

모바일 디지털카메라 모듈에 대한 개선된 AE 알고리즘 구현

An Improved AE System for Mobile Digital Still Camera

조 선 호*, 김 동 한, 박 종 국

(Sunho Cho, Donghan Kim, and Chongkug Park)

Abstract : In this paper, an improved AE system for digital still camera is proposed. AE system is auto exposure system to maintain optimized brightness of output image. But there is limitation for mobile devices to get high quality image with the conventional AE algorithm, because of organizational restriction of system. The conventional research has been studied only electronic shutter and AGC on the AE algorithm. In this paper, we suggest new AE algorithm included target setting, frame delay, Gamma Correction as well as electronic shutter and AGC to get high quality image. The proposed algorithm show improved result at control speed and ability of luminance expression.

Keywords : mobile camera, AE, ES, AGC, gamma correction, frame delay

I. 서론

본 논문은 소형화된 디지털카메라 모듈에서의 자동노출 보정 알고리즘과 ISP 메모리 사용량의 개선을 위한 연구이다. 최근의 고기능 이미지 센서와 초소형 카메라 모듈기술의 발달은, 더 작고 더 가벼운 휴대기기에서도 필요한 영상을 유용하게 얻을 수 있도록 해주고 있다[1,2]. 이로 인해 일반적인 디지털 카메라는 물론이고 핸드폰, 보이스펜, MP3 player 등과 같은 다양한 모바일 기기에서도 디지털 카메라 모듈의 사용이 보편화 되어 널리 사용되고 있다.

그러나 소형화된 카메라 모듈은 시스템의 구조적인 한계로 인해 일반적인 디지털 카메라에서는 사용되어지는 여러 가지 기능이 제한되어 사용되어지고, 렌즈가 가진 광학적 한계로 인해 화상의 왜곡현상이 일어나는 등 여러 가지 제약 조건이 발생 한다. 이러한 이유들로 인해 기존의 이미지 제어 방식으로는 소형화된 디지털 카메라에서 우수한 품질의 영상을 얻는데 한계가 있다. 그리고 여러 가지 모바일 기기별로 부가적인 기능들을 제공하기 때문에 이러한 기능들을 효율적으로 제어하기 위해서는 카메라 모듈에서 사용되어지는 ISP 메모리의 용량도 한정된 용량 안에서 효과적으로 사용되어져야 한다.

디지털 카메라의 이미지 제어를 위한 기술로는 AE(Auto Exposure), AWB(Auto White Balance), AF(Auto Focus) 등의 세 가지 기술이 있다. 이러한 기술 중 AE는 출력되는 영상이 적절한 밝기 값을 갖도록 자동으로 노출을 조절해 주는 기능이다[3,4].

본 논문에서는 모바일 환경의 제한적 상황에서도 최적의 AE가 수행되도록 하기위해 타깃설정, 제어영역설정, 프레임딜레이보정, 감마보정 등을 AE 수행을 위한 제어 요소에 새롭게 포함시킨 AE알고리즘을 제시하였다.

II. 본론

1. 이미지센서 모듈 시스템의 구성 및 기능

이미지센서는 광을 받아들여 전기신호로 전환하는 소자이다. 대표적인 이미지 센서로는 CCD(Charge Coupled Device)이미지센서와 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)이미지센서가 있다. 본 논문에 적용된 알고리즘은 두 종류의 센서에 대하여 동일하게 적용 가능하지만, 최근 모바일기기에서는 CMOS센서가 일반적으로 사용되므로 CMOS센서를 대상으로 실험을 진행하였다.

1.1 이미지 센서의 구조와 신호 처리과정

디지털 카메라는 렌즈를 통해 입사된 빛에 의해 만들어진 이미지를 CCD나 CMOS 등의 촬상 소자에 맺히게 한 다음, 여기서 얻어지는 모자이크 형태의 영상정보를 ISP (Image Signal Process)를 거쳐 출력 영상으로 만든다. 이미지 센서의 신호 변환 과정은 그림 1과 같다.

ISP는 이미지센서에서 변환된 전기적 신호를 영상신호로 변환하는 장치이다. ISP의 처리 과정은 제조사마다 차이가 있으나, 일반적으로 color interpolation, color correction, gamma correction 등을 거쳐 JPEG형태의 이미지로 출력되어진다. CMOS센서의 경우 one chip형태로 제조할 수 있으나 ISP의 성능을 강화하기 위한 목적으로 two chip으로 제작되기도 한다[5-7]. 그림 2는 CMOS 이미지센서 모듈의 구조를 보여준다.

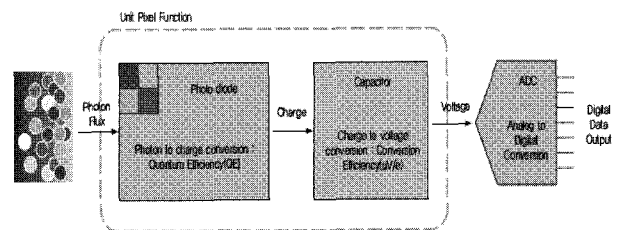


그림 1. 이미지 센서에서의 신호 변환 과정.
Fig. 1. Signal converse process of image sensor.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 1. 31., 채택확정 : 2008. 2. 24.

조선희, 김동한, 박종국 : 경희대학교 전자공학과
(chosunho@khu.ac.kr/donghani@khu.ac.kr/ckpark@khu.ac.kr)

※ 이 논문은 경희대학교 지원에 의한 연구 결과임.

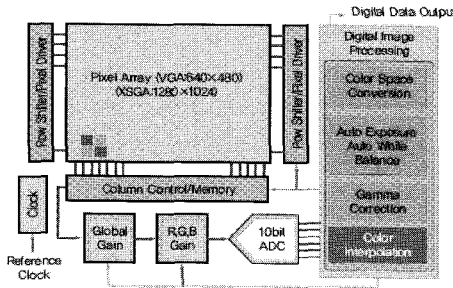


그림 2. CMOS Image sensor의 구조.
Fig. 2. COMS image sensor structure.

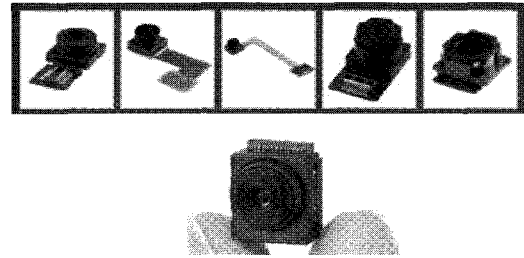


그림 4. 다양한 모바일 디지털 카메라 모듈.
Fig. 4. Various mobile digital camera module.

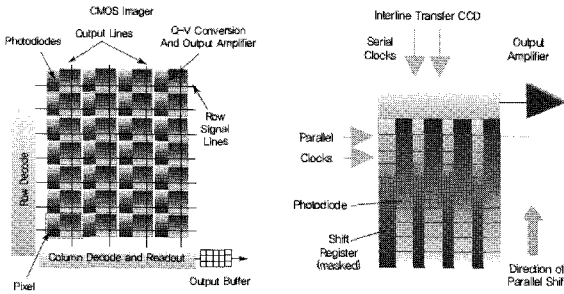


그림 3. CMOS 와 CCD 센서의 구조.
Fig. 3. CMOS and CCD sensor architecture.

1.2 이미지 센서의 종류와 기능

이미지 센서는 전자가 신호를 형성하여 출력부까지 전송되는 방식에 따라 구분된다. CCD형 이미지 센서는 전기 신호를 전하결합소자를 통해 전달하여 마지막 단에서 전압으로 변환하는 센서이며, CMOS형 이미지 센서는 빛에 의해 발생한 전자를 각 화소 내에서 전압으로 변환한 후에 여러 CMOS 스위치를 통해 출력하는 이미지 센서이다[8-10].

CMOS형 이미지센서는 고정패턴잡음을 비롯한 잡음으로 인하여 화질이 CCD형 이미지센서에 비해서 열등하고 회로가 복잡하기 때문에 초기에는 CCD형 이미지센서의 비하여 크게 주목 받지 못하였다. 하지만 CMOS 센서는 제작 단가가 상대적으로 낮고 칩 내에서 디지털로 변환이 가능하여 영상신호처리까지 가능하며, 최근 공정기술의 발달 및 신호처리 알고리즘의 개선 등으로 인하여 기존의 CMOS형 이미지 센서가 가지고 있던 화질 문제가 많이 개선되어졌다. 이에 따라 CMOS형 이미지센서는 휴대폰, PC, 감시카메라 등의 저가 저전력을 요하는 분야에 CCD센서 대신 널리 사용되어지고 있다.

2. 개선된 AE 알고리즘의 필요성

기존의 AE 알고리즘 연구에서는 일반적인 디지털 카메라 환경에서만 연구되어 왔으며 그러한 AE 알고리즘이 모바일용 카메라에도 동일하게 적용되었다. 그러나 기존의 연구를 모바일 카메라에 동일하게 적용하는 경우, 모바일 카메라가 가진 공간적인 제약 때문에 렌즈, 이미지 센서, 회로 등의 소형화로 인한 입사 광량의 부족, 노이즈 증가, 화소수의 부족, 출력감도 저하, dynamic range 감소 등의 문제가 발생한다. 그러므로 모바일 카메라의 환경에서도 최적의 AE가 수행 될 수 있는 개선된 알고리즘이 요구된다.

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

2.1 디지털 카메라 렌즈의 크기

디지털 카메라는 용도에 따라 렌즈의 크기도 다양하게 만들어 진다. 카메라에 있어서 렌즈의 역할은 영상을 받아들여 필름 또는 이미지 센서에 맞게 하는데, 이러한 기능은 카메라의 성능에 중요한 비중을 차지하며 만족할 만한 영상을 얻기 위해서 일정한 크기 이상의 렌즈가 필요하다.

위 그림 4에서와 같이 모바일 카메라 모듈은 매우 작은 크기이다. 카메라 모듈의 크기는 15mm×15mm×10mm 이내의 크기에 디지털 영상 출력까지 가능하도록 설계한다. 이러한 이유로 디지털 카메라에 비해서 모바일 카메라의 렌즈는 비교할 수 없을 정도로 작은 크기이다. 디지털 카메라와 모바일 카메라 모듈의 렌즈 크기를 비교하면 체적비가 10:1 이상이다[6].

2.2 디지털 카메라의 이미지 센서 크기 비교

이미지 센서는 카메라에서 영상이 맺히는 부분이며 픽셀당 영상데이터를 만들어낸다. 모바일 카메라용 이미지 센서의 크기는 약 1/4inch 정도이고 디지털 카메라용 이미지 센서는 보통 1/3inch~1.5inch 사이에서 결정된다[11]. 이미지 센서의 크기가 작아지는 만큼 빛을 받을 수 있는 영역이 줄어들고 그에 따라 출력감도 및 화소수도 줄어든다.

이와 같이 일반적인 디지털 카메라와 모바일 카메라는 물리적인 사양의 차이가 존재하므로, 일반적인 AE 알고리즘을 소형화된 디지털 카메라에 동일하게 적용할 경우에 우수한 화질의 영상을 획득하는데 있어서 한계가 있다.

3. 제안된 AE 알고리즘

기존의 연구에서는 AE 알고리즘을 ES(Electrical Shutter)와 AGC(Analog Gain Control)에만 한정하거나 신호처리의 관점에서 접근하였다. 하지만 이러한 제어요소 외에도 target 설정, 제어 안정도, frame delay, gamma control, Window weight control 등 영상의 밝기조절과 관련된 제어요소들이 존재한다. 또한 일반적인 디지털 카메라서는 사용자가 원하는 형태의 영상을 촬영하기 위해 AE가 아닌 수동 모드에서 노출을 조절하기도 한다. 이러한 경우에는 ES

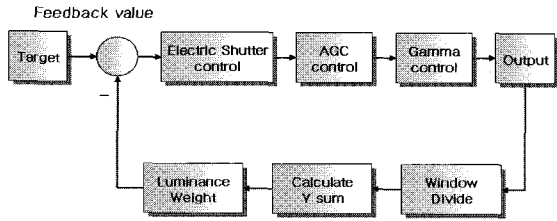


그림 5. 제안된 AE 시스템의 블록도.
Fig. 5. A Block diagram of proposed AE system.

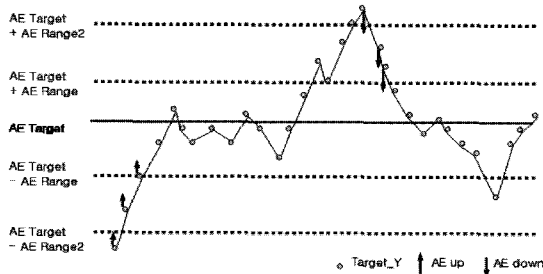


그림 6. AE의 동작.
Fig. 6. Operating of AE system.

와 AGC값을 사용자가 직접 설정하여 노출을 조절한다. 하지만 모바일 환경에서는 소형화된 모듈의 특성상 수동모드가 제한적으로 사용되어 지므로 우수한 영상을 얻을 수 있는 AE 알고리즘이 더욱 더 필요하다.

본 논문에서는 소형화된 이미지센서 모듈에서도 만족할 만한 영상을 얻기 위하여 ES와 AGC는 물론 target 설정, frame delay 개선, gamma correction 등의 제어 요소를 포함한 개선된 알고리즘을 제시하였다.

제시한 AE 시스템 블록도는 그림 5와 같다. 이미지 센서를 통해 입력된 아날로그 영상정보는 AFE에서 ADC되며, 디지털화된 데이터 값은 Window divide된 각각의 셀에 넣어진다. Y-sum 계산을 통하여 각각의 셀 밝기 값을 계산한 뒤, 각 셀의 밝기 값을 화면의 위치별로 가중치 처리를 통하여 변환한 후 target 값과 비교하여 획득영상의 밝기 값과 target 값의 차이만큼 ES와 AGC의 값을 보정하여 준다.

효과적인 AE 알고리즘을 위해서는 많은 실험을 통한 전문적 경험치가 필요하다. 본 논문에서 제안하는 AE 알고리즘은 알고리즘 50%, 경험치 50%정도의 비율로 적용되었다. 제시한 알고리즘은 밝기 표현 능력뿐만 아니라 제어 속도, 제어 안정도, ISP 메모리 사용량 등의 부분에서도 개선된 효과를 보여준다.

3.1 Target 설정

디지털 카메라에서 AE시스템은 설정된 target 값에 수렴하도록 수행되어진다. 기존의 AE 시스템은 18% Gray chart를 촬영한 값을 target 값으로 사용하였다. 하지만 이와 같이 target 값을 적용하였을 경우 사람이 인식하는 밝기의 중간 값과 카메라 센서가 인식하는 밝기의 중간 값이 다르기 때문에 감마보정시 밝기가 한쪽으로 치우치는 현상이 생긴다. 즉 target 값의 설정에 있어서 노출부족이면 화면이 어둡고, 노출과다면 이미지 센서의 출력이 포화 되므로 이미

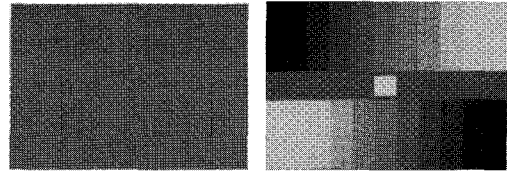


그림 7. 18% 그레이차트와 Grey Scale 11 steps.
Fig. 7. 18% grey chart and Grey Scale 11 steps.

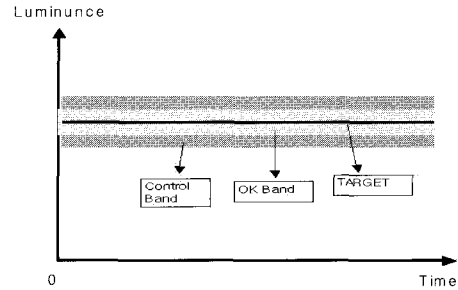


그림 8. AE Target 제어영역.
Fig. 8. Target setting of AE algorithm.

지의 경계가 무너지는 현상이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 현상을 보완하기 위해 감마차트를 이용하여 target을 설정하였다.

또한 기존의 방식에서는 target이 하나의 포인트이므로 제어가 완료되지 못하고 계속 발전하는 현상이 존재하였다. 본 논문에서는 제어 안정도와 목표 값에 대한 수렴 속도 개선을 위하여 target 값을 기준으로 하여 두 개의 제어영역을 설정하였다. 이러한 두 개의 제어영역 설정으로, target 값이 하나인 경우에 제어가 완료되지 못하고 계속 발전되는 현상을 개선하였다.

그림 8은 제안한 target 설정을 보여준다. 정의된 제어영역 중 OK band 내로 밝기 값이 들어오면 AE가 완료되게 하였고, 밝기 값이 control band 범위를 벗어날 때 AE가 동작 되도록 하였다. 이러한 target 설정에 의해 제어의 안정도는 크게 향상 되었다.

3.2 Electrical shutter와 analog gain control

ES와 AGC는 이미지 센서를 통해 획득한 아날로그 값을 조절하여 AE를 최적화 하는 기능이다. ES는 AFE의 timing generator가 발생하는 clock으로 image sensor의 노출시간을 설정해 주게 되며 설정된 시간만큼 image sensor에 축적되는 광량이 결정된다.

AGC는 image sensor의 출력 값을 증폭하는 역할을 수행한다. AGC 수행에 있어서 낮은 증폭대역에서는 이미지센서의 출력의 V Saturation 구간에 color noise가 생기고 높은 증폭 대역에서는 system noise가 심해지는 현상이 생긴다. 본 논문에서는 이러한 현상을 없애기 위하여 14dB와 30dB 구간에서 AGC가 이루어지도록 하였다.

ES와 AGC는 두 가지 모두 AE 수행에 있어서 중요한 역할을 하지만 각각의 특징을 고려하여 AE 시스템에 적용을 하여야 한다. ES는 노이즈 성분에 강하지만 ES 시간에 따라 잔상 현상이 생기고, AGC는 증폭에 따른 잔상 현상은

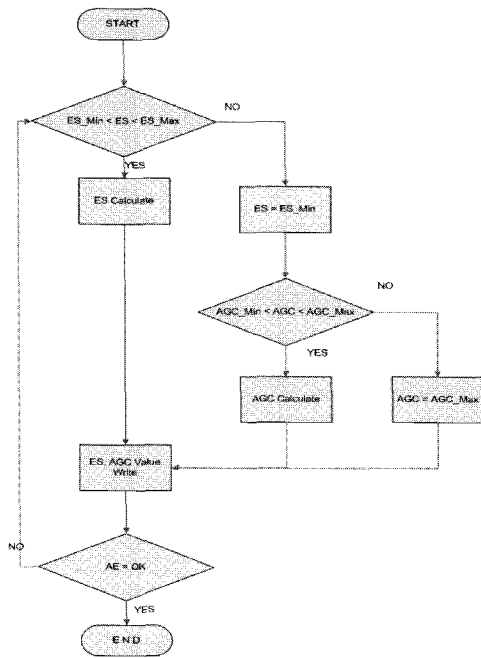


그림 9. ES, AGC Control 흐름도.
Fig. 9. ES, AGC Control FlowChart.

없지만 노이즈 성분이 함께 증폭되는 문제가 있다.

일반적인 디지털 카메라에서는 이러한 점을 보완하기 사용자의 의도에 따라 조리개 우선개방, 감도우선 mode 등의 수동기능을 이용하여 문제점을 보완하였다. 그러나 모바일 용 디지털 카메라의 환경에서는 수동기능이 제한되므로 자동기능상에서 최적의 영상을 획득할 수 있는 개선된 AE 자동제어 알고리즘 필요하다. 본 논문에서는 모바일 카메라의 제한된 환경에서도 AE와 AGC가 적절하게 동작하도록 하기위해 그림 9와 같은 제어도를 적용하였다. 제한된 방식의 제어 순서는 노이즈를 최대한 줄이기 위해 노이즈 성분에 적은 영향을 미치는 ES를 먼저 수행하고, ES 조절범위를 넘어간 경우에 있어서만 AGC가 수행되도록 하였다.

3.3 AGC와 ES값의 결정

기존의 연구에서는 수많은 실험을 통하여 모든 경우의 밝기 값에 대한 ES와 AGC 값을 database화하여 ES와 AGC를 수행하였다[13]. 그러나 이러한 방법은 ISP 내의 메모리 사용량이 커지고 database 구축에도 많은 시간이 소요된다. 본 논문에서는 이러한 점을 보완하기 위해 ES와 AGC값의 결정하는데 다음과 같은 PI Control 알고리즘을 사용하였다.

$$MV_n = MV_{n-1} + \Delta MV_n \tag{1}$$

위 식에서 MV_n 는 급회 조작량, MV_{n-1} 는 전회 조작량, ΔMV_n 는 급회 조작 미분량이다.

$$\Delta MV_n = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt \tag{2}$$

위 식에서 e 는 편차, K_p 는 비례상수, K_i 는 적분상수 이다. (1), (2)를 제안하는 AE 알고리즘에 맞추도록 고치면 (3)과 같다.

$$\Delta MV_n = K_p(e_n - e_{n-1}) + K_i e_n \tag{3}$$

PI 제어는 ES calculate와 AGC calculate에 동일하게 적용하였으며 현재 적용할 ES, AGC 값을 찾기 위하여 PI 제어를 통하여 이전 적용 값의 증가량 또는 감소량을 구하여 더하거나 빼주었다. K_p 는 0.35~0.6 사이의 값에서 테스트하였고 K_i 는 0.3~0.6의 값에서 테스트 하였다. AE 수행에 있어서 hunting 현상은 화면의 발진으로 인식될 수 있으므로 hunting이 생기지 않도록 주의할 해야 한다. 실제 실험결과 $K_p = 0.47$, $K_i = 0.55$ 의 값에서 hunting 없이 유연하게 목표 값에 근접시킬 수 있었다.

3.4 Feedback값의 프레임 딜레이 개선

영상의 frame과 frame 사이에 약 1.5ms의 시간차이가 존재하는데 이 시간동안 ES값과 AGC 값이 AFE의 레지스터에 입력되고 이 값으로 AE가 수행되어 출력 영상의 밝기가 정해진다. 하지만 ES와 AGC를 결정하기 위한 제어 값은 ISP의 연산시간 때문에 직전 프레임의 밝기 값이 아니라 2프레임 이전의 밝기 값으로 처리되어 진다.

그림 10은 프레임 딜레이가 발생하는 과정을 보여주기 위한 그림이다. 그림 10에서 프레임 Fn-3의 CVn-3 값이 기록 되면 Fn-2에 그 값이 적용되어야 하지만, Fn-2에 적용될 값은 ISP의 연산시간 때문에 FDn-2에서 그 값을 읽고 Fn에서 적용된다.

이와 같은 특성 때문에 전체 프레임의 피드백 값은 2프레임 이전의 값이 되며, 이러한 딜레이타임은 AE의 발진과 제어 속도를 빠르게 할 수 없는 문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 피드백 값의 프레임딜레이 개선을 위해 아래의 (4)와 같은 방식을 적용하였다.

$$CFD_n = FD_n + \sum_{k=0}^1 UD_{n-k} - \sum_{k=0}^1 DD_{n-k} \tag{4}$$

여기서 CFD_n 는 feedback 최종 적용 값이고 FD_n 는 현재 읽은 feedback 값이며, UD 는 밝기를 증가하기 위한 증가분이고 DD 는 밝기를 감소하기 위한 감소분이다. UD 와 DD 는 AGC와 ES 값에 따른 밝기 변화 실험을 통하여 구한 데이터 값을 적용하였다. (4)를 통하여 구한 현재 feedback 값을 (3)에 적용하기 위해 e_n 과 e_{n-1} 을 CFD 항으로 표현하면 (5)와 같고, 이것을 풀어서 정리하면 (6)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} e_n &= T - CFD_n \\ e_{n-1} &= T - CFD_{n-1} \end{aligned} \tag{5}$$

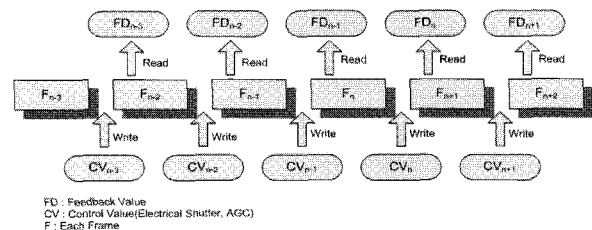


그림 10. 프레임 지연 보상.
Fig. 10. Frame delay compensation.

$$e_n = T - (FD_n + \sum_{k=0}^1 UD_{n-k} - \sum_{k=0}^1 DD_{n-k})$$

$$e_{n-1} = T - (FD_{n-1} + \sum_{k=1}^2 UD_{n-k} - \sum_{k=1}^2 DD_{n-k})$$

(6)

위에서 구한 e_n 과 e_{n-1} 을 이용하여 비례항의 편차 $e_n - e_{n-1}$ 을 계산하면 아래의 (7)과 같다.

$$e_n - e_{n-1} = T - CFD_n - (T - CFD_{n-1})$$

$$= CFD_{n-1} - CFD_n$$

$$= FD_{n-1} + \sum_{k=0}^1 UD_{n-1-k} - \sum_{k=0}^1 DD_{n-1-k} - FD_n$$

$$- \sum_{k=0}^1 UD_{nk} + \sum_{k=0}^1 DD_{n-k}$$

$$= FD_{n-1} - FD_n - (UD_{n-1} - UD_{n-2})$$

$$+ (DD_n - DD_{n-2})$$

(7)

3.4 Gamma correction

일반적으로 gamma correction은 디스플레이장치의 휘도 보상을 목적으로 사용되나 디지털 카메라 모듈에서 감마 보정은 휘도 보상이 아닌 보다 넓은 dynamic range를 확보 할 수 있는 방법으로 사용되어진다. ES와 AGC 수행만으로는 출력영상이 원래의 밝기를 보여주지 못한 경우가 많기 때문에 출력된 영상의 일정부분 어두워 보인다. 따라서 이를 실제 밝기와 같이 보여주기 위하여 보정이 필요하다.

디지털 카메라 모듈에서는 이러한 부분을 보완하기 위해 gamma correction을 통하여 다시 한 번 출력영상을 위한 값을 보정해 준다. 그림 11에 나오는 그래프는 본 논문에서 실제 적용한 gamma 그래프이다. 본 논문에서는 최적의 gamma correction을 수행하기 위해 다음과 같은 설정을 적용하였다. 전체 범위 중 0.5%까지는 기울기 값을 0을 주어 black current noise를 차단하였고 2%까지는 기울기 값을 1을 주어서 black level noise를 줄이도록 했다. 어두운 부분에서의 밝기를 증폭시켜서 최대한의 dynamic range를 확보하기 위해, 10%의 범위까지는 기울기 값을 4를 적용하였다.

4. 실험결과 및 고찰

제안된 AE 알고리즘에 대한 실험은 밝기 표현 능력과 최대/최소 동작시간 그리고 노이즈의 상태 등에 대하여 실시하였다. 결과확인에는 IMATEST라는 화질분석용 프로그램을 이용하였고 비교 차트로는 GretagMacbeth ColorChecker

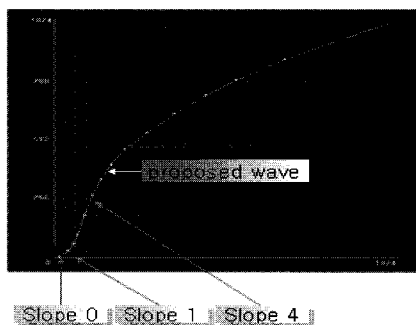


그림 11. 적용된 감마 그래프.
Fig. 11. The applied gamma graph.

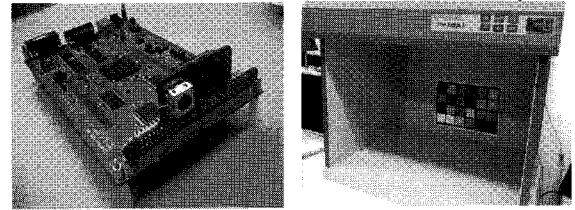


그림 12. 카메라 모듈과 The Judge II Lighting box.
Fig. 12. Camera module and The Judge II Lighting box.

차트를 이용하였다. 그림 12는 실험에 사용된 이미지 센서 모듈과 장비이다.

4.1 감마차트를 이용한 밝기표현능력 비교

그림 13, 그림 14는 감마차트를 대상으로 한 밝기 표현 능력 비교이다.

4.2 동작시간 비교(표 2 참조)

4.3 실험을 통한 노이즈 비교(그림 15 참조)

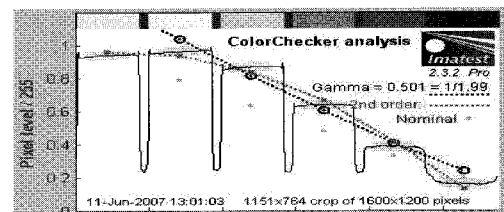


그림 13. 제안한 알고리즘의 Gray patch tone.
Fig. 13. Gray patch tone of proposal algorithm.

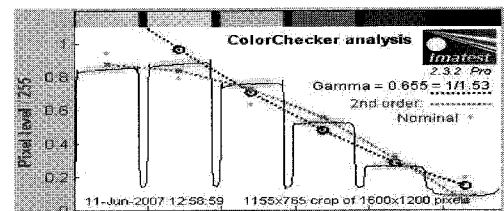


그림 14. 기존 알고리즘의 Gray patch tone.
Fig. 14. Gray patch tone of conventional algorithm.

표 2. 동작시간 비교 (단위: sec).

Table2. The operation time comparison.

	제안된 시스템	기존의 연구
최소동작시간	0.1	0.3
최대동작시간	1.3	2.0

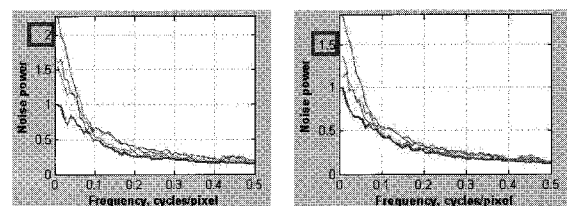


그림 15. 12번째 프레임에서의 잡음 분석 비교.
Fig. 15. The noise analysis comparison.

III. 결론

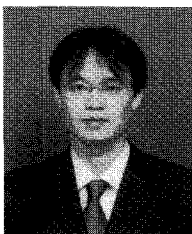
모바일기기용 소형 디지털 카메라는 일반 디지털 카메라에 비하여 렌즈의 크기, 이미지 센서의 크기, 회로의 고집적화 등과 같은 물리적, 공간적인 제약으로 인하여 효과적인 AE 알고리즘을 구현하는데 어려움이 있다. 본 논문에서는 소형화된 디지털 카메라 모듈에서도 우수한 영상을 얻기 위해, 기존의 연구에서는 AE를 수행하기 위한 항목으로 다루지 않은 target 설정, frame delay, gamma correction 등을 제어요소로 포함한 새로운 AE 알고리즘을 적용하였다. 제안된 AE 알고리즘은 기존의 AE 시스템에 비하여 제어속도, 밝기 표현 능력, 제어안정도 등에서 개선된 결과를 보였다. 그리고 조도별 AE 알고리즘 성능비교에서도 제안된 AE 알고리즘은 1Lux에서 1380Lux사이에서 거의 같은 수준의 효과를 보여주었다. 또한 ES와 AGC값을 PI 제어를 통하여 결정함으로써 모바일 기기의 한정된 메모리를 효과적으로 사용할 수 있도록 하였다.

제안된 AE 알고리즘은 실험실의 제한된 환경과 조건 속에서 이루어졌으므로 보다 다양한 환경과 다양한 종류의 이미지 센서에서도 동일한 효과를 얻기 위한 추가적인 실험이 필요하며, 화질제어의 다른 기술인 AWB, AF와 연관된 종합적인 이미지 제어 시스템 구현을 위한 후속 연구도 요구된다.

참고문헌

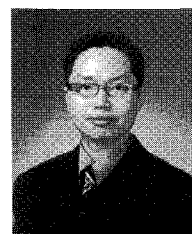
- [1] Mutoh, N., Orihara et al., "A 1/4-inch 380k pixel IT-CCD image sensor employing gate-assisted punchthrough read-out mode," *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 42, no. 10, pp. 1783-1788, Oct, 1995.
- [2] M. Furumiya, et al., "A 30frames/s 2/3-in 1.3 M-pixel progressive scan IT-CCD image 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, S.-J. Ko, "Design and implementation of auto-focusing, auto-exposure and auto-white balance video camera system," *대한전자공학회*, pp. 17-20, 2001.
- [5] Lucent Technologies: "Researchers' invention spans the decades," Murray Hill, <http://www.bell-labs.com>
- [6] 특허청, 2004 이미지 센서 신기술 동향 보고서, 2004.
- [7] J. Teuber, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 1993.
- [8] Streetman, Ben G, *Solid State Electronic Devices*, 4th ed, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.
- [9] S. S. Park and 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.
- [10] J. Nakamura, *Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras*, Taylor & Francis, 2005.
- [11] 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.
- [12] Scientific Imaging Technologies: "An introduction to scientific imaging charge-coupled devices," Beaverton, <http://www.site-inc.com>
- [13] Parulski, K. and McGarvey, J. E., "Automatic camera exposure control using variable exposure index CCD sensor," U.S. Patent 5610654, 1997.



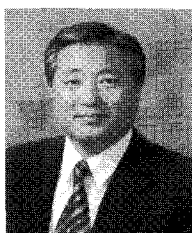
조 선 호

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



김 동 한

1995년 KAIST 전기및전자공학과 졸업.
1998년 KAIST 전기및전자공학과 석사.
2003년 KAIST 전기및전자공학과 박사.
2007년~현재 경희대학교 전자공학과 교수. 관심분야는 Multi Agent 시스템, 지능제어, 로봇측구.



박 종 국

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