

# 平成25年度「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発 課題ア: 統合管理型ネットワーク仮想化基盤技術の研究開発」 の研究開発目標・成果と今後の研究計画

## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日本電信電話株式会社（幹事者）、国立大学法人東京大学、株式会社日立製作所、日本電気株式会社、富士通株式会社
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成26年度（4年間）
- ◆研究開発費 総額 2299.7百万円（平成23年度:649.7百万円，平成24年度:750.0百万円，平成25年度:693.0百万円，平成26年度:198.0百万円）

## 2. 研究開発の目標

進化型ネットワーク仮想化技術を実現する要件である「(1) 資源の抽象化 (2) 資源の独立分離性 (3) 資源の柔軟性 (4) プログラム可能性 (5) 認証性」という観点から、9つの技術課題（課題T1～T9）を抽出し、研究開発を遂行する。最終目標は、課題T1～T9を解決することにより、進化型ネットワーク仮想化技術の基本的要件を満たすこととする。

最終成果として、ネットワーク仮想化基盤の装置が提供可能な資源量の範囲において、同時に100のスライスを構築、利用可能とする。平成25年度末までに検証のための装置として仮想化ノードを5台、仮想化ゲートウェイを20台、管理制御システムを1システム、製作する。既に情報通信研究機構が保有する「旧仮想化基盤」の仮想化ノードおよび仮想化ゲートウェイと合わせて、平成26年度にJGN-X上でシステム検証を行い、さらに課題イ、課題ウとの連携による統合実験により実証する。

異なる機能や構成を持つ複数のネットワークを独立に同時に一つの物理ネットワーク上に構築するネットワーク分離(Isolation)と、コンポーネントを自在に組み合わせて利用できるプログラム性(Programmability)機能を有する、仮想ネットワークの実行基盤の実現を目指す。

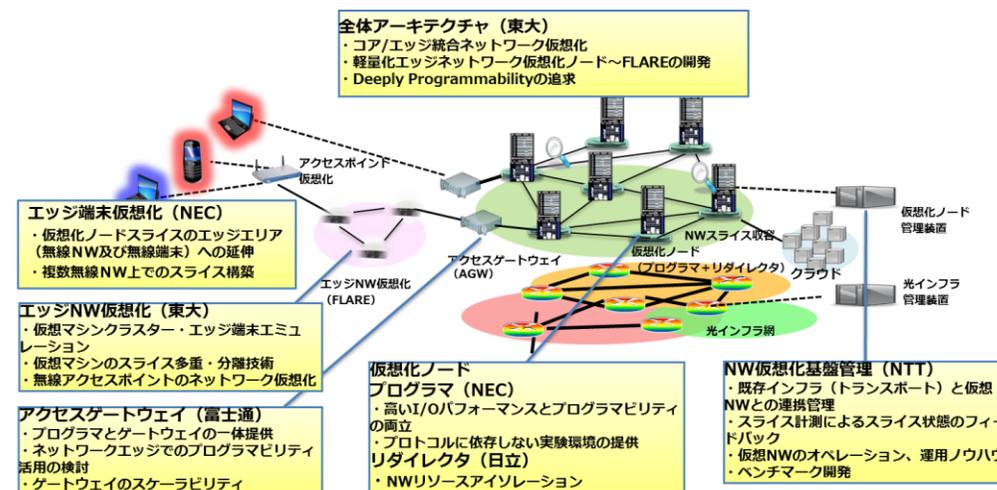


図-1 各社の分担と技術的チャレンジ



図-2 課題アの目標群と課題T1-T9との対応

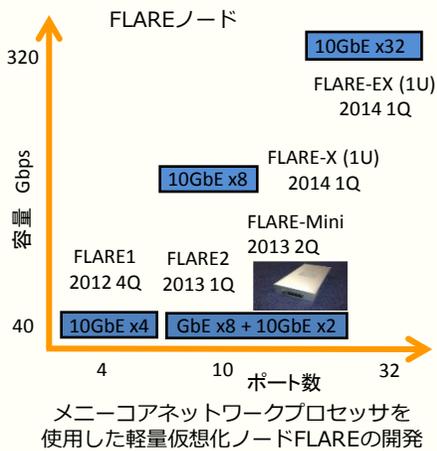
上記、5つの技術要件群を満たす9つのサブ課題に対し要素技術の研究開発を行い、従来のプロトコルやネットワークアーキテクチャにとらわれない新しいネットワーク機能を実現するための、深遠なプログラム性を持つネットワーク仮想化基盤技術の設計、および一部の試作・評価を遂行した。

### 3. 研究開発の成果 (1/4)

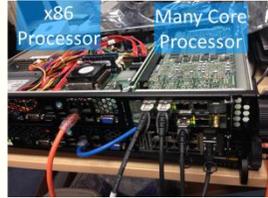
#### T1 進化可能なネットワーク仮想化基盤アーキテクチャ

東大

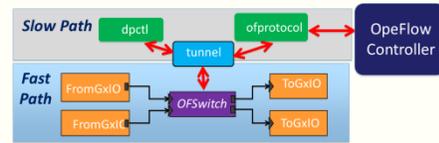
- VNode、FLAREによるコア・エッジ統合ネットワーク仮想化基盤のJGN-Xへの展開
- エッジコアネットワークアーキテクチャによるエンドーエンド実験実証
- 80Gおよび320GハイエンドFLAREノードの開発
- FLAREノード・ネットワーク仮想化によるDPNの実証：OpenFlow1.0、1.3の実装



#### FLAREノード：FLARE-EおよびFLARE2



汎用プロセッサ/ネットワークプロセッサPCIe結合構成の仮想化によるネットワーク仮想化技術の開発



トイブロックアーキテクチャに基づくFLAREノード・スライスへのOpenFlow1.0、1.3の実装

#### T2 制御管理機構

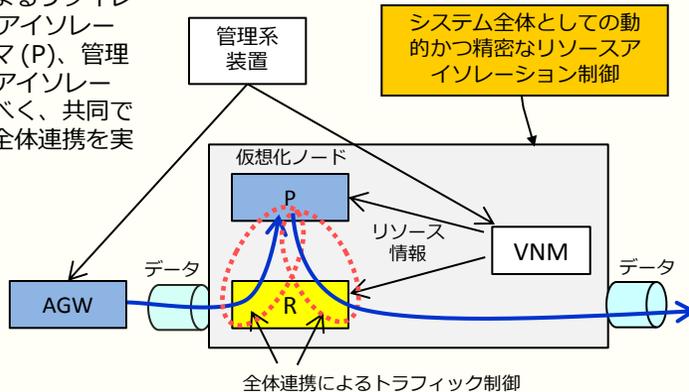
NTT

- 仮想化ノード管理システムとトランスポートネットワーク管理制御システムを連携した動的なリンクスリバ帯域変更のための制御インターフェースを実装
- 前年度に設計したプログラマ-リダイレクタ間を連携したリソースアイソレーション方式とトランスポートパスの優先度制御方式とを実装し、プログラマ・リダイレクタ・トランスポートネットワークの全体でリソースアイソレーションを実現
- トランスポートネットワーク管理システムをJGN-Xの光SWインターフェース (Glimmerglass OXC) に対応し、JGN-X上で光SWインターフェースの制御を実現
- インフラ運用者のメンテナンス作業中にスライス開発・運用者のノード操作と測定操作を個別にブロックすることによって、メンテナンス作業中のトラブルを防止しながらメンテナンス作業の影響を極小化する部分メンテナンスモードを実装
- スライス開発者のスライス開発を円滑化するためにスライス操作履歴機能、エラー表示高度化機能、エラーを生じたスリバの強制削除可否管理を実装
- ノードスリバを持つ高機能化されたAGWの内部帯域計算方式やノードのストレージ管理機能、リンクスリバのリソース指定方式チェック機能を導入し、資源管理を厳密化
- インタスライスの資源管理方式と設定制御フローを規定 (詳細はT4)
- 仮想化端末・エッジネットワークをスライスへ接続するために必要な情報を提供するインターフェースの規定 (詳細はT7)

#### T3 リソース制御

日立

- 階層化シェーパ使用によるリダイレクタ (R) のリソース・アイソレーション機構をプログラマ (P)、管理系、AGW のリソースアイソレーション機構と連携するべく、共同で設計・実装・調整し、全体連携を実現



VNM：仮想化ノード・マネージャ、P：仮想化ノード・プログラマ、R：仮想化ノード・リダイレクタ

占有パス(LinkSliver生成時に自動的に張られるパス)	共有パス(Operatorが張るパス)
LinkSliverの帯域に合わせて、パスの帯域を変更する	パスの帯域は変更しない(パスの消費帯域が増減するのみ)
<p>&lt;LinkSliver帯域を拡張する&gt;</p> <p>LinkSliver 50M⇒100M パス 50M⇒100M</p> <p>※TNCでの計算の結果、同一経路上で帯域確保できない場合は、リソース変更エラーとする。</p>	<p>&lt;LinkSliver帯域を拡張する&gt;</p> <p>LinkSliver 50M⇒100M パス 1G(消費帯域+50M)</p> <p>※パスの帯域が不足する場合、リソース変更エラーとする。</p>
<p>&lt;LinkSliver帯域を縮小する&gt;</p> <p>LinkSliver 100M⇒50M パス 100M⇒50M</p>	<p>&lt;LinkSliver帯域を縮小する&gt;</p> <p>LinkSliver 100M⇒50M パス 1G(消費帯域-50M)</p>

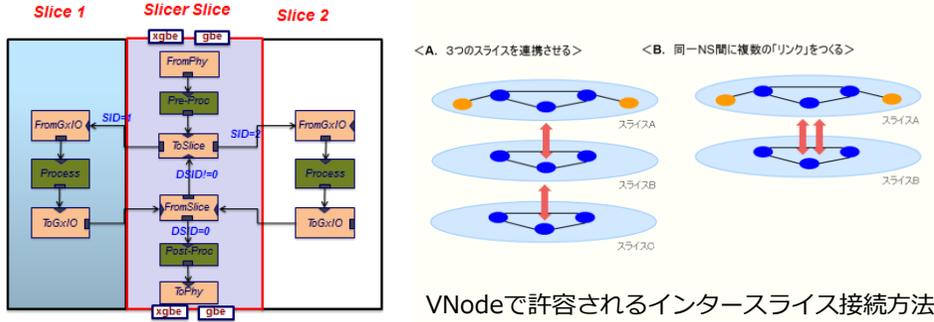
トランスポートパスと連動したリンクスリバ帯域変更

### 3. 研究開発の成果 (2/4)

#### T4 スライス拡張

東大

- FLAREノードにおいてスライス間連携を可能とするスライス間接続をスライス・スライサーで実現
- VNodeにおいてスライス間連携を可能とするスライス間接続をプログラマ内のリンクスリバで実現し、インタスライス可否をCapabilityとして仮想化ノード管理システムに提供する機能を実現



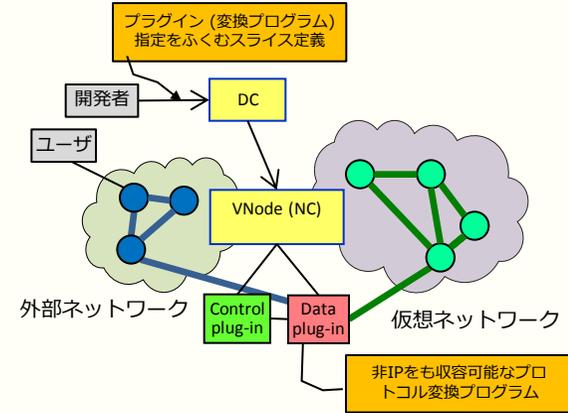
FLAREノード・スライス間接続用のClickエレメントの開発

VNodeで許容されるインタースライス接続方法

#### T5 ネットワークのスライス収容

日立

- 課題T6-2の技術により非IP機能も実現するプログラマブルなネットワーク収容機能を実装・評価し、最高で10 Gbpsの性能を確認
- 上記ネットワーク収容機能のためのVNodeプラグイン・アーキテクチャを開発し、スライス定義法と管理法の暫定仕様による実装を評価



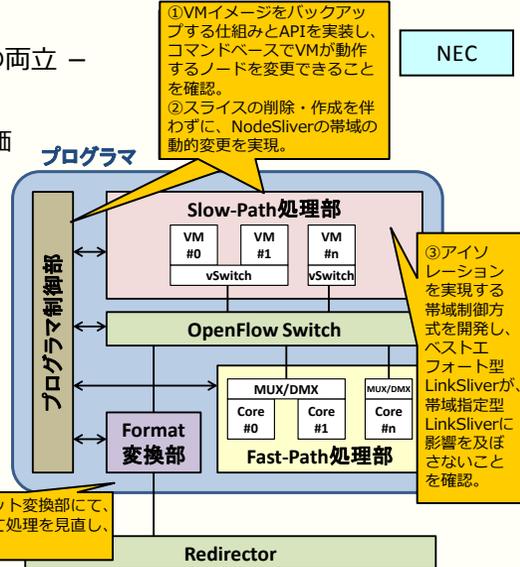
NC : ネットワーク収容装置  
DC : ドメインコントローラ

#### T6 プログラム性拡張

- プログラム性とパフォーマンスの両立 -

NEC

- プログラムの機能追加
  - ① 資源ポータビリティ機能の試作・評価
  - ② Nodesliver動的リソース変更機能の実現
- 性能アイソレーション
  - ③ 帯域指定型LinkSliverに影響を与えないアイソレーションを実現
- プログラムの安定化
  - ④ フォーマット変換部の処理改善
  - ・ 異常系処理の対応強化
  - ・ 強化試験の実施
  - ・ RunFailed判定の見直し

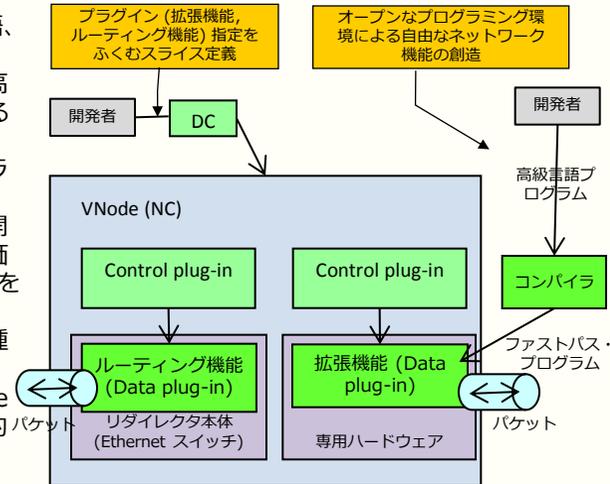


#### T6-2 プログラム性拡張

日立

- 新しいプログラム技術によるプログラム性向上 -

- Fast Path 処理基盤のための言語、コンパイラを開発し、専用プロセッサにおける評価の結果、最高で9 Gbps以上の性能がえられることを確認
- リダイレクタ機能およびプログラマ機能を拡張するためのVNodeプラグイン・アーキテクチャを開発し、暫定仕様による実装を評価するとともに、VNode進化手法を開発
- ノード機能オフロード機能の一種であるルーティング機能をFast Path 処理基盤を使用してVNodeプラグインとして開発し、部分的な評価を実施



DC : ドメインコントローラ、NC : ネットワーク収容装置

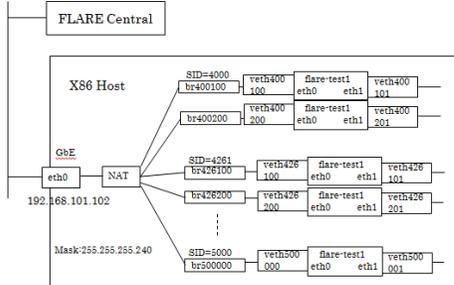
### 3. 研究開発の成果 (3/4)

#### T7 エッジ仮想化技術

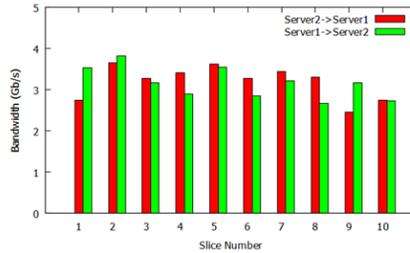
東大

##### － エッジ端末ネットワーク仮想化技術 －

- エッジ端末エミュレータにおける複数仮想マシンの自動スライス生成実証
- エッジ端末における複数仮想マシンのスライス生成の実証
- エッジ端末スライスのFLAREノード接続によるネットワーク実証デモ
- 無線アクセスポイントにおけるスライス生成実証



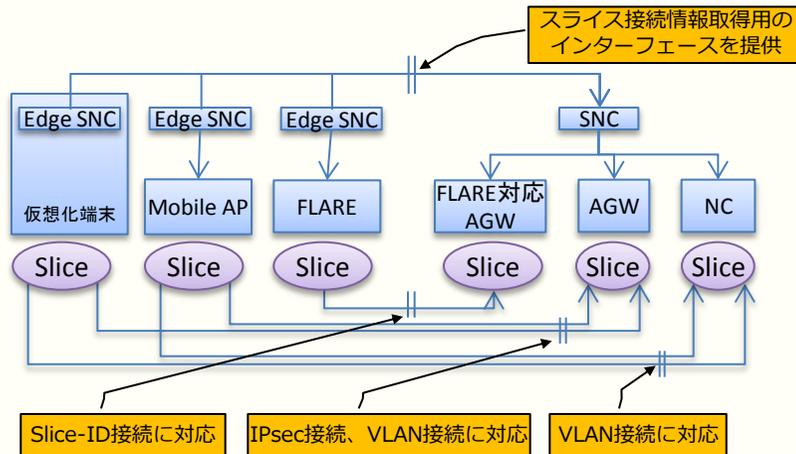
FLAREによる1000仮想マシン・クラスタ自動生成



エッジ端末における10スライスID多重のNICオフロード時の各スライス帯域

##### － 仮想化端末・エッジネットワークとの連携機能 －

- 仮想化ノード管理システム(SNC)へスライスと仮想化端末・エッジネットワークを接続するために必要な情報を提供するインターフェースを実装
- NC(VLAN接続)、AGW(IPsec接続、VLAN接続、FLARE用Slice-ID接続)へ対応



Slice-ID接続に対応

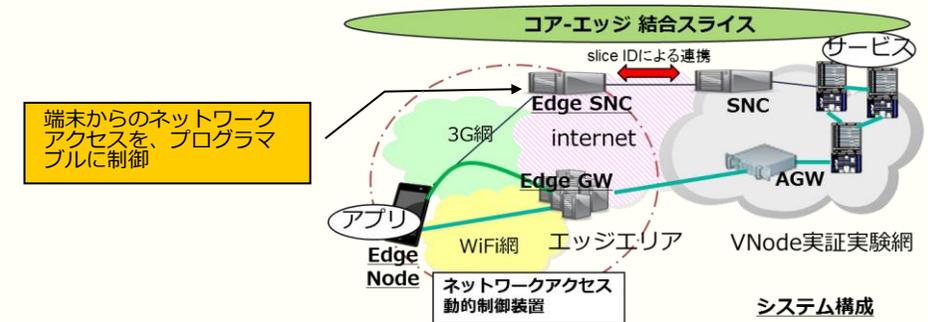
IPsec接続、VLAN接続に対応

VLAN接続に対応

NEC

##### － ネットワークアクセスのプログラム技術 －

- VNodeスライスを複数無線NW上のエッジエリアまで延伸し、スマートフォン上のアプリを簡単にスライスに收容可能にするための、端末及びサーバ上のネットワークアクセス動的制御装置を開発完了
- 来年度JGN-X上での実証実験に向け、課題イ2-2、課題ウ-1を上位サービスとした連携評価のための評価システム構築



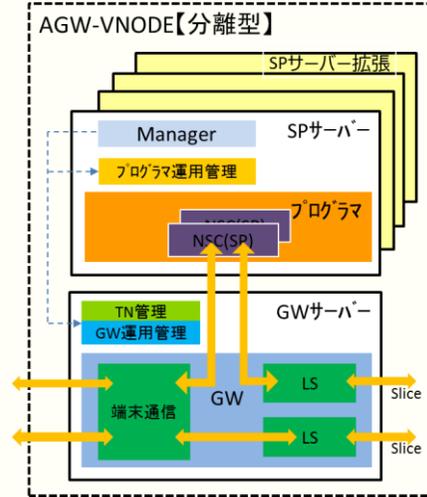
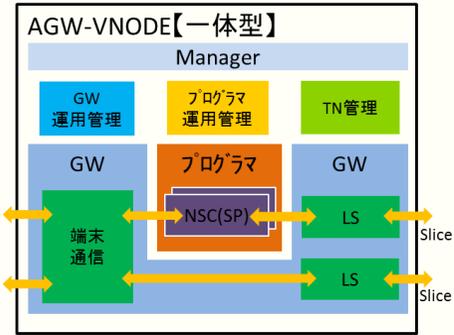
システム構成

### 3. 研究開発の成果 (4/4)

#### T8 ゲートウェイ機能強化

富士通

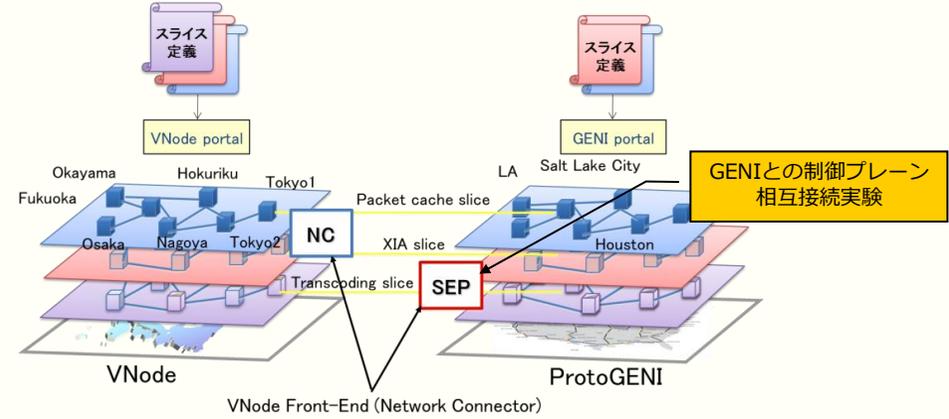
- AGW-VNODE (プログラマビリティ機能) の開発完了
  - 複数通信形態を提供
    - GW機能のみ / GW機能 + プログラマビリティ機能
  - 複数装置形態 (一体型 / 分離型) の開発
    - 一体型: 一筐体で全機能提供
    - 分離型: スケーラビリティを提供
- Edge Areaの収容機能の検討完了
  - エッジ仮想化NW収容が可能



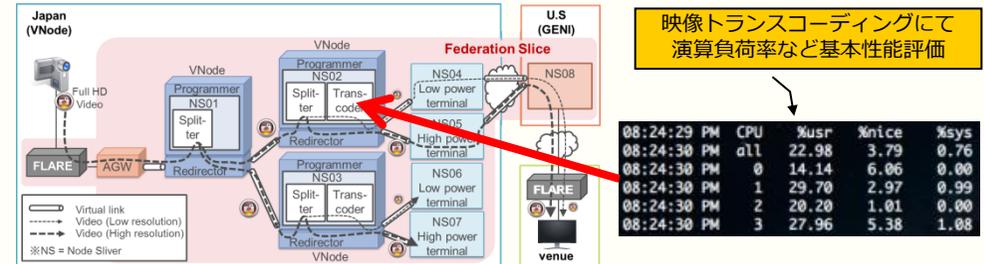
#### T9 テストベッド連携とベンチマーク評価

NTT

- JGN-Xテストベッドへ展開済みのα版仮想化基盤をβ版仮想化基盤へアップデートし、新機能を他課題に提供開始
- β版仮想化基盤と米国ユタ大学に設置したSlice Exchange Point (SEP)を用いて、米国GENIの仮想化基盤と制御プレーンの相互接続 (フェデレーション) を実施し、スライス定義を一方の基盤のみに投入することで日米間に渡るスライスを構築する実証実験を世界で初めて成功し、その様子をGENI Engineering Conference (GEC)にて動態展示
- β版仮想化基盤とFLAREを接続したエッジネットワークとコアネットワークに渡るエンドエンドに相当する環境にて、典型的なアプリケーションである映像処理プログラム (トランスコーディング) をスライスのベンチマークアプリケーションとして実行し、基本性能評価を実施



仮想化ノード基盤とProtoGENIのテストベッド連携実験 (フェデレーション)



映像トランスコーディングを用いたベンチマーク

Time	CPU	%usr	%nice	%sys
08:24:29 PM	all	22.98	3.79	0.76
08:24:30 PM	0	14.14	6.06	0.00
08:24:30 PM	1	29.70	2.97	0.99
08:24:30 PM	2	20.20	1.01	0.00
08:24:30 PM	3	27.96	5.38	1.08

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と( )内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発*	24 (10)	5 (3)	6 (1)	88 (34)	7 (5)	27 (13)	5 (4)

\* 課題ア：統合管理型ネットワーク仮想化基盤技術の研究開発

5. 研究成果発表等について

(1) 国際会議でネットワーク仮想化基盤について発表

- SDN4FNS: 2013 Software Defined Networks for Future Networks and Services (Trento, Italy) : 【1件】
- Evening Demo Session: VNode Demo & FLARE (GEC16, 17, 18, 19) : 【4件】
- ネットワーク仮想化シンポジウム (東京) : 【1件】

(2) GEC17 実験についてプレスリリース

- プレスリリース：“世界初、プログラマブルな高機能仮想網を日米間でのマルチドメイン環境で実現 ～日米双方で新世代ネットワーク技術の実用化に向けた研究開発を加速～”

(3) 標準化提案 (ITU-T)

- ITU-T Y.FNvertreq (Y.3012) , ITU-T Y.SDN-FR (Y.3300) , ITU-T Y.FNvirtarch で標準化提案、標準化採択

6. 今後の研究開発計画

次年度は研究開発の最終年度ということもあり、委託成果最終版のJGN-X展開を進める。具体的には、JGN-X上での機能・性能・運用性の評価を実施し、マニュアル整備、ユーザサポート対応、外部Wikiの整備等、運用体制のJGN-X移管サポートを推進する。

また、課題イ・ウへの利用環境の提供、およびアプリケーション評価実験として、ネットワーク上での映像処理 (マルチキャスト、トランスコーディング、4K対応等) やゲートウェイ上でのアプリケーション検討評価を推進する。

さらには、GENIを初めとする異なるアーキテクチャや実現方式のネットワーク仮想化テストベッドを相互接続し、国際的な広域テストベッド上での国際実証実験の実現を目指す。