The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 18, No. 3, pp.9-16, Jun. 30, 2018. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.3.9
JIIBC 2018-3-2

실시간 영상-표면정합 시스템 구현

An Implementation of Real-Time Image-Surface Mapping System

양근탁*, 이봉규**

Keuntak Yang*, Bongkyu Lee**

요 약 미디어파사드 기술은 투사할 대상의 입면(立面, elevation)에 정합처리가 된 콘텐츠를 필요로 한다. 이런 이유로 투사될 대상체가 바뀔 때마다 같은 콘텐츠라도 정합처리를 매번 다시 수행해 주어야 한다. 이런 문제점은 투사 대상체의 입면을 분석하여 콘텐츠를 실시간으로 자동 정합 처리하여 투사하는 방법으로 해결 가능하다. 그러나 아직까지 콘텐츠의 실시간 매핑에 대해서는 뚜렷하고 획기적인 연구결과를 찾기 어렵기 때문에 새로운 연구가 반드시 필요하다. 본 논문에서는 투사될 대상의 입면정보를 분석하여 최적화된 투사영상을 실시간으로 얻을 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하고 구현한다. 제안된 방법은 IR카메라를 이용하여 얻어지는 입면의 깊이정보를 이용하여 영상 정합을 실시간 처리한다.

Abstract The media facade technique requires the matching process of the content to the projection target. For this reason, each time the projection target is changed, the matching process of the same content must be performed again at each time. This problem can be solved by analyzing the elevation of the object and automatically performing matching process of the content in real time and projecting the matched content. In this paper, we propose and implement a new algorithm that can obtain the optimized matching content in real time by analyzing the elevation of the object to be projected. The proposed method processes the image matching by using the depth information of the elevation obtained by IR cameras.

Key Words : Media Facade, Matching process, Projection, Surface, Target, IR cameras

Ⅰ. 서 론

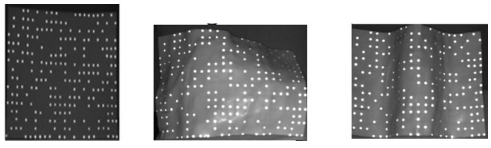
사회 인프라의 디지털 첨단화가 진행되면서 영상, 정보기술(IT), 문화기술(CT)이 결합된 대형 영상매체, 미디어아트 시스템, 디지털 사이니지 (Digital Signage)를 기반으로 한 문화콘텐츠를 활용하는 도시건설이 활성화되고 있다 [1]. 이러한 트렌드를 바탕으로 등장하게 된 콘텐츠 매체 중 하나가 미디어파사드(Media Facade)이다. 미디어파사드는 건축물의 입면(立面, Facade)에 프로젝터 등의 미디어에서 나오는 영상을 투영하는 기술을 의미한다. 이 기술은 프로젝터, LED 전광판, 간접조명, 레이저 빔, 홀로그램 등 영상미디어를 투사하는 매체의 종류에 따라 다양하게 구현이 가능하기 때문에 활용이 증가하고 있는 추세이다. 또한 최근에는 근접 센싱 (sensing) 및 가상/증강현실 (Virtual/Augmented Reality, VR/AR) 기반의 이미지 합성기술도 접목함으로써 활용도가 증가하고 있다 [2, 3]. 또한 제스처 인식, 모션 캡쳐 기술과 같은 스마트 기술이 접목되면서 사용자와 상호작용이 가능한

*정회원, 제주대학교, 전산통계학과
**정회원, 제주대학교, 전산통계학과
접수일자: 2018년 4월 28일, 수정완료: 2018년 5월 28일
게재확정일자: 2018년 6월 8일

Received: 28 April, 2018 / Revised: 28 May, 2018
Accepted: 8 June, 2018
*Corresponding Author: bklee@jejunu.ac.kr
Dept. of Computers&Stattistics, Jeju National University, Korea

콘텐츠의 활용도 가능해지고 있다[4, 5].

그러나 현재 미디어파사드 기술은 투사할 대상에 맞추어 콘텐츠나 영상을 오프라인에서 전처리를 해야 하는 문제점을 지니고 있다. 건축물의 입면은 기존에 영상미디어를 송출하는 모니터, 스크린 등과 달리 구조물마다 서로 다른 모양과 표면을 가지고 있기 때문에 투영하려는 콘텐츠 (원 콘텐츠)를 정해진 대상의 입면에 최적화시키는 정합과정을 거친 변형된 콘텐츠를 필요로 한다. 투사대상의 입면에 최적 투영을 위해 필요한 콘텐츠 정합은 투사 입면이 달라질 때마다 매번 반복적으로 진행되어야 한다. 이런 이유로 기존의 미디어파사드는 콘텐츠 정합과 같은 전처리 비용문제로 인하여 주로 대형 건축물만을 대상으로 사용하는 등의 많은 제약이 많이 따른다. 이런 단점을 해결하고 미디어파사드의 활용성을 높이기 위해서는 실시간으로 투사대상의 입면을 분석하여 콘텐츠를 자동으로 입면에 정합하는 방법이 필요하다 [6]. 이를 통하여 기존의 오프라인에서의 콘텐츠 변형과정을 생략할 수 있기 때문에 미디어파사드의 활용성에 대한 제약문제를 해결할 수 있다. [7]에서는 기존 문제를 해결하기 위하여 투영대상 표면에 사람의 눈에는 보이지 않지만 적외선 카메라로 감지가 가능한 특수 잉크를 활용하여 정해진 도트패턴을 이식하고 이를 활용하는 방법으로 투영표면을 실시간 판단하는 방법을 제안하였다. 그림 1에서 보는 것과 같이 표준패턴 (a) 와 변형된 패턴에서의 도트 위치를 (b) 상호 비교하여 투영표면의 위치들에 대한 깊이정보를 계산하여 영상을 동적으로 매핑하는 방식이다. 그러나 이러한 방법은 투영표면에 먼저 정해진 도트패턴을 삽입하는 과정이 반드시 필요하여 기존의 시설물에 적용하는 것이 어렵기 때문에 일반적으로 적용하기 어려운 방법이다. 이와 같이 아직까지 콘텐츠의 실시간 매핑에 대해서는 뚜렷하고 획기적인 연구결과를 찾기 어렵기 때문에 새로운 연구가 반드시 필요하다.



(a) 원패턴 (b) 변형 도트패턴1 (c) 변형 도트패턴2

그림 1. 표준 도트 패턴 삽입과 변형들
Fig. 1. Transplant of reference dot patterns and deformations

본 논문에서는 콘텐츠가 표현될 입면의 표면을 분석하여 입면에 최적화된 투사가 가능하도록 콘텐츠를 실시간 정합하는 새로운 방법을 제안한다. 제안된 방법은 IR 카메라를 이용하여 입면의 부분별 깊이정보를 획득하고 이를 이용하여 투영위치를 자동 보정함으로써, 입면의 변화에 따른 가변적인 영상 정합을 실시간으로 처리한다.

II. 실시간 정합 알고리즘

기존의 미디어파사드에서는 전문 기술자가 투사대상 건물에서 관측되는 주요 특징점과 투영하려는 콘텐츠를 수작업으로 정합하여 만들어진 변형된 콘텐츠를 사용한다. 이 장에서는 이런 문제점을 해결하기 위한 방법의 일환으로 본 논문에서 제안하는 콘텐츠와 투사대상 표면과의 실시간 정합 알고리즘을 기술한다.

1. 알고리즘 개발을 위한 H/W 환경

프로젝션 영상의 실시간 정합을 위한 선행조건으로 적외선 카메라로 인식 가능한 특정 패턴을 실제 프로젝터로 영사할 표면에 이식하는 과정이 필요하다 [8]. 제안하는 실시간 정합 알고리즘은 적외선 카메라를 이용하여 파악한 투영대상 표면의 깊이 정보를 이용하여 먼거리에 있는 투영면에는 투영될 영상의 픽셀이 커지고, 가까워질수록 픽셀의 크기가 작아지는 원리를 이용하여 투영될 콘텐츠를 확장 및 축소하는 방법을 사용한다.

제안하는 실시간 정합 알고리즘을 구현하기 위해 프로젝터와 적외선 (Infrared, IR) 카메라로 구성된 H/W 플랫폼을 구성한다 (그림 2). 사용되는 적외선 카메라는 키넥트 (Kinect)를 기반으로 표면의 깊이정보를 계산하기 위해 사용되어진다. 프로젝터는 거리와 초점에 따른 왜곡이 최소화 되는 레이저 빔 형태의 광원과 평면 렌즈를 사용하는 것을 사용하여 실시간 정합 알고리즘의 연산을 최소화한다 [9, 10]. 적외선 카메라로부터 얻어지는 정보를 바탕으로 투영표면에 대한 깊이정보가 계산되며, 이 깊이정보를 바탕으로 제안 알고리즘에서는 가까운 거리의 표면에는 프로젝터의 영사범위를 넓히고, 먼거리의 표면에는 영사 범위를 좁게 하는 방법을 사용한다. 적외선 카메라를 통하여 얻어지는 깊이정보를 도식화한 것이 그림 3에 나타나 있다. 그림에서는 관측된 투영표면을 나타내는 각각의 픽셀에 대한 깊이정보량을 나타낸다. 픽

셀이 가지는 깊이정보가 클수록 밝은 색을 띄도록 표현하였다.

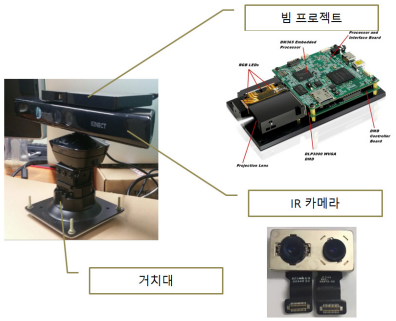


그림 2. 제안 알고리즘을 위한 하드웨어 구성
Fig. 2. Hardware configuration for the proposed algorithm

그림 3. 깊이정보에 대한 도식화
Fig. 3. Representation of depth informations

구축된 하드웨어를 이용하여 개발하려는 알고리즘은 프로젝터의 영상을 투사대상의 표면에 실시간으로 투영하기 위하여 7단계의 과정을 거치게 된는데 이 7단계는 크게 두 단계로 나눌 수 있다. 알고리즘의 첫단계는 적외선 카메라 필터링과정과 알고리즘을 위해 추정해야하는 보정상수인 *K, D*상수를 결정하는 과정이다. 두 번째 단계는 보정상수를 이용하여 실제 투사되는 영상에 대한 변환 과정으로 영상에 대한 수평 및 수직 변형과정과 크기 및 회전에 대한 보정과정에 해당된다 (그림 4).

그림 4. 실시간 매창 알고리즘 흐름도
Fig. 4. Flowchart of the real time mapping algorithm

2. 알고리즘 1단계 구성 및 처리과정

알고리즘의 첫 단계는 IR 카메라 선형화 (Linearization) 필터링이다. 이러한 필터링은 IR카메라의 열화노이즈 제거과정에 해당된다. IR카메라의 경우 열화 노이즈에 취약하기 때문에 깊이정보의 이미지 데이터 값의 신뢰성을 높이기 위해서는 열화노이즈제거가 반드시 필요하다 [11, 12, 13]. 열화 노이즈를 해결하기 위한 방법으로 주위의 픽셀 데이터에 비해 급격이 변하는 데이터 P를 노이즈가 발생한 픽셀로 간주하여 주변 16픽셀의 평균값으로 치환하여 적용한다. 그림5는 열화 노이즈를 제거하는 알고리즘을 도식화 한 것이다.

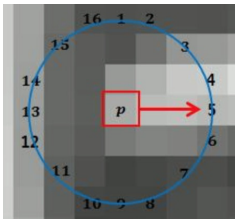


그림 5. 노이즈 필터링 처리
Fig. 5. Filtering process for noise reductions

다음단계는 알고리즘에서 사용할 상수를 계산하는 과정이다. 투영될 영상 왜곡을 보정하기 위해 *K*상수와 *D* 상수가 사용되는데, 각 상수는 다음과 같이 구한다. 적외선 카메라의 렌즈를 통해 픽셀 단위로 화면 정보를 읽는 CCD (Charged Coupled Device)칩의 DPI(Dots Per Inch)와 프로젝터 영상의 거리별 DPI에 따른 보정 상수값을 *K1* 이라 하고 프로젝터 거리에 따른 렌즈의 왜곡과 적외선 카메라의 렌즈 왜곡에 따른 변화율을 *K2* 라 하였을 때 *K* 상수는

$$K = | K1 - K2 | \quad (1)$$

로 정의하고 *K*상수는 *K1*과 *K2*의 값을 통합 보정하는 하나의 상수로 나타내어 실시간 정합 알고리즘을 최적화하기 위해 사용한다 [14, 15]. 적외선 카메라와 투사대상체간의 거리에 따른 변화율을 *D1*이라 하고, 프로젝터와 투사대상체간의 거리에 따른 변화율을 D2라 할 때, 적외선 카메라부터 투사대상체간의 거리에 따른 프로젝터의 정합영상의 왜곡 강도를 나타내는 상수 *D*는 다음과 같이 정의된다.

$$D = | D1 - D2 | \quad (2)$$

식 (1)과 (2)에 의해 추정된 상수값은 제안하는 알고리즘의 2단계에서 수행하는 투사 영상을 투사체에 최적으로 정합시키는데 사용된다.

3. 알고리즘 2단계 구성 및 처리과정

추정된 *K,D* 상수를 이용하여 구해진 깊이 정보를 이용하여 투사되는 영상 픽셀의 수평, 수직 방향 보정과정은 실시간 처리에 적합하도록 수평 성분과 수직 성분 처리를 분리하여 처리한다. 이 두 과정을 거친 영상은 최종적으로 크기, 회전 변형을 통하여 최종적으로 투사되는 최적화 영상이 된다.

가. 수평성분 처리 과정

수평성분 처리를 위해 수평성분의 절반에 해당되는 *0~Width/2*와 *Width/2~Width* 영역을 구분하여 적용한다. 먼저 *0~Width/2* 영역에 대한 처리과정을 통하여 영상의 한쪽 수평영역을 처리한 후, 이어서 *Width/2~Width* 영역을 처리한다. 이렇게 영상을 2개의 영역으로 나누어 처리하는 이유는 영상의 중심부와 투사되는 표면의 중심부를 기준으로 삼아 정합하고자 하는 영상의 픽셀을 조절하기 때문이다. 영상에 대한 수평성분 처리 알고리즘은 다음과 같다.

1) *K* 상수를 사용하여 2차원 좌표 *X, Y* 성분 추출

*X = [IR 카메라센터 x축 좌표] - [K상수] * (X)*

*Y = [IR 카메라센터 y축 좌표] + [K 상수] * (Y - [원 영상 Height] / 2)*

2) *D*상수를 이용하여 확장 배수 (*kdiff*) 를 결정

*kdiff = (D_Value(X,Y) - 500) / 500 * [D 상수]*

D_Value : 좌표 (X,Y)의 깊이정보,

500: 카메라 인식거리값

3) *kdiff* 의 값에 따라 원본 영상의 수평 성분을 확장

그림 6에서는 알고리즘을 통하여 수평성분 값의 변화과정을 통하여 원 영상이 실제 수평성분 처리된 후의 변화과정을 보여준다. 이 단계를 거쳐서 얻은 수평성분 변형 결과는 수직성분 변형과정에 사용되어 진다.

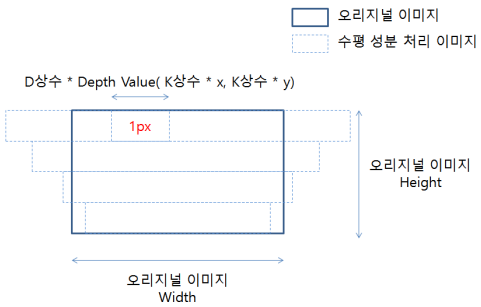


그림 6. 수평성분에 대한 변환 알고리즘
Fig. 6. Algorithm for transformation of horizontal components

나. 수직성분 처리 및 크기,회전 보정

수직 성분 처리과정도 수평성분 처리과정과 마찬가지로 *0~Height/2*와 *Heigh/2~Height* 영역으로 분리하여 처리된다. 영상의 수직성분 처리 알고리즘은 다음과 같다.

1) *K* 상수를 사용하여 2차원 좌표 *X, Y* 성분 추출

*X = [IR 카메라센터 x축 좌표] - [K상수] * (X - 원 영상 Width*2)/2*

*Y = [IR 카메라센터 y축 좌표] + [K 상수] * (Y)*

2) *D*상수를 이용하여 확장 배수 (*kdiff*) 를 결정

*kdiff = (D_Value(X,Y) - 500) / 500 * [D 상수]*

D_Value : 좌표 (X,Y)의 깊이정보,

500: 카메라 인식거리값

3) *kdiff* 의 값에 따라 원본 영상의 수평 성분을 확장

알고리즘 과정을 통하여 수직성분에 대해 처리된 결과를 그림 7 에서 보여주고 있다. 원영상의(파란 선 박스) 수평처리된 영상(파란색 실선)이 수직성분처리를 거쳐 최종적으로 얻어지는 영상 (붉은색 실선)에 대한 기하학적인 차이를 보여주고 있다. 수직, 수평 성분에 대한 변환을 통하여 얻어지는 변형 영상을 투영될 스크린의 출력 영역에 맞도록 크기 및 회전변형을 한다. 투영될 표면의 크기에 최적으로 맞추는 과정은 보정된 영상의 확대나 축소를 통하여 이루어진다. 관측된 투영표면의 크기에 적합하도록 영상을 스케일링하는 이 과정은 그림 8에 나타나있다.

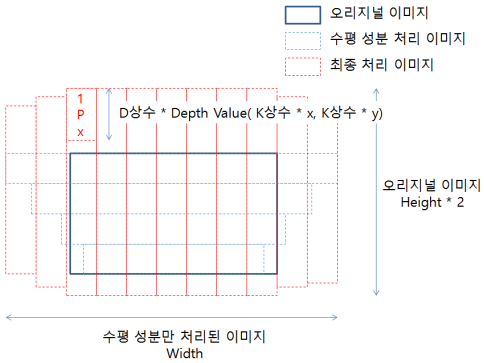


그림 7. 수직성분에 대한 변환 알고리즘
Fig. 7. Algorithm for transformation of vertical components

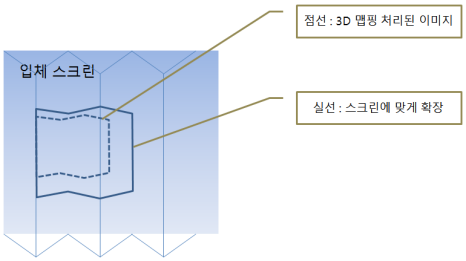
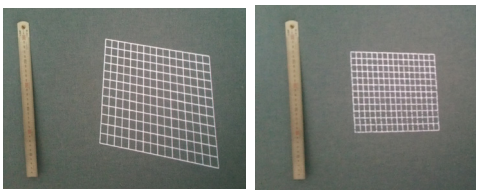


그림 8. 크기 조정에 따른 결과
Fig. 8. Result of scale adaptation process

점선으로 표시된 수평/수직성분 변형 영상을 투영할 입체면의 크기에 맞도록 확대한 영상 (실선)의 모양을 보여준다. 크기보정 다음에는 회전보정을 통하여 투영할 입체면의 기울어짐이나 회전 정도에 최적으로 표현될 수 있는 출력 영상을 만들어준다. 그림 9에서는 회전 보정에 따른 출력 결과를 보여준다. 그림 9-(b)는 회전 보정 전의 결과로써 출력영상이 회전된 형태를 보이고 있다. 이러한 회전을 보정한 결과는 9-(a)에서 볼 수 있다.



(a) 회전 보정 전 (b) 회전보정 후

그림 9. 회전 보정 후의 결과
Fig. 9. Result of rotation adaptation process

III. 알고리즘 구현 및 검증

알고리즘의 구현한 후, 알고리즘의 정확도를 분석하기 위해 깊이 정보를 가시화 하는 Depth Pattern 분석 창, 원영상 디스플레이 창, 렌즈 위치 및 프로젝터 출력 위치 상수값 조절을 위한 슬라이더, K 및 D 상수 조절 슬라이더, 확대/축소 및 회전 변환 슬라이더를 배치하여 테스트한다 (그림 10). 이렇게 알고리즘 내부 파라미터의 동작을 분석함으로써, 제안한 알고리즘의 타당성을 함께 확인한다. 알고리즘 성능 평가는 2가지 방법으로 이루어진다. 첫 번째로는 프로젝터와 스크린의 배치를 다양화하여 만들어지는 가상의 입체면과 실제 제작된 입체물에 직접 영상을 투영하여 결과를 비교하는 것이다. 두 번째는 제안 알고리즘이 실시간으로 영상을 처리할 수 있는지를 측정해보는 초당 연산 프레임 가능 수를 측정하는 것이다.

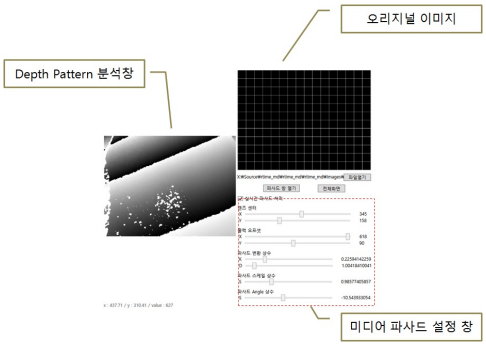
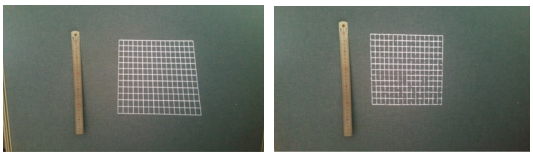


그림 10. 제안알고리즘 분석을 위한 인터페이스
Fig. 10. User interface for analysis of the proposed algoritm

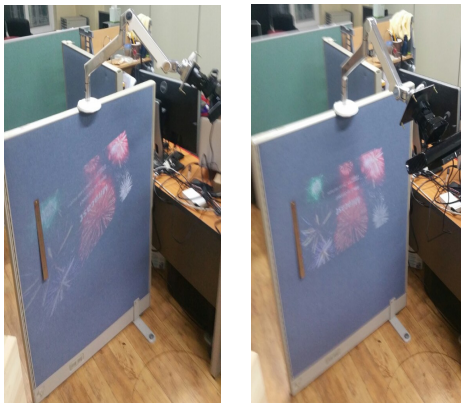
프로젝터와 스크린을 수평으로 배치하여 투영한 경우의 결과를 그림 11에서 보여준다. 그림에서 보듯이 알고리즘을 적용하기 전의 결과는 사각형이 왜곡되어 출력된다. 그러나 제안된 알고리즘을 적용할 경우에는 왜곡이 사라지고 원래 형태의 사각형 격자가 출력됨을 볼 수 있다. 그림 11-(a)와 11-(b)를 비교할 경우 스크린에 투사되는 이미지는 사각형에서 점차 왜곡되어 최종 이미지는 사다리꼴 형태로 출력된다. 알고리즘을 적용하였을 때 격자 모양의 이미지가 정사각형 형태로 출력되어 바로 잡힌 것을 확인 할 수 있다. 프로젝터의 투영 각도를 스크린에서 10도 회전 하면, 출력 영상물은 프로젝터와 스크린을 수평으로 배치하였을 때 보다 왜곡정도가 심해져

마름모꼴로 투사된다 (그림 12). 제안된 알고리즘에서는 회전변환도 함께 처리하기 때문에 이런 경우에도 출력물을 스크린에 왜곡없이 매핑하는 것이 가능하다. 제안한 알고리즘을 통하여 그림 12-(a)의 출력결과를 12-(b)로 변환되는 것이다.



(a) 제안알고리즘 처리 전 (b) 제안알고리즘 처리 후

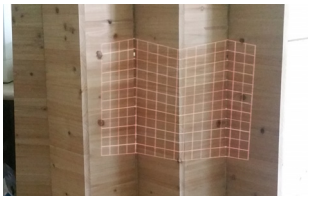
그림 11. 수평 투영에서의 보정 결과
Fig. 11 Results of the correction (horizontal)



(a) Before algorithm processing (b) After algorithm processing

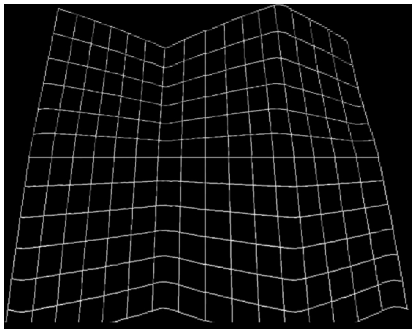
그림 12. 회전 투영에 대한 보정 결과
Fig. 12. Results of the correction (rotation)

그림 13은 실제 입체 벽면에 출력하여 그 결과를 분석하는 것이다. 실험을 위하여 본 연구에서는 그림 13에서 보는 것과 같은 입체물을 직접 제작하여 사용한다. 제작된 입체물에 투사되는 영상은 첫 번째 실험에서 사용한 것과 같은 사각형 격자로 구성된 영상이다. 그림 13에서는 알고리즘 처리 전후의 결과를 보여준다. 그림 13-(a)에서 볼 수 있듯이 제안된 알고리즘을 사용하지 않는 경우에는 수직방향과 수평방향에서 왜곡이 일어나 기울어진 형태의 사각형으로 출력이 된다. 그러나 13-(b)에서 보는 것과 같이 제안된 알고리즘을 이용할 경우 수직 및 수평성분에 대한 왜곡이 없어지기 때문에 반듯한 형태의 원래 사각형이 잘 출력되는 것이다. 13-(c) 에서는 실제 알고리즘 내부에서 처리된 결과를 그림으로 보여준다.



(a) 알고리즘 처리 전

(b) 알고리즘 처리 후



(c) 알고리즘 내부처리 결과

그림 13. 입체 조형물에 투영된 영상에 대한 알고리즘의 보정 결과
Fig. 13. Correction results of the algorithm with an image projected onto a curved structure

실시간 맵핑 알고리즘이 실제 응용에서 적용 가능성을 판단해보기 위하여 초당 처리 프레임을 계산한다. 시각적으로 사람이 움직이는 영상을 느끼기 위해서는 초당 16프레임 이상을 처리해 주어야 한다. 제안된 알고리즘을 동영상에 적용하기 위해서는 초당 적정한 수준의 프레임 처리가 되어야 하는 것이다. 제안된 알고리즘의 초당 프레임 처리 성능은 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 실험에 사용하는 동영상은 초당 30프레임으로 구성된다. 이 동영상의 각 프레임에 1~30의 숫자를 기입하고 고속 카메라로 프로젝터에 영사된 결과물을 촬영하여 측정한다. 측정결과 제안된 알고리즘은 영상재생 속도가 초당 12프레임으로 나타났다. 이러한 처리속도는 제안 알고리즘이 동영상의 재생 등에 바로 사용이 가능하지만 개선이 되어야 함을 보여준다.

IV. 결론 및 향후 방향

본 연구에서는 다양한 입체표면에 효과적으로 영상을 투영할 수 있도록 실시간 영상 자동 매핑기술에 대한 새로운 알고리즘을 제안한다. 본 연구 결과는 기존의 미디어파사드에서의 문제점인 영상 전처리 문제를 해결할 수 있는 방법으로 사용이 가능한 것은 물론이고, 현재 활발히 연구되어지고 있는 Flexible Display에도 적용이 가능하기 때문에 향후 많은 응용에 사용이 가능할 것이다. 향후 본 연구에서 제안하는 방법에 색상정보에 대한 변형 방법도 포함되면 원래 영상이 가진 화질을 그대로 유지하면서 어떠한 굴곡을 가진 벽면이라도 최적으로 영상을 디스플레이 할 수 있는 효과적인 방법이 마련될 것으로 예상된다. 시험을 통하여 얻어진 처리속도에 대한 개선은 향후 필요할 것으로 보인다. 이에 대한 추가적인 연구는 현재 진행 중에 있으며 빠른 시일내로 초당 20프레임 정도의 재생 능력을 가질 수 있을 것으로 판단한다.

References

[1] Oliver Bimber, Ramesh Raskar. “Spatial Augmented Reality - Merging Real and Virtual Worlds”, 126-162, 228-293, A K Peters Wellesley, Massachusetts /2005

[2] Parinya Punpongsanon, Daisuke Iwai, Kosuke Sato. “Projection-based Mixed Reality for Deformable Surfaces”, 9-18, The 6th Korea-Japan workshop on Mixed Reality/KJMR2013 /2013

[3] H. R. Jang, S. H. Park, S. C. Kwon, and S. H. Lee, “A study on Virtual Reality Contents Application in Broadcasting : Focused on KBS 3D history Documentary <Uigwe>”, IJBC, vol. 8, no. 2 pp. 31-37, 2016.

[4] Azuma, R., Baillot, Y., Behriner, R., Feiner, S., Julier, S., Macintyre B. “Recent advances in augumented reality.”, IEEE Computer Graphics and Application, vol.21, 34-47,/2001

[5] Bauer, M., Bruegge, B., Klinker, G., MacWilliams, A., Reicher, T., Riss,S., Sandor, Wagner, M., “Design of a component-based augumented reality framework.”, The Second IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality(ISAR 2001) /2001

[6] Cascia, M., Sclaroff, S., Athitsos, V., “Fast, realiable head tracking under varying illumination: An approach based on registration of texture-mapped 3d models.”, IEEE PAMI ‘00, vol.21, 6 /1999

[7] Yuichiro Fujimoto, Tomohisa Yamada, Takafumi Taketomi, Goshiro Yamamoto, Jun Miyazaki, Hirokazu Kato. “Construction of a Projection-based Augumented Reality System based on Shape Measurement using Flexible Marker for Design Support”, 9-20, Nara Institute of Science and Technology, Japan /2013

[8] J. Allard, V. Gouranton, G. Lamarque, E. Melin, and B. Raffin. "Softgen- lock: Active Stereo and GenLock for PC Clusters." In Proceedings of Immer- sive Projection Technology and Eurographics Virtual Environments Work- shop 2003 (IPT/EGVE'03), 255-260. New York: ACM Press /2003.

[9] The Augmented Reality Homepage. Available from World Wide Web (http: //www.augmented-reality.org/), 2004.

[10] R. T. Azuma. "A Survey of Augmented Reality." Presence: Teleoperators and Virtual Environments. vol.6:4, 355-385. /1999

[11] D. Bandyopadhyay, R. Raskar, and H. Fuchs. "Dynamic Shader Lamps: Painting on Real Objects." In International Symposium on Augmented Re- ality (ISAR), 89-102. New York: ACM Press /2001.

[12] Eric A. Bier, Maureen C. Stone, Ken Pier, William Buxton, and Tony D. DeRose. "Toolglass and Magic Lenses: The See-Through Interface." In Pro- ceedings of SIGGRAPH 93, Computer Graphics Proceedings, Annual Con- ference Series, edited by James T. Kajiya, 73-80. New York: ACM Press /1993.

[13] O. Bimber, L. M. Encarna¸ca˜o, and D. Schmalstieg. Augmented Reality with Back-Projection Systems using Transflective Surfaces. Computer Graphics

Forum (Proceedings of EUROGRAPHICS 2000 - EG'2000 19:3 , 161- 168. /2000

[14] O. Bimber, L. M. Encarna¸ca˜o, and P. Branco. "The Extended Virtual Ta- ble: An Optical Extension for Table-Like Projection Systems." Presence: Teleoperators and Virtual Environments 10:6 , 613-631. /2001

[15] O. Bimber and B. Fr¨ohlich. "Occlusion Shadows: Using Projected Light to Generate Realistic Occlusion Effects for View-Dependent Optical See- Through Displays." In Proceedings of International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'02), 186-195. Los Alamitos, CA: IEEE Press /2002.

저자 소개

양 근 탁(정회원)

• 제주대학교 전산통계학과 박사과정
• Tel : (064)754-3980
• e_mail : doongul@jejunu.ac.kr
• 관심분야 : 영상처리

이 봉 규(정회원)

• 제주대학교 전산통계학과 교수
• Tel : (064)754-3593
• e_mail : bklee@jejunu.ac.kr
• 관심분야 : 영상처리 SoC 설계

"이 논문은 2018학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음"