

Mobil Cihazlarda Görsel Arttırılmış Gerçeklik Algısının 3 Boyutlu Kırmızı-Camgöbeği Gözlükler İle Arttırılması

Improving Visual Perception of Augmented Reality on Mobile Devices with 3D Red-Cyan Glasses

Cengiz Güngör
Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
cengiz.gungor@ege.edu.tr

Murat Kurt
Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
murat.kurt@ege.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada, günümüzde oldukça popüler olan arttırılmış gerçeklik çalışmalarında elde edilen 3 boyutlu görsellerin izleyici tarafından anlaşılabilirliği üzerine çalışılmıştır. Çeşitli firmalar tarafından üretilmiş 3 boyutlu arttırılmış gerçeklik gözlükleri halen yüksek fiyatları ile tüketicilere hitaptan uzaktırlar. Bu çalışmada bilinen en ucuz 3 boyutlu gözlükler olan kırmızı ve camgöbeği (anaglif) gözlükleri bu amaçla kullanılmıştır. Elde edilen sol ve sağ görüntünün yerleşimi de insan gözünü yormayacak şekilde ayarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — arttırılmış gerçeklik; görsel algulama; üç boyutlu görüntüleme.

Abstract—In this work, we study the understanding of 3D visual objects which are generated by augmented reality techniques. 3D glasses are typically highly priced, and so they are not purchasable for most consumers. Instead, we consider low-priced red-cyan (anaglyph) glasses. We generate the left and right views so that they are comfortable for human eyes.

Keywords — augmented reality; visual perception; three dimensional visualization.

I. GİRİŞ

Mobil cihazlar üzerinde kullanıcılara görsel ek bilgi vermenin bir yolu da son yaklaşımlardan olan arttırılmış gerçeklik (AG) (ing: augmented reality) tekniğidir. Tekniğin ana esası gerçek dünya görüntüsünde uygun yerlere ek nesnelere, yazılara atamak ve gerçek görüntü ile birlikte göstermektir.

Arttırılmış gerçekliğin sanal gerçeklik kavramından ayrıldığı nokta, sanal gerçeklikteki gibi gerçek dünya görüntüsünden tümüyle vazgeçilmemesi, sanal katkının %10-20 oranında kalmasıdır. Bu açıdan bakılırsa oyuncunun gözünden oynanan oyunlar bile sanal gerçeklik uygulaması sayılır. Ekrandaki görüntüye yapılan ekler ise arttırılmış gerçekliktir.

978-1-4799-4874-1/14/\$31.00 ©2014 IEEE

Arttırılmış Gerçeklik uzun süredir gündemde olan bir tekniktir. Ancak, bu teknolojinin uygulamaları sadece son yıllarda belirgin bir artış göstermiştir. Bunun nedeni cep telefonu gibi daha ucuz teknolojilerin daha geniş kitleye ulaşmış olmasıdır. Bilgiye erişilebilirliğin artmasına bağlı olarak, artık eğitimde de arttırılmış gerçeklik kullanılan uygulamalar daha fazla görülmektedir.

Günümüzde TV’lerde sunulan 3 boyutlu filmler aktif ve pasif polarize gözlüklerle görülebilmektedir. Bu gözlüklerde üçüncü boyut algısı üst seviyelerdedir. Ancak bu gözlüklerin mobil cihazlarda kullanımı henüz mümkün olmamaktadır. Polarize gözlüklerden önce iki renkli gözlükler kullanılmaktaydı. Bu gözlüklerden birisi de kırmızı ve camgöbeği (ing: cyan) rengi olanıdır. Bu gözlüklerde üçüncü boyut algısı düşüktür ancak en ucuz çözümler ve mobil cihazlarda kullanılmaya uygundur.

Arttırılmış gerçeklik için özel gözlükler üretilmektedir. Vuzix [1], Meta [2] ve Google [3] firmaları çift veya tek göze yansıtılan görüntüye sanal eklemeler yapmaktadırlar. Ancak bu gözlükler binlerce dolar fiyatları ile tüm tüketicilerin rahatlıkla karşılayacağı seviyelerinden oldukça uzaktırlar. Daha ucuz bir çözüm olarak, mevcut sanal gerçeklik geliştirme kitlerinin lensleri arttırılmış gerçeklik için kullanılabilir [14]. Bu çalışmada öncelikle en ucuz gözlük çözümü olan kırmızı-camgöbeği tercih edilmiştir. Bu gözlüklerin fiyatı 5 dolardan azdır.

II. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Arttırılmış gerçeklik, gerçek dünya görüntüsü üzerinde sanal nesnelere oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu etkiyi elde etmek için, sanal gerçeklik kullanan yazılım gerçek dünyanın unsurlarını sanal objelerle gerçek zamanlı görüntü üzerinde birleştirir [4]. Ronald T. Azuma 1997’deki çalışmasında [5] bir anket yaparak, ideal bir AG sisteminin her zaman üç özelliği taşıması gerektiğini belirtmiştir: sanal nesnelere gerçekleri birleştirmek (Şekil 1), gerçek zamanlı etkileşim ve 3 boyutlu kayıt.



Şekil 1. Arttırılmış gerçeklik görüntüsü [6].

Arttırılmış gerçeklik, sanal gerçekliğin (VR) (ing: virtual reality) yerine geçemez ve buna bir ek de değildir. Bir AG sistemi kullanıcısına Şekil 1'deki gibi sahnenin sanal yönleri ile gerçek dünyanın birleşimini birlikte yaşatır.

Günümüzde medya arttırılmış gerçekliği kullanmaktadır. Örneğin olimpiyatlarda sporunun ciridi kaç metre civarına attığını, birinci sıradaki oyuncudan ne kadar uzakta olduğunu yerde gerçekte olmayan şeritlerle gösterirler. Bu olanak yeni geliştirilmiş bir teknoloji gibi görünse de AG tarihini oldukça eskiye dayanır. 1968 yılında Ivan Sutherland genellikle ilk VR sistemi ve AG sistemi olarak kabul edilen bir prototip geliştirmiştir [7]. Prototipin kullanıcı doğru yönde baktığı zaman görüntülenen üç boyutlu bilgilerle kullanıcıya yardım etme amacı vardı. Ancak, çok ağır olan bu sistemin tavana asılması gerekiyordu. Kişisel bilgisayarlar sayesinde, daha üstün ve daha ucuz teknolojilerle AG son yıllarda hızla gelişmiştir. Christian Doppler Laboratuvarı 2009'da AG gelişiminde bazı önemli kilometre taşlarını listelemektedir [6]. Bu tarihten günümüze dek çok kaliteli uygulamalar geliştirilse de bu listede yer verilen ilklerden çok ta farklı uygulamalara rastlanmamaktadır.

III. ARTTIRILMIŞ GERÇEKLIK

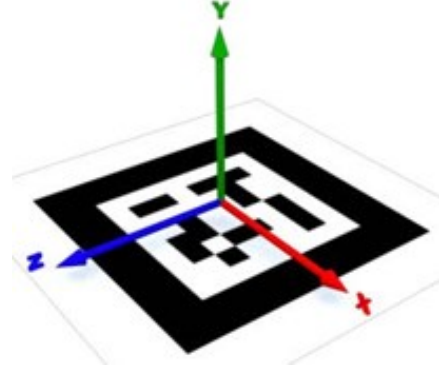
Bir AG sisteminde, fiziksel dünyada sanal nesnelere mümkün olduğunca gerçekçi olarak yerleştirmek için bilgisayara fiziksel dünyayla ilgili bir kavramı doğru olarak almak gerekir. Bu işlem en kolay işaretçi (ing: marker) tanıma ile yapılır. Fakat daha yeni çalışmalarda işaretçi dahi olmadan fiziksel ortamın özellikleri yoğun takip ve haritalama (ing: Dense Tracking and Mapping - DTAM) elde edilebilmektedir [15]. Bu çalışmada işaretçi tanıma kullanılmıştır.

A. İşaretçiler

İşaretçiler AG'nin önemli bir parçasıdır (Şekil 2). Bu tanıma noktaları olmadan, bilgisayara bir konum bilgisi vermek kolay değildir. Her işaretçi ile bir koordinat sistemini temsil eden x, y ve z eksenleri (Şekil 3) elde edilmiş olur. Bir işaretçi genellikle siyah ve beyaz soyut kare desenlerden oluşturulur. Fiziksel dünyaya bakan bir kamera görüntüde bu işaretçiyi gördüğünde, bir yazılım da koordinatları ve merkez noktayı



Şekil 2. Çeşitli işaretçiler [8]



Şekil 3. İşaretçi ve eksenler

bilgisayara gönderir. Son işlem olarak, genellikle gösterilecek olan sanal nesne işaretçinin tam ortasına konulur.

Bilgisayar tarafından yapılan bu işlem 'izleme' olarak da adlandırılır. İşaretçinin uygun şekilde izlenmesi için oldukça kontrast, hatta siyah-beyaz olması çok daha uygundur. Şekil 2'de görülen bu tür işaretçiler iyi bir pozlamada önemli bir rol oynarlar.

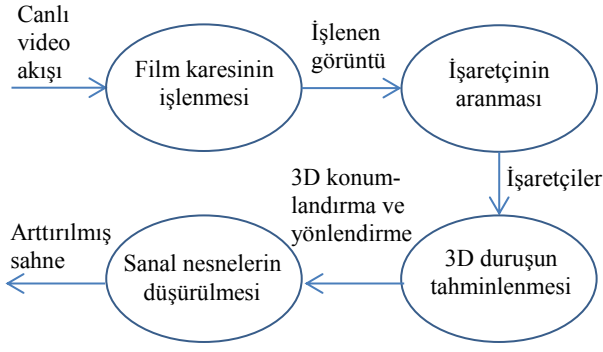
Siyah-beyaz işaretlere ek olarak, renkli işaretçiler kullanmak da mümkündür. İşaretçinin ortasında belirteç olarak yeterli miktarda tanıtıcı görüntü, harf, sayı olmalıdır. Ancak, yine de seçilen bir işaretçiyi kullanmak her zaman uygun değildir. İşaretçilerin kullanım kuralları Metaio sitesinde yönergeler şeklinde aşağıdaki gibi verilir [9]:

- Görüntünün net tanımlanabilir özellikleri olmalıdır.
- Görüntü izlemeyi olumlu etkilemelidir, simetrik görüntüler olmamalıdır.
- Sadece metin kullanmak izlemeyi olumsuz etkiler.
- Sadece beyaz işaretçi izlemeyi olumsuz etkiler.

En iyi izleme sonuçları kontrast ve soyut siyah-beyaz işaretçilerin kullanımı ile hızlı bir şekilde elde edilir. Bazı özel kavramları, grafikleri kullanmak ise karmaşayı artırır ve izlemeyi olumsuz etkiler. Örneğin, bir işaretçi olarak, bir oyuncak kutusunun arka planı da verilebilir, ancak sonuç çok ta iyi olmaz, çünkü işaretçiyi izleme süreci aşırı karmaşadan dolayı tam olarak yapılamayacaktır [8].

B. Takip süreci

Kato ve arkadaşları ARToolKit çalıştayında kendi çalışmalarını sunmuşlar ve sunumlarında AG'nin takip aşamasını açıkça tarif eden bir grafik kullanmışlardır [10]. Bu grafiği Ercan [11] Şekil 4'teki gibi basitleştirmiştir.



Şekil 4. İşaretçi-tabanlı sistemlerin genel yapısı [11].

İlk olarak, canlı kamera görüntüsü siyah-beyaza dönüştürülür. Bu siyah-beyaz görüntü içinde kare desenler (potansiyel işaretler) aranır. Yazılım önceden tanımlanmış işaretler ile bu bölgeleri karşılaştırır. Bir eşleşme varsa, işaretçinin konumu hesaplanır ve bunun üzerine bir 3D model yerleştirilir [11]. Sonuçta kullanıcı ekranında gerçek ve sanal görüntülerin birleştirildiği bir görüntü görür.

IV. YÖNTEM

Bu çalışmada arttırılmış gerçeklik tekniği için en popüler araç olan ARToolKit [12] ve grafikler için OpenGL kullanılmıştır [13]. AG ile sol ve sağ göz için ayrı ayrı üretilen görüntüleri, ilgili gözün görmesi sağlanmıştır.

Arttırılmış gerçeklik yöntemi aracı desenin kameraya olan uzaklığını ve açısını hesapladıktan sonra desenin merkezini kullanarak objeleri yerleştirir. Bizim yöntemimizde Şekil 5'te görüleceği gibi cihaz kamerası oynatılmadan OpenGL kamera hareketleri ile sağ göz için görüntüler elde edilmektedir.

ARToolKit kütüphanesinde Şekil 5'deki deseni cihaz kamerasının algılanması için:

```
arGetTransMat(&marker_info[k],
patt_center, patt_width, patt_trans);
```

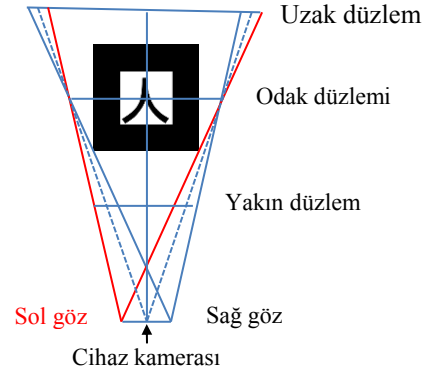
metodu kullanılır. Burada, patt_trans desenin yerini ve açısını veren 3x4 boyutlarında bir matristir. Bu matrisin OpenGL'de kullanılabilmesi için:

```
argConvGlpara(patt_trans, gl_para);
```

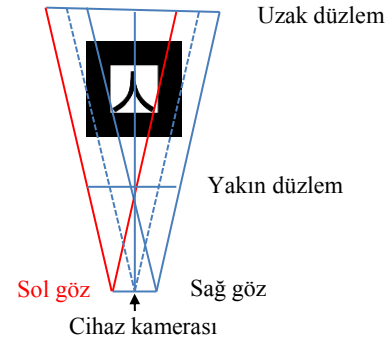
metodu kullanılır. Burada gl_para 16 elemanlı bir dizidir. Bu dizi OpenGL modelview matrisi üzerine:

```
glLoadMatrixd(gl_para);
```

metodu ile aktarıldığında objenin açısı ve uzaklığı ayarlanmış olur. Bu noktaya bir obje konulduğunda, Şekil 1'deki gibi bir arttırılmış gerçeklik görüntüsü gösterilmiş olur. Ancak, stereo bir bakışta sağ ve sol göz objenin farklı açıları görmektedir. Bu etkiyi vermek için Şekil 5'deki sağ ve sol göz noktalarına kamerayı kaydırmak gerekir. Bu işlem için glLoadMatrixd metodu çağırılmadan hemen önce elde edilen gl_para dizisi düzeltilmektedir. Bir başka teknikte ise gözler sonsuza bakar şekilde, odak düzlemi ile uğraşmadan Şekil 6'daki gibi obje veya kamera basitçe sağa ve sola kaydırılabilir. Bu yöntemde farklı bir etki elde edilse de izleyici yine de üçüncü boyutu hissetmektedir.



Şekil 5. Sağ ve sol göz için objenin görüntülerinin alınması.



Şekil 6. Odak düzlemi olmadan sağ ve sol göz için objenin görüntülerinin alınması.

Gözlerin birbirlerinin görüntülerini görmemesi için Opengl filtre metodları uygulanmıştır. Sol göz için:

```
glColorMask(true, false, false, false);
```

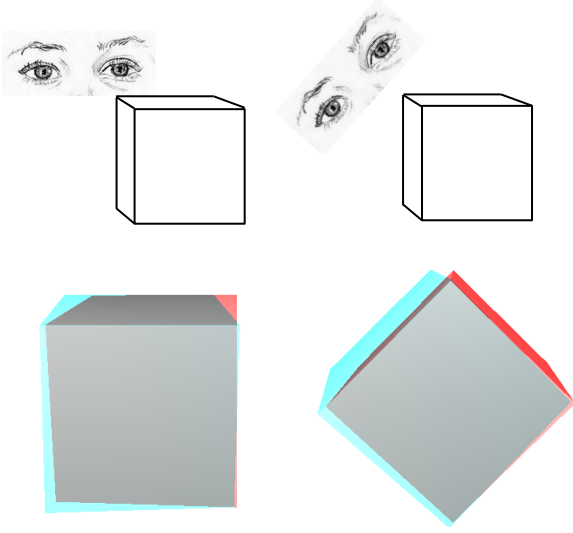
ve sağ göz için:

```
glColorMask(false, true, true, false);
```

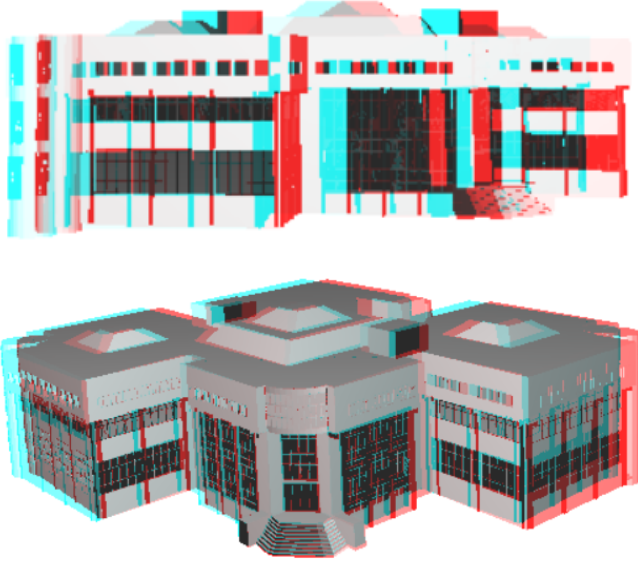
Bu şekilde gözlüksüz ekrana bakıldığında renk kaymaları, gözlükle bakıldığında 3 boyutlu görüntü algısı sağlanmaktadır.

3 boyutlu arttırılmış gerçeklikte kamera, desen ve gözlerimiz farklı açılarla sahnede yerini alabilir. Sahnedeki bu karmaşa 3 boyut algısını etkileyen en önemli özelliktir. Bu zorluğu aşmak için biz desen merkezini odak düzlemi olarak seçtik ve sağ-sol göz görüntülerini bu düzlemde farklılaştırdık. Şekil 7'deki gibi gözlerin yatay konumundaki farklılaşma farklı yönlerde renk kayması yapmalıdır. Gözleri izlemek mobil cihazlarda her iki kamerasının kullanılması ve işlem gücü gerektirir.

Arttırılmış gerçekliğin web kamerası ile uygulamasında insanlar kamerayı hareket ettirip ekrana bakmaktadır. Bu esnada kullanıcı kafasını eğmişse bu durum fark edilememektedir. O yüzden basitçe renk kaymaları ekranın yatay eksenine paralel yapılabilir. Ancak mobil cihazlarda insanlar ellerindeki cihazla desen etrafında dolaşarak üçüncü boyuttaki derinliği algılamaya çalışmakta ve cihazı çevirdiği yöne başını da çevirmektedir. Bu sebeple biz kullanıcının cihazını gözlerinin oluşturduğu çizgiye paralel tutacağını düşünerek yine cihazın yatay eksenine paralel kayma yaparak



Şekil 7. Kafa eğilerek sağ ve sol gözün farklı görüntü görmesi. Sol gölgeleri sol göz, sağ gölgeleri sağ göz görebilmektedir.



Şekil 8. Üstte kullanılan işaretçi ve gözlük, ortada ve altta enstitü binamızın görünüşü.

bu sorunu giderdik. Gözlerin farklı yerlere odaklanması ile odak düzlemi kayıp, renkler farklı kaydırılabilir ama bu etki

çok az hissedilir. O yüzden bu çalışmanın kapsamı dışında kalmıştır.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada enstitümüzün binasını AG ile gösteren bir sistem geliştirilmiştir. Kullanılan işaretçi, kırmızı-camgöbeği gözlük ve sonuçlar Şekil 8’de verilmiştir. Zemini beyaz yaparak dış dünya görüntüleri sonuçtan çıkartılmıştır.

Bu çalışmada ucuz kırmızı-cam göbeği gözlük özel bir donanım ihtiyacı gerektirmeden kullanılabilirdiği için tercih edilmiştir. Fakat bu gözlükler renklerle oynadığı için tam bir üç boyut algısı verememektedir. Gelecekte aktif veya pasif üç boyutlu gözlük kullanımı mobil cihazlarda mümkün olursa daha sağlıklı bir sistem geliştirilebilir.

VI. TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın büyük bir kısmı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yapılmıştır (Proje no: 2011/UBE/002).

KAYNAKÇA

- [1] Vuzix, www.vuzix.com, Ocak 2014.
- [2] Meta, www.spaceglasses.com, Ocak 2014.
- [3] Google glass, www.google.com/glass/start, Ocak 2014.
- [4] Cawood, S. and Fiala M., 2008, “Augmented Reality: A Practical Guide”, *Pragmatic Bookshelf*, 2008.
- [5] Azuma, R., 1997, “A Survey of Augmented Reality”, *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 355-385 pp.
- [6] Christian Dopler Lab. Handheld Augmented Reality Research, http://studierstube.icg.tugraz.at/handheld_ar, Ocak 2014.
- [7] Sutherland, I.E., 1968, “A Head-Mounted Three Dimensional Display”, *Proceedings of Fall Joint Computer Conference*, 757-764.
- [8] Kay de Roos, 2009, www.kayderoos.nl/ARducation-Augmented-Reality-in-education, Ocak 2014.
- [9] Metaio.com, <http://www.metaio.com/products/design>, Eylül 2013.
- [10] Kato, H. and Billinghurst, M., 1999, “Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system”, *In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*, 85-94 pp.
- [11] Ercan, M., 2010, “A 3D Topological Tracking System For Augmented Reality”, M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Istanbul, Turkey.
- [12] ARToolKit, www.hitl.washington.edu/artoolkit, Ocak 2014.
- [13] OpenGL: The Industry's Foundation for High Performance Graphics, www.opengl.org, Ocak 2014
- [14] Oculus Virtual Reality Development kit 2, www.oculusvr.com, Mart 2014
- [15] Richard A. Newcombe, Steven Lovegrove, Andrew J. Davison: DTAM: Dense tracking and mapping in real-time. ICCV 2011: 2320-2327