

平成 27 年度研究開発成果概要書

課題名：高機能光電子融合型パケットルータ基盤技術の研究開発

採択番号：151アイ01

個別課題名：

課題ア 低消費電力・低遅延高機能光電子融合型パケットルータに必要な基盤技術の研究開発

課題イ 低消費電力・低遅延高機能光電子融合型パケットルータの応用技術の研究開発

副題：グリーンデータセンタに向けた高機能光電子融合型パケットルータの研究

(1) 研究開発の目的

情報通信ネットワークの急激な拡大に伴い通信装置、特にルータの性能（低消費電力性、低遅延性、高速性など）の向上が喫緊の課題となっている。本研究では光電子融合型パケットルータの基盤技術を研究開発し 100Gbps 級パケットデータを低消費電力かつ低遅延で実現することを目標とする。また、低消費電力、低遅延の光電子融合型パケットルータのプリプロトタイプを作製し、このプリプロトタイプにおいてフォトニックフロー制御機能を実現することで、ネットワーク構成の最適化、柔軟性などを実現する。さらに光電子融合型パケットルータの応用技術の研究開発として、今後拡大するネットワークの中でも特にトラヒックが集中すると予想されるデータセンタへの適用を考えた制御方式の検討を行う。

(2) 研究開発期間

平成 23 年度から平成 27 年度（5 年間）

(3) 実施機関

日本電信電話(株) <代表研究者>

(実施責任者：先端集積デバイス研究所 所長 柴田随道)

国立大学法人大阪大学 (実施責任者：教授 北山研一, 教授 村田正幸)

国立大学法人九州大学 (実施責任者：教授 浜本貴一)

日本電気(株) (実施責任者：クラウドシステム研究所 所長 西原 基夫)

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 1,478 百万円（平成 27 年度 259 百万円）※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

課題ア：低消費電力・低遅延高機能光電子融合型パケットルータに必要な基盤技術の研究開発

ア-1：100Gbps(25Gbps×4)及び100Gbps/λ級に向けた、各サブシステム技術の開発
（日本電信電話(株)）

ア-2：課題ア-1における各種サブシステムを構成するデバイス技術の開発

ア-2-1：極低消費電力集積ナノデバイス技術の開発（日本電信電話(株)）

ア-2-2：高速スイッチ技術の開発（九州大学）

ア-3：光電子融合型パケットルータのプリプロト実証

ア-3-1：光電子融合型パケットルータの最適構成（大阪大学）

ア-3-2：プリプロトタイプの作製と基本動作実証（日本電信電話(株)）

ア-4：フォトニックフロー制御による大容量データ転送技術の開発

ア-4-1：フォトニックフロー転送制御技術の開発（大阪大学）

ア-4-2：フォトニックフロー経路制御技術の開発（日本電気(株)）

課題イ：低消費電力・低遅延高機能光電子融合型パケットルータの応用技術の研究
開発（大阪大学）

(6) これまで得られた研究開発成果

		(全体) 212 件	(当該年度) 42 件
特許出願	国内出願	38	9
	外国出願	6	2
外部発表	研究論文	24	6
	その他研究発表	130	22
	プレスリリース	2	1
	展示会	12	2
	標準化提案	0	0

具体的な成果

(1) 課題ア-1：100Gbps(25Gbps×4)及び100Gbps/λ級に向けた、各サブシステム技術の開発

前年度までに開発した様々な光デバイス/光電子集積回路を用いて「ラベル処理サブシステム」、「光スイッチサブシステム」、および「光電子融合型バッファサブシステム」をそれぞれ作製し、100 Gbps 光パケットを用いた各サブシステムの動作検証とサブシステム間の連携動作を評価した。

(2) 課題ア-2-1：極低消費電力集積ナノデバイス技術の開発

前年度立ち上げた集積技術である直接接合とCMPを用いてフォトニック結晶レーザをシリコン基板上に集積した。30 マイクロアンペアの低しきい値で動作することを確認し、本手法の有効性を確認した。さらに、InP 薄膜を直接接合で形成した後に活性層の成長を行い約 30%のフォトルミネッセンス強度の劣化で成長できることを明らかにした。

(3) 課題ア-2-2：高速スイッチ技術の開発

平成 27 年度は、光モードスイッチの電流注入動作実証、および 128ch 以上の拡張性を中心に検討を進めた。電流注入による世界初のモードスイッチング(60mA)、偏波無依存動作、及び 40ns 程度の動的スイッチング及び 1200ns 以上の

状態保持等、光モードスイッチの動的動作を実証した。併せて、128ch 以上の高集積化構成方法を確立すると共に、高集積化のために必要な MCF との直接結合（注：ファンイン・ファンアウトデバイスを介さずに、デバイス出力を直接的に MCF へ結合）を実験的に実証した（結合損失 9dB）。

(4) 課題ア - 3-1：光電子融合型パケットルータの最適構成

光電子融合型パケットルータを用いたデータセンタネットワーク向けネットワーク構成について評価を行った。その結果、帯域の不足が発生せずにサーバ 10 万台規模の大規模なデータセンタを構成することが可能であることと、そのためには、各サーバラックから複数の光電子融合型パケットルータに接続することが必須であることを確認した。

(5) 課題ア - 3-2：プリプロトタイプの作製と基本動作実証

ア-1 で開発を行った「ラベル処理サブシステム」、「光スイッチサブシステム」、および「バッファサブシステム」を統合/連動した光電子融合型光パケットルータの 6x6 プリプロトタイプを作製した。さらに、複数台のプリプロトを作製し、トラス型データセンタネットワークを構築した。Dプレーン/Cプレーンの動作検証を実施し、新たに提案した OCS/VOCS 技術を用いたフォトニックフロー転送技術の優位性を検証した。

(6) 課題ア - 4-1：フォトニックフロー転送制御技術の開発

Express path 設定下でのパケット周回防止策および仮想化光パス設定法を提案し、OPS と OCS の共存・高性能化をシミュレーションによって明らかにした。また光符号 x 波長数 x 直交偏波の 3次元フォトニックラベルにより、従来の倍の 2000 程度のラベルの生成・識別実験に成功した。

(7) 課題ア - 4-2：フォトニックフロー経路制御技術の開発

データセンタを模擬した環境で、データセンタネットワーク消費電力を半減させる仮想マシン（VM）制御手法を確立した。また、光電子融合型パケットルータをデータセンタネットワークに導入するために必要な機能を持つネットワークコントローラの開発し、光電子融合型パケットルータの制御を実証した。

(8) 課題 イ：低消費電力・低遅延高機能光電子融合型パケットルータの応用技術の研究開発

仮想ネットワークの收容個所を高速に計算する発見手法を提案し、電子融合型パケットルータ 100 台規模のネットワークにおいても、パス 1 本の埋め込み位置の計算を 0.5 ミリ秒以下で行うことができることを確認した。さらに、仮想化されたネットワーク機能の埋め込みに光電子融合型パケットルータを活用する方針についても提案した。