

## ANLAMSAL VEB SERVİSLERİ ORTAMINDA BİR ARACI ETMEN

Özgür Gümüş<sup>1</sup>, Önder Gürcan<sup>2</sup>, Oğuz Dikenelli<sup>3</sup>

### Özet

Hem arabuluculuk ve koordinasyon özelliklerine sahip olmaları hem de geniş bir alanda uygulanabilir olmaları nedeniyle, araçlar anlamsal veb servisleri ortamının da doğal bir bileşeni olmaya adaydırlar. Bu çalışmada, SWSA soyut mimari çerçevesine dayalı olarak, anlamsal veb servisleri ortamında bir aracı etmen tasarlanmıştır. Bu tasarımın ana katkısı, SWSA çerçevesine uygun, esnek ve yeniden kullanılabilir bir aracı etmen mimarisi sunulmuş olmasıdır. SWSA çerçevesinin üç aşaması, o sürecin içsel gereksinimlerini karşılamak için farklı etkinlikler içermektedir ve her etkinlik, farklı şekillerde gerçekleştirilebilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışma kapsamında tasarlanan aracı etmen, plan seviyesinde ve modül seviyesinde yeniden kullanım sağlayarak etkinliklerin farklı gerçekleştirimlerinin sisteme kolaylıkla eklenebildiği esnek bir mimari sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Aracılık, anlamsal veb servisleri, yazılım etmenleri, çok etmenli sistemler

## A BROKER AGENT IN THE SEMANTIC WEB SERVICES ENVIRONMENT

### Abstract

Brokers are one of the main discovery and synchronization mechanisms among autonomous agents. Because of their mediation and coordination properties as well as wide applicability, brokers are a natural candidate component for the semantic services environment. In this paper, design considerations of a broker agent in the semantic services environment which is based on the SWSA abstract architecture are discussed. Main focus of its design is to provide flexible and reusable broker architecture conforms to this abstract architecture. SWSA defines three consecutive phases for service usage: discovery, engagement and enactment. Each phase includes different activities to satisfy internal requirements of that phase. The critical point here is that each activity can be implemented in a different way based on the application requirements. In this context, our broker agent provides such a flexible architecture in which different implementations of activities can be plugged-in to the system easily.

**Keywords:** Brokerage, semantic web services, software agents, multi-agent systems

### Giriş

Anlamsal veb servislerinin, işlevsellikleri, erişim ve işletim yöntemleri ontolojiler kullanılarak tanımlanır. Ontolojilerin kullanımı, servislerin keşfi, işletimi v.b. yetenekleri sağlayan bir ortam gerektirir. Böyle bir anlamsal veb servisleri ortamında, araçların kritik ve yararlı bir mimari eleman oldukları kabul edilmektedir (Wong ve ark., 2000; Paolucci ve ark., 2004; Cabral ve ark., 2006)

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. Ayrıca, araçlar özerk etmenler arasında keşif ve senkronizasyon mekanizmaları sağlayan ana elemanlardan birisidir (Wong ve ark., 2000; Klusch ve Sycara, 2001). Hem arabuluculuk ve koordinasyon özelliklerine sahip olmaları hem de geniş bir alanda uygulanabilir olmaları nedeniyle, araçlar anlamsal veb servisleri ortamının da doğal bir bileşeni olmaya adaydırlar.

Bu çalışmada amaçlanan, etmenler alanında yapılan aracılık çalışmalarının ışığında ve SWSA (Semantic Web Services Initiative Architectural Committee) soyut mimari çerçevesine dayalı olarak, anlamsal veb servisleri

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Ege Üniversitesi, ozgur.gumus@ege.edu.tr

<sup>2</sup> Arş. Gör., Ege Üniversitesi, onder.gurcan@ege.edu.tr

<sup>3</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi, oguz.dikenelli@ege.edu.tr

ortamında bir aracı etmen tasarlamak ve gerçekleştirmektir. Bu tasarımın ana odak noktası, SWSA soyut mimari çerçevesine uygun, esnek ve yeniden kullanılabilir bir aracı etmen mimarisi sunmaktır. SWSA soyut mimari çerçevesi (Burstein ve ark., 2005), servislerin kullanım süreci için, üç ardışık aşama tanımlamaktadır: keşif, uzlaşma ve yürütme. 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 (Paolucci ve ark., 2002; Klusch ve ark., 2006), servislerin kalite metriklerine (QoS) göre (Cardoso ve ark., 2004; Zeng ve ark., 2003), kullanıcıların genel değerlendirmelerine (reputation-based) göre (Sabater ve Sierra, 2002) ya da kullanıcıların deneyimlerine (experience-based) göre (Sensoy ve ark., 2007) servis seçimi gibi farklı şekillerde gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde, uzlaşma aşamasında çeşitli pazarlık yöntemleri uygulanabilir. Bu bağlamda, bu çalışmada tasarlanan aracı etmen, etkinliklerin farklı gerçekleştirimlerinin sisteme kolaylıkla eklenebildiği esnek bir mimari sunmaktadır.

Makalenin bundan sonraki bölümleri şu şekildedir: Sonraki bölümde, bu çalışmanın alt yapısını oluşturan konular açıklanmış ve literatürde yapılan ilgili çalışmalar verilmiştir. Daha sonraki bölümde, anlamsal servis aracılığı için bir çok-etmenli sistem platformu tanıtılmıştır. Böyle bir platformda yer alacak aracı etmenin tasarımı ve gerçekleştirimi bir sonraki bölümde verilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapılan katkılar özetlenmiş, aracı etmenin mimari tasarım açısından değerlendirmesi yapılmış ve ileriye yönelik planlanan çalışmalar verilmiştir.

### Alt Yapı ve İlgili Çalışmalar

Veb servislerinin anlamsal veb ortamında çalışması için anlamsal veb servisleri alanında bazı standartlaşma çabaları vardır. Bunlardan en ilgi çekicileri OWL-S<sup>4</sup> ve WSMO<sup>5</sup>'dur. OWL-S, veb servislerini betimlemek için bir ontoloji sistemidir. OWL-S, servislerin yeteneklerini (yapabildiklerini) ilan etmek için bir profil (profile) ontolojisi, servislerin işlevselliğini ve birleştirimini 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 veb servisleri kavramı için olan ilk çabadır ancak tam bir sistem değildir, bazı elemanlarını anlamı açıkça tanımlanmamıştır. Dolayısıyla, birçok araştırma grubu tarafından OWL-S ontolojisinin kullanıldığı eşleştiriciler (matchmakers), planlayıcılar ve aracılar (broker) gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Diğer taraftan, WSMO üst modeli dört temel eleman tanımlamaktadır: ontolojiler, hedefler, veb servisleri ve arabulucular. WSMO daha bütünlük bir çerçevedir ancak OWL ve SWRL gibi W3C standartları tabanlı değildir. Ayrıca, daha çok dağıtık ve heterojen servis ortamında bir iş akış sistemine benzemektedir.

Bu arada, SWSA tarafından, anlamsal veb servisleri teknolojilerine altyapı oluşturması amacıyla birtakım mimari ve protokol soyutlamaları içeren bir anlamsal veb servisleri mimarisi tanımlanmıştır (Burstein ve ark., 2005). Bu mimari çerçeve, W3C veb servisleri mimarisi çalışma grubunun, Veb Servisleri İçin Mimari önerisi<sup>6</sup> üzerine inşa edilmiştir ve anlamsal servis etmenlerinin tüm gereksinimlerini karşılamaya çalışmaktadır: dinamik servis keşfi, servisle uzlaşma, servis sürecini yürütme ve ayrıca yönetim, destek ve servis kalitesi hizmetleri. Bu mimari çok etmenli sistem altyapısı temellidir. Çünkü belirtilen gereksinimler, hedef yönelimli yazılım etmenleri kullanılarak ve tanımlanmış protokollere dayalı asenkron etkileşimler ile yerine getirilebilir.

SWSA mimari çerçevesi, bir anlamsal veb servisinin bulunması ve onunla etkileşimde bulunulmasını içeren tüm süreci üç ardışık aşamada tarif etmektedir. Aday servislerin keşfi olarak adlandırılan ilk aşama, bir istemci etmenin içsel hedeflerinin bazılarını potansiyel olarak yerine getirebilecek uygun servislerin aranmasıdır. Servisle uzlaşma adı verilen ikinci aşama, aday veb 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 anlaşmaları 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

<sup>4</sup> Semantic Markup for Web Services, <http://www.daml.org/services/owl-s/>

<sup>5</sup> Web Service Modelling Ontology, <http://www.wsmo.org/>

<sup>6</sup> W3C Web Services Architecture Working Group, Web Services Architecture Recommendation, 11 Ocak 2004, <http://www.w3.org/TR/ws-arch/>

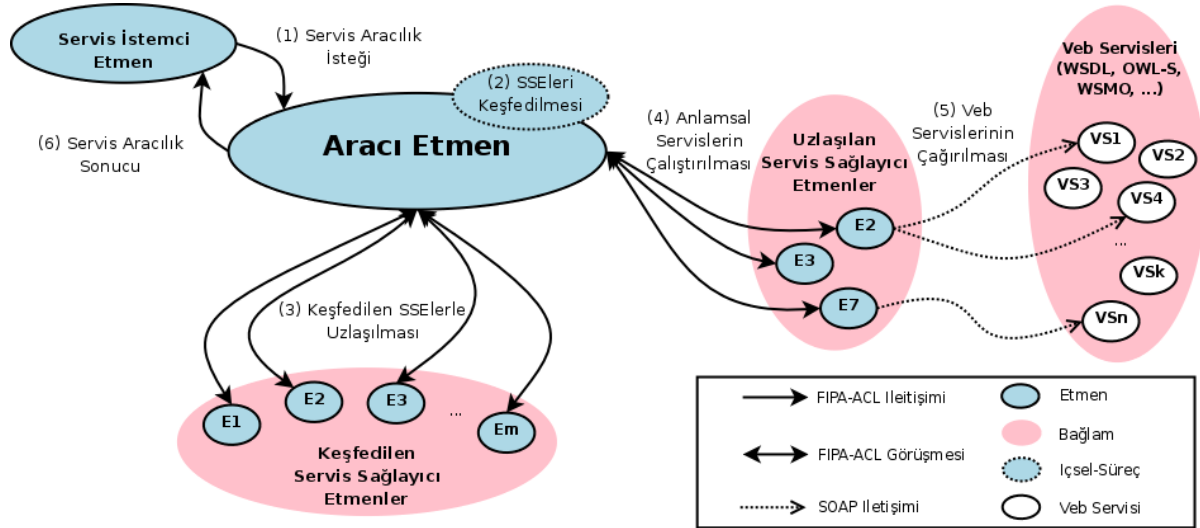
SWSA çerçevesi, her aşamanın aktörlerini, işlevsel gereksinimlerini ve bu gereksinimlerin yerine getirilmesi için gerekli olan mimari elemanları soyut protokoller açısından belirlemektedir.

Anlamsal veb servisleri ortamı için bazı aracı uygulamaları vardır: IRS-III çerçevesi (Cabral ve ark., 2006) ve OWL-S Veb Servisleri İçin Bir Aracı (Paolucci ve ark., 2004). IRS-III, SESA mimarisine (Vitvar ve ark., 2007) 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, SESA mimarisinin örnek bir gerçekleştirimidir. Burada, bir servis istemci ile sağlayıcılar arasında arabuluculuk yapılarak, anlamsal veb servislerinin kullanıldığı uygulamalar oluşturulması için anlamsal aracı temelli bir yaklaşım izlenmektedir. OWL-S Veb Servisleri İçin Bir Aracı 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, temel mimari olarak SWSA çerçevesi alınmıştır. Çünkü SWSA çerçevesi, anlamsal servis ortamının tüm yönlerini (müzakere, anlaşma, güven v.b.) kavramsal seviyede kapsamaktadır. Anlamsal servis ortamının işlevsellikleri, SWSA'da olduğu gibi, geniş kapsamlı bir şekilde ele alındığında, böyle bir ortamı gerçekleştirmek için etmen tabanlı yaklaşımların tek çıkar yol olduğu görülmektedir. Bu çalışmada bahsedilen aracı, SWSA aşamalarını destekleyen bir etmen olarak geliştirilmiştir ve bu aşamaların etkinliklerini gerçekleştirmek için kolay ekleme yapılabilmesini sağlayan bir altyapıya sahiptir.

### Anlamsal Servis Aracılığı İçin Bir Çok Etmenli Sistem Platformu

Anlamsal veb servisleri ortamında aracılığı gerçekleştirmek için SWSA'nın kavramsal modelinin temel gereksinimlerini yerine getiren bir çok-etmenli sistem platformuna ihtiyaç vardır. FIPA<sup>7</sup> uyumlu böyle bir çok-etmenli sistem platformu, şu ana etmenlerden oluşur: aracı etmen, servis sağlayıcı etmen, servis istemci etmen ve ontoloji etmeni. Sonuç olarak, anlamsal veb servisleri ortamında aracılığı gerçekleştirmek için bir çok-etmenli sistem platformu Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: Aracılık için bir çok-etmenli sistem platformu

Aracı etmen, bu FIPA uyumlu çok-etmenli sistemde sarı sayfa hizmeti veren dizin servisi (directory facilitator) konumundadır. Aracı etmen, platformdaki anlamsal olarak tanımlanmış servislerin sağlayıcıları ve istemcileri arasında hem keşif hem de arabuluculuk işlevlerini yerine getirir. Aracı etmen, izleyen bölümde detaylı olarak ele alınmaktadır. Servis sağlayıcı etmenler, servis sunucu rolü oynarlar. Bu etmenler kendi içsel yeteneklerini anlamsal tanımlamaları aracılığıyla ilan ederler. Aynı zamanda, dışsal veb servislerinin etmen platformuna dahil

<sup>7</sup> IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA), <http://www.fipa.org/>

edilmesini sağlayarak geçit (wrapper) etmen görevini yerine getirirler. Servis sağlayıcı etmenin mimari detayları bu bildirinin kapsamı dışındadır ve (Gümüş ve ark., 2007)'te görülebilir. 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, servis isteğini aracı etmene göndererek, uygun servisin/servislerin keşif, seçim ve işletimini aracı etmene havale eder. Ontoloji etmeni, platformda kullanılan ontolojilerin ve bunlar arasındaki eşlemelerin depolandığı bir ontoloji havuzu içerir. Ontoloji etmeni, platformun diğer üyelerinin bu ontolojilere kontrollü bir şekilde erişmesini ve sorgulamasını sağlar.

Şekil 1, ayrıca, bu çok-etmenli sistem platformu üzerinde tüm anlamsal servis aracılık senaryosunu da göstermektedir. Servis istemci etmen, aracı etmene bir servis aracılık isteği göndererek süreci başlatır (adım 1). Bu isteği alan aracı etmen, istemci etmenin başarmak istediği içsel 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

Genel olarak bahsetmek gerekirse, aracı etmen diğer etmenlerin gereksinimleri ve yetenekleri hakkında bazı bilgileri kullanarak o etmenlere birtakım iletişim kolaylaştırma servisleri sunan bir etmendir. Aracı etmenlerin kullanımı, çok etmenli sistemlerde etmenler arası etkileşimi önemli ölçüde basitleştirir. Buna ek olarak, aracı etmenler bir sistemin dinamik durumlara karşı uyarlanabilir ve sağlam olmasını da sağlar. Çünkü ölçeklenebilirlik ve güvenlik bu etmende sağlanabilir.

Ortamda anlamsal veb servislerinin bulunduğu bir çok-etmenli sistemde aracı etmenin, bu servisleri kullanmak isteyen etmenler (istemci etmenler) ile bu servisleri sağlayan etmenler (sunucu etmenler) arasında hem keşif hem de arabuluculuk işlevlerini yerine getirmesi beklenir. Ayrıca en ucuz, en kaliteli v.b. servisleri bularak, servis sağlayıcılar ile pazarlık yaparak, istemcinin hedefine uygun bir servis olmaması durumunda farklı etmenlerin servislerini birleştirerek; servis istemcinin işlevini kolaylaştırmanın yanında birtakım katma değerler de sağlayabilir.

### Gereksinimler

Anlamsal veb servisleri ortamında bulunan bir aracı etmenin, bu servislerin istemci etmenleri ve sağlayıcı etmenleri arasında hem keşif hem de arabuluculuk işlevlerini yerine getirmesi beklenir. Bunun için, bir aracı etmen aşağıda listelenen temel görevleri yerine getirmelidir:

- Servis sağlayıcıların yetenek ilanlarını kaydetme.
- Servis istemcilerin, bir servis sağlayıcı tarafından yerine getirilmesi gereken servis isteklerini (hedeflerini) yorumlama ve istemcinin gönderdiği girdi parametrelerini uzlaşılacak servisin yürütülmesi sırasında kullanmak üzere saklama.
- Servis istemcinin servis isteğine göre, aday servisleri bulma ve bu servisler arasından en iyisini/iyilerini seçme.
- Seçilen servisin/servislerin sağlayıcısı/sağlayıcıları ile uzlaşma.
- Servis istemci adına, üzerinde uzlaşma sağlanan servisi/servisleri çağırma ve gerekli oldukça servis sağlayıcısıyla/sağlayıcılarıyla etkileşimde bulunma.
- Servis çağırımından elde edilen sonuçları servis istemciye geri gönderme.

Diğer taraftan, yukarıda bahsedilen görevlerin başarımı, beraberinde bazı ek görevleri ve arabuluculuk yetenekleri gerektirir. Dolayısıyla aracı etmen aşağıda açıklanan ek görevleri de yerine getirebilmelidir:

- Uzlaşma aşamasında, potansiyel servis sağlayıcılar ile bir anlaşmaya varıncaya kadar müzakere etme. Müzakereler servis ücreti, servisin kalitesi ve zamanlaması, güvenlik, gizlilik v.b. parametreleri içerebilir.
- Servis kalitesi metriklerinin takibi için servisin işletimini izleme.

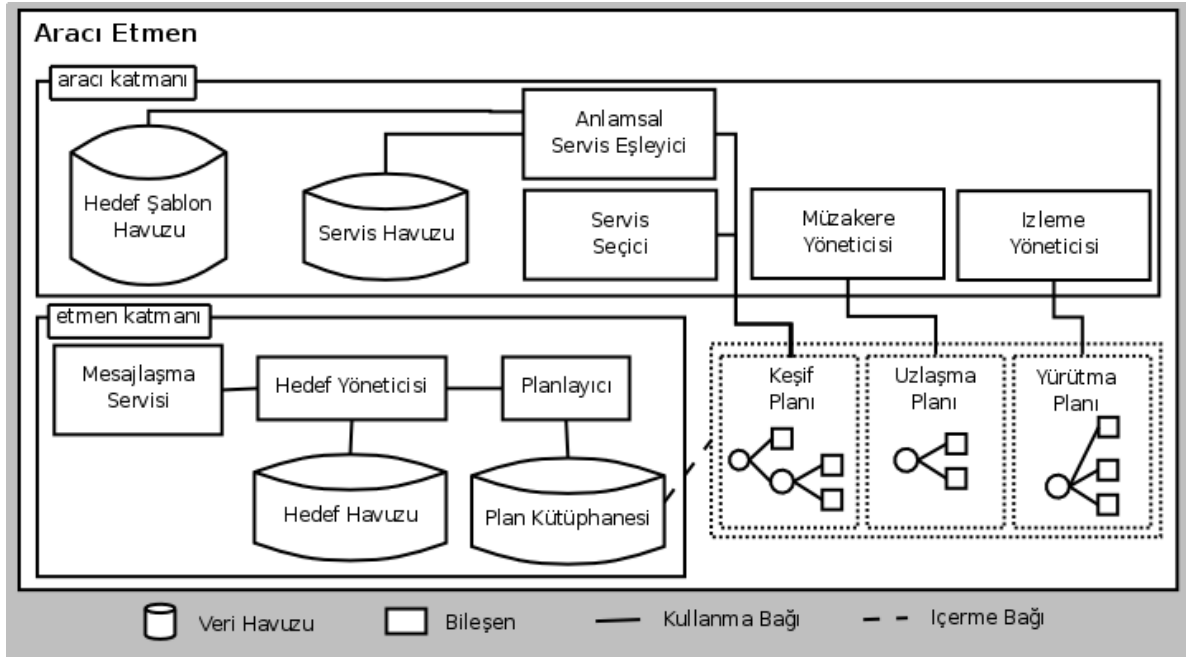
Bundan başka, aracı etmen aşağıda belirtilen arabuluculuk yeteneklerine de sahip olmalıdır:

- Süreç arabuluculuğu: Servisin işletilmesi sırasında ortaya çıkabilecek olası sorunları giderme:
  - Servis sağlayıcının beklediği ancak servis istemcinin başlangıçta sağlamadığı ek girdiler varsa bunları istemciden tedarik etme. Bu ek girdiler fazladan bir girdi parametresi olabileceği gibi servis istemci tarafından başlangıçta sağlanan girdi parametresinin daha özelleşmiş olan ve servis sağlayıcının beklediği girdi parametresinin bir özneliği de olabilir.
  - Servis istemcinin sağladığı ancak servis sağlayıcının servisi işletmek için ihtiyaç duymadığı fazladan veriyi (girdiyi) eleme.
  - Servis çağırımı sonucunda oluşan ancak servis istemcinin ihtiyaç duymadığı fazladan veriyi (çıktıyı) eleme.
- İşlev arabuluculuğu: Servis istemcinin hedefini karşılayan kayıtlı bir servis bulunamaması durumunda, varolan kayıtlı servisleri kullanarak dinamik servis birleştirmesi.

Ayrıca, servis istemci ve sağlayıcının kullandıkları ontolojiler farklı ise, aracının bunların ürettikleri ve/veya tükettikleri veriler arasında çevrim yapması da beklenir (veri arabuluculuğu). Ancak bu çalışmada bahsedilen çok-etmenli sistemde, bu arabuluculuk servis sağlayıcı etmenler tarafından yerine getirildiğinden (Gümüş ve ark., 2007), aracı etmen veri arabuluculuğu yapmamaktadır.

### Aracı Etmenin İçsel Mimarisi

Aracı etmenin mimarisi iki katmandan oluşmaktadır: etmen katmanı ve aracı katmanı (Şekil 2).



Şekil 2: Aracı etmenin içsel mimarisi

Etmen katmanı, çekirdek etmen modüllerini içerir: Mesajlaşma Servisi, Hedef Yöneticisi ve Planlayıcı. Mesajlaşma Servisi, etmenin iletişimini yönetir, gelen isteklerden hedefleri çıkarır ve bunları hedef yöneticisine verir. Hedef Yöneticisi, etmenin içsel hedeflerini yönetir ve bir hedefe ulaşmak için en iyi planı bulmaktan sorumludur. Bunun için içsel hedef havuzunu kullanır. Aracı etmen, esas olarak servis kaydetme ve servis aracılığı isimli iki içsel hedefe sahiptir. Servis aracılığı hedefi, her biri SWSA çerçevesinin servis kullanım aşamaları için olmak üzere üç alt-hedef içerir. Bu alt-hedefler için plan kütüphanesinde ayrı ayrı planlar vardır (Şekil 2) ve bu planlar Planlayıcı tarafından işletilir. Keşif planı, yeteneklerin keşfi için Anlamsal Servis Eşleyici modülünü, servis seçimi için ise Servis Seçici modülünü kullanarak keşif aşamasını kontrol eder. Uzlaşma planı, uzlaşma aşamasını kontrol etmek için kullanılır. Bu plan müzakereleri yönetmek ve zorlukları aşmak için Müzakere Yöneticisi modülünü kullanır. Yürütme planı, uzlaşılan servisleri çağırır ve İzleme Yöneticisi modülünü kullanarak süreci izler. Planlayıcı, etmenin kalbidir ve etmenin davranışlarını kontrol eder. Bunun için Plan Kütüphanesi'ndeki planları (hedeflere göre) kullanır.

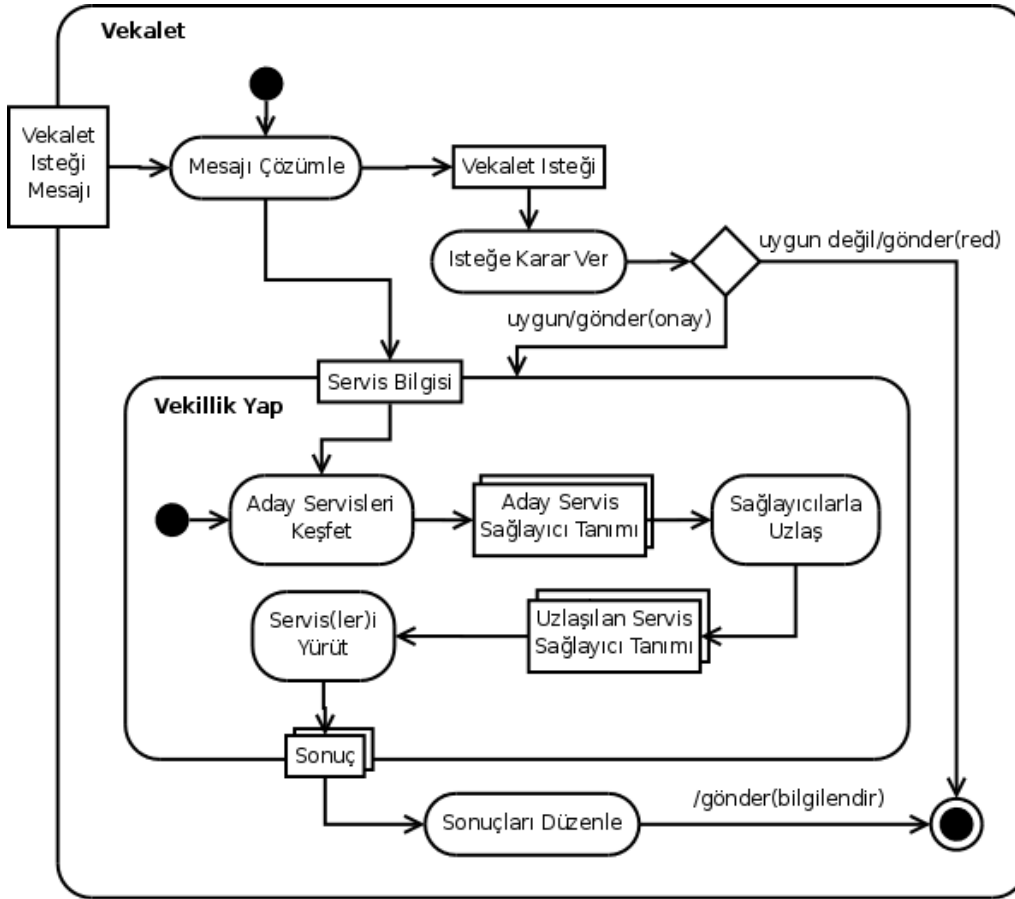
Aracı katmanı, aracılık ile ilgili bileşenleri içerir. Bunlar servis aracılığı içsel hedefi tarafından kullanılan Genel Modüller, Hedef Şablon Havuzu ve Servis Havuzu'dur. Genel Modüller, uygulama alanına göre ve kullanılan stratejilere göre kolay değiştirilebilen bir mimari sağlarlar. Kısaca bu modüller, Anlamsal Servis Eşleyici, Servis Seçici, Müzakere Yöneticisi ve İzleme Yöneticisi modülleridir. Anlamsal Servis Eşleştirici modülü, benzer yapıda tanımlanan hedefler ile servis ara yüzlerinin girdi ve çıktı parametreleri arasındaki anlamsal yakınlığı belirlemekle görevlidir. Literatürde anlamsal servis eşleyici olarak yayınlanan bazı çalışmalar mevcuttur (Paolucci ve ark., 2002; Klusch ve ark., 2006).

Hedef Şablon Havuzu, platformun çalıştığı alan için önceden tanımlanmış hedef şablonlarını içermektedir. Bu şablonlar, aynı anlamsal veb servislerinin yetenek tanımlarında olduğu gibi, servisin aldığı girdi ve ürettiği çıktı parametrelerinin, platformun alan ontolojisindeki kavramlar kullanılarak tanımlanmasıyla oluşturulmuştur.

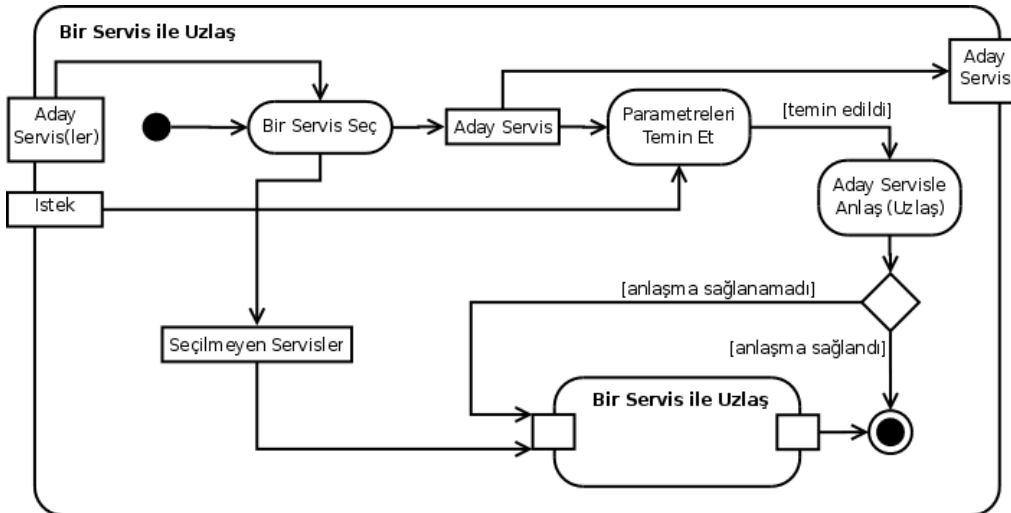
Servis Havuzu, platformdaki etmenlerin sundukları ve hedef şablonlarına uygun yapıdaki servislerin anlamsal arayüz tanımlarını içerir. Bu havuz, aracı etmen tarafından sadece arama amaçlı kullanılır. Atomik bir hedef şablonu aracılığıyla gelen bir isteğe uygun bir servis bulunmadığında, var olan kayıtlı servislerin o anda birleştirilerek isteği karşılayan yeni bir servis oluşturulmasına otomatik servis birleştirimi denir. Ancak bu çalışma kapsamında ele alınmamıştır.

### Aracılık Süreci

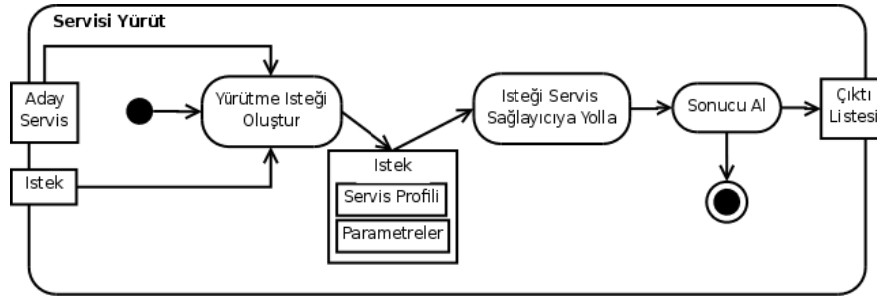
Servis istemci bir etmen aracı etmeden servis talebinde bulunacağı zaman, talebini ifade etmek için hedef şablon havuzundaki uygun bir hedef şablonunu ve bu hedefin girdi parametrelerini aracı etmene gönderir. Aracılık isteğini alan aracı etmen, bu isteği kabul edebilir ya da reddedebilir. Örneğin iş yükü çok fazlaysa reddedebilir. Aracılık isteğini yerine getirmeyi kabul ederse, önce hedef şablonuna anlamsal olarak en yakın servisleri ve bunların sağlayıcılarını keşfeder. Daha sonra istekte belirtilen kıstaslara göre bu servis sağlayıcı etmenlerle servisin yürütülmesi konusunda bir anlaşmaya varmak için uzlaşma etkinliklerine başlar. Eğer bir ya da daha fazla servis sağlayıcı ile uzlaşırsa, bu servis sağlayıcılarla servis yürütme etkinliklerine başlar. Son olarak servis sağlayıcılardan gelen sonuçları toplar ve servis istemci etmene gönderir. Aracı etmenin aracılık için genel etkinlik diyagramı Şekil 3'de, uzlaşma aşaması için etkinlik diyagramı Şekil 4'de ve servis yürütme aşaması için etkinlik diyagramı Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 3: Aracı etmenin aracılık için genel etkinlik diyagramı



Şekil 4: Aracı etmenin uzlaşma için etkinlik diyagramı



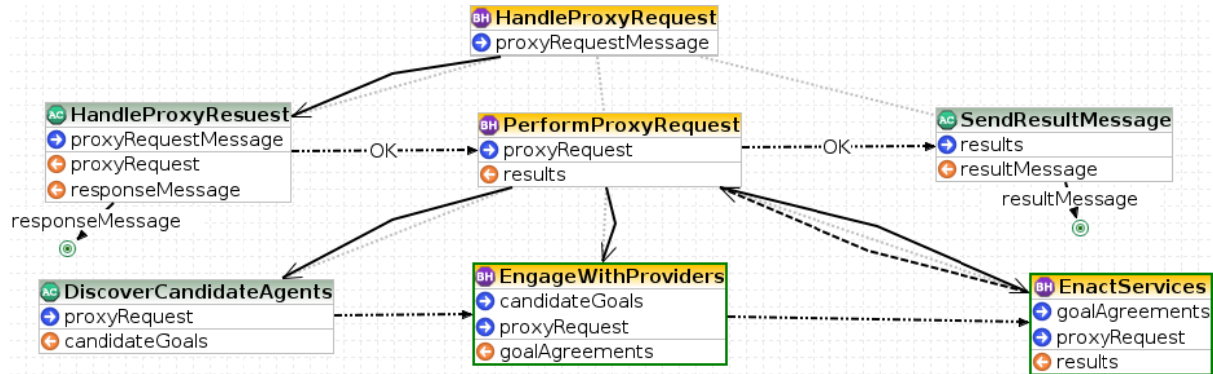
Şekil 5: Aracı etmenin servis yürütme için etkinlik diyagramı

### Gerçekleştirim

Önceki bölümlerde gereksinimleri analiz edilen ve içsel mimarisi verilen SWSA çerçevesi tabanlı aracı etmenin bir prototipi gerçekleştirilmiştir. Bu prototip, anlamsal web ortamında bir çok-etmenli sistem platformu geliştirme altyapısı sunan SEAGENT (Dikenelli ve ark., 2005; Dikenelli, 2008) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SEAGENT, anlamsal web ortamında yaşayan etmenlerin oluşturduğu çok-etmenli sistemler oluşturmak için geliştirilmiş hedef-yönelimli ve anlamsal web tabanlı bir çok-etmenli sistem çerçevesidir.

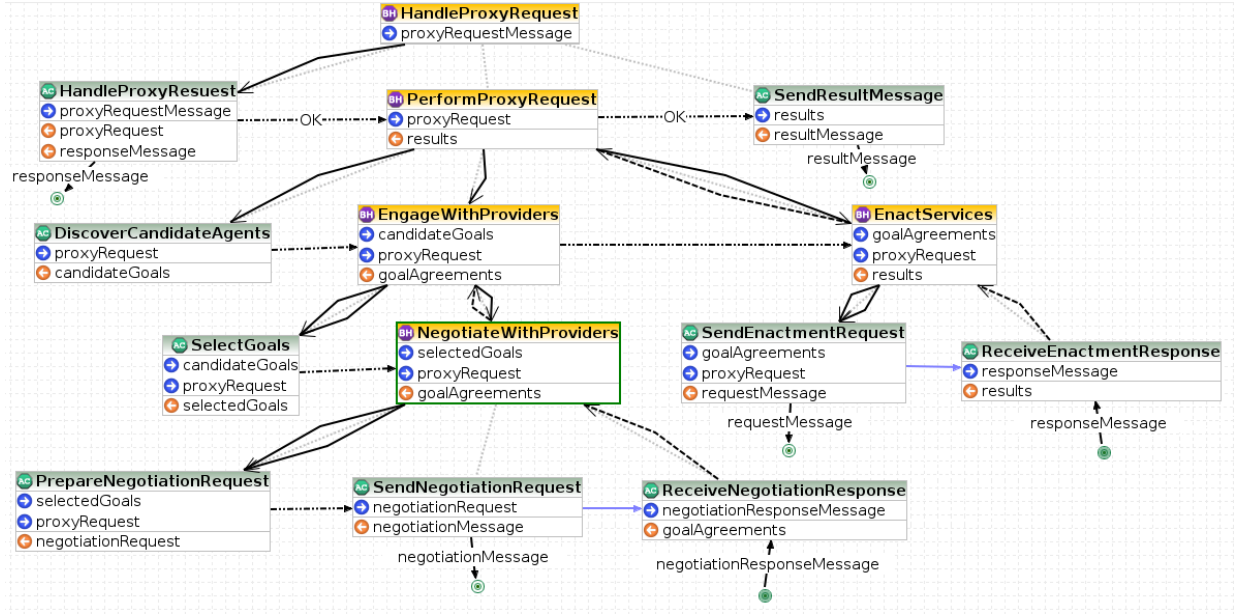
Aracı etmenin planlayıcı bileşeni, yine SEAGENT altyapısında bulunan ve HTN (Hierarchical Task Networking) planlama formalizmine dayalı bir planlayıcıdır (Ekinci ve ark., 2007). Bu planlayıcı, çizge tabanlıdır ve Eclipse ortamında görsel bir geliştirme arayüzüne sahiptir (Dikenelli, 2008).

Aracı etmenin plan kütüphanesinde bulunan genel aracılık planı Şekil 6'da görülmektedir. Bu planın uzlaşma ve servis yürütme alt-planlarını da gösteren genişletilmiş hali Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 6: Aracı etmenin genel aracılık planı





Şekil 6: Aracı etmenin genişletilmiş aracılık planı

Hedef şablonlarının ve etmenlerin sundukları içsel ya da dışsal servislerin arayüz tanımlamaları için W3C'e sunulan anlamsal web servis belirtimlerinden OWL-S tercih edilmiştir. Çünkü OWL-S, hem bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır hem de W3C'nin ontoloji dili standardı olan OWL ile tanımlanmış ontolojilerle ilişkilendirilebilmektedir. Bununla bağlantılı olarak, aracı etmenin ikinci (aracı) katmanında yer alan anlamsal servis eşleştirici olarak OWLS-MX (Klusch ve ark, 2006) 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 gerçekleştiren melez bir servis eşleyicidir.

Özetlemek gerekirse, gerçekleştirilen aracı etmen, daha önce bu makalenin Gereksinimler bölümünde belirtilen temel görevlerin hepsini yerine getirecektir. Ancak aynı bölümde belirtilen ek görevleri (uzlaşma sırasında müzakere ve yürütme sırasında izleme) yerine getirmeyecektir, çünkü aracı etmenin içsel mimarisinin aracı katmanında gösterilen Müzakere Yöneticisi ve İzleme Yöneticisi modülleri gerçekleştirilmemiştir. Yine aynı bölümde bahsedilen arabuluculuk yeteneklerinden bahsetmek gerekirse, gerçekleştirilen aracı etmen, süreç arabuluculuğu ile ilgili belirtilen durumları çözümlenecektir. Ancak, aranan hedefe uygun servis bulunamaması durumunda, varolan servislerin otomatik olarak birleştirilmesi olarak tanımlanan işlev arabuluculuğu, aracı etmen tarafından gerçekleştirilememektedir.

### Sonuç ve İleriye Dönük Çalışmalar

Bu çalışmada, etmenler alanında yapılan aracılık çalışmalarının ışığında ve SWSA soyut mimari çerçevesine dayalı olarak, anlamsal web servisleri ortamında bir aracı etmen tasarlanmıştır. Bu tasarımın ana katkısı, SWSA soyut mimari çerçevesine uygun, esnek ve yeniden kullanılabilir bir aracı etmen mimarisi sunulmuş olmasıdır. SWSA soyut mimari çerçevesi, servislerin kullanım süreci için, üç ardışık aşama tanımlamaktadır: keşif, uzlaşma ve yürütme. Her aşama, o sürecin içsel gereksinimlerini karşılamak için farklı etkinlikler içermektedir. Her etkinlik, uygulama gereksinimlerine bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda, bu bildiri kapsamında tasarlanan aracı etmen, plan seviyesinde ve modül seviyesinde yeniden kullanım sağlayarak etkinliklerin farklı gerçekleştirimlerinin sisteme kolaylıkla eklenebildiği esnek bir mimari sunmaktadır. SWSA servis kullanım aşamalarını gerçekleştirmek için kullanılan planlar ve bu planların kullandığı yazılım modülleri kolaylıkla değiştirilebilmekte ve yeniden kullanılabilir. Ayrıca, çok etmenli sistemde sunulan servislerin çeşitliliğini artırmak için sadece hedef şablon havuzuna ekleme yapılması yeterlidir.

Tasarlanan aracı etmenin bir prototipi gerçekleştirilmiştir. Bu prototip, temel görevleri yerine getirmekle birlikte bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Bundan sonraki dönemde ileriye dönük olarak yapılabilecek çalışmalar aşağıda listelenmiştir:

- Servis sağlayıcıyla uzlaşma aşamasında müzakere ve pazarlık yapılabilmesini sağlayacak Müzakere Yöneticisi modülünün gerçekleştirilmesi, aracı etmenin kullanıcıları için ek katma değer üretebilmesini sağlayacaktır.
- İzleme Yöneticisi modülünün gerçekleştirilmesi, başka servis keşif ve seçim yöntemleri kullanılabilmesini sağlayacaktır.
- Aranılan hedefe uygun servis bulunamaması durumunda, varolan servislerin otomatik olarak birleştirilmesini sağlayacak bir Birleştirim Yöneticisi modülünün mimariye eklenmesi ile yine katma değer sağlanabilecektir.

### Kaynakça

- Burstein, M., Bussler, C., Zaremba, M., Finin, T., Huhns, M., Paolucci, M., Sheth, A. ve Williams, S. (2005). A Semantic Web Services Architecture. *IEEE Internet Computing*, 9(5), s. 72–81.
- Cabral, L., Domingue, J., Galizia, S., Gugliotta, A., Tanasescu, V., Pedrinaci, C. ve Norton, B. (2006). IRS-III: A Broker for Semantic Web Services Based Applications. *In Proceeding of the Fifth International Semantic Web Conference*, s. 201-214.
- Cardoso, J., Sheth, A.P., Miller, J.A., Arnold, J. ve Kochut, K. (2004). Quality of service for workflows and web service processes. *Journal of Web Semantics*, 1:281–308.
- Dikenelli, O., (2008). SEAGENT MAS Platform Development Environment. *In Proceedings of the 7th International Joint Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, ACM.
- Dikenelli, O., Erdur, R. C., Gümüş, Ö., Ekinci, E. E., Gürcan, Ö., Kardas, G., Seylan, I. ve Tiryaki, A. M. (2005). SEAGENT: A Platform for Developing Semantic Web based Multi Agent Systems. *In Proceedings of the 4th International Joint Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, ACM, s. 1271–1272.
- Ekinci, E. E., Tiryaki, A. M., Gürcan, O. ve Dikenelli, O. (2007). A planner infrastructure for semantic web enabled agents. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: OTM 2007 Workshops*, LNCS, 4805:95-104.
- Gümüş, Ö., Gürcan, Ö., Kardas, G., Ekinci, E. E. ve Dikenelli, O. (2007). Engineering an MAS Platform for Semantic Service Integration based on SWSA. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: OTM 2007 Workshops*, LNCS, 4805:85-94.
- Klusch, M. ve Sycara, K. (2001). Brokering and Matchmaking for Coordination of Agent Societies: A Survey. *Coordination of Internet Agents: Models, Technologies, and Applications*, s. 197-224.
- Klusch, M., Fries, B. ve Sycara, K. (2006). Automated Semantic Web Service Discovery with OWLS-MX. *In Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, ACM, s. 915–922.
- Paolucci, M., Soudry, J., Srinivasan, N., & Sycara, K. (2004). A Broker for OWL-S Web services. *In Proceedings of the First International Semantic Web Services Symposium*, Springer, s. 79–98.
- Paolucci, M., Kawamura, T., Payne T. R. ve Sycara, K. (2002). Semantic Matching of Web Services Capabilities. *In Proceedings of the First International Semantic Web Conference*.
- Sabater J. ve Sierra C. (2002). Reputation and social network analysis in multi-agent systems. *In Proceedings of the 1st International Joint Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems*, ACM, s. 475–482.
- Sensoy, M., Pembe, F. C., Zirtiloglu, H., Yolum, P. ve Bener, A. (2007). Experience-based service provider selection in agent-mediated e-commerce. *International Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 20(3), s. 325-335.
- Vitvar, T., Mocan, A., Kerrigan, M., Zaremba, M., Zaremba, M., Moran, M., Cimpian, E., Haselwanter, T. ve Fensel, D. (2007). Semantically-enabled service oriented architecture: Concepts, technology and application. *Service Oriented Computing and Applications*, 1(2) s.129-154.
- Wong, H. C. ve Sycara, K. (2000). A Taxonomy of Middle-agents for the Internet. *In Proceedings of the Fourth International Conference on Multi-Agent Systems*.
- Zeng, L., Benatallah, B., Dumas, M., Kalagnanam, J. ve Sheng, Q.Z. (2003). Quality driven web services composition. *In Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web*, ACM Pres, s. 411–421.