

動作周波数が低くても超高速なメニーコアを製品化

50MHz 動作時に 160fps での画像認識処理を実現

株式会社トプシステムズは、自動運転やロボットに活用が期待される、50MHz 動作でも毎秒 160 枚の Full-HD 画像に対する画像認識処理が可能な超高速なデータフロー型の処理を得意とする SMYLEvideo (Gen-2) メニーコア (注 1) を製品化しました。

メニーコアは、マイクロプロセッサの発展におけるブレークスルーとして注目されており、画像の描画処理では GPU が 256 コアを集積することで CPU を超える高い性能を達成している一方で、適用できるアプリケーションが限られています。特に、カメラからのリアルタイム画像に対し、組込み可能な低消費電力で高速に画像認識処理をすることは困難でした。

今回、データフロー型の分散並列処理と独自特許技術の活用により、メモリアクセス量を汎用 CPU の 1/280 に削減するとともに、コア間の通信や同期に要する時間とエネルギーを最小限に抑えることで、8 コア構成で 50MHz という低い動作周波数で消費電力を抑えつつも 160fps での超高速画像認識処理が可能なメニーコアを開発し製品化しました。

これにより、自動運転などに用いられる移動物体検出を行う東京大学上條研究室のアプリケーションソフトにおいて、Intel 社の Core i7 2.6GHz に比べて、52 分の 1 の動作周波数でありながら、約 4 倍の処理速度を達成しました。

なお、本技術は SMYLEvideo(Gen-2)メニーコア IP として提供するとともに、トプシステムズの提唱する超高性能画像認識システム「Intelligent Eye」(注 2) に活用していきます。

本技術のプロトタイプについては、2015 年 12 月 2 日から 5 日に東京ビッグサイトで開催された技術展「国際ロボット展 (iRex 2015)」にて展示しました。

注 1 : SMYLEvideo(Gen-2) メニーコア

トプシステムズ社の開発したデータフロー型の並列処理を得意とし、高度な並列処理を効率よく実行可能な新しいタイプのメニーコア・プロセッサ。コア数を増加することで、ほぼリニアに性能を向上可能なため、ローエンドからハイエンドまでスケラブルな応用が可能な新世代の計算プラットフォーム。

注 2 : Intelligent Eye

トプシステムズ社の提唱する超高性能画像認識システム。自動運転やロボットなどのコンピュータの眼として、超高速の 3D 物体認識など人の眼や脳の視覚野を超える機能の実現を目指しています。

■ 開発の背景

コンピュータや電子機器の中核技術であるマイクロプロセッサの分野においては、2000年に入って動作周波数の向上が頭打ちになり、動作周波数の向上に頼ることなく、並列処理を活用しコア数を増やすことで処理速度の向上が可能なメニーコア技術が注目されています。

特に自動運転やロボットにおいては、カメラに映される膨大な量の時系列画像に対するリアルタイム（実時間）での画像認識処理が必要とされているが、認識処理の高度化に伴って、必要な計算量はPC数十台分から数百台分にもなる。そのため、高速化と低消費電力化を両立するメニーコアが必要とされている。

そのようなメニーコアの実現により、カメラモジュールへのメニーコアの内蔵によるカメラのインテリジェント化（ヒトの眼や大脳の視覚野の機能の代替）が可能となり、新たな価値の創造やビジネス領域の開拓につながることを期待されています。

■ 課題

メニーコアは、動作周波数の向上に頼らずに、並列処理を活用してコア数を増やすことで処理速度を向上する強力な手法であり、マイクロプロセッサ発展のブレークスルーとして注目されていますが、現状ではGPUに代表されるように、データ並列性が高い画像処理や科学技術計算などで、且つ消費電力が比較的高くても許容できる限られたアプリケーションにしか有効に適用できていません。

特に、自動運転やロボットなどコンピュータ・ビジョン・システムに搭載されている画像センサーから取得される時系列画像に対する認識処理は、連続する画素データだけでなく特徴量などの離散的なデータに対する効率の良い並列処理を実現することは困難でした。

■ 開発した技術

トプスシステムズ社は、NEDO「グリーンITプロジェクト」で開発したメニーコア・アーキテクチャの基本的課題を解決するZOMP技術（コア間のデータ通信と同期のオーバーヘッドを解消する特許技術）を活用し、データフロー型の分散並列処理により、データ並列処理に加えて、パイプライン並列処理やタスク並列処理を組み合わせた高度な並列処理を効率よく実行できるメニーコアを開発しました。

これにより、離散的なデータ処理も効率よく扱えるようになり、動作周波数が低く抑えて低消費電力でありながら、超高速の画像認識を実現しました。

プロセッサ間通信のオーバーヘッドの削減およびメモリアクセスの削減により、プロセッサ・コア数を増やすことで、ほぼリニアに性能を向上できるという、高いスケーラビリティを実現しています。

開発したメニーコア技術は、以下の各技術を適用するものです。

1. データフロー型のパイプライン並列処理（ZOMP 技術を含む）

人間の脳の内部での処理と同様に、各機能が入力されたデータに基づいて処理を行い、処理の結果が次の機能に順次に渡され、連鎖的に動作し、全体としてパイプラインで動作することにより並列処理を実現する。この時、各機能間でのデータのやり取りに必要な同期に要する遅延時間（オーバーヘッド）が従来のコンピュータシステムでは大きいですが、トプスシステムズではこれを ZOMP(Zero Overhead Message Passing)技術により、ゼロにしている。

SMYLEvideo(Gen-2)は、ZOMP 技術を搭載することで、オーバーヘッドが無く効率の高い並列処理を実現している。

2. 高機能命令

一般的なマイクロプロセッサである RISC プロセッサでは、1 命令で 1 演算を 1 サイクルで処理するが、SMYLEvideo(Gen-2)のプロセッサ・コアに搭載する高機能命令では、1 命令で数 100 演算を 1 サイクルで処理している。

3. 大容量のレジスタファイル

一般的なマイクロプロセッサは、メモリに保存されているデータを、コア内の比較的小さな容量のレジスタファイルに移動してから演算処理をする。そのため、演算処理に必要なデータがレジスタファイルに入っていない場合には、メモリからレジスタファイルに転送する必要があり、時間が掛かる。SMYLEvideo(Gen-2)のプロセッサ・コアは、レジスタファイルを 4kByte と大容量化することにより、メモリとレジスタファイルの間の転送とそれに要する時間を削減している。

4. ストリーム処理

マイクロプロセッサは、メモリからレジスタファイルへのデータ転送が完了しなければ、そのデータを使用する演算処理を開始できない。ストリーム処理では、演算処理の実行中に、後続の複数の演算処理に必要なデータを纏めてメモリからレジスタファイルに転送しておくことにより、演算処理の開始待ち時間を無くしている。SMYLEvideo(Gen-2)のプロセッサ・コアは、演算処理の実行中に、メモリとレジスタファイル間での大量のデータ通信を行う機能を備えており、メモリアクセス待ちによる性能低下を抑えている。

5. コア間レジスタ共有

複数のマイクロプロセッサを活用するマルチコアやメニーコアでは、プロセッサ・コア間でデータの受け渡しをする時に、共有メモリに一旦レジスタファイル内のデータを転送する必要がある。トプスシステムズ社の開発したコア間レジスタ共有では、コア間でレジスタファイル内のデータを参照することができるため、コア間でデータを渡すための処理（エネルギーと時間）が不要になる。SMYLEvideo(Gen-2)は、コア間レジスタ

共有を搭載することで、メモリアクセスを削減した極めて効率の良いプロセッサ間通信を実現している。

6. データ並列処理

複数のマイクロプロセッサを活用するマルチコアやメニーコアでは、画像データのように複数データが連続する場合、複数のデータに対して同一の処理を同時に行うことにより処理時間を短縮するデータ並列処理を行う。SMYLEVideo(Gen-2)では、プロセッサ・コア内、及びプロセッサ・コア間の2つのレベルでのデータ並列処理を実現している。例えば、プロセッサ・コア内では32要素の8ビットデータに対するデータ並列処理(SIMD処理)が可能であり、また複数のプロセッサ・コアを用いて、画像データの一部を各コアに割り当てて処理することもできる。

■ 効果

自動運転などに用いられる車載カメラからの歩行者検出を行う東京大学上條研究室(注3)の時空間MRFアルゴリズムを用いた画像認識アプリケーションソフトにおいて、Intel社のCore i7 2.6GHzに比べて、52分の1の動作周波数(50MHz)でありながら、約4倍(160fps)の画像認識処理速度を達成しました。また、画像認識処理に必要なメモリアクセス量の1/280への削減を達成しました。

また、コア数を増やすことで、処理性能をほぼリニアに増加させることができるため、GP-GPUを遥かに超える高い性能を容易に実現するアーキテクチャとして、その応用が期待されます。

本技術により、メニーコア技術の適用できる範囲が自動運転やロボット向けのカメラモジュール等の小型で低消費電力が求められる画像認識システムにまで広がります。さらに、人による認識が困難な瞬時の物体の動きを高精度に認識できるようになることで、新たな応用が可能になります。例えば、Intelligent Eyeを活用して、監視カメラ自体が移された画像からリアルタイムに異常を高精度に検知したり、赤ちゃんや老人の様子を監視し異常を検知したりすることで介護支援を実現するなど、様々な分野でメニーコアの活用による高度化が期待されます。

■ 今後

トプスシステムズは、画像認識技術のさらなる高精度化・高機能化を進め、「Intelligent Eye」を実現するコア技術として、SMYLEVideo(Gen-2)メニーコアIPを販売します。また、SMYLEVideo(Gen-2)用のコンパイラVPPLに加えて、子会社であるCool Soft社より、ソフトウェア開発環境(CoolParallel SDE)を提供します。

また、次世代人工知能に特有のMassive Dataflowな処理の高度な並列化を容易にするプログラミング言語の開発を進め、データフロー型のメニーコアであるSMYLEVideo(Gen-2)アーキテクチャの活用により、ディープラーニングを初めとする高度な人工知能処理を高速に実行可能な画像認識システムを実現していきます。

■ 商標について

記載されている製品名などの固有名詞は、各社の商標または登録商標です。

以上