# ネットワーク仮想化技術の研究開発

実施研究機関:<u>日本電気㈱</u>、日本電信電話㈱、エヌ・ティ・ティコミュニケーションズ㈱、富士通㈱、㈱日立製作所

研究開発期間:H25年度~H27年度

研究開発費: I ネットワーク仮想化基盤技術の研究開発 H25年 23.7億円 計23.7億円

|| ネットワーク仮想化統合技術の研究開発 | H25年 12.7億円、 H26年 7.0億円、H27年 5.5億円、計25.2億円

担当課室名:国際戦略局 技術政策課 研究推進室

### 1. 研究開発概要

- 1. 目的
- ・多種多様なビッグデータトラヒックデータに対応した通信サービス多様化に対応する公衆網仮想化技術 の実現
- ・公衆網仮想化技術の早期導入に向けた技術の公開と国際標準化
- ·公衆網仮想化技術の確立による機器市場、新サービス市場の創出と同市場における国際競争力強化 2. 政策的位置付け
  - ・総合科学技術会議第4期科学技術計画に基づく次世代情報通信技術の確立と利活用の促進
  - ・日本経済再生に向けた緊急経済対策としてのイノベーションを創出する通信技術の利活用促進と 強固な基盤整備によるビッグデータ関連市場の創出
- 3. 目標
- ・1000台規模の光・IPトランスポートネットワーク資源を迅速に連携・監視・管理・運用を可能とするネット ワーク仮想化技術の確立

#### 2. 研究開発成果概要

#### 【概要】

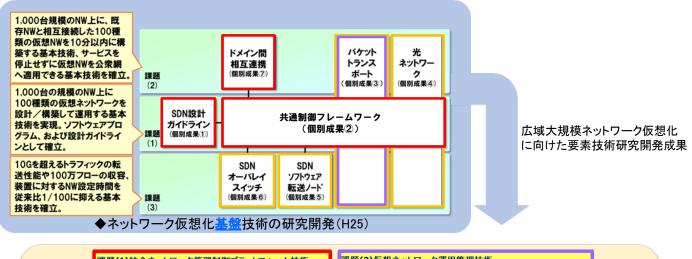
公衆網に導入可能な機能及び性能を有するネットワーク仮想化技術の実現に向け、基盤となる技術を確立するとともに、オープンなプラットフォームソフトウェア提供に向けた統合技術確立する。

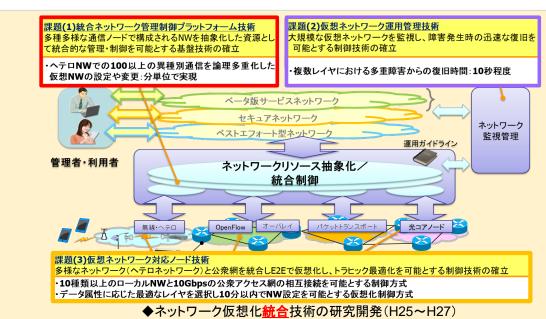
I. ネットワーク仮想化基盤技術の研究開発

早期に公衆網へ適用するために、コア網及び固定アクセス網を対象とする基盤技術の研究開発

Ⅱ. ネットワーク仮想化統合技術の研究開発

公衆網全体への適用に向け、「I」で開発した領域に加え、多種多様なコア網及びアクセス網に適用可能な統合技術の研究開発





# 2. 研究開発成果概要 (続き)

【達成状況(研究開発終了時点)】

課題名	目標	達成状況		
課題(1) ネットワーク管理制御プラットフォーム 技術	1000台の装置により構成されたNW上に 100以上の仮想NWを運用可能な基本技 術を確立し、SDN設計・構築・運用ガイ ドラインを作成	達成	・基本計画で掲げる目標を達成するソフト ウェア及び設計ガイドラインの制定 ・テストベッドによる実証、評価の実施	
	1000台規模のNW上に、サービスを止めずかつ10分以内に既存NWと相互接続した100種類の仮想NWを構築する技術を確立	達成	・基本計画で掲げる目標を達成するNW制御技術に加え、制御負荷の平準化、NWマイグレーション技術を確立	
	10Gbps超の転送性能やネットワーク設定時間を従来比1/100に抑えるSDN仮想ネットワーク制御等の基本技術を確立	達成	・基本計画掲げる基本技術を確立するとと もに、課題(1)~(3)の連携検証で 行い、プラットフォーム基盤技術を確ご	
統合ネットワーク管理制御ブラットフォ	1000台規模の複数種別のNW上に、100 以上の種別の異なる通信を論理多重化した仮想NWの設定等を分単位で実現する管理・制御ブラットフォームの実現	達成	•目標1000台を超える2000台規模の NW上に、100種類以上の仮想NWを 築可能なブラットフォーム技術を確立 OSSとして公開	
課題(2) 仮想ネットワーク運用管理技術	仮想ネットワークで発生した多重障害からの復旧を従来比1/10の時間で実現する NW監視技術、及び検証作業時間を90% 削減する信頼性管理技術の実現	達成	・基本計画に掲げる目標を達成する <u>仮想</u> NW運用管理技術を確立し、最大20倍 度の効率化を達成	
課題(3)仮想ネットワーク対応ノード技術	10種以上の無線・有線のローカルNWと 10Gbpsの公衆網を仮想NWとして管理制 御するドライバ技術及び10分以内でNW 設定を可能にするノード制御技術の確立	達成	・基本計画で掲げる目標を達成するノー 制御技術を確立し、実用化に必須とな サービス機能の拡充と標準化を達成	

# 3. 政策目標の達成状況(経済的・社会的な効果)等

終了評価時に設定したアウトカム指標を(ほぼ)達成

	アウトカム指標	目標年度	目標	達成状況	達成内容
	OSS(オープンソース ソフトウェア)の公開	H26年度	4件以上	達成	H26年度に4件のOSSをWEBサイトにて 公開(NEC/NTT/富士通/日立製作所)
	プロモーション活動	H26年度	10件以上	達成	H26年度:66件 (活動対象: 査続付誌上発表論文数/査読付口頭発表論 文数(印刷物を含む) その他の誌上発表/口頭発表数/報 直発表数)
	製品化•事業化	H29年度迄	3件以上	達成	H26年度:2件(Lagopus/NEC) H27年度:1件(Lagopus)
	製品化•事業化	H30年度迄	5件以上	未達成	H28年度:1件(Lagopus) H30年度:2件(Lagopus/NEC) ※R2までに44件の導入実績あり
	他の研究開発プロジェクト への成果適用	H30年度迄	6件以上	達成	H28年度:5件(はこだて未来大、慶應大、 バージニア大学、NII/沖縄オープンラボ等) H29年度:2件(iPOP2017等)
	プロモーション活動	H30年度迄	10件以上	達成	H28~H30年度:27件 (活動対象: 査誘付誌上発表論文数/査誘付口頭発表論 文数(印制物を含む) その他の誌上発表/口頭発表数/報 道発表数)

### 【製品化事例】NEC/Netcracker Technology社 Digital OSS

レガシーネットワーク向けSDNソリューション「Netcracker」を製品化。最新の「Netcracker2020」では、IoT、IoT、5Gなどのデジタルサービスに対してエンドツーエンドのゼロタッチオーケストレーションを提供。



### 3. 政策目標の達成状況(経済的・社会的な効果)等

<社会展開に向けた主な取組や計画に対する進捗>

標準化

オープン化

・公衆網SDNの社会実装、市場創出、国際競争力の強化に向けた取組を実施

#### 平成27年度末の計画

### 令和2年度末の実績

- 研究開発技術そのものの普及・展開
- 光モバイル・無線SDN標準化への貢献
- ITUへの奇書 IETF TEAS WGへの提案
- ・デジュール・デファクトの両面で国際標準化を獲得
- <u>ITU提案4件</u>、うち<u>1件採用</u>(デジュール標準)
- ONF (\*3) 提案2件、うち1件採用(デファクト標準)
   ※3 ONF(Open Networking Foundation)
   SDNの中核技術として知られるOpenFlowの標準化を進めている非営利団体。



#### 研究開発成果の利用者裾野拡大

- オープンソース公開
  - (ODENOS (\*1)、Lagopus (\*2) 等) SDN運用ガイドラインの公開
- ODENOS: 共通制御フレーム等のOSS
- Lagopus: 仮想ソフトウェアスイッチのOSS

#### 実用化 商用化

- 研究開発期間としての市場貢献
- 通信事業者等とのPoC 研究開発成果を活用した製品展開





オープンソース公開(GithHub)

- GitHubを中心にソフトウェアのOSS化、マルチレイヤ 大規模SDN構築運用に向けたSDNガイドラインを公開
- ・国研及び大学における異分野を含めた研究環境に導入
- ・Lagopusユーザ会等、オープンイノベーションコミュ
- ニティを形成し、ソースコードを提供・共有
- 研究開発成果を事業化したが数的には未達成
- ・製品搭載によりTransportSDNSolution販売開始 (NEC, 2017~)
- Lagopusによる映像配信事業等の事業を開始 (NTTグループ、2017~) 富士通、日立も製品化検討中





NTTビズリンク社映像配信サービス

### <新たな市場の形成、売上げの発生(GDP等増大)、国民生活水準の向上>

本成果による技術とそのオープン化は仮想化/SDNに対応したNetcracker Technology製品においてネットワークインフラオーケストレーションとして進化。SDN機器においても海外ベンチャー製品に採用 されるなど、ネットワーク産業・市場に新たなプレイヤーの登場と新事業機会をもたらした。

### <知財や国際標準獲得等の推進>

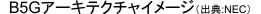
仮想ネットワーク、SDNにおいてデジュール標準化(ITU-T)に加え、技術のオープン化戦略が功を奏 し、デファクト標準化(ONF)においても標準化を主導した。

# 4. 研究開発成果(アウトプット目標)から生み出された科学的・技術的な効果

# <u>・5G/B5Gへの技術とオープン指向の継承</u>

本研究開発が実現したヘテロ(無線・有線、物理・パケット・経路)を抽象化・仮想化を可能とする 技術SDN/ネットワーク仮想化技術としてオーケストレーション技術に発展、5G/B5Gソリューション のを支える技術の一つとなった。







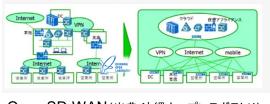
(B)5Gクロスコラホレーションの実現(出典:5GMF)

技術進化による新ソリューション事業創出

# 4. 研究開発成果 (アウトプット目標) から生み出された科学的・技術的な効果

### ・オープンイノベーションによる技術・製品競争力の強化

SDN運用管理ガイドラインは「SDN-OAM機能」や「最適経路パス切り替え機能」の開発・検証に発展、日欧規模ネットワークでの有効性を確認した。その成果は"Open SD-WAN"ソフトウェアとしてGitHubにてグローバルに公開中。



Open SD-WAN(出典:沖縄オープンラボラトリ)



ネットワークサービスに対する要求の多様化(出典:日立製作所)

# 5. 副次的な波及効果

引しつつある。

## 1. Society5.0を支える社会インフラへの応用範囲を拡大

無線・有線/光・パケットの複数のレイヤを抽象化して運用管理、さらに最適化するネットワーク仮想化基盤技術並びに統合技術は5Gソリューションを支える機能の一つとなった。

# 2.ネットワーク産業へのオープン指向の導入

技術のオープン化はデファクト・デジュール標準を実現すると同時に、ネットワーク機器(スイッチ・トランスポート)を含め公衆網からイントラネットに代表される企業ネットワーク、地域ネットワークにオープン指向を導入し、ベンチャーを中心とした参画企業を拡大した。

### 3.ネットワーク仮想化技術人材の育成と新たな研究開発の創発 本成果を用い、ネットワーク仮想化技術の多様な領域への利用拡

大とその人材育成に向け、総務省 $H29 \sim H30$ 年度IoTを支えるネットワーク運用人材の育成基盤構築に係る実証請負」等におけるカリキュラムの策定・高度化を通じて**ネットワーク仮想化技術人材の育成**を進めた。これらの人材を通じて数多くの分野でネットワーク仮想化技術の利活用が進んだ。

また、あわせてSDN機器技術を支える高度なハードウェア技術者をも多く輩出している。ネットワーク仮想化とAIの親和性も高いことからAI技術者のネットワーク領域への参画やネットワーク技術者のAI技術習得によりAI利用(に向けた研究開発)を加速、多くのAI+ネットワーク研究者/技術者を輩出している。更に近年ではカーボンニュートラルに向けた5G/B5GインフラストラクチャのAIによる省エネ化研究をも牽

グローバルSDNオーケストレーションベンダ PRTIMES2021

Anuta Networks International
Ciena Corporation
Cisco Systems, Inc.
Hewlett Packard Enterprise Develo

•Huawei Technologies Co. Ltd.
• Il uniper Networks Inc.

Juniper Networks, Inc.NEC Corp

•Nokia Corporation •Qualitest Group

•Qualitest Group
•Zymr, Inc.

Other Prominent Players

# 6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

# <アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況>

- ・当初計画したアウトカム目標は達成。研究期間中に設置した総合ビジネスプロデューサ、ビジネスプロデューサによる活動は研究者の視点を越えたマーケット、利用者の視点で普及促進に加え、事業化戦略を早期段階で示唆、計画立案に貢献した。
- ・これらを基に受託者はアウトカム目標並びに目標達成に向けた計画を立案、遂行することで研究機 関終了後においても効果的・効率的に**成果の標準化・オープン化など国際的な普及促進と事業化という3つのアウトカム目標をほぼ**達成した。
- ・事業化・製品化件数について未達成があるものの、Netcracker(NEC)が44事業において導入されており、共同研究機関でも製品化を予定していることから、市場へのSDN普及展開に貢献した。

### 6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

#### <周知広報活動の実績>

・研究開発・事業の両面で成果をもとに報道発表、WEB発表、口頭発表(論文)に加え、ユーザコミュニティを結成するなど技術と製品の普及を促進した。特に本研究のアウトカム目標として設定したオープン化実施の結果、その適用領域を公衆網サービスから多様な事業者に拡大、公衆・ローカル5G/B5Gやそれらを基盤とする多様な産業におけるDX実現のためのデフォルト技術として位置付けられた。

		ク仮想化基盤技	技術の研究開発	Ⅱネットワーク	7仮想化統合技術の研究開発	
委託期間 H25年度		委託終了後 H26~R2年度 <b>合計</b>		委託期間 H25~H27年度	委託期終了後 H28~R2年度	合計
査読付き誌上発表論文数	1件 (1件)	2件(2件)	3件(3件)	1件( 1件)	5件 (3件)	6件(4件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1件 (1件)	6件 (6件)	7件(7件)	9件(8件)	1件(1件)	10件( 9件)
その他の誌上発表数	2件( 0件)	8件(1件)	10件( 1件)	9件( 0件)	1件(1件)	10件( 1件)
□頭発表数	29件 (5件)	122件(22件)	151件(27件)	136件(25件)	20件(2件)	156件(27件)
特許出願数	21件 (8件)	19件(13件)	40件(21件)	47件(11件)	4件( 4件)	51件(15件)
特許取得数	O件 ( O件)	16件 (7件)	16件( 7件)	0件 ( 0件)	20件 (7件)	20件(7件)
自己実施件数	O件 ( O件)	O件 ( O件)	O件( O件)	0件 ( 0件)	O件 ( O件)	0件 ( 0件)
実施許諾件数	0件( 0件)	0件( 0件)	O件( O件)	0件 ( 0件)	O件 ( O件)	0件 ( 0件)
国際標準提案数	4件(4件)	4件( 4件)	8件( 8件)	8件( 8件)	1件 ( 1件)	9件( 9件)
国際標準獲得数	O件 ( O件)	O件 ( O件)	O件( O件)	1件( 1件)	〇件(〇件)	1件( 1件)
受賞数	O件 ( O件)	2件( 0件)	2件 ( O件)	2件(2件)	1件 ( 1件)	3件 (3件)
報道発表数	6件 (3件)	14件(7件)	20件(10件)	19件( 9件)	1件 (1件)	20件(10件)
報道掲載数	20件 (5件)	35件 (7件)	55件(12件)	71件(13件)	〇件(〇件)	71件(13件)

### くその他の特記事項に係る履行状況>(研究開発終了後も行うべきものについて)

・本研究開発期間後においてはその成果を用いた沖縄オープンラボラトリや各受託機関における若 手研究者によるSDN研究実証等の活動は研究者の育成に留まらず、多くのSDN関連ベンチャー 企業を創出した。

# 7. 政策へのフィードバック

### <国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性>

- ・テレコムベンダとサービス事業者がスクラムを組み、**ネットワーク技術のオープン化に向けた取り 組み**は、国主導によるプロジェクト推進の大きな成果であると考える。
- ・本プロジェクトの成果を基にネットワーク業界にベンチャーが参入しやすくなったことも国家プロジェクトとして大きな成果であった。これらの活動により、マーケットがキャリアからリテイル、医療、製造に拡大したことは高く評価できると考える

# <プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取組み等に関する今後の政策へのフィード バック>

- ・従来、ネットワークの研究成果の普及はデジュール標準化が基本であったが、本研究開発による オープン化の推進によりデファクト標準化の実績を作ったことは、好事例として今後の研究開発プロジェクトを立案する上での参考になるもと考える。
- •5G/B5Gなどにおいては無線を含めオープン化が進み、オープン技術がデファクトとなってきており、 研究終了後5年をかけて技術を普及促進、技術者を増強することでそのポリシーがネットワーク産 業界に根付いたといえる。