

Koncepcja tekstronicznego systemu do pomiarów funkcji życiowych małych dzieci

Streszczenie. Artykuł przedstawia koncepcje tekstronicznego systemu do monitorowania funkcji życiowych małych dzieci, takich jak częstotliwość rytmu oddechowego i temperatura ciała. Opracowanie inteligentnego ubranka dziecięcego z zastosowaniem zintegrowanych z odzieżą czujników oraz nowoczesnych metod przetwarzania i transmisji danych pozwoli na zdalne monitorowanie stanu zdrowia małych dzieci, zarówno w warunkach domowych i szpitalnych. Ponadto, modułowa konstrukcja układu zapewni łatwość obsługi i umiarkowane koszty produkcji poszczególnych elementów.

Abstract. The project aims at creation of a comfortable system to monitor vital functions of small children, such as breathing rate and body temperature. By using a smart clothes based on textronics sensors and modern methods of processing and data transmission the system allows one to carry out remote monitoring of the health condition of small children in both the hospital and home conditions. In addition, the modular design of the system ensures the ease of use and reasonable production cost for each item. (**Concept of textronics system for monitoring vital functions of small children**).

Słowa kluczowe: odzież inteligentna, tekstronika, monitoring funkcji życiowych
Keywords: smart clothing, Textronics, monitoring of vital functions

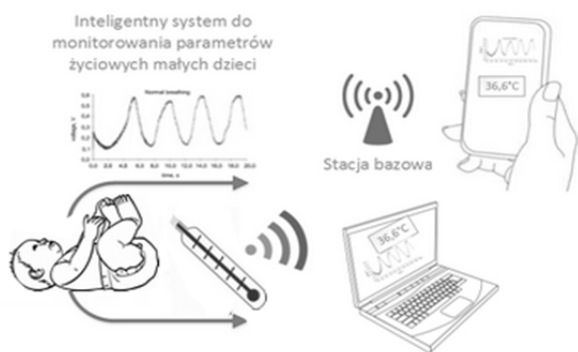
Wstęp

Miniaturyzacja elektroniki oraz opracowanie nowych materiałów tekstronicznych pozwalają na integrację odzieży codziennego użytku z sensorami monitorującymi funkcje życiowe człowieka. Zastosowanie czujników do pomiarów m. in. tętna krwi, częstości oddechu, temperatury, EKG itd., umożliwia wczesne wykrycie anomalii będących zagrożeniem dla zdrowia i życia. Ma to wyjątkowe znaczenie w przypadku małych dzieci. Rodzice niejednokrotnie przeżywają stres związany ze stanem zdrowia swoich dzieci. Wiąże się to często z nocnym czuwaniem, nasłuchiwaniami rytmu oddechowego i próbami określenia prawidłowej temperatury ciała malucha.

Rozwiązaniem jest kontrola dwóch parametrów w ramach jednego systemu monitorującego, mianowicie: temperatury ciała oraz częstości rytmu oddechowego poprzez wykorzystanie najnowszych dostępnych technologii, opartych o elastyczne czujniki tekstroniczne, do pomiaru i monitorowania temperatury ciała.

Projekt i obecny stan wiedzy

Koncepcja tekstronicznego systemu monitorującego parametry życiowe małych dzieci obejmuje wygodną bieliznę inteligentną codziennego użytku, układ sterujący, stację bazową z modułem komunikacyjnym oraz aplikację dla urządzeń mobilnych (rys. 1).



Rys. 1. Uproszczony schemat działania Systemu BabyTex

Aktualnie, najczęściej stosowane w odzieży inteligentnej metody pomiarów temperatury wykorzystują

konwencjonalne czujniki takie jak termoelementy, termistory oraz czujniki półprzewodnikowe [1]. Wynika to z ich niewielkich rozmiarów oraz wymogów dokładności pomiarów. Klasykne czujniki temperatury umieszczone na powierzchni odzieży lub w obszarze międzywarstwowym mogą jednak powodować znaczny dyskomfort dla użytkownika oraz podrażnienia skóry z powodu ich zbyt dużej sztywności. Aby wyeliminować tę wadę czujnik temperatury powinien być maksymalnie wkomponowany w strukturę odzieży. Wstępny przegląd literatury naukowej oraz zgłoszeń patentowych wskazuje, że istnieją możliwości techniczne do budowy i zastosowania termopar w postaci włókien tekstylnych [2,3,4] lub elektrod napylnych bezpośrednio na materiale [5,6]. W takich przypadkach do pomiaru siły termoelektrycznej mogą być wykorzystane np. włókna metalowe, węglowe, polimerowe oraz ich hybrydy [7]. Praktyczne zastosowanie elastycznych czujników temperatury można odnaleźć m. in. w następujących projektach badawczych: projekt Proetex [8], Wealthy [9], projekt „STRAŻAK” [10].

Pomiar temperatury, w przypadku małych dzieci, stanowi problem nie tylko medyczny. Trudności z utrzymaniem dziecka w bezruchu i związane z tym niedokładność pomiaru skutecznie uniemożliwiają dokonanie prawidłowego badania w warunkach domowych. Dodatkowo skokowe zmiany temperatury w dobowym cyklu, wskazują na potrzebę stałego monitoringu ciepłoty ciała dziecka.

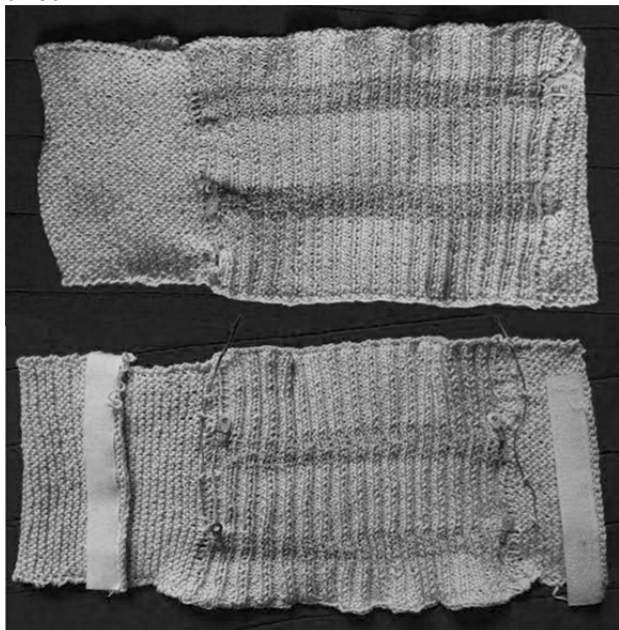
Temperatura ciała zdrowego niemowlaka nie jest stała, waha się w przedziale 1 stopnia, od 36,6 do 37,5°C. Jest to spowodowane niedojrzałością układu termoregulacji oraz zmienną aktywnością hormonów w ciągu doby. Natomiast przedłużająca się wysoka gorączka (powyżej 38 °C) zwiększa zapotrzebowanie organizmu na tlen, wodę i energię, prowadzi do odwodnienia i wyczerpania, oraz hamuje reakcje odpornościowe [11].

Drugim parametrem istotnym z punktu widzenia odpowiedniej diagnostyki stanu zdrowia dziecka jest monitoring oddechu dziecka, obejmujący wykluczenie sennego bezdechu. Z medycznego punktu widzenia bezdech, czyli chwilowe zatrzymanie oddechu, jest jedną z głównych przyczyn SIDS, czyli zespołu nagłej śmierci niemowląt [12]. Może nastąpić z różnych powodów, przede wszystkim wynika z niedojrzałości układu oddechowego,

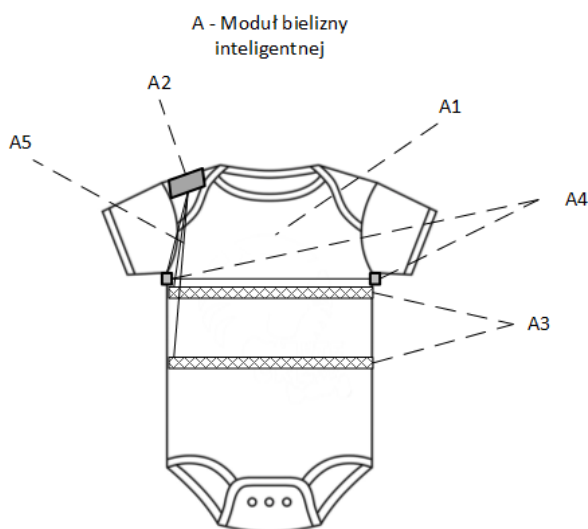
może pojawić się również podczas infekcji. Ciągłe czuwanie przy dziecku jest metodą nieskuteczną, ale przede wszystkim niepraktyczną. Znacznie bardziej funkcjonalnym sposobem jest aparatura, która umożliwi monitorowanie oddech dziecka.

W interesującym nas ujęciu technologii ubieralnej, obecnie stosowane w odzieży inteligentnej czujniki oddechu bazują na pomiarach rezystancji, efekcie piezoelektrycznym lub w oparciu o włókna światłowodowe [1]. Zazwyczaj sensor pomiarowy wkomponowany jest w odzież lub ma postać opaski umieszczonej na klatce piersiowej [13].

Zintegrowanie wspomnianego wcześniej pomiaru temperatury wraz z monitorem oddechu pozwoli na kompleksowy monitoring stanu zdrowia niemowląt i małych dzieci.



Rys. 2. Fragment ubranka dziecięcego. Prototyp pasa do pomiaru rytmu oddechowego z zintegrowanymi czujnikami tekstylnymi



Rys. 3. Ubranko dziecięce wyposażone w czujniki i układ elektroniczny. A1- Ubranko, A2 - elektroniczny układ sterujący, A3 - czujniki rytmu oddechowego, A4 - czujniki temperatury, A5 - tekstylne linie sygnałowe i zasilające

Stworzenie systemu umożliwiającego monitorowanie odpowiednich parametrów, uwzględniającego zarówno kontrolę oddechu, jak również dobowy pomiar temperatury, umożliwi nadzorowanie stanu zdrowia małych dzieci w warunkach domowych. Istotne jest, aby taki system był

dostosowany do potrzeb i wymagań niemowląt. Zastosowanie technologii tekstylnej z zintegrowanym systemem pomiarowym pozwoli na połączenie czujników biometrycznych z odzieżą codziennego użytku. W przypadku małych dzieci należy dodatkowo zadbać o stopień wygody, odpowiednią swobodę ruchu. Technicznie wiąże się to z zapewnieniem elastyczności materiału/czujników oraz niezawodności pomiaru. Rozmieszczenie i liczba czujników muszą zapewnić odpowiednią dokładność i powtarzalność. Ponadto bardzo istotne jest zapewnienie odporności czujników na różnego typu narażenia użytkowe oraz atmosferyczne, czyli np. wilgoć, zginanie, środki chemiczne, temperaturę prania białej bielizny, pot.

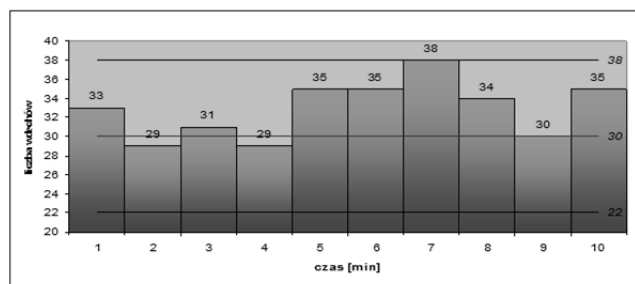
Wstępne pomiary

Pomiary zostały przeprowadzone w celu weryfikacji stworzonego czujnika tekstylnego (rys. 2) i oceny rytmu oddechowego trzymiesięcznego niemowlęcia. Prototyp bielizny dziecięcej został wyposażony w czujniki wykonane z włókien elektroprowadzących (rys.2-3). Względny pomiar zmian rezystancji czujnika został przeprowadzony dla dwóch okresów pięciominutowych, co zostało przedstawione na rysunku 5.

Skokowe zmiany rezystancji, które można zaobserwować na rysunku 5 wynikają z dodatkowej aktywności dziecka - ruchów nie związanych z czynnością oddechową. Natomiast regularne zmiany to cykliczne ruchy przepony, czyli skoki obrazujące oddychanie.

W celu lepszego zobrazowania regularności wdechów, został przedstawiony wykres dla skróconego czasu pomiaru - 1 minuty (rys.6).

Dodatkowo na rysunku 4 przedstawiono wykres obrazujący ilość lokalnych maksimum w poszczególnych minutach, które odpowiadają liczbie oddechów dziecka. Uzyskane pomiary, 29-38 wdechów, odpowiadają danym medycznym, tj 30+/-8 wdechom na minutę.

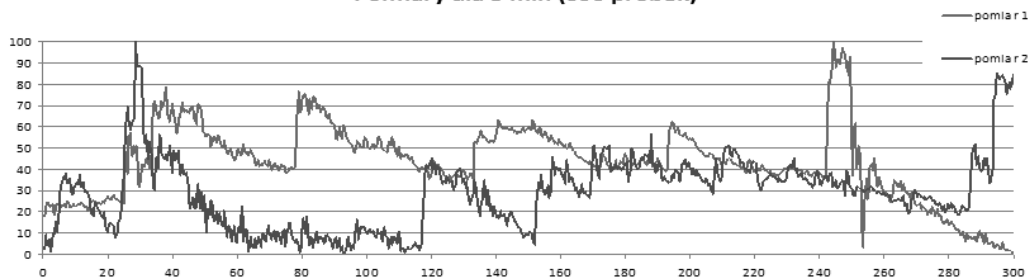


Rys. 4. Ilość zarejestrowanych wdechów.

Wszystkie elementy elektroniczne oraz czujnik rytmu oddechowego zostały połączone za pomocą tekstylnych linii zasilających i sygnałowych zbudowanych w oparciu o nici elektroprowadzące.

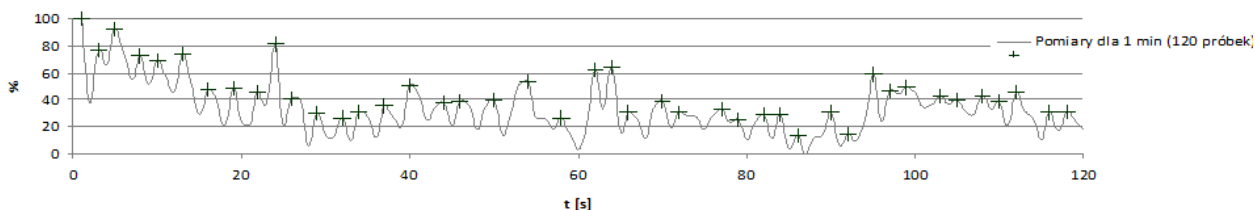
Wstępna analiza termograficzna, pokazana na rysunkach 7-10, umożliwiła dobór optymalnego umiejscowienia czujników temperatury. Na potrzeby eksperymentu wykorzystano dwa typy czujników temperatury: analogowego i cyfrowego. Analogowy czujnik temperatury MCP9700 charakteryzuje się małymi wymiarami oraz liniową zmianą napięcia wyjściowego proporcjonalnie do zmiany temperatury (10mV/°C) oraz bardzo niskim poborem prądu (12µA) [14]. Drugi z czujników wykorzystywał układ TMP006 [15].

Pomiary dla 5 min (600 próbek)



Rys. 5. Pomiar rytmu oddechowego w dwóch przedziałach 5 minutowych

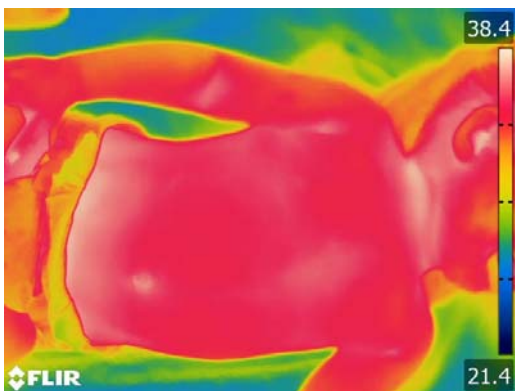
Pomiary dla 1 minuty (120 próbek)



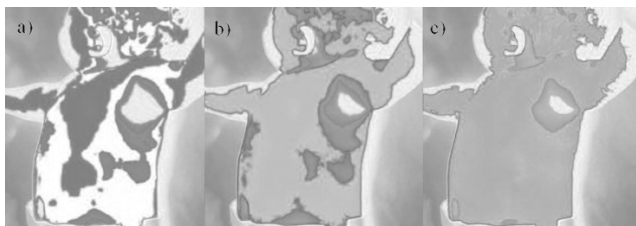
Rys. 6. Pomiar rytmu oddechowego w okresie 1 minuty



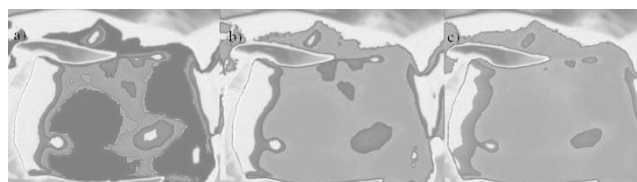
Rys. 7. Rozkład temperatury ciała niemowlaka - dziecko w wieku 3 miesięcy



Rys. 8. Rozkład temperatury ciała małego dziecka -dziecko w wieku 12 miesięcy.



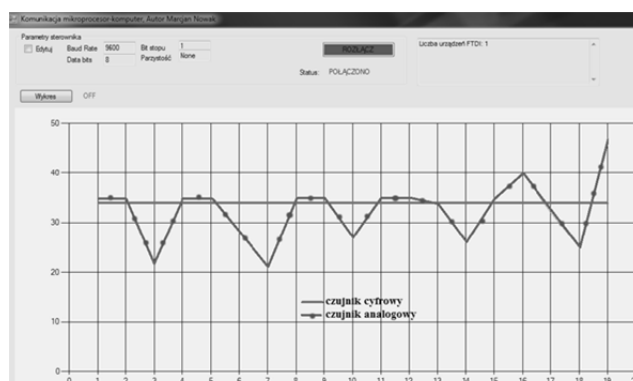
Rys. 9. Wyznaczanie obszarów o zbliżonej temperaturze – dziecko 3 miesiące a) tolerancja 10%, b) tolerancja 20%, c) tolerancja 30%



Rys. 10. Wyznaczanie obszarów o zbliżonej temperaturze – dziecko 12 miesięcy a) tolerancja 10%, b) tolerancja 20%, c) tolerancja 30%

Jest to czujnik temperatury, ale działający na odległość - aby zmierzyć temperaturę korzysta z promieniowania IR wydzielanego przez badany obiekt. Do komunikacji z układem sterującym wykorzystany został interfejs I²C. Na rysunkach 11 przedstawiono pomiary temperatury ciała dziecka wykonane dwoma czujnikami zintegrowanymi w odzieży w 20 sekundowym przedziale czasu.

W zależności od użytego czujnika temperatury napotkano odmienne problemy. W przypadku czujnika analogowego spadek napięcia na linii sygnałowej spowodowany np. zmianą rezystancji linii pod ruchów dziecka, przekłada się na dokładność pomiaru. Natomiast w przypadku czujnika cyfrowego problemem są zakłócenia spowodowane elektryzacją odzieży.



Rys. 11. Pomiar temperatury ciała dziecka za pomocą czujnika cyfrowego i analogowego.

Zastosowanie odpowiedniej obróbki danych takich jak uśrednianie wartości próbkowanych i filtrowanie zakłóceń znacznie lepiej sprawdza się w przypadku czujnika cyfrowego.

Podsumowanie

Badania wstępne wykazały funkcjonalność prototypu bielizny niemowlęcej. Jest to przesłanka do kontynuowania badań i prac nad rozwojem zaproponowanego systemu.

Długofalowym efektem zastosowania wynalazku w warunkach klinicznych będzie możliwość prowadzenie badań statystycznych, pozwalających na skonstruowanie realistycznego modelu zachowań oddechowych małego dziecka oraz dobowych zmian ciepłoty jego ciała.

Korzystnym skutkiem stosowania wynalazku będzie wczesne wykrycie anomalii będących zagrożeniem dla zdrowia i życia małych dzieci, zwłaszcza zespołu nagłej śmierci niemowląt - SIDS, spowodowanej zatrzymaniem rytmu oddechowego oraz nagłego wystąpienia nadmiernej gorączki lub ochłodzenia organizmu. System umożliwi także wykrycie zaburzeń oddechowych wywołanych astmą.

LITERATURA

- [1] Gniotek K, Frydrych I., Systemy tekstroniczne w mechatronice [w:] Wiak S. (red.), Mechatronika, tom 2, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Łódź 2010
- [2] Gniotek K., Frydrysiak M., Ziegler S., Czujnik do pomiaru temperatury na powierzchni odzieży i między jej warstwami. Zgłoszenie patentowe P-383441, 2007
- [3] Sibiński M., Jakubowska M., Sloma M., Flexible Temperature Sensors on Fibers, *Sensors* 2010, 10, 7934-7946,
- [4] Husain M. D., Kennon R., Preliminary Investigations into the Development of Textile Based Temperature Sensor for Healthcare Applications, *Fibers* 2013, 1, 2-10,
- [5] Korzeniewska E., Jakubas A., Pomiar rezystancji powierzchniowej warstw cienkich o dowolnych kształtach wytworzonych na podłożach elastycznych, *Przegląd Elektrotechniczny* 2014, 12, 233,
- [6] Frydrysiak M., Korzeniewska E., Tęsiowski Ł., The Textile Resistive Humidity Sensor Manufacturing via (PVD) Sputtering Method, *Sensors Letters* 2015, 11, 998-1001
- [7] Stoppa M., Chiolerio A., Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review, *Sensors* 2014, 14, 11957-11992
- [8] PROETEX - NMP2-CT-2006-026987 Protective and monitoring textiles for the human body, 01/02/2006-31/01/2010, <http://www.proetex.org>,
- [9] WEALTHY - European IST Project 2001-37778, Wearable Health Care System, 01/09/2002-28/02/2005, <http://www.wealthy-ist.com>,
- [10] STRAŻAK NR SPO WKP_1/1.4.4/1/2005/4/4/238/2006,
- [11] Kuczowski J., Aktualne problemy w rozpoznawaniu i leczeniu ostrego i wysiękowego zapalenia ucha środkowego, *Forum Medycyny Rodzinnej* 2011, 4, 287-294,
- [12] Kulus M., Krauze A., Bartosiewicz W., Obturacyjny bezdech senny u dzieci, *Pneumologia i Alergologia Polska* 2007, 75, 23-27,
- [13] De Rossi D, Carpi F, Lorussi F, Mazzoldi A, Paradiso R, Scilingo EP, Tognetti A: Electroactive Fabrics and Wearable Biomonitoring Devices. *AUTEX Research Journal* 2003, 3(4), 180-185.
- [14] Karta katalogowa MCP9700 dostępna jest na: <http://www.microchip.com>,
- [15] Karta katalogowa TMP006 dostępna jest na: <http://www.ti.com/>,

Autorzy: dr inż. Adam Jakubas, Politechnika Częstochowska, Instytut Telekomunikacji i Kompatybilności Elektromagnetycznej, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: adam.jakubas@gmail.com;
mgr inż. Ewa Łada-Tondyra, Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: e.lada-tondyra@el.pcz.czest.pl;
mgr inż. Marcjan Nowak Politechnika Częstochowska, Instytut Elektrotechniki Przemysłowej, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: m.nowak9988@gmail.com;
mgr inż. Monika Margol, Instytut Przetwórstwa Polimerów, al. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa, e-mail: marqol@ipp.pcz.pl;
lek. Agnieszka Lipińska-Opałka; Klinika Pediatrii, Nefrologii i Alergologii Dziecięcej, Wojskowy Instytut Medyczny ul. Szaserów 128, 04-141 Warszawa, e-mail: alipińska@wim.mil.pl.