

# 平成25年度「光統合ネットワークの管理制御およびノード構成技術に関する研究開発」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 ルネサスエレクトロニクス株式会社(幹事会社)、富士通株式会社、国立大学法人大阪大学
- ◆研究開発期間 平成22年度から平成25年度(4年間)
- ◆研究開発費 総額875百万円(平成25年度 197百万円)

## 2. 研究開発の目標

飛躍的に高いスイッチ能力と省電力性を持つ基幹ネットワークを構築する上で不可欠となる、多波長光パケットヘッダの高速処理技術、光信号の安定化処理技術を確立する。これらの処理技術にもとづく多波長光パケット交換、および、光パス交換の2つの光交換技術を統合した光統合ネットワークの制御技術を確立し、情報通信研究機構整備による光交換基盤技術の実証基盤施設を用いた実証試験により技術の安定性を検証する。

## 3. 研究開発の成果

テーマは下記に大別。

- ①省電力で100Gbps性能を有するパケットヘッダ電子的処理
- ②光パケットレベル制御型光プリアンプ技術
- ③光パケット・光パス統合ネットワークの制御技術

①では

- ・省電力、高速でパケットヘッダ処理をする検索エンジンLSIおよび統計メモリLSIの開発とそれらLSIを駆動する電子回路の開発を行い、NICT保有の光パス・パケット評価システムで光パケット交換実験に成功した。検索性能は125Gbpsと当初目標の100Gbpsを上回って達成している。
- ・検索エンジンLSIの省電力メモリコントローラとネットワーク全体をコントロールするための統計情報を省電力で蓄積するLSI制御回路をボード上で実証した。
- ・今後の検索長拡大等の技術展開のために検索エンジン、統計メモリLSIを実装したデバッグボードの製作及び、ファームウェアと統計情報機構の開発を行いその動作を確認した。

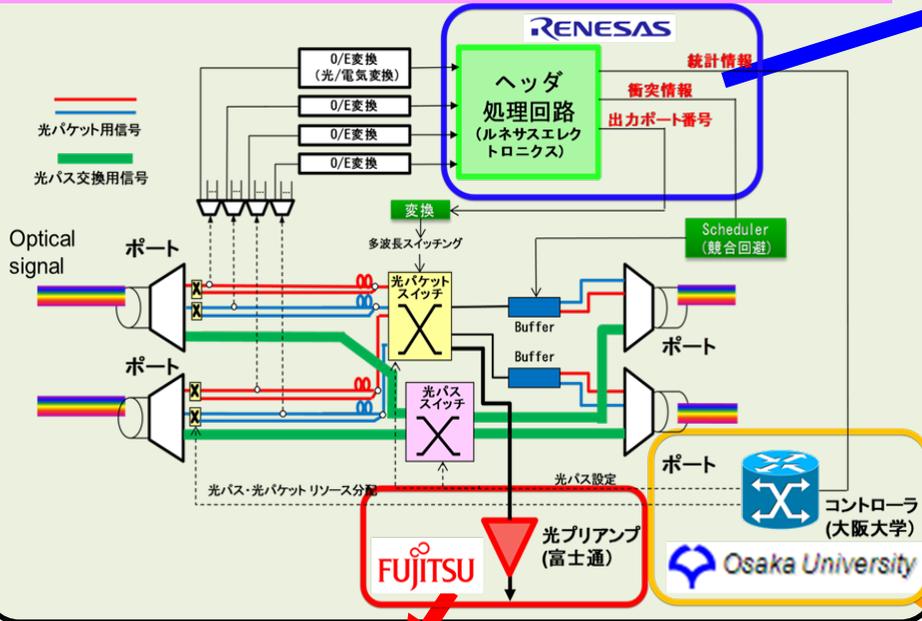
②では、

- ・4アレイ集積半導体光増幅(SOA: Semiconductor Optical Amplifier)モジュール内の4素子を同時に通電した長期駆動試験(1.400時間以上)において、各素子の利得の低下は見られず、安定に動作することを確認した。
- ・集積SOAモジュール内の4素子を同時に駆動しても安定動作可能な4アレイ集積SOAモジュールを用いた光パケットレベル制御型光プリアンプを試作し、レベルが10dB異なる波長多重光パケット信号に対して、各波長の出力偏差を±1.5dB以内に制御するという目標を達成した。

③では、

- ・光統合ノード(NICT整備)と課題ア-1成果物を組み合わせた実験網を構築し、開発ソフトウェアを用いて実トラフィックの統計情報にもとづいた光パス網・光パケット網の切替実験に成功した。また、トラフィックを光パケット網から光パス網に切り替えることにより、スループットが著しく向上することを確認した。
- ・高精度な数学的解析手法を用いたリソース配分制御法を示し、動的波長割当可能な光統合ネットワークが、収容セッション数の変動に対して有効に作用することを計算機シミュレーションにより示した。

## 光統合ネットワークの管理制御およびノード構成技術



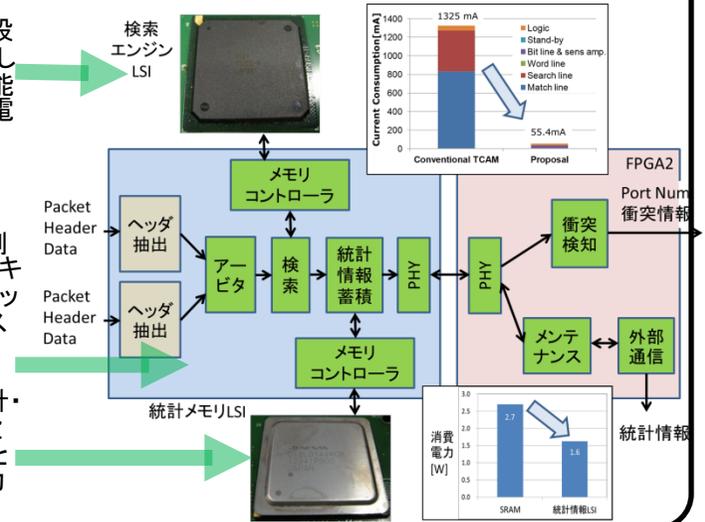
## アー1-1 省電力で100Gbps性能を有するパケットヘッダ電子的処理

・検索エンジンLSIおよび統計メモリLSIを駆動する電子回路の開発を行いNICT保有の光パス・パケット評価システムで光パケット交換実験に成功した。

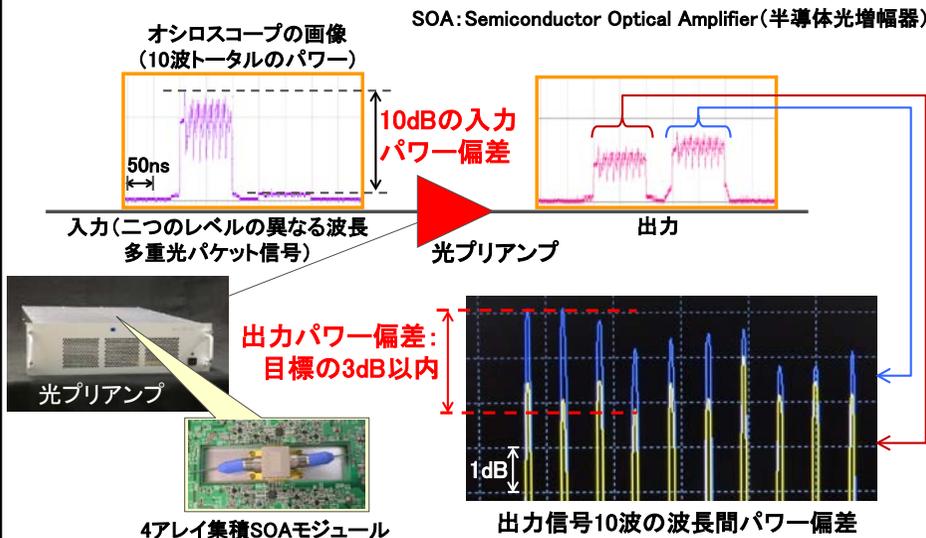
・検索エンジンLSIの設計・試作・評価を実施し設計目標どりの性能とTCAM比1/20の省電力を達成した。

・最長一致検索からルーティングテーブルまでを包括して管理制御する新しいLSIアーキテクチャを開発しパケット交換動作を実機テストにて実証した。

・統計メモリLSIの設計・試作・評価を実施し設計目標どりの性能とSRAM比3/5の省電力を達成した。

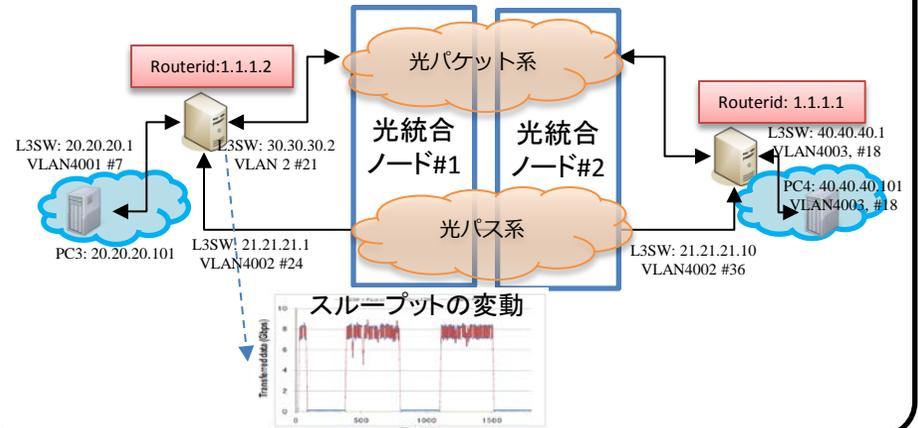


## アー1-2 光パケットレベル制御型光プリアンプ技術



## アー2 光パケット・光パス統合ネットワークの制御技術

・光統合ネットワーク制御に必要なソフトウェアを開発し、トラフィック統計情報にもとづく光パス網・光パケット網の切替実験に成功した。実験によりスループットが150Mbps→8Gbpsとなることを確認した。



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等,投稿中含む)

※成果数は累計件数と( )内のH25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
光統合ネットワークの管理制御およびノード構成技術に関する研究開発	11 (1)	5 (2)	5 (4)	18 (4)	2 (1)	3 (2)	0 (0)

5. 研究成果発表等について

(1) プレスリリース等一般社会への成果アピール

NICT研究チーム、NICT委託研究チームで光統合ノード実証実験に成功し、17203研究チーム(クラウドスコープテクノロジーズ)との産学官で、Interop2013,で発表・展示を行った。  
また光パケット交換実験に成功しその成果をNICT研究チームと連名で学会発表・プレスリリースを行った。(2014,3月)

(2) 国際会議で発表

ア-1-1 省電力で100Gbps性能を有するパケットヘッダ電子的処理(ルネサスエレクトロニクス)  
研究論文をIEICEに2件掲載。NICT研究チームと連名で光パケット交換実験結果を電子通信情報研究会で発表、また海外研究論文がIEEE ICC 2014に採択され発表予定。

ア-1-2 光パケットレベル制御型光プリアンプ技術(富士通)  
4アレイモノリシック集積半導体光増幅(SOA)チップ内の4素子を同時に駆動させることが可能なモジュールの放熱機構と、新たに低波長依存性レンズおよび光結合構造を開発してアレイ光結合部の波長依存性の大幅な低減に成功した研究成果に関する研究論文をIEICE Trans. Electron.に投稿し掲載された。

ア-2 光パケット・光パス統合ネットワークの制御技術(大阪大学)  
高精度な数学的解析手法に関する研究論文をIEEE/OSA共同刊行の国際論文誌JOCNに投稿し、掲載された。

## 6. 今後の研究開発計画

### 【アー1-1 省電力で100Gbps性能を有するパケットヘッダ電子的処理(ルネサスエレクトロニクス)】

今回の委託研究技術を応用した光パケット交換システムを組み込んだインターネットを高速かつ低消費電力で支える新しいLSIの開発を行って行く。特に今回の成果の中でも検索エンジンLSIの省電力性は著しいものである。一方検索技術はインターネット社会・IoT社会では必須かつ偏在する技術であり、特にここに注目した下記研究・開発活動を推進していく計画である。これらを今回開発したデバグボードを活用し下記研究開発を継続していく。

- ・IPv6インターネットへの応用・実用化をにらみ、宛先検索長の拡張ならびに経路情報の効率的な集約による一層の省電力化の検討
- ・今回開発した検索技術のネットワーク分野以外(車載ネットワーク、産業ネットワーク等)での応用の検討

### 【アー1-2 光パケットレベル制御型光プリアンプ技術(富士通)】

- ・波長数変動する多波長光パケット信号のレベル制御を実現する方法に、最大波長数と同数のSOA素子で波長毎にレベル制御を行う方法が考えられ、これを一つの集積SOAモジュールで実現することを目標に、より集積度を高めたアレイ-モノリシック集積SOA素子とそのモジュール技術の開発を進める。
- ・委託研究で得た成果の出口の一つとして、実用化が進んでいる光アクセス、特に、PON(Passive Optical Network)システムへ適用していくことを検討する。現行よりも10倍高速な10G-PONシステムが標準化されており、本委託研究で開発した技術は10G-PONシステムを長延化・多分岐化する際の光パースト信号用の光増幅器に適していると考えており、製品適用を含めて検討していく。

### 【アー2 光パケット・光パス統合ネットワークの制御技術(大阪大学)】

- ・標準化・製品化のサポートを狙いとした研究開発を継続して推進していく。具体的には、光統合ネットワークにおける光パケット・光パス切替に用いるソフトウェアの改良に取り組む。特に、光統合ネットワークの利用促進、導入を推進するためには切替時間の短縮が必要であると考えており、高速動作に向けた改良を加える。
- ・研究成果については、これまでと同様IEEE系の国際会議、国際論文誌に発表を行い、学術面での貢献を継続していく。