

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 Preproduction and Evaluation of Analysis Control Middleware for Large-Scale Video Analysis

有熊 威[†] 小山 和也[†] 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

大規模映像監視システムのように映像解析処理を大規模適用するシステムでは、計算資源消費量が多い映像解析処理を如何に効率的に実行するかが重要となる。筆者らは映像内容や AP 性能要件に応じて、柔軟なシステムを実現する解析制御ミドルウェア (Analysis Control Middleware: ACM) を提案した[1]。

本論文では、映像内容と AP 性能要件に応じた制御が出来ることを確認するために、ACM を試作、映像監視システム適用を通して、ACM の有効性を評価する。

2. 解析制御ミドルウェア (ACM)

大規模映像解析システムでは、AP 性能要件実現のために、対象となる映像コンテンツの特徴を考慮しながら、処理の削減、優先度制御等の最適な制御を適用できるかが重要となる。ACM は映像解析と制御をモジュール化し、解析フローと制御フローとして統合する設計を採用した。

ACM が映像内容と AP 性能要件に応じた制御を実現できるか ACM を試作・システム適用して検証した。

3. ACM の試作

ACM による処理効率化の有効性評価のために ACM を試作した(図 1)。解析/制御フローの柔軟な変更を実現するため、接続モジュール、解析エンジン、制御プラグインを DLL として実装し、解析/制御フローを構成設定(XML/DB)として記述した。解析処理 API として ACM::writeData と Engine::exec を用意し、制御処理用 API として解析データ駆動型(exec)と ACM 内部イベント駆動型を用意した。

ACM は起動時に構成設定を基に各 DLL を読み込み、解析/制御フローを構成する。解析フローは接続モジュールが ACM ヘッダを書き込み(writeData)、ACM が解析エンジン呼び出す(exec)ことで実行される。制御フローは解析データに応じた処理(exec)と ACM 内部のイベント(バッファ溢れ等)に応じた処理として実行される。

ACM は Microsoft Visual C++ で実装した。各 DLL 開発のために、Visual C++ (2005/2010)用 SDK を用意した。

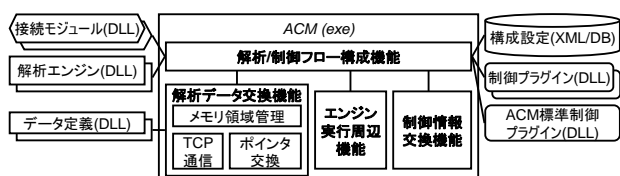


図 1 ACM の構成概要

4. 映像監視システムへの適用

ACM を映像内容と性能要件の異なるシステム(表 1)へ適用し、ACM が(1)映像内容と(2)AP 性能要件に応じて応じた制御を実現できる事を評価した。

表 1 適用対象の映像監視システムの特徴

システム	監視カメラ映像解析	不審者顔照合
映像内容	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 入口ゲートカメラ (人通りが多い) ▶ 立入禁止エリアのカメラ(通常無人) 	▶ 入口ゲートカメラ (人通りが多い)
性能要件	負荷低減	性能保証

4.1 監視カメラ映像解析システム

4.1.1 システムの特徴と性能要件

監視カメラ映像解析システムは、監視カメラ映像から、リアルタイムに人の特徴(服装、顔)情報を解析し検索用索引を生成する。同時に監視エリア内への不審者の侵入を発見し警備関係者へアラートを行うシステムである[2]。

本システムの映像内容と性能要件は下記の通り。

- 【映像内容】カメラ毎に人数のばらつきが大きい
- 【性能要件 1】リアルタイムで全員の特徴を解析
- 【性能要件 2】アラートを 10 秒以内に通知

4.1.2 ACM で実現する制御方式

このシステムでは、処理が不要なフレーム画像の解析を削減して処理負荷を抑制する負荷低減制御が有効であると考えられる。そこで下記の間引き制御を実施した。

- ▶ 無人時間引き(無人時は服/顔解析を行わない)
- ▶ レート固定間引き(服/顔解析実行頻度を最小化)
- ▶ レート可変間引き(無人時は動体検出実行頻度を削減)

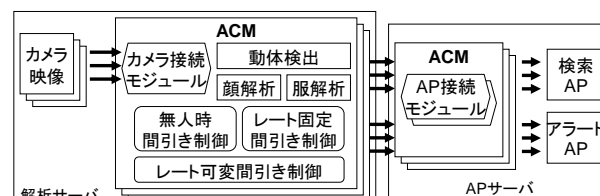


図 2 監視カメラ映像解析システム構成

4.1.3 実験構成

解析サーバと AP サーバで構成し、各サーバにカメラ毎に ACM を配置した(図 2)。サーバ間は 1Gbps Ethernet で接続した。解析サーバは Xeon X5675 (3.06GHz, 6core) x 2, MEM 48GB, AP サーバは Xeon E3-1220 (3.2GHz, 4core), MEM 24GB, OS は共に Windows Server 2003 を使用した。

4.2 不審者顔照合システム

4.2.1 システムの特徴と性能要件

不審者照合システムは、監視カメラ映像から顔を抽出して不審者顔リストと照合し、不審者発見アラートを発行するシステムである。常に人が往来する映像が対象であり、常に解析負荷が高いことが想定される。

本システムの映像内容と性能要件は下記の通り。

- 【映像内容】常に多数の人が映っている
- 【性能要件 1】高優先度カメラ(入口ゲート等)は必ず照合
- 【性能要件 2】アラートは 3 秒以内に通知

4.2.2 ACM で実現する制御方式

このシステムでは、フレーム単位での処理の省略が困難であること、アラートの時間要件が厳しいことから、優先度制御により高優先度のカメラの映像を必ず処理する性能保証制御が有効であると考えられる。そこで下記の優先度制御を実施した。

- 優先度制御 (特定のカメラの処理を優先)
- バッファ溢れ制御 (処理負荷過多時の溢れ制御)

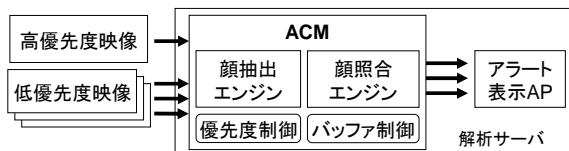


図 3 不審者顔照合システム構成

4.2.3 実験構成

解析サーバ 1 台で構成した(図 3)。入力映像のうち 1 つを高優先度映像とし、残りの映像を優先度の低い映像とした。解析サーバは、Xeon X5550 (2.79GHz, 4core x 2), MEM 64GB の Windows Server 2008 を使用した。

5. 評価と考察

5.1 監視カメラ映像解析システムへの適用評価

監視カメラ映像解析システムについて、制御による負荷低減効果を評価した。5 人の人物がカメラ前を通過する映像を用意し、入力カメラ数と、各カメラ映像中に人が映っている時間割合(PAR)を変えて測定した。比較対象として、レート固定間引き制御のみを実施したシステムを ACM 上に構築し同一条件で測定した。

解析サーバの平均 CPU 使用率が 70% となった時のカメラ数と PAR をプロットしたグラフを図 4 に示す。縦軸は PAR であり映像コンテンツの違いを示し、横軸は 1 サーバあたりの収容カメラ台数である。曲線より原点に近い領域の映像・カメラ台数であれば、平均 CPU 使用率 70% 以下で処理溢れなく、実行できる事を示している。

測定の結果、ACM では PAR が 10% 程度の映像(立入制限エリアに相当)において、レート固定間引きのみの制御方式に比べ 3 倍に相当する 30 カメラを 1 サーバに収容できた。また、人が映っていないカメラ映像程、収容可能なカメラ台数差が大きくなっており、ACM の制御によるフレーム処理省略の効果を確認できた。

5.2 不審者顔照合システムへの適用評価

不審者顔照合システムについて、性能保証効果を評価した。低優先度カメラ接続数を増やして、高負荷状態としたときの、高優先度カメラのアラート発行率を測定した。対象映像は高優先度カメラが最大 1 人顔の映像、低優先度カメラは平均 4 人顔の映像を入力した。

図 5 に測定結果を示す。縦軸は高優先度カメラのアラート発行率である。横軸は、低優先度カメラ接続台数であり、台数が多いほど高負荷状態となる。

測定の結果、提案制御方式では低優先度のカメラ接続数が 10 台以上でも全てのアラートが 3 秒以内に通知された。

一方 ACM 優先制御を行わなかった場合、低優先度カメラを 3 台接続するとアラート発行率の低下がみられ、ACM 制御の有効性が確認できた。

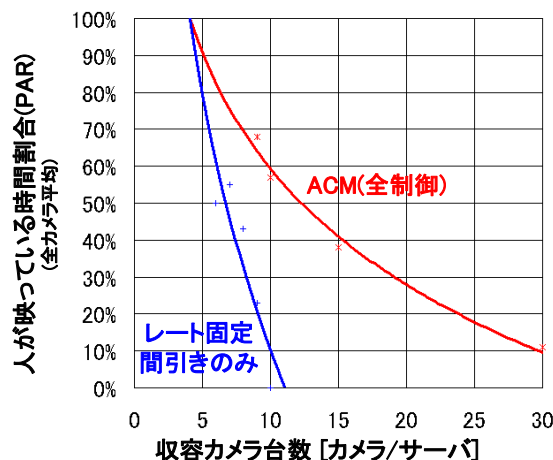


図 4 監視カメラ映像解析システム性能測定結果

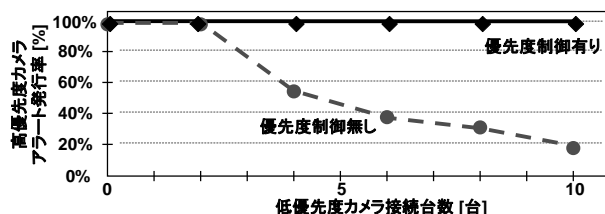


図 5 監視カメラ映像解析システム性能測定結果

5.3 ACM による処理効率化評価

ACM を映像内容と AP 性能要件が異なる 2 種類の映像監視システムへ適用した。フレーム間引きによる負荷低減と、優先度制御による性能保証という異なる性能要件を満たす 2 種類の制御を ACM 上で実現できる事を確認し、ACM による処理効率化の効果が確認できた。

今後は、更に映像内容、AP 性能要件の種類を増やしながら、ACM の検証と拡充を進めて行く。

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、AP の性能要件に応じた解析制御を実現できる解析制御ミドルウェア(ACM)を開発した。性能要件の異なるシステムへ ACM を適用し、ACM の有効性を評価した。フレーム間引きによる負荷低減と、優先度制御による性能保証という異なる性能要件を満たす 2 種類の制御を同一のミドルウェア上で実現した。

今後は ACM の適用範囲を拡大し、ACM の限界の明確化と ACM 上での制御の強化を行っていく。更に、開発容易化に向けた設計・運用管理支援機能の検討を通して、大規模映像解析システムの拡大につなげていきたい。

参考文献

[1] 小山和也, 有熊威, 白石展久, et al., “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”, 第 11 回情報科学技術フォーラム, 4G-1 (2012)

[2] 原田典明, 石寺永記, 大網亮磨, et al., “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)