

소형화된 디지털카메라의 AE 시스템 개선에 관한 연구

A Study of Improved Auto Exposure System for Digital Still Camera Using Fuzzy Logic

조 선 호*, 이 상 용, 탁 인 재, 박 종 국
(Sunho Cho, Sangyong Lee, Injae Tak, and Chongkug Park)

Abstract : In case of minimized digital camera and mobile digital camera, it's difficult to get the high quality image by conventional AE(Auto Exposure) algorithm because of restriction of system organization. In this paper, a new algorithm that adopts a target setting, a compensation of feedback delay and a gamma correction, etc, are suggested for improving a noise increase and an output sensitivity decrease due to system minimization. We also suggest a method using fuzzy logic which can decide more effectively the ES(Electric Shutter) value and the AGC(Analog Gain Control) value than conventional system.

Keywords : digital camera, AE, ES, AGC, gamma correction, fuzzy

I. 서론

최근 멀티미디어 기술의 발달과 더불어 더욱 중요하게 여겨지게 된 고기능 이미지 센서와 초소형 카메라 모듈 기술은, 더 작고 더 가벼운 휴대기기에서도 우수한 영상을 얻을 수 있도록 해주고 있다. 이러한 기술과 IT기기의 소형화로 인해 그 내부에 들어가는 IC의 크기도 더욱더 소형화되고 있다. 특히 모바일 폰 시장에서의 슬림화는 카메라 모듈의 급격한 소형화를 가져왔고 더불어 이미지 센서에 대한 집적도를 높여왔다[1]. 그러나 소형화된 디지털 카메라의 경우 모듈의 소형화로 인해 입사 광량의 부족, 노이즈 증가, 화소수의 부족, 출력감도 저하로 인한 dynamic range 감소 등의 제한 조건이 발생한다. 이러한 물리적인 한계 때문에 기존의 화질 제어 방식으로는 소형화된 디지털 카메라에서 우수한 품질의 영상을 얻는데 한계가 있다[2]. 그러므로 한정된 요건 속에서 우수한 영상을 얻기 위해서는 개선된 영상 처리 기술이 필요하다.

디지털 카메라의 화질 제어를 위한 방법으로는 3A라고 불리는 AE(Auto Exposure), AF(Auto Focus), AWB(Auto White Balance), 등의 3가지 기술이 있다. 본 논문은 소형화된 모듈에서도 우수한 이미지의 획득과 빠르고 안정된 제어를 수행하기 위하여 3A 기술 중에서 AE에 대하여 새로운 알고리즘을 제시하고, ISP 메모리 사용을 줄일 수 있는 방법으로 퍼지 논리를 적용하는 방법도 제시한다[3,4].

본 논문은 아래와 같이 구성되어 있다. 2장에서는 제한된 디지털 카메라의 AE시스템을 소개하고, 실험 방법 및 실험 결과를 고찰한다. 3장에서는 결론 및 앞으로의 연구방향에 대하여 논의한다.

II. 본론

1. 이미지 센서 모듈 시스템의 구성 및 기능

1.1 시스템 구성

그림 1은 제안한 카메라 시스템의 블록 다이어그램이다. 영상은 렌즈를 통하여 CCD 이미지센서에 맺히고, 맺힌 영상은 아날로그 값으로 바뀌어 AFE(Analog Front End)로 들어간다. AFE에서는 ADC(Analog to Digital Converter)를 CDS(Correlate Double Sampling)하여 10Bit Digital Data로 바꾼다[5,6]. 이 데이터는 ISP(Image Signal Processor)로 보내진다. ISP에서는 입력된 데이터를 내장된 MCU 코어를 통하여 AE, AWB, AF를 수행하여 영상데이터로 출력한다.

1.2 이미지 센서의 기능

이미지 센서는 광자 에너지를 전하로 변환하고, 이 전하를 판독할 수 있도록 이동시키는 기능을 수행한다. 전하를 이동시키는 처리는 버킷 브리게이드(bucket brigade)로 수행하며 하나의 값이 판독된 후에는 다른 모든 나머지 값들은 그에 따라서 시프트 된다. 이미지 센서는 광 전환부에 축적된 전하를 ASR(Analog Shift Register)에 의해 전송되는 방식으로, 각 화소에 축적된 전하를 전압 차에 의해 발생된 전하 계단 형성을 통하여 이동시킨다[7]. 그리고 각 픽셀에

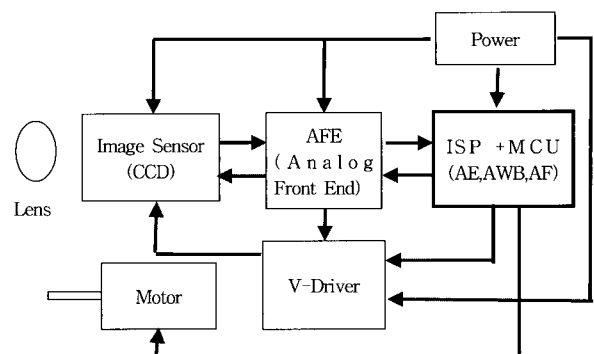


그림 1. CCD 모듈 시스템 블록도.

Fig. 1. CCD module system block diagram.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 3. 7., 채택확정 : 2007. 6. 25.

조선희, 탁인재, 박종국 : 경희대학교 전자공학과

(chosunho@khu.ac.kr/ardent21@khu.ac.kr/ckpark@khu.ac.kr)

이상용 : LG 부품소재 연구소(syleeu@ginnotek.com)

※ 이 논문은 2006년도 경희대학교 지원에 의한 연구 결과임.

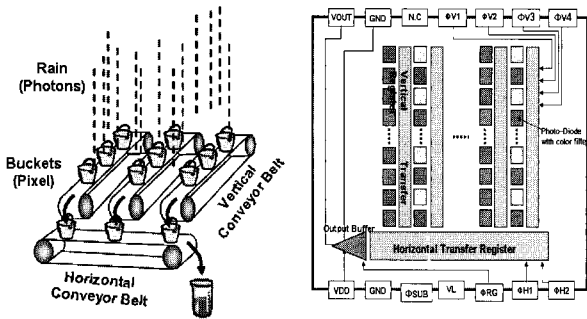


그림 2. 이미지 센서의 전하 전송 방식.
Fig. 2. The electrical charge transmission method of image sensor.

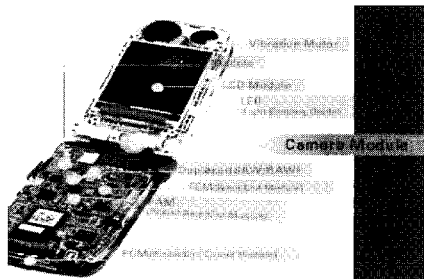


그림 3. 모바일 기기의 카메라 모듈.
Fig. 3. Camera module of mobile device.

대한 전하 값을 AFE로 전달한다. 그림 2는 킷 브리케이드를 통해 픽셀에 전하를 이동시키는 과정을 나타내 준다.

2. 개선된 자동노출 알고리즘의 필요성

디지털 카메라의 화질은 물리적 사양에 크게 영향을 받는다. 모바일 카메라와 같이 소형화된 모듈에서는 상대적으로 렌즈, 이미지센서, 회로가 소형화 되고 이로 인해 입사광량의 부족, 화소수의 부족, 노이즈 증가, 출력감도 저하로 인한 dynamic range 감소 등의 문제가 발생한다. 그러므로 이러한 문제를 보완할 수 있는 개선된 화질 제어 알고리즘이 필요하다. 일반적인 디지털 카메라와 모바일 카메라의 렌즈와 센서의 크기는 다음과 같다.

2.1 디지털 카메라 렌즈의 크기

카메라에 있어서 렌즈의 역할은 영상을 받아들이며 필름 또는 이미지 센서에 맺히게 하는데, 이러한 기능은 카메라의 성능에 중요한 비중을 차지하며 만족할 만한 영상을 얻기 위해서 일정한 크기 이상의 렌즈가 필요하다.

위의 그림 3은 모바일기기 중 휴대폰 전체구성내의 카메라 모듈의 비중을 나타낸다. 모바일 기기의 크기가 소형이므로 카메라 모듈이 많은 공간을 차지할 수 없다. 이러한 이유로 인해 모바일용 카메라 모듈은 매우 작은 크기가 요구되어진다. 일반적인 카메라 모듈의 크기는 15mm×15mm×10mm이며, 디지털 카메라와 모바일 카메라 모듈의 렌즈 크기를 비교하면 체적비가 10:1 이상이다.

2.2 디지털 카메라의 이미지 센서 크기 비교

이미지 센서는 카메라에서 영상이 맺히는 부분이며 픽셀당 영상데이터를 만들어낸다. 이미지 센서는 크기가 클수록 빛을 받을 수 있는 영역이 커지며, 크기가 작은 수록 출력

표 1. 이미지 센서 비교.

Table 1. The image sensor comparison.

	크기	출력감도	화소수
디지털 카메라	1/3"~1.5"	900~1200mV	3Mega Pixel 이상
모바일 카메라	1/4"	400~600mV	0.3M~2M Pixel

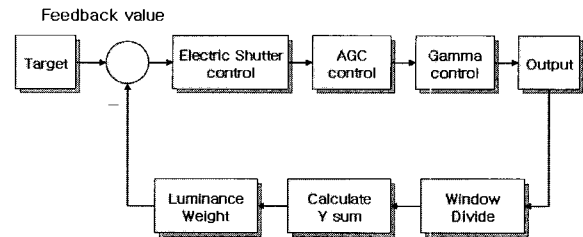


그림 4. 제안된 AE 알고리즘 블록도.
Fig. 4. A Block diagram of proposed AE system.

감도 및 화소수가 작아진다. 모바일 카메라용 이미지 센서의 크기는 약 1/4inch 정도이고 디지털 카메라용 이미지 센서는 보통 1/3inch~1.5inch 사이에서 결정된다[8].

이와 같이 일반적인 디지털 카메라와 모바일 카메라는 물리적인 사양의 차이가 있지만, 화질 제어를 위한 AE 알고리즘은 일반적인 디지털 카메라 환경에서만 연구되어 왔으며, 기존의 알고리즘이 소형화된 디지털 카메라에도 동일하게 적용되어 왔다. 하지만 이러한 경우 소형화된 디지털 카메라 모듈에서는 물리적인 사양의 차이로 인하여 우수한 화질의 영상을 획득하는 데에는 많은 제약사항이 존재하게 된다.

3. 제안된 AE 알고리즘

기존의 AE 알고리즘은 ES(Electrical Shutter)와 AGC (Analog Gain Control)만을 제어 대상으로 하였으며 모듈 전체에 대한 통합적인 영역에서의 연구는 없었다. 본 논문에서는 여러 가지 제약이 존재하는 소형화된 모듈에서도 만족할 만한 영상을 얻기 위해 기존 ES와 AGC외에 gamma correction을 추가로 사용하였으며, 빠르고 안정된 제어를 위하여 타겟 설정과 프레임 딜레이에 대하여 새로운 알고리즘을 제시하였다. 그리고 fuzzy 논리를 이용하여 ISP의 메모리 사용을 줄일 수 있는 방법도 제시하였다. 그림 4는 제안된 AE알고리즘의 제어 블록도이다.

3.1 타겟 설정(target setting)

기존의 연구에서는 18% gray chart를 이용하여 CCD센서 출력전압이 포화 전압의 절반이 되는 지점을 target 값이 되도록 설정 하였다. 제어 영역 면에서는 한 개의 제어영역을 설정하여 그 범위를 벗어날 경우 제어가 시작 되도록 하였다[9]. 하지만 이와 같이 적용하였을 때는 사람이 인식하는 밝기의 중간 값과 카메라 센서가 인식하는 밝기의 중간 값이 다르기 때문에, 밝기가 한쪽으로 치우치는 현상이 발견되었다. 또한 target이 하나의 포인트이므로 제어가 완료되지 못하고 계속 발전하는 현상이 생겼다.

본 논문에서는 기존의 타겟 설정의 보완하기 위해 감마 차트(gamma chart)를 이용하여 chart의 전 범위를 표현할

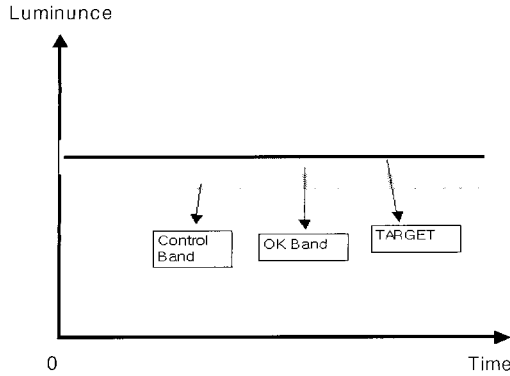


그림 5. AE Target 제어영역.

Fig. 5. Target setting of AE algorithm.

수 있도록 target을 설정하였으며, 빠르고 안정된 제어를 위하여 target 값을 기준으로 하여 두 개의 제어영역을 구성하였다. 정의된 제어영역 중 오케이밴드(OK band)내로 밝기 값이 들어오면 AE가 완료됨으로 하였고, 밝기 값이 제어밴드(control band) 범위를 벗어날 때 AE가 동작 되도록 하였다. 이러한 타겟 설정에 의해 제어의 안정도는 크게 향상되었다. 제안한 Target 설정은 그림 5와 같다.

3.2 Electrical shutter와 analog gain control

ES와 AGC는 이미지 센서를 통해 획득한 아날로그 값을 조절하여 AE를 최적화 하는 기능이며 ES와 AGC는 카메라 모듈 중 AFE 내에서 동작한다. ES는 AFE의 timing generator를 통하여 발생된 clock으로 image sensor의 노출시간을 설정해 주게 되며 설정된 시간만큼 image sensor에 축적되는 광량이 결정 된다.

AGC는 image sensor의 출력 값을 증폭하는 역할을 수행한다. 기존의 연구에서는 출력 증폭 값을 6dB~40dB까지 사용하였다. 하지만 낮은 증폭대역에서는 이미지센서의 출력의 V saturation 구간에 color noise가 생기고 높은 증폭 대역에서는 system noise가 심해지는 현상이 생겼다. 이러한 현상을 없애기 위하여 14dB~30dB의 구간에서 AGC가 이루어지도록 하였다.

ES와 AGC 모두 최종 영상의 밝기를 결정하는데 있어서 중요한 역할을 하지만 각각 장단점을 가지고 있다. ES는 노이즈 성분에 강하지만 화면이 끌리는 현상이 생기고, AGC는 증폭에 따른 화면이 끌리는 현상은 없지만 노이즈 성분의 증폭까지 함께 이루어는 문제가 있다. 이러한 이유로 인해서 DSLR 카메라의 경우 사용자의 취향에 맞도록 조리게 우선개발, 감도우선 등의 mode등의 수동기능 이용하여 문제점을 보완하였다. 그러나 모바일용 디지털 카메라의 환경에서는 수동기능이 제한되므로 자동기능상에서 최적의 영상을 획득할 수 있는 개선된 AE 자동제어 알고리즘 필요하다. 본 연구에서는 모바일 카메라의 제한된 환경에서도 AE와 AGC가 적절하게 동작하도록 하기위해 그림 7과 같은 제어도를 구성하였다. 제안된 방식은 노이즈를 최대한 줄이기 위해 노이즈 성분에 적은 영향을 미치는 ES를 먼저 조절하고, ES 조절범위를 넘어간 경우에 있어서만 AGC를 조절하도록 하였다.

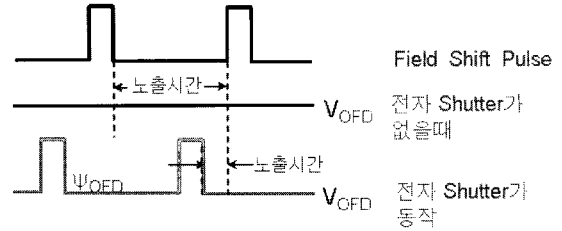


그림 6. ES 동작 특성.

Fig. 6. The ES operation characteristic.

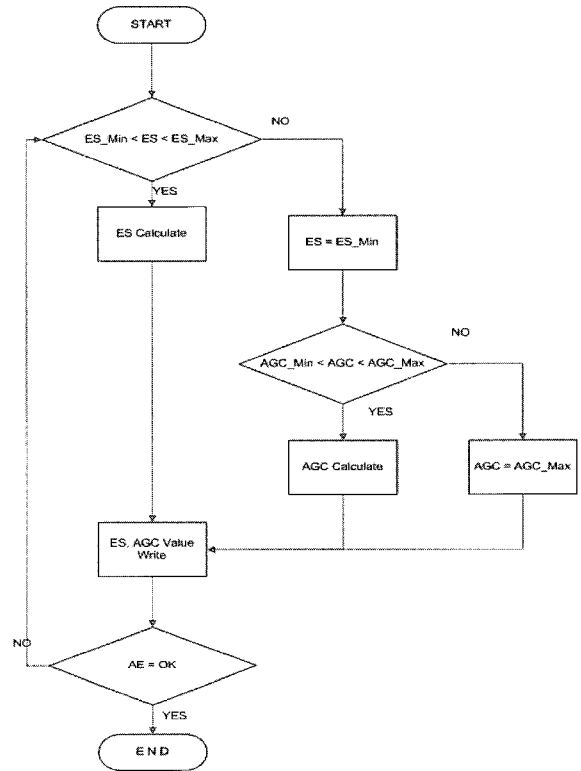


그림 7. ES, AGC control 흐름도.

Fig. 7. ES, AGC control FlowChart.

3.3 퍼지논리를 이용한 AGC와 ES값의 결정

기존의 AE에서 ES와 AGC를 조절하는 방식은 look-up table을 이용하는 방법이 많이 사용되어왔다. 하지만 이러한 방법은 많은 양 데이터가 필요하므로 소형화된 기기에는 적합하지 않으며, 메모리의 용량이 커야 하므로 가격이 비싸지며 전력 소모가 커지는 단점이 있었다.

본 논문에서는 이러한 점을 개선하기 위하여 퍼지 논리를 이용하여 ES와 AGC값의 결정하였다.

제어에 사용되는 ES 입력 값은 0~7B이며, AGC값은 1~9 사이의 값을 가지게 된다. 퍼지 추론에 사용된 입력 멤버십 함수는 target 값과 Y_sum값의 차에 대한 멤버십 함수 E와, 현재의 오차와 이전 오차의 차에 대한 멤버십 함수 CE로 설정하였다. 두 입력 모두 일곱 개의 라벨을 사용하여 표현하였다. AE를 제어하는 MCU가 8bit로 동작하도록 이루어져 있기 때문에 밝기의 코드 값은 8bit의 이진수가 나타낼 수 있는 0~255의 범위의 값을 적용하였다.

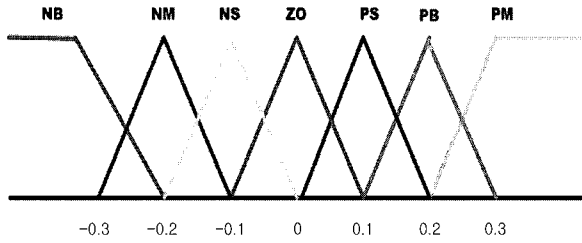


그림 8. e와 ce에 대한 멤버쉽 함수.
Fig. 8. The membership function about e and ce.

표 2. ES에 대한 퍼지 규칙.
Table 2. The fuzzy rule for ES.

CE \ E	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PM	PM	PS	PM	PS	ZO
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	NS
NS	PM	PS	PS	ZO	NS	NS	NM
ZO	PM	PM	ZO	ZO	ZO	NS	NM
PS	PM	PS	ZO	NS	NS	NS	NM
PM	PS	ZO	NS	NM	NM	NB	NB
PB	ZO	NS	NS	NM	NM	NB	NB

표 3. AGC에 대한 퍼지 규칙.
Table 3. The fuzzy rule for AGC.

CE \ E	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NM	NM	NS	NS	NS	NS
NM	NM	NS	NS	NS	NS	ZO	NS
NS	NS	NS	NS	NS	ZO	NS	NS
ZO	NS	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	PS
PS	PS	PS	ZO	PS	PS	PS	PM
PM	PS	ZO	PS	PS	PS	PM	PM
PB	PS	PS	PS	PS	PM	PM	PB

퍼지 라벨은 NB(Negative Big), NM(Negative Middle), NS (Negative Small), ZO(ZERO), PS(Positive Small), PM(Positive Middle), PB(Positive Big) 으로 설정하였으며, 퍼지규칙은 위의 표 2, 3과 같이 정의하였다.

추론 방법은 (1)에서 나타내는 Mamdani 방법(Max-Min)을 사용하였으며 무게중심법(center of gravity)으로 비퍼지화된 값에 이득값을 곱하여 ES와 AGC에 적용될 값을 구하였다 [9-11].

$$y^0 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_A(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_A(y_i)} \quad (1)$$

3.4 Feedback값의 프레임 딜레이 개선

그림 4에서처럼 피드백 받은 밝기 값은 target 값과 비교되고 이 비교 값에 의해 ES값과 AGC값이 결정된다. 결

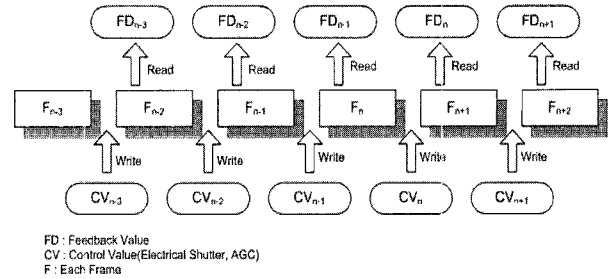


그림 9. 프레임 지연 보상.
Fig. 9. Frame delay compensate.

정된 ES값과 AGC값은 영상의 프레임과 프레임 시간 간격인 1.5ms 동안에 ES 값과 AGC 값이 AFE의 레지스터 값에 적용된다. 하지만 기존의 AE 방식에서 ES와 AGC를 결정하기 위한 제어 값은 ISP의 연산시간 때문에 직전 프레임의 밝기 값이 아니라 2프레임 이전의 밝기 값으로 처리되어 졌다.

그림 9는 프레임 딜레이가 발생하는 과정을 보여주는 그림이다. 그림 9를 참고로 하여 프레임딜레이를 분석하면 Fn-3가 발생된 후에 CVn-3을 writing 해주면 Fn-2에 그 값이 적용이 된다. Fn-2에 적용된 값은 ISP의 연산시간 때문에 FDn-2에서 그 값을 읽고 Fn에서 적용된다.

이와 같은 특성 때문에 전체 프레임의 피드백 값은 2프레임이전의 값이 되며, 이로 인해 이러한 딜레이타임은 AE의 발전과 제어 속도를 빠르게 할 수 없는 문제를 발생시킨다. 본 연구에서는 피드백 값의 프레임딜레이 개선을 위해 아래의 (2)와 같은 방식을 제안하여 피드백 값을 한 프레임 이전의 값으로 처리할 수 있도록 하였다.

$$CFD_n = FD_n + \sum_{k=0}^2 UD_{n-k} - \sum_{k=0}^2 DD_{n-k} \quad (2)$$

- CFD : FeedBack 최종 적용값
- FD : 현재 읽은 FeedBack 값
- UD : Increment시 각 제어값별 예상 적용치
- DD : Decrement시 각 제어값별 예상 적용치

3.5 Gamma correction

일반적으로 gamma correction은 디스플레이장치의 휘도보상을 목적으로 연구되어져 왔다. 디스플레이 장치를 통한 색상 표현 시 색요소는 순간적인 전압파형과 같다. 디스플레이 장치의 전달함수는 빛의 세기를 출력 할 때 신호전압에 대해 비선형적 처리에 대한 보상을 한다. 디스플레이 출력장치는 원래의 피사체의 밝기를 보여주지 못하고 어두워 보인다. 따라서 이를 실제 밝기와 같이 보여주기 위하여 보정해주는데 이것을 감마 보정 이라고 한다[12]. 그러나 디지털 카메라 모듈에서 출력장치 휘도 보상용으로 감마 보정은 사용되지 않았다.

하지만 본 논문에서는 이미지 센서가 인간이 눈으로 인식할 수 있는 영역을 표현하기 위한 방법으로 감마보정을 사용 하였다. 이것은 감마 보정으로 더 넓은 다이내믹 레인지(dynamic range)를 확보 할 수 있기 때문이다.

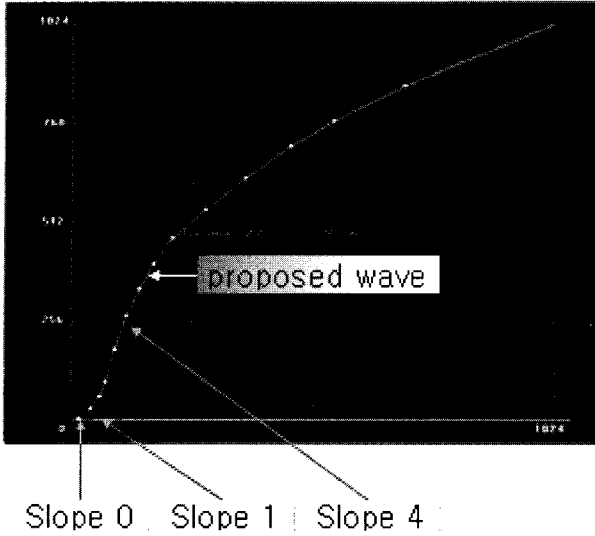


그림 10. 적용된 감마 그래프.
Fig. 10. The applied gamma graph.

ES와 AGC를 거친 아날로그 값은 ADC를 통하여 디지털 값으로 변하게 된다. 하지만 이러한 값만으로는 디스플레이 출력장치가 원래의 밝기를 보여주지 못한 경우가 많기 때문에 출력된 영상의 일정부분 어두워 보인다. 따라서 이를 실제 밝기와 같이 보여주기 위하여 보정이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 부분을 보완하기 위해 gamma control을 통해 다시 한 번 값을 AE를 디스플레이를 위한 최적의 값으로 보정해 준다. 즉, 아날로그 신호 상태에서 한 번의 보정을 거친 후에 디지털 값에서 또 한 번의 보정을 거치게 되는 구조이다. 그림 10에 나오는 그래프가 본 논문에서 실제 적용한 그래프이다. 감마곡선은 고안된 프로그램을 이용하여 ISP 레지스터에 실시간으로 입력되어 진다.

전체 범위 중 0.5%까지는 기울기 값을 0을 주어 black current noise를 차단하였고 2%까지는 기울기 1을 주어서 black level noise를 줄이도록 했다. 어두운 부분에서의 밝기를 증폭시켜서 최대한의 dynamic range를 확보하기 위해, 10%의 범위까지는 기울기 4가 적용되었다.

4. 실험결과 및 고찰

실험을 위해 본 논문에서 제안한 AE 시스템을 구성하여 기존의 연구와 다양한 환경에서 비교 하였다. 결과확인에는 IMATEST라는 화질분석용 프로그램을 이용하였고 비교 차트로는 GretagMacbeth colorchecker와 color rendition chart를 이용하였다. 비교 항목으로는 동작시간 최소/최대시간과 감마차트를 이용한 밝기 표현능력을 비교하였다.

4.1 동작시간 비교

표 4와 같이 비교 대상 CCD모듈과 동작시간을 비교해 보았다.

4.2 감마차트를 이용한 밝기표현능력 비교

그림 11, 12와 같이 감마차트를 이용한 밝기 표현능력을 비교해 보았다.

4.3 실험을 통한 영상 비교

그림 13, 14와 같이 영상을 비교하였다.

표 4. 동작시간 비교(단위: sec).

Table 4. The operation time comparison.

	제안된 시스템	기존의 연구
최소동작시간	0.1	0.5
최대동작시간	1.2	2.5

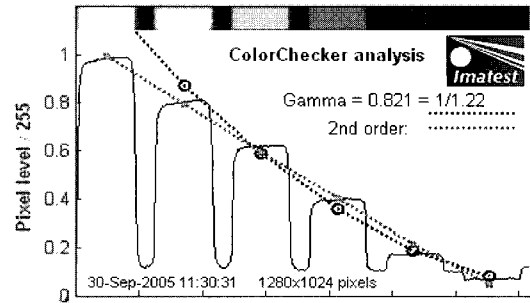


그림 11. 제안된 시스템의 감마 그래프.
Fig. 11. The gamma graph of proposed system.

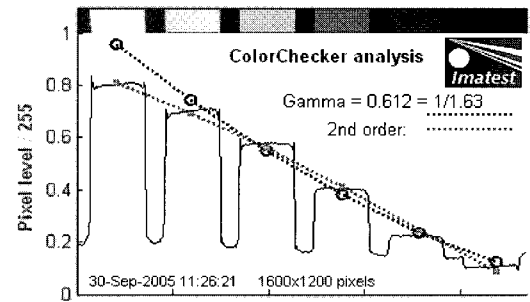
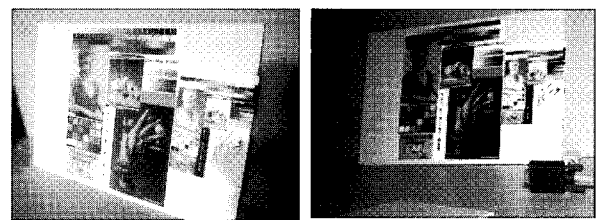
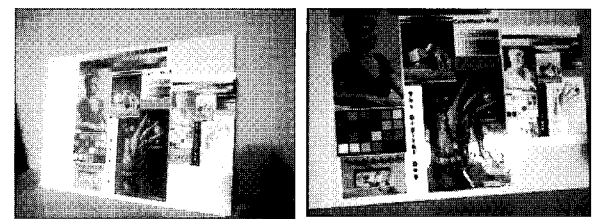


그림 12. 기존의 방법에 의한 감마그래프.
Fig. 12. The gamma graph by existing method.



제안된 AE방식 기존 AE방식
그림 13. 조도가 50Lux인 경우 영상 비교.
Fig. 13. The image comparison(50Lux).



제안된 AE방식 기존 AE방식
그림 14. 조도가 300Lux인 경우 영상 비교.
Fig. 14. The image comparison(300Lux).

III. 결론

본 논문에서는 디지털카메라의 영상을 제어하는 대표적인 기능인 AE 기능에 대하여, 기존의 연구에서는 AE를 수행하기 위한 영역으로 다루지 않은 target 설정, frame delay 보정, gamma correction 등을 적용하여 소형화된 디지털카메라에서도 우수한 영상을 획득할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하였다.

실험을 통한 기존연구와 비교하였을 때 AE 동작 속도면에서는 최대 80%에서 최소 48%의 개선이 있었으며, 밝기의 표현 능력 면에서는 25%의 개선이 있었다. 또한 퍼지 논리를 이용하여 물리적인 크기의 제한을 받는 모바일 기기의 한정된 메모리를 효과적으로 사용할 수 있는 방안도 제시하였다.

본 논문의 실험 결과는 제한된 공간과 조건에서 얻어진 결과이므로 향후 연구에서는 다양한 환경에서도 만족할 수 있는 결과를 얻을 수 있는 실험이 필요하며, CMOS 이미지 센서에서도 동일한 효과를 얻기 위한 추가 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Mutoh, N., Orihara et al., "A 1/4-inch 380k pixel IT-CCD image sensor employing gate-assisted punchthrough read-out mode," *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 42, no. 10, pp. 1783-1788, Oct, 1995

[2] M. Furumiya, et al., "A 30 frames/s 2/3-in 1.3 M-pixel progressive scan IT-CCD image sensor" *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 48, no. 9, pp. 1922-1928, Sep, 2001

[3] A. Morimura et al., "A digital video camera system,"

IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 36, no. 4, pp. 866-876, Nov. 1990.

[4] B.-S. Kim, J.-S. Lee, Y.-Y. Jung, and S.-J. Ko, "Design and implementation of auto-focusing, auto-exposure and auto-white balance video camera system," *대한전자공학회*, pp. 17-20, 2001.

[5] Streetman, Ben G, *Solid State Electronic Devices*, 4th ed, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.

[6] S. Park, H. S. Uh, "CCD image sensor with variable reset operation," *Journal of Semiconductor technology and science*, vol. 3, no. 2, pp. 83-88, June, 2003.

[7] J. Nakamura, *Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras*, Taylor & Francis, 2005.

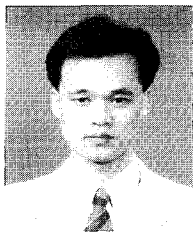
[8] M. Furumiya, K. Hatano, I. Murakami, T. Kawasaki, C. Ogawa, and Y. Nakashiba, "A 1/3-in 1.3 M-pixel single-layer electrode CCD with a high-frame-rate skip mode," *IEEE transactions on Electron Devices*, vol. 48, no. 9, pp. 1915-1921, September, 2001.

[9] B .G. Hu, G .K .I. Mann, and R. G. Gosine, "Theoretic and genetic design of a three-rule fuzzy PI controller," *FUZZ-IEEE*, pp. 489-496, 1997.

[10] James A. Freeman, David M. Skapura, *Neural Networks Algorithm, Applications and Programming Techniques*, Assison-Wesley Publishing Company, 1991.

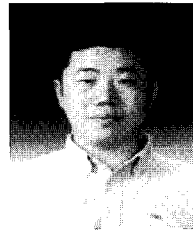
[11] 오성권, "퍼지모델 및 제어이론과 프로그램," 도서출판 技多利, 1999.

[12] Parulski, K. and McGarvey, J. E., "Automatic cameraexposure control using variable exposure index CCD sensor," *U.S. Patent* 5610654, 1997.



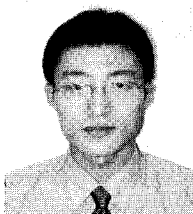
조 선 호

1993년 경희대 전자공학과 졸업. 1997년 동 대학원 석사. 1998년~현재 경희대학교 전자공학과 박사과정. 관심분야는 퍼지제어 및 응용, 디지털 카메라 영상처리.



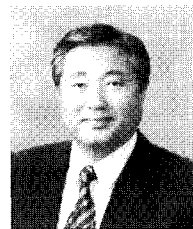
이 상 용

2003년 경희대 전자공학과 졸업. 2006년 동 대학원 석사. 현재 LG 부품소재 연구소 재직중. 관심분야는 퍼지제어 및 응용, 로보틱스, 디지털 카메라 영상처리.



탁 인 재

2004년 경희대 전자공학과 졸업. 2004년~현재 경희대학교 전자공학과 석사과정. 관심분야는 퍼지제어 및 응용, 디지털 카메라 모듈.



박 중 국

1971년 서울대학교 물리학과 졸업. 1975년 연세대학교 전자공학과 석사. 1979년 연세 대학교 전자공학과 박사. 1980년~현재 경희대학교 전자공학과 교수. 관심분야 자동제어, 퍼지, 신경망, 유전 알고리즘.