

L-011

装着者と認証者の同一性を担保するウェアラブル端末向け個人認証技術の検討 A study of personal identification technology of confirming the sameness between an identified person and a person wearing a wearable device

高田 晋太郎[†] 長坂 晃朗[†]
Shintaro Takada Akio Nagasaka

1. はじめに

ユーザの手首に装着されるリストバンド型ウェアラブル端末が、ヘルスケア用途を中心に注目されている。一方、このようなウェアラブル端末は、常時身体に身につける電子機器であるため、装着者が本人であることを電子的に証明する ID の発信機としても使用することができ、応用が期待される。例えば、端末をかざしたり近づけたりするだけで、入場管理や金融決済を行うことが手軽に可能になる。しかし、このようなシステムを安全に運用するためには、端末の認証者が本人であることに加え、認証者本人が確かに端末を装着していることを担保し、他人によるなりすまし使用を防ぐ仕組みが必須となる。

本研究では、前述したような本人確認システムを実現するため、個人認証技術として広く普及している指紋認証と、指紋認証に用いる指と端末の装着部位とが同一の生体であることを担保する同一生体確認技術を組み合わせたウェアラブル端末向け個人認証技術を提案する。本報では特に後者の同一生体確認技術について詳細に報告をする。

2. ウェアラブル端末向け個人認証技術の提案

図 1 にウェアラブル端末における本人認証のユースケースと、提案個人認証技術の概要を示す。

ユーザはまず、使用するウェアラブル端末（リストバンド型）を腕に装着する。端末は装着状態を検知する機構を備えている。次に、端末を装着した状態でユーザは本人認証を行う。端末は個人認証のためのセンサとして表面に指紋センサと脈波センサ、裏面にはもう一つの脈波センサを備えている。ユーザは指紋センサに指を置き、指紋認証を行うと同時に、端末に接触している指と腕の脈波信号をセンシングし、信号間での一致を確認する。指紋パターン的一致と脈波信号の一致の双方が確認されれば、端末は本人認証状態に切り替わる。以降、ユーザはこの端末を用いて入場時における開錠や、支払いなどを端末をかざすなどの手軽な操作で行うことができる。端末が装着状態である間は本人認証状態が維持され、端末が取り外されたことを検知すれば認証状態は解除される。

このような認証技術が実現されることで、入場システムや金融決済端末などの側に生体認証機能を備えずとも、本人認証状態のウェアラブル端末との通信のみで信頼性の高い本人確認を行なうことができる。この際、端末での本人認証時に指紋認証に用いる指と腕の同一性も確認しているため、他人によるなりすまし利用を防ぐことができる。また、本技術を実現するにあたっては、小型で安価な指紋センサを用いることでウェアラブル端末への実装面と価格面

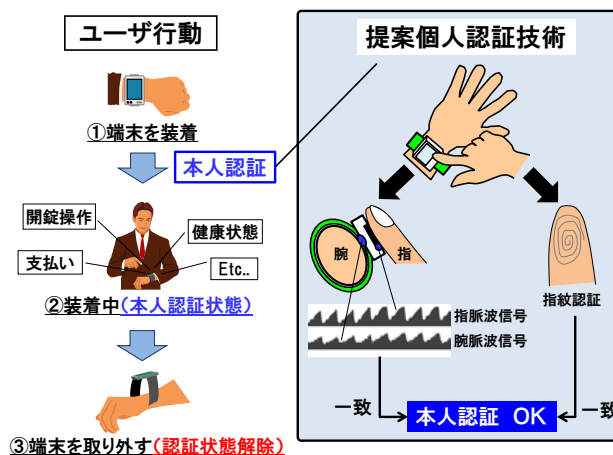


図 1 提案するウェアラブル端末向け個人認証

でメリットが大きい。また、ヘルスケアを志向したウェアラブル端末には腕側に脈波センサを備えているものが多く、成りすまし防止のための脈波センサ追加は表面のみでよい。そのため、こちらも価格面でのコストを抑えることができる。

このような個人認証技術を実現するために、本研究では指と腕のように異なる生体部位間での脈波信号の一致性を用いた同一生体確認技術について検討を行った。

3. 研究方針

脈波信号同士の一貫性を比較する方法として、脈拍数を比較する方法と信号そのものの一貫性を確認する方法が考えられる。前者の場合、脈波信号から基本周波数成分を調べるなどして算出する。この方法は、信号の形状や位相情報を落としているため、一致度の確認精度は低めになる。一方、信号そのものを比較する方法は、波形形状や位相も含め信号の情報を豊富に利用可能なため、情報量が増し高い精度が期待できる。このことから、信号間の一貫性の比較には、信号そのものを用いることとした。

信号の一貫性を確認する方法としては、信号間の相関値を計算することが一般的であるが、本研究においては比較する信号のセンシング箇所が異なる生体部位であるため、信号の特性が微妙に異なる。そのため、以下の点が課題となる。

- ① センシング箇所における信号間の到達時間差の発生
- ② センシング感度の違いによる波形の差異の発生

4. 認証アルゴリズム検討

4.1 信号間の到達時間差の発生への対応

端末を装着している腕と指紋認証に用いる指は違う腕であるため、心臓から送り出された血液がそれぞれのセンシング箇所へ到達する際には時間差が伴う。また、発生する

[†](株)日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンタ Hitachi, Ltd. Research & Development Group, Center for System Innovation.

時間差は個々人の身長や血管状態などによっても異なると考えられる。一般的に時間差を伴った信号間の相関を調べるためには相互相関をとることで時間差の影響を除去することができる。しかしながら、本研究においては他人同士の信号を比較した場合に、仮に周期や波形は近くても信号の到達タイミングが明らかに異なればそれは他人同士であるとみなすようなケースが想定される。このような場合に一般的な相互相関を適用すると、他人同士での相関値が不当に高くなり認証精度を悪化させる恐れがある。

これに対し、まず 20 人の被験者における腕と指の脈波信号を同タイミングで取得し発生する時間差の傾向を調べた。結果、サンプリング周期 1/64 sec において、平均で -0.64pt (-の場合は腕側の信号が先行)、標準偏差 1.12pt であった。また、時間差の最大値は+2pt、最小値は-4pt であった。このことから、指と腕で生じる時間差は若干、腕側が先行する傾向にあり、また取り得る範囲は最大 7pt 程度(約 0.11 sec)であることがわかった。これに基づき、式(1)に示すように信号間の相関値を計算する。片方の信号に付加する遅延量を制限しつつ相互相関を計算することで、不定値で発生する時間差の影響を吸収しつつ、他人同士の信号でも不当に相関値が高くなることを防ぐことができる。

$$\max_d \sum_{t=1}^T x(t+d) \cdot y(t) \quad (1)$$

$$d = \{d_{\min}, d_{\min} + 1, \dots, d_{\max}\}$$

x と y はそれぞれ腕と指信号、 T は信号の分析区間、 d は相互相関計算時に付加する整数の遅延量であり、 d_{\max} 、 $d_{\min}+1$ の数だけ存在する。

4.2 信号間の波形の差異への対応

毛細血管が多く集まった末梢部位である指先と比べて、血管があまり密集していない腕での脈波センシングは感度が落ちる[1]。図 2 は同一人物同タイミングにおける指と腕の脈波信号を示したものである(振幅を最大値 1 で正規化済)。血流量が大きく変化するタイミングであるピーク付近の区間においては、波形の形状とタイミングが信号間でほぼ一致している一方で、それ以外の区間(波形の谷部分)では波形のズレが見られる。これは感度が低い腕側の脈波信号において、血流の変化が大きくない区間ではその変化量を正確にセンシングできていないためと考えられる。このような区間は信号が本人同士であることを示す情報量としては不相当であり認証精度悪化の要因となる。

信号間の比較に適した波形特徴量を選択するため、図 2 下部のように様々な基準で使用する波形を選択する方法を検討した。具体的には腕側の信号でも比較的感度良くセンシングできるピーク付近の特徴が残るよう、振幅 0 またはそれ以上の範囲の波形を用いる(特徴量②~⑦)。例えば振幅が 0.95 以上(特徴量⑦)の場合はほぼピーク情報のみで一致を確認していることになる。

5. 認証精度評価実験

前節におけるアルゴリズムの有効性を確かめるため、認証精度の評価実験を行った。被験者 20 名の指と腕の脈波信号を同じタイミングで取得し、任意の 3 秒間の信号を用いて本人間及び他人間組み合わせでの同一性確認を行った。同一性の確認は本人拒否率が 1/100 以下となる相関値の閾

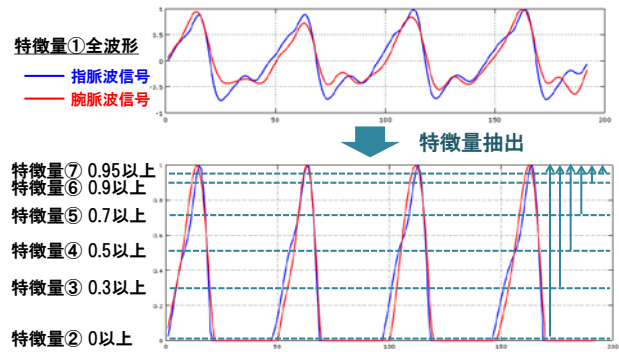


図 2 脈波信号波形の特徴量抽出

値を決定し、それに基づき実施した。表 1 は他人受入れ率の結果である。横軸は式(1)での遅延量の総数と最小最大の設定値、縦軸は相関計算時に使用する信号波形の特徴量で①が全波形を用いたもの、②~⑦は特徴量を限定的に用いた場合である。

表 1 他人受入れ率 (本人拒否 1/100 時)

特徴量	dの総数(dmax, dminの値)				
	1(-1, -1)	2(0, -1)	4(1, -2)	6(2, -3)	8(4, -3)
①全波形	0.0913	0.0650	0.0570	0.0598	0.0671
②0以上	0.0532	0.0352	0.0264	0.0231	0.0287
③0.3以上	0.0366	0.0209	0.0142	0.0144	0.0185
④0.5以上	0.0254	0.0173	0.0096	0.0115	0.0149
⑤0.7以上	0.0225	0.0253	0.0103	0.0104	0.0136
⑥0.9以上	0.1905	0.2297	0.0223	0.0106	0.0138
⑦0.95以上	0.2431	0.2815	0.1037	0.0145	0.0192

一般的な相関値の計算方法は特徴量が①全波形、遅延量の数が 1 の場合に相当する。その際の他人受入れ率は 0.0913 であった。一方、特徴量と遅延量 d の項目において最良となる組み合わせは特徴量が④0.5 以上、遅延量の数が 4(設定値 1,-2)の場合であり、他人受入れは 0.0096 であった。一般的な相関値計算方法と比べ約 10 倍の改善効果が見られており、検討したアルゴリズムの有効性を確認できた。

表 2 は認証に用いる信号長を 3 秒から 4 秒~9 秒に長期化した場合の他人受入れ率(本人拒否 1/100 以下時)の結果である。信号長が長いほど認証時の情報量が増え認証精度が向上しており、例えば指を添え続けるのに現実的な時間である 5 秒間の場合でおおよそ 1/1000 の精度を確認した。

表 2 各信号長での他人受入れ率

4sec	5sec	6sec	7sec	8sec	9sec
0.0033	0.0013	0.0005	0.0003	0.0002	0.0001

6. まとめ

ウェアラブル端末向けの個人認証技術として、指紋認証による本人認証と、指と腕の脈波信号の比較による同一生体確認技術を組み合わせた認証技術を提案した。後者の脈波信号を用いた同一生体確認技術について認証アルゴリズムの基礎検討を行った。今後は、認証精度の向上及び、より大規模な評価実験を行い早期の実用化をめざす。

参考文献

- [1] 加川 敏規, 他, “体動によるノイズの影響を除去した高感度腕時計型脈波計測センサ”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.3 (2013).