

CCM 테스트핸들러의 자동초점조절을 위한 퍼지탐색 방법

A Fuzzy Search Method for Auto Focusing of CCM Test Handlers

권혁중*, 윤희상**, 박태형*
Hyuk-Joong Kwon, Hee-Sang Yoon, and Tae-Hyoung Park

Abstract - We propose a new-focusing method for test handlers of compact camera module (CCM). The MMD (max-min difference) method is applied to calculate the focus value quickly considering the noisy output of CCM. Also, the fuzzy search method is applied to find the maximum focus value effectively. We design a fuzzy processor to control the lens position by focus values and brightness values, which improves the focusing performance in the sense of speed and processor memory. The proposed method is implemented by computer program and installed at the CCM test handler machines. The simulation results are presented to verify the usefulness of the proposed method.

Key Words : 자동초점조절, CCM, 퍼지탐색, 테스트 핸들러

1. 서 론

CCM은 CCD 카메라와 달리 CMOS 이미지 센서(CIS: CMOS image sensor)로 구성된다. CCM 테스트 핸들러는 CCM 조립라인의 핵심기능을 담당하는 장비로서, 조립된 CCM의 렌즈위치를 조절하여 초점을 정확하게 맞추는 역할을 담당한다. 그림 1은 렌즈의 위치에 따른 카메라 초점 값의 일반적인 그래프이다.

정초점을 효과적으로 찾기 위하여 Hill-Climbing 탐색(HCS) 방법[2], 가변 간격 탐색 방법 [2] 및 등 간격 탐색 방법 [3]등이 제안 되었으나 CCM 테스트 핸들러에 적용을 목적으로 개발된 자동 초점조절 방법으로는 2 단계 탐색 방법 [1] 이 있다. 이 방법은 Look-Up 테이블을 사용하여 탐색횟수를 줄인 방법으로 CCM 모델의 수가 증가하여야 하는 경우, 모델 별 테이블 작성의 어려움과 함께 소요 메모리가 크게 증가한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 CCM 테스트 핸들러의 자동초점조절을 위한 기존의 방법을 개선하기 위하여, CCM 모델별 Look-Up 테이블을 퍼지탐색으로 대체하는 새로운 방법을 제시한다. 이 방법은 CCM 모델 별 Look-Up 테이블 작성에 소요되는 시간과 노력을 감축시킬 수 있으며, 소요 메모리도 크게 줄일 수 있다. 또한 조도 변화에 따른 탐색시간의 지연을 방지할 수 있다.

2. 시스템 구성

그림 2는 본 논문에서 제안한 CCM 테스트 핸들러의 구조를 보여준다. 영상획득, 영상처리 및 기구제어부는 초점

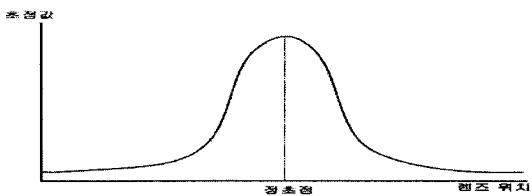


그림 1. 초점 값 그래프
Figure 1. Graph of focus value.

값이 정초점에 도달할 때까지 반복적으로 수행된다. CCM 테스트 핸들러는 생산 단계의 CCM 테스트를 목적으로 하므로 특수한 테스트 차트를 사용하여 영상을 획득한다.

3. 퍼지화

3.1 초점 값 소속 함수

초점 값을 구하는 방법은 Sum Modules Difference(SMD) [4], Tenengrad [5]와 Sum Modified Laplacian (SML) [6], Max-Min Difference Threshold(MMDT) [7] 방법이 있다. 그러나 기존의 방법은 잡음에 약하고, 초점조절 시간을 줄이면 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 본 논문에서는 잡음에 강하고 초점 값 계산 속도가 기존의 다른 방법보다 빠른 Max-Min-Difference(MMD)[1]방법을 사용하였다.

MMD 방법은 $M \times N$ 의 전체 영상을 9×1 수평 원도우와 1×9 수직 원도우로 분할하여 영상의 두 번째 최대 밝기

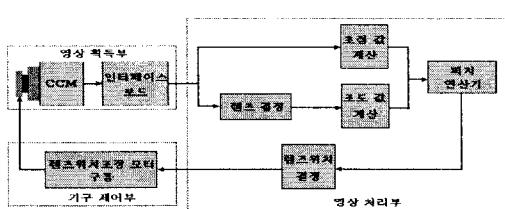


그림 2. CCM 테스트 핸들러의 구성도

저자 소개

* 권혁중 : 忠北大學校 制御計測工學科 碩士課程

** 윤희상 : 유비쿼터스 바이오정보기술 연구센터
研究員

*** 박태형 : 忠北大學校 制御計測工學科 教授 · 工博

※ 이 논문은 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심
대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음

Figure 2. Block diagram of CCM test handler.

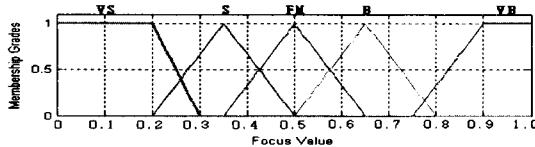
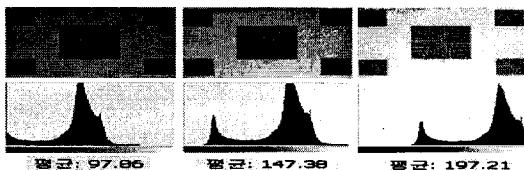


그림 3. 초점 값 소속 함수

Figure 3. Membership function of focus value.



(a) 어두운 조명 (b) 평균 조명 (c) 밝은 조명
그림 4. 조명에 의한 광도 히스토그램

Figure 4. Luminous intensity by lighting.

값 및 최소 밝기 값을 구하여 초점 값을 계산한다. 각 수평 원도우의 대표 값을 $d^H(i, j)$ 로 정의하고, 수직 원도우의 대표 값을 $d^V(p, q)$ 로 정의했을 때 초점 값은 다음과 같이 구한다.

$$FV_{MMD} = \sum_i \sum_j d^H(i, j) + \sum_p \sum_q d^V(p, q) \quad (1)$$

그림 3은 초점 값 소속 함수를 보여준다. 중간 값인 0.5를 기준으로 퍼지 소속 함수를 5단계 즉, 매우 작다(VS), 작다(S), 중간(FM), 크다(B), 매우 크다(VH)로 구분하였다.

3.2 초점 값 소속 함수

그림 4는 동일한 렌즈의 초점 위치에서 외부조명에 의한 테스트 차트의 광도 히스토그램을 보여준다. 광도 히스토그램의 평균 광도 값은 거리 역제곱 법칙[8]과 입사각 여현의 법칙[8]을 사용하여 조도 값으로 변환하고 그 결과를 조도 값 소속 함수의 변수로 사용하였다.

$$\text{수직면조도 } E_n = E_n \cdot \sin\theta = \frac{I}{R^2} \cdot \sin\theta \quad (2)$$

여기서, I : 광도 R : 거리

그림 5는 조도 값 소속 함수를 보여준다. 조도 값 소속 함수의 단계는 4단계 즉, 어둡다(D), 중간(M), 밝다(L), 매우 밝다(VL)로 구분하였다. 또한 렌즈의 특징에 따라 렌즈를 통과하는 상대적인 빛의 양이 다르기 때문에 영상의 조도 값은 렌즈에 따라 다르게 적용하였다.

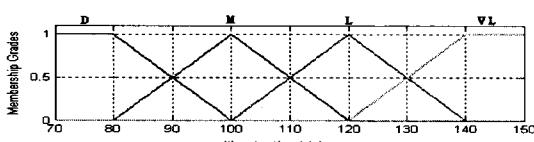


그림 5. 조도 값 소속 함수

Figure 5. Membership function of illumination value.

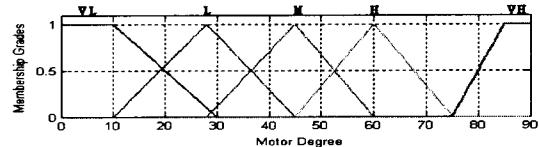


그림 6. 초점 조절 모터 값 소속 함수

Figure 6. Membership function of motor value.

3.3 초점 조절 모터 값 소속 함수

출력 값 소속 함수는 초점 조절 모터 값이다. 그림 6은 초점 조절 모터 값의 소속 함수를 보여준다. 중간 값인 45를 기준으로 매우 작다 (VL), 작다(L), 중간(M), 높다(H), 매우 높다(VH)로 구분하였다. 렌즈의 위치를 결정할 때 모터 값 변화의 크기는 퍼지 연산의 결과 값으로 결정하고, 렌즈의 이동 방향은 전 영상과 현재 영상의 초점 값을 비교하여 결정하였다.

4. 자동 초점 조절기

퍼지 연산기는 초점 값과 렌즈의 특징에 따른 조도 값을 입력으로 사용하고, 초점 조절 모터 값을 출력으로 사용하여 렌즈의 위치 값을 결정하였다. 퍼지 규칙의 개수는 입력 변수의 곱과 같으므로 총 20개의 규칙으로 구성하였다.

퍼지 규칙에서 출력 값은 렌즈의 위치가 보정된 값을 의미한다. 이 값에 상응하는 모든 규칙은 실험을 통하여 결정하였다. 표 1은 퍼지 연산기의 모든 퍼지 규칙을 보여 준다.

5. 역퍼지화

역퍼지화는 퍼지화의 역으로 퍼지 값을 실제 사용되는 렌즈의 위치 값으로 계산하는 과정이다. 본 논문에서는 계산이 복잡하지만 다른 방법에 비해 결과 값이 가장 정확한 중심점(COG) 방법을 사용하였다. 기구체어부에서 실제로 사용되는 렌즈의 위치 값은 다음과 같다.

$$\text{렌즈의 위치 값} = \frac{\sum_{k=1}^n \min(\text{초점 값}, \text{조도 값}) \times \text{Rule}(k)}{\sum_{k=1}^n \min(\text{초점 값}, \text{조도 값})} \quad (3)$$

단, 여기서 n 은 퍼지 규칙의 개수

그림 7은 렌즈의 위치가 정초점에 도달할 때까지 수행되는 과정을 보여준다.

표 1. 퍼지 규칙

Table 1. Fuzzy Rule.

		초점값				
		VB	B	FM	S	VS
조 도 값	D	L	L	M	VH	VH
	M	VL	L	M	H	VH
	L	VL	VL	M	H	H
	VL	VL	VL	L	H	H

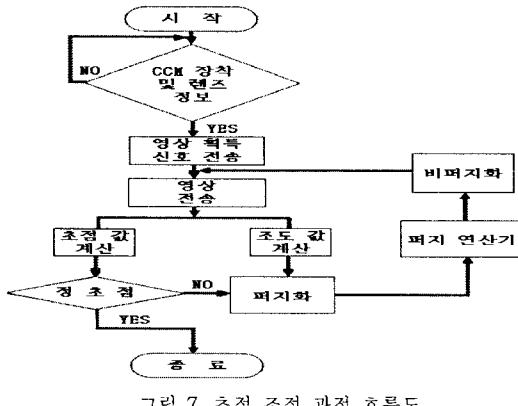


그림 7. 초점 조절 과정 흐름도

Figure 7. Flowchart of Focus control Processing.

6. 실험 및 결과

6.1 정초점 위치 탐색 방법 비교

퍼지 논리를 사용한 자동초점조절 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 HCS(Hill-Climbing Search), 가변 구간 탐색, 2단계 탐색, 퍼지 탐색을 비교하여 평가하였다. 모든 탐색의 초점 값 계산 방법은 MMD 방법을 사용하였다. 성능 평가의 타당성을 높이기 위해 각 탐색 방법별로 10회 실험을 수행하여 비교하였다.

그림 8은 10회 실험 횟수에 대한 탐색 횟수를 보여준다. 탐색 횟수에서 퍼지 탐색이 가장 우수하며 다음으로 2단계 탐색, 가변구간 탐색, HCS 순으로 나타났다. 퍼지 탐색이 좋은 이유는 퍼지 규칙을 이용하여 탐색 횟수를 단축시켜 초점 조절 시간을 줄였기 때문이다.

6.2 렌즈의 특징에 따른 정초점 위치 탐색 비교

렌즈의 특징에 따른 조도 값의 성능 평가를 위하여 렌즈의 밝기가 F:1, F:1.4, F:2인 렌즈를 사용하였다. 각 렌즈의 밝기에 따른 성능 평가의 타당성을 높이기 위해 각 렌즈의 평균 조도 값과 초점 조절 시간, 탐색 횟수의 비교를 보여준다. 각 렌즈별 평균 초점

표 2는 각 렌즈의 특징에 따른 평균 조도 값과 초점 조절 시간, 탐색 횟수의 비교를 보여준다. 각 렌즈별 평균 초점

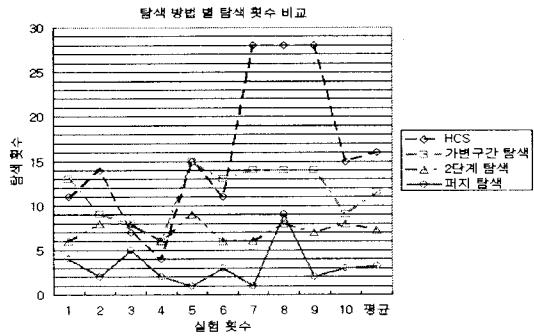


그림 8. 탐색 횟수 비교.

Figure 8. The comparison of searching the number.
표 2. 렌즈의 특징에 따른 비교.

Table 2. The comparison by character of lens.

대상 (렌즈의 밝기)	평균 조도 값(lux)	평균 초점조절 시간(sec)	평균 탐색 횟수
F:1	105.76	0.101	3.2
F:1.4	48.7	0.073	3.9
F:2	24.48	0.094	4.4

조절 시간과 평균 탐색 횟수는 약간의 차이가 있지만 거의 같음을 확인할 수 있다. 그러나 렌즈의 밝기에 따른 퍼지 규칙에 사용된 평균 조도 값은 큰 차이를 보여주었다. 이는 렌즈의 밝기에 따라 CCM 테스트 핸들러에 다른 퍼지 규칙을 적용할 수 있음을 보여준다.

7. 결 론

본 논문은 정초점 위치 탐색 방법으로서 퍼지 탐색을 제안하였으며, 많은 메모리를 요구하는 기존의 4가지 방법에 비하여 적은 메모리로 빠르고 정확하게 자동 초점 조절이 가능하였다. 또한 하나의 렌즈로 고정되어 있는 CCM 테스트 핸들러에 여러 종류의 렌즈를 사용할 수 있음을 확인하였다.

제안된 방법은 퍼지 규칙의 설계에 의해 성능이 좌우된다. 따라서 전문가에 의해 정확한 퍼지 규칙이 설계 된다면, CCM 테스트 핸들러의 성능을 향상 시킬 수 있다. 본 논문에서 개발된 퍼지 탐색 방법이 소형 카메라 모듈 수요의 증가에 따른 CCM 테스트 핸들러의 생산성 및 품질 향상에 기여하리라 기대된다.

참고 문헌

- [1] 윤희상, 박태형 “소형 카메라 모듈용 테스트 핸들러의 자동 초점 조절 방법”, 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제12권, 제2호, 2006.2.
- [2] K. S. Choi, J. S. Lee, S. J. Ko, "New autofocus technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras," IEEE trans. on Consumer Electronics, vol.45, no.3, pp.820-827, Aug, 1999.
- [3] M. Born, E. Wolf, Principles of Optics, Cambridge Univ.

- Press, 1999.
- [4] R. A. Jarvis, "Focus optimization criteria for computer image processing," *Microscope*, vol.24, no.2, pp.163-180, 1976.
 - [5] S. K. Nayar and Y. Nakagawa, "Shape from focus," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence* vol.16, no.8, pp.824-831, Aug, 1994.
 - [6] J. H. Lee, K. S. Kim, B. D. Nam, " Implementation of a passive automatic focusing algorithm for digital still camera," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.41, no.3, pp.449-454, 1995.
 - [7] 신승현, "디지털 카메라를 위한 새로운 자동초점조절 알고리즘의 연구," *대한전기학회논문지*, 제50권, 제9호, pp.447-453, 2001.
 - [8] 지철근, "최신 전기 용용", 문운당, 2002.