

학술대회 특집논문-07-12-2-08

휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템

오 지 현^{a)}, 이 문 현^{a)}, 박 한 훈^{a)}, 김 재 수^{a)}, 박 종 일^{a)†}

Portable Projection-Based Display System

Jihyun Oh^{a)}, Moon-Hyun Lee^{a)}, Hannon Park^{a)}, Jaesoo Kim^{a)}, and Jong-Il Park^{a)†}

요 약

프로젝션 기반의 증강현실(AR, augmented reality) 시스템이란, 고화질의 가상 정보를 프로젝터를 통하여 정해진 공간에 정확하게 표시해 주는 시스템을 말한다. 대부분의 증강현실 시스템은 사용자의 몰입감을 높이기 위해 고화질, 대화면을 제공하기 위한 디스플레이 장치를 사용한다. 또한 영상처리의 복잡도에 따라 고성능의 프로세서 장치를 요구하기 때문에 데스크탑 환경에서 처리되었다. 하지만 이러한 데스크탑 환경에서의 증강현실 시스템은 휴대가 불편하다는 단점을 가지고 있다. 다행히, 최근 프로젝터의 소형화와 모바일 프로세서의 성능 향상은 휴대가 편리한 모바일 증강현실 시스템의 등장을 가능하게 하였다. 그러나 기존의 모바일 증강현실 시스템은 작은 디스플레이를 이용하여 영상 정보를 표시해 주기 때문에 높은 해상도를 지원할 수 없으며, 사용자의 몰입감을 감소시킨다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 기존의 모바일 증강현실 시스템의 단점을 보완하기 위하여 PDA와 휴대형 프로젝터를 결합함으로써 장소의 제약 없이 고화질, 대화면의 증강현실 영상을 제공해 줄 수 있는 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템을 제안한다. 다양한 실험 결과 및 사용자 평가를 통해 모바일 환경에서의 프로젝션 기반의 증강현실 시스템의 활용 가능성을 제시한다.

Abstract

Projection-based augmented reality (AR) system refers to the system that accurately project high quality virtual information at the user-specified area by using the projector. Most of projection-based AR systems use the display device to support high quality and wide screen for increasing the user-immersion. Furthermore, they are implemented on the desktop environment due to the computational complexity. However, these projection-based AR systems are not suited as a mobile system and thus it may be inconvenient in the user point of view. Fortunately, Miniaturization of projectors and improved capacity of the mobile processor allowed the mobile AR system to be convenient. The limitation of established mobile AR system is that it uses small display screen which does not support high-resolutions and thus it may reduce the user-immersion into the system. In this paper, we propose portable projection-based display system, which overcomes the limitations of both projection-based and mobile-based AR systems. We have conducted the user evaluation to verify the effectiveness and the utmost capacity of the system.

Key words : Portable, Display system, Augmented reality, Projection based, Projector-camera system, PDA

I. 서 론

a) 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 가상현실연구실
Virtual Reality Lab., Division of Electrical and Computer Engineering,
Hanyang University
† 교신저자 : 박종일(jipark@hanyang.ac.kr)

최근 HDTV 급 디스플레이 시스템의 보급이 활발해짐에 따라 고화질, 대화면의 멀티미디어 영상에 대한 수요 및 관

심이 크게 증가하고 있다. 하지만 이러한 디스플레이 장치는 그 크기와 무게 때문에 고정된 공간에서만 사용이 가능하고, 사용자의 다양한 수요를 만족시키기에는 부족한 점이 있다. 한편, PDA, PMP, 모바일폰 등은 휴대가 편리하다는 강점을 앞세워 새로운 멀티미디어 시스템으로서의 주목을 받고 있다. 높은 시장성을 뒷받침하듯 고성능, 고화질의 서비스를 제공하기 위한 노력은 계속되고 있으나, 여전히 디스플레이 화면이 작아 사용자에게 충분한 몰입감을 제공해 주지 못하고 시각적인 피로까지 주는 단점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 기존의 멀티미디어 디스플레이 시스템들의 단점을 보완하여, 고화질의 영상을 대화면으로 제공해 줄 수 있으며, 휴대가 편리한 디스플레이 시스템을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 기본적인 연산은 PDA를 통해 이루어지며, 휴대형 프로젝터를 이용하여 임의의 스크린에 멀티미디어 영상을 보여준다. 휴대형 장치들을 이용함으로써 휴대성을 보장하면서도 프로젝터를 이용하여 고화질, 대화면의 영상을 제공해 줄 수 있다. 프로젝터를 디스플레이 장치로 활용할 경우, 스크린에 따른 기하 및 컬러 왜곡을 보정하는 기술이 수반되어야 임의의 스크린에서도 정확한 영상을 전달할 수 있다. 본 논문에서는 기존의 데스크탑 환경에서 동작하던 프로젝션 기반의 증강현실 기술^{1), 2), 3)}을 PDA 환경으로 확장한다. 또

한 PDA를 연산 장치로 사용하기 때문에 처리 속도가 크게 저하되는데, 본 논문에서는 모든 연산을 정수로 변환하여 수행함으로써 처리 속도 문제를 해결하였다. 기존의 휴대형 멀티미디어 플레이어와의 차별성을 부각시키기 위해 본 논문에서 제안하는 시스템을 휴대형 프로젝션 기반의 멀티미디어 플레이어, PMP²라고 명명한다.

PMP²는 기존의 데스크탑 환경에서는 생각할 수 없었던 모바일 환경에서의 증강현실 시스템으로써 새로운 응용이라 할 수 있다. 본 논문에서는 기하 및 컬러 보정과 같은 증강현실 기술을 접목한 PMP² 시스템의 활용 가능성을 검증하고, 다양한 분야에서의 유용성을 확인해 보일 것이다.

모바일 환경에서의 증강현실 시스템은 기존 연구들을 통하여 그 가능성이 이미 확인되었다. Wagner는 PDA 환경에서의 증강현실 기술을 이용하여 교육과 게임을 위한 시스템을 보여주었다^{4), 5)}. 이 시스템은 마커 추적을 통해 3D 그래픽을 PDA 디스플레이 화면에 그려주고 근거리 통신을 통하여 다수의 사용자가 함께 시스템을 즐길 수 있다. 또한 Bruns는 휴대폰을 이용하여 박물관에 전시된 물품들의 상세 정보를 볼 수 있는 시스템을 제시하였다⁶⁾. 이처럼 모바일 환경에서의 증강현실 시스템은 휴대성을 이용하여 다양한 장소에서의 유용 가능성을 보여주었다. 하지만 모바일 환경에서 시각 정보의 디스플레이는 작은 화면으로

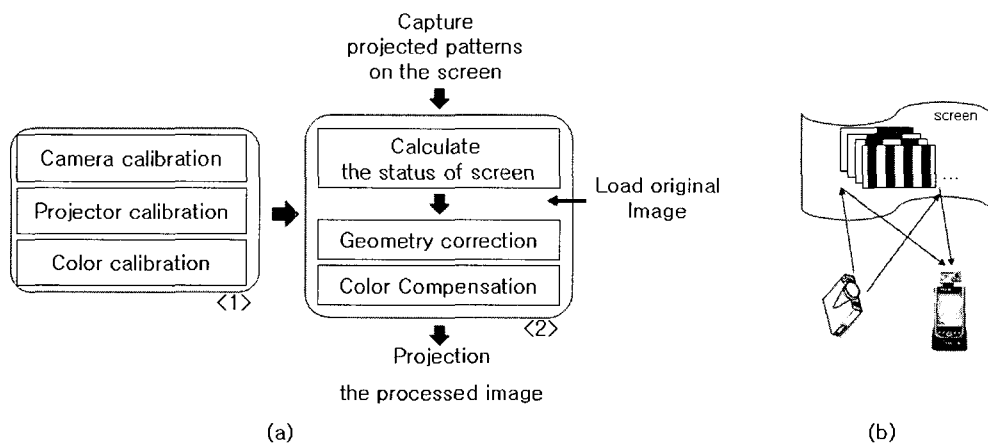


그림 1. 시스템 구조
Fig. 1. System structure

인해 큰 제약을 가지게 된다.

디스플레이를 위한 스크린 형태에 따른 제약을 해결하기 위한 방법으로 프로젝션 기반의 증강현실 연구가 이루어지고 있다. 기존에 개발되고 있는 프로젝션 기반의 증강 현실 시스템 중에서도 스크린에 독립적으로 프로젝션이 가능한 연구들이 이루어지고 있다. 이것은 프로젝션되는 방향이나 스크린의 기하 형태 및 칼라 상태에 상관없이 정확한 영상으로의 전달이 가능할 수 있게 해주는 기술이다. Raskar가 제시한 iLamp는 프로젝션된 영상을 카메라를 통하여 스크린의 기하 형태를 파악하여 사용자에게 스크린에 따른 왜곡이 없는 정확한 영상을 볼 수 있도록 한다^[1]. 또한 Mitsunaga가 제시한 칼라 보상에 대한 이론을 통하여 스크린의 칼라에 따라 프로젝션된 영상의 칼라성분을 보상하여 원본 영상의 칼라로 보이도록 할 수 있다^[2, 3]. 이와 같이 프로젝션 기반의 증강현실 기술인 기하 및 칼라 왜곡보정에 대한 기술을 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템에 접목함으로써 휴대용 멀티미디어 디스플레이 시스템으로써의 그 효용성을 극대화 한다. 즉, 휴대용 장치의 특성상 언제 어디서나 사용이 가능해야 하므로 특정한 스크린이 존재하지 않더라도 모바일 장치 자체에서 프로젝션되는 영상의 상태를 파악하여 기하와 칼라에 따른 왜곡이 보정된 영상을 사용자에게 보여줌으로써 장소의 제약을 최대한 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 본론에서는 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템의 개요에 대해 설명하고, 3장에서는 지능형 디스플레이 시스템을 위한 기반 기술의 소개와 방법론적인 부분에 대해 이야기 할 것이다. 4장에서는 3장에서 소개한 기반 기술을 이용한 PMP2의 실험 결과를 토대로 사용자 평가에 의한 시스템의 유용성을 검증해 보이고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해 이야기 할 것이다.

II 시스템 개요

본 논문에서 제시하는 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템은 모바일 환경에서의 디스플레이 시스템으로써

스크린의 특성을 파악하여 스크린에 적응적인 프로젝션이 가능하도록 하는 지능형 디스플레이 시스템을 말한다.

미리 알고 있는 패턴 영상을 스크린에 프로젝션하여 얻어진 이미지를 이용하여 스크린의 기하 구조를 모델링 할 수 있으며, 이것을 이용하여 특정 스크린의 기하 구조에 적응된 형태로의 프로젝션 영상을 임의로 만들 수 있다. 스크린의 칼라 특성에 의해 왜곡된 원본 이미지의 칼라 성분 또한 보상이 가능하다. 프로젝션된 이미지의 칼라 성분과 원본 이미지의 칼라 성분을 비교하여 왜곡된 영역에 대하여 보상된 칼라 성분을 가지는 이미지를 만들 수 있다. 스크린의 기하 및 칼라 특성에 적응된 형태로 만들어진 영상을 스크린에 다시 프로젝션 하면 스크린의 기하 및 칼라 특성에 의해 왜곡되었던 영상이 마치 평평하고 하얀 스크린에 프로젝션한 것과 같은 이미지로써 사용자에게 제공될 수 있다.

디스플레이 장치들의 소형화와 함께 디스플레이 장치를 사용하는 장소에 대한 범위가 넓어졌다. 디스플레이 화면이 작아지면서 생기는 불편함을 해소하고 언제 어디서 프로젝션이 가능한 디스플레이 시스템으로써, 스크린의 특성에 대한 보정한 처리 기능을 가지는 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템은 휴대형 디스플레이 환경에서 필수적인 요소가 될 것이다.

본 논문에서 제시하고 있는 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템은 그림 1(a)와 같은 시스템 구조를 가진다. 그림 1(a)의 파트 <1>은 전처리 단계로 카메라와 프로젝터의 특성 계산하는 단계로 각 장치에 대해서 한번만 수행된다. 실세계에 있는 모델과 장치간의 관계를 나타내는 캘리브레이션 파라미터를 구하고 카메라와 프로젝터의 칼라 응답 특성을 구하는 칼라 캘리브레이션 파라미터를 계산한다. 파트 <2>에서는 그림 1(b)와 같이 스크린의 특성을 측정하기 위한 패턴 이미지와 미리 계산된 캘리브레이션 파라미터를 이용하여 스크린의 기하 및 칼라 특성을 계산하고, 원본 이미지에 대하여 스크린에 적응된 보정 이미지로 만들기 위한 처리가 이루어진다. 기하 및 칼라에 대한 보정 처리가 완료된 원본 이미지를 스크린에 프로젝션 하는 것으로 사용자에게 정확한 영상 정보를 전달한다.

III. 지능형 프로젝션을 위한 기반 기술

휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템에서 스크린의 특성에 적응된 지능적인 프로젝션이 가능하기 위해서는 기하 구조 및 칼라 특성을 측정하기 위한 기반 기술이 필요하다. 또한 모바일 환경이 가지고 있는 기술적 제약을 최소화하기 위한 문제가 해결되어야 한다. 기하 및 칼라 보정을 위한 증강현실 시스템 구현의 기술적인 부분과 이를 모바일 환경에서 처리가 가능하도록 속도 개선을 위한 방법의 연구가 필요하다.

이번 절에서는 PDA와 SDIO타입의 모바일 카메라, 소형 프로젝터를 이용하여 스크린의 기하와 칼라에 대한 정보를 측정하여 보정 영상을 만들기 위한 방법과 모바일 환경에서의 처리 속도 개선을 위한 문제 해결 방법에 대해 이야기 한다.

1. 기하 왜곡 보정

프로젝션 기반의 멀티미디어 영상은 프로젝션 방향에 따라 기울어짐(skewness)과 스크린 기하에 따른 왜곡이 발생할 수 있다. 본 논문에서 제시한 시스템의 장소에 대한 제약을 최소화하기 위하여 다음과 같은 기술을 도입하였다.

프로젝션된 화면의 기하학적 왜곡을 보정하기 위해서는 캘리브레이션(calibration)된 프로젝터와 카메라를 이용하여 스크린에 대한 기하 정보를 알아낸다. 알아낸 스크린 정보를 이용하여 보정 영상을 계산해 내는 것이다.

프로젝터는 카메라와 다르게 2차원 영상을 3차원 영상으로 투영하기 위한 장치이기 때문에 캘리브레이션하기 위하여 전처리 단계가 필요하다. 프로젝터의 캘리브레이션 파라미터는 [6]에서 언급한 방법을 참고하였다. Zhang's calibration method^[7]로 프로젝터와 카메라의 캘리브레이션 파라미터를 계산하였고 본 논문에서 자세한 설명 생략한다.

스크린의 기하에 따른 3차원 좌표 정보를 얻기 위하여 선형 삼각 방법(linear triangulation method)^[8]을 이용한다. 스크린은 평평한 조각들의 모임으로 구성되어 있다고 가정하기 때문에 스크린의 표면을 삼각형 단위의 mesh형태로 재구성한다. 삼각형의 작은 영역으로 구성된 mesh들은 정상적인 mesh와의 각 영역별 호모그래피를 구하여 각기 작은 삼각형 단위로 워핑하여 보정된 결과 영상을 얻는다. 스크린 표면을 모델링은 다음과 같은 방법을 이용한다.

스크린 표면에 대한 기하를 모델링하기 위하여 그림 2(a)와 같은 gray-coded binary 패턴을 스크린에 프로젝션한다^[9]. 원본 패턴들을 합성한 영상과 프로젝션된 패턴을 캡처하여 얻어진 영상들을 합성하여 그림 2(b)에서와 같이 코

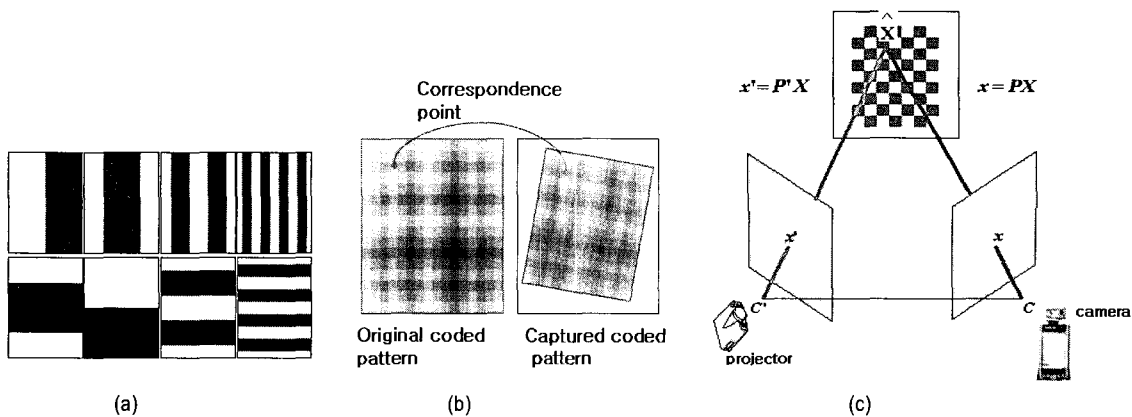


그림 2. (a):binary-coded pattern. (b):(a)와 같은 원본 패턴과 캡처된 패턴의 합성으로 만들어진 코드화된 셀로 표현된 이미지 (c):(b)와 같이 코드화된 두 개의 패턴 영상을 linear triangulation method를 이용하여 스크린 표면의 3차원 좌표를 모델링한다.

Fig 2. (a): Binary-coded pattern. (b): The coded cell image that are produced by composing the original pattern and the captured pattern. (c): Reconstruction of 3D model of screen surface using linear triangulation method on coded pattern images.

드화 된 셀을 얻을 수 있다. 코드화된 두 개의 2차원 이미지에서 대응되는 셀의 중심점들로 선형 삼각 방법(linear triangulation method)으로 스크린 표면을 모델링한다. 그림 2(c)와 같이, 두 개의 2차원 이미지에서 프로젝션 매트릭스 P 와 P' 을 알고 있을 때, 대응되는 셀의 두 중심점 x 와 x' 을 이용하여 스크린 표면의 3차원 좌표 X 를 알아낼 수 있다.

스크린 표면의 3차원 좌표를 알고 있다면 이 좌표가 임의의 시점에서 2차원 평면으로 투영되는 관계를 예측할 수 있다. 즉 임의의 시점에서 프로젝션된 영상을 원하는 형태로 변형해 줄 있다. 계산된 스크린 표면의 3차원 좌표 정보를 사용자 시점으로 투영하여 사용자 시점에서의 스크린 기하 형태를 mesh로 표현할 수 있다. 여기서 사용자의 시점은 모바일 장치 위에 있다고 가정하기 때문에 스크린의 3차원 좌표를 모바일 장치가 있는 방향으로 투영하여 사용자 시점에서의 mesh를 얻을 수 있다. 스크린 표면은 작은 평면 조각들의 모임으로 구성된다고 가정하기 때문에 mesh를 작은 삼각형 단위로 구성한다. 왜곡 되어 나타난 mesh를 보정하기 위하여 프로젝터 캘리브레이션 파라미터를 이용하여 사용자 시점을 기준으로 정상적인 스크린 mesh를 구한다. 두 개의 mesh에서 mesh를 구성하고 있는 작은 삼각형의 3점을 이용하여 3×3 매트릭스를 가지는 호모그래피를 구한다. 대응되는 삼각형들에 의해 구해진 호모그래피로 삼각형 내부의 좌표들을 워핑한다. mesh를 구성하고 있는 모든 삼각형들에 대하여 같은 처리를 하는 것으로 보정된 결과 영상을 얻어 낸다. 그림 3에서 보이는 것과 같이 보정된 결과 영상을 스크린으로 다시 프로젝션하면 사용자

시점에서 왜곡이 없는 프로젝션된 영상을 볼 수 있다.

2. 칼라 보상

프로젝션되는 스크린의 형태나 색상, 주변 환경에 따라 프로젝터에 의해 출력되는 영상의 결과는 달라진다. 또한 프로젝터와 카메라의 응답 특성에 따라 프로젝션된 영상의 칼라가 왜곡 될 수 있다. 칼라 보정 기술은 프로젝터와 카메라의 특성을 이용하여 프로젝션된 영상의 칼라를 인식하고 스크린에 프로젝션 되었을 때 스크린의 칼라 성분과 합쳐져 본래의 색으로 보이도록 하는 영상을 만들어낸다. 본 논문에서는 [2]와 [3]에서 제시하고 있는 radiometric compensation 방법을 이용하여 카메라의 응답 특성과 프로젝터의 출력 특성을 구하고 보정된 칼라의 영상을 만든다. 그림 4는 radiometric compensation 방법을 이용하여 얻어진 칼라 보상에 대한 결과 영상을 보여준다.

장치의 고유한 특성인 카메라의 응답 특성과 프로젝터의 출력 특성 f 를 알고 있다면, 프로젝션된 영상 I_p 를 이용하여 입력 영상 I 와 같은 칼라 특성을 가지는 계산된 \hat{I} 영상을 얻을 수 있다 (1, 2).

$$I_p = f(I) \tag{1}$$

$$\hat{I} = f^{-1}(I_p) \tag{2}$$

원본 영상 I 를 프로젝션 하였을 때 칼라 성분이 왜곡되

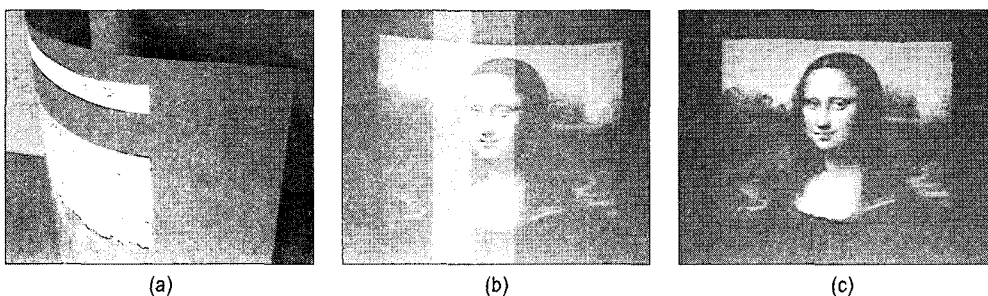


그림 3. (a):실험에 사용된 곡면 스크린 (b):곡면 스크린에 프로젝션 했을 때 왜곡 되어 보이는 원본 이미지 (c):기하보정이 처리된 영상을 곡면 스크린에 프로젝션 했을 때 보이는 이미지

Fig 3.(a): The curved screen used in our experiment. (b): Shows the distorted image when the original image is projected onto the non-planar screen. (c): Shows the corrected image after the geometry correction.

어 원본 영상을 그대로 볼 수 없지만, 계산하여 얻어진 \hat{I} 를 이용하여 스크린의 칼라 특성과 프로젝터의 출력 특성을 고려한 보정영상을 얻을 수 있다. 보정된 영상을 스크린에 프로젝션하면 스크린의 칼라 특성 및 주변 상황에 영향을 받지 않는 것과 같은 원본 그대로의 영상을 볼 수 있다.

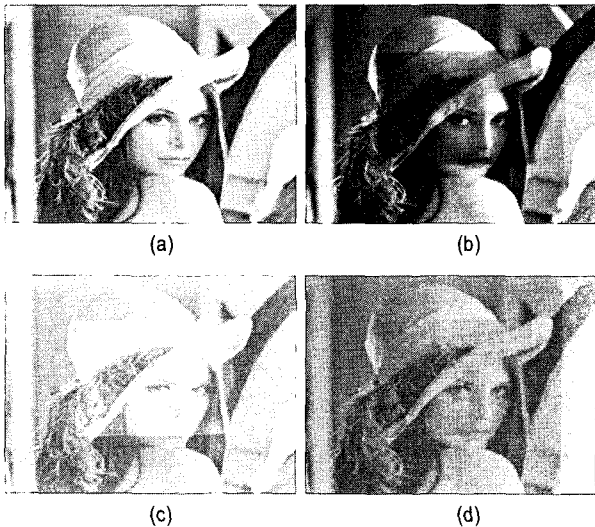


그림 4. (a):입력 영상 I (b):칼라패턴이 부착되어 있는 스크린에 프로젝션된 영상 I_p (c):칼라 왜곡이 보정된 영상 (d):(c)를 다시 프로젝션하여 얻어진 결과 영상
 Fig 4. (a): Input image I . (b): Projected image I_p on the screen with some color pattern. (c): Compensated image against color state of the screen. (d): Re-projection of the compensation image.

3. 처리 속도

모바일 플랫폼에서는 부동 소수점 처리기(FPU)가 없기 때문에 부동소수점 연산에 따른 속도 저하가 발생한다. 표 1에서와 같이 부동 소수점 연산을 이용하여 binary-coded pattern을 프로젝션하고 캡처된 패턴 영상을 통하여 스크린 표면의 3차원 좌표를 계산하는데 약 8초의 처리 시간이 소요된다. 계산된 스크린 표면의 좌표를 이용하여 보정된 영상을 만들기 위한 워핑 단계에서는 약 0.265초의 시간이 소요된다. 보정된 결과 영상을 얻기 위한 워핑 단계에서 부동 소수점이 아닌 정수 연산을 이용하면 5배 정도의 빠르기가 가능하다. 현 시스템에서 스크린 표면의 모델링은 모바

일 장치의 위치가 정해진 다음 한번만 이루어진다는 가정을 가지고 있다. 따라서 스크린 표면의 모델링이 끝난 후 보정된 좌표로 이동하기 위한 정수 타입의 좌표 맵을 구성하였다. 정수 타입의 좌표 맵을 이용하면 한 프레임 당 약 0.046초의 처리 시간이 소요된다. 이것은 모바일 환경에서 초당 20프레임의 멀티미디어 영상의 처리가 가능도록 해 준다.

표 1. 모바일 환경에서 측정된 처리 시간
 Table 1. Process time on mobile platform.

480×536 color image			
		3D modeling	warping
processing time (s)	float point	8	0.265
	integer point	-	0.046

IV 구현 및 사용자 평가

1. 구현

표 2와 그림 5에서와 같이 휴대용 프로젝션 기반의 멀티미디어 디스플레이 시스템인 PMP²의 실험 환경을 만들었다. 스크린의 상태를 측정하기 위하여 처리를 위한 Dell Axim x51v PDA, 삼성 포켓 프로젝터와 SDIO 타입으로 PDA에 연결하여 사용할 수 있는 HP mobile camera를 사용하여 projector-camera system을 구성하였다. 왜곡 보정과 멀티미디어 플레이에 관한 시스템 개발은 Window Mobile 5.0 환경에서 MFC와 모바일 플랫폼으로 변환한 OpenCV 라이브러리를 이용하였다.

표 2. 실험 환경
 Table 2. Experiment Specification

PDA	Projector	Camera
Dell AXIM X51V 624MHz 64MB SDRAM 256MB Flash memory	삼성 포켓이미저 LED 광원 DLP 방식	HP Mobile camera SDIO type 640*480
Height : 119 mm Width : 73 mm	127 mm 9.4 mm	

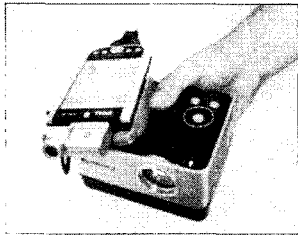


그림 5. PDA, 소형 프로젝터, SDIO 카메라
 Fig 5. PDA, portable mini-projector, and SDIO mobil camera.

PDA에 부착되어 있는 카메라를 이용하여 그림 6(a)에서 보여주는 것과 같이 프로젝션된 binary-coded pattern의 상

태를 캡처한다. 캡처된 패턴 이미지들을 그림 6(b)와 같이 합성하여 코드화된 각 셀을 얻는다. 원본 패턴들의 합성 영상과 그림 6(b)의 대응되는 셀의 중심점들을 이용하여 스크린 표면의 3차원 좌표 정보를 얻는다. 그림 6(a)의 마지막으로 캡처된 흰색과 검정색의 패턴 영상은 스크린의 칼라 상태를 측정하기 위한 것으로 캡처된 두 영상의 차를 이용하여 칼라의 위치와 상태를 측정한다.

계산된 스크린의 기하 정보를 이용하여 미리 설정된 사용자의 시점에서 보이는 프로젝션된 영상의 상태를 예측할 수 있다. 그림 7(b)와 같이 계산된 스크린 표면의 3차원 정

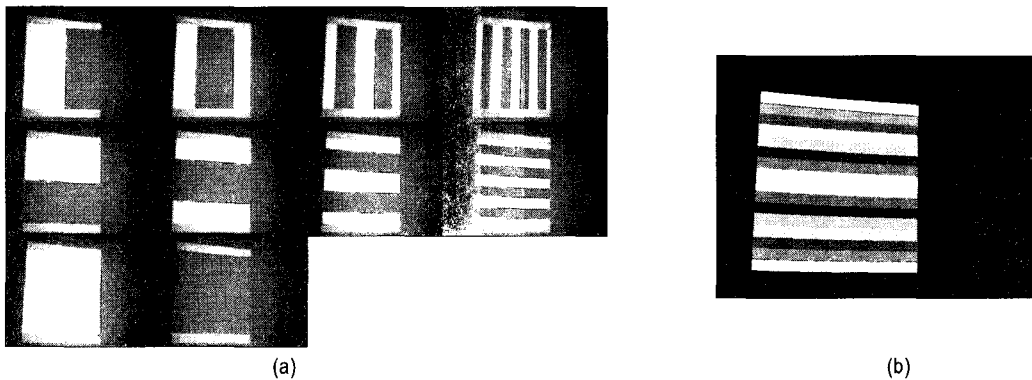


그림 6. (a): 프로젝션된 binary-coded pattern들을 모바일 카메라로 캡처한 영상과 스크린의 칼라 상태를 파악하기 위한 흰색과 검은 패턴을 캡처한 영상, (b): (a)의 영상을 합성한 코드화된 셀을 가지는 영상.

Fig 6. (a): Images captured with mobile camera for the projected binary-coded patterns. (b): Coded cell image which combines captured binary-coded pattern images shown in (a). Coded image that based on original binary-coded pattern images and image of (b) are used for reconstruction of 3D surface of screen using correspondences center of each cell with the linear triangulation method.

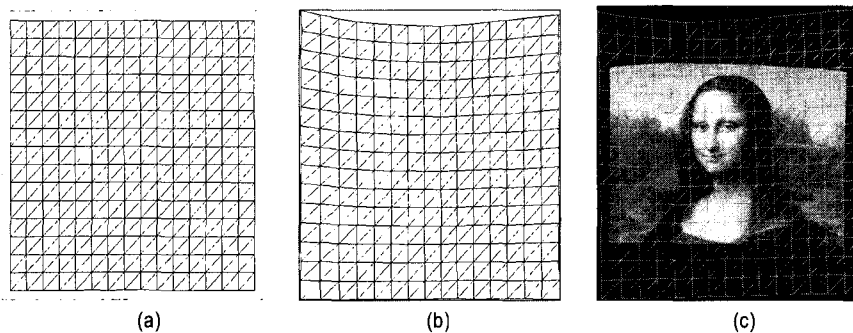


그림 7. (a): 프로젝터 캘리브레이션 파라미터에 의한 정상적인 mesh. (b): 그림 6에 의해 계산된 스크린 표면의 3차원 좌표를 이용한 사용자 시점에서 보이는 스크린의 mesh. (c): 곡면 스크린에 의한 왜곡 보정 영상.

Fig 7. (a): Reference mesh obtained from projector calibration parameter. (b): The user point of view mesh obtained by using the reconstruction of 3D surface of screen as shown in Fig 6. (c): Coordinates, which will be used for the warping later, are calculated using the homography between (a) and (b).

보를 이용하여 사용자 시점에서 프로젝션된 영상의 상태를 작은 삼각형의 구조를 가지는 mesh로 표현한다. 그림 7(a)는 프로젝터 파라미터에 의해 생성된 스크린 mesh로, 그림 7(b)의 mesh와 대응되는 삼각형의 관계를 호모그래피로 계산하여 워핑을 수행한다. mesh를 구성하고 있는 작은 삼각형 단위별로 호모그래피를 통한 워핑의 결과는 그림 7(c)와 같다. 그림 7(c)를 보면 스크린에 따른 왜곡을 보정한 영상은 mesh와 상대적으로 반대인 영상을 만든다. 최종적으로 보정 처리된 영상을 다시 프로젝션 하면 곡면 스크린에서도 평평한 스크린에 영상을 프로젝션 하고 있는 것과 같은 결과를 얻을 수 있다.

그림 8은 실제 휴대형 프로젝션 시스템을 통한 멀티미디어 디스플레이의 형태를 보여준다. 휴대형 디스플레이 시스템을 이용하여 임의의 스크린에 프로젝션을 하면 그림 8(a)와 같이 원래의 영상 정보가 왜곡 되어 보인다. 스크린의 기하 및 칼라 특성에 의해 왜곡 된 멀티미디어 영상은 사용자에게 매우 거슬리는 요인이 된다. 본 논문에서 제시한 PMP²를 이용하여 스크린의 특성을 계산하고 그림 8(b)와 같은 보정 영상을 만들어 프로젝션하면, 그림 8(c)와 같이 스크린의 특성에 따른 왜곡이 감소된 형태의 멀티미디어 감상이 가능하다.

실험에 사용된 모바일 카메라의 경우 주변 광량에 따라 민감하게 작용하기 때문에 스크린의 칼라 상태를 정확히 파악할 수 없는 경우가 발생한다. 그림 8의 결과 영상은 PDA에서 휴대형 디스플레이 시스템에서의 처리 성능 및 결과를 보여주기 위하여, 스크린의 기하 및 칼라 상태를 파

악하기 위해 필요한 그림 6과 같은 binary-coded pattern 영상의 캡처 단계를 PC에 연결된 카메라를 이용하여 캡처 한 후, 캡처된 binary-coded pattern 영상을 이용하여 스크린의 상태를 계산하고 보정 처리 및 프로젝션을 통한 디스플레이 과정은 PDA 환경에서 처리 및 진행하였다. 칼라 보정에 대한 문제는 단순한 카메라의 성능 문제이다. 고화질의 영상 캡처가 가능하고 노출과 화이트 밸런스, 셔터 스피드의 조절이 가능하면서 PDA와 같은 장치에서 사용할 수 있는 카메라로 교체된다면 그림 6과 같은 과정을 PDA에서 처리하여 PC에서 binary-coded pattern을 캡처한 것과 같은 영상을 얻을 수 있다. 따라서 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템의 전 과정을 PDA에서 처리함으로써 완전한 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템으로 사용될 수 있다.

2. 사용자 평가

휴대용 멀티미디어 플레이어 장치로써 PMP와 PMP²의 사용자 평가를 실시하였다. 15명의 사용자에게 각 장치의 디스플레이를 이용하여 멀티미디어를 감상하도록 하였다. PMP와 PMP²의 사용 경험을 토대로 휴대 편의도, 몰입도, 시각적 편안함, 다수 사용자의 편의도 라는 항목에 0점부터 10점까지의 점수를 부여하도록 하였다. 그림 9는 사용자들이 작성한 평가 결과이다.

사용자들은 PMP²의 경우, 크기나 무게 면에서 불리하기 때문에, 휴대의 편의성에서 PMP에 더 높은 점수를 부여하였다. 그리고 사용자 평가 결과 몰입도에 대해서는 PMP와

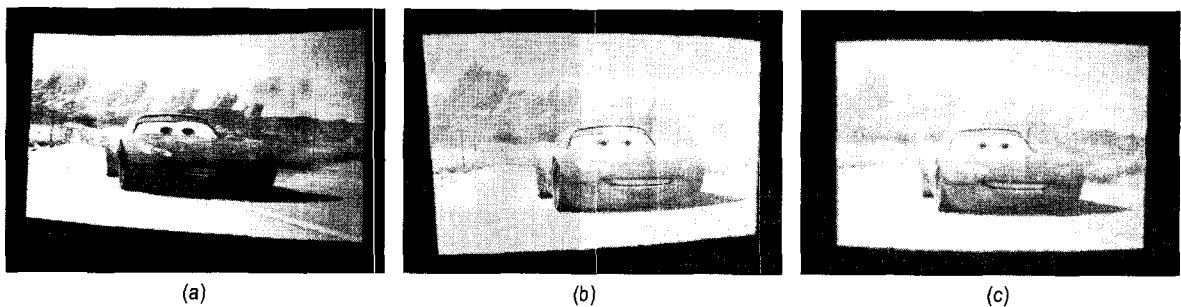


그림 8. (a)곡면 스크린의 기하 및 칼라 특성에 의해 왜곡되어 보이는 영상. (b): 스크린에 대한 보정 영상. (c): 프로젝션된 보정 영상.
 Fig 8. (a): Distorted image due to the non-planar screen and color state. (b): Compensation of distorted image. (c): Projected compensation of image.

PMP² 사이에 큰 차이를 보이지 않았다. 디스플레이 화면이 커지면 사용자가 멀티미디어를 감상하는데 더 높은 몰입감을 제공할 수 있을 것이라 예상했지만 몰입도에 대한 사용자들 간의 개인차가 있는 것으로 나타났다. 디스플레이가 작을수록 더욱 집중하여 화면을 주시할 수 있기 때문에 몰입도가 높다고 생각하는 사용자들이 있는 반면 디스플레이가 클수록 사용자와 디스플레이 되는 영상과의 밀접도가 높아지기 때문에 몰입도가 높아진다고 생각하는 사용자들이 있었다.

시각적인 편안함과 다수 사용자에 의한 편의도에 있어서는 PMP²가 더 높은 점수를 얻었다. 장시간에 걸쳐 PMP를 사용한 대부분의 사용자들은 시각적인 피로감을 호소하였다. PMP는 디스플레이 화면이 작기 때문에 사용자의 시각과 디스플레이장치 간의 거리가 짧아지고 장시간 집중하여 화면을 주시해야 하기 때문에 이와 같은 문제가 발생할 수 있다. 반면에 PMP²는 디스플레이 화면이 크기 때문에 사용자의 시각과 디스플레이 사이에 적당한 거리를 둘 수 있어 대부분의 사용자들이 편안하게 이미지를 감상할 수 있었다. 또한 여러 사람이 함께 이미지를 감상할 수 있는 공간적인 여유가 생기기 때문에 PMP에 비해 압도적으로 많은 점수를 받았다.

PMP²의 왜곡 보정 기능에 대한 만족도를 조사한 결과 사용자들은 약 6.5점 정도의 점수를 부여하였다. 스크린의 기하와 칼라에 대한 정보를 얻기 위한 과정이 필요하다는 점과 장치의 이동에 따라 스크린의 상태가 변경될 경우 스크린의 상태 정보를 얻기 위한 과정을 반복해야 하는 점에 대해 불편함을 느꼈다. 하지만 왜곡이 보정된 영상으로 프로젝션 하기 때문에 스크린의 상태에 상관없이 원본 영상과 같은 정확한 영상으로의 볼 수 있다는 것에 대해서 공간의 제약을 최대한 줄일 수 있기 때문에 휴대용 장치에서 유용하게 쓰일 수 있다는 의견들이 나왔다.

그림 9와 같은 사용자 평가의 결과는 증강현실 기술을 이용한 휴대용 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템의 가능성을 확실히 준다. 휴대적인 측면에 대해서는 아직까지 PMP가 더욱 편리하다는 결과를 보이고 있다. 하지만 PMP²는 기존의 PMP가 가지고 있는 시각적인 불편함을 해소하고, 단일 사용자가 아닌 다수의 사용자가 함께 사용할

수 있는 가능성을 제시함으로써 제안된 시스템의 유용성을 확인할 수 있었다. 또한 기하 및 칼라에 대한 보정 기술을 도입하여 프로젝션을 위한 스크린의 제약을 최대한 줄였기 때문에 사용자들이 PMP²와 같은 휴대용 디스플레이 시스템을 이용하여 보다 다양한 장소에서 활용할 수 있다는 가능성을 확인할 수 있다.

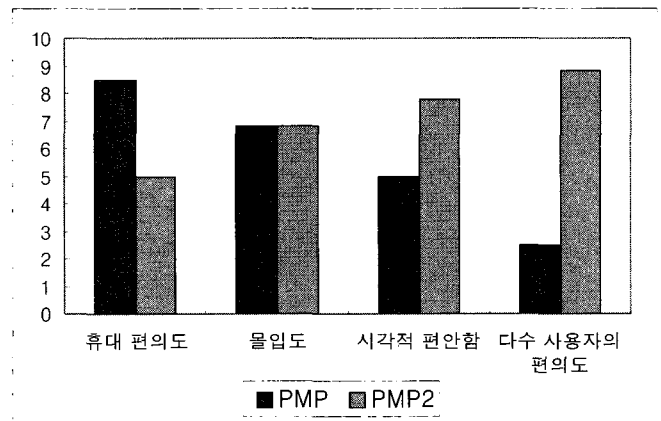


그림 9. 사용자 평가 결과에 따른 그래프
Fig 9. Graph of user evaluation

V. 결론 및 향후 연구 방향

PMP²는 프로젝션 기반의 증강현실 기술을 이용한 휴대용 멀티미디어이다. 기존의 프로젝션 기반의 디스플레이를 이용한 다양한 멀티미디어 플레이어 장치들은 프로젝션하기 위한 특정한 스크린을 필요로 한다. 하지만 PMP²에서는 왜곡 보정 기술과 같은 증강현실 기술을 도입함으로써 스크린에 따른 제약을 최소화 할 수 있다. 기하와 칼라에 따른 왜곡 보정 기술을 이용하기 때문에 스크린의 기하와 칼라의 상태에 적응된 영상을 만들어 프로젝션함으로써 사용자에게 직사각형의 원본 영상 그대로의 상태로 전달 할 수 있다. 또한 PMP²는 소형 프로젝터를 이용하여 프로젝션 기반의 디스플레이를 하기 때문에 모바일 장치의 작은 디스플레이를 스크린과 프로젝터의 거리에 따라 약 12~64inch까지의 고화질을 가지는 대화면을 통한 영상 정보 전달이 가능하다.

PMP²의 이러한 기능은 휴대성을 더욱 극대화 해 줄 수 있어 공원이나 좁은 공간 등에서도 프로젝션이 가능한 스크린만 주어지다면 언제 어디서나 프로젝션을 통한 멀티미디어 영상을 즐길 수 있다. 프로젝션을 통한 고화질의 대화면은 시각적인 피로를 줄여주면서 몰입감을 높여주고 다수의 사람들이 함께 즐길 수 있는 환경 또한 제공해 준다.

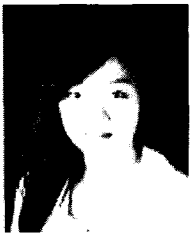
본 논문에서 논의한 휴대형 프로젝션 기반의 디스플레이 시스템은 증강현실 기술을 접목함으로써 모바일 환경에서의 다양한 응용 가능성을 보여주며, 사용자 평가를 통하여 시스템의 유용성을 검증해 보였다. 이러한 실험의 결과는 PMP²가 새로운 휴대형 디스플레이 시스템의 프로토타입으로 제안될 수 있음을 보여준다.

PMP²에는 몇 가지 추가적인 연구 과제들이 필요하다. 하나는 모바일 환경에서의 처리 속도를 개선할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하고, 다른 하나는 현재 PMP²에서 사용하고 있는 스크린의 기하 및 칼라에 대한 상태를 측정하는 방법에 대한 보다 효과적인 기술이 필요하다. 사용자에게 불필요한 패턴 정보를 숨겨주면서 모바일 장치의 움직임에 상관없이 실시간으로 보정이 가능한 기술을 모바일 환경에 적용할 수 있는 방법 등에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다^[10].

참 고 문 헌

- [1] Raskar, R., et al.: iLamps: Geometrically aware and self-configuring projectors. Proc. of SIGGRAPH, vol.22 (2003) 809-818
- [2] Mitsunaga, T. and Nayar, S. K. : Radiometric self calibration. Proc. of IEEE Comp. Vision and Pattern Recog., pp. 374-380, 1999
- [3] Park, H., Lee, M.-H., Kim, S.-J., Park, J.-I.: Surface-independent direct-projected augmented reality. Proc. of ACCV (2006) 892-901
- [4] Wagner, D., Schmalstieg, D.: First steps towards handheld augmented reality. Proceedings of the 7th International Symposium on Wearable Computers(ISWC 2003), White Plains, NY, USA, IEEE Computer Society (2003) 127-137
- [5] Wagner, D., Schmalstieg, D. "Handheld Augmented Reality Displays" Proc. of the IEEE Virtual Reality Conference, pp.67, 2006.
- [6] Bruns, E., Brombach, B., Zeidler, T., Bimber, O.: Enabling mobile phones to support large-scale museum guidance. IEEE Multimedia, 2006
- [7] Zhang, Z.: Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientation. Proc. of ICCV (1999) 666-673
- [8] Hartley, R., Zisserman, A.: Multiple View Geometry, Cambridge University Press (2003)
- [9] J. C. Lee et al.: Automatic projector calibration with embedded light sensors. Proc. of the 17th annual ACM Symp. on User Interface Software and Technology (2004)
- [10] Park, H., Park, J.-I.: Invisible marker based augmented reality system. Proceedings of Visual Communications and Image Processing (VCIP) 2005, vol.5960 (2005) 501-508

저 자 소 개



오 지 현

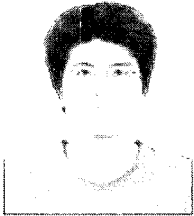
- 2006년 : 한성대학교 정보시스템공학과 학사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사과정
- 주관심분야 : 3D image processing, HCI, augmented reality

저 자 소 개



이 문 현

- 2005년 7월 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 학사
- 2005년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사과정
- 주관심분야 : AR-Guided-Surgery system, augmented reality



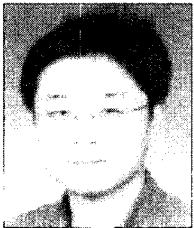
박 한 훈

- 2000년 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 학사
- 2002년 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사
- 2002년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : Image based modeling/rendering, HCI, affective computing, augmented reality



김 재 수

- 2001년 : 충북대학교 전기전자공학과 학사
- 2001년 ~ 현재 : 삼성전자 영상디스플레이사업부 DTV S/W 개발 연구원, 선임연구원
- 주관심분야 : 3D image processing, HCI, augmented reality



박 종 일

- 1987년 : 서울대학교 전자공학과 공학사
- 1989년 : 서울대학교 전자공학과 공학석사
- 1995년 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 부교수
- 주관심분야 : 3D image processing, computer graphics, HCI, virtual/augmented reality