

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K20033

研究課題名（和文）深度可変アレーンサによる生体偽装物検知高度化と生体電磁マッピング照合技術の創成

研究課題名（英文）A Novel Coaxial Electromagnetic Liveness Detection Sensor Enhancing the Security of Fingerprint Authentication against sophisticated spoofing

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） 4,900,000 円

研究成果の概要（和文）：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、他人の指紋をシリコン等で偽造する「なりすまし」行為が報告され、既存の指紋・静脈認証技術の脆弱性が大きな問題となっている。本研究では指紋認証や静脈認証装置の脆弱性を排除し、高レベルの生体偽装攻撃に対抗するために、従来の生体認証装置が認証処理に利用する生体情報源とは原理的に異なる情報源として人体の電磁応答に基づく高精度生体検知技術の研究を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

テロ等の重大事案において、犯人は認証システムの脆弱性を利用し、他人の認証情報を「隠れみの」として事件を引き起こすことが多い。テロ行為等の重大事件を未然に防止するためにも、入国管理等の重要施設における個人認証の確実性を高レベルで担保・確保することが、重要な課題である。偽装防止技術の高度化研究を推進し、極めて高いレベルの「なりすまし」攻撃用偽装物に対抗できる偽装物判定技術の研究・開発を進めることは情報化社会の基盤技術として重要である。

研究成果の概要（英文）：In offering more reliable and convenient means of authentication than traditional methods, biometrics systems have become increasingly important. Yet, biometric systems also exhibit several weaknesses, particularly their relative vulnerability to sophisticated spoofing. A unique coaxial band-pass filter employing the CSRR (Complementary Split-Ring Resonator) structure has been studied. The effectiveness of the proposed sensor has been assessed with the measurements using the EER (Equal Error Rate) index. Also, LOF (Local Outlier Factor) based method for fake human finger detection algorithm has been proposed. Finally, a novel multi-ring coaxial liveness detection sensor has been proposed to improve the detection accuracy of high-level sophisticated spoofing attacks against fingerprint authentication systems. Measurements were carried out for both human and fake fingers using a 0.1 mm thick silicone rubber sheet to assess the effectiveness of the proposed sensor.

研究分野：電波工学

キーワード：指紋認証 静脈認証 生体認証 生体検知 偽装物 FAR FRR 類似度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

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、他人の指紋をシリコン等で偽造する「なりすまし」行為が報告され、既存の指紋・静脈認証技術の脆弱性が大きな問題となっている。指紋認証では撮像した指紋情報を分析・処理し、記録されたデータとの一致性から照合が行われるため、生体偽装物に対する本質的な脆弱性を持っている。指紋認証や静脈認証装置の脆弱性を排除し、高レベルの生体偽装攻撃に対抗するためには、従来の生体認証装置が認証処理に利用する生体情報源とは原理的に異なる情報源に基づく高精度生体検知技術への研究着手が急務である。

2. 研究の目的

テロ等の重大犯罪では、犯人は他人の生体情報を偽装し、認証システムの脆弱性を利用することで他人に「なりすまし」事件を引き起こすことが多い。この生体偽装による「なりすまし」を未然に探知・防止できる技術的仕組みを社会に提供することは情報技術に関わる研究者の責任として非常に重要である。特に、一般金融機関に加えて、空港・入国管理等の重要施設における個人認証の確実性を高レベルで担保・確保することは、国家の責任として極めて重要な課題である。本研究は、一般生活における認証偽装攻撃に比べて、極めて高いレベルの生体偽装技術を用いた「超高度なりすまし偽装物攻撃」に対抗するための「高度偽装物判定技術」を研究・開発し社会に提供することで、情報化社会の安定性と保安性を確保することを目的とする。

3. 研究の方法

センサ構造の最適化として電磁界解析による解析を進めた。特に同軸型の構造に注目し、局所的な電磁応答を取得するための小型化の研究、および検知感度改善を目的とした多重リング構造について検討を進めた。

検知アルゴリズムにおいては類似度と平均差の2次元指数で判定する従来手法での誤検知原因分析を行い、偽装物に起因する電磁応答の差異が強調される条件を抽出する新しい高精度データ多元解析・検知技術に挑戦した。特に異常値検知手法であるLOF (Local Outlier Factor) 法に注目した検討を進めた。

4. 研究成果

(1) 2017年度研究成果

指紋認証において指紋を模倣した偽装物を用いた「なりすまし攻撃」に対して、攻撃者が指表面に偽装物を装着した指（偽装指）を検出する機能を有する指紋認証システムが必要である。本人確認を目的とした指紋認証技術に加え、検知対象物が生体か否か判定するための生体検知センサを統合した指紋認証システムの開発および判別アルゴリズムによる高精度化に取り組んだ。

人体と偽装指を判別するアルゴリズムとして、テンプレートデータの分散特性を用いた一致性関数を導入した判別方式および周波数特性への重み関数の導入を提案した。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、検知精度向上を確認した。また、CSRR構造の配置条件による検知特性について評価を進めた。配置条件を直列型から同軸型へ変更することで指の密着不足による誤検知低減が期待できるため、図1に示す同軸型に配置した構造を提案し、実験的に評価した。この実験では検知が困難である皮膚ファントム(0.3 mm厚)に対する評価を実施し、従来の直列配置に対し誤検知低減による検知精度の向上を確認した。

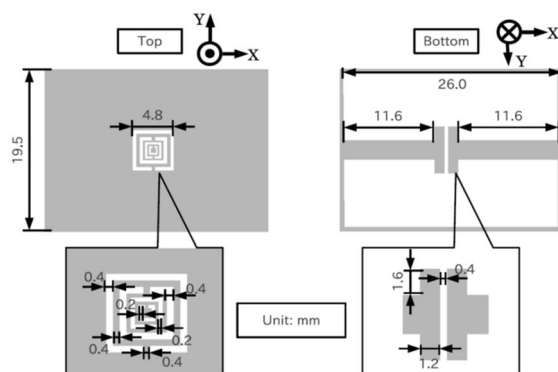


図1 提案同軸センサの構造

生体検知センサの作製精度が検知精度に与える影響の評価では、作製精度が異なる同軸型生体検知センサを複数作製し、テンプレートを登録するセンサ（以下登録センサ）と人体指、偽装指を検知するセンサ（以下検知センサ）を同一のセンサとしない条件下において実験を行った。その結果、偽装指がシリコンゴム(0.3 mm厚)と仮定した場合であっても人体指テンプレートをを用いたデータ処理を行うことで、センサが一定程度の寸法誤差を持つ場合においても弁別精度が維持できることを示した。

(2) 2018 年度研究成果

人体指を載置した際と同軸型センサと同軸型センサ単体の電流分布や簡易センサと同軸型センサの判別平面を示すことにより CSRR 構造の構成要素の中で強く検知精度に影響を与える要素の分析を行った。その結果、人体指と同軸型センサの相互作用により小径リング部に電流が集中することで小径リング部の有無が検知精度に影響を与えることを確認し、その影響を定量的に把握した。

また、直列型センサに小径リングを付加した提案センサの検討を行い、直列型センサと提案センサを判別平面上で比較した結果、提案センサの優位性を確認した。直列型センサと同軸型センサは周波数特性に差異があるため偽装物の検知特性が異なる。多様な偽装物に対応するためには、直列型と同軸型双方の周波数帯で検知することが望まれ、深度可変型生体検知センサの構造の検討を進めた。

一方、CSRR 構造を活用したセンサによる偽装指の検出において、センサ感度が高いと考えられる周波数帯域のデータを用いることが望ましいことから、センサ感度が高いと考えられる CSRR の共振周波数付近と共振に寄与しない周波数帯域の特徴的なデータを抽出するデータ処理を用いて評価実験を行った。その評価・分析結果をもとに共振周波数付近におけるデータを選択的に処理する評価手法を提案し検出精度の向上をはかった。

また、将来発生する「なりすまし攻撃」において偽装指を現時点で全て予測することは出来ないため、人体指データのみで弁別基準を決定できる偽装指検知手法が望ましい。多様な偽装指に対応するため、LOF を用いた検知手法を提案した。人体指データのみで学習モデルを構築し、偽装物を皮膚ファントム (0.3 mm 厚) をした場合の実験を行った。その結果、FAR は 10 %前後に収まり、従来手法に対する有効性を示した。

(3) 2019 年度研究成果

生体検知センサの高度偽装物に対する検知精度向上を目的に、CSRR 構造のリング数を増加させ、人体指との接触面積を増加した多重同軸型生体検知センサを提案した。図 2 の提案センサの形式は、従来センサの CSRR 構造のリング数を 4 個から 6 個に増加した多重同軸型構造である。提案・従来センサの共振周波数を含んだ 1-16 GHz の周波数帯域での評価実験では、偽装物として厚さ 0.1 mm のシリコンゴムを用い、評価指標に平均差・類似度を採用した。

ここで、先行研究では CSRR の表面段差の平坦化、及び銅箔の腐食防止を目的に厚さ 0.2 mm のポリプロピレンフィルムを配置し実験を行っていたが、高度偽装物の検知が困難となるため、両センサともポリプロピレンフィルムを排除して実験を行った。その結果、両センサ共に FRR・FAR がいずれも 0%となったが、同軸型生体検知センサと多重同軸型生体検知センサの検知余裕度を比較すると、提案多重同軸型生体検知センサでは人体指と偽装指がより弁別されていることを確認した。

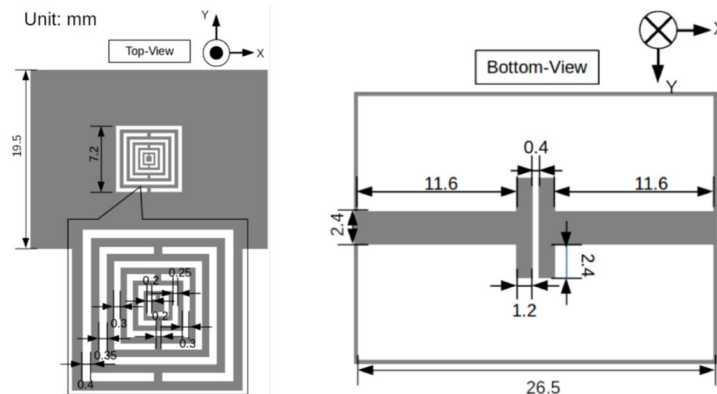


図 2 提案多重同軸型生体検知センサの構造

検知アルゴリズムの高度化に関わる研究では、異常値検出アルゴリズムの一種である LOF 法を用いた機械学習による偽装指検知判定アルゴリズムの高度化を目的とし、LOF 法に用いる特徴量を追加する検討を行った。昨年度に実施した評価では、4 個の特徴量として、第一および第二共振周波数とこれらの周波数における減衰量に着目していた。新たな特徴量として、4 から 8 GHz における減衰量の平均値と、第二共振周波数での減衰量と第二共振周波数から 1 GHz 低域での減衰量の差分を新たな特徴量として追加実装した。皮膚ファントム (0.3 mm 厚) を用いた偽装指に対する検知精度評価を行い、LOF 法に用いる特徴量を 6 個に増加させることで FRR 及び FAR の精度向上を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 兼光 翼, 岸 俊宏, 前田 忠彦	4. 巻 Vol. J102-B, no.11
2. 論文標題 LOF を適用した偽装指検知手法の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 880-890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2019APL0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 深澤公一朗, 前田忠彦	4. 巻 Vol. J101-B, no.9
2. 論文標題 保存環境の差異による人体等価 2/3 筋肉ファントムの電気定数の推移とゼリー強度の変化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 796-797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 飯島主匡, 大矢佑磨, 前田忠彦	4. 巻 Vol. J100-B No. 9
2. 論文標題 CSRR を使用した指紋認証用生体検知センサの小型化	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 844-845
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松浦 悠之亮, 前田 忠彦
2. 発表標題 電磁応答特性の時間的変動が生体検知精度に与える影響
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸 俊宏, 兼光 翼, 前田忠彦
2. 発表標題 生体検知センサにおける検知精度向上を目的としたセンサ構造の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本真一良, 兼光翼, 前田忠彦
2. 発表標題 LOF法による薄型シリコン偽装指検出精度評価
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸 俊宏, 兼光 翼, 前田忠彦
2. 発表標題 CSRR構造を用いた生体検知センサの電流分布
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兼光 翼, 岸 俊宏, 前田忠彦
2. 発表標題 CRR-DCSRRセンサを用いた弁別精度向上に有効な周波数選択法に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 兼光翼, 大矢佑磨, 岸俊宏, 前田忠彦
2. 発表標題 生体検知・指紋認証技術統合システムの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸俊宏, 大矢佑磨, 兼光翼, 前田忠彦
2. 発表標題 CSRR構造を用いた生体検知センサの作製精度が生体検知精度に与える影響
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大矢佑磨, 前田忠彦
2. 発表標題 CSRR-BPF 偽装物検出法における検出アルゴリズムの精度向上法の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 生体検知装置	発明者 前田忠彦 飯島主匡 大矢佑磨	権利者 学校法人 立命館
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-1637715	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----