

SANAL GERÇEKLİK VE UYGULAMA ALANLARI

Erkan BAYRAKTAR*, Fatih KALELİ**

(*)Bahçeşehir Üniversitesi, Endüstri Müh. Bölümü, Beşiktaş, İSTANBUL

(**)Bahçeşehir Üniversitesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, Beşiktaş, İSTANBUL

erkanb@bahcesehir.edu.tr, fkaleli@bahcesehir.edu.tr

ÖZET

Sanal Gerçeklik, katılımcılarına gerçekmiş hissi veren, bilgisayarlar tarafından yaratılan dinamik bir ortamla karşılıklı iletişim olanağı tanıyan, üç boyutlu bir benzetim modelidir. Bu ise tasarladığımız sistemleri kavrama ve algılama gücümüzü önemli ölçüde arttıracaktır. Şu ana dek eğlence dünyasından, tıp alanındaki karmaşık bilimsel deneylere kadar pek çok uygulama alanı bulmuştur. İş başı ve örgün olmak üzere eğitimin her alanında geleneksel öğrenme araçlarına ciddi bir rakip olarak ortaya çıkmakta ve vazgeçilmez yeni fırsatlar ortaya koymaktadır. Bu arada sanal gerçeklik kendi içinde bir takım sorunları da beraberinde getirmektedir. Sanal dünyalar, etkileşimli kontrolün temini ve objelerdeki değişimlerin yansıtılabilmesi için gerçek zamanda ya da gerçeğe yakın bir süratle görüntülenmelidir. Bu sebeple SG sistemlerinin pahalı olması yaygın kullanım açısından önemli bir dezavantajdır. Dolayısıyla özellikle oyun ve eğlence dünyasında daha fazla uygulama olanağı bulmuştur. Sanal prototipler ise günümüzde gerçeklerinden daha ekonomik oldukları için giderek daha çok kullanım şansı bulmaktadır. Benzetim modelleriyle desteklenen sanal prototipler, çok daha etkin mühendislik analizlerine olanak tanıyacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik, Bilgisayar Destekli Tasarım, Bilgisayar Destekli Öğretim.

VIRTUAL REALITY ON COMMERCIAL APPLICATIONS

ABSTRACT

Virtual Reality (VR) is a 3D simulation model which lets the users to immerse into a computer-simulated environment and allows them interact with imaginary environments. This may enhance significantly the ability to recognize and perceive the newly designed systems. VR has found a considerable amount of application areas ranging from entertainment to complex scientific experiments such as in medical sciences. It is a serious alternative to traditional training and education systems, and introduces indispensable opportunities to the ones who are not able to access to the traditional ones. On the other hand, VR is not totally trouble-free. In order to control and manipulate the virtual worlds interactively, VR should be capable of displaying and uploading the virtual environments in a real time or close to real time. This increases the cost of VR systems which prevents them to be used extensively. As a result, VR has been widely applied in entertainment industry such as in game arcades. Nowadays, virtual prototyping becomes more attractive not only for its practicality but also cost effectiveness in contrast to the physical mock-ups. Supporting virtual prototypes with simulation models has better potential usage for effective engineering analysis.

Keywords: Virtual Reality, Computer Aided Design, Computer Aided Training.

1. GİRİŞ

Bilgisayar ve video oyunları halihazırda evlerimizde girmiş olan Sanal Gerçeklik (SG), mühendislik problemlerinin çözümünde biz mühendislere yepyeni ufuklar açmaktadır. Bir çeyrek asır önce, sadece bilim kurgu filmlere konu olabileceğini düşündüklerimiz, şu anki

teknolojilerle bile tek tek hayata geçirilmektedir. SG bizlere üç boyutlu dünyanın kapılarını aralamakta, iki boyutlu tasvir ve çizimleri ise tarihe gömmektedir. Bunun da ötesinde, bize kendi ellerimizle yarattığımız gerçek dışı bir uzayda dolaşma ve yürüme olanaklarını sunmaktadır. Bu ise

tasarladığımız sistemleri kavrama ve algılama gücümüzü önemli ölçüde arttıracaktır.

Sanal gerçeklik, bir teknolojiden ziyade bir tecrübe olarak, siber-uzaydaki görüntülerle karşılıklı ve etkileşimli bir iletişimdir. Şu ana dek eğlence dünyasından, medikal alanda karmaşık bilimsel deneylere kadar, çok geniş bir sahada pek çok uygulama alanı bulmuştur. İş başı ve örgün olmak üzere eğitimin her alanında geleneksel öğrenme araçlarına ciddi bir rakip olarak ortaya çıkmakta ve vazgeçilmez yeni fırsatlar ortaya koymaktadır.

2. SANAL GERÇEKLİK

SG, katılımcılarına gerçekmiş hissi veren, bilgisayarlar tarafından yaratılan dinamik bir ortamla karşılıklı iletişim olanağı tanıyan, bir benzetim modelidir. Tanımın, pek çok uygulamayı SG'den ayıran temel üç özelliği vardır (Pimental ve Teixeira, 1993). Bunlardan belki de ilki, her şeyden önce katılımcılara gerçekmiş hissi vermesidir. Kullanıcı, bilgisayarların yaratmış olduğu bu ortamda istediği yere gidebilmeli, yani kontrolün kendi elinde olduğunu hissetmelidir. Bu, ancak karşılıklı etkileşimle sağlanabilir. SG uygulamaları, minimum seviyede SG gözlüklerini içermelidir. Böylece, kullanıcı gideceği noktayı ve baktığı doğrultuyu etkileşimli olarak belirleyebilecektir. Bir takım pozisyon izleyici aletlerin bu tür gözlüklerle kombine edilmesiyle bilgisayar tarafından yaratılmış ortamlarda yürümek olasıdır. Görme duyusu, şüphesiz sanal ortamdaki objelerin yerlerini değiştirme, dokunma, fiziksel özelliklerini hissetme ve çevredeki sesleri işitme duyularını da kapsayacak şekilde genişletilebilir. Doğal olarak bu olanaklar, DataGloves olarak adlandırılan özel eldivenleri, üç boyutlu ses kavramını ve benzeri teknolojik aletleri gündeme getirmektedir (Sui vd., 2001). Tabii ki, bahsi geçen ortamların gerçek dışı, bilgisayar tarafından yaratılan dünyalar olduğu unutulmamalıdır.

Bir SG sisteminde, gerçek zamanda hareket edebilmek için güçlü bilgisayarlara gerek vardır. Burada bilgisayarlar, birer görüntü yaratıcı (Reality Engine) olarak görev yapacaktır. Objelere ait üç boyutlu geometrilere ilişkin veri tabanlarına ulaşmaya olanak tanıyacak ve şu ana kadar bahsi geçen tüm duyu algılama aletlerini ve donanımlarını

koordine edecek uygulama programlarını çalıştıracaktır.

3. SG UYGULAMALARI

Şüphesiz video oyunları ve eğlence dünyası, SG'nin ilk uygulama bulunduğu alanlar olmuştur. Pek çok bilim kurgu filmde SG teknolojisinin değişik unsurları önemli roller üstlenmiştir. Günümüzde Amerika ve Japonya'da SG teknolojisine dayanarak kurulmuş oyun salonları (Video arcades) bulunmaktadır. Bunların yanında sanal seks uygulamalarının çok büyük bir ilgi uyandırdığı ve önemli ticari başarılar vaat ettiği de gözlenmiştir (Wodaski, 1993). 'London Cyberspace', Londra'da kurulu olan bilgisayar destekli bir SG sistemi olup farklı cinsleri ortak özelliklerine göre bir araya getirmeye çalışan bir çöpçatanlık servisi olarak hizmet vermektedir.

Turistik amaçlarla da SG'nin kullanıldığı gözlenmiştir. "Canadian Rockies"nin bilgisayarda sanal bir modeli yaratılarak iki kişinin aynı anda buldukları mekanı değiştirmeksizin böyle bir deneyimi yaşamaları sağlanmıştır. Fransa'nın Burgundy bölgesinde Fransız devrimi sonrasında yokedilen 'The abbey of Cluncy', arşiv kayıtlarından SG yardımıyla bilgisayarda yeniden inşa edilmiştir. İsteyenler SG yoluyla bu binanın katlarında dolaşabilmekte, duvarlarındaki en ince ayrıntıları dahi izleyebilmektedir.

Planlı yapılaşmanın ne derece önemli olduğu ortadadır. Özellikle ülkemizde plansız yapılaşmanın ortaya çıkardığı tabloyu göz önünde bulundurursak SG'nin modern şehirleşme alanında sunduğu imkanlardan faydalanmamak hata olur. Modern yapılaşma açısından SG'nin kullanıldığı bir proje, Çin'in en eski yerleşim alanlarından biri olan Pekin için geliştirilmiştir (www.vrac.iastate.edu). Bu SG tabanlı uygulamanın amacı, şehir planlamacılarının kentsel altyapı tasarımını sanal ortamda ve üç boyutlu olarak modellemelerine imkan sağlamaktır (Şekil 1). Pekin şehrinin pilot uygulama alanı olarak seçilmesinin sebebi ise, modern bir kent görünümüne sahip olabilmesi için sosyal, çevresel ve planlama boyutlarının göz önünde bulundurulması bir çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmasıdır. Her türlü yerleşim

birimine uygulanabilir olması, projenin en önemli özelliklerinden birisidir.



Kaynak: <http://www.vrac.iastate.edu/research/detail.php?s=research&r=130>

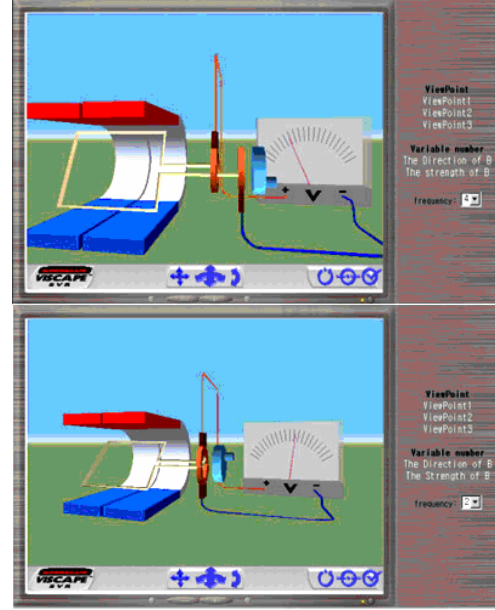
Şekil 1. Pekin şehrinin altyapısının SG ile modellenmesi

3.1. Eğitim Alanında Sanal Gerçeklik Uygulamaları

SG, öğrenme süreçlerine de önemli katkılar yapabilmektedir. Örneğin kayakla ilgili böyle bir sistem geliştirilmiş olup kullanıcıların ciddi kazalara maruz kalmaksızın gerçek bir deneyim elde etmeleri sağlanmıştır. Örgün eğitim sistemleri de SG'den birçok yararlar sağlayabilir. Özellikle matematik, fen, tıp, askeri ve havacılık eğitiminde kullanılması, eğitimin kalitesi açısından son derece önemlidir. SG sayesinde öğrencilerin, sadece bilimsel gerçekleri daha hızlı ve iyi öğrenmeleri değil aynı zamanda deneyerek gerçek deneyim edinmeleri de sağlanabilmektedir.

Bir SG esaslı simülasyon programının, gerçekçi deneyler/uygulamalar için sanal bir çözüm üretmesi yanında başka birçok yararları da vardır. Örneğin bir SG laboratuvarında gerçekleştirilen fizik deneyi, farklı test ortamlarını kolaylıkla yaratabilmekte ve sonuçlarını ölçebilmektedir. Ek olarak, tehlikeli, yüksek maliyetli ve karmaşık deneyler bir SG sisteminde sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Şekil 2'de SG, öğrencilerin AC/DC elektrik jeneratörlerinin çalışma prensiplerini simülasyonla öğrenmelerine imkan sunmaktadır (Kim vd., 2001). Öğrenciler manyetik alanın yönünü ve değerini değiştirip sanal bir gerilim-ölçer kullanarak voltajı ölçebilmektedir. Bu özellikleriyle SG, fen bilimlerindeki deneyler için en güçlü deney araçlarından biri olma özelliğine sahiptir.



Kaynak: <http://imej.wfu.edu/articles/2001/2/02/index.asp>

Şekil 2. AC Elektrik Jeneratör (Üstteki resim), DC Elektrik Jeneratör (Altta resim).

Bu alanda son yıllarda geliştirilen bir başka SG uygulaması da, Indian Hills Community koleji öğrencileri için geliştirilmiş olan bir simülasyon uygulamasıdır.



Kaynak: <http://www.vrac.iastate.edu/research/detail.php?s=research&r=158>

Şekil 3. Fermantasyon İşleminin Sanal Ortamda Üç Boyutlu Modeli

Uygulama, fermantasyon işleminin sanal ortamda üç boyutlu olarak modellenmesine ve biyo-kimyasal süreçlerin nasıl gerçekleştiğinin izlenmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle öğrencilerin, ders katılımlarının ve öğrenme performanslarının artırılması sağlanmıştır.

Tıp ve cerrahi uygulamalar, SG'nin gittikçe daha fazla ilgi gördüğü alanlardan biridir. Uzmanların bilgi ve deneyimlerinden, çok daha az gelişmiş yerleşim bölgelerindeki insanların yararlanabilmesi amacıyla İngiltere'nin Ipswich kentinde bir uzaktan-tedavi programı gerçekleştirilmiştir. SG, burada vücut dokularına ilişkin üç boyutlu görüntülerin "remote sensor"ler aracılığıyla taşınmasına yardımcı olmuştur. Kimi

uygulamalarda SG bir terapi aracı olarak da kullanılmıştır. SG teknolojisi yardımıyla konuşturulan karikatür tiplmeleri, etkileşimli ve katılımcı bir yapı sağlayarak, hastalarla doğrudan diyalog kurmaya yardımcı olmuştur. Tıp eğitiminde kullanılan SG, öğrencilerin sanal bir kadavra üzerinde sayısız denemeler yapabilmesini sağlamıştır. Ayrıca doktorlar hayati operasyonları, önce sanal bir ortamda tecrübe ederek tedavi sürecinin hastaya olan etkilerini daha iyi anlayabilmektedir.

3.2. E-Ticaret Alanında Sanal Gerçeklik Uygulamaları

Elektronik ticaret siteleri, SG tekniklerini bir pazarlama aracı olarak kullanabilmektedir. Televizyon kanalları ve Internet aracılığıyla yayınlanan bu tür elektronik pazarlar müşterilerine 24 saat hizmet verebilmektedir. Son yıllarda SG teknolojisini kullanan web portalları da yaygınlaşmaya başlamıştır. Türkiye'deki yaygın web portallarından biri olan Superonline'da da benzer bir sistemin kurulumu üzerinde çalışılmaktadır (http://www.infotron.com.tr/haber_15.html). Gözlük ve algılayıcılar sayesinde kullanıcıların sanal ortamda daha gerçekçi ve eğlenceli bir sörf yapabilmelerine olanak sağlayan bu sistemin zamanla elektronik sanal market uygulamalarında da yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Tabii ki burada en belirleyici faktörler; internet bağlantısının hızı, SG kullanımına uygun bilgisayar sistemlerinin kalitesi ve maliyetlerdir. Bu yüzden günümüzde SG sistemlerinin internet tabanlı uygulamalarda kullanımı, oyun endüstrisinde olduğu kadar yaygın değildir.



Kaynak: http://www.infotron.com.tr/haber_15.html
(18/11/2006)

Şekil 4. Superonline Tarafından Geliştirilen SG Tabanlı E-alışveriş Sitesi

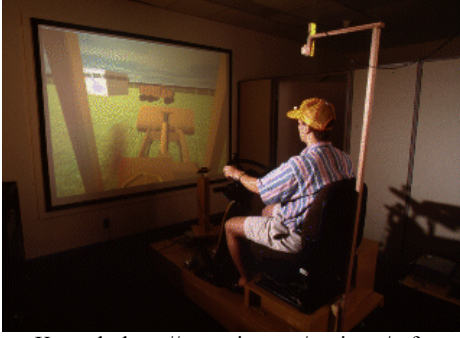
SG uygulamalarının sadece bilgisayar alanında kalmayıp birçok elektronik cihazda

da kullanımı söz konusudur. Japonya iletişim bakanlığı, endüstri ve üniversitelerle ortaklaşa yürütülen bir SG televizyon projesinin 2020 yılında üretime geçirilmesini planlamaktadır (www.virtualworldlets.net/Archive/IndividualNews.php?News=1239). SG-TV sayesinde izleyicilerin görüntüleri her bakış açısından aynı kalitede ve üç boyutlu izlemesi mümkün olacaktır. Buna ilave olarak, izleyiciler seyretmekte oldukları nesnelere hissedip kokularını algılayabilecektir. Japon hükümeti, bu projenin Japonya teknolojisine gelişmesine katkıda bulunacağını düşünmektedir. Bu özelliklerin ev-alışveriş programlarında kullanılması, izleyicilerin ürünleri farklı açılardan görebilmelerini ve ürünleri hissedebilmelerini sağlayacaktır.

3.3. İmalatta Sanal Gerçeklik

Daha önce bahsedilen genel amaçlı uygulamalar yanında SG'nin pek çok endüstriyel uygulamalarına da rastlanmaktadır. Hızla gelişen küresel rekabet koşulları, müşterilerle daha iyi iletişim kurmaya olanak tanıyacak ve onların gereksinimlerine daha hızlı yanıt verebilecek yeni yaklaşımları cazip hale getirmektedir. Daha da önemlisi, günümüzde herkesin hız, kalite, çeviklik ve müşteri memnuniyetinden bahsettiği bir dönemde, SG imalat süreçlerinin yeniden şekillendirilmesinde kullanılabilecek önemli bir potansiyeldir.

Tasarım, imalatın ilk aşamasıdır. Kişilere oldukça bağımlı olduğu düşünülen bu süreçte yapılabilecek iyileştirmeler, tüm imalat aşamalarını olumlu yönde etkileyecektir. Dünyanın önemli ağır-ış makineleri üreticilerinden biri olan Caterpillar Inc., Peoria, IL., tasarımları gözden geçirmede pahalı ve zaman alıcı olan gerçek prototipler yerine sanal prototipleri tercih etmiştir. Bu tercih, fiyat ve zaman esaslı rekabette yeni ürünleri pazara en kısa süre ve en uygun fiyatlarla getirmelerine katkı sağlamıştır. Caterpillar, etkinlik ve emniyet açısından önemli olan görüş alanlarını ve açılarını kontrol etmek için tasarımlarında sanal prototipler kullanmaktadır (http://ovrt.nist.gov/projects/mfg/mfg_cs_cat.html). Bu süreçte karşılaştıkları en önemli güçlük, tasarımda kullanılan parçalara ait bilgisayar dosyalarının SG esaslı bir sisteme transferi olmuştur.



Kaynak: http://ovrt.nist.gov/projects/mfg/mfg_cs_cat.html

Şekil 5. Caterpillar'da Geliştirilen Sanal Kepçe Prototipi

Boeing Computer Systems Inc., Boeing 777 lerin iç tasarımını SG teknolojisi kullanarak gerçekleştirmiştir. Ayrıca imalat sürecinde değişik levhaların yerleştirilmesi ve kabloların bağlanması aşamalarında sanal bir takım kalıplardan yararlanmıştır. (<http://www.cds.caltech.edu/conferences/1997/vecs/tutorial/Examples/Cases/777.htm>). Bu sanal şablonlar doğrudan çalışanların kullandıkları SG gözlüklerine aktarılmıştır. Karşılaşılan en önemli sorun, kullanıcının kafasının hareketlerini izleyebilmek ve bunu uzak mesafelere yüksek doğruluk oranlarında aktarabilmek olmuştur.

Sanal prototipler, üretimdeki en temel SG uygulamalarını oluşturmaktadır (Reimer, 1994). Burada yalın üretim, çevik imalat, eşzamanlı mühendislik, benzetim-bazlı-tasarım gibi güncel kavramların sanal prototiplerden büyük yarar sağlayacağına yönelik beklentiler de önemli rol oynamıştır. Yalın üretim, imalat sisteminden tüm katma değer yaratmayan işlemleri kaldırmaya yönelik uygulamalara verilen bir isimdir. SG, en azından sanal prototiplerle tasarım seçeneklerine getirdiği yeni yaklaşımla bu amaca hizmet etmektedir. Çevik imalat ise rekabetin zaman bazlı olduğunu kabul ederek, ürünün tasarımından pazara sunuluncaya dek olan süreyi en küçüklemeyi hedefler. Bu konuda da SG'nin katkısı yadsınmaz. Eşzamanlı mühendislik açısından SG, farklı eşzamanlı mühendislik ekiplerinin çalışmalarını bir araya getirmede, onlara üç boyutlu sanal bir ortam sağlayabilir. Bu ise, ekipler arasındaki iletişim güçlüklerini aşmada, eşgüdüm ve koordinasyon sağlamada son derece faydalı olacaktır. Takımlar birbirlerinin faaliyetlerinden anında haberdar olabilecek, sorunları ortaya çıktığı anda çözebilecek hale geleceklerdir.

Uzaktan varlık (Telepresence), kullanıcıyı kameralar ve uzaktan kontrollü mikrofonlar aracılığıyla başka bir ortama aktararak, kendini orada hissetmesini sağlayan bir SG tekniğidir. Bu yöntem aracılığıyla, nükleer santrallerde ve kimyasal ürün üreten fabrikalarda, insanlar açısından tehlike arz eden yerlerde robotlar kullanılabilir. Uzaktan varlık aracılığıyla SG, robotların daha rahat kontrolüne ve yönlendirilmesine yardım eder. Ayrıca yeni gezegenlerin keşfi amacıyla yönelik projeler de bu başlık altında değerlendirilebilir.

Ergonomik testler ve insan-makine-çevre uyumu SG'ye yepyeni ufuklar açmaktadır. Bu amaçla, örneğin bir arabaya ait ön panel tasarımı, sanal bir prototiple doğrudan sürücünün kullanımına sunulurken onların, kullanım rahatlığı, görüş açıklığı, uzanma konumları gibi konulardaki görüşleri alınabilir.

Gelişen teknolojiler bunları kullanacak personelin de eğitimini zorunlu kılmaktadır. Ancak uzman personel teminindeki güçlükler, pahalı ekipmanların kullanımını öğrenmek için ayrılan süreler, SG uygulamalarına konu olabilecek uygulama alanlarını belirlemede önemlidir. Karmaşık tamir-bakım süreçleri, SG yöntemleri kullanılarak başarıyla gerçekleştirilebilir. Uzaya gönderilen araçların tamir ekipleri de, bu teknolojiler aracılığıyla yeryüzünde eğitilmektedir.

Tüm bunların ötesinde SG, yeni mühendislik fikir ve kavramlarını başkalarına üç boyutlu olarak aktarmada çok etkin bir araçtır. Bu anlamda iki boyutta çizilen teknik resimlere, hatta üç boyutlu modellere önemli bir boyut eklemektedir.

4. SG'nin EKSİKLİKLERİ

Sanal dünyalar, etkileşimli kontrolün temini ve objelerdeki değişimlerin yansıtılabilmesi için gerçek zamanda yada gerçeğe yakın bir süratle görüntülenmelidir. Yukarıda bahsedilen tüm teknolojiler bugün için mevcut olmakla birlikte bazı eksikliklerin de teknolojik anlamda aşılması gerekmektedir. Yaygın olarak kullanılan bilgisayarlar henüz gerçek zamanda üç boyutlu karmaşık görüntüleri işleyebilecek kadar güçlü değildir. İnsan hareketlerini bilgisayarlara aktaran izleme-takip cihazlarının sanal dünyalarla

etkileşimini daha iyi koordine etmek gerekir. Aksi halde kullanıcı hareketlerini görüntülemeye oluşan gecikme, insan metabolizmasında istenmeyen problemlere yol açmaktadır. Bu tür sistemlerin uzun süreli kullanımı insanda baş dönmesi ve mide bulantısına sebep olmaktadır. SG sistemlerinin pahalı olduğu da sıkça ifade edilen bir dezavantajdır. Dolayısıyla özellikle oyun ve eğlence dünyasında daha fazla uygulama olanağı bulmuştur.

5. SONUÇ

Sanal prototipler, maliyeti yüksek olan gerçeklerine göre giderek daha çok kullanım şansı bulmaktadır. Sanal prototiplerin, benzetim modelleriyle desteklenmesi çok daha etkin mühendislik analizlerine olanak tanıyacaktır. İnsan faktörüne ait performans ve ergonomik çalışmalar daha kolay bir biçimde benzetim modellerinde yer alıp analiz edilebilecektir. Montaj, üretim ve bakım faaliyetlerinin sanal benzetimleri pek çok problemin daha kolay görünmesini sağlayacaktır. Bu amaçla iş başı eğitimleri, SG esaslı yaklaşımlarla desteklenebilir. Son olarak, gittikçe daha fazla ilgi çeken eşzamanlı mühendislik takımları arasındaki koordinasyonu ve iletişimi sağlayan bir araç olarak, SG uygulamalarının önemli görevler üstlenmesi beklenmektedir.

6. KISALTMALAR

Kısaltma Açıklama
SG Sanal Gerçeklik

7. KAYNAKLAR

- [1]. Pimental, K. ve Teixeira, K. (1993): *Virtual Reality Through the New Looking Glass*, 2nd Ed., McGraw-Hill.
- [2]. Sui, Y., Geng, D., Allen, C.R., Burn, D., Bell, G.D. ve Rowland, R. (2001): "Three-Dimensional Motion System ("Data-Gloves"): Application for Parkinson's Disease and Essential Tremor", IEEE International Workshop on Virtual and Intelligent Measurement Systems, Budapest, Hungary, May 19-20.

- [3]. Reimer, J. (1994): "*Design*", IRIS Universe, No:29, pp.32-35.
- [4]. Wodaski, R. (1993):*VirtualRealityMadness!*, Sams Publishing.
- [5]. Kim, J.-H., Park, S.-T., Lee, H., Yuk, K.-C. ve Lee, H. (2001): "Virtual Reality Simulations in Physics Education", *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*, 3(2), <http://imej.wfu.edu/articles/2001/2/02/index.asp>.
- [6]. www.vrac.iastate.edu, (24.12.2006).
- [7]. <http://www.infotron.com.tr/haber15.html>, (24.12.2006).
- [8]. www.virtualworldlets.net/Archive/IndividualNews.php?News=1239, (24.12.2006).