

수동 센서의 오차 최소화를 이용한 실시간 DSC 자동초점 시스템 설계

論 文
51D-5-5

A Design of Real-time Automatic Focusing System for Digital Still Camera Using the Passive Sensor Error Minimization

金 根 燮* · 金 德 暎** · 金 成 煥***
(Kun-Sop Kim · Duk-Young Kim · Sung-Hwan Kim)

Abstract - In this paper, the implementation of a new AF(Automatic Focusing) system for a digital still camera is introduced. The proposed system operates in real-time while adjusting focus after the measurement of distance to an object using a passive sensor, which is different from a typical method.

In addition, measurement errors were minimized by using the data acquired empirically, and the optimal measuring time was obtained using EV(Exposure Value) which is calculated from CCD luminance signal. Moreover, this system adopted an auxiliary light source for focusing in absolute dark conditions, which is very hard for CCD image processing. Since this is an open-loop system adjusting focus immediately after the distance measurement, it guarantees real-time operation. The performance of this new AF system was verified by comparing the focusing value curve obtained from AF experiment with the one from the measurement by MF(Manual-Focusing). In both case, edge detector was used for various objects and backgrounds.

Key Words : Digital Still Camera, Automatic Focusing, Passive Sensor

1. 서 론

DSC(Digital Still Camera)에서의 AF(Automatic Focusing)는 기존의 필름 카메라나 비디오 시스템 및 현미경, 쌍안경 등에서와 마찬가지로 매우 중요하다. 이는 CCD 센서에 입력된 피사체의 영상을 처리하여 메모리카드로 저장할 때 양질의 영상을 획득하기 위해서는 우선적으로 입력되는 영상이 흐림 없이 입력되어야 하므로, AF는 DSC에서 AE(Automatic Exposure), AWB(Automatic White Balance)와 더불어 필수적인 기능이라고 볼 수 있다.

AF는 고정된 촬상면에 자동으로 피사체의 초점이 맺히도록 렌즈를 이동시켜 주는 메커니즘으로서 피사체와 촬영기기 사이의 거리와 줌(zoom) 변동에 따라 일어나는 광학적인 초점의 틀어짐을 전자적으로 판정하여 기구를 구동시키고, 기구의 구동으로 렌즈의 위치를 보상하여 항상 촬상면에 초점이 맺히도록 해주는 시스템이다. 가장 간단하고도 고속의 AF가 가능한 시스템은 인간의 눈이다. 인간의 눈은 뇌의 지령에 따라서 피사체가 항상 눈의 망막에 결상 될 수 있도록 수정체의 두께를 변화시키는 생물학적 AF 시스템을 갖추고 있다. 일반적으로 AF는 수많은 경험과 실험으로 구현되고

있다[1][2]. 구현하는 방식은 크게 능동방식과 수동방식으로 구분되며, IR(infrared)을 사용하는 능동방식은 기존에 많이 사용된 방식이다.

이 능동방식은 원거리의 한계가 있으며, 소비전류가 크고 유리창 넘어 센싱시 AF 오차 발생 가능성이 있고 빛이 흡수되는 피사체는 센싱이 어렵다는 단점이 있다. 그러나 명암 차이가 없는 영상이나 어두운 곳에서도 센싱이 가능하다는 장점도 있다. 이와같이 장단점이 있으나, 장점보다는 단점이 많기 때문에 이 방식보다는 피사체의 영상정보를 이용하는 수동방식이 주류를 이루고 있다.

수동방식은 수동센서와 CCD 센서를 이용하는 방식이다. CCD 센서를 이용하는 방식은 CCD 센서의 신호를 디지털 신호로 변환한 뒤 영상의 특성을 분석하여 초점을 조절하는 소프트웨어적인 방식과 DCP(Digital Color Processor)의 AF 파라미터를 이용하거나 아날로그 휘도(luminance)신호 필터링 회로를 사용하는 하드웨어적인 방식이 있다. 이 방법은 영상의 흐림 현상 모델을 이용하는 것으로서 영상이 흐릴 때의 필터링 값은 초점이 맞을 때 보다는 작다는 특성을 이용하여 초점을 조절하는 방식이다 [1][2][3][4].

그러나 CCD의 흐림 현상 모델을 이용하는 방식 [1][2][3][4]은 저조도 또는 암흑에서의 경우 CCD에 축적되는 전하가 거의 발생하지 않기 때문에, 즉 영상 신호의 변화가 발생하지 않기 때문에 신호를 필터링하여 초점치를 구하는데 신뢰성이 떨어지며 어려움이 발생한다. 이로 인하여 초점조절이 취약하며 프레임 메모리에 저장된 데이터를 이용하여 연속적으로 초점 렌즈를 제어하는 폐루프(closed-loop) 시스템이므로 센싱 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 그러나 본 논문은 위에서 제시한 기존의 능동방식의 단

* 正 會 員 : 三星테크윈 광디지털 시스템 開發 2 Unit
先任 研究員

** 正 會 員 : 富川大學 電子科 專任講師 · 工博

*** 正 會 員 : 서울市立大學校 電子電氣工學部 教授 · 工博

接受日字 : 2001年 12月 17日

最終完了 : 2002年 3月 27日

점과 CCD 센서를 이용하는 수동방식의 단점을 보완한 새로운 AF 시스템으로서 DSC에 적합하도록 수동센서를 이용하여 실시간으로 AF가 가능하도록 시스템을 구현하였다.

본 논문에서는 수동 센서의 오차신호 발생을 최소화하기 위하여 중첩된 다중 센싱법, 그리고 보조광과 적정치 알고리즘을 제안하였다. 적정치 알고리즘은 AF 정도를 높이기 위하여 중첩된 다중 센싱값들 중에서 실제 거리와 센싱한 거리가 가장 잘 부합되는 신호를 검출하는 알고리즘이다. 그리고 초점 조절시간을 최적화 하기 위하여 영상의 휘도 데이터를 EV(Exposure Value:노출값)에 적용하여 512 ms 이내에 초점조절이 가능하도록 하였다. 설계된 AF시스템은 저 휘도 피사체의 센싱이 가능하고, 센싱시간 최적화 및 줌 카메라에 적용 가능한 실시간 DSC 자동초점조절 시스템이다.

본 논문의 서론에 이어서 2 장에서는 새로운 자동초점조절 시스템의 제안에 대해서 설명하고, 3 장에서는 설계된 시스템의 성능을 평가하기 위한 실험방법 및 결과에 대해서 서술하였다. 그리고 마지막으로 결론을 맺었다.

2. 오차 신호 최소화를 이용한 새로운 자동초점조절 시스템의 제안

본 논문은 수동센서[5]를 사용한 AF 시스템으로서 센서에서 출력되는 오차신호(오차신호 1, 2, 3) 발생을 최소화하고 AF 정도를 높이기 위한 방법을 제안하였다.

이를 위해서 첫 번째는 수동센서의 센싱 원리와 오차신호에 대해서 살펴보고, 두 번째는 이 문제점을 해결하기 위한 수동센서의 중첩된 다중 센싱 방법과 센싱시 피사체의 휘도에 보조적인 기능(피사체의 휘도를 증가시키는 기능)을 할 수 있는 보조광에 대해서 설명하였다. 또한 세번째는 EV에 따라서 초점조절 시간을 제한하여 센싱 시간을 최적화하는 방법에 대해서 살펴보고 마지막으로 센싱된 측정거리가 실제 거리에 가장 근접하도록 제안한 적정치 알고리즘에 대해서 설명한다.

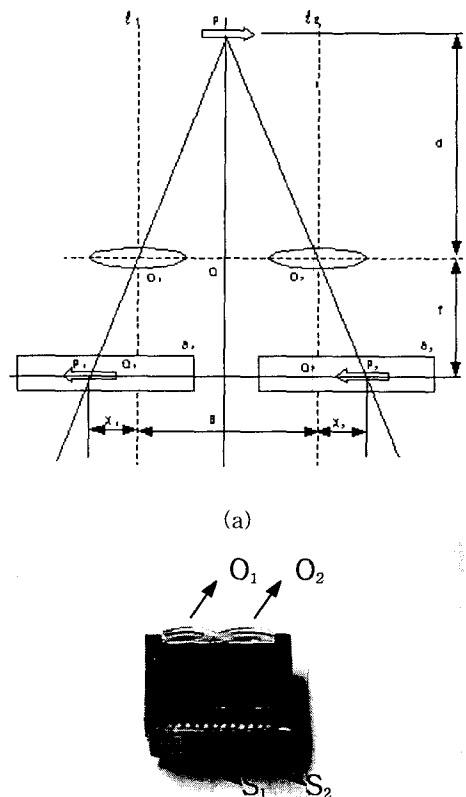
2.1 수동센서의 센싱 원리 및 오차신호

2.1.1 수동센서의 센싱 원리

수동센서의 센싱 원리는 그림 1 (a)와 같으며, (b)는 논문에 사용된 수동센서의 실제 센서를 보여 주고 있다. 피사체(P)가 한 쌍의 수동센서 렌즈(O_1, O_2)를 통해 2개의 광 센서 배열(S_1, S_2)에 투영되면 광 센서로부터 아날로그 영상이 수동센서내의 양자화부로 입력되고, 이를 양자화시켜 수동센서 모듈내부에 있는 연산부로 보내진다. 연산부는 2개의 피사체 영상(P_1, P_2)의 위상차(X : P_1 과 P_2 의 최대값 차이)를 산출해서 카메라 제어 마이크로 컴퓨터에 출력한다. 수동센서에서 출력된 위상차 X 를 이용하여 마이크로 컴퓨터는 아래의 식 (1)을 이용하여 거리를 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} X_1:f &= \frac{B}{2}:d \\ X_2:f &= \frac{B}{2}:d \\ d &= \frac{B \times f}{X_1 + X_2} = \frac{B \times f}{X} \end{aligned} \tag{1}$$

그리고 계산된 거리에 따라서 렌즈의 초점렌즈를 제어한다. 그림 1 (a)에서 삼각형 PO_1Q 와 삼각형 $O_1P_1Q_1$, 삼각형 PO_2Q 와 삼각형 $O_2P_2Q_2$ 는 각각 닮은꼴이므로 2개의 비례식을 이용하여 피사체거리 d 를 구하였다. 식 (1)에서 $B=7.118 \text{ mm}$, $f=16.4 \text{ mm}$, $1 \text{ cell}=21 \mu\text{m}$ 이다. 이들 값들은 수동센서가 만들어질 때 정해진 값들이다.



- 피사체: P
- 피사체거리: d
- 피사체 상: P_1, P_2
- 수동센서 렌즈의 초점거리: f
- 수동센서 광 센서 배열: S_1, S_2
- 렌즈(O_1, O_2)의 중심: Q
- 수동센서의 위상차 거리: Q_1, Q_2
- 수동센서 광축: l_1, l_2
- 수동센서 렌즈: O_1, O_2
- 위상차: $X = X_1 + X_2$

그림 1 수동센서 (a) 센싱 원리 (b) 수동센서 모듈
Fig. 1 The passive sensor. (a) sensing principle (b) passive sensor module.

2.1.2 수동센서의 오차신호

그림 1에서 광 센서 배열(S_1, S_2)은 그림 2(a)와 같이 각각 178개로 구성되며, 배열 중에서 36개씩을 제어하면 표 1과 같은 값들이 출력된다.

표 1 수동센서의 출력값
Table 1 Output values of the passive sensor.

D00~D02	ALL "0"		
D03~D07	위상차(X) 데이터 정수부분		
D08~D15	위상차(X) 데이터 소수부분		
D16~D18	오차신호 데이터 : 오차신호 (센서의 36개 출력 데이터 중에서 아래의 조건일 때)		
	오차신호3(D16)	오차신호2(D17)	오차신호1(D18)
	최소치가 최소치가 아닌 경우(국부 최소치인 경우)	최소치가 2개 이상이고 최소치간의 차이가 적은 경우	좌우 광센서 배열 데이터가 모두 저휘도(0.2EV이하)인 경우

표 1은 마이컴의 제어에 따라서 출력되는 수동센서의 출력 값[9]으로, 실제 거리 계산에 사용되는 값은 D03~D15이며, 식 (1)에서 X에 해당된다. 그리고 수동센서내의 연산부에 의해서 신뢰도가 떨어지는 경우(오차신호라고 판단될 때), 표 1의 D16~D18의 값들이 피사체나 주위의 조건에 따라서 해당 비트값 "1"이 된다. 즉, 이때 출력되는 위상값은 거리 계산에 사용할 수 없는 것이다.

2.2 오차신호 발생 최소화를 위한 중첩된 다중 센싱 방식과 보조광

수동센서를 이용한 AF 시스템은 센서에서 발생하는 오차신호의 발생영역을 최소화하거나, 발생하지 않도록 하는 것이 중요하다. 위에서 고려한 것처럼 오차신호는 피사체의 종류, AF하는 영역 그리고 휘도에 따라서 주로 발생한다. 이런 오차신호의 발생영역을 최소화하고 발생을 방지하기 위해서, 본 논문에서는 중첩된 다중 센싱 방식과 보조광 설치방식을 제안하였다.

2.2.1 중첩된 다중배열 방식

그림 2는 중첩된 다중 AF를 위한 수동센서의 광 센서 배열이고, 그림 2(a)는 수동센서의 전체 좌우 광 센서 배열(S_1, S_2)이다. 센서를 사용하여 AF 데이터 값인 위상차 X 값을 사용하기 위해서는 그림 2(a)의 전체 배열 178개의 배열 중에서 36개만(1개 영역)을 제어하면 1개의 위상차를 X 값으로 사용할 수 있다.

그러나 한 영역만을 제어하여 AF에 사용할 경우 오차신호가 발생하면 AF를 할 수 없다. 그래서 일반적으로는 그림 2(b)와 같이 영역을 여러 개로 나누어 오차신호가 발생하는

영역의 값은 사용하지 않고, 그렇지 않은 영역의 위상차 X 값들 중에서 최대 값 1개 만을 사용한다. 그러나 이런 경우에도 가장자리 영역에서는 자주 오차 신호가 발생하며, 중심 주위 영역에서도 오차신호가 발생할 수 있다.

그래서 본 논문에서는 영역 분할에 따른 오차신호 발생을 최소화 또는 없애기 위하여, 그림 2(c)와 같이 중첩된 다중 배열을 제안하여 가장자리 영역은 사용하지 않고, 그 이외의 영역을 중첩하여 사용하였다. 그림 2(c)에서 좌1 영역(L1)은 L106~L141, R106~R141이고 좌2 영역(L2)은 L88~L123, 중앙 영역(C)은 L71~L106, R71~R106, 우1 영역(R1)은 L36~L71, R36~R71이고 우2 영역(R2)은 L88~L53, R88~R53이다.

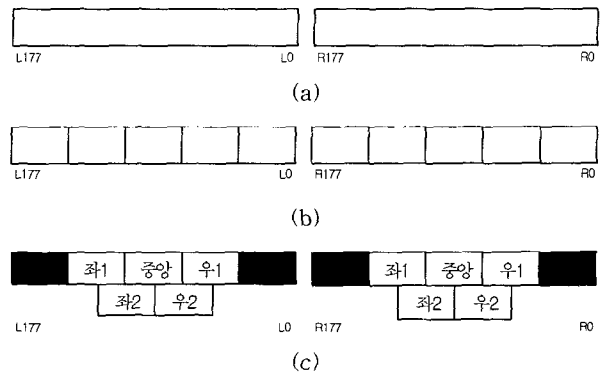


그림 2 수동센서의 광센서 배열($S_1 : L0 \sim L177, S_2 : R0 \sim R177$) (a) 전체 배열 (b) 다중 배열 (c) 제안한 중첩 다중 배열

Fig. 2 Optical sensor array of passive sensor($S_1 : L0 \sim L177, S_2 : R0 \sim R177$). (a) total array (b) multiarray (c) proposed overlapping multiarray

2.2.2 보조광

보조광이란 수동센서가 피사체를 센싱하는데 보조적인 역할을 하는 광이다. 즉 센서가 센싱하는 시간 동안 빛을 발하는 부분이다. 근거리에서 있는 단색 또는 암흑 상태에 있는 피사체의 주파수 특성은 변화가 거의 없거나 특성을 분석하기 어렵기 때문에 CCD 센서를 이용하여 초점을 조절하는 것은 어렵다.

이런 점은 본 논문에서 사용하는 수동센서도 같은 문제점을 지니고 있으므로, 문제 해결을 위하여 보조광 설치방식을 제안하여 그림 3과 같이 구현하였다.

이 보조광은 외부 밝기에 따른 영상의 휘도 변화와 피사체에 따른 수동센서의 오차신호에 따라 보조광이 제어되도록 알고리즘을 구현하였다. 마이컴의 보조광 제어신호는 실제 수동센서가 피사체를 감지하는 시간 동안 보조광이 출력되도록 설계하였다. 구동부는 암흑에서는 3m, 실내 조명에서는 1m까지 광이 발생하도록 보조광 렌즈를 사용하여 빛을 모아 방사하도록 하였다. 그리고 피사체가 단색인 경우 또는 피사체의 변화정도가 낮은 경우에 발생하는 오차를 방지하기 위하여, 피사체에 임의적인 패턴이 맺히도록 LED와 렌즈 사이에 보조광 필름을 사용하였다.

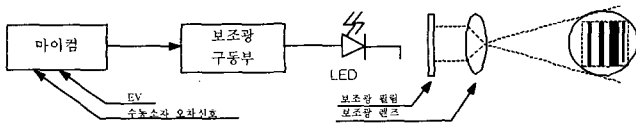


그림 3 보조광 구동 블럭선도
Fig. 3 Block diagram of the auxiliary light driving.

2.3. 외부 휘도를 이용한 AF 시간의 최적화

AF 기능을 내장한 일반 필름카메라나 DSC는 대부분 촬영(셔터)스위치 1,2 단으로 동작을 한다. 일반적으로 촬영스위치 1단에서 AF, AE, AWB 기능을 수행하는데, 이 때 이러한 모든 기능은 순간 포착이라는 카메라의 고유 특성상 상당히 빠른 속도로 수행되지 않으면 안 된다. 그 중에서도 가장 시간이 많이 소요되는 AF의 센싱 시간 최적화 및 실 시간 처리는 매우 중요한 문제이다.

CCD 센서를 이용하는 시스템(감시용 카메라, DSC, 캠코더, 등등)의 경우, 영상의 적정 휘도를 유지하기 위하여 외부 밝기에 따라서 수동 또는 자동으로 조리개를 가변 하거나 전자셔터를 가변 한다. 그리고 영상신호의 전체 이득을 조절한다.

본 논문에서 사용하는 수동센서도 외부 휘도에 따라서 응답시간이 변한다. 이런 응답 시간을 적절히 설정함으로써 AF 시간을 최적화 할 수 있으며, 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 이 응답시간 설정을 위하여 외부의 휘도에 따라서 전자셔터가 가변 되도록 한 후, 이를 다시 EV로 환산하여 초점 조절의 제한 시간으로 설정하는 방식을 제안하였다.

EV는 같은 노출량의 조리개와 셔터 시간의 변화가 있는 경우 조합하여 한개의 수치로 표시할 수 있는 것으로서 식 (2)와 같이 표현되며, F 값은 식 (3)과 같다. 여기서 F 값은 필요한 광의 양에 맞는 조리개경으로 변하는 조리개 기구의 수치이다[6].

$$2^{EV} = \frac{F^2}{T} \tag{2}$$

$$F = \frac{f}{D} \tag{3}$$

식 (2)와 (3)에서 f, D, T는 각각 렌즈의 초점거리(focal length), 렌즈의 유효직경(effective diameter) 그리고 노출시간이다.

2.4. AF 알고리즘의 제안

그림 4는 제안한 AF 알고리즘의 흐름도를 보여 주고 있다. 촬영스위치 1단에서 적정 휘도를 조절하기 위해서 전자셔터가 가변되고 EV 값으로 변환되어 보조광 제어 여부를 결정한다. 그리고 중첩된 5개의 영역으로 나누어 예비센싱을 1회 한 후에 주 센싱의 센싱횟수, 유효영역, AF 제한시간을 설정한다.

AF 시간이 너무 길어지는 것을 방지하기 위해 제한시간

을 두어 이 시간 내에 수동센서의 응답이 종료되지 않으면 수동센서의 동작을 강제로 종료시킨다. 유효 영역에서 오차가 발생할 경우에는 센서영역의 셀 어드레스를 이동하여 1회 센싱한다. 이 때 센서 오차신호(오차신호 1, 2, 3)[5]가 발생하면 오차 신호처리를 하는데, 오차신호 1이 발생하면 무한대(∞) 거리로 초점거리를 제어하고, 그 외의 신호에 대해서는 AF 중지("AF lock" 상태)를 한다. 즉 촬영이 안되도록 한다.

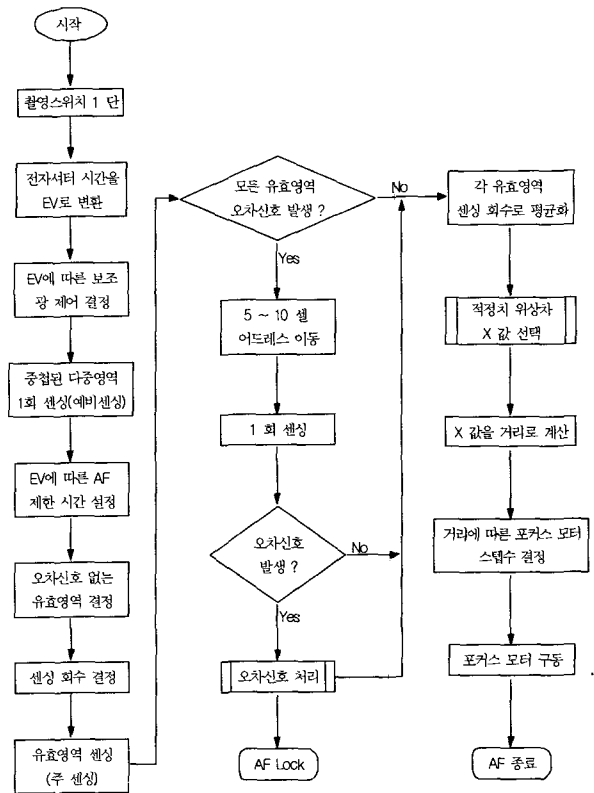


그림 4 제안된 AF 알고리즘의 흐름도
Fig. 4 Block diagram of the proposed AF algorithm

각 유효영역에서 센싱된 위상값 X 중에서 최대값을 이용하는 경우가 일반적이지만 잘못된 위상값 일 때도 있기 때문에 본 논문에서는 이를 방지하기 위하여 센싱된 최대값 2개 중에서 실제 거리에 해당되는 데이터를 사용하기 위해서 다음과 같이 적정치 알고리즘을 제안하였다. 최종 센싱된 최대값 max1과 max2를 저장한다. 그리고 임의의 Δ1과 Δ2 값을 정한 후에 max1과 max2 차이값을 계산한다. 차이값이 Δ1보다 작으면 max1이 최종 위상값 X가 된다. 그러나 차이값이 Δ1 보다 큰 경우에 max2가 Δ2보다 크면 max1이 최종 위상값 X가 되며, max2가 Δ2보다 작으면 max2를 최종 위상값으로 결정한다. 최종 결정된 위상값 X 데이터는 식 (1)로 거리를 계산하고 해당되는 거리만큼 초점 렌즈 구동모터를 제어한다. 여기서 Δ1과 Δ2는 실험에 의한 지정 값이다.

본 시스템에서 제안한 적정치 검출 알고리즘은 중첩된 센서의 5개 영역에서 검출된 값에 대하여 현재 센싱한 거리와

가장 근접한 값을 찾는 것으로 $\Delta 1$ 과 $\Delta 2$ 는 수동센서 특성에 맞게 실험에 의해서 설정하였다.

3. 실험 및 결과 고찰

3.1. 실험장치의 구성

본 논문에서 제안한 시스템은 그림 5와 같이 설계하였으며 구성은 다음과 같다. 렌즈는 초점거리 6~18 mm, 전자셔터 1/60~1/70,000 초, F 값은 F2.1이다. CCD는 1/2인치 인터레이스, 총화소수 41만 화소이다. 수동센서는 Fuji사의 FM6232T20 센서[5]를 사용하였으며, 보조광 LED는 Stanley사의 NR312를 사용하였다. 실험은 본 논문에서 제시한 외부 휘도를 이용한 AF 시간의 최적화, 중첩된 다중배열과 보조광, 그리고 적정 알고리즘의 결과에 대해서 살펴보고, 그 외 발생할 수 있는 오차신호 처리방법에 대해서도 살펴보았다.

본 논문에서 설계된 시스템은 절대 평가가 어렵기 때문에 상대평가를 위해서 총 12개의 영상을 사용하였다. 이와 같이 본 연구는 절대평가가 어려운 것이 문제점이라 할 수 있다. 기준 영상은 임의의 초점위치에서 수집하였으며, 소프트웨어 시뮬레이션을 위해서는 기준 초점 위치에서 수동으로 초점 스텝을 전진방향으로 5개씩 이동하면서 10개의 영상을 수집하였다. 그리고 초점스텝을 후진 방향으로 50개를 이동한 후, 본 논문에서 구현한 AF를 적용하여 1개의 영상을 수집하였다. 이들 12개의 영상은 기존의 경계성분 검출기(edge detector : sobel mask[7])를 이용, 초점치를 산출하여 성능을 검증하였다. 암흑시에도 위와 같은 방법으로 플래쉬를 작동시켜 영상을 수집하여 검증하였다.

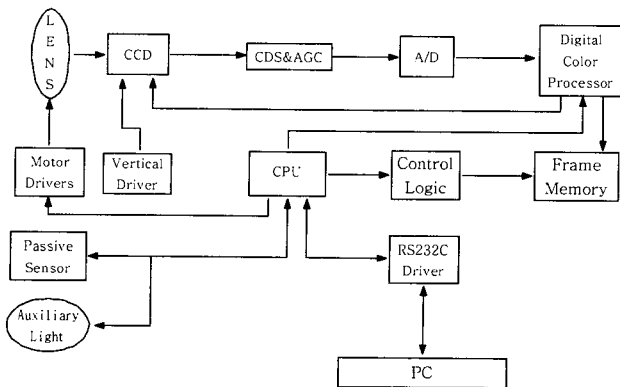


그림 5 제안된 실시간 AF 시스템의 블럭선도
Fig. 5 Block diagram of proposed real-time AF system.

3.2. 외부 휘도를 이용한 AF 시간의 최적화

시스템에 EV를 적용하기 위하여 Tsubosaka사의 light source box(모델:LSB-110)를 카메라 렌즈에 장착시킨 후, 장비의 EV를 가변하면서 시스템의 전자셔터의 변화를 측정하였다. 이때 측정된 값은 RS232C를 이용하여 PC에서 수집

하였다. 그림 6은 EV 변화에 따른 시스템의 전자셔터 변화를 나타내고 있으며, 이 값은 10회 측정하여 평균한 값이다. 이 때의 평균값을 시스템의 EEPROM에 저장하였다.

그림 6의 결과로부터 AF 센싱 제한시간을 표 2와 같이 설정하였다. 표 2에서 일반적으로 암흑이나 빛이 거의 없는 상태는 2EV이하, 일반적인 실내에는 2EV~7EV이었으며, 실외에서는 7EV 이상이었다. 예비 센싱 시간과 주 센싱 시간은 실험을 통하여 설정한 값이다.

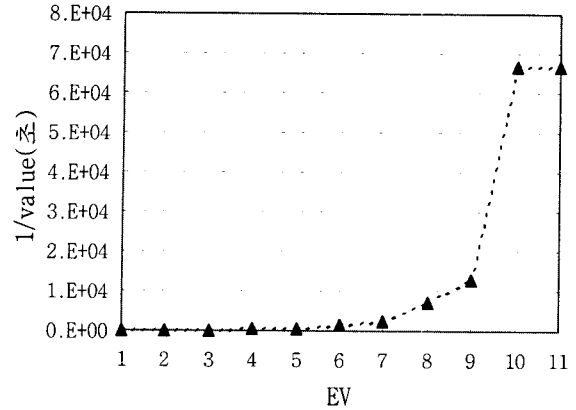


그림 6 EV에 따른 전자셔터의 변화.
Fig. 6 Variations in electronic shutter time on EV.

표 2 EV에 따른 센싱 제한시간
Table 2 Sensing limitation time on EV.

휘도	예비 센싱 시간	주 센싱 시간	회수	전체시간
				$T = \text{예비 센싱 시간} \times \text{영역 개수} + \text{주 센싱 시간} \times \text{센싱 회수}$
7EV 이상	16ms	48ms	3	$16 \times 5 + 48 \times 3 = 224\text{ms}$
7EV ~ 2EV	32ms	64ms	3	$32 \times 5 + 64 \times 3 = 352\text{ms}$
2EV 이하	0ms	512ms	1	512ms

표 2의 설정에 따른 시스템을 검증하기 위해서 실외 태양 광 아래의 풍경사진(그림 9)과 실내 형광등 아래의 인물사진(그림 10)에 대해서 표3과 같이 EV에 따른 AF 센싱 시간을 측정하였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 AF 종료가 안되면(AF ERROR 포함) "AF LOCK" 상태 즉, 촬영스위치 2단이 안 되도록 하였다. 그렇기 때문에 검증을 위한 AF 시간 측정은 촬영스위치 1단과 2단 사이의 시간을 측정하였다. 표 3에서도 알 수 있듯이 설정한 제한 시간은 측정시간보다 안정적으로 설정된 것을 알 수 있다.

표 3 EV에 따른 AF 센싱 시간
Table 3 AF sensing time on EV.

	EV	거리	종류	STROBO	AWB	AF 제한 시간(ms)	AF 센싱 시간(ms)
실외	9	∞	풍경 (그림9)	발광금지	AUTO	224	128
실내	6	70cm	인물 (그림10)	발광금지	AUTO	352	224

3.3 오차신호 발생을 없애기 위한 중첩된 다중 배열 방식과 보조광

DSC는 일반적인 카메라의 특징인 셔터 찬스가 빠른, 즉 순간포착이어야 하므로 특수한 피사체를 제외하고는 촬영하고자 하는 순간에 “AF Lock” 상태나 초점 흐림 현상이 발생하면 안 된다. 본 논문에서는 이런 현상을 방지하기 위하여 중첩된 다중배열과 보조광 설치방식을 제안하였다. 그림 7에 대하여 센서의 배열 방법과 보조광에 대한 본 논문의 설계 효과를 실험하였다.

그림 7의 (a)는 수동센서의 센서 배열을 일반적인 다중배열 영역으로 설정하여 사용할 때, 수동센서가 실제 피사체의 영역을 센싱하는 부분이며, (b)는 본 논문에서 제안한 방법으로 (a)의 “L1”과 “C”영역, “C”와 “R1” 영역을 각각 반씩 중첩하여 사용하였을 때 수동센서가 실제 피사체의 영역을 센싱하는 부분을 나타내고 있다. 이들 방법에 따른 오차신호 발생 결과를 표 4에 나타내고 있다. 제안한 방법을 사용하면 표 4와 같이 오차신호 발생이 최소화됨을 알 수 있다.

이 실험은 오차신호가 발생할 수 있는 피사체에 대해서 제안한 방법에 대한 결과를 알아보는 실험으로 인위적인 단조 증가 피사체, 단색 피사체 그리고 암흑 상황에서의 피사체에 대해서 실험을 하여 표 4와 같은 결과를 얻었다.

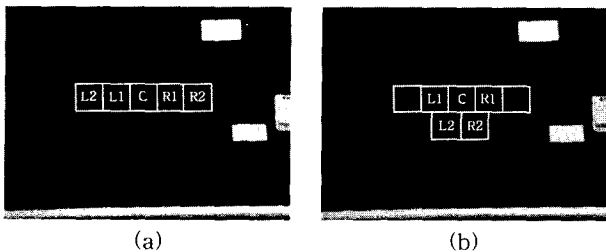


그림 7 다중배열 (a) 일반적인 다중배열 (b) 제안한 중첩 다중배열
Fig. 7 Multiarray (a) general multiarray (b) proposed overlapping multiarray

표 4 배열 방법에 따른 오차신호
Table 4 Error signals on array methods.

회수	일반적인 다중배열 영역					제안된 중첩 다중배열 영역+보조광				
	L2	L1	C	R1	R2	L2	L1	C	R1	R2
1	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
2	×	×	×	×	×	○	○	○	×	○
3	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
4	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
5	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
6	×	×	×	×	×	○	○	×	○	○
7	×	×	×	×	×	○	○	×	○	○
8	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
9	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
10	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○

(×: 오차신호 발생 있음 ○: 오차신호 발생 없음)

저조도 피사체의 경우 특히, 암흑에서의 AF는 여러 가지 제약이 수반된다. 일반적인 수동방식의 경우 입력되는 영상의 변화를 경계성분 검출기(edge detector)를 이용하여 초점값을 산출하고, 그 초점값이 최대값이 되도록 초점 모터를 제어한다. 그러나 CCD에 입력되는 영상은 CCD 특성상 빛이 거의 없는 경우에는 영상이 맺히지 않으므로 수동방식을 사용하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 수동센서가 감지하는 시간 동안 보조광을 조사하여 수동센서의 센싱이 가능하도록 하였다. 그림 8의 (a)는 암흑시 임의의 초점 위치에서 플래쉬를 발광하여 얻은 사진이며, (b)는 보조광을 사용하여 얻은 사진이다. 그림 8의 (b) 사진에서 인형의 왼쪽을 살펴보면 플래쉬 발광 촬영시 발생하는 그림자가 있음을 알 수 있다.



그림 8 암흑시 AF 실험 결과 (a) 보조광 미사용 시 (b) 보조광 사용시

Fig. 8 AF test results in dark (a) When auxiliary light unused (b) When auxiliary light used

3.4 오차신호 처리방법 및 적정치 알고리즘 결과

수동센서의 센싱 오차는 크게 2가지로 발생되는데, 첫번째는 수동센서에서 발생하는 오차신호들 중에서 하나라도 발생하면 해당 영역은 오차가 발생한 것이다. 다음으로 발생하는 센싱 오차는 센싱된 최대값을 취할 때 생기는 오차이다. 알고리즘에서 설정한 센서의 5개 영역은 센서에서 발생하는 오차신호 발생 빈도를 줄일 수 있다.

첫번째로 센서에서 발생하는 오차신호는 그림 9와 같은 원거리 피사체나 단색 피사체, 세로 무늬 배경의 피사체 등에서 주로 발생한다. 그림 9의 피사체일 경우 수동센서에서 대부분 오차신호1(default 1)이 발생하기 때문에 이런 경우 "AF 금지"을 하지 않고 원거리로 초점을 맞추면, 즉 초점거리를 무한대 거리로 초점조절 모터를 제어하면 피사체의 흐림없이 영상을 촬영할 수 있다. 이 때 줌의 변화는 고려하지 않아도 된다. 그 밖의 오차신호가 발생하는 피사체는 알고리즘처럼 보조광을 사용하거나 셀 어드레스의 이동을 적용하여 초점을 조절하였다.

두번째는 센싱된 최대 값을 취할 때 생기는 오차로서 그림 10의 (b) 경우처럼 1 미터거리, 줄은 3 배 상태에 있는 피사체를 여러번 센싱하는 경우 각 센서 영역에서 출력되는 값은 표 5와 같으며, 피사체의 종류, 촬영조건과 센싱 횟수에 상관없이 AF 센싱값을 출력할 수 있다.

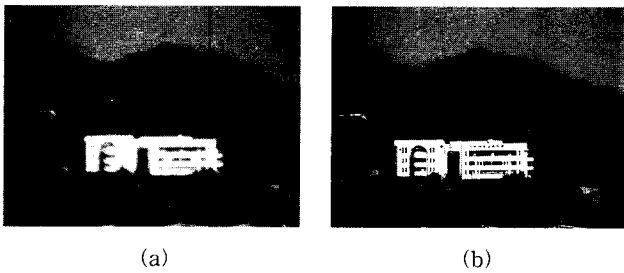


그림 9 원거리 풍경 피사체
(a) 오차신호1 상태의 영상 (b) AF 완료후 영상

Fig. 9 Object of long distance scene.
(a) image under default 1 condition
(b) image after AF completion.



그림 10 인물 피사체
(a) 알고리즘 적용 전 (b) 알고리즘 적용 후

Fig. 10 Object of person.
(a) before proposed algorithm
(b) after proposed algorithm

표 5 수동센서의 다섯 가지 영역 출력 값.

Table 5 The five areal values of passive sensor.

횟수	L2	L1	C	R1	R2
	영역1	영역2	영역3	영역4	영역5
1	5.22	5.18	5.65	5.56	5.19
2	5.26	5.22	5.57	5.57	5.27
3	5.30	5.32	5.58	5.55	5.21
4	5.31	5.31	5.65	5.54	5.28
5	5.17	8.04	5.67	5.50	5.20
6	5.26	5.27	5.27	5.38	5.32
7	7.95	5.34	5.34	5.52	5.47
8	5.27	5.28	5.28	5.52	5.19
9	5.23	5.36	5.36	5.49	5.56
10	5.33	5.44	5.44	5.24	5.58

표 5에서 횟수 5번째와 7번째의 최대값을 취하여, 즉 제한한 알고리즘을 적용하지 않는 경우 식 (4)와 같다.

$$\text{적용전 5번째 측정거리} = \frac{B \times f}{X} = \frac{119\text{mm}^2}{21\mu\text{m} \times 8.04} \cong 705\text{cm} \quad (4)$$

$$\text{적용전 7번째 측정거리} = \frac{B \times f}{X} = \frac{119\text{mm}^2}{21\mu\text{m} \times 7.95} \cong 713\text{cm}$$

이런 경우는 거리가 70 cm로 계산되어 초점조절 모터를 구동하면 그림 10의 (a)와 같이 초점이 조절된다. 특히 줌 상태가 3 배에 가까울수록 초점조절 모터의 스텝수가 많아지기 때문에 측정 오차가 발생하는 경우에는 흐린 상태가 심하게 된다. 이런 경우 최적의 위상차 X 값을 선택하면 실제 거리에 해당하는 데이터인 5.67와 5.52를 취하기 때문에 이를 거리로 환산하면 식 (5)와 같이 된다. 따라서 정확한 센싱이 가능한 것이다.

$$\text{적용후 5번째 측정거리} = \frac{B \times f}{X} = \frac{119\text{mm}^2}{21\mu\text{m} \times 5.67} \cong 999\text{cm} \quad (5)$$

$$\text{적용후 7번째 측정거리} = \frac{B \times f}{X} = \frac{119\text{mm}^2}{21\mu\text{m} \times 5.52} \cong 1026\text{cm}$$

3.5. 성능평가 및 결과

본 시스템의 성능 평가를 위해서 압축에서의 정물 사진(그림 8), 실외의 풍경사진(그림 9), 실내에서 인물사진(그림 10)에 대하여 영상을 수집하였다. AF 할 때는 임의의 초점 위치에서 수집한 영상과 AF 후의 영상을 수집하였으며, MF 할 때는 임의의 초점위치에서 각각 11개의 영상을 초점 렌즈를 움직이면서 수집하여 성능을 평가하였다. 평가는 초점 조절상태와 시간을 비교하였다. 초점 조절 상태는 일반적인 경계성분 검출기를 사용하였으며, 시간비교는 영상의 수직동기 신호(1/60 초) 시간을 기준으로 하여 비교하였다. 평가에 사용한 영상은 컬러영상에서 휘도 영상만을 분리하여 초점값을 계산하였다. 그림 11은 본 AF 시스템의 초점 조절 성능을 보여 주고 있다.

임의의 초점 위치에서 수동으로 조절할 경우 최대 초점값

이 되는 위치가 초점이 가장 잘 맞는 위치인 것이다. 그러므로 AF시 초점값과 MF시의 최대 초점값이 동일하게 산출되면 AF의 성능이 우수한 것으로 판정할 수 있는 것이다. 그림 11의 (a)~(c)처럼 본 AF시스템은 여러 환경과 피사체에 대해서 MF시 최대 초점값과 동일하게 초점값을 나타내고 있으므로 초점 조절 상태가 정확함을 알 수 있다.

일반적인 필터링 방식의 경우 그림 11의 (a), (c)의 피사체에 대해서는 초점치 산출시 초점값 곡선의 일부가 극부 최대값을 가지므로 조절이 어려울 것이며, 그림 8의 암흑상태의 피사체 경우에는 초점값 자체를 산출하기 어려울 것이다. 그러나 본 AF 시스템은 이런 상황과 피사체에 대해서도 정확하게 초점이 조절됨을 그림 11의 (a)에서 보여 주고 있다.

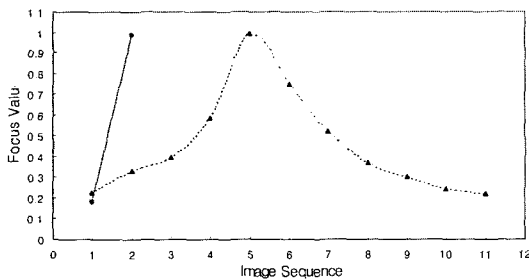
초점 조절시간(FT:focusing time)은 상대적으로 비교하였다. 비교를 위해서 다음과 같은 가정을 하였다.

- 1) 경계성분 검출기가 하드웨어적으로 구현되었다.
- 2) 초점치는 수직동기신호 3개마다 계산된다.
- 3) 영상은 모두 9번 이용한다.(6번은 5 스텝씩 이동, 3번은 2 스텝씩 이동)
- 4) 영상이 한번 이동할때 초점 스텝은 5 스텝이고 마지막 이동은 2 스텝씩 이동한다.
- 5) 모터 이동시간은 제외한다.
- 6) 모든 처리는 실시간으로 계산된다.

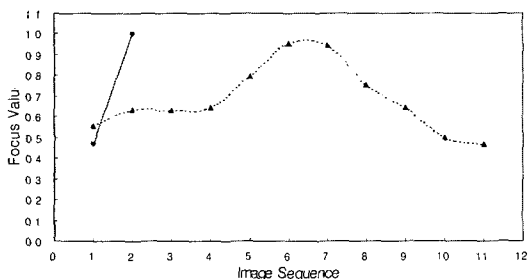
그러면 일반적인 방법의 FT는 식 (6)과 같이 계산된다.

$$FT = \left(\frac{1}{60} \times 3\right) \times (6 + 3) = 450ms \quad (6)$$

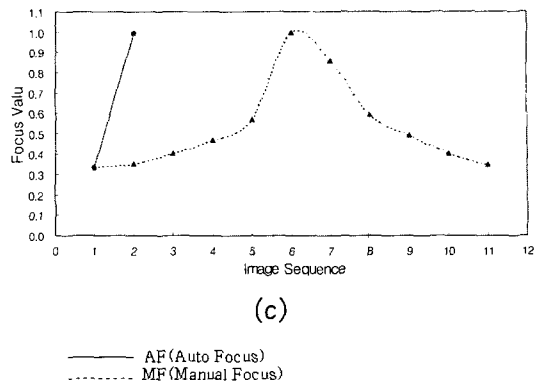
그러나 본 논문에서 제안한 방법의 FT는 표 3과 같이 224ms이다.



(a)



(b)



(c)

그림 11 성능 비교 결과 (a) 그림 8의 초점값 (b) 그림 9의 초점값 (c) 그림 10의 초점값

Fig. 11 The results of performance comparison.

- (a) focus value of fig. 8
- (b) focus value of fig. 9
- (c) focus value of fig. 10

4. 결 론

본 논문에서는 DSC를 위한 새로운 AF 시스템을 설계하였다. 구현한 새로운 AF 시스템은 실시간으로 처리되며, 다양한 피사체에 대해서도 정확도가 우수한 것으로 기존의 방식과는 달리 수동센서를 이용하여 거리를 측정한 후 초점을 조절하는 방식이다. 또한 센싱시 발생하는 오차와 센서의 오차신호를 수많은 경험과 실험으로 최소화하여 처리하였으며, CCD 휘도 데이터에 의한 셔터속도를 EV로 변환하여 이용한 센싱 시간 최적화 및 암흑 시에도 센싱이 가능하도록 보조광을 제안하여 구현하였다.

실험 평가에서도 알 수 있듯이 본 논문에서 구현한 실시간 DSC AF 시스템은 open-loop 시스템이기 때문에 매우 고속이며, 다양한 환경과 피사체에 대해서 정확하게 초점이 조절되었다. 저조도 피사체는 물론 암흑에서의 피사체인 경우도 자동초점조절이 우수하며, 근거리 단색에서도 조절이 가능하였다. 그리고 수동센서의 특성에 알맞게 초점조절 시간을 EV에 따라서 제한을 하여 초점조절시간을 최적화하였다. 그러므로 본 논문에서 제안한 방법이 모든 환경과 다양한 피사체에 대해 초점조절 성능이 우수함을 확인하였다.

감사의 글

본 논문에 많은 도움을 주신 삼성테크윈의 정현우, 박성씨에게 감사를 드리며, 특히 실험에 같이 참여한 삼성 테크윈의 김홍균씨와 홍순학씨에게도 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] M. Subbarao, T. Choi, and A. Nikzad, "Focusin4g Technique," Proc. SPIE Optical Engineering, vol. 32, pp. 2824-2836, 1994.
- [2] 장성익, "디지털 화상처리에 의한 초점 조절 알고리즘 및 구현", 서울대학교 박사학위 논문, 1995.
- [3] H. Toyoda, S. Nishikawa, Y. Kitamura, and M. Pnishi, "New automatic focusing system for video cameras," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. CE-32, no.3, pp. 312-319, Aug.1986.
- [4] 이성희 외, "미디어 필터의 차이를 이용한 비디오 카메라의 자동초점조절 알고리즘", 한국통신학회논문지, vol .23, no.1, pp. 41-51, Jan. 1998.
- [5] FM6232T20, Specification, Fuji Electronic Co. LTD.
- [6] 광학개발실, "카메라 敎本", 삼성항공산업, 1982.
- [7] I. Pitas, Digital image processing algorithms, Prentice Hall, 1993.
- [8] J. H. Lee, K. S. Kim et al., "Implementation of a passive automatic focusing algorithm for digital camera," IEEE Transactions on Consumer electronics, vol. 41, no.3, pp. 449-454, Aug.1995.
- [9] T. Koizumi, H. S. Chun, and H. Zen, "A new optical detector for high-speed AF control", International Conference on Consumer Electronics, pp.48-49, June 1996.

저 자 소 개



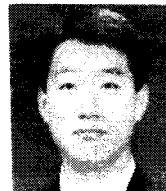
김근섭 (金根燮)

1965년 9월 7일생. 1989년 연세대학교 의용공학과 졸업. 1991년 서울시립대학교 전자공학과 졸업(공학) 1992~현재 동 대학원 박사과정수료 1995~현재 삼성테크원 광디지털 시스템 개발 2 Unit 선임연구원

Tel : 031-740-8253

Fax : 031-740-8241

E-mail : kskim96@samsung.co.kr



김덕영 (金德暎)

1970년 9월 11일 생. 1994년 2월 연세대 의용전자공학과 1996년 2월 서울시립대 전자공학과(석사). 2000년 8월 서울시립대 전자공학과(공학박). 2001년 3월~현재 부천대 전자과 전임강사

Tel : 032-610-3347,

Fax : 032-610-3226

E-mail : dykim@bc.ac.kr



김성환 (金成煥)

1952년 6월 12일 생. 1975년 2월 연세대 전기공학과 졸업. 1980년 2월 동 대학원 전기공학과(공학박). 1977~1982년 대전 기계장. 1982년~현재 서울시립대 전자·전기공학부 교수.

Tel : 2210-2449, Fax : 2249-6802

E-mail : shkim1@uoscc.uos.ac.kr