

論文の内容の要旨

| | |
|-------|--|
| 論文題目 | A Fully Optical Ring Network-on-Chip with Static and Dynamic Wavelength Allocation |
| 学位申請者 | Cisse Ahmadou Dit Adi |

VLSIの集積度向上に伴い、VLSIチップ上に搭載されるプロセッサコア数も増加を続け、近い将来には数十以上のコアが単一チップに集積されるといわれている。このような背景から、チップ上でメニーコアを相互結合するネットワークオンチップ (NoC) が必須となり、NoCも高性能・低消費電力であることが求められる。

本論文は、シリコンフォトニクスを導入してNoCを構成することを前提に、(1) 電子-光ハイブリッドNoCにおける通信チャンネルセットアップ時間の短縮、(2) 電子制御クロスバススイッチと光リングネットワークによるハイブリッドNoCの提案、(3) 光NoCにおける柔軟かつ高性能な通信チャンネルへの静的/動的波長割り当て方式の提案と評価、について述べる。

第1章では、本研究の背景と目的を明らかにする。

第2章では、NoCの要素技術としてシリコンフォトニクス素子について述べた後、NoCの関連研究をサーベイする。シリコンフォトニクス技術を導入したNoCとして、電子-光ハイブリッドNoCおよびオール光NoCに関する研究動向を概観すると共に、光波長分割多重 (WDM:Wavelength Division Multiplexing)を用いる場合の通信チャンネルへの波長割り当て方式を静的なものと動的なものに分類する。

第3章では、電子-光ハイブリッドNoCにおける回線交換型の光通信チャンネルセットアップ時間を短縮する方式を提案、評価する。一般的な電子-光ハイブリッドNoCでは、電子ネットワーク上で通信元ノードから宛先ノードへ制御メッセージを送信し、その間の光通信チャンネルを設定する。したがって送受信ノード間距離が大きくなると、光通信チャンネルの設定に時間を要する。そこで、電子的な制御メッセージの通信に予測スイッチング方式を導入する。予測スイッチングは、電子ネットワークにおける通信遅延を削減する効果を有する。ネットワークシミュレータを用いた実験の結果、光通信チャンネルセットアップに予測スイッチングを導入することにより、ゼロ負荷通信遅延の削減とネットワーク飽和容量を大きく改善できることを示す。

第4章では、電子制御クロスバススイッチと光リングネットワークで構成する新しいハイブリッドNoC（以降、OREXと呼ぶ）を提案する。OREXは、チップ上の全コアを直結する電子制御クロスバススイッチに光リングネットワーク上のWDMコントローラを内蔵し、光通信チャンネルの波長割り当てを動的に実現する。また、一つの導波路で64波長が使用可能な場合に、全波長を単一メッセージの通信チャンネルに割り当てる場合と複数のメッセージに分割して割り当てる場合についても考察する。シミュレーションの結果、OREXは先行研究で提案されたトーラス型のHPTNoCに比べて約20%の消費エネルギー削減と約5倍の通信バンド幅を達成することを示す。

第5章では、電子制御ネットワークを用いずに、光通信チャンネル設定も光ネットワーク上の調停で実現するオール光リングNoC（以降、FORNoCと呼ぶ）を提案する。また、光通信チャンネルの波長割り当てに、静的に実現する方式と動的に実現する方式を組み合わせることを提案、評価する。

第6章では、第5章で提案したFORNoCを他のNoCとハードウェア量、消費エネルギー、通信性能の観点で比較する。コスト第4章で提案したOREXと第5章で提案したFORNoCをシミュレーション実験の結果、FORNoCは第4章で検討したOREXと比較して1/2以下の消費エネルギーで同等の通信性能（平均遅延とバンド幅）を達成することを示す。

第7章では、本研究で得られた成果について総括し、今後の研究課題について述べる。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 CISSE AHMADOU DIT ADI

審査委員主査 吉永 努

委員 長岡 浩司

委員 植野 真臣

委員 多田 好克

委員 大坐島 智

本論文は、シリコンフォトニクスを用いたネットワークオンチップ (NoC) に関し、光通信チャネルセットアップ時間の短縮法、電子制御クロスバススイッチと光リングネットワークによるハイブリッド構成法、オール光NoCにおける柔軟かつ高性能な通信チャネルへの静的/動的波長割り当て方式を提案し、シミュレーションによる評価によって、提案手法の有効性を示している。

第1章では、本研究の背景と目的を明確にしている。

第2章では、NoCの要素技術と関連研究をサーベイした後、シリコンフォトニクス技術を導入したNoCに光波長分割多重 (WDM) を用いる場合の通信チャネルへの波長割り当て方式を静的なものと同動的なものに分類し、コスト性能比に優れた光NoC設計の条件を整理している。

第3章では、電子-光ハイブリッドNoCにおける回線交換型の光通信チャネルセットアップ時間を、従来方式よりも短縮する方式を提案し、実験による提案手法の有効性を示している。具体的には、光通信チャネル設定に必要な電子的制御メッセージ通信に予測スイッチング方式を導入することにより、従来方式に比べゼロ負荷通信遅延の削減とネットワーク飽和容量を大きく改善できることを示している。

第4章では、電子制御クロスバススイッチと光リングネットワークで構成する新しいハイブリッドNoC (OREXと呼ぶ) を提案し、シミュレーションによって先行研究の構成法と比較している。実験の結果、OREXは先行研究におけるNoC構成法に比べて約20%の消費エネルギー削減と約5倍の通信バンド幅を達成することを示している。

第5章では、オール光リングNoC (FORNoCと呼ぶ) を提案すると共に、静的/動的波長割り当て法を考案し、第6章においてFORNoCをハードウェア量、消費エネルギー、通信性能の観点から評価している。シミュレーション実験の結果、FORNoCがOREXと比較して1/2以下の消費エネルギーで同等の通信性能 (平均遅延とバンド幅) を達成することを示している。

第7章では，本研究で得られた成果について総括し，今後の研究課題について述べている．

以上，本論文はシリコンフォトニクス記述を用いたNoCの構成についてコスト性能比，及び省エネルギーとなる方式を新たに提案し，次世代メニーコアチップ実現のための有望なネットワークアーキテクチャを示した．その成果は，NoCアーキテクチャ分野で高い新規性と有効性を有すると認められる．よって，博士(工学)学位論文として十分な価値を有するものと認める．