

논문 2011-48SP-5-8

# 조도 변화를 고려한 동영상 색 유동성 저감 알고리즘

## ( Temporal Color Rolling Suppression Algorithm Considering Time-varying Illuminant )

오 현 목\*, 강 문 기\*\*

( Hyun Mook Oh and Moon Gi Kang )

### 요 약

본 논문은 조도 변화에 의해 동영상 시퀀스에서 발생하는 주기적인 색상 및 밝기 변화를 저감하기 위한 알고리즘을 제안한다. 밝기 변화가 주기적으로 일어나는 광원 환경에서 동영상을 촬영하는 경우, 노출 시간이 짧아짐에 따라 색상 및 밝기가 주기적으로 변하는 색 유동성 현상, 즉 컬러 롤링 현상(color rolling phenomenon)이 발생한다. 색 유동성 현상이 발생하는 경우 화이트 밸런스 알고리즘을 적용함으로써 개별 프레임의 색상을 보정할 수 있지만, 프레임 간에 발생하는 밝기 차이를 고려하지 않기 때문에 동영상의 밝기가 주기적으로 변하는 문제가 남게 된다. 제안하는 방법에서는 프레임 간에 발생하는 밝기 변화를 추정함으로써 색 유동성 현상으로 인해 나타나는 밝기 및 색상 변화를 보정하는 알고리즘을 제안한다. 이 때, 움직이는 물체에 의해 발생하는 밝기 변화 추정 에러를 줄이기 위해 움직임 검출(motion detection) 방법에 기반하여 색 유동성에 의한 밝기 변화만을 선택적으로 검출하여 보상한다. 또한 이전 밝기 정보를 이용하여 색 유동성에 의한 밝기 변화량을 예측함으로써 실시간 영상 처리에 적합하도록 하였다. 실험 결과를 통해 제안하는 방법을 사용하는 경우 조도 변화에 의한 밝기 변화를 보상함으로써 동영상의 프레임 간 밝기 및 색상의 항상성을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

### Abstract

In this paper, a temporal color and luminance variation suppression algorithm for a digital video sequence is proposed by considering time-varying light source. When a video sequence is sampled with the periodically emitting illuminant and with a short exposure time, the color rolling phenomenon occurs, where the color and the luminance of the image periodically change from field to field. In conventional signal processing techniques, the luminance variation remaining in the resultant video sequence degrades the constancy of the image sequence. In the proposed method, we obtain video sequences with constant luminance and color by compensating for the inter-field luminance variation. Based on a motion detection technique, the amount of the luminance variation for each channel is estimated on the background of the sequence without the effects of moving objects. The experimental results clearly show that our strategy efficiently estimated the illuminant change without being affected by moving objects, and the variations were efficiently reduced.

**Keywords :** color rolling phenomenon, motion detection, temporal color variation, luminance consistency

\* 학생회원, \*\* 정회원-교신저자,  
연세대학교 전기전자공학과 TMS 정보기술사업단  
(Institute of TMS Information Technology, Yonsei University)

※ 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2011-0000096)과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업(NIPA-2011-(C1090-1111-0003))의 연구결과로 수행되었음

접수일자: 2011년4월28일, 수정완료일: 2011년8월17일

## I. 서 론

디지털 이미징 장치를 이용하여 컬러 영상을 획득하는 경우, 장치 내외부적 요인으로 인해 실제 반사에 의해 나타나는 컬러와 다른 결과를 획득하게 된다. 카메라 내부적으로는 센서의 특징 및 셔터 스피드 등이 영향을 미칠 수 있으며, 외부적으로는 광원의 색온도가

획득 영상의 컬러를 변화시키는 가장 큰 요인으로 작용한다. 광원의 색온도, 즉 태양광, 형광등, 백열등 등의 파장에 따른 에너지에 의해 현재 획득하는 영상의 색이 변하게 되며, 이는 곧 물체의 색 항상성 (color constancy)을 훼손하여 조명에 따라 서로 다른 색상으로 인식하게 된다.<sup>[1]</sup> 이를 해결하기 위한 방법으로써 정지 영상에 대해 컬러 채널 간 불균형 문제를 해결하여 무채색을 보정하는 화이트 밸런스 알고리즘이 연구되었다.<sup>[1~3]</sup> 한편 인간의 시각 체계는 시간에 따른 변화에 상당히 민감하기 때문에 정지 영상에서 뿐만 아니라 시간 축 방향으로 색 일관성을 유지해주는 것이 매우 중요하다. 하지만 동영상을 획득하는 경우 이미징 장치의 내외부적 요인으로 인해 색 온도가 프레임에 따라 변하는 경우가 발생한다.

주기적으로 점멸을 반복하는 광원에서 동영상을 촬영할 때 색이 주기적으로 변하는 경우가 발생하는데, 이를 색 유동성 현상, 즉 컬러 롤링 현상 (color rolling phenomenon)이라 한다.<sup>[4]</sup> 이 경우 영상의 색상이 그림 1의 예와 같이 녹색, 청색, 무채색으로 순차적으로 변하게 되며, 동영상 색 일관성 저하 및 압축 효율 저하 등의 문제가 발생한다. 이러한 문제는 광원의 주파수와 이미징 시스템의 시간 축 샘플링 주파수가 일치하지 않는 경우에 발생하며, 프레임 당 노출 시간이 짧을수록 누적되는 광량의 변화가 심해짐으로 인해 색상 변화가 크게 나타난다. 컬러 롤링의 원인을 제거하기 위해 자동 조리개 렌즈 혹은 고정 셔터 스피드 등의 하드웨어 장치를 이용하는 방법,<sup>[5]</sup> 혹은 오토 화이트 밸런스 알고리즘 적용을 통한 신호처리적인 해결 방법이 제안되었다.<sup>[4,6]</sup> 이 중 신호처리적 방법은 하드웨어적 해결 방법에서 발생하는 고비용 및 부피 증가 문제로부터 자유로운 대신, 조도의 밝기 변화를 고려하지 않음으로 인해 휘도 변화를 해결하지 못하는 문제가 있다.

본 논문에서는 조도 변화를 고려함으로써 영상의 색상뿐만 아니라 밝기를 유지할 수 있는 신호처리 기반 색 유동성 억제 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 프레임 간에 발생하는 밝기 변화를 추정함으로써 색 유



그림 1. 색 유동성 현상  
Fig. 1. color rolling phenomenon.

동성 현상으로 인해 나타나는 밝기 및 색상 변화를 보정한다. 움직이는 물체가 있는 경우 밝기 변화 추정 에러가 발생하는데, 이를 줄이기 위해 움직임 검출 (motion detection) 방법에 기반하여 색 유동성에 의한 밝기 변화를 정확히 검출한다. 또한 이전 밝기 정보를 이용하여 색 유동성에 의한 밝기 변화량을 예측함으로써 실시간 영상 처리에 적합하도록 하였다. 실험 결과를 통해 제안하는 방법을 사용하는 경우 조도 변화에 의한 밝기 변화를 정확히 보상함으로써 동영상의 화질이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

## II. 현상 분석 및 기존 방법

컬러 롤링 현상은 주기적으로 발광하는 광원의 샘플링 주파수와 카메라의 샘플링 주파수의 차이로 인해 생기는 현상이다. 그림 2에서는 대표적인 주기 발광 광원인 형광등과 감시 카메라의 NTSC 포맷에 기반한 샘플링의 예를 나타내었다. 그림에서는 형광등에 전원을 공급하는 전원 주파수(60 Hz)와 동영상의 샘플링 주파수 (sampling frequency: 59.94 Hz) 가 서로 다른 값을 갖는데, 그 차이로 인해 프레임마다 받아들이는 광량에 변화가 생기게 된다. 프레임 당 노출 시간이 긴 경우 입력되는 광량의 차이가 크지 않지만, 노출 시간이 짧은 경우 입사되는 광량을 누적하는 범위가 크게 달라짐에 따라 입력되는 빛의 양이 큰 차이를 보이게 되어 색 유동성이 심하게 나타난다.

짧은 노출 시간이 색 유동성 현상의 원인이 된다는 점에서 셔터 스피드를 강제적으로 증가시킴으로써 컬러

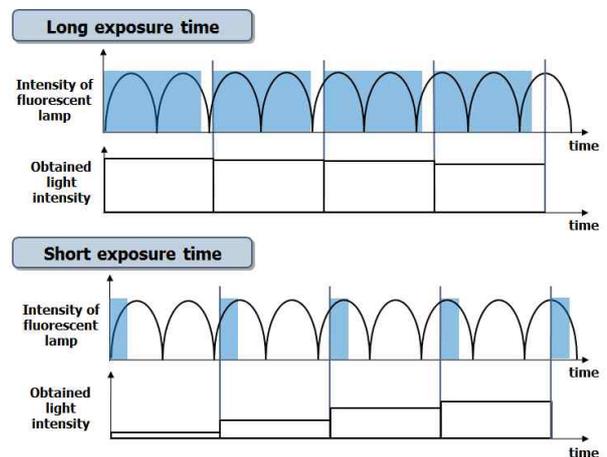


그림 2. 셔터 스피드의 변화에 따른 광량 변화  
Fig. 2. light intensity variation of an imaging system with periodically emitting light source.

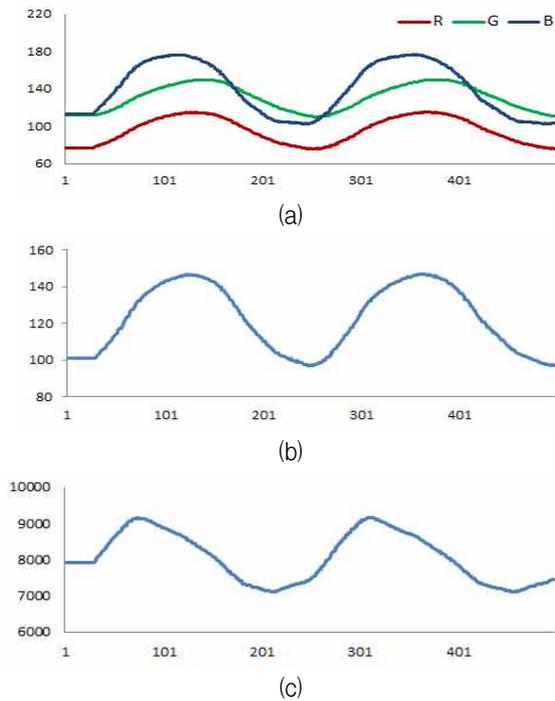


그림 3. (a) 시간 축 채널 별 밝기 변화 (b) 전체 밝기 변화 및 (c) 색온도 변화  
 Fig. 3. (a) intensity variation of each channel (b) corresponding luminance variation and (c) color temperature variation

롤링 현상을 사전에 제거할 수 있다. 하지만 이 경우 움직임 블러(motion blur)가 생기거나 광량 조절에 실패하여 광포화(saturation) 현상이 발생해 영상의 화질이 급격히 훼손된다. 일정 노출 시간에 대해 안정된 광량을 획득하기 위한 방법으로써 자동 조리개 렌즈를 사용할 수 있다. 또한 기기 외부에 주파수 검출 장치를 장착하여 이미징 시스템의 샘플링 주파수를 광원의 발광 주파수에 맞추어줌으로써 색 유동성 현상을 사전에 방지할 수 있다.<sup>[5]</sup> 하지만 이러한 경우 추가 하드웨어로 인한 가격 부담 및 부피 증가의 문제 등이 발생하기 때문에 신호처리 기반 접근 방법이 필요하다.

색 유동성 현상을 해결하기 위한 신호처리 기반 방법에서는 시간에 따른 컬러 변화에 주목하였다. 그림 3에는 색 유동성이 발생하는 경우 이미징 센서에서 획득하는 적녹청(R, G, B) 채널의 변화 및 전체 밝기, 색온도의 변화를 각각 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 색 유동성이 발생하는 경우 동영상 시퀀스의 색상이 sine 함수의 형태로 주기적으로 변하는데, R, G 채널에 비해 상대적으로 파장이 짧은 B 채널에서 센서의 수광부에서 받아들이는 광량 변화가 크게 나타난다. 이

에 따라 B채널 개인 보상을 통한 색 유동성 저감 방법,<sup>[5]</sup> 혹은 각 프레임에 독립적으로 오토 화이트 밸런스 알고리즘을 적용하여 색 유동성을 줄이는 방법이 제안되었다.<sup>[7]</sup> 이러한 방법은 컬러 변화의 해결에 초점을 맞춘 반면, 광량 변화에 의한 영상 밝기 변화를 적절히 보상해주지 못하는 문제가 있다. 실제 시퀀스에서는 그림 3과 같이 세 채널 모두가 컬러 롤링의 영향을 받기 때문에 하나의 채널 혹은 각각의 프레임을 독립적으로 처리하는 경우 밝기 변화가 동영상에 남게 되며 이는 동영상의 안정성을 훼손함으로써 화질 저하로 나타난다. 따라서 휘도 성분의 변화를 보상할 수 있는 신호처리 기반 색 유동성 방지 알고리즘의 개발이 필요하다.

### III. 제안하는 알고리즘

제안하는 알고리즘은 색 유동성 현상을 해결함에 있어서 컬러 성분 변화의 원인을 조도의 변화 즉 밝기 성분의 변화로 보고 이를 해결함으로써 색과 밝기가 일정한 동영상을 획득하는 것을 목표로 한다. 일반적인 컬러 영상 획득 모델은 다음과 같다.

$$P = \int_{\lambda} Q(\lambda)E(\lambda)R(\lambda)d\lambda \quad (1)$$

이 때  $\lambda$ 는 파장,  $Q(\lambda)$ 는 이미지 센서의 파장에 따른 응답 함수 벡터,  $E(\lambda)$ 는 광원의 파장에 따른 에너지 분포,  $R(\lambda)$ 는 물체의 파장에 따른 반사도를 나타내며, 세 가지 요인에 대한 최종 컬러 벡터로써  $P$ 를 획득하게 된다. 이 때 색상 성분에 대한 센서의 응답 함수가 협대역으로 분포하며, 컬러 채널 간 상관도가 낮다고 가정하는 경우 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>[7]</sup>

$$p = Q_e r \quad (2)$$

이 때  $p$ 는 각 픽셀에 대한 컬러 정보 벡터이며  $Q_e$ 는 광원  $E(\lambda)$ 에 대한 센서 응답 매트릭스,  $r$ 은 컬러 정보에 대한 반사도 벡터이다.

수식 (2)에 기반하여 동영상 환경에 따라 변화하는 광원의 에너지 및 물체의 움직임으로 인한 반사도의 변화를 시간 축 변수  $n$ 에 대해 각각  $Q_{e,n}$ 와  $r_n$ 로 나타낼 수 있다. 이에 따라  $n$ 번째 필드에서의 센서 응답  $p_n$ 은 다음과 같다.

$$p_n = Q_{e,n} r_n \quad (3)$$

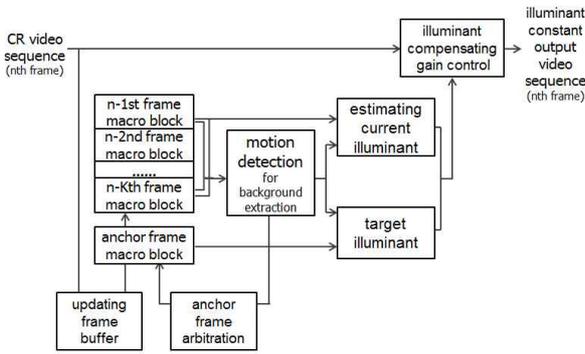


그림 4. 제안하는 색 유동성 제거 알고리즘 블록도  
Fig. 4. Block diagram of the proposed color rolling suppression algorithm.

이 때 협대역 응답 함수 가정으로 인해 센서 응답 함수는 채널 간 상호 독립적이었던 것처럼 시간 축 방향에 대해서도 채널 사이의 영향이 작다고 가정할 수 있는데, 이는 그림 3(a)의 채널별 밝기 변화 그래프에서도 확인할 수 있다. 이에 따라  $Q_{e,n}$ 는 대각행렬(diagonal matrix)의 형태를 갖게 되며, 컬러 영상에 대해 광원 및 센서에 대한 응답 함수에 의한 영향을 제거하여 물체의 색상  $r_n$ 을 얻기 위한 과정을 다음과 같이 센서에 누적된 에너지에 대한 역함수로서 나타낼 수 있다.

$$r_n = Q_{e,n}^{-1} p_n \quad (4)$$

따라서 동영상에서 발생하는 색상 및 밝기 변화를 보정하기 위해서는 각 채널 독립적으로 광원 정보를 추정하고 이를 보상함으로써 이루어질 수 있다.

그림 4는 제안하는 색 유동성 억제 알고리즘의 전체 블록 다이어그램이다. 제안하는 방법은 밝기 정보를 추출할 때 모션 검출을 바탕으로 움직임이 없는 배경정보만을 이용함으로써 동일 영역에서의 밝기 변화 추적이 가능하도록 하였다. 또한  $K$ 개의 이전 프레임을 사용함에 있어서 다운 샘플링 된 정보를 사용함으로써 노이즈의 영향을 줄이는 동시에 프레임 메모리 버퍼를 사용하지 않고도 적절한 보상이 이루어지도록 하였고, 다운 샘플링 된 이전 정보를 이용하여 현재 정보를 추정하도록 하였다.

### 1. 움직임 검출 기반 블록 배경 추출 방법

화상 내 움직이는 물체가 있는 경우 점진적으로 변하는 컬러 롤링 현상과는 달리 급진적으로 색이 변하는 현상이 발생한다. 만약 움직이는 물체를 고려하지 않고 밝기를 추정하는 경우 컬러 롤링으로 인해 발생하는 색 변

화 뿐 아니라 물체에 의한 색 변화를 포함하기 때문에 동영상의 밝기가 급격히 변하는 플리커(flicker) 현상이 발생하게 된다. 이러한 에러를 줄이기 위해 다음과 같이 움직임 판단 기술을 바탕으로 한 배경 검출 기술을 이용함으로써 컬러 롤링에 의한 밝기 변화를 추정한다.

제안하는 방법에서는 인접 프레임 간 변화의 유사성에 기반한 움직임 검출 방법을 이용한다.<sup>[8~11]</sup> 이 방법에서는 프레임 샘플링 속도가 움직임에 비해 충분히 빠르기 때문에 움직임에 의한 변화가 인접 프레임에서 적절한 범위 안에 포함된다고 가정한다. 즉, 움직임이 없는 영역에 대해서는 정보의 변화가 없다고 가정하는데, 이상적으로는 동일 영역에 대한 차이가 0 값을 갖게 된다. 일반적인 움직임 검출에서는 절대 차이의 합(sum of absolute difference: SAD)를 사용하는데, 이는 노이즈 등의 영향을 줄임으로써 움직임 검출의 정확도를 높일 수 있는 방법이다. 하지만 이전 프레임 정보를 사용하는 경우 프레임 메모리의 사용으로 인해 하드웨어적인 부담이 증가한다는 문제점이 있다. 제안하는 방법에서는 프레임 메모리를 사용하지 않는 동시에 노이즈의 영향을 줄이기 위해 블록 단위 평균값을 대표값으로 사용하여 그 차이를 비교하도록 한다.

서브 블록의 가로 세로 길이를  $L_r, L_c$ 로 정의했을 때, 채널  $A = \{R, G, B\}$ 에 대해  $l_r, l_c$  번째 서브 블록 평균은 다음과 같이 정의 한다.

$$\bar{A}_{n-k}^{l_r, l_c} = \sum_{i=l_r}^{l_r+L_r-1} \sum_{j=l_c}^{l_c+L_c-1} A_{n-k}(i, j) / (L_r L_c) \quad (5)$$

이 때  $l_r, l_c$ 은 블록 내부의 인덱스,  $A_{n-k}$ 는  $n-k$ 번째 프레임이며 정수  $k$ 는 1부터  $K$  사이의 값을 갖는다. 수식 (5)를 이용하여 각 서브 블록위치에 대한 움직임이 검출되지 않는 배경 여부는 다음과 같이 각 채널에서의 차이의 합을 이용하여 판단할 수 있다.

$$D_{n-k}^{l_r, l_c} = \begin{cases} 1 & \sum_{A=\{R, G, B\}} \frac{|\bar{A}_{n-k}^{l_r, l_c} - \bar{A}_{n-k-1}^{l_r, l_c}|}{(\bar{A}_{n-k}^{l_r, l_c} + \bar{A}_{n-k-1}^{l_r, l_c})/2} < T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

이 때  $D_{n-k}^{l_r, l_c}$ 은  $n-k$ 번째 프레임의  $l_r, l_c$  서브 블록 위치에서의 움직임 여부를 나타내며, 1인 경우 배경 영역을 0인 경우 움직임이 나타난 영역임을 가리킨다. 수식 (6)에서는 컬러 롤링 현상에 대한 배경 영역 검출을

위한 임계값  $T$  를 사용한다. 일반적인 움직임 검출의 경우 배경 영역의 정보가 일정하지만, 컬러 롤링 현상이 나타나는 경우에는 전체적인 밝기가 변하기 때문에 배경 영역에서 나타나는 변화를 고려해주어야 한다. 따라서 제안하는 방법에서는 다음과 같이 컬러 롤링 현상에 의한 밝기 변화를 임계값에 반영하도록 한다.

$$T_{oc} \left[ \frac{E_{max} - E_{min}}{P(E_{max} + E_{min})/2} \right] \quad (7)$$

이 때  $E_{max}$  와  $E_{min}$  은 한 주기 안에서의 휘도의 최대, 최소값을 나타내며,  $P$  는 컬러 롤링 현상의 주기를 나타낸다. 즉, 배경 검출을 위한 임계값은 컬러 롤링 현상의 진폭에 비례하며 주기에 반비례하게 설정함으로써 조도 변화를 반영하게 된다.

## 2. 배경 추출에 기반한 색 유동성 검출 및 보정

서브 블록 영역에 대해 배경 영역 추출이 이루어진 후에 현재 프레임의 밝기 변화를 추정함으로써 채널 별 밝기 변화로 인한 전체 색 변화를 보정할 수 있다. 동영상 시퀀스의 각 프레임에 대한 밝기 변화량을 검출하기 위한 기준으로써, 제안하는 방법에서는 목표가 되는 프레임(anchor frame)을 정하고 이를 기준으로 밝기 변화량을 검출한다. 이 때 목표 프레임은 밝기 보상 기준으로써 색 유동성 억제 후 최종 밝기를 결정하게 된다. 따라서 임의의 밝기 값으로 정할 수 있지만, 광포화 혹은 낮은 밝기 등으로 인한 정보 손실을 막기 위해 휘도의 최대, 최소값의 범위 안에서 정하는 것이 가장 자연스러운 영상을 만들어 낸다. 제안하는 방법에서는 최대 휘도를 갖는 경우를 기준으로 삼음으로써 컬러 롤링으로 인해 저감되는 밝기를 보상해주도록 하겠다.

수식 (4)에서 살펴본 것과 같이 컬러 롤링 현상에 의한 밝기 변화는 다음과 같이 각 채널에 대한 게인(gain)을 통해 보상해줄 수 있다.

$$\hat{A}_n(i, j) = g_n^A \times A_n(i, j) \quad (8)$$

이 때,  $A_n(i, j)$  는  $n$  번째 프레임에 대한 채널  $A$  의  $(i, j)$  위치에서의 픽셀값이며,  $g_n^A$  는 해당 프레임의 채널  $A$  에 대한 컬러 롤링 보정 계인,  $\hat{A}_n(i, j)$  는  $n$  번째 프레임에 색 유동성이 저감된 컬러 채널  $A$  를 나타낸다. 위의 수식 (8)에 따라 각 채널이 독립적으로 보상되기 때문에 각 채널 특성에 맞는 계인을 정확하게 구하

는 것이 중요하다. 색 유동성 보정 계인  $g_n^A$  는 다음과 같이 목표 밝기  $E_a^A$  와 현재 밝기  $E_n^A$  의 비율을 이용하여 정해진다.

$$g_n^A = E_a^A / E_n^A \quad (9)$$

이 때 각각의 밝기 정보는 수식 (6)에 나타난 배경 추출 정보를 이용하여 구한다. 주의할 점은, 현재 평균과 목표 평균을 구할 때 앞서 구한 채널 간, 프레임 간 통합된 움직임 정보를 사용하여 동일한 블록 평균을 샘플링하여 사용한다는 점이다. 공통의 배경 영역에 대한 목표 프레임과 현재 프레임의 밝기는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E_a^A &= \sum D_n^{l_r, l_c} A_a^{l_r, l_c} / \sum D_n^{l_r, l_c} \\ E_n^A &= \sum D_n^{l_r, l_c} A_n^{l_r, l_c} / \sum D_n^{l_r, l_c} \end{aligned} \quad (10)$$

이 때,  $A_a^{l_r, l_c}$  는 목표 프레임의 채널  $A$  에 대한  $l_r, l_c$  번째 서브 블록을 나타내며, 목표 프레임은 계속적으로 움직임이 발생하는 경우 움직임 중첩으로 인해 생기는 에러를 줄이기 위해 움직이는 영역에 대한 서브 블록 값과 융합함으로써 화상 변화에 적응하도록 하였다. 이는 물체가 화면 가운데로 들어와서 오래 머무르는 경우 등에서도 안정적으로 동작하도록 해주는 효과가 있다.

수식 (10)을 통해 목표 프레임의 밝기 및 현재 프레임의 밝기 값을 구할 수 있다. 이 때  $n$  번째 프레임과  $n-1$  번째 프레임 사이에 급격한 변화량이 나타나지 않는다고 가정할 때 이전 프레임 값들을 이용하여 추정할 수 있다. 이는 연속된 두 프레임 사이의 상관도가 높다는 가정과도 연관되는 것으로써 색 유동성 발생 시 실시간 보상을 가능하게 해준다.

$$\hat{E}_n^A = \sum D_n^{l_r, l_c} [\hat{A}_{n-1}^{l_r, l_c} + \omega \epsilon_{n-1}] / \sum D_n^{l_r, l_c} \quad (11)$$

이 때  $\omega$  는 기존 정보 및 추가되는 정보 사이의 상관도에 기반한 가중치 함수이며,  $\epsilon_{n-1}$  은  $n-1$  프레임과  $n$  프레임의 변화량 추정치로써 프레임 간 배경 영역 추출에 따라 가중치를 두는  $n-1$  번째 프레임까지의 변화량의 누적값이다.

## IV. 실험 결과

제안하는 방법의 성능을 검증하기 위해 다양한 색 유동성 발생 시퀀스에 대해 알고리즘을 적용하였다. 영상

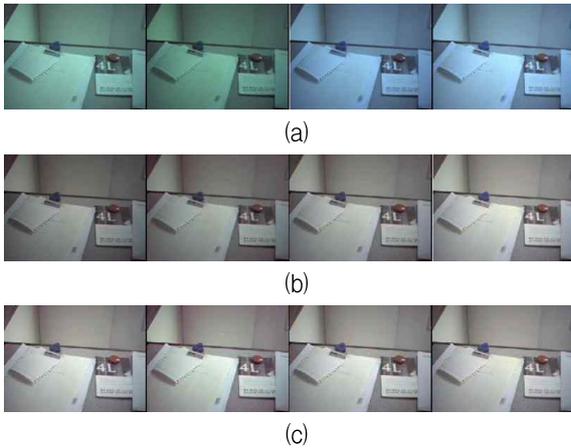


그림 5. 실험결과 (a) 색 유동성 발생 영상 시퀀스 1 (b) 기존 방법 (c) 제안하는 방법  
 Fig. 5. Experimental result (a) image sequence with color rolling phenomenon (b) conventional method (c) proposed method.

시퀀스를 획득함에 있어서 60Hz 전원 주파수에서 동작하는 형광등 광원에서 NTSC 포맷으로 영상을 저장하는 감시 카메라를 이용하였으며 이 경우 색 유동성이 가장 크게 나타났다. 실험의 비교 대상으로써 AWB 기반 알고리즘을 사용하였으며, 다양한 영상에서 좋은 성능을 보이는 무채색 그레이디언트 가정(Gray edge assumption: GEA) 기반의 알고리즘을 적용하였다.<sup>[2]</sup>

그림 5(a)에는 움직임이 없는 환경에서의 색 유동성 발생 영상을 나타내었다. 여기에서는 프레임간의 색상 및 밝기 변화를 보이기 위해 180, 240, 300, 360 번째 프레임만을 나타내었으며, 앞서 살펴본 것과 마찬가지로 녹색 기반의 어두운 프레임으로부터 청색 기반의 밝은 프레임으로 순차적으로 변한다. 기존의 방법을 적용했을 때 그림 5(b)에 나타난 것처럼 각 프레임에서 채널별 균형은 맞지만, 밝기 변화가 남아있는 것을 볼 수 있다. 제안하는 방법에서는 시간 축 상으로 발생하는 조도에 의한 밝기 변화를 각 채널 독립적으로 보정하는데 초점을 맞추었으므로 그림 5(c)에 나타난 것처럼 밝기 및 색상이 일정한 결과를 획득하게 된다. 영상 전체적인 밝기 및 색상 변화를 알아보기 위해 그림 6과 같이 1000개의 연속된 프레임에 대한 변화를 알아보았다. 색 유동성 발생 영상의 경우 주기적으로 밝기 및 색상 변화가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 기존 방법을 적용하는 경우 색상 채널 간 차이를 보정함으로써 밝기 변화 폭이 20% 정도만 줄어드는 것을 볼 수 있다. 제안하는 방법을 적용하는 경우 처음의 적용 과정을 지난

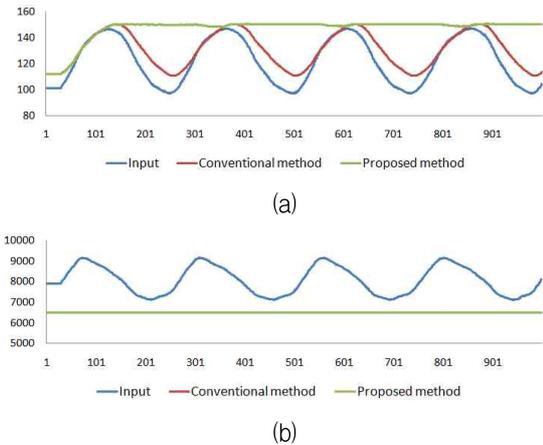


그림 6. 입력 시퀀스 1, 기존 및 제안하는 방법의 결과에 대한 시간 축 변화량 (a) 밝기 변화 (b) 색상 변화  
 Fig. 6. The input sequence, the corresponding result of the conventional method, and the proposed method (a) luminance (b) color temperature.

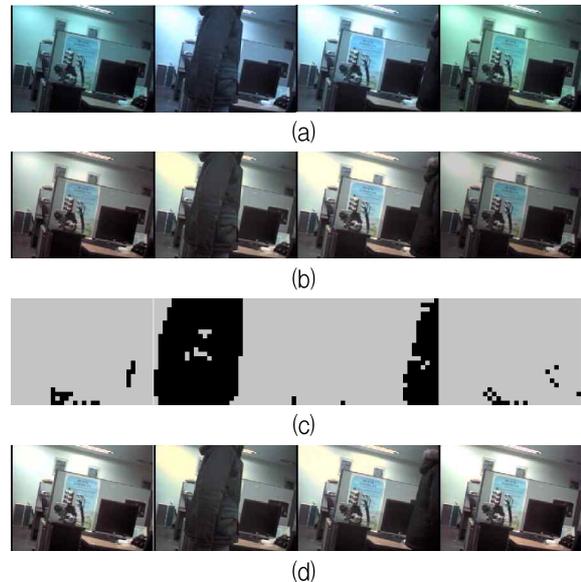


그림 7. 실험결과 (a) 색 유동성 발생 영상 시퀀스 2 (b) 기존 방법 (c) 배경 추출 결과 (d) 제안하는 방법  
 Fig. 7. Experimental result (a) image sequence with color rolling phenomenon (b) conventional method (c) background extraction (d) proposed method.

후로는 80% 이상 밝기 변화 폭이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 일반적인 감시 카메라 환경에서 흔히 발생하는 경우로써 컬러 롤링 현상 뿐 아니라 인물의 움직임이 추가적으로 존재는 경우를 나타낸다. 그림 7(b)에서는 기존 알고리즘 적용하였을 때 밝기 변화가 존재하

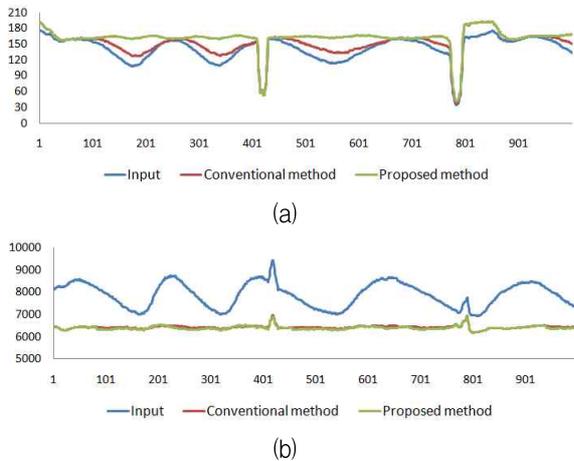


그림 8. 입력 시퀀스 2, 기존 및 제안하는 방법의 결과에 대한 시간 축 변화량 (a) 밝기 변화 (b) 색상 변화

Fig. 8. The input sequence, the corresponding result of the conventional method, and the proposed method (a) luminance (b) color temperature

표 1. 입력영상에 따른 밝기 변화의 최대, 최소 및 차이

Table 1. The maximum and the minimum of each luminance of input sequence and the difference between them.

Seq		input	conv.	proposed
1	min	97.1	110.7	141.7
	max	147.0	150.3	150.6
	diff	49.9	39.6	8.9
2	min	107.8	127.0	159.7
	max	157.7	160.9	166.7
	diff	49.9	33.9	7.0

는 것을 볼 수 있다. 그림 7(c)에서는 움직임 검출에 기반한 배경 영역 검출 결과를 나타내었으며 회색으로 나타난 배경 영역을 효과적으로 검출하는 것을 볼 수 있다. 이를 바탕으로 보정한 결과 그림 7(d)와 같이 움직임 여부에 큰 영향을 받지 않고 일관된 색상 및 밝기를 유지하게 됨을 알 수 있다. 그림 8에서는 1000개의 연속된 프레임에 대해 밝기 및 색상 변화를 살펴보았다. 제안하는 방법을 적용한 결과 물체의 움직임이 나타나는 400 번째 및 800 번째 프레임에서의 급격한 변화 구간을 제외한 나머지 컬러 롤링 구간에서 밝기 변화의 폭이 85% 가량 줄어든 것을 확인할 수 있다. 특히 움직임이 나타난 이후에도 밝기 변화량이 일정하게 유지됨으로써 밝기 변화가 없는 안정된 동영상 제공함을 확인할 수 있다.

표 1에서는 각 영상 시퀀스 및 각 방법을 적용하는

경우에 대해 밝기의 최대 및 최소값을 측정하고 그 둘의 차이를 나타내었다. 영상의 밝기 범위가 0~255라고 하였을 때, 각 입력 영상의 밝기 변화는 주어진 표와 같이 50의 차이를 갖고 변화한다. 기존 알고리즘을 적용하는 경우 변화 폭이 줄어들지만 여전히 33~40 가량의 밝기 차이가 존재하는 것을 확인할 수 있다. 제안하는 방법을 사용하는 경우 밝기 변화폭이 10 이하로 매우 작으며, 밝기 변화가 적절하게 보상되는 것을 확인할 수 있다.

이상의 결과를 통해 제안하는 방법이 동영상 내부적인 국부 움직임에 관계없이 각 프레임의 상대적인 밝기를 추정할 수 있으며, 목표 프레임을 이용하여 채널 별 밝기를 일정하게 유지할 수 있는 것을 확인하였다. 제안하는 방법은 입력 시퀀스의 특징에 근거해 유동적인 밝기를 보정하기 때문에 카메라 시스템의 특징에 의존하지 않고 독립적으로 적용되며 다양한 카메라에서 발생하는 컬러 롤링 현상을 효과적으로 제거할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 주기적으로 변화하는 조도 변화에 의해 색 유동성이 발생하는 동영상 시퀀스에 대해 일정한 밝기 및 색상을 유지할 수 있도록 채널 별 밝기를 보정하는 알고리즘에 대해 논의하였다. 물체의 움직임이 있는 환경에서 주기적으로 변하는 조도 변화를 감지하기 위해 움직임 검출 기법에 기반한 배경 추출 방법을 사용하였고, 변화의 진폭 및 주기에 따른 적응적 검출 기준을 정함으로써 컬러 롤링 현상에 의한 변화를 추정할 수 있었다. 실험 결과를 통해 제안하는 방법이 조도 변화에 의한 밝기 변화를 효과적으로 억제하는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 밝기 및 색상이 안정된 동영상 시퀀스를 획득함을 확인할 수 있다.

## 참고 문헌

[1] K. Barnard, V. Cardei, and B. Funt, "A comparison of computational color constancy algorithms - Part I: methodology and experiments with synthesized data," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 11, no. 9, pp. 927 - 984, Sep. 2002.

[2] J. Weijer, T. Gevers, and A. Gijsenij, "Edge-based color constancy," *IEEE Trans.*

- Image Processing, vol. 16, no. 9, pp. 2207 - 2214, Sep. 2007
- [3] C. Weng, H. Chen, C. Fuh, "A novel automatic white balance method for digital still cameras," IEEE ISCAS 2005, pp. 3801-3804, May 2005
- [4] Y. Horie, "Color image processing method, and color imaging apparatus," US 2005/0179789, Aug. 2005.
- [5] J. C. Weng and J. L. Chen, "Image-clock adjusting circuit and method," US 2008/0309818, Dec. 2008.
- [6] Y. Taura, "Image processing circuit, image processing method, and camera device," US 2005/0253941, Nov. 2005.
- [7] J. A. Worthey and M. H. Brill, "Heuristic analysis of von Kries color constancy," J. Opt. Soc. Amer., vol. 3, no. 10, pp. 1708 - 1712, Oct. 1986.
- [8] Y. Y. Jung, S. Yang, and P. Yu, "An effective de-interlacing technique using two types of motion information," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 49, no. 3, pp. 493 - 498, Aug. 2003.
- [9] G. L. Li and M. J. Chen, "High performance de-interlacing algorithm for digital television displays," Journal of Display Technology, vol. 2, no. 1, pp. 85 - 90, Mar. 2006.
- [10] M. J. Chen, C. H. Huang, and C. T. Hsu, "Efficient de-interlacing technique by inter-field information." IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 50, no. 4, pp. 1202 - 1208, Nov. 2004.
- [11] H. Yang, J. Lin, H. Tsao, and Y. Fan, "Algorithm and architecture design of illumination changes adaptive motion estimation" IEEE ISCE 2009, pp.565-568, May 2009.

---

 저 자 소 개
 

---



오 현 목(학생회원)  
 2005년 연세대학교 전기전자  
 공학과 학사 졸업.  
 2007년 연세대학교 전기전자  
 공학과 석사 졸업.  
 2007년~연세대학교 전기전자  
 공학과 박사과정

<주관심분야 : 컬러 보간, 오토 화이트 밸런스, 컬러 보정>



강 문 기(정회원)-교신저자  
 1986년 서울대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1988년 서울대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1994년 Northwestern University  
 박사 졸업.

1994년~1997년 Assistant Professor.

(University of Minnesota, Duluth)

1997년~1999년 연세대학교 전기전자공학과  
 조교수.

1999년~2004년 연세대학교 전기전자공학과  
 부교수.

2004년~연세대학교 전기전자공학과 정교수.

<주관심분야 : 영상복원, 초해상도 영상복원, 비선형 필터링, 비디오 분석 및 처리 부화소단위의 움직임 추정>