

令和元年6月11日現在

機関番号：14603

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12421

研究課題名（和文）パラリンピックゲームの3Dリアルタイム放送および再現

研究課題名（英文）3D real-time broadcast and reproduction of Paralympic games

研究代表者

柴田 直樹（SHIBATA, Naoki）

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：40335477

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、パラリンピック等においてバスケットボール等の試合の様子をリアルタイムに中継し、3Dで再現することを目標に、データ配信を安全・安定して行うためのプロトコルと、手の三次元ポーズの推定精度を向上させる研究を行った。観客の持つ端末からの攻撃に耐えつつ、選手の情報などを安定して安全にやりとりするために、ネットワーク部の研究として、ビザンチン攻撃に耐性のあるMANET用のルーティングプロトコルを提案した。また、手のセグメンテーションを行い、これにより手の三次元ポーズの推定精度を向上させる研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ネットワークのルーティングにおけるセキュリティは、長年にわたって広く研究されてきており、本研究テーマにおいても重要な課題である。本研究では、モバイル機器間の通信を安全に行うためのルーティングプロトコルに関する研究を行った。既存のプロトコルには、通信オーバーヘッドが大きいことや、安全な鍵とセッションの管理を維持することの難しさといった問題があった。また、人間の手のポーズの推定精度向上のためのニューラルネットワークベースの手法を提案した。バーチャルリアリティや拡張現実など、手のポーズを利用するアプリケーションは増えており、多様な用途に対して研究成果の応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aim to broadcast the 3D pose of the players of Paralympics games in in real time. In oder to realize the protocol for performing data transfer safely and stably, we have proposed a routing protocol for MANET that is resistant to Byzantine attack in order to exchange player information while enduring attacks from terminals owned by audiences. We also proposed a method for improving estimation accuracy of 3D pose of the hand.

研究分野：モバイルコンピューティング

キーワード：ネットワークプロトコル ポーズ推定

1. 研究開始当初の背景

カメラ・コンピュータ・無線通信デバイスの小型・高性能化および低価格化により、アクションカムが普及し、各種スポーツに興じている間、ヘルメットやサーフボードなどに取り付けた小型カメラで映像を記録することが一般的となった。スポーツ中継においても、より多くの視聴者の興味をひき、臨場感を高めるために、このような小型カメラを各選手が装着し、中継できることが望ましいが、バスケットボールなどの競技では選手の動きが激しく、視聴に適したカメラ映像が高速に切り替わり、人手で追隨することは難しい。

2. 研究の目的

本研究では、パラリンピック等においてバスケットボール等の試合の様子をリアルタイムに中継し、3D で再現すること、および選手が胸部に装着したアクションカムで撮影した映像のうち最も視聴に適したものをリアルタイム・自動的に選択し、放映することの二つを目標とする。各選手の位置および姿勢・手の位置等をとらえるため、各選手はカメラ付きスマートウォッチを両手に装着し、胸部にアクションカムを、車椅子に PC を装着する。多数のスマートウォッチおよび PC 間でマルチチャネル無線ネットワークを構築し、分散協調処理によって実現する。

本研究では、映像を直接配信するのではなく、各選手の位置・向き・両腕のポーズをリアルタイムに収集し、三次元 CG で任意の位置から鑑賞できるようにすること、胸部に装着したアクションカムからの映像のうち最も視聴に適したものをリアルタイム・自動的に選択し、放映することの二つを目指す。また、センサ等のデバイスに選手に装着することによって選手のパフォーマンスを防げないことを目標とする。このようにして収集したデータは、試合の中継だけでなく、選手を指導する際にも使うことができる。各選手がカメラ付きスマートウォッチを両手に装着することで、主に加速度センサ・ジャイロにより手のポーズを得る。また、胸部または車椅子に搭載したカメラから競技場および他の選手を撮影すること・および競技場の外に設置したステレオカメラから各選手を撮影することにより、選手の位置・向きを得る。各選手の車椅子に取り付けた小型 PC に無線ネットワークで伝送・処理し、その結果を全体で集約する。

3. 研究の方法

本研究は、ネットワーク部と画像解析部の二つの研究から構成される。上記のような用途を想定した場合、観客の持つ端末からのジャミングなどの攻撃に耐えつつ選手の情報などをやりとりする必要がある。このために、ネットワーク部の研究として攻撃を受けた場合にも安定して通信を継続することのできるプロトコルの研究を行った。

ネットワークのルーティングにおけるセキュリティは、長年にわたって広く研究されてきた、有線および無線ネットワークの重要な課題である。本研究では、モバイル機器間の通信を安全に行うためのルーティングプロトコルに関する研究を行う。通信において、攻撃を検出して防止するために、ほとんどの既存のプロトコルは暗号ベースのアプローチ、ノードの評価に基づく信頼ベースのアプローチ、またはインセンティブベースのアプローチを採用している。しかし、そのような既存のプロトコルには、通信オーバーヘッドが大きいことや、安全な鍵とセッションの管理を維持することの難しさ、またビザンチン攻撃に対して安全でない経路が存在することといった欠点がある。本研究では、ビザンチン攻撃からパケットの経路を保護するために、リンクステートルーティングプロトコルにモニタリングベースの方法を導入する。提案した方式では、ネットワーク内の善意のノード間の通信を保証することである。具体的には、提案手法は以下の3つの仕組みからなる。

(1) ハローメッセージの検証 - 各ノードは、ハローメッセージと近隣ノードのデジタル署名を収集する。ハローメッセージの有効性を検証し、悪意のあるノードがルーティングテーブル情報を破壊しようとしたときに、矛盾する情報を識別する。

(2) パケット履歴フィールドの監視 - 送信元ノードは、最適な経路を計算して、各パケットに格納する。これは、DSR と同じ仕組みである。隣接ノードは格納された最適な経路に従ってパケットが正しく転送されているかどうかを確認する。イベント履歴は、各中間ノードの各パケットに記録される。

(3) 統計的仮説検定 - 一部のパケットはリンク品質が悪いためにドロップされる可能性がある。リンク品質が悪いためにパケットが転送されなかったのか、悪意のあるノードが意図的

にパケットをドロップしているのかどうかを確かめるために、提案手法では、モニタリングノードが他のノードのパケット廃棄動作を観察し、次いで中間ノードがパケットを廃棄する確率（P値）を計算し、統計的に検査を行う。悪意のあるノードを検出するために、P値を有意性レベルの値（許容できるドロップされたパケットの数を反映する）と比較し、パケット履歴フィールドモニタリングを利用して、悪意のあるアクションが実行されているノードを特定する。

これらの手法を組み合わせることにより、提案ルーティング方式では、悪意のあるノード同士が共謀して攻撃を行うケースや、他の様々なビザンチン攻撃に対して経路を保護する。提案手法では、11%から21%のリンクが悪意のあるリンクと判断された場合でも、平均89%から96%の高いパケット配信率を達成する。

また、選手の体の部位の検出精度を向上させるための研究を行った。

本研究では、人間の手のポーズの推定精度向上のためのニューラルネットワークベースの手法を提案する。バーチャルリアリティや拡張現実など、手のポーズを利用するアプリケーションに注目が集まっている。これらのアプリケーションでは、手の三次元のポーズを利用して、人とデバイス間のインタラクションを実現している。手の三次元ハンドポーズを得るために、現在までに多数のモデルが開発されてきた。しかしながら、既存の研究のほとんどは、セグメント化された手が与えられるか、または深度閾値によって直接取得されることができることが仮定されている。既存手法は、整列されたデータからの姿勢推定に焦点を合わせている。しかし、スポーツ中継などの用途を想定する場合、入力データには手の部分だけではなく、複雑な背景が存在し、既存の方法ではそのようなデータを処理するのに適していない。本研究では、より一般的で現実的な設定に焦点を当てる。

本研究では、機械学習を利用して、この問題にアプローチする。機械学習を用いた手法は、複雑な背景が存在する深度画像上のセグメンテーションに一般的に利用されている。これらの方法のほとんどは、単一の深度画像のみを入力としているが、実際のアプリケーションでは、深度映像を利用することができ、時間的情報により手のセグメンテーション性能が改善できることが期待される。本研究では、深度映像に対して手のセグメンテーションを行う際に、時間情報を利用したソフトプロポーザルセグメンテーションネットワーク（SPS-net）を提案する。

提案するSPS-Netでは、現在のフレームにソフトプロポーザル（検出プロポーザル）を生成し、その間に前のフレームからカルマンフィルタによって別のソフトプロポーザル（トラッキングプロポーザル）を生成する。生成したプロポーザルに対し、これら2つのソフトプロポーザルのマージ結果によって導かれる、セグメンテーションを得る。分割精度と汎化能力に対するSPS-Netの優位性を実証するために、NYU Hand DatasetとCVAR Datasetで分割実験を行った。さらに、セグメンテーションにSPS-Netを使用し、姿勢推定に単純な3Dハンドポーズ推定器を使用した。

4. 研究成果

ビザンチン攻撃は、攻撃者自身がネットワークの経路に入り込み、攻撃者の中継するパケットのいずれをも破棄したり改竄できることを想定する。ネットワークの攻撃モデルの中で、攻撃者が最も強力であり、最も悲観的な想定であるが、本研究ではこのような想定の下でも正常に動作するようなMANET用のルーティングプロトコルを提案する。提案するプロトコルは、善意のノードが全てネットワーク中で連結されたトポロジを維持していることを前提とし、善意のノード間でのパケット配送を保証することを目的とする。各ノードは経路中の前後のノードの通信内容を立ち聞きすることができるという前提で、経路中の前後のノードを監視する。隣接するノードが攻撃者であることを検出した場合、攻撃者のノードではなく、善意のノードと攻撃者のノードの間のリンクをネットワークから排除する。これにより、攻撃者が経路に組み込まれることを防止する一方、攻撃者が隣接する善意のノードに対する虚偽の告発を行った場合にも通信には問題が起らない。

手のセグメンテーションを行い、これにより手の三次元ポーズの推定精度を向上させる研究を行った。手のセグメンテーションにより、手の三次元ポーズ推定の際に重要な情報を提供し、タスクを簡単にすることができる。深度画像上での正確な3Dの手のポーズを取得するために重要な技術である。しかしながら、既存手法においては、ハンドポーズ推定タスクの大部分は、手のセグメンテーションが入力の一部として与えられているか、または深さ閾値によって容易にセグメント化されることができると仮定したものが多く、この問題は長い間注目されてこなかった。様々なシナリオにおいて、ロバストなハンドセグメンテーションを実行するために、我々はソフトプロポーザルセグメンテーションネットワーク（SPS-Net）を提案した。既存の手の分割方法との主な違いは、SPS-Netが深度ビデオの一時的な情報を利用することである。提案手法の評価のため、多様なカメラの視点と背景を持つ2つの一般的な公開データセ

ットで精度を測定した。この結果、既存の方法を上回る大幅なパフォーマンスの向上が得られた。さらに、SPS-Net と簡単な 3D ハンドポーズ推定機能を統合することで、Hand2017 チャレンジの 3D ハンドポーズトラッキングタスクでもトップレベルの結果を達成した。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. Fan Yang, Yang Wu, “A Soft Proposal Segmentation Network (SPS-Net) for Hand Segmentation on Depth Videos”, IEEE Access, vol. 7, pp. 29655-29661, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2900991, 査読有

2. Babatunde Ojetunde, Naoki Shibata, Juntao Gao : Monitoring-Based Method for Securing Link State Routing against Byzantine Attacks in Wireless Networks, IPSJ Journal of Information Processing, Vol. 26, pp. 98-110, 2018, <https://doi.org/10.2197/ipsjip.26.98>, 査読有

〔学会発表〕(計 1 件)

1. B. Ojetunde, N. Shibata and J. Gao : Securing Link State Routing for Wireless Networks against Byzantine Attacks: A Monitoring Approach, COMPSAC 2017, 2017, pp. 596-601, 査読有

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<https://github.com/shibatch/rectdetect>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：伍 洋

ローマ字氏名：Yang Wu

所属研究機関名：奈良先端科学技術大学院大学

部局名：研究推進機構

職名：助教

研究者番号（8桁）：30750559

研究分担者氏名：高 俊涛

ローマ字氏名：Juntao Gao

所属研究機関名：奈良先端科学技術大学院大学

部局名：先端科学技術研究科

職名：助教

研究者番号（8桁）：30732961

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。