

(d) 情報

モバイルエージェントによる人物追跡システムの開発に関する研究

A Mobile Agent-based People Tracking System

浜田 裕介[†] 岩崎 慎弥^{††} 柿内 博人^{†††*}

Yusuke HAMADA[†] Shinya IWASAKI^{††} Hiroto KAKIUCHI^{†††}

川村 尚生[†] 清水 忠昭[†] 菅原 一孔[†]

Takao KAWAMURA[†] Tadaaki SHIMIZU[†] Kazunori SUGAHARA[†]

[†] 鳥取大学 大学院 工学研究科 ^{††} 鳥取大学 工学部 ^{†††} メルコ・パワー・システムズ株式会社

1 はじめに

近年、個人情報保護法が整備され、企業や研究機関が保持している個人情報や機密情報の適正な取扱いが重要視されている一方で、情報漏洩などのセキュリティ事故が頻繁に報告されている [1]。セキュリティ事故への対策のため、企業や研究機関などでは物理セキュリティシステムの導入が進んでいる [2]。

監視カメラを組み込んだ監視システムは、IC カードや指紋などによる個人識別システムや人物の入退室管理システム等に並んで、典型的な物理セキュリティシステムの 1 つである。しかし、このようなシステムでは、監視員がシステム内に存在するすべてのカメラからの映像を目視し、どのカメラに監視すべき人物が映っているかを判断する必要がある [3][4][5]。また、監視中のカメラの監視範囲外に人物が移動した場合も、どのカメラの監視範囲に移動したかを監視員が判断する必要がある。そのため、同時に複数人の追跡を行う場合 3~4 人が限度である。

本研究ではこの問題を解決するため、1 人の人物に 1 つのモバイルエージェントを割り当て、複数のモバイルエージェントがそれぞれ自動的にカメラ間を移動して対象人物の追跡を行うことで、複数人物の同時自動追跡を行う手法を開発する。

2 人物追跡システム概要

本システムの概要を図 1 に示す。本システムは以下の要素から構成されている。

1. 追跡エージェント
2. 追跡サーバ
3. 映像録画サーバ
4. エージェント管理サーバ
5. エージェント監視端末

追跡エージェントは追跡対象者と 1 対 1 の関係で存在しており、追跡サーバの映像解析処理の出力を元に、担当人物の特定と追跡を行う。また、自分の現在位置

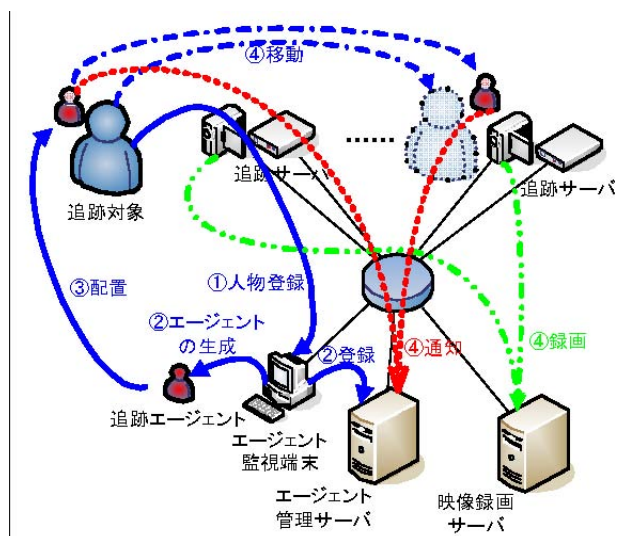


図 1: 人物追跡システム概要図

や動作状況などをエージェント管理サーバに逐次送信する。

追跡サーバには監視カメラが接続されており、監視カメラからの映像を解析し、人物のカメラ内の位置などの情報を抽出し、追跡エージェントに提供する。また、映像録画サーバへの監視カメラの映像転送も行う。映像録画サーバでは、各追跡サーバから送られてきた映像をすべて録画する。また、エージェント監視端末からの要求に応じて録画済みの映像を提供する。

エージェント管理サーバでは各追跡エージェントから送信されてきた情報を記録しており、人物 1 人ごとに割り当てられた一意な人物 ID を元にして追跡情報を管理する。

エージェント監視端末からは追跡対象者の登録と、人物 ID を用いた人物の現在位置、カメラ映像、追跡記録の閲覧を行う。

人物の追跡は以下の様に行う。まず、追跡対象者をエージェント監視端末で手により登録する。その際に、追跡エージェントが生成され、カメラ映像からの追跡対象者の特徴抽出と、一意な人物 ID の割り当ても同時に行われる。追跡中のエージェントは追跡対象者の特徴データと追跡サーバで抽出された複数人の人

*2008 年 10 月から鳥取大学 大学院 工学研究科 博士後期課程に在籍中

物の特徴を比較し、対象を捕捉する。また、捕捉成功時にエージェント管理サーバに追跡対象者の位置、その時のカメラ映像の再生位置を通知する。エージェント監視端末では、人物 ID を指定して、エージェントの現在位置や、対象を捕捉中のカメラ映像を閲覧できる。

3 モバイルエージェントによる人物の追跡

追跡エージェントはエージェント監視端末上で追跡対象者の登録時に生成され、その際に対象者の特徴データと人物 ID を受け取る。生成された追跡エージェントはまず、追跡対象者の登録が行われた映像の配信元の追跡サーバに移動し、追跡を開始する。

建物内である監視カメラの監視範囲から移動し、入ることのできる別の監視カメラの監視範囲の数は限られている。そこで、各追跡サーバは自サーバの監視範囲から移動可能な追跡サーバの情報（以降、移動先候補と呼ぶ）を保持する。追跡エージェントは追跡サーバから得た移動先候補に自身の複製を配布して、捕捉が途切れた際の移動先を特定する。本システムでは移動先候補をシステムの稼働前にあらかじめ用意するため、どのようにして移動先候補を設定するかを考えなければならない。

以降では、エージェントの追跡方式と移動先候補の決定方法について詳細を述べる。

3.1 エージェントの追跡方式

まず、人物の移動に合わせてエージェントに追跡させるための方式として、先回り追跡方式と同時追跡方式の 2 種類を考案した。概要を図 2 に示す。

先回り追跡方式では、あらかじめ移動先候補にエージェントの複製を配布し、待機させる。同時追跡方式では、エージェントが対象者を見失った時に、移動先候補にエージェントの複製を配布する。

人物が高速で移動した場合を考えると、同時追跡方式では、人物を見失った時点でエージェントの複製の配布を開始するため、エージェントの配布が間に合わない場合がある。先回り追跡方式はこのような場合でも、同時追跡方式に比べて追跡できる可能性が高い。同時追跡方式では、人物が追跡サーバの監視範囲のどの方向に移動して、監視範囲を抜けたかという情報を利用し、エージェントの複製の配布先を減らすことが可能である。このため、通信量の面で比較すると、先回り追跡方式よりも同時追跡方式の方が有利である。

続いて、エージェントの削除方式について考えた。まず、無制限にエージェントの複製を配布すると、不必要な資源を消費してしまう。このため、何らかの基準を設けて不要なエージェントを削除する必要があるが、無闇に削除すると追跡性能に影響が出てしまう。

そこで、資源の消費量と映像解析がうまくいかなかった場合に発生する誤検知への対策の観点から、発見時削除方式と重複時削除方式の 2 つのエージェントの削除方式を考案した。概要を図 3 に示す。

発見時削除方式では、資源の消費を抑えるため、対象者が見つかった時点で他の複製されたエージェント

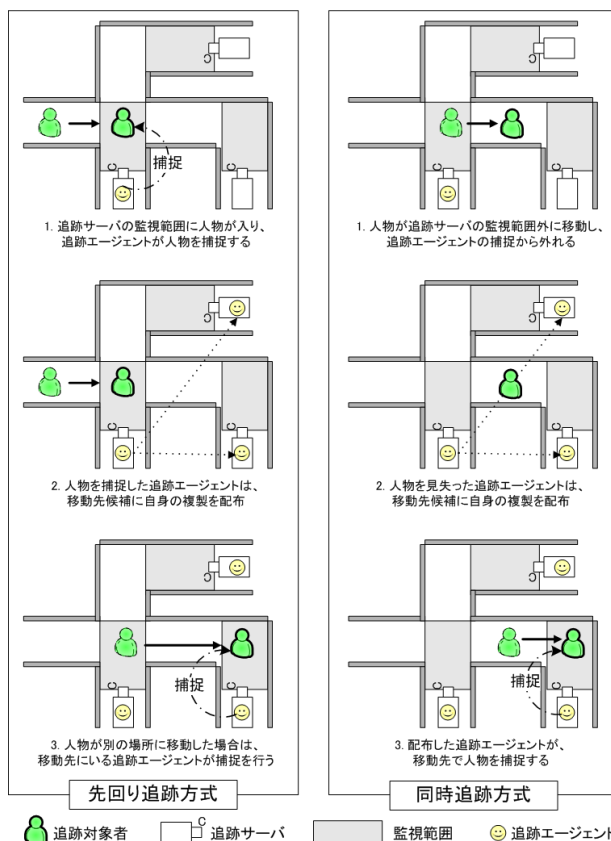


図 2: エージェントの追跡方式



図 3: エージェントの削除方式

を削除するというものである。この方式では人物1人につき存在するエージェント数が最大(移動候補数+1)となる特徴がある。

重複時削除方式では、誤検知への対処を考え、追跡経路に複製したエージェントを原則として残し、移動候補先のエージェントが重複した場合にのみ削除を行う。この方式では、人物1人につき存在するエージェント数は最大で追跡サーバ数と同じになってしまうが、発見時削除方式に比べて誤検知が起こった場合でも対象の追跡を継続できる可能性が高いという特徴がある。

追跡エージェントについては上記の、2つの追跡方式と2つの削除方式をそれぞれ組み合わせた4つの方式について開発し、比較する。

3.2 移動先候補の決定方法

前述した通り、本システムでは、エージェントによる追跡を行うために、移動先候補をあらかじめ決定しておかなければならない。まず条件として、追跡対象者がどのように移動しても捕捉が途切れないように、移動先候補を決めなければいけない。また、移動先候補数が増えると、エージェントの複製の配布にも時間がかかり、移動先で人物の捕捉を開始するのに時間がかかってしまう上、通信量も増える。場合によっては、対象者の移動先の判定を行う前に人物にさらに移動されてしまい、追跡が途切れてしまう可能性がある。このため、上述の条件を満たした上で、各追跡サーバの移動先候補をできるだけ減らす必要がある。

移動先候補の決定アルゴリズムを考慮する際にまず、どのような環境で本システムを適用するかを決定する必要がある。そこで、図4のようなビルの屋内のような環境で運用することを前提とした。

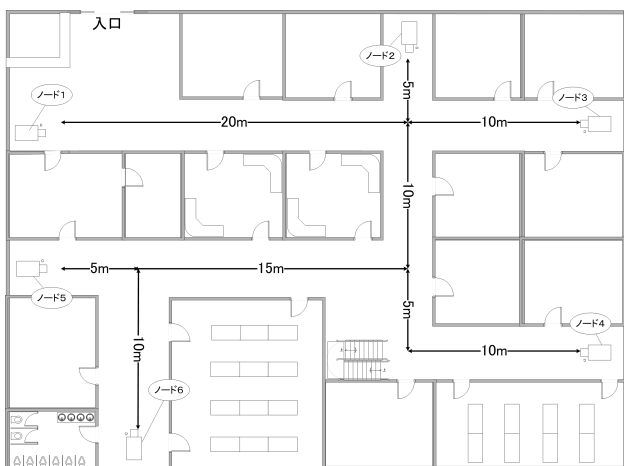


図4: 本システムで対象とする建物の図面

考案した移動先候補の決定アルゴリズムについて述べる。通路の曲がり角を分岐点と呼び、ある追跡サーバの監視範囲と直線で並んでいる分岐点を、その追跡サーバの隣接分岐点と呼ぶ。まず、以下の要素を計算用のデータとしてあらかじめ用意する。

1. 各追跡サーバの監視距離
2. 各追跡サーバから隣接分岐点までの距離
3. 各分岐点から移動可能な分岐点およびその距離

ある追跡サーバ1台の移動先候補は以下の様にして求める。

1. 対象の追跡サーバの隣接分岐点をすべて探す
2. (1) で求めた各隣接分岐点をそれぞれ共有している追跡サーバを移動先候補とする
3. (1) で求めた各隣接分岐点ごとに以下の処理を行う
 - (a) 対象の分岐点を探索済みリストに入れる。
 - (b) 対象の分岐点から移動可能な分岐点をすべて探す
 - (c) (b) で求めた分岐点ごとに以下の処理を行う
 - i. 対象の分岐点を隣接分岐点とする追跡サーバを探す
 - ii. i. で見つかった追跡サーバの内、監視範囲が対象の分岐点まで届いているものがあれば移動先候補とし、処理を終了する。1つもなければ次の処理に進む
 - iii. 対象の分岐点を探索済みリストに入れる
 - iv. 対象の分岐点から移動可能な分岐点の内、探索済みリストに含まれていないものをすべて探す
 - v. iv. で分岐点が見つかった場合は、見つかったものごとに再度 i. からの処理を適用する。1つも見つからなければ、対象の分岐点を隣接分岐点としている追跡サーバを移動先候補とし、処理を終了する

4 実装

考案した手法を実装するにあたって、アプリケーションサーバとして OSGi[6] フレームワークの TSUBASA[7] を用い、モバイルエージェントサーバに Feather Weight DiaConcord(以降 FW DiaConcord) を用いて実装を行った。

FW DiaConcord は TSUBASA 上で動作する OSGi 準拠のバンドルである。また、FW DiaConcord は OSGi 仕様に従い、TSUBASA 上で動作している各種サービスと連携することが可能であり、動的に機能拡張が行える特徴を持つ。また、「エージェントとしての役割」/「機能としてのサービス」を分離しての開発が可能であり、これにより拡張性、保守性を確保していく。

また、追跡サーバの映像解析部分は開発中なので、この部分に関してはシミュレータを作成した。さらに、追跡エージェントの動作の確認およびシミュレーションの設定を行うためのモニタを作成した。外観を図5に示す。さらに、移動先候補決定用のプログラムも作成した。

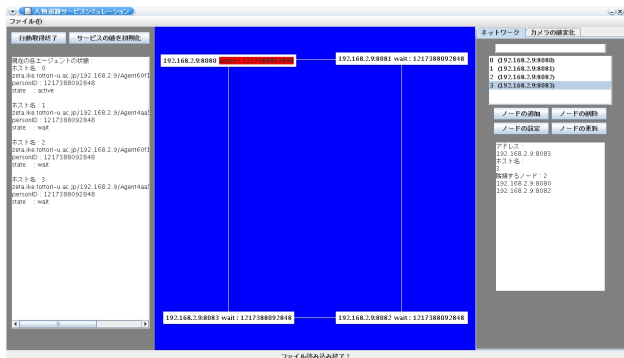


図 5: 人物追跡システムモニタ

5 実験

追跡サーバ数 8 台で、図 6 のようなカメラ配置および通路配置とし、さらに、

- 人物が部屋の中を通過して別の通路に移動しない
- 追跡サーバの映像解析処理による人物特定の際に誤検出が発生しない
- 人物 1 人のみを追跡
- 追跡サーバの監視距離はすべて同じ

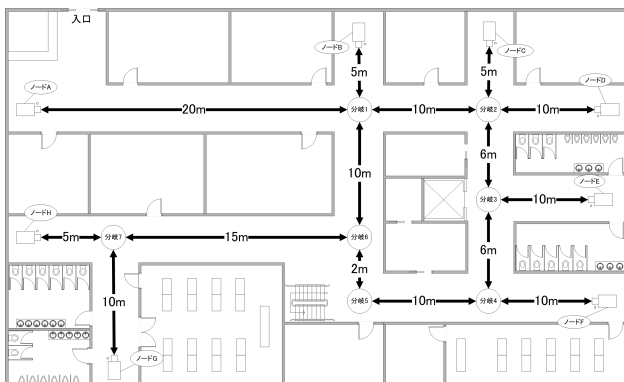


図 6: 実験でのカメラおよび通路の配置

という条件下で実験を行った。追跡サーバの監視距離は 5m, 10m, 15m, 20m とした場合をそれぞれ実験した。また、人物の移動パターンについては数種類用意して実験した。まず、追跡サーバの監視距離を決め、移動先候補決定用のプログラムを用いて各追跡サーバの移動先候補を生成した。続いて、先回り追跡方式と同時追跡方式、発見時削除方式と重複時削除方式を組み合わせた 4 つの手法の追跡エージェントについて、それぞれシミュレータを用いて実験を行ったところ、すべてが追跡に成功した。

6 おわりに

本研究では、本論文で提案した自動で人物追跡を行うシステムのうち、追跡エージェントおよび追跡サー

バの部分の開発と、追跡エージェントの動作に必要な移動先候補の決定手法の開発を行った。追跡エージェントについては、先回り追跡方式と同時追跡方式、発見時削除方式と重複時削除方式を組み合わせた 4 つの手法を開発した。また、動作確認実験を行うため、追跡サーバの映像解析処理部分のシミュレータ及び追跡エージェントの動作確認およびシミュレーションの設定を行うためのモニタも開発した。追跡サーバの映像解析処理による人物特定の際に誤検出が発生しないという条件を設けて追跡エージェントの手法ごとに実験を行い、すべての手法で人物 1 人の追跡に成功した。

今後の課題として、追跡エージェントの各手法の比較、映像録画サーバ、エージェント管理サーバ、エージェント監視端末の開発と、新たな移動先候補の決定手法の開発及び比較、実環境でシステムを動作させた場合に発生する人物の誤検出が起こった場合の検証および対策が挙げられる。また、追跡サーバでの映像解析処理から得られる人物の特徴量以外にも人物の移動方向やその他の指標を用いて、追跡精度の向上を目指す。

参考文献

- [1] 大谷尚通ほか. 2007 年情報セキュリティインシデントに関する調査報告書 ver. 1.3. NPO 日本ネットワークセキュリティ協会セキュリティ被害調査ワーキンググループ, 9 2008.
- [2] 富澤亮太. 国内主要企業における情報セキュリティ対策の現状と今後の展望～「企業における情報セキュリティ実態調査 2007」より～. JNSA Press 第 22 号, pp. 3-15, 3 2008.
- [3] 三洋電機株式会社. CCTV / セキュリティシステム. <http://www.sanyo-cctv.net/>, 10 2008.
- [4] 株式会社日立製作所. 防犯監視用ビデオカメラシステム. <http://www.hitachi.co.jp/Prod/vims/kansi/index.html>, 10 2008.
- [5] 三菱電機株式会社. 三菱電機 CCTV. <http://www1.mitsubishielectric.co.jp/cgi-bin/bvsm/cctv/top.jsp>, 10 2008.
- [6] OSGi Alliance. OSGi Alliance Specifications OSGi Service Platform Release1. <http://www.osgi.org/Specifications/HomePage>, 8 2008.
- [7] メルコ・パワー・システムズ株式会社. TSUBASA. <http://www.mps.co.jp/business/tsubasa.html>, 8 2008.