

경계선 특성을 고려한 관측자 선호 선예도 개선 방법

홍 상 기, 정 재 영, 김 대 희, 조 맹 섭
한국 전자 통신 연구원
전화 : 042-860-1795 / 핸드폰 : 011-882-2041

Observer Preferable Sharpness Enhancement Considering Distributions of Edge Characteristics.

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

Abstract

Sharpness enhancement, which strengthen the edge(high frequency) of image, is widely studied for image processing research area. In this paper, psychophysical experiment is conducted by the 20 observers with simple linear unsharp masking for sharpness enhancement.

The experimental results extracted using z-score analysis and linear regression suggests observer preferable sharpness enhancement method for digital television.

I. 서론

디지털 이미징 입출력 장치를 통한 영상의 획득 및 재생에 있어서 영상의 뭉그러짐 발생으로 인한 사람들이 인식하는 영상의 품질, 즉 화질의 저하가 발생하게 된다. 영상의 뭉그러짐으로 인한 화질의 저하를 개선하기 위하여 다양한 선예도 개선 알고리즘이 연구되어 왔다. 그림 1은 간단한 선예도 개선 블록도를 나타내고, 수식 (1)처럼 표현된다.

$$f_{sharp}(x,y) = f(x,y) + k * g(x,y) \quad (1)$$

수식 (1)에서 k 는 선예도 계수 인데, 이 값을 어떻게 정하는가에 따라서 사람들의 화질에 대한 선호도가 달라진다.

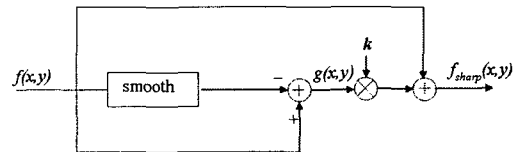


그림 1. 선예도 개선 블록도

본 논문은 다양한 영상의 경계선특성(주파수특성)을 고려한, 선예도 강조 정도에 따른 디지털 TV 화질 개선을 목적으로 한다. 특히 다양한 영상을 사용한 정신 물리학적 실험과 데이터 분석을 통하여 사람들이 일반적으로 가장 선호하는 선예도 계수를 구하고, 특성에 따라 일반적으로 적용할 수 있는 선예도 개선 알고리즘을 도출하고자 한다.

II. 정신 물리학적 실험

(1) 목 표

정신 물리학적 실험을 통하여 영상의 특성에 따라서 관측자들이 선호하는 선예도 계수를 추출하여 디지

털 TV 또는 동영상 재생 시 최적의 화질을 가지는 영상 재현을 목적으로 하였다.

(2) 디스플레이 장치

21" EIZO CRT 모니터를 기본 설정으로 맞추고 실험하였다. 색 온도는 6500K, 해상도는 1600*1400으로 설정하였다.

(3) 관측자

20명의 관측자들이 실험에 참가하였다. 영상 화질 평가에 익숙한 20대의 남자 11명, 여자 9명이었다. 관측자들은 모두 일반적인 색 판단 능력을 가졌고, 이시하라 색 검사(색맹 검사)를 통과하였다.

(4) 실험 환경

ITU-R BT.1129-2에 정의된 기준을 따라 환경을 설정하고 실험을 실시하였다.

(5) 실험 영상 선정 및 생성

총10개의 640*480 영상에 대하여 실험을 실시하였다. 각 영상은 ISO 12640 표준 영상과 JIS XYZ/ SCID 표준 영상을 중심으로 선정되었다. 각 영상의 선정 시 영상의 경계선 특성이 다양하게 분포하는 영상들을 선정하였다. 영상의 경계선 특성을 구하기 위해, 휘도 차 표준 편차 값을 계산 하였는데, 방법은 다음과 같다

(a) 현재(중심) 픽셀과 주위 8픽셀의 차를 구한다

$$D_{n,m} = P_{i,j} - P_{i-n,j-m} \quad (n=-1,0,1)(m=-1,0,1) \quad (2)$$

수식 (2)에서 $P_{i,j}$ 는 현재 처리하고 있는 픽셀(중심 픽셀)이 되고, $P_{i-n,j-m}$ 은 주위의 8픽셀을 나타내며, $D_{n,m}$ 은 차이 값을 나타낸다.

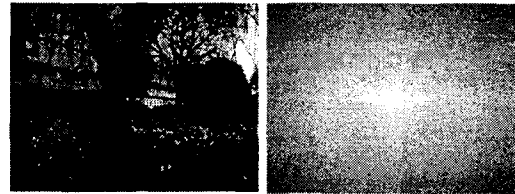
(b) 8개의 D 값 중에서 절대 값이 가장 큰 값을 현재 픽셀에서의 휘도 차 값으로 정한다.

(c) 영상의 모든 픽셀에서 휘도 차 값을 구하되, 영상의 가장 자리에 있는 픽셀은 휘도 차 값을 0으로 한다.

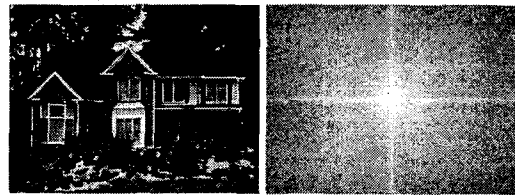
(d) 모든 픽셀에서 계산 된 값들의 표준 편차를 구한다.

위의 과정을 거쳐 계산된 휘도 차 표준 편차(이하'표준 편차'라 줄여 표기) 값은 영상의 경계 영상 특성을 대표하는 계수로 사용되는데 표준 편차 값이 클수록 고주파 성분을 많이 포함하는 영상이고, 표준 편차 값이 작을수록 저주파 성분을 많이 포함하는 영상이다. 실험

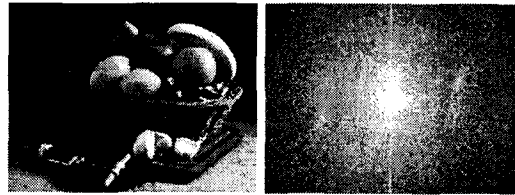
에 사용된 영상의 표준 편차 값과 영상의 푸리에 변환을 통한 주파수 특성은 그림 2와 같다.



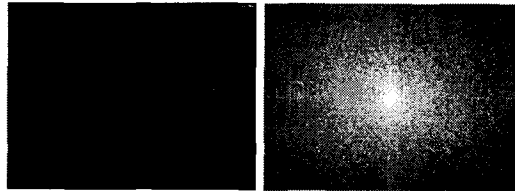
(a) Bristol ($\sigma_d = 0.12$)



(b) House ($\sigma_d = 0.10$)



(c) Fruit ($\sigma_d = 0.05$)



(d) Field Fire ($\sigma_d = 0.03$)

그림 2. 실험영상과 FFT 영상

이와 같은 과정을 거쳐 선정된 실험 영상들에 그림 3의 마스크를 사용하여 선예도 계수 {1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0}의 6단계의 값을 적용한 영상들을 생성하여 실험에 이용하였다.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

그림 3. 실험에 사용된 마스크

(6) 실험 순서

관측자는 먼저 10분의 교육을 통하여 실험에 익숙해진 후, paired comparison 방법을 이용하여 한 개의 영상 당 5초의 관찰 및 평가를 10개의 영상에 대하여 실시하였다. 30분 실험 후 5분 휴식의 과정을 반복하여 모든 영상에 대하여 실험을 완료하고, 10분의 설문지 작성이 끝나면 실험이 완료되었다.

(7) 실험 방법-Paired Comparison

Paired comparison은 1860년에 Gustav Fechner로부터 기인한 방법으로 비교적 정확한 스케일링이 가능하다는 장점이 있지만, 실험 시간이 많이 든다는 단점을 가지고 있다. 관측자는 한 개의 실험 영상에 대하여 21번 총 210번 선호하는 영상을 선택하는 실험을 실시하였다.

III. 데이터 수집 및 분석

(1) Z-score 분석

관측자들의 실험 데이터를 분석하기 위해서 Z-score 분석 방법을 이용하였다. 실험 결과 얻어진 각 영상별 선호도 데이터로부터, 먼저 원본 및 처리 영상 종류별 빈도 행렬(frequency matrix)을 구하고, 이로부터 비율 행렬(proportion matrix) 및 z값 행렬(z-score matrix)을 순서대로 구하였다. 정신 물리학적 실험 방법론에 의하면 z값 행렬 각 열의 평균값은 일종의 간격 척도(interval scale)로 간주되므로, 이로부터 알고리즘에 따른 원본 및 처리 영상에 대한 관측자 선호도를 추정하였다.

(2) 반복성

실험 데이터의 신뢰도를 검증하기 위해 전체 관측자 중 9명이 2회의 반복 실험을 실시하여 2회 실험 데이터 사이의 일치도를 계산하였다. 관측자들은 평균 77.62%의 반복성을 보였다.

(3) 추세선 분석을 통한 계수 추출

Z-score 분석을 통한 각 영상 별 실험 결과는 표 1과 같다. 표 1의 실험데이터에서 Musician영상의 표준 편차는 Bristol, House 영상에 비해 작음에도 불구하고, 관측자는 선예도 계수가 작은 영상을 선호하는 결과를 나타내었다. 이 영상의 데이터를 제외하고 나머지 9개 영상의 데이터를 각각의 표준 편차 특성 별로 4개의 그룹을 짓고, 그룹별 표준 편차의 평균과 선예도 계수의 평균을 구하여 데이터를 수정하면 표 1의 그룹화

결과가 얻어진다.

표 1에서 그룹화 된 데이터를 기반으로 표준 편차 값과 선예도 계수 값을 이용하여 선형 회귀 방법(linear regression)을 이용한 추세선 분석을 하였고 결과는 그림 4와 같다. 추세선 분석에서 R제곱 값은 추세선의 예상 값이 실제 데이터에 어느 정도 가까이 일치하는지 나타내는 0부터 1까지의 값으로, 추세선은 이 값이 1 또는 그 근사값일 때 가장 안정적이고, 결정 계수라고도 한다.

정신 물리학적 실험 및 결과 데이터의 추세선 분석에서 알 수 있듯이, 관측자들은 표준편차가 증가할수록 선예도 계수의 값이 적게 적용된 영상을 선호하였고, 추출된 전체 관찰자들의 선호 선예도 계수는 수식 (3)처럼 표현할 수 있다.

$$k = -25.85\sigma + 6.23$$

(σ : 표준편차값, k: 선예도계수) (3)

표 1. 관측자 실험 결과

실험영상	표준 편차	실험결과 (k 값)	그룹	그룹화 결과
Bristol	0.12	3.0	1	3.00
Cafeteria	0.12	3.0	(0.12)	
House	0.10	3.0	2	3.75
Swamp	0.10	4.5	(0.10)	
Musician	0.08	1.5	*	*
Fishing Goods	0.06	4.5	3	5.00
Temple	0.06	4.5		
Fruit	0.05	6.0		
Art Shots	0.03	4.5	4	5.25
Field Fire	0.03	6.0		

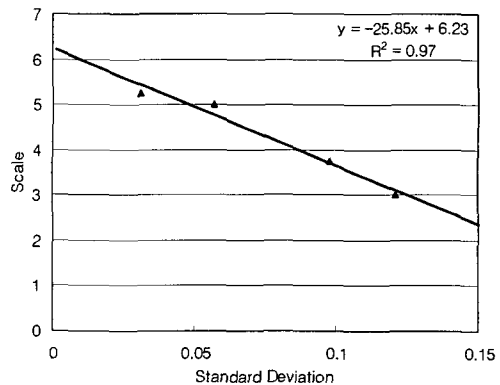


그림 4. 추세선 분석 결과

IV. 디지털 TV에 일반적으로 적용 가능한 선예도 개선 방법

동영상에서 선예도 개선 방법을 사용하여 최적의 화질을 갖도록 하기 위해서 각각의 프레임에 대하여 그림 5와 같은 처리 과정을 가지는 방법을 구성하였다. 이 방법은 휘도차 분석과 선예도 계수추출 부분을 제외하고는 일반적인 선예도 개선과 동일한 과정을 거치게 된다.

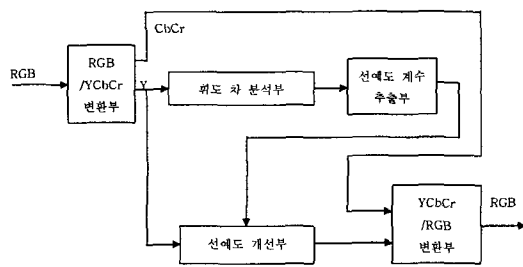


그림 5. 제안 하는 선예도 개선 블록도

(1) RGB/YCbCr, YCbCr/RGB 변환부

RGB신호로 입력되는 영상을 휘도 신호와 색차 신호로 분리하는 부분과 휘도 와 색차 신호를 RGB신호의 영상으로 합치는 부분으로 수식 (4)는 RGB신호를 YCbCr로 변환하는 ITU-R BT.709 수식을 나타내고, 역변환은 반대의 과정을 거치면 된다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.2125R + 0.7154G + 0.0721B \\ Cb &= 0.5389(B - Y) \\ Cr &= 0.6349(R - Y) \end{aligned} \quad (4)$$

(2) 휘도 차 분석부

휘도 분석은 휘도 신호와 색차 신호로 분리된 신호에서 휘도 신호만을 이용하여 휘도 차 표준 편차를 구하는 부분으로 정신 물리학적 실험에서 사용된 방법과 동일한 방법을 사용한다.

(3) 선예도 계수 추출부

선예도 계수 추출부는 휘도 분석에서 구해진 영상의 특성을 이용하여 최적의 화질을 가지도록 하는 계수를 계산하는 부분으로, 선예도 계수는 관측자들의 정신 물리학적 실험을 통하여 추출된 알고리즘 수식 (3)을 통하여 계산된다.

(4) 선예도 개선부

인쇄 마스크는 수식 (1)과 그림 3의 마스크를 사용한 선형 인쇄 마스크를 한다. 선예도 계수는 선예도 계수 추출부를 통하여 얻어진 계수를 사용한다.

V. 결론

본 논문은 디지털 TV에서 최적의 화질을 가지도록 하는 선예도 개선 방법에 대하여 알아보았다. 최적의 화질을 가지는 선예도 개선을 위하여 다양한 영상에 대한 정신 물리학적 실험을 실시하였고, 실험의 결과를 통하여 각 영상의 특성을 고려한 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘을 이용하여 선예도 개선 방법을 제안하였고, 제안된 방법을 디지털 TV에 적용하면 시청자들이 선호하는 선예도 특성을 가진 화면을 재생할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 영상의 특성 특히, 경계선 특성을 기반으로 한 알고리즘을 개발하였으나, 경계선 특성이외에도 대비도, 색상, 명도, 채도 등을 고려할 경우 좀더 개선된 알고리즘을 개발할 수 있을 것이다.

그러나 Musician 영상의 경우 다른 영상과는 일관된 특성을 나타내지 않았다. 이것은 특성이 유사한 영상 들일지라도 각 영상이 포함하는 내용에 따라서 사람들이 느끼는 선호도는 다르다는 사실을 보여준다. 따라서 최적의 화질을 가지는 영상을 재생하기 위해서는 영상의 특성뿐만 아니라 내용을 기반으로 한 알고리즘 개발이 필수적이라 할 것이다.

참고문헌

[1]Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley publishing, 1992
 [2]Charles A. Poynton, "A Technical Introduction to Digital Video" John Wiley & Sons, Inc. 1996
 [3]Peter G. Engeldrum, "Psychometric Scaling: A Toolkit for Imaging Systems Development", IMCOTEK Press,2000
 [4]Reiner Eschbach and William A. Fuss, "Image Dependent Sharpness Enhancement", US Patent 5363209, Xerox Corporation