

Varlık teorisi ile Konum Destekli Hizmetler’de görselleştirme

Özgün AKÇAY*, Orhan ALTAN

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Son yıllarda, Konum Destekli Hizmetler (KDH - Location Based Services), cep telefonları ve avuç içi bilgisayarları gibi mobil cihazların ekran ve işlemci kapasitesinin gelişmesi ile ön planda yer almıştır. Mobil cihaz kullanıcısının talepleri doğrultusunda anlık konum bilgilerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve sunumu, tüm gelişmelere rağmen özellikle cep telefonlarındaki kısıtlı donanım yapılandırması sebebiyle çözüm gerektiren bir konudur. GPS ve diğer özel algılayıcıların günlük hayatımıza girmesi ile bilgisayarlar tarafından insan davranışlarının belirli düzeyde tespit olanağı sağlanmıştır. Bu da uygun modellemeler ile durum duyarlı uygulamalara imkân vermektedir. İnsan-bilgisayar ilişkisi çerçevesinde bilgisayarların insan dilini anlayamaması birçok konuda sorun yaratmaktaydı. Bu durum bilgisayar bilimlerinde anlamsal (semantik) yaklaşımlar ile aşılmaya çalışılmıştır. Anlamsal bilgisayar dilleri hem insanın hem de makinelerin anlayabileceği bir dil üretmiştir: OWL (Ontology Web Language). Bu dil, varlık felsefesinden doğan “ontoloji” (varlık teorisi) ile, internet dünyasındaki devasal web bilgi yığını bilgisayarların anlayacağı bir duruma getirmek amacıyla ortaya konulmuştur. Daha sonrasında tanımsal mantık (description logics) ile desteklenmesi ile durum-duyarlı uygulamalar için neredeyse bir standart halini almıştır. Bu çalışmada çevresel durum duyarlı (context-aware) bir görselleştirme için küme tasarımı ve üretim aşamaları açıklanmaktadır. Varlık modelinin oluşturulabilmesi için öncelikle mekânsal veri türlerinin varlıksal tanımları ve birbirleri arasındaki ilişkileri ortaya konmuştur. Çevresel durum duyarlı uygulamaların en önemli gereksinimi tutarlı bir kontext modelidir. Bu modelin tutarlılığı uygulamanın değişik durumlara karşı olan duyarlılık hassasiyetini belirler.

Anahtar Kelimeler: Ontoloji, mekansal veri, Konum Destekli Hizmetler (KDH), görselleştirme.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Özgün AKÇAY. akcaoz@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 65 62.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı’nda tamamlanmış olan "An ontological approach to relevant visualization in mobile GIS" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 13.03.2008 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 26.03.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.09.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

The visualisation with being theory in Location-Based Services

Extended abstract

Recently, the visualization of spatial data has been gaining importance in ubiquitous computing. In Geoinformatics, such as distributed GIS or Location-Based Services, context models are responsible for the robust communication between the mobile user and the system. "Context" and "context awareness" are the key notions in realisation of the situational information. Context is information characterising the situation of an entity and one of the important entities of the context definition itself is "person". A well-defined context-aware system should fulfil the user's task appropriately. Context-aware systems are a serious consideration in ubiquitous systems and these systems reflect the delicate effect of the designed context.

An efficient contextual system needs ontologies. Characteristics of chosen ontology languages determine not only the achievement of the representation of the context but also the capabilities of its reasoning. Ontology Web Language (OWL), an improved version of the DAML+OIL Web Ontology Language, particularly enables description logic support. Description Logics (DLs) allows knowledge representation with concept descriptions and role constructors. OWL-DL is the preferred subset of the OWL to provide reasoning in a well-defined way. To develop a user-adaptive ontological model, users' different situations should be defined properly. In Location-Based Services (LBS), a very intelligent system ignores the effect of user's states and roles except the user's location. Customised visualisation style, however, needs different user profiles in order to provide relevant spatial data.

In the computer and cartographic sciences, individual and short-term usage have brought about term of egocentric maps for mobile devices. Design patterns of egocentric maps satisfying user's ego-centre determine visualisation parameters such as centring, redundant encoding, continuous varying of level of details, multiple levels of details, space contraction, single window with details on demand, augmented focusing, orientation gesture and affective emphasis. The aim of this research is to define mobile contextual ontologies (classes and properties) which obey relevance theories so as to define any user's rele-

vant visualisation profile on the mobile devices. The kind of intelligent system proposed here can therefore reason over the complete semantic model of the OWL language by an inference engine. A contextual ontology (OWL-DL) for relevancy has been edited in an ontology editor and knowledge acquisition system. Consequently, the inference engine retrieves criteria for relevant visualisation profiles with its reasoning algorithms or defined SWRL (Semantic Web Rule Language) as a server.

In the article, the visual parameter concept has been added to the upper context model to state the visual components of the spatial data as an important part of the system. Data type properties of the visual parameter concept have also been placed on the upper ontology. Subconcepts of the visual parameter have been defined as line and node. The relation between a concept and a subconcept is "is a" relation. Therefore, it can be stated that a line is a visual parameter and a node is a visual parameter. Actually, spatial data can be represented in three main geographic features: point, line and polygon. In the research, the polygon feature has been eliminated while representing spatial data. All polygonal data have been converted to the central point of it because of the limited display size of the mobile devices. Consequently, the visualization has been realized as the line and the node. Egocentric design of a Map-based service which provides relevant visualisation for mobile users is implemented in the campus area of the Istanbul Technical University. Implementation of the service is intended to test consistency of the proposed model for the real user world.

A multi-tier technological architecture has been designed that includes spatial database, knowledge base and web map server (WMS). To connect the mobile devices to the servers, a web server and a proxy server have also been set up as in the middleware architecture. GPRS connection, that is the only wireless connection provided by the mobile phone operators, has been used in the research. The UMTS has not been provided yet in Turkey. A GUI that collects information from mobile users has been designed. The architecture has been composed with Java 2EE and Java 2ME programming. To implement the inference procedure the semantic query language (nRQL) has been used.

Keywords: Ontology, spatial data, Location-Based Services (LBS), visualisation.

Giriş

Konum Destekli Hizmetler'in (KDH) kullanımı, gelişen teknoloji ile son yıllarda yaygınlaşmıştır. Özellikle cep telefonları başta olmak üzere GSM şebekeleri desteği ile internet bağlantısının kolaylaşması, mobil cihazlarda yeni kullanım olanakları yaratmıştır. Mekânsal verinin görselleştirmesi de bu konu ile ilgili gelişmelerden etkilenmiştir. Mobil cihazlarda kısıtlı işlemci ve ekran kapasiteleri mekânsal veriyi iletmede zorluklar ortaya koymaktadır. Bu zorlukları aşmak amacıyla mekânsal verinin görselleştirilmesi üzerine bazı metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar kullanıcıyı daha iyi tanımlamak, tanımak ve kullanıcıya yönelik bir görselleştirme sunmak amacı taşır. Dolayısı ile kısıtlı donanım çerçevesinde gereksiz bilgi aktarımı engellenerek, eldeki imkânların uygun değerinde kullanılması sağlanmaktadır. Amaç kullanıcı ile ilgili olan veriyi elde etmek ve sunmaktır.

Kullanıcının durumu ve çevresel değişkenler alıcılar ile tespit edilebilir. Bu durum söz konusu olduğunda "yaygın hesaplama" yöntemleri kullanılmaktadır. Yaygın hesaplama, çevreden bilgi elde etme ve bu bilgiye bağlı olarak dinamik bir şekilde hesaplama modeli oluşturmaktır (Singh vd., 2005). Çevremizdeki alıcılar ve bilgisayarlar günlük yaşantımızda görünmeden işlevlerini gerçekleştirerek kullanıcılara hizmet etmeyi amaçlar. Bu gelişmelerden etkilenilerek mekânsal veri için çeşitli alıcılar ile çevre değişkenlerini belirlemeye yönelik yöntemler vardır. Grossniklaus ve diğerleri (2006) basılı haritalar ile interaktif çalışabilen bir KDH üretebilmek için GPS alıcısı ve bluetooth kalem teknolojilerinden faydalanmıştır. Simon ve diğerleri (2006) alıcı olarak diferansiyel GPS, pusula ve iki eksenli tilt kullanarak mekânsal hassasiyeti olan bir sistem geliştirmiştir. Ancak, çok özel alıcılarla donatılmış olan bu sistemlerin standart mobil kullanıcı ihtiyaçlarına cevap vermesi imkânsızdır. Winter ve Nittel (2006) ise sisteme dâhil olan tüm toplu taşıma araçlarını içeren, kullanıcının o anki durumuna uygun ulaşım tercihlerini üretebilen bir sistemi, donatılmış geoalıcılar yardımıyla geliştirmiştir. Bu sistem mekânsal verinin ilgili sunumundan daha çok kullanıcı için ilgili olabilecek bir verinin elde edi-

lebilmelerini amaçlayan bir yöntem olarak görülebilir. Mobil cihazları kapsayan dağıtık sistemler için en iyi çözüm kontekst modele dayalı çözümlerdir. Bu makalede mobil kullanıcıya ilgili mekânsal veri sağlayan kontekst modele dayalı bir çözüm üretilecektir.

Kontekst, yaygın hesaplama yöntemlerinde temel teşkil eder. Yaygın hesaplama da, kontekst duyarlı uygulamaların gerçekleştirilmesini amaçlar. Dey ve Abowd (2000) konteksti şu şekilde ifade eder: "Bir varlığın durumunu karakterize eden bilgidir. Bu varlık, kullanıcı ve uygulama arasındaki karşılıklı etkileşim ile ilgili olan bir kişi, bir yer, veya bir nesne olabilir. Bu varlıklar uygulamanın ve kullanıcının kendisi de olabilir". Aynı yazarlar kontekst duyarlılığını ise şu şekilde tanımlamıştır: "Bir sistem, kullanıcının işlevi ile ilgili olarak kullanıcıya ilgili bilgi sağlamak için konteksti kullanıyorsa, bu sistem kontekst duyarlı olarak tanımlanır".

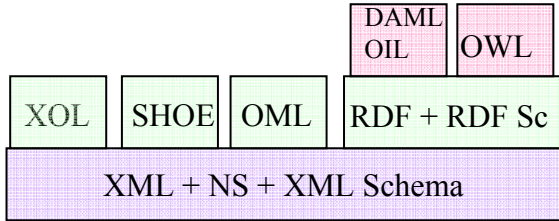
Kontekst duyarlı uygulamaları gerçekleştirebilmek için kullanılan en etkin yöntemlerden birisi ontolojiye dayalı uygulamalardır. Ontolojiye dayalı uygulamalar kontekste bağlı tasarımı olan ontolojik model ile elde edilir. Ontoloji (varlık teorisi), filozofiden bilgisayar bilimlerine geçmiş bir terimdir. İlk olarak Aristotile bundan yaklaşık 2300 yıl önce varlık teorisini ortaya koymuştur. Birçok filozof var olmanın ne anlama geldiğini cevaplamaya çalışan bu öğretiyi günümüze kadar geliştirmiştir. Bilgisayar bilimleri, özellikle son yirmi yılda, varlık ve ilişkilerini düzenleyen bu kavramları kendi alanında kullanmaya başlamıştır. Gruber (1993) ontolojiyi, kavramsallaştırmanın (kümelenendirme) açık bir tanımlaması olarak açıklamıştır. 1995 yılında Guarino ve Giaretta daha genel bir ifade ile şu açıklamayı yapmıştır: ontoloji gerçek dünyanın farklı hallerine uygun ayrımlar teorisidir. Bu ayrımlar fiziksel nesnelere, olaylar, bölgeler, kavramlar, özellikler, kaliteler, haller vb. dir. Ontolojilerde farklı ele alınışlara rağmen ontolojiler için genel olarak kabul edilen bazı kabuller aşağıdaki gibi sıralanabilir (Chandrasekaran ve Josephon, 1999):

Dünyada nesnelere vardır.

Nesnelere değer alabilen özelliklere sahiptir.

Nesneler kendi aralarında ilişki içersindedirler.
Özellikler ve ilişkiler zamanla değişebilir.
Değişik zaman dilimlerinde olaylar meydana gelir.
Nesnelerin zaman içersinde katıldığı ve meydana getirdiği işlemler vardır.
Dünya ve içersindeki nesnelere değişik hallerde bulunabilir.
Olaylar değişik olaylara ve hallere etki olarak sebebiyet verebilir.
Nesneler parçalardan oluşabilir.

Ontolojiler uygulama aşamasında bazı anlamsal diller ile ifade edilerek gerçekleştirilir. Bu diller geçmişte OIL, DAML, DAML+OIL gibi betimlemeler ile tanımlanmıştır (Şekil 1). Son betimlemeler ile ontoloji dili OWL-Lite, OWL-DL ve OWL-Full olarak üç biçimde ortaya konmuştur. OWL dili ile ayrıklık, belirlenen eleman sayısı, eşitlik gibi ek özellikler betimlenmektedir (McGuinness ve van Harmelen, 2004).



Şekil 1. Ontoloji dilleri ve temelleri

Bunlardan OWL-DL en çok tercih edilen dildir. OWL Ontology Web Language, DL Description Logics kısaltması olarak ifade edilmektedir. Tanımsal Mantık (Description Logics) OWL diline biçimsel özellikleri sağlamaktadır. Muhakeme yeteneği ile açık ifadelerden imalı ifadeler çıkarılması mümkündür. Ayrıca SWRL (Semantic Web Rule Language) kurala dayalı betimlemeler ile ikinci bir muhakeme yeteneği ontolojik yapının barındırabileceği seçenektir (Horrocks vd., 2004).

Coğrafi nesnelerin varlıksal temsili

CBS’de birçok alanda ontolojiler kullanılmıştır. Agarwal (2005), Coğrafi Bilgi Bilimleri için araştırma alanlarını özetle şu maddelerle ifade etmektedir:

- Veri tabanı ve veri modelleme araştırmalarında anlamsallık ve karşılıklı işlenebilirlik.
- Domain modellemede metodolojik ve sistematik yaklaşımlar.
- Modellerde kavramsallaştırmanın temsili.
- Coğrafi kontekstte ontoloji geliştirmek için genel yaklaşımlar.

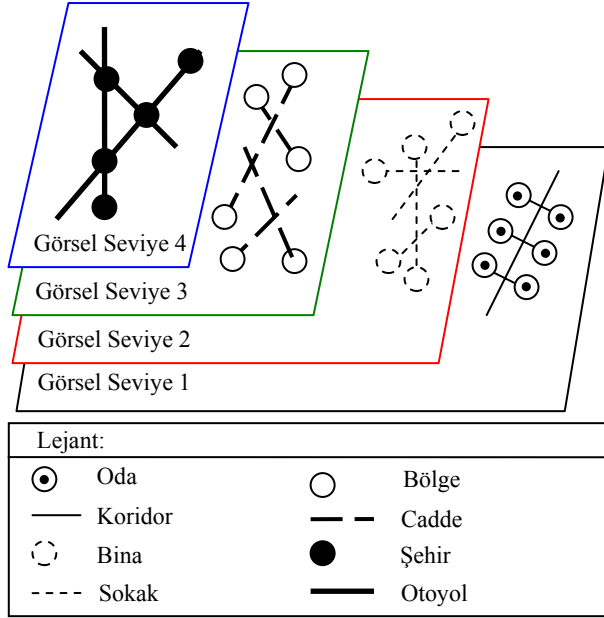
Bu çalışmada mobil cihazlar için kontekst modellerde kavramsallaştırma ile mekânsal nesnelerin temsili üzerine bir geliştirme yapılacaktır.

KDH’de yaygın hesaplama yöntemlerine uygun bir görselleştirme gerçekleştirebilmek için gerçek dünyaya olabildiğince yakın bir modelleme önemlidir. Özellikle mobil kullanıcı ve bu mobil kullanıcının günlük hayatta yaşadıklarını anlık olarak temsil etmek birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu makalede amaç bu modelleme içersine coğrafi unsurları da katmak olacaktır. Alıcıların ve bilgisayarların anlık değişimleri değerlendirebileceği bu model KDH de ilgili gösterimi sağlama amacı taşımaktadır.

Mobil cihazlarda özellikle cep telefonlarında ekran kapasitesi oldukça düşüktür. Dar ekranlarda coğrafi nesnelere temsil etme zorluğu vardır. Bu sebepten dolayı gösterim iki şekilde ele alınmıştır: Noktasal gösterim ve çizgisel gösterim. Klasik kartografik görselleştirmenin temeli olan alansal ifadeler model dışarısında bırakılmıştır. Ayrıca görselleştirmenin de iki boyutlu olarak ele alındığını belirtmeliyiz. Bu tür bir sistemde üç boyutlu görselleştirme bugünkü teknoloji ile imkânsızdır. Ancak yakın zamanda bu imkânların da elde edileceği aşikârdır.

Bu noktada önemli olan konu, coğrafi nesnelere nasıl belirlenmelidir sorusunun cevabındadır. Nesnelere belirlemek için öncelikle nesnelere gruplandırılan seviyeler açıklanmaktadır. Bu çalışmada özelden genele giderek beş adet bölgesel görselleştirme seviyesi belirlenmiştir. Bu beş adet grup bina içi, bina, bölge, şehir, ülke olarak tespit edilmiştir. Bu seviyelerden dört tanesi Şekil 2’de görülmektedir. Amaç anlık ihtiyaçlara göre bu seviyeler arasında geçiş sağlamaktır.

Bu gruplara ait tüm noktasal ve alansal coğrafi varlıklar noktasal olarak temsil edilirler. Çizgisel temsile sahip olan gruplar ise bina koridorları, sokak ve patikalar, caddeler, devlet karayolları ve otoyollar olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Coğrafi nesnelere için görsel seviyeler

Belirlenen görselleştirme seviyelerine uygun olarak kontekst modelin üretimi ontolojiye dayalı bir model ile gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak elde edilecek sistem kontekst duyarlı bir uygulama ortaya koyacaktır. Chen ve diğerleri (2004) akıllı mekânlar yaratmak için kontekst bölümlerinden meydana gelen bir mimari ortaya koymuştur. Becker ve Nicklas (2004) kontekst ve ontolojilerin bir arada belirlendiği bileşik bir yapı önermişlerdir. Bu kombine yaklaşımda kontekst yönetimindeki etkinliğin ve ontolojilerin ifade etme üstünlüğünün bir araya getirildiği iddia edilmiştir. Bu çalışmada ise bu yaklaşımlar mekânsal verinin görselleştirmesine uyarlanmaya çalışılacaktır.

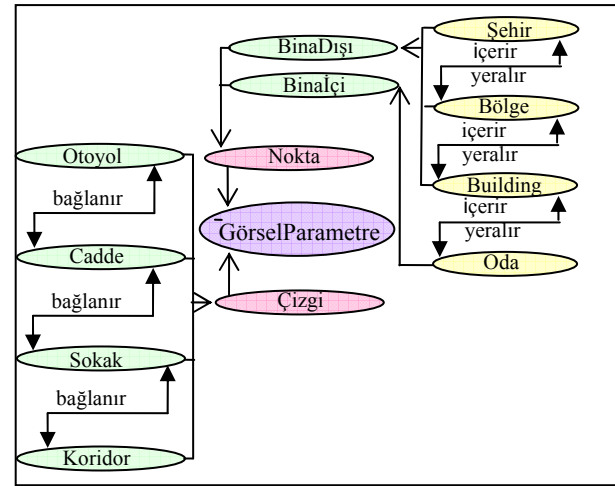
Christopoulou ve diğerleri (2004) ontolojiye dayalı kontekst duyarlı bir uygulama için modelleme, yönetim ve muhakeme işlemleri tasarlamıştır. Weissenberg ve diğerleri (2006), 2008 yılı olimpiyat oyunlarında kullanılmak üzere mobil kullanıcıların ilgili veriyi elde edebilmesi

için daha geniş bir ontolojik yapı ortaya koymuştur. Ancak bu çalışmalar mobil veri görselleştirmesine cevap vermemektedir.

Meng (2005) görselleştirme parametrelerini belirlemiştir. Bu bildiride ilgili doküman olarak görselleştirme için belirlenen görselleştirme parametreleri kabul edilmiştir. Ontolojik model, mekânsal veri için görsel parametreleri temsil eden kümeleri ve aralarındaki ilişkileri tanımlar.

Ontolojik kontekst model

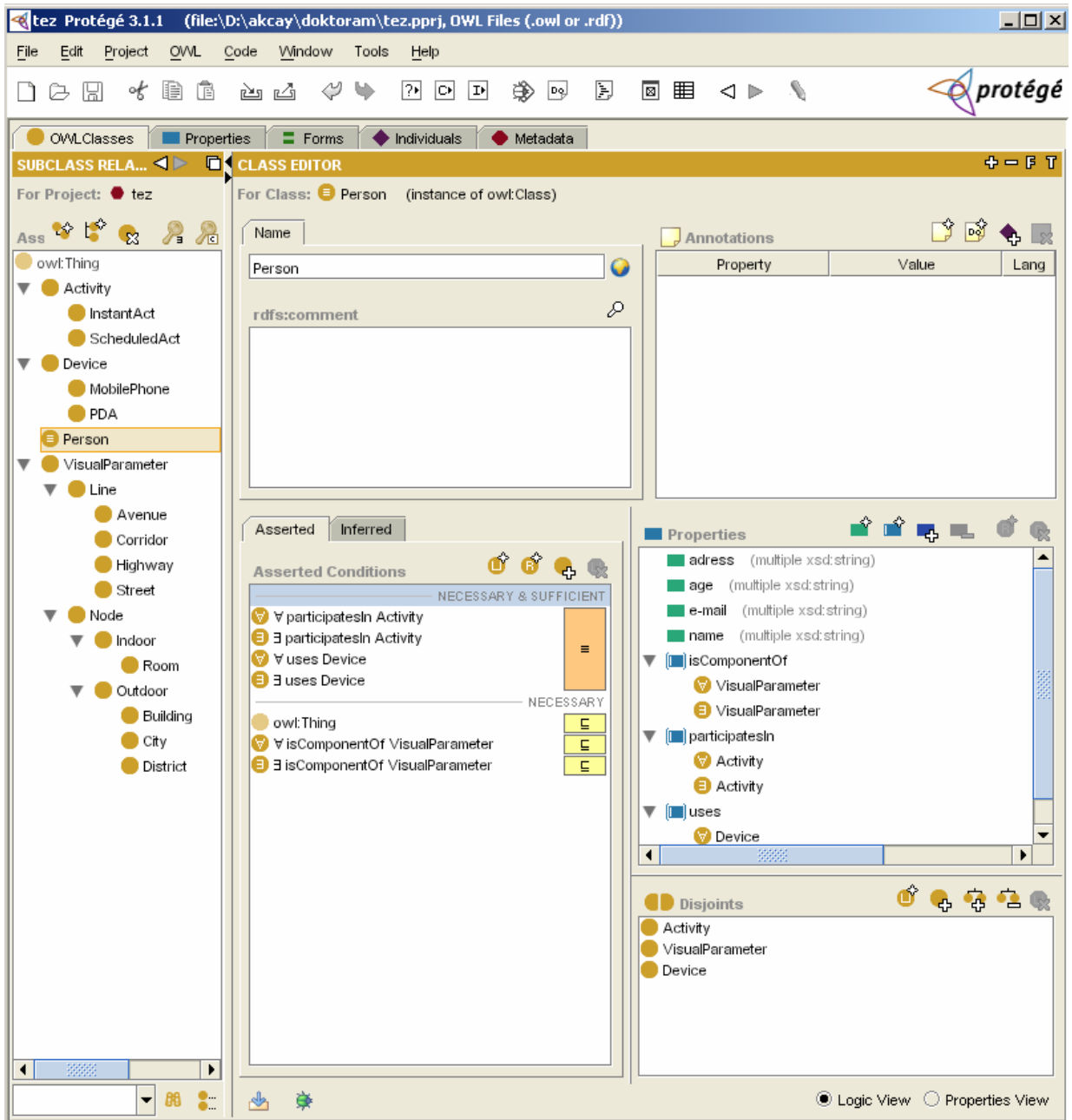
Tüm model Şekil 3'deki modele dayanarak formüle edilmiştir. Şekil 3'de ontolojik modelin görsel öğeleri kümeler arasındaki ilişkilere bağlı olarak belirtilmiştir.



Şekil 3. Görselleştirme için kümeler

Ontolojik model, OWL-DL dilinde bilgisayarların anlayabileceği standart ve ortak bir yapıda ifade edilmiştir. Şekil 4, bilgi tabanı için ontoloji editöründeki hiyerarşik yapıyı ve aralarındaki özellikleri, Şekil 5 ise, modeldeki bir sınıf tanımlamasını OWL-DL yapısında göstermektedir.

Teknolojik mimari için Java 2EE ve Java 2ME program platformları kodlanarak sunucu kullanıcı ilişkisi sağlanmıştır. Veri tabanı ve harita sunucusu yine bu platformlar ile ilişkilendirilmiştir. GPRS bağlantısı ile mobil kullanıcı sisteme erişebilir durumdadır. Modeldeki tüm çıkarımlar ontoloji sorgulama dili ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Ontoloji editleme (Protege, 2007)

Sorgulama için kullanılan dil nRQL'dır. nRQL ile kullanıcıya yönelik görsel profil sağlanmıştır. Örnek sorgulamalar aşağıdaki gibidir:

Sorgulama1: (concept-descendants Activity)
 Cevap1: ((*bottom* bottom) Conference Lecture Party Sport)
 Sorgulama2: (retrieve (?x) (?x Lecture))
 Cevap2: (((?x Mathematics Chemistry Physics GIS Photogrammetry)))

Sorgulama3: (retrieve (?host-of-instance) (Photogrammetry? host-of-instance locatedIn) Cevap3: (((?x Civil_Engineering_Faculty)))

Sorgulamalar sonucu belirlenen görsel parametreler ve seviyeler ilgili gösterimin çıkarılmasında rol oynar. Yukarıdaki sorgulamaların birincisi Activity sınıfının alt sınıflarını aramaktadır. Cevap olarak alt sınıflar Conference, Lecture, Party ve Sport olarak belirlenmiştir. Bu sorgulamanın amacı kullanıcının katılacağı aktiviteyi

belirlemektir. Devamında yapılan sorgulama Lecture sınıfının elemanlarıdır (sorgulama2). Bunun sonucunda aktif dersler ortaya konulmuştur: Mathematics, Chemistry, Physics, GIS ve Photogrammetry. Üçüncü sorgulamada ise Photogrammetry dersinin bulunduğu mekân aranmaktadır. Cevap olarak İnşaat Fakültesi verilmiştir. İnşaat Fakültesi görsel seviyesi 2'dir. Buna dayanarak aynı seviyedeki tüm mekânsal veri alansal gösterimden noktasal gösterime dönüştürülmüştür. Bu sorgulamalarda OWL DL dilinin subClassOf (alt sınıfıdır) gibi bazı anlamlandırma kurallarından faydalanılmıştır. Şekil 6'da mekânsal verinin işlenmeden kullanıcıya direk olarak sunulmasında ortaya çıkan sonucu göstermektedir.

```
<owl:Class rdf:about="#visualParameter">
  <owl:disjointwith rdf:resource="#Person"/>
  <owl:disjointwith>
    <owl:Class rdf:about="#Device"/>
  </owl:disjointwith>
  <owl:disjointwith>
    <owl:Class rdf:about="#Activity"/>
  </owl:disjointwith>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="MobilePhone">
  <owl:disjointwith>
    <owl:Class rdf:ID="PDA"/>
  </owl:disjointwith>
  <rdfs:subClassof>
    <owl:Class rdf:about="#Device"/>
  </rdfs:subClassof>
</owl:Class>
```

Şekil 5. OWL-DL de sınıf tanımlaması



Şekil 6. İşlenmemiş görselleştirme

Şekil 6'da gerçek alan değerlerine göre ölçekli olarak sunulan veri, çevresel durum uyumlu mimari sayesinde noktasal veriye dönüştürüldükten sonra Şekil 7'deki halini alır. Görsel seviyeler ile görselleştirmede elde edilebilecek basitleştirme görülmektedir. Genelleştirme işlemlerinden basitleştirmeye denk gelen bu metot özellikle cep telefonu gibi küçük ekrana sahip cep telefonlarında kullanılabilir.



Şekil 7. Noktasal görselleştirme

Sonuçlar

Çevresel durum duyarlı uygulamalar için ontoloji tabanlı çevresel durum duyarlı uygulama modellemenin gerekliliği açıklanmıştır. Bu model çerçevesinde yapılan ontolojik sorgulamalar ile elde edilen ilgili görselleştirme verisi mobil kullanıcıya sağlanmıştır. İlgili mekânsal veri elde etme metodu olarak da görselleştirme seviyeleri ve aralarındaki geçişler kullanılmıştır. Örnek sorgulama tipleri nRQL dilinde yapılandırılmıştır. Örnek bir sonuç görsel olarak sunulmuştur.

İleride, UMTS teknolojisinin gelişmesi bağlantı hızı ve veri alışveriş kapasitesinin artması ile üç boyutlu görselleştirme imkânı sağlayacaktır. Bu doğrultuda ontolojik kontekst modelin yeni versiyonları üç boyutlu görselleştirmeye cevap verecek şekilde yayınlanacaktır.

Kaynaklar

- Agarwal, P., (2005). Ontological considerations in GIScience, *International Journal of Geographical Information Science*, **19**, 501-36.
- Becker, C. ve Nicklas, D., (2004). Where do spatial context-models end and where do ontologies start? A proposal of a combined approach, *Proceedings of the 1th International Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management UbiComp 2004*, Nottingham, England.
- Chandrasekaran, B. ve Josephon, J.R., (1999). What are ontologies, and why do we need them?, *IEEE Intelligent Systems*, **14**, 20-26.
- Chen, H., Finin, T. ve Joshi, A., (2004). An ontology for context-aware pervasive computing environments, *Knowledge Engineering Review*, **18**, 197-207.
- Christopoulou, E., Goumopoulos, C., Zaharakis, I. ve Kameas, A., (2004). An ontology-based conceptual model for composing context-aware applications. Workshop on Advanced Context Modeling, Reasoning and Management, 6th Int. Conference on Ubiquitous Computing, Nottingham, England.
- Dey, A.K. ve Abowd, G.D., (2000). Towards a better understanding of context and context-awareness, *CHI'2000 Workshop on the What, Who, Where, When and How of Context Awareness*, The Hague, The Netherlands.
- Grossniklaus, M., Moira, C., Singer, B. ve Weibel, N., (2006). Putting location-based services on the map, *Lecture Notes In Computer Science*, **4295**, 1-11.
- Gruber, T.R., (1993). A translation approach to portable ontology specifications, *Knowledge Acquisition*, **5**, 199-220.
- Guarino, N. ve Giaretta P., (1995). Ontologies and knowledge bases: Towards a terminological clarification, in *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing*, 25-32, Ed. Mars, N., IOS Press, Amsterdam.
- Meng, L., (2005). Egocentric design of map-based mobile services, *The Cartographic Journal*, **42**, 5-13.
- Simon, R., Fröhlich, P. ve Anegg, H., (2006). Beyond location based – The spatially aware mobile phone, *Lecture Notes In Computer Science*, **4295**, 12-21.
- Singh, S., Puradkar, S. ve Lee, Y., (2005). Ubiquitous Computing: connecting pervasive computing through semantic web, *Information Systems and E-Business Management*, **4**, 421-439.
- Winter, S. ve Nittel, S., (2006). Ad hoc shared-ride trip planning by mobile geosensors networks, *International Journal of Geographical Information Science*, **20**, 899-916.
- Weissenberg, N., Gartmann, R. ve Voisard, A., (2006). An ontology-based approach to personalized situation-aware mobile service, *GeoInformatica*, **10**, 55-90.
-
- Horrocks, I., Patel-Schneider, P.F., Boley, H., Tabet, S., Grosz, B. ve Dean, M., (2004). SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML, <http://www.w3.org/Submission/SWRL>.
- McGuinness, D.L. ve van Harmelen, F., (2004). OWL web ontology language overview, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- Protege, (2007). Protege, <http://protege.stanford.edu>