

大規模映像解析システム向けの解析制御ミドルウェアの提案 A Proposal for Analysis Control Middleware for Large-Scale Video Analysis

小山 和也[†] 有熊 威[†] 白石 展久[†] 永井 洋一[†] 河又 恒久[†]

Takeshi Arikuma Kazuya Koyama Nobuhisa Shiraishi Yoichi Nagai Tsunehisa Kawamata

1. はじめに

近年、映像解析処理を活用して、カメラから得られる実世界映像から価値ある情報を創出するシステム[1] [2]が提案されており、リアルタイム映像を解析することで、これまで実現できなかった警備支援や業務改善、省エネルギー等の実現が目指されている。

このような映像解析処理を街頭監視など多数カメラの映像に適用するには、各カメラの監視場所に応じて解析内容を柔軟に変更したり、計算資源消費量が多い映像解析処理の実行を効率化する事が重要となる。

そこで本論文では、様々な映像解析処理を組み合わせ、その実行を効率化する解析制御ミドルウェア (Analysis Control Middleware: ACM) を提案する。試作評価については [3] で報告する。

2. 映像解析システムの課題

リアルタイム映像解析システムは、カメラ映像を対象に人物の検出や照合等の映像解析を行い、利用者へアラートや検索等のサービスを提供するシステムである。

映像解析の種類は多様で、解析システムでは複数の解析処理を組み合わせるサービスを提供する[2]。使用する解析処理は撮影場所や目的に依存してカメラ毎に異なるため、映像解析システムは、エンジンとしてモジュール化された映像解析処理を要求にあわせて柔軟に組み合わせる利用できる事が必要となる。

また、大量映像の解析には、映像解析処理の効率化が課題となる。映像解析は一般に、扱うデータサイズが大きく処理アルゴリズムも複雑なため、非常に計算負荷が高く、多数カメラ映像をリアルタイムに処理するには非常に大規模なシステムが必要となる。このため、解析処理を効率化し、限られた計算資源で必要な性能要件を実現することが重要となる。一方映像解析の実行効率化は、一般的な大規模計算と異なり、(1)映像内容依存性と(2)AP性能要件依存性という2つの特徴を持つ。

(1) 実行効率化の映像内容依存性

映像解析は映像内容によって、解析を省略できる場合がある。例えば顔認識の場合、映像中に人が全く映っていないフレーム画像は、認識処理の実行は不要である。このように、映像内容を考慮した実行効率化のための制御の実現が映像解析システムでは重要である。

(2) 実行効率化の AP 性能要件依存性

解析処理結果を利用する AP に求められる性能要件により、実行効率化として利用できる方式の選択肢が変化する。例えば、アラートを発行するシステムでは応答性能や適合率が性能要件となり、アラートに関係するデータを優先的に処理する優先度制御が有効となる。一方検索用の索引生成するシステムではスループットと再現率が性能要件とな

り、索引生成に関係ないフレーム画像の処理を省いて、全体処理量を削減することが有効となる。このように、AP性能要件によって適切な実行効率化の実現方法が変わる事も映像解析システムの特徴である。

このように、大規模なリアルタイム映像解析システムを容易に実現するには、解析エンジンを要求にあわせて柔軟に組み合わせて解析処理を実現するのに加え、映像解析特有の映像内容や AP 性能要件を考慮した実行効率化が容易に実現できる事が必要となる。

3. 従来技術

映像解析に関するミドルウェアの従来技術として、解析エンジンを組み合わせて解析結果を生成する統合実行基盤や、汎用ストリームデータ処理基盤がある。

映像解析の統合実行基盤は、複数の解析処理を組み合わせた映像解析システムの開発を容易化するもので、IBM Smart Surveillance System (S3)[4] や情報価値創造基盤 (IVCP)[5] などがある。S3 は映像やセンサ情報を解析して結果を AP へ通知・検索提供する解析システムであり、解析エンジンを複数組み合わせたシステム構築や、解析結果の大規模な蓄積・検索が可能である。IVCP はメディア解析アプリの開発容易化を目指した汎用メディア解析基盤であり、解析結果のデータをミドルウェアが統合・蓄積して AP へ提供することにより、AP 開発者はエンジンの詳細な使い方を意識せずに、解析結果を利用するシステムを開発できる。しかし S3 と IVCP はいずれも解析処理の実行効率化のための仕組みは提供されていない。

映像をフレーム画像のデータストリームと考えると、汎用ストリームデータ処理基盤[6][7]が適用できる。例えば、IBM の SystemS[6]は、解析エンジンを組み合わせ、数千台規模のノードを使った大規模解析を実現できる。SystemS は画像データを扱えるが、主に株価データの解析のようにデータ内容や AP 性能要件に依存しない処理を前提とした基盤であり、基盤が行う制御は負荷分散のためのフロー制御やタスク管理である。こうした基盤では映像解析特有の制御機能は考慮されておらず、基盤上に制御の仕組みを別途構築する必要がある。

よって、映像解析に特化した実行効率化用の制御を容易に実現できるミドルウェアは確立されていない。

4. 解析制御ミドルウェア (ACM)

ACM は、大規模リアルタイム映像解析システムを容易に実現するためのミドルウェアである。ACM によって、解析エンジンを要求に応じて柔軟に組み合わせ、かつ映像内容や AP 性能要件を考慮して効率的に動作するシステムを容易に実現する事が可能となる。以下 ACM のアーキテクチャと提供機能について説明する。

[†] 日本電気株式会社 NEC Corporation

4.1 ACM のアーキテクチャ

ACM では、映像解析や制御をモジュール化し、ACM によって解析処理を解析フロー、制御処理を制御フローとして統合するアーキテクチャを採用した(図 1)。

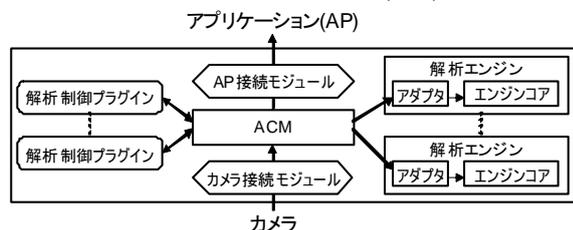


図 1 ACM アーキテクチャ概要図

解析エンジンを組み合わせて容易に解析処理を実現するために、ストリームコンピューティング等で広く使われているフローモデルを採用した。解析処理を「解析エンジン」とその組み合わせとなる「解析フロー」として扱うことで、開発者は AP 要件に応じて解析フローを設計、記述するだけで解析システムを構築出来る。

これに加えて ACM では、実行効率化のための AP 性能要件に応じた制御処理実現のために「制御フロー」の概念を導入する。解析フローに対する制御を、複数の制御モジュールが協調して動作する制御フローとして実現する。制御モジュールが解析エンジンの出力を用いて映像内容に依存した制御が実現される。さらに制御フローを組み替えることで、同じ解析フローでも、AP 性能要件に応じて制御フローを容易に変更することが可能となる。

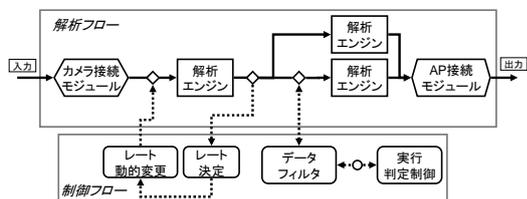


図 2 解析・制御フロー例

図 2 は監視映像処理向けの解析・制御フローの例である。

解析フローは解析エンジンとカメラ/AP 接続モジュールで構成される。カメラ接続モジュールはカメラから映像を受信し、ACM 上の処理に入力する。入力された映像は、映像を解析するモジュールである解析エンジンに次々と渡される。最終的に得られた解析結果は AP 接続モジュールによって、AP へ出力される。

制御フローは、解析フローに追加される解析制御モジュールによるフローである。解析制御モジュールが、解析エンジンの出力結果等を見て映像の状態を把握し、制御情報を交換しながら解析エンジンの実行を効率化するための制御機能を実現する。

4.2 ACM の提供機能

ACM は下記の機能を提供する。

- 解析フロー・制御フローの構成設定

フロー構成設定を基に、解析エンジン、制御モジュールを動的にロードしてフロー実行環境を実現する。各フローの変更をコード修正なしで実現することにより、開発や調整を容易化できる。

- 解析エンジン間のデータ交換機能

モジュール配置に依存しないモジュール間のデータ交換機能を提供する。データ交換するモジュールの位置関係によって、同一プロセス内のポインタ交換や TCP 通信、共有メモリなどが自動選択される。これにより、解析エンジンを修正せずに解析処理を複数サーバに負荷分散する事が可能になる。

- 解析エンジンの基本実行制御機能

解析エンジンの並列実行、入出力データのバッファリング、実行スケジューリングなどの基本的な実行制御機能を提供する。これにより、映像内容や AP 要件に依存しない範囲で、解析エンジンの効率的な実行が実現される。

- 制御情報交換機能

制御モジュールが互いに協調して動作できるよう、制御情報を、データ交換と同様にモジュール間で送受信可能にする。

5. 考察

ACM を用いる事で、映像解析エンジンの組み合わせによる解析内容のカスタマイズ性に加え、実行効率化のための制御についてもカスタマイズ性の高いシステムを実現することが可能になる。

実際に ACM を試作し、映像監視システムに適用する事で評価した結果、ACM によって、カメラの設置環境と AP 性能要件が異なる 2 種類の映像監視システムで、映像内容に応じて効率的に動作するシステムが実現できる事を確認できた[3]。

6. まとめ

本論文では、映像解析処理の大規模化を実現するために、映像解析特有の実行効率化を容易に実現できる解析制御ミドルウェア ACM について述べた。

今後は ACM の大規模映像監視システムへの適用を通して制御機能の拡充や、システム開発容易化のための周辺ツールの強化などを進める。

参考文献

- [1] 原田典明ほか, “人の行動を「見える化」する動線解析技術と活用例”, NEC 技報, Vol.64, No.3, pp.16-21 (2011)
- [2] 原田典明ほか, “人物行動を把握する画像解析技術と適応例”, NEC 技報, Vol.63, No.3, pp.39-43 (2010)
- [3] 有熊威ほか, “大規模映像解析システム向けの解析制御ミドルウェアの試作”, 第 11 回情報科学技術フォーラム, 4G-2 (2012)
- [4] Ying-li Tian et al.: “IBM smart surveillance system (S3): event based video surveillance system with an open and extensible framework”, Machine Vision and Applications, Vol.19, Issue: 5-6, pp.315-327 (2008)
- [5] 河又恒久ほか, “メディア解析アプリケーションの開発を容易化する情報価値創造基盤”, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.2, No.1, pp.1-9 (2012)
- [6] Alain Biem et al.: “IBM infosphere streams for scalable, real-time, intelligent transportation services”, Proc. of the 2010 international conference on Management of data, pp.1093-1104 (2010)
- [7] Leonardo Neumeyer et al.: “S4: Distributed Stream Computing Platform”, Proc. of the 2010 International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW), pp.170-177 (2010)