

## ÖZELLEŞMİŞ WEB SERVİS KEŞİF SİSTEMİ MİMARİSİ

Deniz Cantürk<sup>1</sup>

Pınar Şenkul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TAI TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş., Ankara

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

<sup>1</sup>e-posta: dcanturk@tai.com.tr

<sup>2</sup>e-posta: senkul@ceng.metu.edu.tr

### Özetçe

Bu makale, etkin ve verimli bir şekilde web servis keşfi ve erişimi sağlamak için ontolojilere göre özelleşmiş web servis keşif sistemi mimarisi sunmaktadır. İşletme kütüklerinin sayısının ve büyüklüğünün artışıyla beraber web servisi keşfi zorlu bir kabiliyet haline gelecektir. Değişik işletme kütüklerinde yeni web servisler filizlendikçe mevcut API'lerle uygun web servisi bulma işleminde performans, verimlilik, uçtan-uca güvenilirlik ve dönen servislerin kalitesi gibi bir takım endişeler artacaktır. İşletme kütüklerine kayıt olmadan web sayfalarından sunulan web servislerinin de sayısında ciddi artışlar görülmektedir. Bu derece karışık bir ağda, istemciler istediği servisi bulabilmek için arama işlemine, özellikle de mobil cihazlarla, sonuna kadar devam etme imkanına sahip olamayacaktır. Servis bulma işlemi, üretkenliği yüksek ve zamanı verimli kullanan bir işlem olmalıdır. Bu çalışmamızda, çoklu işletme kütüklerinden ve web sitelerinden sunulan web servis keşfini geliştirmek ve arama süresini kısaltmak için web servis gezgini ve istemci endişelerini minimuma indirecek, servis kalite özellikleri dikkate alacak, ileri sorgulama arayüzü olan özelleşmiş web servis keşif sistemi mimarisi oluşturmayı hedefliyoruz. Önerilen mimarinin merkezinde ontoloji-tabanlı, özelleşmiş bir gezgin modülü yer almaktadır. Özelleşmiş web servisi gezgini, verilen bir ontolojiye uygun servisleri bulmak için, hem işletme kütüklerini, hem de işletme kütüklerine kayıtlı olmayan web servisleri sunan web sayfalarını tarayabilme kabiliyetine sahip yapıdadır. Tarama sonucu oluşacak özelleşmiş servis veritabanı, ontoloji sayesinde hem anlamsal hem de sözdizimsel eşleme yapan ileri seviye web servis sorgulaması yapma imkanı sunmaktadır. Buna ek olarak, özelleşmiş web servis keşif sistemleri birbirleriyle iletişim halinde bulunarak, bulunan servisleri ve sorguları en ilgili sisteme iletebilmektedir.

### 1. Giriş

İnternetin sürekli büyümesi aşırı bilgi yüküne yol açmakta, aşırı bilgi yükü de hızlı ve kolay bilgi erişimine engel olmaktadır. Otomatik web servisi keşfi ve birleşimi işletme-işletme entegrasyonu için ön plana çıkan teknoloji tercihidir. Bu tercihe olan ilgi bireysel olduğu kadar iş dünyası ve hükümet tarafından da artmaktadır. Web servisi sayısındaki artışla beraber web sayfalarının keşfinde yaşanan problemlerin web servis keşfi için de tekrar su yüzüne çıkması kuvvetle olasıdır. Bu durumda, belirli bir iş uygulaması için arama yapmak çok zorlu ve zaman alan bir işlem olacaktır.

İşletme kütükleri (registry) web servislerini ve diğer ek bileşenleri kataloglamak ve sınıflandırmak için bir temel sağlamaktadır. UDDI [1] işletme kütüğü (UDDI Business Registry) (UBRs) web servisler hakkında teknik bilgi

yayınlamak için servis klasörü gibi hizmet vermektedir. UDDI girişimi ilk olarak Microsoft, IBM ve Arıba gibi teknoloji şirketleri tarafından desteklenmiştir. UDDI sayesinde kendileri de dahil olmak üzere bütün ölçeklerdeki işletmelerin açık ve platformdan bağımsız bir ortamda buluşturma amaçlanmaktadır. Daha sonrasında yüzlerce şirket (HP, Intel, Fujitsu, BEA, Oracle, SAP, Nortel Networks, WebMethods, Andersen Consulting, Sun Microsystem, vs.) UDDI girişimini kabul etmiştir.

Web servisleri, Web Servisi Tanımlama Dili (Web Service Description Language) (WSDL) [2] ile fonksiyonel seviyede sözdizimsel olarak tanımlanabilmektedir. İş-merkezli ve biraz daha karmaşık bir web servisi tanımlama modeli UDDI tarafından sağlanmaktadır. UDDI işletmelerin çoklu iş ortaklığı ilişkisi oluşturmaya izin vermektedir. UDDI diğer bir taraftan bütün ölçeklerdeki işletmelerin açık ve global bir çerçevede buluşmasına zemin oluşturan odak noktası olarak hizmet vermektedir. Web servislerin tanımlanması ve keşfini destekleyen çok sayıda standart bulunması rağmen bu kaynak bilgileri istemcilerin anlayıp kullanabilmesi için basit bir şekilde birleştirecek bir uygulama henüz mevcut değildir. İstemcilerin servisleri araması ve çağırabilmesi için, mevcut UDDI kütüklerinde primitif anahtar kelime tekniğine dayalı arama sorgusunun manuel olarak gerçekleştirilmesi, dönen sonuçlarını üzerinden giderek bağlantı bilgisinin bulunması (UDDI deki bindingTemplate bilgisinden veya WSDL erişim noktasından) ve teknik detaylarının da manuel olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu tip bir işlemin hiç de verimli olmadığı, hata ve bilgi kaybına açık olduğu ortadadır. Böyle bir durumda, tercih edilecek web servis referanslarını, kaynaklarını ve tanımlama dokümanlarını toplayan ve web servisine nasıl erişileceğini tam ve eksiksiz olarak tarif eden, konulara bölünmüş bir web servisi keşif sistemi olmalıdır. Bu sistem aynı zamanda, web servis arama motoru gibi davranmalı ve istemcilere gelişmiş arama sorgusu yapma imkanı vermelidir.

Özelleşmiş, başka bir deyişle konulara bölünmüş, web servisi keşif sistemi mimarisinin tasarlanmasında aşağıda belirtilen UDDI kısıtlarının giderilmesi ve ortaya çıkan istemci ihtiyaçların karşılanması amaçlanmıştır

- Mevcut UDDI kütüklerini kullanarak web servislerinin ve işletmelerin yaşam döngüsü takibi yapılamamaktadır. Bu takip web servisin değişik zamanlardaki durumunu dokümanete etmek için oldukça faydalı bilgiler içermektedir. Önerilen sistemde, servislerin durumları çevrimiçi olarak takip edilerek en son durumlarının ve yaşam döngülerine ait bilgilerin tutulması hedeflenmektedir.

- UDDI kütüğü tarafından sağlanan sorgulama kriteri tipi, istenilen servislerin bulunmasında faydalı olamamaktadır. Bu nedenle kullanıcının ihtiyacını daha iyi yansıtacak daha karmaşık bir sorgu modeli planlanmıştır.
- UDDI kütüğünde tutulan kayıtlar ile servisler direkt olarak bağlantılı olamamaktadır. Web servislerin periyodik olarak doğrulanması ve gerçekleşmesi ile güncel bilgilere erişim hedeflenmektedir.
- UDDI servis kalitesi bilgisi sağlayamamaktadır. Önerilen çalışma servis kalitesine yönelik bilginin çıkarımı ve sunumunu içermektedir.
- Çoklu UDDI kütükleri üzerinde arama sorguları UDDI kütüğü sayısı arttıkça zaman alıcı bir işleme dönüşeceğinden gerçek zamanlı arama sorgularında performans kaybı ortaya çıkacaktır. Özelleşmiş gezgin ile bu sorunun giderilmesi hedeflenmiştir.

Bu makalede, ikinci kısımda ilgili çalışmalar, üçüncü kısımda önerilen mimarinin detayları sunulmuştur. Dördüncü kısımda, önerilen mimarinin bu çalışmalardan farkları anlatılmıştır. Beşinci kısımda sonuçlar ve ileriye dönük planlar sunularak makale sonlandırılmıştır.

## 2. İlgili Çalışmalar

Web servis keşfi, üzerinde geniş çaplı araştırmalar yapılan bir konudur. Web servis veritabanı oluşturma, web servis gezgini gerçekleştirme, anlamsal web servis keşfi, web servislerinin ontolojik-işaretleme olarak indekslemesi, servis kalitesi (QoS) üzerinde güncel olarak çalışılmaktadır. Bu kısmın devamında bu konularda yapılan güncel çalışmalardan bahsedilmektedir.

Al-Masri ve Mahmoud'un yaptığı çalışmalarda [3,4,5], WSDL dosyalarını ve UBR bilgilerini koşturarak alan ve topladığı bilgileri merkezi bir veritabanında (Web Servis Storage WSS) saklayan web servis gezgini (Web Service Crawler Engine WSCE) önerilmiştir. Merkezi veritabanı (WSS) sayesinde web servisi tanımlama, sınıflandırma, yaşam döngüsü izleme, dinamik servis çağırma, gelişmiş arama sorgulama işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

WSCE hazırlanması esnasında:

- Bazı UDDI kütüklerine erişimde kimlik doğrulama,
- Seyrek ve sık güncellenenler belirlenerek servislerin, güncel tutulması,
- Servis sayısındaki artışın ölçülemeye ihtiyaç duyması,
- Servisi sağlayan ağda yük azaltma,

problemleri ile karşılaşmıştır.

Web servis kaynağı olarak UBRs ve WSDL dosyaları kullanılmıştır. UBRs iş-merkezci bir tanımlama sunarken, WSDL mesaj operasyonları, ağ protokolleri ve erişim noktalarını tanımlamaktadır. Arama motorlarının sağladığı dosya uzantısı filtrelemesi sayesinde WSDL, DISCO, WSIL uzantılı dosyalar alınabilmiştir. WSCE tarafından toplamda 7591 web servisi bulunmasına karşın bunların 5077 tanesi tekil olarak belirlenmiştir.

Gooneratne ve Tari yaptıkları çalışmada [6], anlamsal tabanlı yeni bir keşif algoritması önermişlerdir. Önerdikleri algoritma mevcut sözdizimsel ve anlamsal yaklaşımlar ile karşılaştırmış ve önerdikleri algoritmanın greedy düzenlemesi ile %76 daha iyi bir performansa sahip olduğu belirtmişlerdir. Bu çalışmada Elgedawy'nin meta-ontolojisi kullanılmıştır [7]. Elgedawy'nin meta-ontolojisinde (Kavram, Operasyon, Rol, Kural) dörtlüsü servis tanımı olarak (Nesne, Hareket, Aktör, Kısıtlamalar) dörtlüsüne karşılık gelmektedir. Ontoloji elementleri arasındaki ilişki yerine koyma çizgesi ve dönüştürme çizgesi ile tanımlanmıştır. Yerine koyma geçişlilik özelliği göstermektedir.

[6] da önerilen algoritma web servislerin WS-ALUE [8] dili kullanılarak tanımlanmış olduğunu kabul etmektedir. WS-ALUE dili amaç, durum dönüştürme (öncül ve ardıl koşullar), veri dönüştürme (girdi ve çıktılar) adlı 3 bölümden oluşur. Gelecekte bunlar uyumluluğu ve birleşebilirliği kanıtlamak için kullanılacaktır. Servisin nitelikleri iş ve dış kısıtlar, öncül ve ardıl koşullar ile ilgilidir. İlgili çizgeye göre iki nitelikten biri diğerinin yerine koyulabiliyorsa veya diğerine dönüştürülebiliyorsa iki nitelik anlamsal olarak ilişkili kabul edilmektedir.

[6] da önerilen yaklaşım aday toplama, servis indeksleme ve kompleks servis toplama adlı üç safhadan oluşmaktadır. İlk safhada bileşke servis şablonunda bulunan değişik tipteki servislerin yer tespiti yapılır. İkinci safhada servisin kısıtlı niteliklerini belirlenir ve atanmış değerlere göre indeks oluşturulur. Son safhada ise verilen kısıtlara uyan web servisleri çıkartılır ve kısıtlı niteliklerine bu değerler atanmış olan servisler birleştirilir.

Li Kuang ve arkadaşları [9], kayıtlı servislerdeki ontolojik-işaretleme çıktıları indekslemeyi ve buna indekslemeye bağlı olarak bileşke yönlü (composition oriented) servis keşfi önermişlerdir. Tersine indeksleme, ilgisiz servis keşfini azaltmakta ve servis bileşimi (composition) araştırma, olası adayların ihtimalini artırmaktadır. Önerilen algoritmanın metinsel eşleme (matchmaking) yöntemlerinden daha iyi performansa sahip olduğu ve bileşim araştırması yapmayan algoritmalarından daha iyi geri çağırma (recall) oranına sahip olduğu iddia edilmektedir. Metinsel eşlemenin bahsedilen iki ana kısıtlaması sıralı (sequential) arama kullanılması ve servis sayısı arttıkça fazla zaman ihtiyaç duyulmasıdır.

[9] da önerilen algoritmada servislerin OWL-S[10] ile tanımlandığı varsayımında bulunulmuştur. OWL-S ile Servisler servis profili (servisin ne yaptığı), servis modeli (servisin nasıl çalıştığı), servis yerleştirme (servise nasıl erişildiği) temel bileşenleri içinde tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada tüm ontolojik-işaretleme çıktıların indekslenmesi için kelime yönlü indeksleme mekanizması önerilmektedir. Her ontolojik-işaretleme çıktı için atomik ve bileşim seviyesi servis listeleri bulunmaktadır. Servis  $S = \{N, Ins, Outs\}$  olmak üzere N ontoloji-işaretleme isim, Ins ontoloji-işaretleme girdiler, Outs ontoloji-işaretleme girdiler olarak tanımlanmıştır. Servis Talebi  $SR = \{Is, Os\}$  olmak üzere Is ontoloji-işaretleme girdiler, Os ontoloji-işaretleme girdiler olarak tanımlanmıştır.

Tersine indeksler sıralı aramanın yükünü azaltmak için oluşturulmuştur. Kütüğe yeni bir servis eklemesi durumunda ontoloji-işaretleme çıktılarından servise linkler eklenmektedir.

Ayrıca ontoloji-işaretili çıktılarının tüm atalarından da servise linkler eklenmektedir.

Atomik seviyede servis talebinin çıktılarının hepsini de sağlayan servisler aday olarak seçilmektedir. Bunu biçimsel (formal) olarak  $SR (Is, Os)$  ve  $Os=[O_1, O_2, O_3]$  için servis keşfini  $S = \bigcap_{i=1}^n f(SR, O_i)$  şeklinde ifade etmişlerdir. Bileşim seviyesine atomik seviyede uygun servis bulunamazsa başvurulmaktadır. Bileşim seviyesinde servis keşfi kökleri çıktılar olan ağaç üretme işlemi olarak tanımlanmıştır. Yatay ağaç üretme kuralı ise iki çıktı için  $\bigcap_{i=1}^{n-1} f(T, O_i) \times f(T, O_n)$ , m çıktı için  $\bigcap_{i=1}^{n-m} f(T, O_i) \times f(T, O_{n-m}) \times \dots \times f(T, O_{n-1}) \times f(T, O_n)$  ve dikey ağaç üretme kuralı  $T' = \bigcup_{i=1}^n S_i, Ins - SR, Is$  olarak tanımlanmıştır. Ağacın kökünden yapıya gidişle bileşime girecek servisler tespit edilebilmektedir.

Ziqiang Xu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [11], servis kalitesi (QoS) tabanlı web servisi keşfi önerilmektedir. Her servis müşterilerinin performansı için verdiği geri beslemelerle puanlandırılmaktadır. Servis kalitesi, tepki süresi, iş çıktısı, güvenilirlik ve hazır durumda bulunma gibi fonksiyonel olmayan nitelikler kümesidir. Servis kalite derecesi, servis kalite parametrelerinin müşterilerden belirli periyotlarla aldığı notların birleştirilmesi ile hesaplanır. Not veren müşterilerin adil ve önyargısız olduğu varsayımı yapılmıştır.

Servis kalite bilgilerinin ne olacağı ve nerede tutulacağı; müşteri gereksinimlerinin tanımlanması ve mevcut olanlar ile eşlenmesi olmak üzere servis kalitesini servis keşfi için kullanılmasında iki temel problem belirtilmiştir.

Bu çalışmada ayrıca web servis keşfi için servis kalite bilgilerini tutan genişletilmiş UDDI içeren bir model, servis derecelendirme yönetim sistemi oluşturma ve idame etme, servis keşfini kolaylaştıracak bir keşif ajanı önerilmektedir. Bu araştırmanın amacı müşterinin servis kalitesi gereksinimlerini var olan temel web servis protokollerinde tutulabilecek yeni bir model kullanarak dinamik web servisi keşfinin nasıl gerçekleştirilebileceğinin incelenmesi olarak belirtilmiştir.

Servis kalitesi üzerinde yapılan daha başka çalışmalar da bulunmaktadır. Ziqiang Xu ve arkadaşlarının yaptığı çalışma [11], bu çalışmalara önerdiği yaşlandırma fonksiyonu ile katkıda bulunmuştur.

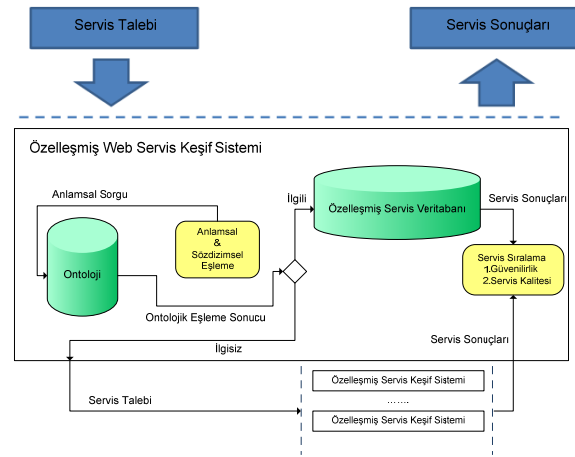
Qian MA [12] ve arkadaşları anlamsal eşleme ve kısıt programlaması (Constraint Programming) (CP) kullanarak anlamsal servis kalitesi (QoS) farkında bir anlamsal web servis keşfi çerçevesi önermektedir. Otomatik anlamsal web servis keşfi yapan çoğu yaklaşımda fonksiyonel gereksinimleri eşlemek için betimleme mantığı (Description Logic) (DL) kullanmasına karşın servis kalitesi kriterlerini sağlayan servisleri bulmada yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple Qian MA ve arkadaşları servis kalitesini sağlayan servislerin tespitinde CP'yi Kısıt sağlama problemine (Constraint Satisfaction Problem) (CSP) veya Kısıt sağlama optimizasyon problemine (Constraint Satisfaction Optimization Problem) (CSOP) dönüştürerek kullanılmasını önermektedir. DL kullanıldığında QoS parametrelerinin sözdizimsel eşlenmesi ve dolayısıyla QoS farkında bir keşif yapılmasında CP uygulanamaması gibi 2 ana problem olduğundan bahsedilmektedir.

Önerilen çerçeve anlamsal eşleme katmanı, CP katmanı ve QoS seçim katmanı olmak üzere 3 temel katmandan

oluşmaktadır. Anlamsal eşleme katmanında iki farklılıkta bahsedilmektedir. Birinci farklılık QoS parametre bileşimidir çünkü eski yaklaşımlar sadece kavramlar arasında birebir eşlemeyi desteklemektedir. İkincisi farklılık eski yaklaşımlarda kullanılan sıralama yerine QoS parametrelerinin eşleme derecelerinin kullanıldığı kapsama (subsumption) yaklaşımıdır. CP katmanında QoS gereksinimleri kısıtlamalara dönüştürülerek CSP tekniği uygulanmaktadır. QoS seçim katmanında önileme, normalizasyon ve birleşim adımları uygulanmaktadır. Önileme adımında servislerin QoS parametrelerinden matris oluşturulmaktadır. Normalizasyon adımında matristeki her satırın aynı derecede etki etmesini sağlamak amacıyla satır değerleri belirli bir aralığa alınmaktadır. Birleşim adımında ise normalleştirilmiş değerler kullanıcı tercihlerine göre izdüşümü alınmaktadır. İzdüşümü sonucu bulunan değerler kullanılarak QoS isteklerine uygun servisler seçilmektedir.

### 3. Özelleşmiş Web Servis Keşif Sistemi Mimarisi

Özelleşmiş Web Servis Keşif Sistemi (SWSDS) (Specialized Web Service Discovery System) (Şekil 1) kendi ontolojisi olan ve sadece bu ontoloji ile ilgili olan web servislerini bulan ve ortaya çıkaran bir sistemdir. SWSDS, ana olarak, veritabanı oluşturma ve web servis sorgulama kısımlarından oluşmaktadır. Veri tabanı oluşturma işlemi sürekli bir çevrim içinde devam etmektedir. Sürekli çevrim, yeni eklenen web servislerinin veritabanına bir an önce eklenmesini ve veri tabanında kayıtlı web servislerin mevcut durumunun (aktifliğini kaybedenlerin veya yayından kaldırılanların) çıkartılması, Servis kalite değerlerinin güncellenmesi, vs.) güncellenmesi ile SWSDS veritabanını güncel tutmaktadır. Çevrim süresi ne kadar kısa olursa SWSDS'nin önerdiği web servislerinin de geçerliliği o derece de fazla olacaktır.

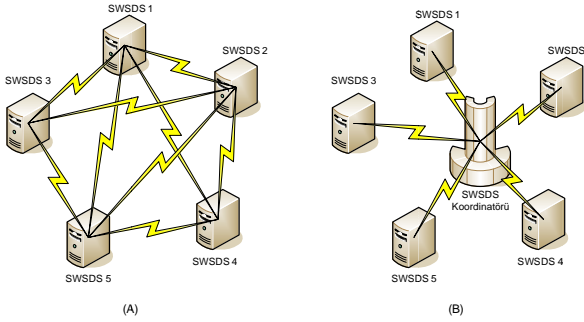


Şekil 1 - Özelleşmiş Web Servis Keşif Sistemi Genel Mimarisi

Özelleşmiş web servisi ortaya çıkarma işleminde ön plana çıkan, web servisi ortaya çıkartma işlemi belirli başlıklar altında bölünmesi ve her SWSDS'ye üzerine yoğunlaşacağı bir başlık verilmesidir. Bütün web servislerini bir arada ele almak yerine başlıklara ayırarak web servisi ortaya çıkartmak, işlemleri paralelde yapabile imkânı sunacağından kısa çevrim süresi için önemli bir katkı sağlayacaktır. Tüm işlemin belirli başlıklar altına bölünmesi SWSDS arasında iş paylaşımı sağlayacağı gibi veritabanı oluşturma ve web servisi

sorgulama işlemlerinde iş birliği yapılmasını da sağlayacaktır. SWSDS arasında iş paylaşımı ve iş birliği olabilmesi için SWSDS'ler arasında iletişim ağı sağlanması gerekmektedir. SWSDS'ler arası iletişim ağı için çokgen bağlantılı (mesh) veya yıldız topolojik mimari yaklaşım tercih edilebilir

Çokgen bağlantılı (Şekil 2) topolojik mimari yaklaşımında her bir SWSDS, diğerleri ile direk bağlantılı olacaktır. Çokgen yaklaşımında genel ve tercihli iletişim olmak üzere iki metot uygulanabilir. Genel iletişim metodunda, bir SWSDS ihtiyacı olduğu bir durumda tüm diğer SWSDS'lere direk bağlantı üzerinden mesaj gönderecek ve cevap bekleyecektir. Tercihli iletişim metodunda mesajla ilgili olan SWSDS'ler tespit edilip sadece onlara direk bağlantı üzerinden mesaj gönderilecek ve cevap bekleneyecektir. Mesajla ilgili SWSDS'lerin tespit edilebilmesi her SWSDS'de bütün ontolojilerin saklanması gerekmektedir. Genel iletişim metodunda, mesaj sıklığına ve büyüklüğüne bağlı olarak iletişim ağındaki trafik ve dolayısıyla yavaşlık sorunları oluşabilir. Tercihli iletişim metodunda güncellenen ontolojilerin diğer SWSDS'lerde de güncellenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla bant genişliği, mesajlaşma sıklığı, mesaj büyüklüğü ve ontoloji güncelleme sıklığı dikkate alınarak farklı iletişim metotları kullanılabilir.



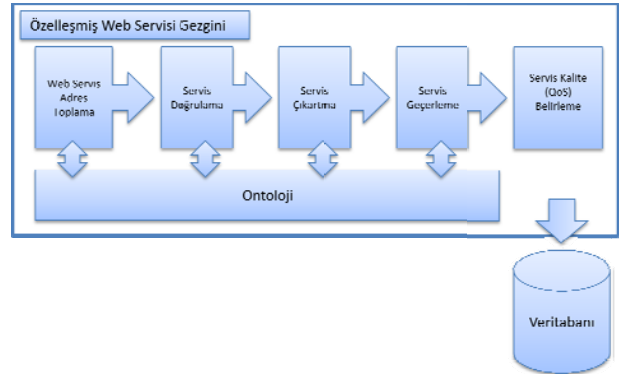
Şekil 2 - (A) Çokgen Bağlantılı(Mesh) (B) Yıldız

Yıldız (Şekil 2) yaklaşımında merkezi bir SWSDS koordinatörü olacak ve diğer SWSDS'ler bununla bağlantılı olacaktır. Bu yaklaşımda bir SWSDS ihtiyacı olduğu bir durumda SWSDS koordinatörüne mesajını gönderecek ve cevap bekleyecektir. SWSDS koordinatörü aldığı mesajı ilgili SWSDS'lere dağıtıp gelen cevapları istekte bulunan SWSDS'ye yönlendirecektir. SWSDS Koordinatörünün ilgili SWSDS'leri tespit edebilmesi için ontolojilerin kendi SWSDS'sinde ve SWSDS koordinatöründe saklanması yeterli olacaktır. Ontolojisi değişen bir SWSDS, SWSDS koordinatörü üzerindeki ontolojisini de güncelleyecektir. Yıldız yaklaşımda SWSDS koordinatörü kritik iletişim koordinasyonu görevini üstlendiği için SWSDS koordinatörünün devre dışı kalması SWSDS'ler arası iletişim ağını da devre dışı bırakacağından bu yaklaşım tek nokta hatasına açık durumdadır. Ayrıca yoğun mesajlaşma SWSDS koordinatöründe performans problemine yol açabileceği göz önüne alınmalıdır.

### 3.1. Özelleşmiş Servis Gezgini (Crawler)

Özelleşmiş web servis keşif sisteminin ilk basamağında, üzerinde sorgulama yapılacak özelleşmiş servis veritabanı oluşturulur. Servis veritabanı oluşturma birimi web servis adres toplama, servis doğrulama, servis çıkartma, servis geçerleme ve servis kalitesi belirleme modüllerinden oluşur

(Şekil 3). Veritabanı oluşturma işlemine, web servis adreslerini toplayan gezgin modülü ile başlanmaktadır. Bu modülde web servisi sunan bir web sitesinin sunduğu tüm web servisleri yüzeysel olarak incelenir. Ele alınan bir sitenin birimin kendi ontolojisi ile ilgili olup olmadığı tespiti yapılır ve ilgili olanlar ile devam edilir. Böylece servis keşif modülünde birimle ilgisiz olan web sitesinin sunduğu web servisleri ile gereksiz zaman harcaması engellenmiş olur. Buradan servis keşif modülüne geçmeden önce web sitesinde sunulan web servislerinin doğrulanıp servis çıkartma modülünde sadece çağrılabilen web servislerinin ele alınması modülün yükünü biraz daha hafifletecektir. Servis geçerleme modülünde yapılacak geçerleme işlemleri göz önüne alındığında servis doğrulamasından sonra direk servis geçerleme modülüne geçmeyip kendi ontolojisi ile ilgili servislerinin çıkartılması servis geçerleme modülünün işini kolaylaştıracaktır. Genel itibarıyla SWSDS'nin ontolojisine uygun olan, web sitesinin sağladığı bazı servisler SWSDS'nin kapsamına uygun olmayabilir dolayısıyla servis geçerleme işlemine gelmeden elenmelidir. Adres toplama ile servis çıkartma ve servis doğrulama ile servis geçerleme bir birinin devamı olan işlem grupları olduğu için birleştirilebilir. Fakat performans açısından düşündüğümüzde ikisinin de ayrı ve birbirleriyle veri alışverişinde bulunan yakın ilişkili işlemler şeklinde, web servis adres toplama, servis doğrulama, servis çıkartma, servis geçerleme sırası ile gerçekleştirilmesi ve son olarak bu işlemlerin kayıtlarını inceleyecek servis kalitesi belirlemesi yapılması daha uygun olur.



Şekil 3- Özelleşmiş Web Servisi Gezgini Mimarisi

Yukarıda, özelleşmiş web servis keşif sistemlerinin aralarında bağlantı olduğu açıklanmıştır. Veritabanı oluşturma işlemi esnasında, bu bağlantı sayesinde servis çıkartma modülünde SWSDS'nin kendi ontolojisine ait olmayan bir web servis ilgili olduğu SWSDS'ye yönlendirilmektedir ve iletilen SWSDS'nin servis doğrulama modülünden işleme alınmaktadır. Her SWSDS kendisi ile ilgili web sitesinden sunulan web servislerini inceleyerek kendi ontolojine uygun web servislerinin çoğunluğunu veritabanına eklemektedir. Azınlıkta kalan kısmı da diğer SWSDS'lere olan bağlantısı üzerinden eklenerek özelleşmiş servis veritabanı tamamlanmış olur. Her SWSDS'nin sadece kendi ilgi alanında olan web sitelerinin servisleri üzerine yoğunlaşarak, geneli kendisi ile ilgili olmayan, dolayısıyla içerisinden az sayıda servis bulabileceği web sitelerini göz ardı edip kısa süre içinde çevrimini tamamlayabilecektir. Bu aynı zamanda SWSDS'ler arası işbirliğini ve işbölümünü de sağlamış olur.

##### 3.1.1. Web Servis Adres Toplama

Web Servis Adres Toplama modülünde arama motorlarından ve UDDI kütüklerinden elde edilen web servis sağlayıcılarının kendi ontolojine göre kontrol edip ilgili adresler toplanır. Adres toplama işleminde önce arama motorlarından WSDL dosyaları filtrelenerek veya direk UDDI'lerden adresler alınır. Sonra adresler, içerdiği web servisleri ve açıklamalara göre SWSDS'nin sağladığı ontolojiye uygunluğu adreste bulunan web servis girdi ve çıktıları ontoloji terimleri ile eşleme derecesine göre değerlendirilir. Daha sonrasında, uygunluğu, belirlenen eşik değerinin üstünde olan adresler biriktirilerek servis doğrulama modülüne aktarılır.

SWSDS'nin avantajlarından biri olan sık güncellenebilmesi göz önüne alındığında SWSDS'nin yenileme periyodu, çoğu web servisin yenilenme periyodundan kısa olduğu için erişilen adreslerin bir önceki sürümlerinin saklanması ve öncelikle erişilen sitenin tam metninin bu önceki sürümüyle karşılaştırılması tüm süreci hızlandırıcı etkide bulunacaktır. Karşılaştırma sonucunda yeni alınan ile önceki sürümü aynı ise değerlendirme işlemi yapılmayıp önceki değeri göre kabul ya da ret edilebilecektir. Ayrıca kabul edilmesi durumunda bu adreste bulunan servisler için servis doğrulama ve servis çıkartma adımları atlanıp servis geçerleme adımına geçilebilecektir.

##### 3.1.2. Servis Doğrulama

Servis doğrulama modülünde, elde edilen adreslerin içerdiği web servisler belirtilen veri parametreleri ile çağırıp servislerin çalışır durumda olup olmadığı tespiti yapılır. Doğrulan web servisleri servis çıkartma modülüne aktarır. Servis doğrulama işleminde belirtilen parametre tiplerinde sağlanan girdiler ile web servisi çağırıldığında tanımlanan tipte çıktıyı başarılı bir şekilde üretmesi beklenmektedir. Parametre tipleri için sağlanan girdilerin değerleri dikkatli seçilmelidir. Tam sayı (Integer) tipinde girdiler için 0 (Sıfır), dizi (string) tipinde girdiler için "" (empty string) değerini kullanmak beklenen sonuca ulaşmak için uygun olmayabilir. Örneğin, 0 (Sıfır) değeri herhangi bir web servis için anlamsız bir değer olabilir ve dolayısıyla çağırıldığında tanımlanan tipte beklenmeyecektir. Bu durumda normal şartlarda çalışan bir web servis 0 (Sıfır) değeri ile çağırıldığında bölme istisnası oluşturduğunda doğrulanamamış olarak değerlendirilebilir. Çağırma protokolü hata bildirme kısımları içeriyorsa dönen mesaj incelenip hata sebebinin parametrelerden mi olup olmadığı anlaşılabilir. Ayrıca dönen hata mesajları da saklanıp web servislerin hata karakteristikleri üzerine çalışılabilir.

##### 3.1.3. Servis Çıkartma (Extraction)

Servis çıkartma modülünde, doğrulan web servislerinin girdi ve çıktıları ontolojideki terimler ile karşılaştırılır ve web servisinin ontolojideki yeri eşleşme değerleri ile birlikte bulunur. Eşleştirme sözdizimsel ve anlamsal olarak yapılabilir. Web servislerinin anlamsal olarak eşleştirilmesi sözdizimsel olarak eşleştirilmesinden daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat web servisin SWSDS'nin sağladığı ontolojiye ile anlamsal eşleme yapılabilmesi için web servis girdi ve çıktıların SWSDS'nin sağladığı ontolojiye göre tanımlanması gereklidir. Yayında olan tüm web servislerin SWSDS'nin sağladığı ontoloji ile tekrar tanımlanması gereklidir; bu sebepten dolayı sözdizimsel eşleme de SWSDS tarafından desteklenmelidir. Yayında olan web servislerinin sayısı düşünüldüğünde eşleme

işlemi temel olarak sözdizimsel ve anahtar sözcük tabanlı yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Servis çıkartma işleminde önce web servis girdi, çıktı ve varsa açıklamasından anahtar sözcük kümesi oluşturulur. Oluşturulan anahtar kelime kümesi ile ontolojide eşleştirilebilen terimler ontolojik terim, web servis ve eşleşme derecesinden sütunlarından oluşan tabloda saklanır. Anahtar sözcük kümesi oluşturma işleminde değişik teknik ve buluşsal (heuristic) (kelime öbeklerini '\_' karakterinden veya büyük harflerden parçalamak gibi) yöntemler uygulanabilir. Uygulanan yöntem sonucunda oluşturulan anahtar sözcük kümesinin web servisin ontolojik eşlemesinde önemli yer tuttuğu için kullanılan yöntem çok dikkatli seçilmelidir.

##### 3.1.4. Servis Geçerleme

Servis geçerleme modülünde çıkartılan servislerin tanımladıkları işlemleri gerçekleştirip gerçekleştirmediğinin kontrolü yapılmaktadır. Servis geçerleme oldukça zorlu ve yoğun bir işlemdir. Servisin ne yaptığını anlayıp bu servise anlamlı girdiler sağlayıp bu servisten alınan çıktıların anlamlı olduğuna karar verilebilmelidir. Servisin girdi ve çıktıları SWSDS'nin sağladığı ontolojiye göre tanımlanmışsa bu servisin geçerlemesi ontolojiden faydalanılarak yapılabilir. Eğer servisin girdi ve çıktıları ontolojiye bağlı değil de serbest bir şekilde tanımlanmışsa servisin girdi ve çıktıları ontoloji ile eşlenerek güvenilirlik değeri tanımlanmış eşik değeri üstünde olanlar ontolojiden yararlanılarak, eşik değeri altında olan girdi veya çıktılar için servis doğrulama modülünde kullanılan değerler temel alınarak servis geçerlenebilir. Servis doğrulama modülünde yapılan işlem, yani, ihtiyaç duyduğu girdileri sağlanan bir web servisinin belirttiği çıktıları üretmesi, geçerleme işleminin aslında ilk adımdır. Daha sonra servis çıkartma modülünde yapılan bir nevi eleme işlemi servis geçerleme modülünde geçermeye yeterli sayıda girdi ve çıktı bulunacağını garanti altına alır.

Servis geçerleme işleminde servis girdilerine sınır değerler ve rastgele birkaç ara değer atanarak tüm çıktıları başarılı bir şekilde üretmesi ile başlanır. Daha önce doğrulanmış servislerden bazıları sınır değerlerine uygun kontrol yapmadığı için geçerlenememiş olacaktır. İkinci adım olarak servisin ürettiği çıktıların beklenen değer aralığı içinde arasında olup olmadığının kontrolü ve değişik girdi değerleri alınan çıktı değerlerinin analizi yapılır. Örneğin bir servis farklı değerlerdeki girdi setleri için aynı değeri üretebilir. Böyle bir durumda en güçlü ihtimal olarak servisin deneme amaçlı olduğu ve tanımladığı hizmeti sağlamayı amaçlamadığıdır ama serviste bir gerçekleştirme hatası olma durumu da göz ardı edilmemelidir. Her servis geçerleme oturumunun sonuçları kaydedilip daha sonrasında karşılaştırmalı olarak analiz edilirse hataların sebepleri tespit edilebilir.

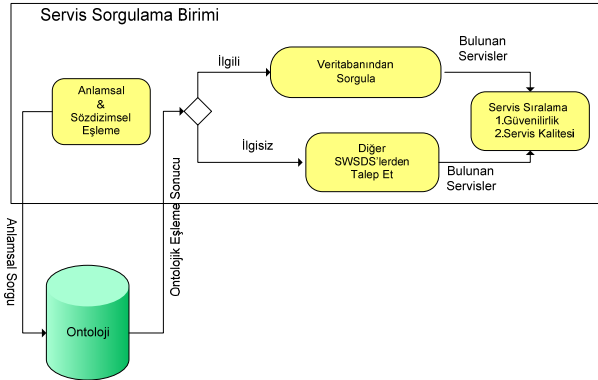
##### 3.1.5. Servis Kalitesi(QoS) Belirleme

Servis kalitesi belirleme modülünde, servisin kalitesi, sağlanan hizmetin niteliğinden bağımsız olan birim zamanda üretilen iş, cevap verme süresi, güvenilirlik ve hazır durumda bulunma gibi fonksiyonel olmayan parametrelere göre değerlendirilmektedir. Bu parametrelerden hazır bulunma yüzdesi servis doğrulama modülünden elde edilmektedir. Servis doğrulama modülünde her servis için çağırma işlemi sonuçları saklanmaktadır. Saklanan sonuçlar geriye dönük belirli sayı veya süre dikkate alınarak incelendiğinde bağlantı

hatası içerenlerin ve içermeyenlerin sayısı oranlanarak hazır bulunma yüzdesi bulunur. Servis geçleme modülünde peş peşe aynı servis farklı girdi değerle ile çağrılmaktadır. Her bir çağrılma için çağrılma ve sonuç dönme süresi kayıt edilecektir. Arada geçen süreden cevap verme süresi bulunmaktadır. Aynı kayıtlardan peş peşe çağırma işleminin toplam süresi ile toplam çağırma sayısı kullanıldığında servisin iş üretme kapasitesi bulunur. Servis geçleme modülünde kayıt edilen sonuçlar geriye dönük belirli sayı veya süre dikkate alınarak incelendiğinde ortalama üretilen iş ve cevap verme süresi bulunur. Servisin güvenilirliği doğrulanması ve geçlenmesi ile belirlenir. Doğrulanmış bir servis geçlenememişse bir başka deyişle servis çağrılabilmiş ama servis tanımladığı çıktıları üretememişse güvenilir olarak değerlendirilir. Buna göre, bir servisin güvenilirlik değeri, servis doğrulama modülü sonuçları ve servis geçleme modülünün kayıtları birlikte geriye dönük belirli süre dikkate alınarak incelendiğinde geçlenme sayısı doğrulanma sayısına oranlanarak hesaplanır.

### 3.2. Servis Sorgulama

Özelleşmiş web servis ortaya çıkarma sisteminin üst basamağında belirli bir ontoloji için hazırlanmış web servis veritabanı üzerinde kullanıcı arayüzü ile sorgulama yapılması sağlanır (Şekil 4). Web servisi sorgulama arayüz birimi anlamsal & sözdizimsel eşleme, servis bulma, servis değerlendirme modüllerinden oluşur. Servis sorgulama işlemine kullanıcı arayüzünden sağlanan girdi ve çıktılar anlamsal ve sözdizimsel eşleme modülüne iletilmesi ile başlanır. Sağlanan girdi ve çıktılara uygun web servisleri bu SWSDS'de olduğu kararlaştırılırsa SWSDS'nin veritabanından çekilerek değilse sağlanan girdi ve çıktılar arka planda yapılan yönlendirme ile diğer SWSDS'lerden alınarak servis değerlendirme modülüne aktarılır. Servis değerlendirme modülünde uygunluk ve servis kalitesi değerleri kullanılarak servisin tavsiye edilme değeri bulunur. Tavsiye edilme değerine göre sıralanan web servislerinden  $n$  tanesi sorgulama sonucu olarak sunulur.



Şekil 4- Servis Sorgulama Birimi Mimarisi

#### 3.2.1. Anlamsal & Sözdizimsel Eşleme

Gereksinim duyulan web servis için anahtar kelimelerin göre sözdizimsel olarak ontolojide bir güvenilirlik seviyesine göre muhtemel yerleri bulunur. Eğer güvenilirlik seviyesi eşik değer üstünde ise kendi veritabanında bulunan servisler üzerinden sorgulama yapılır. Anahtar kelimelerin eşik değerini geçen ontolojik eşlemelerinde anahtar kelimenin ontolojik yerinin hiyerarşik olarak altında bulunan kelimelerden

güvenilirlik seviyesi düşürülerek arama setinin içine dâhil edilir. Yeni eklenen kelimelerden güvenilirlik seviyesi eşik değeri geçenler için aynı döngü uygulanıp anahtar kelime ve güvenilirlik seviyesinden oluşan ikili sorgulama modülüne gönderilir. Eğer hiçbir güvenilirlik seviyesi eşik değer üstünde değil ise ilgisiz bir sorgulama yapıldığı kabul edilip istek arka planda bu konunun özelleştirilmiş servis arama tarafına yönlendirilir.

#### 3.2.2. Veritabanı Sorgulaması

Alınan anahtar kelime setine göre mevcut veri tabanında sorgulama yapılır. Bulunan servis URL'leri ve eşleşme dereceleri ile birlikte sıralama modülüne aktarılır. Sağlanan girdi ve çıktılara sözdizimsel olarak uygun olan web servislerinin yanı sıra anlamsal eşleşme bakımından uygun olabilecek servisleri bulabilmek amacıyla her bir girdi ve çıktı için ayrı ayrı anahtar kelime seti oluşturulacaktır. Anahtar kelime seti ile anlamsal bir tanım kümesi (Domain) oluşturmayı amaçlıyoruz. İlk basamakta oluşturulan ontolojik terim, web servis ve eşleşme derecesi tablosunu ters indeks olarak kullanarak her bir anahtar kelime seti ile eşleşen web servisleri hızlı bir şekilde bulunabilir. Her bir anahtar kelime setini de sağlayan yani anahtar kelime setleri ile eşleşen servis kümelerinin kesişimi, web servisleri servis değerlendirme modülüne aktarılır.

Anahtar kelimenin güvenilirlik seviyesi ile web servisinin eşleşme derecesi çarpımı sonucu servisin uygunluk değeri bulunur. Bir servis aynı kümedeki farklı iki anahtar kelime ile eşleşmişse uygunluk değerlerinden yüksek olan alınır. Sorgulama sonucu bulunan web servisleri her bir anahtar kelime seti ile de eşleştiğinden bulunan web servislerinin her anahtar kelime setine göre ayrı uygunluk değeri olacaktır. Bir web servisinin her bir girdi ve çıktısı için olan uygunluk değerlerinden web servisinin nihai uygunluk değeri hesaplanması gerekmektedir. Nihai uygunluk değeri hesaplaması için değişik yöntemler izlenebilir ama bulunanlar arasında farklı sayıda girdi ve çıktı toplamı olan web servisleri olabileceği göz önüne alındığında aritmetik veya geometrik ortalama gibi normalizasyon içeren yöntemlerin ilk bakışta uygun olacağı düşünülebilir. Öbür taraftan web servisi girdi ve çıktı uygunluk değerlerinin maksimumu veya minimumu da nihai uygunluk değeri olarak alınabilir.

#### 3.2.3. Servis Değerleme

Web Servislerinin uygunluk değeri ve servis kalitesi (QoS) değerleri birleştirilerek her servis için tavsiye değeri hesaplanır. Elde edilen tavsiye değerlerine göre servisler sıralanır ve belirtilen sayıda servis sonuç olarak gönderilir. Servisin kalitesi değerinin, birim zamanda üretilen iş, cevap verme süresi, güvenilirlik ve hazır durumda bulunma gibi parametrelere göre değerlendirilmektedir. Dolayısıyla parametrelerdeki değerlerden nihai servis kalite değeri hesaplanacaktır. Nihai servis kalite değerini hesaplamasında önceki modülde yapılan nihai uygunluk değeri hesaplamasında kullanılacak yöntem burada da kullanılabileceği gibi değişik yaklaşımlar da denenebilir.

## 4. Tartışma

Önerdiğimiz mimari özelleşmiş web servisi keşfi yapılmasına imkan sağlamaktadır. Özelleşmiş web servis keşif sistemi aynı zamanda daha önceden yapılan çalışmalara bir takım

iyileştirme ve geliştirmeler ile katkıda bulunmaktadır. Daha önceden yapılan çalışmalara yapılan katkılar aşağıda sıralanmıştır:

- WSCE [3,4,5] kapsamında yapılan çalışmada web servislerinin fonksiyonel özellikleri ile ilgilenilmiştir ve sözdizimsel eşleme yöntemi kullanılmıştır. Bizim önerdiğimiz yaklaşımda servislerin fonksiyonel özellikleri ile birlikte fonksiyonel olmayan kalite özellikleri de ele alınacaktır ve sözdizimsel eşleme yanında anlamsal eşleme de desteklenecektir.
- [6] da önerilen algoritmanın eşleme kısmı (i) Servislerin WS-ALUE dili ile tanımlanması, (ii) kullanıcı istekleri [Operasyon, Kavram, Rol] üçlüsü ile yapılandırılması (iii) terimlerin meta-ontolojide tanımlı olmasına ihtiyaç duymaktadır. Bizim önerdiğimiz yaklaşımda servislerin tanımlama dili, isteklerin herhangi bir özel şekilde formatlanması ve sağlanan (girdi) veya istenen (çıkıtı) terimlerin ontolojide bulunmasına ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Önerdiğimiz yaklaşımda, [9]'da önerilen tekniklerden faydalanılmış ve tersine indeks yapısı, indeksi saklayan tabloya eşleşme derecesi sütunu eklenerek geliştirilmiştir.
- [11] de kullanılan servis notlarının kullanıcı tarafından verilmesi servis değerlendirme sonucunu objektif bir dayanaktan yoksun bırakacağı için bizim önerdiğimiz yaklaşımda QoS parametreleri servis veritabanı oluşturma işleminde elde edilen istatistik verilere dayanılarak yapılmaktadır.
- Yaptığımız çalışma literatürdeki QoS yaklaşımlarını, özelleşmiş bir keşif sistemi dahilinde kullanılmaktadır. Ayrıca web servisi taraması esnasında elde edilen istatistik verilerinden faydalanılarak QoS bilgilerinin toplanmasının otomatize edilmesi amaçlanmaktadır.

#### 5. Sonuçlar

Bu çalışmada özelleşmiş web servis keşif sistemi mimarisi ortaya konulmaktadır. Bu mimaride, ontoloji kullanan konuya özel web servis keşif birimleri bir arada çalışarak servis arama işlemini paralel olarak yürütmektedir. Böylece arama ve sorgu işlemlerinin hızlanması amaçlanmaktadır.

Önerilen servis keşif mimari çeşitli alt modüllerden oluşmaktadır. Bu çalışmada mimarinin genel özelliği ve modüllerin ana fonksiyonları ve birbirleriyle ilişkileri ortaya konmuştur. Bu çalışmanın devamında ele alınması ve detaylandırılması planlanan çeşitli konular bulunmaktadır. Bu konulardan birincisi, SWSDS arası iletişim ağı topolojisinin oluşturulmasıdır. Hangi topolojinin daha uygun olacağına karar vermek için deneysel amaçlı çokgen bağlantılı (mesh) ve genel iletişim metodu kullanan, çokgen bağlantılı (mesh) ve tercihli iletişim metodu kullanan ve yıldız iletişim ağları kurulacak ve bu ağların bant genişliği, mesajlaşma sıklığı, mesaj büyüklüğü ve ontoloji güncelleme sıklığı gibi performans verileri toplanacaktır. Buna ek olarak, yıldız yaklaşımda SWSDS koordinatörü kritik iletişim koordinasyonu görevini üstlendiği için SWSDS koordinatörünün devre dışı kalması gibi hataya açık durumlar da göz önünde bulundurulacaktır.

Diğer bir konu olarak, nihai servis kalite değerini hesaplama işleminin nihai uygunluk değeri hesaplama işlemi ile birlikte gelecek çalışmalarda detaylandırılması planlanmaktadır.

#### 6. Teşekkür

TAI TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş.'ye UYMS 2009 organizasyonu katılımına verdiği destekten dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca yapılan çalışmalar kısmı olarak TAI TUSAŞ Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş tarafından desteklenmektedir.

#### 7. Kaynakça

- [1] UDDI Version 3.0.2 tanımlamaları, Ekim 2004, [http://uddi.org/pubs/uddi\\_v3.htm](http://uddi.org/pubs/uddi_v3.htm), Son Erişim Mayıs 2009.
- [2] WSDL version 1.1, tanımlamaları Mart 2001, [www.w3.org/TR/wsdl](http://www.w3.org/TR/wsdl), Son Erişim Mayıs 2009.
- [3] E. Al-Masri, and Q. H. Mahmoud, "Crawling multiple UDDI business registries", 16th WWW Conf. sayfa 1255-1256, 2007.
- [4] E. Al-Masri, and Q. H. Mahmoud, "WSCE: A crawler engine for large-scale discovery of web services," ICWS sayfa 1104-1111, 2007.
- [5] Eyhab Al-Masri, Qusay H. Mahmoud: Investigating web services on the world wide web. WWW 2008:795-804
- [6] Nalaka Gooneratne, Zahir Tari, "Matching independent global constraints for composite web services", WWW 2008: 765-774
- [7] Islam Elgedawy, Zahir Tari, Michael Winikoff: Exact functional context matching for web services. ICSOC 2004:143-152
- [8] N. Gooneratne, Z. Tari, and J. Harland. Verification of Web Service Descriptions using Graph-based Traversal Algorithms. In Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing, pages 1385-1392, 2007.
- [9] Li Kuang, Ying Li, Jian Wu, ShuiGuang Deng, Zhaohui Wu: Inverted Indexing for Composition-Oriented Service Discovery. ICWS 2007:257-264
- [10] OWL-S tanımlamaları, Kasım 2004, <http://www.w3.org/Submission/OWL-S/>, Son Erişim Mayıs 2009.
- [11] Ziqiang Xu, Patrick Martin, Wendy Powley, Farhana Zulkernine: Reputation-Enhanced QoS-based Web Services Discovery. ICWS 2007:249-256
- [12] Qian Ma, Hao Wang, Ying Li, Guotong Xie, Feng Liu: A Semantic QoS-Aware Discovery Framework for Web Services. ICWS 2008:129-136