

Anlamsal Servis Aracılığı İçin Bir Çok Etmenli Sistem ve Aracılık Etkileşim Protokolü

Özgür Gümüş, Önder Gürcan, Oğuz Dikenelli

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
ozgur.gumus@ege.edu.tr, onder.gurcan@ege.edu.tr, oguz.dikenelli@ege.edu.tr
 (Geliş/Received: 19.12.2011; Kabul/Accepted: 20.04.2012)

Özet— Anlamsal web servislerinin yetenekleri ve erişim yöntemleri ontolojiler kullanılarak tanımlanır. Ontolojilerin kullanımı, servislerin keşfi, işletimi v.b. yetenekleri sağlayan bir ortam gerektirir. Böyle bir anlamsal web servisleri ortamında, araçların kritik ve yararlı bir mimari eleman oldukları kabul edilmektedir. Çünkü araçlar, iki ya da daha fazla taraf arasındaki etkileşimin kolaylaştırılmasına ihtiyaç duyulduğunda, koordinasyon ve arabuluculuk mekanizmaları sağlarlar. Bu bağlamda, SWSA (Semantic Web Services Initiative Architecture) komitesi tarafından, anlamsal web servisleri ortamında ihtiyaç duyulabilecek tüm gereksinimleri karşılamak amacıyla birtakım mimari ve protokol soyutlamaları içeren bir anlamsal web servisleri mimarisi tanımlanmıştır. Bu mimari, çok etmenli sistem altyapısına dayanmaktadır. Çünkü belirtilen gereksinimler, hedef yönelimli yazılım etmenleri kullanılarak ve tanımlanmış protokollere dayalı asenkron etkileşimler ile yerine getirilebilir. Bu çalışmada, etmenler alanında yapılan aracılık çalışmalarının ışığında ve SWSA soyut mimarisine dayalı olarak, anlamsal servis aracılığı için bir çok etmenli sistem tasarlanmıştır. Ayrıca, aracı etmen ile diğer etmenler arasında FIPA (IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents) belirtilmelerine dayalı bir aracılık etkileşim protokolü tanımlanmıştır. Tasarlanan çok etmenli sistemin turizm alanı için bir prototipi oluşturulmuş ve bu sistem üzerinde, seyahat planı oluşturulması senaryosu ile aracılık süreci hayata geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler— Aracılık, anlamsal web servisleri, etmenler, çok etmenli sistemler, etmen etkileşim protokolleri

A Multi-agent System and Brokerage Interaction Protocol for Semantic Service Brokerage

Abstract— Semantic web services are described and accessed using ontologies. Usage of these ontologies requires a service environment which provides discovery and execution capabilities. It has been accepted that brokers are critical and useful architectural entities for such semantic service environments since they provide coordination and mediation mechanisms when there is a need to facilitate the interaction between two or more parties. In this context, the SWSA (Semantic Web Services Initiative Architecture) committee has created a set of architectural and protocol abstractions to provide all requirements that could be needed in the semantic web services environment. This architecture is based on multi-agent system infrastructure because the specified requirements can be accomplished with asynchronous interactions based on predefined protocols and using goal oriented software agents. In this paper, in the light of the brokerage studies in the field of agents and based on the SWSA abstract architecture, a multi-agent system is designed for semantic service brokerage. Also an enhanced interaction protocol between the broker agent and other agents is defined based on FIPA (IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents) specifications. A prototype of the designed multi-agent system is implemented for the tourism domain. On this prototype system, the brokerage process is realized with the scenario of creating a travel plan.

Keywords— Brokering, semantic web services, agents, multi-agent systems, agent interaction protocols

1. GİRİŞ

Web servisleri farklı platformlardaki yazılım bileşenlerinin belirli standartlara uygun olarak birbirleriyle iletişimde bulunabilmesine olanak vermektedir. Dolayısıyla Internet üzerinde yazılım üreten

endüstri kuruluşları tarafından büyük destek görmektedir. Çünkü bu firmalar böylelikle Internet üzerinde müşterilerine daha yararlı, esnek ve kolayca uyarlanabilir bilgi sistemleri geliştirilebilmektedir. Aynı şekilde, yazılım etmenleri de birbirleriyle etkileşimde bulunarak kullanıcılarının amaçlarına yönelik olarak eylemlerde

bulunan varlıklardır. Herhangi bir etmen kullanıcısının hedefini gerçekleştirmek için mevcut web servislerinden yararlanabilir. Bununla beraber, etmenler web servislerinden farklı iletişim ve koordinasyon standartları kullanırlar ve bu servisleri dinamik olarak kullanabilmek için onlar hakkında bazı bilgilere ihtiyaç duyarlar. Bu noktada, anlamsal web servisleri kavramı bize yardımcı olabilir.

Anlamsal web servislerinin, işlevsellikleri, erişim ve işletim yöntemleri ontolojiler kullanılarak tanımlanır. Ontolojilerin kullanımı, servislerin keşfi, işletimi v.b. yetenekleri sağlayan bir ortam gerektirir. Böyle bir anlamsal web servisleri ortamında, araçların kritik ve yararlı bir mimari eleman oldukları kabul edilmektedir [1, 2, 3].

Aracılar, iki ya da daha fazla taraf arasındaki etkileşimin kolaylaştırılmasına ihtiyaç duyulduğunda, koordinasyon ve arabuluculuk mekanizmaları sağlarlar. Örneğin, iki taraf iletişimde bulunmak istiyor ancak ortak bir dili paylaşmıyorlarsa, araçlar çeviri servisleri sağlayabilirler; birbirlerine güvenmeyen iki taraf arasında güvenilir bir ortam oluşturabilirler. Dahası, taraflar arasındaki işlemlerin yürütülmesine arabuluculuk yaparak tarafları anonim hale getirebilirler. Ayrıca, araçlar özerk etmenler arasında keşif ve senkronizasyon mekanizmaları sağlayan ana elemanlardan birisidir [1, 4]. Hem arabuluculuk ve koordinasyon özelliklerine sahip olmaları hem de geniş bir alanda uygulanabilir olmaları nedeniyle, araçlar anlamsal web servisleri ortamının da doğal bir bileşeni olmaya adaydırlar.

Diğer taraftan, SWSA (Semantic Web Services Initiative Architecture) komitesi tarafından, anlamsal web servisleri teknolojilerine altyapı oluşturması amacıyla birtakım mimari ve protokol soyutlamaları içeren bir anlamsal web servisleri mimarisi tanımlanmıştır [5]. Bu mimari çerçeve, W3C (World Wide Web Consortium) web servisleri mimarisi çalışma grubunun, “Web Servisleri İçin Mimari” önerisi üzerine inşa edilmiştir ve anlamsal web servisleri ortamında ihtiyaç duyulabilecek tüm gereksinimleri karşılamaya çalışmaktadır. Bu gereksinimler: dinamik servis keşfi, servisle uzlaşma, servis sürecini yürütme ve ayrıca yönetim, destek ve servis kalitesi hizmetleri. Bu mimari, çok etmenli sistem altyapısına dayanmaktadır. Çünkü belirtilen gereksinimler, hedef yönelimli yazılım etmenleri kullanılarak ve tanımlanmış protokollere dayalı asenkron etkileşimler ile yerine getirilebilir.

Bu çalışmada, etmenler alanında yapılan aracılık çalışmalarının ışığında ve SWSA soyut mimarine dayalı olarak, anlamsal servis aracılığı için bir çok etmenli sistem tasarlanmıştır. Ayrıca, aracı etmen ile diğer etmenler arasında FIPA (IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents) belirtimlerine [6] dayalı bir aracılık etkileşim protokolü tanımlanmıştır. Tasarlanan çok etmenli sistemin turizm alanı için bir prototipi oluşturulmuş ve bu sistem üzerinde, seyahat planı oluşturulması senaryosu ile aracılık süreci hayata geçirilmiştir.

Makalenin bundan sonraki bölümleri şu şekildedir: Bölüm 2’de, bu çalışmanın alt yapısını oluşturan konular açıklanmış ve literatürde yapılan ilgili çalışmalar verilmiştir. Bölüm 3’te, anlamsal servis aracılığı için tasarlanan çok etmenli sistem tanıtılmıştır. Bölüm 4’te SWSA soyut mimarisi ile uyumlu bir aracılık etkileşim protokolü tanımlanmıştır. Bölüm 5’te, turizm alanında gerçekleştirilen durum çalışması anlatılmıştır. Bölüm 6’da ise sonuçlar ile yapılan katkılar özetlenmiş ve ileriye yönelik planlanan çalışmalar verilmiştir.

2. ALT YAPI VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde bu çalışmanın alt yapısını oluşturan anlamsal web servisleri, etmenler, etmenlerle web servislerinin tümleştirimi ve aracılık konuları hakkında temel bilgiler ve daha önce etmenler ile web servislerinin tümleştirimi alanında ve aracılık alanında yapılmış ilgili çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2.1. Anlamsal Web Servisleri

Anlamsal web servislerinin yetenekleri ve erişim yöntemleri ontolojiler kullanılarak tanımlanır. Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan web servisleri, kendilerini temsil eden ve WSDL (Web Services Description Language) [7] kullanılarak hazırlanan ara yüzleri sayesinde, geliştirildikleri yazılım dili ve/veya ortamına bağlı kalmaksızın yine çok çeşitli ortamlarda çalışan istemci yazılımlar tarafından kullanılabilirler. Ancak WSDL kullanılarak tanımlanan bir servis ara yüzü, özellikle ihtiyaç duyulan anlamsal çıkarsama mekanizmaları göz önünde bulundurulduğunda, anlamsal web ortamı için yetersiz kalmaktadır.

Web servislerinin anlamsal ortama tümleşimi için temel yaklaşım, servis yeteneklerinin anlamsal webin bir başka temel ve vazgeçilmez bileşeni olan bilgi koleksiyonları yani ontolojiler kullanılarak modellenmesi ve ifade edilmesidir. Bir ontoloji, kavramlar arasındaki ilişkileri biçimsel olarak içeren bir dokümandır. Anlamsal web servisi yeteneklerinin anlamsal web ortamında temsil edilmesi ve dinamik olarak bulunup kullanılması için geliştirilen standart bir web servis ontolojisi henüz bulunmamaktadır. Üzerinde çalışılan ve geliştirilmekte olan OWL-S (OWL (Web Ontology Language) for Services) [8], WSMO (Web Service Modeling Ontology) [9], SAWSDL (Semantic Annotations for WSDL) [10] gibi aday ontolojiler mevcuttur. Bunlar web servislerinin özelliklerini ve yeteneklerini açık bir şekilde ve bilgisayar tarafından yorumlanabilir bir biçimde tanımlarlar. Endüstrideki web servisleri ile ilgili çalışmalarını tamamlayıcı niteliktedirler. Endüstri, kayıtlanma ve arama, platform bağımsız birlikte çalışabilirlik ve iyi tanımlı doküman değişimi için web servislerinin alt-seviye tanımları için standartlar sunmaktadır. Anlamsal web servisleri ise tam otomatik servis bulma, çağırma, birleştirme ve izlemeyi desteklemek için web servislerinin özelliklerini daha anlamlı ve yorumlanabilir bir şekilde tanımlarlar.

Web servislerinin anlamsal web ortamında çalışması için anlamsal web servisleri alanında yukarıda söz edilen bazı standartlaşma çabaları vardır. Bunlardan en ilgi çekicileri OWL-S [8] ve WSMO [9] ontolojileridir. OWL-S, web servislerini betimlemek için bir ontoloji sistemidir. OWL-S, servislerin yeteneklerini (yapabildiklerini) ilan etmek için bir profil (*profile*) ontolojisi, servislerin işlevselliğini ve birleştirmelerini tanımlamak için bir süreç (*process*) ontolojisi ve servislere nasıl erişileceğinin detaylarını vermek için bir zemin (*grounding*) ontolojisi içerir. Bu ontolojiler, anlamsal yeteneğe sahip yapılar tarafından servis arama, bulma ve dinamik çağırma aşamalarında çıkarsama amaçlı olarak kullanılmaktadırlar. OWL-S, anlamsal web servisleri kavramı için olan ilk çabadır ancak tam bir sistem değildir, bazı elemanlarının anlamı açıkça tanımlanmamıştır. Dolayısıyla, birçok araştırma grubu tarafından OWL-S ontolojisinin kullanıldığı eşleştiriciler (*matchmakers*), planlayıcılar (*planners*) ve araçlar (*broker*) gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Diğer taraftan, WSMO üst modeli dört temel eleman tanımlamaktadır: ontolojiler, hedefler, web servisleri ve arabulucular. WSMO daha bütünleşik bir çerçevedir ancak OWL [11] ve SWRL (Semantic Web Rule Language) [12] gibi W3C standartları tabanlı değildir. Ayrıca, daha çok dağıtık ve heterojen servis ortamında bir iş ağı sistemine benzemektedir.

SWSA soyut mimarisi [5], bir anlamsal web servisinin bulunması ve onunla etkileşimde bulunulmasını içeren tüm süreci üç ardışık aşamada tarif etmektedir: keşif (*discovery*), uzlaşma (*engagement*) ve yürütme (*enactment*). Aday servislerin keşfi olarak adlandırılan ilk aşama, bir istemci etmeninin içsel hedeflerinin bazılarını potansiyel olarak yerine getirebilecek uygun servislerin aranmasıdır. Servisle uzlaşma adı verilen ikinci aşama, aday web servislerinin yürütülmesi için kısıtlamaların yorumlanması ve bir anlaşmaya varıncaya kadar aday servislerle müzakere edilmesi sürecini kapsar. Bundan sonraki aşama, servisin yayınlanmış protokollerinin takip edilerek istemci ve servisin karşılıklı olarak üzerinde anlaştıkları hedefe ulaşılması için servisin yürütülme aşamasıdır. Bu aşamada, istemci, servisin işletilmesi için gerekli girdileri sağlar ve servis işletiminin başarılması ya da başarılmaması durumunda ne yapacağını bilir. Ayrıca SWSA mimarisi [5], her aşamanın aktörlerini, işlevsel gereksinimlerini ve bu gereksinimlerin yerine getirilmesi için gerekli olan mimari elemanları soyut protokoller açısından belirlemektedir. Her aşama, o sürecin içsel gereksinimlerini karşılamak için farklı etkinlikler içermektedir. Burada önemli olan nokta, her etkinliğin, uygulama gereksinimlerine bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleştirilebilmesidir. Örneğin, keşif aşamasındaki servis seçme etkinliği, servislerin anlamsal yakınlıklarına göre [13, 14], servislerin kalite metriklerine (QoS) göre [15,16], kullanıcıların genel değerlendirmelerine (*reputation-based*) göre [17] ya da kullanıcıların deneyimlerine (*experience-based*) göre [18] servis seçimi gibi farklı şekillerde gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde, uzlaşma aşamasında çeşitli pazarlık yöntemleri uygulanabilir. Bu bağlamda, SWSA soyut mimarisine uygun bir çok etmenli sistemdeki etmenlerin, bahsedilen etkinliklerin farklı gerçekleştirimlerinin sisteme kolaylıkla

eklenebilmesine imkan verecek esnek bir mimariye sahip olmaları gerekmektedir.

2.2. Etmenler

Yazılım etmenleri ve bunların oluşturduğu çok etmenli sistemler, bilgi ve iletişim teknolojisi iş senaryolarının çok çeşitli alanlarda uygulanması sırasında karşılaşılan zorlukların giderilmesini sağlayan güçlü bir teknoloji olarak ortaya çıkmışlardır. Algılayıcıları yardımıyla ortamı algılayan ve etkileyicileri yardımıyla bu ortamı etkileyen bir sistem olarak tanımlanan etmenleri [19], aynı zamanda özerk yazılım ortamlarını da göz önünde bulundurduğumuzda, kullanıcısının adına bir takım görevleri yerine getirmek üzere davranma yeteneği olan yazılım bileşenleri olarak kabul etmek yerinde olacaktır.

Bir etmen, belirli amaçlara, hedeflere, inançlara ve davranışlara sahip özerk (*autonomous*) bir aktördür. Bu etmenler, ortamdaki değişikliklerle uygun bir şekilde ve zamanında başa çıkabilmeli, birçok hedefi ele alabilmeli, içinde bulunduğu duruma göre etkin hedeflerini değiştirebilmeli, geniş bir perspektifteki görevleri yerine getirebilmeli ve diğer etmenlerle etkileşimlidirler. Çünkü hedefler diğer etmenlerle işbirliği yaparak ve rekabet ederek başarılıdır.

Etmenler, davranmalarını sağlayan bir plan mekanizmasına sahiptirler. Plan, kısaca ileriki davranışın bir gösterimi olarak tanımlanır. Etmenler, planlayıcılarının plan kütüphanesindeki planları uygun zaman ve koşulda tek başına veya diğer planlarla birlikte kullanması vasıtasıyla davranabilmektedir.

Tek bir etmenin yalnız başına kendi bilgi ve bireysel yeteneklerini kullanarak çözemediği veya etkin bir biçimde çözemeyeceğini düşündüğü problemleri, birbirleriyle işbirliği yaparak eşgüdümlü bir biçimde çözmek için bir araya gelen etmenlerin oluşturduğu sistemler ise çok etmenli sistemler adını almaktadır [20].

2.3. Web Servisleri ve Etmenlerin Tümüleştirimi

Etmenler, web servisleri tarafından sağlanan bir işleve ihtiyaç duyduklarında onları kullanabilmelidirler. Web servislerinin, bulunması, seçilmesi ve dinamik bir şekilde çağırılması için işlevselliklerinin ve işletimlerinin makine-okunaklı dokümanlar kullanılarak tanımlanması gereklidir. Bu şekilde özerk etmenler, kullanıcının amacını gerçekleştirmek için gerekli olan işlevselliği sağlamak için var olan web servislerini kullanabilir. Bir başka deyişle, onları çalışma zamanında bulup, seçip çalıştırabilir.

Anlamsal web ortamında çalışan etmenlerin, ortam bilgisini algılayıp birtakım çıkarsamalar yapma ve işleyişleri hakkında karar verme yetenekleri de vardır. Çok etmenli sistemlerin ve anlamsal webin bütünleşmesi için, çok etmenli bir sistem mimarisinin geleneksel yazılım mimarilerinden farklı olarak bünyesinde bir ortama (*environment*) sahip olmasına gerek vardır [21]. Bu ortamda etmen topluluğu haricinde bağımsız servisler

de bulunmaktadır ve bu servisler sahip oldukları anlamsal kimlikleri ile ortamın birer bileşenidirler. Söz konusu servisler anlamsal web servisleridir. Şu anki teknolojik standartlara ve araçlara bakıldığında anlamsal web servislerinin, edilgen yapıda olmalarından dolayı, etmenler tarafından kendi planları dahilinde kullanılabilmesi olası gözükmemektedir.

SWSA komitesi tarafından tanımlanan soyut mimari [5], bir anlamsal web servisinin çalıştırılma sürecini bulma, uzlaşma ve yürütme alt süreçlerine bölmekte ve asenkron bir şekilde çalıştırılmasını öngörmektedir. Bu adımları gerçekleştirmek için, edilgen durumda olan web servisinin önüne onu aktif bir yapıya kavuşturacak bir etmen konulması ve etkileşim protokollerinin basitleştirilmesi açısından daha uygun olduğu için bu etmen aracılığıyla servise ulaşılması gerektiği anlaşılmaktadır. Böylelikle anlamsal yetenek kazanmış ilgili servisleri kullanmak isteyen etmenler, servisin çağırılmasına yönelik iç protokolleri bilmeye gerek duymaksızın o servisi sağlayan etmenle kendi etmen iletişim dili üzerinden haberleşecek, isteğini belirtecek ve servisi sunan etmen de servisi istemcinin sunduğu parametreler ile çalıştırıp işlem sonucunu istemciye döndürecektir. Sonuç olarak sadece etmenlerin web servislerini çağırabilmeleri yeterli değildir, anlamsal web servisleri mimarisi zaten etmen tabanlı bir mimari olmalıdır.

2.4. Aracılık

Aracılık, günlük yaşantımızda sık sık karşılaştığımız doğal bir koordinasyon ve arabuluculuk mekanizmasıdır. En çok dikkat çeken araçlar, hisse senedi piyasası ile yatırımcıları arasında aracılık yapan borsa simsarlarıdır. Araçlar, iki ya da daha fazla taraf arasındaki etkileşimin kolaylaştırılmasına ihtiyaç duyulduğunda koordinasyon ve arabuluculuk mekanizmaları sağlarlar. Örneğin, iki taraf iletişimde bulunmak istiyor ancak ortak bir dili paylaşmıyorlarsa, araçlar çeviri servisleri sağlayabilirler; birbirlerine güvenmeyen iki taraf arasında güvenilir bir ortam oluşturabilirler. Dahası, taraflar arasındaki işlemlerin yürütülmesine arabuluculuk yaparak tarafları anonim hale getirebilirler.

Araçlar çok farklı uygulamalarda ve alanlarda çokça kullanıldığı için, doğal olarak ne olduğuyla ilgili birçok farklı tanıma sahiptir. Bu çalışmada, aracının “belirli bir protokole göre istemcinin isteğini yerine getirdiği” şeklinde [22]’de verilen tanım benimsenmiştir. Bu tanıma göre, bir aracının dahil olduğu herhangi bir iş süreci üç tarafın varlığını gerektirir. İlk taraf istemcidir ve araçtan bir bilgi ya da servis isteyerek işlemi başlatır. İkinci taraf, istemcinin sorununu en iyi şekilde çözmesi için bir havuzdan seçilen sağlayıcıdır. Üçüncü ve son taraf ise aracının kendisidir. Bu taraflar arasındaki protokol ise iki parçaya bölünebilir: ilan protokolü, arabuluculuk protokolü. İlan protokolünde, aracı, servis ilanlarını toplar. Bu ilanlar en iyi sağlayıcının seçiminde kullanılır. Arabuluculuk protokolünde ise istemci aracıya isteğini iletir ve cevap bekler. Bu arada aracı, keşif yeteneğini kullanarak bu isteği yerine getirecek sağlayıcıyı arar, eğer

bulursa isteği ona iletir. İsteği alan sağlayıcı gerekli işlemi yaparak sonucu aracıya gönderir. Aracı da bu sonucu istemciye gönderir.

Eşleştiriciler (matchmaker) ile araçları (broker) birbirine karıştırmamak gerekir [4]. Her ikisi de sağlayıcılar için sarı sayfa hizmeti sunmalarına rağmen istemciler için taşıdıkları anlam farklıdır. Araçlar istemcinin isteğini en iyi şekilde yerine getirebilecek sağlayıcıyı bulduktan sonra, istemci adına sağlayıcı ile gerekli etkileşimleri yaparlar ve elde ettikleri sonucu istemciye gönderirler. Eşleştiriciler ise istemcinin isteğini yerine getirebilecek sağlayıcıyı bulup istemciye gönderirler, istemci de bu sağlayıcı ile etkileşime girerek sonuca ulaşır.

2.5. İlgili Çalışmalar

Etmen sistemleri ve web servislerinin tümleşimine yönelik bugüne kadar yürütülen çalışmalar incelendiğinde, genelde varolan etmen geliştirme çerçevelerine web servisleri ile iletişimi destekleyecek yeni yapıların ve yazılım eklerinin önerildiği ve bunlardan bir kısmının da uygulandığı gözlenmektedir. Web servislerini FIPA uyumlu etmen sistemleri ile tümleştirmek için az sayıda kısmi gerçekleştirmeler yapılmıştır. WSDL2Jade [23], harici web servislerini kullanabilen bir geçit (wrapper) etmen yaratmak için etmen ontolojilerini ve etmen kodlarını WSDL girdi dosyasından türetebilmektedir. WSIG (Web Services Integration Gateway) [24] ise, web servisleri ve JADE [25] etmenlerinin iki-yönlü tümleşimini desteklemektedir. WS2JADE [26], web servislerinin FIPA uyumlu etmenlere vekil (proxy) etmenler aracılığıyla görünür olması için web servislerinin çalışma zamanında JADE etmenlerinin servisleri gibi yayınlanmasını sağlamaktadır. Yukarıdaki çalışmaların göze çarpan eksiklikleri olarak, bu çalışmaların ilgili etmen-servis tümleşiminde bütünlük bir mimariyi sunmaması, anlamsal web servislerinin etmen sistemlerinde kullanımını ve anlamsal web ortamını desteklememeleri söylenebilir.

Çok etmenli sistemler alanında yapılan araştırmalarda, anlamsal web ve ilgili yapıların da göz önünde bulundurulması sonucunda, etmen sistemleri ile anlamsal web servislerinin tümleşimine yönelik bazı çalışmalar da ortaya konmuştur. Örneğin WSDL2Agent [27], insan yardımıyla WSDL girdi dosyasından WSMF (Web Service Modeling Framework) [28] elemanlarının iskeletini alarak, web servislerinin anlamsal web servis ortamına geçişini etmen tabanlı bir yöntemle tanımlamaktadır. [29] ve [30]’daki çalışmalar, etmen servislerinin tanımlarını dizin servisinde (Directory Facilitator) ilan etmek için ve bu tanımları FIPA-ACL (FIPA Agent Communication Language) [31] mesajlarında taşımak için OWL-S [8] kullanan etmen ortamları tanımlamaktadır. [32], BDI (Belief Desire Intention) etmenleri tarafından web servis işletimini kontrol etmek için reaktif planlama kullanan bir yaklaşım göstermektedir. Bu çalışmalarda, anlamsal web kaynakları için olan destek sınırlıdır ve tam sistem mimarileri sağlamamaktadırlar. [33]’te, anlamsal webde otomatikleşmiş hedef çözümlemesi için bir etmen çerçevesi tanımlanmıştır. Bu çalışmada WSMO [9] tabanlı

teknolojiler ve araçlar kullanılmaktadır ancak SWSA mimarisi ile uyumlu değildir ve WSMO'ya olan sıkı bağından dolayı önerilen mimarinin genişletilmesi zordur. [34], anlamsal web servislerinin OWL-S tanımı tabanlı ve bağlam-duyarlı çalıştırılması için Servis Çalıştırma Etmeni'nin geliştirilmesinden bahsetmektedir. Ancak bu araçlar yalnızca etmenler ile anlamsal olarak tanımlanmış harici web servislerinin tümleşimini ele almaktadır ve SWSA soyut mimarisinin belirttiği tam bir mimariyi ve protokol soyutlamalarını sağlayacak bir mekanizma sunmamaktadır.

Etmenler alanında yapılan aracılık çalışmaları incelendiğinde, araçların hiç şaşılmayacak bir şekilde, özerk etmenler arasında keşif ve koordinasyon mekanizmaları sağlayan ana elemanlar oldukları görülmektedir [1, 22]. Buna örnek olarak, açık etmen mimari çerçevesinde yer alan ve bir problemin çözümünde görev alan etmenlerin arasında arabuluculuk yapan aracı etmenler verilebilir [35]. Ayrıca araçlar birçok etmen uygulamasında yaygın olarak kullanılmışlardır. Örneğin; heterojen bilgi kaynaklarının ve veritabanlarının tümleşimi [36], elektronik ticaret [37] ve mobil ortamlar [38].

Anlamsal web servisleri ortamı için de bazı aracı uygulamaları vardır: IRS-III çerçevesi [3] ve OWL-S Web Servisleri İçin Bir Aracı [2]. IRS-III, SESA (Semantically Enabled Service-Oriented Architectures) mimarisine [39] dayalı bir çerçevedir. SESA mimarisinde, Anlamsal İşletim Ortamı (Semantic Execution Environment) olarak adlandırılan ara yazılım (middleware) katmanı, mimarinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Bu katman, mimaride belirtilen kavramsal işlevsellikleri tanımlamaktadır. Buradaki her bir işlevsellik, ara yazılım servisleri denilen bir takım servisler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. IRS-III [3], SESA mimarisinin örnek bir gerçekleştirimidir. Burada, bir servis istemci ile sağlayıcılar arasında arabuluculuk yapılarak, anlamsal web servislerinin kullanıldığı uygulamalar oluşturulması için anlamsal aracı temelli bir yaklaşım izlenmektedir. "OWL-S Web Servisleri İçin Bir Aracı" [2] isimli çalışmada ise, bir aracı mimarisi ve OWL-S'e dayalı bir gerçekleştirim ortaya konulmaktadır. Bu mimari, gerek duyulan işlevsellikleri ve OWL-S tabanlı servis kullanım sürecini yönetmek için gereken protokolleri tanımlamaktadır.

Sözü edilen çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada, SWSA soyut mimarisi temel alınmıştır. Çünkü SWSA soyut mimarisi [5], anlamsal servis ortamının tüm yönlerini (müzakere, anlaşma, güven v.b.) kavramsal seviyede kapsamaktadır. Anlamsal servis ortamının işlevsellikleri, SWSA mimarisinde olduğu gibi, geniş kapsamlı bir şekilde ele alındığında, böyle bir ortamı gerçekleştirmek için etmen tabanlı yaklaşımların tek çıkar yol olduğu görülmektedir. Bu çalışmada anlamsal servis aracılığı için tasarlanan çok etmenli sistem ve tanımlanan aracılık etkileşim protokolü, SWSA mimarisinde belirtilen aşamaları desteklemektedir ve bu aşamaların etkinliklerini gerçekleştirmek için kolay ekleme yapılabilmesini sağlayan bir altyapıya sahiptir.

3. ANLAMSAL SERVİS ARACILIĞI İÇİN BİR ÇOK ETMENLİ SİSTEM

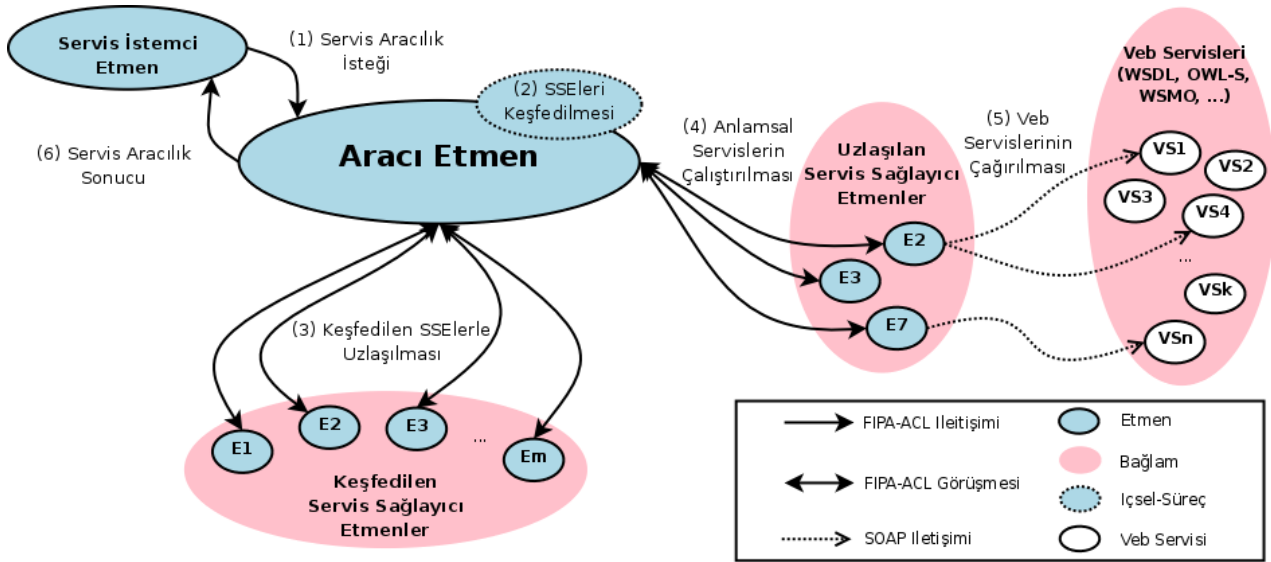
Bu bölümde, anlamsal web servisleri ortamında aracılığı gerçekleştirmek için SWSA soyut mimarisinin temel gereksinimlerini yerine getiren bir çok etmenli sistem tanıtılmaktadır. Bu çok etmenli sistemde yer alan tüm etmenler aşağıda belirtilen genel yeteneklere sahiptirler:

- Bilgiyi göstermek ve işlemek için anlamsal web teknolojilerini kullanırlar.
- Sundukları servislerin yeteneklerini ve işletim detaylarını anlamsal tanımlamalarla yayınlırlar. Böylece potansiyel kullanıcılar servisleri seçerken ve çağırırken bu tanımlamaları yorumlayabilirler.
- Sundukları servislerin tanımlarını, çok etmenli sistemin önceden tanımlanmış hedef şablonlarının birer örneği (hedef örneği) olarak yayınlırlar.
- Servis isteklerini de yine hedef şablonlarını kullanarak tanımlırlar. Bu istekler, çok etmenli sistemin hedef şablonları ile ilgili olmalıdır.

Bahsedilen sistem, FIPA uyumlu bir çok etmenli sistemdir ve şu ana bileşenlerden oluşmaktadır: aracı etmen, servis sağlayıcı etmen, servis istemci etmen ve ontoloji etmeni. Bu etmenler arasındaki iletişim, FIPA ACL [31] etmen iletişim dili kullanılarak yapılmaktadır. Sonuç olarak, anlamsal servis aracılığı için bir çok etmenli sistem Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1, ayrıca, bu çok etmenli sistem üzerinde tüm anlamsal servis aracılık sürecini de göstermektedir. Servis istemci etmen, aracı etmene bir servis aracılık isteği göndererek süreci başlatır (adım 1). Bu isteği alan aracı etmen, istemci etmenin başarmak istediği işsel hedeflerine potansiyel olarak ulaşmasını sağlayabilecek uygun servis sağlayıcı etmenleri bulur (adım 2). Bundan sonra, aracı etmen keşfedilen bu servis sağlayıcı etmenlerle servisin işletilmesi konusunda uzlaşmaya çalışır (adım 3). Daha sonra, uzlaşılan servis sağlayıcı etmenler ile servisin yürütülmesi gerçekleştirilir (adım 4 ve 5). Son olarak, aracı etmen sonuçları toplar ve servis istemci etmene bir cevap gönderir (adım 6).

Aracı etmen, bu FIPA uyumlu çok etmenli sistemde sarı sayfa hizmeti veren dizin servisi (directory facilitator) konumundadır. Aracı etmen, sistemdeki anlamsal olarak tanımlanmış servislerin sağlayıcıları ve istemcileri arasında hem keşif hem de arabuluculuk işlevlerini yerine getirir. Bir başka deyişle aracı etmen, servislerin yayınlanması ve keşfedilmesi aşamalarında servis kayıtçısı rolünü yerine getirirken, keşfedilen servisin sağlayıcısı ile uzlaşma ve üzerinde anlaşılacak servisi yürütme aşamalarında hem servis sağlayıcısına karşı istemci, hem de servis istemcisine karşı sağlayıcı rollerini oynar. Aracı etmen, çok etmenli sistemdeki etmenlerin sundukları servislerin anlamsal olarak betimlenmiş yetenek tanımlarını depolar. Bunun için bir Servis Havuzu'na sahiptir. Bu havuz, servis sağlayıcı etmenler tarafından anlamsal tanımlamaları aracılığıyla kaydedilen servis ilanlarını depolar. Aracı etmen, talep edilen bir



Şekil 1. Anlamsal servis aracılığı için bir çok etmenli sistem [40]

hedef tanımı ile (hedef şablonu) ilan edilmiş bir servis tanımı arasında anlamsal servis eşleme yapabilir. Böylece gelen isteğe anlamsal olarak en uygun servisleri bulabilir. Servis yeteneklerini anlamsal yakınlıklarına göre eşleyebilmek için, aracı etmen bünyesinde bir Anlamsal Servis Eşleyici barındırır. Diğer taraftan aracı etmen, çok etmenli sistemin önceden tanımlı hedef şablonlarını depolamak için de ayrıca bir Hedef Şablon Havuzu’na sahiptir. Sistemdeki etmenler tarafından yayınlanacak servisler, bu şablonlarla uyumlu olmak zorundadır. Ayrıca bu şablonlar, etmenler tarafından servis ihtiyaçlarını ifade etmek için de kullanılır. Aracı etmenin içsel mimarisi ile ilgili daha detaylı bilgi [40]’ta verilmektedir.

Bahsedilen çok etmenli sistemde sunulmasına izin verilebilecek olası servisler, hedef şablonları şeklinde önceden tanımlanırlar. Böylece, servis sağlayıcı etmenler servis sunumu için bu şablonlara uyarlar. Servis istemci etmenler de, servis ihtiyaçlarını tarif etmek için bu şablonları kullanırlar. Bu hedef şablonları, anlamsal web servislerinin yetenek tanımlarına (profil) benzer şekilde (girdiler, çıktılar, önkoşullar, etkiler) sistemin yöneticisi tarafından tanımlanırlar ve aracı etmende depolanırlar. WSMO hedef tanımlarının, kullanıcıların isteklerini belirtmek için kullanıldığı benzer bir çalışma mevcuttur [33]. Bu çalışmada ise, hem servis sağlayıcıların servislerini yayınlamaları sırasında, hem de servis istemcilerin servis ihtiyaçlarını belirtmeleri için bu hedef şablonları kullanılmaktadır.

Servis sağlayıcı etmen, servis sunucu rolü oynar. Bu etmenler kendi içsel yeteneklerini, anlamsal tanımlamaları aracılığıyla ilan ederler. Aynı zamanda, dışsal web servislerinin etmen sistemine dahil edilmesini sağlayarak geçit (wrapper) etmen görevini yerine getirirler. Burada bahsedilen dışsal web servisleri WSDL [7] tabanlı web servisleri olabileceği gibi, OWL-S [8], WSMO [9] v.b. tabanlı anlamsal web servisleri de olabilir. Servis sağlayıcı etmen dışsal web servislerini çağırırken, servis girdi ve çıktıları üzerinde gerek duyulan çift yönlü çevrimleri yönetir. Bunu yaparken servis isteğini belirten

hedef şablonlarını kullanır. Servis sağlayıcı etmenin içsel mimarisi ile ilgili daha detaylı bilgi [41]’de verilmektedir.

Servis sağlayıcının sunduğu anlamsal web servisi, atomik de olabilir, birleşik bir servis de olabilir. Ancak servis sağlayıcı etmen, bunu aracı etmene tek bir servis olarak kaydettirdiği için aracı etmen açısından ikisi arasında bir fark yoktur. Yani, bir başka deyişle birleşik servisler aracı etmeden soyutlanmakta ve bunların çalıştırılmaları servis sağlayıcı etmen tarafından çözümlenmektedir.

Servis istemci etmen, hedeflerine ulaşmak için diğer etmenlerin servislerine ihtiyaç duyan ve müşteri rolü oynayan bir etmendir. Bir servis istemci etmen herhangi bir servise ihtiyaç duyduğunda, öncelikle sistemdeki hedef şablonlarından isteğine uygun bir tanesinden hedef örneği yaratarak servis isteğini tanımlar. Daha sonra bu hedef örneğini, anlamsal eşleme seviyesi ve hedef şablonu için gereken girdiler ile birlikte aracı etmene göndererek, uygun servisin/servislerin keşif, seçim ve işletimini aracı etmene havale eder.

Bahsedilen çok etmenli sistemin çalışma alanını tasvir eden ve sistemin yöneticisi tarafından tasarlanan sistem ontolojileri vardır. Ontoloji etmeni, bu sistem ontolojilerinin, çok etmenli sistemde kullanılan diğer ontolojilerin ve bunlar arasındaki eşlemelerin depolandığı bir ontoloji havuzu içerir. Ontoloji etmeni, sistemin diğer üyelerinin bu ontolojilere kontrollü bir şekilde erişmesini ve sorgulamasını sağlar. Ayrıca ontolojiler arasında çevrim hizmeti sunar.

4. SWSA MİMARİSİ İLE UYUMLU ARACILIK ETKİLEŞİM PROTOKOLÜ

Bu bölümde, aracı etmenin işlevsel gereksinimleri için kullanılacak etkileşim protokolleri ve iletişim edimleri tartışılacaktır. FIPA standartları arasında yer alan 11 adet etkileşim protokolü [30], çok etmenli sistemlerde etmenler arasındaki muhtemel iletişim senaryolarını tanımlamaktadır. Yine FIPA standartlarından biri olan

iletişim edimleri kütüphanesi [42] ise bu senaryolar sırasında etmenlerin birbirlerine söyleyebilecekleri fiilleri ve anlamlarını tanımlamaktadır.

FIPA aracılık etkileşim protokolü [43], arabuluculu sistemlerde ve çok etmenli sistemlerde aracılık etkileşimlerini desteklemek için tasarlanmıştır. Bu etkileşim protokolünün AUML (Agent-based Unified Modeling Language) [44] etkileşim diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.

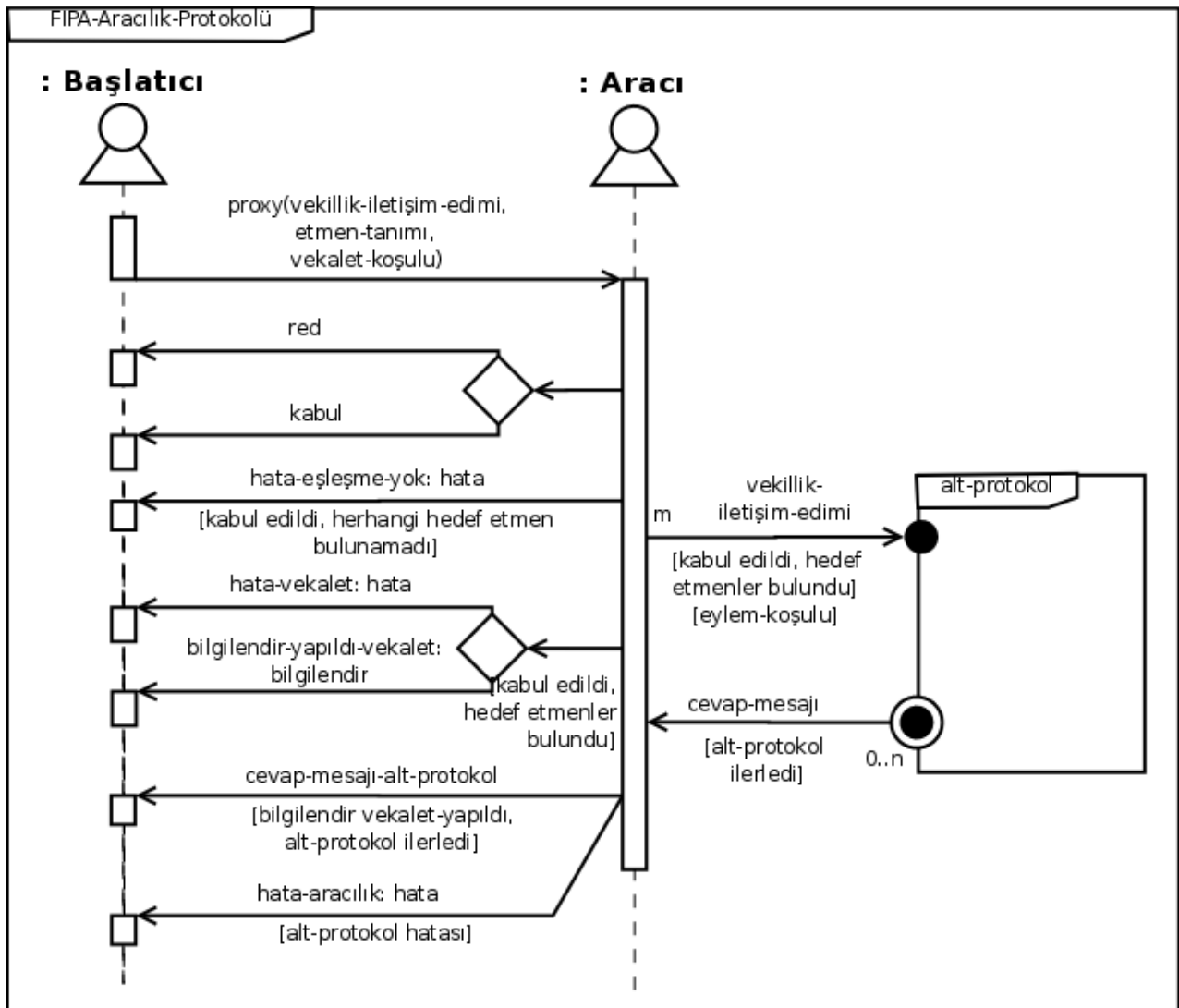
Bu protokol bir makro etkileşim protokolüdür. Çünkü aracılık için kullanılan *vekalet* (proxy) iletişim edimi [42], argüman olarak başka bir iletişim edimini kendi içine gömer. Dolayısıyla gömülü olan bu iletişim edimini kullanan etkileşim protokolü de aracılık etkileşim protokolü içine gömülmüş olur. Bu gömülü protokol (Şekil 2'deki alt protokol) etkileşimin kalan bazı bölümlerine rehberlik eder.

Aracılık etkileşim protokolünün başlatıcısı (servis istemci etmen) bir *vekalet* (proxy) mesajı ile etkileşimi başlatır. Bu mesaj şunları içerir: aracı etmenin iletişim edimini göndermesi gerektiği hedef etmenleri belirten bir göndergesel ifade (referential expression), gönderilecek

iletişim edimi ve birtakım vekalet koşulları (örneğin mesajın gönderileceği maksimum etmen sayısı gibi). Aracı etmen, isteği işleme tabi tutar ve isteği kabul mü edeceği ret mi edeceği konusunda bir karar verir. Bunun sonucunda başlatıcıya ya *kabul* ya da *ret* iletişim edimi gönderir. Eğer *ret* mesajı gönderirse etkileşim sonlanır.

Aracı etmen vekil olmayı kabul ederse, hemen *vekalet* mesajında tarif edilen etmenleri bulur. Eğer tarife uygun hiçbir etmen bulunmazsa, aracı etmen *eşleşme-bulunamadı* hata mesajı gönderir ve yine etkileşim sona erer. Tarife uygun etmen bulunması durumunda ise aracı etmen eşlenen etmenler listesini vekalet koşullarına göre değiştirebilir. Daha sonra, bu son listedeki etmenlerle, alt-protokole uygun olarak ayrı ayrı etkileşime başlar.

Buradaki alt-protokolün yapısı ve başlatıcıya gönderilecek cevap mesajlarının yapısı, vekalet mesajında belirtilen iletişim edimine bağlı olarak yürütülen etkileşim protokollerinden çıkar. Alt-protokol ilerledikçe, aracı etmen aldığı cevapları başlatıcıya iletir. Alt-protokolden *hata* mesajı gelebilir, eğer başlangıçtaki vekalet mesajı *bilgilendirme* ise hiç mesaj gelmez. Alt-protokol tamamlandığında aracı etmen alt-protokolden gelen en son cevap mesajını başlatıcıya iletir ve aracılık etkileşim



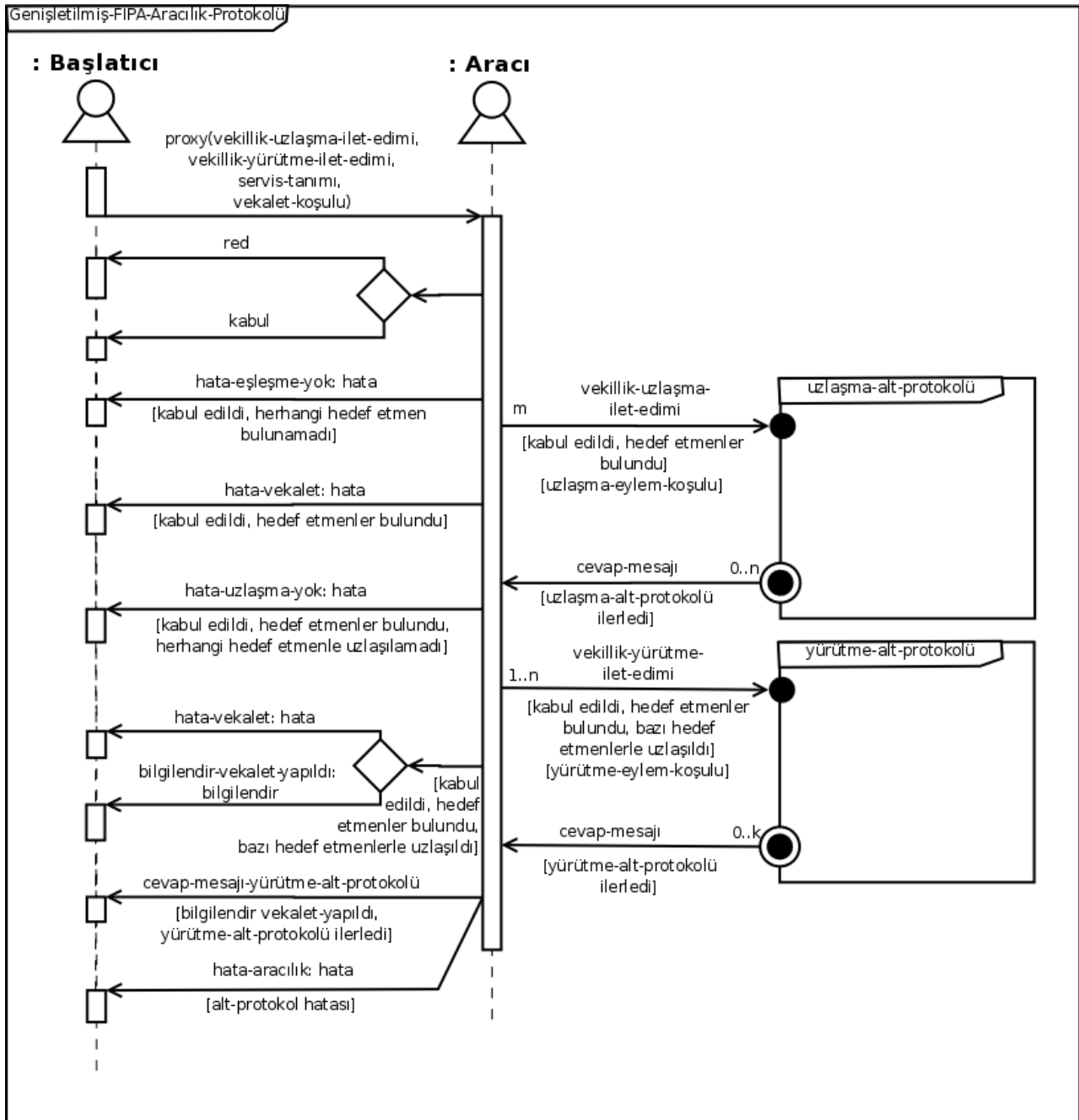
Şekil 2. FIPA aracılık etkileşim protokolü [40]

protokolü sonlanır. Bununla birlikte alt-protokolden kaynaklanmayan bir hata meydana gelirse, o zaman aracılık hatası mesajı göndererek etkileşimi bitirir.

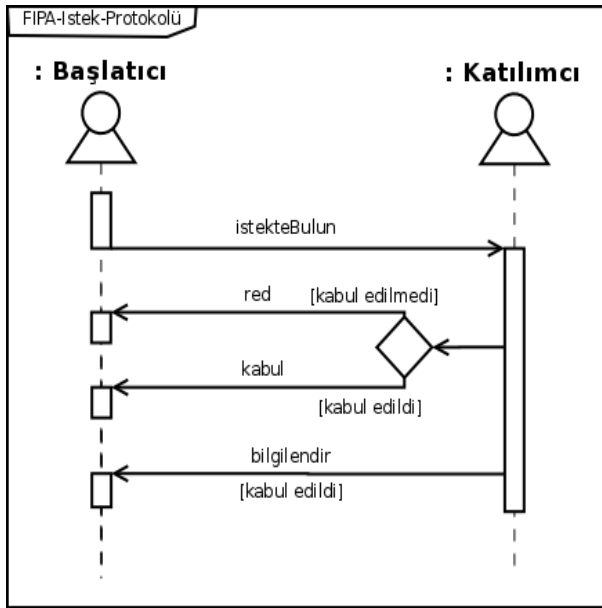
FIPA aracılık etkileşim protokolü [43], iyi bir şekilde tanımlanmış bir makro protokol olmasına rağmen, anlamsal web servisleri ortamındaki etmenler için tümüyle uygun değildir. Böyle bir ortamda, etmenler ihtiyaç duydukları servisin sağlayıcıları ile önce uzlaşmalıdır. Aracılık etkileşimlerinde ise bu uzlaşmayı başlatıcı adına aracı etmenin yapması gerekir. Bu nedenle, başlatıcının gönderdiği vekalet mesajı ayrıca uzlaşma için de alt-protokol ve koşulları içermelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında FIPA aracılık protokolü, anlamsal web servisleri ortamı için SWSA

mimarisi ile uyumlu aracılık etkileşimlerini destekleyecek şekilde genişletilmiştir ve AUML etkileşim diyagramı Şekil 3'te verilmiştir. Bu etkileşim protokolü kapsamında başlatıcının göndereceği vekalet mesajı şunları içerir: aracı etmenin iletişim edimini göndermesi gerektiği hedef etmenlerin sunması beklenen anlamsal web servis tanımı, uzlaşma süreci için gönderilecek iletişim edimi, yürütme süreci için gönderilecek iletişim edimi ve uzlaşma ve yürütme koşullarını içeren birtakım vekalet koşulları (örneğin kabul edilecek anlamsal eşleşme derecesi, servis kalitesi parametreleri, servis yürütme etkileşimi yapılacak maksimum etmen sayısı gibi). Uzlaşma süreci için FIPA'nın istek (*request*), sorgu (*query*), anlaşma (*contract net* ve *iterated contract net*) etkileşim protokolleri ve bunlara ilişkin mesajlaşmalarda sırasıyla *request*, *query-if* ya da *query-ref* ve *cfp* iletişim edimleri kullanılabilir.



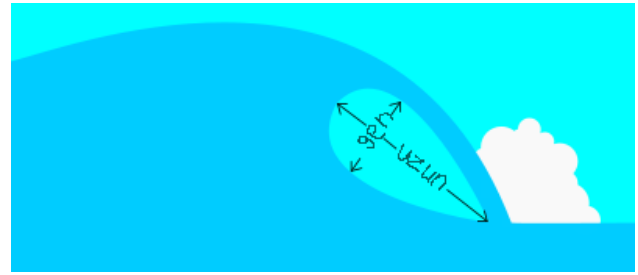
Şekil 3. Anlamsal web servisleri ortamı için SWSA mimarisi ile uyumlu aracılık etkileşim protokolü [40]

Şekil 4. FIPA istek (*request*) etkileşim protokolü

Yürütme süreci için ise yine istek (*request*) ve sorgu (*query*) etkileşim protokolleri ve yine bunlara ilişkin mesajlaşmalarda sırasıyla *request*, *query-if* ya da *query-ref* iletişim edimleri kullanılabilir.

Anlamsal web servisleri ortamı için SWSA mimarisi ile uyumlu aracılık etkileşim protokolünün işleyişi şu şekildedir: Aracı etmen vekil olmayı kabul ederse, *vekalet* mesajında yer alan anlamsal web servis tanımını kullanarak aday etmenleri bulur ve vekalet koşullarına göre bulunduğu etmenleri değerlendirerek uzlaşma yapılacakları seçer. Bunların sonucunda keşfedilen etmenler listesinde m adet etmen olduğu düşünülürse, aracı etmen bu m etmenle, uzlaşma alt-protokolünü kullanarak uzlaşma etkileşimine başlar. Bu etkileşimler sonucunda, aracı etmen ya hiçbir etmenle anlaşamaz ya da n adet etmenle anlaşır. Eğer anlaşılmış bir servis sağlayıcı etmen varsa, aracı etmen yürütme alt-protokolünü kullanarak 0 ya da daha fazla etmenle servis yürütme etkileşimine başlar. Yürütme alt-protokolü tamamlandığında gelen cevap mesajlarını başlatıcıya iletir ve aracılık etkileşim protokolü sonlanır. Bu arada istenilen servisi sunan hiçbir etmen bulunamazsa, uzlaşma ya da yürütme alt-protokolünden hata mesajı gelirse, hiçbir etmen ile anlaşma sağlanamazsa ya da alt protokollerden kaynaklanmayan bir hata meydana gelirse, aracı etmen başlatıcıya hata mesajı göndererek aracılık etkileşim protokolünü bitirir.

Kayıtlanma sürecinde ve uzlaşma ve yürütme alt protokollerinde en çok istek (*request*) protokolü kullanıldığı için onun da AUML etkileşim diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 5. Dalganın şekli, uzunluğunun genişliğine olan oranı ile belirtilebilir [40]

5. DURUM ÇALIŞMASI

Bu çalışma kapsamında anlamsal web servisleri ortamında aracılık uygulamaları geliştirebilmek için tasarlanan çok etmenli sistemin ve bu sistemde yer alan aracı etmenin işleyişini daha somut olarak gösterebilmek için bir durum çalışması yapılmıştır. Durum çalışması için çalışma alanı olarak turizm alanı seçilmiştir. Bunun sebebi, literatürde anlamsal web servisleri ile ilgili yapılan çalışmalarda da turizm alanının çok popüler olması ve bu alanda başka kişi ya da gruplar tarafından tanımlanmış ontolojilerin ve anlamsal web servislerinin bulunabilme olasılığının yüksek olacağına düşünülmesidir.

5.1. Senaryo

Turizm alanı için bir çok etmenli sistem varolduğunu varsayalım. Bu sistemde esas olarak üç tür etmen yer alacaktır: turist etmenleri, seyahat acentası etmenleri ve bir aracı etmen. Turist etmenleri, kullanıcılarının seyahat planlarını yapmalarına yardım etmek için kullanıcıları adına hareket ederler. Seyahat acentası etmenleri, sistemdeki etmenlere turizm ile ilgili servisleri sunarlar. Örneğin, sörf, kayak v.b. turizm etkinlikleri için gidilecek en iyi yerleri bulmak, konaklamak için en iyi yerleri bulmak gibi. Aracı etmen ise, sistemdeki turist ve seyahat acentası etmenleri arasında arabuluculuktan sorumludur.

Örneğin Ali, tatili boyunca kalacağı yerde sörf yapabilmek istemektedir. Sörf yapılabilen yerler denizdeki dalgaların tipine göre tarif edilmektedir. Dalgalar şekil ve hız gibi özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır [45]. Dalga şekli, dalganın uzunluğunun genişliğine olan oranı ile tanımlanmaktadır (Şekil 5). Dalganın genişliği uzunluğunu geçerse (oran $<1:1$) *kare*, oran $1-2:1$ olursa *yuvarlak*, diğer durumlarda (oran $>2:1$) *badem* olarak isimlendirilmektedir. Dalganın hızı ise açısı ile tanımlanmaktadır. Eğer açı 30 derece ise *hızlı*, 45 derece ise *orta*, 60 derece ise *yavaş* olarak isimlendirilmektedir. Tablo 1'de sörf yapmak için dalga özelliklerine göre örnek yerler görülmektedir [45].

Tablo 1. Dalga özelliklerine göre örnek sörf yerleri

	Hızlı	Orta	Yavaş
Kare	The Cobra	Teahupoo	Shark Island
Yuvarlak	Speedies, Gnaraloo	Banzai Pipeline	
Badem	Lagundri Bay, Superbank	Jeffreys Bay, Bells Beach	Angourie Point

Ali, dalga şeklinin *badem* ve dalga hızının *orta* olduğu bir sörf yapma yerine seyahat etmek istemektedir. Bu nedenle, kullanıcı etmenini en uygun yerleri bulması için yönlendirir. Sonuç olarak, kullanıcı etmeninin Jeffreys Bay ve Bells Beach isimli yerleri bulması beklenmektedir (Tablo 1).

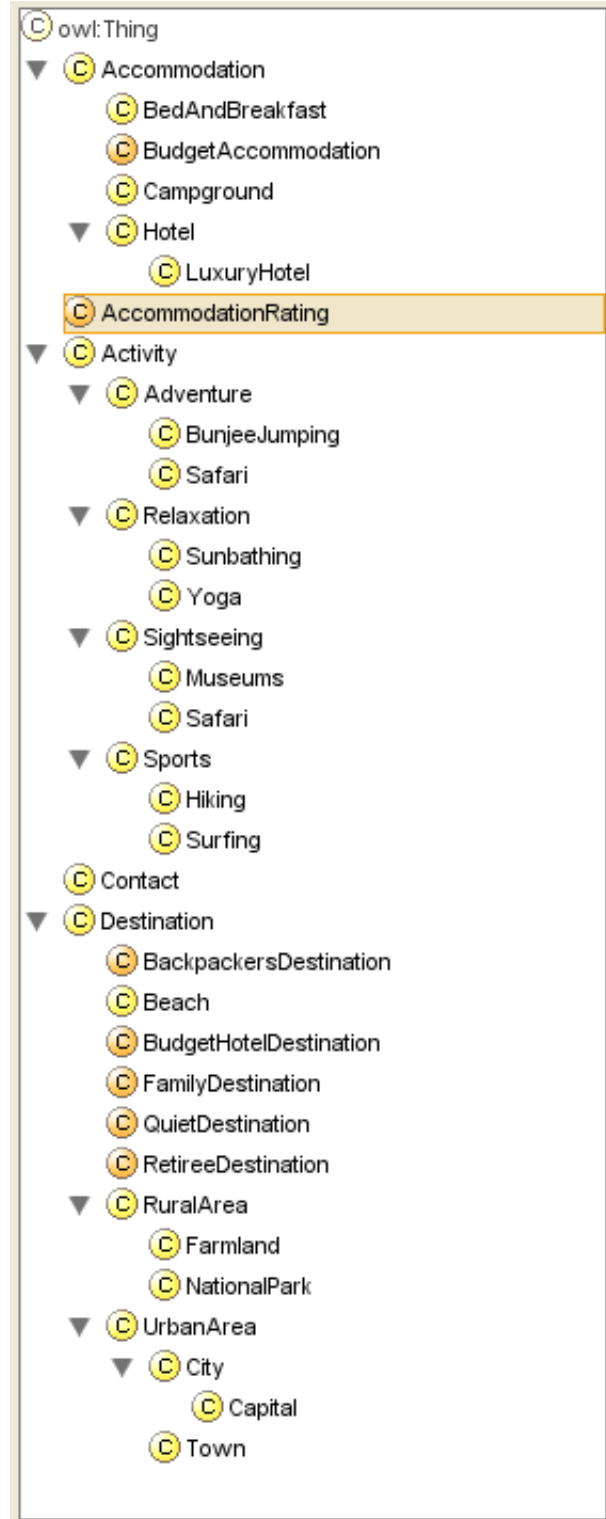
5.2. Çok Etmenli Sistemin Oluşturulması

Hedef şablonlarının ve etmenlerin sundukları içsel ya da dışsal servislerin arayüz tanımlamaları için W3C'ye sunulan anlamsal web servis belirten OWL-S tercih edilmiştir. Çünkü OWL-S [8], hem bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır hem de W3C'nin ontoloji dili standardı olan OWL [11] ile tanımlanmış ontolojilerle ilişkilendirilebilmektedir. Bu amaçla, gerçek dünyaya mümkün olduğunca benzeyen bir turizm ontolojisini ve hem arama aşamasında anlamsal eşleme yapabilmeye uygun hem de işlevselliği mümkün olduğunca gerçekçi anlamsal web servislerini bulabilmek amacıyla literatür taraması yapılmıştır. Bu tarama sonucunda, OWLS-MX anlamsal servis eşleyicisi [14] için oluşturulmuş test koleksiyonunun (OWLS-TC) kullanılabilirliğine karar verilmiştir. Çünkü bu koleksiyon hem turizm alanını da kapsayan alan ontolojileri hem de OWL-S ile tanımlanmış örnek anlamsal web servisleri içermektedir. OWLS-TC test koleksiyonunun 2.2 sürümü [46], 7 farklı çalışma alanından çeşitli ontolojiler, toplam 1004 adet anlamsal web servisi ve 29 adet sorgu (servis isteği) içermektedir. Bu 7 çalışma alanından birisi de seyahat alanıdır.

OWLS-TC test koleksiyonunda tanımlanan servislerin girdi ve çıktı parametrelerini betimlemek için kullanılan ontolojiler, çoğunlukla webde yer alan açık kaynaklardan alınmıştır. Turizm alanı için de Protege ontoloji kütüphanesinde [47] yer alan ve eğitsel amaçlı olarak oluşturulmuş seyahat ontolojisi [48] koleksiyona alınmıştır. Bu ontolojide yer alan tüm sınıflar hiyerarşik bir yapıda Şekil 6'da verilmiştir. Seyahat ontolojisindeki temel sınıflardan gidilecek yeri tanımlayan *Destination* sınıfı, o yerde kalınabilecek yerleri (*Accommodation*) ve yapılabilecek etkinlikleri (*Activity*) tutmaktadır.

OWLS-TC test koleksiyonunda servis isteğini ifade edebilmek için kullanılan sorgular, bu çalışmada bahsedilen hedef şablonlarında olduğu gibi anlamsal servis arayüzleri biçiminde (OWL-S profilleri ile) tanımlanmışlardır. Dolayısıyla bu sorgular hedef şablonları olarak kullanılabilirler. Sonuç olarak, OWLS-TC test koleksiyonunun turizm alanında içerdiği 6 adet sorgudan bir tanesi olan, sörf etkinliğinin yapılabildiği yerlerin bulunmasını hedefleyen *surfing_destination* sorgusu, hedef şablonu olarak seçilip aracı etmenin Hedef Şablon Havuzuna eklenmiştir. Bu hedef şablonunun detayları Tablo 2'de verilmiştir.

OWLS-TC test koleksiyonu, farklı çalışma alanları için OWL-S 1.1 formatında tanımlanmış birçok anlamsal web servisi içermektedir. Ancak bu servisler aşağıdaki kısıtlamalara sahiptir:



Şekil 6. Seyahat ontolojisi

Tablo 2. Hedef şablonu

Hedef Adı	Girdi Parametreleri	Çıktı Parametreleri
surfing_destination	#Surfing	#Destination

Tablo 3. Anlamsal web servis profilleri

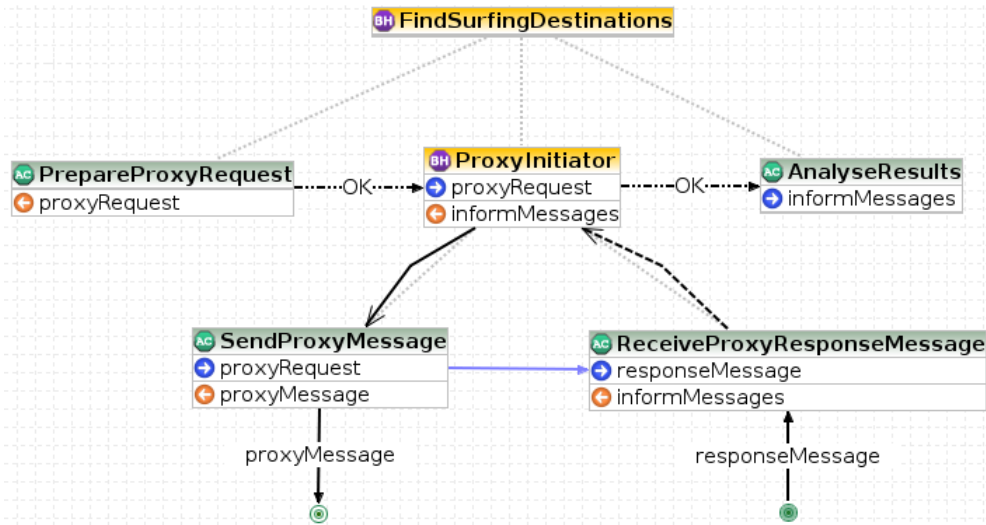
Servis Sağlayıcı Etmen	Servis Adı	Girdiler	Çıktılar
Provider1	surfing_beach	#Surfing	#Beach
Provider2	surfing_destination	#Surfing	#Destination
Provider3	surfing_nationalpark	#Surfing	#NationalPark
Provider4	activity_nationalpark	#Activity	#NationalPark
Provider5	sports_destination	#Sports	#Destination

- Tüm servisler atomiktir.
- Servislerin, giriş/çıkış için yeterli olan minimal bilgilerini (servisin adı, servisin metinsel tanımı, girdi ve çıktı parametreleri) içeren basit profilleri mevcuttur.
- Servislerin WSDL dokümanı ile ilişkilendirilmiş zemin dokümanları verilmemiştir.

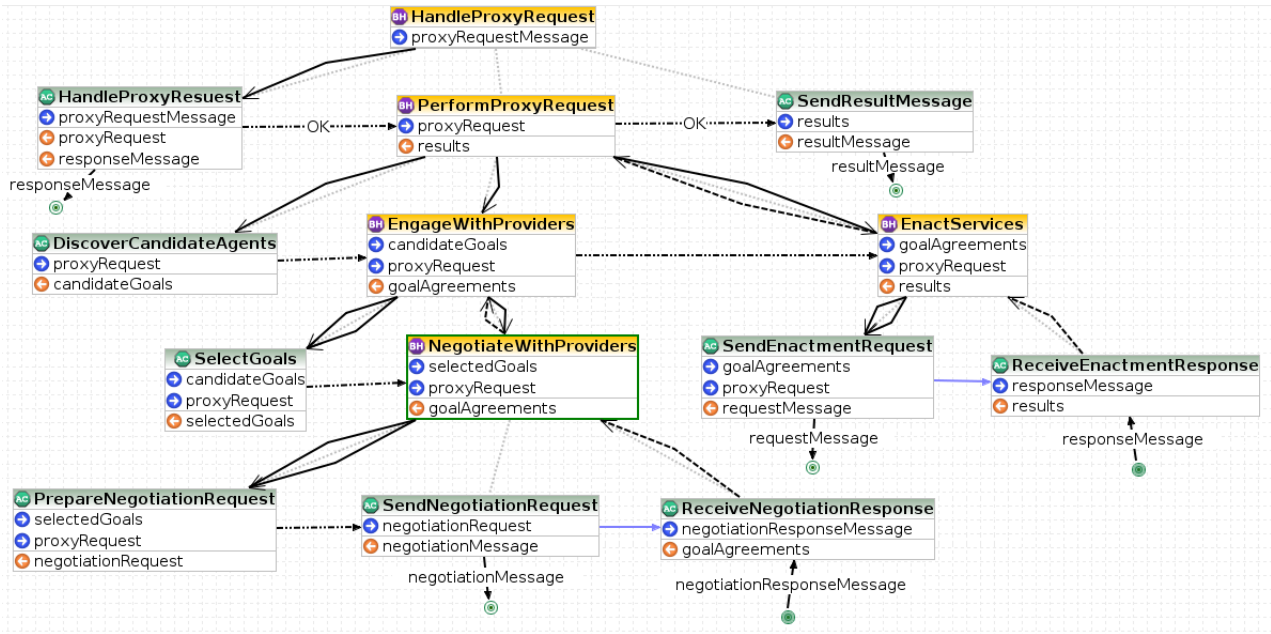
Yukarıda bahsedilen kısıtlamalar, bu çalışma kapsamında bu servislerin kullanılmasına engel teşkil etmemektedir. Gerçekleştirilen çok etmenli sistemde, atomik ya da birleşik olsun, servis çağrımını servis sağlayıcı etmenler yapmaktadır. Dolayısıyla servislerin atomik olması yeterlidir. Ayrıca zaten birleşik servislerin çağrımı, üzerinde daha detaylı olarak durulması gereken bir çalışma konusudur. Yine servislerin sadece girdi ve çıktı parametrelerinin yer aldığı basit profiller de yeterlidir. Çünkü servis keşfi aşamasında, servislerin sadece girdi ve çıktı parametrelerinin tiplerine bakılmaktadır. Ayrıca uzlaşma aşamasında pazarlık, yürütme aşamasında da izleme işlevleri yerine getirilmediği için servis profillerinde sadece girdi ve çıktı parametre tanımlarının olması da yeterlidir. Ancak uzlaşma aşamasında servisin sağlayıcıları ile etkileşime geçileceği için, servisleri sunan etmenlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, profil ontolojisindeki *actor* kavramı ile servisi sağlayan etmenin bilgisi, seçilen 5 servise eklenmiştir. Son olarak servislere ilişkin zemin dokümanlarına da ihtiyaç yoktur. Çünkü

servis çağrımını servis sağlayıcı etmenler yapmaktadır ve bu çalışma kapsamında servis sağlayıcı etmenlerin bunu simule etmeleri de yeterlidir. Sonuç olarak, OWLS-TC test koleksiyonunun seyahat alanında içerdiği 197 adet servis profilinden 5 tanesi, servis sağlayıcı etmenlerin sundukları servisleri betimlemek amacıyla seçilmiştir. Belirli etkinliklerin yapılabildiği yerlerin bulunmasını sağlayan bu servislerin isimleri, sağlayıcı etmenleri, girdi ve çıktı tipleri Tablo 3'te verilmiştir.

Kullanılacak ontoloji ve anlamsal servis tanımları belirlendikten sonra, çok etmenli sistemde yer alacak etmenlerin yaratılmasına geçilmiştir. Bu amaçla, anlamsal web ortamında bir çok etmenli sistem geliştirme altyapısı sunan SEAGENT [49, 50] kullanılmıştır. SEAGENT, anlamsal web ortamında yaşayan etmenlerin oluşturduğu çok etmenli sistemler oluşturmak için geliştirilmiş hedef-yönelimli ve anlamsal web tabanlı bir çok etmenli sistem çerçevesidir. SEAGENT, etmenlerin içsel yapılarında OWL dilini kullanarak bilgiyi işleyebilmelerine olanak verir. Ayrıca etmenler arasında ACL mesajları içerisinde anlamsal içeriği aktarabilmek için FIPA-RDF tabanlı bir içerik dili kullanır. SEAGENT altyapısında, HTN (Hierarchical Task Networking) planlama formalizmine dayalı bir planlayıcı bulunmaktadır. Bu planlayıcı, çizge tabanlıdır ve Eclipse ortamında görsel bir geliştirme arayüzüne sahiptir [51]. HTN planlama, planları görev ayrıştırımıyla yaratan bir planlama metodolojisidir [52].



Şekil 7. Servis istemci etmenin aracı etmene vekalet verme planı



Şekil 8. Aracı etmenin aracılık planı

Görevler karmaşık görevler (davranışlar) ve ilkel görevler (eylemler) olmak üzere iki tiptir. Her plan, alt görevlerden oluşan bir kök görevden oluşmaktadır. Davranışlar karmaşık görevlerin alt görevlerine ayrışımını ve görevler arası bilgi akışını tutarlar. Görevlerin alt görevlere ayrıştırılma süreci, doğrudan çalıştırılabilir ilkel görevler bulununcaya kadar devam eder.

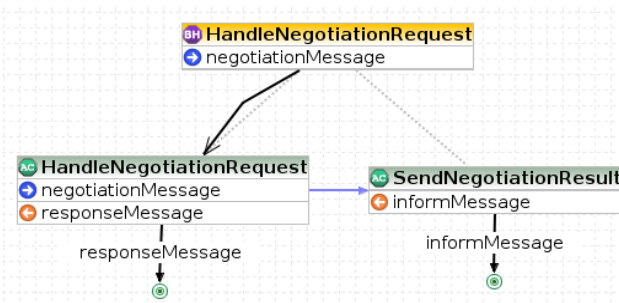
Öncelikle senaryodaki turist etmenini temsil edecek bir servis istemci etmen yaratılmıştır. Bu etmenin sörf yapılan yerleri bulmak için aracı etmeden aracılık isteğinde bulunmasını sağlayacak plan yaratılmıştır. *FindSurfingDestinations* isimli bu planın HTN diyagramı Şekil 7'de görülmektedir.

Daha sonra ise aracı etmen yaratılmıştır. Aracı etmenin anlamsal servisleri keşfetme aşamasında kullanacağı anlamsal servis eşleştirici olarak, OWLS-MX [14] aracı tercih edilmiştir. Bu araç, hem mantık tabanlı çıkarsama yöntemi kullanarak anlamsal yakınlıklara göre hem de çeşitli bilgi erişim yöntemleri kullanarak sözdizimsel yakınlıklara göre servis arama işlemini gerçekleştiren melez bir servis eşleyicidir. İstenilen nitelikteki servisleri aradıktan sonra eşleşen servisleri 5 kategoride sınıflandırarak geri döndürür. Bunlar en iyi eşleşme derecesinden en kötüsüne doğru; TAM (EXACT), UYUMLU (PLUG-IN), KAPSAR (SUBSUMES),

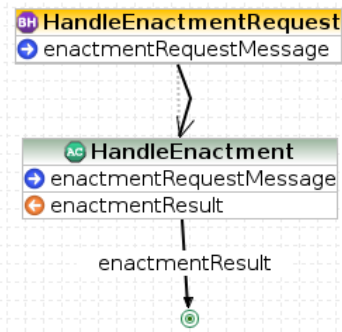
KAPSANIR (SUBSUMED-BY) ve BAŞARISIZ (FAIL) şeklindedir.

Aracı etmenin aracılık için kullandığı etkileşim protokolü, daha önce 4. Bölüm'de detaylı olarak açıklanan FIPA aracılık protokolünün SWSA mimarisinde belirtilen servis kullanım aşamalarına uygun olarak genişletilmiş halidir. Bu protokoldeki uzlaşma ve yürütme alt-protokolleri için sadece FIPA istek (*request*) protokolü gerçekleştirilmiştir. Ülerleyen dönemde uzlaşma aşamasında pazarlığa da imkan vermek için FIPA anlaşma (*contract net*) protokolünün gerçekleştirimi de hedeflenmektedir. Aracı etmenin plan kütüphanesinde bulunan *aracılık* planı Şekil 8'de görülmektedir.

Son olarak, seyahat acentalarını temsil edecek ve daha önce bahsedilen servisleri sunacak seyahat acentası etmenleri yaratılmıştır. Bu etmenler, servis sağlayıcı etmen rolünü oynayacaklardır. Bu amaçla, aracı etmeden gelecek müzakere ve yürütme isteklerine cevap verebilmelerini sağlayacak planlar yaratılmıştır. Aracı etmenle müzakere etmesini sağlayacak *HandleNegotiationRequest* isimli planın HTN diyagramı Şekil 9'da ve *HandleEnactmentRequest* isimli planın HTN diyagramı Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 9. Servis sağlayıcı etmenin müzakere planı



Şekil 10. Servis sağlayıcı etmenin servis yürütme planı

```
(proxy
:sender (agent-identifier
:name traveller_agent@foo.com)
:receiver (set (agent-identifier
:name broker_agent@foo.com))
:language scl
:protocol swsa-based-brokering
:ontology travel
:content
"(proxy-content
(service-criteria
:goal-template
#surfing_destination
:match-degree subsumes)
(protocols
:engagement fipa-request
:enactment fipa-request)
(proxy-conditions
(selection-criteria
:engagement first-three
:enactment best-one))
(input-parameters
:name #Surfing
:value #WindSurfing))")
```

Şekil 11. Aracılık isteğini belirten vekalet mesajı [40]

```
(inform
:sender (agent-identifier
:name broker_agent@foo.com)
:receiver (set (agent-identifier
:name traveller_agent@foo.com)
:language scl
:protocol swsa-based-brokering
:ontology travel
:content
"(result (set
(result-description
:services (set
(service-description
:name #surfing_destination)
:match-degree exact)
:outputs (set
(output
:name #Destination
:value #JeffreysBay)
(output
:name #Destination
:value #BellsBeach))))")
```

Şekil 12. Aracılığın sonuçlarını içeren bilgilendirme mesajı [40]

5.3. Senaryonun Gerçekleştirimi

Servis istemci (turist) etmenin, daha önce verilen vekalet verme planını çalıştırması sonucunda, vekalet iletişim edimine uygun bir servis istek mesajı hazırlanır. Bu mesaj, isteği belirten hedef şablonunu (*goal-template*), istenilen anlamsal eşleme derecesini (*match-degree*), uzlaşma ve yürütme aşamaları için protokolleri (*protocols*), bu aşamalar için seçim kriterlerini (*selection-criteria*) ve servisin girdi parametrelerini (*input-parameters*) içermektedir. Hazırlanan vekalet mesajı, FIPA ACL metin formatında [53] Şekil 11'de görülmektedir. Turist etmeninin hazırlanan bu vekalet mesajını daha önce bahsedilen SWSA mimarisi ile uyumlu aracılık etkileşim protokolü aracılığıyla aracı etmene göndermesi ile aracılık etkileşim protokolü başlatılmış olur.

Vekalet mesajını alan aracı etmen, aracılık planını (Şekil 8) çalıştırır. Öncelikle OWLS-MX aracının yardımıyla *surfing_destination* hedef şablonu ile kayıtlı servisler

arasındaki anlamsal yakınlık derecelerini bulur. Tablo 4'te aracı etmede kayıtlı olan 5 servisin hedef şablonu ile eşleşme dereceleri, en iyi eşleşme derecesinden en kötüsüne doğru sıralı olarak görülmektedir.

Daha sonra, aracı etmen, hedef şablonu ile eşleşen servislerden en iyi eşleşme derecesine sahip üç tanesinin servis sağlayıcı etmenlerine (*Provider1*, *Provider2* ve *Provider5*), uzlaşma isteği mesajı göndererek uzlaşma etkileşimini başlatır. Bu durum çalışmasında, *sports_destination* isimli servisin sağlayıcısı olan *Provider5* isimli etmenin *ret* cevabı, diğer iki servisin sağlayıcısı olan *Provider1* ve *Provider2* isimli etmenlerin *kabul* cevabı gönderdiği kabul edilmektedir. Sonuç olarak aracı etmen bu iki etmen ile servisin çalıştırılması konusunda anlaşmaya varmış olur. Bunun üzerine aracı etmen anlaşma sağlanan etmenlerden anlamsal eşleşme derecesi en yüksek olan *surfing_destination* servisinin sağlayıcısı olan *Provider2* isimli etmen ile yürütme etkileşimini başlatır. Bunun sonucunda *Provider2* isimli etmeden elde ettiği sonuçları bir bilgilendirme mesajı

Tablo 4. Kayıtlı servislerin *surfing_destination* hedef şablonu ile eşleşme dereceleri

Sıra	Servis Sağlayıcı Etmen	Servis Adı	Anlamsal Eşleşme Dereceleri
1	Provider2	surfing_destination	TAM (EXACT)
2	Provider1	surfing_beach	UYUMLU (PLUG-IN)
3	Provider5	sports_destination	UYUMLU (PLUG-IN)
4	Provider3	surfing_nationalpark	KAPSAR (SUBSUMES)
5	Provider4	activity_nationalpark	BAŞARISIZ (FAIL)

(Şekil 12) ile servis istemci etmene gönderir. Bu mesaj, işletilen servisin detaylarını (*services*) ve sonuçlarını (*outputs*) -bu durumda sörf yapmak için yerleri (Jeffreys Bay ve Bells Beach)- içerir.

6. SONUÇLAR VE İLERİYE DÖNÜK ÇALIŞMALAR

Anlamsal web servislerinin, işlevsellikleri, erişim ve işletim yöntemleri ontolojiler kullanılarak tanımlanır. Ontolojilerin kullanımı, servislerin keşfi, işletimi v.b. yetenekleri sağlayan bir ortam gerektirir. Böyle bir anlamsal web servisleri ortamında, araçların kritik ve yararlı bir mimari eleman oldukları bir gerçektir. Çünkü araçlar, iki ya da daha fazla taraf arasındaki etkileşimin kolaylaştırılmasına ihtiyaç duyulduğunda, koordinasyon ve arabuluculuk mekanizmaları sağlarlar. Öte yandan, SWSA komitesi tarafından, anlamsal web servisleri ortamında ihtiyaç duyulabilecek tüm gereksinimleri karşılamak amacıyla birtakım mimari ve protokol soyutlamaları içeren bir anlamsal web servisleri mimarisi tanımlanmıştır. Bu mimari, çok etmenli sistem altyapısına dayanmaktadır. Çünkü belirtilen gereksinimler, hedef yönelimli yazılım etmenleri kullanılarak ve tanımlanmış protokollere dayalı asenkron etkileşimler ile yerine getirilebilir.

Bu çalışmada, etmenler alanında yapılan aracılık çalışmalarının ışığında ve SWSA soyut mimarine dayalı olarak, anlamsal servis aracılığı için bir çok etmenli sistem tasarlanmıştır. Ayrıca, aracı etmen ile diğer etmenler arasında FIPA belirtimlerine dayalı bir aracılık etkileşim protokolü tanımlanmıştır. Tasarlanan çok etmenli sistemin turizm alanı için bir prototipi oluşturulmuş ve bu sistem üzerinde, seyahat planı oluşturulması senaryosu ile aracılık süreci hayata geçirilmiştir.

İlerleyen dönemde, aranan hedefe uygun servis bulunamaması durumunda, aracı etmenin varolan servisleri otomatik olarak birleştirebilmesi üzerine çalışılacaktır. Ayrıca aracı etmenin, servis sağlayıcı etmen ile uzlaşma aşamasında pazarlık yapabilmesine imkan vermek için FIPA anlaşma (*contract net*) protokolünün gerçekleştirimi de hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] H. C. Wong, K. Sycara, "A Taxonomy of Middle-agents for the Internet", **In Proceedings of the Fourth International Conference on Multi-Agent Systems**, 2000.
- [2] M. Paolucci, J. Soudry, N. Srinivasan, K. Sycara, "A Broker for OWL-S Web Services", **In Proceedings of the First International Semantic Web Services Symposium**, pp.79-98, 2004.
- [3] L. Cabral, J. Domingue, S. Galizia, A. Gugliotta, V. Tanasescu, C. Pedrinaci, B. Norton, "IRS-III: A Broker for Semantic Web Services Based Applications", **In Proceeding of the Fifth International Semantic Web Conference**, pp.201-214, 2006.
- [4] M. Klusch, K. Sycara, "Brokering and Matchmaking for Coordination of Agent Societies: A Survey", *Coordination of Internet Agents: Models, Technologies, and Applications*, pp.197-224, 2001.

- [5] M. Burstein, C. Bussler, M. Zarella, T. Finin, M. Huhns, M. Paolucci, A. Sheth, S. Williams, "A Semantic Web Services Architecture", *IEEE Internet Computing*, vol.9, num.5, pp.72-81, 2005.
- [6] Internet: FIPA Specifications, <http://www.fipa.org/specifications/index.html>, 27.11.2011.
- [7] Internet: Web Services Description Language (WSDL) 1.1 Specification, <http://www.w3.org/TR/wsdl>, 27.11.2011.
- [8] Internet: OWL-S: Semantic Markup for Web Services, <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>, 27.11.2011.
- [9] Internet: Web Service Modeling Ontology (WSMO), <http://www.w3.org/Submission/WSMO/>, 27.11.2011.
- [10] Internet: Semantic Annotations for WSDL and XML Schema, <http://www.w3.org/TR/sawSDL/>, 27.11.2011.
- [11] Internet: OWL Web Ontology Language - Overview, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>, 27.11.2011.
- [12] Internet: SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML, <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>, 27.11.2011.
- [13] M. Paolucci, T. Kawamura, T. R. Payne, K. Sycara, "Semantic Matching of Web Services Capabilities", **In Proceedings of the First International Semantic Web Conference**, 2002.
- [14] M. Klusch, B. Fries, K. Sycara, "Automated Semantic Web Service Discovery with OWLS-MX", **In Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems**, pp.915-922, 2006.
- [15] J. Cardoso, A. P. Sheth, J. A. Miller, J. Arnold, K. Kochut, "Quality of service for workflows and web service processes", *Journal of Web Semantics*, vol.1, num.1, pp.281-308, 2004.
- [16] L. Zeng, B. Benatallah, M. Dumas, J. Kalaganam, Q. Z. Sheng, "Quality driven web services composition", **In Proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web**, pp.411-421, 2003.
- [17] J. Sabater, C. Sierra, "Reputation and social network analysis in multi-agent systems", **In Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems**, pp.475-482, 2002.
- [18] M. Sensoy, F. C. Pembe, H. Zirtiloglu, P. Yolum, A. Bener, "Experience-based service provider selection in agent-mediated e-commerce", *International Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.20, num.3, pp.325-335, 2007.
- [19] S. J. Russell, P. Norvig, **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, Pearson Education, USA, 2003.
- [20] E. H. Durfee, V. R. Lesser, D. D. Corkill, "Trends in Cooperative Distributed Problem Solving", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol.1, num.1, pp.63-83, 1989.
- [21] F. Zambonelli, A. Omicini, "Challenges and Research Directions in Agent-Oriented Software Engineering", *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol.9, num.3, pp.253-283, 2004.
- [22] K. Decker, K. Sycara, M. Williamson, "Matchmaking and Brokering", **In Proceedings of the Second International Conference on Multi-Agent Systems**, 1996.
- [23] L. Z. Varga, A. Hajnal, Z. Werner, "Engineering Web Service Invocations from Agent Systems", *Lecture Notes in Computer Science*, num.2691, pp.626-635, 2003.
- [24] D. Greenwood, M. Calisti, "Engineering Web Service - Agent Integration", **In Proceedings of the International Conference on Systems, Man and Cybernetics**, pp.1918-1925, 2004.
- [25] F. Bellifemine, A. Poggi, G. Rimassa, "Developing Multiagent Systems with a FIPA-Compliant Agent Framework", *Software Practice and Experience*, vol.31, num.2, pp.103-128, 2001.
- [26] T. X. Nguyen, R. Kowalczyk, "WSs2JADE: Integrating Web Service with JADE Agents", **In Proceedings of the Workshop on Service-Oriented Computing and Agent-Based Engineering**, 2005.
- [27] L. Z. Varga, A. Hajnal, Z. Werner, "An Agent Based Approach for Migrating Web Services to Semantic Web Services", *Lecture Notes in Computer Science*, num.3192, pp.381-390, 2004.
- [28] D. Fensel, C. Bussler, "The Web Service Modeling Framework WSMF", *Electronic Commerce Research and Applications*, vol.1, num.2, pp.113-137, 2002.
- [29] N. Gibbins, S. Harris, N. Shadbolt, "Agent-based Semantic Web Services", **In Proceedings of the 12th International Conference on World Wide Web**, pp.710-717, 2003.
- [30] Y. Zou, **Agent-Based Services for the Semantic Web**, PhD Thesis, University of Maryland, the Faculty of the Graduate School, 2004.

- [31] Internet: FIPA Agent Communication Language Specifications, <http://www.fipa.org/repository/aclspecs.html>, 27.11.2011.
- [32] I. Dickinson, M. Wooldridge, "Agents are not (just) Web Services: Investigating BDI Agents and Web Services", **In Proceedings of the Workshop on Service-Oriented Computing and Agent-Based Engineering**, 2005.
- [33] M. Stollberg, D. Roman, I. Toma, U. Keller, R. Herzog, P. Zugmann, D. Fensel, "Semantic Web Fred - Automated Goal Resolution on the Semantic Web", **In Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference**, 2005.
- [34] A. Lopes, L. Botelho, "Executing Semantic Web Services with a Context-Aware Service Execution Agent", *Lecture Notes in Computer Science*, num.4504, pp.1-15, 2007.
- [35] D. Martin, A. Cheyer, D. Moran, "The Open Agent Architecture: A Framework for Building Distributed Software Systems", *Applied Artificial Intelligence*, vol.13, num.1-2, pp.92-128, 1999.
- [36] J. Lu, J. Mylopoulos, "Extensible Information Broker", *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, vol.11, num.1, pp.95-115, 2002.
- [37] N. R. Jennings, P. Faratin, T. J. Norman, P. O'Brien, B. Odgers, "Autonomous Agents for Business Process Management", *International Journal of Applied Artificial Intelligence*, vol.14, num.2, pp.145-189, 2000.
- [38] H. Chen, T. Finin, A. Joshi, "Semantic Web in the Context Broker Architecture", **In Proceedings of the IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications**, 2004.
- [39] T. Vitvar, A. Mocan, M. Kerrigan, M. Zaremba, M. Zaremba, M. Moran, E. Cimpian, T. Haselwanter, D. Fensel, "Semantically-enabled service oriented architecture: Concepts, technology and application", *Service Oriented Computing and Applications*, vol.1, num.2, pp.129-154, 2007.
- [40] Ö. Gümüş, Ö. Gürçan, O. Dikenelli, "Towards a Broker Agent in the Semantic Services Environment", *Lecture Notes in Computer Science*, num.5006, pp.31-44, 2008.
- [41] Ö. Gümüş, Ö. Gürçan, G. Kardas, E. E. Ekinci, O. Dikenelli, "Engineering an MAS Platform for Semantic Service Integration based on SWSA", *Lecture Notes in Computer Science*, num.4805, pp.85-94, 2007.
- [42] Internet: FIPA Communicative Act Library Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/>, 27.11.2011.
- [43] Internet: FIPA Brokering Interaction Protocol Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00033/>, 27.11.2011.
- [44] Internet: Agent-based Unified Modeling Language, <http://www.auml.org/auml/documents/main.shtml>, 27.11.2011.
- [45] Internet: Surfing, <http://en.wikipedia.org/wiki/Surfing>, 27.11.2011.
- [46] Internet: OWLS-TC2.2, OWL-S Test Collection Version 2.2, http://projects.semwebcentral.org/frs/download.php/373/owls-tc2_2_rev_1.zip, 27.11.2011.
- [47] Internet: Protégé Ontology Library, http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Protege_Ontology_Library, 27.11.2011.
- [48] Internet: H. Knoblauch, A Travel Ontology, <http://protege.cim3.net/file/pub/ontologies/travel/travel.owl>, 27.11.2011.
- [49] O. Dikenelli, R. C. Erdur, Ö. Gümüş, E. E. Ekinci, Ö. Gürçan, G. Kardas, I. Seylan, A. M. Tiryaki, "SEAGENT: A Platform for Developing Semantic Web based Multi Agent Systems", **In Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems**, pp.1271-1272, 2005.
- [50] Dikenelli, O., "SEAGENT MAS Platform Development Environment", **In Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems**, 2008.
- [51] E. E. Ekinci, A. M. Tiryaki, Ö. Gürçan, O. Dikenelli, "A planner infrastructure for semantic web enabled agents", *Lecture Notes in Computer Science*, num.4805, pp.95-104, 2007.
- [52] K. Erol, J. A. Hendler, D. S. Nau, "Complexity Results for HTN Planning", *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, vol.18, num.1, pp.69-93, 1996.
- [53] Internet: FIPA ACL Message Representation in String Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00070/>, 27.11.2011.