

# İNTERNET'TE ÜÇÜNCÜ BOYUT ve ÜÇ BOYUTLU MODEL ÜRETİMİ

Ulaş Yılmaz  
ODTÜ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

**G**erçekçi görünen üç boyutlu modeller, sanal gerçeklik (virtual reality) ortamlarının vazgeçilmez bileşenleridir. Sanal gerçeklik ortamlarında kullanıcılar, ortam içindeki modellerle, yine ortam tarafından belirlenen kurallar dahilinde etkileşirler. Bu ortamlarda, kullanıcılar, modelleri çevirebilir, yerini değiştirebilir, şeklini bozabilir, hatta değişik aydınlanma koşulları altında ya da farklı renklerde gözlemleyebilirler. Pek çoğumuz sanal gerçeklik uygulamalarına, bilgisayar oyunları ve sinema filmleri aracılığı ile aşinayız. Kullanıcılar fare, klavye, joystick, monitör, hoparlör gibi araçlarla oyun ortamına dahil olarak ortamın sağladığı gerçekliği doyasıya yaşamaktadırlar. Örnek uygulamalar şunlar olabilir:

- *İnternet üzerinde üç boyutlu ürün tanıtımı*
- *Sanal stüdyolar*
- *Üç boyutlu telekonferans çalışmaları*
- *Üç boyutlu sanal simülasyonlar*
- *Üç boyutlu görsel etkiler içeren eğitim yazılımları*
- *Üç boyutlu nesne veri tabanları ve ansiklopediler*

Evinize mobilya alacağınızı düşünün. Mağazaya gidiyorsunuz. Satıcıya salonunuzun ölçülerini veriyorsunuz; salonda kullanmak istediğiniz eşyalarınızın profilini de eklemeyi unutmadan tabi. Satıcı gayet sakin bilgisayarının başına oturuyor ve elindeki ürünleri sanal ortamda yarattığı salonunuza yerleştirmeye başlıyor: Televizyonun

karşısına bir kanepe örneğin. Kanepenin rengini beğenmiyorsunuz, yeni bir desen ve farklı bir renkte kanepenin salonu nasıl göstereceğini bilgisayar ekranından görebiliyorsunuz. Loş ışıklarla yapılan bir aydınlatmanın daha estetik görüneceğini düşünüyorsunuz ve anında bilgisayar ortamında loş bir salonda dolaşmaya başlıyorsunuz. Bu, çok basit bir sanal gerçeklik uygulaması fakat gerek işlevselliği gerekse hesaplılığı açısından kayda değer. Tek ihtiyacımız olan gerçekçi modeller ve sanal gerçeklik ortamları.

Masaüstü yayıncılığın (desktop publishing) gelişmesi ile beraber sanal gerçeklik düşüncesi farklı boyutlar kazanıyor. Bu durumun iki ana nedeni var: Bir yandan yeni donanımlar (tarayıcı, sayısal kamera, vb.) geliştirilip satın alınabilir bir düzeye geliyor bir yan-

dan da bu donanımları kullanan yazılımların üretiliyor ve İnternet geliyor. İnternet üzerinde üç boyutlu bilgi iletişiminde standart dil olarak kullanılan Sanal Gerçeklik Modelleme Dili (Virtual Reality Modeling Language, VRML) hızla yaygınlaşıyor.

VRML üç boyutlu grafik ve çoklu ortam özelliklerini aynı platformda birleştirip kullanılmasını sağlayan bir dil tanıımıdır. Bugün yaygın olarak kullanılan İnternet tarayıcılarının tümü VRML'yi desteklemektedir. Tek yapmanız gereken bir plug-in indirip bunu kurmaktır. Kuracağınız plug-in sayesinde artık İnternet tarayıcınızı bir sanal gerçeklik ortamı olarak kullanabilirsiniz. Yazı, ses ve resimlere ek olarak üç boyutlu ortamlarda gezebilir kendi tanımlayacağınız ortamları ev sayfanız aracılığı ile başka insanlarla paylaşabilirsiniz.

Kırmızı renkte bir silindir içeren örnek bir VRML dosyası şöyle olabilir:

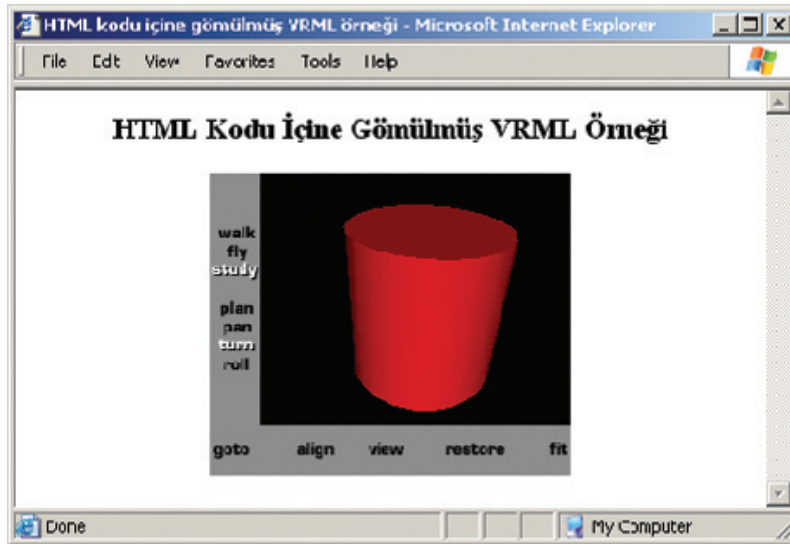
```
#VRML V2.0 utf8

Shape
{
    appearance Appearance
    {
        material Material
        {
            diffuseColor 1.0 0.0 0.0
        }
    }
    geometry Cylinder{}
}
```

Bu silindiri, HTML kodunun içine şu şekilde gömebilirsiniz:

```
<HTML>
  <HEAD>
    <TITLE>HTML kodu içine gömülmüş VRML örneği</TITLE>
  </HEAD>
  <BODY>
    <CENTER>
      <H3>HTML Kodu İçine Gömülmüş VRML Örneği</H3>
      <EMBED src="./silindirim.wrl" width="50%" height="128">
    </CENTER>
  </BODY>
</HTML>
```

Sonuç olarak ortaya çıkan görüntü ise şöyle olacaktır:



## Üç Boyutlu Model Üretimi

İnternet üzerinden olsun ya da olmasın sanal gerçeklik uygulamalarına ilgi ve ihtiyaç gitgide artmaktadır. Çok çeşitli küçük ölçekli diğer uygulamalarla beraber yukarıda verilen çalışma sahaları üç boyutlu nesne modelleme için büyük ve potansiyel bir pazar oluşturmaktadır. Artan bu pazarda daha ince detaylandırılmış ve gerçeğe yakın modellere olan gereksinim de gün geçtikçe yeni,

gerçekçi ve hızlı model üretme yollarının gündeme gelmesini sağlamıştır.

Son yıllarda geleneksel üç boyutlu modelleme yazılımları yanında yeni teknolojinin ve çok hızlı ilerleyen bilgisayarla görme ve üç boyutlu bilgisayar grafiği araştırma alanlarının da yardımı ile yeni model üretim yöntemleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Uygulamalardaki en büyük sorun üç boyutlu görüntüleri ve bu görüntülerin içerdikleri nesneleri gerçekçi bir biçimde üretmektir. Nesne modellerini

üretmede yukarıda sayılan elle tasarım yöntemi ile birlikte literatürde üç yöntem vardır:

1. Elle tasarım (Manual design)
2. Aktif tarama (Active scanning)
3. Pasif tarama (Passive scanning)

## Elle Tasarım

Sanal gerçeklik uygulamaları için üç boyutlu model üretmenin en yaygın yöntemi elle tasarımdır. Elle tasarıma geleneksel model üretim yöntemi de diyebiliriz. Bu yaklaşım, gerçekte var olmayan (örneğin, Buz Devri filminde kahkahalarla izlediğimiz Sid), eldeki otomatik yöntemlerle modellenmesi çok zor olan (örneğin, büyük binalar veya geçirgen nesneler) ya da elle modellenmesi daha kolay olan (örneğin prizmalar) nesnelerin modellenmesinde kullanılabilir. Elle tasarım sırasında karşılaşılan en büyük zorluklardan birisi karmaşık bir geometriye sahip nesnelerin modellenmesidir. Örneğin, sıradan bir meşrubat şişesi modelinde bile elle belirtilmesi gereken 14 bin köşe bulunmaktadır. Biraz daha karmaşık nesne modellerinde köşe sayısı kolayca 100 bini bulmaktadır. 3D Studio, LightWave, Povray gibi hazır yazılım paketleri kullanılabilen elle tasarım yönteminde, model üretimi için uzun zamanlı uzman çalışması gerekmektedir. Üretilen modelin gerçekçiliğinin harcanan zamana göre tatmin edici olmaması riski hep mevcuttur.

## Aktif Tarama

Aktif tarama yöntemlerinde ise lazer erim tarayıcısı (laser range scanner), dokunma tabanlı tarayıcılar (touch-based scanners), yapısal ışıklandırma (structured light), üç boyutlu sayısallaştırıcılar gibi çok pahalı ve kullanması uzman bilgisi gerektiren cihazlara ihtiyaç vardır. Örneğin, Digital Michelangelo projesinde dünyaca



nl sanat eseri heykellerin yüksek kalitede üç boyutlu modellerinin üretilip arşivlenmesi hedeflenmiştir. Pek çok sanat eseri üç boyutlu lazer erim tarayıcıları kullanılarak taranmış ve bu eserlerin elektronik arşivleri üretilmiştir. Yukarıda Michelangelo'nun nl David'inin taranması aşamalarından örnekler gösterilmektedir.

### **Pasif Tarama**

Varolan birçok pasif tarama yöntemleri ise özel cihazlar gerektirmeksizin modelleme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu tür pasif tarama yöntemleri arasında gölgeden (shape from shadow), ikili bilgidenden (shape from stereo), hareketten (shape from stereo) biçimlendirme bulunmaktadır. Pasif taramanın temeli bilgisayarlı görmenin temel problemine dayanır: Resim anlama. Bilgisayarlı görme

bir yapay zekâ problemi olarak ortaya çıkmıştır. Zaten bu yüzden de resim anlama olarak da adlandırılır. Ana hedef resimlerden görüntünün üç boyutlu yapısı ile ilgili bilgi çıkarımdır. Pasif tarama yöntemlerinde, modellenecek nesneler ile ilgili bilgi çekilen fotoğraflardan çıkarılmaya çalışılır. Bu yöntem üç kısımdan oluşur:

1. Ortam ayarlarının yapılması (Calibration)
2. Modelin geometrisinin çıkarılması (Geometry Reconstruction)
3. Modelin yüzey görüntüsünün çıkarılması (Appearance Reconstruction)

Ortam ayarları, resimlerin alındığı düzeneğin geometrisinin hesaplanması için gereklidir. Bu ayarlar, kamera ayarları, ışık kaynağı ayarları gibi alt başlıklar altında incele-

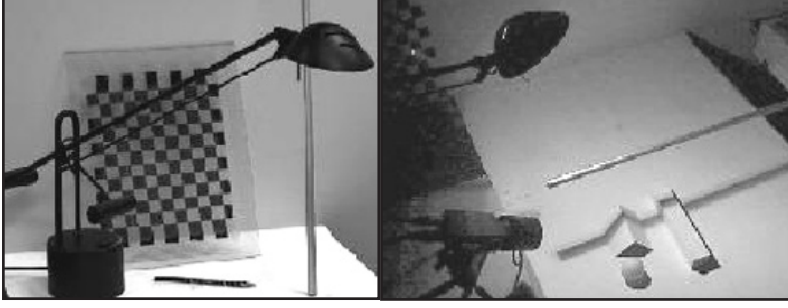
nebilir. Ortam ayarları bir kez yapıldıktan sonra, resim uzayı, kamera uzayı ve gerçek dünya arasında dönüşümler kolaylıkla yapılabilir. Yani verilen bir resmin üzerindeki her hangi bir noktanın uzayda nerede olduğu ya da uzaydaki bir noktanın resimde nerede göründüğü kolaylıkla hesaplanabilir.

Model geometrisinin çıkarılması sırasında izlenen başlıca yollar şunlardır:

- Gölge ile erim tarama (Shadow scanning)
- Hacimsel birimlerin renklenilmesi (Voxel coloring)
- Uzay oyma (Space carving)

Gölge ile erim taramasında, gölgenin cisim üzerindeki kırılmasına bakılarak, kırılmanın yaşandığı yerlerdeki derinlik bilgisinin hesaplanır. Böyle bir sistemin lazer erim tarayıcısı sisteminden farkı, lazer





ışını yerine gölge kullanılmasıdır. Gölge kullanmanın dezavantajı, gölgenin nesne üzerindeki izdüşüm alanının yarı gölgeler nedeniyle dağınık olmasıdır. Lazer ışığında böyle bir sorun olmadığından lazer erim tarayıcı ile üretilen modeller gölge erim tarayıcılarıyla üretilen modellerden daha mükemmeldir.

Öte yandan, hacimsel birimlerin renklendirilmesi yönteminde, nesneyi kapsayan bir başlangıç küpü hesaplanır. Daha sonra bu küp belli bir çözünürlükte küplere parçalanır. Her bir küpün renginin çıkarılması ile nesnenin modeli elde edilir. Bir renk ataması yapılamayan küplerin, nesnenin üzerinde olmadığı varsayılır. Uzun oyma ise hacimsel birimlerin renklendirilmesi yönteminin sadece iki renk kullanılarak yapılmasıdır. Bu iki renk hacimsel birimin modelde olup olmayacağını göstermek için kullanılır. Örneğin, siyah modelde olma, beyaz da model üzerinde olmama olarak gösterilirse, modelin resim üzerindeki izdüşümünde nesneye karşılık gelen yerler siyah diğer kısımlar beyaz olacaktır. Bu yöntemde, modelin geometrisi elde edildikten sonra yüzey dokusunun eklenmesi için resimler kullanılır.

ODTÜ, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Bilgisayarlı Görme Grubu konuyla ilgili çalışmaları sürdürmektedir. Kullanılan düzener bir sayısal kamera, döner masa ve bilgisayardan ibarettir. Bu projede sıradan bir kullanıcının da kullanabileceği ve üç boyutlu bir nesnenin göreceli olarak daha hızlı ve gerçeğine daha yakın üretilibi-

leceği bir yöntemin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Yöntem pasif tarama tabanlıdır ve sadece modellenen nesnenin görüntülerini kullanmaktadır. Başta silüet kullanılarak nesnenin taslak modeli bulunmakta ve ardından ikili görüntüleme ile model iyileştirilmektedir. Son olarak, üretilen model üzerine yüzey dokuları da eklenerek gerçekçi bir görünüm kazanması sağlanmaktadır. Üretilen modeller İnternet üstünden VRML kullanılarak sergilenmektedir.

## Kaynakça

VRML ile ilgili detaylı bilgi için, <http://www.vrml.org>

Digital Michelangelo projesi ile ilgili detay için, <http://graphics.stanford.edu/projects/mich>

Bilgisayarla görme ile ilgili detay için, <http://www.cs.ucf.edu/~vision/papers/GuestIntroIJCV2002.pdf>

ODTÜ, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü bünyesindeki Bilgisayarlı Görme Grubu hakkında detaylı bilgi için <http://www.ceng.metu.edu.tr/~3d>



Kısmi kontrollü bir ortam kullanılmasına rağmen sonuçlar doyurucudur.

