

Otonom Robot Sistemleri için Eğitim Araçları

Metin Özkan¹, Ahmet Yazıcı¹, Osman Parlaktuna²

¹Bilgisayar Mühendisliği
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
meozkan@ogu.edu.tr, ayazici@ogu.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
oparlak@ogu.edu.tr

Özet

Otonom robot sistemleri üzerindeki araştırmalar, yaygın uygulama alanlarının bulunması nedeniyle artarak devam etmektedir. Bu alanda yöntem geliştirilmesinde ya da mevcut yöntemlerin uygulamalarının gerçekleştirilmesinde benzetim yazılımlarından faydalanılmaktadır. Benzetim yazılımları kullanılarak yapılan uygulamalar, yöntem geliştirmede olduğu kadar eğitimde de büyük verimlilik sağlamaktadır. Bu yazılımların kullanımıyla gerçek robot sistemlerine sahip olmaksızın uygulamalar yapmak ve sonuçlara sayısal/görsel sunumlar vasıtasıyla ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, otonom gezgin robot sistemlerinde yöntem geliştirme ve eğitim amacıyla kullanılan benzetim ortamları örnekler ile sunulmaktadır.

1. Giriş

Gezgin robot sistemleri alanında araştırmalar her geçen gün artmaktadır. Avrupa [1] ve Amerika'da [2], robotik araştırmacıları tarafından yayınlanan robotik araştırma yol planları, 10-20 yıllık bir süreçte gezgin robot sistemlerinden beklentileri ortaya koymaktadır. Bu yayınlara göre, gezgin robotların, gelişmiş üretim sistemleri, sağlık sektörü, dış ortamlarda otonom araçlar, uzay keşifleri, maden arama, tarım, su altı ve kurtarma sistemleri gibi geniş bir alanda uygulamalarını görmenin mümkün olacağı açıktır.

Birçok alanda uygulama ortamı bulan gezgin robot sistemlerinde araştırmacı yetiştirmek, bu teknolojiyi kullanmak ve gelişimine katkı sağlamak için önemlidir. Bu alanda yöntem geliştirilmesi safhasında benzetim araçları yaygın olarak kullanılmaktadır. Gezgin robotlarda, yöntemler geliştirilirken bir döngü içinde uygulama ve uygulama sonuçlarına göre yöntemin güncellenmesi söz konusudur. Gerçek robotlarla, bu döngüyü gerçekleştirmek ortamın kurulumu esnasında zaman kaybına ve zamanla robotların yıpranması ve enerji kaybına sebep olmaktadır. Bu nedenle, benzetim araçlarının kullanımı bu olumsuz faktörlerin

giderilmesini sağlamaktadır. Diğer taraftan, bu araçlar sundukları görsellik ve gerçeğe yakın veriler ile eğitim amacıyla da kullanılmaktadır. Bu araçlar eğitimde, bir laboratuvar ortamında gerçek robot sistemlerine gereksinim duymadan öğrenilen yöntemleri uygulayabilmeyi, sonuçlarını gözlemlemeyi ve analizleri gerçekleştirebilmeyi sağlamaktadır. Geliştirilen robot kontrol yazılımının son hali, benzetim ortamında modellenemeyen ancak gerçek ortamlarda karşılaşılan durumlarda test edilmek üzere gerçek robotlarda uygulanmaktadır.

Literatürde, robotik eğitime yönelik üç farklı yaklaşımın benimsendiği görülmektedir. Bir yaklaşım, eğitimde benzetim ortamının kullanımı yerine sadece gerçek robotların kullanımını içermektedir. [3]' de, benzetim ortamında eğitilen öğrencilerin gerçek ortamda karşılaşılan beklenmedik faktörlerden deneyim kazanamayacağını ileri sürmektedir. Bu sebeple, tasarladıkları küçük boyutlu otonom robotlarla oluşturulan laboratuvar ortamında eğitim gerçekleştirmektedirler. Küçük boyutlu robotların seçimi, deneysel ortamın kurulum zamanını kısıltacaktır. Gerçek ortamdaki uygulamalarda modellenemeyen faktörlerin öğrencilere önemli deneyimler kazandıracağı açıktır. Ancak, gerçek robotlar üzerindeki çalışmalar öğrencilerin çok zamanını alacak ve laboratuvar kısıtlı bir kaynak olduğu düşünüldüğünde birden çok öğrencinin eş zamanlı çalışmasında problemler doğulabilecektir. Diğer taraftan, bir başka yaklaşım da sadece benzetim ortamının kullanımını içermektedir. [4]' de, robotik eğitimi tamamen sanal laboratuvar ortamında gerçekleştirilmektedir. Öğrenciler, proje tabanlı olarak katıldıkları ders kapsamında, 3-boyutlu sanal laboratuvar yazılımını kullanarak, robotların mekanik tasarımlarını ve algılayıcı yapılandırmalarını belirlemekte, kontrol yazılımlarını geliştirmekte ve sonuçlarını gözlemleyebilmektedir. Bu yaklaşım ile yetişen öğrenciler, gerçek ortamdaki deneyimleri kazanamayacaklardır. Son olarak, hem benzetim

araçlarının hem de gerçek robotların kullanımı ile eğitim gerçekleştirilmesini benimseyen yaklaşımlar mevcuttur. [5]' de, otonom robotlardaki eğitimde hem benzetim ortamı hem de gerçek robotlar kullanılmaktadır. Öğrenciler, robot kontrol programlarını web tabanlı grafiksel benzetim ortamında uygulamalarla deneyerek geliştirmekte ve başarılı sonuçlar elde ettikleri programlarını gerçek robotlara yükleyerek çalıştırmaktadırlar. İnternet üzerinden laboratuvar ortamındaki robotlara ulaşarak uygulamaların gerçekleştirildiği eğitim çalışmaları da yaygın olarak gözlenmektedir. [6] ve [7]' de, robotik eğitiminde uzaktan eğitim programları için tercih edilebilecek bir sistem kullanılmaktadır. Öğrenciler, robotik ile ilgili aldıkları teorik bilgileri robotlarda uygulamalı öğrenmek amacıyla, programlarını benzetim ortamında test etmektedirler. Gerçek robotlar üzerindeki uygulamalarını internet üzerinden gözlemleyebilmektedir. Kameralar ile izlenebilen laboratuvar ortamındaki robotlar, bir sunucu yazılımı vasıtasıyla internet ortamında yönetilebilmektedir. Bu yaklaşımda, çok sayıda öğrenci laboratuardan faydalanmakta ve kaynaklar verimli kullanılmaktadır.

Otonom robotlarla ilgili olarak gerçekleştirilen eğitim yaklaşımlarındaki ortak nokta, benzetim ya da gerçek ortamda uygulamaların yapılmasının gerekliliğidir. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Yapay Zekâ ve Robotik Laboratuvarında gezgin robotlarla ilgili eğitimlerde uygulamalara geniş yer verilmektedir. Bu çalışmada, eğitimde kullanılmış ve kullanılmakta olan benzetim araçları sunulmaktadır.

Bölüm 2' de gezgin robot benzetim ortamları anlatılmaktadır. Bölüm 3' de derslerde yapılan uygulamalardan örnekler verilmekte ve öğrenciler için kazanımlar anlatılmaktadır. Bölüm 4' de bu çalışmada elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

2. Gezgin Robot Sistemleri için Benzetim Ortamları

Gezgin robot sistemleri için, serbest olarak kullanılabilen açık kaynak kodlu birçok benzetim yazılımı mevcuttur. Bu yazılımların geliştirilmesindeki amaç gönüllü ve ticari olmak üzere iki grupta toplanabilir. Gönüllü araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan, yaygın kullanımı olan serbest yazılımlardan biri Player/Stage [8] olarak adlandırılmaktadır.

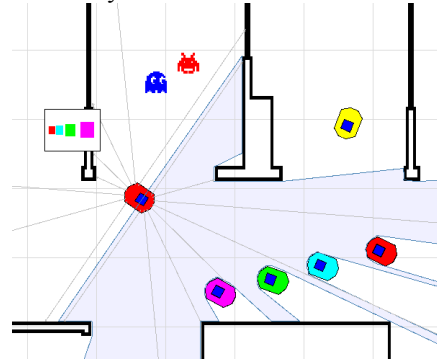
ESOGÜ, Yapay Zeka ve Robotik Laboratuvarında da kullanılan Player, 3 yazılım içermektedir:

Player: Bu yazılım, kullanıcıların robot kontrol programı ile robot donanımı (hareket sistemleri, algılayıcıları ve elektronik kontrol kartları) arasında bir ara yüz oluşturur. Bu yapı, kullanıcı programları

ile bilgisayar donanımı arasındaki işletim sistemlerinin işlevine benzerlik gösterir. Araştırmalarda kullanılmak üzere ticari olarak satışı olan çeşitli gezgin robot sistemleri vardır. Her birisi, farklı sürüş sistemlerine ve algılayıcılara sahiptir. Robot kontrol programları, temelde benzer işleri (algılama, hareket, v.b.) yapmasına rağmen, farklı donanımlar üzerinde çalıştırılmak istendiğinde tekrar yazılması gerekmektedir. Player, bu yükü oldukça azaltmaktadır. Player yazılımı, Roomba, Khepera, Pioneer, Nomad200, Segway gibi yaygın olarak bilinen gezgin robot platformlarını; Canon VCC4 PTZ kamera, Sick LMS 200 Lazer mesafe algılayıcı gibi robot platformları üzerinde kullanılan algılama donanımlarını; Festival ses sentezleme yazılımı, YARP görüntü yakalama gibi yazılımlar ile ara yüzü desteklemekte ve engelden sakınarak hedefe ulaşmada kullanılan Vektör Alan Histogram, konumlandırma kullanılan Adaptif Monte Carlo Konumlandırma gibi algoritmaları kodlanmış olarak içermektedir.

Kullanıcı kontrol programı, TCP soketleri üzerinden Player yazılımı ile konuşabilmektedir. Böylece, algılayıcı verilerini okuma, sürücülere komut gönderme ve sistem yapılandırmasını değiştirmek mümkün olmaktadır. Player yazılımı, kullanıcı kontrol programının bu taleplerini yapılan tercihe göre benzetim yazımında ya da gerçek robottan sağlamaktadır. Player yazılımı, C++, Tcl, Java ve Python dilleri ile yazılmış kullanıcı kontrol programlarını desteklemektedir. Player yazılımı, yalnızca Linux, Solaris ve BSD işletim sistemleri üzerinde çalıştırılabilmektedir.

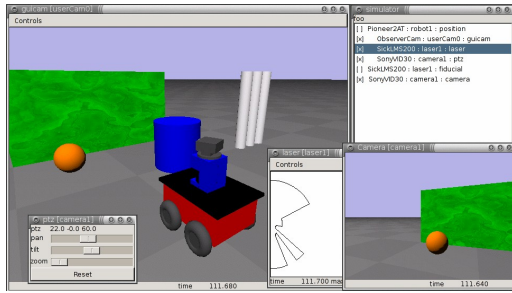
Stage: Player projesi içinde yer alan 2-boyutlu çoklu robot benzetim ortamıdır. Farklı gezgin robot platformlarının, algılayıcıların ve nesnelerin iki-boyutlu bir ortamda benzetimini yapmaktadır. Çok robotlu sistemler üzerindeki araştırmaları desteklemek üzere tasarlanmıştır. Her bir robot, farklı TCP portları üzerinden bağlanan robot kontrol programları ile yönetilir.



Şekil 1: Stage benzetim yazılımından örnek bir ekran görüntüsü (<http://playerstage.sourceforge.net>).

Şekil 1’ de Stage benzetim ortamından örnek bir ekran görüntüsü verilmektedir. Görüldüğü gibi ortamda 8 adet robot bulunmaktadır. Siyah koyu çizgiler, ortamdaki engelleri ve duvarları göstermektedir. Herhangi bir robota kontrol programı bağlantı gerçekleştirdiğinde, şekilde görüldüğü gibi robot üzerindeki algılayıcılar gözlemlenebilmektedir. Robottan eşit açılar ile uzanan çizgiler sonar algılayıcıyı, 180 derecelik bir yay içerisinde engeller ile sınırlandırılan koyu bölge lazer mesafe algılayıcısını ve içinde 4 adet renk öbeği içeren dikdörtgen şekil ise, robotun kamerasından gördüğü resmi göstermektedir. Ayrıca, robotların hareketleri esnasında iz bırakmalarını sağlama ve video kaydı gerçekleştirmek mümkün olmaktadır.

Gazebo: Player projesi içinde yer alan 3-boyutlu dinamiği içeren çoklu robot benzetim ortamıdır. Stage yazılımına benzer şekilde, robotları ve nesnelere benzetimini gerçekleştirmektedir. Ancak, 3-boyutlu bir ortamda, nesnelere arası fiziksel etkileşimleri gösterebilen bir benzetim yazılımıdır.



Şekil 2: Gazebo benzetim yazılımından örnek bir ekran görüntüsü (<http://playerstage.sourceforge.net>).

Şekil 2’ de Gazebo benzetim ortamının bir pencere görüntüsü verilmektedir. Görüldüğü gibi, nesnelere 3-boyutlu olarak görülmektedir. Robotun kamera görüntüsü daha gerçekçidir. Bu ortam, hem araştırmacılar hem de eğitim alan öğrenciler için uygulama sonuçlarını değerlendirmekte daha verimli olacaktır.

Görüldüğü gibi gönüllü araştırmacılar tarafından geliştirilen Player projesi kapsamındaki benzetim araçları, gerçek robot sistemlerine sahip olmaksızın yöntemlerin uygulanmasını ve gerçeğe yakın sonuçların değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Araştırmacılar, açık kaynak kodlu olarak temin edilebilen bu yazılımın program parçalarını kullanarak kendi eklentileri ile birlikte geliştirdikleri robot sistemlerinde kullanabilmektedir. Diğer taraftan, araştırma laboratuvarları, araştırma ve eğitim faaliyetlerinde kullanmak üzere kendi benzetim yazılımlarını geliştirmeyi tercih etmektedirler.

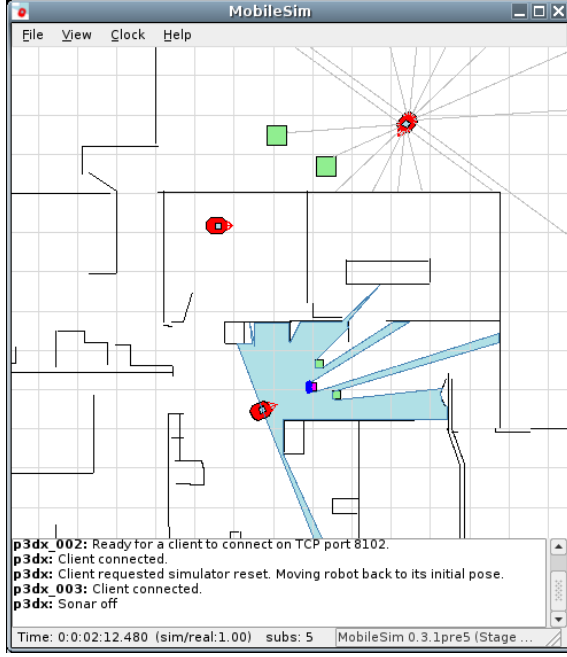
Ticari olarak ortaya çıkan benzetim yazılımları, gezgin robot sistemleri üreten firmalar tarafından ürünlerinin pazarlanmasını desteklemek üzere geliştirilmektedir. Genellikle bu yazılımlar, ücretsiz olarak isteyen araştırmacı tarafından internet üzerinde yüklenilip kullanılabilir. K-Team firmasının ürettiği Khepera adlı robotların benzetimini gerçekleştiren Webots benzetim yazılımı [9] ve Mobile Robots Inc. Firmasının ürettiği Pioneer adlı robotların benzetimini gerçekleştiren MobileSim benzetim yazılımı [10], ticari amaçlarla geliştirilen benzetim yazılımlarına örnek verilebilir.

ESOGÜ, Yapay Zeka ve Robotik Laboratuvarında, araştırma ve eğitim amacıyla kullanılmak üzere 3 adet Pioneer 3-DX ve 1 adet Pioneer 3-AT robot bulunması sebebiyle MobileSim yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılımın geliştirilmesinde, Stage benzetim yazılımına ait program parçaları kullanılmıştır. Bu benzetim yazılımı, bazı uygulama geliştirme kütüphaneleri ile birlikte gerçek robotlardan bağımsız çalışmayı mümkün kılmaktadır. Bu yazılımlar,

ARIA: Uygulamalarda, Pioneer mobile robot platformları ile ara yüzü sağlayan C++ dilinde uygulama geliştirme kütüphanesidir. Robotların dinamik olarak hareketlerinin sağlanması ve algılayıcı bilgilerinin temin edilmesi uygulama programlarında bu kütüphanelerin kullanımı ile kolaylaşmaktadır. Bu kütüphaneye eklenti olarak geliştirilen, ARNL ve SONARNL adlı yazılımlar robotların konumlarının gerçek zamanlı olarak belirlenmesi ve yol planlamasını uygulama programlarına sağlamaktadır.

Mapper3: Bu yazılım, benzetim ortamında ve harita tabanlı konumlandırma algoritmalarında kullanılmak üzere ortam haritasının oluşturulmasına yardım etmektedir. Bir çizim programının kullanımına benzer olarak gerçek ortam boyutları ile orantılı çizimler çizilmek suretiyle ortamdaki duvar ve engeller oluşturulmaktadır. Ayrıca, yazılım, lazer mesafe tarayıcısı ile gerçek robotun ortamda hareketi esnasında topladığı verileri kullanarak ortam haritasını oluşturabilmektedir.

Mobilesim: Pioneer mobile robot platformları için, benzetim yazılımıdır. Stage benzetim yazılımının program parçaları kullanıldığından, benzerlikler Şekil 3’ de görülmektedir. Pencerenin altında, benzetim programı üzerindeki robotların isimleri ve kontrol programı ile bağlantı durumlarını, komutlar sonucu durum değişimleri gözlenebilmektedir. Benzetimi ortamındaki her robot kontrol programı ile bağlantısını TCP soketler üzerinden farklı bir port üzerinden gerçekleştirmektedir.



Şekil 3: MobileSim benzetim yazılımından örnek bir ekran görüntüsü (<http://robots.mobilerobots.com>).

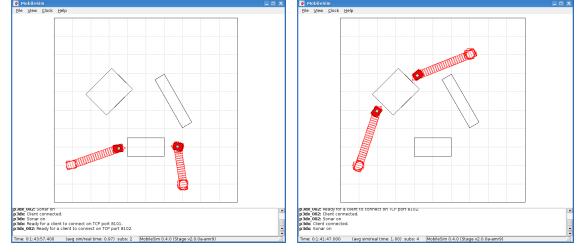
Benzetim yazılımları gerek ticari amaçla ve gerekse gönüllü olarak geliştirilmiş olsun, araştırma ve eğitimde önemli bir yere sahiptir. Bir sonraki bölümde, öğrencilerin eğitiminde gerçekleştirilen uygulamalarda benzetim ortamının kullanımı aktarılacaktır.

3. Uygulamalar

ESOGU, Yapay Zeka ve Robotik Laboratuvarında, benzetim ortamında ve gerçek robotlar kullanarak yapılmış çok sayıda uygulama mevcuttur. Bu uygulamalar esnasında yapılan çalışmayı anlatan kısa bilgilere ve uygulama videolarına laboratuvar web sayfasından ulaşmak mümkündür [11].

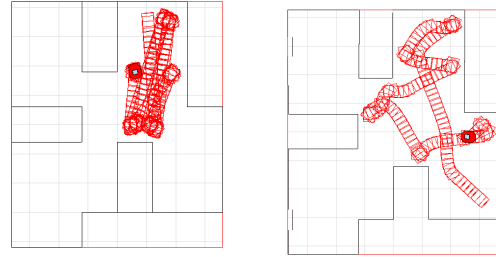
Uygulama 1: 2008 -2009 Bahar öğretim döneminde, Çok Erkinli Sistemler dersinde bir öğrenci, çok robotlu bir sistemde ortamdaki birden çok robotla ancak taşınabilecek büyüklükteki kutuların taşınmasını gerçekleştirecek bir proje üzerinde çalışmaktadır. Çalışmanın uygulama alanı olarak, büyük depolarda, konteynırların robotlar tarafından insan müdahalesi olmadan taşınması düşünülmüştür. Taşıma görevleri, robotlar tarafında (auction) müzayede tabanlı bir yaklaşım ile üstlenilmekte ve gerçekleştirilmektedir. Bu projenin uygulamasında, laboratuvardaki Pioneer-3DX robotların kullanılması planlanmaktadır. Öğrenci, taşıma safhasını benzetim ortamında uygulayamaz. Bu safhanın birebir robotlar üzerinde denenmesi gerekir. Ancak, görevlerin paylaşılması ve robotların kutuların tutacakları kenarına gitmesi benzetim ortamında test edilebilir.

Bu safhanın benzetim ortamındaki sonuçları Şekil 4’ de görülmektedir.



Şekil 4: Ders proje uygulamasından bir ekran görüntüsü.

Uygulama 2: 2008 -2009 Güz öğretim döneminde, Mobile Robotlar dersinde öğrenciler, kapsama mimarisi ve potansiyel alanlar yönteminin anlatımı sonrasında, uygulama ödevi olarak bu yöntemlerin uygulaması verilmiştir. Şekil 5’de bir öğrencinin elde ettiği sonuçlar görülmektedir. Soldaki resimde görüldüğü gibi, robotun rastgele dolaşma davranışında robotun hareketine belli zaman aralıklarında rastsal dönüşler eklenmemesi durumunda dolaşabildiği alan kısıtlı kalmaktadır. Sağdaki şekilde ise, potansiyel vektör toplamına rastsal dönüşler eklendiğinde dolaşma alanının genişlediği görülmektedir.



Şekil 5: Ders ödevinde bir uygulamanın ekran görüntüsü.

4. Sonuçlar

Gezgin robot sistemleri ile ilgili eğitimde, benzetim ortamlarının kullanılması etkin öğrenime katkı sağlamaktadır. Teorik olarak anlatılan yöntemler, öğrenciler tarafından programlanması ve benzetim ortamında sonuçların gözlemlenmesi bilgiyi kalıcı kılmakta, uygulama deneyimi kazanılmasını sağlamakta, karşılaşılan hataların sebeplerinin belirlenmesinde sistematik yaklaşımların geliştirilmesi ve iyi çözüm yollarının deneyerek bulunması sağlanmaktadır.

5. Kaynaklar

- [1] “A Roadmap for US Robotics From Internet to Robotics Bildirinin Başlığı”, <http://www.us-robotics.us/>, May 21, 2009.
- [2] European Robotics Network (EURON), Network of Excellence Information Society Technologies

- [3] Howell, A., Way, E., McGrann R., and Woods R., "Autonomous Robots as a Generic Teaching Tool", *36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, October 28 – 31, 2006, San Diego, CA.
- [4] Sucar, L.E., Noguez, J., and Huesca, G., "Project oriented learning for basic robotics using virtual laboratories and intelligent tutors", *35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, October 19 – 22, 2005, Indianapolis, IN.
- [5] Kuc, R., Jackson, E.W., and Kuc, A., "Teaching Introductory Autonomous Robotics With JavaScript Simulations and Actual Robots", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 47, No. 1, pp.74-82, February, 2004.
- [6] Buiu, C., "Hybrid Educational Strategy for a Laboratory Course on Cognitive Robotics", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 51, No. 1, pp.100-107, February, 2008.
- [7] Guimarães, E., Maffei, A., Pereira, J., Russo, B., Cardozo, E., Bergerman, M., and Magalhães, M.F., "REAL: A Virtual Laboratory for Mobile Robot Experiments", *IEEE Transactions on Education*, Vol. 46, No. 1, pp.37-42, February, 2003.
- [8] The Player Project, <http://playerstage.sourceforge.net/>, Haziran 2009.
- [9] Webot, <http://www.k-team.com>, Haziran 2009.
- [10] MobileSim, <http://robots.mobilerobots.com>, Haziran 2009.
- [11] ESOGÜ Yapay Zeka ve Robotik Laboratuvarı, <http://www.ai-robotlab.ogu.edu.tr>, Haziran 2009.