

실시간 자동 초점 조절 시스템의 설계

김남진*, 서삼준**, 서호준*, 박귀태*

*고려대학교 전기공학과, **안양대학교 전기공학과

Design of Real-time Auto-Focusing System

Nam-Jin Kim*, Sam-Jun Seo**, Ho-Joon Seo*, Gwi-Tae Park*

Abstract

The moving average filter in this paper, which has robust performance to the noise and can be easily implementable in hardware, is modified in view of real-time processing of the focus value.

The simple hardware configurations are implemented to calculate the focus value in real-time. The stable controller of focus lens actuated by motors are designed. The hardware which are composed of EPLD, cheap vision chips, and CPU etc. are designed to perform the real-time calculation of focus value.

1. 서론

영상을 통하여 초점을 맞추는 수동형 초점 조절 방법은 피사체의 위치 변화나, 조작자의 카메라 이동이 존재하는 캠코더와 같은 경우, 촬영된 영상에 대하여 실시간에 초점값을 구하며, 초점 렌즈를 빠르게 이동시켜 초점 위치를 결정해야 한다.

초점 위치를 결정하는 기준이 되는 초점값은 일반적으로 영상의 고주파 성분을 검출할 수 있는 고대역 통과 필터를 사용하였으나, 잡영에 민감한 단점이 존재하였다. 본 논문에서는 비교적 잡영에 둔감한 특성을 보이는 이동 평균 필터를 사용한 개선된 초점값 계산 방법을 제안하며, 초점값을 실시간으로 연산할 수 있는 하드웨어를 구현하며, 초점 렌즈의 위치를 정확히 제어할 수 있는 구동부와 제어부를 설계하였다.

하드웨어는 EPLD, 영상칩, CPU 및 모터 드라이버로 등으로 구성되었으며, 실시간으로 초점 조절 알고리즘을 수행하는 물론 모터의 구동과 위치 제어까지 수행하는 통합적인 초점 조절 시스템을 설계하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 자동 초점 조절의 기본 원리를 살펴보고, 제 3 장에서는 본 논문에서 제안한 이동 평균 필터를 이용한 개선된 초점값의 정의와 이동 평균 필터의 계수 선정을 위한 과정을 제시한다. 제 4 장에서는 하드웨어 구현에 대하여 설명하고, 제 5 장에서는 본 논문의 결론을 내렸다.

2. 자동 초점 조절의 기본 원리

일반적인 자동 초점 조절 방법은 영상의 초점 정합 정도에 비례하는 초점값을 추출하여 그 값이 최대가 되도록 초점 렌즈를 구동시키는 것이다

그림 2-1은 초점 위치를 망원에서 광각까지 변화시키면서 총 8단계에 걸쳐서 동일한 영상을 촬영한 것이다. 또한 그림 2-2는 본 논문에서 제안한 초점값의 초점 위치에 따른 변화 양상을 나타낸 그래프이다. 일반적으로 영상이 선명해짐에 따라서 초점값이 증가하는 경향을 보여주고 있다.

따라서, 초점 조절은 임의의 렌즈 위치로부터 초점값이 최대가 되는 위치로 이동하도록 초점 모터를 구동시키는 것이다. 다시 말하면, 초점값이 커지는 쪽으로 렌즈를 계속 이동시키면서 초점값이 최대가 되는 곳, 즉 초점이 완전히 일치하는 위치에서 이동하는 렌즈의 모터 구동을 정지시키는 것이다.



그림 2-1. 초점 위치에 따른 영상의 변화

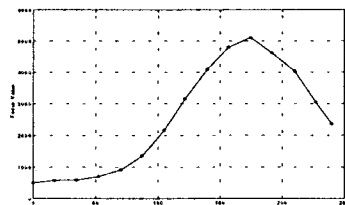


그림 2-2. 초점 위치에 따른 초점값의 변화

3. 이동 평균 필터를 이용한 초점값 정의

본 장에서는 비교적 잡영에 강한 특성을 가지며, 하드웨어적인 구현이 용이한 이동 평균 필터와 제안된 초점값 산출 방법에 대하여 설명한다.

3.1. 기존의 방법^[1]

이동 평균 필터를 이용하여 초점값을 결정하는 기존의 방법은 영상의 스캔라인에 걸쳐서 인접한 화소들끼리 평균을 취한 값을 정해진 간격만큼의 사이를 두고 밝기차이의 절대값을 취한 후 이 값을 전체 영상에 대해 누적하여 초점값으로 이용하는 것이다. 이동 평균 필터의 출력 값은

$$|MA(x, y) - MA(x - D, y)| \quad (3.1)$$

$$MA(x, y) = \sum_{i=-N}^N g(x - i, y) \quad (3.2)$$

여기서, N 은 평균하는 픽셀의 개수이며, D 는 차이를 구하는 픽셀간의 간격이다.

이러한 초점값이 최대가 되는 위치를 가장 초점이 잘 맞는 위치이며 식 3.3을 만족하는 점이 된다.

$$\max \sum_x \sum_y |MA(x, y) - MA(x - D, y)| \quad (3.3)$$

이러한 방법에 의해, 초점이 맞지 않아 흐림 현상이 심한 경우에는 서로 멀리 떨어져 있는 화소끼리의 상관도가 커지므로 밝기 차이가 적어지며, 초점이 잘 맞는 경우는 떨어져 있는 화소끼리의 상관도가 작아지므로 밝기 차이가 커지는 성질을 보인다.

3.2. 제안된 방법

이동 평균 필터를 이용한 기존의 방법을 시뮬레이션 해보면, 초점값의 분포가 대략 3×10^5 (0x493E0) ~ 7×10^5 (0xA4E60)의 범위이며, 하드웨어로 구현할 경우 초점값을 저장할 레지스터의 비트수가 최소한 20 이상이 되어야 한다. 또한 필터의 출력을 매 픽셀마다 가산하기 위해서 20 비트 이상의 가산기가 필요하게 된다.

이러한 하드웨어적인 부담을 해소하기 위해 본 논문에서는 개선된 방법을 제안한다. 기존의 방법이 초점 영역내의 모든 필터 출력값을 누적하는 대신에 필터의 출력값이 임계값을 넘는 경우에만 카운터를 증가시킴으로써 단순히 픽셀의 개수만을 헤아리게 되는 것이다. 이렇게 하면 실험적으로 1000 (0x3E8) ~ 14000 (0x36B0)인 값을 가지며 약 14 비트 정도로 충분히 초점값을 저장할 수 있으며, 기존의 방법에서 사용하는 덧셈 연산이 아닌, 단순한 계수 작업이므로 수행시간이 상당히 빨라지게 된다.

그림 3-1의 (a),(b)는 기존의 방법과 제안한 방법에

의한 초점값 곡선을 제시하였다. 두 그래프는 동일한 형태를 가지며, 제안된 방법의 초점값 범위가 약 1/50로 작아진 것을 알 수 있다.

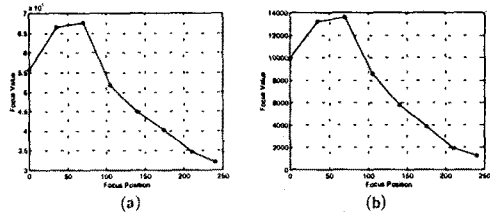


그림 3-1. (a) 기존의 초점값 (b) 제안된 초점값

그러므로 제안된 방법에 의한 초점값은 기존의 방법의 초점값과 마찬가지로 영상의 초점 정도를 잘 반영하는 반면, 작아진 초점값의 범위와 간단해진 하드웨어로 실시간의 수행이 용이해진다.

3.3. 이동 평균 필터의 계수 정의

본 절에서는 실험을 통하여 이동 평균 필터의 계수와 초점값의 상관관계를 분석하며, 가장 적절한 N 과 D 의 설정 과정을 설명한다.

이동 평균 필터를 이용한 초점값은 N, D 의 값에 따라서 변화하므로, N, D , 초점 위치 각각을 변화시키면서 초점값의 변화를 살펴보았다. 그림 3-3은 그 결과를 나타낸 그래프이며 다음과 같은 성질을 파악할 수 있다.

첫째로, 초점값은 N 에 비례하는 경향이 있다. 그러나, N 이 과도하게 증가하면, 초점값의 최대위치가 변화하여, 초점값으로서의 의미를 상실하게 된다. 또한, 본 논문에서 지향하고 있는 하드웨어의 단순성을 위해서 N 은 작은값이 타당하다. 한편, 이동 평균 필터의 인접 픽셀간의 관련성을 유지하기 위해 N 을 2로 선정하였다

둘째로, D 에 따른 초점값의 변화를 살펴보면, D 가 너무 커지는 경우 서로 관련이 없는 픽셀끼리의 연산이 이루어지므로 너무 크지 않은 간격을 설정하는 것이 좋을뿐만 아니라, 하드웨어의 단순성을 위해서도 작은값이 타당하다. 그러나, 일반적인 고대역 통과 필터와의 차별성을 위해 D 를 2로 선정하였다.

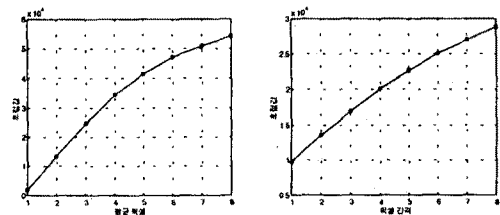


그림 3-2. N, D 의 변화에 대한 초점값 곡선

4. 하드웨어 구현

본 논문에서 제안한 시스템은 초점, 줌, 노출용 렌즈와 모터, 초점 제어부로 구성되며 그림 4-1과 같은 구조를 갖는다.

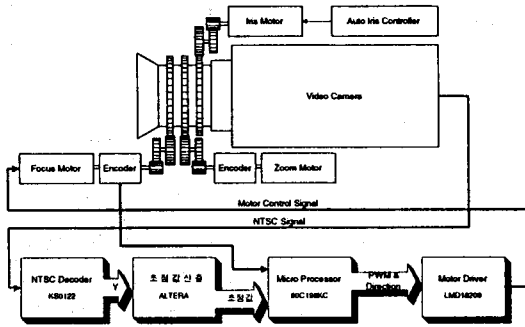


그림 4-1. 자동 초점 조절 시스템의 구조

카메라에서 출력된 영상신호는 NTSC decoder(삼성 전자 KS0122)를 통하여 YUV 형태로 변환한다. 이 중에서 초점 조절에는 휘도 신호(Y) 만을 사용한다.

EPLD(ALTERA EPM9320LC84-15)를 사용한 초점 평가치 산출부에서는 입력된 Y신호에 대하여 제안된 초점값 산출 기법을 이용해 실시간으로 초점값을 출력한다.

초점 조절 알고리즘을 수행하는 알고리즘 수행부는 Intel사의 80C196KC를 사용하였다. 한편, 초점 위치의 변동은 시각적으로 뚜렷이 구별되므로 정확한 위치의 제어가 필요하다. 초점 모터의 제어를 위하여, DC 모터에 추가로 장착한 encoder의 출력 펄스를 HSI를 이용한 인터럽트의 형태로 처리하여 모터의 회전 방향과 그 회전량을 계산한다. 이러한 구조로써 DC 모터의 제한 제어가 가능해진다.

초점 렌즈를 구동하기 위한 모터 구동부는 National Semiconductor사의 LMD18200을 사용하여 알고리즘 수행부에서 계산된 회전 방향과 PWM 신호를 발생함으로써 모터를 구동한다.

5. 결론

본 논문에서는 초점 조절을 위해 캡처보드가 내장된 PC나 WorkStation, DSP, 또는 전용 ASIC 등의 고가의 장비를 사용하지 않고, EPLD와 영상칩, 마이크로 프로세서로 실시간의 초점값 산출과 초점 모터 구동 및 제어 회로를 구성한 자동 초점 조절용 test bed를 구현하였다.

다양한 초점값중 비교적 잡영에 강한 특성을 보이는 이동 평균 필터를 사용하여 잡영에 민감하지 않은 초점값을 선정하였다. 기존의 이동 평균 필터를 사용한 초점값은 이동 평균 편차의 총합으로 정의되었기

때문에 그 결과값이 매우 크고, 연산을 수행하기 위한 회로가 복잡하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 단순히 이동 평균의 편차가 미리 정해진 임계값을 넘는 픽셀의 개수를 헤아림으로써 결과값을 표시하기 위한 레지스터의 비트수를 6 비트 정도 절약하였으며, 합을 구하기 위한 복잡한 가산기가 필요없이 카운터로써 그 기능을 대체하였다.

제안된 방법의 구현상의 단순성에도 불구하고, 기존의 초점값과의 기능상의 차이가 존재하지 않았으며, 이를 바탕으로 하여, 실시간의 초점 조절이 가능한 test bed를 구현하게 되었다.

본 논문에서 사용한 초점 조절 알고리즘은 기존의 방법을 간소화하여 사용했으며, 여러 가지 복잡한 상황에 대한 분석과 그 대처 방안의 모색보다는 기본 알고리즘을 충실히 구현하는데 중점을 두었다. 향후 연구로 특정 상황에 대한 세부적인 알고리즘의 개발이 요구된다.

본 논문에서 제안하는 방식의 알고리즘 및 하드웨어 구현은 카메라의 자동 초점 조절방식을 필요로 하는 캠코더, 망원경, 현미경 등에 매우 유용하게 적용되리라 기대한다.

참고 문헌

- [1] 장성익, "디지털 화상처리에 의한 초점 조절 알고리즘 및 구현", 서울대학교 박사학위논문, Aug. 1995.
- [2] Hideo Toyoda, Shoji Nishikawa, Yoshinori Kitamura, and Misami Onishi, "New Automatic Focusing System for video Cameras," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. CE-32, No. 3, pp. 312-319, Aug. 1986.
- [3] Toshinobu Haruki and Kenichi Kikuchi, "Video Camera System Using Fuzzy Logic," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 3, pp. 624-634, Aug. 1992.
- [4] Jan Biemond, Reginald L. Lagendijk, and Russell M. Mersereau, "Iterative Methods for Image Deblurring", *Proceedings of IEEE*, Vol. 78, No. 5, pp. 856-883, May 1990.
- [5] Ooi et al., "An Autofocus System for Video Camera Using Quasi Condition Reasoning," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 36, No. 3, pp. 526-529, August 1990.
- [6] Lee et al., "A Fuzzy-Control Processor for Automatic Focusing," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 40, No. 2, pp. 138-144, May 1994.