

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**



Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej  
Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej

**Autoreferat Rozprawy Doktorskiej**

**NADZOROWANIE AKTYWNOŚCI  
CZŁOWIEKA Z UŻYCIEM SIECI BSN**

mgr inż. Eliaż Kańtoch

Promotor:

dr hab. inż. Piotr Augustyniak, profesor AGH

Kraków 2012

## 1. Wprowadzenie i cel pracy

Analiza tendencji demograficznych wskazuje, że w większości współczesnych społeczeństw obserwuje się gwałtowny wzrost udziału osób starszych w populacji, co jest niewątpliwie wielkim wyzwaniem dla polityki społecznej i zdrowotnej. Szacuje się, że w Polsce jest 6 milionów emerytów (dane GUS za styczeń 2012), a do 2050 roku będzie ich ponad 11 milionów.

Wobec powyższego dzisiejsza opieka zdrowotna, nie tylko w naszym kraju, ale i na świecie, stoi przed poważnymi, nierozwiązanymi problemami zapewnienia specjalistycznych usług medycznych coraz większej grupie osób oraz znalezienia sposobu na ułatwienie osobom starszym i przewlekle chorym dostępu do lekarzy specjalistów.

Utrudniony dostęp do specjalistycznych usług medycznych oraz starzejące się społeczeństwo zwiększa zapotrzebowanie na nowe rozwiązania techniczne, które pozwalają na podniesienie jakości świadczeń medycznych.

W chwili obecnej monitorowanie człowieka odbywa się na szpitalnych oddziałach intensywnej opieki medycznej (OIOM) i jest przeznaczone tylko dla pacjentów w stanie zagrożenia życia. Jednak w ostatniej dekadzie, gwałtowny rozwój technologii doprowadził do pojawienia się nowych możliwości związanych z monitoringiem pacjentów poza środowiskiem szpitalnym.

Celem niniejszej pracy jest opracowanie metody umożliwiającej wyznaczenie wskaźnika aktywności i wybranych parametrów fizjologicznych człowieka na podstawie analizy sygnałów pomiarowych w sieci BSN.

Oryginalny charakter pracy przejawia się w indywidualnym doborze parametrów podlegających monitorowaniu, opracowaniu metod umożliwiających dokonanie akwizycji i przetworzenia sygnałów w oparciu o własnoręcznie zaprojektowaną, skonstruowaną i uruchomioną sieć BSN. Indywidualny dobór parametrów jest krokiem w stronę spersonalizowanej opieki zdrowotnej (ang. *personalised healthcare*).

Teza rozprawy została sformułowana następująco:

***Analiza pomiarów w sieci BSN umożliwia wyznaczenie aktywności i wybranych parametrów fizjologicznych człowieka.***

## 2. Zagadnienia omawiane w poszczególnych rozdziałach

W rozdziale **pierwszym** przedstawiono wprowadzenie do tematyki rozprawy, opisano cel i zakres pracy oraz przedstawiono związek zaprezentowanego problemu z doniesieniami literaturowymi.

W rozdziale **drugim** przedstawiono wybrane zagadnienia związane w sieciami BSN, telemedycyną oraz monitoringiem człowieka. Opisano wybrane systemy monitoringu z użyciem sieci BSN oraz komercyjne bezprzewodowe rejestratory EKG. Omówiono istotne z punktu widzenia opisywanych badań fizjologiczne podstawy homeostazy organizmu ludzkiego. Rozdział kończy opis możliwości wykorzystania systemu do monitorowania wybranych chorób.

W rozdziale **trzecim** przedstawiono wykorzystywane metody badawcze, projekt, konstrukcję i implementację systemu nadzoru aktywności człowieka. Opisano czujniki wykorzystywane do akwizycji sygnałów, protokół transmisji danych pomiarowych oraz zaimplementowane oprogramowanie systemowe.

W rozdziale **czwartym** opisano sposób weryfikacji poprawności rejestrowanych sygnałów oraz omówiono protokół według którego przeprowadzono badania. W końcowej części rozdziału przedstawiono metodę wyznaczania aktywności człowieka w oparciu o zaproponowany wektor cech sygnałów.

W rozdziale **piątym** opisana została analiza przeprowadzonych badań oraz zamieszczono oryginalne wyniki przeprowadzonych testów. Rozdział kończy dyskusja wyników.

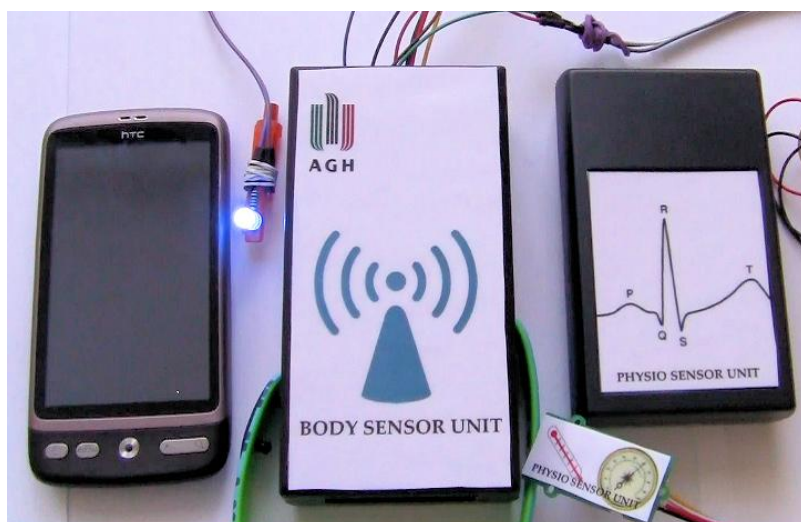
W rozdziale **szóstym** zawarto podsumowanie oraz wnioski końcowe z przeprowadzonych prac. Opisano także perspektywy kontynuacji badań i wdrożenia.

### 3. Wybrane wyniki

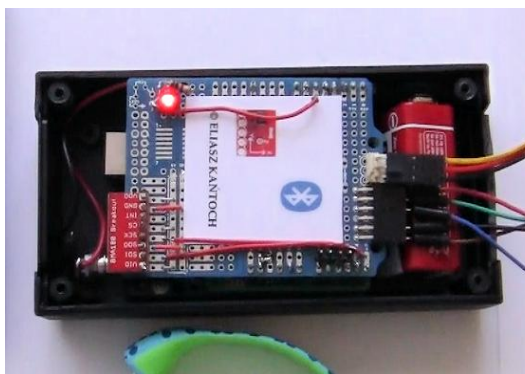
Cel badawczy został osiągnięty poprzez zaprojektowanie, zbudowanie i implementację, w oparciu o warsztat eksperymentalny, systemu zdolnego do akwizycji danych pomiarowych oraz wyznaczenia aktywności i wybranych parametrów fizjologicznych człowieka. Opracowano model systemu, a następnie zbudowano prototyp i zaimplementowano oprogramowanie. Prototyp stanowi elektroniczne urządzenie składające się z następujących modułów:

- moduł sterujący oparty o 8 bitowy mikrokontroler,
- moduł komunikacji bezprzewodowej Bluetooth,
- moduł sensoryczny stanowiący czujniki (czujniki przyspieszenia, częstości akcji serca, temperatury i wilgotności powierzchni skóry).

Bramę dostępu (ang. gateway) do sieci zewnętrznej stanowi mobilna jednostka obliczeniowa, która w zależności od konfiguracji może stanowić urządzenie przetwarzające typu notebook wyposażone w moduł Bluetooth lub smartphone. Zdjęcie skonstruowanego urządzenia pomiarowego przedstawiono na rys. 3.1. Wnętrze BODY SENSOR UNIT zamieszczono na rys. 3.2.

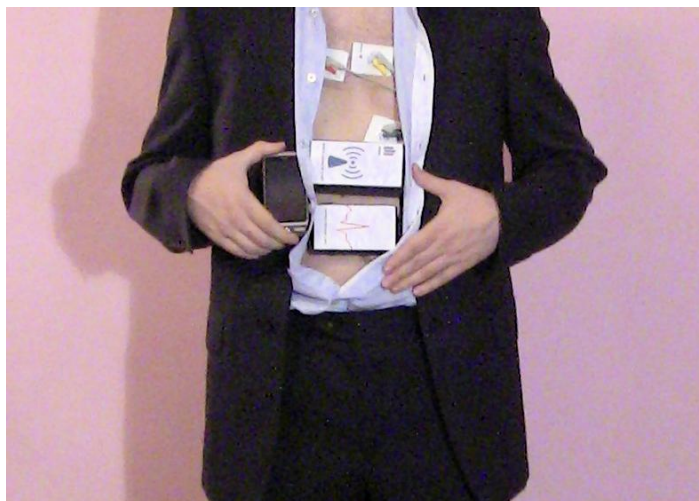


Rys. 3.1. Zdjęcie skonstruowanego urządzenia pomiarowego



Rys. 3.2. Wnętrze BODY SENSOR UNIT (widok z góry)

Sposób rozmieszczenia sensorów na ciele pacjenta przedstawiono na rys. 3.3.



Rys. 3.3. Sposób rozmieszczenia sensorów na ciele pacjenta

W założeniu system składa się z trzech podstawowych, powiązanych ze sobą modułów programowych realizujących odrębne funkcje:

**Moduł mikroprocesorowy**, programowany w języku C, zawiera algorytmy umożliwiające:

- przetworzenie i analizę pobranych danych,
- przygotowanie pakietu danych do wysłania,
- komunikację z modułem mobilnej jednostki obliczeniowej.

**Moduł mobilnej jednostki obliczeniowej** w zależności od wybranego wariantu udostępnia system operacyjny Android 2.3 (smartphone) lub Windows 7 (laptop), dla których napisano algorytmy umożliwiające:

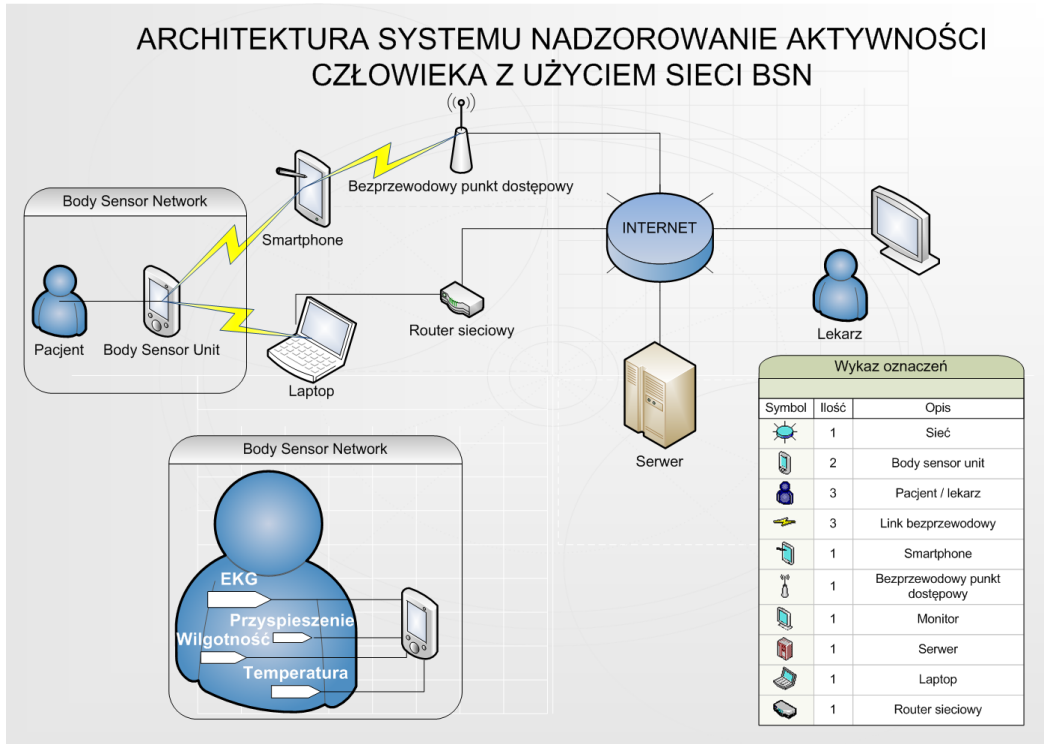
- komunikację z modułem mikroprocesorowym,
- przetworzenie i analizę pobranych danych,
- komunikację z modułem serwera.

**Moduł serwera** został zrealizowany w oparciu o standardowy komputer PC z systemem operacyjnym Windows 7 i obsługuje następujące funkcje:

- komunikację z modułem mobilnej jednostki obliczeniowej,
- przetwarzanie danych i ich zapis w bazie danych,
- wyświetlenie wartości liczbowych parametrów z bazy danych .

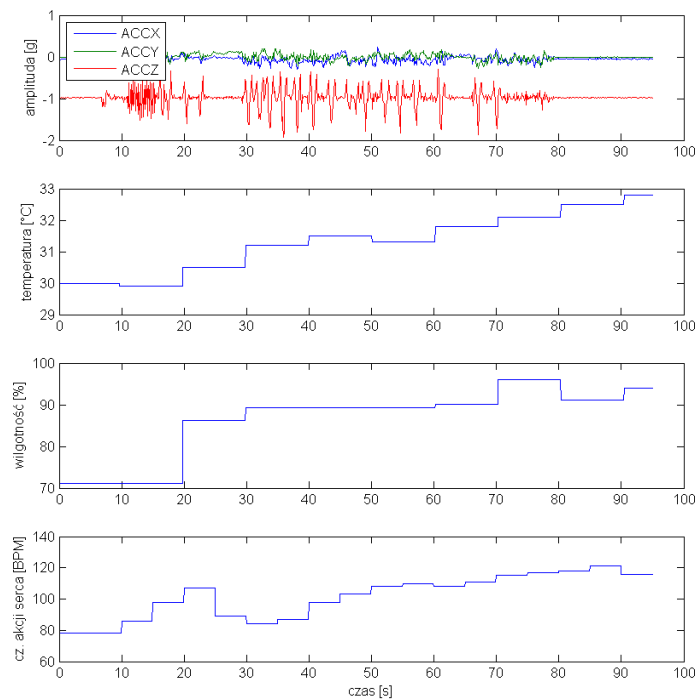
Opracowany system nadzoru aktywności człowieka umożliwia akwizycję temperatury i wilgotności ciała, częstości akcji serca i aktywności, a następnie udostępnia te dane za pomocą zdalnego interfejsu.

Uruchomienie systemu wymagało rozwiązania szeregu problemów związanych z akwizycją i przetwarzaniem sygnałów oraz komunikacją różnych urządzeń w heterogenicznym środowisku. Zaproponowana architektura systemu i modułowa budowa pozwala na szybkie prototypowanie algorytmów i indywidualną konfigurację systemu na potrzeby użytkownika. Zaimplementowano algorytmy przetwarzające dane pomiarowe i wyznaczające parametr ACTIVITY (aktywność) oraz wybrane parametry fizjologiczne człowieka. Przeprowadzono weryfikację poprawności wyznaczenia parametrów fizjologicznych na podstawie porównania z rezultatami pochodzącymi z certyfikowanych urządzeń medycznych. Architektura systemu wraz z opisem oznaczeń poszczególnych elementów została przedstawiona na rys. 3.4.



Rys. 3.4. Architektura systemu

Wybrane charakterystyki sygnałów otrzymane z doświadczenia przedstawiono na rys. 3.5.



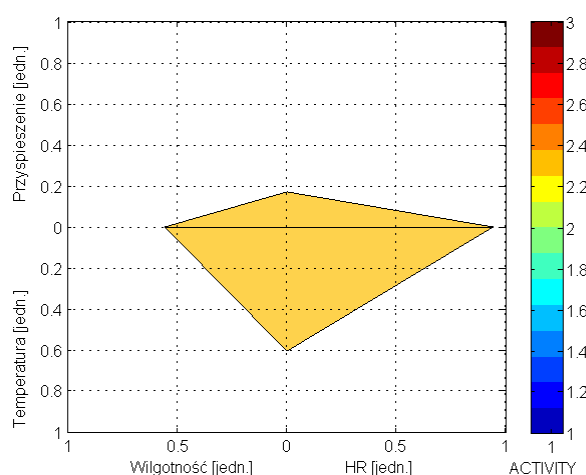
Rys. 3.5. Charakterystyki sygnałów podczas wykonywania czynności o wysokiej intensywności

Sygnaly poddano analizie statystycznej i wyznaczono wektor parametrów, który zamieszczono w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Wektor parametrów zarejestrowanych podczas wykonywania czynności

Parametr	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Wartość minimalna	Wartość maksymalna
ACCX	-0.05	0.07	-0.29	0.24
ACCY	-0.00	0.07	-0.28	0.20
ACCZ	-0.98	0.20	-1.94	-0.29
TMP	31.28	0.90	29.90	32.80
HUM	86.39	8.19	71.20	96.00
HR	101.70	13.78	78.00	121.00

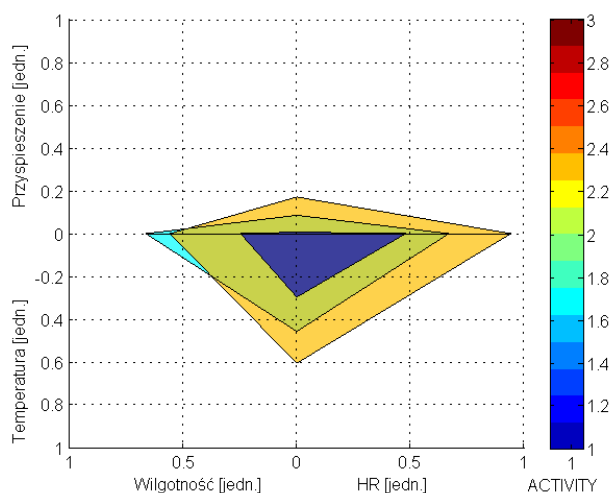
Otrzymany wektor posłużył do wyliczenia czterowymiarowego wektora cech parametru AKTYWNOŚĆ (ACTIVITY), którego graficzną prezentację przedstawiono na płaszczyźnie na rys. 3.6.



Rys. 3.6. Graficzna prezentacja czterowymiarowego wektora cech parametru ACTIVITY na płaszczyźnie

Porównanie wyników pomiarów dla trzech czynności o zróżnicowanej intensywności (kolor granatowy – niska aktywność, kolor błękitny – umiarkowana aktywność, kolor pomarańczowy – wysoka aktywność) w oparciu o wyznaczony parametr ACTIVITY przedstawiono na rys. 3.7.





Rys. 3.7. Porównanie pomiarów dla czynności o zróżnicowanej intensywności

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Na potrzeby badań opisanych w rozprawie zaprojektowano i skonstruowano urządzenie, które umożliwiło praktyczną weryfikację postawionej tezy: *"Analiza pomiarów w sieci BSN umożliwia wyznaczenie aktywności i parametrów fizjologicznych człowieka"*.

Opisane w niniejszej pracy badania eksperymentalne dowodzą możliwości nadzorowania aktywności człowieka z użyciem sieci BSN. W szczególności opisane w rozdziale piątym badania eksperymentalne ukazują możliwość dokonania pomiaru temperatury, wilgotności, częstości akcji serca i przyspieszenia za pomocą przenośnego urządzenia monitorującego. W oparciu o analizę danych pomiarowych wyznaczono współczynnik ACTIVITY (AKTYWNOŚĆ), który umożliwia określenie intensywności (obciążenia organizmu) wykonywania danej czynności.

Otrzymane dane mogą zostać wykorzystane do lepszego zrozumienia fizjologii ludzkiego organizmu poprzez szczegółową analizę zmian parametrów fizjologicznych podczas wykonywania zadanych czynności dnia codziennego. Ponadto opracowany system umożliwia dokonanie pomiarów w sytuacjach poza laboratorium badawczym np. w pracy, szkole, podróży.

Kolejnym etapem prac będzie adaptacja opracowanej architektury, technologii i rozwiązań w kierunku zintegrowania prezentowanego systemu z ubraniem,

co doprowadzi do utworzenia w pełni mobilnego systemu ‘niewidzialnego’ dla użytkownika. Umożliwi to rozszerzenie funkcjonalności systemu i identyfikację kolejnych zastosowań.

Możliwości zastosowania wyników badań rozpoczynają się od monitoringu przewlekle chorych pacjentów, poprzez świadczenie zdalnych usług medycznych, a skończywszy na promowaniu zdrowego stylu życia poprzez obserwację wpływu czynników zewnętrznych na parametry fizjologiczne.

Ponadto, wykorzystanie uzyskanych wyników może posłużyć do wyznaczania korelacji pomiędzy trybem życia osoby monitorowanej, a zmianą parametrów fizjologicznych organizmu i przyczynić się do szybszego identyfikowania potencjalnie szkodliwych czynności i zachowań. Opracowany system będzie mógł zostać wykorzystany do poszukiwania nowych metod efektywnej rehabilitacji pacjentów z określonym typem schorzeń.