히스토그램변환 방법에 따른 관측자들의 선호도 조사

정 재 영, 김 대 희, 홍 상 기, 조 맹섭
한국전자통신연구원
전화 : 042-369-2771 / 핸드폰 : 011-541-2771

The Survey of Observer's Preference Based on the Different Histogram algorithm Method

Jae-Young Jung, Dae Hee Kim, Sang Gi Hong, Maeng Sub Joe
Human Information Processing Dept. of ETRI
E-mail : jjy72@etri.re.kr

Abstract

The YCbCr color is widely used for digital video. In this paper, six different histogram algorithms are defined; the corresponding test images are then produced; and these images are then evaluated by observers using psychophysical techniques such as pair comparison; and show observer's preference data based on the psychophysical experiment

I. 서 론

디지털 TV(digital TV)와 같은 동영상송수신 시스템에서 영상 신호의 전송 과정은 카메라를 통하여 감지된 빛 에너지를 전기신호로 바꾼 후 아날로그 또는 디지털 신호처리 과정 및 채널 코딩(channel coding)을 거쳐 전송하는 송신부와 그 역과정을 거쳐 디스플레이 장치에 동영상을 나타내는 수신부로 구성된다. 이러한 일련의 과정을 통하여 디스플레이되는 영상은 직접 눈으로 사물을 보는 느낌과 다를 수 있다.

또 어떤 경우에는 원래 영상을 사람 또는 기계가 원하는 형태로 바꾸어서 나타낼 필요가 있다. 이를 위하여 디스플레이에 앞서 여러 후처리 방법들이 사용된다. 영상처리 과정을 거치다 보면 영상의 밝기 값을 나타내는 히스토그램을 이용하여 많은 것을 분석해 낼 수 있다.

본 논문에서는 영상의 밝기 값의 특성을 바꾸는 다양한 영상처리 알고리즘에 대한 결과 이미지를 관측자들을 동원한 실험을 통해 선호도 조사 및 영상들의 히스토그램 분포를 분석하는 이론을 제안하였다.

II. 본 론

2.1 심리물리학적 실험

관찰자를 동원한 심리물리학적 실험을 통하여 원영상을 포함한 6가지 히스토그램 관련 알고리즘을 통한 영상들 중에서 관찰자들이 선호하는 알고리즘의 방법을 추출하여 디지털 TV 또는 동영상 재생 시 최적의 화질을 가지는 영상 재현을 목적으로 하였다. 본 실험에 사용된 세부항목은 아래와 같다.

(1) 디스플레이 장치

21' EIZO CRT 모니터를 기본 설정으로 맞추고 실험 하였다. 색 온도는 6500K, 해상도는 1600*1400으로 설정하였다.

(2) 관찰자

20명의 관찰자들이 실험에 참가하였다. 영상 화질 평가에 익숙한 20대의 남자 11명, 여자 9명이었다. 관

찰자들은 모두 일반적인 색 판단 능력을 가졌고, 이시하라 색 검사(색맹 검사)를 통과하였다. 이들 중에서 남자 5명과 여자 4명이 반복성 검증을 위해 두번씩 실험에 참여하였다.

(3) 실험 영상

4개의 실험 영상에 대하여 실험을 실시하였다. 각 실험영상과 그에 따른 히스토그램은 그림 1에서와 같다. 이때 각 영상들에 대한 히스토그램은 루미넌스(luminance) Y 신호를 추출한 후 Y에 대해서만 그린 것이고, Y 데이터의 범위는 16~235로 제한되어있다.

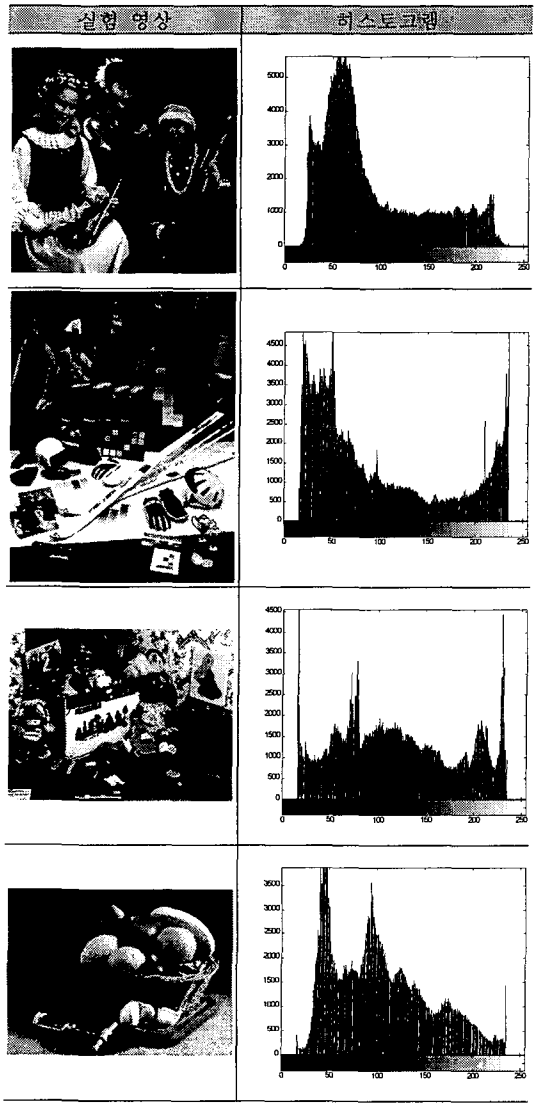

그림 1.실험 영상 및 히스토그램 분포

(4) 실험 환경

ITU-R BT.1129-2에 정의된 기준을 따라 실험 환경을 설정하였다.

(5) 실험 순서

관찰자는 먼저 10분의 교육을 통하여 실험에 익숙해 진 후 설문지를 받는다. 이 설문지에 모니터에 나타난 두 가지 영상 중 자신이 느끼기에 좋다고 생각되는 영상을 선택하는 paired comparison 방법을 이용하여 표시를 한다. 하나의 영상에 대해서 6가지 알고리즘에 대한 pair가 존재하기 때문에 6*5/2=15번의 관찰이 필요하다.

4개의 실험영상에 대해서 수행을 했기 때문에 관찰자 1인당 15*4=60번의 관찰을 하였다. 한 개의 영상당 5초 동안 관찰 및 평가를 하고 다음 영상으로 넘어가기 전, 눈의 잔상효과를 없애주기 위해 회색 화면을 5초간 보여주었다. 모든 영상에 대하여 실험을 완료하고, 10분의 실험 확인서 작성이 끝나면 실험이 완료되었다.

(6) 실험 방법

인간시각 시스템(human visual system)의 색에 대한 민감도가 떨어지는 것을 이용하여, ITU-R Rec.601 비디오는 표준 선명도 제작 시스템(standard-definition production system)에 대한 화질 기준을 제시한다.

실험에 사용되는 영상들은 그림 2에서처럼 RGB 영상에서 YCbCr로 변형된 후 Y 신호를 가지고 히스토그램 관련 연산을 하고 다시 RGB 영상으로 변환 후 사용되었다. 수식-1과 수식-2는 이때의 연산을 보여주고 있다.

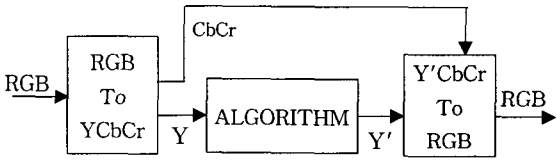

그림 2. 히스토그램 개선 알고리즘 블록도

$$\begin{bmatrix} Y'_{601} \\ C_B \\ C_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 65.783 & 129.057 & 25.064 \\ -37.945 & -74.494 & 112.439 \\ 112.439 & -94.154 & -18.285 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R'_{255} \\ G'_{255} \\ B'_{255} \end{bmatrix}$$

(수식-1)

$$\begin{bmatrix} R'_{255} \\ G'_{255} \\ B'_{255} \end{bmatrix} = \frac{1}{256}\begin{bmatrix} 298.082 & 0 & 408.583 \\ 298.082 & -100.292 & 112.439 \\ 298.082 & 516.411 & 0 \end{bmatrix} \bullet \left(\begin{bmatrix} Y'_{601} \\ C_B \\ C_R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \right)$$

(수식-2)

2.2 알고리즘 분석

알고리즘은 모두 6가지 방법을 사용하여 구현 하였다.

1번 알고리즘은 변화를 주지 않은 원 영상을 사용하였다.

2번 알고리즘은 입력된 RGB 신호를 YCbCr신호로 변환한 후 Y신호를 히스토그램 평활화 방법을 사용하여 구현하였다.

3번, 4번 알고리즘은 히스토그램 스트레칭을 이용하였다.

5번, 6번 알고리즘은 콘트라스트 스트레칭을 이용하였다.

(1) 히스토그램 평활화

일반적으로, 영상의 콘트라스트는 다이나믹 레인지에 의해서 결정되며 다이나믹 레인지는 영상의 가장 밝은 화소와 가장 어두운 화소의 비율로서 결정된다.

히스토그램 평활화 방식은 어느 특정 지역에 집중된 휘도 대역의 콘트라스트를 증가시켜서 다이나믹 레인지를 확대함으로써 전체적인 영상의 콘트라스트를 개선한다.

히스토그램 평활화의 궁극적인 목적은 일정한 분포를 가진 히스토그램을 생성하는 것이다. 따라서 평활화를 수행한 히스토그램은 보다 균일한 분포를 갖도록 하는 것이다. 즉, 변환 후의 명도 값 분포를 수정함으로써 전체적인 영상의 콘트라스트 밸런스가 개선된다.

(2) 히스토그램 스트레칭

상기 2번 알고리즘을 통해 나온 히스토그램 평활화의 결과를 기반으로 히스토그램 스트레칭을 실행하였고, 그것은 수식-3과 동일하다.

$$y = \left(1 + n - \frac{N}{256}x\right)p_n + \left(\frac{N}{256}x - n\right)p_{n+1}$$

$$for \quad \frac{256}{N}n \le x \le \frac{256}{N}(n+1) \qquad \text{(수식-3)}$$

위의 수식에서 N=256인 경우, 결과 매핑 함수(mapping function)는 히스토그램 평활화와 동일한 결과를 얻는 것을 알 수 있을 것이다.

따라서 본 논문에서는 N=4로 고정시킴으로써, 가로 축방향의 인접구역을 5개의 링크 포인트(link point)로 구성하였다.

또한 상기 수식에서, p_n의 값을 수식-4에 따라 가변 될 수 있도록 함으로써 영상 화질의 정도를 조절할 수가 있다.

$$p'_n = scale \times \left(p_n - \frac{256\,n}{N}\right) + \frac{256\,n}{N} \qquad \text{(수식-4)}$$

여기에서 3번 알고리즘의 factor들을 살펴보면 scale factor = 0.5, p0=0,p1=82, p2=128, p3=196, p4=255의 값을 사용하였고, 4번 알고리즘의 factor들에서는 scale factor = 0.5, p0=0, p1=64, p2=128, p3=176,p4=255의 값을 사용하여 구현하였다.

(3) 콘트라스트 스트레칭

콘트라스트 스트레칭의 주요 알고리즘은 원 영상의 가장 낮은 명도 값과 가장 높은 명도 값을 룩업테이블을 이용하여 계산된 결과 영상의 가장 낮은 명도 값과 가장 높은 명도 값으로 스트레칭 매칭 시킴으로 얻어지는 영상 향상 기술이다.

이 때 룩업테이블이란 입력 값에 대해 대응되는 출력 값을 테이블 형식으로 작성해 놓은 것을 말한다.

$$V = \begin{cases} \alpha u & ,0 \le u \le a \\ \beta(u-a)+Va & ,a \le u \le b \\ \gamma(u-b)+Vb & ,b \le u \le L \end{cases}$$

(수식-5)

표 1. 콘트라스트 알고리즘 5와 6에 사용된 변수

Variable	case 1	case 2
α	1.5	1.2
β	1.0	1.0
γ	0.5	0.8
a	40	80
v	215	175
Va	60	96
Vb	235	191

본 실험에서는 수식-5를 이용하였고, 알고리즘 5

(stretching case1)와 알고리즘 6(stretching case2)에 각각 사용된 계수는 표 1에 나타내었다.

2.3 데이터 분석

(1) Z-score 분석

관찰자들의 실험데이터를 분석하기 위해서 Z-score를 이용하여 분석하였다. 각 데이터들에 대해서 95%의 신뢰구간을 설정하여 오차막대를 구성하였으며, 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$1.96 \times \frac{1}{\sqrt{2 \times (SAMPLE.NO)}} \qquad \text{(수식-6)}$$

(2) 반복성

전체 실험자중 9명이 2번의 반복실험을 실시하여 관찰자들의 반복성을 검증하였다. 그 결과를 살펴보면 표 2에서 알 수 있는 바와 같이 평균 반복성은 81%로 나타났다. 또한 가장 높은 값을 가진 영상은 'Musician'이고, 가장 반복성이 낮은 영상은 'Doll' 영상으로 나타났다.

표 2. 관찰자들의 반복성

	M1	M2	M3	M4	M5	F1	F2	F3	F4	Total(%)
Fruit	48	76	95	90	67	95	90	86	95	83
Doll	86	76	90	67	71	76	81	43	67	73
Mus	76	90	90	95	81	86	100	86	90	88
Ski	62	90	81	90	52	90	81	81	81	79
Avg.	68	83	89	86	68	87	88	74	83	81

(3) 영상별 히스토그램 차이 분석 및 실험결과

본 논문에서는 전체 20명의 관찰자에 대해서 각 영상별로 선호도 조사를 해본 결과 그림 3과 같았다. 영상 별로 살펴보면 'Doll' 영상을 제외하고는 대체적으로 비슷한 현상을 보였다. 4종의 실험 영상을 분석해 보면 'Doll'을 제외한 나머지 영상은 영상의 평균 밝기가 100 내외였고 RGB의 균일한 분포를 가진데 반해, 'Doll'영상은 전체 평균 밝기가 116으로 나머지 영상들과 비교해 밝은 영상이었고, 특히 Red의 평균 밝기가 Blue와 Green에 비해 월등히 높았다.

V. 결론

본 논문에서는 관찰자를 동원한 심리물리학적 실험을 통하여 4개의 RGB영상에 대해서 YCbCr로 변환 후 Y신호를 가지고 히스토그램 평활화, 히스토그램 스트레칭 및 콘트라스트 스트레칭 알고리즘 결과를 얻을 수 있었고, 반복성에 있어서도 상당히 높은 수치를 얻었다.

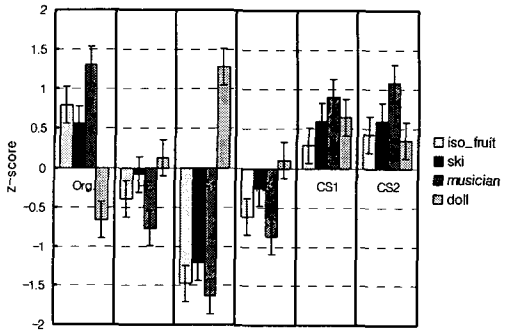

그림 3. Overall Z-Score Results of Experiment (where Org. is an original Image,HE is a Histogram Equalization, HS1 is a Histogram Stretching case 1, HS2 is a Histogram Stretching case 2, CS1 is a Contrast Stretching case 1, CS2 is a Histogram Stretching case 2)

본 논문에서는 전체적으로 원 영상과 콘트라스트 스트레칭 알고리즘이 좋은 결과를 보여주었지만, 'Doll' 영상의 경우에는 다른 영상과는 사뭇 다른 경향을 보여주었다. 콘트라스트 스트레칭 알고리즘은 실험에 사용된 4종의 다양한 히스토그램 분포의 영상들에 대해 모두 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

차기 연구대상으로 좀 더 다양한 히스토그램 분포를 가진 영상들에 대한 실험 및 사용된 계수들을 좀 더 확장해서 다양한 경우의 알고리즘 적용에 대한 연구가 필요하다.

Reference

[1] J.S.Lim, Two-Dimensional Signal and Image Processing, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990,

[2] R.C.Gonzalez and P.Wints, Digital Image Processing, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1997

[3] S.Y Kim. D Han, S.J Choi J.S Park, 'Image Contrast Enhancement Based on The Piecewise-Linear Approximation of CDF,' WAM P2.5 1999 IEEE p164-165

[4] Rafael C.Gonzalez and Richare E.Woods 'Digital Image Processing', Addison Wesley, 1993, p173-189