해리스 코너 포인트 기반의 변이 탐색 범위 추정 방법

김동현, 함범섭, 손광훈
연세대학교 전기전자공학부
khsohn@yonsei.ac.kr

Harris Corner Points Based Disparity Search Range Estimation

Kim, Dong Hyun Ham, Bumseop Sohn, Kwanghoon
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

요약

3차원 영상과 더불어 스테레오 영상의 관심이 늘어남에 따라 좌, 우 영상의 매칭을 통해 변이를 추정하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 변이 추정을 위해 많이 사용되는 영역 기반(Block-based)의 전체 탐색 알고리즘보다 효율적이고 계산량이 적은 변이 추정을 할 수 있도록 변이 탐색 범위를 제공해주는 방법을 제안한다. 제안되는 알고리즘은 해리스 코너 포인트 검출기를 이용하여 좌, 우 영상 각각의 특징 점을 추출한 후, 특징 점의 정보를 이용하여 스테레오 매칭을 한다. 스테레오 매칭 시 이를 히스토그램화 하여 좌, 우 영상의 변이 추정을 위한 탐색 범위를 제공한다.

1. 서론

2차원 영상보다 사실적이고 현장감을 느낄 수 있는 3차원 영상에 대한 관심이 늘어남으로써 다양한 3차원 방송, 영화 등이 활발하게 제작되고 있다. 대부분의 3차원 영상은 인간이 두 눈을 사용해 입체 공간을 인식하는 양안 시각 원리를 이용하여 스테레오 영상으로 제작된다. 이에 따라 스테레오 영상의 상호 연관성에 대한 문제는 컴퓨터 비전 영역에서 매우 중요한 주제로 연구되었다. 이 문제를 해결하기 위해 다양한 스테레오 매칭 알고리즘이 제안되었고[1], 최근에는 실시간 또는 실시간에 가까운 성능의 알고리즘 개선이 이루어졌다[2].

정확한 변이 추정을 위해 제시된 객체 기반(Object-based) 방법은 스테레오 영상에 적합한 방식이지만, 구조가 복잡하고 계산량이 많다[3]. 이에 비해 영역 기반(Block-based)의 변이 추정 방식은 전체 탐색(Full search) 알고리즘[4]으로 효율성에 있어서는 객체 기반 방식에 비해 떨어지지만, 구현이 용이하여 가장 많이 사용되고 있다. 전체 탐색 알고리즘은 탐색 범위 안에 존재하는 모든 위치에 대하여 MAD(Mean Absolute Difference)를 이용하여 추정 오차를 계산한 후에, 오차가 가장 적은 위치의 블록을 선택하는 방법이다.

$$MAD(i,j)=\frac{1}{N^2}\sum_{a=1}^{N}\sum_{b=1}^{N}\left[X_l(a,b)-X_r(a+i,b+j)\right] \quad (1)$$

그러나 변이 추정 시 전체 탐색 방법은 범위 안에 존재하는 모든 위치에 대하여 추정 오차를 계산하기 때문에 계산량이 가장 많다.

본 논문에서는 해리스 코너 포인트 검출 알고리즘을 이용하여 스테레오 영상의 특징 점을 추출하여, 좌, 우 영상의 특징 점들 간의 정보를 이용하여 스테레오 매칭하는 방법을 제안한다. 또한 스테레오 매칭 결과를 히스토그램화 하여 프레임 마다 전체 탐색 방법의 범위를 설정하여 보다 효율적이고 계산량이 적은 변이 추정이 가능하도록 한다.

논문의 구성은 2장에서 해리스 코너 포인트 검출 알고리즘을 이용해 특징 점을 추출하고, 이를 기반으로 하여 좌, 우 영상을 스테레오 매칭하여 히스토그램화 하고, 변이 탐색 범위를 추정하는 방법을 설명한다. 3장에서는 실험 결과를 보여주고, 4장을 통해 결론을 맺는다.

2. 해리스 코너 포인트 기반의 변이 탐색 범위 추정 방법

본 장에서는 해리스 코너 검출기를 이용하여 스테레오 영상의 특징 점을 추출하는 방법을 설명한다. 또한 각 프레임 마다 추출 된 특징 점을 이용하여 각각의 매칭 점을 찾고, 이를 이용하여 각 프레임의 변이 탐색 범위를 추정 방법을 제안한다.

2.1 해리스 코너 포인트 검출 알고리즘

해리스 코너 검출기는 영상 내에서 점 (x,y)에 대한 변화량 $(\triangle x,\triangle y)$이 주어지면 식(1)과 같은 지역적인 신호 변화를 측정할 수 있는 Local auto-correlation 함수를 기본으로 표현된다[5].

$$c(x,y)=\sum_{w_g}\left[I(x_i,y_i)-I(x_i+\triangle x,y_i+\triangle y)\right]^2 \quad (2)$$

I는 영상의 밝기를 나타내고 (x_i,y_i)는 가우시안 윈도우 w_g 내부의 점을 나타낸다. $(\triangle x,\triangle y)$ 만큼 이동한 영역을 테일러 확장을 이용하여 식(3)와 같이 표현한다.

$$I(x_i+\triangle x, y_i+\triangle y) \approx I(x_i,y_i)+\left[I_x(x_i,y_i)\ I_y(x_i,y_i)\right]\begin{bmatrix}\triangle x\\ \triangle y\end{bmatrix} \quad (3)$$

I_x, I_y는 각각 x, y에 대한 그레디언트를 나타낸다. 식(3)를 식(2)에 대입하여 정리하면 식(4)과 같이 표현하고, 이를 이용하여 식(5)와 같이 코너의 정도를 판단하여 영상 내 특징 점(Feature point: FP)을 추출한다[6].

$$c(x,y)=[\triangle x\ \triangle y]\,C(x,y)\begin{bmatrix}\triangle x\\ \triangle y\end{bmatrix}$$

$$C(x,y)=\begin{bmatrix}\sum_{w_g}(I_x(x_i,y_i))^2 & \sum_{w_g}I_x(x_i,y_i)I_y(x_i,y_i)\\ \sum_{w_g}I_x(x_i,y_i)I_y(x_i,y_i) & \sum_{w_g}(I_y(x_i,y_i))^2\end{bmatrix} \quad (4)$$

$$Crf(x,y)=\det(C(x,y))-k\times[trace(C(x,y))]^2 \quad (5)$$

$$FP(x,y)=\begin{cases}1 & \text{if } Crf(x,y)>T_F\\ 0 & otherwise\end{cases} \quad (6)$$

2.2 해리스 코너 포인트 기반의 스테레오 매칭

해리스 코너 검출기를 적용하여 찾은 각각의 스테레오 영상의 좌, 우 영상 내 특징 점은 정확하게 매칭 되지 않으므로 본 논문에서는 각 특징 점의 그레디언트 모듈과 각도의 변화량의 유사도를 비교하여 매칭 점을 찾는 새로운 방법을 제안한다.

그레디언트 모듈은 좌, 우 영상 내 특징 점의 I_x, I_y를 이용하여 식(7)과 같이 구하고, 각도의 변화량을 식(8)과 같이 구한다[7].

$$MI(x,y)=\sqrt{|I_x(x,y)|^2+|I_y(x,y)|^2} \quad (7)$$

$$AI(x,y)=\begin{cases}ArgI(x,y), ArgI(x,y)\in[0,\frac{\pi}{2}] & ,when\ g_yI(x,y)>0\\ ArgI(x,y)+\pi, ArgI(x,y)\in[0,\frac{\pi}{2}] & ,when\ g_yI(x,y)<0\\ ArgI(x,y)+2\pi, ArgI(x,y)\in[-\frac{\pi}{2},0) & ,when\ g_yI(x,y)>0\\ ArgI(x,y)+\pi, ArgI(x,y)\in[-\frac{\pi}{2},0) & ,when\ g_yI(x,y)<0\end{cases} \quad (8)$$

$$ArgI(x,y)=\arctan\left[\frac{I_y(x,y)}{I_x(x,y)}\right] \quad (9)$$

좌, 우 영상 내 특징 점 (x_l,y_l)과 (x_r,y_r)의 유사도는 특징 점 주변의 윈도우 W 내부의 점 정보를 이용하여 구한다. W 내부 점의 그레디언트 모듈과 각도의 변화량을 모두 구한 다음 식(10)와 식(11)을 이용하여 매칭 점을 찾는다.

$$S_M(u_l,u_r)=\left|\sum_W MI(x_l,y_l)-\sum_W MI(x_r,y_r)\right|^2 \quad (10)$$

$$S_A(u_l,u_r)=\left|\sum_W AI(x_l,y_l)-\sum_W AI(x_r,y_r)\right|^2 \quad (11)$$

여기서 u_l과 u_r은 좌, 우 영상 내 각각의 특징 점 (x_l,y_l)과 (x_r,y_r)을 나타낸다. 노이즈와 같은 다양한 요인으로 인해 잘못된 매칭 점을 표시하는 경우를 배제하기 위하여 각 유사도는 한계치를 갖는다.

2.3 변이 탐색 범위 추정

변이 탐색 범위 추정을 위해 해리스 코너 검출기를 통해 구한 영상 내 특징 점의 정보를 이용하여 찾은 매칭 점의 거리를 식(12)과 같이 계산하여 식(13)와 같이 변이 히스토그램을 생성한다.

$$d=\sqrt{(x_l-x_r)^2+(y_l-y_r)^2} \quad (12)$$

$$h[i]=\sum_{j=1}^{N}f(D(i),d_j),\ i=1,2,\cdots,M \quad (13)$$

여기서 $h[i]$는 i번째 계급(M: 전체 계급의 수)의 도수이고, $f(a,b)$ 함수는 $D(i-1)\le d_j<D(i)$인 경우 1이고, 그 외의 경우에는 0을 나타낸다. d_j는 각 특징 점의 매칭 점과의 거리(N: 전체 특징 점의 매칭 점 개수)를 표현한다.

변이 탐색 범위 추정을 위해 우선 생성된 히스토그램에 한계치를 적용하여 불필요한 히스토그램 계급을 제거한다. 일반적으로, 근접한 물체에 민감한 인간의 시각체계(Human Visual System:HVS)에 따라 양의 변이 값이 음의 변이 값보다 중요하다. 이 가정에 따라 히스토그램의 한계치는 다음과 같이 정의된다. 여기서 B는 히스토그램 계급의 범위를 나타낸다.

$$T_h=\begin{cases}B & \text{if } d<0\\ \lfloor B/2 \rfloor & otherwise\end{cases} \quad (14)$$

이에 따라 변이 탐색 범위인 R은 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$R=\{k|D(i)-B/2\le k\le D(i)+B/2, h[i]>T_h\} \quad (15)$$

3. 실험결과

해리스 코너 포인트의 그레디언트 정보를 이용한 변이 탐색 범위 추정 방법의 성능을 평가하기 위해 [8]을 통해 제공되는 Heidelberg 스테레오 영상을 200 프레임씩 두 부분으로 나누어 사용한다. 그림 1은 실험에 사용하는 각각의 영상을 나타낸다. 영상은 1920×1080의 크기로 좌 영상과 우 영상으로 이루어져있다. 해리스 코너 검출기를 통하여 특징 점을 추출할 때 사용되는 한계치 T_F는 200이고, 그레디언

트를 이용한 스테레오 매칭 시 유사도는 그레디언트의 모듈이 30, 각도의 변화량이 20의 한계치를 가진다. 변이 탐색 범위 추정을 위한 히스토그램의 계급의 범위 B는 7로 한다. 그림 2와 그림 3는 각 실험 영상에 제안 알고리즘을 사용하여 구한 변이 탐색 범위와 이를 이용하여 변이 추정[9]한 결과를 나타낸다. 결과에서 볼 수 있듯이 각 프레임 변화에 따라 그에 맞는 변이 탐색 범위를 추정함을 알 수 있다.

4. 결론 및 토의

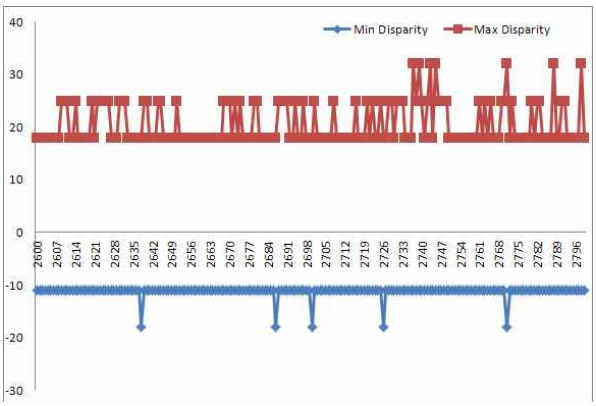
본 논문에서는 스테레오 영상에 해리스 코너 검출기를 적용하여 추출된 각 영상의 특징 점의 그레디언트를 이용하여 매칭 점을 찾아 각 프레임의 변이 탐색 범위를 추정하는 방법을 제안하였다. 그레디언트를 이용함에 따라 두 영상 간의 컬러 차이에 영향을 받지 않고 매칭 점을 찾을 수 있고, 히스토그램을 통하여 각 특징 점의 변이 정도를 구하여 탐색 범위를 추정하였다.

실험 결과에 따르면 제안 방법이 영상 내 프레임 변화에 따라 그에 맞는 변이 탐색 범위를 추정하는 것을 확인할 수 있다. 이 알고리즘을 이용하면 변이 추정 시 탐색 범위를 지정해 복잡도를 낮추고 양질의 변이를 얻을 수 있다. 하지만 실사 영상의 경우 촬영 시 노이즈가 추가되는 등의 외부 요인으로 인해 경계 부분이 희미해져서 해리스 코너 검출기로 특징 점이 추출되지 않는 경우가 발생한다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 에지들의 교차점에 영향을 받지 않는 특징 점 추출 알고리즘을 사용하여 개선하는 방법을 개발 중에 있다. 또한 장면 변화에 적응적인 변이 탐색 범위를 추정하는 방법도 개발 중에 있다.

(a)

(b)

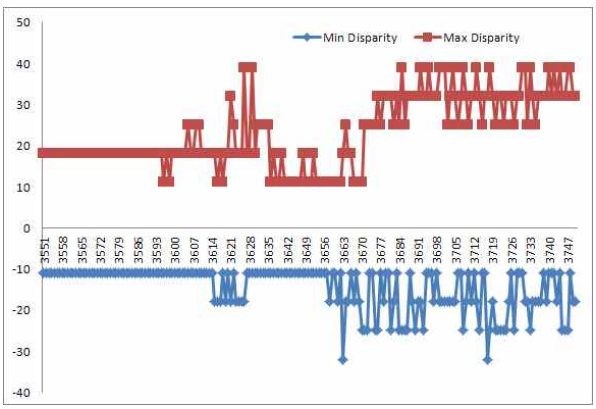
그림 1. Heidelberg 실험 영상
(a)2600~2799 frame, (b)3551~3750 frame



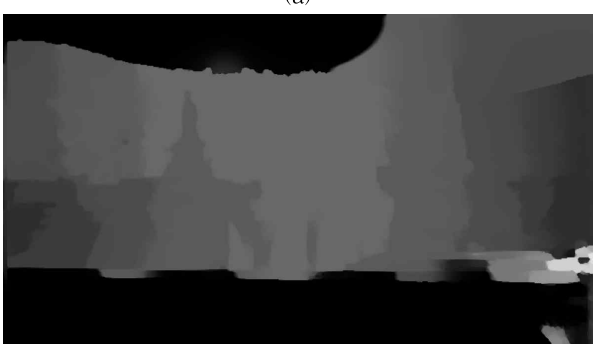
(a)

(b)

그림 2. Heidelberg 영상 2600~2799 frame 내
(a)변이 탐색 범위, (b)2744 frame의 변이



(a)



(b)

그림 3. Heidelberg 영상 3551~3750 frame 내
(a)변이 탐색 범위, (b)3602 frame의 변이

5. 참고문헌

[1] D. Scharstein and R. Szeliski, “A taxonomy and evaluation of dense two-frame stereo correspondence algorithms,” *International Jounalr of Computer Vision*, vol. 47, no. 1-3, pp. 7-42, Apr. 2002.
[2]http://vision.middlebury.edu/stereo
[3] J. Konrad, "View reconstruction for 3-D video entertainment: issues, algorithms and applications," *Proc. International Conerence. on Image Processing and its Applications*, pp. 8-12, July 1999.
[4] Yuh-Ren Yang, Yung-Chang Chen, "MPEG-based coding algorithm for 3D-TV," *International HDTV workshop,* 1994.
[5]http://www.cse.yorku.ca/~kosta/CompVis_Notes/harris_detector.pdf
[6] F. Faille, “A fast method to improve the stability of interest point detection under illumination changes,” *Proc. International Conference on Image Processing 2004*, vol. 4, pp. 2673-2676, Oct. 2004.
[7] LI De-guang and LI Ke-jie, "Algorithm for quick stereo edge matching," *Journal of Computer Applications*, vol. 25, no. 4, pp.763-765, 2005.
[8]http://www.3dtv.at
[9] B. Ham, D. Min and K. Sohn, "Cost Aggregation with Anisotropic Diffusion in Feature space for Hybrid Stereo Matching," *Proc. International Conference on Image Processing 2011*. (Accepted)