

SYSTEM DO BADANIA AKTYWNOŚCI OSÓB STARSZYCH Z WYKORZYSTANIEM PARAMETRÓW ŚRODOWISKOWYCH

SYSTEM FOR OLDER ADULTS' ACTIVITY INVESTIGATION BASED ON ENVIRONMENTAL PARAMETERS

Jakub Jędrys¹; Jerzy Kołakowski²

¹ Instytut Radioelektroniki i Technik Multimedialnych, Politechnika Warszawska,
Warszawa, jakub.jedrystud@pw.edu.pl

² Instytut Radioelektroniki i Technik Multimedialnych, Politechnika Warszawska,
Warszawa, jerzy.kolakowski@pw.edu.pl

Streszczenie: W referacie przedstawiono koncepcję systemu umożliwiającego określenie bieżącej lokalizacji osoby starszej oraz identyfikację wykonywanych przez nią czynności poprzez obserwację zmian parametrów środowiskowych w pomieszczeniach, w których dana osoba przebywa. W tym celu węzły systemu lokalizacyjnego wyposażono w czujniki temperatury, wilgotności, ciśnienia atmosferycznego i stężenia gazów. W artykule zamieszczono opis koncepcji systemu oraz wyniki wstępnych badań zaproponowanego rozwiązania.

Abstract: The paper presents the concept of a system localizing older adults and detecting performed activities by observing changes in environmental parameters in rooms where the given person is staying. For this purpose, the localization system anchors were equipped with temperature, humidity, atmospheric pressure, and gas concentration sensors. The article contains a description of the system concept and the results of preliminary tests.

Słowa kluczowe: BLE, czujniki, IoT, monitorowanie osób starszych.

Keywords: BLE, sensors, IoT, older adults monitoring.

1. WSTĘP

Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) na utrzymywanie zdolności funkcjonalnych człowieka (functional abilities) wpływają przede wszystkim zdolności wewnętrzne (intrinsic capacity) oraz środowisko w jakim on żyje [1]. Zdolności te zmniejszają się wraz z wiekiem, przy czym zmiany te zachodzą szybciej w przypadku osób starszych. Określenie zdolności wewnętrznej osoby wymaga zbadania jej wydajność w każdej z pięciu określonych przez WHO dziedzin (mobilności, witalności, zdolności poznawczych, stanu psychicznego i stanu myślowego wzroku i słuchu [2]).

Badania zaprezentowane w referacie zostały zrealizowane w ramach projektu CAREUP, którego celem jest opracowanie platformy pozwalającej na kompensację zmian zdolności wewnętrznych wynikających z procesu starzenia. Koncepcja działania platformy polega na monitorowaniu osoby starszej, analizie wyników monitorowania oraz opracowaniu z pomocą grupy specjalistów (lekarzy różnych dyscyplin, specjalistów od opieki) i z udziałem osoby monitorowanej planu działań mających prowadzić do kompensacji zaobserwowanych zmian. Platforma

gromadzi dane z obszarów: zdrowia fizycznego, funkcji poznawczych, doświadczeń egzystencjalnych, jakości życia, udziału w życiu społecznym i codziennego funkcjonowania. Wdrażanie i efekty planu działań są monitorowane, co pozwala na okresową aktualizację planu.

Monitorowanie osób starszych odbywa się z wykorzystaniem systemu IoT pozwalającego na rejestrację wyników z typowych urządzeń medycznych (m.in. z ciśnieniomierzy, wag, glukometrów), lokalizację osób w pomieszczeniach, rejestrację parametrów opisujących ruch osób. Dodatkowymi źródłami informacji są gry komputerowe, kwestionariusze i aplikacje działające na urządzeniach mobilnych.

Rozwiązanie zaproponowane w referacie rozszerza możliwości platformy poprzez dostarczenie informacji potwierdzających obecność osób w pomieszczeniach oraz wskazujących na wykonywanie przez te osoby dodatkowych czynności. Idea rozwiązania polega na umieszczeniu w węzłach systemu lokalizacyjnego dodatkowych czujników rejestrujących parametry środowiskowe.

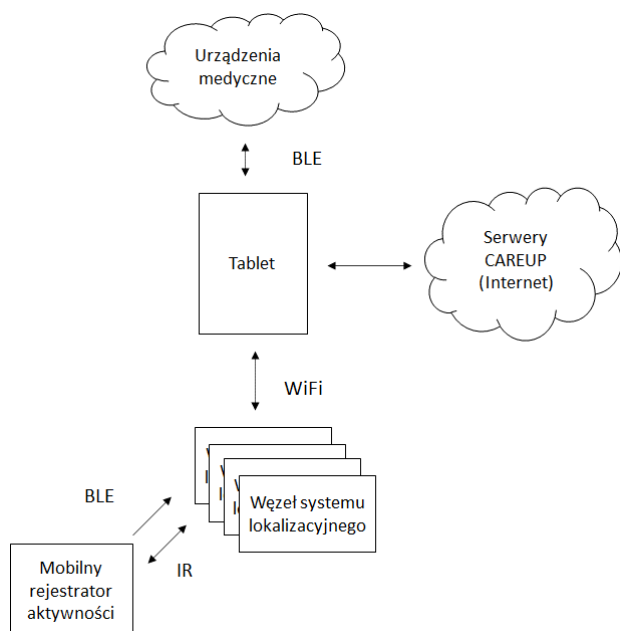
Tematyka wykorzystania parametrów środowiskowych do wyznaczania lokalizacji i detekcji aktywności była poruszana w nielicznych publikacjach. W artykule [3] autorzy opisują metodę polegającą na wykorzystaniu wartości wilgotności i temperatury rejestrowanych przez ruchomy węzeł do poprawy lokalizacji na podstawie rozkładu tych parametrów w budynku. Podobne rozwiązanie, lecz z użyciem czujników noszonych zaproponowano w [4]. Dodatkowo autorzy na podstawie wskazań czujników środowiskowych wykazali możliwość detekcji podstawowych czynności takich jak chodzenie i siedzenie. W [5] czujniki wilgotności i temperatury umieszczone w łazience zostały wykorzystane do detekcji mycia się. Z kolei w [6] opisano system złożony z kilkunastu czujników noszonych przez użytkownika (w tym czujników ciśnienia atmosferycznego), który umożliwia rozpoznanie kilkunastu codziennych czynności (ADL - activities of daily living). Zaproponowane w referacie rozwiązanie różni się od opisywanych w literaturze, ponieważ pomiary środowiskowe są wykonywane wyłącznie przez węzły systemu. Brak czujników środowiskowych w noszonym urządzeniu umożliwia zmniejszenie jego rozmiarów i energochłonności.

2. KONCEPCJA SYSTEMU

2.1. Ogólna architektura systemu

Na rys. 1 przedstawiono architekturę sieci IoT będącą elementem platformy CAREUP. Rolę bramki pełni tablet, którego zadaniem jest akwizycja wyników z pozostałych elementów systemu i transmisja do serwerów platformy. Tablet jednocześnie zapewnia interfejs użytkownika platformy, umożliwia prezentację wyników badań i planów działań oraz zapewnia dostęp do opracowanych na potrzeby platformy CAREUP gier dostarczających danych na temat kognitywnych możliwości osoby monitorowanej.

Użytkownik systemu jest wyposażony w mobilny rejestrator aktywności, przetwarzający wyniki pomiarów z czujników inercyjnych i wysyłający wyniki przetwarzania z użyciem interfejsu BLE (Bluetooth Low Energy) do tabletu za pośrednictwem węzłów systemu lokalizacyjnego. Rolą węzłów jest realizacja pomiarów, których wyniki służą do wyznaczania położenia osoby.



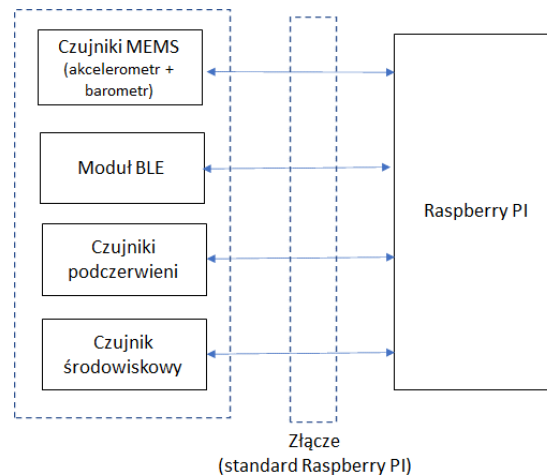
Rys. 1: Architektura sieci IoT w platformie CAREUP

2.2. Układ węzła systemu

Schemat blokowy węzła przedstawiono na rys. 2. Pracą węzła steruje minikomputer Raspberry Pi, wyposażony w nakładkę z czujnikami i modułami komunikacyjnymi. Moduł BLE, wyposażony w zewnętrzną antenę, jest wykorzystywany do komunikacji z etykietami i pomiaru poziomu sygnałów. W module dodatkowo zainstalowano czujniki podczerwieni. Czujnik obrazowy (kamerę termiczną) MLX90640 o rozdzielczości 32x24 piksele oraz laserowy czujnik zbliżeniowy o zasięgu 4m VL53L3CX. Fuzja danych z obu czujników z wynikami uzyskanymi z użyciem poziomów sygnałów BLE umożliwia zwiększenie dokładności lokalizacji.

Akcelerometr pozwala na wykrycie przemieszczenia węzła. Informacja ta jest istotna, ponieważ współrzędne węzła są uwzględniane w procesie wyznaczania

lokalizacji. Barometr wykonuje pomiary referencyjne ciśnienia atmosferycznego, które stanowią odniesienie dla pomiarów wykonywanych w rejestratorach aktywności. Różnice ciśnień pozwalają na określenie wysokości, na której znajdują się etykiety względem wysokości zawieszenia węzła.



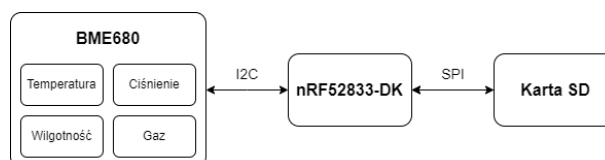
Rys. 2: Schemat węzła systemu

Pomiar warunków środowiskowych jest realizowany za pomocą układu BME680 firmy Bosch Sensortec. Rejestruje on parametry takie jak temperatura, wilgotność, ciśnienie i wykrywa stężenie gazów. Wartości odczytane z czujnika wymagają konwersji do użytecznych jednostek. Czujnik gazu jako surową wartość podaje opór odwrotnie proporcjonalny do stężenia lotnych związków organicznych w powietrzu. Przy zastosowaniu odpowiedniego algorytmu można na podstawie tej wartości obliczyć indeks jakości powietrza (IAQ) [8].

3. BADANIA SYSTEMU

3.1. Układ eksperymentalny

Celem badań była weryfikacja użyteczności wyników dostarczanych przez czujniki środowiskowe umieszczone w różnych pomieszczeniach mieszkania. Ponieważ cel nie zakładał konieczności wyznaczania lokalizacji, lecz jedynie długookresową rejestrację parametrów środowiskowych moduł z czujnikiem dołączono do energooszczędnego modułu mikrokontrolera nRF52833DK (Rys. 3). Wyniki pomiarów z czujnika BME680 były zapisywane do pliku tekstowego na karcie microSD.



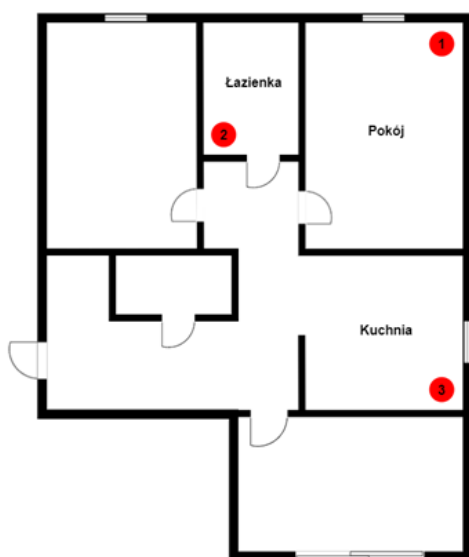
Rys. 3: Schemat układu pomiarowego wykorzystanego podczas badań

Pracą układu steruje program działający w systemie operacyjnym czasu rzeczywistego Zephyr. Obsługa czujnika warunków środowiskowych jest realizowana w wydzielonym wątku. Wątek przechodzi w stan gotowości po

SYSTEM DO BADANIA AKTYWNOŚCI OSÓB STARSZYCH Z WYKORZYSTANIEM PARAMETRÓW ŚRODOWISKOWYCH

zadaniem przedziału czasu (okres pomiarów) i pobiera surowe dane z czujnika. Następnie konwertuje surowe dane do użytecznych jednostek i zapisuje je w odpowiednich strukturach. Struktury te opisują zmiennoprzecinkowe wyniki pomiarów jako dwie wartości całkowite: część całkowitą i ułamkową danego pomiaru. Po skończonym pomiarze zmierzone wartości są kopiowane do message queue, a wątek przechodzi w stan nieaktywny. Po pojawieniu się danych w kolejce aktywuje się wątek odpowiedzialny za ich zapis do karty SD. Środowisko użyte do oprogramowania węzła to nRF Connect SDK for VS Code.

Do przeprowadzenia badań zostały użyte 3 układy rozmieszczone w charakterystycznych miejscach oznaczonych na planie mieszkania numerami od 1 do 3 (rys. 4). Pomiarzy były wykonywane z okresem 10 sekund.



Rys. 4: Plan mieszkania z zaznaczoną lokalizacją układów testowych

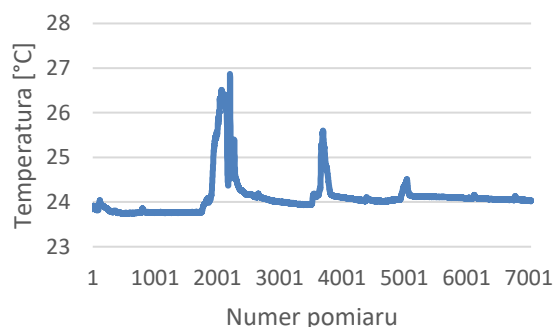
3.2. Wstępne wyniki badań

Na rysunkach od 5 do 10 przedstawiono przykładowe wykresy zmian zarejestrowanych parametrów w wybranych pomieszczeniach. Zrezygnowano z prezentacji wyników zgromadzonych w pokoju, ponieważ stwierdzono, że sama obecność osoby i realizowane przez nią typowe czynności nie powodują zauważalnych zmian parametrów. Wartości zewnętrznych czynników nie wpływają istotnie na wynik analizy danych ze względu na znaczną zmianę parametrów podczas badanych czynności.

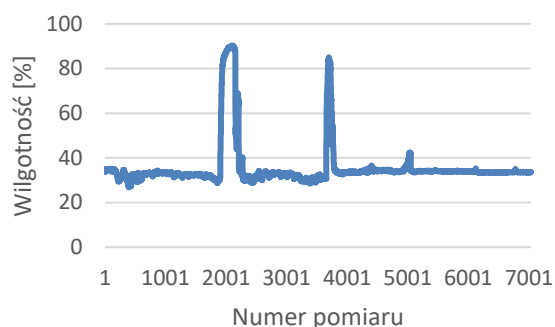
Zmiany parametrów w łazience

W trakcie trwania pomiarów w łazience zarejestrowano zmiany parametrów związane z kąpielą użytkowników pod prysznicem (w okolicach 2000 i 3700 pomiaru). Czynność ta spowodowała znaczny wzrost wartości temperatury (rys. 5) i wilgotności (rys. 6). Wykresy pozwalają na oszacowanie czasu trwania poszczególnych kąpieli. Zmiany parametrów zaobserwowano również na wykresie wskazań czujnika stężenia gazów. Gwałtowne

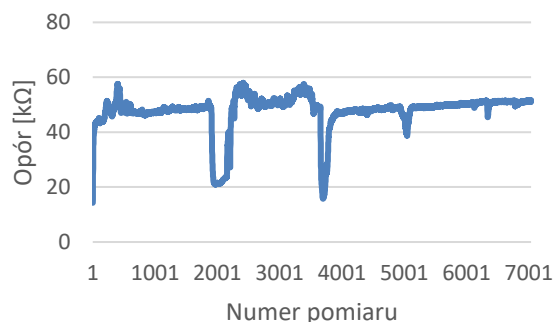
zmiany oporu są jednak spowodowane zmianą wilgotności otoczenia i wynikają z zasady działania czujnika polegającej na pomiarze rezystancji podgrzewanej płytki pokrytej warstwą reagującą na obecność cząsteczek gazów.



Rys. 5: Zmiany temperatury w łazience



Rys. 6: Zmiany wilgotności w łazience



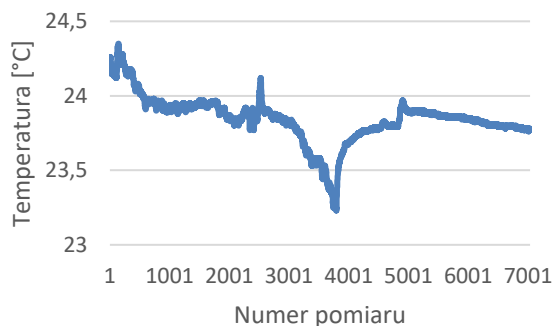
Rys. 7: Wskazania czujnika stężenia gazów w łazience

Zmiany parametrów w kuchni

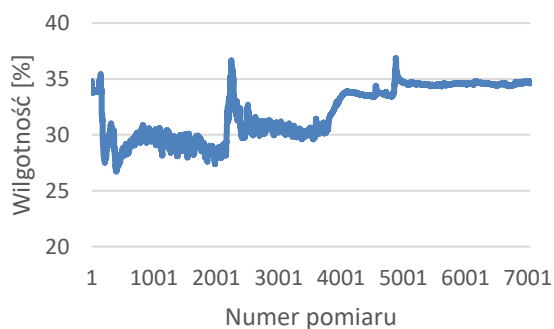
Czujniki umieszczone w kuchni umożliwiają wykrycie i oszacowanie czasu przygotowania posiłków. Gotowanie na kuchence w wykryto w okolicach 2500 pomiaru. W tym czasie zaobserwowano jednoczesny wzrost temperatury (rys. 8) i wilgotności (rys. 9) w pomieszczeniu. Udało się również zarejestrować czas, przez jaki było otwarte okno w kuchni (od początku pomiarów do okolic 3800 pomiaru). Zwłaszcza widoczny jest wyraźny wzrost

wartości oporu czujnika stężenia gazów (rys. 10) przy otwartym oknie.

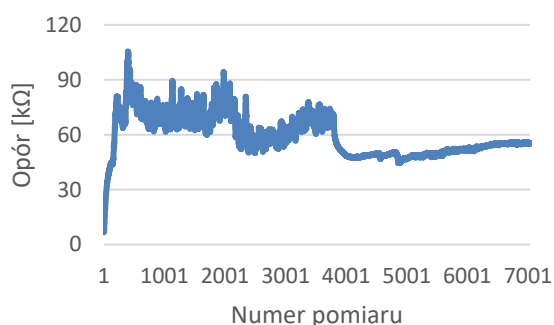
Wskazania czujnika w łazience lub kuchni pozwalają na stwierdzenie kontekstu obecności osoby w tych miejscach, jednakże oszacowanie czasu trwania czynności jest obciążone błędem wynikającym z miejsca instalacji czujnika oraz sprawności systemu wentylacji. W miejscu realizacji testów, w badanych pomieszczeniach była wykorzystana wymuszona wentylacja, co skutkowało dość szybkim powrotem parametrów środowiskowych do początkowych wartości. Badania potwierdziły ograniczoną przydatność czujnika stężenia gazów do pracy w środowisku o dużej wilgotności.



Rys. 8: Zmiany temperatury w kuchni



Rys. 9: Zmiany wilgotności w kuchni



Rys. 10: Wskazania czujnika stężenia gazów w kuchni

4. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono koncepcję systemu pozwalającego na detekcję wybranych aktywności osób starszych poprzez obserwację parametrów środowisko-

wych (temperatury, wilgotności, ciśnienia, jakości powietrza) w pomieszczeniach, w których te czynności są przeprowadzane. System ten jest rozwinięciem systemu lokalizacyjnego wykorzystującego w procesie określania położenia sygnały systemu BLE.

Zaprezentowane wyniki wstępnych badań potwierdzają, że parametry środowiskowe mogą być źródłem informacji pozwalających na detekcję wybranych czynności np. przyrządzania posiłków, kąpieli, prania, jednak wykorzystanie tych danych wymaga wykonania wstępnych pomiarów, które pozwoliłyby określić te zmiany dla konkretnych miejsc instalacji czujników oraz w warunkach istniejącego systemu wentylacji pomieszczeń.

W referacie przedstawiono wyniki prac realizowanych w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu AAL Call 2021 nr umowy AAL/AALCall2021/52/CAREUP/2022.

LITERATURA

- [1] Integrated care for older people (ICOPE): Guidance for person-centred assessment and pathways in primary care. Geneva: World Health Organization; 2019 (WHO/FWC/ALC/19.1).
- [2] George, P.P., Lun, P., Ong, S.P. et al. A Rapid Review of the Measurement of Intrinsic Capacity in Older Adults. *J Nutr Health Aging* 25, 774–782 (2021).
- [3] A. Rowe, Z. Starr and R. Rajkumar, "Using microclimate sensing to enhance RF localization in assisted living environments," 2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Montreal, QC, Canada, 2007, pp. 3668-3675, doi: 10.1109/ICSMC.2007.4414137.
- [4] M. Jin, H. Zou, K. Weekly, R. Jia, A. M. Bayen and C. J. Spanos, "Environmental sensing by wearable device for indoor activity and location estimation," IECON 2014 - 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Dallas, TX, USA, 2014, pp. 5369-5375
- [5] S. Chiriac, B. R. Saurer, G. Stummer and C. Kunze, "Introducing a low-cost ambient monitoring system for activity recognition," 2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops, Dublin, Ireland, 2011, pp. 340-345
- [6] D. Roggen et al., "Collecting complex activity datasets in highly rich networked sensor environments," 2010 Seventh International Conference on Networked Sensing Systems (INSS), Kassel, Germany, 2010, pp. 233-240
- [7] D. Oletic and V. Bilas, "Design of sensor node for air quality crowdsensing," 2015 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), Zadar, Croatia, 2015, pp. 1-5
- [8] Bosch Sensortec, „BME680 – Datasheet” BST-BME680-DS001-03