

Streszczenie

Rozpoznawanie człowieka na podstawie chodu przy wykorzystaniu sensorów IMU oraz metod tworzenia sztucznych próbek w systemach biometrycznych

W niniejszej rozprawie przedstawiono wyniki badań dotyczące systemów biometrycznych chodu, które wykorzystują sygnały pomiarowe sensorów IMU. Aspekt badawczy pracy dotyczył metod tworzenia sztucznych próbek, które wzbogacały zbiory uczące oraz pozwalały na zwiększenie właściwości generalizujących użytych klasyfikatorów. Zaprezentowane rozwiązania miały na celu zwiększenie wskaźników systemu biometrycznego. Jako modele decyzyjne wykorzystano splotowe sieci neuronowe CNN (*ang. Convoluton Neural Network*) z grupy rozwiązań Uczenia Głębokiego (*ang. Deep Learning*).

W ramach realizacji prac opracowano tor przetwarzania danych obejmujący między innymi: segmentację cykli chodu (czasu pomiędzy dotknięciem kończyny dolnej do podłoża do momentu ponownego jej kontaktu z podłożem); filtracji częstotliwościowej; augmentacji bądź tworzenia próbek syntetycznych oraz klasyfikacji. Jako pojedynczy wzorzec chodu wykorzystano połączone dane pomiarowe trójosiowego akcelerometru oraz żyroskopu dla pojedynczego sensora umiejscowionego w okolicy prawego uda (dla bazy autorskiej) oraz sensorów umiejscowionych w przedniej kieszeni spodni (w przypadku korpusów bazujących na akwizycji przez telefony komórkowe). Próbkę wejściową stanowiły tablice o wymiarze 6×128 , gdzie pierwszy wymiar wynika z połączenia danych z dwóch sensorów o 3 kanałach pomiarowych, a drugi z próbkowania w dziedzinie czasu. Proces ewaluacji przeprowadzony został z wykorzystaniem bardziej wymagającej walidacji typu CD (*ang. cross-day*), co oznacza że dane stanowiące zbiór treningowy i testowy zgromadzone zostały w przeciągu dwóch dni. Dodatkowo oprócz wykorzystania ogólnodostępnych zbiorów danych do ewaluacji opracowanych metod wykorzystano stuosobowy autorski korpus danych.

W ramach prowadzonych badań w pierwszej kolejności eksploatowano możliwości tworzenia sztucznych próbek uczących z wykorzystaniem technik augmentacji danych. Opracowano autorską metodę, która w pierwszej kolejności modyfikowała sygnały orientacji. Następnie przeprowadzono właściwe zniekształcenia sygnałów akcelerometru oraz syntetyczną generację sygnałów żyroskopu. Zaproponowane podejście umożliwiało modelowanie kilku różnych scenariuszów w tym różnych metod montażu sensora, dodatkowych wibracji czy powolnych zmian orientacji podczas trwania chodu. W dalszych badaniach skupiono się na możliwości wykorzystania modeli generatywnych do tworzenia próbek syntetycznych. Prowadzone eksperymenty w szerokim stopniu eksploatowały temat generacji danych przez modele LSTM – MDN (*ang. Long Short Term Memory – Mixture Density Network*).

W dalszych częściach pracy zweryfikowano wpływ liczebności sesji akwizycji danych na skuteczność systemu biometrycznego. Zbadano również wpływ zmiany nawierzchni chodu na osiągnięte metryki oraz eksploatowano oddziaływanie lokalizacji montażu na ciele. Ostatni z rozdziałów opisywał możliwości transferowalności opracowanych metod biometrycznych w dziedzinie Wirtualnej Rzeczywistości. Przeprowadzone eksperymenty realizowane były przy wykorzystaniu algebraicznych metod zmiany sygnałów pozycji oraz orientacji na sztucznie utworzone dane pomiarowe prędkości kątowej oraz przyspieszenia. Demonstracja ta miała na celu pokazanie aplikacyjności w innej dziedzinie.

Słowa kluczowe: biometria, sieci splotowe, akcelerometr, augmentacja, modele generatywne

Abstract

Human Gait Recognition Using IMU Sensors and Artificial Sample Creation Methods in Biometric Systems

This dissertation presents the results of a studies on gait biometric systems that use IMU sensor signals. The research section of the thesis is focused on the methods for creating artificial samples. These samples enriched the training sets and enabled the enhancement of the generalization properties of the classifiers employed. The proposed solutions were designed to enhance the performance metrics of the biometric system. Convolutional neural networks (CNNs) from the deep learning group of solutions were utilized as decision models.

In the course of the studies, a data processing pipeline was developed. This pipeline included: segmentation of gait cycles (time between touching the lower limb to the ground until it makes contact again); frequency filtering; augmentation or synthetic sampling generation; and classification. A single gait sample was analyzed using a combination of triaxial accelerometer and gyroscope measurement data. The sensor utilized for this analysis was positioned in the right thigh area, which served as the base for the subject. Additional sensors were placed in the front trouser pocket, enabling the acquisition of data from mobile phones. The input samples were arrays with a dimension of 6×128 . The first dimension results from the combining data from two sensors with three measurement channels, while the second dimension results from sampling in the time domain. The evaluation process was executed using the more demanding (CD) cross-day validation. It means that the data constituting the training and test sets were collected over two days. In addition to the utilization of publicly accessible datasets, a 100-member author data corpus was used to conduct an evaluation of the developed methodologies.

As a first step, the possibility of creating artificial learning samples using data augmentation techniques was explored. A proprietary method, that initially modified the orientation signals was developed. It was followed by proper distortion of the accelerometer signals and synthetic generation of the gyroscope signals. The proposed approach allowed modelling of several various scenarios, including different sensor mounting methods, additional vibrations or slow orientation changes during gait duration. Further studies focused on the possibility of using generative models to create synthetic samples. The conducted experiments extensively exploited generation of data by LSTM - MDN (Long Short Term Memory - Mixture Density Network) models.

In the subsequent sections, the impact of the number of data acquisition sessions on the efficacy of the biometric system was examined. The investigation concerning influence of changing the gait surface on the achieved metrics as well as the impact of various localization of sensors in body-mount location was performed. The last chapter delineated the transferability of the developed biometric methods in the domain of Virtual Reality. The experiments were conducted through the implementation of algebraic methodologies, aimed at converting position and orientation signals into artificially generated measurement data of angular velocity and acceleration. This demonstration was intended to illustrate the potential applications in a different discipline.

Keywords: biometric, convolution neural networks, accelerometer, augmentation, generative models