリケーションサービスから認証サービスを分離することを可能とする、「複合型認証サーバ連携技術」を確立した。本技術では、サービス提供者は、サービス提供に必要なユーザ認証の保証レベル (LoA) を SDP 上の認証エージェントに設定するだけで、認証エージェントで最適な ID 提供者 (IdP) を NW 上から選択し、国際標準仕様 (SAML) で認証を要求し、認証を受けさせるため、簡単に LoA を変更することが可能となる。さらに、複合型認証サーバ連携技術を拡張し、SDP を信頼のハブとして複数の IdP の認証を組合せることで、高い LoA を達成する「組合せ認証」の実現するフレームワークを確立した。

課題イ：ネットワーク間高度接続技術の研究開発

課題イー1 FMC シームレス制御技術

(1) FMC シームレスサービス制御技術

マルチデバイス環境を視野に入れ、ユーザの状況や嗜好に応じて利用するリソース(端末、アクセス NW、アプリケーション)を IMS プロトコルに準拠する方式で動的に変更するサービス制御方式を考案した。プロトタイプを用いた性能評価を実施し、端末切替え時間について、目標値 7.5 秒を大きく下回る約 2 秒で動作することを確認した。考案方式やユースケースについて、OMA (Open Mobile Alliance) CPM (Converged IP Messaging) 要求仕様とアーキテクチャ仕様、3GPP MMSC (Multimedia Session Continuity) に関する TR (Technical Report) 23. 893 への各盛り込みに成功した。利用シーンの拡大に向け、VoD や HTTP ストリーミング適用のための方式拡張や、グループ通信における同期機能を考案し、国内外の展示会にてデモを実施した。また、NGN へのマイグレーション促進のため、現行の IP 電話を IMS に收容可能とするアダプタ方式を試作し、NGN 端末との相互接続や端末間サービス制御を実現した。さらに新規に、NGN とインターネットを利用したデータオフロードに取り組み、方式と性能評価をまとめた学会発表が研究会研究賞を受賞するなど、外部からの高い評価を得た。

(2) 異種ネットワーク間セッション制御技術

FMC環境を前提に、RTP/RTCP (Real-time Transport Protocol/RTP Control Protocol) およびその拡張プロトコルを活用し、端末間のQoS情報を基にサービス品質の維持向上を図るセッション管理技術を考案した。大規模システムを想定した40,000本のSIP(Session Initiation Protocol)ストリームを同時設定する評価環境において、考案技術の適用により、アプリレベルの瞬断を含めて音声サービスの所要品質基準を満たすことを確認し、更にOAM (Operation Administration and Maintenance) 手段への適用可能性を検証した。また、考案技術は、NGNにおける性能測定管理の要求条件・管理アーキテクチャ (MPM: Management of Performance Measurement) としてITU-T 勧告 Y. 2173 に反映された。更に、考案技術の普及とベンダ製品機器への適用を促進するため、主要なNGN技術標準の一つであるITU-T 勧告 Y. 2111 Annex への盛り込みに成功した。また、標準化活動を含めて中日間の連携を深め、NGN技術の国際的な検証実験を目的とした中日韓テストベッド (CJK テストベッド) を構築した。同テストベッド上にて関連する他研究課題を含む複数の成果検証が実施され、更に、活動成果の報道発表等も行われた。

課題イー2 キャリア間高性能・高信頼相互接続技術

- (1) キャリアグレードセッションボーダーコントローラを開発し、接続事業者が数100社の場合にも1シャーシにおいて、20 μ secオーダーでの遅延時間を実現した。また、1Gbpsインタフェースを配したブレードを開発し、実行スループットを目標以上に向上させた。あわせて、今後のマルチメディア通信環境を想定した場合、音声・映像Codecの変換をSBCで高性能に実現することが必要となるが、Codec変換ブレードを開発し、Codec変換時の遅延を10msecオーダーに抑えることに成功した。
- (2) 品質推定及び要因の切り分けについて、セッションボーダーコントローラ上において、RTP通信の各セッションにおいて流れるRTCP-XRパケットを観測し、そこに格納されている情報をもとに有線・無線接続それぞれでの品質劣化状態の検出と劣化フロー情報からの要因の切り分け、および劣化箇所の推定技術を開発した。この手法において、1万セッションに対して、秒単位の統計による品質劣化フローの検出、および、20秒間隔での品質劣化要因の推定結果の更新を実現した。
- (3) 海外展開への足がかりをつかむべく、P&T/ ExpoCOMM China 2010にて動態展示を実施した (SBC)。また、SBCが扱うトラヒックとして重要なIPTVに関し、ITU-T IOTでのテストベッドに参加し、研究開発のプレゼンスを発揮した。

課題イー3 自律分散QoS制御技術

課題イー3は、非NGNにおいてQoS制御を行うことである。この課題に対して、パケットに負荷に応じたマーキングを行うことでフローの受付制御とルート切替えに伴う品質劣化防止のために一部のフローを切断する強制切断制御を持つPCNという技術に注目し、PCN技術が持つ問題点である表現すべき状態数よりも使用可能なマーク数が少ないという問題点をマークの割合によって状態を判別する方法を考案し、マークの付け方を工夫することでこの問題点を解決した。またこの技

術を活かして PCN では対応不可能であった災害輻輳などのような短時間で大量のトラヒックが発生する場合の受付制御法を提案した。これにより制御技術を確立し、変動メディアにも対応となり、帯域使用率向上が可能となる。優先制御について PCN は DiffServ 上での技術であるため DiffServ による優先制御との組合せが可能のため優先制御の確立も達成した。

課題イー4 キャリアネットワーク構成機器相互接続技術

本研究開発では、NGN を構成するネットワーク機器（通信機器）間でそれぞれ規定されたインタフェース毎に高度なレベルの相互接続性を確立することを目的に、NGN の基盤的な技術となるセキュリティプロトコル、IP コネクティビティ確保プロトコル、セッション管理プロトコルにおいて、それぞれ相互接続性を確保するために必要な機能を明確にし、検査仕様の策定を行った。策定した検査仕様は、NGN で用いられる IPv6 への適用を中心課題として捉え、IPv6 対応機器のさらなる普及を促進するために、IPv6 Ready Logo Committee により運営される IPv6 Ready Logo Program へ提案し、認定技術基準としての採択を図った。

これら検査仕様の策定および普及推進活動の中では、IETF や ETSI での議論、相互接続イベントでの実証実験や策定した検査仕様に対する問合せ対応などを通じて、検査仕様の品質向上とともに、プロトコル上の問題検出から実装機器の誤り検出に至るまで、相互接続性の向上に貢献できた。

平成22年度「次世代ネットワーク(NGN)基盤技術の研究開発」の開発成果について

1. 施策の目標

各々異なる特性を持つモバイル網・ホーム網と相互接続されたNGNにおいて、1億超の端末(ヒト・物)から多種多様な情報(映像・音声・データ)の受発信を、ユーザが端末や環境を意識することなく、同時に多種多様なサービスを運用しながらリアルタイム・高品質・高信頼に実現するICTプラットフォーム

2. 研究開発の背景

国家のICT戦略として、いつでも、どこでも、誰でも、何でもがブロードバンドサービスにアクセス可能な「ユビキタスネット社会」の実現が望まれている。本ユビキタスネット社会では、音声、データ、映像などの様々なコンテンツを、自由に、低コストで、高品質で、安全に流通させる技術が必要であり、このため、高い柔軟性・拡張性を有するIP技術をベースとしつつ、マルチメディアコンテンツの流通においてQoSやセキュリティの確保が可能な次世代ネットワークの実現のための基盤技術の研究開発が必要とされている。

次世代ネットワークは、サービス関連機能が転送関連技術とは独立なパケットベースで高い拡張性・柔軟性を有するネットワークを実現し、QoS制御可能なIP網をベースに様々なマルチメディアサービスを提供し、固定だけでなく移動体にも対応するネットワークであり、更に異種ネットワーク間の高度な接続性の実現を目指している。この次世代ネットワーク実現に向けては多くの達成すべき技術が存在している。

また、ブロードバンドの普及等で世界的にも先陣を切る我が国の技術力を活かし、世界の標準化を先導し、我が国の優位性を確保すると共に、世界に貢献する必要がある。

3. 研究開発の概要と期待される効果

次世代ネットワークにおける基盤技術として、次世代コアネットワークを構成する技術とネットワークを高度に相互接続するための技術が重要である。次世代コアネットワーク構成技術を確立するための技術として①機能分散型トランスポートネットワーク制御統合技術、②高度トランスポートサービス処理マウント技術、③大容量分散データ流通技術、④分散サービス間コラボレーション技術の研究開発を行う。また、ネットワーク間高度接続技術を確立するための技術としては⑤FMCシームレス制御技術、⑥キャリア間高性能・高信頼相互接続技術、⑦自律分散QoS制御技術、⑧キャリアネットワーク構成機器相互接続技術の研究開発を行う。

図3-1、図3-2に、本研究開発の全体イメージを示す。

本研究開発により、リアルタイム・高品質・高信頼なアプリケーションを実現するICTプラットフォームが構築できる。これらを実現するための各課題は、従来技術では実現が困難なものであるが、新たな世界を先導できる方式を提案する。

4. 研究開発の期間及び体制

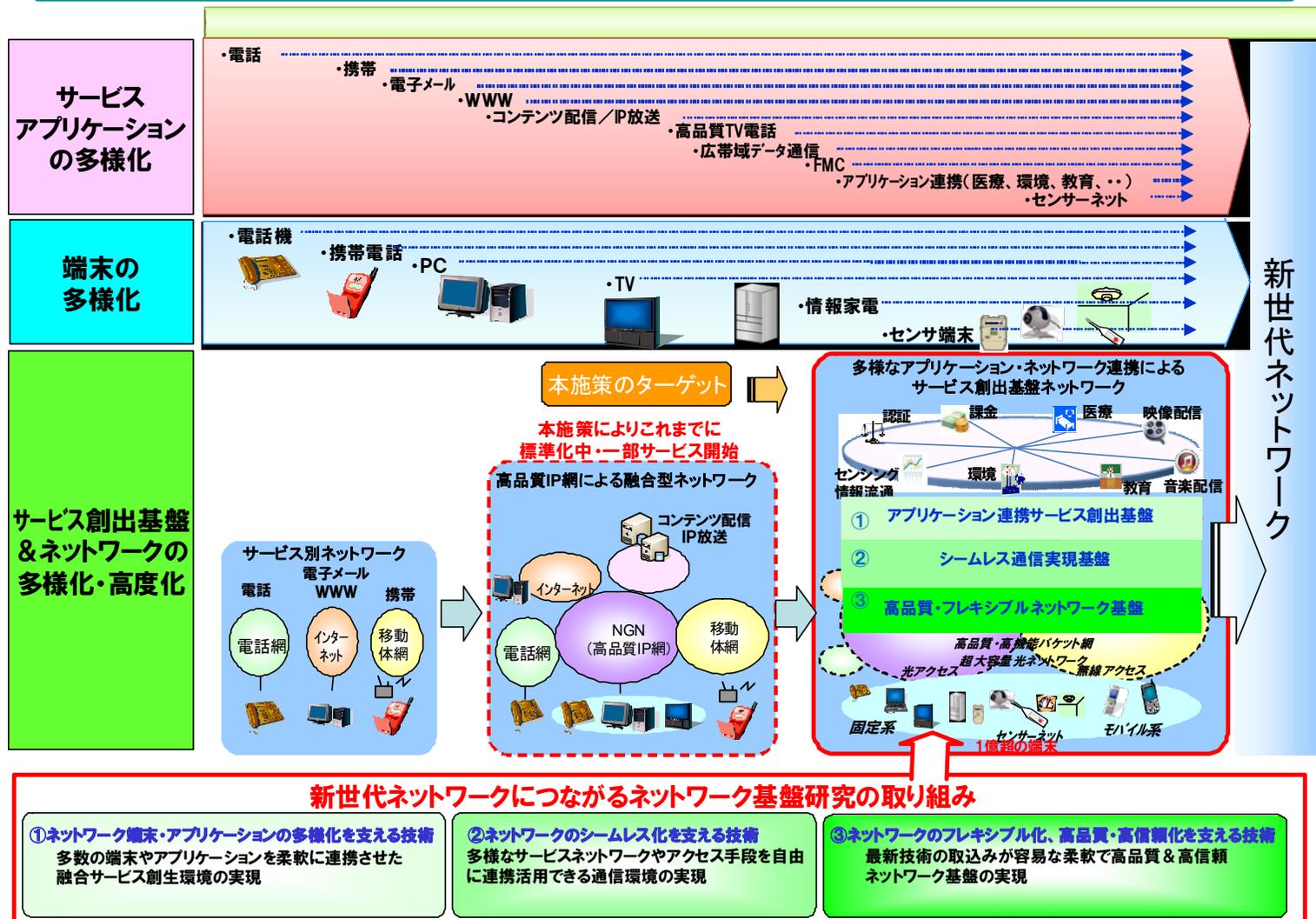
平成18年度～平成22年度(5年間)

NICT委託研究(日本電信電話株式会社、日本電気株式会社、株式会社日立製作所、株式会社KDDI研究所、沖電気工業株式会社、エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー株式会社)

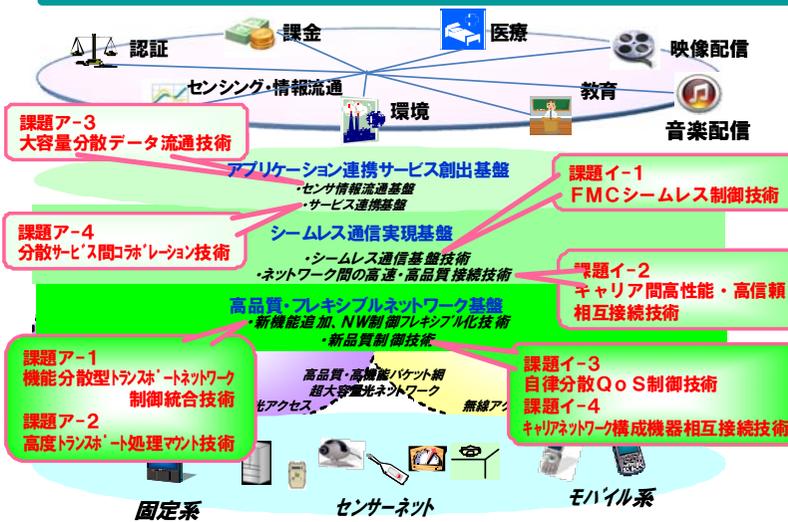
「次世代ネットワーク(NGN) 基盤技術の研究開発」の全体イメージ(図3-1)



「次世代ネットワーク(NGN)基盤技術の研究開発」の全体イメージ(図3-2)



課題ア 「次世代コアネットワーク構成技術の研究開発」の主な成果



課題ア-3 大容量分散データ流通技術

- (1) 1億台の情報発信源のコンテンツをリアルタイムに発見/特定するという最終目標を達成。また、仮想化によるネットワークやトラフィックの動的な変化が生じて、コンテンツの更新情報の配信遅延を一定値以内に維持する技術を確認。
- (2) 小型センサなど低電力低性能デバイスにも適用可能な、従来に比べ処理負荷1/100、接続制御情報交換に要する帯域が1/10のセッション接続制御技術を確認。
- (3) データセンター内の大容量分散格納技術(USC)、複数データセンターを統合し広域情報交換機構(NUSC)を実現。最終目標である10万規模の同時配信をモデル検証。新世代ネットワーク技術と連携して国際展開を実施。

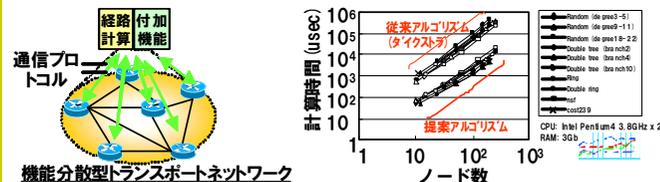


課題ア-1 機能分散型トランスポートネットワーク制御統合技術

- 経路計算処理を集約化し、冗長演算の効率化や演算力強化を行い、大規模網でも従来並みの計算時間を維持して、障害時対応の遅延時間の増大を防ぐ。
- 最終目標とする「従来アルゴリズムの1/10」の計算時間を達成
- 提案アーキテクチャ、通信プロトコルの標準化を推進
 - ・標準化達成 4件(RFC3件、ITU-T承認文書1件)

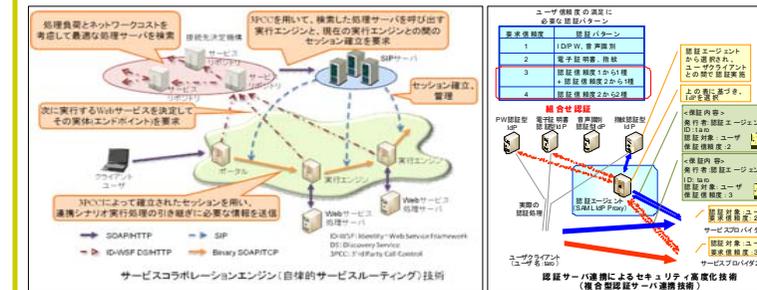
課題ア-2 高度トランスポートサービス処理マウント技術

- 付加機能を外付け装置で集約的に実現することで、スピーディーな新サービス提供を可能とする。(市中プロセッサでの性能確保が課題)
- 市中プロセッサで目標とする10Gbps性能を達成



課題ア-4 分散サービス間コラボレーション技術

- サービスコラボレーションエンジン技術
 - サービス層を構成するSCF (Service Control Function) とサービスを提供するサーバ間の連携を、現行技術の100倍の同時アクセスを許容して実現可能とするコラボレーションエンジン技術の研究開発
 - また、単一障害点となるサービス連携制御機能を仮想化し、あたかもネットワーク上に分散するサービス機能要素が自律的に連携しているように制御する自律的サービスルーティングの研究開発
- 認証サーバ連携によるセキュリティ高度化技術
 - サービスプロバイダは、サービス提供に必要なユーザ認証の保証レベル (LoA) を認証基盤上の認証エージェントに設定するだけで、認証エージェントで最適なID提供者 (IdP) をNW上から選択し、国際標準仕様 (SAML) で認証を要求 (複合型認証サーバ連携技術)
 - 複合型認証サーバ連携技術を拡張し、複数のIdPの認証を組み合わせることで、より高いLoAを達成する複合型認証フレームワークを実現。ITU-T SG17にて標準化推進中



課題イ「ネットワーク間高度接続技術の研究開発」の主な成果

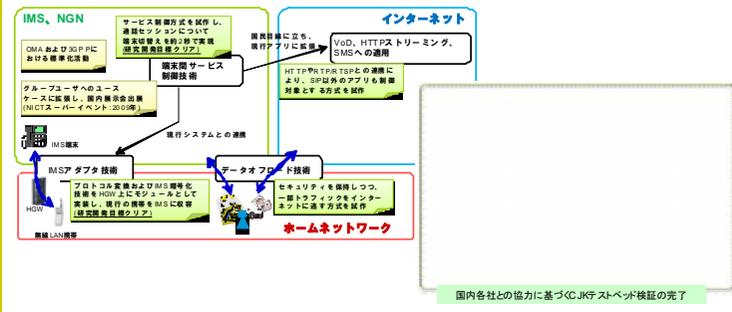
課題イ-1 FMCシームレス制御技術

(1) FMCシームレスサービス制御技術

- 端末、NW、アプリ等のリソースをIMSプロトコル準拠方式で動的に変更するサービス制御方式の考案・試作
- OMA、3GPP (TR23, 893盛込み)等の標準化活動、国内外の展示会への出席
- 無線LAN携帯をIMSに収容可能とする方式をHGW上で試作。IMS端末との相互接続。研究賞の受賞

(2) 異種ネットワーク間セッション制御技術

- RTP/RTCPを活用した端末間QoS/QoEの向上を図るセッション管理技術を考案。実機検証やITU-T動化化。
- 標準化活動を含めて中日韓で連携。テストベッド構築や各種検証を実施。成果の報道発表や展示会出席。



課題イ-2 キャリア間高性能・高信頼相互接続技術

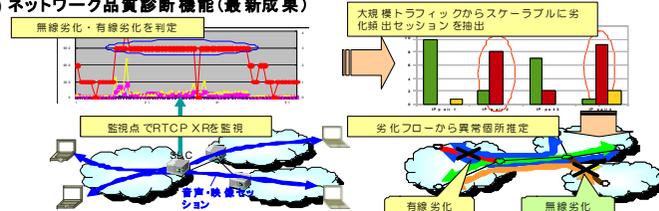
- 接続事業者が数百家の場合にも1セッションにおいて、20μsecオーダーでの遅延時間を実現
- 10Gbpsインタフェースを配したブレードを開発し、実行スループットを目標以上に向上させた
- Codec変換時の遅延を10msecオーダーに抑えることに成功した。
- 品質推定及び原因の切り分けについて、1万セッションに対して20秒間隔での推定結果の更新を実現。
- 海外展開への足がかりをつかむべく、P&T/ Expo COMM China 2010への出席(SBC)、及びITU-T-IOTでのテストベッドに参加(IP TV)

(1) セッションボーダーコントローラーの開発(最新成果)

<開発>
Codec変換時の遅延を10msecオーダーに抑えることに成功
キャリア網間のマルチメディア通信対応プロトコル(MSRP)の開発

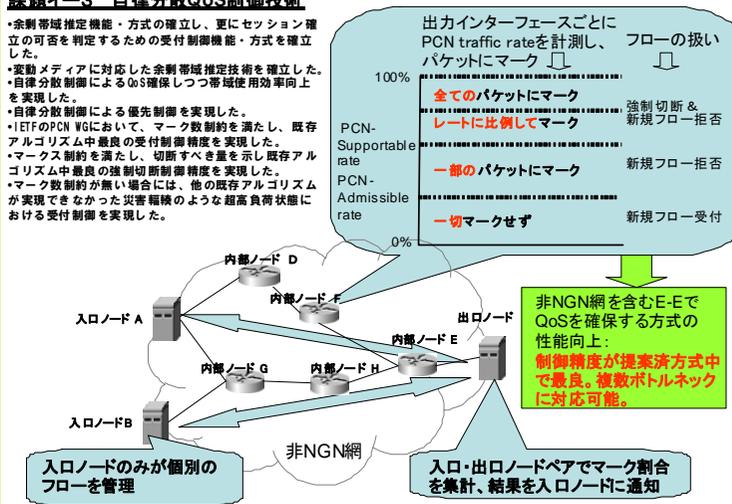
<事業化>
P&T/ Expo COMM China 2010にてSBCを用いた動態展示を実施し、中国キャリア及びベンダに対して、NICT研究開発の成果をアピール実施。また、ITU-T-IOTでのテストベッドに参加。

(2) ネットワーク品質診断機能(最新成果)



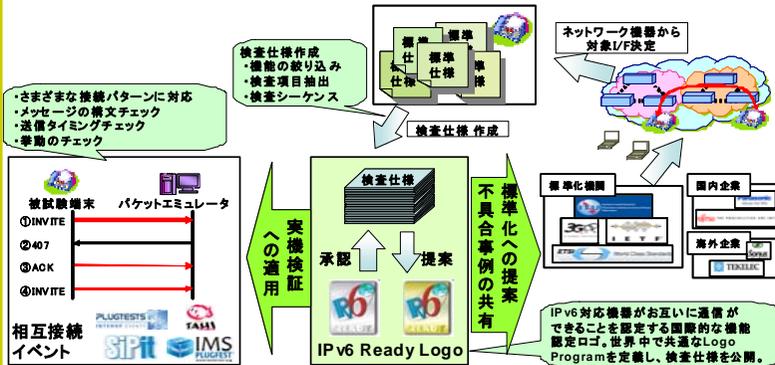
課題イ-3 自律分散QoS制御技術

- 余剰帯域推定機能・方式の確立し、更にセッション確立の可否を判定するための受付制御機能・方式を確立した。
- 変動メディアに対応した余剰帯域推定技術を確立した。
- 自律分散制御によるQoS確保しつつ帯域使用効率向上を実現した。
- 自律分散制御による優先制御を実現した。
- IETFのPCN WGにおいて、マーク数制約を満たし、既存アルゴリズム中最良の受付制御精度を実現した。
- マーク数制約を満たし、切断すべき量を示し既存アルゴリズム中最良の強制切断制御精度を実現した。
- マーク数制約が無い場合には、他の既存アルゴリズムが実現できなかった災害種別のような超高負荷状態における受付制御を実現した。



課題イ-4 キャリアネットワーク構成機器相互接続技術

- ネットワーク機器間で規定されている各インタフェースにおいて、高度なレベルでの相互接続性を確保する技術を確認する
- NGNの基礎的な技術となるプロトコルについて相互接続性の確保に必要な機能の明確化および検査仕様の策定を実施。具体的には、セキュリティプロトコル(IPsec等)、IPコネクティビティ保護プロトコル(MLDv2等)、セッション管理プロトコル(SIP等)の検査仕様を策定。
- 検査仕様は、NGNで用いられるIPv6への適用を中心課題とし、IPv6 Ready Logo Committee により運営されるIPv6 Ready Logo Programへ提案。



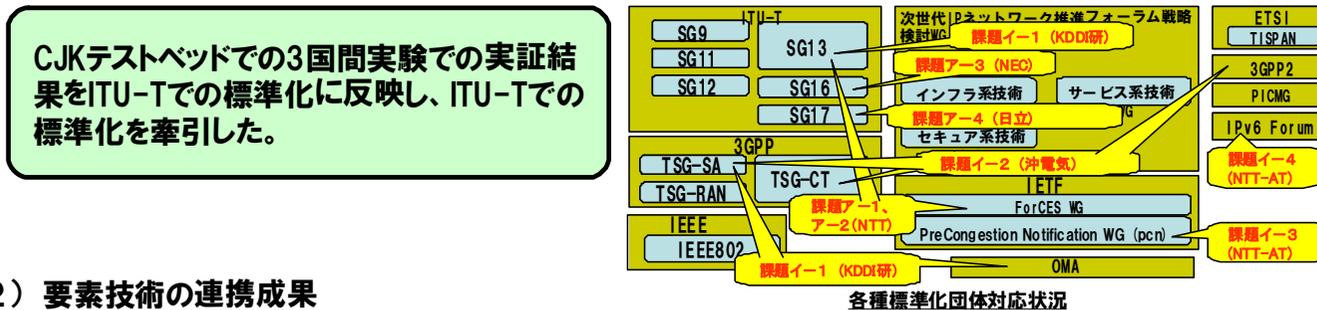
5. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
次世代ネットワーク(NGN) 基盤技術の研究開発	100 (23)	45 (9)	25 (5)	144 (24)	8 (3)	16 (9)	88 (25)

()内は平成22年度分

6. 標準化対応・対外連携等について

(1) ITU-T、3GPP、OMA、IETF等を中心に標準化提案活動を推進



(2) 要素技術の連携成果

要素技術を連携した以下の技術を実現し、CEATEC Japan 2009(NICTスーパーイベントブース)へ出展し、研究成果のアピールを行った。

- 課題ア: 大規模網認証型高速検索コンテンツ配信技術 (NTT、NEC、日立)
- 課題イ: End-End通信状態に適した符号化方式選択技術 (KDDI研、沖電気)

(3) アジア諸国を中心とした国際展開を推進

今後ブロードバンドの普及が見込まれる中国、インド等、7箇所の地域で開催されたフォーラムや国際会議へ出展しアピールを実施した。

- ・P&T EXPO COMM CHINA 2010(KDDI研、沖電気、日立の出展)
- ・IPTV World Forum Asia2010(NTT、日立の出展)、等