

스테레오 흑백-칼라 영상 쌍을 이용한 사용자 추출*

이선민*, 박지영^{0,*}, 김명희^{**}

*이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터학과

**이화여자대학교 컴퓨터 그래픽스/가상현실 연구센터
(blue, lemie⁰, mhkim)@ewha.ac.kr

User Extraction Using Stereo Grayscale and Color Images in Pairs

Seon-Min Rhee*, Jiyoung Park^{0,*}, Myoung-Hee Kim^{**}

Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

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

요 약

본 논문에서는 흑백 및 칼라 카메라를 동시에 이용한 사용자 컬러 영상 추출에 대하여 소개한다. 영상으로 부터 사용자를 추출하기 위해 일반적으로 이용되는 방법은 배경이 정적이고 조명 조건이 일정하다는 전제를 가정한다. 따라서 프로젝션 기반 가상환경과 같이 어둡고 스크린으로 투사되는 빛으로 인해 조명 조건이 계속 변하는 환경에서는 이러한 방법들을 적용하기 어렵다. 제안하는 방법에서는 적외선 반사 영상(infrared reflective image)을 사용하여 사용자 영역을 강건하게 정의할 수 있으며, 정의된 사용자 영역에 대한 컬러 값을 제공하기 위하여 별도의 칼라 카메라를 설치하여 두 영상을 매핑한다. 이 방법은 CAVE™-like 시스템과 같은 환경에도 적용될 수 있기 때문에 가상현실환경에서의 텔레프레젠텔을 제공하기 위해서도 효과적으로 사용될 수 있다.

1. 서 론

CAVE™-like 시스템과 같은 몰입형 VR 장비가 여러 대학 및 연구소에 설치됨에 따라 이들을 네트워크로 연동한 가상협업환경을 구축하고자 하는 시도가 늘고 있다. 이에 따라, 개별 가상환경 내에 존재하는 사용자 정보를 상대방에게 제공하는 텔레프레젠텔(telepresence)의 중요성 또한 커지고 있다. 본 논문에서는 대형 프로젝션 기반 가상협업환경 내에 존재하는 사용자의 실사 기반 영상을 상대방에게 보내주기 위해 필요한 사용자 추출 방법에 대하여 소개한다. 대형 프로젝션 기반 가상환경에서는 프로젝터에서 스크린으로 투사되는 빛의 변화로 인하여 기존에 개발된 배경제거(background subtraction) 기법을 그대로 이용하기 어렵다. 제안하는 방법에서는, 가시광선 차단 필터(visible light cut-off filter)를 장착한 흑백 카메라 영상을 이용하여 사용자 영역을 정의하고, 별도로 설치된 칼라 카메라를 이용하여 정의된 사용자 영역의 칼라 값을 찾아 매핑함으로써 배경이 제거된 사용자 컬러 영상을 추출할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대하여 살펴보고, 3장에서는 실험 환경에 대하여 기술한다. 4장에서는 흑백 및 칼라 카메라 영상 매핑에 필요한 기술에 대해 설명하며, 5장에서 결론 및 향후 연구방향에

대하여 기술한다.

2. 관련 연구

M.Gross et al.[1]은 실사 기반 사용자 영상을 이용한 텔레프레젠텔 제공에 관한 연구를 수행하고 있지만, 스크린에 투사되는 빛을 차단하기 위하여 기존의 하드웨어를 모두 변형해야 하므로 일반적인 몰입형 가상환경에 적용하기엔 무리가 있다. 서로 다른 카메라를 이용한 사용자 영역 정의 및 색상 정보 추출에 관한 연구는 P. Debevec et al.[2], Yasuda, K et al.[3], S.Y. Lee et al.[4]등에 의해 진행되어 왔지만, 대부분의 연구는 두 카메라 사이의 빔 스플리터(beam splitter) 혹은 반투명 거울(semi-transparent mirror)을 설치하여 빛의 일부는 투과 시키고, 일부는 반사 시킴으로써 두 카메라에 같은 영상을 동시에 입력시키는 방식을 이용한다. 이 방법은 카메라의 위치 조정이 까다롭고, 빛의 일부가 손실되어 카메라로 입력되기 때문에 CAVE™-like 시스템과 같이 어두운 조명 조건에서는 이용되기 어렵다. 이와 같이 비디오 영상으로부터 실사 기반 사용자 영상을 추출하기 위한 연구가 다양하게 진행되고 있지만, 별도의 하드웨어 변형 없이 조명 조건이 일정하지 않은 어두운 환경에서의 사용자 추출에 관한 연구는 드문 실정이다.

* 이 논문은 부분적으로 정보통신부 대학정보통신연구센터(ITRC) 육성지원사업 및 한국과학재단에서 지원한 해외공동연구과제 수행 결과입니다.

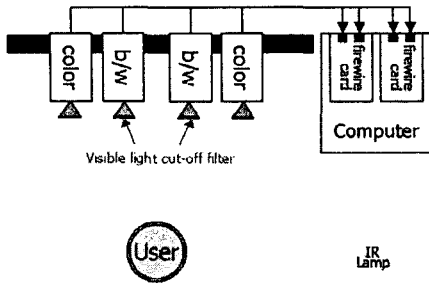


그림 1. 카메라 배치 및 하드웨어 구성도

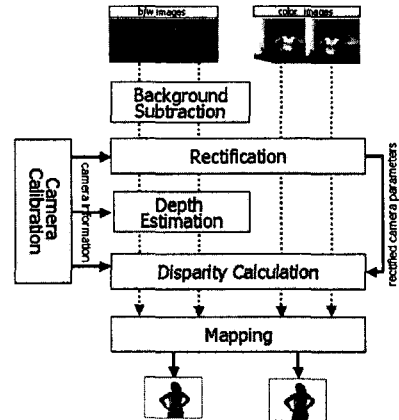


그림 2. 흑백 및 칼라 카메라 영상매핑 파이프라인

3. 하드웨어 구성

본 연구에서는 Point Grey Research사의 Dragonfly™ CCD 카메라(흑백 2대, 칼라 2대)를 사용하였으며, 이를 firewire 카드 2개를 이용하여 하나의 컴퓨터에 동시 연결하였다. 카메라 배치는 그림 1에서 보는 것과 같이 흑백 카메라를 가운데에 설치하고, 색상 정보를 제공하기 위한 칼라 카메라를 양 측면에 설치하였다. 이와 같이 함으로써 사용자 영역을 정의하는 두 대의 흑백 카메라 사이의 베이스라인(baseline)을 짧게 하여 넓은 시야각(FOV)을 제공해 줄 수 있다. 또한 양 눈과 동일한 간격으로 배치할 수 있으므로 결과 영상을 프레임 시퀀셜 스테레오(frame-sequential stereo) 기법에 적용시켜 입체감을 제공할 수 있다.

사용된 컴퓨터는 Dell Dimension 8300(Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.00GHz x 2, 2GB RAM, NVIDIA GeForce FX 5200)이다.

4. 흑백 및 칼라 카메라 영상 매핑

스테레오 흑백 및 칼라 카메라 쌍으로부터 획득된 4장의 영상으로부터 사용자 칼라 영상을 추출하기 위한 파이프라인은 그림 2와 같으며, 필요한 카메라의 내·외부 파라미터는 Tsai[5]의 캘리브레이션 방법을 통해 구하였다.

■ **영상 획득:** Point Grey Research사의 flycapture[6] 라이브러리를 이용하여 네 대의 카메라로부터 동기화된 영상을 획득하였다. 동일한 firewire 카드에 연결되어 있는 두 카메라는 자동적으로 동기화 되지만 서로 다른 카드에 연결되어 있는 카메라간의 동기는 라이브러리 제공 함수인 flycaptureStartLockNext, flycaptureSyncForLockNext, flycaptureLockNext를 이용하여 소프트웨어적으로 맞추었다.

■ **배경제거:** 어둡고 수시로 변하는 조명 조건에서도 사용자 영역을 빠르고 정확하게 추출하기 위하여 가시광선 차단 필터 및 적외선 광원을 사용하였다. 필터를 장착한 두 대의 흑백 카메라를 이용하면 광원으

로부터 방출된 적외선이 사용자 몸에 반사된 빛의 변화를 감지해낼 수 있으며, 이러한 적외선 반사 영상에 배경제거 알고리즘을 적용하여 전체 영상에서 사용자 영역을 정의할 수 있도록 하였다. 또한, 깊이값 추출에 필요한 일치점(correspondent point, 사용자 머리 끝)을 찾아준다.

■ **렉티피케이션(rectification):** 배경제거를 통해 정의된 사용자 영역에 컬러 정보를 부여하기 위해서는 흑백 및 칼라 카메라 자체 특성 및 물리적인 관계를 이용하여 두 카메라에 의해 생성되는 영상간의 상관관계를 파악해야 한다. 본 연구에서는 에피폴라 라인(epipolar line)을 수평하게 맞춰줌으로써 일치점끼리 동일한 수직 성분을 갖도록 해주는 렉티피케이션[7]을 적용하였다. 이를 위하여 두 카메라가 동일한 초점 거리를 갖는다고 가정하고 두 카메라의 중심(COP)이 같은 수평선 상 놓이도록 투영행렬을 재정의한다. 렉티피케이션 결과 영상은 기존의 투영행렬과 새로운 투영행렬 사이의 변환행렬을 구한 후 이를 원영상에 적용시킴으로써 획득할 수 있다.

■ **깊이값 추출:** 배경제거 단계에서 추출된 일치점을 Triangulation[8] 알고리즘에 적용시켜 세계 좌표계(world coordinate) 상에서의 사용자 위치를 계산하고 깊이값을 추출한다.

■ **디스패리티(disparity) 계산:** 렉티피케이션에 의해 수직 성분이 일치된 영상에서 수평 성분을 맞춰주기 위해 필요한 디스패리티는 사용자의 삼차원 공간상의 깊이, 두 카메라 사이의 베이스라인 길이, 카메라 초점거리를 이용하여 (식 1)과 같이 구할 수 있다.

$$d = \frac{b * f}{d} \quad (\text{식 1})$$

(b : 베이스라인 길이, f : 초점거리, d : 깊이값)

위와 같은 파이프라인을 통해 구해진 디스퍼티를 이용하면 흑백으로 추출된 사용자 영역에 대한 컬러 정보를 획득할 수 있으며, 이를 통해 빛의 조건이 일정하지 않은 어두운 환경에서도 실사 기반 사용자 컬러 영상을 얻을 수 있다.

4. 실험 결과

그림 3는 적외선 반사 영상의 배경제거로 정의된 사용자 영역 결과 영상이다. 그림 4는 흑백 및 칼라 카메라 영상의 렉티피케이션 결과이며, 일치점간의 수직성분이 동일함을 알 수 있다. 그림 5는 계산된 디스퍼티를 이용하여 흑백영상과 칼라영상을 매핑한 결과이다.

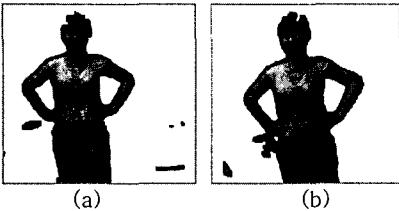


그림 3. 흑백 카메라에 의한 사용자 추출 영상: (a) 좌-흑백 카메라 영상, (b) 우-흑백 카메라 영상

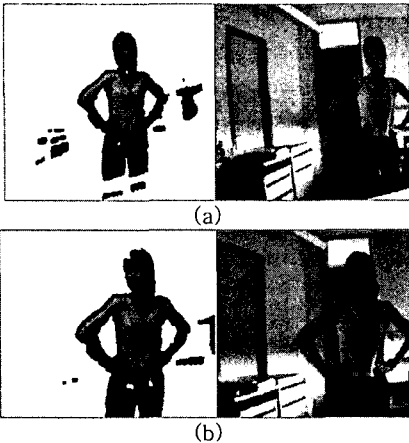


그림 4. 흑백 및 칼라 카메라 영상의 배경제거 및 렉티피케이션 결과: (a) 좌측 카메라 상, (b)우측 카메라 상



그림 5. 흑백 및 칼라 카메라 영상 매핑 결과 : (a) 좌-칼라 카메라 영상, (b) 우-칼라 카메라 영상

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 흑백 및 칼라 카메라를 동시에 이용하여 사용자 컬러 영상을 추출하기 위한 기법을 소개하였다. 제안 기법을 이용하면 CAVE™-like 시스템과 같이 스크린에 프로젝션 되는 빛의 변화로 인해 조명 상태가 일정하지 않거나 어두운 환경에서도 사용자 영상을 효과적으로 추출할 수 있으므로 가상협업환경에서의 텔레프레센스 제공하기 위한 2D 비디오 아바타로 활용될 수 있다.

향후 연구로는, 사용자 신체 상의 다양한 일치점에 대한 깊이값 및 디스퍼티를 계산하여 보간함으로써 보다 정확한 흑백-칼라 카메라 영상 매핑이 가능하도록 할 예정이며, 멀티 카메라를 이용하여 3D로 확장할 예정이다.

참고문헌

- [1]M. 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, in Proceedings of ACM SIGGRAPH 2003, pp. 819-827, 2003.
- [2]P. Debevec, C. Tchou, A. Wenger, T. Hawkins, A. Gardner, B. Emerson and A. Panday, A Lighting Reproduction Approach to Live-Action Compositing, In Proceedings of the ACM SIGGRAPH 2002, 2002
- [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]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, In Proceedings of the ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI'04), Singapore, 16-18 June 2004.
- [5]R. Y. Tsai, An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision, In proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, 1986
- [6]Point Grey Research : <http://www.ptgrey.com>
- [7]A. Fusiello et al., A Compact algorithm for rectification of stereo pairs, Machine Vision and Application vol.12 pp.16-22, 2000
- [8]S. Savarese, Camera Model and Triangulation, Notes for EE-148 : 3D Photography, 2001.