

논문 2009-46SP-1-5

# 스트리밍 비디오 화질 평가를 위한 수신 영상 복원

## (Reconstruction of Transmitted Frames for Visual Quality Assessment of Streaming Video)

박수경\*, 심동규\*\*

(Su-Kyung Park and Dong-gyu Sim)

### 요약

본 논문에서는 단말기상의 출력영상을 기반으로 한 수신영상 복원 방법을 제안한다. 무선 네트워크를 통해 전송되는 비디오 스트리밍의 화질을 평가하기 위해서는 단말기로 전송된 수신 영상에 대한 정보가 필요하다. 그러나 실제 전송된 스트리밍 데이터를 단말기로부터 얻기가 용이하지 않기 때문에 일반적으로 다수의 사람이 직접 화질을 평가하는 방법이 많이 사용된다. 본 논문에서는 단말기로 수신된 스트리밍 영상을 획득하기 위하여 단말기 상에서 출력되는 영상을 기반으로 전송영상을 재구성한다. 이를 위하여 제안한 방법에서는 단말기를 통해 출력되는 영상을 카메라를 이용하여 획득하고, 획득된 영상에서 나타나는 카메라와 단말기 사이의 기하학적 왜곡과 컬러 왜곡을 모델링하여 제거함으로써 전송받은 영상을 재구성 하였다. 실험 결과에서는 원영상과 재구성한 영상사이의 PSNR을 측정하여 알고리즘의 성능을 평가하였다. 그 결과 제안한 알고리즘을 통해 27~28dB의 PSNR을 얻을 수 있었다. 또한 EPSNR을 이용하여 제안한 알고리즘의 성능을 분석한 결과, 제안한 알고리즘을 통하여 예측된 영상이 MOS 테스트 스케일에서 비교적 좋은 범위에 속하는 것을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, we proposed an reconstruction algorithm of transmitted frames from displayed image on video terminal. For image quality assessment of the video streaming in the wireless network, we need information of the image that is transmitted to the end-user's device. Generally, subjective methods are widely used to evaluate the image quality by human beings because it is difficult to extract the transmitted image from the end-user's device. This paper presents an image reconstruction algorithm based on the displayed image in video terminal for the extraction of the transmitted image. In the proposed method, we acquired the displayed image on video terminal using the camera. Camera-acquired images exhibit geometric and color distortions caused by characteristics of cameras and display devices. Therefore we correct the geometric distortion by exploiting the homography and color distortion by pre-computed look-up table. The experimental results show that the proposed measurement system yields promising estimation performance in terms of PSNR of 27~28dB. We also carried out performance evaluation of the proposed method in terms of EPSNR and the quality of the estimated images by the proposed algorithm was in fairly good range of MOS test scale.

**Keywords:** Image estimation, quality measurement, QoS, real-time multimedia service

### I. 서론

스트리밍은 멀티미디어 스트림을 실시간으로 압축/전송하여 재생하는 기술로 VOD (Video On Demand), 영

상회의, 원격 프레젠테이션, DMB 등 유/무선망 기반의 멀티미디어 서비스를 위한 필수 기술 중의 하나이다. 이와 같은 스트리밍 기반의 멀티미디어 서비스의 상용화에 있어서 영상 및 음성 품질보장 및 모니터링은 매우 중요한 문제로 부각되고 있다. 특히 무선 통신망을 이용하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 경우 무선 서비스의 특성상 데이터량의 폭주나 전송채널 불량으로 인하여 멀티미디어의 품질이 저하되는 경우가 발생하게 된다. 이러한 경우 영상 및 음성의 품질에 큰

\* 학생회원, \*\* 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과 (Dept. Computer Eng., Kwangwoon University)  
 ※ 이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-331-D00547)  
 접수일자: 2008년3월1일, 수정완료일: 2008년12월30일

거하여 서비스를 중단하거나 품질에 근거하여 과금하는 것이 필요하며, 이를 위하여 무선 통신망 상에서 스트리밍 기반 멀티미디어의 품질을 모니터링 할 수 있는 기술이 필요하게 된다<sup>[1]</sup>.

일반적으로 영상의 화질을 평가하기 위해서는 기준이 되는 원본 영상과 평가되고자 하는 영상에 대한 정보가 필요하다. 이 중 원본영상의 경우 화질이 측정되고자 하는 어플리케이션에 따라 정보가 존재하지 않을 수도 있지만 평가되고자 하는 영상에 대한 정보는 반드시 존재해야 한다<sup>[2]</sup>. 그러나 무선 환경에서 스트리밍 서비스를 평가하는 경우 데이터가 단말기에 출력되는 순간의 화질을 평가해야 하기 때문에 수신 영상에 대한 정보를 얻기가 쉽지 않다. 따라서 현재 무선 환경에서 스트리밍 비디오에 대한 화질 평가는 다수의 사람들이 직접 화질을 평가하는 주관적 (Subjective)인 방법을 이용하고 있다. 이러한 주관적 화질 평가 방법의 경우 평가 대상이 같다 하더라도 화질에 대한 평가가 늘 동일하지 않기 때문에 통계적인 결과가 필요하고, 통계적인 결과를 도출하기 위해 다수의 평가자들을 필요로 하기 때문에 시간적, 재정적 비용 부담이 크다<sup>[2]</sup>. 최근 들어 주관적 화질 평가를 대체할 수 있는 객관적 화질 평가 방법에 대한 연구가 진행되기 시작하고 있다. 주관적 기준의 객관적 화질 평가는 객관적 화질 평가의 장점인 결과의 항시성, 연산의 신속성 등을 가지면서 동시에, 화질을 평가하는 주관적인 평가 요소들을 반영하여 사람이 수행하는 것과 유사한 결과를 얻을 수 있는 새로운 화질 평가 방법이다<sup>[3~4]</sup>.

본 논문에서는 무선 환경에서의 스트리밍 비디오의 화질을 주관적 기준의 객관적 (Objective)인 방법으로 평가하기 위한 수신영상 추정 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 수신영상을 예측하기 위한 방법으로 카메라를 통해 디스플레이 되는 영상을 획득하였다. 이렇게 획득된 영상에는 전송상의 에러와 함께 디스플레이 되면서 발생하는 왜곡과 카메라 왜곡도 함께 나타나게 된다. 따라서 디스플레이 왜곡과 카메라에 의한 왜곡을 제거하게 되면 전송된 영상을 예측할 수 있게 된다. 본 논문에서는 디스플레이 왜곡과 카메라 왜곡으로써 카메라와 디스플레이 기기 사이에 기하학적으로 정확하게 직각이 되어 있지 않아 발생하는 기하학적 왜곡과 카메라의 내부적, 외부적 파라미터에 의한 컬러 왜곡이 발생한다고 가정하였다. 이에 따라 카메라와 디스플레이 기기 사이의 기하학적 왜곡을 보정하기 위하여 두 기기

사이의 기하학적 호모그래피를 모델링하였다. 다음으로 컬러왜곡을 보정하기 위하여 테스트 영상을 사용해 두 영상 사이의 컬러 왜곡을 선형적으로 모델링하여 보정하였다. 실험결과에서는 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 원 영상과 추정한 영상 사이의 PSNR과 사람이 느끼는 인지적 화질을 대체할 수 있는 표준문서인 ITU-T J.144의 4개 모델 중 계산 복잡도가 간단하면서도 우수한 성능을 보이는 ANNEX B (EPSNR)를 측정하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 영상 추정 알고리즘에 대해서 설명하고, III장에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험 결과와 그 결과에 대한 분석이 이루어진다. 그리고 IV장에서는 결론 및 향후 연구계획에 대해 논한다.

## II. 제안하는 영상 추정 알고리즘

본 장에서는 제안한 영상 추정 알고리즘에 대하여 설명한다. 제안하는 방법에서는 수신된 영상을 추정하기 위하여 카메라를 이용해 단말기에서 출력되는 영상을 획득하고, 이를 이용하여 영상을 추정한다. 실제 카메라를 통해 획득된 영상에서는 대표적인 왜곡인 컬러와 기하 왜곡 이외에도 다양한 왜곡들이 존재한다. 그러나 이러한 왜곡들을 모두 고려한다는 것은 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 사람이 가장 민감하게 느끼는 왜곡인 기하학적 왜곡과 컬러 왜곡에 대해서만 고려함으로써 사람이 보는 것과 유사한 영상을 재구성하도록 하였다. 그림 1은 제안한 알고리즘의 영상 데이터 흐름을 나타낸다.

우선, 원본영상  $X$  이 무선 네트워크를 통해 사용자의 단말기로 전송된다. 제안한 알고리즘에서는 수신영상  $X'$  을 추정하기 위하여 사용자의 단말기에 영상을 디스플레이 하고, 디스플레이 되는 영상  $\tilde{X}$ 을 카메라를 통해 획득한다. 이때 영상  $\tilde{X}$ 에는 디스플레이 기기의 컬러 특성에 의한 왜곡이 나타난다. 또한 획득된 카메라

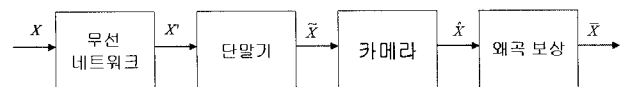


그림 1. 제안한 영상 추정 알고리즘의 영상 데이터 흐름도

Fig. 1. Image data flow of the proposed image estimation algorithm.

영상  $\hat{X}$ 에는 카메라와 단말기사이의 기하학적 관계에 의한 왜곡, 디스플레이 기기와 카메라의 내부적 파라미터에 의한 컬러왜곡, 그리고 외부 조명에 의한 왜곡 등이 모두 통합되어 나타난다. 따라서 기하학적 왜곡 보상과 컬러 왜곡보상을 수행하여 복원영상  $\bar{X}$ 와 통해 전송받은 영상  $X'$ 사이의 오차를 최소화하는  $\bar{X}$ 을 예측한다. 그림 2는 제안한 기하학적 왜곡 보상과 컬러 왜곡 보상을 위한 알고리즘의 블록도이다.

우선 기하학적 왜곡을 모델링하기 위해 이미 알고 있는 학습 영상을 단말기에 출력하고, 카메라를 통해 학습 영상을 획득한다. 그 후 획득된 학습 영상정보를 이용하여 단말기와 카메라 사이의 기하학적 관계모델링한다. 기하학적 왜곡에 대한 모델링을 수행한 후, 컬러 왜곡을 보상하기 위한 컬러 학습 영상을 단말기에 출력시킨다. 컬러 학습영상은 카메라를 통해 획득되고, 앞에서 구한 기하학적 모델을 이용하여 기하학적 왜곡이 보상된다. 이렇게 기하학적 왜곡이 제거된 컬러 학습 영상을 이용하여 컬러 왜곡을 모델링한다. 기하학적 왜곡 모델링과 컬러 왜곡 모델링은 수신영상을 예측하기 전 오프라인 과정을 통해 한번 수행된 다. 최종적으로 앞에서 구해진 모델링 파라미터를 통해 수신된 영상을 예측한다.

1. 기하학적 왜곡 모델링

본 논문에서는 기하학적 왜곡을 모델링하기 위하여 호모그래피 (Homography)를 이용하여 단말기의 스크린과 카메라 사이의 기하학적 관계를 모델링 하였다.

호모그래피는 스크린상의 한 점과 그 점과 대응되는 카메라 영상에서의 대응위치를 이용하여 둘 사이의 기하학적 관계를 계산하는 방법이다<sup>[5-6]</sup>. 호모그래피를 계산하기 위하여 스크린상의 한 점의 위치를  $s(x, y)$ 라 하고

그 점의 카메라를 통해 얻은 영상에서의 대응위치를  $S(X, Y)$ 라고 하자. 여기서 카메라는 투시사영을 한다고 가정한다. 그러면 스크린과 카메라 사이의 관계를  $s=HS$ 로 표현할 수 있다. 여기서  $H$ 는 3x3행렬로 스크린과 카메라사이의 호모그래피를 나타낸다. 위의 관계를 행렬로 표현하면 다음과 같다<sup>[5]</sup>.

$$\begin{bmatrix} xW \\ yW \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \tag{1}$$

위의 식을 다시 전개하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1X_1 & -x_1Y_1 \\ 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & 1 & -y_1X_1 & -y_1Y_1 \\ X_2 & Y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2X_2 & -x_2Y_2 \\ 0 & 0 & 0 & X_2 & Y_2 & 1 & -y_2X_2 & -y_2Y_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_nX_n & -x_nY_n \\ 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & 1 & -y_nX_n & -y_nY_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \\ g \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ x_n \\ y_n \end{bmatrix} \tag{2}$$

따라서 호모그래피  $H$ 를 구하기 위해서는 스크린과 카메라 사이에 최소한 4쌍의 서로 대응하는 대응점이 필요하다. 이러한 4쌍의 대응점을 알고 있다면 Pseudo-

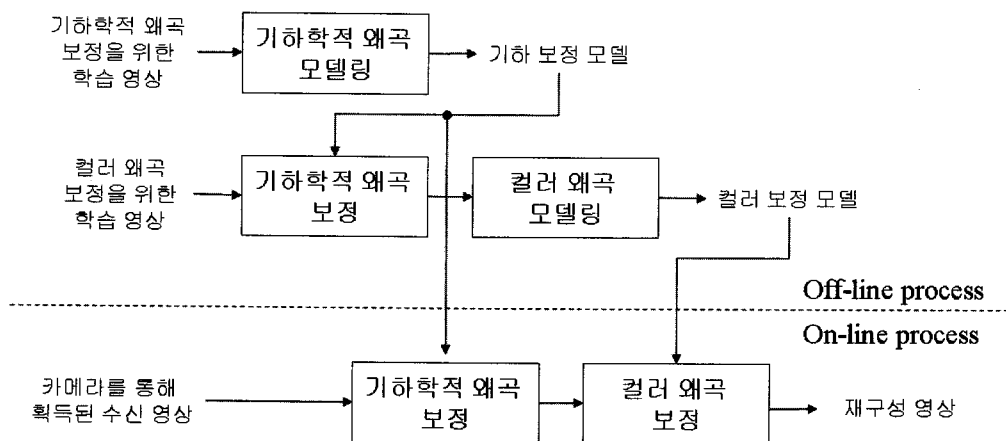


그림 2. 제안하는 기하학적 보상과 컬러 보상 방법에 대한 블록도  
 Fig. 2. The block diagram of the proposed geometric and color compensation method.

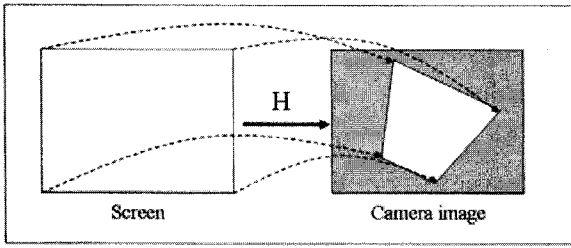


그림 3. 수신 영상과 카메라 획득 영상 사이의 관계  $H$   
 Fig. 3. Homography  $H$  between the received image and the camera image.

inverse 방법이나 Singular Value Decomposition (SVD) 방법을 통해 호모그래피  $H$ 를 계산할 수 있다.

수신 영상과 카메라 획득 영상, 그리고 호모그래피  $H$  사이의 관계를 그림 3에 나타내었다.

위에서 설명했듯이, 호모그래피  $H$ 를 구하기 위해서는 수신 영상의 네 모서리와 대응되는 카메라 영상에서의 4개의 대응점의 위치가 필요하다. 이를 위하여 본 논문에서는 수신영상의 크기를 이미 알고 있다고 가정하였다. 즉, 수신영상의 크기를 이미 알고 있기 때문에 수신영상의 네 모서리의 위치에 대한 정보는 이미 알고 있다고 가정하였다. 제안한 알고리즘에서는 수신 영상의 네 모서리와 대응되는 4개의 대응점의 위치를 추출하기 위해 학습영상을 사용하였다. 즉, 미리 정의한 학습영상을 단말기에 출력시키고, 출력된 학습영상을 카메라를 통해 획득한 후, 획득된 영상에서 본래의 학습영상의 네 모서리와 대응되는 4개의 대응점의 위치를 추출함으로써 카메라와 단말기 스크린 사이의 호모그래피

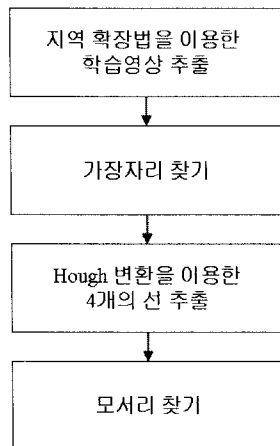


그림 4. 호모그래피 모델링을 위한 모서리 추출 알고리즘  
 Fig. 4. Corner detection algorithm for homography modeling.

피를 계산하였다. 이를 위하여 단일 색을 가지고, 수신 영상과 같은 크기를 갖는 학습영상을 사용하였다. 이러한 학습 영상은 수신 영상을 예측하기 전에 먼저 디스플레이 기기에서 출력되어져 카메라를 통해 획득되어진다. 그림 4는 호모그래피를 모델링하기 위해 필요한 4개의 대응점을 찾는 알고리즘을 나타낸다.

첫 번째로 획득된 학습 영상에서 본래의 학습 영상의 네 모서리와 대응되는 4개의 대응점의 위치를 찾기 위하여 지역 확장법 (Region growing)<sup>[7]</sup>을 사용해 배경화면과 학습영상을 분리하고, 두 번째로 분리된 학습영상에 에지 추출 기법을 적용시켰다. 이때 추출된 가장자리는 정확하게 4개의 선으로 이루어 지지 않기 때문에 그 중 주된 선을 추출하기 위해 Hough 변환을 사용하였다. 마지막으로 추출된 4개의 선을 사용하여 획득된 학습 영상의 4개의 모서리의 위치를 추출한다. 따라서 추출된 모서리와 대응하는 원 영상의 모서리를 이용하여 호모그래피  $H$ 를 계산할 수 있다.

## 2. 기하학적 왜곡 보상

전송된 영상을 예측하기 위해 카메라를 이용하여 디스플레이 되는 영상을 획득할 때 카메라와 스크린 사이의 위치가 정확하게 수직으로 정렬되어 있지 않으면 기하학적 왜곡이 발생하게 된다. 이러한 기하학적 왜곡은 카메라와 스크린 사이를 모델링한 호모그래피를 이용하여 보정할 수 있다. 왜곡된 카메라 영상 상의 위치  $S(X, Y)$ 의 밝기 값은 앞에서 설명한 호모그래피  $H$ 를 통해 구하고자 하는 직사각형의 위치  $s(x, y)$ 의 밝기 값으로 대응되어진다. 그림 5는 기하학적 왜곡을 보상하기 위해 카메라를 통해 획득된 영상이 기하학적 왜곡이 없는

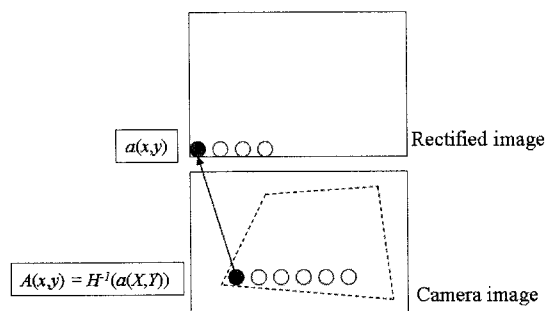


그림 5. 기하학적 왜곡이 발생한 카메라 영상에서 기하학적 왜곡이 없는 영상으로의 워핑  
 Fig. 5. Warping from the distorted camera image to a rectified image.

영상으로 와핑되는 과정을 나타내었다.

이 때 호모그래피  $H$ 의 파라미터들이 정수 값이 아니기 때문에  $H$ 를 통해 구한  $S(X, Y)$ 의 좌표 값이 실수인 경우가 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 값이 발생했을 경우 다음과 같은 선형 보간법을 사용하여  $s(x, y)$ 의 밝기 값을 결정하였다<sup>[7]</sup>.

$$(x, y) = (1-q) * ((1-p) * I([X], [Y]) + (p * I([X], [Y]+1))) + q * ((1-p) * I([X]+1, [Y]) + (p * I([X]+1, [Y]+1))) \quad (3)$$

여기서,  $p$ 와  $q$ 는  $S(X, Y)$ 의 실수 좌표 값에서 각각 소수 부분을 나타내고,  $[X]$ 와  $[Y]$ 는  $S(X, Y)$ 의 실수 좌표 값에서 정수 부분을 의미한다.

### 3. 컬러 왜곡의 모델링과 보상

획득된 영상은 카메라의 내부적, 외부적 파라미터들에 의해 컬러 왜곡이 발생하게 된다. 이러한 컬러왜곡의 경우 각 왜곡의 원인들을 하나하나 정확하게 모델링하기는 쉽지 않다<sup>[8],[9]</sup>. 따라서 본 논문에서는 다양한 요소에 의해 나타나는 컬러왜곡 각각에 대해 모델링하지 않고, 전체적인 컬러왜곡을 추정하고 제거하는데 관심을 둔다.

제안한 방법에서는 컬러 왜곡을 보정하기 위하여 앞에서 호모그래피를 모델링하기 위해 컬러 맵핑 히스토그램을 사용하였다. 제안한 알고리즘에서는 히스토그램 테이블을 생성하기 위하여 컬러 학습 영상을 이용하였다. 이 때 컬러 학습 영상으로 다수의 비디오 시퀀스를 이용하였다. 컬러 학습 영상은 기하학적 왜곡 모델링 때와 마찬가지로 수신 영상을 예측하기 전에 먼저 디스플레이 기기에서 출력되어져 카메라를 통해 획득되어진다. 획득되어진 영상에서는 기하학적 왜곡이 발생하기 때문에 앞에서 계산한 호모그래피를 이용하여 우선 기하학적 왜곡을 보정한다. 그 후 기하학적 왜곡이 보정된 영상과 원 영상사이의 컬러 맵핑 히스토그램은 다음과 같이 계산한다.

$$T[I][I'] = T[I][I'] + 1 \quad (4)$$

여기서  $I$ 는 모델링하고자 하는 밝기값을 의미하고,  $I'$ 은 카메라 영상에서  $I$ 의 위치  $(x, y)$ 에 대응하는 픽셀의 밝기값을 나타낸다. 또한  $T[I][I']$ 는 밝기값  $I$ 에 대응하는 밝기값  $I'$ 의 개수를 나타낸다. 이렇게 구해진 각 밝기값  $I$ 에 대한 테이블 중에서 가장 큰 히스토그램 값을 가지는 밝기값  $I'$ 이 밝기값  $I$ 에 대응하는 컬러로 선택

된다. 본 논문에서는 카메라를 통해 획득되는 영상이 R, G, B 각각의 값으로 표현되기 때문에 R, G, B 각각에 대한 모델링을 수행하였다. 예를 들어 빨강색 성분에 대한 매칭되는 컬러 테이블을 구하는 경우 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$T_R(R) = \max_{\text{over\_all\_R'}} T[R][R'] \quad (5)$$

### III. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 원 영상과 원 영상을 단말기에 출력시킨 후 카메라로 획득한 영상을 이용하여 제안한 알고리즘을 통해 예측된 영상 사이의 PSNR을 계산하여 평가하였다. 또한 주관적 화질 평가를 대체할 수 있는 객관적 화질 평가 방법으로 ITU-T Recommendation J.144에 있는 4개의 모델 중 계산 복잡도가 간단하면서 우수한 성능을 보이는 ANNEX B 모델 (EPSNR)을 이용하여 주관적 화질을 평가하였다. 실험을 위해 사용된 카메라는 1280×960의 해상도를 가지는 CCD 카메라를 사용하였다. 이 때 사용하는 카메라의 해상도는 단말기의 해상도보다는 커야 정보의 손실을 줄일 수 있다. 수신영상을 추정할 때 좀 더 사람이 보는 것과 유사한 영상을 추정하도록 하기 위해 화이트 밸런스는 On으로 설정하고 실험하였다. 또한 영상취득은 삼각대를 이용하였다. 실험 영상은 CIF Foreman, Hall-monitor, container 영상과 QCIF Carphone 영상을 사용하였고, 실험 기기는 17" LCD 모니터를 사용하였다.

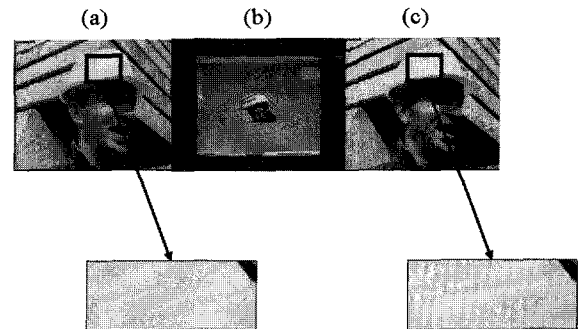


그림 6. 제안한 방법에 의한 추정 영상 (a) 원본영상 (b) 획득된 영상 (c) 추정된 영상

Fig. 6. Estimated image by the proposed algorithm (a) original image (b) acquired image (c) estimated image.

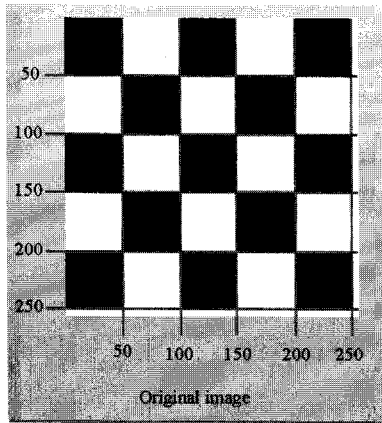
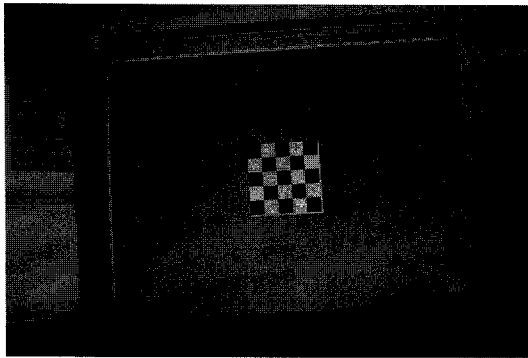
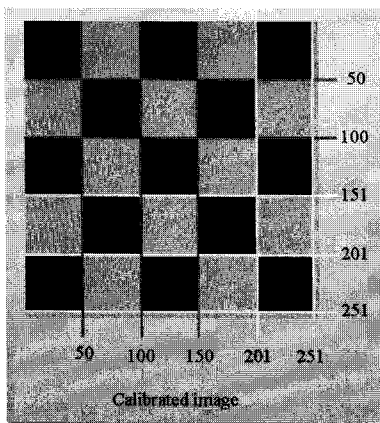


그림 7. 기하학적 보상에 대한 성능을 평가하기 위해 사용된 격자 무늬 패턴 영상

Fig. 7. Check pattern for evaluation of the geometric compensation.



(a)



(b)

그림 8. (a) 카메라로 획득한 영상 (b) 제안한 알고리즘을 이용하여 기하학적 왜곡을 제거한 영상

Fig. 8. (a) Acquired image from camera (b) Extracted image after eliminating geometric distortion by the proposed algorithm.

그림 6은 실험영상들의 예제를 나타내었다. 그림 6의 (a)는 비교대상인 원본 영상이고, (b)는 (a)의 영상을 디

스플레이 기기에 출력한 후 카메라를 통해 획득한 영상이다. (c)는 (b)의 영상에 제안한 알고리즘을 적용하여 원 영상을 예측한 결과 영상이다. 그림 6의 (c)의 예측된 결과 영상을 보면 카메라를 통해 획득할 때 발생하는 일정 패턴과 같은 왜곡이 아직 남아있음을 확인할 수 있다. 이는 수신 단말기가 디지털인 경우 수신 단말기의 샘플링 주파수와 카메라의 샘플링 주파수가 맞지 않아 생기는 모아레 현상으로써, 본 논문에서 왜곡에 대한 모델링 시 고려하지 않았던 부분이기 때문에 제거되지 않고 결과에 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 기하학적 모델링의 성능을 확인하기 위하여 그림 7과 같은 격자무늬 패턴을 단말기에 출력하고, 이를 카메라를 통해 획득한 후 모델링된 호모그래피를 사용하여 기하학적 왜곡을 보정하여 원 영상과 비교해 보았다.

그림 8은 단말기에 출력된 격자무늬 패턴을 카메라를 통해 획득한 영상과 기하학적 왜곡이 보정된 영상을 나타낸다. 실험 결과 약 한 픽셀 정도의 오차가 생기는 것을 알 수가 있다.

그림 9는 제안한 알고리즘을 이용하여 예측한 영상과 원 영상사이의 R, G, B, 그리고 Y에 대한 PSNR을 나타내었다. 제안한 알고리즘을 이용하여 약 26~28dB 정도의 PSNR을 얻을 수 있었다. PSNR의 경우 픽셀마다 수행되는 연산이기 때문에 기하학적 왜곡이 정확하게 보정되지 않게 되면 PSNR의 값은 크게 떨어진다. 그러나 그림 10에서 볼 수 있듯이 실제 사람의 육안으로는 기하학적 위치관계가 원영상과 비교하여 거의 구분할 수 없음을 알 수 있다.

실험 조건에서 카메라의 설정을 화이트 밸런스 ON으로 설정하였다. 이는 실제 흰색이 주변 광원에 의해 변화되었을 경우 그 변화된 색이 카메라 영상으로 나오지 않고, 흰색으로 맞춰서 출력해 주기 위한 기능이지만 이로 인하여 다른 색의 왜곡이 커질 수 있다. 이로 인해 그림 9를 보면 특정 한 색깔의 PSNR이 낮은 것을 알 수 있다. 표 1은 각 영상별 PSNR을 R, G, B, 그리고 Y성분에 대하여 정리하였다.

그림 10은 원영상과 제안한 알고리즘을 통해 재구성한 영상을 나타낸다. 그림 10에서 볼 수 있듯이 예측한 영상이 원영상과 거의 유사함을 확인할 수 있다.

그림 11은 인지적 화질평가를 객관화한 방법인 EPSNR을 이용하여 제안한 알고리즘의 성능을 평가한 결과이다. 영상은 이전 실험에서 사용한 Foreman과 Hall-monitor영상을 이용하였다. 그래프의 x축은 각 영

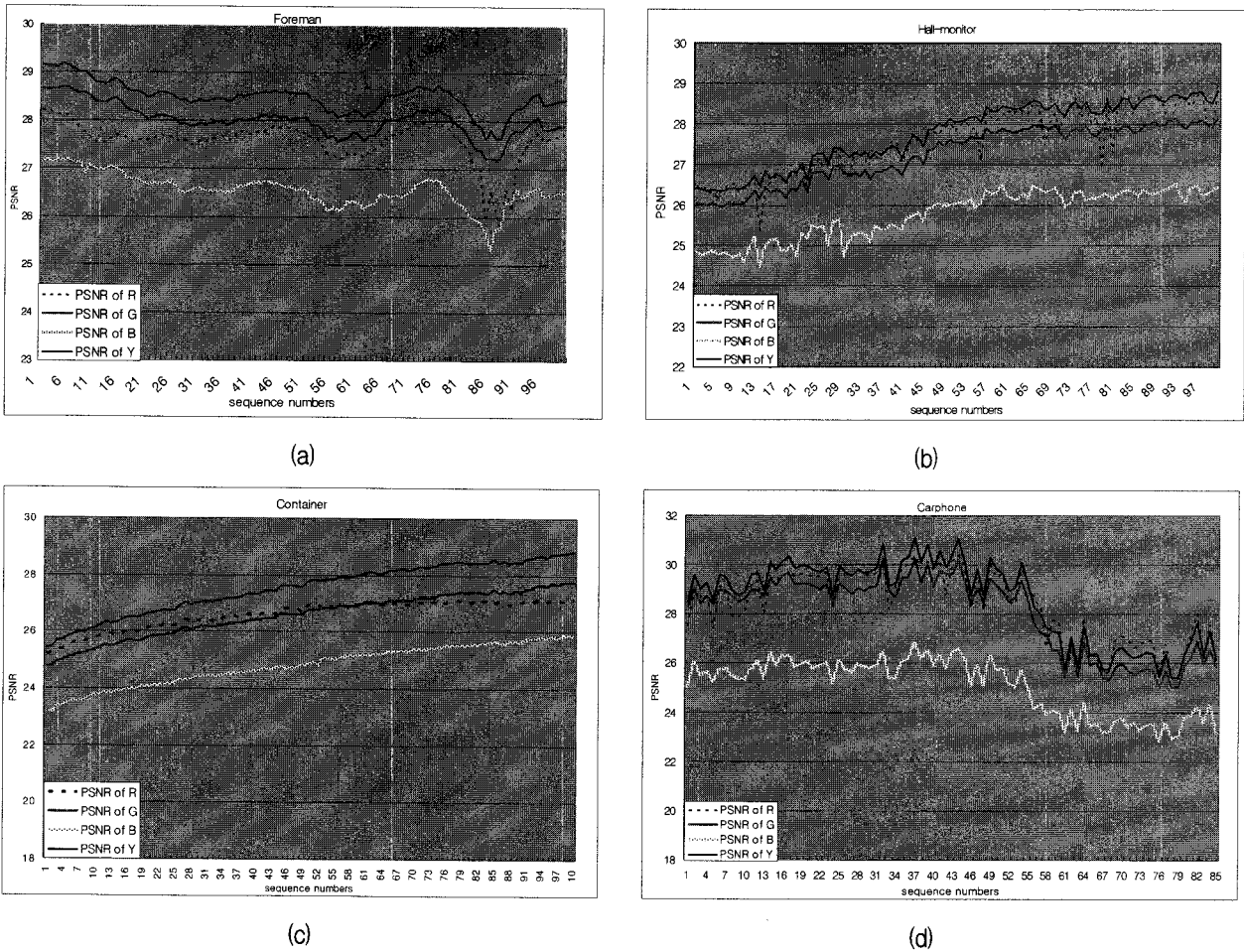


그림 9. 제안한 알고리즘을 이용하여 예측한 영상과 원 영상 사이의 PSNR  
 (a) Foreman (b) Hall-monitor 2 (c) Container (d) Carphone

Fig. 9. PSNRs between the original image and the estimated image by the proposed algorithm.  
 (a) Foreman (b) Hall-monitor 2 (c) Container (d) Carphone

표 1. 제안한 알고리즘을 이용하여 예측한 영상과 원 영상 사이의 PSNR

Table 1. PSNRs between the original image and the estimated image by the proposed algorithm.

Sequences	Average PSNRs			
	R component	G component	B component	Y component
Foreman	27.56	28.01	26.55	28.49
Hall-monitor	27.62	27.27	25.75	27.77
Container	26.59	26.59	24.80	27.55
Carphone	28.35	28.02	25.03	28.59

상의 프레임 번호를 나타내고, y축은 화질을 평가하는 값인 EPSNR을 의미한다. 그림 11에서 볼 수 있듯이 제안한 알고리즘을 통해 예측한 영상과 원본 영상사이의 EPSNR값이 약 0.45~0.55 사이인 것을 확인할 수 있다. 이러한 EPSNR값은 다수의 사람이 직접 화질을 평가한 실험 결과인 MOS의 fair에 매핑된다. 즉, 총 5단계로 가지는 MOS값과 0~1사이의 값을 갖는 EPSNR 사이를 매핑해 보면, 0.45~0.55 정도의 EPSNR값은 실제 사람이 평가하였을 때, 예측한 영상과 원영상 사이의 차이를 비교적 유사하게 느끼는 MOS값인 fair에 매핑되는 것을 확인할 수 있다.



그림 10. (a) 카메라로 획득한 영상들 (b) 제안한 알고리즘을 예측한 영상들

Fig. 10. (a) Acquired images from camera (b) estimated images by the proposed algorithm.

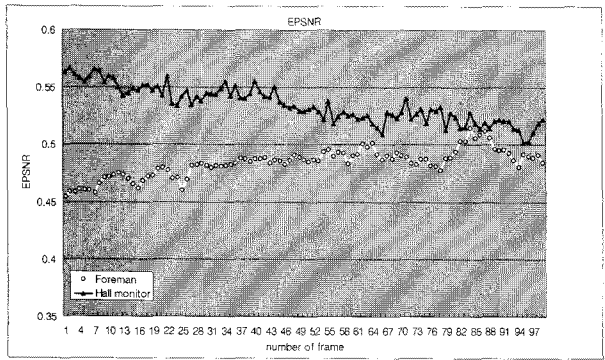


그림 11. 제안한 알고리즘을 이용하여 예측한 영상과 원 영상 사이의 EPSNR을 측정된 그래프

Fig. 11. EPSNRs between the original image and the estimated image by the proposed algorithm.

IV. 결 론

본 논문에서는 무선 네트워크상으로 전송된 스트리밍 영상의 화질을 측정하기 위해 필요한 수신영상을 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 일반적으로 무선 네트

워크상으로 전송된 스트리밍 영상에 대한 정보를 얻기 쉽지 않기 때문에 수신된 영상의 화질을 평가하는 방법으로써 직접 사람들이 화질 평가를 하는 주관적 화질평가 방법을 많이 사용한다. 그러나 주관적 화질평가 방법은 사람이 직접 평가함으로써 보다 정확한 화질 평가가 가능하다는 장점을 가진 대신 비용과 시간이 많이 소모된다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 수신영상의 주관적 기준의 객관적 화질평가가 가능하게 하기 위한 수신영상 추정 알고리즘을 제안하였다. 이를 위하여 수신영상을 사용자 단말기를 통해 출력시킨 후 그 영상을 카메라를 통해 획득하고, 이 과정에서 발생하는 카메라와 단말기 사이의 기하학적 왜곡과 컬러 왜곡을 모델링 하여 보정함으로써 전송된 영상을 예측할 수 있었다. 실험 결과에서는 제안한 알고리즘의 성능을 보여주기 위해 원 영상과 예측한 결과 영상 사이의 PSNR과 주관적 기준의 객관적 화질 평가 방법인 EPSNR을 측정하였다. 향후 제안된 알고리즘의 성능을 향상시키기 위하여 개선된 성능을 가진 색 보정 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] C. Lee, S. Cho, J. Choe, T. Jeong, W. Ahn W, and E. Lee, "Objective video quality assessment," *Optical Engineering*, vol. 45, issue. 1, pp. 1-11, January 2006
- [2] Video Quality Experts Group (VQEG), "Final report from the video quality experts group on the validation of objective models of video quality assessment," <http://www.vqeg.org/>, Mar. 2001
- [3] ITU-T Recommendation J.144 "Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference," *International Telecommunication Union*, March 2004
- [4] Zhou Wang, Alan C. Bovik, and Brian L. Evans, "Blind measurement of blocking artifacts in images," *IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 3, pp. 981-984, Vancouver, Canada, Sep. 2000
- [5] Sukthankar R., Stockton R.G., and Mullin M.D., "Smarter Presentations: Exploiting Homography in Camera-Projector system," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision*, vol. 1, pp. 247-253, Vancouver, Canada, July 2001



- [6] Okaiani K., and Dequchi K., "Autocalibration of a projector-screen-camera system: theory and algorithm for screen-to-camera homography estimation," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision*, vol. 2, pp. 774-781, Beijing, China, Oct. 2003
- [7] Rafael C. Gonzalez, and Richard E. woods, "Digital image processing," Addison-Wesley, 1987
- [8] Zhang Z., "On the epipolar geometry between two images with lens distortions," *Proc. Int. Conf. Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 407-411, Vienna, Austria, Aug. 1996
- [9] Graham D.F., Steven D.H., and Paul M.H., "Color by correlation: A simple, unifying framework for color constancy," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 11, pp. 1209-1221, Nov. 2001

---

 저 자 소 개
 

---



박 수 경(학생회원)  
 2006년 광운대학교 컴퓨터공학과  
 학사.  
 2008년 광운대학교 컴퓨터공학과  
 석사.  
 2008년~현재 광운대학교  
 컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전>



심 동 규(정회원)  
 1999년 서강대학교 전자공학과  
 공학박사.  
 1999년~2000년 (주) 현대 전자.  
 2000년~2002년 (주) 바로 비전.  
 2002년~2005년 Univ. of  
 Washington

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)  
 <주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터  
 비전>