

FingerPhone: 指紋認証装置を一体化した スマートインターフォン

仲松 聡^{*1} 木村 和弘^{*1} 沖 真帆^{*1} 塚田 浩二^{*1}

FingerPhone: Smart Interphone Integrated with a Fingerprint Sensor

Satoshi Nakamatsu^{*1}, Kazuhiro Kimura^{*1} Maho Oki^{*1} Koji Tsukada^{*1}

Abstract – The biometrics has become popular especially for electronic authentication and payment methods. However, we think biometrics have possibilities for further applications. We focus on casual applications of biometrics, that is, integration of a fingerprint sensor and a home appliance. In this paper, we propose a smart interphone, "FingerPhone", which integrates a fingerprint sensor with a push button of the interphone. The system can automatically collect fingerprint data when someone uses the interphone. Then, the system can support users to judge whether the visitor is welcome or not.

Keywords : Biometrics, home, commodity, fingerprint sensor, interaction

1. 背景と目的

非接触 IC カード (e.g., Felica) や生体認証 (e.g., 指紋認証) を用いた ID システムは, 個人識別の手法として急速に普及しつつあるが, その用途の多くは単純な認証決済などに限られていた. 例えば, 非接触 IC カードとしては, Suica¹ や Edy², nanaco³, WAON⁴ 等多くのサービスが普及している.

また, 生体認証の中でも代表的な指紋認証は, パソコンや携帯電話にも搭載が進んでいる. 例えば, iPhone にも TouchID^[1] と呼ばれる指紋センサが搭載され, 端末のパスコード入力や, App ストア内コンテンツの購入の決済等に利用できる.

このように, 指紋センサは身近な場面でも利用されつつあるが, そのほとんどは厳密な「認証」の用途で利用されてきた. そこでは, 特定のユーザの指紋を事前に登録し, 「確実に」認証できることが重視される. 一方, 指紋センサにはより簡易的な個人認証装置としての可能性も存在する. たとえば, AfterTouch^[2] ではオーディオコンポなどの家電のつまみに指紋センサを統合することで, つまみに触れるだけで個人毎の楽曲セットを呼び出し, 選曲できるような仕組みを提供している. 本研究では, 不特定多数のユーザが利用する家電や日用品の「ボタン」に指紋センサを統合することで, 指紋認証を無意識的／簡易的な個人識別サー

ビスとして活用する応用例「FingerPhone」を提案する. インターフォンはほとんどの家庭に備えられているが, その形状は数十年大きく変化しておらず, カメラの搭載やタッチパネル化等の実験的検証^[3]が進められているに過ぎない. 従来のカメラを搭載したインターフォンはカメラから避けて映る, 宅配業者などの恰好を真似て家の中の者を油断させるといったトラブルが発生している. 本システムは普段と同じインターフォンの使い方 で指紋を読み取り, 来客の「好ましい／好ましくない」を自動的に判断し, 挙動を変化させることで見知らぬ／不審な人間とのトラブルを予防する効果が期待できる. インターフォンと指紋センサはこれまで共に新しい使い方が提案されることが無かったデバイスであるが, 本研究ではこうしたレガシーなデバイスを統合することでそれぞれの新しい可能性を模索する.

2. 関連研究

本章では, 本研究に関連する研究事例について, 「インターフォン」「生体認証」「日常生活での生体認証」という領域から紹介する.

2.1 インターフォン

川澄ら^[3]は, インターフォンにタッチパネルディスプレイを搭載する際の UI やアプリケーションを調査している. 三木ら^[4]の研究では, インターフォンの音に着目し, チャイム音をユーザの嗜好に適する／訪問者を直感的にイメージしやすい音の自動生成を目指している. また, 森ら^[5]の研究では, インターフォンの防犯性を高めるために, インターフォンが押されなくても Web カメラを用いて不審者を検知し, 写真を

*1: 公立はこだて未来大学 情報アーキテクチャ学科

*1: Department of Media Architecture, Future University Hakodate

1: Suica: <http://www.jreast.co.jp/suica/whats/index.html>

2: 楽天 Edy: <http://www.rakuten-edy.co.jp/howto/>

3: nanaco: <http://www.nanaco-net.jp/about/>

4: WAON: <http://www.waon.net/about/index.html>

撮影して保存するようなシステムを提案している。

本研究では、インターフォンのボタンを押す行為と指紋センサによる指紋検出を一体化させることで、訪問者を識別しそれに合わせてインターフォンの挙動を変化させることができる。

2.2 生体認証

現在提案されている生体認証を用いたアプリケーションの多くは、認証決済 (e.g., 生体認証 IC キャッシュカード⁵⁾) や入退室許可などの本人確認⁶⁾等の厳密性が問われる用途で利用されている。そのため、なりすまし攻撃への対策は重要であり、システムのなりすまし検知/安全性評価に関する研究が盛んに行われている^{[6],[7]}。一方で近年は、天井らの研究^[8]のように現在ある生体認証の精度を向上させるシステムの提案や、佐藤ら^[9]の研究のように、横顔の耳を用いた生体認証等の、新たな生体認証方式の提案も行われている。さらに、青山ら^[10]の研究では、普段人間が意識しない反射の特徴から本人を識別する手法も提案されている。

本研究では、指紋センサを日常生活に溶け込む形で、簡易的な個人識別装置として利用する手法を提案する。

2.3 日常生活での生体認証

前述したように、生体認証の多くは金融機関での個人認証や企業の入退出システム等で利用されており、個人が日常生活の中で利用する事例はまだ少ない。それは生体認証の際に、指紋や静脈認証であればセンサ部に手や指を当てる、顔や虹彩認証であればカメラに顔や目をしっかり向き直す、声紋認証であれば本来不要な場で発話をさせるなど、ユーザに特殊な動作を強いることが原因のひとつであると考えられる。この問題に対処するための方式として、寺下ら^[11]の研究ではドアノブを握るという日常的な動作の中に認証システムを搭載している。また、塚田ら^[2]の研究ではオーディオコンポなどのつまみに指紋センサを内蔵してユーザごとに違った挙動をするという応用例が紹介されている。また、近年ではiPhone5Sのボタンに指紋センサが搭載され、ホームボタンに指を触れるだけでパスコード解除等ができる機能が追加されている^[1]。

FingerPhone ではこれらの研究/サービスのように、自然な日常動作の中に認証方法を組み込むことを目指している。さらに、応用例としてインターフォンのボタンに指紋センサを一体化させることで、訪問者を識別しそれに合わせてインターフォンの挙動を変化させることができる。

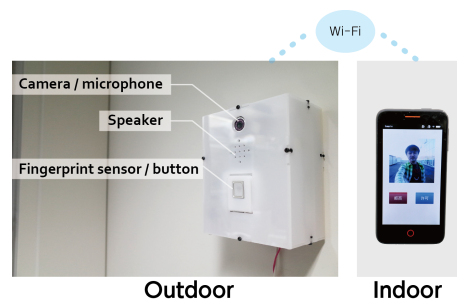


図1 FingerPhoneの外観。インターフォンデバイス(左)と室内機(右)。

Fig.1 Appearance of FingerPhone. Interphone-type device (left) and indoor device (right).

3. FingerPhone

3.1 コンセプト

FingerPhoneはカメラ/スピーカー/マイク等を備えたインターフォンのスイッチ部に、指紋センサを一体化したシステムである(図1)。訪問者はインターフォンを押す際に、自然と指紋センサに触れることになり、システムは容易に指紋情報を取得できる(図2)。この際、指紋情報が登録されていなければ、訪問者の写真を撮影し、家庭内の確認端末(以下、室内機)に随時表示する(図1右)。家庭のユーザは、都合のよいときに室内機で訪問者を「好ましい/好ましくない」といったシンプルな方法で振り分けることで、次回訪問時のインターフォンの挙動を変化させる。例えば、好ましい訪問者(e.g., 知人、宅配業者)がインターフォンを押すと、快適な明るいチャイム音が鳴り、ユーザは即座に来客対応を行える。逆に、好ましくない訪問者(e.g., 訪問販売、各種勧誘)の場合は、写真撮影を行いつつ、不協和音のような暗いチャイム音を鳴らすことで、警戒心を持って対応(あるいは無視)することができる。なお、訪問者の分類と効果音の対応付けは、ユーザの好みに合わせて行うことができる。従来のインターフォンでは、来訪者が来るごとに室内機の画面を確認したり、ドアののぞき窓を確認するといった動作が必要であったが、本システムではそれらの応答そのものをしなくてもよいという利点がある。また、カメラを塞いだり宅配業者に成りすますといった視認情報ではわからない不審者にも対応が可能である。写真撮影については、未登録/好ましくない訪問者に限定することもでき、親しい人間のプライバシーに配慮しつつ、見知らぬ/不審な人間とのトラブルを予防する効果が期待できる。

3.2 実装

FingerPhoneは、屋外に設置するインターフォンと、屋内に設置する室内機から構成される。以下、それぞ

5:三井住友銀行生体認証 IC キャッシュカード:
<http://www.smbc.co.jp/kojin/sonota/ic/seitai.html>

6:三菱電機入退室管理システム:
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/security/products/physical/buil/>



図2 FingerPhone の利用イメージ。
Fig.2 Basic usage of FingerPhone.

れのプロトタイプについて説明する。

3.2.1 インターフォン

インターフォン型のプロトタイプの外観を図1左に示す。プロトタイプは、Raspberry Piを中心に、Arduino Pro Mini（以下、Arduino）、プッシュスイッチ（MX1A-G1NN）、指紋センサ（GT-511C3）、小型Webカメラ、スピーカー、マイクを中心に構成される（図3）。

GT-511C3は、指紋データ格納用のメモリを内蔵し、Arduino上で動作する専用ライブラリを介して、指紋の登録と照合を行うことができる。Arduinoは、指紋の照合結果をシリアル通信経由でRaspberry Piに送信する。送信された照合結果はRaspbian（Linux）OS上でPythonを用いて作成されたプログラムにより処理され、無線LAN経由で室内機へと送信される。プッシュスイッチはRaspberry PiのGPIOポートに接続され、指紋の登録／照合のトリガーとして利用する。WebカメラはRaspberry PiのUSB端子に、マイク／スピーカーは音声端子に接続され、それぞれ訪問者の撮影や、室内機との音声対話に利用する。各デバイスの相関を簡略にまとめたものを図4に示す。

なお、初期プロトタイプの構築時に指紋センサとスピーカー用アンプ（秋月電子BU7150）に電力不足が発生したため、Raspberry Pi - Arduino間に1つ（XC6202P332TB）、Raspberry Pi - スピーカーアンプ間に1つ（TA48M03F）のレギュレータを追加した。

これらのデバイスをアクリル板を加工して作成した専用筐体に格納した。

3.2.2 室内機

室内機は、汎用性を考えてスマートフォンベースで実装する方針とした。当初は、FirefoxOSを備えたFlameという端末で、HTML5を用いて実装を進める予定であったが、APIが十分に整備されていないなど開発面で課題があったため、Python CGIを用いたWebアプリケーションを作成し、スマートフォンのブラウザから運用する方針とした（図5）。タッチディスプレイ／マイク／スピーカーはスマートフォンのも

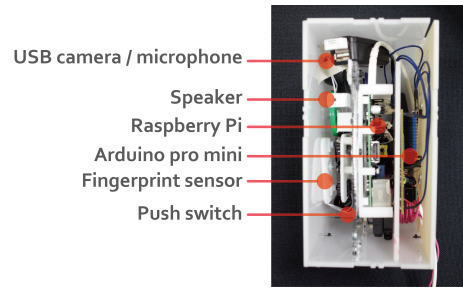


図3 インターフォン型プロトタイプの構成。
Fig.3 The configuration of the interphone-type prototype

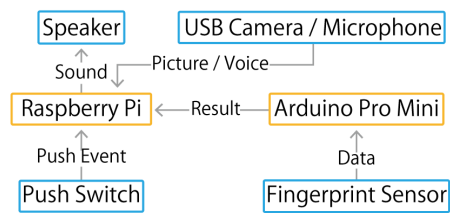


図4 インターフォン型プロトタイプのシステム構成。
Fig.4 System architecture of interphone-type prototype.



図5 室内機での表示例。
Fig.5 A screenshot of the indoor device.

のを利用した。室内機を用いることで、ユーザは来訪者の通知や画像による確認などに加えて、前章で述べたような「好ましい／好ましくない」といった簡素な分類を行い、次回訪問時のチャイム音等の挙動を変化させることができる。この分類はインターフォン側から送られる指紋の照合結果に基づいて行われる。基本的なシステムの動作の流れを以下に示す（図6）。

3.2.3 インターフォンと室内機の連携

インターフォンと室内機の連携はインターフォンのRaspberry Pi上のWebサーバを経由して行われる。Raspberry Piと室内機をNAT機能を持つ一般家庭用

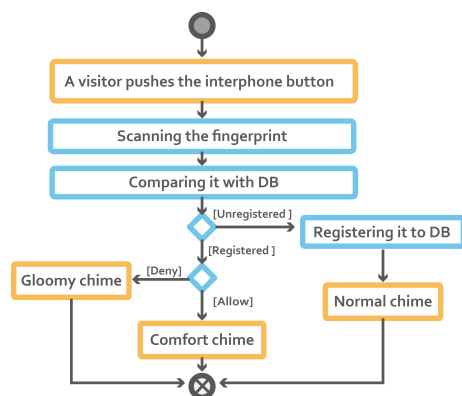


図 6 システムの動作の流れ。
Fig. 6 The basic procedure of the system.

の無線 LAN ルータの下で利用する限りは、外部にサイトが公開されることはなく、家庭内に限定して利用することができる。アプリケーションは Python CGI で作成しており、MySQL を利用し、指紋 ID と関連情報を合わせて保存する。Web アプリ上では、来客訪問時に写真と併せて振り分け用のボタンを表示し、ユーザがそのボタンを押すことで、ボタンのラベル（承認、未判断、拒否）に応じた「好感度」をデータベースに保存する。同一の指紋を持つユーザが二度目に訪問した時には、この「好感度」に応じて、チャイム音を変更する。また撮影された写真は Raspberry Pi 内に jpg 形式で保存され、ファイル名をデータベースで保持する。

4. 評価実験

4.1 目的

本研究では、2つの実験を行う。まず事前登録された指紋が正しく認識されるか（登録済み指紋データの認識率）を検証し、次に動的な指紋登録と認識が正しく行われるか（指紋新規登録の正確性）を検証する。さらに、両実験の被験者に対し、FingerPhone 利用時の意識調査を行った。方法と実験結果を以下に記載する。

4.2 手法

4.2.1 登録済み指紋データの認識率

被験者 5 名の利き手の親指と人差し指を予め指紋センサに登録しておき、実験者が許可／通常／拒否を振り分けておく。それぞれの指で 10 回ずつ、1 人に対し合計 20 回、各試行ごとに音が鳴るまでボタンを押してもらうように指示する。その結果、予め振り分けておいた音が正しく鳴るかどうかを検証する。

4.2.2 指紋新規登録の正確性

1 つ目の実験とは異なる被験者 5 名に対し、システムに指紋を登録していない状態で次のような実験を行った。まず、被験者に任意の指を選択してもらい、FingerPhone の指紋センサ付スイッチを 1 回、音が鳴るまで押すように指示する。その際、FingerPhone か

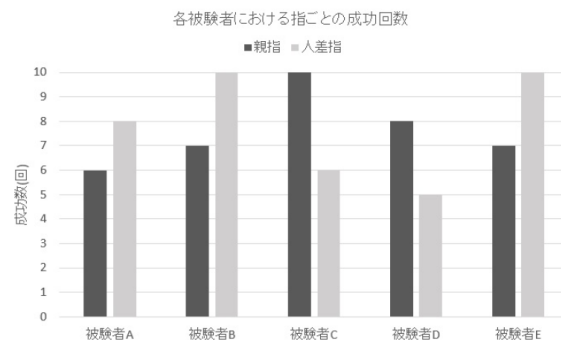


図 7 事前登録した指紋の正解数（各指 10 回ずつの試行）。

Fig. 7 The result of the evaluation using pre-registered fingerprints.

らは指紋未登録時の標準音であるチャイム音が鳴る。その後、被験者が Web アプリを介して許可／拒否の振り分けを行ったうえで、再度スイッチを押すよう指示する。正しく指紋の登録が完了していれば振り分けに応じた音が鳴り、指紋の登録が不完全であれば、指紋未登録を示すチャイム音が鳴る。これにより、新規登録の正確性を検証する。

4.2.3 FingerPhone 利用時の意識調査

さらに、被験者計 10 名に「FingerPhone 利用の際に指紋を取られることに抵抗を感じますか」「チャイム音が変わることで訪問者の変化を感じますか」といった 2 つの設問に対して 4 段階評価（感じない／あまり感じない／やや感じる／感じる）を得た。さらに、口頭でのインタビューを通して、システムの印象などを自由に回答してもらった。

4.3 結果と考察

4.3.1 登録済み指紋データの認識率

1 つ目の実験にて、事前登録した指紋に対応する正しい音が鳴った回数（以下、正解数）の結果を図 7 に示す。

個人差はあるが、全体を平均してみると親指／人差し指による認識率の差は少なく、約 8 割となった。概ね高い精度で認識ができているとも言えるが、指紋センサのデータシート⁷によると本人拒否率（登録されている人が「登録されていない」と誤認識される確率）は 0.1% 以下であるとされているため、今回の実験では何らかの要因で認識率が下がったと考えられる。考えられる要因として、まず実験時にはボタンを押してから音がなるまでに時間がかかっていたことである。本実験ではボタンを押してから音が鳴るまでの時間はおおよそ 3 秒ほどである。しかし被験者 B と被験者 C の時だけ、それぞれ 1 回ずつ音がなるまでにおおよそ 5 秒かかったことがあり、認識も失敗していた。この

ことから、指紋を読み取っている途中で指がセンサ上で滑ってしまい、同一の指紋として認識できなかった可能性がある。そのため、ボタンに触れている時間を短くする、指紋センサの周囲に指が滑らないような物理的な機構を追加するなどの、対策の必要性が示唆される。今回の実験では、指紋の認識率が8割程度に留まったが、FingerPhoneではドアの開錠のような権限付与は行わず、室内機に訪問者の写真を提示するという二次的確認手段もあることから、現在の認識率でも注意を促すには一定の効果はあると考える。

4.3.2 指紋新規登録の正確性

次に、新規指紋登録の認識結果を表1に示す。この実験では被験者Fを除いた全員が新規登録に成功した。被験者の様子を見るとF以外全員がインターフォンのボタンの青く光る部分を覆うように指の腹で押していたが、被験者Fは指先でインターフォンを押していた。一般論として、指紋センサに接する指の面が多い方がより正確に認識ができるため、登録／認証の成功率を上げるためには指紋センサを指の腹で押すように自然に促すような機構を設ける方が望ましいと考える。また、3人の被験者においては、ボタンに指を置いてから音が鳴るまでに指の角度が変化していた。こうした指の「滑り」は今回の実験では認識に影響を与えなかったが、1つ目の実験結果も考慮すると、滑りを防ぐための工夫を設けることが望ましいと考える。

4.3.3 FingerPhone 利用時の意識調査

次に、被験者にシステムを試用してもらった印象などのアンケート結果を図8に示す。チャイム音の変化に伴う訪問者への意識の変化については、全員が「感じる」「やや感じる」と回答した。一方、自由回答の中には、「通常の音が鳴るときには出ていいのかどうか悩む」という声もあった。これは、通常音が鳴った時は初めて来訪する／エラーの2通りのケースがあることが原因である。今後は、初訪問者とエラー時を区別できるような音を追加するなど工夫していきたい。

最後に、指紋を取られることによる抵抗感については、10人中6人が抵抗感を感じない／あまり感じないと回答した。このうち2名は、iPhoneに搭載された指紋センサを日常から利用していることを理由に挙げている。一方、抵抗感を感じる／やや感じると回答した被験者は、「指紋認証を使ったことが無いので指紋をとることに悪いイメージがある」と回答していた。これは、まだ生体認証が日常生活に根付いていないことからのマイナスイメージだったと考えられる。意識調査の結果の中に、指紋を取られていると感じにくいから生体認証に抵抗を感じないという意見が複数あったことから、本システムのように、ユーザに特別な動作を強いることなく自然な動作で指紋情報を活用する手

法は、指紋センサの新たな応用例として一定の有用性があると考えられる。なお、今後本システムを実際に運用するためには、指紋情報を収集することを明示するなどの工夫を合わせて検討していきたい。

表1 動的に登録した指紋の認識結果
Table 1 The result of the evaluation using un-registered fingerprints.

被験者	性別／年齢／利き手／利用した指	結果
被験者 F	男／21／左／左人差指	変化なし
被験者 G	女／22／右／右人差指	変化あり
被験者 H	男／22／右／右人差指	変化あり
被験者 I	男／24／右／右人差指	変化あり
被験者 J	男／20／右／右人差指	変化あり

問い	回答結果	理由
チャイム音が変わること で訪問者への意識の変化 を感じますか	感じる(4名)／やや感 じる(6名)	訪問者を判別しやす くなった(10人)
FingerPhone 利用の際に 指紋を取られることに 抵抗を感じますか	感じる(0名)／やや感 じる(2名)	訪問履歴のログが知ら れてしまうから(1人) 指紋を取られることに いいイメージがないから (1人)
	感じない(6名)／あま り感じない(2名)	iPhone に指紋センサが あるから(2人) 指紋をとられていると 感じにくい(3人) 不利益にならないから (3人)

図8 FingerPhone 利用時の意識調査結果と各回答に対する理由（重複回答あり）。

Fig.8 The result of subjective evaluation using FingerPhone prototype.

5. 議論

本章では、FingerPhone について、「指紋認証」「訪問者の振り分け」「社会的問題」といった視点から議論する。

5.1 指紋認証の課題

FingerPhone では、プッシュスイッチを押し始めてから離すまでの間に、指紋認証を完了させる必要があるため、認証は短時間で完了する方が望ましい。本システムでは、指が触れた時点で指紋を取得して指紋データベースと照合し、存在しなければそこから登録作業を開始する。この一連のプロセスが完了してからチャイム音が鳴るため、押してからフィードバックが返るまでにかかなり長い時間がかかってしまう（全体で3～4秒程度）。また、指紋センサの認識時間の実測値より長くボタンを押さなければフィードバックが返ってこないことがあった。この理由として指紋センサはArduinoで、プッシュスイッチの判定はRaspberry Piでと、別々のマイコンで動作させていたことが考えられる。これにより本来はプッシュスイッチの判定後に指紋センサを読むはずが、指紋センサで指紋を検出してからプッシュスイッチが判定されていた可能性があ

る。指紋センサは連続して指紋を読む際に1秒ほどインターバルが存在することからフィードバックが返るまでの時間にさらに遅延が生まれた可能性がある。また、実用面を考えると、現在のプロトタイプでは雨などで指が濡れているケースは想定はしておらず、雨天時に認証率が低下することが予想される。そのため指の乾燥や水濡れの影響が少ない圧電式（感圧式）の指紋センサも合わせて検討していきたい。その一方で、FingerPhoneでは、ドア開錠などの権限付与は行わないため、本システムを介して侵入等の致命的な攻撃を受ける可能性は低い。むしろ、訪問者の指紋情報を地域社会で共有し、危険人物の拒否リストに登録するなど、ユーザを含め地域社会の安全に貢献できる可能性があると考えている。

5.2 訪問者の振り分け

訪問者の振り分けについては、現時点では訪問者の来訪時に室内機を用いてユーザが適宜振り分ける方針としている。一般的な家庭の訪問者数を想定すると、各訪問者について「好ましい／好ましくない」程度の振り分けはそれほど大きな手間ではないと思われるが、今後は、同一の訪問者の履歴／時間などを考慮して、機械学習を用いて自動的に振り分ける手法も検討していく。また指紋センサの仕様上、同一人物でも違う指でインターフォンを押すと別人として認識される。同一人物の別の指によるIDをフォルダのようにまとめて1人の指紋として処理できるようなシステムも同時に検討していく。

5.3 地域社会への応用

地域社会の応用については、同一のマンションや一定の地域で指紋データを暗号化して共有し、その地域内で「好ましくない」件数が多い者を危険人物として地域の「拒否リスト」に登録するというような応用事例も考えられる。個人情報保護⁸等の観点から容易ではないが、地域社会の安全に貢献できる可能性もあり、議論を進めていきたい。なお、生体認証をネットワークを介して行う研究も既に行われており^[12]、生体認証情報をSSLを用いるなどしてシステム全体を秘匿化する必要性などについて述べている。本研究の機能拡張の際には参考にしたい。

6. 結論と今後の展望

本研究では指紋センサを用いる際の「指先で特定の表面に触れる」という物理的制約に着目し、インターフォンの押しボタンに指紋センサを統合することで指紋認証を無意識／簡易的な個人識別サービスとして活用する応用例、FingerPhoneを提案・試作した。本

システムは普段と同じインターフォンの使い方で指紋を読み取り、来客の「好ましい／好ましくない」を自動的に判断し、挙動を変化させることができる。システムのプロトタイプを作成した後、評価実験を通してFingerPhoneの基本的な性能を検証した。その結果、FingerPhoneを利用時は、約8割の認識率で指紋を判定することができた。また、被験者の主観評価結果としては、ほぼ全員がシステムによるインターフォンの音の変化によって、訪問者の違いを意識することができた。

今後は、指紋認証速度や認識率の改善、訪問者の振り分けの手法／管理方法の改善などによりシステムをブラッシュアップさせ、議論で述べたような地域社会への応用についても着手したい。

謝辞

本研究はJST CRESTの支援を受けた。

参考文献

- [1] Apple: Use Touch ID on iPhone and iPad; <https://support.apple.com/ja-jp/HT201371>(参照 2015-07-17).
- [2] 塚田浩二, 増井俊之: Aftertouch: 日常的な動作とidシステムの相補的拡張; 情報処理学会インタラクシオン 2006 論文集, pp.53-54(2006).
- [3] 川澄未来子, 玉木克志, 高幡幸太郎, 阿部智仁, 花井雅敏, 中島菜月: インターホン玄関子機のタッチパネル化についての実験的検討; ヒューマンインタフェースシンポジウム (2011).
- [4] 三木光範, 廣安知之, 岡田典子: 訪問者に応じたチャイム音生成支援システムの構築; 情報処理学会 全国大会講演論文集, pp.383-384(2009).
- [5] 森健太郎, 片山英昭: 防犯性に優れた高機能インターフォンシステムの開発; 日本高専学会誌, pp.39-46(2014).
- [6] 松濤智明, 鎌倉健: 生体認証における「なりすまし攻撃」の検知; 電子情報通信学会 電子情報通信学会技術研究報告, ICSS, 情報通信システムセキュリティ, pp.127-134(2012).
- [7] 大木哲史, 大塚玲, 實木和夫: 生体認証装置に対するなりすまし攻撃とその安全性評価法について; 電子情報通信学会 バイオメトリクス研究会 (2013).
- [8] 天井健次, 高木一人, 加藤祐次, 天野和彦, 清水孝一: 反射型光透視像を用いた次世代静脈認証のための基礎的研究; 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス 108 (479), pp.127-132(2009).
- [9] 佐藤公則, 鹿嶋雅之, 中山茂: 耳画像処理による個人識別の研究; 情報処理学会研究報告, CVIM, [コンピュータビジョンとイメージメディア] 112, pp.63-68(2005).
- [10] 青山真之, 西垣正勝: 生体反射型認証: 輻射反射と眼球形状を利用した認証方式の提案; 情報処理学会研究報告. CSEC, [コンピュータセキュリティ] 71, pp.185-191(2007).
- [11] 寺下訓史, 齋浩二: ドアノブ型認証装置を用いたバイオメトリック個人認証; 大分工業高等専門学校紀要 44, pp.31-36(2007).
- [12] 妹尾尚一郎, 厚井裕司, 貞包哲男, 中谷直司, 馬場義昌, 鹿間敏弘: 生体認証によるネットワーク個人認証システム; 情報処理学会 情報処理学会論文誌, pp.1111-1120(2003).