

가상협업환경에서의 텔레프레젠스 제공을 위한 사용자 미러링⁺

이선민 박지영⁰ 김명희

이화여자대학교 컴퓨터학과
이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스/가상현실 연구센터

(blue, lemie, mhkim)@ewha.ac.kr

User Mirroring for Supporting a Telepresence in Collaborative Virtual Environments

Seon-Min Rhee Jiyoung Park⁰ Myoung-Hee Kim

Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

Center for Computer Graphics & Virtual Reality(CCGVR), Ewha Womans University

요 약

본 논문에서는 가상협업환경에서의 텔레프레젠스를 제공하기 위하여 실사 기반 사용자 모습을 가상세계에 투영하여 가상객체와 함께 보여주는 사용자 미러링 기법을 제안한다. 가상협업환경 구축 시 널리 이용되는 CAVE™-like 시스템과 같은 프로젝션 기반 가상환경에서는 스크린으로 투사되는 빛의 변화로 인하여 강건한 사용자 영역 정의가 쉽지 않다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 적외선 반사 영상을 이용하여 사용자 영역을 정의하고 이 영역의 텍스처 정보를 칼라 카메라 영상을 통해 제공할 수 있도록 하였다. 제안 기법을 이용하면 가상환경 내에 존재하는 사용자를 상대측 가상세계에 미러링 하여 보여줄 수 있으므로 효과적인 텔레프레젠스를 제공이 가능하다. 제안된 기법은 이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스/가상현실 연구센터에 설치된 CAVE™-like 시스템 상에서 실험하여 검증하였다.

1. 서론

최근, 개인용 컴퓨터 성능이 급속하게 향상되어 보다 저렴한 비용으로 가상환경을 구축할 수 있게 됨에 따라 여러 대학 및 연구소에서 CAVE™-like 시스템과 같은 몰입형 가상환경을 설치하고 이를 이용한 다양한 어플리케이션을 개발하고 있다. 또한, 개별 시스템을 네트워크로 연동한 가상협업환경(CVE: Collaborative Virtual Environment)을 구축하여 원격지 상에 존재하는 다수의 사용자가 서로 협력할 수 있는 새로운 형태의 작업 환경을 제공함으로써 가상현실을 이용한 응용 범위가 한층 넓어지게 되었다.

가상협업환경에서는 상대방과의 효과적인 커뮤니케이션에 필요한 텔레프레젠스(telepresence) 제공이 필수적이며, 이를 위하여 상대측 가상세계에 실사 기반 사용자 모습을 미러링 하기 위한 비디오 아바타 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다. 비디오 아바타를 생성하기 위해서는 가상환경 내에 존재하는 사용자를 촬영한 영상으로부터 배경을 제거하고 사용자를 추출하는 작업이 필수적이지만, CAVE™-like 시스템과 같은 디스플레이 환경에서는 스크린으로 투사되는 빛의 잦은 변화로 인하여 강건한 사용자 영역

정의가 쉽지 않다.

본 논문에서는 프로젝션 기반 가상환경을 이용하여 구축된 가상협업환경에서 텔레프레젠스를 제공하기 위한 사용자 미러링 기법에 대하여 소개한다. 가상세계에 미러링 될 비디오 아바타 생성 시, 프로젝션에 의한 빛의 변화를 차단함으로써 사용자 영역을 강건하게 추출하기 위하여 적외선 반사 영상을 이용하였으며, 텍스처를 제공하는 칼라 영상과의 효과적인 매핑 알고리즘을 제안한다. 생성된 스테레오 비디오 아바타는 상대방 가상세계에 입체 디스플레이 될 수 있으며, 이를 통하여 텔레프레젠스를 제공할 수 있다. 제안된 기법은 이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스 / 가상현실 연구센터에 설치된 CAVE™-like 시스템에서 실험 및 검증되었으며, ETH Zuerich 상에 존재하는 사용자와 동시에 프로젝션 된 결과를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대하여 살펴 보고, 3장에서는 하드웨어 구성에 대하여 기술한다. 4장에서는 스테레오 비디오 아바타 생성 기법에 대하여 설명하고, 5장에서는 생성된 비디오 아바타를 가상세계에 미러링 하기 위해 필요한 데이터 전송 및 가상세계와의 합성 방법에 대하여 기술한다. 6

⁺ 본 논문은 부분적으로 정보통신부 대학정보통신연구센터(ITRC) 육성지원사업 및 한국과학재단 해외공동연구지원사업 수행 결과임

장에서 실험 결과에 대하여 기술하고, 마지막으로 7장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 사용자 추출 기법

실시간 비디오 영상으로부터 관심 영역을 추출하기 위하여 주로 이용되는 방법은 크로마 키잉(chroma keying), 배경 제거(background subtraction), depth keying, 열화상 카메라를 사용하는 기법 등이 있다.

크로마 키잉은 블루 스크리닝(blue-screening)이라고도 불리우며, 방송 분야에서 널리 사용된다. 이 방법은 사용자와 배경의 색상 차를 비교하여 사용자 영역을 추출하는 기법으로, 사용자가 특정 색을 배경으로 하는 환경 내에 존재함을 가정한다. 따라서 배경과 동일한 색상의 옷을 착용할 수 없다는 단점이 있기 때문에 일반적으로 사용되기 어렵다[1].

배경 제거는 학습된 참조 영상을 이용하여 입력 영상으로부터 관심 영역만을 추출해내는 기법이다. 이는 사진에 얻어진 배경 영상과의 차이가 충분히 큰 영역이 전경(foreground)임을 가정한다. 대부분의 배경 제거 기법들은 영상의 색상 정보나 각 픽셀값으로부터 계산된 통계값에 기반하기 때문에 계산량이 많아지게 되므로 실시간 어플리케이션에 적용되기 어렵다. 이와 같은 문제를 보완하여 빠른 수행 속도를 보장하는 기법들이 일부 제안된 바 있으나 대부분 정적 배경을 전제로 하기 때문에 빛과 색이 수시로 변화하는 대형 디스플레이를 이용하는 환경에서는 사용되기 어렵다.

Depth keying은 영상에서의 깊이를 측정하여 전경을 추출하는 방식으로, 깊이 정보의 정확한 측정이 쉽지 않다는 단점이 있다. 특히, 사용자가 앞뒤로 움직일 경우 정확한 추출 결과를 보장하지 못한다.

이 밖에도, 배경 제거와 깊이 정보를 함께 이용하는 방법[2], 적외선 정보를 이용하는 방법[3] 등이 제안되고 있으나 이러한 방법에서는 열화상 카메라(thermal vision camera)와 같은 고가의 특수 카메라를 이용해야 하며, 저온인 일반 객체의 움직임은 감지할 수 없다는 단점이 있다.

살펴본 바와 같이 기존에 제안된 사용자 추출 기법은 대형 디스플레이 장비를 이용하는 프로젝션 기반 가상환경에서의 실시간 어플리케이션에는 적용되기 어렵다.

2.2 비디오 아바타를 이용한 텔레프레젠텐스 제공 기법

가상협업환경에서 실사 기반 사용자 모습을 가상세계에 투영하여 텔레프레젠텐스를 제공하기 위한 연구는 다음과 같다. 한국과학기술 연구원(KIST)등에서는 사용자 영상을 촬영하는 카메라와는 별도로 보조 카메라를 설치하여 사용자의 움직임을 추적함으로써 비디오 아바타가 보다 자연스럽게 가상공간 상의 다른 객체들과 합성될 수 있는 방법을 제안하였다[4]. 이 방법에서는 크로마 키잉을 이용하여 사용자를 추출하였다. 광주과학기술원(KJIST)에서는 제한된 네트워크 대역폭 내에서 사실감 있는 사용자 영상을 제공

하기 위한 단순화 된 2.5D 비디오 아바타 생성 기법을 제안하였다[5,6]. T. Ogi et al.은 몰입형 가상환경에서의 커뮤니케이션 수단으로써 비디오 아바타를 제안하고 있다[7]. 이 연구에서는 비디오 아바타를 플레인 모델(plane model), 깊이 모델(depth model), 복셀 모델(voxel model), 얼굴 모델(face model)로 분류하고 각 기법의 장단점을 서술하여 응용 분야의 목적에 적합한 방법을 선택할 수 있는 근거를 제시하였다. V.Rajan et. al은 네트워크 가상환경에서 사용자의 머리 모델을 3차원으로 재구성하기 위한 방법을 제안한 바 있다[8].

이와 같이, 실사 기반 사용자 영상을 추출하여 비디오 아바타를 생성하고 이를 가상세계에 미러링 하기 위한 연구가 다양하게 진행되고 있지만, 대부분의 연구는 크로마 키잉과 같이 배경 색깔이 일정하다는 전제를 가정하기 때문에 CAVE™-like 시스템과 같은 가상환경 내에 있는 사용자를 직접 촬영하기 어렵다.

어둡고 조명 조건이 일정하지 않은 프로젝션 기반 가상환경에서 사용자 영상을 효과적으로 촬영하기 위한 연구는 M.Gross et al.[9], P. Debevec et al.[10], Yasuda, K et al.[11], S.Y. Lee et al.[12] 등에 의해 진행되어 왔다. 그러나 대부분의 연구는 특정 하드웨어를 사용하거나 두 카메라 사이의 빔 스플리터(beam splitter)나 반투명거울(semi-transparent mirror)을 설치하여 빛의 일부는 투과시키고, 일부는 반사시킴으로써 두 카메라에 같은 영상을 동시에 입력시키는 방식을 이용한다. 특정 하드웨어를 사용하는 경우 기존에 설치되어 있는 가상환경에 적용될 수 없으며, 두 카메라를 동시에 이용하는 방법은 카메라의 위치 조정이 까다롭고, 빛의 일부가 손실되어 카메라로 입력되기 때문에 프로젝션 기반 가상환경이 어둡다는 점을 감안할 때 효과적이지 못하다

이와 같이, 별도의 하드웨어 변형 없이 프로젝션 및 영상 획득을 동시에 가능하게 해 주는 가상환경에 대한 연구는 드문 편이며, 배경색에 관계 없이 가상환경 내에 존재하는 사용자를 가상세계에 직접 미러링 하여 보여주는 예는 거의 없는 실정이다.

3. 하드웨어 구성

실험 환경인 이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스/가상현실 연구센터의 CAVE™-like 시스템은 그림 1(a)에서 보는 것과 같이 정면, 좌·우측면, 바닥면의 총 4면의 스크린으로 구성되어 있다.

기하 정보를 갖지 않는 2D 영상을 가상세계 내에 입체 디스플레이 하기 위해서는 양안차 간격으로 배치된 카메라로부터 획득된 스테레오 영상이 필요하다. 이를 위하여 그림 1(b)에서 보는 것과 같이 흑백 카메라 두 대를 양안차 간격으로 배치하여 사용자 영역을 정의하였으며, 별도의 칼라 카메라를 양 옆에 설치하여 텍스처 정보를 제공할 수 있도록 하였다. 카메라 네 대(흑백 2대, 컬러 2대)는 CAVE™-like 시스템 정면

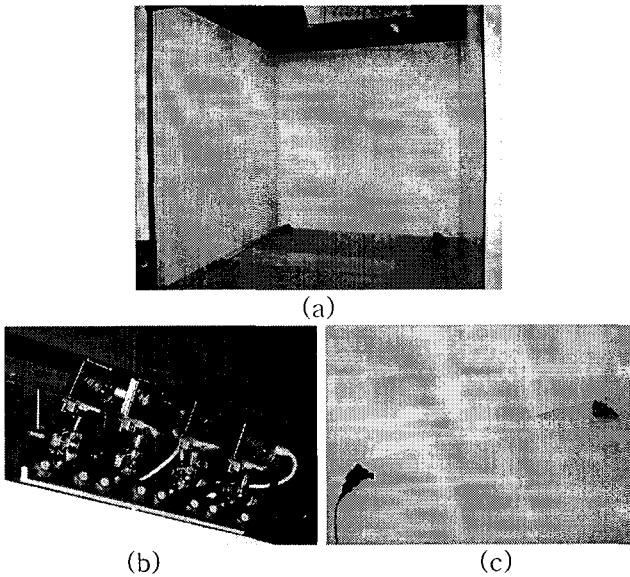


그림 1. 적외선 반사 영상 생성을 위한 카메라 및 램프 배치 : (a) 카메라 및 적외선 램프 배치된 CAVE™-like 시스템, (b)전면 상단에 배치된 카메라, (c) 바닥면 좌우측에 설치된 적외선 램프

상단에 고정하여 사용자 전신을 촬영할 수 있도록 하였으며, 디스플레이에 방해되지 않도록 하였다. Point grey Research 사의 Dragonfly IEEE 1394 카메라를 이용하였으며, 하나의 컴퓨터(Dell Dimension 8300: Intel® Pentium® 4 Dual CPU 3.00GHz, 2GB RAM)에 카메라 네 대를 동시에 연결하여 보다 쉽게 동기화 된 영상을 획득할 수 있도록 하였다.

본 연구에서는 조명 조건이 일정하지 않은 가상환경 내에 존재하는 사용자 영역을 강건하게 정의하기 위하여 적외선 반사 영상(4.1.1 기술)을 이용한다. 강건한 사용자 추출 결과를 얻기 위해서는 적외선 빛을 카메라 뷰잉 볼륨에 골고루 분산시키고, 바닥에 생성되는 그림자를 최소화하도록 광원의 위치를 설정한 후 적외선 반사 영상을 획득해야 한다. 이를 위하여, 그림 1(c)에서 보는 것과 같이 적외선 광원을 좌·우측면의 바닥에 각각 한 개씩 배치하여 그림자 생성을 최소화 시켰으며, 전면 중심을 향하도록 함으로써 방출된 적외선이 반대쪽 스크린에 의해 반사되어 카메라 뷰잉 볼륨 내에 골고루 분산될 수 있도록 하였다. 사용된 적외선 광원은 35W이며, 730nm 파장대의 빛을 방출하며, 사용자 영역을 정의하는 흑백 카메라에는 700nm 이하의 빛을 차단하는 가시광선 차단 필터를 부착하였다.

4. 스테레오 비디오 아바타 생성

가상환경 내에 존재하는 사용자 영상으로부터 스테레오 비디오 아바타를 생성하기 위한 과정은 그림 2와 같다. 우선 입력 받은 적외선 반사 영상으로부터 배경을 제거함으로써 사용자를 추출하는 작업이 선행되어야 하며, 흑백으로 정의된 사용자 영역에 컬러 정보를 제공하기 위한 텍스처 매핑이 필요하다. 마지막으로, 텍스처 매핑된 두 장의 영상을 레क्ट피케이션 함으로써 가상세계에 입체 미러링될 스테레오 비디오 아바타를 생성할 수 있다.

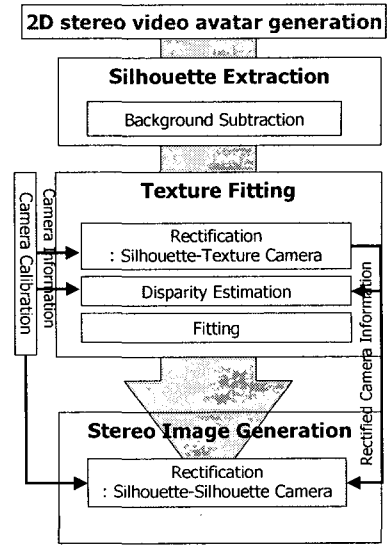


그림 2. 스테레오 비디오 아바타 생성 파이프라인

4.1 사용자 영역 추출

일반적으로, 비디오 아바타를 생성하기 위해서는 블루스크린과 같이 영상 획득을 위한 별도의 스튜디오를 이용한다. 본 논문에서는 이와는 달리, 실험 환경 내에 존재하는 사용자를 직접 촬영하여 비디오 아바타를 생성하기 위하여 적외선 반사 영상을 제안한다. 적외선 반사 영상을 이용하면 CAVE™-like 시스템과 같은 프로젝션 기반 가상환경에서도 고가의 장비 및 하드웨어 변형 없이 빠르고 정확한 사용자 추출 결과를 제공할 수 있다.

4.1.1 적외선 반사 영상

적외선 반사 영상[13]이란 물체로부터 반사되는 빛을 이용하는 능동 적외선(active infrared) 기반 배경 분리 기법을 위한 입력 영상이다. 이는 그림 3에서 제안한 바와 같이 가상환경 내에 설치되어 있는 적외선 광원으로부터 방출되어 사용자 몸에 반사된 빛만 감지하며, 스크린으로 투사되는 가시광선 변화는 가시광선 변화는 필터에서 걸러져 카메라 영상에 반영되지 않는다.

그림 3(a)는 일반 흑백 카메라 영상이며, 그림 3(b)는 가시광선 차단 필터가 부착된 흑백 카메라에 의해 획득된 적외선 반사 영상이다. 적외선 반사 영상은 일반 흑백 영상과 비교했을 때, 사용자 영역이 다른 영역보다 상대적으로 밝으며 주로 가시광선 파장 대역으로 카메라에 도달하는 주변 환경이나 스크린에 투사되는 빛은 필터에 의해 걸러지기 때문에 영상에 나타나지 않는다. 따라서 적외선 반사 영상은 동일한 배경색(검정색)을 갖는 영상으로 간주될 수 있기 때문에 이를 기존 배경 분리 알고리즘에 적용하여 강건한 사용자 추출 결과를 얻을 수 있다.



(a) (b)

그림 3 적외선 광원이 존재하는 가상환경에서 획득된 흑백 카메라 영상 : (a) 적외선 필터 장착 전, (b) 적외선 필터 장착 후

4.1.2 배경 제거

배경 제거는 그림 4에서 보는 것과 같이 전처리 단계인 배경 습득과 배경 분리, 후처리 단계로 구성된다[1].

배경 습득 단계에서는 사용자가 존재하지 않는 배경 영상의 n개 연속 프레임이 저장되고 각 픽셀 위치의 m개 값에 대한 평균, 표준편차가 계산된다. 이는 다음 단계의 입력에 포함된다.

배경 분리 단계에서는 사용자가 존재하는 연속 영상이 입력되며 각 픽셀값과 배경습득 단계에서 계산된 같은 위치에서의 통계값을 식 (1)을 이용하여 비교함으로써 변화 여부를 판별한다. 식 (1)에서 p는 해당 픽셀, v는 픽셀값, μ 와 σ 는 각각 습득영상에 대해 사전에 계산된 각 픽셀 위치의 평균 및 표준 편차이고 k는 상수이다. 입력영상의 픽셀값(v_p)과 습득 영상들의 평균값(μ_p)의 차이가 습득 영상들의 표준 편차(σ_p)의 k배 보다 크면 해당 픽셀은 변화가 일어났다고 간주되어 사용자 영역에 포함된다.

$$\text{If } (v_p - \mu_p) > k * \sigma_p \text{ then } p \text{ is foreground} \quad (1)$$

후처리 단계에서는 팽창(dilation)과 미디언 필터(median filter)를 적용하여 배경 분리 단계를 거친 영상의 잡음을 제거하고 사용자 영역을 보다 자연스럽게 나타나게 한다.

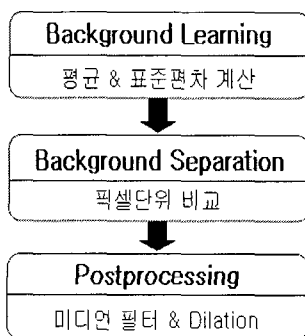


그림 4 배경 제거 단계

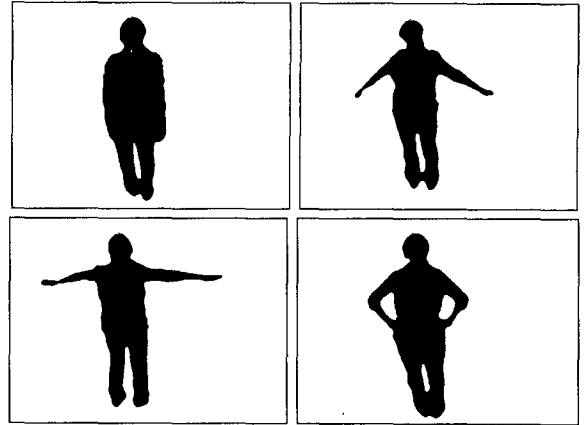


그림 5. 적외선 반사 영상을 이용한 사용자 추출 결과 예

본 연구에서는 추출된 사용자 영상에서 최상단인 머리끝을 깊이값을 추정하기 위한 대응점으로 정의하였으며, 이를 이용하여 텍스처 매핑에 필요한 디스페러티를 추정할 수 있다. 그림 5는 실험 환경에서 촬영한 적외선 반사 영상을 배경 제거 알고리즘에 적용시켜서 획득한 사용자 추출 결과 영상이다.

4.2 텍스처 매핑

적외선 반사 영상을 이용하여 정의된 사용자 영역에 텍스처를 제공하기 위해서는 별도로 설치된 칼라 카메라 영상으로부터 해당 영역의 칼라 값을 추출해야 한다. 이를 위하여 흑백 및 칼라 카메라 간의 렉티피케이션을 수행하여 대응점 검색 차원을 낮춰 주고, 사용자 깊이에 따른 디스페러티를 찾아주었다.

배경 제거 시 잡음으로 인한 잘못된 대응점 추정 및 흔들림(jitter)을 방지하기 위하여 칼만 필터[17]를 사용하였으며, 이를 통하여 사용자 실루엣에 텍스처 정보를 안정적으로 제공할 수 있도록 하였다.

4.2.1 칼라-흑백 영상 렉티피케이션

사용자 영역을 정의하는 흑백 영상과 짝을 이루고 있는 칼라 카메라 영상으로부터 컬러 값을 추출하여 비디오 아바타 영상을 생성하기 위해서는 두 영상 간의 매핑이 필수적이다. 매핑에 필요한 카메라 내·외부 파라미터는 Tsai[14]가 제안하는 캘리브레이션 방법을 이용하여 구하였다. 한 짝의 흑백-칼라 카메라 세트에 의해서 한 쪽 눈을 위한 영상만 생성되므로 양안 영상을 생성하기 위하여 흑백 및 칼라 카메라 영상 세트 두 쌍에 대하여 각각 렉티피케이션[15]을 적용하였다. 이를 통하여 두 영상 매핑 시, 필요한 대응점 검색을 그림 6에서 보는 것과 같이 2차원에서 1차원(x축)으로 줄일 수 있다. 그림6(a)(c)의 적외선 반사 영상은 육안으로 판단하기 쉽도록 편집 툴을 이용하여 밝기 및 명암도를 조절하였다.

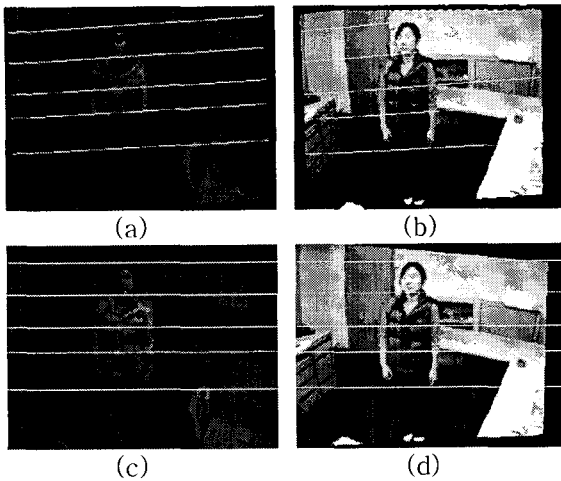


그림 6. 적외선 반사 영상 및 칼라 영상 내 대응점들에 대한 에피폴라 라인 생성 예 (a)(b) 렉티피케이션 전 (c)(d) 렉티피케이션 후

4.2.2 디스패리티 추정

대응점 검색을 수행하기 위해서는 렉티피케이션 된 영상간의 x축 상의 디스패리티를 알아야 하며 이를 위해서는 깊이값 추정이 필수적이다. 본 논문에서는 배경 제거 시 추출된 대응점을 Triangulation[16] 알고리즘에 적용하여 삼차원 공간상의 사용자 위치를 계산하였다. 추정된 깊이값과 두 카메라 간의 베이스라인 길이, 초점 거리를 식 (2)에 대입하면 흑백 및 칼라 카메라 영상 간의 디스패리티를 구할 수 있다.

$$disparity = \frac{b * f}{d} \quad (2)$$

(b : 베이스라인 길이, f : 초점거리, d : 깊이값)

그림 7은 흑백 및 칼라 카메라 영상 렉티피케이션 및 디스패리티 추정을 통하여 생성된 텍스처 매핑 된 양안 사용자 영상이다.

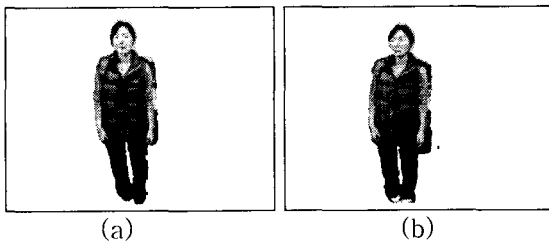


그림 7. 텍스처 매핑 스테레오 영상: (a) 좌안 영상 (b) 우안 영상

4.3. 양안차 영상 생성

일반적으로 사람 눈은 가로 방향으로 나란히 놓여져 있기 때문에 입체 디스플레이에 필요한 양안차 영상 또한 동일 선상에 배치된 카메라로부터 획득 되어져야 한다. 본 연구에서는 물리적으로는 카메라를 동일 수평 선상에 나란히

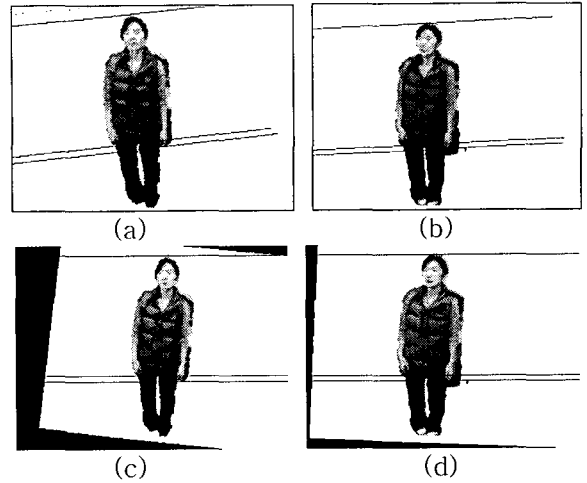


그림 8. 텍스처 매핑 된 스테레오 영상간의 렉티피케이션을 통한 양안차 영상 생성: (a) 렉티피케이션 전 에피폴라 라인 생성 예, (b) 렉티피케이션 후 에피폴라 라인 생성 예

히 배치하지만 실제적으로는 실루엣을 정의하는 두 대의 흑백 카메라가 내.외부 파라미터가 서로 독립적이기 때문에, 텍스처 매핑 된 스테레오 영상 또한 서로 독립적이다. 본 논문에서는 그림 8과 같이 텍스처 매핑 된 실루엣 영상에 대하여 다시 한 번 렉티피케이션 수행하여 최종 영상을 생성하며, 이를 통하여 영상내의 대응점이 동일한 y축 상에 존재하는 스테레오 영상을 생성할 수 있다.

5. 사용자 미러링

생성된 스테레오 비디오 아바타 영상은 빠른 통신을 위하여 JPEG으로 압축된다. 압축 영상은 부가 정보와 함께 패킷화 되어 상대측 렌더링 컴퓨터로 보내지며, 최종적으로 가상세계와 합성되어 스크린 상에 디스플레이 된다.

제안 기법을 이용하면 원격지 상의 사용자를 상대방의 가상환경에 각각 보여주는 양방향 미러링과 하나의 가상환경에 두 명의 사용자를 동시에 보여주는 단방향 미러링이 모두 가능하다. 그림 9에서는 스위스 취리히 연방공대(ETH, Zuerich, Switzerland)에서 생성된 사용자 비디오 아바타와 실험 환경(이화여자대학교 CAVE™-like 시스템)에서 생성된 비디오 아바타가 동시 미러링 되기 위한 파이프라인을 보여준다.

5.1 커뮤니케이션

생성된 사용자 스테레오 영상은 렌더링 시스템으로 전송되고 실시간 프로젝션 된다. 초당 5-10 프레임의 전송 속도를 보장하기 위해서는 이미지 데이터 압축이 필수적이다. 본 연구에서는 IJG (Independent JPEG Group)에서 제공하는 공개 라이브러리인 JpegLib[18]을 이용하여 결과 영상을 JPEG으로 압축

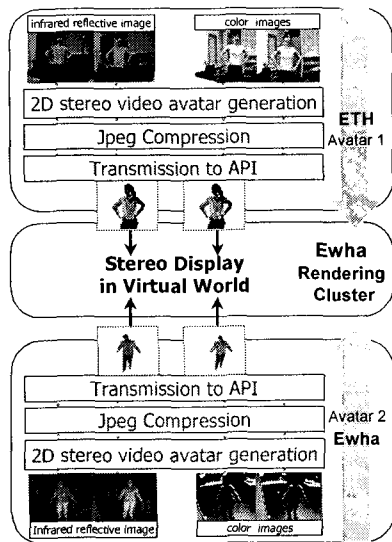


그림 9. 원격지 상의 두 명의 사용자 미러링 예

하였으며, 데이터 크기와 텍스처 질 간의 관계를 고려하여 압축률(25-100)을 결정한다.

압축된 스테레오 영상은 프레임 정보와 함께 패킷화 되어 렌더링 시스템으로 전송되며, 패킷은 그림 10에서 보는 것과 같이 네 가지의 정보로 구성된다. 압축된 사용자 영상 및 그 크기, 프레임 생성 시점 확인을 위한 timestamp, 렌더링 시스템에서의 스테레오 영상 복원 및 가시화에 필요한 영상 좌/우 정보가 포함된다. 네트워크 통신은 TCP-IP 프로토콜을 기반으로 하며, 소켓을 이용하여 두 시스템 간의 데이터를 교환한다.

압축데이터 크기	압축영상데이터	timestamp	L/R
----------	---------	-----------	-----

그림 10. 렌더링 시스템으로 전송되는 패킷 정보 구성

5.2 가상세계와의 합성

가상세계는 OpenGL Performer를 기반으로 하는 bcAPI [19]를 이용하여 생성하였다. 사용자를 미러링 하기 위하여 가상공간 내 임의의 평면을 정의하고 프로젝티브 텍스처(projective texturing)을 통하여 생성된 스테레오 영상을 빠르게 교차하여 보여주며, 사용자는 셔터클래스를 통하여 각 눈에 해당하는 영상만 보게 되므로 입체감을 느낄 수 있다.

6. 실험 결과

그림 12(a)에서는 실험 환경인 CAVE™-like 시스템 상에 있는 사용자를 비디오 아바타로 생성하고 이를 가상 세계에 미러링 한 결과를 보여준다. 그림 12(b)는 서로 다른 두 곳에 존재하는 사용자를 미러링 한 결과로서 스위스 취리히 연방 공대와 이화여대 내의 사용자가 비디오 아바타로 생성되어 결과적으로 두 명의 사용자 아바타가 CAVE™-like 시스템 내에 동시에 디스플레이 된 결과를



(a)



(b)

그림 12. CAVE™-like 시스템에서의 사용자 미러링 결과 : (a) 단일 사용자 미러링, (b) 서로 다른 두 곳의 사용자 미러링

나타내고 있다. 스위스 취리히 연방 공대 및 이화여자 대학교 간 네트워크 대역폭은 87.2Mbits/sec (윈도우 사이즈 : 128) 이었으며, 이화여자대학교 내 네트워크 대역폭은 95.0Mbits/sec 이었다.

입력 영상의 해상도를 640x480, 320x240, 압축률을 25, 50, 75, 100으로 조합하여 실험해 본 결과, 렌더링 시스템에서 비디오 아바타를 입체 디스플레이 하는 속도는 영상의 해상도에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 대역폭이나 데이터 크기에 따른 네트워크 지연보다는 비디오 아바타 생성에 소요되는 시간이 최종 디스플레이 속도에 더 큰 영향을 미치고 있음을 의미한다. 비디오 아바타 스테레오 영상을 생성하기까지 소요 되는 시간은 640x480의 경우 5fps이며, 320x240의 경우 13fps이다. 실시간 디스플레이를 위해서 약 25-30fps정도의 속도로 영상을 생성해야 한다는 점을 감안할 때 데이터 구조 및 코드 최적화를 통하여 속도 개선이 필요하다.

7. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 두 쌍의 가시광선 차단 필터가 부착된 흑백 카메라 및 컬러 카메라 세트와 적외선 광원을 이용하여 생성된 사용자 비디오 아바타를 가상공간 상에 미러링 함으로써 협업 상대에게 텔레프레즌스를 제공하기 위한 기법을 소개하였다. 일반적으로 가상협업 환경에 사용되는 디스플레이 환경에서는 스크린으로 투사되는 빛의 변화로 인하여 강건한 사용자 정의가 쉽지 않다. 제안 방법에서는 적외선 반사 영상을 사용함으로써 프로젝션 되는 빛의 변화를 차단하고 사용자 영역을 강건하게 정의할 수 있었으며, 별도로 설치된 칼라 카메라를 이용하여 정의된 사용자 영역에 텍

스처를 제공할 수 있다. 이와 같이 생성된 실시간 사용자 영상은 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 상대방의 가상세계에 보여지거나 하나의 가상세계 내에 두 명의 사용자가 동시에 보여질 수 있다.

향후 연구로는, 다수의 흑백 및 칼라 카메라 쌍을 이용하여 삼차원 기하 정보를 갖는 모델을 구성함으로써 가상 객체와의 인터랙션이 가능하도록 할 예정이며, 이 때 필요한 멀티 카메라 캘리브레이션 및 사용자 인터랙션 메타포정의 등을 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Wojciech Matusik, Image-Based Visual Hulls, *Master's thesis, MIT*, 2001.
- [2] G. Gordon et al., Background Estimation and Removal Based on Range and Color, *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 99)*, IEEE CS Press, 1999, pp. 2459-2464.
- [3] Yasuda, K., Naemura, T., Harashima, H., Thermo-Key: Human Region Segmentation from Video, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 24, No. 1, pp. 26-30, 2004.
- [4] 김익재, 이상엽, 안상철, 권용무, 김형곤, 가상환경에서 다수의 실시간 비디오 아바타 생성기법, *HCI 2003*, 2003
- [5] 이원우, 우운택, Network 가상환경을 위한 단순화 된 2.5D 비디오 아바타 생성, *HCI2004*, 2004.
- [6] Youngjung Suh, Dongpyo Hong, Woontack Woo, 2.5D Video Avatar Augmentation for VR Photo, *ICAT 2003*, 2003.
- [7] T. Ogi, T. Yamada, K. Tamagawa, M. Kano, M. Hirose, Immersive Telecommunication Using Stereo Video Avatar, *IEEE Virtual Reality 2001*, 2001
- [8] V. Rajan, S. Subramanian, D.Keenan, A. Johswon, D. Sandin, T. Defanti, A Realistic Video Avatar System for Networked Virtual Environments, *IPT2002*, 2002
- [9]vM. Gross, S. Wuemlin, M. Naef, E. Lamboray, C. Spagno, A. Kunz, E. Koller-Meier, T. Svoboda, L. V. Gool, S. Lang, K. Strehlke, M. A. Vande, O. Staadt, blue-c: A Spatially Immersive Display and 3D Video Portal for Telepresence, *ACM SIGGRAPH 2003*, pp. 819-827, 2003.
- [10]vP. Debevec, C. Tchou, A. Wenger, T. Hawkins, A. Gardner, B. Emerson and A. Panday, A Lighting Reproduction Approach to Live-Action Compositing, *ACM SIGGRAPH 2002*, 2002
- [11] Yasuda, K., Naemura, T., Harashima, H., Thermo-Key: Human Region Segmentation from Video, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(1): 26-30, 2004.
- [12] Sang-Yup Lee, Ig-Jae Kim, Sang C Ahn, Heedong Ko, Myo-Taeg Lim, Hyoung-Gon Kim, Real Time 3D Avatar for Interactive Mixed Reality, *ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI'04)*, Singapore, 16-18 June 2004.
- [13] 박지영, 이선민, 김명희, 혼합현실환경을 위한 능동적 외선 기반 동적배경 제거, *2004 한국정보과학회 추계학술발표대회 논문집*, 2004
- [14] R. Y. Tsai, An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision, *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, 1986
- [15] A. Fusiello et al., A Compact algorithm for rectification of stereo pairs, *Machine Vision and Application* vol.12:16-22, 2000
- [16] S. Savarese, Camera Model and Triangulation, *Notes for EE-148 : 3D Photography*, 2001.
- [17] Rudolph E. Kalman, "An Introduction to Kalman Filter," *University of North Carolina at Chapel Hill, Department of Computer Science, TR 95-041*, 1995
- [18] Independent JPEG Group, <http://www.ijg.org/>
- [19] M. Naef, O. Staadt, M. Gross, blue-c API: A Multimedia and 3D Video Enhanced Toolkit for Collaborative VR and Telepresence. *ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry(VRCAI'04)*, pp.11-18, Singapore, 16-18 June 2004.