

M-017

加速度センサを用いた手の動きの認識

Motion Recognition of Hand Using Acceleration Sensors

菅野 剛†
Go Kanno

姜 錫†
Kang Seok

青木 由直†
Yoshinao Aoki

1. まえがき

本研究ではこのウェアラブルコンピュータにつながる、携帯端末に注目する。携帯電話やPDAをはじめとした携帯端末の普及が急速に進んでいる。しかし、これらの端末に対する入力にはキーボード等のボタンを押す必要があり、このボタンはある程度の面積を必要とし端末の大きさに制限を与えている。また、端末の小型化のためにボタンの数を減らしたりボタンを小さくした場合、使用者に対して煩雑な操作を要求することになる。PDAはタッチパネルを用いた入力方式を採用しているものもあるが、画面の大きさが装置の小型化を制限していると考えられる。

このため、本研究では装置自体にかかる加速度を計測、解析することで入力情報として利用することを提案する。

2. 加速度センサー

今回使用したのはシーワークの「MagicWand」という装置である。二軸で計測できるチップ型センサを二個搭載し、マイコンでこれを制御することで装置にかかる加速度を三次元方向符号付きで取得できる。

得られた加速度情報から装置の動きを完全に再構成するのは困難である。

これは装置の位置を特定するには加速度の二階積分が必要なため、動きの加速度と同時に計測される重力加速度などノイズが蓄積しやすいからである。しかも、携帯端末に搭載してその動きを計測することを想定すると、計測軸自体が可変となる。よって、絶対的座標での加速度情報の精密な取得が困難になり、速度、位置の再構成は困難となる。

そこで本研究では手の動きを単純なストロークに分解し、個々のストロークの認識を行うことで手の動きを再構成することを目指す。

3. 動きの解析

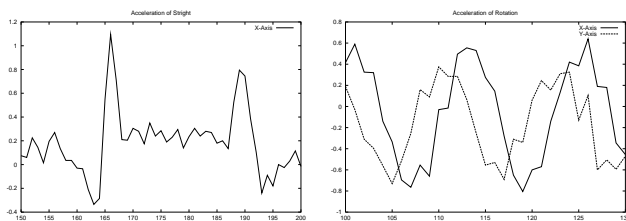


図 1: 直線状のストロークの加速度データ
図 2: 円弧状のストロークの加速度データ

3.1 直線状ストローク

MagicWand をすばやく直線状に動かすと、図 1 のような短い波長の強い波が 1 周期分だけ観測でき、左右の動きで互いに逆位相である。これは装置が移動を開始するときに運動方向にかかる加速度と、運動を止めるときにかかる運動方向と逆方向の加速度がかかるためであると考えられる。

3.2 円弧状ストローク

円弧状に動かしたときのセンサ値を計測すると図 (2) のような二軸ともに比較的長い波長の波がずれて計測されている。これは装置の動きを円運動と近似できるとすると、装置にかかる加速度が回転するためであると考えられる。この仮定に基づくと、検出されると考えられる加速度 (x 軸方向の加速度を a_x 、 y 軸方向の加速度を a_y とする) は角速度を ω とすると次のようになる。

左回転の場合 (初期位相を θ_1 とする)

$$\begin{cases} a_x = \cos(\omega t + \theta_1) \\ a_y = \sin(\omega t + \theta_1 + \frac{\pi}{2}) \end{cases}$$

右回転の場合 (初期位相を θ_2 とする)

$$\begin{cases} a_x = \cos(-\omega t + \theta_2) \\ a_y = \sin(\omega t - \theta_2 + \frac{\pi}{2}) \end{cases}$$

ここで注目すべきことは、左回転の場合は a_x の位相の方が a_y より $\frac{\pi}{2}$ 早く、右回転の場合は a_y の位相の方が a_x より $\frac{\pi}{2}$ 早くなるということである。

4. 提案手法

提案手法は大きく分けて次の 4 つの段階に分かれる。

4.1 センサ値の取得

まず、一定時間ごとに装置に対してセンサ値取得コマンドを発行し、返ってきたデータを変換し、センサの各軸のデータとして保持する。保持するデータは最新のデータから後述の周波数解析に必要な数までである。つまり、周波数解析の対象となる周波数のうち、一番低い周波数に必要なサンプル数だけデータを保持する。

4.2 周波数解析

次に、各軸のデータに対してウェーブレット変換を行い、周波数ごとのウェーブレットとデータの相似性を計算する。

入力で与えられる波形は 1 回転かしたものを想定しているため、時間軸に対して局所的になる。つまり、1 周期分しかいない波を検出するために、フーリエ変換より時間軸分解能を高くできるウェーブレット変換を採用した。

†北海道大学大学院情報科学研究科メディア創生学研究室

ただし、次の判定の段階に位相情報が必要であるので、複素ウェーブレット変換を行う必要がある。今回は、ウェーブレットとして1周期分の複素正弦波を各波長用いて使用している。

4.3 判定

ここで前述の解析結果を踏まえて判定を行う。まず、式(1)を用いて各周波数での各軸の振幅を総合した振幅を求める。周波数を f 、 $Pow_x(f)$ 、 $Pow_y(f)$ を f における各軸の振幅とする。

$$Pow(f) = \sqrt{Pow_x^2(f) + Pow_y^2(f)} \quad (1)$$

次に、 $Pow(f)$ が最大となる周波数 f_{max} を探し、 $Pow(f_{max})$ がしきい値より大きければ動作ありとして検出する。そして、 f_{max} が直線と円弧で設定した周波数域のどちらに入るかで、どちらの判定を適用するかを決定する。直線の判定は高い周波数に、円弧の判定は低い周波数に、設定する。

4.3.1 直線の判定

直線の判定は、式(2)を用いて対象となる周波数 f_{max} における各軸の振幅 $Pow_x(f_{max})$ 、 $Pow_y(f_{max})$ 及び位相 $Phase_x(f_{max})$ 、 $Phase_y(f_{max})$ から、運動の方向 \vec{M} を計算する。

$$\vec{M} = \begin{pmatrix} \text{Sign}(Phase_x(f_{max})) \times Pow_x(f_{max}) \\ \text{Sign}(Phase_y(f_{max})) \times Pow_y(f_{max}) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\text{Sign}(f) = \begin{cases} 1 & |f| < \frac{\pi}{2} \text{ のとき} \\ -1 & \text{それ以外} \end{cases}$$

出力の時には、方向を45度ずつ8方向に分割し、計算した運動の方向 \vec{M} がどれに分類されるかを調べ、これを出力とした。

4.3.2 円弧の判定

円弧の判定は、対象となる周波数 f_{max} における、軸間の位相差 $\Delta Phase(f_{max})$ を計算し(式(3))、その正負で回転方向を判定する。

$$\begin{cases} \text{順回転} & \Delta Phase(f_{max}) \leq \frac{\pi}{2} \text{ のとき} \\ \text{逆回転} & \text{それ以外} \end{cases} \quad (3)$$

$$\Delta Phase(f_{max}) = Phase_x(f_{max}) - Phase_y(f_{max})$$

尚、前述の解析の結論より、この位相差は正なら $\frac{\pi}{2}$ 、負なら $-\frac{\pi}{2}$ に近いと考えられる。

4.4 周波数成分の除去

前述のように、データの保存形式がFIFOとなっているため、波形が一定時間保存される。このため、1つのストロークの波形に対して複数回検出する可能性がある。よって、1つのストロークに対して1回だけ出力を得るためには、一度検出したストロークの波形を除去す

必要がある。これを実現するために、直線または円弧のストロークが検出された場合には、対象となった周波数 f_{max} のウェーブレット係数 $w(f_{max})$ とウェーブレット $\psi_{f_{max}}(t)$ を用いて周波数成分を除去する。(式(4))

$$Data'(t) = Data(t) - w(f_{max})\psi_{f_{max}}(t) \quad (4)$$

$$(t = 0, 1, \dots, n-1), n: \text{周期} \left(\frac{1}{f}\right)$$

$Data(t)$: 除去前のデータ, $Data'(t)$: 除去後のデータ

5. 実験

直線8動作と回転2動作をランダムで指示して装置を動かす、データを手法で解析した結果との比較を示す。数値は(合致数/回数)である。結果Aはしきい値を合わせた人が入力した結果で、結果BはAで用いた閾値で別人が入力したものである

しきい値を合わせた人間以外だと認識率が良くないことがわかる。

表 1: 実験結果 A

上	右上	右	右下	右回転	左回転
0.74	0.63	0.50	0.60		
下	左下	左	左上	0.35	
0.63	0.86	0.63	0.83		
0.27					

表 2: 実験結果 B

上	右上	右	右下	右回転	左回転
0.21	0.33	0.28	0.06		
下	左下	左	左上	0.35	
0.20	0.37	0.27	0.17		
0.27					

6. まとめ

今回、手の動きの加速度データを周波数分解し、しきい値を使って動作を検出した。

今後の課題としては、精度改善のためにセンサー軸自体の変化への対応や、DP マッチング等によるマッチング、より効果的な特徴空間への変換方法の検討が挙げられる。

参考文献

- [1] 太田雅敏, 行方エリキ, 石原進, 水野忠則, 「加速度センサを用いた手の動きによる個人認証に関する検討」, 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2003) シンポジウム」オンライン論文集, <http://www.dicomo.org/2003/dicompapers/066.pdf>, June 2003