



Matrix'teki Özel Efektler

GÖKHAN SÖNMEZ / gsonmez@byte.com.tr

► Matrix filmlerinde kullanılan bilgisayar grafik ve efektlerini inceleyerek Matrix'in gerçek dünyasına yolculuk yapıyoruz...



"Bullet-time efektinin en önemli ve zor aşaması ön hazırlıktır."

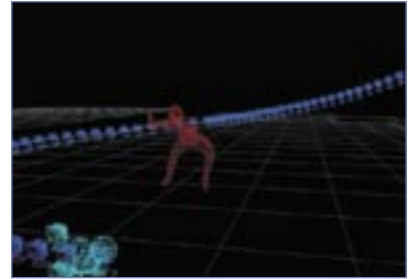
1999 baharında vizyona giren "The Matrix" adlı yapım, farklı konusu ve izleyicilerde oluşturduğu etki kadar, daha önce görmeye alışmadığımız görsel efektleriyle de dikkat çekti. Bu başarısından dolayı biri özel efekt dalında olmak üzere dört Oscar ödülü alan filmin devamı niteliğindeki iki filmi gerçekleştirmek neredeyse kaçınılmaz oldu. 2003 yılı mayıs ve kasım aylarında vizyona giren Matrix Reloaded ve Matrix Revolutions izleyicilerin birçoğunda ilk filmdeki etkiyi oluşturamamış olmasına rağmen, değişmeyen tek şey özel efektlerinin oldukça farklı ve özel olmasıydı. Bu yazımızda Matrix filmlerinde kullanılan bilgisayar grafiği ve efektlerini inceleyerek Matrix'in gerçek dünyasına yolculuk yapacağız...



"Bullet Time" Zamanın Durması

İlk Matrix filminin en etkileyici öğelerinden biri hiç kuşkusuz bullet-time olarak adlandırılan zamanın görüntülenen unsurlar için durması, buna rağmen görüntüleyen kameranın bundan etkilenmemesi efektidir. Bu etkiyi birçok gelecekse Japon çizgi filmde, karakterlerin gerçekleştirdikleri bir aksiyonda farklı açılardan, o anın gösterilmesi şeklinde

görmek mümkündür. Özellikle "Ghost in the Shell" ve "Akira" gibi Anime klasiklerinde bu etki görülebilir. Matrix serisinin yazar ve yönetmeni Andy ve Larry Wachowski kardeşlerin çizgi-roman kültürüne yakınlıkları ve Japon canlandırma stili Anime'e olan sevgileri, filmlerinde de benzer unsurları kullanma düşüncelerini destekledi. İstedikleri, aktörler aksiyonlarını gerçekleştirirken, zamanın onlar için çok ağırlaşmasına ya da donmasına rağmen, görüntüleyen kameranın hiçbir kısıt olmadan (yavaşlama) hareket etmesiydi. Çok zor görünse de bu etkiyi elde etmeyi sağlayan Virtual Camera Movement (sanal kamera hareketi) olarak adlandırılan yöntem, çok daha önceden 1994'te Dayton Taylor tarafından icat edilmiş ve patenti bile alınmıştı. Dayton



Taylor'ın geliştirdiği orijinal yöntemde yan yana sıralanmış, bir seri kamera aynı film şeridinde, bir anda ulaşan görüntüyü basıyor, film oynatıldığında, görüntülenen unsurlar o an için donmuş olmalarına rağmen, sıralı kameralar sebebiyle, hareketli bir kamerayla çekilmiş gibi bir etki elde edilebiliyordu. Yapılması gereken, bunu daha da geliştirilerek, sıralı kameraların ayrı ayrı birçok resim çekmesini ve bu sayede görüntülenen aksiyonun sadece donması değil, ayrıca

çok yavaşlatılmasını sağlamaktı. Virtual Camera Technology (www.virtual-camera.com) firmasından izin alınarak, eldeki teknolojik imkanlarla efekt geliştirildi. İşe ilkönce, SoftImage3D'de basit kukla modelleri kullanarak efekt planlamasının yapımıyla başlandı. Bu aşamada kameraların nerelere konumlandırılması gerektiği tespit edilerek, yardımcı bir yazılımla gerçek dünya koordinatları tespit edildi. Bu veriler daha sonra sette yer alan 122 adet 35mm fotoğraf makinesinin, lazer işaretçi ile konumlandırılmasında kullanıldı. Sahnede istenmeyen bölgelerin kolayca temizlenmesi için kamera lensleri dışında çevre yeşil renkle donatıldı. Kameraların saniyenin 1000'de 1'i sürede tetiklenmesi gerektiği için bunu yine otomatik olarak bilgisayarda gerçekleştirme yolu tercih edildi. Bu iş için Kaydara'nın Filmbox yazılımı kullanıldı ve her tetiklemede kameranın bir kare resim çekmesi sağlandı. Bir anda birçok kamera farklı açılardan sahneyi çektiğinden, bu kameraların çektiği resimler arasında geçişi sağlayarak, sanal kamera görüntüsünün elde edilmesi için Snell & Wilcox firmasının geliştirdiği hareket interpolasyon teknolojisi (bir nevi morph uygulaması) kullanıldı.

Tüm bunlar sadece elde edilmesi istenen efektin bir kısmını oluşturuyordu. İkinci kısımda bu aksiyonun gerçekleştirileceği mekanın gerçekçi biçimde istenen sanal kamera hareketine göre görüntülenmesi gerekiyordu. Bunun için 2000 yılındaki HDRI yazımızda kendisinden bahsettiğimiz Paul Debevec'in 1997 yılı baharında arkadaşlarıyla gerçekleştirdiği "The Campanile Movie" (www.debevec.org/Campanile/) adlı projesi referans alındı. Resim tabanlı modelleme ve render olarak adlandırılan teknik sayesinde fotometri tekniklerini kullanarak, gerçek bir mekanın fotoğraflarından faydalanılarak 3D modelinin çıkarılması ve yine fotoğraflardan yararlanarak çok gerçekçi bir şekilde dokulanması mümkündür. Paul Debevec'in bu çalışmasında yardımcı olan George Borshukov, The Matrix'i gerçekleştiren Manex firmasında görev alınca, bu teknolojiyi başarılı şekilde filme uyarlaması mümkün oldu. Bullet Time sahnesi için Manex ekibi, sahnenin geçeceği mekanın ayrıntılı fotoğraflarını çekti. Daha



sonra Borshukov bu resimlerden faydalanarak, mekanın 3D modelini çıkarıp, yine bu resimlerden faydalanarak kaplamalarını gerçekleştirdi. Böylece gerçek görüntüler kullanarak, tamamen sanal mekan (arka zemin) elde edilmiş oldu.

Stüdyoda çekilen görüntülerle elde edilen sanal kamera hareketi, bu sanal arka zeminle kompozisyon yazılımlarında birleştirilince, daha sonra birçok filmde (Charlie'nin Melekleri, Shrek vb.) ve oyunda (Max Payne) kullanılan Bullet Time etkisi başarıyla gerçekleştirilmiş oldu. Bu efektin yapımıyla ilgili http://whatisthematrix.warnerbros.com/cmp/sfx-bullet_framzes.html sayfasındaki videoların ilgilenen arkadaşlara fikir vereceğini umuyorum.



Matrix Reloaded ve Revolutions

The Matrix'in devamı niteliğindeki Reloaded ve Revolutions ise bilgisayar grafiği ve efekti açısından çok daha kompleks ve fazla sahne içermektedir. Bu nedenle, Wachowski kardeşler öncelikle EON adında yeni bir şirket kurup, bu filmlerin gerçekleştirilmesi için yaklaşık bir yıl sürecek hazırlık ve planlama aşamasına girişti. Daha sonra iki filmde yer alan 2000 civarında

özel efektin büyük bir bölümünü sırtlayacak olan yeni bir özel efekt firması ESC Entertainment (www.esafx.com) kuruldu. Üçyüz sayısal sanatçı, 1300 CPU ve 70 terrabyte depolama altyapısına sahip olan stüdyo, Matrix Reloaded ve Revolutions'da çok önemli ve zor sahneleri gerçekleştirdi. Bu iki filmde yer alan toplam 2500 özel efekt sahnesi, başta ana özel efekt üreticisi ESC olmak üzere, Sony Pictures Imageworks, Buf Compagnie, Giant Killer Robots, Animal Logic, Tipett Studio'ları gibi büyük özel efekt stüdyoları arasında paylaşıldı. Öngörselleştirme konulu yazımızdan hatırlayacağınızı düşündüğüm Pixel Liberation Front (PLF) firması da filmin başarısında çok

önemli olan öngörselleştirme işlerini gerçekleştirdi. Önceden belirttiğimiz gibi, öngörselleştirme, efekt sahnelerinin farklı özel efekt firmalarına anlatılmasında ve bu filmdeki gibi zamanlamanın çok önemli olduğu yapımların planlamasında çok büyük önem taşımaktadır. Wachowski kardeşlerin çizgiroman tutkusu, bu filmdeki tüm sahnelerin önceden çizimlerle ortaya konulması gibi sebepler, bu filmde öngörselleştirmenin çok daha farklı bir boyutta ele alınmasına sebep oldu. Bu nedenle



post olarak adlandırılan, en son aşamaya kadar öngörselleştirme çalışmaları dışına kesinlikle çıkılmadı.

Sanal Sinema (Virtual Cinema/Cinematography)

Matrix serisi ve özellikle son iki film yeni bir kavramla tanışmamızı sağladı: Sanal Sinema. Bu kavram basit olarak, film ekibinin gerçek dünyadaki fiziksel sınırlamalardan bağımsız olarak, istediği görüntüyü elde etmesini sağlayan, film üretim yöntemini ifade etmektedir. The Matrix filminde yer alan Bullet Time sahneleri bu yöntemin ilk örneklerinden sayılabilir. Zamandan ve mekandan bağımsız olarak konumlandırılan kamera, daha sonradan bilgisayarda elde edilen sanal görüntülerle birleştirilerek, daha önce çekilmesi ya da gerçekleştirilmesi imkansız olan sahnelerin elde edilmesini sağlamaktadır.

İlk filmde resim tabanlı modelleme ve canlandırmayı Bullet-time efektindeki mekanlar için kullanan özel efekt ekibi, Reloaded ve Revolutions'da resim tabanlı modelleme ve render etkilerinin karakterlerin elde edilmesinde kullanmayı planladı. BulletTime'in başarısında büyük katkısı olan George Borsukov ve ESC görsel efekt başdanış-



Tamamen bilgisayarda elde edilmiş, sanal görüntü...”

manı Kim Libreri bu konuya yoğunlaşmış, resim tabanlı yöntemlerle karakter performanslarının yakalanması üzerine araştırmalar yaptılar.

Araştırmalar ve denemeler sonucunda çok yüksek çözünürlüğe sahip, birden çok kamera kullanılarak aktörlerin yüzlerindeki en küçük detaya kadar sayısallaştırılabileceği (3D model elde edilmesi), hatta bununla kahnımay-



Tamamen bilgisayarda elde edilmiş, sanal görüntü...”

arak yüz mimik ve ifadeleriyle, dokuların aynı anda alınabileceği sonucuna varıldı. Bu birçok filmde görmeye alıştığımız sayısal karakterlerin yüz ifadelerinin canlandırma sanatçıları tarafından yazılımlarda elde edilmesinden çok daha etkin ve başarılı bir yaklaşımdır. Karakterlerin yüzü bu şekilde elde edilince, bunları yine 3D bilgisayar modellerine (vücutlara) yerleştirmek ve tüm sahneyi sanal bir mekanda oluşturmak mümkündür. Böylece film yapımcılarına yeni bir imkanın kapıları aralandı. Tamamen sanal bir ortamda, sanal aktörlerle, kamerayı hiçbir fiziksel sınırlama olmadan kullanıp, hayallerdeki filmi aktarabilmek. Bu yöntem Matrix Reloaded ve Revolutions filmlerinde özellikle Neo ile Ajan Smith ve klonları arasındaki dövüş sahnelerinde kullanılmıştır. Bu iki filmde gerçek gibi görünmesine rağmen,

izleyicinin “Peki ama bu nasıl çekilmiş olabilir, imkansız!” türünden yaklaşımına sebep olan sahnelerin tamamı, bilgisayarda sanal olarak gerçekleştirilmiştir. İsterseniz biraz daha detayına girip sanal sinemanın en önemli unsurları olan karakterlerin nasıl gerçekleştirildiğini inceleyelim.

Universal Capture - Aktörlerin Yüz Bölgesi Modelleme/Canlandırma

Fotogerçekçi bilgisayar grafiğinde en zorlu ve dikkat gerektiren konunun insan yüzü olduğunu değişik yazılarımızda ifade etmiştik. Bir canlandırmada en çok dikkat edilen bölge olan yüzün oldukça küçük girinti ve çıkıntılara sahip olmasının dışında insan derisinin geçirgen (deri altı aydınlanma) olması bu konuda gerçekleştirilen çalışmaların oldukça teknik yaklaşımlar gerektirmesine sebep olmaktadır. Matrix Reloaded ve Revolutions filmlerinde bu alanda oldukça ileri adımlar atılarak, Keanu Reeves (Neo), Lawrence Fishburne (Morpheus) ve Hugo Weaving'in (Ajan Smith) yer aldığı bir çok sahnede aktörler yerine, bilgisayarda elde edilen görüntüleri kullanılmıştır.

Aktörlerin yüz bölgelerini başarılı şekilde almak için Universal Capture olarak adlandırılan yöntem uygulandı. Bu yöntemde aktörlerin yüz bölgesi Arius3D olarak adlandırılan teknolojiyle, taranarak detaylı 3 boyutlu modelleri elde edildi. Tarama sonucu elde edilen modeller oldukça yüksek detaya sahipti (100 mikrondan küçük). Yüzdeki küçük bir gözenegin dahi detaylı olarak yer aldığı bu modelde 10 milyon üçgen yer alıyordu. Daha önce birkaç film hakkında verdiğimiz açıklamalarda da değindiğimiz gibi bu denli yoğun detaya sahip bir modeli prodüksiyon aşamasında kullanmak mümkün değildir. Bu nedenle modellerin çok daha az yüzey içeren (5000 polygon) kopyaları oluşturuldu. Yüksek yüzeye sahip modelden bu daha düşük yüzeye sahip modelin detaylarını elde etmeyi sağlayacak displacement ve bump map haritaları çıkarıldı. Küçük değişim gösteren girinti çıkıntılarda bumpmap, büyük farklılık gösteren yerlerde displacement map gerekli detayı elde etmekte yeterli oldu.



“Sanal Sinema ile herşey mümkün”

Yüz bölgesinin detayı bu şekilde elde edilmiş olsa da, yüzde en dikkat çekici özelliklerden bir tanesi, farklı bölgelerin yansıma ve aydınlanma etkilerinin değişkenlik göstermesidir. Her insanda farklılık gösteren bu özellik, ırka, yaşanan coğrafi bölgeye vb. birçok unsura göre değişiklik göstermektedir. Bu konuda yapılan birçok araştırma geçtiğimiz yıllarda kamuoyuyla paylaşılmıştı. Paul Debevec ve araştırmacıların “lighting stage” olarak adlandırdıkları sistem insan yüzündeki bu farklılıkları tespit edip, farklı çevre koşullarında doğru aydınlanma ve yansımayı sunan en bildik çalışmalardan bir tanesidir. İlgilenen arkadaşlar Debevec’in www.debevec.org/Research/

LS3/ sayfasında yer alan çalışmasına göz atabilirler. ESC firmasındaki yetkililerde benzer bir yaklaşımla ellerindeki yüksek çözünürlüklü kameraları kullanarak (30 civarında), farklı ışık düzenlerinde, farklı açılardan gelen ışıkların yüzün farklı bölgelerinde ne tür etkiler oluşturduğunu analiz ederek, sanal karakterlerin yüzleri için haritalar oluşturdular.

Önceki yazılarımızdan hatırlayabileceğiniz gibi Subsurface Scattering insan derisinin geçirgenliğini elde etmekte kullanılan en başarılı yöntemlerden bir tanesidir. Yönteme getirilecek en büyük eleştirilerden bir tanesi hesaplamasının oldukça uzun sürmesidir. Kompleks olan bu yöntem yerine Matrix’de hesaplaması daha hızlı ve kolayca uygulanan

bir yöntem tercih edildi. Bu yöntem yine diğer yüz bileşenlerinin elde edilmesinde olduğu gibi resim tabanlı bir yaklaşımla, kamera açısına göre, 2 boyutlu ışık haritası (light-map) çıkarılmasına dayanmaktaydı. Yöntem sayesinde derinin geçirgen etkisinin başarılı şekilde elde edilmesi sağlandı. Yine de kulak gibi bu etkinin çok dikkat çekici olduğu bölgelerde raytrace yöntemine dayalı geleneksel yaklaşım tercih edildi.

Aktörlerin Saçları

Geçtiğimiz dönemde birçok yazımızda belirttiğimiz gibi oldukça problemlen saç konusunda birçok çözüm bulunmaktadır. Hatta şu anda ticari olarak satışta olan, herkesin ulaşabileceği birçok ürün, filmlerde kullanılacak düzeyde başarılı sonuçlarda üretmektedir. Yine de her prodüksiyonun kendine özgü sorunlarını göz ardı etmemek gerekir. Ana karakterlerin birçok sahnede sanal olacağı düşünülürse, onlarca ajan’ın dövuştüğü sahnede her birinin saç stilleri ve yapısının doğru olarak canlandırılması, bu saçların, kullanılan render tekniğiyle uyumlu olması ve bazen çok yakın görüntülenmesi gibi birçok sebep ESC ekibini oldukça zorlamış.

Başlangıçta saçların stilini belirlemek için Maya yazılımının Fur özelliğini kullanmayı deneseler de, bunun aktörlerin saç stillerini oluşturmada yeterli esnekliğe sahip olmadığını çok geçmeden fark etmişler. İhtiyaçlarına uygun çözümü, “Gossamer” adlı aracı geliştirerek elde etmişler. Alias Maya yazılımı için geliştirilen script ve eklentilerden oluşan Gossamer, Maya Fur’un tüm parametrelerine ve ek olarak kılavuz saçları istenilen şekilde kolayca düzenlemeyi ve hızlı sonucun görünmesini sağlayan özellikler içermektedir. Böylece sanatçılar Maya OpenGL ekranında hızlı şekilde oluşturdukları stili görüp düzenlemeler yapabilmektedir.

Projede kullanılan Render sistemi MentalRay olunca, Gossamer’in sonucunun hesaplanmasında yine farklı bir sorunla karşılaşılmış. Açıkçası Mental Ray ile hiç çalışmadığım için böyle bir sorun olabileceğini, araştırmamı yapana kadar bende düşünmemiştim. Orjinal Mental Ray saçları oluşturan ince eğrileri (curve) hesaplamayı destekleme-

diğinden, her saç telini ince NURBS yamalarından oluşturmaları gerekmiş. Fakat bu seferde kompleks saç hesaplama işlemlerinde sorunlarla karşılaşmış. Bunun üzerine Mental Images ile bağlantıya geçilip, saç temel yapısının render motoruna yerleştirilmesi istenmiş. Mental Images'ın katkılarıyla istenen çözüme ulaşılmış. Ama sorunlar bununla da bitmemiş. Saçların gölge oluşturulmasında, yaygın olarak kullandığımız iki farklı yöntem olan Shadow-Map ve Raytrace shadow çoğunuzun da bildiği gibi yumuşak ve aynı zamanda doğru saç gölgesi elde edilmesinde değişik sorunlar oluşturmaktadır. Bir diğer yöntem olan ve son dönemde üst seviye render sistemlerinde yer alan deepshadow map'i ise bu projede kullanmak neredeyse imkansızdı. Birçok sahnede yer alan onlarca ışık kaynağı, hesaplama açısından oldukça masraflı olan bu yöntemin kullanılması durumunda çok büyük sorun oluşturabilirdi. Yüzlerce ajan Smith'in yer aldığı, onlarca ışık kaynağı bulunan Burly Braw sahnesini gözünüzün önüne getirirseniz ne demek istediğimiz kolayca anlaşılır. Bu sorunu gidermek için ESC ekibi, shadow tree (gölge ağacı) olarak adlandırdıkları hacimsel (volumetric) bir yöntem geliştirdi ve kabul edilebilir sürede, başarılı sonuca ulaştı.

Işık, Kamera, Aksiyon..

Sanal karakterlerin önemli bileşenleri hazırlanırken bu arada dövüş kareografi Yuen Wo Ping ve sekiz kişilik uzakdoğu dövüş ustası, filmdeki dövüş sahnelerinin kareografisi üzerinde çalıştı. Kareografiler üzerindeki çalışmalar sürerken, gerçekleştirilen çalışmalar Wacowski kardeşlere video olarak ulaştırılıp, görüntüleri alındı. Gerekli düzenlemeler tamamlandı, sanal karakterlerin hareketlerini elde etmekte kullanılacak motion capture (hareket yakalama yöntemi) aşaması için şablon elde edilmiş oldu. Motion Capture işlemini 32 motion capture kamerasına sahip Spectrum Studyoları gerçekleştirdi. Dövüş sahnelerinde ihtiyaç olanın yaklaşık olarak 20 katı hareket verisi mocap sanatçılarından alındı ve Kaydara Filmbox yazılımında sanal karakterlere uygulandı.

Karakterlerin kıyafetlerinin canlan-

dırılmasında ise temelde Maya yazılımının Cloth eklentisi kullanıldı. Sonucun olabildiğince gerçekçi ve aynı zamanda müdahale gerektirmeden hesaplanması için çalışıldı. Fakat bu çoğu zaman mümkün olmadı. Özellikle Ajan Smith kopyalarının 325'e ulaştığı dövüş sahnesinde her karakterin kumaş canlandırmasını doğru olarak almak mümkün değildi. Bunun yanı sıra Neo'nun saatte 1000 mil hızla hareket ettiği sahnelerde, simülasyonun bu değeri doğru olarak algılayıp, istenen sonucu oluşturması oldukça zordu. Wachowski kardeşlerin özellikle Neo'nun kıyafetindeki dalgalanmaları arzuladıkları şekilde alma istekleri, sisteme müdahaleyi zorunlu kıldı. Bu nedenle özel yazılımlar geliştirilmek zorunda kaldı. Maya yazılımına eklenen Voodoo adlı sistemle, yüksek sayıda karakterin bir dosya yapı-



sında saklanması ve bunlara dinamik etkiler uygulanması sağlandı. Böylece belirlenen dinamik etkiler, karakterlerin hareketleri sonucunda başarıyla canlandırılabilirdi. Karakterlerin hareketlerini mocap sistemiyle almanın mümkün olmadığı çoğu sahnede, keyframe canlandırması ve Voodoo sisteminin sonuçları kullanıldı.

Sanal mekanların elde edilmesinde ise yine resim tabanlı modelleme/render yöntemleri kullanıldı. Örnek olarak Reloaded'da ajan Smith ve kopyaları ile Neo arasında geçen park sahnesi için hazırlanan setten 15000 civarında fotoğraf çekildi. Bunların düzenlenmesi, doğru şekilde model ve doku elde edilmesi için ESC firması tarafın-

dan Labrador adı verilen özel fotometri ve analiz programı hazırlandı. Sanal sahnenin aydınlatılmasında yine resim tabanlı ışıklandırma olarak adlandıracağımız HDRI'ya dayalı yöntem tercih edildi. Böylece sanal mekanlar da başarılı şekilde elde edilmiş oldu. Sanal kamerayı çok yükseklerle çıkarmamak koşuluyla artık istenilen açıdan sahneyi görüntülemek mümkündü.

Bu kadar özel bir çalışma gerçekleştirilince render sisteminin de özel olması gerekiyordu. ESC firması bunu kendi içerisinde yapacağına filme katkısı olacak firma aramayı tercih etti. Daha önceden Pixar'ın PR Renderman sistemini kullanan firma, gerekli desteği Mental Images firmasının vermesi üzerine, render işlemlerinde MentalRay yazılımını kullandı. Reloaded filmi süresince Mental Images, MentalRay yazılımının yaklaşık-

100 değişik sürümünü ESC'ye hazırlayıp sundu.

Matrix filmlerinde çok çeşitli efekt ve canlandırmalar yer almasına rağmen sınırlı sayfa sayımızda, film ve özel efekt sektörüne yeni bir yaklaşım sunan Virtual Cinematography kavramı üzerinde durmaya çalıştık. Her türlü soru ve isteğinizi e-posta yoluyla iletmeniz durumunda, aklınıza takılan diğer sorunları da elimizden geldiğince cevaplamaya çalışırız. Ramazan bayramınızı tebrik eder, sağlık, mutluluk ve başarılar dilerim...

Gökhan Sönmez BYTE Türkiye'nin yazarlarından.

Kendisine gsonmez@byte.com.tr adresinden ulaşabilirsiniz.