

Anlamsal Sensör Verileri İçin Bilgi Yönetim Sistemi

Knowledge Management System for Semantic Sensor Data

Özlem AKTAŞ

Department of Computer Engineering,
Faculty of Engineering
Dokuz Eylül University
İzmir, Turkey
<https://orcid.org/0000-0001-6415-0698>

Mehmet MİLLİ

Department of Computer Engineering,
Graduate School of Natural and
Applied Sciences
Dokuz Eylül University
İzmir, Turkey
<https://orcid.org/0000-0002-0759-4433>

Sanaz LAKESTANI

Scientific Industrial and Technological
Application and Research Center
Bolu Abant İzzet Baysal University
Bolu, Turkey
<https://orcid.org/0000-0002-1661-7166>

Musa MİLLİ

Department of Computer Engineering,
Faculty of Engineering
Ege University
İzmir, Turkey
<https://orcid.org/0000-0001-8323-6366>

Özet—Endüstriyel alanda yoğun olarak kullanılan kablosuz algılayıcı ağların günden güne artması, algılayıcılardan elde edilen verinin de muazzam şekilde artmasına sebep olmuştur. Bu kontrolsüz artış, verilerin yönetilmesini ve saklanması zorlaştırır. Ayrıca, veriler arasındaki anlam bütünlüğünü sağlayacak altyapının olmaması, verilerin makineler tarafından paylaşılmasını, yeniden kullanılmasını ve yorumlanmasını imkansız hale getirir. Bu yetersizlikler, algılama yöntemlerinde, işletim sistemlerinde, sözdiziminde ve veri yapısındaki küçük farklılıklar olan, kablosuz sensör ağlarından gelen verinin birlikte yönetilememesi gibi bir takım sorunlara neden olur. Tüm bu sorunları ele almak için, sensör verileri için ortak bir standart sağlayan ve anlamlarını zenginleştirmeyi amaçlayan semantik sensör ağı yaklaşımı ortaya atılmıştır. Bu çalışmada, bazı laboratuvar parametrelerini ölçen sensör ağlarından gerçek dünya kullanımına sahip bir semantic model önerilmiştir. Önerilen sistemin değerlendirilmesi için bir dizi anlamsal sorgu hazırlanmış ve elde edilen sensör verisi üzerinde uygulanmıştır. Sonuçlar, sensör verilerinin ontolojiler kullanılarak ortak altyapı üzerinde yönetilebileceğini göstermektedir.

Anahtar —*anlamsal sensör ağı, ontoloji modellemesi, gerçek zamanlı izleme, akan veri*

Abstract—The increasing number of wireless sensor networks, which are used extensively in industrial areas, has led to a tremendous increase in the data obtained from the sensors. This uncontrolled increase makes it difficult for managing and storing of data. Moreover, the lack of infrastructure to ensure the integrity of moreover, between the data makes it impossible to share, reuse and interpret the data by machines. These inabilities can cause some problems like cannot managing together between separate wireless sensor networks due to the subtle variations in their sensing methods, operating systems, syntax, and data structure. To address all these problems, a semantic sensor network approach has been introduced which provides a common standard for sensor data and aims to enhance their meaning. In this study, semantic model with real-world usage from sensor networks measuring some laboratory parameters is proposed. In order to evaluate the proposed system, a series of semantic queries were prepared and applied to the obtained sensor data. The results show that sensor data can be managed on a common infrastructure using ontologies.

Keywords— semantic sensor network, ontology modeling, real-time monitoring, stream data.

I. GİRİŞ

Sensörler, çevrelerinde algıladıkları fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri elektriksel olarak geri dönüştüren elektronik malzemelerdir [1]. Son zamanlarda, yaşamımızda giderek artan bir rol oynayan sensörler ve sensör sistemleri, çeşitli otomatik kontrol sistemlerinin bel kemiği haline gelmiştir. Sensörlerden elde edilen ham veri, bilişim ve endüstriyel alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat veriler arasındaki anlam bütünlüğünü sağlayacak altyapı veya çerçevenin olmaması, verilerin makineler tarafından yeniden kullanılmasını ve yorumlanmasını imkansız hale getirir. Tüm bu eksikliklerine ek olarak sensörler ve parçası oldukları kablosuz sensör ağları (WSN'ler) genellikle uygulamaya özeldir ve sensör verilerini diğer uygulamalarla paylaşamaz. Çünkü farklı çalışma prensiplerine sahip sensör ağlarından gelen veriler doğası gereği heterojendir.

Sheth [2] bu heterojen yapıyı dört farklı seviyede tanımlar. 1-Sistem: Farklı donanım ve işletim sistemlerinden kaynaklanan uyumsuzluk. 2-Söz Dizimi: Farklı dil ve veri gösteriminden kaynaklanan uyumsuzluk. 3-Yapı: Farklı veri modellerinden kaynaklanan uyumsuzluk. 4-Anlam: Aynı terimin farklı içeriklerde farklı anlamlara gelmesinden kaynaklanan uyumsuzluk.

Günümüzde, bazı araştırmacılar bu sorunun çözümünün anlamsal web teknolojileri ile ilişkili verilerin derlenmesi olduğunu belirtmektedir [3-4]. Çalışmalarında ortak nokta, ham sensör verilerinin uygulamadan bağımsız olması için, verilerin anlamlarının birbirleri arasında bir anlam paterni oluşturacak şekilde zenginleştirilmesi gerektiğidir. Bu yüzden farklı sistemlere ait sensörleri birlikte çalışabilir, platformdan bağımsız ve tek tip bir şekilde ele almak için tutarlı bir altyapıya ihtiyaç vardır. Bu nedenle, farklı uygulamalardaki sensörleri ve verileri paylaşmak, bulmak ve bunlara erişmek için Semantic Sensör Web kavramı tanıtılmıştır [5].

Bermudez-Edo M. ve ark. [6] Semantic Sensör Network ontolojisinin (SSN) hafif bir örneği olan IoT-Lite'ı önerdi. IoT-Lite heterojen IoT platformlarında sensör verilerinin birlikte çalışabilirliğini sağlayan ve son kullanıcı sorularının çoğuna makul bir sürede yanıt verebilecek minimum kavramları ve ilişkileri içeren bir yaklaşımdır. Wenquan J. and Do-Hyeon K. [7] farklı platformların ve cihazların birlikte çalışabilirlik sorunlarını çözmek için bir anlamsal sensör ağına

dayanan bir E-Sağlık sistemi önerdi. Önerilen yaklaşımda, E-Health sensörlerinin, E-Health sistemi için semantik birlikte çalışabilirlik desteği ile sensör ağını otomatik olarak yapılandırmasına ve sorgulamasına yardımcı olduğu ileri sürülmektedir.

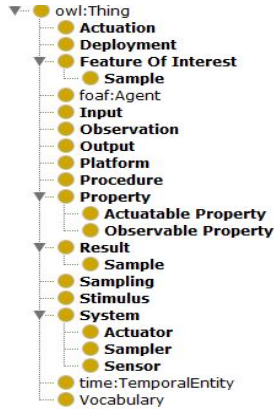
Ali S. ve diğ. [8] SmartOntoSensor adı verilen ve büyük ölçekli sensör verilerini işleyen ve verilerden faydalı bilgiler alan orta düzeyli bir sensör ontolojisi önermiştir. Bu çalışmada, farklı kavramlara sahip sensör verileri, birbirleri ile olan ilişkileri dikkate alarak hiyerarşik olarak birleşmekte ve terminolojik gereklilikler kavramsal bir bakış açısıyla sağlanmaktadır. C Wang ve diğ. [9] hidrolojik sensör ağı kaynaklarını tanımlamak için SSN ontolojisine dayanan bir hidrolojik sensör ağı ontolojisi önermiştir. Araştırmacılar, hidrolojik sensör ontolojisi oluştururken SSN ontolojisini zaman ontolojisi ve jeo-uzamsal ontoloji ile zenginleştirdiler. Çalışmaları Yangtze Nehri üzerinde toplanan sensör verilerinde gerçek dünya kullanım örneği olarak değerlendirildi.

Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2'de önerilen sensör ağındaki kullanılan malzemeler ve yöntemler sunulmuştur. Vaka çalışmasından elde edilen sonuçlar ve çalışmanın değerlendirilmesi Bölüm 3'te ele alınmıştır. Son olarak, sonuçlar ve gelecekteki çalışmalar Bölüm 4'te ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

II. MALZEMELER VE YÖNTEMLER

A. Anlamsal Sensör Ağ Standardı

Bir çok araştırmacı farklı platformlardaki sensör tabanlı çalışmalardan elde edilen sensör verilerinin ortak bir çatı altında yönetilebilmesi için Semantic Web Teknolojileri ve Linked Data ilkeleri ile biçimlendirilmesinin altını çizmişlerdir [10-11]. Bunun yanı sıra sensör verileri URI'ler kullanarak tanımlanmalı ve HTTP üzerinden sensör verisi tüketicilerine ulaştırılmalıdır [12].



Şekil-1: SSN ontolojisini oluşturan sınıflar ve sınıf hiyerarşilerinin Protege ontoloji oluşturma editöründeki görüntüleri.

2009 yılında, sensör ontolojisi çerçevesini genişleterek orjinal Semantic Sensör Ağı OWL ontolojisini tanımlamak amacıyla Semantik Sensör Ağı İnkübatör Grubu kurulmuştur. Bu grup daha sonra birçok sensör tabanlı çalışmada ortak çerçeve sağlayacak modern SOSA ve SSN ontolojilerini ortaya atmıştır. Ekim 2017'de, günümüzde halen sensör verilerinin ontolojisi için kullanılan SSN ontolojisinin son versiyonu World Wide Web Consortium (W3C) tarafından yayınlanmıştır [13]. SSN sensör ontolojisi oluşturan sınıflar ve sınıflar arasındaki hiyerarşi Şekil-1'de görülmektedir.

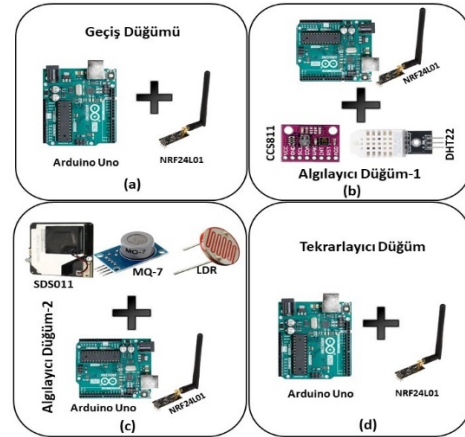
SSN ontolojisinin bu son versiyonu, sensörleri, aktüatörleri, sensör ölçüm yeteneklerini, algılamadan kaynaklanan gözlemleri, ilgili prosedürleri, gözlemlenen özellikleri, ilgilenilen özellikleri ve konuşlandırmaları tanımlamak için sunulmuş bir çerçevedir. SSN, temel sınıfları ve özellikleri için SOSA (Sensör, Gözlem, Numune ve Aktüatör) adı verilen hafif bir çekirdek ontoloji çerçevesini kullanmaktadır. SSN ontolojisi, özel kavramlar ve örneklerle genişletilmesi gereken alandan bağımsız bir modeldir [14]. Bu çalışmada SOSA/SSN sensör ontolojileri çerçevesi, laboratuvar ortam parametrelerinin örnekleri ile genişletilerek farklı bir sensör ontolojisi tasarlanmıştır.

B. Sensör Düğümlerinin Oluşturulması ve Ölçüm Alanına Yerleştirilmesi

Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) gözetimsiz ve erişimi zor olan bölgelerde insan denetimi en aza indirmeyi amaçlayan elektro-mekanik sistemlerdir. Bu sistemlerin en önemli ögesi ise donanımsal olarak çeşitli görevleri yerine getirebilmek için tasarlanmış ve birbirleri ile kablosuz haberleşebilen düğümlerdir. Bu projede 4 farklı görev için 4 farklı donanıma sahip kablosuz algılayıcı düğüm tasarlanmıştır. Öneriler proje kapsamında kullanılan düğümler ve görevleri aşağıda belirtilmiştir.

Geçiş Düğümü: Tüm verilerin toplandığı ve bir baz istasyonuna aktarıldığı düğümdür. Sadece bir mikroişlemci ve iletişim cihazından oluşur. Geçiş Düğümü herhangi bir sensör içermemektedir. Şekil 2-a, bu çalışma için tasarlanmış Geçiş Düğümünü göstermektedir. Sensör düğümlerin yükünün hafiflemesi ve laboratuvar ortamında konuşlandırılırken esnekliğinin artmasını sağlamak için iki farklı sensör düğüm tasarlanmıştır. Önerilen projede kullanılacak olan sensörler, her bir tip sensör düğüm 4 farklı parametreyi ölçecek şekilde paylaştırılmıştır.

Algılayıcı Düğüm-1: Bu sensör düğümü mikroişlemci ve iletişim cihazının yanı sıra CO₂'yi ve TVOC'yi ölçen CCS811 sensörü ile sıcaklık ve bağıl nemi ölçen DHT22 sensörlerini barındırmaktadır. Şekil 2-b'de bu proje için tasarlanan Algılayıcı Düğüm-1 gösterilmektedir.



Şekil-2: SSN ontolojisini oluşturan sınıflar ve sınıf hiyerarşilerinin Protege ontoloji oluşturma editöründeki görüntüleri.

Algılayıcı Düğüm-2: Mikroişlemci ve İletişim cihazının yanı sıra P.M. 2,5'u ve P.M. 10'u ölçen Nova SDS011 sensörü, CO'yu ölçen MQ7 ve ışık seviyesini ölçen Light Dependent Resistor (LDR) sensörlerini barındırmaktadır. Şekil 2-c'de bu proje için tasarlanan Algılayıcı Düğüm-2 gösterilmektedir.

Tekrarlayıcı Düğüm: Bazı durumlarda Algılayıcı Düğüm-1 ve Algılayıcı Düğüm-2'nin Geçiş Düğümü ile arasında mesafeden ve fiziksel engellerden kaynaklı iletişim sıkıntısı yaşanabilir. Bu sorunu çözebilmek için tasarlanmış düğümlerdir. Tekrarlayıcı Düğümde tıpkı Geçiş Düğümü gibi hiçbir sensör barındırmayacaktır. Şekil 2-d'de bu proje için tasarlanan Tekrarlayıcı Düğüm gösterilmektedir.

Önerilen sistem laboratuvar ortamında gerçek zamanlı bir gözetim sistemi olarak hayata geçirilmiştir. Bu sistem Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BETUM) [15] kurulmuş ve değerlendirilmiştir. Ölçüm ortamı olarak BETUM'de aktif olarak kullanılan 3 laboratuvar seçilmiştir. Bu laboratuvarlar Maldi Tof, Aox Mercury ve Krotomagrofi laboratuvarlarıdır. Bu laboratuvarlarda sıklıkla mikroorganizma tanımlama, Proteomiks analizleri, bakteri sayımı, yağ asit analizi, anyon-kasyon tayini, toplam halojen tayini, solid phase extraction, v.b analizler yapılmaktadır. Durum çalışmasında bu laboratuvarlardaki 8 parametre 5 adet sensör kullanılarak ölçülmüştür. Önerilen sensör ontolojisi için laboratuvar ortamlarında kullanılan sensörler ve teknik özellikleri Tablo I'de gösterilmektedir.

TABLO I. KULLANILAN SENSÖLERİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Sensör	Parametre	Çözünürlük	Ölçüm Aralığı
DHT22 Temperature and Humidity Sensör Modül	Sıcaklık	0.1 °C	-40-125 °C±0.5
	Nem	0.1% rh	0-100% ± 2.5-5
CJMCU-811 CCS811 Sensör Modül	CO ₂	1 ppm	400-29206 ppm
	TVOC	1ppb	0-32768 ppb
Nova SDS011 Digital PM Sensör Modül	PM 2.5	0.1ppm	0.0-999.9 ppm
	PM 10	0.1 ppm	0.0-999.9 ppm
MQ-7 Sensör Modül	CO	1 ppm	10-10.000 ppm
LDR ışık sensör	Işık Sev.	1 %	0-100%

Hastane, okul gibi toplu yaşam alanlarında ortam parametrelerinin uygunsuz olması, zamanın büyük bir bölümünü binalar içersin de geçiren bireylerde yorgunluk, baş ağrısı, baş dönmesi, solunum yolu hastalıkları ve kanser gibi kısa ve uzun vadeli sağlık sorunlarına sebebiyet verebilir. Fakat, laboratuvar ortamlarındaki yetersiz çevresel koşullar yalnızca insan sağlığını tehdit etmekle kalmaz, aynı zamanda bazı analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin, Kromatografi laboratuvarındaki sıcaklık artışı PM ve Gaz Kromatografi cihazlarının performansını önemli ölçüde etkiler. Yine bu laboratuvarlarda gerçekleştirilen VOC analizlerinde ortamda bulunan TVOC konsantrasyonun artması analiz sonuçlarını olumsuz etkilemektedir. Maldi Tof laboratuvarında gerçekleştirilen mikroorganizma kültür geliştirilmesinde ışık seviyesi, ortam sıcaklığı ve CO₂ parametreleri analiz sonuçlarında etkili olmaktadır. Önerilen çalışma kapsamında ölçülecek olan parametrelerin laboratuvar analiz sonuçlarına etkisine verilecek olan örnek sayısı artırılabilir. Tüm bunların yanında ölçüm yapılacak laboratuvarlarda maddi değeri yüksek Spektrofotometre, MALDI TOF/TOF-MS, Headspace Sampler, Termal Desorber, U-HPLC ECD Dedektörü gibi cihazlar mevcuttur. CO₂, sıcaklık ve ortamlarındaki bağıl nemdeki artış, bu cihazların paslanmasına neden olabilir. Bu, zaman içinde cihazlardaki bakım ihtiyacını ortaya çıkararak maliyet kayıplarına yol açar.

Laboratuvarlardaki bazı parametrelerde belirli bir artış insan sağlığı için olumlu olsa da, laboratuvarlardaki cihazların aktif ömrü ve laboratuvar analizlerinin sonuçları üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Çalışma ortamındaki sıcaklığının çalışanlar için 23 °C -25 ° C arasında olması idealdir. Fakat sıcaklığın bu denli artması çalışma yapılacak organik materyallerin daha hızlı deforme olmasına sebebiyet verdiğinden doğrudan analiz sonuçlarını etkileyecektir. Örneğin, Maldi Tof laboratuvarında mikroorganizmaları tanımlarken, ortalama sıcaklık 18 ° C olmalıdır. Aksi takdirde, kültür hızlı bir şekilde yaşlanır ve analiz sonuçlarının yanıltıcı olmasına neden olur. Bu yüzden laboratuvar ortamındaki parametrelerin izlenmesi ve uygun ortamın hem insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde hemde analiz sonuçlarını etki etmeyecek şekilde ayarlanması daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu kompleks durumun üstesinden gelebilmek için klasik yöntemlerden daha farklı uygulamalar ve çözümler elzemdir. Durum çalışmasında sensör verilerin ontoloji oluşturularak, sınırlar belirlenmiş ve kurallar tanımlanarak bu karmaşık durumun üstesinden gelinmeye çalışılmıştır.

Algılayıcı Düğüm-1 ve Algılayıcı Düğüm-2 sensör düğümleri, bu vaka çalışmasında kullanılacak bu 3 laboratuvarla konuşturulmuştur. Çalışmanın amaçlarından biri, analiz yapan personelin sağlığını korumak için iç ortam hava kalitesini belirlemek olduğundan, sensör düğümlerinin ortalama solunum seviyesi olarak kabul edilen yaklaşık 1,5 metre yükseklikte konuşturulması uygun görülmüştür. Ek olarak, sensör düğümleri, gaz yoğunluğunun yüksek olması beklenen laboratuvar cihazlarına ve tüplere yakın bir yere yerleştirilmiştir. Geçiş Düğümü ve Baz İstasyonu, bu 3 laboratuvarın ortasında bulunan AoxMercury laboratuvarında konuşturulmuştur.

Oluşturulan observation bireylerini sensör ontolojisine eklenmesi için ortak bir .NET API kütüphanesi olan dotNetRDF [16] kullanılmıştır. dotNetRDF kütüphanesi RDF dosyalarını ayrıştırma, yönetme, sorgulama ve yazma için eksiksiz komut satırları sağlar. Önerilen çalışma için kütüphane olarak dotNETRDF seçilmesinde ki en büyük etken ücretsiz ve açık kaynak bir yazılım olmasıdır. Bu kütüphane AllegroGraph, Apache Jena Fuseki, Stardog ve Virtuoso gibi RDF triple storelarıyla uyumlu bir şekilde çalışmaktadır. Önerilen çalışmada triple store olarak Apache Jena Fuseki [17] kullanılmıştır.

III. LABORATUVAR ORTAM SENSÖR ONTOLOJİSİNE DAYALI ANLAMSAL SORGULAMA

Bu çalışma kapsamında önerilen laboratuvar ortamı sensör web ontolojisinin değerlendirilmek için bir dizi anlamsal sorgulama ve akıl yürütme gerçekleştirilmiştir. Önerilen sensör ontolojisi üzerinde gerçekleştirilen anlamsal sorgulamalar ve çıktıları aşağıda gösterilmektedir.

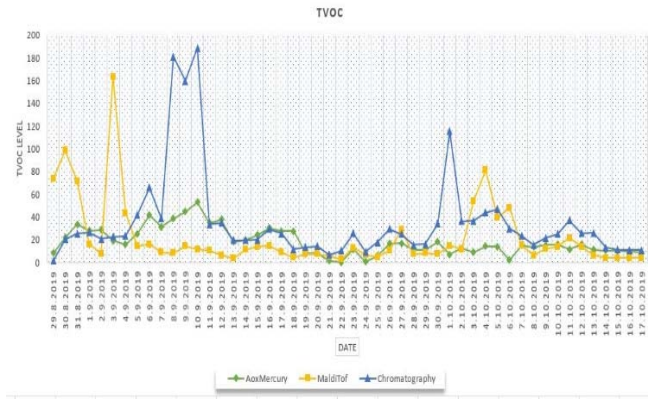
Anlamsal Sorgu-1: BETUM'de ölçüm alanı olan laboratuvarlarda aktif olarak çalışan platformları ve ölçüm yapan sensörlerin ve eyleyicilerin tamamının listelenmesi. Listeleme sırasında, sensörler ve aktüatörlerin hangi platform üzerinde çalıştığını ve platformların laboratuvarlarda nerede konuşturulduğunun sorgulanması.

```
PREFIX : sofa: <http://www.w3.org/ns/sofa/>
PREFIX : ssn: < http://www.w3.org/ns/ssn/>
SELECT ?platform ?sensor ?deployment
WHERE{
?sensor sofa:isHostedBy ?platform.
?sensor ssn:hasDeployment ?deployment.}
```

Sonuç olarak, projede kullanılan 15 aktif sensör ve 2 aktüatör bu sorgunun sonucu olarak listelenmiştir. Bu sensörlerin ve aktüatörlerin hangi platform üzerinde ve hangi laboratuvarında bulundukları listelenen sonuçta görülmektedir.

Anlamsal Sorgu-2: Başka bir sorguda, vaka çalışması için kullanılan tüm laboratuvarlarda, tarih ve saat sırasıyla ölçülen herhangi bir parametrenin sonuçlarının listelenmesi istenebilir. Bu sorgu laboratuvarlarda saatlik ortalama TVOC konsantrasyonunu listeler. Anlamsal sorgu-2 sonucunun çıktısı Şekil 3'te gösterilmektedir.

```
PREFIX : sosa: <http://www.w3.org/ns/sosa/>
PREFIX : ssn: <http://www.w3.org/ns/ssn/>
SELECT ?Result ?dateTime ?hasFeatureOfInterest
WHERE{
?Observation sosa:hasFeatureOfInterest
ssn:AoxMercury.
?Observation sosa:observedProperty ssn:TVOC.
?Observation sosa:hasSimpleResult ?Result.
?Observation sosa:resultTime ?dateTime.
FILTER( "2019-09-28T16:15:52+03:00" ^^xsd:dateTime
<?dateTime<"2019-10-17T10:17:36+03:00"
^^xsd:dateTime))
```



Şekil-3: Anlamsal Sorgu-2'nin grafiksel gösterimi.

IV. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, sensör tabanlı uygulamaların birlikte çalışabilirlik ve yeniden kullanılabilirlik problemlerini çözmek için laboratuvar ortamlarının bazı parametrelerini ölçen SSN tabanlı gerçek dünya kullanımına sahip bir semantik sensör modeli önerilmiştir. Önerilen çalışma bir üniversitenin Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinin yoğun bir şekilde kullanılan 3 laboratuvarında değerlendirilmiştir. Bu sensör ontolojisi modelinde, laboratuvar ortam parametreleri sınıfları hiyerarşik bir yapıda somutlaştırılır ve sunulur. Heterojen sensör verileri tanımlanmış ve muhakeme kuralları belirlenmiştir. Bu sensör ontolojisi semantik sorgulama ve bilgi alma testleri ile onaylanmıştır. Elde edilen sonuçlar sensör ontolojisinin uygulanabilirliğini ve farklı ortamlar için kullanılabilirliğini göstermektedir. Buna ek olarak, diğer ortam ontolojileriyle aynı çerçevede sorunsuz bir şekilde çalışan, laboratuvar çevre gözetim sistemleri için daha kapsamlı bir ontoloji olma potansiyeline sahiptir.

Elde edilen veriler, tüm araştırmacıların ortak kullanımı için halka açık bir web sitesinde paylaşılabilecektir. Bir sonraki çalışmada, farklı sensörlerin, platformların, farklı alanların tek bir çatı altında yönetilebileceğini kanıtlamak için hastane yoğun bakım ünitesinde toplanacak sensör verilerinin bu

önerilen ontolojiye eklenmesi planlanmaktadır. Veri madenciliği yöntemleri kullanılarak elde edilen veriler üzerinde veri optimizasyonu yapılacaktır (gürültülü veriler ortadan kaldırılacak, boş sütunlar doldurulacaktır). Optimize edilmiş veriler, daha mantıklı çıkarımlar için WHO, EPA ve ASHRAE standartlarına göre etiketlenecektir. Proaktif bir sistem tasarlamak için, bu etiketlenmiş veriler rastgele orman çok katmanlı algılayıcı gibi makine öğrenme yöntemleri ile analiz edilecektir. Analizlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, hangi makine öğrenme yönteminin sensör ontolojisi üzerinde daha etkili olduğu tespit edilecektir.

BİLGİLENDİRME

Yazarlar, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel, Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezine, önerilen sensör ontolojisinde gerçek dünya kullanım örneği olarak laboratuvarlarını kullandıkları için teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- [1] L. Bermudez, E. Delory, T. O'Reilly, J. Del Rio Fernandez, "Ocean observing systems demystified", MTS/IEEE Biloxi - Mar. Technol. Our Futur. Glob. Local Challenges, Ocean. 2009, pp. 1-7, 2009.
- [2] A. Sheth, "Interoperating Geographic Information Systems", Interoperating Geogr. Inf. Syst., pp. 5-30, 1999.
- [3] P. Barnaghi and M. Presser, "Publishing linked sensor data", CEUR Workshop Proc., vol. 668, 2010.
- [4] K. Janowicz, A. Bröring, C. Stasch, and T. Everding, "Towards meaningful URLs for linked sensor data", CEUR Workshop Proc., vol. 640, 2010.
- [5] A. Bröring et al., New generation Sensor Web Enablement, vol. 11, no. 3, 2011.
- [6] Bermudez-Edo M, Tarek MB, Payam E, Kerry B. IoT-Lite: a lightweight semantic model for the internet of things and its use with dynamic semantics. Journal of Personal and Ubiquitous Computing 2017; 21(3): 475-487. doi: 10.1007/s00779-017-171010-8.
- [7] Wenquan J, and Do-Hyeon K. Design and Implementation of e-Health System Based on Semantic Sensor Network Using: IETF YANG. Sensors January 2018; 18(2): 629-648. doi: 10.3390/s18020629.
- [8] Ali S, Khusro S, Ullah I, Khan A, Khan I., "SmartOntoSensor: Ontology for Semantic Interpretation of Smartphone Sensors Data for Context-Aware Applications", Journal of Sensors 2017, doi: https://doi.org/10.1155/2017/8790198.
- [9] Wang C, Chen Z, Chen N, Wang W. "A hydrological sensor web ontology based on the SSN ontology: A case study for a flood", ISPRS International Journal of Geo-Information 2018, vol: 7-2: doi:10.3390/ijgi7010002.
- [10] A. Bröring, K. Janowicz, C. Stasch, S. Schade, and A. Llaives, "Demonstration: A RESTful SOS Proxy for Linked Sensor Data", pp. 2-5, 2011.
- [11] H. K. Patni and C. A. Henson, "Linked Sensor Data," pp. 362-370, 2010.
- [12] K. Janowicz and M. Compton, "The stimulus-sensor-observation ontology design pattern and its integration into the semantic sensor network ontology," CEUR Workshop Proc., vol. 668, 2010.
- [13] Barnaghi P., Compton M., Corcho O., Castro RG., Graybeal J et al., "Semantic Sensor Network XG Final Report", 39 2011.
- [14] Calbimonte J, Jeung H, Corcho O, Aberer K. Enabling Query Technologies for the Semantic Sensor Web. International Journal on Semantic Web and Information Systems March 2012; 8 (1): 4363. doi: 10.4018/jswis.2012010103
- [15] BETUM, "Bolu Abant İzzet Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde." [Online]. Available: https://betum.ibu.edu.tr/. Last Accessed: 30-Sep-2019.
- [16] dotNetRDF: A complete library for parsing, managing, querying and writing RDF. [Online]. Available: https://www.dotnetrdf.org/. Last Accessed: 11-Oct-2019.
- [17] Apache Jena Fuseki SPARQL server. [Online]. Available: https://jena.apache.org/documentation/fuseki2/index.html. Last Accessed: 12-Oct-2019