

Environment Matting 기법을 이용한 영상합성 시스템 구현

이 동 훈, 이 동 규, 한 수 영, 이 두 수
한양대학교 전자통신전파공학과

Design and Implementation of Image Compositing system Using Environment Matting

Dong-Hoon Lee, Dong-Gyu Lee, Soo-Young Han, Doo-Soo Lee
Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University
E-mail : dosuri@ihanyang.ac.kr

Abstract

This paper has been studied a environment matting and compositing, which captures not just a foreground object and its traditional opacity matte from a real-world scene, but also a description of how that object refracts and reflects light.

And then this paper has verified and implemented the image compositing system using environment matting method.

1. 서론

매트를 이용한 합성을 기반으로 하는 영상합성 기법은 영화제작에서 사용되기 시작하여 비디오 제작에도 널리 쓰이기 시작하면서 많은 발전을 이루어 왔는데, 디지털 신호 처리기술의 발달과 더불어 컴퓨터의 발전으로 그래픽스와 실사와의 합성이 빈번하게 쓰이고 있고, 자연스러운 합성 기법이 요구되고 있다.

매트 기법에서는, 배경 앞에 놓여진 임의의

형태를 가진 구성요소를 추출해 내고, 매트를 사용하여 각 점에 대해 투명도를 나타내고 있다. 또한 합성 과정에서, 놓여진 구성 요소가 새로운 배경에 놓여질 때 매트를 이용하여 배경이 구성요소를 투과하여 나오는 정도를 고려하여 합성하게 된다. 1984년에 제한된 알파채널은 사물의 투명도와 형태를 반영하여 합성을 함으로써 자연스러운 합성을 가능케 하였다. 그러나, 굴절과 반사에 대한 특성을 포함하지 않으므로 폭넓게 적용되기에는 무리함이 따른다.

본 논문은 놓여진 구성요소의 투명도뿐만 아니라 굴절과 반사에 대한 특성까지 고려한 environment matting 기법을 도입하여 임의의 물체에 대한 형태, 투명도 및 굴절과 반사에 대한 특성을 추출해 내었으며, 이를 사용하여 새로운 배경과의 합성을 수행하여 environment matting 기법을 검증하고, 이를 구현하였다.

2. Environment Matte

Environment Matting 기법은 일반적인 합성 방식에서 시작을 하고, 새로운 구조를 추가하여 빛의 굴절과 반사를 고려한 새로운 관계식을 유도한다.

일반적으로 디지털 합성에서 색상 B 인 배경 앞에, 색상이 F 이고 matte α 를 가지는 임의의 물체가 놓여질 때, 결과로 나타나는 색상 C 는 다음과 Matting 방정식으로 나타내어진다.

$$C = F + (1 - \alpha)B$$

각각의 매트나 알파는 놓여진 물체에 의한 픽셀의 상태와 불투명도(opacity)를 나타낸다.

그러므로, 일반적인 합성에 있어서 각 요소의 색상은 다른 몇몇 요소들의 집합체로 생각되어질 수 있다. 즉, 물체는 발광하는 요소를 가질 수 있고, 광원으로부터 들어온 빛을 일부 반사하거나, 주변 다른 부분에서의 환경으로부터 온 빛을 통과시키거나 추가적으로 굴절시킨다고 볼 수 있다.

그래서, 놓여진 물체에 의해 주위환경의 빛이 어떻게 굴절되고 반사되는지를 고려한 environment matting 기법을 도입하여 다음과 같이 Environment Equation으로 확장한다.

$$C = F + (1 - \alpha)B + \Phi$$

여기서, Φ 는 전치된 물체를 통해 굴절되거나 반사된 주변환경의 빛들의 기여도를 나타낸다.

이 때, 주위환경을 모든 방향 ω 로부터 들어오는 빛 $E(\omega)$ 라고 기술하며, 주어진 픽셀에 의해 보여지는 놓여진 물체의 부분 f 에 발광되는 빛의 총합 Φ 는 픽셀 포인트 p 에 기여하는 주위환경으로부터 f 를 통해 들어오는 모든 빛을 적분하여 표현할 수 있고, 그것은 또 어떤 반사율 함수 $R(\omega \rightarrow p)$ 에 의해 감소되어진다.

$$\Phi = \int \int R(\omega \rightarrow p)E(\omega) d\omega d p$$

또한 이 감소함수 $R(\omega \rightarrow p)$ 는 모든 흡수와 분산의 효과를 포함하며 Φ , R , 그리고, E 는 모두 빛의 파장에 종속적임을 알 수 있다.

반사율 함수 $R(\omega \rightarrow p)$ 는 사실상 주어진 픽셀

의 영역을 관통하는 상수이므로 픽셀 내에서의 위치와는 독립적인 새로운 함수 $R(\omega)$ 를 사용하여 다음과 같이 식을 간단히 할 수 있다.

$$\Phi = \int R(\omega)E(\omega) d\omega$$

또, 여기서 주위환경의 각기 다른 일부분으로부터 이루어진 텍스처를 나타내는, m 의 집합으로 구성된 텍스처 맵 $T_i(x)$ 를 사용하여 적분을 간단히 한다.

$$\Phi = \sum_{i=1}^m \int R_i(x)T_i(x) dx$$

여기서, 식을 간소화하기 위해서 텍스처 맵 T_i 로부터의 기여도는, 축에 정렬된 사각형 영역 A_i 로부터 총 빛의 양의 어떤 상수 K_i 배로 근사할 수 있다는 가정을 한다.

가장 표준적인 텍스처-매핑 기법은 사실상 축에 정렬된 텍스처 영역의 평균값으로 계산한다. 그러므로 $R_i = K_i A_i$ 로 둘 수 있다.

$$\begin{aligned} \Phi &= \sum_{i=1}^m K_i \int_{A_i} T_i(x) dx \\ &= \sum_{i=1}^m K_i A_i M(T_i, A_i) \\ &= \sum_{i=1}^m R_i M(T_i, A_i) \end{aligned}$$

이로부터, 최종적으로 구한 Environment matting equation은 다음과 같다.

$$C = F + (1 - \alpha)B + \sum_{i=1}^m R_i M(T_i, A_i) \quad - (1)$$

3. Environment Matte 기법을 이용한 matte 추출 및 영상합성 시뮬레이션

3.1 놓여진 물체의 형태

Environment Matting 기법을 이용한 영상합성 시스템 구현

실제 사물의 사진으로부터 environment matte 기법을 적용하기 위해 우선 매트 상의 픽셀들을 두 가지로 구분한다. 레퍼런스 이미지와 놓여진 물체를 함께 촬영한 이미지를 비교하여 그 차이 값이 문턱값 ϵ 보다 큰 값인 픽셀은 덮인 영역으로 하고 그렇지 않은 픽셀은 덮이지 않은 영역으로 구분하여 전자는 $\alpha=0$, 후자는 $\alpha=1$ 로 값을 정한다.

3.2 놓여진 물체의 색상과 반사율 계수

덮여진 영역($\alpha>0$)내의 픽셀에 대해 놓여진 물체의 색상 F 와 반사율 계수 R_i 을 각각에 대해 고찰해야 한다. 이를 위해 먼저 다른 두 개의 배경을 가진 물체의 사진을 사용한다. 첫 번째 배경 색을 B 라고 하고 두 번째 배경 색을 B' 라고 둔다. 각각에 의해 표현되어지는 결과 색상을 C, C' 라고 한다면 Environment matting Equation을 이용하여 관계를 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} C &= F + (1 + \alpha)B + R_1B \\ C' &= F + (1 + \alpha)B' + R_1B' \end{aligned}$$

두 관계식에서 R_1 과 F 를 구하게 된다. 각각은 α 에 대한 함수로 표현된다.

$$R_1(\alpha) = (C - C') / (B - B') - (1 - \alpha) \quad - (1)$$

$$F(\alpha) = C - (1 - \alpha + R_1)B \quad - (2)$$

3.3 영역 범위 와 영역 추정 의 재검토

경계선에서의 픽셀에 대한 알파 값을 재검토 하기 위해 화면에서 굴절과 반사가 가장 잘 근사된 배경의 사각영역 A_1 을 검토한다.

$$E_1 = \sum_{j=1}^n \|C^j - F(\alpha) - (1 - \alpha)B^j - R_1(\alpha)M(T_1^j, A_1)\|^2$$

여기서, B^j 와 C^j 는 j 번째 패턴이 배경으로 되었을 때, 레퍼런스 이미지와 목적 이미지의 픽셀 색상이다. 같은 방법으로 텍스처 맵 T_1^j 도 j 번째 패턴에 의해 결정된다. $F(\alpha)$ 와 $R_1(\alpha)$ 는 위에서 기술한 식(2)와 (3) 으로 얻을 수 있다. 그런 다음, 크기는 RGB공간상에서 색상들의 거리에 제곱의 합으로써 구할 수 있다. 여기서, 목적 함수 E_1 를 최소화하는 사각영역 A_1 를 찾는 것이 목표이다.

A_1 에 대한 왼쪽, 오른쪽, 위, 아래 값 (l, r, t, b) 는 배경으로 수평, 수직 스트라이프 패턴을 각각 사용함으로써 간단히 할 수 있는데, 수평의 스트라이프 배경을 사용하면 왼쪽, 오른쪽 값에 독립적으로 영역을 찾을 수 있고, 같은 이치로 수직의 스트라이프 배경을 사용하면 위, 아래 값에 독립적으로 영역을 찾을 수 있다. 즉, E_1 함수를 최소화함에 있어서 알파 값을 고려하면, (α, l, r, t, b) 에 대한 관계식을 (α, l, r) 과 (α, t, b) 로 차원을 낮추어 계산할 수 있다.

또한, 0과 1사이로 표현되는 알파 값을 근사화 시키고 조정하여 계산속도를 개선할 수 있는데 여기서 다음과 같은 아홉 개의 알파 값을 설정함으로써 성능을 개선 할 수 있다.

$$\alpha \in \left\{ \frac{1}{8}(0, 1, 2, \dots, 8) \right\}$$

4. Environment 합성

놓여진 물체에 대한 Environment matte가 구해지면 반사와 굴절을 고려하여 새로운 배경에 대한 합성을 수행 할 수 있다. 이러한 과정을 Environment compositing이라고 하고, 전술한 방정식 (1)에 의해 수행되어진다. 이 과정은, 물체의 색상과 배경색상, 그리고 주변환경을 나타내는 텍스처 맵의 각각 부분으로부터 가중적으로 부가된 기여에 따라 합성되어진다.

텍스처 매핑 과정에서 발생할 수 있는 앨리어싱을 피하기 위한 필터링이 필요하며, 축에 정렬된 사각형 공간의 평균값을 빠르게 계산하기 위

하여 Summed area table을 사용하여 합성 속도를 개선한다.

5. 결론

실제의 사물을 촬영한 영상과 다른 그래픽스와의 합성기법은 멀티미디어 및 영상물 제작에 가장 빈번하게 사용되는 기술이므로 자연스러운 합성을 위해서 놓여진 물체에 의한 배경의 굴절과 반사를 고려한 Environment matting 합성기법은 매우 유용하게 쓰일 수 있다.

본 논문은 Environment matting 기법을 도입하여 물체의 투명도와 함께 굴절과 반사특성을 고려한 Environment matte를 추출하였고, 이를 토대로 새로운 배경과 합성할 때 굴절과 반사특성을 포함시킨 영상합성 시스템을 구현해 봄으로써 Environment matting 기법과 그 합성기술이 배경의 굴절과 반사를 잘 반영함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Douglas E. Zongker, Dawn M. Werner, Brian Curless, David H. Salesin, "Environment Matting and Compositing", 2000.
- [2] J. F. Blinn and M. E Newell. "Texture and reflection in computer generated images." communication of the ACM, 1976
- [3] Julie Dorsey, James Arvo, and Donald Greenberg. "Interactive design of complex time dependent lighting." IEEE computer Graphics and Applications, March 1995.

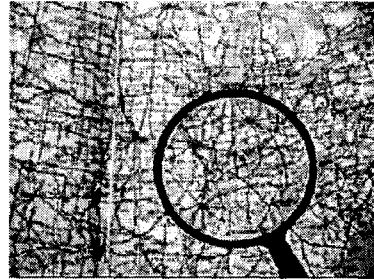


그림 1 알파 matte를 사용한 합성

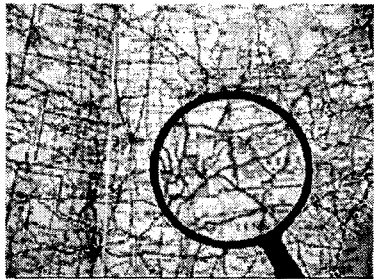


그림 2 Environment matte를 사용한 합성



그림 3 실제 배경을 두고 찍은 화면