

Automatyczna kompozycja usług monitorowania dla systemu wspomagania treningu wytrzymałościowego sportowców

W niniejszej pracy scharakteryzowano rozproszony system wspomagania treningu sportowca. Wyróżniono właściwości platformy przetwarzającej sygnały życiowe pozyskiwane z czujników umieszczonych na jego ciele. Przy użyciu technologii transmisji danych opracowywanych w ramach projektu Inżynieria Internetu Przyszłości rozproszone elementy opisywanej aplikacji wymieniają dane stanowiąc system wspomagania treningu jako całość. W pracy przedstawiono dekompozycję architektury aplikacji na elementy atomowe a następnie zamodelowano je jako usługi systemu opartego na paradygmacie SOA. Przetwarzanie w systemie usługowym jest elastyczne, co należy rozumieć tak, że poszczególne komponenty systemu mogą być zwielokrotnione a konkretne wersje zduplikowanych elementów powinny być wybierane do uruchomienia podczas procesu kompozycji usługi złożonej. W pracy formuluje się problem kompozycji złożonej usługi monitorowania oraz podaje się sposoby efektywnego rozwiązania tego problemu.

1. Wprowadzenie

Postęp w mikroelektronice i telekomunikacji pociąga za sobą m.in. na rozwój w dziedzinie nowych urządzeń pomiarowych charakteryzujących się niską ceną, niewielkimi rozmiarami oraz niskim zużyciem energii. Wielu producentów takich jak Shimmer, Zephyr Technology lub Polar oferuje rozwiązania, które znalazły zastosowanie w różnorodnych systemach związanych z telemedycyną. W literaturze opisano wiele aplikacji wspomagających terapię diabetyków [4,7,14], osób cierpiących na chorobę Parkinsona [12] oraz analizy i diagnostyki chodu [13]. Oprócz rozwiązań ściśle związanych z medycyną w literaturze opisanych zostało wiele systemów wspomagających trening osób uprawiających sport zawodowo i amatorsko. W tej grupie możemy wskazać na dwa główne nurty, z których jeden związany jest z systemami przeznaczonymi do wspomagania treningu wytrzymałościowego ogólnego przeznaczenia. Systemy takie charakteryzują się tym, że mogą być wykorzystywane zarówno przez sportowców amatorów jak i zawodowców. Celem stosowania takich rozwiązań jest monitorowanie przebiegu treningu wytrzymałościowego oraz wspomaganie podejmowania decyzji z nim związanych. Charakterystyczne cechy takich systemów to pomiar, w czasie aktywności ruchowej, takich wielkości fizjologicznych jak puls, częstość oddechów, aktywność mięśni. Pomiar tych wielkości pozwalają na ocenę intensywności treningu i/lub oszacowanie czy zostały spełnione cele treningu wytrzymałościowego [1,3,9,10]. Do drugiej grupy rozwiązań zaliczyć można systemy wspomagające trening dla konkretnej dyscypliny sportowej. Specjalizacja związana jest głównie z treningiem technicznym w mniejszym stopniu z treningiem wytrzymałościowym. Zadaniem treningu technicznego jest poprawa techniki wykonywanych ruchów lub ich sekwencji. Oczywiście jest, że projektowany system wspomagania treningu technicznego musi być dedykowany do konkretnej dyscypliny sportowej. W literaturze opisano systemy wspomagania m.in. treningu tenisistów stołowych [2] i tenisistów ziemnych [5,18].

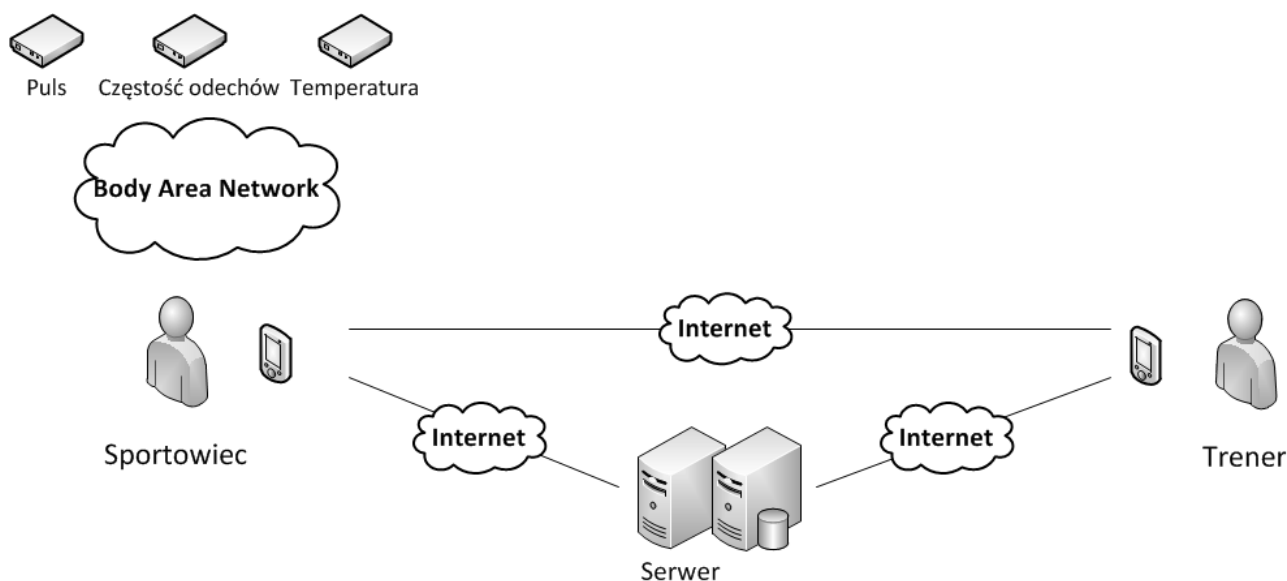
W niniejszej pracy przedstawiono system wspomagania treningu wytrzymałościowego bazującego na pomiarach z bezprzewodowych czujników i wynikach ich późniejszego przetwarzania. Ostatnim etapem jest prezentacja wyników pozyskiwania i przetwarzania danych na urządzeniach dostępnych zarówno trenera jak i sportowca. Całość procesu przetwarzania pomiarów została zamodelowana jako system usługowy. W pracy przedstawiono i podano rozwiązania problemu kompozycji złożonej usługi monitorowania treningu.

2. System wspomagania treningu wytrzymałościowego

W podpunkcie przedstawiono architekturę systemu oraz aplikacji do wspomagania treningu wytrzymałościowego sportowców. Głównym wymaganiem dla systemu jak również aplikacji jest to by wspomagała ona zarówno mobilnego sportowca jak i trenera. W tym przypadku przez wspomaganie będziemy rozumieli wspomaganie podczas pobierania danych (zadania po stronie urządzenia dostępowego sportowca) oraz prezentacji wyników przetwarzania danych (zadania zarówno po stronie urządzenia dostępowego sportowca jak i trenera).

2.1 Architektura systemu

Proponowana architektura systemu do wspomagania treningu sportowego została przedstawiona na rysunku 1. Główne elementy zaproponowanego rozwiązania to urządzenia dostępowe dla sportowca oraz trenera, którymi mogą być telefony komórkowe, PDA (ang. *Personal Digital Assistant*) lub (w przypadku trenera) komputer przenośny typu laptop. Kolejnym elementem proponowanego systemu jest serwer, którego głównym zadaniem jest przetwarzanie zgromadzonych danych oraz wysyłanie wyników przetwarzania danych do urządzeń dostępowych użytkowników. Od strony sportowca urządzenie dostępowe pozwala na prezentację wyników przetwarzania danych na serwerze, oraz wysyłanie pomiarów z czujników bezprzewodowych ulokowanych na ciele sportowca. W celu gromadzenia danych z tych czujników zaprojektowano dodatkową sieć typu BAN (ang. *Body Area Network*). Zadaniem urządzenia dostępowego trenera jest wizualizacja przetworzonych pomiarów z czujników pracujących w sieci BAN sportowca, prezentacja wyników przetwarzania danych np. wydatkowanej podczas treningu przez sportowca energii itp. Proponowany system umożliwi również zestawianie połączeń audio i wideo do przeprowadzania tele i wideo konsultacji pomiędzy sportowcem i trenerem.



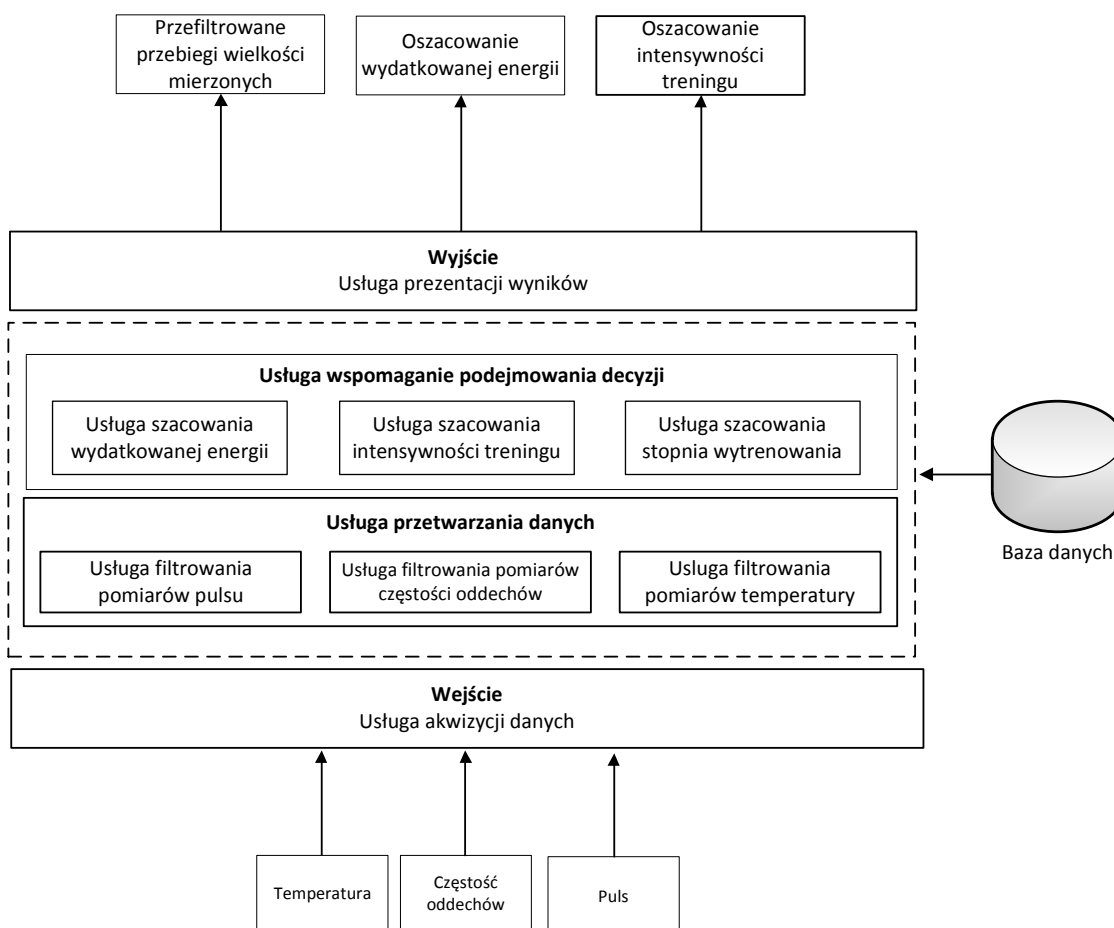
Rys. 1. Architektura systemu do wspomagania treningu sportowego

2.2 Architektura aplikacji

W podrozdziale omówiono architekturę aplikacji, która została zaprojektowana na potrzeby systemu przedstawionego w poprzednim podrozdziale. Na rysunku 2 zaprezentowano schemat aplikacji z wyszczególnieniem trzech głównych elementów. Pierwszy z nich związany jest z akwizycją danych z czujników bezprzewodowych. Tak jak zaznaczono na rysunku w skład usługi monitorowania wchodzi trzy komponenty będące źródłem pomiarów tj. usługa pomiaru temperatury, częstości oddechów i pulsu. W drugiej sekcji zaznaczono dwie kolejne usługi tj. jedna związana z przetwarzaniem danych i druga dotycząca wspomagania podejmowania decyzji. Z pierwszą z nich związane są trzy usługi atomowe dotyczące przetwarzania danych zmierzonych z

wykorzystaniem czujników bezprzewodowych. Natomiast w skład usługi wspomaganie podejmowania decyzji wchodzi trzy usługi atomowe do szacowania wydatkowanej podczas treningu energii, intensywności treningu oraz stopnia wytrenowania.

Ostatni z elementów proponowanej aplikacji związany jest z usługą prezentacji wyników, która to usługa zaprojektowana jest tak, by możliwa była obsługa różnych typów urządzeń dostępowych wykorzystywanych zarówno przez trenera jak i sportowca. Zaprezentowana aplikacja została zaprojektowana jako zgodna z paradygmatem SOA w celu rozproszenia i uelastycznienia rozwiązania. Architektura aplikacji została przedstawiona na rysunku 2. W sekcji trzeciej opisano sposób kompozycji usługi monitorowania z usług składowych w oparciu o przedstawiony przykład.

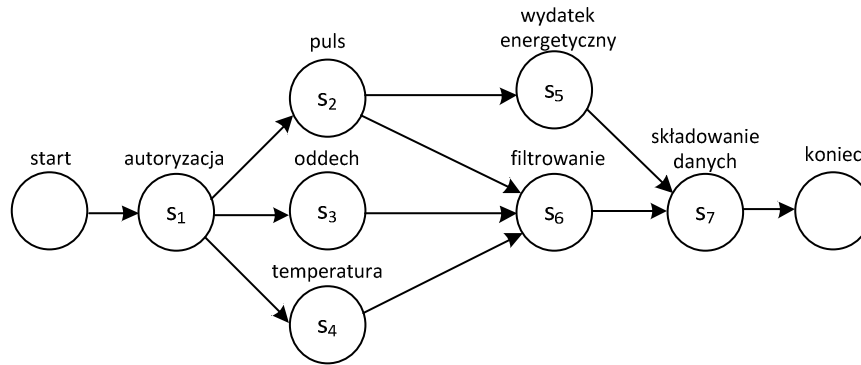


Rys. 2. Architektura aplikacji do wspomaganie treningu sportowego

3. Usługa wspomaganie treningu wytrzymałościowego

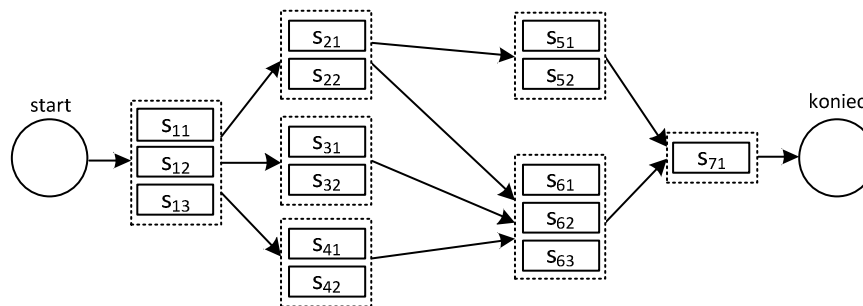
Architektura aplikacji przedstawiona na rysunku 2 została przekształcona do postaci scenariusza wykonania usługi złożonej, który zaprezentowano na rysunku 3. Wyróżnione wcześniej komponenty systemu monitorowania zostały zamodelowane jako usługi atomowe.

Każdy z węzłów grafu (rysunek 3) odpowiada za przetwarzanie właściwej porcji danych i w ogólności może być umiejscowiony w dowolnej lokalizacji sieciowej. Dodatkowo wyróżnia się węzeł początkowy i końcowy, który modeluje odpowiednio pobranie surowych danych z czujników oraz przesłanie już przetworzonych na urządzenia dostępne sportowca i trenera.



Rys. 3. Scenariusz usługi złożonej monitorowania

Każda z usług przetwarzających może być umieszczona na różnych węzłach obliczeniowych w systemie wykonawczym. Ponadto niektóre usługi mogą być zduplikowane bądź mogą różnić się wartościami parametrów jakościowych, podczas gdy funkcjonalność pozostaje bez zmian. Na rysunku 4 wyróżniono przykładowe wersje poszczególnych usług biorących udział w procesie monitorowania omawianym wyżej.



Rys. 4. Scenariusz wykonania złożonej usługi monitorowania z wyróżnionymi wersjami usług atomowych.

Aby usługa monitorowania mogła zostać uruchomiona należy wybrać odpowiednią wersję każdej usługi atomowej w celu wskazania konkretnych kandydatów, którzy będą brali udział w procesie przetwarzania strumienia monitorowanych danych. Graf powstały w wyniku wyboru jednej z kandydujących wersji dla każdej usługi atomowej nazywa się planem wykonania usługi złożonej. W kolejnym podrozdziale omówiony został problem wyznaczenia optymalnego planu wykonania usługi złożonej, który dla uproszczenia nazwano problemem kompozycji usługi złożonej.

4. Problem kompozycji usługi złożonej

Zadanie wyznaczenia optymalnego planu wykonania usługi złożonej jest zadaniem rozwiązywanym na ostatnim etapie kompozycji usługi. Na ogół zadanie wyznaczenia optymalnego planu wykonania usługi złożonej można opisać następująco. Zadaniem systemu jest wybranie jednej z wersji każdej atomowej usługi określonej jednoznacznie przez scenariusz w taki sposób, że wymagania jakościowe są spełnione. Na uwagę zasługuje fakt, że wybranie dwóch wersji usługi atomowej precyzyjnie określa również ścieżki komunikacyjne, które będą użyte do przesyłania danych między tymi usługami - zakładając, że zawsze jest wybierana najlepsza możliwa ścieżka, jeśli istnieje więcej niż jedna możliwość wyboru. Podejmowany problem jest uogólnieniem problemu kompozycji polegającej na wyznaczeniu najkrótszej ścieżki w ważonym grafie

rozpatrywanym np. w pracy [8]. W tym przypadku, różnica jest taka, że rozwiązanie jest reprezentowane jako graf a nie jako pojedyncza ścieżka przez co poprzednich algorytmów nie można stosować. Formalnie zadanie wyznaczenia optymalnego planu wykonania usługi złożonej można sformułować w następujący sposób:

Dla danych:

- Scenariusz wykonania usługi złożonej dany grafem $GC = (VC, EC)$ (patrz rys. 3)
- Żądanie wykonania usługi reprezentowane przez SLA_l
- Wymagania niefunkcjonalne Ψ_l zawarte w SLA_l
- Kryterium jakości planu wykonania $Q(G, \Psi_l)$

Znaleźć:

Taki zestaw wersji usług atomowych dla scenariusza GC , który minimalizuje zadane kryterium jakości Q

$$as_{1j_k^*}, \dots, as_{kj_k^*} = \arg \min_{as_{1j_k}, \dots, as_{kj_k}} Q(G(\{as_{1j_k}, \dots, as_{kj_k}\}, E), \Psi_l) \tag{1}$$

gdzie as_{1j_k} oznacza j_k -tą wersję k -tej usługi atomowej.

Sformułowany wyżej problem można łatwo przetransformować do problemu wielowymiarowego wielokryterialnego problemu plecakowego (*ang. Mulpile choice multidimensional knapsack problem, MMKP*), który jest problemem z klasy NP-trudnych. Zadaniem jest wybrać dokładnie jeden element (wersja usługi atomowej) z każdej grupy (usługa atomowa) w taki sposób, że jakość reprezentowana przez wybrane przedmioty (usługa złożona) jest optymalna w sensie wybranego kryterium jakości Q . Rozwiązanie tego problemu jest znane a niektóre algorytmy rozwiązujące problem zostały przedstawione np. w pracy [11].

Tak sformułowanie zadanie jest problemem NP-trudnym, ponieważ transformuje się do problemu MMKP w czasie wielomianowym. Dokładne rozwiązanie postawionego problemu przedstawiono w pracy [17]. Z racji, na niewielki rozmiar problemu rozważanego w tej pracy rozwiązanie dokładne uzyskiwane jest w krótkim czasie. Ponadto w pracy [17] przedstawiono dokładną iteracyjną procedurę wyliczania wartości kryterium jakości danego wzorem (1). Inne rozwiązania problemu MMKP można znaleźć np. w pracach [6,15,16].

5. Uwagi końcowe

W pracy przedstawiono system monitorowania i wspomagania treningu wytrzymałościowego sportowca. Zaprezentowano architekturę aplikacji i scharakteryzowano system akwizycji i rozproszonego przetwarzania aktualnych wartości pomiarów parametrów życiowych. Aplikację zamodelowano przy użyciu paradygmatu systemów zorientowanych na usługi i wyróżniono potrzebę duplikacji niektórych usług przetwarzających. Wyróżnienie wielu wersji usług mogących dostarczać jednakową funkcjonalność spowodowało potrzebę efektywnego składania (kompozycji) złożonych usług monitorowania. W pracy sformułowano problem kompozycji usługi złożonej na wybranym przykładzie. Problem został scharakteryzowany oraz podano przykładowe algorytmy znajdujące jego rozwiązanie.

Dalsze prace w zakresie omawianej pracy będą polegały głównie na implementacji i testach jakościowych omawianego rozwiązania. Przeprowadzone zostaną również rzeczywiste eksperymenty podczas treningu tenisisty ziemnego.

Badania przedstawione w pracy są częściowo współfinansowane w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, program numer POIG.01.01.02-00-045/09-00 Inżynieria Internetu Przyszłości.

Literatura

1. J.V.Alonso, et al., *Ambient intelligence systems for personalized sport training*, Sensors, Vol. 10, pp. 2359 – 2385
2. A. Baca, P. Kornfeid, *Rapid Feedback systems for elite sports training*, Sports Technologies, pp. 70 - 76
3. F. Buttussi, L. Chittaro, *MOPET: A Context-Aware and User-Adaptive Wearable System for Fitness Training*, Vol. 42, pp. 153 - 163
4. K. Brzostowski, J.M. Tomczak, J. Świątek, *Wspomaganie przeprowadzenia wywiadu lekarskiego dla systemu zarządzającego terapią cukrzycy*, XVII Krajowa Konferencja Automatyki – KKA'2011, Kielce-Cedzyna (w druku)
5. D. Connaghan et al., *A sensing platform for physiological and contextual feedback to tennis athletes*, Body Sensor Networks, 2009.
6. J. Egeblad and D. Pisinger. *Heuristic approaches for the two- and three-dimensional knapsack packing problems*. Computers and Operations Research, 36:1026–1049, 2009.
7. L. Grandinetti, O. Pisacane, *Web based prediction for diabetes treatment*, Future Generation Computer Systems, Future Generation Computer Systems, Vol. 27, 2011, pp. 139-147
8. A. Grzech. P. Rygielski, P. Świątek, *QoS-aware infrastructure resources allocation in systems based on service-oriented architecture paradigm*, Performance modelling and evaluation of heterogeneous networks, 6th Working International Conference HET - NETs 2010, Zakopane, January 14th-16th, 2010 s. 35-47.
9. H. J. Hermens, M.M.R. Vollenbroek-Hutten, *Towards remote monitoring and remotely supervised training*, Journal of Electromyography and Kinesiology, Vol. 18, pp. 908 – 919
10. Y.J. Hong, et al., *Mobile health monitoring system based on activity recognition using accelerometer* (in press)
11. Shahadat Khan and Kin F. Li and Eric G. Manning, *The Utility Model For Adaptive Multimedia Systems*, In International Conference on Multimedia Modeling, 1997 pp.111-126.
12. K. Lorincz, et al., *Mercury: A Wearable Sensor Network Platform for High-Fidelity Motion Analysis*
13. M. J. McGrath, *SHIMMER™ Validation and Applications*
14. S.G. Mougiakakou, et al., *SMARTDIAB: A Communication and Information Technology Approach for the Intelligent Monitoring, Management and Follow-up of Type 1 Diabetes Patients*, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 14, 2010, pp. 622 – 633
15. D. Pisinger. *Where are the hard knapsack problems?* Computers & Operations Research, 32:2271–2282, 2005
16. D. Pisinger. *A minimal algorithm for the Multiple-choice Knapsack Problem*. European Journal of Operational Research, 83:394–410, 1995.
17. P. Rygielski, P. Świątek, *Graph-fold: an efficient method for complex service execution plan optimization*, Systems Science vol. 36, no.3, pp. 25-32, 2010.
18. K. Urawaki et al., *Development of the Learning Environment for Sport form Education with the Visualisation of Biophysical Information*, ICAT, 2000