

実世界情報並列計算基盤の開発

大武 美保子[†] 田浦 健次朗[‡]

東京大学人工物工学研究センター・学術統合化プロジェクト (ヒト)[†]

東京大学大学院情報理工学系研究科[‡]

1. はじめに

実環境で頑健に動作する情報システムを構築するために、多岐にわたる情報科学技術の諸分野を融合する必要性が高まっている。我々は、平成 14 年度から 18 年度まで実施された、東京大学 21 世紀 COE「情報科学技術戦略コア」の中で、認識技術と並列計算技術を融合し、高精度およびリアルタイムの動画認識システムの開発に成功した。具体的には、並列計算ツールである GXP, MPICH, SCALAPACK を用い、リング状にネットワークしたクラスタでパイプライン処理するシステムや、大規模な行列計算を高速に行うシステムを構築し、高精度およびリアルタイムの動画認識を実現した[1][2]。このシステムにおいて、入力データは動画列であり、用いたアルゴリズムは、高度局所自己相関特徴抽出 (CHLAC) を用いたが、多様な入力データを扱い、任意のアルゴリズムを扱える共通計算基盤があれば、実世界情報システムを効果的に構築できると考えられる。本研究の目的は、これらのソフトウェアを出発点として実世界情報並列計算フレームワークを抽出し、異なる種類のデータを扱える新しいシステムを開発することを通じて、汎用の計算基盤の構築と応用例を示すことである。本稿では、ヒトを中心とする実世界情報システムの要求仕様と並列計算フレームワーク、これまで構築した実世界情報システムについて述べる。

2. ヒトを中心とする実世界情報システム

実世界情報システムは、情報システムと実世界とが密に結合し、その境界があいまいになった構造を持つ。ヒトの身体に近い境界を持つウェアラブルに、環境に溶け込むとユビキタスに、機械に埋め込まれるとロボットになる。いずれも、入力部、処理部、出力部より構成され、特に入力部と出力部が実世界に開かれている。入力部からの情報は膨大であり、かつ、時系列情

報である場合がほとんどである。このため、次々と入力される情報を効率よく処理する必要がある。

ヒトが介在する実世界情報システムにおいて、もっとも内部状態が明らかでないのは、ヒト自身である。人工物は、ヒトが作ったものであるため、仕様や状態が明確であるが、ヒトは自然が作ったものであるため、仕様や状態がもっとも不確かである。ヒトが快適に過ごす、あるいは、ヒトの内部状態を治療やトレーニングの目的で変化させる、といったことを目指す場合、ヒトをモニタリングし、内部状態を推定し、これに基づいて適切な働きかけをするフィードバック機能が必要とされる。

ヒトを中心とする実世界情報システムとして、1) ヒトの動きをカメラ計測し、動作と人物を判定するシステム[1][2]、2) ヒトの動きをモーションキャプチャシステムで計測し、ヒトの神経系シミュレータを駆動するシステム[3]、3) ヒトのボタン操作履歴から、ヒトの認知特性を推定するシステム[4]などを開発している。

3. 実世界情報並列計算フレームワーク

カメラからの動画入力を実時間リアルタイムに処理し、シーン中の人物の動作を認識するシステムを開発した[2]。これをもとに、フレームワークを抽出した。まず、開発したシステムについて述べる。カメラ画像から立体高次局所自己相関 (CHLAC) 特徴を抽出し、リングバッファ上に配置したグリッド計算機群上で高速の認識処理を行いリアルタイム (33ms) での動作認識を実現した。格闘ゲームに見立てて、1) ジャブ、ストレート、ローキック、ミドルキックの 4 動作を行うとそれに合わせて攻撃したような演出の画像が表示される。また、2) グリッド側での計算負荷がどのように分散されているかをグラフとしてリアルタイムに見ることができる。

動作認識処理の流れは、フレーム二値化差分処理、特徴抽出処理、判別分析の大きく三ステップより成り、このうち、フレーム差分処理と CHLAC 特徴抽出処理は、フレーム毎に並列化することができる。CHLAC 特徴抽出処理の並列化は、差分計算後の隣接 3 フレームを使って求める CHLAC 特徴の部分解を得ることができることを利

Development of Parallel Computing Platform for Real World Information Systems

[†] Mihoko Otake, Research into Artifacts, Center for Engineering, Science Integration Program - Humans, the University of Tokyo

[‡] Kenjiro Taura, Graduate School of Information Science and Technology, the University of Tokyo

用して並列に処理する。従って、同じ差分計算後の画像フレームは 3 台の計算機で共有されることになる。また、差分計算をそれぞれの計算機上で行うため、4 台の計算機で同一の画像フレームが処理されることになる。画像フレームは、ビデオカメラを接続した計算機から並列計算機に送信することになる。この間の通信路の帯域幅は、通常クラスタ間の帯域幅より小さく、遅延も大きいので、ビデオカメラを接続した計算機から 4 台のクラスタ内の計算機に直接画像を送るよりも、まず 1 台に画像を送り、クラスタ内で通信を行うほうがネットワークへの負荷が低くなる。また、クラスタ内での通信をリング上のネットワーク接続を通して行うことにより、処理の終わった計算機を効率よく再利用できるようにした。

何台の計算機で同一データを処理するかは、データやアルゴリズムにより異なるが、何台かで同一データを共有すること、計算機をリング状に構成し、処理の終わった計算機を効率よく再利用できるようにすることは、汎用である。そこで、処理アルゴリズム、同一データを共有する計算機の台数、リングを構成する計算機の台数を任意に選べるよう、フレームワークを抽出した(図1)。

4. オープンブレインシミュレータ

本研究では、体を動かしている時に実際に起こりうる、体性感覚野の脳神経活動や、小脳のプルキンエ細胞における神経活動を、運動計測データから計算し提示することができる、オープンブレインシミュレータを開発した[3]。具体的には、1) 全身の姿勢データから、2) 筋長と筋伸長速度、3) これらに基づくマクロな脳神経活動、4) ミクロな神経活動を連続して計算し、提示する統合システムを構築した。モーションキャプチャシステムに接続し、筋骨格モデル、筋紡錘モデル、マクロスケールの脳神経系モデル、ミクロスケールの神経細胞モデルを結合して、運動計測データから、脳神経系の電気的活動を計算で求める(図2)。

5. おわりに

本稿では、ヒトを中心とする実世界情報システムの要求仕様として、時系列情報を扱えるようにすることと、ヒトをモニタリングし、内部状態を推定し、これに基づいて適切な働きかけをするフィードバック機能を挙げた。これを実現する並列計算フレームワークと、具体例として、モーションキャプチャシステムで駆動される神経系シミュレータである、オープンブレインシ

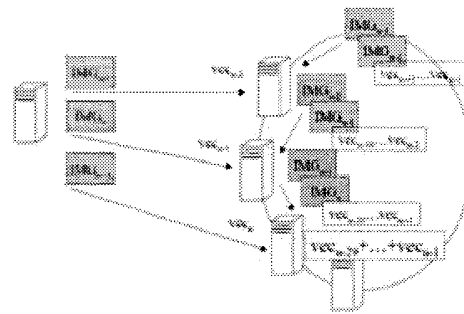


図1 実世界情報並列計算フレームワーク

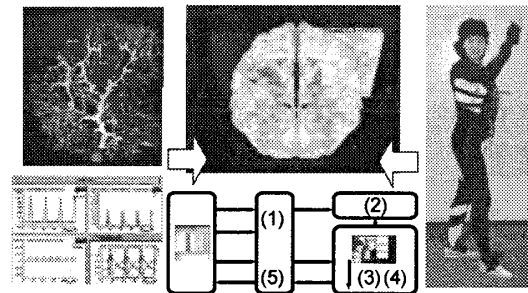


図2 オープンブレインシミュレータ

ミュレータについて述べた。本研究により、実世界情報システムが、特にヒトの内部状態を、外部から観測して推定し、適切なサービスを提供することができるようになる。今後は、並列計算フレームワークがより多様な実世界情報を扱えるようにする計画である。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業さきがけ、文部科学省科学研究費補助金特定領域情報爆発(領域番号#456)の支援を受けた。

参考文献

- [1] Y. Horita et. al. "High Precision Gait Recognition Using a Large-Scale PC Cluster", In Proc. IFIP NPC2006, pp.43-49, 2006.
- [2] T. Shiraki et. al. "Real-Time Motion Recognition Using CHLAC Features and Cluster Computing", In Proc. IFIP NPC2006, pp.50-56, 2006.
- [3] 大武美保子, 高木利久, 浅間 一, "バイオメカトロニクス技術基盤となるオープンブレインシミュレータの開発", 電気学会論文誌 C, Vol.127, No.10, pp.1705-1711, 2007.
- [4] M. Otake et. al. "Experimental Analysis of the Attribution of Own Actions to the Intention of Self or Others by the Multiple Forward Models", J. of Robotics and Mechatronics, Vol.19, No.4, pp.482-488, 2007.