

교차검사와기하학적제약사항을이용한폐색영역탐지

장우석, 호요성

광주과학기술원

{jws, hoyo}@gist.ac.kr

Occlusion detection using cross-checking and geometric constraint

Woo-Seok Jang, Yo-Sung Ho

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

스테레오 정합을 위해서 폐색 영역의 생성은 해결해야할 큰 문제이다. 본 논문에서는 스테레오 정합을 위해서 자동으로 폐색 영역을 예측하는 방법에 대해서 제안한다. 한 화소가 폐색영역인지 아닌지를 판단하기 위해서는 이웃 화소의 변위 값을 평가해야 한다. 이를 위해 제안하는 방법에서는 우선 스테레오 영상에 최적화 단계의 복잡도를 줄이기 위해서 데이터 항을 이용하여 고정된 변위 레벨만 메시지를 업데이트하는 알고리즘으로 최적화한 스테레오 정합 알고리즘을 사용하여 좌우 영상의 초기 변위 지도를 생성한다. 이를 이용하여 좌영상의 모든 화소를 우영상으로 투영하여 폐색 영역의 후보를 얻어내는 기하학적인 제약 사항과 좌우 영상에서 서로의 변위 값을 평가하는 교차 검사 제약 사항을 이용하여 폐색 영역을 예측한다. 이들 폐색 영역 예측을 위한 제약 사항들은 belief propagation 알고리즘을 사용하여 에너지를 최소화함으로 최적화된다. 실험결과를 통하여 제안한 알고리즘으로 얻어진 폐색 영역이 실제 폐색 영역과 거의 일치함을 알 수 있다.

I. 서론

스테레오 정합이란 동시에 획득한 두 영상을 이용하여, 동일한 물체가 각각의 영상에 맺힌 위치를 찾아내는 방법으로 컴퓨터 비전 분야에서 널리 연구되는 주제이다. 스테레오 정합 알고리즘은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 이들은 국부적인 방법 (local method)과 전반적인 방법 (global method)이다. 국부적인 방법에는 블록 정합 방법이나 특징점 정합 방법 등이 있고, 전반적인 방법에는 Graph cut 알고리즘 [1]이나 Belief propagation 알고리즘 [2]을 이용하여 최적화하는 방법 등이 있다. 스테레오 정합이 수행된 영상은 각 화소가 두 영상에서 얼마나 떨어져 있는지를 변위 지도를 통해서 나타낸다. 그림 1에서는 변위 지도의 예를 보여준다. 변위 지도를 통해서 영상의 깊이를 알 수 가 있는데, 그림에서 밝은 부분일수록 물체가 가까이 있다는 것을 나타낸다.



(a) 색상 영상



(b) 변위 지도

그림 1. 색상 영상과 일치하는 변위 지도의 예

스테레오 영상은 서로 다른 위치에서 획득되기 때문에 한 영상에 보이는 화소가 다른 영상에서는 가려져서 보이지 않는 경우가 존재한다. 스테레오 정합을 할 때 가려진 폐색 영역을 고려하지 않는다면 정확한 변위값을 얻을 수 없다. 따라서 스테레오 정합시 폐색 영역을 예측하여 탐지하는

작업은 중요한 역할을 한다. 이를 위해 전반적인 최적화 방법을 이용해서 반복적으로 폐색 영역을 구하는 방법이 존재한다[3].

본 논문에서는 폐색 영역을 자동적으로 예측하는 방법에 대해서 소개한다. 좌우영상의 초기 변위 지도를 구하고, 이를 이용하여 폐색 영역을 구하기 위한 제약 사항들을 정의하고, 이를 최적화함으로 최종 폐색 영역을 구한다.

II. 폐색 영역 탐지

2.1 마르코브 랜덤 장 (Markov Random Field)

MRF 모델을 비방향 그래프이다. 각 노드 $s=1,2,\dots,N$ 를 가진 그래프에서 각 노드의 상태는 x_s 로 나타내고, 각 노드는 관찰된 노드인 y_s 와 연결되어 있다. 에너지 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$E(X; Y) = \sum_s D_s(x_s, y_s) + \sum_{s,t \in N(s)} S_{s,t}(x_s, x_t) \quad (1)$$

D_s 함수는 노드 s 의 데이터 항 (data term)을 나타내고, $S_{s,t}$ 함수는 노드 s 와 t 사이의 평활화 항 (smoothness term)을 나타낸다. $N(s)$ 는 노드 s 의 이웃에 있는 노드를 나타낸다. 2.2~2.4에서는 위의 MRF 식을 이용하여 폐색 영역 탐색을 위한 에너지 함수를 정의할 것이고, 이를 최소화시키는 belief propagation 알고리즘을 사용하여 최적화한다.

2.2 기하학적 제약 사항

기하학적 제약 사항에서는 폐색 영역에 있을만한 화소들의 후보를 예측한다. 좌영상의 폐색 영역을 찾는 경우에 좌영상의 변위 지도를 이용하여 좌영상의 모든 화소를 우영상에 투영한다. 우영상의 한 화소에 좌영상

의 여러 화소가 일치할 경우, 해당하는 화소의 변위값이 믿을만하다면 일치하는 여러 화소 중 가장 큰 변위를 가지는 화소가 보이는 영역으로 고려되고, 나머지는 폐색 영역으로 간주될 수 있다. 하지만 실제 보이는 영역의 화소의 변위 값이 나머지 폐색 영역의 변위보다 작은 경우가 생긴다면 변위값만을 가지고는 폐색 영역을 확정할 수 없다. 이를 해결하기 위해서 기하학적 제약 사항에 대한 에너지 함수를 다음과 같이 정의하였다.

$$E_G(D_L) = \sum_s w_b |o_s - G_L(s; D_L)| \quad (2)$$

w_b 는 가장 변위 값이 큰 화소와 아닌 화소 간에 달리 적용한 가중치를 나타낸다. $G_L(s; D_L)$ 은 2진 지도로써 우영상의 한 화소에 좌영상의 여러 화소가 투영이 될 때 변위 값으로부터 온 좌영상의 위치에 '1'로 세팅한다.

2.3 교차 검사 제약 사항

교차 검사 제약 사항에서는 상호 일치성을 평가한다. 상호 일치성 평가는 두 영상의 변위 지도로부터 변위 값이 일치하는지를 확인한다. 교차 검사 제약 사항에 대한 에너지 함수는 다음과 같이 정의한다.

$$E_c(D_L, D_R) = \sum_s |o_s - C_L(s; D_L, D_R)| \quad (3)$$

$$\begin{cases} C_L = 0, & \text{if } D_L(x_i) = D_R(x_i - D_L(x_i)) \\ C_L = 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

x_i 는 좌영상의 한 화소이고, 식 (4)의 C_L 이 '1'일 때는 변위값의 신뢰도가 떨어진다라는 사실을 나타낸다.

2.4 에너지 함수

최종 에너지 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$E_O = \sum_s (1 - o_s) F(s, d_s, I) + \lambda_o o_s + \lambda_G E_G(D_L) + \lambda_C E_C(D_L, D_R) + \sum_{s, t \in N(s)} \lambda_s |o_s - o_t| \quad (5)$$

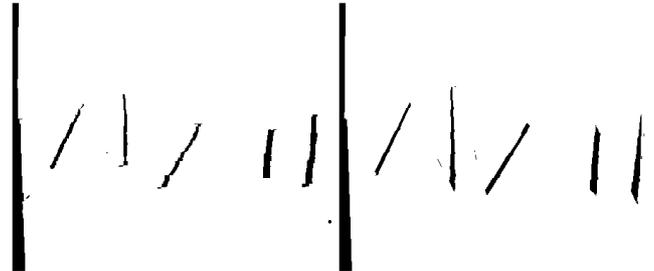
이전에 선언한 기하학적 에너지와 교차 검사 에너지 항 외에도 변위 지도를 이용한 두 영상의 일치하는 점의 휘도 성분 차이도 최종 에너지 함수의 데이터 항에 추가가 되어진다. 이는 두 제약 사항에 의해 보이는 부분이라고 인식된 화소라도 영상간 휘도 차이가 많이 난다면 잘못된 정합일 수 있다는 가정에 의한 것이다. 마지막 항은 폐색 영역에서의 평활화 항을 나타낸 것이고, s 의 주위 화소들과의 관계를 이용한다. MRF에서와 같이 데이터 항과 평활화 항이 정의가 되었으므로 이를 belief propagation 알고리즘을 이용하여 에너지가 최소가 되도록 최적화한다.

III. 실험결과

알고리즘의 성능을 테스트하기 위해서 그림 2에서 보여주는 미들버리(middlebury)의 Sawtooth 영상을 사용하였다. 그림 3은 제안하는 알고리즘을 이용하여 얻은 폐색 영역 지도와 실제 폐색 영역을 보여준다. 폐색 영역을 탐지하기 위해서 우선 초기의 변위 지도를 얻었는데, 이 때 최적화 방법으로 constant-space belief propagation [4]을 사용하였다.



그림 2. Sawtooth 좌우영상



(a) 제안하는 알고리즘 (b) 실제 폐색 영역

그림 3. 폐색 영역 지도

IV. 결론

본 논문에서는 스테레오 정합의 정확도를 높이기 위한 폐색 영역 탐지 방법을 제안하였다. 폐색 영역 탐지를 위한 초기 변위 지도는 실행 시간과 메모리 사용이 변위 레벨에 독립적인 최적화 알고리즘을 사용하여 얻었다. 이는 상당히 복잡도를 줄일 수 있어서 효율적이었다. 이로 인해 얻어진 초기의 변위 지도를 가지고 기하학적 제약 사항과 교차 검사 제약 사항을 이용하여 에너지 함수를 정의하였고, 이를 최적화하여 폐색 영역을 예측하였다. 실험 결과로부터 예측한 폐색 영역은 실제 폐색 영역과 비슷한 결과를 얻어냄을 알 수 있었다. 이와 같이 얻어진 폐색 영역을 이용하여 스테레오 정합을 다시 수행한다면, 좀 더 정확한 변위 지도를 얻을 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0003))

참 고 문 헌

- [1] Y. Boykov, O. Veksler, and R. Zabih, "Fast approximate energy minimization via graph cuts," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 11, pp.1222-1239, Nov. 2001.
- [2] J. Sun, N.N. Zheng, and H.Y. Shum, "Stereo matching using belief propagation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 7, pp. 787-800, July 2003.
- [3] J. Sun, Y. Li, S. B. Kang, and H. Shum, "Symmetric stereo matching for occlusion handling," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 399-406, 2005.
- [4] Q. Yang, L. Wang, N. Ahuja, "A constant-space belief propagation algorithm for stereo matching," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1458-1465, 2010.