

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI, INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ
DYSCYPLINA: BIOCYBERNETYKA I INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA



AUTOREFERAT ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

ANALIZA WYBRANYCH MODALNOŚCI REJESTRACJI RUCHU DLA MONITOROWANIA PACJENTÓW

Magdalena Smoleń

PROMOTOR: Prof. dr hab. inż. Piotr Augustyniak

Kraków, 2013

Cel i teza rozprawy

Rozprawa doktorska wchodzi w zakres dyscypliny naukowej Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej. Dotyczy różnorodnych metod pozyskiwania sygnałów motorycznych człowieka oraz możliwości ich zastosowania w celach monitoringu osób chorych i nie w pełni sprawnych w miejscu zamieszkania.

Głównym problemem badawczym i celem rozprawy była jednoczesna akwizycja wybranych sygnałów motorycznych człowieka, ekstrakcja wektorów cech najtrafniej opisujących zadane ruchy oraz określenie wzajemnych korelacji zebranych tą drogą informacji. W opisywanych badaniach zastosowano równocześnie wiele metod pomiaru sygnałów ruchowych człowieka: metody optyczne, elektromiograficzne, akcelerometryczne i mechaniczno-elektroniczne. Doświadczenia przeprowadzone z użyciem wielu czujników o tak odmiennym charakterze pozwoliły na znalezienie zakresu ich wymienności i co za tym idzie, na wybór najodpowiedniejszego z nich dla konkretnego przypadku zastosowania praktycznego.

Dokonane ilościowe analizy danych pomiarowych stanowią solidną podstawę do dalszych badań nad wzorcami czynności życia codziennego ADL (ang. *Activities of Daily Living*) w odniesieniu do domowego monitoringu osób, których stan zdrowia wymaga ciągłej opieki rehabilitacyjno-leczniczej.

Teza rozprawy:

Analiza ruchu człowieka zarejestrowanego z wykorzystaniem różnych modalności prowadzi do zbieżnych wniosków, które mogą być wykorzystane w monitorowaniu pacjentów w ich miejscu zamieszkania.

Uzasadnienie podjęcia tematu

W krajach wysoko rozwiniętych coraz częściej stosuje się nadzór domowy (ang. *Home Care*) osób starszych i nie w pełni sprawnych. Jest on jednak zazwyczaj jednomodalny. Zagadnienia poruszane w rozprawie są zaś częścią projektu wielomodalnego systemu nadzoru, którego celem jest dokonywanie rejestracji wielu odmiennych parametrów życiowych osoby nadzorowanej przy użyciu możliwie tanich i prostych w obsłudze czujników oraz powiadamianie w razie zagrożenia.

Istotne jest również innowacyjne podejście do samego problemu nadzoru za pośrednictwem informacji czerpanych z sygnałów motorycznych człowieka. Chodzi tutaj głównie o niepoprzestanie tylko na jednym, czy dwóch rodzajach sensorów, ale o wykorzystanie możliwie najszerszej gamy czujników i zbadanej korelacji informacji dzięki nim pozyskiwanych, by w zależności od sytuacji i aktualnej potrzeby móc dokonywać wyboru tego optymalnego. Przeprowadzone doświadczenia miały za zadanie określić, z jaką dokładnością proste urządzenia pomiarowe mogą przybliżać informacje ze specjalistycznego sprzętu medycznego.

W ramach prac badawczych opisywanych w rozprawie wykonywane były pomiary z użyciem systemu trójwymiarowej analizy ruchu, przenośnego aparatu elektromiograficznego i bezprzewodowego systemu pomiaru nacisku stóp, które odgrywały rolę specjalistycznych urządzeń referencyjnych dla prostszych czujników – akcelerometru czy też kamery wideo. Tego rodzaju ujęcie badawcze ma więc istotny wpływ na rozwój nowych rozwiązań technicznych, które w odróżnieniu od stacjonarnego i drogiego sprzętu medycznego, mogłyby być zainstalowane i używane z powodzeniem w warunkach domowych.

Podsumowanie i perspektywy kontynuacji rozprawy

Otrzymane wyniki badań i końcowe opracowanie ich rezultatów jednoznacznie potwierdzają tezę rozprawy:

„Analiza ruchu człowieka zarejestrowanego z wykorzystaniem różnych modalności prowadzi do zbieżnych wniosków, które mogą być wykorzystane w monitorowaniu pacjentów w ich miejscu zamieszkania”.

Możliwe jest bowiem rozpoznawanie wybranych czynności ruchowych życia codziennego człowieka ze znacznym prawdopodobieństwem (93,1-99,3%) przy użyciu różnorodnych pojedynczych sensorów, jak i ich 2-, 3- czy 4-elementowych grup. Co prawda istnieją czynności mniej poprawnie rozpoznawalne przy użyciu niektórych sensorów, jednak w takim wypadku można z powodzeniem czerpać informację z innych sensorów lub stosować zestawy kilku sensorów, dla których rozpoznania są bardziej wiarygodne.

Niekiedy ogólne rozpoznania liczone dla wszystkich osób razem, a także rozpoznania liczone dla wszystkich rodzajów czynności razem cechują się niskimi wartościami. Jest to spowodowane przede wszystkim zróżnicowaniem wartości rozpoznań odpowiednio dla pojedynczych osób i pojedynczych typów aktywności ruchowej. Dla niektórych wolontariuszy/czynności rozpoznania są bowiem znacząco niższe niż dla pozostałych wolontariuszy/czynności, dla których rozpoznania sięgają często wartości nawet 100%. Świadczy to odpowiednio o zindywidualizowaniu osobowym rozpoznawanych wzorców ruchowych, jak również o zróżnicowanym stopniu trudności rozpoznawania różnych czynności.

Do głównych zalet i nowatorskich osiągnięć rozprawy zdaniem Autorki należą:

- projekt i wykonanie eksperymentu z użyciem szerokiej palety sensorów sygnałów motorycznych człowieka polegającego na akwizycji i automatycznym rozpoznaniu najczęściej wykonywanych czynności życia codziennego; system *Motion Capture*, sensory powierzchniowych potencjałów elektrycznych mięśni kończyn dolnych i sensory nacisku stóp pełniły funkcję systemów referencyjnych, natomiast trójosiowy sensor akcelerometryczny i kamera wideo odgrywały rolę prostszych, przenośnych czujników,
- przygotowanie wektorów cech odpowiednich dla sygnałów (obrazów) uzyskanych z użyciem poszczególnych sensorów (EMG, nacisku, ACC i wizyjnego) do celów klasyfikacji czynności,
- identyfikacja wybranych 12 czynności ruchowych (przysiad, wstawanie z przysiadu, siadanie i wstawanie z krzesła, sięganie i powrót z sięgania kończyną górną do przodu, sięganie i powrót z sięgania kończyną górną do góry, pochylanie i powrót z pochyłu tułowia, pojedynczy krok dla prawej i lewej kończyny dolnej) na podstawie wektorów cech właściwych dla poszczególnych sensorów i ich 2-, 3- i 4-elementowych grup,
- porównanie identyfikacji 12 czynności ruchowych dla 4 sensorów i ich jedenastu 2-, 3- i 4-elementowych grup.

Planowana jest kontynuacja opisanych w rozprawie prac badawczych zarówno w kierunku lepszych rozwiązań z obszaru przetwarzania sygnałów i obrazów, jak i w kierunku wdrożenia praktycznych aplikacji. Poniżej wymieniono propozycje perspektyw kontynuacji rozprawy:

- zaproponowanie krótszych wektorów cech opisujących zadane ruchy, eliminacja nadmiarowości informacji w ich obrębie,
- rozszerzenie listy badanych czynności ruchowych o czynności o bardziej złożonym charakterze,
- detekcja nefizjologicznych wzorców ruchowych i zastosowanie ich do biofeedbacku rehabilitacyjno-medycznego,
- ewaluacja i adaptacja zaproponowanych rozwiązań do warunków najbardziej zbliżonych do rzeczywistych (warunków domowych),
- dostosowanie zaproponowanych metod przetwarzania i klasyfikacji do działania w czasie rzeczywistym,

- rozszerzenie algorytmu przetwarzania wizyjnego o detekcję poszczególnych partii ciała (tułowia, kończyn dolnych i górnych),
- rozszerzenie analiz związanych z sygnałami przyspieszenia o dodatkową liczbę akcelerometrów umieszczonych na kończynach dolnych i górnych osoby monitorowanej,
- zaprojektowanie, zbudowanie i testowanie własnych rozwiązań sprzętowych opartych na prostych czujnikach EMG, ACC i nacisku.

Przedstawione w rozprawie wielomodalne rejestracje ruchu wydają się mieć niebagatelne znaczenie, zwłaszcza w przypadku domowego monitoringu osób będących w trakcie rekonwalescencji, czy też osób nie w pełni sprawnych. W tego rodzaju zastosowaniach narzędzia pomiarowe powinny być możliwie tanie, łatwe w obsłudze, nie krępujące ruchów podczas codziennych aktywności, odpowiednio zaprogramowane do detekcji wybranych parametrów sygnałów biomedycznych i zdarzeń. Opisane w rozprawie wyniki uzyskane za pomocą tak wielu odmiennych czujników i ich grup w znaczący sposób przyczynić się mogą do projektowania i wdrażania systemów monitorujących ruch człowieka w warunkach domowych.