

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：94301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700194

研究課題名（和文）異種センサの共通情報源抽出に基づく認識機構の確立

研究課題名（英文）A recognition framework based on common cause detection in multimodal signals

研究代表者

池田 徹志（IKEDA TETSUSHI）

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・ATR 知能ロボティクス研究所・研究員

研究者番号：50397618

研究成果の概要（和文）：本課題では、人や物の識別を整理整頓されていない一般の環境下で行うことを目的として、人間の知覚系に倣った方法で複数の種類のセンサを統合する新しいアプローチを提案し検証した。従来は各センサで先に認識処理を行う「認識後に統合」の手法が主流であった。これに対して個別の処理先に統合を行う「統合による認識」のアプローチを提案した。特に対象の動きを複数のセンサで計測した際に、両方の信号に現れる特徴的な同期のリズムに注目し、信号間の局所的な相関関係を用いて統合する手法を検証した。人が歩く時の脚の動きをレーザレンジファインダ（LRF）を用いて計測し、同時にユーザが携帯する加速度センサを用いて体の振動を計測し、提案手法を用いて両者の統合を行った。その結果、加速度信号に対して LRF で計測された移動軌跡の 1 つを正しく対応づけ、特定の加速度センサを持つ人が歩いている場所を推定する問題を解けることを示した。多数の人が歩くショッピングモールにおける実験で検証し、数秒間の計測を用いることにより、選択したユーザが歩いている場所を正しく検出できることを実証した。上記の結果を、国際会議 Int. Conf. on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems (PECCS 2012, full paper としての採択率 17%) で発表し、best paper award (最優秀論文賞) を得た。

研究成果の概要（英文）：To realize people and object recognition in real environment, we have proposed new multi sensor integration approach in the manner of human perception. Previous approaches of sensor integration combined different kinds of sensors after feature extraction and abstraction (“integration after recognition”). We have proposed a new approach that combines sensory signals from different kinds of sensors in the earlier stage, and applied it to the problem of people identification and tracking. The legs of pedestrians in the environment are tracked by using laser range finders (LRFs), and acceleration signals from pedestrians are simultaneously observed. We associate these signals from same pedestrian based on the proposed signal correlation method that focuses on local waling rhythm. We has presented this study at the Int. Conf. on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems (PECCS 2012, full paper acceptance ratio 17%) and obtained the best paper award.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 ・ 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：センサ融合・統合

1. 研究開始当初の背景

人間の知覚系では、異種の感覚器への刺激が早期の段階から相互作用し、ある感覚器への刺激が他の感覚器の認識に影響を与えることが知られている。これは人間は複数の感覚器が個別に認識を行った後に統合を行う「認識後に統合」による知覚系ではなく、感覚器の統合と認識を柔軟に組み合わせ、優れた知覚システムを実現していることを示唆している。本研究では人間の知覚情報処理に学び、統合を早期段階から行うことにより知覚系を構成する「統合による認識」の工学的な設計論を提案することが目的である。

2. 研究の目的

従来の工学的な異種センサ統合に基づく認識手法は、はじめに各センサで独立に認識を行い、次に結果を統合する「認識後に統合」のアプローチが主流であり、認識処理の段階で統合に必要な情報が失われる問題、センサの種類に応じた統合手法が必要になる問題がある。これに対して本研究は、異種のセンサで共通の情報源を観測したときに生じる信号間の相関関係に注目した「統合による認識」のアプローチを提案することが目的である。特に複数のセンサから共通情報源を求める鍵となる特徴として、信号変動のリズムに注目し、信号の局所的な相関関係を抽出する手法の有効性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 異種センサを用いて同一情報源を計測したデータベースの構築

実験室環境ではなく、多数の人が行き交う実際のショッピングモールにおいて、複数のセンサを用いてデータを蓄積する。人が廊下を歩いたり店を訪れたりする様子を計測対象とし、ショッピングモール中に配置されたレーザレンジファインダ (LRF) およびカメラを用いて、環境内の対象が常に複数種類のセンサで観測する環境を構築する。また人が身につけたウェアラブルセンサのデータを無線で送信し、環境中のセンサおよびウェアラブルセンサを用いて同期してそれぞれの人を観測し、複数の異種センサで同一対象が計測されたデータベースを作成する。

(2) 信号間の相関関係を高めるセンサ設置や計測手法の検討

信号間の相関を求めるシンプルな手法として、相関係数が知られている。はじめにデータベース中の複数の信号に対して、相関関数を求める予備実験を行う。予備実験の結果を元に、センサの設置位置や計測方向について、共通情報源を計測した際の複数のセンサの間の相関関係が高くなるような設置を検討する。次に、計測時の適切な観測の解像度や、前処理のフィルタについても、相関関係が高くなるパラメータを設定する。

(3) 信号のリズムに基づく共通情報源を抽出手法の検討

異種のセンサの信号から共通の情報源を求める特徴量として、信号変動の相関性に注目して検証を行う。これは信号の局所的な相関関係を抽出する手法であり、人が歩く様子を LRF やウェアラブルデバイス上の加速度で計測した場合には、信号間の相関係数が安定して得られる区間と得られない区間がリズムを持って現れることに注目した手法である。信号間の相関性の抽出方法について、信号のピークに基づく手法など、各種の方法の比較検討を行う。

(4) 共通情報源の抽出に基づく位置および個人を同定した複数人追跡

信号のリズムに注目した手法により、異種のセンサによる信号の中から、共通した情報源に相当する成分を検出することができる。LRF の信号とウェアラブルデバイス上の加速度センサの間で共通情報源を検出した際には、LRF によりその人の位置が分かり、ウェアラブルデバイスよりその人が誰であるかを知ることができる。すなわち、共通情報源に基づく信号の対応づけにより、人の位置と個人を特定する情報の両方を得ることができると考えられる。提案手法に基づく位置および個人を同定した複数人追跡について、有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 人の歩行時の足の動きと携帯する加速度センサの相関性を利用した位置および個人同定の実現

大阪南港 ATC のショッピングモールにおいて、混雑した場合や空いている場合等の各種の条件下で、複数の被験者が歩く様子を LRF および携帯する加速度センサによって計測した。LRF の設置を最適な高さに調整することにより、人の歩行時の一步一步の足の動きの計測を実現した。

歩行に伴う両脚および体の速度および加速度の変化を解析した結果、LRFで計測された脚の進行方向の加速度と、携帯した加速度の垂直方向の成分に強い相関関係が計測されることが分かった。

両脚の動きに交互に現れる加速度と、携帯する加速度センサの垂直方向成分の信号の同期性を、相関関数を用いて評価することにより、両者の信号を正しく対応づけることに成功した。

提案手法を用いることにより、両脚の動きを安定して計測可能な比較的空いた環境下で、あるユーザが身につけた加速度センサの信号から、最も同期性の高い移動軌跡を選択することが可能であり、特定のデバイスを身につけたユーザの位置を求めることが可能になる。

(2) 歩行の位相に注目した高精度な同期性の評価方法の提案

混雑した環境で計測を行う場合にはLRFの計測に遮蔽が起こるため、一般には人の両方の脚の動きを安定して計測できない場合が多い。混雑した環境で提案手法を用いるためには片脚のみの動きから同期性を検出することが重要となる。しかし片脚の動きの加速度は、携帯する加速度センサの信号と同期しない場合が見られた。

そこで、歩行運動の周期性に着目すると、脚の動きの周期の中で相関性の高い部分と低い部分が顕著に見られることが分かった。特に、脚の速度の最大値から最小値に至る位相部分の3/4の区間の相関関数が非常に高いことが分かった(図1の灰色部分)。

この特定の位相の区間の信号を用いて信号間の同期性を評価することにより、片脚の動きからも安定した同期性の検出を実現した。

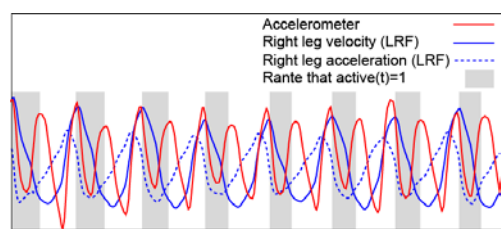


図1. 歩行に伴う体の加速度の鉛直方向成分(赤)および右脚の進行方向の加速度(青色点線). 灰色が注目した位相区間を表し、区間内では両者が同期して極小値を示している。

(3) 共通情報源の抽出に基づく位置および個人を同定した複数人追跡

提案手法を実環境で検証するため、10人以上の人が接近して歩く混雑したショッピングモールにおいて、個人および位置を同定する実験を行った。あるユーザが携帯する加速度センサの情報より、LRFで計測された多数

の脚の移動軌跡の中から、最も同期性の高い軌跡を選択することにより、特定のユーザの位置が求められる。

歩行の位相に着目した同期性評価方法を用いることにより、混雑した環境下で片方の脚のみしか計測されない場合においても、安定して個人を同定して位置を求めることを確認した(図2・図3)。図2は同期性の評価を環境内のすべての人に対して行った結果を示す。加速度センサを携帯するユーザに対する同期性は顕著に高く、両脚に対して求めた同期性(青色)に対して、右脚および左脚に対して求めた同期性(赤色・緑色)も同等の大きさである。

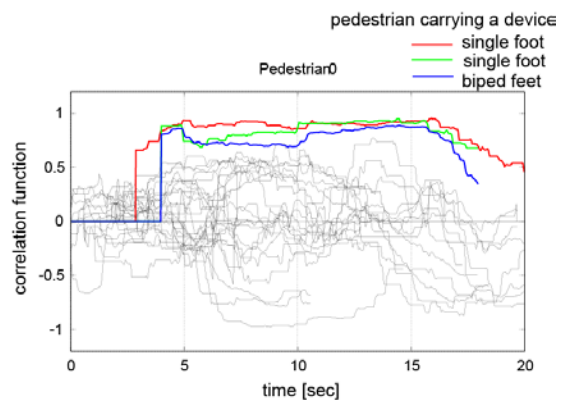


図2. ユーザが携帯する加速度センサと、LRFで計測した脚の動きの同期性の評価. 環境内で計測されたすべての人の脚の動きに対して評価した。加速度センサを携帯するユーザの脚の動きに対する同期性(太線)が、他のユーザ(細線)よりも顕著に高い。

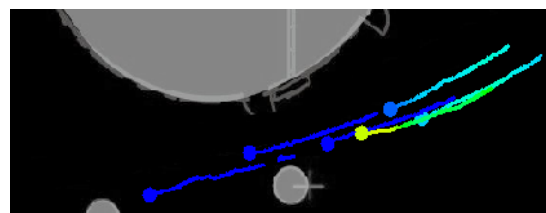


図3. 地図上で各ユーザの移動と同期性の高さが検出される様子を示した。環境内で検出されたすべての人(図中●)の脚の動きの同期性の強度を表し、色の明るさは相関性の高さを示す。1人のユーザが明確に選択されていることが分かる。

提案手法は、近年は携帯電話に搭載が進んでいる加速度センサを用いて実現可能である。商業施設等で、ユーザが現在いる場所に応じたサービスを提供するための基盤となる技術である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

T. Ikeda, T. Miyashita, H. Ishiguro, and N. Hagita, "Pedestrian Identification by Associating Walking Rhythms from Wearable Acceleration Sensors and Biped Tracking Result," Int. Conf. on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems (PECCS 2012), pp. 21-28, 2012 (acceptance ratio as a full paper: 17%) (best paper award).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.irc.atr.jp/~ikeda/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 徹志 (IKEDA TETSUSHI)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・

ATR 知能ロボティクス研究所・研究員

研究者番号：50397618

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし