

## 곡률 계산에 기반한 깊이지도 생성 알고리즘

소용석, \*심재영, 이상욱

서울대학교, \*UNIST

ysoh611@snu.ac.kr, \*jysim@unist.ac.kr, sanguk@snu.ac.kr

### Curvature Estimation Based Depth Map Generation

Yongseok Soh \*Jae-young Sim Sang-uk Lee

Seoul National University \*UNIST

#### 요 약

최근 3 차원 디스플레이 기술의 발전에 힘입어 3 차원 콘텐츠에 대한 수요도 늘고 있다. 스테레오스코픽(Stereoscopic) 렌즈를 이용하여 3 차원 콘텐츠를 만들거나 여러 장의 2 차원 영상을 이용한 3 차원 복원 연구가 활발히 진행되는 가운데 본 논문에서는 단일 2 차원 영상을 이용해서 깊이 지도를 획득하는 알고리즘을 제안한다. 단일 영상을 보고 3 차원 구조를 파악하는 인간의 시각 체계의 능력에 착안하여 본 논문에서는 단일 영상을 이용하여 깊이 정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다. 깊이 단서들 중, 가림 단서를 소개하고 추가로 인간의 시각 체계에서 사용하는 깊이 단서들을 결합하여 기계 학습 알고리즘에 접목시킨다. 실험을 통해 우리는 제안 알고리즘이 물체의 외곽정보를 이용하여 양질의 깊이 지도를 준다는 것을 확인할 수 있다.

#### 1. 서론

우리가 일상에서 접하는 사진은 3 차원상에 놓여있는 물체들이 카메라를 거쳐서 2 차원 평면으로 투영된 결과물이다. 그런 투영 과정을 통해 물체의 깊이 정보는 소실되는데 최근에는 이러한 2 차원 영상들을 이용해서 원래의 3 차원 구조나 소실된 깊이 정보를 복원하려는 연구들이 활발히 진행되고 있다.[1] 2 대, 혹은 그 이상의 카메라를 이용하여 깊이 정보를 획득하는 접근들은 많은 반면에, 단일 2 차원 영상을 이용하여 깊이 지도를 획득하는 연구는 상대적으로 미비한 실정이다. 그것은 상대적으로 단일 영상을 이용하는 것이 3 차원 구조를 추정하는데 있어서 사용할만한 정보들이 적기 때문이다. 우리는 본 논문에서 2 차원 단일 영상과 물체의 외곽정보를 이용해 깊이 정보를 획득하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

인간의 경우에는 2 차원 단일 영상을 보고 영상을 이해하는데 큰 어려움을 느끼진 않는다. 그것은 인간이 인지와 학습 능력으로 인해 깊이 단서를 추출하고 이해하는 능력이 뛰어나기 때문이다. 여러 깊이 단서들 중, 인간의 시각체계가 상당히 의존하는 깊이 단서는 가림 단서(Occlusion cue)이다.

가림 단서는 3 차원상에서는 온전하게 있는 물체의 외곽정보가 2 차원 평면상으로 투영되는 과정에서 원래의 외곽정보를 잃음으로써 생기는 일종의 왜곡이다. 우리는 본 논문에서 이런 가림 단서와 추가적인 몇 개의 깊이 단서를 결합하여 특성 벡터를 제안한 후 AdaBoost 라는 기계 학습 알고리즘에 접목시키고자 한다. 그리고는 실험 결과를 통해, 본 논문에서 소개하는 알고리즘이 영상에 대한 깊이 정도를 잘 추정해 낸다는 것을 확인한다.

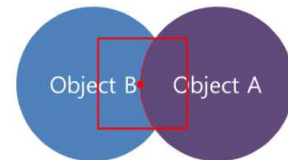


그림 1. 가림 단서의 예

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2 장에서는 알고리즘에서 사용하고자 하는 특성 벡터에 대해 구체적으로 설명을 하겠다. 3 장에서는 실험에 대한 구체적인 세부 사항들을 설명하겠다. 마지막으로 4 장에서는 실험 결과를 보이고, 추가적으로 진행할 연구에 대해 정리하도록 하겠다.

#### 2. 특성 벡터

서론에서 설명했듯이, 가림(Occlusion)은 3 차원 상에서는 독립적인 두 개 이상의 물체가 2 차원 평면상으로 투영되는 과정에서 서로의 외곽선 정보를 침범하면서 생기는 현상을 의미한다. 우리는 이러한 물체의 외곽 정보를 이용하여 그것을 깊이 단서로 사용할 수 있다는데 착안하여 이를 이용해 깊이 관계를 유추할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

우리는 가림 단서를 사용하기에 앞서 충분한 관찰을 통해 물체 간의 가림을 발생했을 때, 볼록한 외곽선을 갖는 물체는 앞에 놓여 있는 물체이고, 오목한 외곽선을 갖는 물체는 뒤에 놓여 있는 물체라는 가정을 사용한다. 그림 1. 을 보면, 물체 A 와 물체 B 사이에 가림이 일어났다는 것을 볼 수 있고, 물체



그림 2. 영상 내에서의 특성 벡터

A 가 물체 B 의 앞에 있다는 것을 유추 할 수 있다. 우리는 이러한 가정을 이용하여 물체의 외곽 정보를 안다고 가정할 때, 물체간에 이루는 외곽 정보의 곡률을 계산한다. 곡률을 계산하는 수식은 다음과 같다.

$$C_A(p) = \frac{1}{2} - \frac{N_A(p)}{N(p)} \quad (1)$$

점 p 가 물체간의 외곽선에 있다고 할 때,  $C_A(p)$ 는 점 p 를 중심으로 잡은  $21 \times 21$  화소 영역 내에 물체 A 에 해당하는 화소의 개수를 의미한다. 곡률이 없는 경우(직선)  $C_A(p)$ 는 0 의 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 또, 물체 A 를 기준으로 볼록한 경우에는  $C_A(p)$ 는 양의 값을 갖는다는 것을 알 수 있고, 물체 A 를 기준으로 오목한 경우에는  $C_A(p)$ 는 음의 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이런 식으로 영상 내의 외곽 정보를 이용해 물체간의 곡률 관계를 구할 수 있게 되고 이를 가림 단서로 사용할 수 있다.

하지만 가림 단서에만 의존하여 깊이를 구분하기에는 알고리즘의 강건성에 영향이 있다. 그렇기 때문에 우리는 추가적으로 몇 가지 깊이 단서들을 제안하여 전체적으로 강건한 알고리즘을 제안하고자 한다. 본 논문에서는 3 개의 추가적인 항목들로 구성된 특성벡터를 제안한다.

첫 번째 항목으로는 실안개의 정도이다. 실안개는 공기 중에 존재하는 먼지에 의해 생기는 것으로서 가까운 물체의 경우에는 실안개의 정도가 적은 반면, 멀리 떨어진 물체의 경우에는 실안개의 정도가 많다. [2]에 소개된 알고리즘을 사용하여 상대적인 실안개의 정도를 계산하였다.

두 번째 항목으로는 물체의 위치이다. 우리는 보통 사진을 촬영할 때, 물체를 사진 영상의 가운데에 두고 촬영하는 경우가 대부분이다. 그렇기 때문에 물체의 위치도 특성 벡터에서 고려하고자 한다.

세 번째 항목으로는 물체의 가장자리(edge) 정보이다. 카메라 렌즈의 특성상, 영상 내의 특정 물체에 대해서는 초점이 맞춰져 있을 때, 그 특정 물체와는 다른 깊이를 갖는 다른 물체는 초점에서 벗어나있는 경우가 있다. 물체가 초점에서 벗어난 경우는 가장자리 정보가 부족한 경향을 깊이 단서로 사용할 수 있다.[3] 이를 반영하여 물체의 가장자리 정보도 특성 벡터에서 고려하고자 한다.

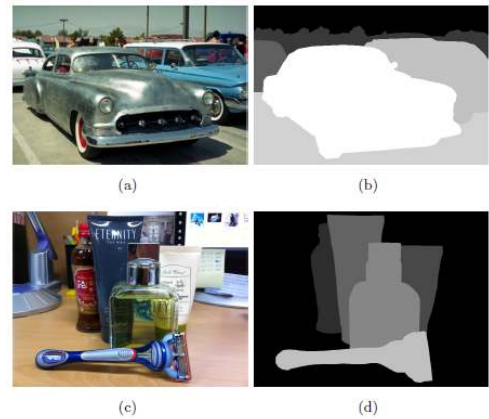


그림 3. 제안 알고리즘에 의한 실험 결과. (a)와 (c)는 입력 영상. (추가로 각 영상에 대한 외곽정보도 입력으로 사용). (b)와 (d)는 생성된 깊이 지도.

### 3. 알고리즘 구현 및 실험 결과

실제로 영상 내에서 물체간의 가림이 발생한 외곽선의 형태를 관찰하면, 앞에 있는 물체라고 해도 뒤에 있는 물체에 대해 오목한 부분은 존재한다는 것을 쉽게 볼 수 있다. 그렇기 때문에 우리는 알고리즘에서 특성 벡터를 물체의 외곽선상에 충분히 많이 잡음으로써 물체의 전체적인 외곽 특징을 포착하고자 한다. 실험에서는 영상마다 1000 개의 점을 잡았다.

본 논문에서 사용한 AdaBoost 는 여러 개의 약한 분류기를 선형 결합 시킴으로써 하나의 강한 분류기를 만드는 기계 학습 알고리즘이다.[4] 제안 알고리즘에서는 약한 분류기로 Decision Tree 를 사용한다. 훈련 과정에서는 영상 내의 점들에 대한 특성벡터를 입력으로 하여 분류기를 훈련시킨다. 시험 과정에서는 입력 영상과 해당 영상의 외곽 정보를 이용하여 특성 벡터들을 계산하고, 그것을 분류기를 통해 분류함으로써 물체의 상대 깊이를 추정한다.

### 4. 결론

본 논문에서는 2 차원 영상을 이해하는 인간의 시각 체계를 모방하여 가림단서와 몇가지 깊이 단서들을 결합한 특성벡터와 AdaBoost 를 접목시켜 깊이 지도 생성 알고리즘을 제안하였다. 미래에는 추가적으로 외곽 정보를 자동화과정을 통해 추출하는 연구를 함으로써 전체적인 2D - 3D 변환 과정을 자동화하고자 한다.

### 5. 참고 문헌

[1]D. A. Forsyth, J. Ponce, Computer Vision: A Modern Approach, Prentice Hall, 2003

[2]K. He, J. Sun, X. Tang, "Single Image Haze Removal using Dark Channel Prior" , in Proc. IEEE CVPR, pp. 1956-1963

[3]S.Zhuo and T.Sim, "On the Recovery of Depth from a Single Defocused Image", In Proc. Intl. Conf. Computer Analysis of Images and Patterns, pp. 889-897.

[4]R. E. Scapire, "A Brief Introduction to Boosting", in Proc. Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence, pp. 1401-1406.