O-023

マルチカメラに基づく人物位置検出システムを対象とした出力情報の品質制御手法
A Method for Controlling Output Information Quality of Multicamera Based Human Positioning System

アグスタ アドリアン† 阿部 亨‡ 菅沼 拓夫‡
Adrian Agusta Toru Abe Takuo Suganuma

１．はじめに

近年，各種センサやセンサネットワークに関する技術が大きく進展し，また，利用者や環境の変化に対応できるコンテキスト・アウェア・コンピューティング，現実空間と仮想空間を結びつけるサイバー・リアル・コンピューティングの研究も盛んに進められている．このような状況の中，高齢者の見守りシステム[1]，ライフ・ロギングシステム[2]，防犯・監視システム[3]，現実－仮想空間の連携システム[4]など，利用者の３次元位置情報を用いた多数のアプリケーションが提案・開発されている．

これらのアプリケーションで使用する人物の３次元位置情報を獲得する手法の一つに，マルチカメラを用いた手法がある．この手法は，ネットワークに接続された複数のカメラで撮影された映像から人物の３次元位置を検出するものであり，比較的安価に実現可能，高精度な位置情報を獲得可能，利用者がデバイス等を装着する必要がないという利点を持つ．

しかし，マルチカメラを用いた手法では，対象とする人数や，映像を転送する際のネットワークのトラフィック，映像から３次元位置を求める際の計算機の負荷などの状況が変化すると，出力される位置情報の品質（検出頻度，検出精度など）が大きく変動する．また，位置情報の出力に対し要求される品質は，アプリケーション毎にそれぞれ異なる．従って，種々に変化する状況の下，各アプリケーションが必要とする様々な品質の３次元位置情報を，マルチカメラを用いた一つのシステムで安定に提供することは困難なことが多い．そこで，本稿では，出力に対する要求や状況の変化に応じ，マルチカメラに基づく人物の３次元位置検出システムのパラメータを制御することで，アプリケーションが要求する品質の３次元位置情報を安定に提供するための手法を提案する．

２．関連研究

2.1 人物位置の検出

各種アプリケーションでの使用を想定し，室内での利用者の３次元位置情報を獲得する手法には，赤外線センサ[5]や超音波センサ[6]，[7]を用いた手法，あるいは，RFID タグを用いた手法など様々なものがある．しかし，これらの手法を適用した場合，対象とするアプリケーションによっては，アプリケーションが必要とする十分な箇所での３次元位置情報を獲得することができない，あるいは，アプリケーションが要求する精度の３次元位置情報を獲得することができない等の問題を生じることが多い．また，一般に，これらの手法は，装置の設置に必要となるコストが高い，利用者がデバイス等を事前に装着する必要があるという問題を有する．

† 東北大学大学院情報科学研究科
‡ 東北大学サイバーサイエンスセンター

2.2 マルチカメラを用いた人物位置検出

一方，ネットワークに接続された複数のカメラを用い人物の３次元位置を検出するマルチカメラシステムでは，図１に示すように，次の処理が一般に行われる[8]．

(1) 各カメラで撮影した映像からシルエット画像を生成
(2) 各シルエット画像中で人物領域を抽出
(3) 各シルエット画像中で人物の２次元位置を追跡
(4) ２次元位置情報を統合し人物の３次元位置を追跡

この手法は，比較的安価な設備で高精度な位置情報を獲得でき，利用者がデバイス等を装着する必要がないという利点を有する．しかし，３次元位置情報を求める際には，各カメラからの映像を統合・処理する必要があるため，ネットワークや計算機で利用可能なリソースにより，出力される位置情報の品質が大きく変動するという問題がある．また，映像を撮影する際のカメラ台数，画像サイズ，フレームレート，対象となる人物の人数などや，出力される位置情報に求められる品質が異なれば，必要となるリソース自体が変化する．

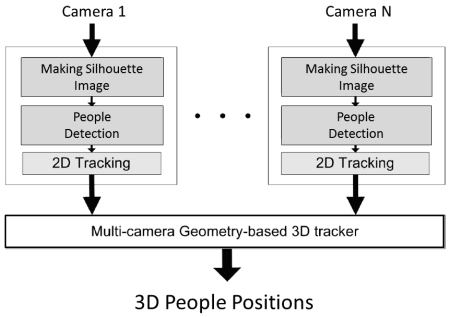

図１．マルチカメラを用いた人物の３次元位置検出

2.3 リソースを考慮したマルチカメラシステム

人物の３次元位置を検出するマルチカメラシステムに対しては，消費電力やメモリ使用量などのリソースを制御する手法が提案されている．例えば，SSMTT[9]では，各カメラに対するスリープスケジューリングを作成し，消費電力の削減を図っている．また，Casares ら[10]は，３次元位置情報を計算する際のメモリ使用量を削減する手法を提案している．さらに，[11]では，対象人物の移動速度を推定した結果に基づき，入力として用いる映像のフレームレートを制御することで，出力の品質を一定に保ちつつ消費電力の削減を図る手法を提案している．

しかし，各アプリケーションが必要とする様々な品質の３次元位置情報を安定に提供するためには，リソース消費量を削減するだけでなく，状況や，リソース消費量，出力される３次元位置情報の品質のトレードオフを考慮した制御が必要となる．そこで，本稿では，状況・リソース消費量・出力品質を総合的に考慮した，マルチカメラシステムのパラメータ制御手法を提案する．

Copyright © 2012 by
The Instiute of Electronics, Information and Communication Engineers and
Information Processing Society of Japan All rights reserved.

３．提案手法

3.1 マルチカメラシステム

マルチカメラを用いた人物の３次元位置検出システムに対し，本稿では，次のシステムパラメータ制御手法を提案する（図２）．

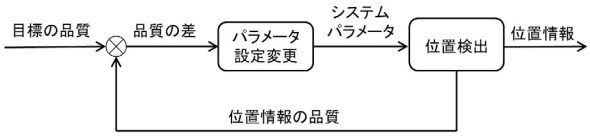

図２．マルチカメラシステムのパラメータ制御

(1) 位置情報に要求される品質を目標値として設定
(2) 既定のシステムパラメータで位置情報を計算し出力
(3) 出力位された位置情報の品質と目標値との差を算出
(4) 算出された差に基づきシステムパラメータを変更
(5) (3)と(4)を反復

ここで，制御対象であるシステムパラメータとして，映像を撮影する際の以下の要素を考える．

- カメラ台数
- 画像サイズ
- フレームレート

また，出力である３次元位置情報に対し各アプリケーションが要求する品質には，次のものが考えられる．

- 検出頻度：単位時間当りの検出回数（計測可能）
- 遅延時間：撮影から位置情報出力までに要する時間（計測可能）
- 分解能：区別可能な３次元位置の最小距離（画像サイズ，対象の位置から決定）
- 観測範囲：位置検出を行う領域の範囲（カメラ台数から決定）

さらに，変化を考慮すべき状況として，以下を考える．

- 対象の人数：ネットワークのトラフィック，計算機の負荷に影響を与える，
- ネットワークのトラフィック：検出頻度，遅延時間に影響を与える，カメラ台数，画像サイズ，フレームレートから影響を受ける
- 計算機の負荷：検出頻度，遅延時間に影響を与える，カメラ台数，画像サイズ，フレームレートから影響を受ける

これらの関係を図３に示す．

3.2 パラメータ制御アルゴリズム

図３の関係から，目標品質の３次元位置情報を得るために，以下の手順でパラメータの制御を行う．

(1) ３次元位置情報の品質要素に対し優先順位を決定
(2) 優先順位の高い品質要素を選択し，目標との差が最小となるよう関連するパラメータを調整
(3) 優先順位が次に高い品質要素を選択し，関連するパラメータを調整（ただし，優先順位がより高い品質要素に関わるパラメータは変更しない）
(4) すべての品質要素について(3)を反復

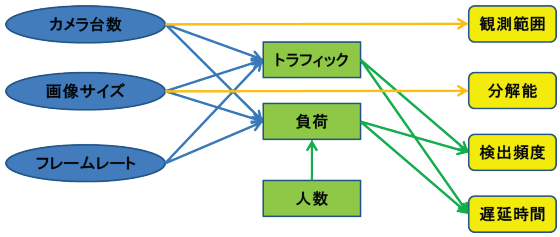

図３．パラメータ，状況の変化，位置情報の品質の関係

3.3 システム構成

提案するシステムの構成を図４に示す．位置検出モジュールでは，設定されたパラメータにより，複数のカメラからの映像を統合・処理し，人物の３次元位置情報を計算する．位置情報モニタリングモジュールでは，出力された位置情報の品質を求める．パラメータ計算モジュールでは，得られた位置情報の品質と目標品質との差を求め，その差に基づきシステムパラメータの変更を行う．

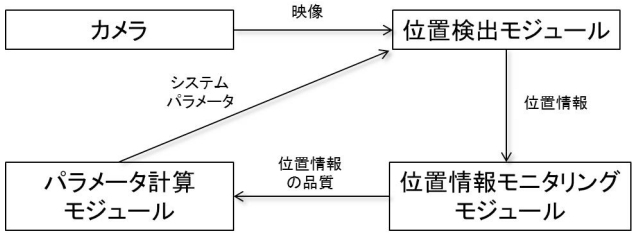

図４．提案するシステムの構成

４．おわりに

本稿では，状況や要求の変化に応じ，マルチカメラに基づく人物の３次元位置検出システムのパラメータを制御することで，アプリケーションが要求する品質の位置情報を安定に提供するための手法を提案した．今後は，提案手法に基づくマルチカメラシステムの試作を行い，有効性を検証する評価実験を進める予定である．

参考文献

[1] M. Shoaib et al., "Altcare: Safe living for elderly people," 4th Int. Conf. Pervasive Computing Technologies for Healthcare, pp.1-4 (2010).
[2] K. Jeong et al., "User activity recognition and logging in distributed intelligent gadgets," Int. Conf. Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, pp.683-686 (2008).
[3] F. Yan and S. Liu, "Research on monitoring hiding technology in protection system," 3rd Symposium on Web Society, pp.158-161 (2011).
[4] H. Noguchi et al., "Perceptual integration of real-space and virtual-space based on symbiotic reality," Int. Conf. Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications, pp.788-793 (2010).
[5] R. Want et al., "The active badge location system," ACM Trans. Inf. Syst., vol.10, no.1, pp.91-102 (1992).
[6] N.B. Priyantha et al., "The cricket location-support system," 6th Int. Conf. Mobile computing and networking, pp.32-43 (2000).
[7] M. Addlesee et al., "Implementing a sentient computing system," Computer, vol.34, no.8, pp.50-56 (2001).
[8] R. Mohedano et al., "Robust 3D people tracking and positioning system in a semi-overlapped multi-camera environment," Int. Conf. Image Processing, pp.2656-2659 (2008).
[9] B. Jiang et al., "Energy efficient sleep scheduling in sensor networks for multiple target tracking," 4th Int. Conf. Distributed Computing in Sensor Systems, pp.498-509 (2008).
[10] M. Casares and S. Velipasalar, "Light-weight salient foreground detection for embedded smart cameras," 2nd Int. Conf. Distributed Smart Cameras, pp.1-7 (2008).
[11] M. Casares and S. Velipasalar, "Adaptive methodologies for energy-efficient object detection and tracking with battery-powered embedded smart cameras," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol.21, no.10, pp.1438-1452 (2011).

Copyright © 2012 by
The Instiute of Electronics, Information and Communication Engineers and
Information Processing Society of Japan All rights reserved.