

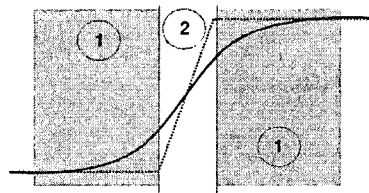
## 에지 특성에 기반한 컬러 번짐 개선 알고리즘

장준영, 강문기  
연세대학교 전기전자 공학부 TMS 사업단

### Edge Property based Color Transient Improvement Algorithm

Joonyoung Chang, Moon Gi Kang  
Yonsei University Institute of TMS Information Technology

**Abstract** - 본 논문에서는 대역 제한된 색도 신호에 의해 발생하는 컬러 번짐 현상을 TV 수신단이나 MPEG 디코더에서 효과적으로 개선하는 방법을 제시한다. 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘은 비디오 신호에 포함된 색도 신호의 천이를 개선하기 위하여, 색도 신호의 일정 원도 영역에 존재하는 주변 화소들의 국부 최대값 및 국부 최소값을 바탕으로 얻어낸 계단 신호를 사용한다. 대역 제한된 색도 신호에서 이웃에 존재하는 화소들 간의 색도 차를 계산하여 에지 특성을 분석하고 계산된 색도 차를 바탕으로 입력 신호와 계단신호와의 공간 적응적 가중치를 결정한다. 실험 결과에서는 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘이 컬러 번짐 효과를 효과적으로 제거하여 선명하면서도 자연스러운 영상을 얻어내는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 1〉 에지의 특성에 따른 두 개의 영역

#### 1. 서 론

아날로그 방송 규격인 NTSC, PAL에서는 휘도 신호와 색도 신호를 결합한 콤포지트(composite)신호로 전송을 하며, 콤포지트신호로 변환 하는 과정에서 색도 신호에는 좁은 대역폭을 할당하였다. 휘도 신호와 색도 신호의 대역폭을 달리하는 이유는 사람의 눈이 색도 신호보다는 휘도 신호에 더 민감하기 때문이었다[1]. 여러 가지 주관적인 실험에서 색도 신호는 휘도 신호 보다 화질에 큰 영향을 주지 않는다고 판단되었으며, 이러한 색도 신호에 대한 생각은 JPEG, MPEG 등에 압축 규격에까지 영향을 미치게 되었다. 그 결과로 여러 압축 규격에서는 4:1:1, 4:2:0 혹은 4:2:2와 같은 샘플링 규격을 두어서 색도 신호의 정보를 손실시킴으로 압축 효율을 증대 시켰다 [2]. 휘도 신호를 우선시하던 화질 평가가 주를 이루던 시대에는 지금과 같은 고해상도 TV가 보편화 되지 않았을 때였고, 채널 잡음 등 여러 가지 다른 요인들에 가려져 색도 신호의 정보 손실이 이용자에게 잘 인식되지도 못했다. 하지만 고해상도 영상에 대한 요구가 높아지고 있는 현재 시점에서 심하게 손상된 색도 신호의 고주파 정보를 복원해야 할 필요성이 대두되었다. 화면이 SD에서 HD로 바뀌어 가면서 기존에 색도 신호에 가해진 과도한 저역 통과 필터링으로 인한 컬러 번짐 현상이 화질 저하의 요인으로 인식되었다. 컬러 번짐 개선 알고리즘(Color transient improvement algorithm : CTI)은 이와 같은 과도한 필터링으로 인해 손상된 색도 신호의 고주파 성분을 복원하기 위해 개발 된 알고리즘이다[3][4][5]. 기존의 알고리즘은 에지의 기하학적인 특성을 이용하여 알고리즘을 수행하기 때문에 2차 미분기를 사용하게 되고[3][4], 이러한 2차 미분을 사용할 경우 잡음에 민감한 결과가 발생 할 수 있으며 사전에 영상을 미리 평탄하게 하는 선 처리 과정이 컬러 번짐 개선 알고리즘의 효과를 감소시킬 수 있다. 제안하는 알고리즘에서는 계단 신호를 사용하여 컬러 번짐을 효과적으로 개선하면서 도 에지의 특성을 이용하여 자연스러운 영상을 얻을 수 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 에지의 특성을 고려한 컬러 번짐 개선 알고리즘

컬러 번짐 현상은 색도 신호의 과도한 대역 제한으로 발생한다. 가파른 색도 신호의 경계(edge)는 저역 통과 필터를 통과한 후, 인접 픽셀들의 영향으로 인해 천이(transient) 구간이 발생하게 되고 이 천이 구간에서 컬러 번짐 현상을 야기하게 된다. 본 논문에서는 영상의 경계 영역에서의 특성을 보다 쉽게 분석 할 수 있도록 1차원 신호로 표현하였다. 천이 구간이 발생한 블러된 색도 신호를 그림 1에 직선으로 나타내었으며, 그림에서 볼 수 있듯이 블러된 색도 신호는 신호의 최대값과 최소값 사이에 인 천이 구간을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘에서는 천이 구간을 감소 시켜 그림 1의 점선과 같은 신호를 얻어내어 자연스러우면서도 컬러가 선명한 결과를 얻어낼 수 있다.

컬러 번짐을 개선하는 방법 중 한 가지는 블러된 색도신호를 계단 신호로 만들어 주는 것이다. 하지만 모든 경계를 계단 신호로 바꾸어 줄 경우, 부자연스러운 영상이 얻어질 수 있다. 또 다른 방법으로는 계단 신호와 블러된 신호를 평균 시켜주는 방법이 있을 수 있다. 하지만 이 경우에도 불연속점이 발생하여 영상을 부자연스럽게 하며, 컬러 번짐 현상도 남아있는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고 효과적으로 컬러 번짐을 개선하기 위해서 그림 1에서와 같이 두 가지 영역에서 다음과 같은 특성을 만족해야 한다. 첫 번째 특성은 그림 1의 1번 영역에서는 블러된 신호가 계단 신호에

가까워져야 컬러 번짐이 확실히 개선된다는 것이다. 두 번째 특성은 2번 영역에서는 천이 구간이 적절히 유지되어야 자연스러운 영상을 얻을 수 있다는 것이다. 즉, 모든 경우의 블러된 에지가 계단 에지라고 가정을 하는 것은 무리 일 수도 있지만 컬러 번짐 개선 알고리즘을 통해서 이루고자 하는 것은 무너진 경계를 세워주는 것이므로 계단 신호 정보를 적절히 사용하여 컬러 번짐을 개선하는 것은 바람직하다고 할 수 있다.

제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘은 계단 신호와 원본 신호와의 적절한 공간 적응적 가중치를 적용함으로써 컬러 번짐도 효과적으로 제거하며 자연스러운 결과를 얻을 수 있다. 다음 식 1은 제안하는 알고리즘에서 컬러 번짐이 제거된 색도 신호를 얻어내는 식이다.

$$C_{outimg} = \omega_{c1} \cdot C_{inimg} + \omega_{c2} \cdot C_{step}, \quad (식 1)$$

$C_{inimg}$ 는 블러된 입력 색도 신호( $C$ 는 U, V 또는 Cb, Cr을 의미)를 의미하고  $C_{step}$ 는  $C_{inimg}$ 을 통해 얻어진 계단 신호이며  $C_{outimg}$ 는 컬러 번짐 개선된 색도 신호를 의미한다.  $\omega_{c1}$ 과  $\omega_{c2}$ 는 입력 신호와 계단 신호의 가중치로 다음과 같이 동작한다. 그림 1에서 1번 영역에서는  $\omega_{c2}$ 가  $\omega_{c1}$ 보다 상대적으로 큰 값을 가지게 되고  $C_{outimg}$ 는 계단 신호에 가까워져서 컬러 번짐을 효과적으로 제거한다. 2번 영역에서는  $\omega_{c1}$ 이 커져서  $C_{inimg}$  신호의 천이 구간이 어느 정도 유지되면서 자연스러운 신호를 만들어 낸다.

2.2와 2.3에서는 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘에서 사용한 계단 신호를 생성하는 방법과  $\omega_{c1}$ 과  $\omega_{c2}$ 를 정하는 방법에 대해서 설명하였다.

##### 2.2 계단 신호 생성기

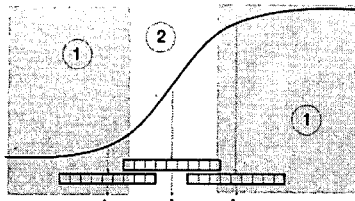
제안하는 알고리즘에서는 계단 신호를 생성하기 위하여 국부 최소값(local minimum)과 국부 최대값(local maximum)을 사용한다. 색도 신호에  $1 \times R$  크기의 마스크를 통과시키며 이 마스크 안의 값 중 최대값과 최소값을 찾는다. 그 후에, 현재 처리하는 픽셀 값이 최대값에 가까우면 최대값을 취하고 최소값에 가까우면 최소값을 취한다. 이와 같은 과정을 식 2에 나타내었다.

$$C_{step} = \begin{cases} \max_L, & |C_{inimg} - \max_L| < |C_{inimg} - \min_L| \\ \min_L, & otherwise \end{cases}, \quad (식 2)$$

$\max_L$ 과  $\min_L$ 은 각각 국부 최대값과 국부 최소값을 의미한다. 국부 최대값과 최소값을 구하는 마스크 크기  $R$ 값은 대역 제한 정도에 따라서 가변적이며 천이 구간을 포함 할 수 있어야 하지만 마스크의 크기가 너무 커지게 될 경우, 마스크 안에 있는 픽셀값을 전부 비교하여 최대, 최소값을 찾아야 하기 때문에 계산량이 증가하게 된다. 다행히 색도 신호의 경우 휘도 신호와 달리 세부적인 변화(detail)이 적고, 계다가 대역폭도 엄격히 제한되어 있기 때문에 국부 영역에 한해서 경계의 천이 이외의 고주파 성분이 거의 존재하지 않는다. 따라서 제안하는 알고리즘에서는 마스크 안의 모든 값을 비교하지 않고 마스크 안의 대푯값을 뽑아내어 이 값들만을 비교하여 국부 최대, 최소값을 찾는다. 예를 들어  $R$ 이 9일 경우, 마스크의 중앙값과 양쪽 끝 값을 대푯값으로 사용한다.

##### 2.3 가중치의 결정

2.1장에서 설명한 것과 같이 그림 1에서 1번 영역은  $C_{step}$  쪽에 높은 가중



〈그림 2〉 영역별 마스크 특성

치가 적절하고 2번 영역에서는  $C_{inimg}$  쪽에 높은 가중치가 적절하다는 것을 확인하였다. 이번 장에서는 이러한 1번, 2번 영역을 구분할 수 있는 방법을 블러된 색도 신호의 에지 특성을 분석함으로써 제시하였다. 그림 2에는 블러된 색도 신호와 1, 2번 영역을 표시하였고 각 영역에서의 마스크를 함께 표시하였다. 그림 2에서 1, 3번 마스크는 1번 영역에 위치하며, 2번 마스크는 2번 영역에 속한다. 우선 1번 영역의 1번 마스크를 살펴보면 가운데 픽셀을 기준으로 하여 왼쪽의 변화량이 오른쪽의 변화량보다 작음을 알 수 있다. 그리고 3번 마스크의 경우 1번 마스크와는 반대로 가운데 픽셀을 기준으로 오른쪽의 변화량이 왼쪽의 변화량보다 작다. 반면에 2번 영역에 속한 2번 마스크에서는 양쪽의 변화량이 비슷한 것을 알 수 있다. 따라서 1번 영역과 2번 영역을 구분하기 위해 마스크의 왼쪽과 오른쪽의 변화량을 사용할 수가 있다. 즉, 1번 영역에서는 왼쪽과 오른쪽의 변화량의 크기가 서로 다르며 2번 영역에서는 왼쪽과 오른쪽의 변화량의 크기가 비슷하게 된다. 왼쪽과 오른쪽의 변화량은 식 3과 같이 각각 마스크의 왼쪽에 있는 픽셀 값들 간의 차의 합과, 오른쪽에 있는 픽셀 값들 간의 차로 나타낸다.

$$\begin{aligned} diff_L &= \sum_{k \in left} (C_{inimg}[k] - C_{inimg}[k-1])^2 \\ diff_R &= \sum_{k \in right} (C_{inimg}[k] - C_{inimg}[k-1])^2, \end{aligned} \quad (식 3)$$

$diff_L$ 과  $diff_R$ 은 각각 마스크 좌측과 우측에 위치한 픽셀 값들의 차를 의미한다. 그림 2에서 나타난 에지의 특성과 식 3을 이용하여 가중치를 다음과 같이 정하였다.

$$\begin{aligned} \omega_{c1} &= \frac{\min(diff_L, diff_R)}{0.5 \cdot (diff_L + diff_R)} \\ \omega_{c2} &= 1 - \omega_{c1} \end{aligned} \quad (식 4)$$

식 4에서와 같이 가중치를 정하면 앞의 2.1장에서 언급한 컬러 번짐을 효과적으로 개선하면서 자연스러운 영상을 얻기 위한 두 가지 조건을 모두 만족시킬 수 있다. 예를 들면, 1번 영역에서는 마스크 양쪽의 변화율인  $diff_L$ 과  $diff_R$ 의 차이가 크며 변화율이 서로 다를 경우 식 4의  $\omega_{c1}$ 의 분자가 작은 값을 가지게 돼서  $C_{inimg}$ 의 가중치인  $\omega_{c1}$ 이 작아지고  $C_{step}$ 의 가중치인  $\omega_{c2}$ 이 커져서 컬러 번짐을 효과적으로 제거하게 된다. 반대로 2번 영역에서는 마스크 양쪽의 변화율인  $diff_L$ 과  $diff_R$ 이 비슷한 값을 가지며 이와 같은 경우는  $\omega_{c1}$ 의 분자가 큰 값을 가지게 돼서  $C_{inimg}$ 의 가중치인  $\omega_{c1}$ 이 커지고  $C_{step}$ 의 가중치인  $\omega_{c2}$ 이 작아져서 컬러 천이 구간을 어느 정도 유지하여 자연스러운 영상을 얻을 수 있게 해준다.

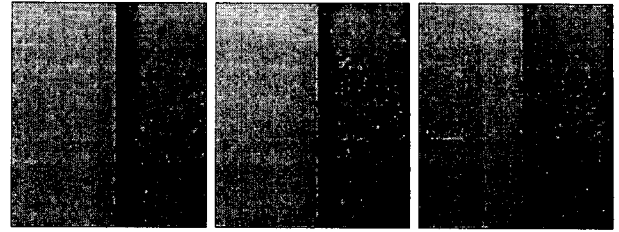
한편, 색도 신호의 국부 최소값과 최대값의 차이가 큰 경우에는 색상 변화가 크게 일어나는 지역으로 이와 같은 영역에서는 두 가지의 색상을 보다 확연히 대비시켜야 하기 때문에 천이 구간을 유지시킬 경우 컬러 번짐이 덜 제거되는 현상이 발생할 수가 있다. 따라서 최소값과 최대값의 차이가 큰 부분에서는 계단 신호의 가중치를 더 높일 필요성이 있다. 식 4는 다음과 같이 재조정 될 수 있다.

$$\begin{aligned} \omega_{c1} &= \frac{\min(diff_L, diff_R)}{0.5 \cdot (diff_L + diff_R) \cdot f(\max_L - \min_L)} \\ \omega_{c2} &= 1 - \omega_{c1} \end{aligned} \quad (식 5)$$

$f(\cdot)$ 은 국부 최대값과 최소값의 차이에 따라 1에서 2 사이의 값을 출력하는 함수로 국부 최대값과 최소값의 차이가 클 경우,  $\omega_{c1}$ 의 가중치를 낮춰서 계단신호에 높은 가중치를 주게 된다.

#### 2.4 실험 결과

이번 장에서는 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여 colorbar, balloon, car 등의 다양한 영상에서의 실험 결과를 비교하였으며 비교 알고리즘으로는 참고문헌 [3]의 ACTI 알고리즘을 사용하였다. 그림 3은 colorbar 영상을 처리한 결과이다. 실험 결과에서 확인할 수 있듯이 제안하는 알고리즘이 컬러 번짐 현상을 더 효과적으로 제거하는 것을 확인할 수 있다. 그림 4, 5에서는 balloon과 car 영상을 제안한 알고리즘으로 처리한 결과를 나타내었다. 그림 4에서는 빨간색과 녹색, 빨간색과 파란색의 경계 사이에 컬러 번짐 현상이 효과적으로 제거된 것을 확인할 수 있으며, 그림 5에서는 무채색과 빨간색 사이의 컬러 번짐 현상이 효과적으로 제거된 것을 확인할 수 있다.



〈그림 3〉 colorbar 영상에서의 실험 결과 (a) 블러된 영상 (b) ACTI 알고리즘 [3] (c) 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘



〈그림 4〉 balloon 영상에서의 실험 결과 (a) 블러된 영상 (b) 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘



〈그림 5〉 car 영상에서의 실험 결과 (a) 블러된 영상 (b) 제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘

### 3. 결 론

제안하는 컬러 번짐 개선 알고리즘은 아날로그 혹은 디지털 비디오의 색도 신호에서 컬러 번짐 개선 알고리즘을 수행할 때, 색도 신호의 국부 최대값과 국부 최소값만을 사용하여 계단 신호를 생성한 후에 입력 색도 신호와 생성된 계단 신호를 에지 특성에 기반한 공간 적응적 가중치 함수로 결합하여 출력 신호를 얻어냄으로써 추가적인 선 처리과정이 없기 때문에 처리 시간과 추가적인 메모리 할당을 줄일 수 있는 새로운 컬러 번짐 개선 알고리즘이다. 실험 결과에서는 제안하는 알고리즘이 색도 신호의 손상으로 인한 컬러 번짐 현상을 효과적으로 제거하면서도 자연스러운 영상을 얻어내는 것을 확인할 수 있다.

**Acknowledgement** - 이 논문은 2007년도 교육인적자원부 BK21 사업의 일환인 연세대학교 전기전자 공학부 TMS 사업단과 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터 공동지원으로 연구되었음

#### [참 고 문 헌]

- [1] A. M. Tekalp, "Digital Video Processing", Prentice Hall Signal Processing, Upper Saddle River, 1995.
- [2] "Recommendation ITU-R BT.601-5, Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios", ITU-T, 1995.
- [3] P. Lin and Y. T. Kim, "An Adaptive Color Transient Improvement Algorithm", IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 37, No 3, May 1999.
- [4] K. Rabi, "Chroma noise reduction and transient improvement", Patent US4935806, June, 1990.
- [5] K. Ohara, "Digital color transient improvement", Patent US5920357, July, 1999.