

OpenGL Kullanarak Sonradan Süzgeçlemeli Odaklama Bulanıklılığı Oluşturulması

Fahri Tuncer, Uğur Halıcı, İlkay Ulusoy
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Bilgisayarla Görme ve Yapay Sinir Ağları Araştırma Laboratuvarı
Balgat, Ankara
ftuncer@metu.edu.tr, halici@metu.edu.tr, ilkay@metu.edu.tr

Özetçe

İnsan gözünde veya diğer optik sistemlerde görüntü üzerinde oluşan ve belirli bir noktaya (veya düzleme) odaklamadan kaynaklanan bulanıklık, derinlik algılamasında önemli bir yer tutmaktadır. Sentezlenen görüntüler bu bulanıklıktan yoksundurlar, çünkü sentezleme esnasında gerçek mercek modelleri kullanılmamaktadır. Burada OpenGL ile sentezlenmiş bir görüntüye süzgeçleme kullanarak odaklama bulanıklılığını eklenmesi için bir yöntem sunulacaktır.

1. Giriş

İnsan gözünde veya diğer optik sistemlerde görüntü üzerinde oluşan ve belirli bir noktaya (veya düzleme) odaklamadan kaynaklanan bulanıklık, derinlik algılamasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu bulanıklık optik sistemin sonlu bir açıklığa ve optik sistemdeki merceklerin sabit bir odaklama uzaklığına sahip olmaları ile açıklanabilir. OpenGL gibi gerçek zamanlı grafik motorları kamera merceklerinden kaynaklanan bu ve benzer görüntü efektlerini ihmal etmektedirler [5]. Bu çalışmada OpenGL ile oluşturulmuş görüntülere ince kenarlı mercek modeli kullanarak odaklamadan kaynaklanan bulanıklılığın süzgeçleme yöntemi ile eklenmesi sağlanmıştır.

2. İlgili Çalışmalar

Bilgisayar ortamında sentezlenen görüntüleri daha gerçekçi yapmak için bir çok çalışma yapılmaktadır. Bulanıklık derinlik algılamasını artırdığı ve dolayısıyla oluşan görüntünün daha gerçekçi görünmesini sağladığı için, sentezlenen görüntülere derinlikten dolayı bulanıklık ekleme konusunda değişik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda probleme birkaç farklı yönden yaklaşılmıştır. [3] ve arkadaşları tarafından geliştirilen “distributed ray tracing” algoritmasında derinlik bulanıklılığını sentezlemenin bir parçası olarak kabul edilmiştir. Fakat bu yöntem çok fazla işlem gücü gerektirmektedir, bu yüzden gerçek zamanda uygulanabilir bir algoritma değildir. [4] çalışmasında OpenGL kullanarak çok geçişli, donanıma bağımlı bir algoritma geliştirmiştir. Her geçişte kameranın konumu belirli bir desene göre değiştirilerek ışığın mercek içinde kırınımı modellenmeye çalışılmıştır. Çok fazla işlem gücü gerektirmesi ve donanıma bağımlı olması bu algoritmayı uygulanabilir olmaktan uzaklaştırmaktadır. Diğer bir yaklaşım ise sentezlenmiş görüntü üzerine süzgeçleme kullanarak bulanıklılığın eklenmesidir, [2, 6, 7, 8]. Bu yöntemde görüntü standart “rendering” algoritmalarıyla oluşturulduktan sonra, geliştirilen mercek ve bulanıklık modellerine uygun olarak süzgeçlenerek görüntü üzerinde derinlik bulanıklılığının eklenmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmada benzer bir yaklaşım izlenmiştir.

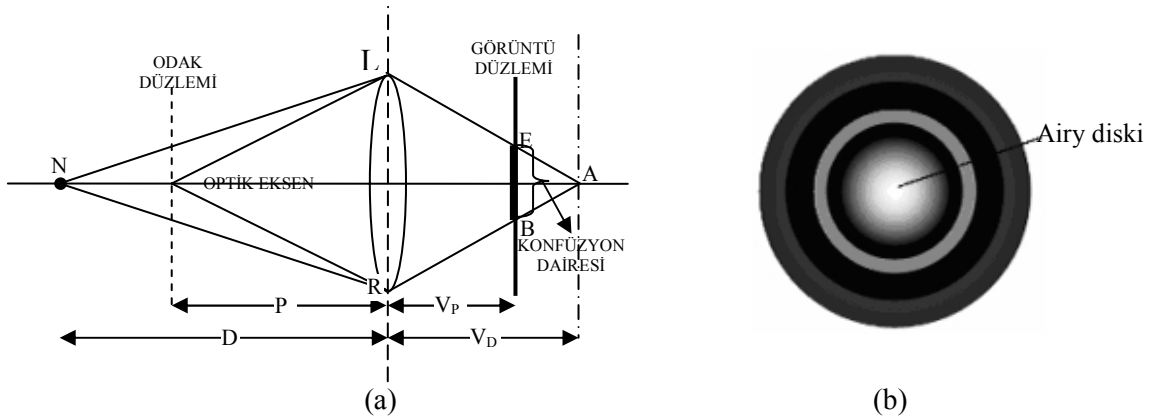
3. Bulanıklık Modeli

Belirli bir düzleme odaklanmış bir mercek oluşturulan görüntülerde bu düzlem üzerinde olmayan noktasal nesnelere görüntü üzerinde optik sistemin açıklığına benzer bir şekil oluşturmaktadırlar. İnsan gözünü ele alacak olursak, göz bebeğini dairesel bir açıklık olarak kabul edebiliriz. Bu nedenle *odak düzleminde* daha uzaktaki veya yakındaki bir noktanın görüntüsü dairesel olacaktır. Bu daireye *konfüzyon dairesi* denir [1]. Şekil 1.a'da görüleceği üzere görüntü düzlemi ile mercek arası uzaklığı V_P olan bir optik sistemde, D uzaklığındaki N noktası görüntü düzleminde EB çaplı bir dairesel görüntü oluşturmaktadır. EB yarıçapı benzer üçgenlerden ve ince kenarlı mercek denkleminde faydalanılarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$|EB| \approx |V_D - V_P| \frac{F}{nV_D} \quad (1)$$

Burada V_D , N noktasının görüntüsünün merceğe olan uzaklığını, V_P görüntü düzleminin merceğe olan uzaklığını, F merceğin odak uzaklığını, n ise optik sistemin açıklık sayısını göstermektedir.

Konfüzyon dairesi içindeki ışık şiddetinin dağılımı girişim olayı ile hesaplanır. Işığın dalga teorisine göre ideal bir optik sistemde bile bir noktanın görüntüsü asla nokta olamaz, optik sistemin marjlarındaki girişimden dolayı görüntü, optik sistemin açıklığına benzer bir şekilde yayılır. Şekil 1.b'de dairesel bir açıklıktan dolayı bir noktanın görüntüsünün ışık şiddetinin dağılımı gösterilmiştir. Görüleceği üzere bu dağılım ortada parlak bir bölgeden daha sonrasında ise parlak ve karanlık halkalardan oluşmaktadır. Ortadaki parlak bölgenin dışındaki halkalar gözle gözlenemeyecek kadar zayıftır, bu nedenle biz çalışmamızda konfüzyon dairesi içindeki ışık şiddeti dağılımını Gauss dağılımı olarak modelledik.



Şekil 1. (a) Optik bir sistemde konfüzyon dairesi, (b) Konfüzyon dairesi içindeki ışık dağılımı

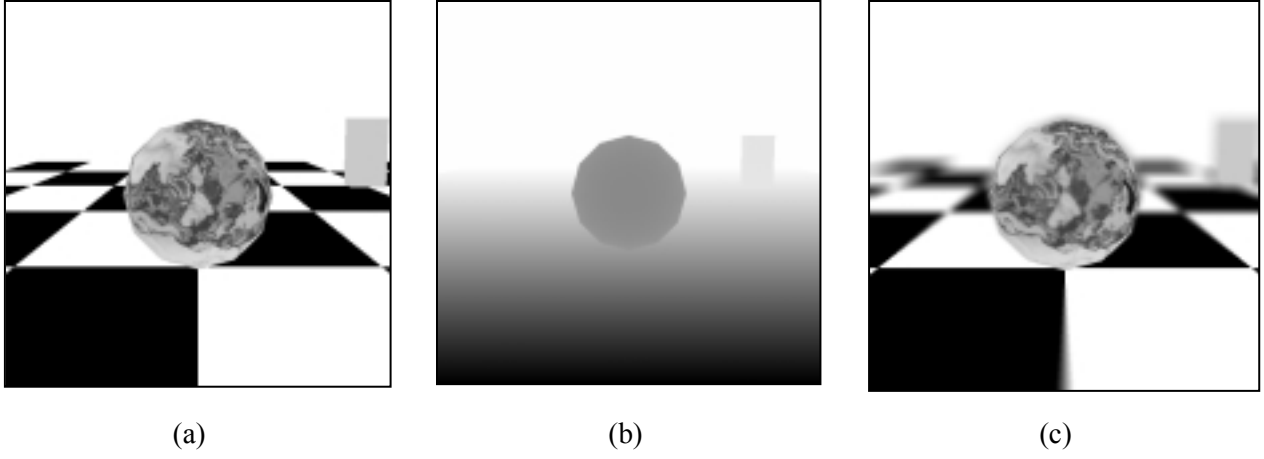
OpenGL herhangi bir mercek modeli kullanmadığı için OpenGL kullanılarak oluşturulan bütün görüntüler mükemmel bir netliktedir, yani görüntü üzerinde fokuslamadan kaynaklanan herhangi bir bulanıklık yoktur. OpenGL ile oluşturulan görüntülere derinlikten dolayı bulanıklık ekleyebilmek için ilk önce görüntü üzerindeki bir pikselin kameraya (merceğe) olan uzaklığının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama için OpenGL'in z -tamponu kullanılmıştır. Burdan elde edilen uzaklık kullanılarak o pikselin olduğu noktadaki konfüzyon dairesinin çapı hesaplanmıştır. Daha sonra varyansı bu çapa orantılı bir Gauss süzgeci görüntüye uygulanmıştır. Bu işlemi aşağıdaki gibi gösterebiliriz;

$$I(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} I_0(\xi, \eta) g_{\sigma(d,c)}(x - \xi, y - \eta) d\xi d\eta \quad (2)$$

Burada $I_0(x, y)$ OpenGL ile oluşturulmuş mükemmel netlikteki girdi görüntüyü göstermektedir. $g_{\sigma(d,c)}$ ise (x, y) noktasındaki Gauss süzgecini göstermektedir. Bu Gauss süzgecinin varyansı (x, y) noktasındaki d ile gösterilen kameraya olan uzaklığına ve c ile gösterilen kamera parametrelerine bağlıdır. (1)'den çıkarılacağı üzere bu kamera parametreleri $c=(F, n, V_P)$ dir. Görüleceği üzere (2) basit bir konvolüsyon değildir, $g_{\sigma(d,c)}$ her noktada değiştiği için, (2) Fourier dönüşümü kullanılarak uygulanamaz. Süzgeçlemenin uzamsal bölgede (spatial domain) yapılması gerekmektedir.

4. Sonuç

Yukarıda bahsedilen yöntem nVidia/GeForce grafik işlemcili bir bilgisayar kullanılarak geliştirilmiştir. Şekil 2'de bu yöntemle oluşturulmuş görüntüler gösterilmektedir. Bu yöntem bilinen diğer odaklama bulanıklığı yöntemlerine [3, 4] göre oldukça hızlıdır ve iyi sonuçlar vermektedir.



Şekil 2. (a) OpenGL ile oluşturulmuş mükemmel netlikteki görüntü, (b) z-tamponu bir pikselin kameraya olan uzaklığını göstermektedir, (c) Süzgeçlenmiş görüntü; kamera ortaki kürenin alt noktasında bir yere odaklanmıştır.

Kaynakça

- [1] Born Max, Wolf Emil, "Principles of Optics", McMillan, New York, 2.Baskı, 1964
- [2] Chen Y.C., "Lens Effect on Synthetic Image Generation Based on Light Particle Theory", *The Visual Computer*, Ekim 1987
- [3] Cook Robert L., Porter, Thomas, and Carpenter, Loren, "Distributed Ray Tracing", *Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 1984)*, 18(3), s.137-146
- [4] Haeberli Paul, Akeley Kurt, "The Accumulation Buffer: Hardware Support for High-Quality Rendering", *ACM Computer Graphics*, Volume 24, Sayı 4, Ağustos 1990

[5] McReynolds Tom, "Programming with OpenGL: Advanced Techniques", *ACM/SIGGRAPH Proceedings*, Los Angeles, California, 1997

[6] Mulder Jurriaan, van Liere Robert, "Fast Perception-Based Depth of Field Rendering", *Proceedings of ACM Virtual Reality Software and Technology*, Korea, Ekim 2000

[7] Pentland A.P., "A New Sense of Depth of Field", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-9, No:4, s.523-531 (1987)

[8] Potmesil Michael, Chakravarty Indranil, "Synthetic Image Generation with a Lens and Aperture Camera Model", *Proceedings of ACM/SIGGRAPH*, Dallas, Texas, 1981