



Projekt integratora danych sensorycznych do detekcji niekontrolowanych upadków

BARTŁOMIEJ WÓJTOWICZ¹, ANDRZEJ P. DOBROWOLSKI²

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki,

¹Institut Telekomunikacji,

²Institut Systemów Elektronicznych,

ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa,

BWojtowicz@wat.edu.pl, ADobrowolski@wat.edu.pl

Streszczenie. Co trzeci człowiek powyżej 65. roku życia przynajmniej raz do roku narażony jest na upadek [1, 2]. W roku 2002 z powodu upadków zmarło 391 tysięcy ludzi [1]. Upadki oraz urazy nimi spowodowane stanowią istotny problem zdrowia publicznego i często wymagają natychmiastowej pomocy medycznej. Bardzo szybka detekcja niekontrolowanego upadku pozwala na skrócenie czasu hospitalizacji, a przede wszystkim zmniejszenie potencjalnego ryzyka wystąpienia groźnych powikłań pourazowych. W niniejszym artykule zaprezentowano projekt bezprzewodowego urządzenia do detekcji niekontrolowanych upadków. Zaprojektowane urządzenie zaopatrzone jest w cztery sensory: żyroskop, akcelerometr, magnetometr oraz sensor ciśnienia. Dane z sensorów przetwarzane są w mikrokontrolerze, który w pierwszym etapie dokonuje operacji związanych z fuzją i integracją danych. Następnie w module decyzyjno-wniosującym podejmowana jest decyzja o detekcji upadku i wyzwoleniu procedury alarmowej. Zgłoszenie alarmu odbywa się za pośrednictwem sieci bezprzewodowej, umożliwiającej podłączenie urządzenia do integratora sensorycznego, którym może być np. telefon komórkowy z dedykowaną aplikacją.

Słowa kluczowe: detekcja upadków, fuzja sensoryczna, żyroskop, akcelerometr, magnetometr, czujnik ciśnienia

1. Wstęp

Postęp medycyny oraz technologii spowodował, że wzrosła średnia długość życia człowieka. Dlatego coraz większego znaczenia nabiera zapewnienie właściwej opieki medycznej najbardziej narażonej na problemy zdrowotne grupie wiekowej, tj. osobom

powyżej 65. roku życia [1]. W grupie tej upadki stanowią bardzo istotny problem, z którym nierzadko związane są poważne konsekwencje, zwłaszcza gdy dotyczą one ludzi w podeszłym wieku, których układ kostny jest osłabiony, a odruchy obronne są wolniejsze, co bezpośrednio związane jest z wydłużonym czasem reakcji. Według badań, przynajmniej raz do roku na upadek narażona jest co trzecia osoba powyżej 65. roku życia [1, 2] i liczba ta wzrasta wraz z wiekiem człowieka [3]. W roku 2002 z powodu upadków zmarło 391 tysięcy ludzi, a 25% tych zdarzeń miało miejsce w krajach o wysokich dochodach [1]. Upadki mogą skutkować tzw. syndromem poupadkowym, charakteryzującym się m.in. utratą niezależności, unieruchomieniem lub depresją [3]. Według [1, 4-6] ponad 50% upadków prowadzi do hospitalizacji i kończy się ograniczeniem sprawności fizycznej lub zgonem.

Upadki oraz urazy nimi spowodowane stanowią bardzo istotne problemy zdrowia publicznego i niejednokrotnie wymagają pomocy medycznej. Według [3] 10-15% upadków wymaga doraźnej pomocy na oddziale medycznym, a ponad 50% przypadków hospitalizowanych stanowią ludzie powyżej 65. roku życia.

Bardzo szybka detekcja niekontrolowanego upadku stanowi kluczowy element w procesie udzielania pomocy, pozwalając na skrócenie czasu pomiędzy wystąpieniem upadku a udzieleniem pomocy przez właściwe służby medyczne. W wyniku ich szybkiej interwencji skraca się czas hospitalizacji oraz minimalizuje się potencjalne ryzyko wystąpienia groźnych powikłań pourazowych.

Budowa urządzenia do detekcji niekontrolowanego upadku jest stosunkowo trudnym zadaniem. W większości przypadków detekcja upadku odbywa się na podstawie danych z akcelerometru [7]. W rozwiązaniach tych wzorcem są dane przybliżone do tych uzyskiwanych podczas typowych aktywności człowieka w ciągu dnia, a znaczące odstępstwa od tego wzorca aktywują procedurę alarmową. Należy jednak zauważyć, że implementacja takiego modelu może wiązać się ryzykiem wzbudzenia fałszywych alarmów, np. podczas skakania czy biegania. Dla odróżnienia w [8] autorzy zaproponowali koncepcję detekcji upadków na podstawie analizy danych z żyroskopu. Natomiast w [9, 10] autorzy zaproponowali urządzenie, które do detekcji upadku wykorzystuje akcelerometr oraz żyroskop. Odmienne rozwiązanie zaprezentowano w [11], gdzie dokonano fuzji danych z akcelerometru oraz barometru. Istnieją również rozwiązania działające na podstawie analizy ruchu i pozycji osoby monitorowanej, np. przy użyciu kamer wideo [12].

W niniejszym artykule zaprezentowano projekt bezprzewodowego urządzenia do detekcji niekontrolowanych upadków integrującego cztery sensory (akcelerometr, żyroskop, magnetometr oraz czujnik ciśnienia) i dokonującego fuzji pomierzonych danych. Ponieważ zastosowanie fuzji zwiększa efektywność klasyfikacji oraz właściwej identyfikacji, a przede wszystkim zmniejsza niepewność pomiaru [13], celowa staje się próba zwiększenia liczby sensorów rejestrujących ruch, położenie oraz pozycje monitorowanej osoby.

2. Metody fuzji danych sensorycznych

W systemach pomiarowych celem każdego badania jest pozyskanie jak najwięcej informacji charakteryzujących monitorowany obiekt. Dlatego coraz popularniejsze stają się systemy pomiarowe dokonujące fuzji i integracji danych mierzonych przez wiele sensorów.

Proces fuzji sensorycznej powinien być rozpatrywany na wielu płaszczyznach, począwszy od warstwy sprzętowej dla sensorów i akwizycji danych, poprzez analogowe oraz cyfrowe przetwarzanie informacji wraz z symboliczną analizą teoretycznych narzędzi rozwiązujących zadany problem [14]. Podstawowym celem procesu fuzji danych jest zmniejszenie niepewności pomiaru oraz efektywności klasyfikacji i jakości identyfikacji [13]. Proces ten stanowi bardzo istotny element systemów, w których dane z różnych źródeł połączone zostają w integralny zbiór.

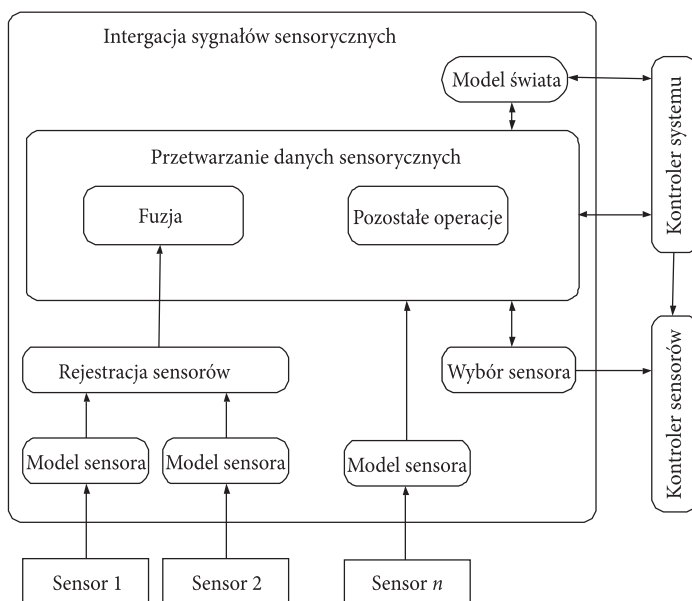
Według [15] integracja danych polega na eliminacji informacji sprzecznych i nadmiarowych z danych napływających z otoczenia do systemu. Do głównych jej celów zalicza się: pozyskiwanie odpowiednio wybranych i połączonych aktualnych informacji o badanym obiekcie; nieskomplikowane dostosowanie się do zmian struktury lub formatu danych źródłowych; łatwość modyfikacji zakresu pozyskiwanych danych [16]. Integracja może być definiowana również jako synergiczne wykorzystanie informacji pochodzących z urządzeń sensorycznych, w celu realizacji przez system określonych zadań. W takim ujęciu fuzja danych sensorycznych jest elementem składowym każdego etapu integracji, gdzie dane z wielu źródeł połączone zostają w jedną spójną formę [17, 18]. Na rysunku 1 zaprezentowano diagram funkcjonalny procesu fuzji i integracji danych w systemie pomiarowym. Podobnie jak w [17, 18], fuzja informacji jest elementem składowym procesu integracji.

W literaturze odnaleźć można wiele sposobów klasyfikacji fuzji danych sensorycznych [20, 21]. W [20] dokonano próby kategoryzacji fuzji z uwagi na jej różne aspekty. Autor wyszczególnia tam trzy podstawowe modele klasyfikacji fuzji: ze względu na poziom abstrakcji; ze względu na poziom abstrakcji danych wejściowych oraz wyjściowych; ze względu na typ konfiguracji sensora.

Uwzględniając poziom abstrakcji, procesy fuzji można podzielić na niskopoziomowe, pośrednie oraz wysokopoziomowe.

Fuzja niskopoziomowa (ang. *low-level-fusion*) zwana bywa fuzją surowych danych (ang. *raw data fusion*). Ma ona połączyć wiele źródeł danych wejściowych w jeden sygnał wyjściowy, który charakteryzuje się większym znaczeniem informacyjnym niż poszczególne sygnały wejściowe.

Fuzja średniego poziomu (ang. *intermediate-level-fusion*) ma połączyć różne właściwości, które mogą znaleźć zastosowanie w procesie segmentacji i detekcji. Alternatywnie, fuzja ta nazywana jest fuzją cech (ang. *feature level fusion*).



Rys. 1. Diagram funkcjonalny integracji i fuzji danych w systemie (na podstawie [19])

Fuzja wysokopoziomowa (ang. *high-level-fusion*) lub inaczej fuzja decyzyjna (ang. *decision fusion*), poprzez zastosowanie m.in. autorytarnego oceniania, logiki rozmytej oraz metod statystycznych, łączy w sobie decyzje wielu ekspertów.

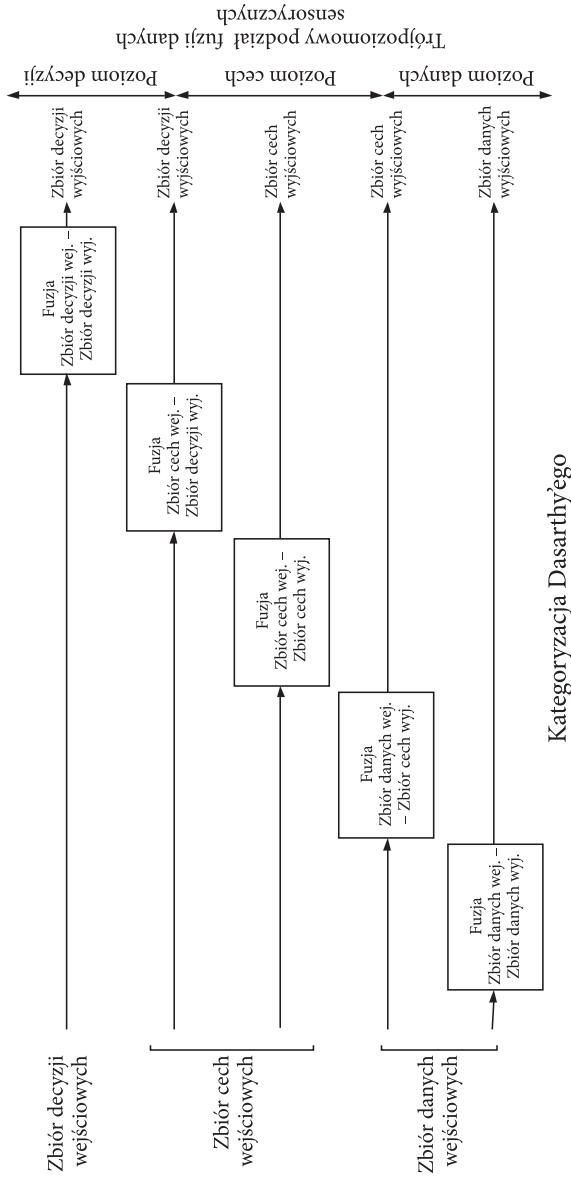
Ponieważ istnieje wiele paradygmatów fuzji, gdzie wejścia i wyjścia należą do różnych poziomów abstrakcji, Dasarthy w [22] zaprezentował rozszerzony model klasyfikacji fuzji. Zakłada on podział na pięć kategorii, uwzględniając poziom abstrakcji danych wejściowych oraz wyjściowych [20, 22]. Na rysunku 2 przedstawiono relację pomiędzy trójpoziomowym modelem kategoryzacji i modelem Dasarthy'ego.

Klasyfikacja fuzji danych sensorycznych może odbywać się również ze względu na typ konfiguracji sensora. Na rysunku 3 wyróżnione zostały trzy podstawowe rodzaje konfiguracji: komplementarna, kompetetywna oraz kooperatywna [20, 23].

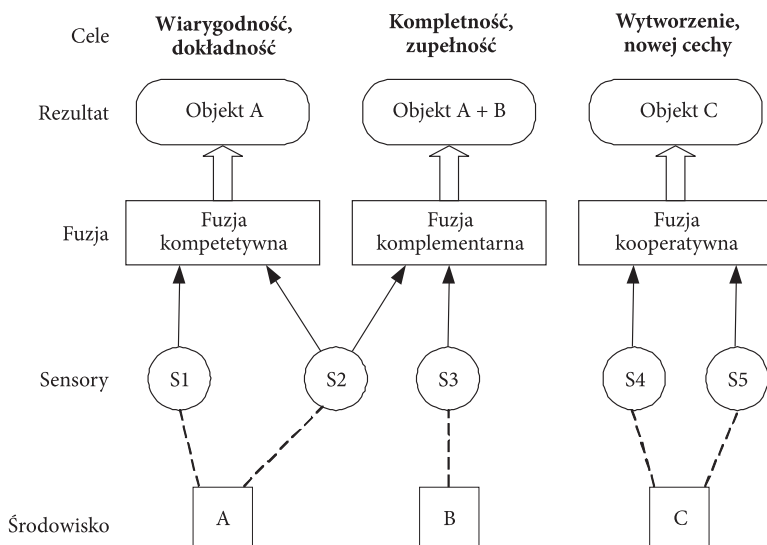
Fuzja kompetetywna odnosi się do sytuacji, w której kilka sensorów dostarcza informacji o tej samej właściwości obiektu [20]. W [18] ten rodzaj fuzji nazwano fuzją redundantną.

Fuzja komplementarna łączy dane z niezależnych sensorów, które mogą być w dowolny sposób scalane, uzyskując więcej informacji na temat obserwowanego zjawiska [20].

Fuzja kooperatywna jest przykładem fuzji stosowanej w przypadku, kiedy informacja o właściwości obiektu nie może zostać określona przez pojedynczy sensor pomiarowy, a jedynie przez ich grupę. Przykładem tego typu fuzji może być stereoskopia, w przypadku której użycie dwóch zdjęć dwuwymiarowych pozwala na uzyskanie zdjęcia trójwymiarowego [20, 23].



Rys. 2. Relacja trójpoziomowego modelu kategoryzacji fuzji z modelem Dasarthy'ego (na podstawie [20])



Rys. 3. Fuzja kompetetywna, komplementarna oraz kooperatywna (na podstawie [20])

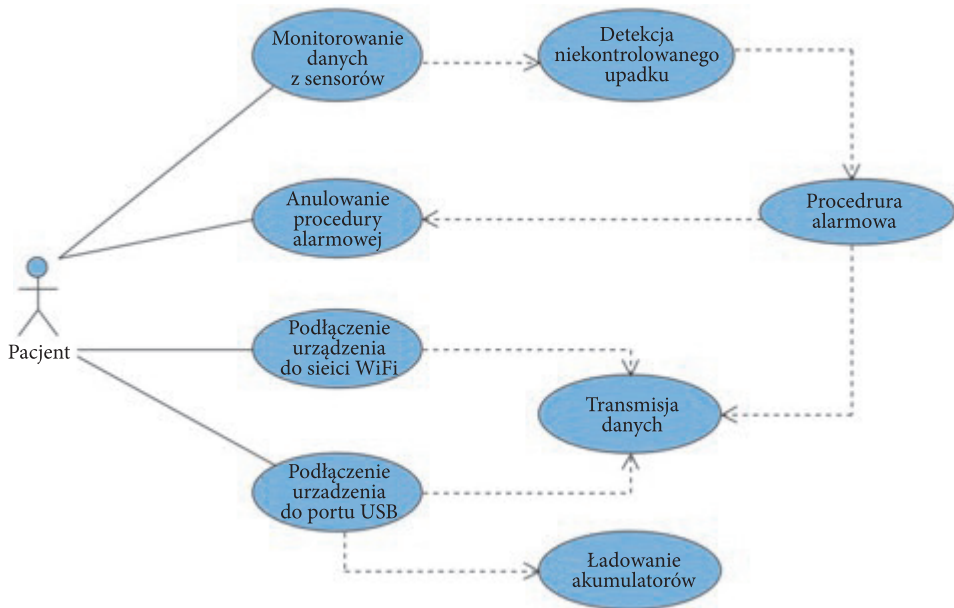
3. Projekt urządzenia

Podstawową funkcjonalnością urządzenia jest detekcja niekontrolowanego upadku osoby monitorowanej. Dane przesyłane są za pomocą bezprzewodowej sieci do integratora sensorycznego, którym może być telefon komórkowy wraz z dedykowaną aplikacją. Transmisja danych może odbywać się również przy użyciu portu USB, który wykorzystywany jest do ładowania akumulatorów urządzenia.

Z uwagi na minimalizację zgłaszania fałszywych alarmów, w urządzeniu zaimplementowano możliwość przerwania aktywacji zgłoszenia żądania pomocy. Użytkownik, który zorientuje się, że urządzenie niewłaściwie wykryło upadek, może przerwać uruchomienie procedury alarmowej poprzez przytrzymanie wciśniętego klawisza „Alarm-STOP” przez trzy sekundy. Od momentu wykrycia upadku do momentu jego ręcznej dezaktywacji nie może upłynąć więcej niż dziesięć sekund. Po tym czasie następuje przesłanie informacji do integratora o wystąpieniu zdarzenia upadku.

Na rysunku 4 zaprezentowano diagram przypadków użycia zaprojektowanego urządzenia.

W tabeli 1 zaprezentowano wybrane wymagania niefunkcjonalne zaprojektowanego urządzenia.



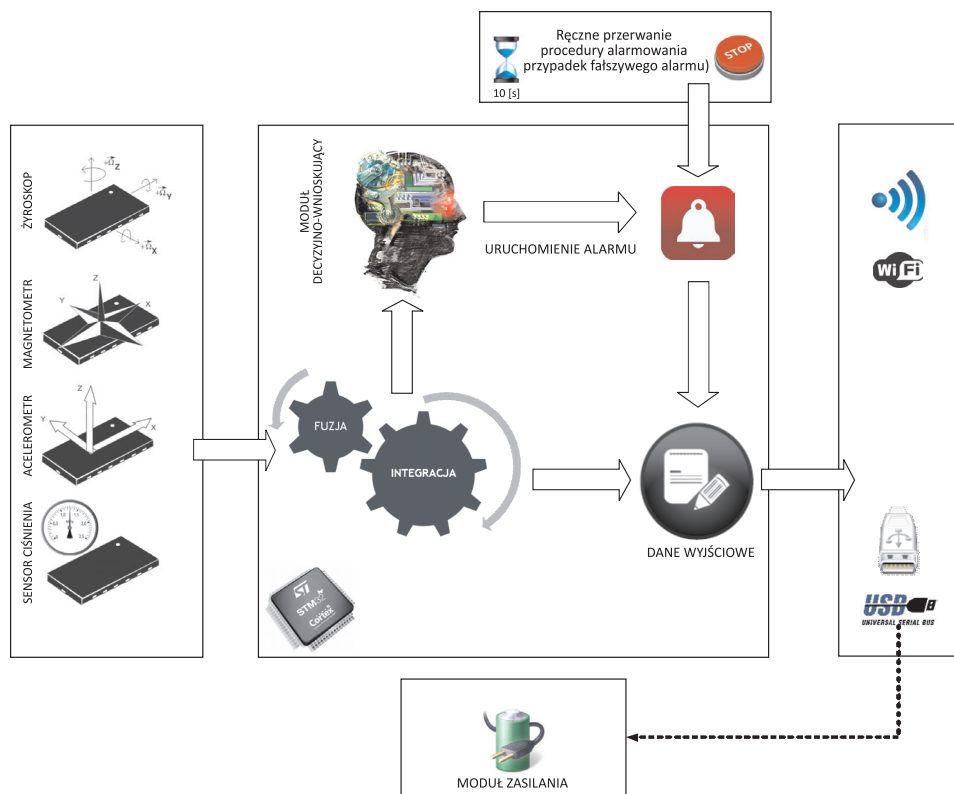
Rys. 4. Diagram przypadków użycia zaprojektowanego urządzenia

TABELA 1

Wymagania niefunkcyjne zaprojektowanego urządzenia (na podstawie [24])

Nazwa	Opis
Bezpieczeństwo	Urządzenie powinno gwarantować bezpieczeństwo na etapie transmisji danych oraz spełniać wszelkie wymagania dotyczące bezpieczeństwa użytkownika sprzętu elektronicznego przez człowieka.
Dostępność	Urządzenie powinno pracować możliwie długo przy zasilaniu przewidzianymi akumulatorami, a w przypadku ich wylądowania przerwa konserwacyjna nie powinna trwać dłużej niż do 15 minut i polegać na wymianie akumulatora na nowy.
Niezawodność	W przypadku awarii krytycznej należy przywrócić działanie sensora w czasie nieprzekraczającym jednej doby.
Skalowalność	W początkowej fazie projektu przewidziano jedynie 4 sensory, jednak urządzenie posiada możliwość rozbudowy o dodatkowe źródła danych.
Integralność	W urządzeniu należy zachować integralność danych oraz uniemożliwić ingerencje w dane w sposób nieprzewidziany.
Przenośność	Przenośność rozwiązania została zapewniona przez zasilanie bateryjne oraz bezprzewodową transmisję danych.
Odporność	Urządzenie powinno być możliwie odporne na uszkodzenia mechaniczne mogące powstać podczas upadku na twarde podłoże.
Modyfikowalność	Urządzenie powinno mieć modułarną budowę umożliwiającą łatwość modyfikacji i rozbudowy.

Na rysunku 5 zaprezentowano architekturę urządzenia. Do systemu dołączono cztery sensory: żyroskop, akcelerometr, magnetometr oraz sensor ciśnienia. Dane z sensorów trafiają do mikrokontrolera, w którym dokonywane są operacje związane z fuzją i integracją danych. Następnie przechodzą do modułu decyzyjno-wnioskującego, którego zadaniem jest podjęcie decyzji o detekcji upadku. Uruchomiona procedura alarmowa może zostać przerwana przez użytkownika.



Rys. 5. Architektura urządzenia

Zastosowanie czterech niezależnych sensorów zapewnia zwiększenie skuteczności działania detektora upadków.

Akcelerometry MEMS stosowane są głównie do wykrycia pochylenia, przemieszczenia oraz wibracji obiektów. Do tego celu wykorzystuje się efekt oddziaływania siły grawitacji w mierzonych osiach. Na podstawie pomiaru przyspieszenia można wyznaczyć parametry opisujące ruch liniowy (prędkość, przebytą drogę) dla każdej z osi układu współrzędnych [25]. Na pomiar akcelerometru bezpośrednio oddziałuje przyspieszenie ziemskie, które należy uwzględnić przy odczycie jego danych [26].

Żyroskop pozwala na wykrycie i zmierzenie ruchu obrotowego obiektu. Dobra symetria żyroskopu sprawia, że na sygnały wyjściowe nie wpływają wibracje oraz wartość przyspieszenia liniowego obiektu. W efekcie prowadzi to do zwiększonej dokładności pomiaru ruchu obrotowego [25].

Dane odczytywane z żyroskopu nie podlegają wpływowi grawitacji ziemskiej, lecz są obciążone błędem spowodowanym przez szum oraz dryft wartości odczytywanych z poszczególnych osi. Ponieważ dane z akcelerometru zależą od przyspieszenia ziemskiego, sensowna wydaje się kompensacja wzajemnych ograniczeń akcelerometru oraz żyroskopu poprzez proces fuzji danych.

Celowe wydaje się również zastosowanie magnetometru, będącego źródłem informacji o wielkości, kierunku i zmianach pola magnetycznego. Podstawową jego zaletą jest niezależność od przyspieszenia obiektu. Dane z magnetometru pozwalają na zorientowanie użytkownika względem kierunku bieguna północnego Ziemi. Dodatkowo magnetometr stosuje się w celu stabilizacji odczytu z żyroskopu [27, 28]. Należy jednak zwrócić uwagę, że odczyt z magnetometru może zostać zaburzony poprzez np. znajdujące się w jego zasięgu przedmioty metalowe.

Sensorem uzupełniającym jest sensor ciśnienia, na bazie którego można wyznaczyć pośrednio zmianę położenia (wysokości) nad poziomem morza badanego obiektu. Zaletą takiego podejścia w stosunku do GPS jest szybkość działania, mniejsze zapotrzebowanie energetyczne oraz brak wygórowanych wymagań w stosunku do dokładności pomiaru tego parametru.

W kontekście zaprezentowanej konfiguracji sensorów nie da się jednoznacznie określić typu zaimplementowanej fuzji. Z punktu widzenia poziomu abstrakcji fuzji danych sensorycznych, proponowane rozwiązanie można uznać za implementację fuzji niskopoziomowej. Łącząc dane z sensorów, uzyskujemy sygnał wyjściowy o większym znaczeniu informacyjnym charakteryzującym położenie badanego obiektu niż poszczególne sygnały wejściowe osobno. Z drugiej strony można powiedzieć, że urządzenie jest przykładem zastosowania fuzji średniego poziomu, gdzie różne właściwości (dane z sensorów), po połączeniu w spójną formę, znajdują zastosowanie w procesie detekcji.

Nieco odmiennym podejściem jest próba klasyfikacji fuzji ze względu na typ konfiguracji sensora. W takim ujęciu urządzenie może być postrzegane jako przykład fuzji kompetetywnej, gdzie każdy z sensorów dostarcza informacji o położeniu obiektu. Z drugiej strony może być uważana za fuzję kooperatywną, gdyż pojedynczy sensor nie jest w stanie dokonać niezależnie jednoznacznej detekcji upadku.

4. Podsumowanie

W niniejszym artykule opisano urządzenie do fuzji danych sensorycznych, którego zadaniem jest detekcja niekontrolowanego upadku człowieka. Poruszono

również zagadnienia z zakresu fuzji i integracji danych sensorycznych. Okazuje się, że klasyfikacja procesu fuzji danych sensorycznych nie jest zagadnieniem oczywistym i jednoznacznym. Elastyczna granica pomiędzy różnymi modelami fuzji danych sensorycznych wymusza podejście hybrydowe do określenia typu zastosowanej fuzji. W takim aspekcie, przy użyciu znanych sposobów klasyfikacji, można spróbować zdefiniować kolejne kategorie opisujące proces fuzji, będące kombinacją istniejących kategorii, np. kompetetywno-kooperatywna. Dodatkowo warto wspomnieć, że granica pomiędzy fuzją a integracją nie pozwala na sprecyzowanie i jednoznaczne sklasyfikowanie obu zagadnień.

Zbudowanie detektora niekontrolowanych upadków pozwala na wyznaczanie dalszych zadań w ramach tego przedsięwzięcia. Szczególnie istotne z punktu widzenia przetwarzania sygnałów sensorycznych jest opracowanie algorytmu detekcji upadku, bazującego na informacjach pozyskiwanych z dostępnych sensorów. Algorytmy takie mogą opierać się np. na ekstrakcji cech lub mogą być realizowane przy użyciu sztucznej inteligencji lub mechanizmów bazujących na metodach heurystycznych.

LITERATURA

- [1] A. EDBOM-KOLARZ, J.T. MARCINKOWSKI, *Upadki osób starszych — przyczyny, następstwa, profilaktyka*, Hygeia Public Health, 2011, 313-318.
- [2] A.K. BOURKE, G.M. LYONS, *A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor*, Biomedical Electronics Laboratory, Department of Electronic and Computer Engineering, University of Limerick, Limerick, Ireland, 2006.
- [3] A. KALACHE, D. FU, *WHO Global Report on Falls Prevention in Older Age*, WHO, 2007.
- [4] M.A. THORNBY, *Balance and falls in the frail older person: a review of the literature*, Topics in Geriatric Rehabilitation, 1995.
- [5] S.K. RIGLER, *Preventing falls in older adults*, Hospital Pract, 1999.
- [6] J.M. SIMPSON, *Elderly people at risk of falling: the role of muscle weakness*, Physiother, 1993.
- [7] U. LINDEMANN, A. HOCK, M. STUBER, W. KECK, C. BECKER, *Evaluation of a fall detector based on accelerometers: A pilot study*, Medical and Biological Engineering and Computing, 2005.
- [8] A.K. BOURKE, G.M. LYONS, *A threshold-based fall detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor*, Medical Engineering and Physics, 2008.
- [9] Q. LI, J. STANKOVIC, M. HANSON, A. BARTH, J. LACH, G. ZHOU, *Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information*, University of Virginia, Wearable and Implantable Body Sensor Networks, 2009.
- [10] SOO-YOUNG HWANG, MUN-HO RYU, YOON-SEOK YANG, NAK-BUM LEE, *Fall Detection with Three-Axis Accelerometer and Magnetometer in a Smartphone*, International Conference on Computer Science and Technology, 2012.
- [11] M. TOLKIEHN, L. ATALLAH, B. LO, G. ZHOU, *Direction Sensitive Fall Detection Using a Triaxial Accelerometer and a Barometric Pressure Sensor*, Engineering in Medicine and Biology Society, 2011.
- [12] S. CAGNONI, G. MATRELLA, M. MORDONINI, F. SASSI, L. ASCARI, *Sensor Fusion-oriented Fall Detection for Assistive Technologies Applications*, Ninth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, 2009.

- [13] T. NEUMANN, *Informatyka na morzu. Zastosowanie fuzji danych w procesie identyfikacji obiektów morskich*, Drogi lądowe, powietrzne, wodne, 10.2008, [Online] http://www.media-pro.pl/pdf/dr_s114_10_08.pdf, 04.2012.
- [14] T.C. HENDERSON, M. DEKHIL, R.R. KESSLER, M.L. GRISS, *Sensor Fusion*, Department of Computer Science, University of Utah, USA, [Online] <http://www.cs.utah.edu/~tch/publications/pub191.pdf>, 04.2012.
- [15] J. WRÓBLEWSKI, *Integracja danych źródłowych* [Online]. <http://edu.pjwstk.edu.pl/wyklady/hur/scb/wyklad4/w4.htm>, 04.2012.
- [16] T. TRACZYK, *Język XQuery jako narzędzie do integracji danych — Oracle XML Data Synthesis*, XI Konferencja PLOUG Kościelisko, Październik 2005.
- [17] R.C. LUO, CHIH-CHEN YIH, KUO LAN SU, *Multisensor Fusion and Integration: Approaches, Applications, and Future Research Directions*, IEEE Sensor Journal, 2, 2, April 2002.
- [18] R.C. LUO, M.G. KAY, *Multisensor Integration and Fusion in Intelligent Systems*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 19, 5, September/October 1989.
- [19] R.C. LUO, M.G. KAY, *A Tutorial on Multisensor Integration and Fusion*, Robotics and Intelligent Systems Laboratory, Department of Electrical and Computer Engineering North Carolina State University, 1990.
- [20] W. ELMENREICH, *Sensor Fusion in Time-Triggered Systems*, PhD thesis, Institut für Technische Informatik, 2002.
- [21] P.L. ROTHMAN, R.V. DENTON, *Fusion or Confusion: Knowledge or Nonsense?* SPIE Data Structures and Target Classification, 1991.
- [22] B.V. DASARATHY, *Sensor Fusion Potential Exploitation-Innovative Architectures and Illustrative Applications*, Proceedings of the IEEE, 1997.
- [23] H.F. DURRANT-WHYTE, *Sensor Models and Multisensor Integration*, International Journal of Robotics Research, 1988.
- [24] M. PRZYŁUSKI, *Wymagania funkcjonalne i pozafunkcjonalne dla banku internetowego* [Online] <http://mikylie.eu/ioplab1.pdf>, 05.2012.
- [25] R. MAGDZIAK, *3-osiowy żyroskop MEMS do systemów kontroli ruchu obiektów* [Online] <http://elektronikab2b.pl>, 03.2013.
- [26] G. PALLER, *Better motion control using accelerometer/gyroscope sensor fusion*, Sfonge Ltd. [Online] <http://www.sfonge.com>, 03.2013.
- [27] D. PAZDERSKI, *Systemy lokalizacji i nawigacji robotów* [Online] http://etacar.put.poznan.pl/dariusz.pazderski/data/SLiNR_w4.pdf, 03.2013.
- [28] P. LAWITZKI, *Android Sensor Fusion Tutorial* [Online] <http://www.thousand-thoughts.com/2012/03/android-sensor-fusion-tutorial/>, 03.2013.
- [29] B. WÓJTOWICZ, *Warstwa integracji sensorów biomedycznych w technologiach wbudowanych platformy Windows CE*, WAT, Warszawa, 2012.

B. WÓJTOWICZ, A.P. DOBROWOLSKI

Multisensor data integrator to detect uncontrolled falls

Abstract. At least once a year every third person over 65 years of age is exposed to a fall [1, 2]. 391,000 people died due to falls in 2002 [1]. Falls and injuries caused by them are an important public health problem and often require immediate medical attention. Very fast detection of uncontrolled falls shortens the duration of hospitalization and reduces the potential risk of serious complications of

injuries. This paper presents the design of a wireless device for the detection of uncontrolled falls. The device consists of four sensors: a gyroscope, an accelerometer, a magnetometer, and a pressure sensor. Data from the sensors are processed in the microcontroller, which performs the operations of data fusion and integration. The decision about the fall detection is made in the next step and if it is needed, it triggers an alarm. Alarm notification is sent via wireless network. The device can be connected to the sensor integrator, i.e. a mobile phone with the dedicated application, which can call for help.

Keywords: falls detection, data fusion, gyroscope, accelerometer, magnetometer, pressure sensor