레티넥스 처리에 기반한 조명 변화 환경에 효과적인 스테레오 매칭 기법

*허용석 **이경무 ***이상욱

서울대학교

*hys@cvl.snu.ac.kr

llumination change robust stereo matching using retinex processing

*Heo, Yong Seok **Lee, Kyoung Mu ***Lee, Sang Uk

Seoul National University

요약

본 논문에서는 조명 변화가 있는 스테레오 이미지에 대하여 레티넥스 알고리즘을 이용하여 효과적으로 3차원 정보를 추출하는 방법을 제안한다. 이미지나 비데오는 영상 취득시 여러 가지 원인에 의하여 조명 변화를 겪게 된다. 이미지나 비데오를 촬영하는 시간 간격 차이, 촬영 각도 차이, 촬영 장치의 변화 등이 그 원인이다. 기존의 스테레오 알고리즘들은 정합하려는 영상들 사이에 컬러 일치성을 가정하고 있으므로, 이러한 조명 변화의 영향을 받는 이미지들에 대해서 3차원 정보를 추출하면 적지 않은 에러가 발생하게 된다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위하여 레티넥스 기법을 이용하여 이러한 변화에 둔감한 스테레오 정합 기법을 제안한다. 여러 가지 데이터에 대하여 실험을 한 결과, 제안하는 방법이 효과적임을 확인하였다.

1. 서론

광학 영상 또는 위성 영상은 pushbroom 카메라를 이용하여 넓은 지역을 시간차를 두고 촬영을 하기 때문에 스테레오 영상에 조명 변화가 존재하게 된다. 기존의 스테레오 매칭 알고리즘은 좌우 스테레오 영상에 컬러 변화가 없다는 컬러 일치성 (color consistency)을 가정하고 있기 때문에, 이러한 조명 변화가 있는 이미지 쌍에 대해서는 성능이 크게 저하된다.

컬러 정보는 이미지 분할, 이미지 retrieval, 물체 인식등과 같은 여러 가지 컴퓨터 비전에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 이러한 컬러 정보가 유용하기 위해서는 물체가 가지고 있는 고유의 특성을 반영해야 한다는 전제가 필요하다. 일반적으로 영상의 컬러는 조명과 카메라 장치의 특징과 같은 이미지가 촬영되는 상황에 따라서 다른 결과를 낳을 수 있다. 이러한 여러 가지 조건에 강인한 컬러 표현을 하기 위해서 레티넥스 (retinex) 기법이 제안되었다.

2. 레티넥스 알고리즘

사람의 시각은 안개나 먼지 등으로 뿌옇게 된 영상에서도 구조물과 지역을 잘 구분하는 능력을 가지고 있지만, 이런 경우 영상에 존재하는 특징점이 상당 부분 많이 사라지기 때문에 이러한 영상에 대한 컴퓨터 비전 알고리즘의 성능은 크게 떨어지게 된다. 따라서 이미지와 인간의 시각 인지 능력 사이에 존재하는 격차를 줄이기 위한 노력이 필요하며, 그러한 연구의 결과중 하나로 레티넥스 (retinex) 알고리즘이 제안되었다 [2,3]. 레티넥스 알고리즘은 Land [3]에 의해서 처음 제안되었고, 사람 시각의 컬러 인지 메커니즘을 모방한 알고리즘이라고 할 수 있다. 이러한 레티넥스 알고리즘은 카메라의 저장 방식에서 많이 쓰이는 dynamic range compression (DRC)와 같이 넓은 컬러 변화 영역을 인간의 시각과 유사하게 묘사하기 위해서 사용할 수 있다. 예를 들어서 실내 영상에서 일부분은 실내조명이 지배적이고, 또 다른 일부분은 태양광과 같은 야외조명이 지배적인 상황에서는, 조명사이에 절대적인 광량이 큰 차이를 보인다. 이러한 상황에서는 일반적인 DRC로는 인간의 시각과 같은 장면을 연출하기가 힘들다. 이때 레티넥스를 이용하여 이러한 조명의 영향에 무관한 컬러 연출에 쓰일 수 있다. 이러한 레티넥스 알고리즘은 SSR (Single Scale Retinex), MSR (Multi-scale Retinex)등의 방법이 있다 [2].

사람의 시각은 한점을 중심으로 그 주변의 정보를 고려하여 판단하는 성향이 있다. 이때, SSR 방법은 그러한 주변을 판단하는 것을 Difference-Of-Gaussian (DOG) 함수로 정의를 하였고, 가우시안 함수의 분산 값이 주변 정보의 범위가 된다. 이는 수학적으로 다음과 같은 형태로 표현할 수 있다.

$$R_i(x,y) = logI_i(x,y) - log[F(x,y) * I_i(x,y)]$$

$$R_i(x,y) = log\frac{I_i(x,y)}{F(x,y) * I_i(x,y)} = log\frac{I_i(x,y)}{\overline{I}_i(x,y)}$$

$$R_i(x,y) = log\frac{S_i(x,y)r_i(x,y)}{\overline{S_i}(x,y)\overline{r}_i(x,y)} \approx log\frac{r_i(x,y)}{\overline{r}_i(x,y)}$$

$$F(x,y) = Kexp\left(\frac{-(x^2+y^2)}{c^2}\right),$$

$$\iint F(x,y)dxdy = 1.$$

위의 식에서 $I_i(x,y)$는 위치 (x,y)에서 i번째 채널의 밝기 값이고, $R_i(x,y)$는 레티넥스 결과 값을 의미한다. $F(x,y)$는 가우시안 커널의 값이다. MSR은 가우시안의 커널을 여러 개로 하여 그 결

과를 가중치 합을 이용하여 얻는 방법이다 [2].

3. 레티넥스를 이용한 스테레오 매칭

우선 스테레오 정합을 위한 에너지 모델식은 다음과 같다.

$$E(f) = E_{data}(f) + E_{smooth}(f),$$

$$E_{data}(f) = \sum_{p} D_p(f_p),$$

$$E_{smooth}(f) = \sum_{p} \sum_{q \in N(p)} V_{p,q}(f_p, f_q).$$

f는 변위지도를 의미하고, 전체 에너지 $E(f)$ 는 데이터 에너지 $E_{data}(f)$와 불연속 에너지 $E_{smooth}(f)$의 합으로 이루어져있다. 여기서, $N(p)$는 픽셀 p의 이웃 (neighborhood)이고, $D_p(f_p)$는 픽셀 p가 f_p의 변위를 가질 때의 데이터 비용 (data cost)을 의미한다. $V_{p,q}(f_p, f_q)$ 는 한 물체의 3차원 정보가 부드럽게 (smoothly) 변화한다는 사전 (prior) 정보를 고려한 불연속 비용 (discontinuity cost)을 의미한다.

레티넥스 알고리즘을 사용하여 전처리한 영상은 그림 2와 같다. 원 영상 그림 1의 (a)와 (b)에 비해서 영상에 존재하는 특징들이 보다 뚜렷하게 살아나는 것을 확인할 수 있다. 그림 3은 레티넥스 영상을 스테레오 이미지를 이용하여 일반적인 스테레오 알고리즘 Sum of Absolute Difference (SAD) + Graph Cuts (GC)을 적용한 결과이다. 레티넥스 전처리를 하는 것이 원 영상을 사용하는 것보다 향상된 스테레오 정합 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 그림 4는 레티넥스 전처리한 이미지를 사용하여 SAD와 Graph-cuts (GC)의 방법으로 스테레오 한 결과를 3차원으로 복원한 결과이다.

레티넥스 전처리를 한 결과, 왼쪽과 오른쪽 이미지의 대응하는 컬러 값이 어느 정도 보정이 되기 때문에 스테레오 결과가 향상된 것을 확인할 수 있다. 그러나 레티넥스 알고리즘은 일반적으로 픽셀 주변의 지역 정보를 사용하기 때문에, 스테레오 이미지에 대해서는 양쪽 이미지에 똑같은 파라미터를 사용해서는 컬러가 일치하는 이미지를 얻을 수가 없다. 이를 위해서 왼쪽과 오른쪽 이미지에 대해서 파라미터 조절을 각각 따로 해줘야 하는 문제가 있다.

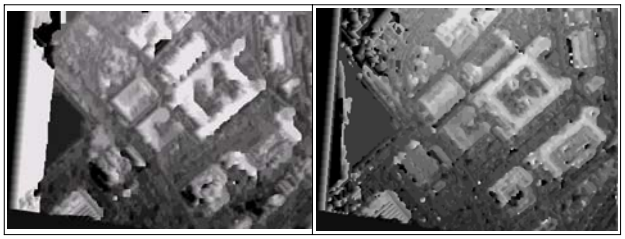
4. 실험 결과

(a) 왼쪽 영상 (b) 오른쪽 영상

그림 1. 스테레오 원본 영상

(a) 왼쪽 레티넥스 영상 (b) 오른쪽 레티넥스 영상

그림 2. 스테레오 레티넥스 영상



(a) 원본영상 변위지도 (b) 레티넥스 영상 변위지도

그림 3. 원본 영상과 레티넥스 영상을 이용하여 얻은 변위지도

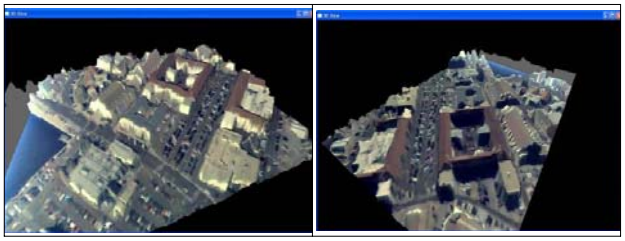


그림 4. 원본 영상과 레티넥스 영상을 이용하여 얻은 3차원 모습

Acknowledgement

본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (계약번호 UD070007AD)

Reference

[1] Yuri Boykov, Olga Veksler and Ramin Zabih, “Fast Approximate Energy Minimization via Graph Cuts”, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23, no. 11, pp. 1222-1239, 2001.

[2] Daniel J. Jobson, Ziaur Rahman and Glenn A. Woodell, “A Multiscale Retinex for Bridging the Gap Between Color Images and the Human Observation of Scenes”, IEEE Trans. Image Processing, vol. 6, no. 7, pp. 965-976, 1997.

[3] Edwin H. Land, John J. McCann, ‘‘Lightness and Retinex Theory’’, J. Opt. Soc. Am. A, vol. 61, no. 1, pp. 1-11, 1971.