

dr inż. GRZEGORZ OWCZAREK
mgr inż. KRZYSZTOF ŁĘŻAK
mgr inż. GRZEGORZ GRALEWICZ
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy



Unia europejska
Projekt współfinansowany
ze środków
Europejskiego Funduszu
Rozwoju Regionalnego

Koncepcja systemu monitorowania wybranych parametrów fizjologicznych podczas pracy w odzieży strażackiej

W artykule omówiono koncepcję monitorowania wybranych parametrów w czasie prac wykonywanych w odzieży strażackiej. W projektowanych systemach informacja o przekroczeniu dopuszczalnych wartości mierzonych parametrów powinna być dostępna dla użytkownika oraz osób dowodzących akcją ratowniczą na szczeblu interwencyjnym. Wyposażenie takiego systemu w algorytm pozwalający na korelację informacji otrzymanych „od strażaka” ze stosownymi procedurami bezpieczeństwa ma na celu ułatwienie podjęcia właściwej decyzji, dotyczącej pozostawienia lub wycofania go z zagrożonej strefy.

Monitoring selected parameters during work in firefighters' clothing

This article discusses a concept of monitoring selected parameters during work in firefighters' clothing. In the designed systems, information on permissible values of the measured parameters being exceeded should be accessible to the users and to the commanding officers at an intervention level. An algorithm – part of such a system – would make it possible to correlate information from the firefighters and suitable safety procedures and would thus help in making correct decision regarding leaving firefighters in a danger zone or withdrawing them.

Wprowadzenie

Podczas wykonywania prac wymagających dużej aktywności fizycznej w przypadku stosowania odzieży ochronnej i innych środków ochrony indywidualnej może mieć miejsce nadmierne obciążenie organizmu, a przede wszystkim układu sercowo-naczyniowego i systemu termoregulacyjnego. Istotnym czynnikiem jest tu charakter wykonywanej pracy i jej natężenie w czasie [1-7]. Istnieje zatem uzasadniona potrzeba monitorowania wybranych funkcji życiowych użytkowników odzieży ochronnej, aby śledzić reakcje organizmu na trudne warunki pracy i eliminować z wyprzedzeniem negatywne ich skutki. Pozwoli to również na uniknięcie zagrożeń, spowodowanych nieodczuwalnym lub źle ocenionym spadkiem wydolności organizmu.

Przykładem grupy zawodowej, dla której monitorowanie parametrów może mieć bardzo duże znaczenie są strażacy. Jak wynika z informacji o stanie bezpieczeństwa pożarowego [5], obciążenie pracą strażaków wzrosło znacząco z uwagi na wykonywanie zadań w zakresie ratownictwa technicznego, chemicznego, ekologicznego i medycznego.

Kontrola podstawowych funkcji organizmu sprzężona z inteligentnymi systemami reagowania na narastające zagrożenia, może niejednokrotnie uratować ludzkie życie [9,10]. Możliwość pomiaru „on line” takich parametrów, jak temperatura: ciała, pod odzieżą, otoczenia, czy też częstość akcji serca oraz detekcja stanu ruch/bezruch w powiązaniu z systemem informowania o aktualnych wartościach mierzonych parametrów pozwoli na stworzenie systemu monitorowania strażaków w warunkach ekstremalnego zagrożenia. Przekazywanie informacji uzyskanej z czujników umieszczonych w odzieży strażackiej do centrum nadzoru na szczeblu interwencyjnym odbywać się będzie drogą radiową.

Monitorowanie wybranych parametrów fizjologicznych

Kształująca się nowa dziedzina wiedzy, określana często mianem tekstroniki, będąca synergicznym połączeniem włókiennictwa, elektroniki i informatyki z możliwością wykorzystania wiedzy z zakresu automatyki i metrologii, daje podstawy do badań nad zastosowaniem tekstronicznych układów

do monitorowania parametrów fizjologicznych w czasie rzeczywistym. Wynika to z obszaru praktycznych zastosowań urządzeń testkronicznych, jakim jest fizyczne integrowanie mikroelektroniki i mikroczujników z konstrukcjami włókienniczo-odzieżowymi.

Obecnie systemy aktywnego monitorowania człowieka podczas wykonywania czynności zawodowych występują prawie wyłącznie w elitarnych, zawodowych jednostkach militarnych. W placówkach badawczych Unii Europejskiej prowadzone są m.in. badania nad nowymi metodami inkorporowania elementów elektroniki zintegrowanej do nowoczesnych materiałów włókienniczych i gotowych wyrobów odzieżowych. W Niemczech prowadzone są badania zastosowania czujników temperatury do określenia stopnia zniszczenia odzieży dla strażaków, w celu szacowania stopnia i rozległości poparzeń. W Belgii badane są czujniki częstości oddechu umieszczane w materiale bielizny dla noworodków i astronautów. Również w Polsce prowadzone są prace, których celem użytkowym jest wytworzenie ubrania strażackiego nowej generacji z tekstronicznym systemem monitorowania wybranych parametrów fizjologicznych, mających wpływ na bezpieczeństwo i stan zdrowia strażaka.

Nowością ubrania tekstronicznego – opracowywanego w ramach projektu SPO-WKP – jest stworzenie systemu monitorującego podstawowe funkcje organizmu, umieszczonego w tym nowym wyrobie, zapewniającym poczucie komfortu przy zachowaniu wysokiego poziomu ochrony (konieczne dla odzieży ochronnej).

Parametrami, które przewiduje się monitorować są:

- temperatura ciała
- temperatura pod odzieżą
- temperatura zewnętrzna
- częstość akcji serca
- mobilność (ruch/bezruch) strażaka.

Proponowane zakresy pomiarowe dla monitorowanych parametrów przedstawiono w tabeli.

Tekstroniczne układy do monitorowania wymienionych parametrów, w które proponuje się wyposażać ubranie strażaka, stanowiąc będą źródło danych wejściowych do systemu monitorowania, dla którego przewidziany jest następujący algorytm podstawowy:

ZAKRESY POMIAROWE MONITOROWANYCH PARAMETRÓW
Measurement ranges of monitoring parameters

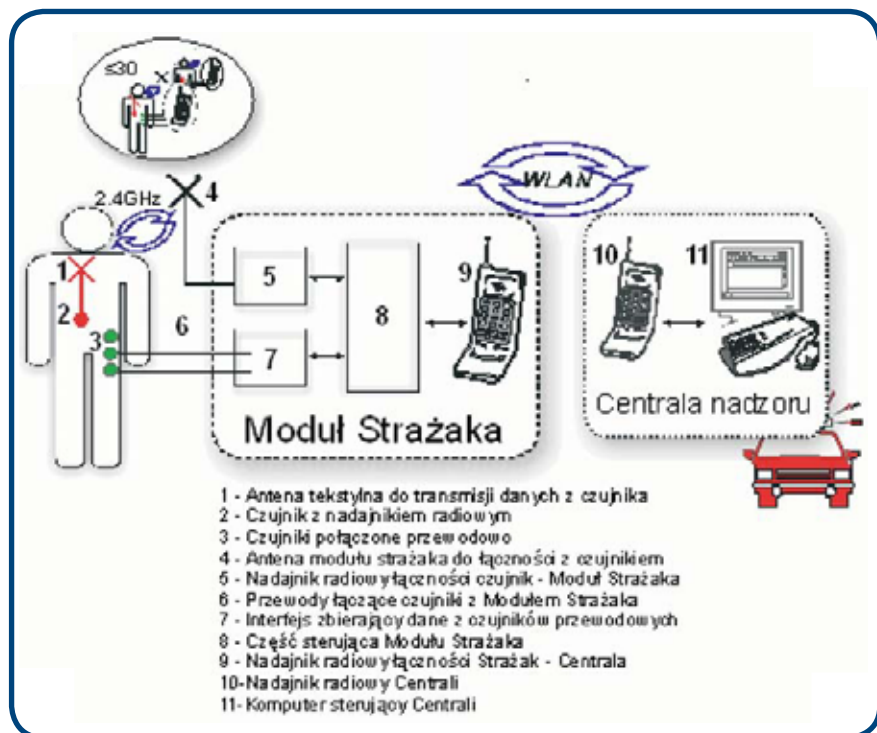
Lp.	Monitorowane parametry	Sposób oceny/zakres pomiarowy
1.	detekcja bezruchu i identyfikacja miejsca	dwustanowy; ruch, bezruch
2.	temperatura zewnętrzna	pomiar punktowy; zakres od -15 °C do 150 °C
3.	temperatura skóry	pomiar punktowy od 1 do 4 miejsc; zakres od 30 °C do 50 °C
4.	temperatura pod odzieżą	pomiar punktowy od 1 do 4 miejsc; zakres od 10 °C do 70 °C
5.	częstość akcji serca	czujnik umieszczony np. na nadgarstku; zakres od 30 do 200 uderzeń/min

- 1) zebranie sygnałów o:
 - podstawowych parametrach fizjologicznych człowieka (np. temperatura środowiska pod odzieżą i temperatura ciała)
 - stanie jego aktywności fizycznej (stan ruch/bezruch w układzie 0-1)
 - środowisku zewnętrznym (temperatura),
- 2) analiza sygnałów z poz. 1.,
- 3) proces decyzyjny dotyczący dalszego postępowania użytkownika lub jego ewaku-

acji z miejsca zagrożenia (samodzielnie lub z pomocą osób ubezpieczających).

Koncepcja systemu

Funkcja monitorowania jest realizowana przez zebranie informacji o chwilowych wartościach wielkości mierzonych na pojedynczym użytkowniku odzieży, a następnie wysłanie ich drogą radiową do centrum nadzorowania na szczeblu interwencyjnym znajdującego się w wozie strażackim.



Rys. 1. Koncepcja systemu komunikacji bezpośredniej pomiędzy odzieżą strażacką a centralą nadzoru na szczeblu interwencyjnym

Fig. 1. A concept of a direct communication system between firefighters' clothing and the commanding officers at an intervention level

Nadajnik radiowy odbiera dane ze wszystkich modułów w systemie (WLAN). Następnie dane są przesyłane do komputera sterującego centrali, który w czasie rzeczywistym analizuje rozwój sytuacji i pomaga w podejmowaniu bieżących decyzji o konieczności i sposobie ewentualnej ewakuacji strażaka. Koncepcję takiego systemu przedstawiono na rysunku 1 (str. 9.).

Jako standard łączności bezprzewodowej przyjęto standard *ZigBee*. Jego realizację oparto na modułach JN5121-Z01-M02. Blokowy schemat wykonawczy systemu przedstawiono na rysunku 2.

Sygnaly z czujników pomiarowych przekazywane są do magistrali sygnałowo-zasilającej. Przetworzony sygnał z magistrali trafia do osobistego układu pomiarowego, z którego sygnał może być kierowany do układu informującego o zagrożeniach, bezpośrednio samego strażaka (tzw. osobisty sygnalizator) lub do układu kodującego zbierane sygnały, w celu przesłania ich drogą radiową (nadajnik) do centrali nadzoru. W przypadku alarmowego przekroczenia wartości mierzonych czujnikami sygnał osobistego układu pomiarowego uruchomi system alarmowy. Przetworniki umieszczone w materiale, np. włókninowym, stanowiąc będą moduł zintegrowany z ubiorem strażaka bądź z możliwością łatwego odłączenia od ubioru.

W skład systemu wchodzi następujące elementy składowe:

- zespół czujników uformowanych w układy do pomiaru: temperatur, stanu ruch/bezruch oraz częstotliwości serca

- układ zbierania, przetwarzania i gromadzenia danych uzyskiwanych z układów pomiarowych, umieszczonych w wewnętrznej kieszeni kombinezonu strażaka zawierającego radiowy moduł nadawczy

- układ odbiorczy połączony za pomocą interfejsu USB do centrum nadzoru.

Sercem systemu jest układ zbierania i przetwarzania danych otrzymywanych z poszczególnych układów pomiarowych. Do jego podstawowych zadań należy:

- komunikacja z czujnikami temperatury (standard 1-wire)

- komunikacja z układem do pomiaru częstotliwości akcji serca

- komunikacja z układem do detekcji stanu ruch/bezruch

- transmisja danych do układu odbiorczego umieszczonego w „centrum nadzoru”

- sygnalizacja za pomocą sygnału dźwiękowego i wibracyjnego (umieszczona w ubiorze strażackim) przekroczenia stanów alarmowych mierzonych sygnałów fizjologicznych.

Zadaniem proponowanego rozwiązania jest więc zapewnienie najefektywniejszego sposobu kontroli i samokontroli stanu fizjologicznego strażaka z uwzględnieniem warunków otoczenia i ciężkości pracy (wydatek energetyczny organizmu i wynikające z niego obciążenie organizmu) podczas wykonywa-

nia zadań w czasie akcji ratowniczych oraz możliwości analizy zebranych danych w celu doskonalenia organizacji i prowadzenia akcji ratunkowych. Informacje o wartościach krytycznych monitorowanych parametrów są również dostępne dla samego strażaka.

PIŚMIENICTWO

[1] G. Bartkowiak *Metoda badania przenikania ciepła „na sucho” i „na mokro” przez materiały odzieżowe.* „Ergonomia”, 1997, t. 20 nr 1

[2] G. Bartkowiak *Właściwości biofizyczne materiałów na odzież ochronną.* „Bezpieczeństwo Pracy” 7-8(324-325)1998

[3] G. Bartkowiak, A. Marszałek *Dwustopniowy model badania właściwości biofizycznych odzieży ochronnej.* „Przegląd Włókienniczy” 3/1999, s. 9

[4] G. Bartkowiak *Liquid sorption in two-layer textiles designed for use under hermetic protective barrier.* “Fibres and Textiles in Eastern Europe” 4/2000

[5] G. Bartkowiak *Role of physical parameters of sub-barrier textile packet in formation of microclimate under protective barrier clothing.* Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Włókiennictwo nr 59, Łódź 2000

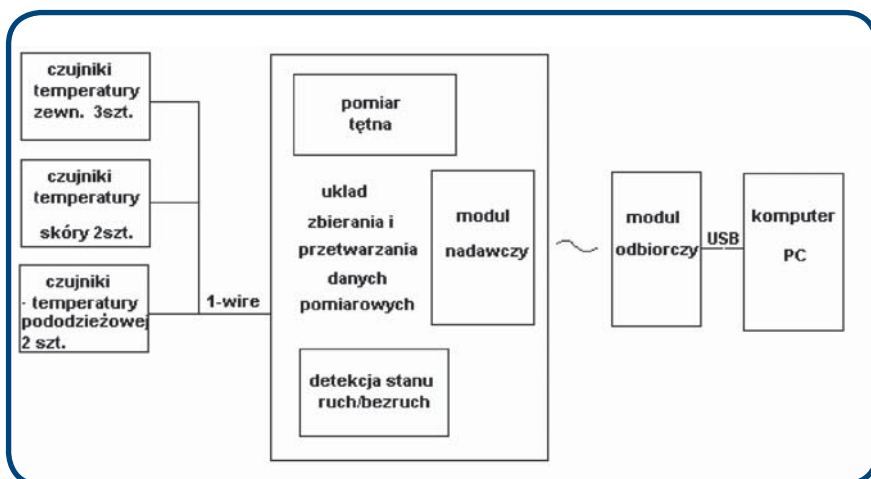
[6] G. Bartkowiak *Dynamics of sweat vapour sorption as the function of physical parameters of textile packets under protective barrier.* Proceedings of Nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing - Ergonomics of Protective Clothing - held in Stockholm, 2000

[7] G. Bartkowiak *Dynamics of microclimate humidity under hermetic barrier clothing.* Fibres and Textiles in Eastern Europe 2001, nr 4

[8] *Informacja o stanie bezpieczeństwa pożarowego, występujących zagrożeniach oraz stopniu przygotowania komendy miejskiej PSP w Łodzi do prowadzenia działań ratowniczych.* Komenda Miejska PSP w Łodzi. Łódź, styczeń 2004

[9] T. Sawicki *Czynniki zagrażające bezpieczeństwu strażaków w warunkach pożaru.* „Bezpieczeństwo Pracy” 7-8(396-397)2004

[10] H. Mäkinen *Analysis of problems in the protection of fire fighters by personal protective equipment and clothing – development of a new turnout suit.* Helsinki 1991



Rys. 2. Blokowy schemat wykonawczy systemu
 Fig. 2. A block diagram of the system

Publikacja przygotowana w wyniku realizacji projektu pn. „Ubranie strażackie nowej generacji z tektonicznym systemem monitorowania parametrów fizjologicznych”, w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego – „Wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw”, lata 2004-2006 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego UE, w ramach Działania 1.4