

# 적응적 줌 트래킹 기법을 이용한 비디오 카메라 시스템

김 윤, 이 준 석, 정 재 환, 고 성 제  
고려대학교 전자공학과  
전화 : 02-3290-3228 / 핸드폰 : 019-240-3228

## A Video Camera System with Adaptive Zoom Tracking

Yoon Kim, June-Sok Lee, Jae-Hwan Jeong, and Sung-Jea Ko  
Dept. of Electronics Engineering, Korea University  
E-mail : sjko@dali.korea.ac.kr

### Abstract

This paper presents an advanced auto focus camera system using the adaptive zoom tracking method. The proposed system can achieve an accurate zoom tracking with significantly reduced system memory.

### I. 서론

비디오 카메라의 대중화와 함께 자동 초점 조절(AF: Automatic Focusing), 자동 조리개 조절(AE: Automatic Exposure), 자동 백색 균형 조절(AWB: Automatic White Balance), 줌 기능(Zooming)등이 카메라 성능을 판별하기 위한 중요한 요소로 등장하였다 [1][2]. 특히, 줌 기능은 줌 렌즈와 포커스 렌즈의 이동에 의한 초점 값 변화량이 선형적이지 않기 때문에 알고리즘을 구현하는데 많은 어려움이 있다. 기존 시스템의 줌 기능 제어는 줌 트래킹(zoom tracking) 방법에 기초하여 수행되는데, 줌 트래킹은 줌 곡선(zoom curve)을 따라 줌 모터와 포커스 모터를 이동시키면서 카메라의 초점이 흐려지는 것을 방지하기 위한 기능이며, 이를 수행하기 위한 여러 가지 알고리즘들이 제안되어있다[3][4][5][6]. 줌 곡선이란 피사체와 카메라의 거리가 고정된 상태에서 줌 렌즈의 배율을 증가시키면

서 각 배율에서 가장 선명한 영상이 나타나는 포커스 렌즈 위치를 정의한 데이터이다. 대부분의 카메라 시스템에서는 피사체와 카메라의 거리를 4-5개 정도로만 국한시킨 줌 곡선을 메모리 테이블(ROM table)에 저장시켜 구현한다. 이것은 저장해야할 데이터가 많을 뿐만 아니라 데이터의 수가 늘어날수록 필요한 메모리의 양도 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 줌 트래킹 곡선을 선형 구간과 비선형 구간으로 분할하여 줌 트래킹 곡선의 저장 용량을 감소시키는 방법과 줌 기능 동작 중에 초점이 흐려지는 것을 방지하기 위해 줌 트래킹 수행 도중 현재 피사체와의 초점 거리를 가장 잘 반영한 줌 트래킹 곡선을 산출하는 방법을 제안한다.

### II. 제안하는 카메라 시스템

#### 2.1 AF 알고리즘

카메라와 물체가 모두 움직이지 않는 상황에서 광량의 갑작스런 변화는 포커스가 맞춰져있는 상태에서도 다시 AF 기능을 수행하게 만들고, 이는 화상에 좋지 않은 영향을 미친다. 이 문제를 해결하기 위해 노출 값(exposure value)을 이용하여 초점 값을 정규화하여 이를 AF 알고리즘에 적용한다. 그림 1은 여러 가지 상

황에서 초점이 맞았을 때의 초점 값과 노출 값 사이의 관계를 보여준다. 장면의 전환이 없다면, 초점 값은 노출 값에 비례한다는 것을 알 수 있다. 초점 값이 그림 1의 직선상에서 벗어나면 AF를 수행한다.

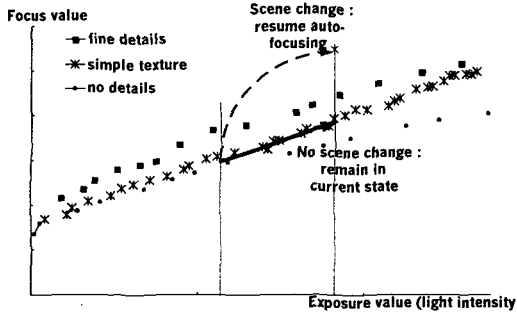


그림 1. 초점 값과 노출 값 사이의 관계

2.2 적응적 줌 트래킹 알고리즘

본 논문에서 제안한 줌 트래킹 알고리즘은 곡선 보간(interpolation) 기술과 곡선 예측(estimation) 기술을 사용한다. 곡선 보간 기술은 카메라의 시스템 메모리에 저장된 2개의 줌 트래킹 곡선(상위 경계 곡선과 하위 경계곡선)만으로 두 곡선 사이의 다른 곡선을 산출하는데 사용된다. 각각의 줌 트래킹 곡선은 그림 2처럼 선형 구간과 비선형 구간으로 분할된다. 선형 구간에서는 매 구간의 양 끝점만이 메모리에 저장되며, 그 사이의 나머지 점들은 곡선 예측 기술을 사용하여 선형적으로 계산된다. 비선형 구간에서는 메모리에 저장된 곡선의 매 줌 위치에 대응하는 포커스 위치를 참조하여 현재 포커스 모터 위치를 결정한다. 그림 2의 상위 경계 곡선과 하위 경계 곡선 사이에 존재하는 곡선들은 다음과 같은 식에 의해 산출된다.

$$F(k) = F_1(k) - R \times D_f$$

여기에서  $F(k)$ 와  $F_1(k)$ 는 각각 줌 모터의 위치가  $k$ 일 때 예측된 곡선과 상위 경계곡선의 포커스 모터 위치를 나타낸다.  $R$ 은 커브 예측 계수로서  $d_f/D_f$ 로 정의되는데,  $D_f$ 는 줌 모터의 위치가  $k$ 일 때 상위 경계 곡선과 하위 경계 곡선의 포커스 모터 위치의 차를 나타내고,  $d_f$ 는  $|F(k) - F_1(k)|$ 를 의미한다.

다음은 적응적 줌 트래킹 알고리즘에 대해 설명한다. 그림 2에서 알 수 있듯이 줌 모터가 와이드(wide)

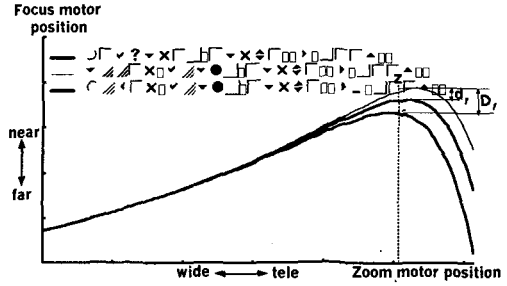


그림 2. 줌 트래킹 곡선

쪽에 있을 경우, 즉 줌 배율이 낮은 경우에는 각 거리에 따른 줌 트래킹 곡선 사이의 차이가 거의 없다. 즉, 배율이 낮은 경우에는 어떤 곡선을 따라 줌 트래킹을 하더라도 초점이 거의 맞게 된다. 그러나, 텔레(tele) 쪽으로 진행하면서 곡선이 분기하게 되고, 잘못된 곡선을 따라 줌 트래킹을 하게 되면 초점이 완전히 흐려지는 결과를 초래한다. 따라서 분기되는 시점에서 정확한 곡선을 선택하는 것은 매우 중요하다. 정확한 곡선을 선택하기 위해서는 AF를 수행하는 것이 필수적이다. 하지만, AF를 수행하기 위해 줌 동작을 멈추어서는 안된다. 따라서, 본 논문에서는 줌 동작을 수행하면서 정확한 곡선을 찾아내는 방법을 제안한다.

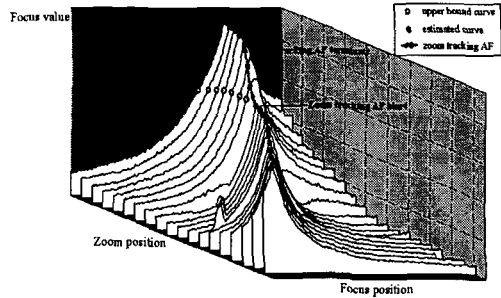


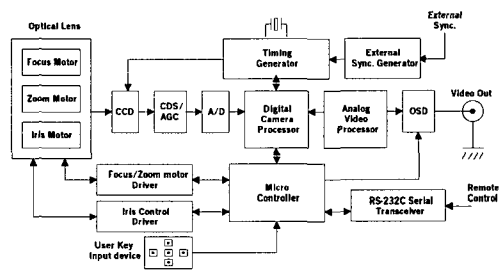
그림 5. 제안된 줌 트래킹 과정

그림 3은 제안된 줌 트래킹 알고리즘을 보여준다. 와이드에서 텔레로 진행하는 경우, 줌 배율이 낮은 경우에는 어떠한 곡선을 타고 진행해도 상관없다. 앞에서 언급한 분기점에 도달하면, 제안하는 적응적 줌 트래킹 알고리즘을 따르게 된다. 먼저, 이전 줌 위치에서의 초점 값을 저장한다. 줌 모터를 움직여 다음 줌 위치로 이동하면서, 초점 모터(focus motor)를 움직인 후 현재 초점 값을 얻어낸다. 현재 초점 값이 이전 초점 값보다 큰 값이면, 초점이 맞춰져가고 있는 방향이므로 다음 단계에서 초점 모터를 현재 방향과 같은 방향

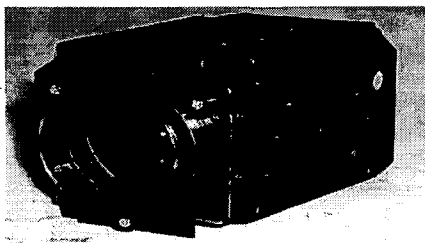
으로 움직인다. 반대로 현재 초점 값이 이전 초점 값보다 작은 값이면, 줌이 진행함에 따라 초점이 흐려지고 있으므로 다음 단계에서 추점 모터를 반대 방향으로 움직인다. 즉, 줌을 계속 진행시키면서 각각의 위치에서 초점 값을 얻은 후, 초점 값을 증가시키는 방향으로 초점 모터를 움직인다. 이와 같이 적응적 줌 트래킹 방법을 적용하여 곡선들이 완전히 분리되는 위치까지 이동한 다음, 그 위치에서의  $D_f$ 와  $d_f$ 를 계산하여 예측 곡선을 결정하고, 그 곡선을 따라 줌 트래킹을 실행한다.

### III. 전체 카메라 시스템의 구성 및 실험 결과

그림 4(a)와 (b)는 제안된 카메라 시스템의 블록 다이어그램과 시험 제작 세트를 보여준다. 제안된 카메라 시스템은 소니 디지털 신호 처리 칩(DSP)을 사용하여 CCD로 입력되는 영상 신호를 분석한다. 이 DSP 칩은 AF 기능을 위하여 초점 값을, AE 기능을 위하여 노출 값을, AWB 기능을 위하여 RGB 값을 각각 출력한다. 마이크로 컨트롤러는 위의 값을 받아 해석하고, 각각의 알맞은 기능을 수행하기 위해, 모터 드라이버로 모터 조정 신호를 보낸다.



(a)



(b)

그림 4. 제안된 카메라 시스템  
(a) 블록 다이어그램 (b) 실험 세트



(a)

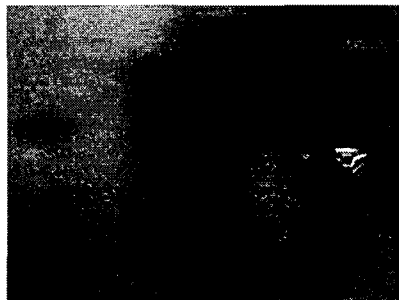


그림 5. 줌 트래킹 결과  
(a) 제안된 알고리즘 사용  
(b) 제안된 알고리즘 사용 안함

그림 5는 제안된 적응적 트래킹 기법을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우를 비교해서 보여준다. 그림 5.(a)에서 보는 바와 같이 적응적 트래킹 기법을 사용한 경우에는 줌이 끝난 후에도 초점이 정확하게 맞은 상태가 되지만, 제안한 알고리즘을 사용하지 않은 경우에는 그림 5.(b)에서와 같이 초점이 완전히 흐려지게 된다.

### IV. 결론

본 논문은 비디오 카메라 시스템의 대표적인 기능인 AF와 AE, AWB를 구현하였고, 특히 줌 기능을 수행함에 있어서 줌과 함께 화면의 초점이 흐려지는 문제점을 해결하는 방법을 제안하였다. 제안된 방식을 적용한 카메라 시스템은 다양한 환경에서 줌을 수행하는데 있어서 정확한 초점을 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 제안한 AF 알고리즘을 적용하면 형광등과 같이 광원이 계속적으로 변화하는 상황에서도 정확하게 초점을 유지하고, 광원에 따라 AF 기능을 반복적으로 수행하는 것을 막을 수 있었다.

알고리즘을 구현하는 데에 있어서 응답속도의 문제점, 신뢰성에 대한 연구 개발이 꾸준히 이루어져야 하며, 좀더 다양하고 특수한 상황 하에서도 안정적으로

동작하는 카메라 시스템의 고안과 개선이 향후 연구  
과제로 남아있다.

#### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] W.-H. Chan and C.-T. Youe, "Video CCD based portable digital still camera," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 41, no. 3, pp. 455-459, Aug. 1995.
- [2] J. A. Fayman, O. Sudarsky, and E. Rivlin, "Zoom Tracking," *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 4, pp. 2783-2788, May. 1998.
- [3] P. Hoad and J. Illingworth, "Automatic Control of Camera Pan, Zoom and Focus for Improving Object Recognition," *Fifth IEE International Conference on Image Processing and its Applications*, no. 410, pp. 291-295, July. 1995.
- [4] J.-Y. Zheng, T. Sakai, and N. Abe, "Guiding Robot Motion Using Zooming and Focusing," *Proceedings of the IEE/RSJ international Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 3, pp. 1076-1082, 1996.
- [5] Y.-S. Chen, S.-W. Shih, Y.-P. Hung, and C.-S. Fuh, "Camera Calibration with a Motorized Zoom Lens," *Proceedings of IEEE International Conference on Pattern Recognition*, vol. 4, pp. 495-498, June. 2000.
- [6] K. Tarabanis, R. Y. Tsai, and D. S. Goodmain, "Modeling of a Computer Controlled Zoom Lens," *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 2, pp. 1545-1551, May. 1992.