

「情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術」  
平成19 年度採択研究代表者

西川 博昭

筑波大学大学院システム情報工学研究科・教授

## 超低消費電力化データ駆動ネットワークシステム

### § 1. 研究実施の概要

本研究は、プラットフォームとネットワーク方式の双方に、本来的に通信処理に適する受動的なデータ駆動原理を活用した、超低消費電力化データ駆動ネットワークシステムの実現をめざしている。平成19年度は、基本要件条件を検討するとともに、国内外の有識者を招聘し、キックオフワークショップを通じて客観的な外部評価を受けた。平成20年度は、ネットワーク方式では、ネットワークシミュレーションを通じて、相手発見方式および認証方式の制御トラフィックを大幅に削減できることを示した。プラットフォームでは、チップマルチプロセッサが過負荷に陥らない限り、実行時間ならびにスループットが最適に実現される UDP/IP 処理のデータ駆動型実現が可能であることを明らかにした。また、自己同期型エラスティックパイプラインの VLSI 実現法を検討し、供給電力極小化方式の見通しを得た。

平成21年度は、ネットワーク方式では、相手発見方式、認証方式の精緻化を進めるとともに、放送型情報転送方式の効率化の検討を開始し、ネットワークシミュレーションにより、トラフィックの削減の見通しを得、特許出願した。また現実の NIC カードを元に、実際の電力としての削減効果の見積もりを進めた。プラットフォームでは、既存データ駆動・制御駆動ハイブリッド型チップマルチプロセッサである CUE-v3 アーキテクチャを見直し、データ駆動型同時並行実行とインライン実行のより低消費電力化を可能とする環状パイプライン構成を検討した。また、環状自己同期型エラスティックパイプラインの試作チップを LSI 開発し、現在、パイプラインステージ毎の細粒度パワーゲーティングの効果について実験的検討を続けている。

平成22年度は中間評価に向けて、具体的アプリケーションとして災害時に緊急に必要とされるネットワーク環境を取り上げ、これまでの検討結果を総合して、垂直統合的に電力削減効果を定量的に検討し、超低消費電力化データ駆動ネットワークシステムの有用性を明示するとともに、

最適電力供給方式の実現法を統合的に検討する予定である。

## § 2. 研究実施体制

### (1)「筑波大学」グループ

① 研究分担グループ長: 西川 博昭 (筑波大学大学院、教授)

#### ② 研究項目

データ駆動ネットワークシステムのチップマルチプロセッサ (CMP) アーキテクチャ

- コアプロセッサの開発
- チップマルチプロセッサの開発
- 超低消費電力化データ駆動ネットワークシステムの CMP の評価

### (2)「高知工科大学」グループ

① 研究分担グループ長: 岩田 誠 (高知工科大学、教授)

#### ② 研究項目

チップマルチプロセッサ向き自己同期型エラスティックパイプライン

- データ転送制御回路群の定式化
- 可変速度パイプライン機構の開発と基礎評価
- 超低消費電力化データ駆動ネットワークシステムの自己同期型エラスティックパイプラインの開発と評価

### (3)「東海大学」グループ

① 研究分担グループ長: 石井 啓之 (東海大学専門職大学院、教授)

#### ② 研究項目

超低消費電力化データ駆動ネットワークシステムのネットワーク方式

- アドホックネットワーク上の効率的情報発見方式の開発
- アドホックネットワークの情報損失低減転送方式の開発
- アドホックネットワークの相手認証方式の開発
- 超低消費電力化データ駆動ネットワークシステムのネットワーク方式の評価

## § 3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

本研究は、研究代表者らが研究開発してきた本来的に通信処理に適した受動的な動作原理を持つデータ駆動プロセッサ[1]が、今後のネットワーキング環境の超低消費電力化に有効であることを実証することを目的としている。

プラットフォームとして、従来技術より10分の1小さいエネルギー消費を実現する自己同期型エラスティックパイプラインによるデータ駆動チップマルチプロセッサを開発する[2],[3]。同時に、インフラの有無に関わらず通信機能を実現できるアドホックネットワーク技術に基づき、情報検索機能と高効率高信頼情報転送により従来の10分の1の超省エネルギーを達成するネットワーキング方式を開発する[4],[5]。さらに、プラットフォームからネットワーキング方式に到るまでデータ駆動原理を徹底して、システム全体の低消費電力化を進め、総体として現在の100分の1から数百分の1の超低消費電力化をめざしたデータ駆動ネットワーキングシステムを最終的に開発する予定である[1]。

本研究の主要な目的である低消費電力化については、プラットフォームにおける同一の環状パイプラインを用いて、データ駆動型同時並行実行とインライン実行を可能とするコアプロセッサアーキテクチャ、ならびに、チップマルチプロセッサ向き自己同期型エラスティックパイプライン方式などによる待機時・稼働時消費電力の極小化、ネットワーキング方式におけるインフラストラクチャに頼らないアドホックネットワーク上のトラフィックの抑制による効果ならびにこれらプラットフォームとネットワーキング方式の相乗効果などを定性的かつ定量的に評価することを目標とする。

プラットフォームの研究では、インライン実行機能を採用したデータ駆動・制御駆動ハイブリッドプロセッサをチップマルチプロセッサコアとして、低消費電力化の観点から最適化し、チップマルチプロセッサ向き自己同期型エラスティックパイプライン方式を用いて実現する。ネットワーキング方式の研究では、緊急時に速やかにインフラを必要としないアドホックネットワークを構築し、利用者や必要情報の発見を行った上で、情報経路の多重化により、安心して安全な超低消費電力化通信環境を提供するネットワーキング方式を確立する。

また、我々の研究分野に関する特別セッションが国際会議(PDPTA'09)に採択され、国内外の有識者を交えて、本プロジェクトの進め方、テーマ設定等について発表し議論した。

## § 4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

#### ●論文詳細情報

- [1] 西川博昭, 富安洋史, 青木一浩, 水野修, 末田欣子, チャウ チーオン, 宇津圭祐, 石井啓之, “アドホックユビキタス通信環境向きデータ駆動ネットワーキングシステム”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J92-B, No.7, pp.1003-1014, 2009年7月.
- [2] 三宮秀次, 大森洋一, 酒居敬一, 岩田誠, “自己タイミング型パイプラインシステムの性能見積りモデル”, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J92-A, No.7, pp.477-486, 2009年7月.
- [3] Kazuhiro Komatsu, Shuji Sannomiya, Makoto Iwata, Hiroaki Terada, Suguru Kameda, Kazuo Tsubouchi, “Interacting Self-Timed Pipelines and Elementary Coupling Control Modules”, IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E92-A, No.7, pp.1642-1651, July 2009.

[4] 宇津圭祐, 石井啓之, “ユーザ指向の最適インターネットサーバ選択法とダウンロード時間予測に関する検討”, 電気学会論文誌 C 分冊 129 巻 10 号, pp.1914-1922, 2009 年 10 月

[5] 宇津圭祐, 石井啓之, “アドホックネットワークにおけるストリーミング配信向き負荷感応フラッグディング”, 電気学会論文誌 C 分冊 130 巻 8 号 (採録決定).

#### (4-2) 知財出願

① 平成21年度特許出願件数(国内 1件)

② CREST 研究期間累積件数(国内 2件)