

Stanisław Stanek

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych

Mariusz Żytniewski

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

NEGOCJACJE W SYSTEMACH WIELOAGENTOWYCH Z ZASTOSOWANIEM STANDARDÓW FIPA

Wprowadzenie

Negocjacje stanowią obustronny proces komunikacji zorientowany na uzyskanie konsensusu, porozumienia, akceptacji w sytuacji, gdzie jedna ze stron nie zgadza się na postulowany wynik prowadzonych rozmów.

Procesy negocjacji stanowią fundament komunikacji w społecznościach ludzkich, jednak także w systemach informatycznych można odnaleźć standardy określające etapy procesu negocjacji międzysystemowych. Szczególnie dostrzegalne jest to w przypadku rozwiązań komunikujących się ze sobą na podstawie komunikatów i tworzonych w celu wspomaganie lub zastępowania działań człowieka. Jednym z rozwiązań informatycznych, w którym można zaobserwować procesy negocjacji są systemy wieloagentowe, w których autonomiczne jednostki, realizując powierzone im zadania, mogą negocjować, komunikując się ze sobą. W przypadku systemów wieloagentowych negocjacje często są wykorzystywane w systemach aukcyjnych.

W systemach wieloagentowych, w których interakcji podlega minimum dwóch agentów, proces negocjacji wymaga zdefiniowania języka, w jakim agenci będą się komunikować, protokołu interakcji wskazującego rodzaje aktów komunikacji oraz ich kolejność, a także strategii integracji oddziałującej na efekt końcowy działań agentów. W przypadku budowy systemów wieloagentowych aktualnie uznawanymi standardami języków komunikacji są KQML oraz FIPA ACL [Luck et al. 2004], pozwalające na definiowanie aktów komunikacji między agentami oraz jednoznacznie określające jak powinna wyglądać syntak-

tyczna strona komunikatu. Z punktu widzenia negocjacji bardziej istotne jest jednak określenie protokołu interakcji między agentami, który definiuje efekty procesu komunikacji.

W niniejszej pracy zostaną zaprezentowane zagadnienia dotyczące negocjacji w systemach wieloagentowych z zastosowaniem standardów FIPA. W rozdziale pierwszym opracowania zostaną przedstawione podstawowe informacje na temat negocjacji w systemach wieloagentowych. W tym celu zostanie ukazane znaczenie negocjacji w modelowaniu interakcji agentów programowych, rodzaje komunikatów stosowanych w systemach wieloagentowych wykorzystujących standard FIPA ACL oraz możliwe rodzaje aukcji internetowych, które mogą być wspomagane przez agentów programowych. W rozdziale drugim zostaną zaprezentowane często stosowane protokoły interakcji zgodne ze specyfikacją FIPA. W tym celu zostanie omówione jedenaście diagramów przedstawiających modelowe sekwencje współdziałania agentów, które swoje zastosowanie mogą znaleźć w budowanych systemach wieloagentowych.

1. Negocjacje

„Negocjacje to proces wzajemnego poszukiwania takiego rozwiązania, które satysfakcjonuje wszystkie zaangażowane w konflikt strony. Dają one wszystkim uczestnikom szansę zrealizowania swojego interesu (potrzeby) w takim wymiarze, który jest możliwy do zaakceptowania. Oznacza to, że każdy ma prawo do realizacji swoich interesów, jednak ograniczone przez konieczność liczenia się z potrzebami drugiej strony. Negocjacja zakłada traktowanie rozmówcy jako partnera, który tak jak my nie lubi przegrywać (chce szacunku i uznania)” [Jamrożek i Sobczak 1997, s. 114-115].

Można także wskazać, iż negocjacje to „(...) proces, w którym zaangażowane są dwie lub więcej komunikujące się między sobą strony, które posiadają różne zbieżne, ale nie sprzeczne cele i które mają zamiar osiągnąć rozsądny kompromis w oparciu o obustronnie akceptowane porozumienie (...)” [Telesca et al. 2007].

Negocjacje stanowią podstawę interakcji międzyludzkiej i są dostrzegalne w różnych dziedzinach życia, jak dyplomacja, biznes, interakcja międzyludzka. W kontekście procesów negocjacji można wskazać dwa obszary teorii decyzji, które są z nim związane. Jest to wspomaganie decyzji wielokryterialnych w przypadku więcej niż jednego kryterium oceny decyzji oraz problematyka konkurencyjności decyzji związana z koncepcją teorii gier w obszarze, gdzie możliwe jest tworzenie rozwiązań informatycznych wspomagających procesy decyzyjne. Zastosowanie negocjacji ilustruje rys. 1, większość wskazanych na

tym rysunku powiązań wiąże się z potrzebą różnorodnych negocjacji. Odgrywanie różnorodnych ról przez agentów oprogramowania wiąże się z potrzebą wyposażenia ich w mechanizmy wspierające negocjacje.



Rys. 1. Ogólny model wzajemnych wewnętrznych i zewnętrznych powiązań obiektu przedsiębiorstwa

Źródło: Ingram i Stanek [1994].

Poszczególne strzałki ukazane na rys. 1 wskazują na różnorodność powiązań poszczególnych działów organizacji, które aby zapewnić prawidłowe działanie organizacji, komunikują się ze sobą.

2. Negocjacje w systemach agentowych

Rozwój koncepcji semantycznego Internetu jest nieodłącznie związany z koncepcją agentów programowych (autonomicznych oraz współdziałających w danym środowisku [Subercaze i Maret 2011]), których zadaniem jest wykorzystywać wiedzę zapisaną w postaci ontologii w procesie realizacji powierzonych im celów [Hasan i Gandon 2012]. Rozwój e-commerce aktualnie jest utożsamiany z zastosowaniem Internetu przez człowieka. Serwisy aukcyjne są ukierunkowane na prezentowanie treści i w niewielkim stopniu wspomagają semantyczną reprezentację danych w postaci ontologii. Zastosowanie technologii agentowych jest ukierunkowane na zautomatyzowanie procesu zakupów

przez Internet, wspomaganie informowania klientów i promowania produktów oraz firm, sterowania i nadzorowania realizacją procesów biznesowych. Agenty programowe pozwalają na redukcję ilości czynności podejmowanych przez użytkowników oraz ilości informacji, które musi przetworzyć człowiek [Vijaya-Lakshmi et al. 2011, s. 52-56]. W tym celu jednak muszą istnieć odpowiednie mechanizmy wspomagające współdziałanie agentów, a w szczególności zapewniające im możliwość komunikacji z otoczeniem. W przypadku technologii agentowych kluczowymi aspektami, na które należy zwrócić uwagę są protokoły negocjacji oraz strategię negocjacji [Jennings et al. 2000].

Protokoły negocjacji zarządzają procesem negocjacji, określając zasady jakimi mają kierować się agenci w procesie interakcji z innymi agentami. Strategie negocjacji określają ramy w sposobie prowadzenia negocjacji na podstawie przyjętych protokołów negocjacji agentów.

Oprócz tych dwóch aspektów, istotnym staje się także standard w jakim agenci komunikują się ze sobą, który musi być akceptowalny przez wszystkie jednostki agentów programowych. Wskazane trzy elementy w postaci standardu języka, w którym komunikują się agenci, protokołu oraz strategii negocjacji stanowią kluczowe elementy, które muszą zostać rozpatrzone w przypadku budowy systemu wieloagentowego.

Z punktu widzenia technologii agentowych negocjacje mogą być traktowane jako proces rozproszonego poszukiwania w przestrzeni potencjalnego porozumienia między autonomicznymi agentami programowymi. Każdy z zaangażowanych agentów w przypadku rozpoczęcia negocjacji posiada swoją przestrzeń, w której jest on skłonny zawrzeć porozumienie, oraz sposoby oceny w jakim stopniu jest on skłonny to porozumienie zawrzeć. W trakcie negocjacji przestrzeń ta może się rozszerzyć lub kurczyć w wyniku czynników zewnętrznych lub oddziaływania podmiotu, z którym negocjacje są prowadzone. Negocjacje kończą się kiedy oba podmioty znajdą wspólne akceptowalne dla obu rozwiązanie, należące do przestrzeni każdego z nich.

Koordinacja działań agentów polega na wspólnej realizacji zbieżnych lub rozbieżnych celów poszczególnych jednostek. W przypadku kiedy cele agentów są rozbieżne pojawia się współzawodnictwo, które z punktu widzenia technologii agentowych może mieć zastosowanie w systemach aukcyjnych. W tym przypadku można wskazać kilka rodzajów aukcji:

Aukcja angielska (ang. English auction) – w tym typie aukcji wystawiający towar (sprzedawca) oraz przynajmniej dwóch kupujących licytują najwyższą kwotę sprzedaży określonego towaru. Licytujący przebijają swoje oferty zakupu o określoną kwotę przebicia, której minimalna wartość jest z góry znana. Koniec aukcji następuje, kiedy nie ma już chętnych do dalszego podnoszenia oferowanej ceny lub wygaśnie czas przeznaczony na składanie kolejnych ofert.

Aukcja holenderska (ang. Dutch auction) – podczas aukcji tego rodzaju sprzedający ustala wysoką cenę wywoławczą, która następnie jest stopniowo obniżana do momentu zaakceptowania jej przez kogoś z kupujących.

Przetargi (ang. sealed bid first price auction) – w tym przypadku nie jest znana kwota, jaką oferują uczestnicy, aż do momentu zakończenia przetargu. Zwycięzcą jest ten uczestnik, który zaoferował największą kwotę.

Przetargi drugiej ceny (ang. sealed bid second-price auction) – jest to rodzaj przetargu, w którym wygrywa ten, który określił drugą co do wysokości kwotę za licytowany towar. Czasem jest ona zwana także aukcją Vickrey’ a.

Negocjacje z ceną ustaloną (ang. fixed-price negotiation) – w tym przypadku sprzedający ustala stałą kwotę, za którą można nabyć wybrany towar. Kupujący muszą uiścić tę kwotę, aby stać się jego posiadaczami [Ganzha et al. 2008].

Z punktu widzenia realizacji systemu aukcyjnego na podstawie technologii agentowych konieczne jest określenie konwencji procesu negocjacji w kontekście jego protokołu interakcji między agentami. Aby taka komunikacja istniała, muszą być jednak spełnione określone wymagania dotyczące usługi transportu realizowanej w ramach danej platformy wieloagentowej:

- przesyłanie zakodowanej wiadomości odbywa się w postaci sekwencji bajtów;
- usługi transportu powinny być niezawodne, dokładne, uporządkowane (kolejność), niespełnienie tych własności powinno być sygnalizowane;
- agent ma opcję wyboru sposobu odebrania wiadomości: uśpienie lub oczekiwanie na wiadomość (tryb synchroniczny) lub wykonywanie innych czynności podczas oczekiwania na odpowiedź (tryb asynchroniczny);
- czas przeterminowania nie jest parametrem aktu komunikacyjnego, tylko systemowi usług transportu wiadomości;
- po wykryciu błędów, system może wysłać informację o tym fakcie do nadawcy w postaci wiadomości o błędzie;
- system zapewnia wybór poprawnego mechanizmu transportu (TCP/IP, SMTP, http etc.) – [Sosnowski 2007].

Jak wspomniano wcześniej, komunikacja agentów składa się z tzw. aktów komunikacji, które określają rodzaj wypowiedzi. Model referencyjny FIPA określa kilka takich aktów komunikacji.

Interpretację podstawowych aktów komunikacji FIPA ACL przedstawia poniższa tab. 1.

Tabela 1

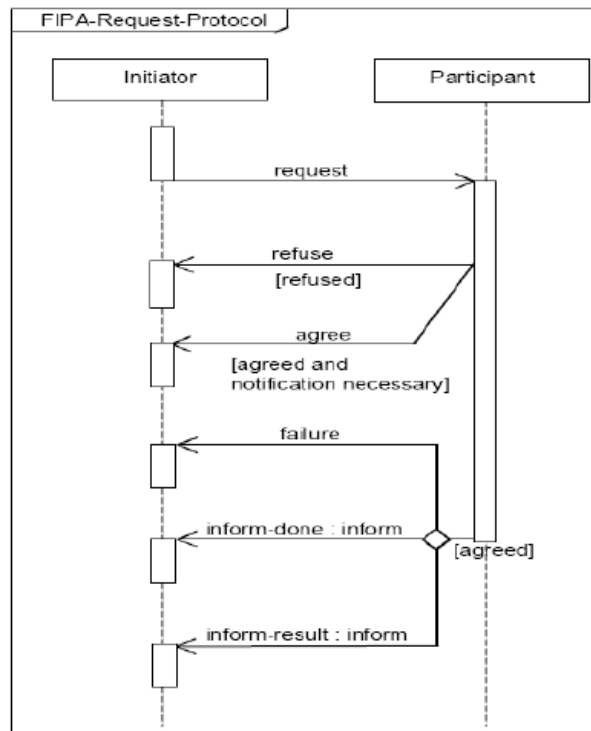
Opis aktów mowy w języku ACL

Język potoczny	Akt komunikacji
Pytanie: „Czy leci woda?”	query
Informacja: „Leci woda”	inform
Polecenie: „Puść wodę”	request
Aprobata: „Tak, puszczę wodę”	agree
Dysaprobata: „Nie, nie puszczę wody”	failure
Propozycja: „Mogę puścić wodę za 5 min”	propose
Zapytanie: „Kto puści wodę”	Cfp – (ang. Call for proposal)
Subskrypcja: „Poinformuj mnie jak ktoś puści wodę”	subscribe

W literaturze można wskazać protokoły negocjacji, których etapy realizacji składają się na fazę wstępną, fazę składania propozycji oraz fazę formułowania porozumienia [Bartolini et al. 2002]. W odniesieniu do procesu negocjacji agentów programowych najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest jednak standard FIPA, w którym można wyróżnić następujące protokoły [www1]:

FIPA Request Interaction Protocol

Jest to prosty w zastosowaniu protokół, który pozwala na zgłaszanie przez jednego agenta potrzeby wykonania określonej akcji przez inną jednostkę. Adresat żądania może zatwierdzić (ang. *agree*) wykonanie zadania lub je odrzucić (ang. *not-understood*, *refuse*), informując agenta inicjującego żądanie o rezultacie swojej decyzji lub wynikach swoich działań (ang. *failure*, *inform-done*, *inform-result*). Dodatkowo istnieje możliwość zdefiniowania warunków, które mają być spełnione, aby akcja mogła zostać zainicjowana. Jest to związane z zastosowaniem FIPA Request When Interaction Protocol. Zależności te zostały przedstawione na rys. 2.

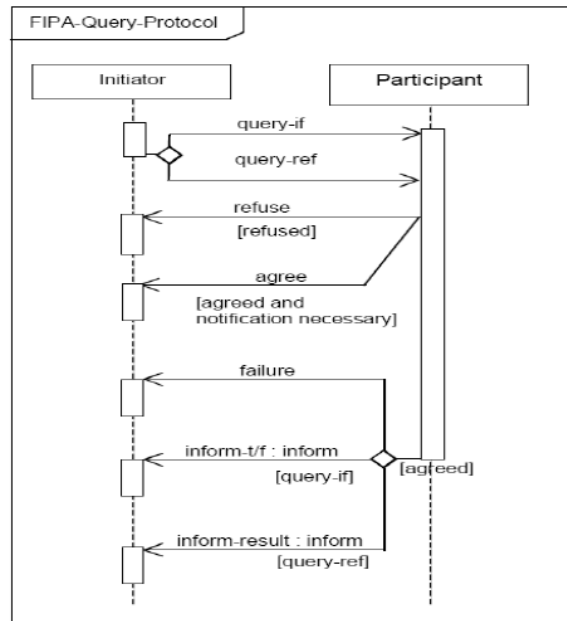


Rys. 2. Diagram prezentujący protokół FIPA-Request-Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Query Interaction Protocol

Nadawca komunikatu żąda od jego odbiorcy wykonania akcji typu informacyjnego. Odbiorca może zgodzić się na wysłanie informacji *agree*. W takim przypadku po wysłaniu komunikatu *query-if* oczekuje odpowiedzi typu *inform* zwracającej prawdę lub fałsz. W przypadku *query-ref* oczekiwaną odpowiedzią jest *inform-result* wskazującą na obiekt, który był przedmiotem zapytania. W przypadku zwrócenia odpowiedzi odmownej *refuse*, dalsze akcje są pomijane. Zależności te zostały przedstawione na rys. 3.

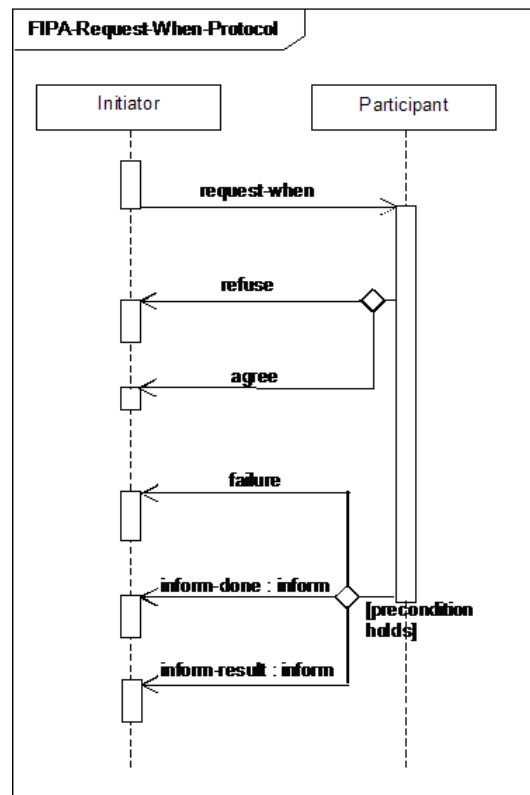


Rys. 3. Diagram prezentujący protokół FIPA Query Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Request When Interaction Protocol

Ten typ protokołu jest stosowany wówczas, kiedy agent inicjujący żąda określonej akcji od agenta odbiorcy w przyszłości, kiedy zostaną spełnione określone warunki (ang. *request-when*). Agent odbierający żądanie może nie zrozumieć (ang. *not-understood*), przyjąć realizację działania (ang. *agree*) lub odmówić jego realizacji (ang. *refuse*). W przypadku kiedy warunki zostaną spełnione, agent odbierający akceptuje zadanie i informuje o tym nadawcę (ang. *agree*). Następnie poprzez komunikaty informacyjne (ang. *inform*) wysyła odpowiedź nadawcy. Może także wskazać, iż zadanie nie zostanie zrealizowane (ang. *failure*). W przypadku odrzucenia agent inicjujący nie będzie oczekiwał na rezultaty. Zależności zostały przedstawione na rys. 4.

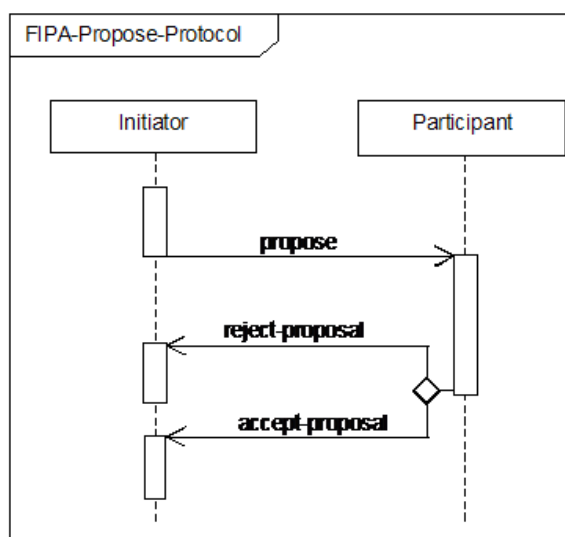


Rys. 4. Diagram prezentujący protokół FIPA Request When Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Propose Interaction Protocol

W tym przypadku agent inicjujący składa ofertę określonego działania danej jednostce *propose*, która może zostać przyjęta *accept-proposal* bądź odrzucona *reject-proposal*. Efektem tych działań z reguły jest kolejny zestaw akcji podejmowanych przez agentów nieujęty na diagramie. Zależności zostały przedstawione na rys. 5.

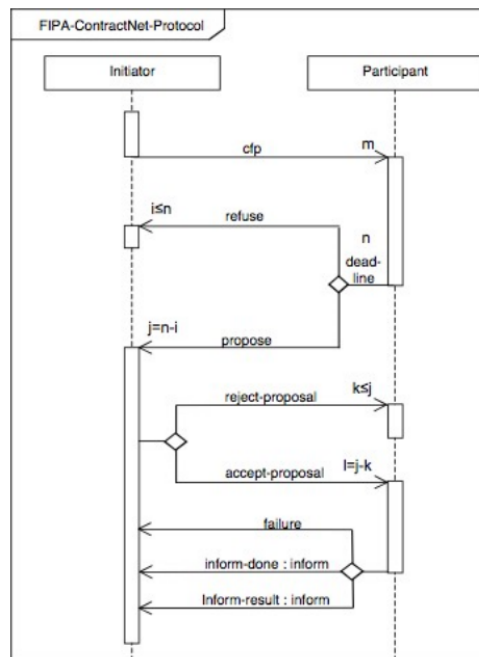


Rys. 5. Diagram prezentujący protokół FIPA Propose Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Contract Net Interaction Protocol

Jest to przykład protokołu, w którym odbiorcami komunikatu może być wielu agentów. Agent inicjator zainteresowany realizacją pewnej usługi przez innego z agentów, rozsyła do wybranej grupy agentów zapytanie związane z jej realizacją oraz charakterystyką *cfp* (ang. *Call for Proposal*). Jeżeli propozycje zostaną zaakceptowane, poszczególni odbiorcy składają swoje oferty *propose*, z których agent inicjujący wybiera najlepszą i zleca wybranemu agentowi lub grupie agentów wykonanie określonych zadań *accept-propose* lub je odrzuca *reject-proposal*. W efekcie otrzymuje komunikat o wykonaniu zadania *inform-done* lub uzyskane wyniki *inform-result*. Możliwe jest także uzyskanie komunikatu o problemach z realizacją zadania *failure*. Zależności zostały przedstawione na rys. 6.

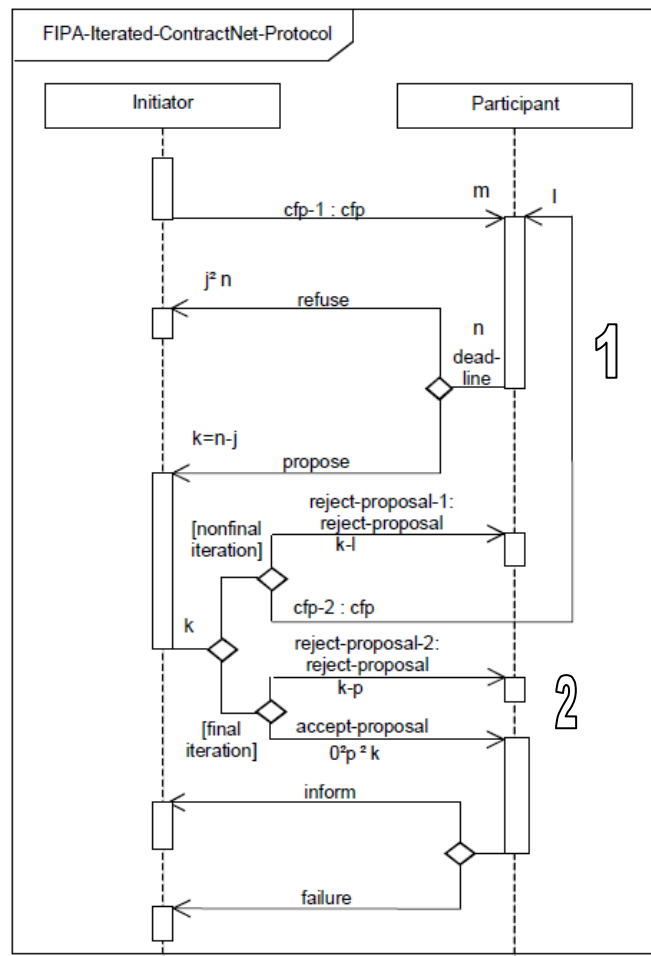


Rys. 6. Diagram prezentujący protokół FIPA Contract Net Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Iterated Contract Net Interaction Protocol

Jest on rozszerzeniem protokołu FIPA Contract Net Interaction Protocol. W tym przypadku po wysłaniu komunikatów *cfp* oraz otrzymaniu odpowiedzi, agent inicjujący może dokonać ponownego rozesłania zmodyfikowanego komunikatu *cfp* do wybranych agentów (1) oraz odrzucić propozycje pozostałych agentów. Po otrzymaniu nowego zestawu propozycji jest dokonywany finalny wybór najlepszej (2). Daje to możliwość uzyskania lepszych ofert. Zależności zostały przedstawione na rys. 7.



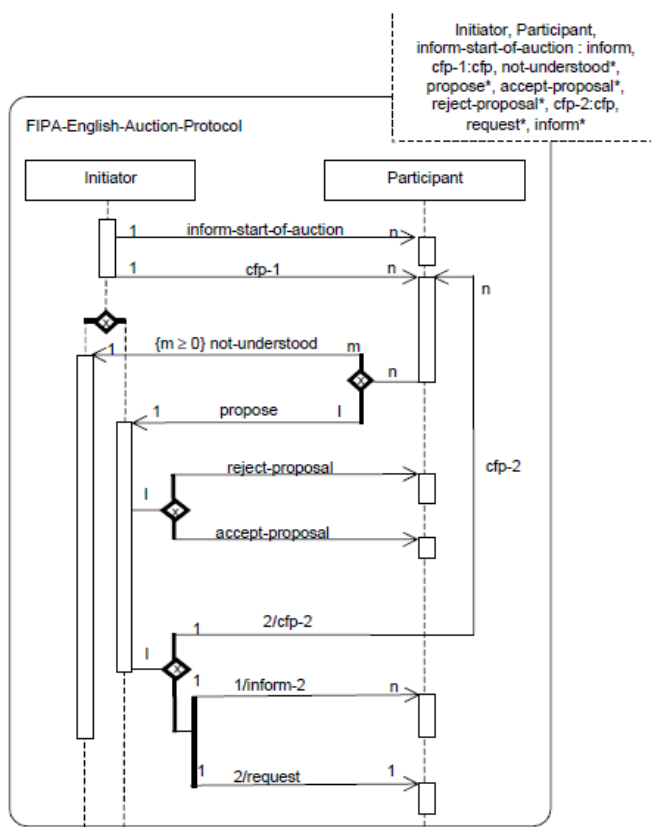
Rys. 7. Diagram prezentujący protokół FIPA Iterated Contract Net Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA English Auction Interaction Protocol

Jest to typowy rodzaj aukcji, w której podmiot wystawiający towar na licytację określa cenę początkową, za którą jest gotowy sprzedać towar. W kolejnych iteracjach licytujący podbijają oferowaną cenę, która aby towar został sprzedany, powinna przekroczyć założony przez sprzedającego określony pułap. Aukcja kończy się w momencie kiedy zakończy się zgłaszanie kolejnych ofert przez oferentów lub po wyznaczonym czasie. Ostatnia najwyższa oferta jest

traktowana jako cena sprzedaży towaru. W przypadku diagramu FIPA w pierwszej kolejności następuje poinformowanie uczestników o rozpoczęciu aukcji *inform-start-of-auction*, oferta definiowana jest jako wiadomość *cfp* i jest rozsyłana do wszystkich uczestników aukcji (na diagramie ujęte jest to jednorazowo). Z racji charakteru systemu wieloagentowego, agenty programowe mogą składać w tym samym czasie oferty kupna *propose*. Z tego względu każdy z nich oczekuje na otrzymanie komunikatu *accept-proposal* w przypadku zatwierdzenia oferty lub *reject-proposal* w przypadku jej odrzucenia. W przypadku przebiccia ceny jest wysyłany kolejny komunikat *cfp* i następuje oczekiwanie na nowe propozycje. W efekcie następuje wysłanie komunikatu o wyniku aukcji *inform* do jej uczestników oraz komunikatu *request* do agenta, który aukcję wygrał. Zależności zostały przedstawione na rys. 8.



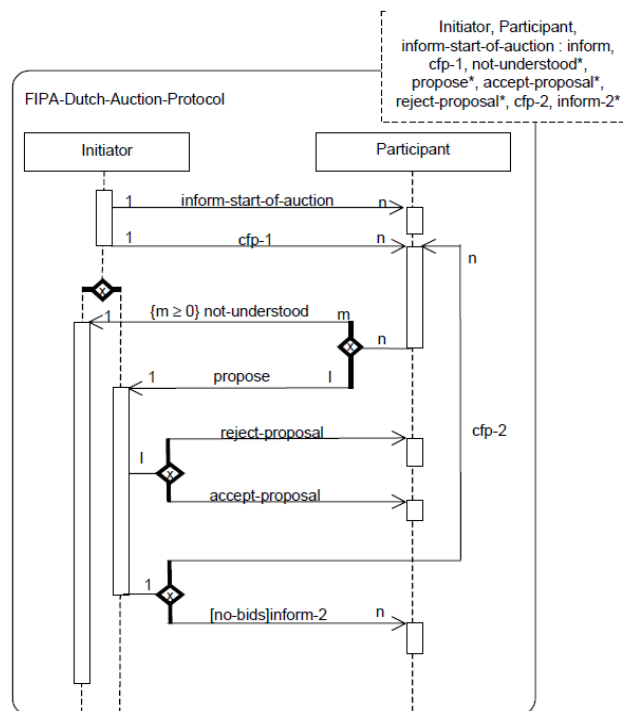
Rys. 8. Diagram prezentujący protokół FIPA English Auction Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Dutch Auction Interaction Protocol

Aukcja typu holenderskiego jest odwrotnością aukcji typu angielskiego. Tutaj sprzedający stara się znaleźć cenę, za którą kupujący są chętni dokonać zakupu towaru, obniżając ją. W tym celu określa on wysoką cenę początkową, która jest w kolejnych iteracjach zmniejszana, do momentu pojawienia się kupującego chętnego aktualną cenę zapłacić. Cena jest obniżana do pewnego poziomu, który jest określany przez sprzedającego. Jeżeli cena zejdzie poniżej tego poziomu, aukcja jest przerywana.

Podobnie jak w poprzednim przykładzie następuje poinformowanie uczestników o rozpoczęciu aukcji. Każdy z uczestników może w dowolnej chwili złożyć propozycję zakupu *propose*. Opisany protokół nie określa zasad działania w przypadku pojawienia się kilku ofert, dlatego przyjmuje się, iż wygrywa pierwsza *accept-proposal*. Reszta ofert jest odrzucana *reject-proposal*. W przypadku braku ofert, cena ulega obniżeniu oraz jest rozsyłany nowy komunikat *cfp*. W przypadku braku ofert, aukcja jest kończona i wysyłany komunikat *inform*. Zależności zostały przedstawione na rys. 9.

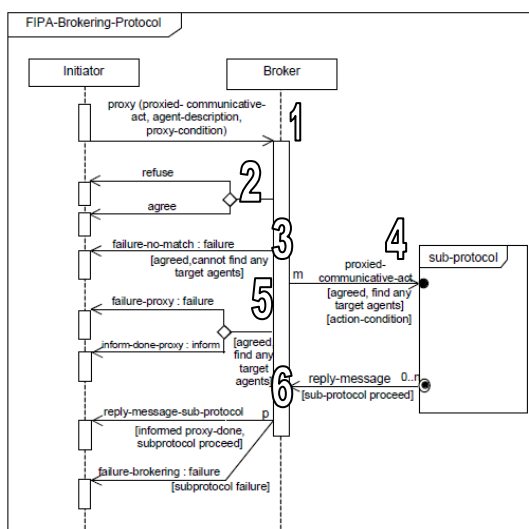


Rys. 9. Diagram prezentujący protokół FIPA Dutch Auction Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Brokering Interaction Protocol

W przypadku procesu integracji systemów informatycznych istnieje możliwość zastosowania mechanizmu mediacyjnego, w którym rolę elementu integrującego i zarządzającego wymianą komunikatów w systemie pełni broker – pośrednik. Podobnie w systemach wieloagentowych, istnieje możliwość takiego zdefiniowania architektury systemu wieloagentowego, aby komunikacja w nim zachodziła na podstawie zdefiniowanego pośrednika. Jest to agent, którego zadaniem jest udostępnianie pozostałym agentom w systemie wieloagentowym zbioru usług komunikacyjnych oraz ich parametrów. W przypadku systemów aukcyjnych agent tego typu może przechowywać katalog sprzedawców oraz parametry towarów, które oferują. Oferent na tej podstawie może podjąć decyzję, w których aukcjach powinien uczestniczyć oraz jakie założenia dotyczące maksymalnej oferowanej ceny powinien przyjąć. Może także to zadanie powierzyć brokerowi, który samodzielnie rozesłże zapytanie ofertowe do odpowiednich sprzedawców. Na początku (1) agent inicjujący wysyła do agenta pośredniczącego specyfikację, opisującą agentów docelowych, komunikat jaki ma zostać im przesłany oraz dodatkowe parametry. Agent pośredniczący może wyrazić zgodę *agree* lub odrzucić zadanie *refuse* (2). Jeżeli zaakceptuje zadanie, następuje próba identyfikacji agentów docelowych. W przypadku niemożliwości ich odnalezienia proces jest przerywany (3). Po przesłaniu do wybranych agentów komunikatów (4), następuje poinformowanie agenta inicjującego o poprawności wykonanego zadania (5). Po zebraniu odpowiedzi od agentów docelowych wyniki są przekazywane do agenta inicjującego (6). Zależności zostały przedstawione na rys. 10.

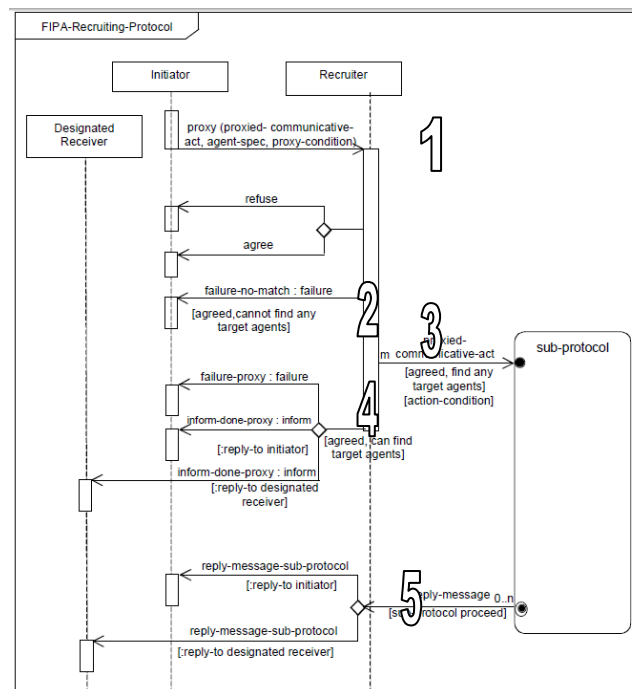


Rys. 10. Diagram prezentujący protokół FIPA Brokering Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Recruiting Interaction Protocol

Protokół ten jest podobny do FIPA Brokering Interaction Protocol. W jego założeniach istnieje agent pośredniczący spełniający rolę brokera, którego zadaniem jest posiadać informacje na temat innych agentów. W odróżnieniu od FIPA Brokering Interaction Protocol agent broker nie pośredniczy w odbieraniu i wysyłaniu komunikatów między komunikującymi się agentami. Jego zadaniem jest określenie jacy agenci spełniają określone przez agenta inicjującego kryteria oraz przesłanie do nich zapytania. Odpowiedź jest kierowana nie do agenta brokera, ale do oryginalnego nadawcy lub innego zdefiniowanego odbiorcy. Na początku (1) agent inicjujący wysyła do agenta pośredniczącego specyfikację opisującą agentów docelowych, komunikat jaki ma zostać im przesłany oraz inne parametry. Agent pośredniczący może wyrazić zgodę *agree* lub odrzucić zadanie *refuse*. Jeżeli zaakceptuje zadanie, następuje próba identyfikacji agentów docelowych. W przypadku niemożliwości ich odnalezienia proces jest przerywany (2). Po przesłaniu do wybranych agentów komunikatów (3), następuje poinformowanie agenta inicjującego lub zdefiniowanego odbiorcę o wykonaniu zadania (4). Na tym kończy się działanie agenta pośredniczącego. Odpowiedzi od agentów docelowych bez jego pośrednictwa są przekazywane do zdefiniowanego odbiorcy lub agenta inicjującego (5). Zależności zostały przedstawione na rys. 11.

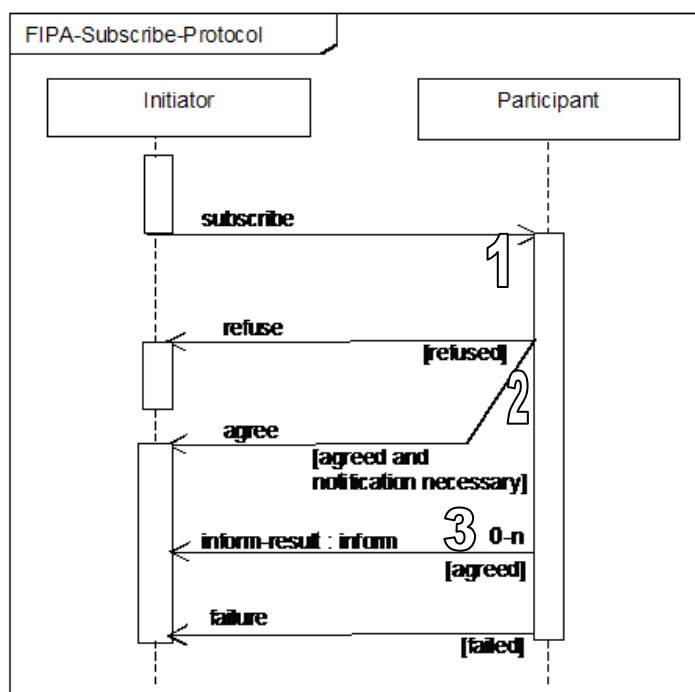


Rys. 11. Diagram prezentujący protokół FIPA Recruiting Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

FIPA Subscribe Interaction Protocol

Protokół umożliwiający wysłanie do agenta zadania podejmowania akcji w stosunku do innego agenta w przypadku, kiedy nastąpi zmiana stanu określonego obiektu (1). Agent adresat usługi może odmówić przyjęcia usługi lub zaakceptować jej realizację, informując nadawcę o swojej decyzji (2). Agent realizujący usługę informuje agenta wzbudzającego cały proces o wynikach wykonania usług oraz stanie agenta, który jest ich odbiorcą (3). Agent realizujący proces komunikacji może wysyłać komunikaty do różnych agentów, wykorzystując równocześnie różne wskazane protokoły. Zależności zostały przedstawione na rys. 12.



Rys. 12. Diagram prezentujący protokół FIPA Subscribe Interaction Protocol

Źródło: [WWW1].

Ukazane protokoły komunikacji agentów programowych w systemach wieloagentowych wskazują na wysoki stopień formalizacji procesu negocjacji agentów. Zastosowanie wskazanych protokołów wspomaga tworzenie systemów aukcyjnych oraz rozwiązań pośredniczących, wykorzystujących agentów programowych.

Podsumowanie

Ukazana problematyka negocjacji w systemach wieloagentowych jest związana z zastosowaniem określonych standardów, wzorców wskazujących jak powinna przebiegać interakcja dla celu uzyskania konkretnego efektu.

Zastosowanie sformalizowanych protokołów interakcji agentów wspomaga proces projektowania i budowy takich rozwiązań oraz ułatwia modelowanie współdziałania jednostek. Poszczególne ukazane w pracy akty komunikacji oraz protokoły FIPA pozwalają w łatwy sposób definiować działanie systemu wieloagentowego oraz wspomagają zachodzące w nim procesy negocjacji.

Różnorodność protokołów interakcji FIPA wskazuje, iż ich zastosowanie może wspierać tak proste procesy komunikacji agentów, polegające na określeniu zadań danej jednostki np. FIPA Request Interaction Protocol, jak i bardziej skomplikowane, wykorzystujące mechanizmy mediacyjne, a związane z koniecznością wykorzystania agentów pośredniczących, np. FIPA Brokering Interaction Protocol lub FIPA Recruiting Interaction Protocol.

Ukazane protokoły komunikacji mogą także wspierać budowę systemów aukcyjnych, wspomaganych przez agentów programowych. Przykładem może być tutaj omówiony przebieg aukcji angielskiej (FIPA English Auction Interaction Protocol) lub holenderskiej (FIPA Dutch Auction Interaction Protocol) w wykonaniu systemu wieloagentowego, gdzie przedstawiony w opracowaniu standard FIPA jednoznacznie wskazuje procedurę realizacji całego procesu.

Omówione w pracy koncepcje znajdują swoje zastosowanie w tworzonych obecnie platformach wieloagentowych. Przykładem takiej platformy jest rozwiązanie JADE, zapewniające możliwość zastosowania ukazanych aktów komunikacji oraz standardów interakcji w budowie systemu wieloagentowego.

Literatura

- Bartolini C., Preist C. and Jennings N.R. (2002): *A Generic Software Framework for Automated Negotiation*. In: Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS), Bologna.
- Ganzha M., Gawinecki M., Kobzdej P., Paprzycki M. (2008): *Modelowy agentowy system e-commerce*, http://www.ibspan.waw.pl/~paprzyck/mp/cvr/research/agent_papers/ECOM_2008_PL.pdf [02-07-2011].
- Hasan R., Gandon F. (2012): *Explanation in the Semantic Web: A Survey of the State of the Art*. Research Report RR-7974, INRIA, (Maj 2012), <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/70/22/77/PDF/RR-7974.pdf>.

- Ingram, M., Stanek, S. (1994): *Formułowanie zakresu systemu informatycznego na przykładzie Inteligentnej Komputerowej Gry Strategicznej (IKGS)*. Wydawnictwo AE, Katowice.
- Jamrozek B., Sobczak J. (1997): *Komunikacja interpersonalna*. eMPi2, Poznań.
- Jennings N.R., Parsons S., Sierra C., Faratin P. (2000): *Automated Negotiation*. In: Proceedings of the 5th International Conference on The Practical Applications of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM 2000), Manchester, UK April 10-12.
- Luck M., Ashri R., d'Inverno M. (2004): *Agent-Based Software Development (Agent-Oriented Systems)*. Artech House Publishers.
- Sosnowski J.S. (2007): *Analiza rozwiązań i platform informatycznych dla systemów agentowych*. PAN, Warszawa.
- Subercaze J., Maret P. (2011): *Semantic Agent for Distributed Knowledge Management*. In: Atilla Elçi, Mamadou Tadiou Koné and Mehmet A. Orgun: *Semantic Agent Systems. Foundations and Applications*. Springer.
- Telesca L., Finnegan J., Ferronato P., Malone P., Ricci F., Stanoevska-Slabeva K. (2007): *Open Negotiation Environment: An Open Source Self-Learning Decentralised Negotiation Framework for Digital Ecosystems*. In: Proceedings of the 1st IEEE DEST Conference.
- VijayaLakshmi B., GauthamiLatha A., Srinivas Y., Rajesh K. (2011): *Perspectives of Semantic Web in E Commerce*. „International Journal of Computer Applications”, Vol. 25.
- [WWW1] <http://www.fipa.org/repository/ips.php3> [02-04-2011].

NEGOTIATIONS IN MULTI-AGENT SYSTEMS USING FIPA STANDARDS

Summary

The key standards for negotiation in multi agent systems are considered. Multi-agent systems represent one of the most promising technological paradigms for the development of autonomous, distributed, open and intelligent software systems. Particularly because the agents are autonomous and cannot be assumed to be benevolent negotiation is critical to resolve conflicts. Examples of conflicts include conflicts over the usage of joint resources or task assignments and conflicts between a buyer and a seller in electronic commerce. The process of negotiations may be of many different forms, such as auctions, protocols in the style of the contract net, and argumentation. The paper focuses on the analysis of specification standards provided by FIPA (Foundation of Intelligent Physical Agents). The first part of the study will present basic information about the negotiations in multi-agent systems. For this purpose, will be shown the importance of negotiations in modeling interactions software agents, types of messages used in multi-agent systems using standard FIPA ACL and options for online auctions, which

can be aided by software agents. The second part will present the commonly used protocols consistent with FIPA specifications. To this end, we will discuss eleven diagrams depicting the model sequences of interaction agents. Their use can be found in the construction of multi-agent systems.