動作識別に基づいた効果音再生システムにおいて センサ装着位置にロバストな動作識別手法の提案

A Proposal for Robust Motion Identification Against Sensor Mounted Position

○永野 雄大 (立命館大) 李 周浩 (立命館大)

Yudai NAGANO, Ritsumeikan University, is0081hx@ed.ritsumeikan.ac.jp
Joo-Ho LEE, Ritsumeikan University

The aim of this research is a robust motion identification only with inertial sensors. Conventional motion recognition method using inertial sensor does not have robustness against sensor mounted position. Such as sound effect playing system based on motion identification, this problem is too inconvenient for users. We focused on relative amount of changes of angle in direction of movement of device. We propose a robust motion identification method against sensor mounted position in this paper.

Key Words: accelerometer, gyroscope, motion recognition

1 緒言

近年、慣性センサを用いた動作識別に関する研究が行われている。慣性センサを用いることでユーザを拘束せず、また場所や環境の制限を受けることなく動作識別をすることが可能となるため、様々な場面での応用が考えられている。例えば、ウェアラブルダンス演奏システム [1] の研究が行われている。これはダンスの靴に取り付けた加速度センサからダンスステップのデータを計測し、ステップの識別を行い、認識されたステップに対し音を割り当て再生することで、ダンス自身のタイミングで自由に音を演奏できるシステムである。

慣性センサを用いた動作識別の従来の手法では、予め慣性センサから得られる加速度などのデータの特徴化しておいた学習データと、現在のデータの特徴化したものとをマッチングすることにより動作識別を行っている。しかし、重力加速度の影響を受け、デバイスの取り付け方や持ち方に対し学習データとのずれが生じた場合、動作の識別率が著しく下がってしまう問題がある。特に、ウェアラブルダンス演奏システムのように人の動作に対し柔軟な動作の識別が求められる場合において、デバイスの持ち方による識別率の低下は、致命的なユーザビリティの損失に繋がる。従来の動作識別手法においてはこの問題の対策として、デバイスのあらゆる角度を想定し学習データを増やすことが想定されるが、識別対象となる動作に対し全ての姿勢を想定して学習するには限界がある。

本研究では、センサ軸に依存しない特徴量として、デバイスの移動方向間の相対的な角度変化量に着目することにより、デバイスの持ち方に対しロバストな動作識別の手法を提案し、その有効性を検証する。

2 動作識別を行うシステムの概要

2.1 ハードウェア構成

今回、動作を入力するデバイスとして任天堂社の Wii リモコンと、外部拡張機器である Wii モーションプラスを使用した。Wii リモコンには 3 軸加速度センサが搭載されており、Wii モーションプラスには 3 軸ジャイロセンサが搭載されている。専用のライブラリを使用することにより、加速度センサとジャイロセンサを使用したプログラムによる開発が可能となる。本研究ではこれらのセンサを使用し、6 軸のモーションセンシングデバイスとして使用した。

2.2 ソフトウェア構成

本研究で開発を行った動作識別をするシステムの概念を図 1 に示す。本システムは、ユーザに入力デバイスを手に持ってもらう、

Fig.1 System image

デバイスから無線通信で送信される慣性センサからのデータを入力波形として、時間ウィンドウ毎に特徴化し、予め登録しておいた動作ごとの辞書データと比較を行うことにより動作識別を行っている。また、入力データに対し、比較ウィンドウを時間でずらすことによりリアルタイムな動作識別を可能としている。

3 デバイスの持ち方に不変な特徴量

デバイスの持ち方に不変な特徴量として、デバイスの移動方向間の角度変化量に着目した。以下は移動方向間の角度変化を求める手順である。本研究では、デバイス座標系として右手系の座標系 x 、 y 、 z を定義し、3次元の姿勢を表現するため、ピッチ角、ロール角、ヨー角を使用する。それぞれは、 x 軸周りの角度をピッチ角 ϕ 、 y 軸周りの角度をロール角 θ 、 z 軸周りの角度をヨー角 ψ とした。各軸周りの回転は時計回りを正回転とする。デバイス座標系の定義を図 2 に示す。

3.1 デバイスの移動方向

デバイスの移動方向間の角度変化量を算出するために、デバイスの移動方向を計算する必要がある。以下にデバイスの移動方向を算出する手順を示す。

Fig.2 Device coordinate

Fig.3 Pose estimation

3.1.1 デバイスの姿勢推定

デバイスの移動方向を求めるため、まずデバイスの姿勢を推定した。デバイスの姿勢は、初期姿勢を静止状態とし、デバイスのピッチ角と、ロール角と、それぞれ3軸について計測される加速度 G_x , G_y , G_z との関係式は式 (1) であり、これにより式 (2)、式 (3) が求まる。動作状態では角速度を時間について積分することで姿勢を推定した。ただし、重力加速度を g とする。また、初期姿勢についてヨー角は 0 となるように位置合わせを行った。デバイスを水平状態から垂直にし、再び水平に戻したときのデバイスの姿勢推定結果を図 3 に示す。

$$\begin{bmatrix} G_x \\ G_y \\ G_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -g \cos \phi \sin \theta \\ g \sin \phi \\ -g \cos \phi \cos \theta \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_z} \quad (2)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{-G_x}{\sqrt{G_y^2 + G_z^2}} \quad (3)$$

3.1.2 重力成分の除去

デバイスの姿勢をもとに、計測される加速度から重力成分を減算し、人がデバイスに力を加えたことで発生した純加速度を算出する。時刻 t での 3 軸の純加速度を $PureG_x$, $PureG_y$, $PureG_z$ とし、各軸における重力加速度成分を g_x , g_y , g_z とすると、純加速度は式 (4)、式 (5)、式 (6) と表すことができる。純加速度を時間について積分して速度を算出し、閾値処理をすることで、3 軸についてそれぞれの移動状態を、軸に沿った移動中を 1、静止中を 0、軸の逆向きに沿った移動中を -1 で表現する事ができる。これによりデバイス座標系での移動方向を図 4 のように、静止状態を含め 27 方向判別可能とした。

Fig.4 Direction of movement

Fig.5 World coordinate

$$PureG_x(t) = G_x(t) - g_x(t) \quad (4)$$

$$PureG_y(t) = G_y(t) - g_y(t) \quad (5)$$

$$PureG_z(t) = G_z(t) - g_z(t) \quad (6)$$

3.2 移動方向間の角度変化量

デバイスの移動方向に対し、1 つ前の移動方向間の相対的な変化量を 45 度刻みで表現し、角度の変化量を 8 分割した。この変化量に対してコード化を行い、得られたコード列を動作の特徴列とした。

4 実験

4.1 実験内容

提案手法の妥当性を検証するため、登録動作に対し、デバイスの持ち方を変化させた場合も識別可能であるか実験を行った。登録動作は、世界座標系を図 5 のように定義したとき、図 6 のような軌跡をとる動作とし、理想的に得られるコード列を 1 つのみ学習データとして登録した。学習データに対し、デバイスの持ち方を変化させて動作を行った時に得られるコード列に対し、学習データと同じコード長の比較ウィンドウを作成し、コードごとにずらしながら DP マッチング [2] を行い、得られる類似度を検証することで識別可能であるか考察を行う。異なる動作との相対的な類似度を確認するため、識別対象となる動作の前後に異なる動作を入れ、それぞれの持ち方で動作を 3 回づつ行う。この時実験動作に対し得られるコード列の中央に識別対象となる動作のコードが現れるようにし、実験動作のコード列の中央付近で類似度が高くなるかを検証する。また、コードに対し変化量を考慮して重み付けを行い、同様に類似度の遷移を検証する。

Fig.6 Motion

Fig.7 Example of gripping device

4.2 実験結果

デバイスの持ち方の例として、デバイスを水平に持った時のデバイスの持ち方を図 7 に示す。この時、デバイスの姿勢は $\phi = 0$, $\theta = 0$, $\psi = 0$ である。図 8、図 9、図 10、図 11 の左のグラフは動作に対し学習データとの連続 DP マッチングを行った結果である。横軸は動作により得られたコード列の長さで、縦軸が DP 距離である。DP 距離は非類似度を表し、低いほど類似度が高いと言える。右のグラフは、左グラフ中の 1 つの試行を抽出し、重み付けを行った時の DP 距離の比較結果である。デバイスを水平に持ち動作を行った時の結果を図 8 に示す。デバイスを立てて持ち動作を行った時の結果を図 9 に示す。この時、デバイスの姿勢は $\phi = 90$, $\theta = 0$, $\psi = 0$ である。デバイスを斜めに持ち動作を行った時の結果を図 10 に示す。この時、デバイスの姿勢は $\phi = 45$, $\theta = 0$, $\psi = 0$ である。デバイスを横に持ち動作を行った時の結果を図 11 に示す。この時、デバイスの姿勢は $\phi = 0$, $\theta = 0$, $\psi = 90$ である。

4.3 考察

図 8、図 9、図 11 の結果から、コード列の中央で相対的に DP 距離が下がっており、動作の識別が可能であると考えられる。しかし、図 10 の結果からデバイスを斜めに持った時の重み付けを行わない場合の DP 距離の値の下がり幅が低く、認識が難しいといえる。これは、実際に取得したデバイスの移動方向を確認したところ、デバイスを斜めに場合、方向の検出率が低かったため、移動方向の検出率の低さに起因していると考えられる。移動方向の検出率の低さについては、デバイスを斜めに持った場合のデバイスの姿勢推定結果と実際のデバイスの姿勢の誤差から生じていると考えられる。しかし、図 10 で重み付けを行った場合の DP 距離の値は入力文字コード列の中央付近で相対的に下がっている。このことから、重み付けを行うことでデバイスの移動方向

Fig.9 $\phi = 90$, $\theta = 0$, $\psi = 0$

Fig.10 $\phi = 45$, $\theta = 0$, $\psi = 0$

Fig.11 $\phi = 0$, $\theta = 0$, $\psi = 90$

を取得する際の認識誤差を吸収することが可能であると言える。

5 結言

本研究では、デバイスの持ち方に不変な特徴量を用いることで、これらの変化にロバストな識別を提案し、検証実験によりその有効性を示した。しかしながら、センサの斜め方向の検出率の悪さによって、動作の識別率が低下してしまう問題があったが、重み付けを行うことによって動作を識別することが可能であることを示した。

References

- [1] 藤本実, 藤田直生, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦, “ウェアラブルダンシング演奏システムの設計と実装”, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.12, pp.2900-2909, 2009.
- [2] 内田誠一, “DP マッチング概説: 基本と様々な拡張”, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.106, No.428, pp.31-36, 2006.

Fig.8 $\phi = 0$, $\theta = 0$, $\psi = 0$