

SYSTEMY WSZECHOBECNE ORAZ TECHNOLOGIE AGENTOWE

Stanisław STANEK, Piotr ZADORA, Mariusz ŻYTNIIEWSKI, Radosław KOWAL

Streszczenie: Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie technologii agentowych oraz wnioskowania na podstawie przypadków w kontekście ich zastosowań z koncepcji Ambient Intelligence. W artykule zaprezentowane zostaną teoretyczne podstawy dotyczące Ambient Intelligence oraz teoretyczne zagadnienia dotyczące możliwości wykorzystania technologii agentowych i wnioskowania na bazie przypadków w budowie dynamicznie zmieniających się systemów, wspomagających działania człowieka.

Słowa kluczowe: technologie agentowe, systemy CBR, Ambient Intelligence.

1. Wprowadzenie

Ciągły rozwój technologii agentowych, szczególnie w obszarze stałego i rozproszonego przetwarzania dynamicznie zmieniających się zasobów wiedzy, wskazuje na możliwość zastosowania takich rozwiązań dla wspomagania codziennych działań człowieka. Systemy wieloagentowe charakteryzują się samoorganizacją, autoadaptacją oraz kontekstowością w zakresie wspomaganych przez nie procesów, dzięki czemu, zbierając zasoby wiedzy na temat otoczenia i zadań, które zostały im powierzone, automatyzować mogą pracę człowieka i dopasowywać swoje działania do profilu jego zachowań. Jednym z nurtów rozwoju takich koncepcji jest Ambient Intelligence.

Głównym czynnikiem wpływającym na rozwój Ambient Intelligence jest różnorodność technologii bezprzewodowej wymiany danych w postaci GPS, GSM, WiFi, BlueTooth, RFID, oraz urządzeń mobilnych, które posiadają rosnące moce obliczeniowe oraz zapewniają wielorakie mechanizmy przechowywania danych. Dzięki ich zastosowaniu możliwe staje się tworzenie zintegrowanej i samoorganizującej się sieci urządzeń, zbierających i autonomicznie przetwarzających przechowywane przez nie zasoby. Aby jednak było to możliwe, rozwiązania te muszą posiadać odpowiednie cechy. Należą do nich [1]: samoorganizacja, dotycząca ciągłości działania całego systemu, rekonfigurowalność, polegająca na dopasowaniu się systemu do zmiany jego struktury bez bezpośredniej interwencji człowieka, kontekstowość, związana z dopasowywaniem realizowanych przez system procesów do kontekstu działania oraz profilu użytkownika, heterogeniczność, dotycząca różnorodnych technologicznie urządzeń oraz różnych metod ich komunikacji oraz skalowalność, wynikająca z kompleksowości procesów oraz ilości urządzeń zaangażowanych w ich wspomaganie.

Jedną z nowszych koncepcji wprowadzenia mechanizmów wnioskujących na podstawie wiedzy do środowisk wieloagentowych jest zastąpienie tradycyjnie używanych w tym celu systemów regułowych systemami wnioskującymi na podstawie przypadków (CBR - Case-Based Reasoning). Rozwiązana takie na bazie zdefiniowanych wzorców wspomagać mogą proces rozwiązywania nowych problemów.

2. Ambient Intelligence i technologie agentowe

Ambient Intelligence to koncepcja, według której możliwe i celowe jest (będzie) łączenie codziennie używanych urządzeń w inteligentne sieci, pozwalające na automatyzację rutynowych działań, wykonywanych dotychczas przez ludzi [2]. W dobie miniaturyzacji i postępu w dziedzinie połączeń bezprzewodowych coraz częściej wykorzystywane są urządzenia takie jak: PDA, *smartphone*, odtwarzacz MP3. Nietrudno sobie wyobrazić, że istnieje możliwość wykorzystania ich mocy obliczeniowej oraz ich możliwości w zakresie tworzenia i wykorzystywania połączeń bezprzewodowych nie tylko do realizacji ich zadań podstawowych. Urządzenia te już dzisiaj umożliwiają dokonywanie opłat, odnajdywanie drogi, kręcenie filmów, nagrywanie dźwięku i wiele innych czynności. Podobnie urządzenia takie, jak telewizory, czajniki elektryczne, tunery telewizji satelitarnej, pralki, lodówki itp., czyli ogólnie urządzenia domowe coraz częściej wyposażane są w procesory, pamięć i możliwość łączenia się bezprzewodowo. Kierunek wyznaczany przez koncepcję *ambient intelligence* wskazuje na możliwość tworzenia i przechowywania we wspomnianych urządzeniach informacji, dotyczących preferencji użytkownika oraz wymianę tych informacji między poszczególnymi urządzeniami, a także pozyskiwania informacji z otoczenia. W efekcie możliwe byłoby dostosowywanie sposobu działania urządzeń do zidentyfikowanych preferencji użytkownika oraz warunków panujących w otoczeniu, gdzie są one wykorzystywane.

W 1999 roku ISTAG – Grupa doradcza ds. technologii społeczeństwa informacyjnego, w dokumencie dotyczącym proponowanych kierunków badań zaproponowała termin *ambient intelligence*. Za pomocą tego terminu określano wizję komputeryzacji otoczenia człowieka, zgodnie z którą „człowiek otoczony będzie przez obliczeniowo- i sieciowo-zaawansowaną technologię, która jest świadoma jego obecności, jego osobowości, jego potrzeb i jest zdolna do inteligentnego odpowiadania na indykacje dotyczące pragnień, wyrażone w postaci gestu lub mowy, a nawet do angażowania się w inteligentny dialog” [3].

Jedną z najlepszych definicji *ambient intelligence* jest definicja opracowana przez firmę Philips, prowadzącą od dłuższego czasu badania nad zastosowaniem tej koncepcji w swoich produktach. Zgodnie z wizją Philips *ambient intelligence* to: „ludzie żyjący łatwo w cyfrowym środowisku, w którym elektronika jest czuła na potrzeby ludzi, dostosowana do ich osobistych wymagań, potrafi przewidywać ich zachowanie i reaguje na ich obecność” [4].

Jednym z kluczowych dla *ambient intelligence* aspektów jest swego rodzaju antropocentryzm. Otóż wszelkie technologie, kryjące się pod pojęciem *ambient intelligence* jako kluczową wartość przedstawiają dostosowywanie sposobu działania technologii do potrzeb człowieka [5].

Pojęcie *ambient intelligence* ma za podstawę trzy nowe technologie: *ubiquitous computing*, *ubiquitous communication* oraz *intelligent user interface* [6].

Twórcą pojęcia *ubiquitous computing* jest Mark Weiser, który już w 1991 roku przewidział możliwość wbudowywania komputerów w elementy otoczenia człowieka [7].

Pojęcie *ubiquitous computing* (które może być tłumaczone na język polski jako przetwarzanie wszechobecne) odnosi się do wszechobecności jednostek obliczeniowych w otoczeniu człowieka. W procesory przetwarzające dane wyposażone są dzisiaj artykuły gospodarstwa domowego, samochody, maszyny produkcyjne i wiele innych urządzeń i artykułów codziennego użytku. Dodatkowo możliwe jest zbieranie danych przez otaczające człowieka urządzenia przy użyciu różnego rodzaju czujników (*sensors*).

W literaturze często pojawiają się określenia pokrewne do przetwarzania wszechobecnego, takie jak np.: przenikające przetwarzanie (*pervasive computing*) [8, 9], gdzie większy nacisk kładziony jest na wykorzystanie do zarządzania otoczeniem komputerów wbudowanych, w odróżnieniu od komputerów biurkowych [10]. Dzięki temu, że komputery są wbudowane w przedmioty codziennego użytku, są one niewidoczne dla ludzi, czerpiących pożytki z faktu ich obecności i działania. Niewidzialność komputerów działających na rzecz użytkowników przebywających w nasyconym nimi otoczeniu to jeden z podstawowych postulatów *ambient intelligence*.

Jako podstawowe wzorce projektowe dla przetwarzania wszechobecnego Poslad [11] wskazuje trzy elementy: „mądre” urządzenia (*smart devices*), „mądre” środowisko (*smart environment*) oraz „mądra” interakcja (*smart interaction*). „Mądrość”, w tym kontekście, oznacza zdolność do przetwarzania danych, wchodzenia w interakcję, do pewnego stopnia samodzielność oraz zdolność do rekonfiguracji i zarządzania dostępnymi zasobami. Urządzenia, które są „mądre” to na przykład nowoczesne telefony komórkowe – *smartphone*. Pozwalają one na realizację wielu zadań jednocześnie: komunikacja, odtwarzania muzyki i filmów, lokalizacja przestrzenna itd. Jednocześnie podlegają one personalizacji, czyli są zdolne do dostosowywania swojego sposobu działania do indywidualnych potrzeb poszczególnych ludzi. „Mądra” przestrzeń to taka przestrzeń, która jest w stanie reagować na pojawienie się określonej osoby i/lub urządzenia. Reakcja jest spersonalizowana – dostosowana do potrzeb konkretnej osoby. „Mądra” interakcja to zdolność do wymiany danych pomiędzy wieloma urządzeniami, przez co zwiększona jest całkowita użyteczność dla ich użytkownika.

Pojęcie *ubiquitous communication* dotyczy możliwości nawiązywania komunikacji między urządzeniami, wyposażonymi w zdolności przetwarzania danych. Urządzenia te są w takim razie zdolne do wymiany informacji na temat preferencji konkretnych osób i uzyskiwania danych dotyczących najlepszego sposobu zaspokajania potrzeb tychże osób. Wziąwszy pod uwagę, że w przypadku urządzeń umieszczonych w przedmiotach codziennego użytku nie może być mowy o połączeniach przewodowych oraz że zgodnie z założeniami przetwarzania wszechobecnego urządzenia „zamieszkujące” otoczenie człowieka muszą mieć możliwość zbierania danych na temat jego zachowania nurt badań skierowany jest przede wszystkim na komunikację bezprzewodową oraz na wykorzystanie różnego rodzaju czujników. Sieci budowane w oparciu o te założenia określane są często w literaturze mianem bezprzewodowych sieci czujników (*wireless sensors networks*) [12, 13].

Dzięki inteligentnemu interfejsowi użytkownika *intelligent user interface*, ludzie zamieszkujący środowisko *ambient intelligence* są zdolni do komunikacji z tym środowiskiem za pomocą słów i gestów w ramach indywidualnie określonego kontekstu [6]. Tego typu interfejs ma dwie podstawowe funkcje: profilowanie i świadomość kontekstu (*context-awareness*) [14]. Profilowanie odnosi się do dostosowywania sposobu interakcji do indywidualnych preferencji danego człowieka. Natomiast świadomość kontekstu to zdolność do adaptacji do różnych sytuacji. Według Brea [14] celami, jakie stawiane są wobec inteligentnego interfejsu użytkownika mogą być: redukcja wysiłku poznawczego lub fizycznego, wymaganego do osiągnięcia pożądanego rezultatu oraz dostarczanie użytkownikowi informacji lepszych, bardziej dopasowanych do konkretnej sytuacji. Realizacja tego typu celów może odbywać poprzez zastosowanie technologii agentowych oraz metod sztucznej inteligencji.

Jako komponenty, za pomocą których realizowana jest koncepcja *ambient intelligence* wskazywane są następujące elementy [15]:

- inteligentne materiały (*smart materials*),
- elektromechaniczne systemy w skali mikro oraz technologie sensoryczne (*microelectromechanical systems and sensor technologies*),
- systemy wbudowane (*embedded systems*),
- wszechobecna komunikacja (*ubiquitous communications*),
- technologie urządzeń wejścia/wyjścia (*I/O device technology*),
- oprogramowanie zdolne do adaptacji (*adaptive software*).

Badania związane z *ambient intelligence* rozwijały się w kilku kierunkach: badania nad etyczną stroną zagadnienia i socjalnym aspektem oddziaływania technologii wszechobecnych [14, 16], badania nad technicznym aspektem zagadnienia, w tym: nad sposobem tworzenia ontologii dla „mądrej” przestrzeni [17, 18], sposobem realizacji programów zarządzających przestrzenią [19], sposobem tworzenia oprogramowania dla aplikacji wykorzystywanych w środowisku *ambient intelligence* [20] oraz nad sposobami komunikowania się poszczególnych artefaktów [12, 21].

Ma *et al.* [17] proponuje syntezę rozważań nad inteligentnymi przestrzeniami (*smart spaces*) w postaci inteligentnego świata (*smart world*). Synteza zbudowana jest na określeniu zasad integracji dotychczas oddzielnych inteligentnych przestrzeni, zbudowanych z przedmiotów, wyposażonych w możliwości przetwarzania informacji i zdolności komunikacyjne w celu wymiany posiadanych danych. Integracja ma dać w wyniku inteligentny świat, czyli cała przestrzeń, w której występuje wszechobecne przetwarzanie ma być zorganizowane na wyższym poziomie, pozwalającym na dostosowywanie zachowania poszczególnych inteligentnych przestrzeni (np. budynek biura, inteligentny dom) do wymagań korzystających z nich osób/grup. „Celem inteligentnego świata jest oferowanie nowych wszechobecnych usług we właściwym miejscu, we właściwym czasie i przy użyciu właściwych środków z pewnym poziomem/rodzajem mądrego bądź inteligentnego zachowania. Siła „mądrego” świata leży w bezproblemowej integracji i wzajemnej reakcji świata rzeczywistego z wirtualnym e-światem.”

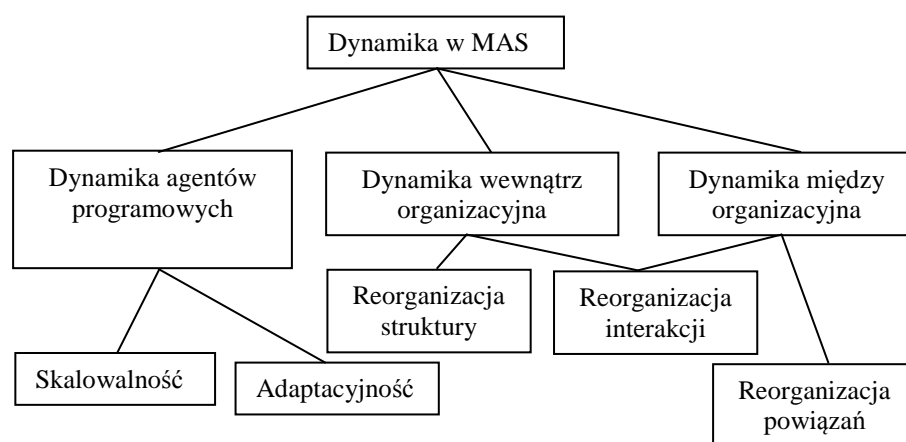
3. Dynamika zmian w systemach wieloagentowych

Wskazane cechy i definicje koncepcji *ambient intelligence* oraz jej podstawy technologiczne wskazują, iż zastosowanie aktualnie wykorzystywanych urządzeń oraz standardów pozwala na tworzenie samoorganizujących się sieci, wspomagających różne procesy w których uczestniczy człowiek. Jednak kluczowym zagadnieniem, które należy tutaj rozpatrzyć jest pasywność obecnie stosowanych rozwiązań w postaci urządzeń mobilnych, protokołów komunikacji oraz usług sieciowych. Z punktu widzenia budowy złożonych systemów zapewniających współprzetwarzanie oraz samoorganizację, kluczowe jest tworzenie rozwiązań o większej autonomiczności, związanej ze wskazanymi wcześniej postulatami samoorganizacji, rekonfigurowalności, kontekstowości, heterogeniczności i skalowalności. Rozwiązaniami, które mogą tutaj zostać zastosowane są systemy wieloagentowe, które dzięki wskazywanej w literaturze autonomiczności, proaktywności, adaptacyjności wykorzystane mogą zostać w procesie budowy rozwiązań *ambient intelligence*.

Dzięki zastosowaniu technologii agentowych możliwe stanie się łatwiejsze integrowanie rozproszonych urządzeń w ramach procesów biznesowych, w których uczestniczy człowiek, dynamiczne specyfikowanie procesów z ich udziałem, kodyfikacja

takich procesów w ramach koncepcji oprogramowania kompozytowego oraz uzyskiwanie nowej wiedzy o procesach i uczestniczących w nich podmiotach.

Z punktu widzenia zastosowania systemów wieloagentowych w koncepcji *ambient intelligence* kluczową cechą jaką przypisać można systemom wieloagentowym jest ich dynamiczność, wymagana w zmieniającym się otoczeniu [22]. W literaturze przedmiotu dynamikę zmian w systemie wieloagentowym rozpatruje się w zakresie agentów programowych (*agent dynamics*), między organizacyjnymi (*inter organization dynamics*) oraz wewnątrz organizacyjnych (*intra organization dynamics*). Rysunek 1 prezentuje kategorie dynamiki jakie rozpatrywane mogą być w systemach agentowych.



Rys. 1. Kategorie dynamiki zmian w systemach agentowych (opracowanie własne na podstawie [23])

Na poziomie agenta dynamiczność jego zachowań wynikać może z potrzeby dostosowywania się do zmian otoczenia, w którym się znajduje - adaptacji. W zmieniających się warunkach agent powinien samodzielnie dokonywać zmian jego poglądów, zachowań i priorytetów dotyczących planów działań, w zależności od zmieniających się celów.

Z punktu widzenia dynamiki wewnątrz organizacyjnej systemu wieloagentowego jak wskazują [23] można mówić o strukturze organizacji oraz strukturze społecznej systemu i w ich ramach rozpatrywać dynamiczność systemu wieloagentowego. W pierwszym przypadku do czynienia mamy z reorganizacją struktury systemu, dotyczącą zmian w zakresie ról, norm, celów, planów, które realizują poszczególni agenci. W przypadku drugiego spojrzenia wskazywać można na dynamiczność związaną ze zmianą schematu interakcji agentów między sobą.

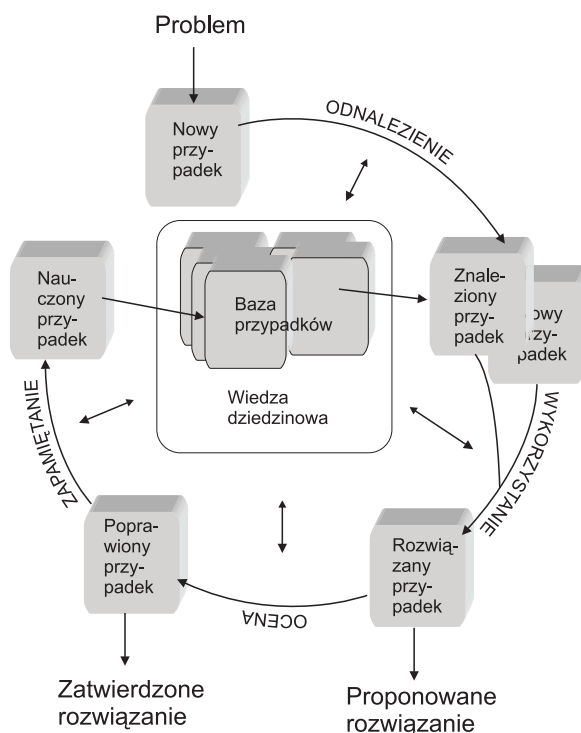
Ostatnim rodzajem dynamiki, jaki można rozpatrywać w systemach wieloagentowych jest dynamika międzyorganizacyjna. W kompleksowych rozwiązaniach może istnieć wiele systemów wieloagentowych, oddziałujących na siebie. W takim przypadku dynamika społeczna związana jest z oddziaływaniem poszczególnych społeczności agentów na siebie i dotyczyć może łączenia się społeczności oraz podziału. Z punktu widzenia powiązań, kompozycji systemów wieloagentowych można mówić o ich zależnościach, jako całości.

Wskazane możliwe spojrzenia na dynamikę zmian zachodzących w systemach wieloagentowych wymagają zastosowania odpowiednich rozwiązań, wspomagających adaptowanie się systemu do zmieniającego się otoczenia. Jednym z możliwych rozwiązań sztucznej inteligencji są algorytmy zapewniające wnioskowanie na podstawie przypadków.

4. Rozwiązania CBR

Wnioskowanie na podstawie przypadków nie ogranicza się do wiedzy uogólnionej, dotyczącej danej dziedziny zastosowań. Metoda ta wykorzystuje wiedzę specyficzną zawartą w doświadczeniach w przeszłości sytuacjach, zwanych przypadkami (*cases*) [24].

Riesbeck i Schank definiują CBR jako systemy rozwiązujące nowe problemy poprzez adaptację rezultatów, które były wykorzystane podczas rozwiązywania starych problemów [25]. Nowy problem jest rozwiązywany poprzez odnalezienie podobnego do niego przypadku w zbiorze i zastosowaniu do niego rozwiązania skojarzonego z odnalezionym przypadkiem. Istotną cechą odróżniającą CBR od innych metod wnioskowania jest to, że występuje w niej mechanizm ciągłego uczenia się systemu w sposób niezależny od eksperta. Odbyna się to poprzez gromadzenie rozwiązań przeszłych problemów i udostępnianie ich do rozwiązywania nowych problemów u przyszłości. Przypadki rozwiązane, będące elementami bazy wiedzy systemów CBR, zawierają zwykle wiedzę specyficzną dla danego problemu. Baza wiedzy nie musi zawierać wiedzy kompletnej dla danej dziedziny [26].



Rys. 2. Cykl działania CBR [27]

Cykl działania systemu realizującego metodę CBR opisuje się zwykle przy pomocy czterech procesów [28]:

- wyszukanie (*retrieve*) najbardziej podobnego przypadku lub zbioru przypadków,
- wykorzystanie (*reuse*) wiedzy zawartej w tym przypadku do rozwiązania problemu,
- ocena przydatności (*revise*) zaproponowanego rozwiązania,
- zapamiętanie (*retain*) doświadczenia w celu późniejszego wykorzystania podczas rozwiązywania nowych problemów w przyszłości.

Problem, znajdujący się na wejściu systemu, jest porównywany z przypadkami zgromadzonymi w bazie przypadków. Wyodrębniany jest z bazy jeden lub więcej przypadków spełniających kryterium podobieństwa do przypadku wejściowego. Jeżeli podobieństwo wyodrębnionych przypadków nie jest zbyt duże, ale nadal akceptowalne, to może się okazać konieczne podjęcie odpowiedniej adaptacji tych przypadków. Po dokonaniu adaptacji, gotowe rozwiązanie powiększa zasób bazy przypadków. Do cech systemów CBR zaliczamy:

- podejście CBR naśladuje w wierniejszy sposób ludzką inteligencję i proces uczenia ponieważ system wnioskujący modyfikuje swój sposób działania w oparciu o gromadzone doświadczenie,
- uczenie stanowi część architektury systemów CBR,
- rozumowanie i dedukcja wykorzystują wiedzę zawartą w przypadkach,
- łatwe jest pozyskiwanie wiedzy dziedzinowej,
- łatwa jest budowa i utrzymanie systemów realizujących tą metodę,
- systemy CBR zdolne są do rozwiązywania problemów spoza wyznaczonego zakresu,
- są skuteczne w dziedzinach charakteryzujących się bogatym doświadczeniem,
- są skuteczne w dziedzinach charakteryzujących się brakiem kompletnej wiedzy dziedzinowej lub jej dużym zaszumieniem,
- potrafią wyprowadzić poprawne rozwiązanie nawet wtedy, gdy dopasowanie przypadków porównywanych nie jest dokładne,
- potrafią wykorzystać wiedzę zdroworozsądkową,
- mogą wygenerować nowe rozwiązania (nie istniejące wprost w bazie wiedzy) stosując analogie do przypadków przeszłych,
- dostarczają czytelniejszych wyjaśnień proponowanych rozwiązań od systemów regułowych,
- przypadki stanowią zasobniejszy i bardziej dynamiczny sposób reprezentacji wiedzy dziedzinowej niż reguły.

5. Reprezentacja wiedzy

Reprezentowanie wiedzy (*knowledge representation*) można określić jako szczególny sposób odwzorowania wiedzy pewnej dziedziny za pomocą określonego języka reprezentacji wiedzy używanego przez system, który ją przetwarza. Reprezentacja wiedzy musi być jawna, czyli dostępna dla użytkownika w trakcie pracy systemu. Procesy odwzorowywania (reprezentowania) wiedzy zależne są od dziedziny, celu przetwarzania oraz kategorii myślowych stosowanych w relacji pomiędzy ekspertem w danej dziedzinie, a osobą odpowiedzialną za tworzenie bazy wiedzy (inżynierem wiedzy). W odniesieniu do systemów realizujących wnioskowanie metodą CBR stosuje się reprezentację przypadków

w postaci zbioru obiektów zawierających pary atrybut-wartość. Obiekty odzwierciedlają przypadki i zawierają listę atrybutów oznaczających cechy charakterystyczne. Wartości cech mogą należeć do zbioru wartości ilościowych i/lub jakościowych. Przypadki rozwiązane zawierają odniesienie do opisu rozwiązania (*solution*) w dowolnej formie. Metoda nie narzuca reguł reprezentacji rozwiązań. Przypadki zwykle gromadzone są na nośniku trwałym korzystając z istniejących technik gromadzenia danych, np. baz danych i wczytywane do pamięci (tzw. pamięci przypadków). Nic nie stoi na przeszkodzie aby pamięć przypadków zrealizować w formie dynamicznej i rozproszonej bazy wiedzy dostępnej dla agentów programowych.

Dla optymalnego działania systemu wnioskującego metodą CBR ważna jest kwestia użycia odpowiedniej reprezentacji wiedzy w pamięci przypadków. Standardowe algorytmy indeksowania dynamicznych struktur danych nie są wystarczające w odniesieniu do zbiorów przypadków. Dla dużych zbiorów tego typu reprezentacja liniowa w postaci powiązanej listy przypadków determinuje niską efektywność operacji przeszukiwania. Jednym ze skuteczniejszych i najczęściej stosowanych podejść [29] do tego problemu jest oparcie hierarchicznej struktury węzłów będących uogólnieniami przypadków indywidualnych na dynamicznym modelu pamięci zaproponowanym przez Schanka [30]. W konsekwencji tworzona jest struktura pakietów dotyczących tzw. uogólnionych epizodów (*GE - Generalized Episodes*) o wyraźnie określonej hierarchii. W pakietach zawarte są odniesienia do indywidualnych przypadków problemowych posiadających wspólne cechy (wartości atrybutów).

Uogólnione epizody zawierają: normy (*norms*), przypadki (*cases*) oraz indeksy (*indices*). Pojęciem normy określa się zbiór wszystkich cech o identycznych wartościach dla rozpatrywanego i jednocześnie partycjonowanego podzbioru przypadków. Pojęciem indeksu określa się natomiast zbiór cech odróżniających poszczególne przypadki problemowe od siebie w ramach wspólnej dla nich normy.

Bazę wiedzy stanowiącą podstawę mechanizmu wnioskującego używanego w środowisku wieloagentowym należy określić jako zbiór wzorców zachowań (reprezentacji) i procedur wartościujących oraz modyfikujących wybrane kategorie pojęciowe znane z obszaru relacji międzyludzkich. Do kategorii takich zaliczamy: przekonania (*beliefs*), dążenia (*desires*), cele (*goals*) i zamiary (*intentions*).

6. Podsumowanie

Ukazane w opracowaniu zagadnienia dotyczące koncepcji *ambient intelligence*, technologii agentowych oraz wykorzystania w nich wnioskowania na podstawie przypadków, wskazują na aktualność prezentowanej problematyki. Upowszechnienie się łatwo konfigurowalnych urządzeń mobilnych, posiadających wystarczające moce obliczeniowe oraz różnych technologii bezprzewodowej wymiany danych, pozwala coraz śmielej wskazywać możliwość ich integracji w ramach koncepcji prezentowanych w niniejszym opracowaniu.

Dzięki zastosowaniu ukazanych rozwiązań możliwe stanie się lepsze dopasowywanie efektów pracy urządzeń do wymagań użytkownika, łatwiejsze zdobywanie niezbędnych informacji oraz uzyskanie większego stopnia bezawaryjności działania całego systemu.

Zastosowanie wskazanych rozwiązań, wykorzystane może zostać w życiu codziennym np. w czasie jazdy samochodem, gdzie system będzie wspomagał użytkownika w omijaniu określonych odcinków trasy, w przelotach lotniczych, gdzie system określać może, jak powinien wyglądać proces rezerwowania biletów w czasie lotu z przesiadkami,

w medycynie, gdzie rozwiązania takie wspomagać mogą ciągły monitoring osób starszych lub chorych np. na chorobę Alzheimera. W takim przypadku zastosowanie koncepcji autonomicznych systemów rozproszonych oraz sensorów w pomieszczeniu chorego, wspomagać go może w realizacji codziennych czynności, dzięki określonym w systemie wzorcom jego zachowań i możliwej interakcji z otoczeniem.

Literatura

1. Quitadamo R., Zambonelli F: Autonomic communication services: a new challenge for software agents, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA, 2008.
2. Weber W., Rabaey J. M., Aarts E. H. L. (red.): *Ambient Intelligence*. Springer, 2005.
3. Weyrich C.: Orientations for WP2000 and beyond, ISTAG, 1999, <http://www.cordis.lu/ist/istagreports.htm> [dostęp 10.11.2011].
4. Philips Research. What is Ambient intelligence. <http://www.research.philips.com/technologies/projects/ami/index.html> [dostęp 17.11.2011].
5. Holmid S., Bjorklind A.: Ambient Intelligence to Go. Research Report: SAR-03-03, www.ida.liu.se/~stuha/anna-web/projects/AmIGo_WP.pdf [dostęp 17.11.2011].
6. Alcaniz M., Rey B.: *New Technologies for Ambient Intelligence*. [In:] *Ambient Intelligence* Red. Riva, F. Vatararo, F. Davide, M. Alcañiz. IOS Press, 2005.
7. Weiser M.: The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3):66–75, September 1991.
8. Ark W. S., Selker T.: A look at human interaction with pervasive computers. *IBM Syst J* 38(4): 504–507, 1999.
9. Satyanarayanan M.: *Pervasive Computing: Vision and Challenges*. IEEE Personal Communications, August 2001.
10. Stajano F.: Security issues in ubiquitous computing. [In:] *Handbook of ambient intelligence and smart environments*, red. Nakashima H., Aghajan H., Augusto J. C., Springer, 2010.
11. Poslad S.: *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. John Wiley & Sons, 2009.
12. Fernandez L., Hernandez J. H.: *Wireless Sensor Networks in Ambient Intelligence*. Univ. Politécnica de Valencia: Technologies for Health and Well-being Institute ITACA, 2009.
13. Pottie G., Kaiser W.: Wireless sensor networks. *Communications of the ACM*, 43(5): 51-58, 2000.
14. Brey P.: Freedom and privacy in ambient intelligence. *Ethics and Information Technology* (2005) 7:157–166.
15. Ramos C., Augusto J. C., Shapiro D.: Ambient Intelligence the Next Step for Artificial Intelligence. *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 23, No. 2 Mar./Apr. 2008.
16. Bohn J., Coroama V., Langheinrich M., Mattern F., Rohs M.: Social, economic and ethical implications of ambient intelligence and ubiquitous computing. [In:] W. Weber, J. Rabaey, and E. Aarts, editors, *Ambient Intelligence*, pages 5-29. Springer, 2005.
17. Ma J., Yang L. T., Apduhan B. O., Huang R., Barolli R., Takizawa M.: Towards a Smart World and Ubiquitous Intelligence: A Walkthrough from Smart Things to Smart Hyperspaces and UbiKids. *Journal of Pervasive Computing. & Communication* 1 (1), 2005.
18. Preuveneers D., Van den Bergh J., Wagelaar D., Georges A., Rigole P., Clerckx T.,

- Berbers Y., Coninx K., Jonckers V., De Bosschere K.: Towards an Extensible Context Ontology for Ambient Intelligence. EUSAI 2004: 148-159.
19. Hagrais H., Callaghan V., Colley M., Clarke G., Pounds-Cornish A., Duman H.: Creating an Ambient-Intelligence Environment Using Embedded Agents. IEEE Intelligent Systems, Vol. 19, Issue 6, pp. 12-20, November/December 2004.
 20. Guo B., Zhang D., Imai M.: Towards a Cooperative Programming Framework for Context-Aware Applications. ACM/Springer Journal of Personal and Ubiquitous Computing (PUC), Vol. 15, No. 3, 2011.
 21. Mejias B., Cadiz A., Van Roy P., Mens K.: A Self-Adaptable Network Topology for Ambient Intelligence. Self-Adaptive and Self-Organizing Systems Workshops, IEEE International Conference on, pp. 219-224, 2008 Second IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems Workshops, 2008
 22. Dignum V.: Handbook of Research on Multi-Agent Systems. Semantics and Dynamics of Organizational Models, 2009.
 23. Cuiyun Hu, Xinjun Mao, Huiping Zhou: Programming Dynamics of Multi-Agent Systems. PRIMA, 2011.
 24. Wnioskowanie na podstawie przypadków jako metoda wspomagająca proces podejmowania decyzji. Praca doktorska pod kierunkiem prof. zw. dr hab. H. Sroki, AE Katowice, 1999.
 25. Riesbeck C., Schank R., Hillsdale N.J.: Inside Case-Based Reasoning. Lawrence Erlbaum, 1989.
 26. Wrona S., Zadora P.: Przetwarzanie wiedzy pochodzącej z przeszłości w celu rozwiązania problemów klasyfikacyjnych. [w:] Sroka H., Stanek S.: Inteligentne systemy wspomagania decyzji w zarządzaniu. Transformacje systemów, AE Katowice 1997.
 27. Zadora P, Wolny W.: Systemy wnioskujące na podstawie przypadków. Systemy wspomagania Organizacji. AE, Katowice, 2002.
 28. Althoff K. D.: Knowledge acquisition in the domain of CNC machine centers; the MOLTKE approach. [In:] Boose J., Gaines B., Ganascia J-G. (eds.): Third European Workshop on Knowledge-Based Systems, Paris, July 1989.
 29. Kolodner J.: Reconstructive memory, a computer model. Cognitive Science 7 (1983), pp. 281 - 328.
 30. Schank R.: Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People. Cambridge University Press, 1982.

Dr hab. inż. Stanisław STANEK
 Wyższa Oficerska Szkoła Wojsk Lądowych we Wrocławiu
 51 - 150 Wrocław, ul. Piotra Czajkowskiego 109
 tel./fax: (48) 32 387 0574
 e-mail: stan_stanek@neostrada.pl

Dr Mariusz ŻYTNIIEWSKI
 Dr Piotr ZADORA
 Mgr Radosław KOWAL
 Katedra Informatyki
 Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
 40-287 Katowice, ul. 1-go Maja 50
 tel./fax: (48) 32 257 7000
 e-mail: ki@ue.katowice.pl