

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 25 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26540057

研究課題名(和文)電磁波応答シグナチャによる3次元立体生体検知

研究課題名(英文)A Novel Method of Enhancing the Security of Fingerprint Authentication Using the Electromagnetic Response of Human Fingers

研究代表者

前田 忠彦 (Maeda, Tadahiko)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：40351324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：他者の指紋を偽装する「なりすまし」攻撃に対して偽装物を高精度に検知可能な生体検知技術の開発が必要である。近接する媒質により異なる特性変化が生じるCSRR構造を持つ帯域通過フィルタ(CSRR-BPF)を生体検知センサに適用する複数の生体検知法として絶対法、相対法、および本人指法を開発し、複数の偽装物を用いた攻撃に対する生体検知実験を行った。特に、生体と等価な電気特性を持ち判定が困難であると予想される高度偽装物を用いた攻撃に対する耐力を判定するため、複数の被験者による生体検知実験を行った。その結果、FRR、FARを用いた検知精度の検証実験から、本提案生体検知センサの有効性と優位性を確認した。

研究成果の概要(英文)：Though widely used for personal identification due to their convenience, fingerprint authentication systems currently lack the necessary strength of security, as fake gummy fingers continue to be authenticated. A unique band-pass filter employing the Complementary Split-Ring Resonator structure, which enables to detect impersonating finger has been studied. Also, absolute and relative template methods for fake human finger detection algorithm have been proposed to reduce the detection errors. This report also proposes a novel method for improving the security of fingerprint authentication using stored electromagnetic responses of human fingers. Such responses of human fingers obtained with a novel CSRR Band Pass Filter are at once registered as additional identification data in the system. This report also describes the measurement results for the proposed method from experimental investigations with various fake fingers to assess the liveness detection accuracy of the method.

研究分野：電波工学

キーワード：生体検知 類似度 バイオメトリックス 指紋認証 偽装物 人体等価ファントム CSRR BPF テンプレート

1. 研究開始当初の背景

指紋や静脈パターンによる生体個人認証は情報化社会の安心・安定の為に非常に重要な技術である。一方、空港などの出入国において、他人の指紋をシリコンなどで偽造し、それを犯人が指に貼り付けるなどの「なりすまし」行為が報告されている。

人工的に他人の指紋や静脈パターンなどを偽装する犯罪行為を防止するために、照合対象が生体か？あるいは人工物などの非生体を含むか？を判別する生体検知技術の開発が急務である。偽装物は人体指の表面に装着されるため、何らかの方法で人体の深さ方向の媒質情報を取得する必要がある。人体は損失性媒質であり、人体組織の最も基本的な電気特性は導電率と誘電率で記述されることから偽装物検知のために生体と偽装物の電気特性の差異を利用する手法が考えられる。

一方、人体近傍に配置されたアンテナの放射特性研究から、アンテナ放射素子近傍に CSRR (Complementary Split Ring Resonator) フィルタを配置することで、人体の放射素子への影響を低減する自己適応型電力分配方式が提案されている。この研究過程で、人体と人体等価ファントムでは近接した CSRR フィルタの応答特性が特徴的に異なることが指摘され、この原理に基づく広帯域 CSRR - BPF を利用した新しい生体検知手法の実現可能性が指摘されていた。

2. 研究の目的

本萌芽研究では、この生体に近接させるセンサであるフィルタの通過・反射周波数特性に相当する一連の測定データを「電磁波応答シグナチャ」と呼称し、生体に電磁波を照射し、対象生体からの応答を測定することで取得される電磁波応答特性を生体検知に応用する新しい立体生体検知方式を提案する。

本研究を通じて、理論と実験的な検討を行い、偽装物による「なりすまし」を検出する「電磁波応答シグナチャ」に基づく生体検知技術に関わる要素技術を開発する。また生体検知特性を実験・評価する技術に関わり、人体等価ファントムの開発、特に人体等価ファントムの組成自動設計システムを開発する。

3. 研究の方法

生体検知センサの中心周波数と帯域幅に着目してセンサを設計し、人体部位の層状化数値モデルを使用する電磁界解析による「電磁応答特性：電磁波応答シグナチャ」の分析から、センサ構造の設計を行う。

ここで、人体の表面から内部にいたる不均質構造を反映した電磁波応答特性を取得するために、センサが形成する人体内部の深さ方向を含めた立体的電磁界分布形成の最適化が望まれる。

このため、指紋認証や静脈認証など、ターゲットとする人体部位ごとに適切なセンサ

を選定するために、センサの設計条件について電磁界解析により検討を行う。

センサの設計周波数を 5 GHz を中心として低域の周波数帯域と高域の周波数帯域の 3 つの周波数帯域を選択し変化させることで、平均的な表皮深さと人体の深さ方向の電磁波応答の重みを変化させる。これにより、異なる「電磁波応答シグナチャ」を取得し、これを評価指数に変換処理することで、センサの設計周波数に対する人体対象部位の適用領域を明らかにする。以上の手続きから、センサの設計周波数と構造・形状変化による人体内部の生成電磁界分布最適化を実現した生体検知センサを設計する。

次に設計結果に基づく試作を行い、人体指部および人体手部の場所ごとの電磁波応答特性を実験により取得し、空間的広がりに対する相関特性を分析する。これらを踏まえて平面型センサの電磁波応答特性から、(1) 統計的な目標値との差異である絶対基準を用いる判定方法、(2) 同一個人の人部位ごとの空間相関である相対基準を用いる判定方法、および、これらの併用による複合判定方法を評価し、これらの生体検知精度を明らかにする。さらに、人体指のセンサへの押し付け力や人体指の湿潤度などの因子が生体検知特性に与える影響を評価することで提案手法の生体検知特性の安定性について明らかにする。

4. 研究成果

生体検知法の基準指定義手法として絶対テンプレート法および相対テンプレート法を提案し、それぞれの基本的な検知特性をシミュレーションと実験で明らかにした。特に生体検知センサを構成する CSRR BPF (Complementary Split Ring Resonator Band Pass Filter) の設計周波数に関して 2 種のフィルタ (6 GHz と 10 GHz) を選定し、これらの生体検知特性を総合的に評価した。

また、個人差に起因する測定ばらつきとして押し付け力と人体指の大きさに注目した評価を行い、フィルタの高周波化に伴う測定ばらつき低減効果について定量的に明らかにした。

さらに実用化に向け、実環境下での検知精度劣化要因についても評価を進めた。特に人体のコンディションが生体検知に与える影響が懸念されることを考慮して、水に対して重量比 1 % の塩化ナトリウムを加えた液体を疑似汗として用い実験人体指の発汗時を模擬した実験を行った。その結果、乾燥した人体指を用いた場合と疑似汗により湿潤した人体指を用いた場合での生体検知特性の差異は小さく、人体指の発汗が提案センサに大きな影響を及ぼさないことを確認した。

また、具体的な指紋偽装攻撃に対する提案手法の耐性を評価することを目的として、これまでに指紋偽装に用いられた材料を含む複数の偽装物に対する生体検知特性を分析

するために FRR (False Rejection Rate) および FAR (False Acceptance Rate) による評価を行い、偽装物 (天然ゴム, シリコンゴム, およびウレタンゴム) に対する生体検知特性を分析した。その結果, これらの偽装物の 2 次元判定平面での分布領域は人体指の分布領域と完全に分離されることが明らかになった。

このため、さらに生体検知の困難な偽装物として人体の皮膚を模擬した電気定数を持つ偽装物による攻撃に対する弁別能力を判定するため、絶対テンプレート法に注目した検知特性評価を行い提案手法の有効性を実験的に明らかにした。

平成 27 年度の研究では、指紋認証の指紋登録時に本人の人体指内部電磁応答特性を登録し、認証時に取得された電磁応答特性と照合することで偽装物の検出精度を向上させる手法を検討した。特に、偽装物として生体検知が困難と想定される高度偽装物に対する実験的評価を中心に研究を進めた。

平均的な人体指をテンプレートとする昨年度までの生体検知法と比較して、本人指を用いる提案生体検知評価特性は、FRR (FAR = 0%) が 15% から 4% に、また、FAR (FRR = 0%) も 8% から 1% と改善され、提案手法による生体検知の有効性を実験的に確認した。

さらに、人体指の電磁応答特性測定時の偶然誤差による分散を測定し、偶然誤差による生体検知結果への影響の評価を行った。さらに、時間経過に伴う指の状態変化に関わる電磁応答特性の分散を測定・評価することで、指紋登録時に当該指の電磁波応答特性を同時取得し指紋認証データベースに組み合わせ統合記録する提案方式の検知安定性について評価を行った。

また、生体検知センサを指紋認証センサと組み合わせる構造として光学的に透明化が可能となる導電性膜を想定した検討を進めた。具体的には ITO 膜を想定した薄膜材料の電気定数をシミュレーションに取り入れ、従来の銅箔と誘電体樹脂で構成した CSRR バンドパスフィルタをガラス基板上の ITO 膜で構成することを想定した生体検知センサの電気特性を分析した。さらに、試作後のセンサ評価のために測定用の治具を金属および樹脂を用いて 2 種試作した。

一方、生体検知の比較実験の基準とするために人体等価ファントムが必要であり、人体組織を模擬する人体等価ファントムを効率良く試作するため、単一周波数の組成設計を目的とした人体等価ファントム自動組成設計システムを開発し、その組成設計精度の評価を行った。

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 1 件)

青木 洸一, 前田 忠彦, "CSRR-BPF 生体検知センサの小型化と指紋認証方式への適用," 電子情報通信学会 論文誌, Vol. J98-B No.9 pp.979-990 (査読有)(2015年)

[学会発表](計 14 件)

1 大矢佑磨 竹割夢之介 前田忠彦, "CSRR-BPF を用いた指紋認証用偽装物検知における S パラメータ選択が判別指標へ与える影響," 電子情報通信学会 総合全国大会, ISS-P-6, 発表年月日: 2016年3月15日, 発表場所: 九州大学(福岡県)

2 竹割夢之介 前田忠彦, "指紋認証用 CSRR-BPF 型偽装物検出センサにおける評価用周波数低域化の影響," 電子情報通信学会 総合全国大会, ISS-P-7, 発表年月日: 2016年3月15日, 発表場所: 九州大学(福岡県)

3 Takayuki Yoshikawa Tadahiko Maeda, "Embroidered Wideband Wearable Slot Antennas Using Conductive Yarn with Different Yarn-spacing Densities," IEEE, iWEM 2015, 発表年月日: 2015年11月17日, 発表場所: National Chiao Tung University (Hsinchu) Taiwan

4 飯島主匡 竹割夢之介 前田忠彦, "光学式指紋認証装置に搭載することを目的とした透明化生体検知センサの検討," 電子情報通信学会バイオメトリクス, BioX2015-38, 発表年月日: 2015年10月25日, 発表場所: 大阪電気通信大学 (大阪府)

5 倉重貴規 前田忠彦, "1-5 GHz 帯域用人体等価ファントム組成設計システムの設計目標電気定数の低域への拡大," 電子情報通信学会アンテナ・伝搬研究会, AP2015-95, 発表年月日: 2015年10月22日, 発表場所: 山口県労福協会館 (山口県)

6 竹割夢之介 飯島主匡 前田忠彦, "指内部の電磁応答特性を利用する指紋認証セキュリティ強度向上に関する研究," 電子情報通信学会アンテナ・伝搬研究会, AP2015-94, 発表年月日: 2015年10月22日, 発表場所: 山口県労福協会館 (山口県)

7 Tadahiko Maeda Shintarou Kiyoda Takaki Kurashige Yuuta Miyataki, "Learning Effects of Automatic Composition Design Software for Human-Equivalent Phantoms from 1 GHz to 5

GHz with Linear and Exponential Regression Analysis,” IEEE, IMWS-Bio 2015, 発表年月日: 2015年9月21日, 発表場所: Taipei (Taiwan)

8 飯島主匡 前田忠彦, ”ITO 膜を使用した CSRR-BPF による生体検知の検討,” 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, A-23-2, 発表年月日: 2015年9月10日, 発表場所: 東北大学 (宮城県)

9 飯島主匡, 青木光一, 前田忠彦, ”MSL 上に CSRR を配置した CSRR-BPF による指紋認証用生体検知感度の検討,” 電子情報通信学会 2015年総合大会, B-1-127, 発表年月日: 2015年03月12日, 発表場所: 立命館大学 (滋賀県)

10 青木光一, 前田忠彦, ”CSRR-BPF を用いた指紋認証用生体検知手法における複数の偽装物を用いた生体検知特性の評価,” 電子情報通信学会 2015年総合大会, B-1-128, 発表年月日: 2015年03月12日, 発表場所: 立命館大学 (滋賀県)

11 許田新太郎, 前田忠彦, ”ファントム組成設計システムにおける回帰式による合成精度の検討,” 電子情報通信学会 2015年総合大会, 発表年月日: 2015年03月12日, B-1-129, 発表場所: 立命館大学 (滋賀県)

12 豊田雄介, 前田忠彦, ”簡易形状人体頭部ファントムに埋設された眼球内部電界分布へ及ぼす電界測定用プローブの影響,” 電子情報通信学会 2015年総合大会, B-1-130, 発表年月日: 2015年03月12日, 発表場所: 立命館大学 (滋賀県)

13 中島見介, 前田忠彦, ”透過性を有する多層化を目的とした人体等価大脳ファントム,” 電子情報通信学会 2015年総合大会, B-1-131, 発表年月日: 2015年03月12日, 発表場所: 立命館大学 (滋賀県)

14 竹割 夢之介, 青木光一, 前田忠彦, ”CSRR-BPF を用いた生体検知における検知精度向上を目的とした弁別アルゴリズムの検討,” 電子情報通信学会 2015年総合大会, A-23-8, 発表年月日: 2015年03月11日, 発表場所: 立命館大学 (滋賀県)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)

名称: 生体検知装置及び生体検知方法
発明者: 前田忠彦
権利者: 学校法人立命館
種類: 特許
番号: 特願 2014-095705
出願年月日: 2014/05/07
国内外の別: 国内

取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 忠彦 (MAEDA TADAHIKO)
立命館大学 情報理工学部 教授
研究者番号: 40351324