

論文95-32B-9-5

히스토그램을 이용한 영상의 자동생동도변환

(Automatic Dynamic Range Transform of Video Using Histogram)

蔣鐘國*, 金健燁**, 安相昊***, 李健一**

(Jong-Kook Jang, Kuhn-Yeob Kim, Sang-Ho Ahn, and Kuhn-Il Lee)

요 약

본 논문에서는 비디오 카메라에서 히스토그램과 생동도 변환(dynamic range transform)을 이용하여 영상의 밝기분포 측정 및 자동으로 화질을 보상하는 새로운 방식을 제안하였다. 이를 위하여 밝기의 히스토그램(histogram)으로부터 누적 분포함수(cumulative distribution function : CDF)를 구하고, 이와 선형 누적 분포함수(linear cumulative distribution function : LCDF)와의 차이를 누적한 값을 조명의 불 균일도(nonuniformness : NU)로 정의하였다. 이 불 균일도를 이용하여 균일조명에 의한 영상신호, 역광의 영상신호, 그리고 과도한 전광의 영상신호로 분류하고, 후자의 두 영상신호를 보상하기 위하여 감마함수를 이용하여 자동적으로 생동도를 변환시켰다. 이를 위한 자동 생동도 변환상수의 결정함수도 제안하였다. 본 제안 방법에 대한 모의실험을 통하여 보상이 잘 이루어짐을 확인하였다.

Abstract

In video camera, an automatic video quality compensation method using the dynamic range transform is proposed. The histogram is used to decide the nonuniformness of picture brightness by nonuniform lighting. The gray level is divided four regions, and the histogram is obtained per one field. We introduce a new parameter, nonuniformness, defined by the cumulative difference between its CDF and LCDF. We also propose the decision function of the dynamic range transform constant versus its nonuniformness, and compensate the quality of video automatically.

I. 서론

* 正會員, 金泉專門大學 電波通信科

(Department of Radio Wave Communication, KimChun Junior College)

** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部

(Department of Electronic Engineering, Kyung Pook National University)

*** 正會員, 仁濟大學校 電子工學科

(Department of Electronic Engineering, InJe University)

接受日字: 1995年1月27日, 수정완료일: 1995年9月14日

역광(backlighting) 및 과도한 전광(excessive frontlighting) 등의 불 균일한 조명에 의한 화질의 열화는 비디오 카메라에서의 단순 평균밝기에 의한 자동 노출조절만으로는 개선시키기에 어려움이 있었다. 이를 개선하기 위해 1992년 Sanyo사의 Haruki 등¹⁾은 화면을 여섯 개의 영역으로 나눈 후 퍼지 논리를 적용시켜 각각의 영역에 가중치를 달리 주는 방법을 제안 사용하였다. 그러나 이 방법은 피사체의 위치가 달라짐에 따라 보상상수의 값이 달라질 수 있고 카메

라를 수평으로 돌리거나, 수직으로 기울일 경우 또는 줌(zoom)처리를 할 경우에는 그 보상이 잘 맞지 않는 문제를 갖는다. 한편 1992년 Sony사의 Shimizu 등¹²⁾은 과도한 전광 및 역광의 정도를 피사체와 배경 사이의 면적 비와 명암대비와의 관계로 구하고, 퍼지 논리를 이용하여 자동 노출조절을 행하였다. 그러나 이상의 자동 노출조절로도 화질의 보상에 한계가 있었다. 즉, 역광으로 인해 어두워진 피사체를 밝게 하기 위해 노출을 많이 하면 배경의 밝은 부분이 포화되는 경우가 있다. 이를 개선시키기 위해 1995년 National사의 Sakaguchi 등¹³⁾은 감마변환하여 화질을 개선하는 비디오 카메라를 개발하였다.

본 논문에서는 비디오 카메라에서 감마함수를 이용한 자동 생동도 변환으로 화질을 개선시키는 방식을 제안하였다. 밝기의 히스토그램을 이용하여 영상의 불균일정도를 판단하였으며, 실시간 처리의 하드웨어구현을 위하여 매 필드마다 전체 회색준위를 네 개의 구간으로 나누어 히스토그램을 구하였다. 이로부터 구한 누적분포함수와 선형누적분포함수의 차이를 누적한 값을 불균일도로 정의하고 이 값으로부터 균일한 조명의 화상과 불균일 조명의 영상인 역광의 영상 및 과도한 전광의 영상으로 분류하였다. 밝기분포가 불균일한 영상을 보상하기 위해 생동도 변환을 행하였으며, 이의 자동화를 위해 불균일도에 따른 생동도 변환상수의 결정 함수를 제안하였다.

이의 타당성을 증명하기 위해 균일 및 불균일 조명하의 영상들에 대한 컴퓨터 모의 실험을 수행하였으며, 그 결과 각 영상에 대한 밝기 균일정도의 판단, 생동도 변환상수의 결정 및 보상이 잘 맞음을 확인할 수 있었다.

II. 이 론

1. 생동도 및 생동도 변환

피사체에서 가장 밝은 조도와 가장 어두운 조도와의 비를 생동도 라고 정의한다.¹³⁾ 좋은 화상을 재현하기 위해서는 비디오 카메라 등으로부터 얻은 영상신호의 생동도와 모니터의 생동도가 서로 정합되어야한다. 그러나 영상신호의 생동도는 그 종류에 따라 큰 차이가 있다. 즉, 일반 스튜디오의 균일 조명으로 인한 피사체의 생동도는 약 20 정도이지만 야외에서의 강한 햇빛으로 인한 불균일하게 조명된 피사체의 생동도가

2000 정도나 된다. CRT모니터 자체의 생동도와 피사체에 따라 변하는 생동도에는 상당히 큰 차이가 있다.¹⁴⁾ 따라서 이 둘간의 생동도 정합이 필요하며, 이를 위해서는 입력영상신호 x 와 출력영상신호 y 간의 전달 특성함수로

$$y = ax^\gamma \quad (1)$$

를 사용한다.¹⁴⁾ 여기서 a 는 출력크기를 표준화시키기 위한 상수이며, γ 는 생동도의 확장(expansion) 및 축소(compression)를 결정하는 상수이다. 생동도변환상수 γ 에 따른 영상신호의 입출력전달특성은 그림 1에서와 같다. 이 함수는 감마보정함수와 동일하지만 CRT모니터의 비선형전달특성을 보상하기 위한 비디오 카메라에서의 감마보정과는 목적에서 차이가 있다.

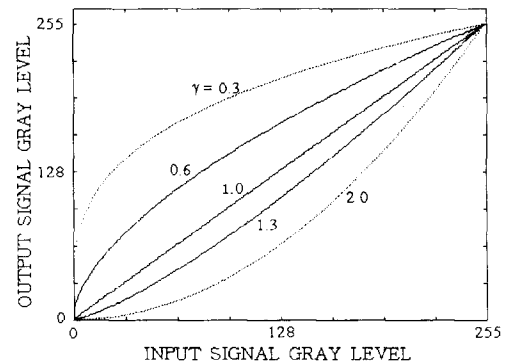


그림 1. γ 에 따른 영상신호의 전달특성

Fig. 1. The transfer characteristic of video signal of gamma.

2. 생동도의 자동변환

영상의 생동도는 영상의 종류에 따라 큰 차이가 있고, 이를 모니터의 생동도와 정합시키기 위해서는 영상의 종류를 판단하는 평가기준이 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 영상의 밝기분포의 균일도를 정의하고 이를 평가기준으로 생동도를 자동변환시키는 방법을 제안하였다.

1) 영상의 밝기분포 측정

역광의 영상인 경우에는 배경의 밝기가 피사체의 밝기보다 상당히 높으므로 전체 영상에서 밝은 부분의 분포가 증가한다. 반면 과도한 전광의 영상의 경우에는 배경이 피사체보다 상당히 어두워지므로 어두운 부분의 분포가 증가하게 된다. 균일한 정상적인 조명하의 피사체와 불균일한 조명하의 피사체인 역광을 받은

피사체 및 과도한 전광을 받은 피사체에 대한 누적분포함수 CDF는 그림 2와 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 조명의 불 균일정도에 따라 CDF가 뚜렷한 차이가 남을 알 수가 있다.

영상밝기분포의 불 균일도 NU는 현 영상의 CDF와 밝기분포가 완전히 균일한 경우의 CDF인 LCDF와의 차이를 누적한 값 즉,

$$NU = \sum_{i=0}^{255} \{CDF(i) - LCDF(i)\} \quad (2)$$

로 정의하였다. 여기서 i는 회색준위로서 영상의 밝기를 8비트로 양자화한 값들이다.

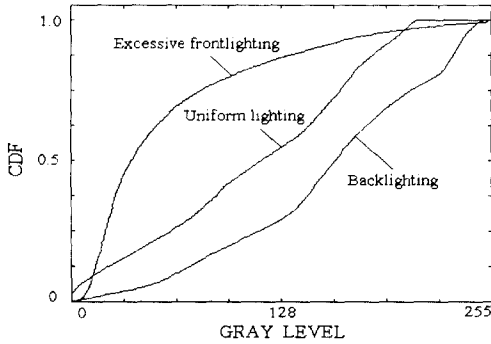


그림 2. 밝기분포가 다른 피사체 예의 CDF
Fig. 2. The CDFs of an example image of different brightness distribution.

본 연구에서는 하드웨어구현의 용이성을 위해 전체 회색준위를 네 개의 구간으로 나누어 구간히스토그램을 구하였다. k번째 구간의 구간히스토그램 $Rh(k)$ 는

$$Rh(k) = \sum_{i=(k-1)*64}^{(k*64)-1} h(i), \quad k = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

이다. 네 개의 구간을 설정한 것은 실험을 통해 불 균일도특성을 유지하는 최소의 구간 수이기 때문이다. 또한 본 연구에서는 전체회색준위의 반인 128이하에 대한 불 균일도 HNU를 새로이 정의하였다. 즉, 회색준위의 반에 대한 불 균일도 HNU는

$$HNU = Rh(1) - 64 + \{Rh(1) + Rh(2)\} - 128 \quad (4)$$

이며, 이는 식 (2)에서 구간히스토그램은 $Rh(1)$ 및 $Rh(2)$ 만을 이용하여 구한 식이다. 따라서 영상의 매 필드마다 $Rh(1)$ 및 $Rh(2)$ 만을 구하면 쉽게 HNU를 구할 수가 있다.

2) 자동 화질보상

본 연구의 목적은 불 균일한 조명 하에서 얻어지는 피사체에 대한 비디오 카메라의 영상신호를 식 (1)의 감마함수를 이용하여 실시간 및 자동으로 정상 조명 하에서와 같은 영상신호쪽으로 보상시키고자 한다. 이를 위해서는 피사체의 밝기의 불 균일정도를 정량화시켜 이에 적합한 생동도변환상수 γ 값을 결정할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 영상의 CDF를 조사하여 이와 유사한 감마함수를 선택하고자 한다. 그러나 영상신호의 종류에 따라 누적분포함수의 전체형태는 감마함수와 아주 다르다. 일반적으로 불 균일한 조명의 영상은 어두운 부분의 분포가 급격하게 증가하거나 감소한다. 인간의 시각특성은 밝은 부분 보다 어두운 부분에서 더 민감하기 때문에^[5] 회색준위의 반이하의 누적분포함수에 가까운 감마함수를 선택하였다. 이는 불 균일 조명으로 인한 영상의 어두운 부분의 CDF를 선형화 시키는 결과를 갖는다.

본 방식은 영상의 CDF를 선형화 시킨다는 점에서 히스토그램 등화방식과 유사하다. 그러나 히스토그램방식은 모든 영상의 밝기를 획일적으로 균등화시키기 때문에 영상을 부자연스럽게 만드는 경향이 있다.^[6] 그러나 본 방식은 감마함수를 이용하여 생동도를 변환시키기 때문에 자연스러운 화상을 얻을 수 있으며, 비디오 카메라 및 TV 등의 영상처리에서는 이 점이 매우 중요하다. 또한 본 방식은 인간의 시각에 민감한 회색준위의 반이하의 CDF를 선형화 시킨다는 점에서도 그 차이가 있다.

앞 절에서 정의한 불 균일도를 이용하여 생동도변환상수 γ 를 자동 결정하는 과정은 그림 3에서와 같다. 먼저 입력 영상신호에 대해 매 필드마다 구간히스토그램 $Rh(1)$ 및 $Rh(2)$ 를 구하고, 이를 이용하여 회색준위 반구간의 불 균일도 HNU를 구한다. 이 불 균일도와 회색준위 반이하의 생동도변환함수인 감마함수의 불 균일도와 가장 근사한 γ 를 생동도변환상수로 결정한다. 여기서 감마함수의 불 균일도는 감마함수를 CDF로 간주하여 회색준위 반이하에 대해 선형 CDF 함수와의 차이를 누적한 값을 뜻하며, γ 값이 결정되면 감마함수의 불 균일도는 계산될 수 있다. 예로써 γ 값이 1이면 불 균일도는 0이며, γ 값이 1 보다 적으면 불 균일도는 양의 값을 가지며, 1 보다 크면 음의 값을 갖는다.

피사체의 불 균일도에 따른 생동도변환상수 γ 를 자

동 결정하기 위한 비선형함수는 그림 4에서와 같다. 불 균일도가 d2와 d3사이 에 있을 때는 균일한 조명의 피사체로 판정되므로 γ 를 1로 두어 원영상을 그대로 통과시킨다. 불 균일도가 d2이하 또는 d3이상일 경우는 불 균일 조명의 피사체로 판정되어 생동도 변환을 행한다. 생동도 변환상수 γ 가 1보다 큰 값은 생동도의 확장을 의미하고 1보다 작은 값은 생동도의 축소를 의미한다. 과도한 생동도의 확대 및 축소를 인한 화질의 열화를 방지하기 위해 누적 값이 d1보다 적은 경우에는 γ 를 1.3으로, d4보다 클 경우에는 γ 를 0.6으로 제한시켰다

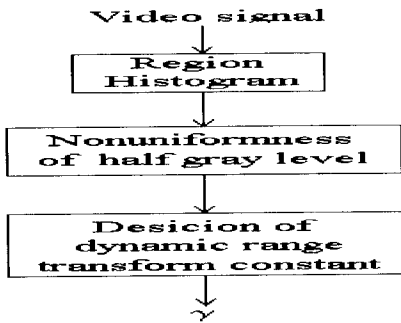


그림 3. 자동 생동도 변환상수 결정의 블럭선도
Fig. 3. The block diagram of automatic dynamic range transform constant decision.

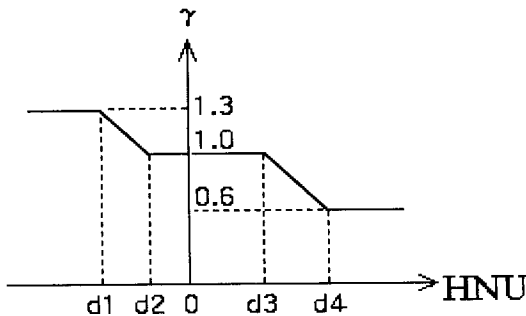


그림 4. 제안한 생동도 변환상수의 결정 함수
Fig. 4. The proposed decision function of dynamic range transform constant.

그림 5는 GIRL 영상에 대한 누적분포함수와 제안한 방식으로 결정한 γ 의 생동도변환함수를 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 회색준위의 반인 128이하에서 CDF의 불 균일도와 생동도변환함수인 감마함수의 불 균일도가 서로 같음을 알 수 있다.

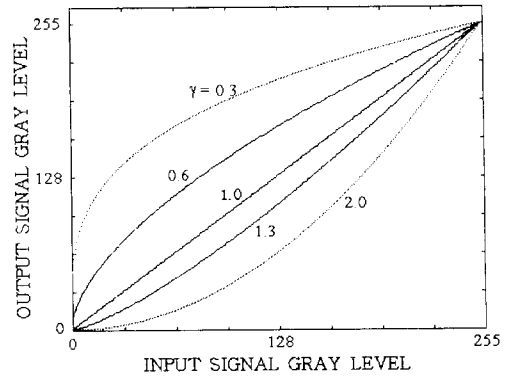


그림 5. GIRL 영상에서의 누적분포함수 및 생동도변환함수
Fig. 5. Cumulative distribution function and dynamic range transform function in GIRL image.

역광의 피사체에 대한 영상의 경우는 본 제안 방식은 달리 적용하여야 한다. 역광을 받은 피사체의 경우 HNU가 음의 값이어도 생동도를 확장시켜야 한다. 왜냐하면 피사체가 역광을 받으면 아주 밝은 조명으로 인해 피사체가 어두워지며, 이런 영상의 CDF는 밝은 부분에서 급격한 증가를 가져오므로 HNU는 음의 값을 갖는다. 따라서 이 경우는 생동도를 확장시켜야 어두운 부분의 피사체가 부각될 수가 있다.

역광 판정방식은 Sanyo사^[1] 및 Sony사^[2] 등의 역광보정을 위한 자동노출조정에서 소개되고 있다. 본 연구에서는 Sanyo사의 방식이 Sony사에 비해 역광 판정 방식이 간단하므로 Sanyo사 방식과 같이 화면을 여섯 개의 영역으로 나누어 각 영역의 평균밝기를 구한 후 이의 조합으로 역광 여부 및 피사체와 배경의 면적 비를 구하였다. 기존의 방식에서는 역광으로 판정되어도 카메라의 노출만을 조절하기 때문에 피사체의 어두운 부분은 강조되지만 배경의 밝은 부분을 포화시키는 단점을 갖는다. 그러나 본 방식은 감마함수로 생동도를 확장시키기 때문에 어두운 피사체부분을 강조시키면서도 밝은 배경부분을 포화시키지는 않는다.

제안한 방식의 시스템블럭도는 그림 6에서와 같다. 영상신호의 휘도성분을 A/D변환하고, 매 필드마다 Rh(1) 및 Rh(2)를 구한다. 휘도 신호의 회색준위를 비교하여 그 영역에 해당하는 화소를 카운팅하며, 필드가 끝나는 시점에서 카운팅된 값을 래치한다. 그리고 수직동기기간 동안은 카운터를 클리어시킨다. 또한 역광을 인식하기 위한 6개 화면영역의 밝기를 구하기 위

해 화면영역에 해당되는 화소값을 누적한다. 이 과정은 간단한 논리회로로 구성할 수 있기 때문에 매 필드마다 각 정보를 구할 수 있다. 수직동기기간 내에서 이들의 정보로써 감마를 결정하면 되므로 마이크로프로세서를 이용하여 소프트웨어적으로 처리할 수 있다.

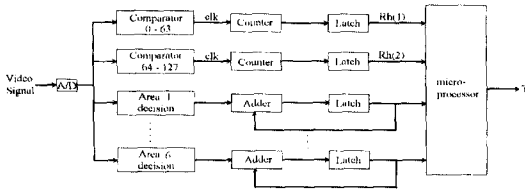


그림 6. 제안방식의 블럭도
Fig. 6. Blockdiagram of a proposed method.

표 1. 각 영상의 평탄도
Table 1. The flatness of each images.

No	Image	HNU	gamma	No	Image	HNU	gamma
1	CROWD	66.7	0.4	11	SAIL	12.1	1.0
2	ROOM	63.9	0.4	12	BOAT	8.1	1.0
3	GIRL	53.9	0.6	13	PEPP	7.8	1.0
4	CALBLECAR	46.8	0.6	14	BARBOON	-2.2	1.2
5	LENA	38.8	1.0	15	WOMAN	-8.6	1.3
6	EINSTEIN	18.2	1.0	16	GRAND	-19.3	1.3
7	BANK	16.1	1.0	17	RINGNECK	-29.3	1.3
8	MAN	14.9	1.0	18	FRIMA 1	80.2	0.6
9	SBAR	14.1	1.0	19	FRIMA 2	-8.3	0.6
10	BRIDGE	13.7	1.0	20	BOOK	-22.7	0.7

IV. 실험 결과 및 고찰

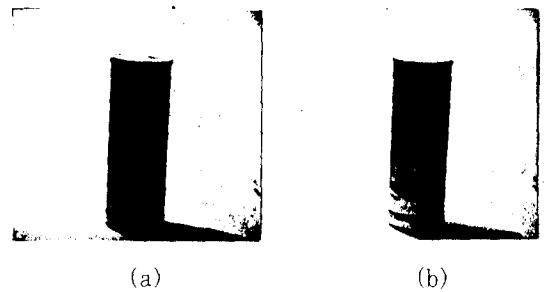
제안한 방식의 성능을 평가하기 위해서 컴퓨터 모의실험을 하였다. 모의실험에 사용한 영상들은 기존의 LENA 등의 17종류의 영상들과 TARGA+ 보드를 이용하여 얻은 512×480 크기의 각 조명하의 영상인 FRIMA 1, FRIMA 2 및 BOOK을 사용하였다. 각 피사체에 대한 불 균일도를 구한 결과는 표 1에서와 같았다. 불 균일도의 값이 클 수록 과도한 전광을 받은 피사체며, 음의 값을 가지면 역광을 받은 피사체로 분류되었다. 그림 4의 평탄도에 따른 생동도변환상수의 결정함수에서 d1, d2, d3 및 d4는 각각 -10, 0, 40,

및 60으로 두었다. 즉, 불 균일도가 0에서 40인 영상인 5번에서 13번까지의 영상은 정상적인 조명으로 인한 좋은 영상으로 판정되어 보상을 하지 않으며, 그 외의 영상들은 불 균일 조명에 의한 영상으로 판정되며 그 보상이 요구된다. 이들 영상에 대해 본 연구에서 제안한 방식으로 생동도를 변환시킨 결과 화질이 크게 개선됨을 확인할 수 있었다.



(a) (b)
그림 7. (a) 과도한 전광을 받은 원 영상 FRIMA 1과 (b) 보상된 영상

Fig. 7. (a) The original image FRIMA 1 of excessive frontlighting and (b) compensated image.



(a) (b)
그림 8. (a) 피사체가 작은 역광의 원 영상 FRIMA 2와 (b) 보상된 영상

Fig. 8. (a) The original image FRIMA 2 of a small object under backlighting and (b) compensated image.

그림 7, 그림 8 및 그림 9는 과도한 전광을 받았거나 역광을 받은 경우의 대표적인 영상인 FRIMA 1, FRIMA 2 및 BOOK과 이를 보상시킨 결과의 영상들이다. 그림 7은 과도한 전광을 받은 경우로서, (a)에서는 잘 나타나지 않았던 테니스 공을 (b)에서는 잘 식별할 수 있게 되었다. 그림 8은 역광을 받은 작은 피사체의 영상의 경우로서, (a)에서는 보이지 않던 상표가 (b)에서는 식별이 가능하였다. 그림 9는 역광을 받은 큰 피사체의 영상인 경우로서, (a)에서는 잘 보

이지 않던 책명들이 (b)에서는 모두 식별이 가능함을 알 수 있다. 원래 영상인 PRIMA 1, PRIMA 2 및 BOOK의 생동도 변환상수는 각각 0.6, 0.6 및 0.7로 결정되었다. PRIMA 2 및 BOOK영상은 평탄도가 음의 값을 가지지만 역광으로 판정되어 변환상수를 0.6 및 0.7로 각각 보상하였다. 역광으로 판정된 영상에 대해서 피사체와 배경의 면적에 따른 γ 값을 자동으로 결정하는 방식은 계속 연구되어야 할 과제이다.



(a) (b)

그림 9. (a) 피사체가 큰 역광의 큰 원 영상 BOOK과 (b) 보상된 영상

Fig. 9. (a) The original image BOOK of a large object under backlighting and (b) compensated image.

기존의 비디오 카메라에서 피사체의 밝기에 따라 자동노출조절기능이 있지만 이것만으로는 주위 조명상태에 따른 화질의 개선에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 자동생동도변환기능이 추가되면 더욱 넓은 범위의 주위조건에서도 자동적으로 화질을 개선할 수 있을 것이다. 이 두 기능이 동시에 사용될 경우에는 이에 부합하는 서로 유기적인 제어알고리즘이 요구된다.

한편, 본 방식은 계산이 간단하여 실시간의 하드웨어 구현이 가능하며, 비디오 카메라 뿐만 아니라 TV 또는 의용영상장비 등에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결론

본 논문에서는 비디오 카메라에서 히스토그램과 생동도 변환을 이용하여 영상의 밝기분포 추정 및 자동으로 화질을 보상하는 새로운 방식을 제안하였다. 피사

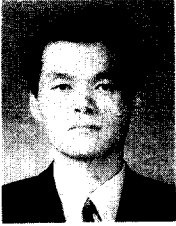
체의 밝기의 불 균일정도를 판단하기 위해 정의한 불 균일도 값으로부터 균일한 조명의 피사체와 불 균일 조명의 피사체인 역광의 피사체 및 과도한 전광의 피사체를 분류하였다. 밝기분포가 불 균일한 영상을 보상하기 위해 생동도 변환을 행하였으며, 이의 자동화를 위해 평탄도에 따른 생동도 변환상수의 결정 함수를 제안하였다. 또한 이에 따른 생동도 변환으로 화질을 자동 보상하도록 하였다.

이의 타당성을 조사하기 위해 균일 및 불 균일 조명하의 영상들에 대한 컴퓨터 모의 실험을 하였으며, 그 결과로부터 각 영상에 대한 밝기 균일정도의 판단, 생동도 변환상수의 결정 및 보상이 잘 맞음을 확인할 수 있었다. 또한 본 제안 방식은 계산이 간단하여 실시간 처리의 하드웨어 구현이 가능한 장점도 갖는다.

참고 문헌

- [1] T. Haruki and K. Kikuchi, "Video camera system using fuzzy logic," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 38, no. 3, pp. 624-634, Aug. 1992.
- [2] S. Shimizu, T. Kondo, and T. Komuro, "A new algorithm for exposure control based on fuzzy logic for video cameras," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 38, no. 3, pp. 617-623, Aug. 1992.
- [3] T. Sakaguchi, et al, "Second-generation 3-CCD video camera system for consumer use-new 3-CCD movie "NV-X100"," *National Technical Report*, vol. 41, no. 2, Apr. 1995.
- [4] De Vries, "Automatic, adaptive, brightness independent contrast enhancement," *Signal processing*, vol. 21, no. 2, pp. 169-182, Oct. 1990.
- [5] A. K. Jain, *Fundamentals of digital image processing*, Prentice Hall Int'l, pp. 49-60, 1989.
- [6] J. S. Lim, *Two-dimensional signal and image processing*, Prentice Hall Int'l, pp. 453-459, 1990.

— 저 자 소 개 —

**蔣鐘國(正會員)**

1957년 3월 15일생. 1983년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 1985년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 1993년 3월 ~ 현재 김천전문대학 전자통신과 전임강사. 주관심분야는 비디오공학, 음향공학 및 전자계측 등임

李健一(正會員) 第 24卷 第 4號 參照

현재 경북대학교 전자전기공학과 교수

金健燁(正會員)

1993년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사). 1995년 3월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 ~ 현재 삼성전자 근무중

安相昊(正會員) 第 30卷 B編 7號 參照

현재 인제대학교 전자공학과 조교수