

平成26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・研究開発予算

- ◆実施機関 日本電信電話株式会社（代表研究者）、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）
- ◆研究開発予算 総額 2291百万円（平成23年度 650百万円，平成24年度 750百万円，平成25年度 693百万円，平成26年度 198百万円）

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。

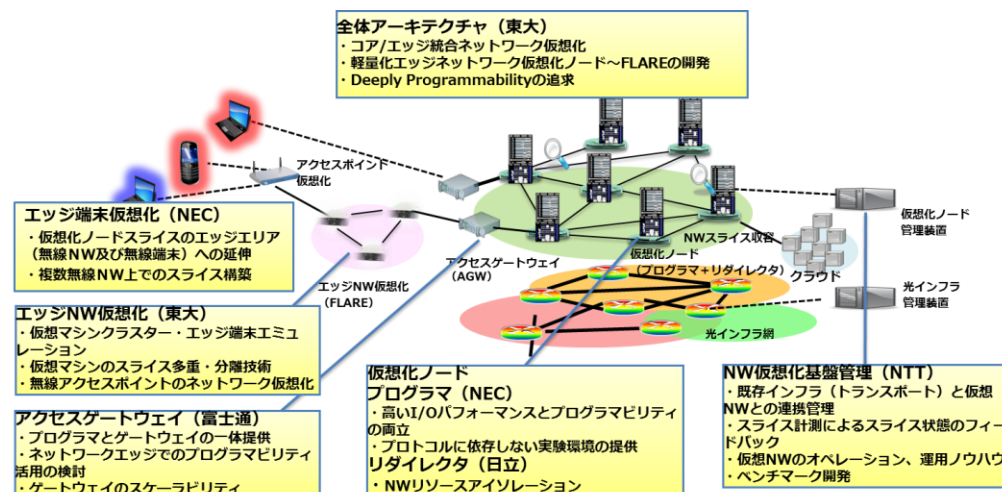


図-1 各社の分担と技術的チャレンジ

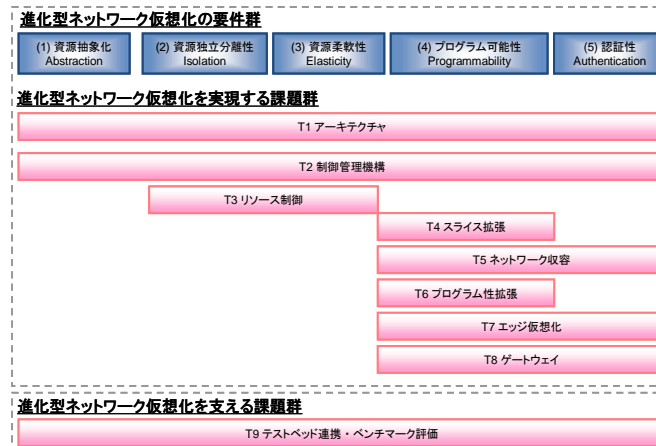


図-2 課題アの目標群と課題T1-T9との対応

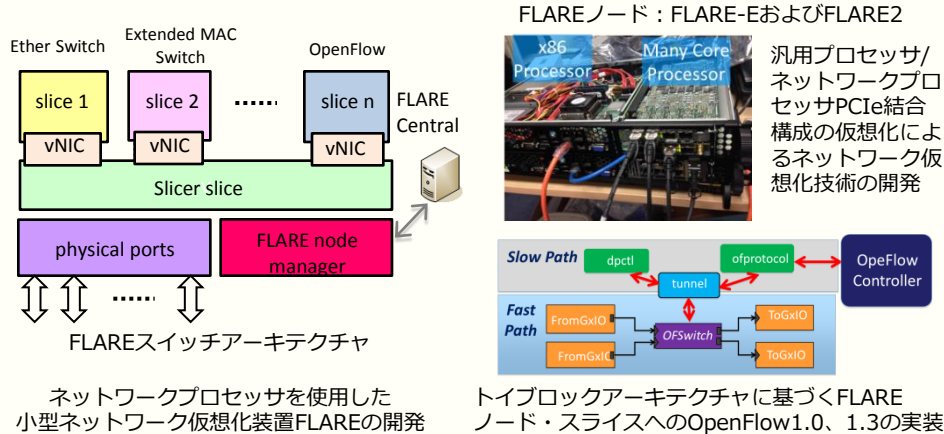
上記、5つの技術要件群を満たす9つのサブ課題に対し要素技術の研究開発を行い、従来のプロトコルやネットワークアーキテクチャにとらわれない新しいネットワーク機能を実現するための、深遠なプログラム性を持つネットワーク仮想化基盤技術の設計、試作・評価を実施した。

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

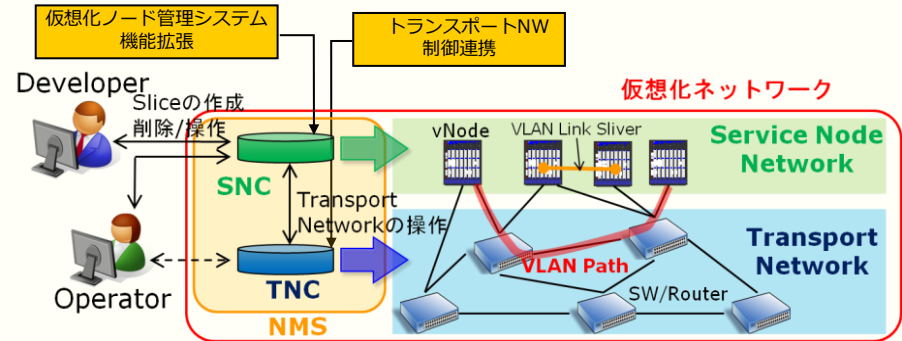
- リダイレクターとプログラマー連携の独立進化可能なノードアーキテクチャによるネットワーク仮想化ノードVnodeの開発を行った。リダイレクタの汎用化・低廉化として、OpenFlow ベースのVLAN Redirector の設計と開発を行った
- エッジ・ネットワーク用ネットワーク仮想化ノードFLAREの開発を行った。汎用プロセッサとメニーコアプロセッサの組み合わせによりプログラマブルで高速パケット処理可能なノードを実現し、Vnodeとの接続によるエッジ・コア統合ネットワークを可能にした



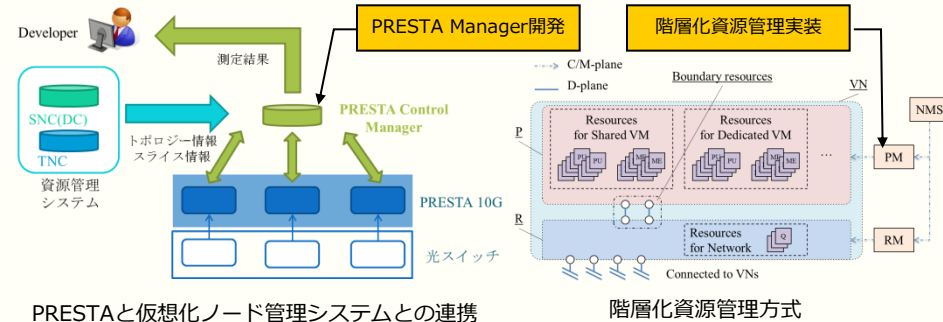
T2 制御管理機構

NTT

- 仮想化ノードとトランスポートネットワークの管理モデルの検討を行うとともに、トランスポートネットワーク制御管理システムを開発し、仮想化ノード管理システムとVLANおよび光パスを対象としたトランスポートネットワーク制御管理システムとの連携動作を実現
- 仮想化ノードにおける資源分離を適切に行うために、階層化資源管理方式の実装および評価を実施するとともに、プログラマー-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、プログラマー・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および動的なリンクスリバ帯域変更を実現
- 運用性および利便性向上として、異常状態スリバー削除、部分メンテナンスモード、スライス操作履歴機能、エラー表示高度化機能等を実装
- 高精度測定用パケットモニタ装置 (PRESTA10G) を用い、仮想化ノード管理システムと連携してスライスIDやトポロジ情報に適合した計測が可能なPRESTA Control Managerを提供
- 課題T1, T3, T4, T7, T8 と連携した仮想化ノード管理システムの機能拡張を実施



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制御管理との連携

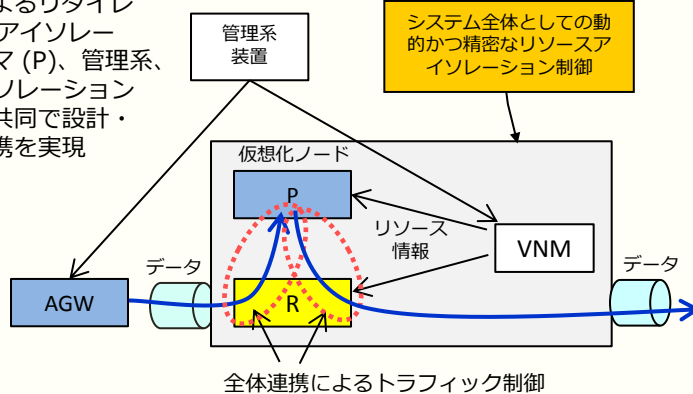


PRESTAと仮想化ノード管理システムとの連携

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ー (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



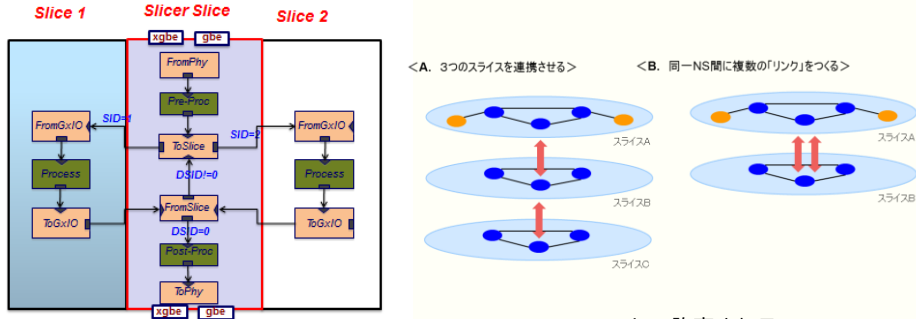
VNM：仮想化ノード・マネージャ、P：仮想化ノード・プログラマー、R：仮想化ノード・リダイレクタ

3. 研究開発の成果 (2/4)

T4 スライス拡張

東大

- FLAREにスライス結合機能をスライサーに実装しスライス間連携を可能にした
- 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パで実現し、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



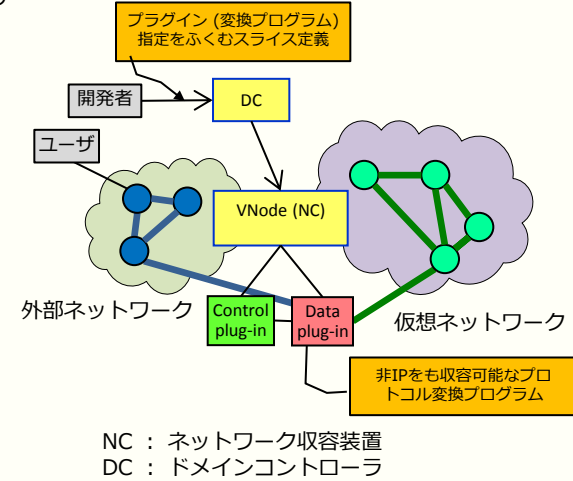
FLAREスライス間接続用
エレメントを開発

VNodeで許容される
インタスライス接続方法

T5 ネットワークのスライス収容

日立

- 課題T6-2 のプラグイン技術に基づくプロトコル変換型ネットワーク収容方式を実験し基本技術確立
- 上記方式の基本機能を実現するFast Path プログラムを実装
- 検証用に暫定拡張スライス仕様を設計して実験し基本技術確立



NC : ネットワーク収容装置
DC : ドメインコントローラ

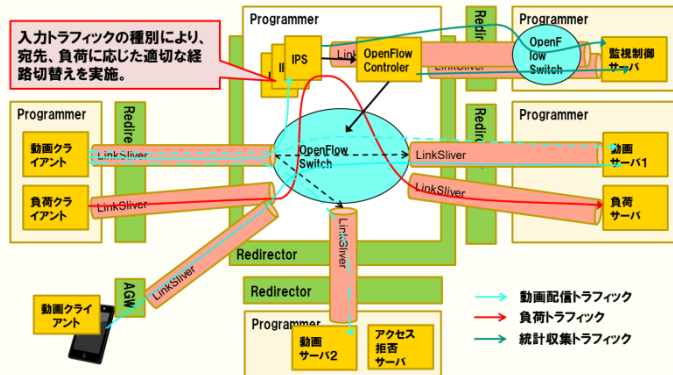
T6 プログラム性拡張

NEC

– プログラム性とパフォーマンスの両立 –

- ハードウェアオフロード機構を適用することにより、Slow Pathにて10GbpsワイヤレートのネットワークI/Oを実現
- その性能向上を実現したSlow Pathを活用し、プログラマ内の複数の仮想スイッチと物理スイッチを連動して制御することにより、プログラム性とパフォーマンスを両立した仮想化ノードを実現

- テストベッド上のスライスにて、Gbpsレベルの背景トラフィックがある中で、スライスのVM上でソフトウェアIPSを動作させ、その分析結果をもとにvOFSを連携させて経路制御を実現

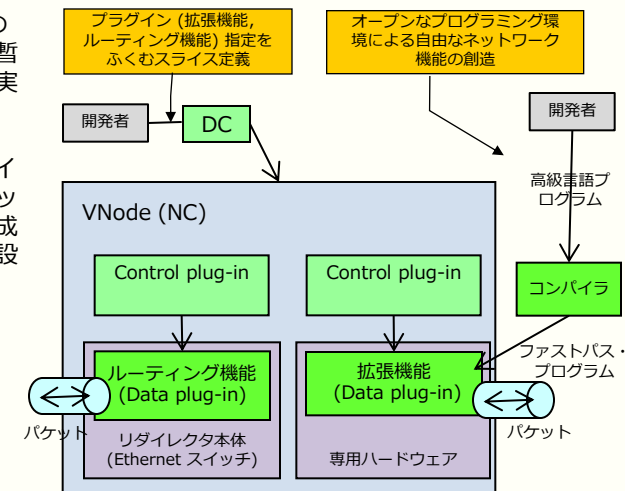


T6-2 プログラム性拡張

日立

– 新しいプログラム技術によるプログラム性向上 –

- VNode 機能を拡張するためのノード機能オフロード機能用暫定拡張スライス仕様を設計・実装し基本技術確立
- VNode 機能を拡張するため、Fast Path 処理基盤用コンパイラ技術を確認して専用プロセッサのオブジェクト・コード生成し、暫定拡張スライス仕様を設計・実装して基本技術確立



DC : ドメインコントローラ、NC : ネットワーク収容装置

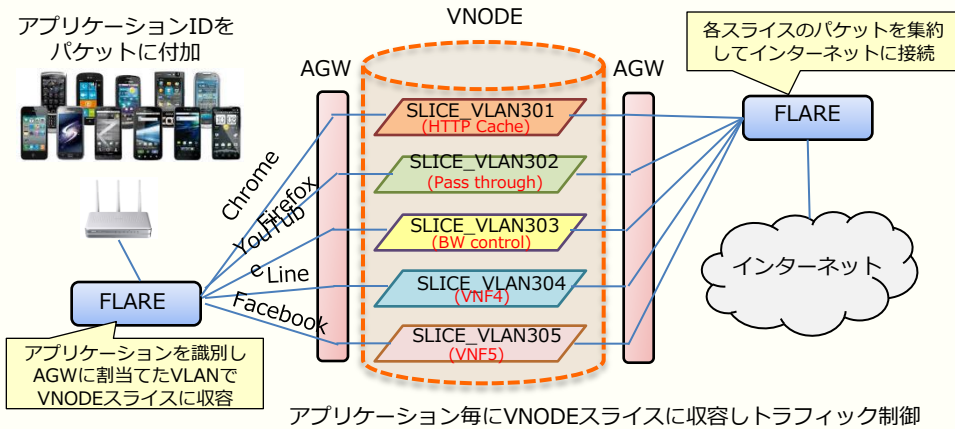
3. 研究開発の成果 (3/4)

T7 エッジ仮想化技術

東大

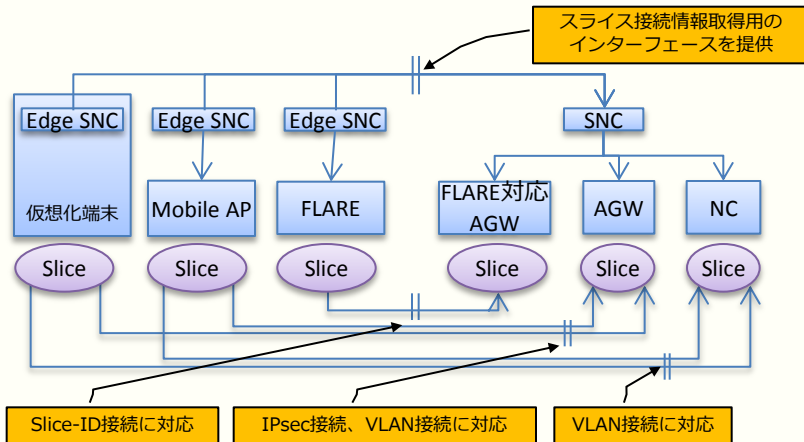
- エッジ端末ネットワーク仮想化技術 -

- エッジ端末エミュレータのスライス自動生成技術により1000スライスを生成
- 組込系、モバイル端末、クラウドサーバ、エッジ内サーバーのスライス多重化技術開発し、サーバにスライスID多重技術により10スライスを生成
- 無線LANアクセスポイント仮想化によりアクセスポイント内に10スライスを生成



- 仮想化端末・エッジネットワークとの連携機能 -

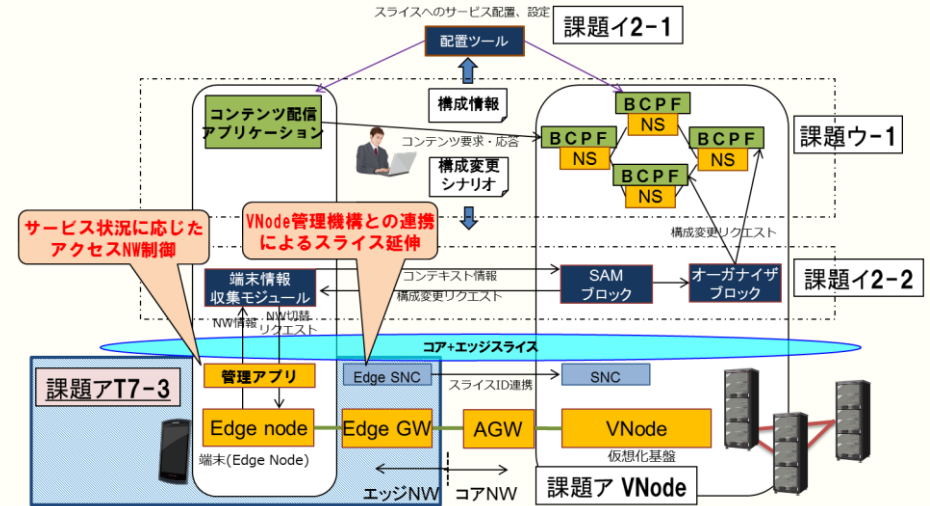
- 仮想化ノード管理システム(SNC)へスライスと仮想化端末・エッジネットワークを接続するために必要な情報を提供するインターフェースを実装
- NC(VLAN接続)、AGW(IPsec接続、VLAN接続、FLARE用Slice-ID接続)へ対応



NEC

- ネットワークアクセスのプログラム技術 -

- 端末からのネットワークアクセスの動的な経路選択を実現する仮想化NWアクセス制御基盤をAndroid端末上に構築
- VNode管理機構との連携によるスライスのエッジ仮想化端末への延伸、課題イNWサービス機能APIとの連携によるサービスの状況に応じたアクセスNW制御を実現し、課題ウ-1をサービスとしたユーザ実証実験により実証

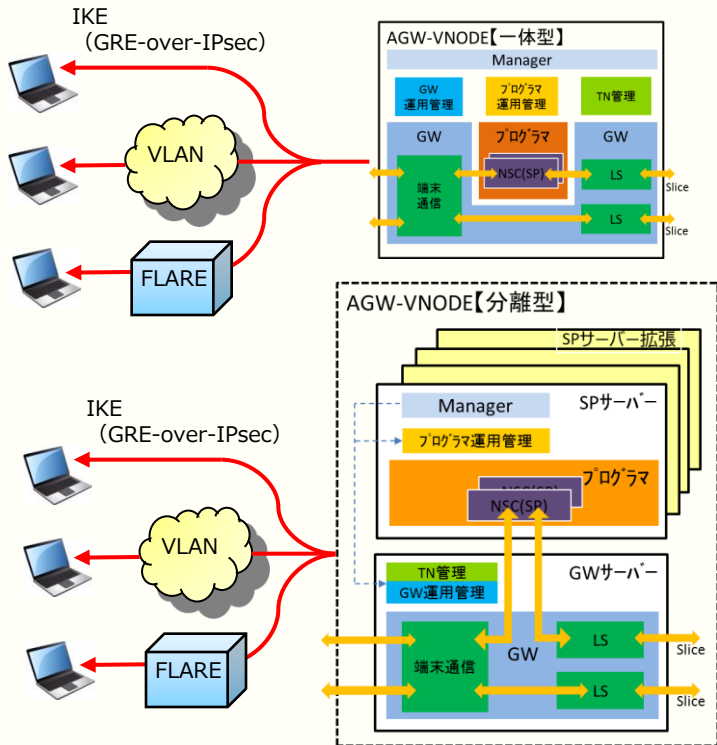


3. 研究開発の成果 (4/4)

T8 ゲートウェイ機能強化

富士通

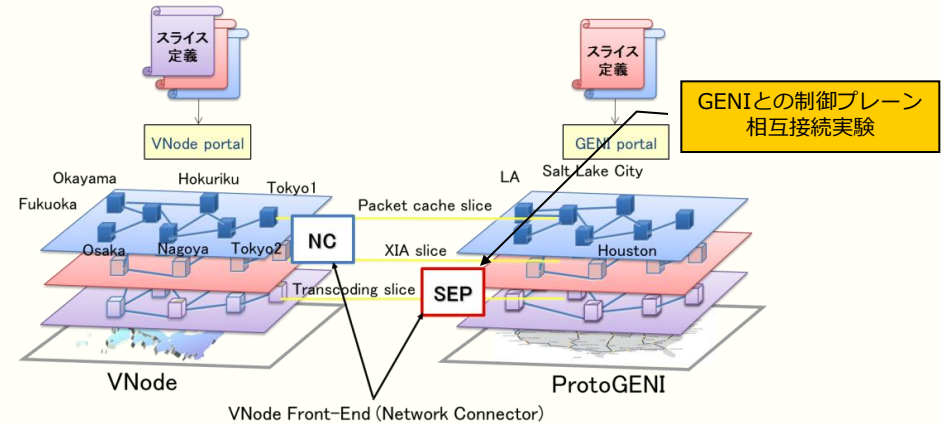
- ①利用者收容機能の拡張
 - IPsec-IKE收容(利用者単位の收容)
 - VLAN收容(ネットワーク単位の收容)
 - FLARE收容
- ②ゲートウェイ高速化の実現
 - ZeroCopy・フロー分散アーキ/暗号化機能高速化
 - IPsec通信: 1.5Gbps/フロー、3.0Gbps/システム (フレーム長1372byte)
 - VLAN通信: 4.8Gbps/フロー、9.5Gbps/システム (フレーム長1372byte)
- ③AGW-VNODE (プログラマビリティ機能) の開発完了
 - 複数通信形態を提供
 - GW機能単独/GW機能+プログラマビリティ機能
 - 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



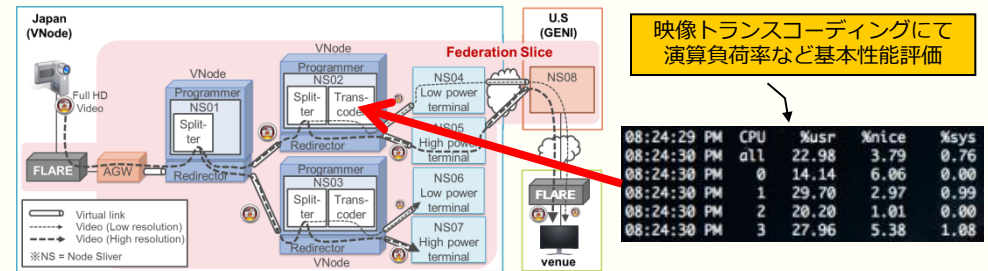
T9 テストベッド連携とベンチマーク評価

NTT

- JGN-Xテストベッドへ展開済みのα版仮想化基盤をβ版および最終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するとともに運用性を向上
- 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、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)にて動態展示するとともに継続的に実験を実施
- 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するとともに、GENI上でのトランスコーディング実装によるポータビリティ検証および比較評価を実施
- チュートリアルハンズオンの企画実施



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

4. 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	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	30 (6)	11 (4)	6 (0)	118 (30)	14 (7)	46 (13)	7 (2)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 国際会議等でネットワーク仮想化基盤について発表、デモ展示

- SDN4FNS: 2013 Software Defined Networks for Future Networks and Services (Trento, Italy) : 【1件】
- GEC16, 17, 18, 19, 20, 21, 22: Evening Demo Session - VNode Demo & FLARE (米国) : 【7件】
- ネットワーク仮想化シンポジウム (東京) : 【2件】
- SDN/MPLS2014: FLARE展示 (Washington DC) : 【1件】

(2) GEC22 実験についてプレスリリース

- プレスリリース: “グローバルなマルチドメインプログラマブル高機能仮想網の実現と新世代ネットワークアプリケーション実験に成功～日米欧連携強化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) で標準化提案、標準化採択
- ITU-T Y.FNvirtarch で標準化提案、標準化採択 【継続中】

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

標準化については、引き続きITU-Tにて網仮想化のアーキテクチャに対して研究開発成果からのインプットを実施し、標準化文書の完成を目指す。また、相互接続方式について、米国GENIや欧州Fed4Fireとの接続実験を通し、共通API方式のデファクトスタンダード化を目指す。

成果の展開・普及等に向け、引き続きIT業界ならびにネットワーク業界向けの技術ワークショップ等に積極的に参加しアピールを行っていく。顧客向けのフォーラムや学会活動、チュートリアル・ハンズオンの実施等を通してネットワーク仮想化基盤の利用者拡大を図るとともに、米国GENIや欧州Fed4Fire等と連携したグローバルなテストベッド実験等の実施により、日本のネットワーク仮想化の技術力向上に努める。

ネットワーク仮想化技術は現状のインターネットで課題となっているセキュリティやスケーラビリティの問題を解決し、新たなネットワークサービスを提供できる可能性を秘めている。より具体的なサービス例を実証していくことにより、将来社会に対する利便性を示していく。