

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：82626
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2012～2014
課題番号：24700082
研究課題名(和文) ユーザビリティと高性能を両立するクラウド型リアルタイム画像解析処理ミドルウェア

研究課題名(英文) Cloud-based real-time image processing middleware to achieve usability and performance

研究代表者
岩田 健司 (Iwata, Kenji)
独立行政法人産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号：80549890
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：クラウド環境下において、大規模な画像解析アプリケーションを迅速かつ効率的に開発展開できるミドルウェアの研究開発を行った。このミドルウェアは、HTML5等のWEB技術を基とした直感的でグラフィカルなユーザーインターフェースと、リアルタイム性を併せ持つ高速な実行基盤の組み合わせで構成されている点に特徴があり、画像解析システムの記述・実行・検証サイクルを加速し、様々な画像解析の応用や科学的研究を支援する。具体的には、画像解析手順の記述方式の研究、実行状況のリアルタイムなビジュアライズ方法の研究、データ量の大きな画像解析のための高速な実行基盤の研究、大規模解析のためのタスク分割に関する研究を行った。

研究成果の概要(英文)：I researched a middleware that a large-scale image analysis applications using the cloud can be quickly and efficiently deployment. This middleware has the following features such as intuitive graphical user interface with WEB technology, and high-speed real-time execution platform. This middleware is to accelerate the description, run, and verification cycle of image analysis system, to support the applications and scientific research of various image analysis. Specifically, we were subjected to the following research such as description method of image analysis procedure, real-time visualization method of execution status, high-speed execution platform for the image analysis of the amount of data, and the task division for large-scale analysis.

研究分野：画像処理ミドルウェア

キーワード：ミドルウェア 画像処理 画像解析 クラウド ユーザビリティ 高性能処理

1. 研究開始当初の背景

近年、ネットワークを介して計算機リソースを自在に用いるクラウドコンピューティングが注目されており、大規模な科学技術データの解析などに用いられている。画像解析においても衛星画像や医療画像などを対象に、大規模な解析の需要が大きい。画像解析アプリケーションの構築には、反復的な試行錯誤のサイクルが必要である。このサイクルにおける記述・実行・検証の各ステップを如何に効率的に実施できるかが重要である。「記述」においては分かりやすさ、容易さなどの効率性・ユーザビリティが重視される。「実行」においては、短いレスポンスタイムが得られる高速性が必要である。「検証」においては解析結果を直ちに利用者に提示するリアルタイム性が求められる。

大規模画像解析のために並列処理などによる高速化・高性能化を進めると、そのプログラムは特定の問題のみに特化したものとなり汎用性が低くなる。またプログラマーのスキルや技法による作り込みに依存するため開発効率も悪い。それに対してプログラムの再利用が可能で、利用者が即座に利用できるような GUI を用いた開発環境は、初心者にとっても直感的でわかりやすいものとなる。しかしながら、こういったユーザーインターフェースを重視した環境は、GUI に関わる処理の負荷が重くのみならず、パフォーマンスが犠牲となる。

2. 研究の目的

研究代表者は、高性能処理とユーザビリティを両立するソフトウェアフレームワーク「Lavatube」を開発している。「Lavatube」では、GUI 上でアイコンを配置することで容易かつ直観的に画像解析システムを構築することができ、パラメータや処理手順をリアルタイムで調整を行うことができる。また C++ で最適化された画像処理モジュールを、最小限のオーバーヘッドで直列動作させる機構、自動並列化する機構等により、極めて高速に動作する。また機能拡張も容易な仕組みとなっている。画像解析を手軽に利用したいというニーズに答えるだけでなく、本格的な画像解析アプリケーションの構築も可能となっている。ただし「Lavatube」は単独のコンピュータ上で動作するものであった。

そこで、本研究は大規模な画像解析アプリケーションの開発サイクルを円滑に実施できるように、「Lavatube」のコンセプトを継承し、需要に応じて計算リソースを自由に増減させることができるといったクラウドの利点を活用できる画像解析ミドルウェアを開発するものである。この研究を通じ、クラウドにおける画像処理プログラミングの諸問題点を顕にし、その効率的かつ現実的な解法を確立する。具体的には、WEB ベース GUI による画像解析システムの記述方式を

研究開発する。

3. 研究の方法

クラウドベースの画像解析アプリケーション開発ミドルウェアの研究開発のステップとして、要素技術の研究と実装を同時に行い、現実の大規模データを利用した検証を通じて全体のブラッシュアップを行う。個別の要素技術については HTML5 等 WEB 技術を調査し、それらを活用した上で、研究代表者が開発した画像処理フレームワーク「Lavatube」を開発した経験に基づき、効率的な研究を実施する。評価実験には他分野の研究者の協力の基にリモートセンシングの衛星画像解析や医療分野における病理画像解析等の大規模なデータを用い、高速性とスケーラビリティの検証を行う。それぞれの分野における画像解析アプリケーションを本研究のミドルウェア上に実装し、実際に利用してもらうことで、開発効率の指標となるユーザビリティやリアルタイム性の検証を行う。

4. 研究成果

Lavatube は、画像解析システムの構築をサポートするフレームワークを提供する Windows 用のソフトウェアである。ビッグデータを見据え、Lavatube のコンセプトをそのままクラウドで実現できるように発展させたものが Lavatube 2 である。従来は UI と実行エンジンが 1 つのソフトウェアとして一体化されていたが、これを図 3 に示すように分離することで、ネットワークを介した画像処理システムの記述と実行が可能となった。また、ワークパッチを追加することで、外部のクラウドサービスとの連携も可能である。

以下に Lavatube 及び Lavatube 2 の特徴的な機能について述べる。

(1) ユーザーインターフェース

Lavatube のユーザーインターフェース(以下 UI と書く)は図 1 に示すように、各処理(ワークパッチと呼ぶ)をアイコンで表現し、それぞれの入出間をマウスで接続することで、容易に複雑なフローを記述することができる。このような UI には、部分的な変更や処理の追加が容易であるメリットがある。たとえば、画像入力部分をカメラからの入力、AVI ファイルからの入力といった切り替えが即座にでき、オンライン実験とオフライン実験を同一環境で手軽に再現できる。また、パラメータ類の調節が自由に行える UI を提供する。この設定ダイアログは動的に構築されるもので、プログラマーとしてはインターフェースビルダ等を用いずに、自由に UI が利用できる。追加や変更が容易である。UI で設定したパラメータは XML ファイルに保存されるため、ソースコードからパラメータ定数の記述を分離でき、プログラムの保守性が向上する。

処理の実行時には、フロー上の画像データをリアルタイムに表示することで、画像処理手順を視覚的に構築し、稼働状況を逐次視認することができる。これにより、パラメータのチューニングなどを極めて効率よく行うことができる。

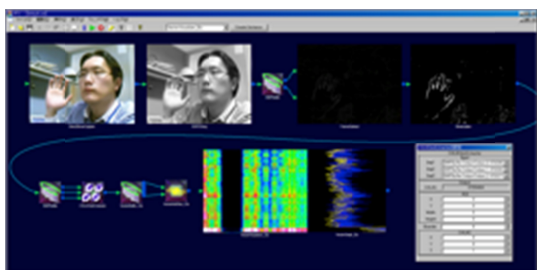


図 1 Lavatube のユーザーインターフェース

(2) 拡張性

Lavatube ではプログラムをパッチという細かな単位に分割して記述し、これを自動的に解釈して動作する。データ入出力、パラメータ、同期機構等の機能を持つパッチを組み合わせ、インターフェースに処理手順を記述することでワークパッチを構成する。概略を図 2 に示す。C++でのプログラミング経験があれば、容易に任意の機能のワークパッチを作成することができる。

Lavatube は、USB カメラを用いた画像キャプチャや、基本的なフィルター処理や演算処理の機能が含まれているが、その高い拡張性により、他の種類のカメラの利用や、様々な機能を追加することも容易である。

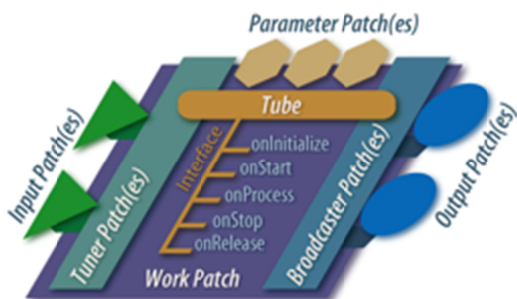


図 2 ワークパッチの構成

(3) XML による作業環境の保存と再現

Lavatube は、GUI により構築したデータフローやパラメータなどの作業環境を XML にシリアルライズして保存することができる。フレームワークはこの XML から、以前の作業環境を完全に再現する（永続化）。このような永続化処理は、システムが複雑になるほど煩雑になり、プログラミング時の誤りが起こりやすいが、Lavatube では各パッチが永続化機能を持っており記述を切り分けることで、容易に実現できている。この機能により、実験の再現による検証や、事後の機能追加・変更などが可能になる。

(4) Web インターフェース Skylight

Web ブラウザ上での UI である Skylight を開発した。HTML5 と JavaScript で記述されており、PC 側へのプラグイン等のインストールは不要で、実行エンジンの URL にアクセスするだけで Lavatube2 を使用できる。コンピュータの性能や OS などの機器環境に依存することなく使用できる。さまざまな処理や手順のプログラムを組み合わせた複雑な画像解析システムを、ウェブブラウザ上でのインタラクティブな操作でアイコンの接続やパラメータ定義などを行うことで、構築することができる。



図 3 Lavatube2 の構成

(5) 分散実行エンジン Deepcave

実行エンジンをユーザーインターフェースと分離することで、クラウド環境で分散実行することが可能となり、ビッグデータ解析に必要なスケーラビリティが得られる。実行エンジン Deepcave におけるワークパッチの扱いは従来の Lavatube と互換性があり、Lavatube 用に開発されたワークパッチのソースコードはコンパイルし直すことで、大半はそのまま動作する。

(6) UI と実行エンジン間の通信

Skylight と Deepcave との間の通信は、HTTP を使用し、XML で各種情報の送受信を行う。Skylight はまず、Deepcave に対し、ワークパッチのカタログ情報をリクエストする。カタログ情報は、ワークパッチの種類、名前、パラメータ構成等を定義した XML である。カタログ情報は Deepcave に読み込まれているワークパッチのすべてのインスタンスを走査することで生成する。得られたカタログ情報から、HTML5 により UI を生成し、フローやパラメータを記述することが可能になる。作成した画像解析システムは、カタログの同様に XML でシリアルライズされ、Deepcave に送信される。Deepcave は XML からインスタンスを生成し、処理を実行する。

(7) 動作例

衛星画像解析の例を図 4 に示す。異なる日時の衛星のデータを比較することにより、変化した部分を抽出する画像解析システムを Lavatube 2 上で構築している。衛星データ検索時に三陸沿岸地域を指定して 2011 年 6 月と 2012 年 6 月のデータを比較して、この地

域の震災後の復旧に向けた1年の変化を検出して可視化している。このような衛星データ間の変化を検出する処理技術は、日々刻々と変化する地球環境の監視、火山活動や防災などの研究、土地利用の解析などに利用できる。しかし、こういった変化検出システムの構築は容易ではなく、撮影時期による植生や天候の違いによるデータ品質のばらつきや、検出したい対象（地殻変動や建造物など）や目的により、処理内容や手順が異なり、それに合わせたパラメータなどの調整も必要となる。こういった問題に対し Lavatube 2 では、さまざまなアルゴリズムやパラメータの組み合わせを、ユーザーがその場で実行しながら試行錯誤し開発を行うことができる。このようにして Lavatube2 を用いて作成された画像解析システムはクラウドに保存され再利用や作成者以外との共有ができる。また、そのシステムに変更を加えて改良していくこともできるため、画像解析の研究開発サイクルを支援することができる。



図4 衛星画像解析の動作例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

岩田健司、画像解析プラットフォーム Lavatube の紹介と衛星画像解析を始めとした応用事例、産総研コンソーシアム名古屋工業技術協会 平成26年度 第2回研究会 2014/12/17, 名古屋

Iwata.K,他、Image processing workflow middleware to archive high performance and usability, The 2013 International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition, 2013/7/24, Las Vegas

Iwata.K, 他、Application to Earth Observation of a Workflow System Based on HTML5, The 1st International Workshop on Cloud Computing and Applications, 2012/12/21, Hong Kong

岩田健司、小島功、佐藤 雄隆、クラウドによる画像解析ミドルウェア Lavatube 2、ビジョン技術の実利用ワークショップ

VIEW2012、2012/12/7、横浜

〔その他〕

クラウド上で画像解析システムを容易に構築、産総研プレスリリース、https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2012/pr20121022/pr20121022.html, 2012/10

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩田 健司 (IWATA, Kenji)

産業技術総合研究所・知能システム研究部門・主任研究員

研究者番号：80549890