

Bilgisayar Ekranında Sanal Mimikler Yüz Animasyonu

Bu yazıda açıklanan teknikler, fotoğrafların üzerine elle çizilen çizimlerin denetiminde doku kaplama yöntemini kullanarak iki boyutlu yüz animasyonlarının gerçekleştirilmesini içerir. Bu çalışma Bilkent Üniversitesi, Bilgisayar ve Enformatik Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Sunulan bütün sonuçlar, "Babe" filmi örnekleri dışında, bu çalışmanın ürünüdür. İlk aşamada, aynı yüze ait bir video dizisinden alınmış yüz görüntü kareleri ile canlandırılacak başka bir yüzün fotoğrafı alınır. Amaç, verilen tek kare yüz fotoğrafını video dizisindeki yüz ifadeleriyle canlandırarak yeni bir video dizisi oluşturmaktır.

Bir filmde var olan sıralı yüz hareketleri bir veri tabanında toplanarak, verilen herhangi başka bir yüz için canlandırma, istenilen hareket sırası seçilerek gerçekleştirilebilir. Daha önemlisi, insan yüzüne ait sıralı yüz hareketleri kullanılarak, insana ait olmayan yüzler benzer bir biçimde canlandırılabilir. Örneğin, bazı filmlerde hayvanlar konuşturulur. Bir insanın yüz ifadelerini bir kediye ya da başka bir yaratığa aktararak onu inandırıcı bir biçimde konuşturmak olasıdır. Son yıllarda, si-



nema filmlerinin pek çoğunda yüz animasyonu teknikleri kullanılarak hayvan karakterler konuşuyormuş gibi gösterilmiştir. Bunlar genellikle çok başarılıdır. En iyi örnek *Babe* filmidir. Filmdeki küçük domuzcuk, koyunlar ve köpekler arasında geçen konuşmalarda, hayvanların ağız hareketlerinin yanı sıra, konuşurken gösterdikleri yüz ifadeleri de gerçeğe çok yakındır. Diğer bir örnek de *Three Amigos* filminden verilebilir. Filmin çölde geçen bir sahnesinde, etraftan gelen hayvanların, filmin başrol oyuncularıyla

birlikte şarkı söylemelerini sağlamak için benzer animasyon teknikleri kullanılmıştır. Bazen bir insanın yüzüne ait sıralı yüz hareketlerini başka bir insanın görüntüsüne aktarmak bile çok işimize yarayabilir. Böylelikle, bir ülkenin önde gelen yöneticilerine duymak istediğimiz şeyleri söyletmemiz de olası, ama gerçeklik değerini çarpıtmaya çalışmadan!

Bu tekniklerin diğer bir uygulama alanı da, karmaşık karakterlerin daha basit karakterlerin hareket dizileri yardımıyla canlandırılmasıdır. Basit çalışmalar sonucu elde edilmiş sentetik yüz dizileri kullanılarak çok daha

karmaşık olan gerçek yüz görüntüleri canlandırılabilir. Bilkent'te yürütülen çalışmada oluşturulan örnekler arasında, böyle sentetik bir dizi kullanarak Marilyn Monroe'nun bir fotoğrafının canlandırılması da örnek gösterilebilir.

Burada açıklanan yöntem yüz animasyonu dışında ama yine yüzle çok yakından ilgili olarak da uygulanabilir. Örneğin plastik cerrahide yüzün belirgin öğelerini değiştirmeye yönelik ameliyatlardan önce, bu yöntem kullanılarak ameliyat sırasında gerçekleştirilecek değişiklikler hastaya önceden gösterilir ve daha bilinçli bir şekilde ameliyata karar vermesi sağlanabilir.

Çalışmanın uygulama alanı yüzlerin dışına da taşarak herhangi bir öğenin hareket dizisini başka bir öğeye aktarmayı da kapsar. Zıplama hareketi sırasında deformasyon gösteren bir topun hareket dizisini, ağaçtan düşen bir elma için kullanmak işimize yarayabilir.



Uygulanan Yöntemler

Buradaki en önemli adım, yüz öğelerini noktalar, doğrular ve eğriler yardımıyla belirlemektir. Video dizisinin ilk karesi ve verilen yüz görüntüsü (fotoğraf) üzerinde animasyon açısından önemli yüz öğeleri (burun, ağız, göz vb.) önce elle çizilerek işaretlenir. Daha sonra yılan (*snakes*) yöntemiyle öğelerin görüntü üzerinde daha doğru ve duyarlı bir şekilde oturması sağlanır. *Snakes* yönteminde her eğrinin görüntü üzerinde bulunduğu yere göre değişen bir enerjisi vardır ve bu enerji eğrinin üzerindeki noktaların renk değerlerine göre hesaplanır. Eğrinin üzerindeki noktalar görüntü üzerinde kaydırılarak eğrinin toplam enerjisi en aza indirilmeye çalışılır. Enerjinin en aza indiği noktada eğri bir kenar belirler. Böylece elle belirlenen eğri, yakalamaya çalıştığımız bir öğe kenarının gerçek yerini doğru bir biçimde belirler. Girdi olarak kullanılan video dizisinden bulunan yüz öğeleri ile animasyonu yapılacak görüntüden bulunan öğeler arasında bire bir karşılık sağlamaya dikkat et-

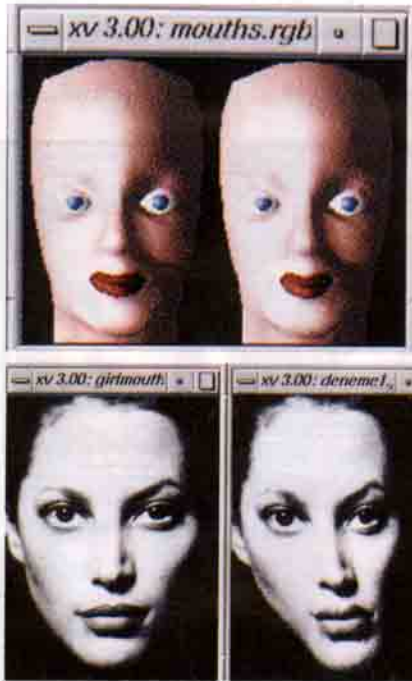


Solda, üstte görülen ağzın açılması fotoğrafa taşınmak istenmiş. alt sıradakinin benzeri bir açılma görülüyor. Sağda üstte, ağız küçük bir değişim göstererek biraz küçülüyor. Ekip, bu değişimi bir fotoğrafa taşımak istedi. Bu nedenle, ilk kareler üzerinde sadece dudakları öğe olarak belirlediler. Sonuç, sağ alt sıranın ikinci karesinde görüldüğü gibi, yine de istenildiği gibi değil; ağzın değişimi hedeflenirken yüzde deformasyon var. Bu yüzden, araştırmacılar bazı yardımcı öğeler belirlemeleri gerektiği sonucuna vardılar.



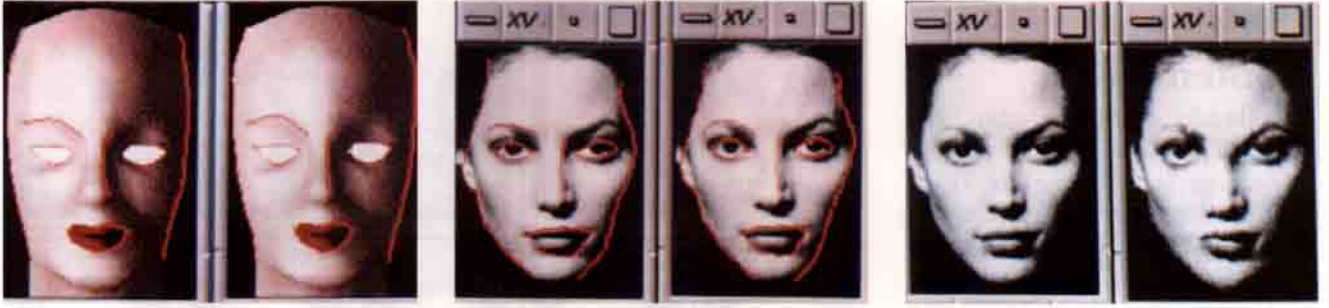
İlk sıra, verilen video dizisinin karelerini üzerlerindeki belirlenmiş (ilk kare) ve izlenmiş (ikinciden itibaren) öğe çizimleriyle gösterir. İkinci sıranın ilk karesi belirlenmiş öğeleri, ondan sonrakiler de üretilmiş olanları orijinal fotoğraf üzerinde gösterir. Son sıranın ilk karesi verilen fotoğraf, diğerleri de gerçekleştirdiğimiz animasyon kareleridir.

mek gerekir. Yani dizinin ilk karesi üzerinde belirlenmiş bir öğe için, verilen fotoğraf üzerinde karşılık gelen öğe tanımlanır ve belirlenir.



Örneğin sağ göz verilen görüntüdeki (fotoğraftaki) sağ gözle, sol göz de fotoğraftaki sol gözle eşleştirilir. Böylece eşleştirilen öğeler sayesinde verilen yüz görüntüsü dizideki öğelerin hareketini yansıtır.

İkinci aşamada, ilk görüntü üzerinde belirlenen öğelerin video dizisinin diğer kareleri üzerinde izlenmesi, hareket sırasını verilen yüze aktarmak açısından çok önemlidir. Özellikle bu işlemin otomatik olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çünkü dizide binlerce görüntü bulunabilir ve her görüntü üzerinde elle bazı belirlemeler yapmak çok zor ve zaman alıcı olur. İzleme işlemi için optik akı (*optical flow*) yöntemi kullanılır. Bu yöntem iki görüntü alır ve ilk görüntü üzerindeki noktaların ikinci görüntü üzerinde nereye kaymış olabileceğini bulmaya çalışır. Bunun için, karşılıklı noktalar arasındaki renk farklarını kullanarak yapılan hesaplamalar sonucunda, ilk görüntü üzerindeki her nokta için bir hareket vektörü bulunur. Böylece, ilk görüntü üzerindeki öğe çizimlerinin noktaları bu vektöre göre kaydırılarak, ikinci görün-



Kaş ve burun üzerindeki istenmeyen etkileri yok etmek için, o öğeler için de birer öge çizimi ekleniyor. Böylelikle, yüz hafifçe kapanırken kaş yerinde kaldı, burnun etrafındaki deformasyon da biraz azaldı.

tü üzerine yerleştirilir. Bu aşamada, *snakes* yöntemi de uygulanarak, izlenmiş öge eğrilerinin ikinci görüntü üzerindeki yerleri konusunda emin olunur.

Üçüncü aşamada, öge eşleştirmeleri sayesinde dizinin ilk karesinin her noktası için, verilen fotoğraf üzerindeki noktanın konumunu bulmamızı sağlayan bir fonksiyon buluruz. Bu işlem için çok katlı B-Spline interpolasyon yöntemi çok uygundur. Bu fonksiyon sayesinde, video dizisindeki her izlenmiş öge için fotoğrafta karşılık gelen öge çizimleri bulunur. Böylece hareket sırasının taşınmasını sağlayan öge değişimleri saptanır.

Çok katlı B-Spline interpolasyon yönteminde, ilk başta elimizde iki değişkenli bir fonksiyonun sadece bazı noktadaki değerleri mevcuttur. İlk kare üzerindeki bazı (x_1, y_1) noktaları için (ki bunlar

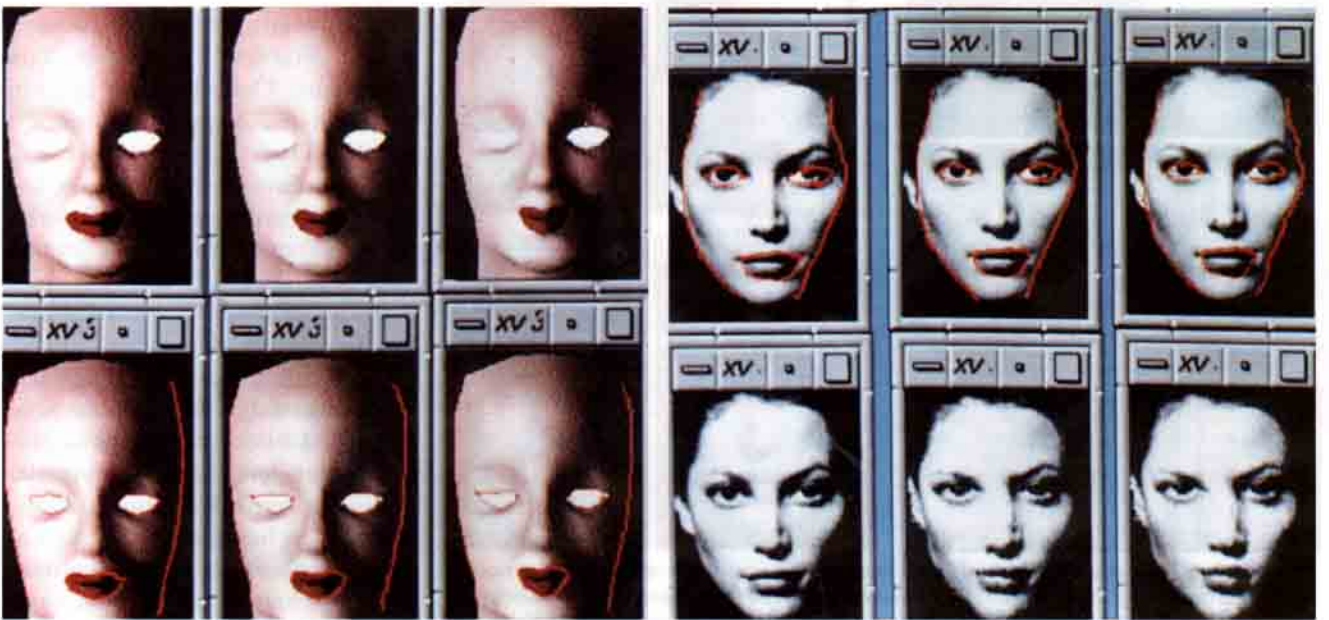
öge çizimlerinin noktalarıdır), fotoğrafta karşılık gelen (x_2, y_2) öge çizimleri noktaları vardır. Bu sınırlı sayıdaki fonksiyon değerlerini kullanarak ilk kare üzerindeki her nokta için fotoğraf üzerinde karşılık gelen noktalar hesaplanmaya çalışılır. Bu işlemin genel adı interpolasyondur.

Fotoğraf üzerindeki (x_2, y_2) noktalarını belirlemek için, (x_1, y_1) noktalarını kullanan iki ayrı fonksiyon bulunur. Bu fonksiyonlar yardımıyla canlandırmada kullanılacak öge çizimleri üretilir.

En son aşamada, verilen fotoğraf ve onun üzerinde belirlediğimiz öge çizimlerinin yanısıra, üçüncü aşamada bulduğumuz ve video dizisinin her karesine karşılık gelen öge çizimleri sayesinde, animasyonu tamamlayabiliriz. Orjinal öge çizimleri ve öge çizimlerinin her noktası için x, y farklarını kullana-

rak, çok katlı yeniden yüzey yapılımasını sağlayacak yeni bir enterpolasyon fonksiyonu bulunur. Böylece orjinal fotoğraf bu fonksiyon yardımıyla dönüştürülerek, aynı yüzün değişik ifadeler sergilemesi sağlanır. Ancak bu kez bulmaya çalıştığımız fonksiyonda bazı noktaların karşılıkları tanımsız olabilir. Burada amaç yüzde değişim olurken bazı bölgelerin etkilenmemesidir. Örneğin gözkapağı kapanırken, gözün içinin bu değişimden bağımsız kalması gerekir. Bu nedenle, daha hızlı olmasına rağmen çok katlı B-Spline interpolasyon yöntemini burada kullanamayız.

Animasyonunun son basamağında, video dizisindeki her kare için verilen fotoğraf kullanılarak, karşılık gelen yüz ifadelerini sergileyen video kareleri oluşturulmuş olur.



İlk sıra verilen dizgi karelerini, son sıra da oluşturulmuş animasyon karelerini içerir. Ara sıralar üzerinde de belirlenmiş, izlenmiş ve üretilmiş öge çizimleri gösterilmiştir. Yüzdeki belirgin öğelerden göz ve ağzın değişim etkileri yakın çevredeki diğer öğeler (kaş, burun) üzerinde de etki ederek deformasyon oluşturmuştur.

Örnek Yüz Animasyonları

Bu örneklerde verilen dizilerin ilk sırası video dizisinden alınan kareleri, üzerlerinde belirlenmiş öge çizimleriyle gösterir. Son sıranın ilk karesi verilen orijinal yüz görüntüsü, bundan sonrakiler ise üretilmiş olan animasyon dizisidir. Aradaki sıra ise, ara basamak olan üretilmiş öge çizimlerini göstermek içindir.

Açıklanan yöntemle üretilen yüz animasyonlarında en önemli nokta, yüz öğelerini belirlemek ve onları çok doğru bir şekilde izlemektir. Daha önce, bu gibi çalışmalarda yüz görüntüleri genelde makyaj yapılarak, yüz hatları iyice belirlenmiş insanlardan elde edilmiştir. Bizim kullandığımız görüntüler ise tamamen doğal, hiçbir işleme tabi tutulmamış görüntüler oldukları için bazı zorluklarla karşılaştık. Örneğin, bazı video dizilerinde *snakes* metodu öğeleri çok iyi yakalayamadı, çünkü görüntü ışıklandırmadan kaynaklanan belirsizlikler içeriyordu. Yine de üretilen öge çizimleri ve görüntüler, izlenen öğelere çok uygun ve bu da fonksiyonların doğru bir şekilde çalıştığını göstermektedir.

Daha önce de söylendiği üzere, hangi öğelerin belirleneceğine karar vermek çok önemli bir nokta. Değişimini yansıtmak istediğimiz öğelerin yanısıra bazı yardımcı öğeleri belirlemek de gerekebilir. Bir örnekte sadece ağzın değişimini verilen görüntüye taşımak istedik. Bu yüzden sadece ağız öge olarak belirledik. Sonuç istediğimiz gibi olmadı. Yüzün alt kısmı ağzın gösterdiği değişikliğe benzer bir deformasyon gösterdi. Bu, kullandığımız çok katlı yeniden yüzey yapılanması metodunun doğal sonucudur. Çünkü, ağız kısmındaki değişiklik etkisini yakın çevresinde de göstermektedir. Eğer en azından yüzün iki yanını da birer öge olarak belirleseydik, bu etki ortadan kalkacaktı.

Diğer bir örnekte gözler, ağız ve yüzün sağ ve sol yanı öge olarak belirlendi. Verilen dizide sol gözkapığı yavaşça kapanır ve ağız öpücük gönderiyormuş gibi küçülür. Dizideki görüntüler arasında yumuşak



Marylin Monroe'nun orijinal fotoğrafı (son sıranın ilk karesi) ve gerçekleştirilmiş animasyon kareleri (son sıranın ikinci karesinden sonrası). Marylin Monroe'nun yüz ifadeleri ilk sıradaki sentetik yüz görüntülerinin ifadelerini yansıtır. Ağız öpücük veriyormuş gibi küçülür, sol kaş da hafifçe kalkar. Bu değişim her karede yumuşak bir geçişle belirlenir.

geçişler olmasını istediğimiz için, büyük farklılıklara izin vermiyoruz. Bu örnekte sol gözle birlikte kaş da bir öge olarak belirlemediğimiz için, kaş izlenimi veren kısım gözkapığının hareketine uyarak aşağı doğru inme eğilimi göstermiştir. Bu istenmeyen etkileri ortadan kaldırmak için, yeni bir örnek üzerinde daha önce belirlediğimiz öğelere ek olarak sol kaş ve burnun sağ kenarı belirlenmiştir. Bu kez, kaşın yerinde kaldığı gözlenmektedir, ayrıca burnun etrafındaki deformasyon da azalmıştır.

Sonuç

Bu çalışma, 2 boyutlu yüz animasyonu için etkili bir yöntemdir. Yüz öğelerini çizimler yardımıyla belirleyerek, görüntü dönüşümlerini kontrol altına aldık. Bu çizimler sayesinde hareket dizilerini kolayca çıkarabildik.

Yüz öğelerinin hareketi izlenerek çıkarılan hareket dizileri bir veri tabanında toplanarak, verilen herhangi bir yüz görüntüsü için isteni-

len hareket dizisi seçilerek animasyon gerçekleştirilebilir. İnsan yüzlerinin hareket dizileri kullanılarak, insan olmayan varlıklara ait yüzler ya da sentetik yüzler inandırıcı bir biçimde canlandırılabilir. Bu yöntem özellikle çizgi filmlerde çok yararlı olabilir. Daha da ötede, yüzler dışındaki öğelerin animasyonları için de uygulanabilir bir yöntemdir. Çünkü burada asıl olan çizimlerdir, yüzle ilgili herhangi bir modelleme yapılmadığı için sınırlayıcı bir yanı yoktur.

Sistemin daha hızlı çalışması için, çok işlemcili bilgisayarlar kullanılması gerekebilir. Ayrıca, yüz görüntülerinin yanısıra, yardımcı bazı görüntü parçalarının da kullanılması daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Örneğin, doğal konumdaki bir yüz ileri safhalarda gülerken ağız açılabilir ve dışların de görüldüğü, o yüze ait küçük bir görüntü parçası bizim için çok yararlı olabilir.

Gamze D. Tunalı
Bülent Özgüç
Bilkent Üniversitesi,
Bilgisayar ve Enformatik Mühendisliği Bölümü