

# Etmen Tabanlı Bir Anlamsal Servis Platformu

Önder Gürcan<sup>1</sup> Geylani Kardaş<sup>2</sup> Özgür Gümüş<sup>1</sup> Oğuz Dikenelli<sup>1</sup>  
İbrahim Çakırlar<sup>3</sup> Övünç Çetin<sup>3</sup> A. Burak Eliaçık<sup>3</sup> Hüseyin Kır<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir

<sup>2</sup>Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir

<sup>1</sup>e-posta: {onder.gurcan, ozgur.gumus, oguz.dikenelli}@ege.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: geylani.kardas@ege.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: {icakirlar, ovuncetin, aburakeliacik, huseyinkir}@gmail.com

## Özetçe

Bu bildiri Anlamsal Veb ortamında çalışan servislerin yazılım etmenleri gibi otonom yapılar tarafından kullanılabilmesini sağlayacak bir yazılım platformu ve bunun dayandığı bir yazılım mimarisi tanıtmaktadır. Anlamsal servislerin yazılım etmenleri tarafından dinamik keşfi ve çalıştırılmasına yönelik sunulan bu mimari, kavramsal düzeyde tanımlanmış olan ve geniş kabul gören Anlamsal Veb Servisleri Mimarisi – AVSM (*Semantic Web Services Initiative Architecture – SWSA*)'nin temel işlevlerini gerçekleştirmektedir. AVSM'nin tanımladığı aktörleri temsil eden etmen yapıları ve aralarındaki etkileşimlerin nasıl gerçekleştirildiği ortaya konmuştur. Yeni platformun endüstriyel ölçekte bir uygulaması da durum çalışması olarak yine bu bildiriye yer almaktadır.

## 1. Giriş

Yazılım etmenleri (*software agents*) ve bunların oluşturduğu çok-etmenli sistemler (*multi-agent systems*), bilgi ve iletişim teknolojisi iş senaryolarının çok çeşitli alanlarda uygulanması sırasında karşılaşılan zorlukların giderilmesini sağlayan güçlü bir teknoloji olarak ortaya çıkmışlardır. [1]'de algılayıcıları yardımıyla ortamı algılayan ve etkileycileri yardımıyla bu ortamı etkileyen bir sistem olarak tanımlanan etmenleri, aynı zamanda otonom yazılım ortamlarını da göz önünde bulundurduğumuzda, kullanıcısının adına bir takım görevleri yerine getirmek üzere davranma yeteneği olan yazılım bileşenleri olarak kabul etmek yerinde olacaktır. Tek bir etmenin yalnız başına kendi bilgi ve bireysel yeteneklerini kullanarak çözemediği veya etkin bir biçimde çözemeyeceğini düşündüğü problemleri, birbiriyle işbirliği yaparak eşgüdümlü bir biçimde çözmek için bir araya gelen etmenlerin oluşturduğu sistemler de çok-etmenli sistemler adını almaktadır [2].

Öte yandan Anlamsal Veb evrimi [3] şüphesiz etmen araştırmalarına yeni bir vizyon getirmiştir. Bu *İkinci Nesil Veb*, Dünya Geneli Veb – DGV (*World Wide Web*) veb sayfası içeriklerinin ontolojiler kullanılarak yorumlanabileceği bir seviyeye taşımayı hedeflemektedir. Söz konusu yorumlamanın ve anlamsal çıkarsamaların otonom hesaplama birimleri – yani etmenler – tarafından insan kullanıcılarına adına yerine getirileceği açıktır.

Anlamsal Veb ortamının önemli bileşenlerinden biri anlamsal veb servisleridir. Bu servisler yetenekleri anlamsal olarak tanımlanmış veb servisleridir. Günümüzde yaygın

olarak kullanılmakta olan veb servisleri, kendilerini temsil eden ve Veb Servisleri Tanımlama Dili – VSTD (*Web Services Description Language – WSDL*) kullanılarak hazırlanan ara yüzleri sayesinde geliştirildikleri yazılım dili ve/veya ortamına bağlı kalmaksızın yine çok çeşitli ortamlarda çalışan istemci yazılımlar tarafından kullanılabilirler. Ancak VSTD kullanılarak tanımlanan bir servis ara yüzü, özellikle ihtiyaç duyulan anlamsal çıkarsama mekanizmaları göz önünde bulundurulduğunda yukarıda söz edilen anlamsal veb ortamı için yetersiz kalmaktadır.

Veb servislerinin anlamsal ortama tümleşimi için temel yaklaşım, servis yeteneklerinin anlamsal veb'in bir başka temel ve vazgeçilmez bileşeni olan bilgi koleksiyonları yani *ontolojiler* kullanılarak modellenmesi ve ifade edilmesidir. Bir ontoloji, kavramlar arasındaki ilişkileri biçimsel (formal) olarak içeren bir dokümandır. Anlamsal veb servisi yeteneklerinin anlamsal veb ortamında temsil edilmesi ve dinamik olarak bulunup kullanılması için geliştirilen standart bir veb servisi ontolojisi henüz bulunmamaktadır. Üzerinde çalışılan ve geliştirilmekte olan iki aday ontoloji Servisler için Veb Ontoloji Dili – S-VOD (*Web Ontology Language for Services - OWL-S*)<sup>1</sup> ve Veb Servisi Modelleme Ontolojisi – VSMO (*Web Service Modelling Ontology – WSMO*)<sup>2</sup>, dur. Bunlardan S-VOD, VSMO'ya göre daha yaygın kabul görmekte ve anlamsal veb'de çalışacak servislerin geliştirilmesinde daha fazla kullanılmaktadır. Bizim de çalışmalarımızda kullandığımız S-VOD, bir servisin yeteneklerini (yapabildiklerini), nasıl çalıştığını ve nasıl kullanıldığını sırasıyla servise ait profil (*profile*), süreç (*process*) ve zemin (*grounding*) adı verilen dokümanlar ile servis kullanıcılarına sunmaktadır. Bu dokümanlar anlamsal yeteneğe sahip yapılar tarafından servis arama, bulma ve dinamik çağırma aşamalarında çıkarsama amaçlı olarak kullanılmaktadırlar.

Çok-Etmenli Sistemler'in ve Anlamsal Veb'in bütümleşmesi için bizim önerdiğimiz ve üzerinde çalıştığımız çözüm çok etmenli bir sistem mimarisinin [4]'te belirtildiği gibi geleneksel yazılım mimarilerinden farklı olarak bünyesinde bir ortama (*environment*) sahip olmasına dayanmaktadır. Bu ortamda etmen topluluğu haricinde

<sup>1</sup>VOD Servisleri Koalisyonu: Veb Servisleri için Anlamsal Tanım (*The OWL Services Coalition: Semantic Markup for Web Services*), 2004, <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/>, son 5 Nisan 2007.

<sup>2</sup>Veb Servisi Modelleme Ontolojisi (*Web Service Modeling Ontology*), <http://www.wsmo.org/>, son erişim 2 Nisan 2007

ortamda bağımsız (*stand-alone*) servislerin de bulunmasını ve bu servislerin sahip oldukları anlamsal kimlikleri ile ortamın birer bileşeni olduklarını öngörmektedir. Söz konusu servisler anlamsal veb servisleridir. Ancak servislerin etmenler tarafından kendi planları dahilinde kullanılabilmesi için servislerin “Servis Etmeni” adı verdiğimiz etmenler üzerinden kullanılmasının etkileşim protokollerinin basitleştirilmesi açısından daha uygun olduğunu düşünmekteyiz. 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 döndüreceklerdir. Bu bildiriye sunulan çalışmada etmen – anlamsal servis etkileşimini yukarıda anlatılan şekilde sağlayan yazılım sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesine yönelik bir mimari ortaya konmuş ve bu mimarinin endüstride gerçek bir uygulaması yerine getirilmiştir.

Anlamsal servislerin dinamik keşfi ve çalıştırılmasına yönelik sunduğumuz bu mimari, kavramsal düzeyde tanımlanmış olan ve geniş kabul gören Anlamsal Veb Servisleri Mimarisi – AVSM (*Semantic Web Services Initiative Architecture – SWSA*)’nin [5] temel işlevlerini endüstriyel ölçekte gerçekleştiren bir yazılım platformudur. Platform çok-etmenli sistem geliştirme çatısı olarak geliştirilmekte olduğumuz SEAGENT[6]’i kullanmaktadır.

Bildirinin geriye kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2’de çalışmanın çıkış noktasını oluşturan problem ve motivasyonumuz kısaca anlatılmıştır. Bölüm 3’te etmen ortamlarında servislerin kullanılması ve etmen tabanlı servis mimarileri üzerine literatürde yer alan çalışmalar verilmiştir. Bölüm 4’te sunulan çalışmanın dayandığı soyut mimari hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 5’te önerdiğimiz çok-etmenli sistem mimarisi ve bu mimariye ait temel bileşenler anlatılmıştır. Bölüm 6’da mimarinin değerlendirilmesine yönelik gerçekleştirilen durum çalışması yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar ve hedeflenen ileriye yönelik çalışmalar ise Bölüm 7’de verilmiştir.

## 2. Motivasyon

Bir kişinin tatile çıkmak için bir otel odası kiralamak istediği bir senaryo varsayalım. Kişi, bu işi kendi adına yerine getirmesi için etmenine (kullanıcı etmeni) talimat verir. Dağıtık İnternet ortamında çok sayıda ve çeşitlilikte uygun oda bulan ve otel odası rezerve eden veb servisleri vardır. Kullanıcı etmeni, *bir şekilde* istediği servisleri bulur, onları kullanır ve en sonunda *kullanıcının tercihlerine en uygun* odayı kiralar.

Etmenler, bir kişi veya organizasyon adına veb servislerini, bir hesap kaynağı olarak kullanan yapılardır<sup>1</sup>. Servislerin etmenler tarafından etkin bir şekilde bulunup kullanılabilmesi için anlamsal servislere dönüştürülmeleri ve etmen platformuna dahil edilmeleri gerekmektedir. Ancak bu tümleşim birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Bunlar kabaca: servisin doğrudan mı yoksa bir etmen aracılığı ile mi platforma dahil edileceği, bu tümleşim

sırasında servis bilgilerinin nasıl ifade edileceği, Servis Kayıt Etmeni’nden bu servis bilgilerinin nasıl sorgulanacağı ve istemci etmenin bu servisi nasıl kullanacağı problemleridir.

## 3. İlgili Çalışmalar

Etmen sistemleri ve veb servislerinin tümleşimine yönelik bugüne kadar yürütülen çalışmalar incelendiğinde genelde varolan etmen geliştirme çerçevelerine veb servisleri ile iletişimi destekleyecek yeni yapıların ve yazılım eklerinin (*plug-in*) önerildiği ve bunlardan bir kısmının da uygulandığı gözlenmektedir. Örneğin Varga ve ark.’nın önerdiği *WSDL2Jade* [7] veb servislerinin *Jade* [8] temelli etmen ortamlarında kullanılmasını sağlayacak ara etmenlerin yazılım kodlarının ve ilgili etmen ontolojilerinin girdi olarak verilen bir VSTD dosyasından üretilmesini sağlamaktadır. [9]’da sunulan Veb Servisleri Tümleşim Geçidi (*Web Services Integration Gateway – WSIG*) ise veb servislerinin ve *Jade* etmenlerinin çift-yönlü tümleşimini sağlamaktadır. Nuyen ve Kovalzik’in [10]’da önerdikleri *WS2JADE*, çalışma zamanında *Jade* etmen sistemlerinde etmenlerin servis yapılarına veb servislerinin de eklenmesini ve vekil etmenler aracılığıyla veb servislerinin bu etmen sistemleri tarafından kullanılabilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

Yukarıdaki çalışmaların göze çarpan eksiklikleri olarak bu çalışmaların ilgili etmen-servis tümleşiminde bütünlük bir mimariyi sunmaması, anlamsal veb servislerinin etmen sistemlerinde kullanımını ve anlamsal veb ortamını desteklememeleri söylenebilir. Zaten etmen araştırmalarında anlamsal veb ve ilgili yapıların da göz önünde bulundurulması ancak yakın zamanda ortaya konan çalışmalarda görülmektedir ve anlamsal servis tümleşimi için bu çalışmalarda da eksiksiz bir çözüm ortaya konamamıştır. Varga ve ark. [11]’de veb servislerinin anlamsal veb ortamına geçirilmesi amacıyla etmen temelli bir metod tanımlamışlardır. Zu ise “Anlamsal Veb için Etmen tabanlı Servisler” adlı tezinde [12], veb servislerinin S-VOD ile tanımlanmış anlamsal servis tanımlarını kullanarak birer etmenmiş gibi etmen servis kayıtçısına kaydedilmesini gerçekleştirmiştir. Daha sonra kayıtçıdan bu servislerin bilgisini alan etmenler S-VOD zemin bilgisini kullanarak servisi kullanmaktadırlar.

## 4. Anlamsal Veb Servisleri Mimarisi (AVSM)

Bu bildiriye tanıtılan platformun dayandığı soyut mimari [5]’te önerilen Anlamsal Veb Servisleri Mimarisi’dir. Bu mimari S-VOD, Veb Servisi Modelleme Çerçevesi – VSMÇ (*Web Service Modeling Framework - WSMF*) ve DGV Konsorsiyumu (*World Wide Web Consortium – W3C*) Veb Servis Mimarisi çalışma gruplarının bir araya gelerek oluşturdukları komite tarafından ortaya konulmuş olup, anlamsal servis çalıştırılması sürecini birbirini takip eden üç alt sürece ayırmaktadır. Bunlardan ilki, bir istemcinin amacına uygun servis(ler)i keşfi (*discovery*) sürecidir. Keşfi takiben istemcinin bulunan servisler içinden seçtiği servis(ler) ile uzlaşma (*engagement*) süreci başlar. Uzlaşma, verilen servisin içeriği ve kalite parametreleri bağlamında bir pazarlık sürecini içerir ve pazarlık sonucunda uzlaşan istemci ve servis karşılıklı bir taahhüt oluştururlar. İstemci ile sunucu servis verilecek hizmet konusunda anlaşılıktan

<sup>1</sup>Dünya Geneli Veb Konsorsiyumu (DGVK) Veb Servisi Mimarisi (*World Wide Web Consortium (W3C) Web Service Architecture*), <http://www.w3c.org/TR/ws-arch/>, son erişim 30 Mart 2007.

sonra, servisin çalıştırılması süreci başlamaktadır. Yürütme (*enactment*) adı verilen bu süreçte, istemci, servisin çalışması için gerekli girdileri sağlar ve servisin görevini başarması ya da başaramaması durumunda ne yapacağını bilir.

Aşağıdaki altbölümlerde yukarıda bahsi geçen AVSM süreçleri ve bu süreçlerin gereksinimleri hakkında bilgi verilmiştir.

#### 4.1. Keşif Süreci

Keşif süreci, bir servisin hedef(ler)ini gerçekleştirmek için gereken servisleri keşfetmesine ilişkin işlevsel ve kavramsal mimari gereksinimleri tanımlamaktadır. Keşif süreci içinde üç temel aktör/paydaş rol almaktadır:

- Servis Sunucuları, belli servis(ler) sunduklarını ilan eden servislerdir.
- Servis İstemcileri, hedeflerini gerçekleştirmek için gereken servisleri arayan servislerdir.
- Eşleyiciler (*Matchmakers*), Servis Sunucular tarafından sunulan servislerin tanımlarını alarak, Servis İstemcilerinin talepleri ile bu tanımları eşlemektedirler.

Keşfetme sürecinin işlevsel gereksinimleri, aktörlerin süreç içinde gerçekleştireceği görevleri tanımlamaktadır ve aşağıda listelenmiştir:

- Sunucu(lar), sunacakları servislerin yeteneklerini ve kısıtlarını tanımlayabilmelidir.
- İstemci(ler), arabulucuda bulunan servis yetenek tanımları ile eşlenebilmesi amacıyla gerek duydukları servislerin yeteneklerini soyut olarak tanımlayabilmelidir.
- Eşleyici(ler), istemciler tarafından gönderilen sorgular ile kayıtlanan servis yetenekleri arasında eşleme yapabilmelidir.
- İstemciler, bulunan aday servislerin tanımlarında belirtilen çalışma önkoşullarını sağlayabileceği konusunda karar verebilmelidir.

AVSM kavramsal modelinin öneri dökümanında mimari gereksinimleri olarak, keşif süreci aktörleri arasındaki ilişkileri tanımlayan iletişim protokollerinin üst seviye tanımları bulunmaktadır. Fakat bu protokoller kavramsal düzeyde tanımlanmışlardır ve gerçek bir mimarinin gerçekleştirimi sürecinde içeriklerinin (içerik dili, sorgu dili vb.) netleştirilmesi gerekecektir.

#### 4.2. Uzlaşma Süreci

Servisler arası uzlaşma süreci, istemci ile potansiyel sunucu arasındaki iletişimin ilk fazıdır. Bu fazın sonunda istemci ve sunucu arasında belirli bir servisin sunucu tarafından verilmesi konusunda bir anlaşmaya varılır. Uzlaşma süreci tanımlanacak etkileşimin karmaşıklığına bağlı olarak değişmesine rağmen, bu sürecin işlevsel gereksinimleri dört temel alana bölünmüştür:

- İstemci, geçerli bir servis isteği oluşturmak veya servis pazarlığı yapabilmek için gereken mesaj ve protokol bilgilerine sahip olmalıdır.
- Potansiyel eşler (istemci ve sunucu servisler), ilgili hedef ve yetenek bilgilerini aralarında değişebilmelidirler.
- Potansiyel eşler, servisin sunacakları konusunda bir anlaşmaya varabilmelidirler.

- Eşler anlaşmanın koşullarını belirleyebilmelidirler.

Uzlaşma sürecinin gereksinimlerini karşılamak için mimari seviyede öncelikle bir anlaşma ile sonuçlanacak pazarlık sürecinin protokollerinin tanımlı olması gerekmektedir. AVSM dökümanında bu protokoller sadece isim düzeyinde tanımlanmıştır.

#### 4.3. Yürütme Süreci

İstemci ile sunucu servisler verilecek servis konusunda anlaşıldıktan sonra, servisin çalıştırılması süreci başlamaktadır. İstemci bu süreci gerçekleştirmek için, sunucunun çalışması için gerekli bilgileri belirleyebilmeli ve sunucunun görevini başarması ya da başaramaması durumunda ne yapacağını bilmelidir. Yürütme sürecinin işlevsel gereksinimleri aşağıda listelenmiştir:

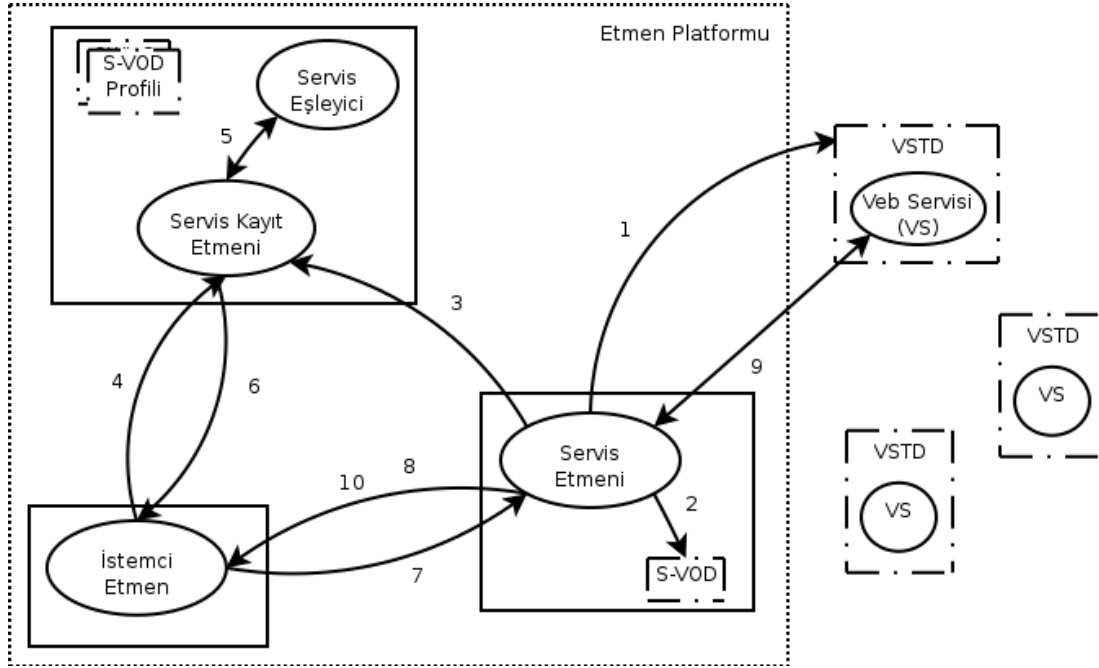
- İstemci, kendi isteğine karşı dönen yanıtları yorumlayabilmelidir.
- İstemci ve sunucu farklı ontolojiler kullanıyorsa, bir ontoloji dönüşümü gerçekleştirilebilmelidir.
- İstemci ve sunucu servisler birleşik servis tanımlarını farklı dillerle yapmışlarsa, bu dilleri birbirine dönüştürecek bir Dönüştürme Servisi'ne gerek vardır.
- İstemci, kendi gereksinimlerini karşılayan tek bir servis bulamadığında, gereksinimlerini karşılamak için birleşik servis oluşturma ve çalıştırma desteğine sahip olmalıdır.
- Sunulan servisin durumunun izlenmesi ve istemcinin servisin anlaşıldığı gibi tamamlandığını denetleyebilmesi gerekmektedir.
- Servis, başarısızlık durumları için açık tanımlamalar sunmalı ve buna bağlı kurtarma protokollerini belirlemelidir.
- Sunucu ve istemci, aralarındaki anlaşmazlıkların çözümü için üçüncü-parti servisleri kullanabilmelidir.
- Tüm eşler aradaki iletişimin güvenliğinden ve birbirlerinin güvenilirliğinden olduğundan emin olmalıdır.

Yukarıda tanımlanan işlevselliğin sağlanması için mimari seviyede aktörler arasındaki protokollerin ve süreci destekleyecek ontolojilerin tanımlanması gerekmektedir.

Yukarıda anlatılan AVSM incelendiğinde mimarinin kavramsal düzeyde geniş bir perspektifte tanımlandığı, fakat mimariye gerçekleştirmek için gereken detayların ve mimari elemanlarını gerçekleştirmeye dönük altyapılarının tanımlanmamış olduğu gözükmektedir. Önerdiğimiz platform ise bu mimariye ait alt süreçlerin (keşif, uzlaşma ve yürütme) temel işlevlerinin gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır.

### 5. Etmen Tabanlı Anlamsal Servis Mimarisi

Anlamsal veb servislerinin gerçekleştirilmesi için önerdiğimiz etmen tabanlı çözüm Şekil 1'de etkileşim adımlarıyla gösterilmiştir. Bu mimaride her veb servisinin önünde onun etmen sistemine dahil olmasını sağlayan bir etmen (Servis Etmeni) bulunmaktadır. Bu etmen veb servisinin tanımını, işleyişini, parametrelerini bilir ve onu kendi sunduğu bir etmen servisi olarak platforma kaydeder.



Şekil 1: Etmen Tabanlı Anlamsal Servis Mimarisi ve Etkileşim Adımları.

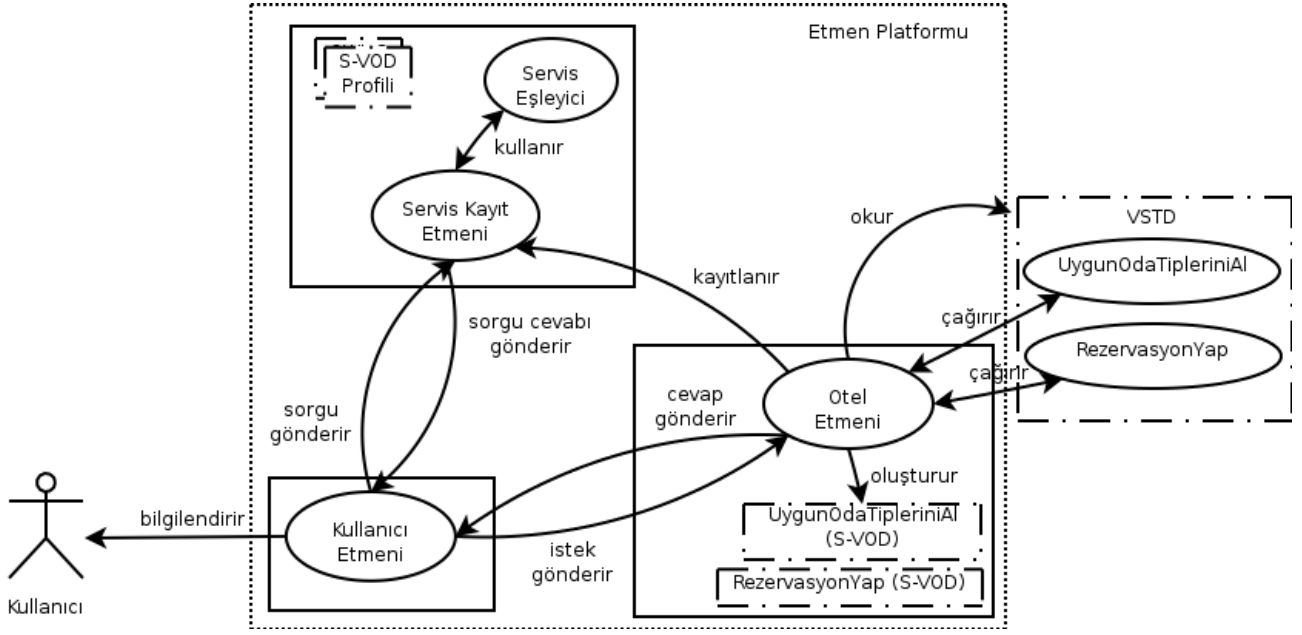
Önerdiğimiz mimarinin işleyişi şöyledir: İlk önce Servis Etmeni, yöneticisinin istediği Veb servisinin VSTD dökümanını okur (adım 1). Sonra Servis Etmeni, yöneticisinin de yardımıyla okuduğu dökümanı kullanarak veb servisinin anlamsal tanım bilgisini yarı otomatik bir şekilde oluşturur (adım 2). Oluşturulan anlamsal tanım bilgisi, servisin Girdi/Çıktı/Önkoşul/Etki (GÇÖE) bilgilerini bulduran profil, işleyişini tanımlayan süreç ve çalıştırma detaylarını içeren zemin bilgisinden oluşmaktadır. Daha sonra Servis Etmeni, bu anlamsal servisi, profil bilgisini kullanıp kendi servisi olarak Servis Kayıt Etmeni'ne (SKE) kaydeder (adım 3). Artık ilgili veb servisi etmen platformuna dahil olmuştur. Bu aşamadan sonra herhangi bir İstemci Etmen bir servise ihtiyaç duyduğunda, bu servisi SKE'de aramak için, servisin yeteneklerinin anlamsal olarak tanımlandığı profilini ve ilân edilen servislerle eşleme sırasında kullanılacak servisler arası anlamsal yakınlık derecesini vererek SKE'ye bir sorgu gönderir (adım 4). SKE, gelen sorguyu anlamsal eşleme yapan bir Servis Eşleyici kullanarak işletir (adım 5) ve istenen profile tam uygun olan ve/veya anlamsal olarak yakın olan sonuçları İstemci Etmen'e gönderir (adım 6). Sorgu sonuçlarını alan İstemci Etmen, dönen etmen servislerinden birisini seçer ve onu sağlayan etmene servis çalıştırma parametrelerinin ontolojik olarak ifade edildiği bir istek gönderir (adım 7). İsteği alan etmen (Servis Etmeni), önce gelen parametreleri kontrol eder ve İstemci Etmen'i işi yapacağında dair bilgilendirir (adım 8). Daha sonra Servis Etmeni, ilgili veb servisini İstemci Etmen'den gelen ontolojik parametreleri veb servis parametrelerine dönüştürüp çağırır (adım 9). Son olarak, Servis Etmeni, servisten gelen cevabı ontoloji kavramlarına dönüştürerek İstemci Etmen'e gönderir (adım 10).

Bu mimaride AVSM temel aktörleri birer etmen olarak ve AVSM süreçleri de bu etmenler arasındaki etkileşimler olarak tasarlanmıştır. AVSM'deki Servis Sunucusu, Servis İstemcisi ve Eşleyici aktörleri sırasıyla Servis Etmeni, İstemci Etmen ve Servis Kayıt Etmeni ile temsil edilmiştir. AVSM süreçlerini göz önünde bulundurduğumuzda keşif süreci adım 4, 5, 6'da, uzlaşma süreci adım 7, 8'de ve yürütme süreci adım 9, 10'da anlatılan etkileşimlerle gerçekleştirilmiştir. Mimarideki etmenler ve bu süreçlerdeki rolleri aşağıdaki altbölümlerde detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

### 5.1. Servis Etmeni

Servis Etmeni'nin işlevi veb servislerini anlamsallaştırarak etmen platformuna sunmaktır. Servis Etmeni, anlamsallaştırdığı veb servisini Servis Kayıt Etmeni'ne diğer etmenlerin onu arayıp bulabilmesi için etmen servisi olarak kaydeder. Daha sonra o servisi kullanmasını gerektirecek bir istek geldiğinde veb servisini çalıştırıp sonucu istemciye gönderir.

Bir veb servisinin etmen platformuna sunulması şöyle olmaktadır: Servis Etmeni verilen adresteki VSTD dökümanını okur, kullanılan kavramların otomatik olarak bir ontolojisini çıkarır. Bu otomatik ontoloji oluşturma işlemi, karmaşık tiplerin ontoloji kavramlarına doğrudan dönüştürülmesi şeklinde olmaktadır. Servis Etmeni daha sonra, yarı otomatik olarak anlamsal servis dökümanını oluşturur. Bu aşamanın yarı otomatik olmasının sebebi veb servislerinin çoğu zaman birebir tanımlandıkları şekilde platforma sunulmamasıdır. Örneğin bazı veb servislerinin güvenlik amacıyla gerçekleştirdiği kimlik doğrulama işlemi ve buna benzer detaylar yalnızca servisi çağırarak olan Servis Etmeni'ne ait olmalıdır.



Şekil 2: Etmen Tabanlı Otel Odası Rezervasyon Sistemi

## 5.2. Servis Kayıt Etmeni

EEME ZFEK<sup>1</sup> mimarisinde servis kayıtlaması, kayıt silinmesi ve eşlenmesi işlerinden sorumlu olan bir Servis Kayıt Etmeni (*Directory Facilitator Agent*) vardır. Etmen, Servis Kayıt Etmeni'ne kayıtlanırken, servis tipi ve sahibi gibi temel servis bilgilerini sağlar. Servis bilgisini bu şekilde tutan bir kayıtçı yalnızca servis tanımlarındaki anahtar kelimeleri sorgulayabilir ve anlamsal bilgiyi kullanamaz. Bu nedenle, daha doğru eşlemeyi sağlayabilmek için servis bilgisinin standartlaşmış ve zengin ifade yapılarına sahip ontolojilerle tanımlanması gerekmektedir. SEAGENT çerçevesinde kullanılan S-VOD, servisleri ve onların çalıştırım modellerini tanımlamak için kavramların tanımlandığı, profil (*profile*), süreç (*process*) ve zemin (*grounding*) olmak üzere üç kısımdan oluşan bir ontolojidir. SEAGENT çerçevesinde Zu'nun[12] çalışmasında yapıldığı gibi, EEME ZFEK *ServiceDescription* (ServisTanımı) yapısının *Properties* (Özellikler) kısmında S-VOD profil bilgisi tutulmaktadır. Ancak Zu'nun çalışmasında bu parametre veb servislerini etmen platformuna dahil etmek için kullanılırken, SEAGENT çerçevesinde bütün etmen servisleri bu şekilde ifade edilmektedirler. Sorgulama esnasında SKE'nin anlamsal servis eşlemesi yapabilmesi gerekmektedir. Anlamsal eşleme, kavramlar arası anlamsal yakınlıkların dikkate alınarak eşlenmesi demektir. Temel eşleme seviyeleri tam (*exact*), kapsar (*subsumes*), parçasıdır (*plug-in*) ve başarısız (*fail*) olmak üzere dört tanedir [13]. Anlamsal eşlemenin sağlanabilmesi için SKE, S-VOD profillerini kullanabilen bir anlamsal servis eşleyici kullanmaktadır. SEAGENT çerçevesi bu amaç için şimdilik Kuluş ve ark.'nın geliştirmiş olduğu

OWLS-MX [14] adı verilen servis eşleme aracını kullanmaktadır.

Etmenler, S-VOD ile tanımladıkları servislerinin profil bilgilerini SKE'ye kayıtlar. Daha sonra bir etmen istediği bir servisi sunan etmeni bulabilmek için, SKE'yi, istediği servisin profili ve yakınlık bilgisini vererek sorgular. Sorguyu alan SKE, mevcut profilleri servis eşleme aracına verip sorguyu işletir ve bulunan sonuçları döndürür.

## 5.3. İstemci Etmen

İstemci Etmen (İE), platformda belirli bir servis sağlayıcı etmenin servisini kullanmak isteyen etmendir. İE, belirli bir profile sahip bir servise ihtiyacı olduğunda, onu bulabilmek için SKE'ye sorgu gönderir. Gönderilen sorgu mesajında istenen servisin profili ve istenen anlamsal yakınlık derecesi bulunmaktadır. İE, SKE'den dönen sonuçlar doğrultusunda sağlayıcı etmene isteğini gönderir. Sağlanan servisin bir veb servisi aracılığı ile sağlanıp sağlanmadığını İE bilmemektedir.

## 6. Durum Çalışması: Otel Odası Rezervasyon Sistemi

Önerilen mimaride veb servislerinin nasıl uyumlu çalıştıklarını göstermek için etmen tabanlı bir Otel Odası Rezervasyon Sistemi gerçekleştirildi (Şekil 2). Bu platformda otel servislerini kullanan Otel Etmenleri ile kullanıcılar adına oda rezervasyonu yapan Kullanıcı Etmenleri bulunmaktadır.

<sup>1</sup>Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü – EEME (*Institution of Electrical and Electronics Engineers – IEEE*) Zeki Fiziksel Etmenler Kuruluşu – ZFEK (*Foundation for Intelligent Physical Agents – FIPA*), <http://www.fipa.org/>, son erişim 30 Mart 2007.

## 6.1. Durum Çalışmasının Gerçekleştirimi

### 6.1.1. Otel Etmeni (Servis Etmeni)

Önce sistemdeki uygun oda tiplerini döndüren UygunOdaTipleriniAl (*GetAvailableRoomTypes*) servisinin ve seçilen odanın kiralanmasını sağlayan RezervasyonYap (*InsertReservation*) servisinin anlamsal servis tanımları yarı otomatik olarak oluşturuldu. Adı geçen bu iki servis otel yazılımları sunan ticari bir firmanın hazırladığı ve şu anda sistemlerinde kullandığı gerçek birer veb servisedir. VSTD dökümanındaki kavramlar otomatikman ontolojiye çevirildi, anlamsal servis tanımı ise bu ontoloji kullanılarak elle oluşturuldu. Şekil 3'te, oluşturulan RezervasyonYap anlamsal tanımının servis ve profil kısımları gözükmektedir. Bu elle oluşturmanın en önemli sebebi firmanın servislerinin çağırılabilmesi için güvenlik sebebiyle bir kimlik doğrulama (*authentication*) parametresi istemesidir. Bu kimlik doğrulama parametresi anlamsal servis tanımına konmamıştır çünkü bu sadece servisi doğrudan çağırarak olan Servis Etmeni'nin sorumluluğundadır. Anlamsal servis tanımları oluşturulan bu iki servis daha sonra etmen tarafından önceden tanımlanmış servis kayıt planı ile SKE'ye kaydedilir. SEAGENT bünyesinde yer alan ve Hiyerarşik Görev Ağrı'na dayanan etmen planlama mekanizması ile ilgili bilgi [15] ve [16]'da bulunabilir. Şekil 4'te SKE'de kayıtlı bir etmen tanımı (*DFAgentDescription*) yer almaktadır.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF ...>
...
<!-- Service description -->
<service:Service rdf:ID="InsertReservationService">
  <service:presents rdf:resource=
    "#InsertReservationProfile"/>
  <service:describedBy rdf:resource=
    "#InsertReservationProcessModel"/>
  <service:supports rdf:resource=
    "#InsertReservationGrounding"/>
</service:Service>

<!-- Profile description -->
<profile:Profile rdf:ID="InsertReservationProfile">
  <service:isPresentedBy rdf:resource=
    "#InsertReservationService"/>
  <profile:serviceName xml:lang="en">
    Insert Reservation
  </profile:serviceName>
  <profile:textDescription xml:lang="en"/>
  <profile:hasOutput rdf:resource=
    "#BookingObject_Out"/>
  <profile:hasInput rdf:resource=
    "#BookingObject_In"/>
</profile:Profile>
...
</rdf:RDF>
```

Şekil 3: RezervasyonYap servisinin anlamsal tanımı

Bir sonraki adımda Servis Etmeni'nin her bir servis için gelen istekleri karşılaması için önceden tanımlı servis çağırımı

planları kullanılarak planlar hazırlandı. Veb servislerin kullanılması için yukarıda bahsedilen güvenlik amaçlı işleyişler de bu plan içinde gerçekleştirildi (kimlik doğrulama nesnesinin elde edilmesi, servis çağırılırken bu nesnenin de parametre olarak verilmesi gibi.).

Name	Deniz_Oteli_Etmeni
Type	Otel_Etmeni
Protocol	FIPA-Request, FIPA-Query
Ontology	Turizm
Language	OWL
Ownership	Ege_Universitesi
Properties	(property :name owlsProfile :value InsertReservation.owls)

Şekil 4: Örnek Etmen Tanımı (*DFAgentDescription*)

### 6.1.2. Kullanıcı Etmeni (İstemci Etmen)

Kullanıcı Etmeni, kullanıcı adına davranan etmendir. Kullanıcı Etmeni ilk önce SKE'yi uygun oda döndüren servisleri bulmak için sorgular, sonuçları aldıktan sonra bu etmenlere istediği kriterlere sahip uygun (boş) odaları olup olmadığını sorar. Her birinden cevapları topladıktan sonra, SKE'yi oda kiralama servisi için yeniden sorgular. Son olarak uygun odalardan kullanıcı için en uygununu seçer ve oda kiralama servisini sağlayan etmene seçtiği odayı kiralaması için istek gönderir. Odanın kiralandığına dair cevap gelince de kullanıcıyı kiralanana oda hakkında bilgilendirir.

## 6.2. Uygulama Esnasında Karşılaşılan Zorluklar

Etmen tabanlı anlamsal servis mimarisinin bir durum çalışması üzerinde sınanması, böyle bir sistemin gerçekleştirimi sırasında ortaya çıkabilecek sorunları göstermesi açısından oldukça önemlidir. Durum çalışmasının gerçekleştirimi sırasında bazı öngörülmemiş kritik problemlerle karşılaşıldı. Karşılaşılan ana problemler aşağıda listelenmiştir:

- *OWLS-MX* [14] tümleşimi esnasında projelerimizde bir proje yönetim ve kavrama aracı olan *Maven*<sup>1</sup> kullanıldığı için sorunlar çıkmıştır. *OWLS-MX* projesinin *Maven* ambarı olmadığından sorunu aşabilmek için kendi sunucumuzda bir *Maven* ambarı açıldı. Fakat buna rağmen sorun devam edince sorunun asıl kaynağının *Jena*<sup>2</sup> projesinin sürüm uyumsuzluğu olduğunun farkına varıldı. Bizim projelerimizde *Jena* 2.4 kullanılırken, *OWLS-MX*'te *Jena* 2.2 kullanılıyordu. Bu sorunu aşabilmek için *Jena* 2.4 ile derlenen bütün projelerin *Jena* 2.2 ile yeniden derlenmesi gerekti.
- S-VOD üst-ontolojisinin bulunduğu DAML.org sitesinin bir gün aniden erişilemez hale gelmesi nedeniyle proje çalışmaz hale geldi. Bunun sebebi projede kullanılan bazı ontolojilerin isim uzayının (*namespace*) bu sitedeki

<sup>1</sup>Apache Maven Projesi (*Apache Maven Project*), <http://maven.apache.org/>, son erişim 30 Mart 2007.

<sup>2</sup>Jena – Java için bir Anlamsal Veb Çerçevesi (*A Semantic Web Framework for Java*), <http://jena.sf.net/>, son erişim 30 Mart 2007.

ontolojileri de içermesidir. Bu sorunu aşmak için kullanılan ontolojilerin yerel proje sunucusu olan makineye taşınması düşünüldü. Ancak kullanılan bu ontolojilerin de başka ontolojilere bağımlı olmasından dolayı böyle bir çözümün uzun vadede iyi bir alternatif olmadığı anlaşıldı.

- Üniversite kampüs ağı dışında ve nispeten İnternet bağlantı hızının düşük olduğu ağlarda etmen iletişiminin de yavaşladığı gözlenmiştir. Bu yavaşlama zaman ayarlı etmen planlarında sorunlara neden olmuştur. Sonuçta, etmenlerin zaman aşımli planlarının ağ hızına göre ayarlanması gerektiği anlaşılmıştır.

## 7. Sonuçlar ve İleriki Çalışmalar

Bu çalışmada kavramsal düzeyde tanımlanmış olan AVSM'yi hayata geçiren bir etmen platformu tanıtılmıştır. AVSM'nin tanımladığı aktörleri temsil eden etmen yapıları ve aralarındaki etkileşimlerin nasıl gerçekleştirildiği ortaya konmuştur. Yeni platformun endüstriyel ölçekte bir uygulaması da durum çalışması olarak verilmiştir.

Mevcut platform, AVSM'nin tanımladığı üç süreci de kapsamaktadır. Keşif süreci başta olmak üzere bu süreçlerin gerektirdiği temel işlevler gerçekleştirilmiştir. Ancak uzlaşma ve yürütme süreçleri daha basit ele alınmıştır. Özellikle uzlaşma sürecinde servisi sunan ve kullanan etmen arasındaki anlaşma protokolleri henüz tanımlanmamıştır. Yürütme sürecinde de servis işletiminin izlenmesi ve servisin önceden tanımlı servis kalitesi parametrelerine göre çalışıp çalışmadığının kontrolü yapılmamıştır. Bir sonraki çalışmamızda bu eksikliklerin giderilmesi hedeflenmektedir.

Etmenler arası etkileşimde kullanılacak olan protokollerin içerik ve sorgu dillerinin netleştirilmesi de planlanan çalışmalar içerisinde. Ayrıca farklı ontolojiler kullanan etmenlerin birbirleriyle anlaşmasını sağlayacak, bu ontolojiler arasında eşleme ve dönüşümü gerçekleştirecek bir Ontoloji Etmeni'nin platforma eklenmesi hedeflenmektedir. Bu etmen-ontoloji sağlayan harici kaynaklarda oluşabilecek aksaklıkları da göz önünde bulundurduğumuzda- platformda ontoloji yönetimini de gerçekleştirecektir.

Veb servislerinin anlamsal servis tanımlarının oluşturulması tam otomatik olarak yapma olanaklı değildir. Bu yüzden, anlamsal servis tanımlarının kullanıcı destekli oluşturulabilmesi için bir araç geliştirilmesi de hedefler arasındadır.

## 8. Teşekkür

Durum çalışmasının gerçekleştirilmesi esnasında test sistemlerini veb servisleri aracılığıyla kullanmamızı sağlayan Odeon A.Ş.'ye<sup>1</sup> teşekkür ederiz.

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Elektrik, Elektronik ve Enformatik Araştırma Grubu (EEEAG) tarafından 106E008 nolu proje kapsamında desteklenmektedir.

## 9. Kaynakça

- [1] Russell S. J., Norvig P., 2003, Artificial Intelligence: A Modern Approach Second Edition, Pearson Education, USA, 1080s.

- [2] Durfee E. H., Lesser V. R., Corkill D. D., 1989, Trends in cooperative distributed problem solving, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, KDE-1 sf 63 – 83.
- [3] Berners-Lee, T., Hendler, J. ve Lassila, O.: The Semantic Web, Scientific American, 284(5), pp:34-43.
- [4] Zambonelli, F., Omicini, A.: Challenges and Research Directions in Agent-Oriented Software Engineering, Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Vol. 9, No. 3, sf. 253 - 283 (2004)
- [5] Burstein M., Bussler C., Zaremba M., Finin T., Huhns M.N., Paolucci M., Sheth A.P., Williams S., "A Semantic Web Services Architecture", IEEE Internet Computing, September-October 2005, sf. 72-81.
- [6] Dikenelli, O., Erdur, R.C., Gümüş, Ö., Ekinci, E.E., Gürçan, Ö., Kardas, G., Seylan, I., Tiryaki, A.M.: "Seagent: A platform for developing semantic web based multi agent systems". In: AAMAS, ACM(2005) sf. 1271-1272
- [7] Varga, L.Z., Ákos Hajnal, Werner, Z. In: Engineering Web Service Invocations from Agent Systems. Volume 2691. Lecture Notes in Computer Science (2003) sf. 626 – 635
- [8] Bellifemine, F., Poggi, A., Rimasa, G.: Developing Multi-agent Systems with a FIPA-compliant Agent Framework. Software Practice and Experience, 31 (2001) 103-128
- [9] Greenwood, D., Calisti, M.: Engineering web service - agent integration. In: SMC (2), IEEE (2004) sf. 1918 – 1925
- [10] Nguyen, T.X., Kowalczyk, R.: Ws2jade: Integrating web service with jade agents. In: AAMAS'05 Workshop on Service-Oriented Computing and Agent-Based Engineering (SOCABE'2005). (2005)
- [11] Varga, L.Z., Ákos Hajnal, Werner, Z. In: An Agent Based Approach for Migrating Web Services to Semantic Web Services. Volume 3192. Lecture Notes in Computer Science (2004) 381 - 390
- [12] Zou, Y, "Agent-Based Services for the Semantic Web", PhD. Thesis, the Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, 2004.
- [13] Paolucci, M., Kawmura, T., Payne, T. and Sycara, K.. Semantic Matching of Web Services Capabilities. Volume 2342. Lecture Notes in Computer Science (2002) sf. 333 – 347 .
- [14] 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* (Hakodate, Japan, May 08 - 12, 2006). AAMAS '06. ACM Press, New York, NY, 915-922. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1160633.1160796>
- [15] Gürçan, Ö., Kardaş, G., Gümüş, Ö., Ekinci, E. E., Dikenelli, O., A Planner for Implementing Semantic Web Agents based on Semantic Web Services Initiative Architecture, In *Proceedings of the 4<sup>th</sup> European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS'06)*, Lisbon, Portugal, December 14-15, 2006, published by CEUR, Vol-223, ISSN 1613-0073 sf. 249-259.
- [16] Gürçan, Ö., Kardaş, G., Gümüş, Ö., Ekinci, E. E., Dikenelli, O., An MAS Infrastructure for Implementing SWSA based Semantic Services, Service-oriented computing: Agents, Semantics and Engineering, Lecture

<sup>1</sup><http://www.myodeon.com/>, son erişim 4 Nisan 2007.

Notes in Computer Science (2007), Springer-Verlag, Vol.  
4504, sf. 118-131 (baskıda)