

平成23年度研究開発成果概要書

「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」
課題ウ 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」

[副題] 情報オープンイノベーション基盤技術の構築

(1) 研究開発の目的

サービス指向ノードによるネットワーク仮想化技術の実現、ならびに新世代ネットワークにおける情報オープンイノベーション基盤技術を構築すること。

(2) 研究開発期間

平成23年9月7日～平成25年3月31日(2年間)

(3) 委託先企業

学校法人慶應義塾<幹事> (以下慶應大)、
国立大学法人筑波大学 (以下筑波大)、
日立情報通信エンジニアリング株式会社 (以下日立 JTE)、
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 (以下NII)、
国立大学法人電気通信大学 (以下電通大)、
日本電信電話株式会社 (以下 NTT)

(4) 研究開発予算 (百万円)

平成23年度	40 (契約金額)
平成24年度	34 (〃)

(5) 研究開発課題と担当

課題ウ-1 モジュールの開発

課題ウ-1-1… データベースインサージョン技術 (慶應大)

課題ウ-1-2… PPDP 技術 (慶應大)

課題ウ-1-3… ソフトウェアシミュレータ SLIM の完成 (慶應大)

課題ウ-1-4… テストベッド搭載 eSLIM の実装 (慶應大)

課題ウ-2 サービス指向ノードの実装

課題ウ-2-1… サービス指向ノードの構築 (日立 JTE)

課題ウ-2-2 … サービス指向ノードの処理高速化 (日立 JTE)

課題ウ-3 分散DBによる仮想環境構築

課題ア-3-1… 仮想化に必要な分散DBの構築 (筑波大)

課題ア-3-2… サービス指向ノード搭載仕様の構築 (筑波大)

課題ウ-4 サービス指向ノードを用いたアプリケーション実証と評価

課題ウ-4-1… テストベッド評価環境の構築 (NII)

課題ウ-4-1… テストベッドを用いたアプリケーションの評価 (NII)

課題ウ-5 データベースセレクションハードウェアの構築

- 課題ウ-5-1… HW データベースセレクション機構の構築（電通大）
- 課題ウ-5-2… HW データベースセレクションインタプリタの構築（電通大）

課題ウ-6 サービス指向 OLT・ONU 構成技術の確立

- 課題ウ-6-1… サービス指向 OLT・ONU 構成技術の確立（NTT）
- 課題ウ-6-2… サービス指向 OLT・ONU におけるアプリケーションの構築（NTT）

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	14	14
	その他研究発表	19	19
	プレスリリース	13	13
	展示会	3	3
	標準化提案	3	3

具体的な成果

課題ウ-1：モジュールの開発

課題ウ-1-1… データベースインサージョン技術

- データベースインサージョン機構を提案し、FreePDK45nm では、877MHz の動作速度を達成し、 $2.95 \times 10^3 \mu m^2$ の面積で各種(実装では 3 種類)のインサージョンアクセラレータが構成可能であることを示した。
- ストリームを扱うため、クエリ重複数に応じたスループット評価をオンチップメモリ・オフチップメモリ搭載時毎に評価した。

課題ウ-1-2… PPDP 技術

- 新たに、キャッシュを搭載した PPDP ハードウェアアーキテクチャを提案し、エントリ数 4096 のキャッシュを搭載することにより、エントリ数が約 1.5k-2.0k の TCAM を利用した場合と同等の IL をエントリ数 256 の TCAM で実現することが可能であることを示した。

課題ウ-1-3… ソフトウェアシミュレータ SLIM の完成

- ソフトウェアシミュレータ SLIM が完成し、PDF レコメンデーションエンジンをはじめとする様々なアプリケーション検証が進められている。

課題ウ-1-4… テストベッド搭載 eSLIM の実装

- 課題ウ-1-3 をうけ、ALAXALA ルータや Juniper ルータへの搭載を容易とするために、libboost ライブラリの排除を進めたパッチ生成を行っている。

課題ウ-2：サービス指向ノードの実装

課題ウ-2-1… サービス指向ノードの構築

- シャーシ型 L3 スイッチのサービスモジュールカード上にソフトウェアエミュレータを実装したサービス指向ノードを開発した。
- 同サービス指向ノードを実証実験プラットフォームとして利用するため

のソフトウェアモジュールを開発した。

課題ウ-2-2… サービス指向ノードの処理高速化

- ・ 上位アプリケーションソフトウェアが、サービスモジュールカードのマルチコアを使用可能な、ソフトウェア構成とした。
- ・ ネットワーク通信機能の確認により、同サービス指向ノードがアプリケーション動作に必要な帯域 (2.5Gbps) を確保できる見通しを得た。

課題ウ-3 分散 DB による仮想環境構築

課題ウ-3-1… 仮想化に必要な分散 DB の構築

- ・ 高信頼化ストリーム処理手法を精密化した。
- ・ 暗号化ストリームに対する問合せ技法を開発した。
- ・ ストリームとリレーシオンの統合処理方式を提案した。
- ・ メディアストリームとイベントストリームの統合的処理方式を提案した。

課題ウ-3-2… サービス指向ノード搭載仕様の構築

- ・ 処理系を整理し、仕様案を作成した。

課題ウ-4 サービス指向ノードを用いたアプリケーション実証と評価

課題ウ-4-1… テストベッド評価環境の構築

- ・ 大容量ストレージシステムの構築により、任意の時刻の SINET バックボーン部のトレースを 10Gbps レートでフルチャプチャ、蓄積可能とした。
- ・ 上記大容量ストレージシステムにおいて SLIM を動作させ、任意の情報を取得可能とした。これによりソフトウェア版サービス指向ノードを用いる評価がほぼ可能となった。

課題ウ-4-2… テストベッドを用いたアプリケーションの評価

- ・ SLIM によりバックボーントラフィックに含まれる (HTTP の) 特定の情報量を 1 時間程度測定し、10GB のメモリ量で動作可能であることを示した。

課題ウ-5 データベースセクションハードウェアの構築

課題ウ-5-1… HW データベースセクション機構の構築

- ・ 検討している動的再構成可能ストリームプロセッサエンジン (DR-SPE) のプロセッサアーキテクチャについて、その処理性能およびクエリの再構成可能時間について詳細な評価を行った。

課題ウ-5-2… HW データベースセクションインタプリタの構築

- ・ 10x10 の演算ユニットを並べた DR-SPE を構成するためには、スライスレジスタ数として 20038 (6 %)、スライス LUT 数として 88421 (56%) のハードウェアリソースが必要となるという結果が得られた。処理性能については、最大動作周波数が、約 172MHz 程度であり、最大処理スループットが 16521Mbps であることがわかった。

課題ウ-6 : サービス指向 OLT・ONU 構成技術の確立

課題ウ-6-1… サービス指向 OLT・ONU 構成技術の確立

- ・ サービス指向性の光アクセス網を想定した、(OLT・ONU を用いた) 基礎試験

系を構築した。

- ・ 課題ウ-1 で構築したエネルギーマネジメント(グリッド)シミュレータと構築した基礎試験系の共同動作試験を行った。試験結果から、シミュレータ(サーバ側)の処理時間も含め、2.5msec 程度で需要家のエネルギー制御が可能であるという結果を得た。(課題ウ 6-2 に関連)

課題ウ-6-2…サービス指向 OLT・ONU におけるアプリケーションの構築

- ・ 上記基礎試験結果により、地域内情報を地域内で処理する(情報の地産地消)ことが、エネルギーマネジメントなどの低遅延性を要求されるサービス制御に有効であるという見通しを得た。

(7) 研究開発イメージ図

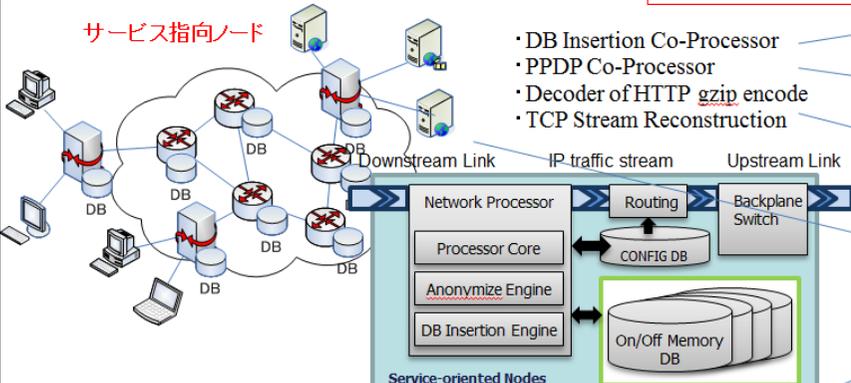
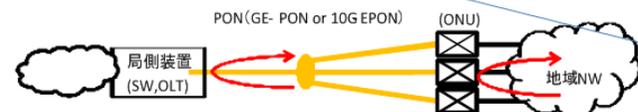
平成23年度「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発 課題ウ 新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 学校法人慶應義塾(幹事者)、国立大学法人筑波大学、日立情報通信エンジニアリング株式会社、
大学共同利用機関法人情報・システム研究機構、国立大学法人電気通信大学、日本電信電話株式会社
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成24年度(2年間)
- ◆研究開発費 総額74百万円(平成23年度 40百万円)

2. 研究開発の目標 サービス指向ノードを提案開発し、トラフィック情報を用いた価値創造・サービスを持続的に提供する情報基盤を構築する。

3. 研究開発の成果

IOIPとしてのテストベッドインフラ	研究開発目標
 <p style="text-align: center; color: red;">サービス指向ノード</p> <ul style="list-style-type: none"> ・DB Insertion Co-Processor ・PPDP Co-Processor ・Decoder of HTTP gzip encode ・TCP Stream Reconstruction <p style="text-align: center;">Network Processor Processor Core Anonymize Engine DB Insertion Engine</p> <p style="text-align: center;">Routing Backplane Switch CONFIG DB On/Off Memory DB</p> <p style="text-align: center;">Service-oriented Nodes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • データベースインサクション機構を提案し、各種(実装では3種類)のインサクションアクセラレータを実装、45nで877MHz、2.95x10³μm²を達成。 • PPDP HWを提案、エントリ数4096のキャッシュにより、ILを保ちつつTCAMのエントリ数を約1.5k-2.0kから256へ削減可能であることを示した。 • ソフトウェアシミュレータSLIMが完成し、PDFレコメンデーションエンジンといったアプリケーションを開発した。また、キャッシュについて検討した。 • 大容量ストレージシステムを構築し、任意のSINETバックボーントレースを10Gbpsレートでフルチャプチャ、蓄積可能とした。 • SLIMによりバックボーントラフィックに含まれる(HTTPの)特定の情報量を1時間程度測定し、10GBのメモリ量で動作可能であることを示した • シャーシ型L3スイッチのサービスモジュールカード上にソフトウェアエミュレータを実装したサービス指向ノード、並びにソフトウェアを開発した。 • 上位アプリケーションソフトウェアが、サービスモジュールカードのマルチコアを使用可能とし、同サービス指向ノードがアプリケーション動作に必要な帯域(2.5Gbps)を確保できる見通しを得た。
<h4>サービス指向ノードの実装</h4> <ul style="list-style-type: none"> ・Alaxala Networks シャーシ型L3スイッチ 	<ul style="list-style-type: none"> • 動的再構成可能ストリームプロセッサエンジン(DR-SPE)について、172MHz、16521Mbpsを達成可能であることを示した。
<h4>ハードウェアDBセレクション</h4>  <ul style="list-style-type: none"> ・単位演算ユニット ・スイッチボックス ・統合環境 	<ul style="list-style-type: none"> • 10x10の演算ユニットを並べたDR-SPEには、LUT数88421(56%)のハードウェアリソースが必要であることが分かった。
<h4>分散DBによる仮想環境構築</h4> <ul style="list-style-type: none"> ・サービス指向ノード用専用SQL ・仮想的に統合されたIOIP 	<ul style="list-style-type: none"> • サービス指向ノード用問合せ言語の仕様ならびに処理系を整理した。また、性能向上の為にパケット処理専用のデータ構造を作成した。
<h4>OLT・ONUにおけるサービス指向ノードと即時サービス</h4>  <p style="text-align: center;">PON(GE-PON or 10G EPON) (ONU)</p> <p style="text-align: center;">局側装置 (SW,OLT) 地域NW</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ストリーム・リレーション結合、暗号化ストリーム処理、ストリーム高信頼化、メディアストリーム管理に関する研究を行った。 • 課題ウ-1の環境を利用し、全処理時間を含めて2.5msec程度でリアルタイムアプリケーションが構築可能であることを示した。

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
課題ウ 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	0(0)	0(0)	14(14)	19(19)	13(13)	3(3)	3(3)

5. 研究成果発表会等の開催について

運営会議開催、および、国際会議開催等は特になし。その他、特筆すべき成果として、下記受賞3件、出版1件がある。

- ・ 社団法人情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会優秀論文賞、上吉 悠人・峰 豪毅・西 宏章、「クラスタ型エネルギーマネジメントに向けた大学キャンパスのエネルギー計測システム」研究発表に対する受賞、平成23年11月
- ・ 社団法人情報処理学会CS賞、石田慎一、原島真悟、鯉淵道紘、川島英之、西宏章、「コンテキストスイッチを利用したルータにおけるTCPストリーム再構築のメモリ削減手法」研究発表に対する受賞、平成23年7月
- ・ 社団法人情報処理学会 計算機アーキテクチャ研究会若手奨励賞、澤田純一、西宏章、「低遅延匿名化処理機構における情報損失度改善手法の提案」研究発表に対する受賞、平成24年1月
- ・ スマートグリッドの国際標準と最新動向2012、インプレスR&D、西 宏章、久保 亮吾、井上 恒一その他、平成24年3月23日

6. 今後の研究開発計画

この成果により、今後、どのような研究を行うのかを例示を上げながら、具体的、かつ簡潔に記載して下さい。

- ・ ALAXALAルータにeSLIMを搭載し、実現可能なシステムを構成する。(eSLIM SoRルータ)
- ・ SINETにおいて、Juniper SDKによるeSLIM実装を行うと共に、SINETにおける検証を行う。(Juniper eSLIM)
- ・ スマートグリッド応用等、タイミングクリティカルなアプリケーションとして、プライバシーセル化なども考慮したGPON SoRを構築する。(SoR GPON)
- ・ eSLIM SoRルータ、SoR GPONを統合した評価環境(TB-SoR)を構築、パフォーマンスを評価する。
- ・ eSLIM SoRルータにストリームデータベースを連携動作させ、問合せサービスを提供する。
- ・ ストリームデータベースに暗号化ストリーム処理機能と高信頼化機能を導入する。
- ・ スマートグリッド応用について、実環境データを利用した、折り返し動作における制御安定性評価を、TB-SoRを利用して評価する。
- ・ SoRルータにおける処理速度向上のためのキャッシュアーキテクチャについて検討する。
- ・ 各種アプリケーションが実装可能となったため、CDNといったサービスを想定し、SoRベースCDNをJGN-X上に構築する。
- ・ SINET実トレースを用いた、各種アプリケーション開発と検証を行う。
- ・ マルチコアSoCを利用した、ハードウェアセレクション機構について、特にオンチップルータによるデータ配信と、遅延コスト最適化といった点に着目した、タイミング最適化に関する検討と評価を行う。