

Etmen Sistemlerin Rol Tabanlı Geliştirimi

Emine Tunçel¹, Ali Murat Tiryaki²

¹ Kırklareli Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı Bölümü, Kırklareli

² Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Çanakkale
emine.tuncel@kirkklareli.edu.tr, tiryaki@comu.edu.tr

Özet: Anlamsal Ağ vizyonunun gerçekleşmesi her biri belirli bir hedefe ulaşmayı çalışan çok sayıda etmen topluluğunun, iş birliği ve uyum içinde çalışması ile mümkün olacaktır. Etmenler arası iş birliği ve koordinasyonun sağlanması için gerekli mantığın etmenlerin içine gömülmesi, değişik uygulamalardan gelen etmenlerin bir arada çalışmasını, değişen çevre şartlarına uyumu ve yeniden kullanılabilirliği desteklemez. Etmen tabanlı sistemlerin açık ve dinamik ortamlarda çalışabilir olması gerektiğinden gömülü koordinasyon modelleri yerine değişik senaryolar altında çalışabilen ve yeniden kullanılabilir olan işbirliği ve koordinasyon modellerine gereksinim vardır. Bu amaçla önerilen çözümlerden biri de etmenlerin rol tabanlı geliştirilmeleridir. Rol tabanlı yaklaşımda, etmenler arası iletişimin türü, işbirliği ve koordinasyonun sağlanması için gereken tüm bilgi ve yetenekler roller ile tanımlanır. Bir etmen, belirli bir görevi gerçekleştirmek için ortamdaki hangi etmen ile etkileşime kuracağını değil, hangi rol ile etkileşim kuracağını bilir. Dolayısıyla o role sahip birden fazla etmen ile iş birliği yapabilir, elde edilen işbirliği ve koordinasyon modelleri benzer özelliklere sahip ortamlara uyarlanabilir. Bu çalışmada, çok etmenli sistemlerin rol tabanlı geliştirilmelerinin gereklilikleri ve diğer yazılım geliştirme metodolojilerine göre üstün yönleri anlatılacak, rol tabanlı etmen geliştirme metodolojileri incelenecektir.

Anahtar Sözcükler: Etmen, Çok Etmenli Sistemi, Rol, Rol tabanlı Geliştirim, İşbirliği Modelleri

Role Based Agent Systems Development

Abstract: Multi Agents Systems that exploit several agents at the same time, each one interaction-interact with the other agents in order to its goal in a productive way are exploited to realize the Semantic Web vision. For collaboration and coordination between agents embedding all the required logic in agent themselves does not support adaptability to environment changes and does not promote reusability. Agents based systems operate in open and dynamic environments therefore, instead of using embedded coordination models, it is required to have collaboration and coordination models which can operate under various scenarios and are reusable. So that one of the solution that is proposed is to develop agents role based. In role based approach, roles embed all information and capabilities needed in a particular execution environment to communicate, coordinate and collaborate with other agents. An agent that carries out a specific task, knows which role to interact with instead of agent. Hence it collaborates with agents that have this role. So that it can collaborate with more than one agent which have that role and resultant collaboration and coordination models can be adapted to environments that have similar properties. In this work vitality of development of role based multi-agent systems, pros according to the other software development methodologies and development methodology of role based agents will be examined

Keywords: Agent, Multi Agent Systems, Role, Role Based Development, Collaboration Models

1. Giriş

Anlamsal ağ, yeni ve ayrı bir web olmayıp, bilgilere iyi tanımlanmış anlamların verildiği, insanlar ile bilgisayarların işbirliği içerisinde çalışmasını ön gereken bugün ki web'in bir uzantısıdır.[1] Ontolojiler yardımıyla anlamsal olarak tutulan bilgilere erişebilecek, kullanıcıları adına bilgiyi işleyecek, yorumlayacak ve sonuçlar üretecek bilgisayar yazılımlarına ihtiyaç vardır. Bu amaçla gerçek dünya varlıklarını temsil etmesi ve kullanıcıları adına

otomatik görev gerçekleştirebilmesi için etmen teknolojisi geliştirilmiştir.[2]

Bir yazılım ya da donanım sisteminin etmen olarak kabul edilmesi için bazı özelliklere sahip olması gereklidir. Özerklik, Amaç Yönelimlilik, Karşıt Eylemlilik ve Sosyal Yeteneklilik. (Wooldridge ve Jeaning.1996). Özerklik özelliği, etmenin kullanıcı müdahalesine gerek duymaksızın gerçekleştirdiği eylemlerin kontrolüne sahip olmasıdır. *Karşıt-eylemlilik özelliği*, etmenin sürekli olarak ortamını algılaması ve meydana gelen değişikliklere göre

eylemler gerçekleştirme özelliğidir. *Amaç-Yönelimlilik özelliği*, etmenin kendisinden beklenenleri yerine getirmek için planlar yaparak, bu planların gerektirdiği eylemleri gerçekleştirmesidir. Son olarak *sosyal yeteneklilik* özelliği ise etmen iletişim dillerini kullanarak kullanıcıya ya da diğer etmenler ile iletişime geçmesidir.

Etmenlerin bu etkileşim yetenekleri Çok Etmenli Sistemlerin(ÇES) geliştirilmesinde kullanılmıştır. ÇES, işbirliği içerisinde çalışan bir etmen topluluğudur. Burada işbirliğinden kasıt, etmenlerin kendi başına yapamayacaklarını düşündükleri karmaşık görevleri alt görevlere ayırarak ortamda bulunan diğer etmenlere dağıtması ve daha sonra alt görevlerin dağıtıldığı etmenlerden sonuçları toplayıp birleştirmesine dayalı etmenler arasındaki görev paylaşımıdır.

Web'in dağıtık ve sürekli genişleyen yapısı, her biri belirli bir hedefe ulaşmaya çalışan etkileşim içindeki çok sayıda etmen içeren çok etmenli sistemlerin kullanımını gerektirmektedir. Çok etmenli sistemlerde etmenler arasındaki işbirliği ve koordinasyonun sağlanması büyük önem taşımaktadır. Etmenler otonom varlıklar olduklarından, koordinasyon etmenlerin aktif katılımıyla gerçekleştirilir. Dolayısıyla başarılı bir koordinasyon için etmenlerin işbirliği yapmaları gerekmektedir. [3]

ÇES'lerde iş birliği ve koordinasyonun sağlanması için gerekli mantığın etmenlerin içine gömülmesi, değişik uygulamalardan gelen etmenlerin bir arada çalışmasını, değişen çevre şartlarına uyumu ve yeniden kullanılabilirliği desteklemez. Etmen tabanlı sistemlerin açık ve dinamik ortamlarda çalışabilir olması gerektiğinden gömülü koordinasyon modelleri yerine değişik senaryolar altında çalışabilen ve yeniden kullanılabilir olan işbirliği ve koordinasyon modellerine gereksinim vardır. Bu amaçla önerilen çözümlerden biri de etmenlerin rol tabanlı geliştirilmeleridir.[3]

Rol tabanlı yaklaşım etmen tasarımında algoritmik sorunlar ile etkileşim sorunlarının ayrı ayrı ele alınmasını sağlar. Roller etmenlere göre değil, içinde çalışacakları ortama göre tanımlandığından, elde edilen çözümler ve deneyimlerin benzer şartlara sahip ortamlarda yeniden kullanılabilmesini sağlar. Dolayısıyla roller, bir nevi tasarım deseni olarak düşünülebilir.[3]

Temelini sosyolojideki rol teorisinden alan rol kavramı, toplumda belirli bir sosyal statüyü işgal eden bireylerin sergilemesi beklenen davranış örüntüleri

olarak tanımlanır. Her rol bireyin bulunduğu statüye göre yerine getirmesi gereken görevleri, sergilemesi gereken davranışları, sahip olduğu hakları, beklentilerini ve standartları tanımlar. Bireyler toplumda birden fazla statüye sahip olabilir. Örneğin bir birey aile de anne, iş yerinde öğretmen, arkadaş grubunda lider olabilir. Her hangi iki birey birbirinden tamamen farklı karaktere sahip olsalar da aynı statüde bulunmaları durumunda benzer davranışlar sergileyeceklerdir. Benzer şekilde etmenler de kullanıcıları adına değişik zamanlar da değişik görevler için çalışabilmelidir. Her yeni durum için yeni bir etmen sistem geliştirmek yerine gerekli rollerin etmenlere atanması ve gerektiğinde geri alınması yerinde bir yaklaşım olacaktır.

Çalışmanın ikinci bölümünde etmen ve çok etmenli sistemler anlatılacak, üçüncü bölümünde rol tabanlı geliştirim yaklaşımları incelenecek, dördüncü bölümde bu yaklaşımlar karşılaştırılacak ve son bölümde sonuç ve öneriler verilmiştir.

2.Rol Tabanlı Etmen Sistemler

ÇES'lerde rol kavramı iki farklı bakış açısından ele alınmıştır. Kavramsal bakış açısına göre rol kavramı, bir etmenin bazı etkileşimlerde yer aldığı ve belirli bir yönde evrimselleştiği kısıtlar olarak tanımlanmıştır. ÇES'lerde bir etmen kendisine atanan rollere uygun davranışlar sergiler.

Gerçekleştirim bakış açısına göre rol kavramı, bir etmenin belirli özelliklerinin ve davranışlarının sarmalanmasıdır. Verilen tanımlara göre rol tabanlı ÇES'lerin bazı karakteristik özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [4]

- Bir etmen aynı anda birden fazla role sahip olabilir.
- Etmenler dinamik olarak rollerini değiştirebilir
- Roller birbirinden izole edilmiş değildir, diğer roller ile ilişkilidir
- Eylemlerin gerçekleştirilmesi rollerin değil, etmenlerin sorumluluğundadır
- Roller, etmenler arasındaki iletişimin nasıl kurulacağını belirler
- Roller, yeniden kullanılabilirliği sağlar.

Rol kavramı, etmen sistemlerin geliştiriminde iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Tasarım ve analiz sürecinde ya da rol tabanlı etmen geliştirim ortamlarında.

Rol tabanlı analiz ve tasarım yöntemini kullanan birçok metodoloji bulunmaktadır. Kullanım durumlarından çıkarılan roller sistemin anlaşılması ve

kavramsallaştırılması için kullanılan yüksek seviyeli yapılarıdır. Etmenler belirli bir rolü işletecek şekilde kodlanır. Analiz aşamasından sonra etmen rolleri gerçekleşmez.

Rol tabanlı ÇES geliştirim ortamlarında ise belirlenen rollerin gerçekleştirim aşamasında “rol örneği” oluşturulur.

ÇES’lerde rol tabanlı yaklaşımın sağladığı avantajlar şöyle listelenebilir:

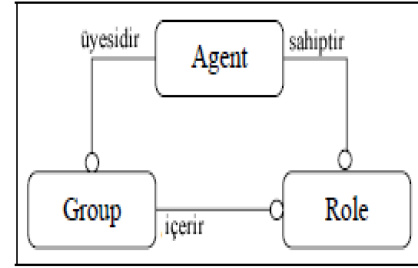
- Rol kavramı etmenin yeteneklerini geliştirdiği gibi uyumunu da kolaylaştırır. Örneğin sorumlulukları arasında ihtiyaç duyulduğunda elde ettiği işlem sonuçlarını veritabanına yazma görevi olan bir etmenin geliştiriminde, veritabanı ile etkileşim için gerekli kodun etmen içine değil rol içine yazılması, etmenin veritabanı hakkında detaylı bilgi gerektirmeksizin görevini icra etmesini sağlar [5]
- Rol kavramı etmenler arasındaki etkileşimi yönetmek, işbirliğini sağlamak amacıyla kullanılabilir. Roller birbirine ilgili olarak geliştirilir. Dolayısıyla etkileşimde bulunacak roller ortak protokoller kullanılarak geliştirilecektir. [5]
- Web gibi dinamik ortamlarda etmenlerin rollere dinamik olarak bağlanması, etmenlerin tasarımı esnasında belirlenmeyen durumlarla başa çıkmasını, görevlerini daha esnek bir şekilde yerine getirmelerini sağlar.
- Rol kavramı algoritmik sorunlar ile etkileşim sorunlarının ayrı ayrı ele alınmasını sağlar.[3][6]
- Roller etmenlere göre değil, içinde çalışacakları ortama göre tanımlandığından, elde edilen çözümler ve deneyimlerin benzer şartlara sahip ortamlarda yeniden kullanılabilmesini sağlar. [3][6]
- Etmenler arasında gerçekleşen işbirliğinin etmeden bağımsız olarak modellenmesi, heterojen ve yeni ortamlara uyarlanabilir bir ÇES elde edilmesini sağlar
- Rol tabanlı yaklaşımlar etmen etkileşimlerinin gerçek dünyaya benzer şekilde modellenmesini sağladığından etmen sistemlerde koordinasyonun sağlanmasında kullanılabilir.

Bir sonraki bölümde etmen tasarımında rol kavramını kullanan metodolojilerden bazıları incelenecektir.

3.Rol Tabanlı Etmen Sistem Geliştirme Yaklaşımları

3.1. Alaaddin

ALAADDIN etmen organizasyonlarını tanımlamak için Şekil1’de verilen üç elemanı kapsayan bir meta-model sunar. [7]



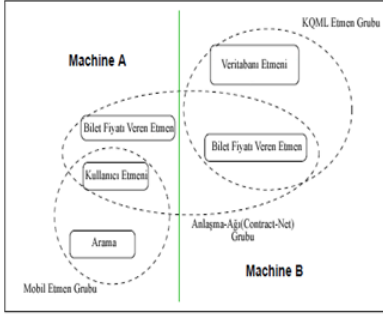
Şekil 14. Alaaddin Meta Modeli

Bu model etmenlerin içsel mimarilerinin nasıl olacağına dair bir açıklama getirmemiş, etmenleri grup bünyesinde sahip olduğu roller gereği iletişim kuran aktif varlıklar olarak tanımlamıştır. Etmen modelinin kesin hatlarıyla belirtilmemiş olması, tasarımcılara uygulamaları için en uygun etmen modelini seçme hakkı tanımaktadır.

Etmen topluluğunun atomik kümeleri grupları oluşturur. Her etmen bir ya da daha fazla grubun üyesi olabilir. Bir grup etmenler tarafından bulunabilir ve giriş hakkı istenebilir. Gruplar farklı makinelere dağıtılabılır. (Şekil2)

Rol, bir grup bünyesinde yer alan etmen kimliğinin, etmenin hizmetlerinin soyut bir şekilde sunumudur. Her etmen birden fazla role sahiptir. Ancak roller gruba özeldir. Şekil2.de verilen Bilet Fiyatı için teklif sunan etmen aynı anda farklı gruplarda farklı roller ile yer almaktadır.

Şekil1’de klasik bir uygulama olan seyahat planlama etmen uygulaması verilmiştir. Kullanıcısı adına en uygun fiyata bilet satın almak isteyen kullanıcı etmeni, bilet satışından sorumlu etmenler(Teklif Sahibi) ile iletişime geçer. Teklif sahibi ilgili teklifin elde edilmesi amacıyla Veritabanı Etmeni ile iletişime geçer.



Şekil 15. Birden Fazla Grup İçeren Bir Uygulama

Önerilen bu meta model yazılım geliştirme sürecinin analiz ve tasarım aşamasında kullanılabilir. Yeniden kullanılabilirliği destekler. Bunun yanında grup kavramı ile sistemi alt sistemlere bölerek karmaşıklığı azaltır.

3.2. FASLI Yaklaşımı

Fasli [8] çok etmenli sistemleri sosyal etmenler topluluğu olarak değerlendirmektedir. Bireysel olarak bir etmen sosyal etmeni ifade edebileceği gibi ilişkili etmenler grubu da sosyal etmeni ifade edebilir.

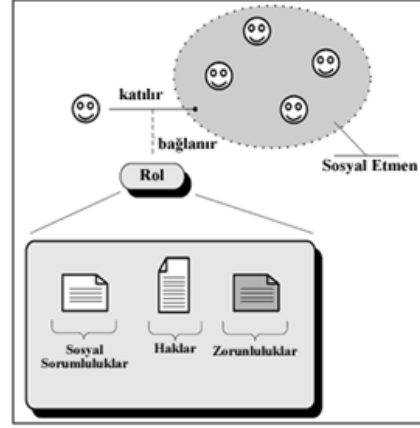
Bireysel olarak bir etmen sosyal etmene katılma kararı aldığı anda belirli bir rol üstlenmektedir. (Şekil 3) Etmen rolleri üç özellik ile tanımlanır: *sosyal sorumluluklar*, *zorunluluklar* ve *haklar*. Sosyal sorumluluklar, sosyal etmenin amaçlarını tanımlamaktadır. Zorunluluklar, rolü üstlenmiş olan etmen tarafından yapılması gerekenleri açıklamaktadır. Zorunlulukların ihlali söz konusu olduğunda yaptırım uygulanacaktır. Son olarak haklar ise rolü üstlenmiş etmenin diğer etmenlerden beklentilerini açıklamaktadır.

Roller sosyal etmene katılan etmenin sosyal konumunu belirtir. Böylelikle etmen sosyal konumunu bilir ve bu doğrultuda davranışlar sergiler. Dahası bir etmen, birden fazla sosyal etmene katılarak aynı anda birden fazla rol oynayabilir.

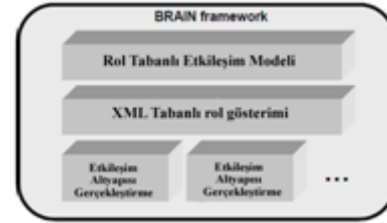
Bu yaklaşım, etmenler arasındaki etkileşimi roller aracılığıyla tanımlamış olsa da gerçekleştirim aşamasında somutlandırmamıştır.

3.3. BRAIN

BRAIN [9][10] Şekil 4'de gösterilen 3 katmanlı bir model üzerine kurulmuştur. Bu yapı, etmenler arasındaki etkileşimleri rollere bağlı olarak modelleyen etkileşim modelini, rolleri tanımlamak için kullanılan XML notasyonunu ve rollerin yönetiminde etmenler tarafından desteklenen etkileşim altyapısını içerir. BRAIN aynı XML notasyonu ve rol modeli altında çalışan birçok etkileşim altyapısını destekler.



Şekil 16. Fasli Yaklaşımında Rol Kavramı



Şekil 17. BRAIN Model

BRAIN etmen çatısında roller yetenekler ve beklenen davranışlar olarak tanımlanmaktadır. Yetenekler, etmenin hedefine ulaşmak için gerçekleştirmesi gereken eylemleri, beklenen davranışlar ise etmenin oynadığı rol tarafından belirlenmiş istenilen davranışı sergilenmesi için beklediği olayı ifade etmektedir. Etmen bulunduğu ortamı algılayan ve ortamındaki değişikliklere göre davranışlar sergileyen bir sistemdir. Dolayısıyla etmen davranışı ortamdaki olaya karşılık etmenin gerçekleştirdiği eylemler tarafından belirlenir. (Şekil5)



Şekil 18. BRAIN Etkileşim Modeli

Etmen tek bir role bağlı kalmayıp, yaşamı boyunca bir çok role bağlanabilir ya da bağlı olduğu rolden ayrılabilir. Rol atamaları tasarım aşamasında statik olarak yapılabileceği gibi, etmen görevini gerçekleştirmek için en uygun rolü seçebilecek yeteneğe sahip ise dinamik olarak da yapılabilir.

İki etmen arasındaki etkileşim şu şekilde gerçekleşir:

Bir etmen görevini gerçekleştirmek için sahip olduğu role ait bir eylemi çalıştırdığında, bu eylem etkileşim altyapısı tarafından ilgili olaya dönüştürülür ve bu olaya karşılık gelen eylemin tanımlandığı role sahip etmen uyarılır. (Şekil 5)

Rollerin XML dili kullanılarak anlamsal olarak ifade edilmesi, etmen tasarımcıları dışında etmenlere de kendi uygulamaları için doğru rolleri seçmelerine yardımcı olur. Farklı platform ve uygulamalardan gelen etmenlerin birlikte çalışmasını sağlar.

3.4. GAIA

GAIA metodolojisi[11], çok etmenli sistemleri farklı rollerin etkileşim içinde olduğu bir organizasyon olarak ele almıştır. Etmen rolleri dört özellik ile tanımlanır: sorumluluklar, izinler, aktiviteler ve protokoller. Rolü oynayan etmenin işlevselliğini tanımlayan sorumluluklar iki şekilde ifade edilebilir: canlılık (liveness) özellikleri ve emniyet(safety) özellikleri. Canlılık özellikleri rolü üstlenen etmenin sistem yararına çalışmasını ve buna bağlı olarak canlılığını ifade eder. Emniyet özellikleri ise sistemin daima kabul edilebilir bir durumda olmasını ifade eder. İzinler rolün bağlı olduğu etmenin kullanabileceği ve kullanamayacağı kaynakları tanımlayarak rol haklarını ifade eder. Aktiviteler rol ile ilişkili etmenin diğer etmenler ile iletişim kurmadan yalnız başına gerçekleştirebildiği eylemleri ifade eder. Son olarak protokoller, rolün diğer roller ile etkileşimini belirleyen kuralları tanımlar.

Etkileşimde bulunan roller arasındaki karakteristik özellikler protokoller aracılığıyla tanımlanır. Bir protokol tanımı, protokol adını, protokolü başlatan rol adını, protokol başlatıcı ile etkileşim içinde olan rolleri, girdileri, çıktıları ve metinsel protokol tanımını içerir.

Roller ve etkileşimler belirlendikten sonra, bu rolleri oynayacak etmen sınıfları belirlenir. Roller ile etmen sınıfları arasında birebir eşleme yapılır. Bir rolün bir etmen sınıfına bağlanması yerine sistemin etkinliği açısından birden fazla rolün bir etmen sınıfına bağlanması gereklidir.

Son olarak, etmen- rol eşleşmesinin ardından roller ile ilişkili servis tanımları yapılır. Her bir servis tanımı, girdileri, çıktıları, çalışma önkoşullarını ve sonlanma koşullarını içerir.

Etmen sistem geliştiriminde GAIA metodolojisi rol kavramını analiz ve tasarım aşamasında kullanmıştır. Etmen rollerinin ve servislerinin tasarım aşamasında

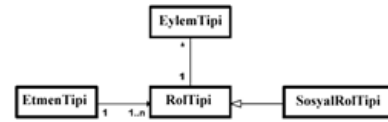
belirlenmiş olması sistemin dinamik ortamlarda çalışmasını desteklemez.

3.5. RICA ve RICA-J

Çok etmenli sistemler arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak, etmen iletişim dili(ACL) için genel bir format belirlemek için çeşitli belirtiler içeren FIPA, sosyal bakış açısından etmen sistemlerin nasıl modelleneceğine dair bir belirtim içermemektedir. RICA teorisi Etmen iletişim dili (ACL) ve organizasyon modeli ile ilgili konuların birleştirilmesi yoluyla FIPA standartlarına sosyal kavram desteği sağlayan bir yaklaşımdır.[13]

RICA organizasyon modeli, etmenler arasındaki etkileşimlerin hangi roller ile belirleneceğini, bu rollere sahip etmenlerin hangi ACL mesajları ve etkileşim protokolleri kullanarak haberleşeceklerini belirtir.

Bu modele göre her etmen sınıfı, oynayacakları roller aracılığıyla tanımlanır. (Şekil 6) Her rol, sosyal davranış olarak gerçekleştirilecek bir ya da daha fazla eylemi yerine getirir. Eylemler sosyal ya da işlemsel eylem olarak tanımlanır. Sonuç olarak her rol, etkileşim içindeki etmenin sosyal davranışlarını belirler.



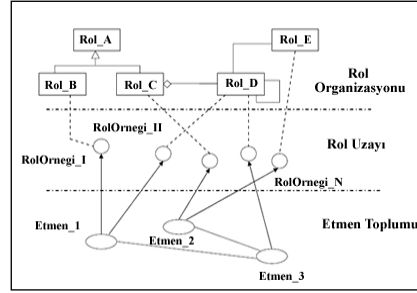
Şekil 19. RICA Meta-Modeli UML Sınıf Diyagramı

RICA meta modeli etmen sistemlerin geliştirim sürecinde analiz ve tasarım aşamasında kullanılır. Ayrıca etmenin oynadığı rol kavramının örneği RICA-J platformunda somut kavram olarak ele alınmaktadır. Dolayısıyla RICA yaklaşımı rol kavramını etmen sistemlerin tüm geliştirim aşamalarında kullanmaktadır. Bunun yanında bu RICA metodolojisi, FIPA belirtilerinin bazı eksik yönlerini tamamlamıştır. Sistem gerçekleştirimini FIPA standartlarına göre yapması bu modelin benimsenmesini sağlamıştır.

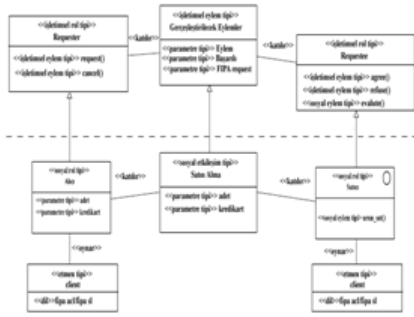
Şekil 7 alıcı ve satıcı rolünü üstlenmiş etmenler arasında herhangi bir ürün alınıp satılmasına dayalı bir e-ticaret uygulamasında, RICA kavramlarının nasıl kullanıldığını açıklamaktadır. Bu etkileşim tipi(Satın Alma) için gerekli parametreler, satılan ürün adedi, ödeme işleminde kullanılan kredi kartı, işlemin başarıyla tamamlandığını tutan bir değişken vs olarak tanımlanabilir. Alıcı rolünü üstlenmiş etmen, request() işlemsel eylemi ile satıcı rolünden istekte bulunarak

etkileşimi başlatmaktadır. Bunun yanında, gerekli gördüğünde *cancel()* işletimsel eylemi ile satın alma işlemini iptal edebilmektedir. Diğer taraftan satıcı rolünü üstlenmiş etmen, *evaluate()* işletimsel eylemi ile satın alma işleminin belirlenen koşullar altında tamamlanıp tamamlanmadığını değerlendirebilir. Satıcı etmen, alıcı etmeden gelen isteği kabul etmek ya da reddetmek amacıyla sırasıyla *agree()* ve *refuse()* işletimsel eylemlerini kullanabilir. Bu uygulama da RICA metodolojisi FIPA tarafından tanımlanan *request()* protokolü satın alma protokolü olarak kullanılmaktadır. Client etmenler alıcı, clerk etmenler ACL iletişim dilini kullanarak satıcı rolünü oynamaktadır.

sınıfında tanımlı ilgi metotlar kullanılarak rol örneğine ait izinler değiştirilebilir, yeni iletişim protokolleri eklenebilir.



Şekil 21. RADE Modeli



Şekil 20. Bir E-Ticaret Uygulamasının Organizasyonel Modeli

3.6. RADE

RADE [14] rol tabanlı etmen geliştirme yaklaşımında rol organizasyonu, rol uzayı ve etmen toplumu olmak üzere üç katmanlı bir model tanımlanmıştır. (Şekil 8) Rol organizasyonu, rol sınıflarını ve bu sınıflar arasındaki ilişkileri içerir. Rol uzayında rol sınıflarının örnekleri, etmen toplumunda ise etmen sınıflarının örnekleri bulunur. Böylelikle tasarım aşamasında belirlenmiş rol ve etmen sınıfları çalışma anında örneklendirilmiş olur.

Rol sınıfı ya da kavramsal rol, özellikleri, alan bilgisi, alan amaçları, alan planları, alan eylemleri, izinler ve protokolleri içeren rol örneği taslaklarıdır. Aynı zamanda bir rol örneğinin bir etmene atanıp atanmadığı bilgisini tutan bir değişkene sahiptir. Bu değişken değeri “true” olduğunda rol örneği bir etmene atanmış olup, diğer etmenler tarafından kullanılamaz. Her rol örneğinin bir amaca erişmek için hangi eylemlerin hangi sırada yapılacağına dair bilgisi olsa da, bu rol örneği ortamda bulunan bir etmene atanmadığı sürece çalışmaz. Amaçlarına erişmek için gerekli eylemleri ve buna bağlı olarak uygun planın seçilmesi etmenin sorumluluğundadır. Dahası, rol

Rol organizasyonu, rol sınıfları (kavramsal rol) ve aralarındaki ilişkileri belirler. İki sınıf arasında kalıtım (“inheritance”), kümelenme (“aggregation”), bağıntı (“association”) ve uyumsuzluk (incompability) ilişkileri olabilir. İki rol sınıfı arasındaki kalıtım ilişkisi bir sınıfın diğerinden türediğini, dolayısıyla tüm özelliklerin aynen aktarıldığını belirtir. Kümelenme ilişkisi bir rol sınıfının alt sınıflarını tanımlamak için, bağıntı ilişkisi bir rol sınıfının diğer bir rol sınıfı ile olan kavramsal ilişkisini, bunun yanında aralarında bağıntı ilişkisi olan rol örneklerine sahip etmenlerin etkileşim kurabileceklerini belirtir. Uyumsuzluk ilişkisi bazı koşullarda iki rol örneğinin aynı anda bir etmen tarafından alınmasını engellemek için kullanılır.

Rol uzayı, rol organizasyonunda tanımlanmış rol sınıflarının örneklerini içerir. Her rol uzayı, tek bir rol organizasyonuna karşılık gelirken bir rol organizasyonu birden fazla rol uzayı ile eşlenebilir. Rol örnekleri dinamik olarak rol uzayına eklenebilir ya da çıkartılabilir. Bir rol uzayı, yazılım etmenlerinin rol örneklerine erişmesini sağlayan servislere sahiptir. Rol organizasyonunda değişiklik olması durumunda, bu organizasyona bağlı rol uzayındaki rol örneklerinin de güncellenmesi gerekmektedir. Örneğin “RolA”nın silinmesi durumunda örneğinin silinmesi, rol organizasyonu ile uzayının daima tutarlı olması gereklidir.

Bir etmen yada etmen sınıfı, ismi, sahibi ya da kimliği gibi etmen özelliklerini, hedeflerin oluşmasına neden olabilecek her türlü istek ve tercihlerini ifade eden etmen motivasyonlarını, ortamdaki değişimleri algılamasını sağlayacak algılayıcıları (sensor), etmenin algılayıcıları ile ortamdan aldığı bilgileri ile etmenin istek ya da tercihlerini argüman olarak alıp, bunları amaç ya da alt amaçlara eşleyen sorgulama mekanizmasını, etmen amaçlarına bağlı olarak gerek

duyulan rolleri belirleyip, bunları rol uzayından bularak roller kümesini oluşturan rol eşleme mekanizmasını, etmenin amaçlarına erişmek için takip edeceği, etmen bilgisi ve rolün alan bilgisine dayanan bilgi dağarcığına bağlı olarak oluşturulmuş etmen planını içerir. Ayrıca, etmenin rol uzayından bir rol alması ya da aldığı rolü geri bırakmasını sağlayan iki önemli fonksiyon içerir.

Etmen toplumu, etmen sınıflarının örneklerini içerir. Bir etmen dinamik olarak etmen topluluğuna girebilir ya da ayrılabilir.

Rol atamaları, rol organizasyonunda tanımlanmış roller arasındaki ilişkilere göre dinamik olarak yapılır. Örneğin etmen toplumunda bulunan “A” etmeni hedeflerine ulaşmak için gerekli “R” rolü için rol uzayına istek de bulunur. Rol uzayı gelen isteği değerlendirerek istenen özelliklere sahip rol örneğini “A” etmenine atar ve “A” etmeninin sahip olduğu roller arasındaki ilişkileri kontrol eder. Eğer iki rol arasında uyumsuzluk ilişkisi var ise, “A” etmeninin tüm rolleri uyumsuzluk çözülene kadar askıya alınır.

3.7.ROLEEP

Son zamanlarda ağ üzerinde bir yerden başka bir yere gidebilen *hareketli* etmenlerin işbirliği içerisinde çalıştıkları uygulamaların kullanımı artış göstermiştir. Genellikle JAVA ile geliştirilen bu uygulamaların platform bağımsız çalışabiliyor olması internet gibi açık, dinamik ve dağıtık ortamlarda tercih edilmesine neden olmuştur.[15]

ROLEEP hareketli etmenlerin ortamda bulunan diğer etmenler ile yaptıkları işbirliğini roller aracılığıyla tanımlayan bir yaklaşımdır. ROLEEP modelde kullanılan kavramlar aşağıda verilmiştir: (Şekil 9)

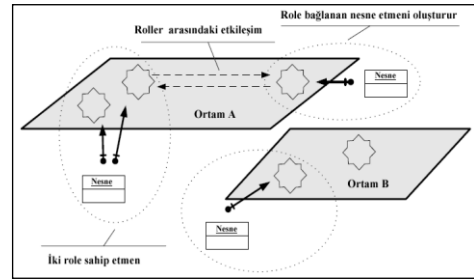
Ortam: Etmenlerin içinde yaşadığı, görevlerini yerine getirmek için eylemlerde bulunduğu ve diğer etmenler ile etkileşim kurduğu çevredir. Ortam özellikleri, ortam metotları ve rolleri içerir.

Nesne: Nesne Yönelimli Programlama metodolojisinde olduğu gibi özellikleri ve metotları tanımlayan sınıfların birer örnekleridir.

Etmen: Bir ya da daha fazla role bağlanmış nesnelere. Nesnelere başlangıçta ağ üzerinde bir yerden başka bir yere hareket etme işlevine sahip olmasa da ortamda tanımlı bir role bağlandığında etmen konumuna geçerek hareketlilik özelliği kazanır. Dolayısıyla bir etmen eş zamanlı olarak bir ya da daha fazla ortama katılabilir.

Rol: Özellikleri, metotları ve arayüz-bağlamayı içeren kavramdır. Etmenlerin gezicilik ile işbirliği fonksiyonları rol tipi ve rol metodu ile belirlenir. Etkileşim sırasında gerçekleşen tüm olaylar ve ileti gönderimini kapsayan roller nesnelere somut metotlarına bağlanır. Buna arayüz-bağlama adı verilir. Arayüz bağlama aynı ortamda bulunan diğer rollerden ileti almak için etkileşimin soyut noktasını tanımlar.

Yukarıda verilen kavramlar dışında ROLEEP ortamda tanımlı rolleri aramak için kullanılan rol bulucu bir servise sahiptir.



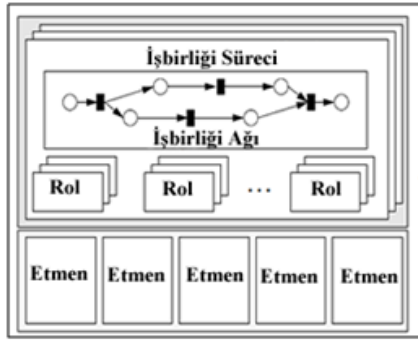
Şekil 22. Roleep Model

Şekil 9’da da görüldüğü gibi bir etmen birden fazla role sahip olabilir ve etmenler arasındaki etkileşim roller aracılığıyla sağlanır.

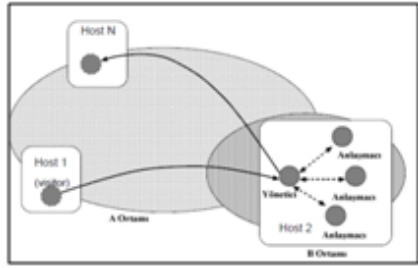
Aşağıda hareketli ve işbirlikçi etmen sisteminin ROLEEP metodolojisi ile tasarımı örneklendirilmiştir.

İnternet üzerinde bir kullanıcı belirli bir konuda bilgi toplamak istediğini etmenine bildirir. Kullanıcı etmeni bu görevi yalnız başına tamamlayamayacağı düşüncesiyle alt görevlere bölerek internet üzerine dağılmış ve anlaşma ağı protokolünü kullanarak etkileşimi sağlayan “searcher” etmenlere iletir. Anlaşma ağı (Contract Net), etmenlerin işbirliği yaparak problemin çözümünü sağlayan pazarlık modeline dayalı bir protokoldür. Bu protokol, görevin yerine getirilmesini isteyen bir “yönetici” etmen ve görevi yerine getirecek anlaşmacı etmenleri içerir. İlk olarak yönetici etmen yapılmasını istediği görevi tüm anlaşmacı etmenlere duyurur. Anlaşmacı etmenler görev duyurularını değerlendirdikten sonra yönetici etmenlere bu görevin yerine getirilmesi hususunda teklifte bulunurlar. Yönetici etmen teklifleri değerlendirerek görevi bir anlaşmacı etmene iletir. Anlaşmacı etmen görevi tamamladıktan sonra sonuçları tekrar yönetici etmene iletir.

1.adımda kullanıcı nesnesi kendini ortamda bulunan “visitor” rolüne bağlayarak etmen konumuna geçer. Visitor rolüne ait bir metot etmene hareketlilik özelliği kazandırır ve etmen ağda bir yerden başka bir yere geçebilir. (Şekil 10)



Şekil 23. Hareketli Etmenlerde Rol Kavramı



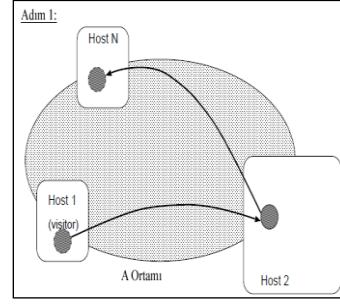
Şekil 24. İşbirlikçi Etmenlerde Rol Kavramı

2. adımda Kullanıcı etmeni kendini B ortamında tanımlı olan yönetici rolüne bağlar ve anlaşma ağı protokolünü kullanarak görev paylaşımını gerçekleştirir.(Şekil 11)

ROLEEP etmen sistemlerin geliştirilmesi sürecinde rol kavramını tasarım ve gerçekleştirim aşamasında kullanmıştır. Rollerin nesnelere dinamik olarak bağlanabilmesi (etmenlerin yaratılması) etmen sisteminin, çalışma zamanında oluşan ihtiyaçlara göre rolünü seçebilmesini sağlamıştır. Dolayısıyla internet gibi açık ve dinamik ortamlarda çalışan ÇES'lerin geliştirilmesine destek vermektedir.

3.8.ROPE

ROPE [17] rol kavramını, etmen ile işbirliği süreci arasında tanımlanmış bir arayüz olarak kullanır. Etmenler ile işbirliği süreci birbirinden bağımsız olarak ele alınmıştır. Böylelikle etmen organizasyonunun değişmesi işbirliği sürecini etkilemez. Heterojen ve yeni ortamlara uyarlanabilir bir ÇES elde edilmesini sağlar.



Şekil 25. ROPE Mimarisi

ROPE yaklaşımında, etmenler arasındaki işbirliği aşamalar halinde detaylı olarak modellenmiştir ve katılımcılar tarafından belirlenmiş normatif kurallar ile kontrol edilir. Bir aşamanın gereklilikleri yerine getirildiğinde bir sonraki aşamaya geçilir. Her aşamada çalışacak roller tanımlanır ve aynı rol farklı aşamalarda farklı tanımlar içerebilir.

Rol tanımları, etmenlerin bu rolü kullanmak için sağlaması gereken servisleri, role bağlanan etmenin davranışlarını ve rolün ortamdaki hangi roller tarafından görünür olacağını belirten durum değişkenini içerir.

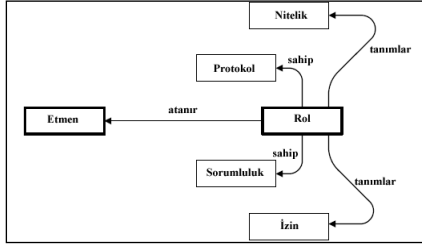
Etmen rolleri tasarım zamanında belirlenir ve çalışma zamanında etmenler tanımlanan rollerini değiştirebilir.

ROPE metodolojisi, etmen sistemlerin geliştirilmesinde rol kavramını tasarım ve gerçekleştirim aşamalarında kullanmıştır.

3.9.Yu ve Schmid Yaklaşımı

Bu metodoloji de özerk ve birbiri ile etkileşim içinde olan etmen sistemlerde iş akışını yönetmek için rollerden yararlanılmıştır. Rol kavramı, sorumluluklar, izinler, önkoşullar ve protokol tanımlarını içerir. Sorumluluklar etmenin yerine getirmesi gereken davranışları; izinler, etmenin eylemlerini yerine getirmesi esnasında sahip olduğu hakları, önkoşullar, etmenin belirli bir role atanması için gereken şartları ve, protokoller ise etmenler arasındaki etkileşimi belirleyen kuralları ifade etmektedir.[18]

Roller etmenden ve organizasyon yapısından ayrı olarak tanımlanır. Bir ya da daha fazla rol etmene atanabilir. Bir rolü oynayacak olan etmen organizasyonel politikalara ya da etmenin sahip olduğu yeteneklere göre seçilir.



Şekil 26. Yu ve Schmid Yaklaşımı

Analiz aşamasının ilk adımında etmen tarafından gerçekleştirilmesi istenen görevler alt görevlere ayrılır. Bir sonraki adımında roller belirlenir ve son olarak rol etkileşimleri için protokol tanımları yapılır.

Tasarım aşamasında etmen tipleri belirlenir ve roller atanır.

Gerçekleştirim aşamasında var olan etmen geliştirme platformlarından birinin kullanılması önerilir.

Bu yaklaşımın daha çok analiz basamağına önem verdiği görülmektedir. Rollerin etmenlere atanması dinamik olarak yapılmamaktadır.

4. Sonuç

Etmen sistemler doğası gereği gerçekleşmesi zor sistemlerdir. Bununla birlikte günümüz uygulamalarının internet gibi açık, dinamik ve heterojen ortamlarda çalışacak çok etmenli sistemlere olan gereksinimleri durumu daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu bağlamda rol tabanlı yaklaşım, hareketlilik ve sosyal yeteneklilik gibi etmen özellikleri ile ilgili zorlukların ve etkileşim protokollerinin ayrı ayrı ele alınmasını sağlayarak sistemin karmaşıklığını azaltmaktadır.

Bu çalışmada incelenen etmen sistemlerinin rol tabanlı geliştiriminde kullanılan metodolojilerin tümünde rol kavramı ortak bir görevi başarmak için birlikte çalışan etmenlerin arasındaki işbirliğini sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Bazı metodolojiler, farklı yollarla tanımlanmış olsa da ortak bir göreve sahip etmenleri grup olarak ele almışlardır. Grup kavramı sistemi, gruba üye olan etmenlerin kullanılacak iletişim protokolleri üzerinde anlaşmaya vardıkları alt sistemlere bölerek özellikle analiz aşamasında kolaylık sağlamıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. (2001) The Semantic Web. Scientific American 284, 34-43.
- [2] Stollberg, M., Thomas, S.: "Integrating Agents, Ontologies, and Semantic Web Services for Collaboration on the Semantic Web". In: Proc. 2005

AAAI Fall Symposium Series on Agents and the Semantic Web, Arlington, Virginia, USA (2005)

- [3] Cabri, G., Ferrari, L., Leonardi, L., Zambonelli, F.: "A Survey about Role-based Interaction Proposals for Agents". Technical Report Technical report DII-AG-2005-1, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (2005)

- [4] Yan Q, Shan L, Mao X, Qi Z (2003). "RoMAS: a role-based modeling method for multi-agent systems", Proceedings of International Conference on Active Media Technology pp. 156-161.

- [5] Cabri, G., Ferrari, L., Leonardi, L., and Quitadamo, R., "Collaboration-Driven Role Suggestion for Agents", Proc. of 2006 IEEE Workshop on Distributed Intelligent Systems - Collective Intelligence and Its Applications (DIS'06), Prague, Czech, June 15-16, 2006.

- [6] G. Boella, V. Genovese, R. Grenna, and L. der Torre, "Roles in coordination and in agent deliberation: A merger of concepts," , Proceedings of Multi-Agent Logics. PRIMA 2007, Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2007

- [7] J.Ferber and O. Gutknecht "ALAADDIN: A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems", In Proceeding of the third International Conference on Multi Agent Systems (ICMAS'98),1998

- [8] M. Fasli, "Social interactions in multi-agent systems: A formal approach", in: The First European Workshop on Multi-Agent Systems, 18-19 December 2003, EUMAS, Oxford, UK, 2003

- [9] Cabri, G., Ferrari, L., Leonardi, L., "Supporting the Development of Multi-Agent Interactions via Roles", In: AOSE (2005)

- [10] Cabri, G., Ferrari, L., Leonardi, L., "BRAIN: A Framework for Flexible Role-Based Interactions in Multiagents Systems", in the Proceeding of the First European Workshop in Multi Agent Systems (EUMAS),16-18 December 2003,Oxford UK

- [11] M. Wooldridge, N. R. Jennings and D. Kinny, "The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design", Journal of Autonomous and Multi-Agent Systems, Vol.3, No.3,,pp. 285-312,2000

- [12] Zambonelli, F., Jennings, N.R. ve Wooldridge, M., "Developing multiagent systems: The Gaia methodology", ACM Transactions on Software Engineering and Methodologies, 12(3):317-370, 2003.

- [13] Serrano, J.M., Ossowski, S.: On the impact of agent communication languages on the implementation of agent systems. In: Klusch, M., Ossowski, S., Kashyap, V., Unland, R. (eds.) CIA 2004. LNCS (LNAI), vol. 3191, Springer, Heidelberg (2004)
- [14] Haiping Xu, Xiaoqin Zhang, and Rinkesh J. Patel. Developing role-based open multi-agent software systems. *International Journal of Computational Intelligence Theory and Practice (IJCITP)*, 2(1): 39-56, June 2007.
- [15] Naoyasu Ubayashi , Tetsuo Tamai, Separation of Concerns in Mobile Agent Applications, *Proceedings of the Third International Conference on Metalevel Architectures and Separation of Crosscutting Concerns*, p.89-109, September 25-28, 2001
- [16] Giacomo Cabri , Letizia Leonardi , Franco Zambonelli, “Mobile-Agent Coordination Models for Internet Applications”, *Computer*, v.33 n.2, p.82-89, February 2000
- [17] M. Becht, T. Gurzki, J. Klarmann, M. Muscholl, “ROPE: Role Oriented Programming Environment for Multiagent Systems”, the 4th Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS'99), Edinburgh, Scotland, Sept. 1999.
- [18] L. Yu, B.F. Schmid, A conceptual framework for agent-oriented and role-based workflow modeling, in: G. Wagner, E. Yu (Eds.), *Proceedings of the First International Workshop on Agent-Oriented Information Systems*, Seattle/Heidelberg, 1999.
- [19]http://en.wikipedia.org/wiki/Role_theory
- [20]http://en.wikibooks.org/wiki/Sociological_Theory/Role_Theory
- [21] Biddle, B. J. (1986). Recent developments in role theory. *Annual Review of Sociology*, 12, 67–92.
- [22] FIPA Contract Net Interaction Protocol Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00029/SC00029H.pdf>