

複数の全方位カメラによる複数オブジェクトの広範囲追跡を可能とする監視システム

田林 諒平[†] 橋本 浩二[‡] 柴田 義孝[‡]

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ソフトウェア情報学科^{†‡}

1. はじめに

近年の大震災や多数の犯罪事件などを受け、安全管理や防犯管理などのための広域な監視映像システムが要求されてきている。しかしながら従来の監視映像システムは主に単一方向性の CCD カメラが使用されており、広域な監視を行うためには多数のカメラの設置が必要であり、システム構成の複雑化や機材コストの増加する要因の1つとなっている。一方、これまで USB 接続カメラから Gigabit Ethernet に対応したカメラが出現し、高品質で高解像度の映像を IP ネットワークでテレビ会議映像^[1]や監視映像の送受信ができるようになった。また小型軽量化されたカメラも出現し、これまでのような大規模な環境を構築しなくとも映像を送受信できるような技術が発展してきた。

筆者らはこれまでギガビットネットワークに対応した高解像度全方位カメラ群を用いたシームレスな監視映像システムの研究^[2]を行っており、Gigabit Ethernet に対応した全方位カメラをセンサーユニットとして使用することで、広範囲かつシームレスな監視を実現した。

本研究では、全方位映像における複数オブジェクトの追跡を実現し、隣接するカメラ間での複数オブジェクトの広範囲追跡を可能とする。更に、追跡結果を地図上にマッピングすることで可視化し、監視システムとしての機能性向上を図る。

2. システム構成

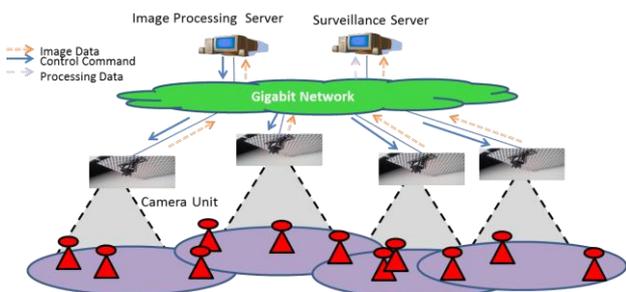


図1. システム構成

本研究で提案する監視システムでは図1に示すように複数の小型軽量 Gigabit Ethernet カメラを IP ベースのギガビットネットワークに接続し、映像は画像処理サーバに転送され、画像処理が行われ、オブジェクト追跡のためのデータを監視サーバに転送し、複数オブジェクトの追跡が行われる。カメラは専用の電源及び供給ケーブルを必要とせず、すべて Power over Ethernet により電源が供給される。

Monitoring System for Wide Range of Multi-object Tracking System by Multiple Omnidirectional Cameras[†]

Ryohei Tabayashi, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

‡ Koji Hashimoto, Yoshitaka Shibata, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

本研究のシステムアーキテクチャは図2の通りである。

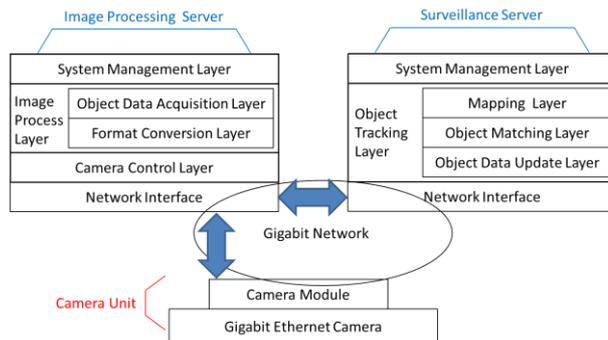


図2. システムアーキテクチャ

本システムは Image Process Server と Surveillance Server 及び複数のカメラユニットにより構成される。Image Process Server は4つの Layer から構成される。Camera Control Layer はカメラ全般の処理を行う。System Management Layer はシステム全般に関わる処理を行う。Image Process Layer は更に2つの Sub Layer に分かれて処理を行う。これらの Sub Layer はオブジェクトのデータ取得など、画像処理全般に関わる処理を行う。一方、Surveillance Server は3つの Layer から構成される。Object Tracking Layer は更に3つの Sub Layer に分かれて処理を行う。これらの Sub Layer は複数オブジェクトの追跡に関わる処理を行う。

本研究では以下の流れで処理を行う。全方位カメラから画像を取得後 Image Process Server に転送し、Format Conversion Layer で画像処理を行うため、フォーマット変換を行う。次に Object Data Acquisition Layer でオブジェクトのデータ取得処理を行う。オブジェクトを検出し動体の色・位置・形状等の特徴値の抽出を行う。その後、Object Data Update Layer でオブジェクトの特徴値を更新する。Object Matching Layer ではこれまでのオブジェクトデータと、各オブジェクトの更新データとのマッチングを行い、複数オブジェクトの追跡を行う。また、Mapping Layer では追跡結果を地図上にプロットし、オブジェクトの軌跡を可視化する。

3. オブジェクトデータ取得処理



図3. オブジェクトデータ取得の流れ

本処理では図3の流れで処理を行う。最初にオブジェクトデータ取得のため、環状画像から動体検出処理を行う。検出処理は背景画像との差分と、フレーム間の差分から得られた差分情報を組み合わせ作成したマスク画像を元に行う。2つの異なる差分情報を用いることで、照明

条件の変化に対応する。背景画像は1フレームごとにオブジェクトの特徴値を抽出した領域以外を更新する。

マスク画像はノイズ除去等の処理を行った後に、差分情報を保有する座標に対し、八方向探索を行い隣接座標にラベリングを行う。この際オブジェクト同士が隣接するなどの要因で、複数のオブジェクトが単一のオブジェクトとしてラベリングされる場合がある。そのため、カメラの中央座標からの距離に応じてオブジェクト面積の閾値を設定する。閾値を超える面積を保持するオブジェクトは複数のオブジェクトであるとして分割処理を行う。

分割処理では人物の肩の検出を行い、検出位置から平均的な顔の大きさの Pixel 値を加えた大きさで分割する。検出されない場合は平均的な人物の大きさの Pixel 値に基づいて分割する。分割は分割終了座標の外側から再び実行され、複数オブジェクトのマスクの最外座標まで繰り返される。分割の際は大きさと形状の制限を用いることで、影等によるマスク部分を除外する。分割結果ごとにオブジェクトの再ラベリングが行われる。

図4は上記の処理で得たマスク画像と分割結果である。

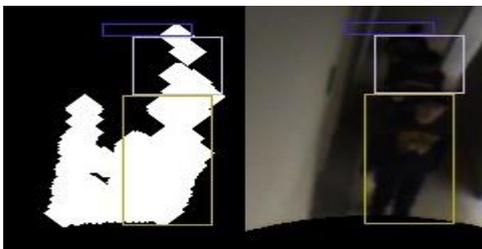


図4. 作成されるマスク画像と分割結果

各オブジェクトの特徴量の抽出は図4のマスク画像の白領域と分割結果が重なる座標で行う。

4. オブジェクト追跡処理

本処理では上記の処理で取得したオブジェクト毎の特徴値を使用し、図5の流れで処理を行う。最初にオブジェクトデータの更新処理を行う。



図5. オブジェクト追跡の流れ

次にオブジェクトの追跡を行う。複数のオブジェクトの追跡を行う場合、検出したオブジェクトごとに前フレームの各オブジェクトとマッチングを行う必要がある。本システムはオブジェクトを広範囲に追跡するため、マッチング対象のオブジェクトが多数存在する。そこで、各オブジェクトの位置に応じた移動ピクセル数の制限を与え、オブジェクトが移動する範囲を定める。範囲を定めることで、マッチング対象を範囲内に制限し、小数のオブジェクト間でのマッチングを実現する。移動ピクセル数の値は、人物の平均的な歩行速度である秒速 1m-1.5m を想定し、事前に測定したピクセル数を基準とする。この基準値を元に、カメラのフレームレートに応じたピクセル数の値を設定する。

マッチングの際にはオブジェクトの色・形状・面積・移動方向・状態・位置の特徴値を使用し、複合的なマッチングを行う。また、本システムでは複数のカメラを使用するため、事前に設定したカメラの位置に応じた追跡引継

ぎ領域をカメラ映像ごとに設定する。同時にオブジェクトの IN/OUT 領域を設定し、監視領域での入退場を行う。

マッピングでは追跡結果としてオブジェクトナンバーごとに、映像中のオブジェクトを四角で囲み、地図上に同色でオブジェクトの軌跡をプロットする。

5. プロトタイプ構成

本研究の有用性を確認するため図6に示すようにプロトタイプシステムを構築し性能評価を行う。監視カメラには Baumer 社 TXG50c-P と TXG20c-P カメラを使用した。

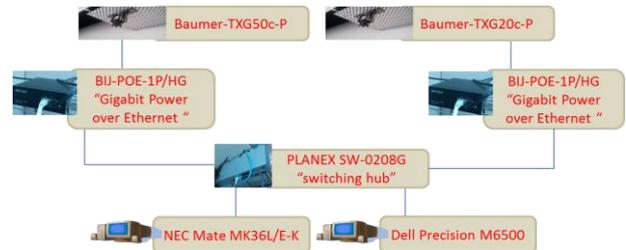


図6. プロトタイプ構成図

解像度はそれぞれ 2448×2050 と 1624×1232 であり、最大フレームレートは 15fps である。画像処理サーバには Dell Precision M6500 を使用し、追跡サーバには NEC Mate MK36L/E-K を使用する。また監視カメラと画像処理サーバの間には Power over Ethernet と Ethernet Switch を設置し各カメラへの電源供給と制御を行っている。カメラの設置位置は床から 2.75m の高さ、カメラ間の距離は 13.5m の位置に設置した。

6. 評価実験

プロトタイプより4人の人物が同時に監視領域内を移動している画像を取得し、各人物の追跡結果と移動軌跡の正誤を評価する。

7. まとめ

本研究では Gigabit Ethernet に対応した複数の全方位カメラによる複数オブジェクトの広範囲追跡を可能とする監視システムを提案した。本研究ではオブジェクト情報を取得する際に複数オブジェクトが存在するマスク領域を分割した。これにより、各オブジェクトの特徴値を取得することが可能となった。また、オブジェクトの位置によるマッチング対象の制限、複数の特徴値による複合的なマッチングにより、複数オブジェクトの追跡を可能とした。更に、地図上にオブジェクトの軌跡をマッピングすることで、監視システムとしての機能性を向上させることができた。

参考文献

- 1) 大葛広和, 佐藤洋介, 米田裕也, 橋本浩二, 柴田義孝: Gigabit Ethernet カメラを利用した超高精細全方位映像システム, 情報処理学会第71回全国大会 pp283-284, 2009
- 2) 今拓磨, 内田法彦, 橋本浩二, 柴田義孝: ギガビットネットワークに対応した高解像度全方位カメラ群を用いたシームレスな監視映像システムの研究, 情報処理学会第75回全国大会講演論文集, pp441-443, 2013