

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：超低消費電力メディア処理 SoC の研究

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名 (研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)：

研究代表者

後藤 敏(早稲田大学大学院情報生産システム研究科 教授)

主たる共同研究者

栗島 亨(ルネサスエレクトロニクス株式会社 SOC 第一事業本部 チームマネージャ)(平成 22 年 4 月～平成 23 年 3 月)

本村 真人(日本電気株式会社システム IP コア研究所 研究部長)(平成 21 年 10 月～平成 22 年 3 月)

3. 研究実施概要

本研究課題では、超低消費電力メディア処理 SoC の実現のため、画像、暗号、誤り訂正符号の各方式の最適な分担およびアルゴリズム最適化手法、さらにはハードウェア・ソフトウェア実装最適化手法の融合によって、従来技術と比較して 1/100 の電力削減を図ることを目標に掲げて研究を進めた。その結果、

(1)方式・アルゴリズムレベルでは、メディア処理で最も計算量を必要とする画像圧縮問題に取組み、画像の動きを予測し、必要な演算量に応じてプロセッサの周波数を動的に変化させる方式を考案してマルチコアシステム上に実装し、監視系システムへの応用において消費電力を平均 46%、最大 78%削減することができた。また、TV 会議では RoI(Region of Interest)方式を導入し、RoI(顔)の領域を精度よく検出・圧縮することにして、RoI 以外の部分の品質は落とし、RoI 部分は高品質に保つ手法を取り入れることでエンコーダの演算量を平均で 76%削減した。更に、画像センサー向け移動物体追跡に関して、KLT Tracker の並列処理アルゴリズムを IMAP CAR 上に実装した。その結果 640×240 の画像を 30fps で処理でき、PC 比で大幅な電力性能向上を確認した。

(2)チップ試作では、動画像符号化／復号化、誤り訂正符号、暗号を対象にLSIを試作し電力消費を大幅に削減した。動画像符号化ではハイビジョン(H.264)対応のエンコーダLSIを開発し、過去の最良なものと比較し約 50%の電力削減を行った。動画像復号化に関しては4096x2160 対応(H.264)デコーダLSIを試作し、従来比で約 60%の電力削減を確認した。誤り訂正符号ではLDPC方式を対象にしたLDPCデコーダLSIを開発し、従来比で約 90%の電力削減が行えた。また暗号ではAES暗号LSIを開発し、約 50%の電力削減を確認した。

(3)ハードウェア指向設計では乗算器や除算器を含むデータパスの電力の最適化手法、クロック信号を含めて使用されていない回路部分の電力をゲーティングする方式の最適化と微細プロセスにおける評価、高位レベルでの電力最適化のためのスケジューリング、シェアリング手法の詳細化、電源電圧最適化による低消費電力フロアプラン、ネットワークオンチップ(NoC)の低電力化、プロセッサコアの低電力化により、全体として約 50%の電力削減ができた。

(4)ソフトウェア指向設計ではマルチメディア用途向けプロセッサを開発、その上に搭載されるソフトウェアによって低消費電力化を図ることを目指した。とりわけ高速な H.264/AVC エンコーダの画面内予測手法を提案、VLIW 型プロセッサ上で並列処理実現手法を実現することで消費エネルギーを最大 75% (平均 62.88%) 削減することに成功した。

(5)ルネサスグループ(旧 NEC グループ)では、早稲田大学グループで開発された人物検出のための低演算量画像認識アルゴリズムを STP 搭載組込プラットフォーム XBridge へ実装し、XBridge 評価ボードによる電力評価を実施した。デスクトップ PC(Core2Duo@3GHz)上にも同じアルゴリズムをソフトウェアとして実装し電力評価を実施した。双方のプラットフォームで画像 1 枚の人抽出処理に要する消費エネルギーを比較した結果、消費エネルギーで比較した場合には XBridge は全体で 97.6%削減、またプロセッサ部分だけの消費エネルギーで比較した場合には 96.5%の削減を達成した。

メディア処理は様々な応用分野があり、かつ応用に特化した基盤技術があるため、全体を通しての消費電力化をシステムとして実現し評価することは難しいが、5年前のプロジェクト開始時に得られた最良の結果と比べて、以下のように結論できるとしている。

(1) 画像圧縮システムでは開発した独自の圧縮アルゴリズムをクロック周波可変なマルチコアシステム上にソフトウェアで実装したものでは、消費電力を約78%まで削減できた。本プロジェクトで開発したエンコーダLSIは従来比で50%、デコーダLSIでは60%の電力が削減できたことから、ハードウェア化を行うことで、画像圧縮システムでは、従来比で約1/10まで電力を削減できたと言える。

(2) 画像圧縮・伸長、暗号、符号化というマルチメディアの一連の処理を行った場合、画像圧縮・伸張処理が全体の9割を占めることから、暗号や符号化がそれぞれ50%、90%の電力削減ができたことを考慮すると、メディア処理全体で、約1/10に電力削減ができたと言える。

(3) 低電力基盤設計として開発したクロックゲーティング、パワーゲーティング、フロアプラン、高位設計、NoCの各設計技術は、部分的に組み込むことで低消費電力化を実証した。全てをメディア処理全体に組み込んだ実証はできなかったが、もし組み込んだシステムが稼働すれば、約1/10が更に1/20まで削減できると予想される。

(4) 特定の応用問題である人物検出では、独自のアルゴリズムを動的再構成プロセッサに実装することにより、消費エネルギーでインテルプロセッサと比較し、約1/40まで削減でき、アルゴリズムでの削減効果を加味すると約1/100の削減ができたと言える。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

メディア処理において、画像品質を劣化させない範囲で画像圧縮・伸長処理、誤り訂正符号処理、暗号処理に要する演算量を削減する方式・アルゴリズムの工夫、データパス最適化やクロック・ゲーティングなどのハードウェア設計上の工夫、並列処理などのソフトウェア設計上の工夫など、アルゴリズムからチップ設計までの様々な側面で低消費電力化の検討を行い、それぞれ試作チップの測定評価によってその電力削減効果を示したもので、その成果には実用性もあり、高く評価される。それぞれの試作チップの評価結果を含む多数の論文が著名な国際論文誌や国際会議で発表され、それらの多くは高い評価を受けている。当初に計画した個別の研究項目のほとんどにおいて、研究開始当時の技術レベルと比較して優れた電力削減効果を示しており、研究目標は概ね達成されたと言える。また、社会還元促進の趣旨からルネサスなどと連携して実チップにおいてもその効果を具体的に示したことも高く評価される。

一方、5年間に渡る研究の成果がこれらの個別項目の成果の集合体として提示されたままに留まり、個別成果を統合的かつ普遍的な形に昇華させる努力がなされなかったことは残念である。メディア処理の超低消費電力化を実現するために一貫性のある高位のシステム設計思想あるいは設計方法論の構築を期待したが、今後の新しい展開に繋げる道筋が十分示されなかったことが悔やまれる。個別の項目に関しては優れた成果が多数の論文によって発表されているので、研究期間終了後の早い時期に、これらの成果をまとめた統一的な設計論の展開が望まれる。

また、研究内容がメディア処理の低消費電力化という極めて具体的で実用的なテーマであり、従来技術と比較して優れた電力削減効果を示す成果が得られているにも関わらず、特許出願が全くされていないのは本領域の趣旨に照らして不適切と言わざるを得ない。国際学会での論文発表は多数なされており、社会還元促進事業として企業との連携も行われているのでその感を一層強くする。本戦略事業の重要な狙いの一つは我が国の産業競争力の強化にあることは繰り返し述べられているところであり、情報公開を優先したため意図的に知的財産化を行わなかったのは疑問が残る。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

現在の情報処理応用分野において重要度が高いメディア処理において従来技術より優れた低消費電力化効果をチップ試作を通じて示した本研究の成果は産業社会へインパクトを与える可能性があり、高く評価できる。個別技術項目に関する限り戦略目標への貢献も大きいと認められる。

一方で、個別技術の電力削減効果は評価しているが、それらを総合したシステム全体の電力削減効果の評価はされていない。システム全体の統合的な設計論と設計指針を示し、その電力削減効果を示す努力がなされ

ば、産業へのインパクトは大きく、今後の展開に大きな期待が持てると思われる。

4-3. 総合的評価

本研究は、メディア処理における画像、暗号、誤り訂正符号のアルゴリズム最適化手法とハードウェア・ソフトウェア実装最適化手法の融合によって、従来技術と比較して1/100の電力削減を図ることを目指したもので、今後の展開につながる統一的なシステム設計論が示されなかったことにやや期待はずれの感はあるが、個別の要素技術の成果には優れたものが多く、研究目標は概ね達成されたと評価できる。論文発表件数も多く、学会からも高い評価を受けている。メディア処理は重要な応用分野であり、産業へのインパクトもあると思われる。

なお、本研究課題は実用的なテーマであるにもかかわらず、特許出願が全くなされていないことには疑問が残る。我が国の産業競争力の強化を狙いの一つとする本領域の趣旨に照らして、成果の知的財産化に関する方針を見直されるよう強く望む。