

인간의 시각 특성을 사용한 Multi-Projector Display에서의 밝기 항상 방법

정회원 이희원*, 종신회원 이병욱**

Improving Brightness for a Multi-projector Display Using Human Visual Properties

Hee-won Lee* *Regular Member*, Byung-Uk Lee** *Lifelong Member*

요 약

몰입감을 향상시키는 초대형 화면을 생성하기 위하여 여러 개의 프로젝터에서 투사되는 영상을 연결하여 마치 하나의 프로젝터에서 투사되는 영상처럼 보이게 하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 각 프로젝터의 밝기는 그 모델이나 램프의 사용기간에 따라서 달라진다. 이를 보정하기 위하여 여러 프로젝터에서 투사된 영상들의 밝기를 균일하게 맞추는 일이 중요하다. 기존의 방법들은 프로젝터의 밝기 값만을 고려한 방법으로 밝기 보정을 하면 디스플레이 되는 화면이 어두워지는 경향이 있다. 본 논문에서는 프로젝터의 밝기만을 고려하던 기존의 밝기 보정 방법들과는 달리 프로젝터의 입력 영상의 밝기를 고려한 프로젝터의 밝기 보정방법을 제안하였다. 그 결과 기존의 방법들에 비해 멀티 프로젝터를 사용하여 스크린에 투사된 영상들의 밝기를 개선하여 자연스러운 영상을 얻을 수 있다. 이상의 과정을 simulation하여 그 동작을 확인하였고, 실제 영상에 적용하여 그 성능의 우수성을 입증하였다.

Key Words : multi-projector display, video signal processing, brightness improvement

ABSTRACT

Very large-area multi-projector display systems have wide applications since they provide immersive environments. The brightness of projectors in the system is different due to the design and aging of the bulbs, and optical properties of the projectors. Therefore it is imperative to match the brightness characteristics of projectors in the system. This issue has been addressed by many researchers. The state of the art solution considers characteristic of projector's brightness only. In this paper, we propose a method that takes into account brightness of projector as well as the dynamic range of the input image. We increase the dynamic range of the input image to utilize the maximum possible brightness of a projector while satisfying the spatial smoothness constraint. This achieves a seamless multi-display with dramatic brightness improvement.

I. 서론

최근 컴퓨터 기술의 급속한 발전으로 인하여 기존의 텍스트 위주의 사용자 환경에서 벗어나 이미

지, 그래픽, 오디오 및 비디오 데이터 등을 제공하는 멀티미디어 사용자 환경으로 변화하고 있다.

영상 디스플레이 기술의 발전과 프로젝터 기기의 실용화에 따라 프로젝터를 사용한 응용분야가 확장

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

* 이화여자대학교 정보통신학과(lepink00@hanmail.net), ** 이화여자대학교 정보통신학과(bulee@ewha.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-01-008, 접수일자 : 2006년 1월 6일, 최종논문접수일자 : 2006년 5월 8일

되고 있다. 특히, 프로젝터는 상대적으로 저렴한 가격으로 대형화면을 구축할 수 있어서 학원, 교회, 학교, 회의실, 전시실, 각종 이벤트 장소 등 여러 사람들이 모이는 곳에서 많이 사용되고 있다. 또한, 개인적인 용도로도 그 수요가 증가 되고 활용범위 역시 점차 확대되고 있는 추세이다. 특히, 산업용으로 각종 관제센터나 통제소 같은 곳에서는 한눈에 여러 곳의 현황을 파악하거나 가상현실을 이용한 각종 모의 훈련 (simulation)을 하기 위해 대형 디스플레이 장치가 필요하다. 대형 디스플레이를 한대의 프로젝터로 구현하는 것은 한계가 있으므로 여러 대의 프로젝터를 사용하는 것이 일반적이다. 여러 대의 프로젝터로 대형 디스플레이 시스템을 구축하기 위해서는 여러 영상들을 왜곡이 없이 정렬하는 과정과 각 프로젝터의 색상 변화를 균일하게 맞추는 과정 등 몇 가지 해결해야 할 문제점들이 있다.

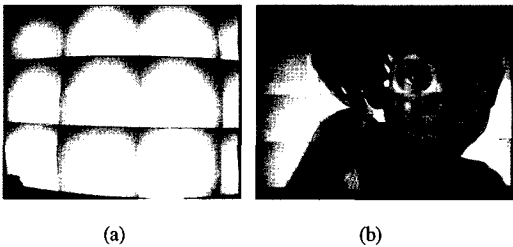


그림 1. 대형 디스플레이에서 발생하는 문제 (a) 영상들의 기하학적 왜곡 현상과 색상 변화에 대한 보정을 하지 않은 대형 디스플레이 (b) 영상들의 기하학적 왜곡현상이 보정되고 색상 변화에 따른 보정이 되지 않은 영상

스크린에 투사된 각 영상들을 왜곡 없이 정렬시키기 위하여 여러 가지 여러 알고리즘^[1-4]이 연구되었다. 그림 1에서 영상 정렬의 예를 보이고 있다^[5]. 그러나 프로젝터 간의 색상과 밝기 변화를 균일하게 맞추는 과정은 여전히 중요한 문제이다. 프로젝터의 사양이 같은 제품이라도 여러 대의 프로젝터에서 나오는 영상의 밝기가 균일하지 않다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 되고 있다. 대형 디스플레이의 밝기 보정 방법으로는 크게 edge blending, brightness matching, perceptible variation constraints 등이 있다. Edge blending^{[6][7]} 방법은 영상이 겹치는 부분의 밝기를 보정하는 방법으로 인접한 프로젝터의 영상이 중복되는 되는 부분의 밝기 보정은 가능하지만 프로젝터 내의 밝기의 비 균일성과 프로젝터간의 밝기 차이를 해결하지 못한다.

반면, brightness matching^[8-10]을 이용한 방법은 각 프로젝터에서 나타낼 수 있는 밝기 범위를 정하여서 공통적으로 모든 프로젝터에서 나타낼 수 있는 밝기 범위를 만드는 방법으로 프로젝터 내의 밝기와 프로젝터 간의 상호 밝기 및 중복되는 부분의 밝기 보정을 가능하게 한다. 그러나 이 방법은 디스플레이 되는 영상의 contrast와 brightness를 제일 성능이 나쁜 프로젝터에 맞추어서 화질이 열화 된다.

따라서 최근에는 스크린에서 밝기의 값을 분석하여 인접한 화소간의 밝기차이를 사람 눈이 인식하지 못하는 범위 내에서 향상시켜 밝기 보정을 하는 방법^[5]이 연구되었다. 이 방법은 프로젝터 내에서의 비 균일한 밝기 특성과 프로젝터 상호간의 밝기 차이를 모두 고려한 방법으로 효과적으로 밝기차이를 줄임으로써 영상의 질을 향상시킬 수 있다. 이 방법의 성능은 좋지만 사람이 느낄 수 있는 정도를 나타내는 contrast parameter λ 값, 즉 인간의 시각이 밝기 변화의 차이를 느낄 수 있게 하는 기준 값이 작아지면 영상의 밝기가 굉장히 어두워지게 되어 만족스러운 영상을 얻을 수 없다.

본 논문에서는 각 프로젝터에 들어오는 입력 영상의 밝기 특성을 고려하여 프로젝터에서 사용할 수 있는 최대한의 밝기를 사용하는 방법에 대해 연구 하였다. 입력영상의 밝기특성을 고려하여 λ 값이 작아져도 밝기를 향상시킴으로써 영상이 어두워지는 단점을 개선하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 논문에서 제안하는 영상의 특성을 고려한 밝기 보정방법에 대해서 자세히 설명한다. 3 장에서는 기존 방법과 새롭게 제시하는 방법의 실험 결과를 비교하고 4 장에서는 연구에 대한 결론을 맺고 추후 연구 방향을 제시 하였다.

II. 제안하는 알고리즘

2.1절에서 기존의 방법으로 Majumder가 제안한 perceptible variation constraint 방법^[5]을 설명하고 2.2 절에 이를 개선한 새로운 방법을 설명한다.

2.1 Perceptible variation constraint

여러 프로젝터의 밝기를 서로 맞춘 후의 각 프로젝터의 최대 밝기와 최소밝기를 H'_D 와 L'_D 라 하고 $G(i)$ 가 projector function 일 때 밝기 보정한 후의 위치 (x,y) 에서의 밝기 $B'_D(x,y)$ 은 식(1)과 같다.

$$B'_D(x,y,i) = G(i) \cdot (H'_D(x,y) - L'_D(x,y)) + L'_D(x,y) \quad (1)$$

Perceptible variation constraint 방법은 H'_D , L'_D 를 구할 때 사람의 눈의 특성을 고려한다. 식 (2)는 Weber's law로 시각의 특성을 나타내며, 위치 (x, y) 에서의 밝기 값이 $L(x, y)$ 일 때 공간에서의 밝기의 변화량의 절대값은 원래의 밝기 값에 λ 를 곱한 값보다 작은 경우 사람의 눈은 그 밝기의 차이를 느끼지 못한다.

$$\left| \frac{\Delta L}{\Delta x} \right| \leq \lambda L, \quad (2)$$

곧, Perceptible variation constraint에서 위치 (x, y) 의 주변 8 pixel에 대하여 식 (2)를 적용하여 식 (3)과 같이 H'_D 를 구하였다.

$$\frac{|H'_D(x,y) - H'_D(x',y')|}{\sqrt{|x-x'|^2 + |y-y'|^2}} \leq \lambda H'_D(x,y) \quad (3)$$

위의 조건을 모두 만족하는 H'_D 를 구하면 여러 가지 해가 나오게 되는데, $\sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} H'_D(x,y)$ 의 값이 최대가 되는 H'_D 값을 선택한다. 즉, 밝기가 최대가 되는 값을 선택한다. 그러나 contrast parameter λ 값이 작아지면 H'_D 의 값이 그림 2의 (d)와 같이 균일하게 되어 디스플레이 되는 영상의 밝기가 평장히 어두워져 자연스러운 디스플레이가 불가능하다.

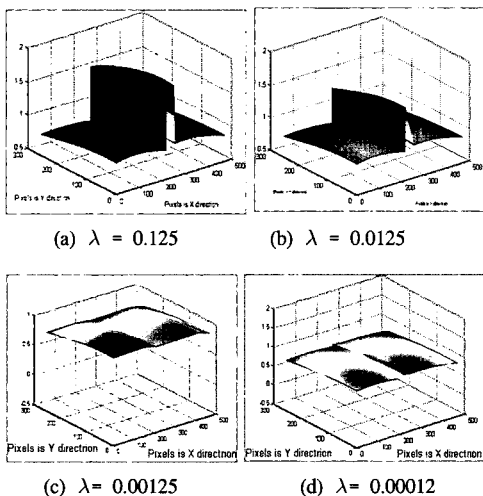


그림 2. λ 값에 따른 H'_D

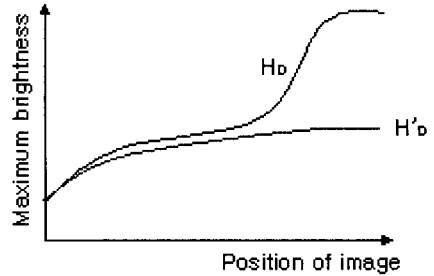


그림 3. 프로젝터의 최대밝기 H_D , H'_D

2.2 입력영상의 밝기 성분을 사용한 개선된 밝기 보정 방법

멀티 프로젝터 디스플레이에서 밝기가 개선된 영상을 얻기 위해서 우선 프로젝터의 밝기와 입력영상의 밝기 성분까지 고려한 H'_D 를 구하여야 한다. 보정하기 전의 밝기 H_D 로부터 식 (2)와 (3)을 사용하여 보정된 후의 밝기 H'_D 값을 구한다. 보정 전후의 밝기의 관계는 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. Majumder가 제안한 방법에서는 실제 프로젝터가 나타낼 수 있는 밝기의 최대값 H_D 가 보정된 후의 밝기의 최대값 H'_D 보다 항상 크거나 같으므로 전반적으로 영상을 더 밝게 나타낼 수 있는데도 불구하고 H'_D 값을 그대로 사용하여 영상의 밝기를 효율적으로 보정하지 못한다. 따라서 H_D 값을 그대로 사용하기 위하여 입력영상의 밝기 값을 증가시켰다. 입력영상의 밝기 값이 $i(x,y)$ 일 때 H'_D 값에 $i(x,y)$ 을 곱한 $M'_D(x,y,i)$ 값은 식 (4)와 같으며,

$$M'_D(x,y,i) = H'_D(x,y) \cdot i(x,y) \quad (4)$$

이 값은 입력영상의 밝기 값이 $i(x,y)$ 일 때 프로젝터를 통해 스크린에 나타난 예측한 결과영상의 밝기 값이다. H'_D 가 H_D 보다 항상 작으므로 그림 4와 같이 $M'_D(x,y,i)$ 값도 H'_D 의 값보다 작게 된다. 곧, 입력영상의 밝기 값에 고려하여 H_D 까지 최대한 밝기를 키우기 위해 $M'_D(x,y,i)$ 을 H_D 값으로 나눈 $k(x,y)$ 값을 구한다.

$$k(x,y) = H_D(x,y) / M'_D(x,y,i) \quad (5)$$

$k(x,y)$ 는 영상의 밝기 특성을 고려하여 영상의 출력밝기를 H_D 까지 항상 시킬 수 있는 비율의 값으로 H'_D 가 H_D 보다 항상 작으므로 $k(x,y)$ 의 값

은 항상 1보다 크게 된다. 한 영상에서는 k 값을 식 (6)과 같이 모든 $k(x,y)$ 값 중 가장 작은 값으로 지정한다.

$$k = \min k(x,y) \quad (6)$$

위와 같이 k 값을 결정하면 영상의 최대밝기가 프로젝터의 최대밝기 H_D 가 된다. 여기에서 한 단계 더 나아가서 밝기 향상을 위해 k 값을 최소값보다 큰 값을 사용하는 방법을 제안하였다. 이 경우에 일부 화소는 밝기가 최대 밝기에 포화되지만 그 화소의 비율이 전체 면적의 0.02 % 이하인 경우에는 밝기 왜곡은 인간의 시각에 인지되지 않고 밝기는 현저하게 향상된다. 따라서 프로젝터 밝기의 특징과 각 영상의 밝기 특징을 고려하여 최종적으로 보정된 영상의 예측 출력 영상의 밝기 값 $D'_D(x,y,i)$ 값은 식 (7)과 같다.

$$D'_D(x,y,i) = H'_D(x,y) \cdot G(i(x,y)) \cdot k \quad (7)$$

이때 k 의 값을 식 (6)과 같이 정한 경우 $D'_D(x,y,i)$ 값은 그림 4와 같이 H_D 를 넘지 않는다. 그러나 k 의 값을 식 (6)에서 구한 최소값보다 큰 값을 선정하여 식 (7)을 사용하면 $D'_D(x,y,i)$ 는 그림 4와 같이 H_D 를 넘는 것이 발생하게 된다. 다시 말하여 k 값이 식 (6)의 최소값보다 크면 몇 개의 화소들이 H_D 를 넘더라도 전체적인 영상의 밝기를 기존의 방법보다 훨씬 향상시킬 수 있다. 이때 k 값을 최소값보다 얼마나 큰 값을 사용할 것인지를 정할 때 제약조건은 $D'_D(x,y,i)$ 값이 H_D 의 값보다 커지는 화소의 개수이며, 본 논문에서는 그 개수를 백분율로 환산하여 H_D 보다 $p\%$ 가 커지는 경우 k_p 로 표기한다. 본 논문의 실험에서 $p = 0.02\%$ 까지 고려하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 프로젝

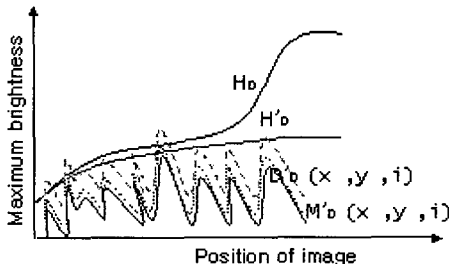


그림 4. 예측한 결과영상의 밝기 $M'_D(x,y,i)$, $D'_D(x,y,i)$ 와 프로젝터의 최대 밝기 H_D , H'_D

터의 밝기 특성과 영상의 밝기특성을 모두 고려한 밝기 보정 방법은 기존의 방법의 밝기보다 훨씬 더 향상된 결과영상을 얻을 수 있다.

2.3 보정된 입력영상

실제 프로젝터에서 밝기 보정된 영상을 보기 위해서 예측한 입력영상의 출력 밝기 $D'_D(x,y,i)$ 로부터 밝기 보정된 입력 영상의 밝기 값을 구해야 한다. 본 논문에서는 L'_D 와 L_D 값을 모두 0으로 이라 생각하고 실험을 하였으므로 식 (1)을 이용하여 예측한 영상의 출력 밝기 값으로부터 보정된 입력영상의 밝기값 i' 는 Majumder 방법^[5]과 같다.

$$i' = G^{-1}(G(i) \cdot D'_D(x,y)) \quad (8)$$

G 는 비선형 projector function으로 프로젝터의 input 값과 측정된 output을 나타내는 함수다. G^{-1} 는 G 의 역함수로 각 프로젝터의 함수 g^{-1} 들로 이뤄진다. 각 프로젝터의 input과 output 밝기간의 관계를 나타내는 g 와 g^{-1} 는 2D LUT (look-up table)로 표현된다. 따라서 최종적으로 각 프로젝터에서 보정된 영상을 얻기 위해서는 구한 $D'_D(x,y,i)$ 값에 $G(i)$ 값을 곱한 뒤 구해놓은 LUT를 사용하여 각 i' 값을 찾는다.

2.4 동영상의 밝기 보정

앞 절에서는 본 논문에서 제안한 방법에 대하여 정지영상에 대한 실험결과를 분석하였다. 본 절에서는 정지영상 뿐만 아니라 동영상에서도 본 논문에서 제안한 방법이 효율적인지 실험을 통해 알아보고 분석해 보았다.

동영상이란 움직이는 물체의 영상을 시간 축 상에서 sampling하여 나타내는 것이다. 본 논문에서는 밝기 보정을 하기 위해 프로젝터의 밝기 특성과 영상의 밝기 특성을 모두 고려하는 방법을 사용하였다. 즉, 영상이 다르면 k 의 값 또한 다르게 된다. 따라서 밝기 보정을 하여 프로젝터로 동영상을 보게 되는 경우 k 의 값이 계속해서 변하게 된다. 이때 k 의 값이 급변하는 부분이 발생할 수 있다. 이러한 부분에서 사람의 눈이 인지할 정도의 밝기의 변화가 생기지 않도록 천천히 변하게 하도록 식 (9)와 같이 제한 조건을 두어 밝기 보정을 하는 방법을 제시하였다.

식 (9)는 k 의 변화율의 상한선을 지수 함수를 사용하여 결정한다. 본 실험에서는 동영상의 프레임간의 간격 t 를 1/30초, 시간 상수 T 를 2초로 정한

뒤 식 (9)에 대입하여 변화율 P 를 구하였다.

$$P = 1 - e^{-\frac{t}{T}} \quad (9)$$

t : frame interval

T : Time constant

즉 2초 동안 밝기 변화가 e^{-1} , 즉 37% 이하인 경우 그 변화가 용납된다고 가정한 것이다. 이 결과 변화율 P 값은 0.017이 되어서 연속한 프레임 간에 k 값이 1.7% 이내에서 변화하도록 제한조건을 주었다.

III. 실험 결과

본 논문에서는 2×1 배열의 두 대의 프로젝터로

구성된 디스플레이 된 영상에 대해 contrast parameter λ 값과 입력 영상의 밝기 특성 값인 k 값을 변화시키며 실험하였다. 그 결과를 그림 5와 6에서 보이고 있다. 우선, contrast parameter λ 값을 바꾸며 기존의 방법으로 밝기 보정 한 것과 k 값을 식 (6)과 같이 최소값으로 정한 후 제안한 방법으로 정한 것의 실험 결과를 비교해 보았다. 표 1과 그림 6에서 볼 수 있듯이 contrast parameter

λ 값이 작아질수록 기존의 방법을 적용한 결과 영상의 밝기가 매우 어두워지는 것을 볼 수 있다. 이것은 λ 가 작으면 작을수록 밝기의 공간 변화량이 작게 되어 점점 H'_D 값이 균일하게 되고, 나타낼 수 있는 밝기의 범위가 작아지므로 이와 같은 현상이 나타나게 된다. 반면, λ 의 값이 작은 경우에도 제안된 방법의 밝기는 k 값에 의해 밝기가 개선되므로 기존의 방법의 밝기 값보다 항상 크게 되어 기존의 방법보다 훨씬 밝기가 밝게 개선되는 결과를 얻을 수 있다.

다음은 k 의 값을 식 (6)과 같이 최소의 값으로부터 증가시켜 보정한 것의 실험 결과를 비교해 보았다. 표 2에서는 제안된 방법으로 밝기보정을 하면서 k 값의 오차 허용범위를 변화시키면서 Nemo 영상의 예측한 출력 영상의 평균 밝기를 구해 보았다. 기존의 방법에는 k 의 개념이 사용되지 않으므로 도표에서는 제외시켰으나 같은 조건에서 기존의 방법으로 영상의 밝기를 개선시킨 값은 $\lambda=0.0125$ 에서 62.9로 제안된 방법의 값들보다 성능이 좋지 않다.

k 값의 오차율을 크게 할수록 표 2에서와 같이 예측한 출력 영상의 밝기 값은 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만, k 의 값이 커지게 되면 영상의 밝

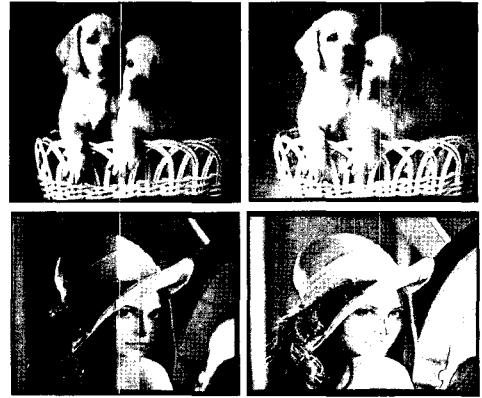


그림 5. 2×1 배열의 두 대의 프로젝터에서의 display 된 영상. 왼쪽, 보정 전의 멀티 프로젝터로 디스플레이 한 영상. 오른쪽, 제안 방법으로 밝기 보정 후의 영상

표 1. Nemo 영상에서의 k 값을 최소값으로 정한 후 λ 값에 따른 기존의 방법과 제안된 방법에서의 예측한 결과 영상의 평균 밝기 비교표

contrast parameter (λ)	기존의 방법 (밝기)	제안된 방법 (밝기)
0	45.5	100.8
0.0005	51.7	106.7
0.00125	62.9	113.5
0.0025	88.2	112.2

표 2. 영상에서의 λ 값이 0.00125일 때 k_0 에 따른 각 영상의 밝기를 비교 (실험 영상: Nemo 영상, 각 밝기는 예측한 출력 영상의 평균 밝기)

k 값의 오차율	제안된 방법으로 구한 밝기
$k_0 = 1.80$	113.5
$k_{0.01} = 2.04$	128.6
$k_{0.02} = 2.14$	134.4

기가 최대로 나타낼 수 있는 밝기인 H'_D 를 넘지만 포화되는 화소가 많아지게 되므로 보이는 영상의 밝기가 개선되나, 너무 많은 오차율을 허용하게 되면 contrast를 오히려 떨어뜨려 영상의 질을 높일 수 없다. 따라서 일반적으로 개선하는 오차율은 1% 미만으로 정하는 것이 좋다.

그림 6은 기존방법을 본 논문에서 개선한 smooth brightness 알고리즘으로 밝기 보정한 방법과 밝기 포화를 허용한 k 의 값까지 모두 고려하여 만든 밝기 보정한 실험결과이다. 각 실험은 Nemo영상에 대해 하였으며 밝기 개선비 (brightness ratio)는 기존 방법으로 구한 실험 결과값에 비해 제안한 방법

모양 객	기존 방법 사용 (smooth brightness AD)	제한한 방법 사용 (smooth brightness AI 과 k)		
		k_0	$k_{0.01}$	$k_{0.02}$
Nemo $\lambda=0$	B.R=1	B.R=2.22	B.R=2.50	B.R=2.64
Nemo $\lambda=0.0005$	B.R=1	B.R=2.07	B.R=2.34	B.R=2.48

모양 객	기존 방법 사용 (smooth brightness AD)	제한한 방법 사용 (smooth brightness AI 과 k)		
		k_0	$k_{0.01}$	$k_{0.02}$
Nemo $\lambda=0.00125$	B.R=1	B.R=1.80	B.R=2.04	B.R=2.14
Nemo $\lambda=0.0025$	B.R=1	B.R=1.27	B.R=1.34	B.R=1.39

그림 6. 기존의 방법과 제안한 방법의 λ, k 값에 따른 실험 결과 및 성능비교

의 밝기가 얼마나 향상되었는가를 나타낸다. 그림 6에서 Nemo 영상의 $\lambda=0.0025$ 값에 대한 실험을 살펴보면 기존방법을 사용하여 밝기 보정한 결과의 밝기 값을 1이라고 했을 때 제안한 방법에서 k 값을 최소값으로 정한 경우는 기존방법 결과에 비해 1.27 배 밝게 나타나며 k 값의 오차율을 0.01%로 늘리게 되면 기존방법 결과에 비해 1.34 배 밝게 나타난다. 그림 6의 실험 결과에서 알 수 있듯이 contrast parameter λ 값과 k 값을 모두 고려하여 본 논문에서 제안한 밝기 보정 방법이 기존의 방법보다 밝기가 향상 되는 것을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 방법을 동영상에 적용하여 나타낸 결과 그림 7에서와 같이 보정 전에 k 의 값들이 급변하는 것에 대해 식 (9)과 같이 frame 간의 k 의 최대 변화율을 1.7% 이내로 제한조건을 주어 변하는 k 값에 대해 사람의 시각이 변화를 느끼지 못하게 하였다. 그러나 실제 동영상에서 실험 해본 결과 k 의 변화율의 제한을 두지 않고도 자연스러운 영상을 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법은 정지영상 뿐만 아니라 시간적으로 계속 변하는 동영상에서도 기존의 방법들보다 밝기가 향상되어 화질이 개선되는 것을 확인하였다.

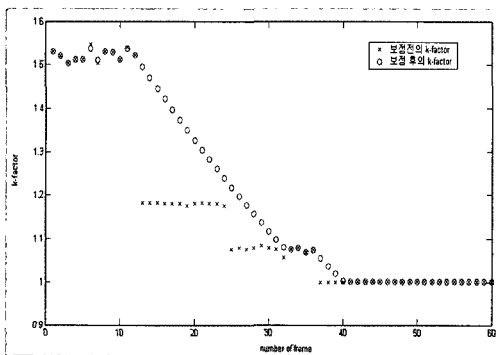


그림 7. 동영상에서 5개의 다른 영상의 밝기 보정 전과 후의 k 변화율

IV. 결론

본 논문에서 새롭게 제안한 입력영상의 밝기값을 고려한 프로젝터의 밝기보정 방법을 사용함으로써 멀티 프로젝터를 사용한 디스플레이에서 밝기가 개선된 영상 얻을 수 있었다. 이 방법은 프로젝터에서 각 영상들이 최대한 낼 수 있는 밝기 값을 모두 활용한 밝기보정 방법이다. 각 영상마다 밝기의 특성을 고려해야 하는 번거로움이 있지만 밝기 보정을 할 수 있는 범위를 넓히고 밝기를 향상시킴으로써 보다 더 밝은 디스플레이가 가능해 졌으며, 프로젝터의 수가 증가하여도 프로젝터들이 겹치는 구간의 부분만을 추가적으로 보완함으로써 멀티 프로젝터를 사용한 디스플레이에서도 간단하게 적용할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 또한, 정지 영상뿐만 아니라 동영상에서도 제안한 방법이 효과적으로 작동함을 확인하였다. 따라서 향후과제는 본 알고리즘을 컬러 영상으로 확대 적용하고 하드웨어적인 기술문제를 해결하여 실시간 system으로 구현을 하는 것이다.

참고 문헌

- [1] C.J. Chen, Michael J. Johnson, "Fundamentals of scalable high resolution seamlessly tiled projection system," In Proc. of SPIE Projection Displays VII, Vol. 4294, pp. 67-74, San Diego, July 2001.
- [2] M. Hereld, I.R. Judson, and R. Stevens, "Dottyoto: A Measurement Engine for Aligning Multi-Projector Display Systems," in Projection Displays IX, Proceedings of SPIE Vol. 5002, Santa Clara, CA 2003.
- [3] Aditi Majumder and Rick Stevens, "LAM: Luminance attenuation map for photometric

- uniformity in projected based display,” In Proc. of ACM Virtual Reality and Software Technology, pp. 147-154, Hong Kong, November 2002.
- [4] R. Raskar, G. Welch, W. Chen, “Multi projector displays using camera based registration,” In Proc. of IEEE Visualization, pp. 161-168, San Francisco, October 1999.
- [5] Aditi Majumder, “Contrast enhancement of multi-displays using human contrast sensitivity,” In Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 377-382, San Diego, June 2005.
- [6] P.E. Debevec and J. Malik. “Recovering high dynamic range radiance maps from photographs,” In Proc. of SIGGRAPH, volume 31, pp. 369-378, Los Angeles, July 1997.
- [7] 이희원, 이병욱, “대형 화면을 위한 복수의 프로젝터 색상 특성 보정,” 제 17회 신호처리 합동학술대회, pp. 210, 전주, 2005년 10월.
- [8] 이희원, 이병욱, “Multi_projector를 이용한 대형 이미지에서의 왜곡 보정,” 제 18회 신호처리 합동학술대회, p.205, 서울, 2004년 10월.
- [9] Aditi Majumder, “Achieving color uniformity across multi-projector displays,” In Proc. of IEEE Visualization, pp. 117-124, Salt Lake City, UT, October 2000.
- [10] G. Wallace, H. Chen, and K. Li, “Color gamut matching for tiled display walls,” In Proc. of Immersive Projection Technology Symposium, pp. 293-302, Zurich, May 2003.

이희원 (Hee-won Lee)

정회원



2004년 2월 이화여자대학교 정보통신학과 졸업

2006년 2월 이화여자대학교 정보통신학과 석사

<관심분야> 영상처리, 신호 처리

이병욱 (Byung-Uk Lee)

종신회원

이화여자대학교 정보통신학과 교수

한국통신학회 논문지 제 22권 6호 참조