

# 콤팩트 이미지 센서모듈을 위한 자동 노출제어 시스템

김현식\*, 장원우\*, 송진근\*, 김강주\*\*, 강봉순\*

\*동아대학교 전자공학과, \*\*삼성전기 (주)

## Auto Exposure control system for Compact Image Sensor Module

Hyun-sik Kim\*, Won-woo Jang\*, Jin-gun Song\*, Kang-joo Kim\*\*, Bong-soon Kang\*

\*Department of Electronics, Dong-A University

\*\*SAMSUNG Electro-Mechanics Co.Ltd

### 요 약

사진을 찍을 때 카메라는 보기 좋은 사진을 얻을 수 있도록 많은 기능을 제공하고 있다. 대표적인 기능으로 자동 초점거리 조정(Auto Focus), 자동 색온도 보정(Auto White Balance), 자동 노출 조정(Auto Exposure)이 있다. 본 논문에서는 편리한 기능들 중 하나로써 자동 노출제어 시스템을 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 자동 노출제어 시스템은 가변 시상수(Variable Time Constant)를 가지는 IIR 필터를 이용한다. Zone System에서 보여주는 사물의 휘도정보를 바탕으로 하여 이상적인 영상의 휘도 특성 그래프를 얻어내고, 이와 현재의 노출설정에서 휘도와 비교하여 적정 노출을 찾는다. 제안하는 자동 노출제어 시스템은 적정 노출을 얻을 수 있는 위치로 이동하기 위하여 기존의 마이크로 콘트롤러 등을 이용하여 구현하는 방법과 달리 간단한 구성을 가지는 IIR 필터를 이용한다. 제안하는 자동 노출제어 시스템은 간단한 구성을 가지므로 콤팩트 이미지 센서를 구성하기 위하여 사용 할 수 있다.

### I. 서 론

자동노출은 영상의 휘도를 조절하는 카메라의 중요한 기능이다. 노출을 측정하는 방법은 두 가지 방법이 있다.

첫 번째는 주로 필름을 사용하는 자동 카메라에서 사용하던 방법으로 카메라에 입사하는 빛을 카메라 본체의 포토센서를 통하여 측정하거나 별도의 조도계를 이용하는 입사광 측정방식이다. 카메라 본체의 포토센서는 측광의 정확도가 떨어지며 조도계는 피사체의 입사광을 정확히 측정할 수 있지만 피사체가 멀리 있을 경우 측광이 힘들다.

두 번째는 렌즈를 통하여 들어오는 피사체의 반사광을 측정하는 방법이다. 전자의 경우에는 현재 쓰이지 않고 있으며, 후자의 방법은 현재 널리 쓰이는 방법이다. 후자의 방법을 TTL (Through The Lens)측광이라고 한다 [3]-[5].

현재 디지털 카메라에서 영상을 기록하기 위한 수단으로써 필름을 대신하여 Charge Coupled Dvice (CCD) 이미지 센서를 사용하거나 complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) 이미지 센서를 이용하고 있으며 렌즈를 통하여 입사된 피사체를 확인하기 위하여 집안렌즈 외 소형 LCD를 뷰파인더로 사용하고 있다.

디지털 카메라를 이용하여 찍으려 하는 피사체에 렌즈를 고정하면 어둡거나 밝았던 화면에서 노출이 조정되어서 적절한 밝기로 바뀌는 것을 LCD를 통하여 확인할 수 있다. 이때 적정 노출을 찾는 시간이 느리다면 피사체의 밝기가 급격히 변할 때 원하는 장면을 찍을 수 없다.

렌즈를 통하여 이미지 센서에 입력된 영상은 전기 신호로 변환이 되고 이 신호들은 Image Sensor Processor(ISP)를 통하여 디지털 이미지로 복원된다. 자동 노출기능은 ISP에 포함되는데 기존의 ISP에서는 자동 노출 기능을 위하여 마이크로 콘트롤러를 이용하고 있다. 본 연구에서는 마이크로 콘트롤러를 사용하지 않으므로 하드웨어 집적도를 높이고, 뿐만 아니라 적정 노출에 이르는 시간까지 조절 가능한 자동 노출을 제안한다.

본 논문의 II장에서는 노출제어의 이해를 돕기 위하여 zone system을 설명한다. III장에서 본 연구에서 제안하는 variable time constant를 가지는 IIR filter를 이용한 자동 노출제어 시스템을 설명하고 실험결과를 보인다. 끝으로 IV장에서 결론을 맺는다.

### II. 노출제어의 기본원리

카메라가 발명된 이후 사진가들은 좋은 사진을 얻기 위하여 다양한 방법들을 연구하고 시도해왔다. 1930년대 후반에 와서 미국의 사진가 Ansel Adams는 zone system이라는 이론을 발표하였다. zone system은 흑백영상을 바탕으로 발표된 이론이지만 현재에 이르러 컬러사진뿐만 아니라 영화를 비롯한 영상분야에 널리 쓰이고 있다 [1].

Zone system은 자연계의 모든 색의 휘도를 zone 0 에서 zone X까지의 11단계로 압축시키고 있으며 각 zone의 차이는 카메라의 조리개 또는 셔터속도의 1단차를 의미한다 [1].

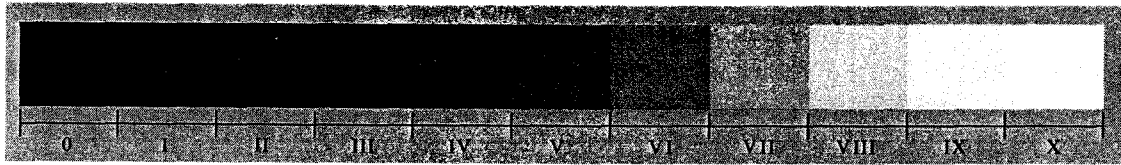


그림 1. Zone System의 11단계 Zone Scale

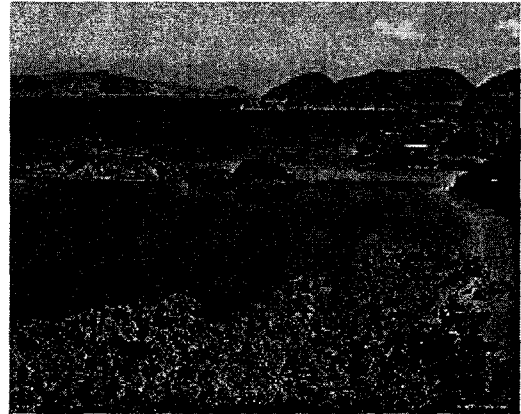
조리개와 셔터 속도의 기능은 기본적으로 카메라에 입사하는 광량을 조정하는 것이다. 조리개의 경우는 사람의 눈에서 동공과 같은 역할을 하며 렌즈와 필름 사이에서 열리고 닫히는 정도를 이용하여 입사광을 조절한다. 셔터는 필름에 빛이 입사되는 시간을 조절하여 광량을 조절한다. 셔터속도가 느리면 오랫동안 빛에 노출되고, 빠르면 빛에 노출되는 시간이 줄어들게 된다.

그림1은 zone system에서 11단계의 zone scale을 보여준다 [1][6]. 여기서 zone V는 18%의 반사율을 가지는 사물의 반사광을 측광했을 때 색조인데, 중간 톤의 회색이며 카메라의 자동노출 기능에서 측광영역의 평균 휘도와 비교하는 기준이다. zone 0, I는 인화시 영상의 질감을 표현하지 못하고 완전히 검은색으로 표현되고 zone IX, X역시 질감을 표현하지 못하고 흰색만으로 표현된다. Zone III-VII은 영상의 세부 질감을 풍부하게 표현하는 영역으로 명암 및 콘트라스트가 잘 표현된 좋은 영상이 해당된다. 따라서 좋은 영상을 획득하기 위해서는 피사체가 zone III-VII에 속하도록 카메라의 노출을 조정해야 한다.

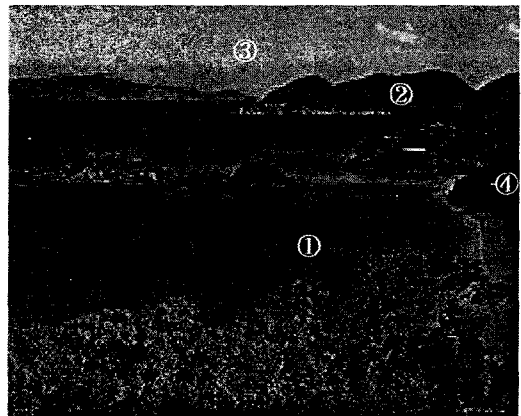
표 3. Zone의 세부 표현과 묘사되는 자연물[1]

존 0, I	질감을 표현되지 못하고 현상 및 출력시 검은색으로 출력
존 II	약간의 질감이 존재하는 부분으로 탁한 유채색의 그림자
존 III	적당한 질감과 세부묘사가 가능한 부분으로 일반적인 그림자 부분
존 IV	푸른 숲, 검은 바위, 밝은 그림자 부분
존 V	회색 바위나 어두운 피부색
존 VI	설경을 찍을 때 눈의 그림자에 해당하는 부분, 자연광에서 피부색과 시멘트 벽
존 VII	아주 밝은 피부색과 맑은 하늘
존 VIII	약간의 질감이 존재하는 부분으로 흰 구름
존 IX, X	질감을 표현되지 못하는 부분으로 반사율이 큰 금속 및 조명

표 1은 적정 노출영역인 zone III-VII에서 표현하는 자연물의 예를 보여준다. 그림 2는 zone system을 보여주기 위한 예로써 그림 2(a)는 원래의 컬러 사진이며 그림 2(b)는 (a)의 흑백 영상이다. 그림 2(b)의 ①과 ②는 zone IV에 해당하고 물결 및 나무의 디테일을 확인할 수 있으며 ③은 zone VII에 해당하고 맑은 하늘을 표현한다. ④는 zone II에 해당하고 그늘진 숲을 표현하는데 디테일의 표현은 잘 보이지 않음을 확인할 수 있다. 전체적인 명암정보가 Zone System의 한쪽에 몰려 있지 않고 zone V를 기준으로 골고



(a) 원래의 컬러 사진



(b) 변환된 흑백 사진

그림 2. 사진에서 Zone Scale의 표현

루 분포하여 명암 및 대비가 잘 이루어진 사진으로 볼 수 있다.

자동 노출기능을 수행하기 위해서 카메라는 먼저 렌즈를 통하여 입사되는 피사체의 반사광을 측정한다. 대개의 디지털 카메라에서 제공하는 자동 노출기능의 모드는 중심의 일부 영역(2-5%)만을 측광하는 부분 측광, 화면의 중심을 기준으로 하여 60-80%의 영역을 측광하는 중앙부 중점 평균 측광, 화면전체를 일정 개수 이상 나누어 측광하는 평균측광 방식이 있다. 이 중 평균 측광 방식이 뛰어난 성능을 보여주지만 분할영역이 많으면 많을수록 연산량이 증가하는 단점이 있다. 본 논문의 자동 노출기능은 중앙부 중점 평균 측광방식을 이용한다.

측광된 영상의 평균 휘도는 그림 1의 zone scale과 비교하여 현재의 위치를 판단하고 영상의 휘도가 zone V와 가깝게 조리개 또는 셔터속도를 조정하여 영상이 표현할 수 있는 적정 노출을 맞추게 된다.

### III. 제안하는 자동노출 제어

콤팩트 이미지 센서 모듈은 기계식 조리개와 셔터는 포함하지 않고 전자식 셔터기능을 포함한다. 실제 이미지 센서에서 광량의 조절은 빛이 노출되는 시간을 이용한다. 이미지 센서가 빛에 노출되기 시작하면 전하를 충전하게 되고 곧 충전된 전하량은 현재 영상의 광량이 된다. 이미지 센서의 전하 충전시간을 조정하는 방법이 전자식 셔터이다. 본 논문이 제안하는 자동 노출기능은 콤팩트 이미지 센서에 적용하기 위한 것으로 입사광의 제어는 전자식 셔터를 통하여 수행된다.

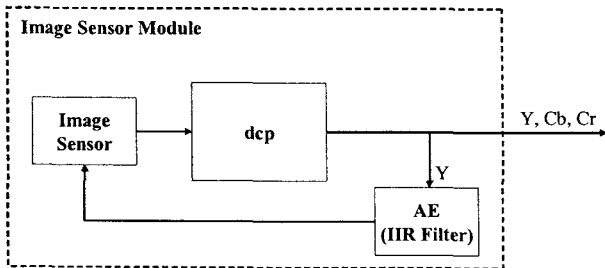


그림 3. ISM의 블록도

그림 3은 본 논문이 제안하는 자동 노출기능이 적용된 이미지 센서 모듈의 다이어그램이다. 그림 3의 DCP(Digital Camera Processor)블록은 이미지 센서로부터의 전기적 신호를 기본적인 색의 구성요소인 RGB의 영상신호로 바꾸어 준다. 하지만 RGB의 정보만을 이용하여서 영상의 명암정보를 얻기는 힘들다. 그림 3의 DCP에서는 RGB신호를 TV를 비롯한 표준 출력장치에 출력할 수 있도록 YCbCr 신호로 변환하게 되는데, 여기서 영상의 명암정보만을 가지고 있는 휘도 신호 Y를 이용하여 영상의 평균 휘도를 계산한다.

그림 3의 AE블록에서는 계산된 평균 휘도를 이용하여 현재 입력되는 영상이 적정 노출인지 판단하게 된다. 현재의 평균 휘도가 앞서 본 그림 1의 Zone Scale에서 어디에 위치하는지 판단하고 측광영역이 zone V에 이르기 위해 변경되는 셔터속도를 결정한다. 적정 노출에 이르기 위한 셔터속도는 결정 후 즉시 셔터속도가 바뀌지 않고 AE블록의 IIR filter의 time constant에 따라 서서히 바뀌게 되어 자연스럽게 변화한다. 이전의 셔터속도와 새로 설정된 셔터속도의 차이가 크게 되면 짧은 time constant를 가지는 filter가 되도록 필터의 계수를 설정하면 급격한 노출의 변화에도 신속한 응답이 가능하다.

$$H(z) = \frac{a}{1 - (1 - a)z^{-1}} \quad (1)$$

그림 4는 자동 노출기능에 포함된 IIR filter의 응답을 보여주는 식 (1)은 IIR filter의 식이다 [2]. 각각의 그래프는 서로 다른 필터 계수(a)일 때 응답을 보여준다. 그림 4의 기울기가 제일 낮은 곡선의 경우는 time constant가 제일 클 때이며 오랜 시간동안 변화하게 된다. 기울기가 큰 응답곡선의 계수를 선택하면 빠른 노출변화를 확인 할 수 있지만 화면이 깜빡거리

는 flicker현상을 유발시킨다.

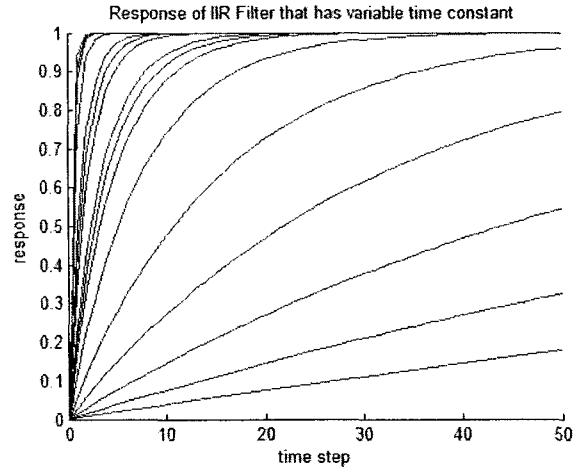


그림 4. 계수의 변화에 대한 IIR Filter의 응답

Zone system에서 24bit의 RGB 신호는 0-255의 값을 가지지만 휘도신호 Y는 16-235의 값을 가진다. 그림 5는 휘도신호 Y로의 변환표를 보여주고 있으며 이를 바탕으로 현재 셔터속도에서 노출의 상태를 판단하고 zone V와의 차이를 구한다.

	0	I	II	III	IV
RGB value	8	15	28	51	85
Y value	23	29	40	60	89

V	VI	VII	VIII	IX	X
128	170	204	226	240	247
126	162	191	210	222	228

그림 5. RGB와 휘도(Y)의 변환표[6]

표 5. Zone Scale과 셔터속도의 할당값

Zone Scale	셔터 속도(s)	값	Zone Scale	셔터 속도(s)	값
Zone 0	1	0	Zone VI	1/60	6
Zone I	1/2	1	Zone VII	1/125	7
Zone II	1/4	2	Zone VIII	1/250	8
Zone III	1/8	3	Zone IX	1/500	9
Zone IV	1/15	4	Zone X	1/1000	10
Zone V	1/30	5			

현재 셔터속도와 바뀌게 될 셔터속도의 차이를 구하기 위해서 이미지 센서에서 지원하는 셔터속도와 zone scale에 임의로 값을 정한다. 표 2는 셔터속도에 부여한 값을 보여준다.

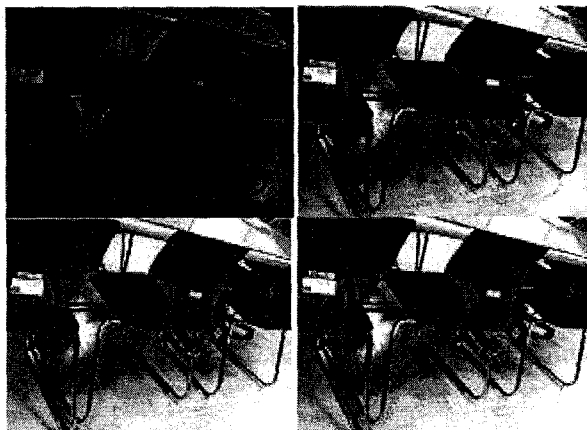
제안하는 자동 노출기능의 첫 단계는 그림 3의 dcp블록의 출력 Y를 이용하여 측광영역의 평균 휘도를 구한다. 평균 휘

도는 그림 1의 zone scale과 비교하여 현재 셔터속도에서의 노출상태를 결정한다. 그림 1의 zone scale에서 Zone V를 기준으로 왼쪽에 있다면 노출과다의 상태이며 오른쪽에 있다면 노출부족인 상태가 된다. 현재 평균 휘도를 포함하는 zone과 zone V의 차이는 곧 현재 셔터속도와 앞으로 바뀌게 될 셔터속도와의 차이가 된다. 이 값은 표 2의 할당된 값의 차이이다.

셔터속도 1/250초에서 zone VIII의 평균 휘도가 계산되었다고 가정하고 동작을 살펴보면 현재 셔터속도에 할당된 값 '8'과 zone V와의 할당 값 차이는 '-3'이 된다. 그럼 현재 셔터속도 1/250초가 할당 받은 값 '8'에서 '-3'을 한 값(5)에 해당하는 셔터속도 1/30초가 적정노출에 이르는 값으로 결정하게 된다. 이렇게 결정된 값을 IIR filter를 통과시키면 그림 4의 응답곡선과 같이 자연스럽게 변화하게 된다.



(a) 긴 time constant의 노출변화(느린 변화)



(b) 짧은 time constant의 노출변화(빠른 변화)

그림 6. AE의 실험결과

그림 6은 제안하는 자동 노출기능을 실험한 결과로서 서로 다른 time constant일 때 휘도의 변화를 보여준다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 오랜 시간에 걸쳐서 완성된 Zone System 이론을 바탕으로 Time Constant가 다른 IIR filter를 이용하여 셔터속도를 변화시킴으로써 노출을 제어하는 자동 노출기능을 소개하였다. 본 논문에서 제안하는 자동 노출기능은 마이크로 컨트롤러를 대신하여 간단한 IIR filter를 이용함으로써 점차 소형화되고 있는 디지털 장치에 적합한 소형 이미지 센서모듈을 구성할 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구의 결과물은 2단계 BK21과 삼성 전기의 지원에 의한 것입니다. 본 연구에서 사용된 설계용 소프트웨어는 IDEC과 IT-SoC 실습 프로젝트를 통해서 지원 받았습니다.

#### 참고 문헌

- [1] 정인숙, 존 시스템, 눈빛, 2002.
- [2] Alan V. Oppenheim et al., *DISCRETE-TIME SIGNAL PROCESSING*, Prentice Hall
- [3] S. Shimizu et al., "A new algorithm for exposure control based on fuzzy logic for video cameras," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 38, No. 3, pp. 617 - 623, Aug. 1992.
- [4] Murakami, M. & Honda, N., "An exposure control system of video cameras based on fuzzy logic using color information," *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, Vol. 3, pp. 2181 - 2187, Sept. 1996.
- [5] Kuno, T. et al., "A new automatic exposure system for digital still cameras," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 44, No. 1, pp. 192 --199, Feb. 1998.
- [6] The Digi\_Zone System, [www.riecks.com](http://www.riecks.com)