

인위적인 랜드마크를 이용한 실시간 가상객체 위치변화 추적

정혜라, 최유주, 김명희
이화여자대학교 컴퓨터학과
e-mail:{hrchung, choirina, mhkim}@mm.ewha.ac.kr

Real-time Position Tracking of Virtual Object using Artificial Landmark

Hae-Ra Chung, Yoo-Joo Choi, Myoung-Hee Kim
Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

요 약

증강현실 시스템을 구축하는데 있어 실시간 가상객체 위치 추적은 실세계와 가상객체를 정확하고 깊이감 있게 정합하고, 실세계 움직임에 따른 가상객체 위치변화 추적에 중요하다. 따라서 실시간 카메라 입력영상으로부터 가상객체의 위치를 추적하는데 있어 정확성과 함께 빠른 수행시간이 요구된다. 본 논문에서는 HMD(Head Mounted Display)장비에 장착된 두 개의 카메라로부터 관찰자의 시점 이동에 따른 가상객체 정합위치 정보를 입력받아 그 위치를 정확하게 인식하고 빠르게 추적하기 위하여 인위적인 랜드마크 형태를 정의하였으며, 실시간 입력영상으로부터 랜드마크 중심점 위치를 실시간으로 추적하기 위해 일정 시간 간격마다 입력받은 첫 영상으로부터 얻은 랜드마크 영역 정보를 이용하여 중심점의 위치를 추적함으로써 수행시간을 줄이고자 하였다.

1. 서론

가상현실은 실세계를 사용자로부터 차단시키고 컴퓨터로 합성시킨 것으로 가상세계에 몰입시키는 것인데 반해 증강현실은 가상세계와 현실세계를 동시에 제공하는 것으로 가상현실을 실세계로 확장시킨 것이다[1, 2].

증강현실을 응용하는데 있어서 현실세계와 가상세계의 정확한 정합과정이 요구되어지는데, 이것은 실세계의 정확한 위치에 가상세계를 정합하기 위한 것으로 정확한 정합이 이루어지지 않을 경우 동적 에러가 발생한다. 동적 에러는 시스템 지연에 의한 것으로 카메라, 센서, 그래픽, 시스템, HMD등으로의 과정까지 걸리는 처리 시간 때문에 현실과 가상세계의 동기가 맞지 않는 것으로 동적 상태에서만 일어나는 에러이다.[4] 따라서, 증강현실 시스템을 구현하는 단계에서 빠른 처리시간이 중요시 요구되어진다.

증강현실 시스템에서 가상객체가 현실세계의 원

하는 위치에 정확하게 정합되기 위해서는 입력영상에서 가상객체 위치를 정확하게 분할하고 인식해야 하며, 실시간으로 움직이는 현실공간에 맞게 정합결과를 보여주기 위해서 실시간 입력영상으로부터 랜드마크 위치를 실시간으로 추적해야 한다.

본 논문에서는 HMD(Head Mounted Display) 장비를 사용하여 HMD에 장착된 두 개의 카메라로부터 관찰자의 시점 이동에 따른 가상객체 정합 위치 정보를 입력받아 그 위치를 정확하게 인식하고 빠르게 추적한다. 이를 위해 인위적인 랜드마크 방법으로 랜드마크 형태를 정의하여 가상객체가 정합될 실 객체의 특정 부위를 표시하고, 주변환경 요인에 의해 달라지는 카메라 입력영상 정보들로부터 영향을 적게 받고 관찰자의 시점이동에 따라 변하는 랜드마크 형태로부터 정확하게 랜드마크를 인식하고자 한다. 또한, 랜드마크 중심점 위치 실시간 추적에 있어서 매번 영상전체로부터 랜드마크를 인식하여 그 중심점 값을 계산하지 않고, 일정 시간 간격을 주어 일정 간격마다 입력받은 첫 영상으로부터 얻은 랜드마크 영역 정보를 이용하여 중심점 위치의 이동방향

본 연구는 정보통신부 정보통신연구센터 지원사업(ITRC)과 과학기술부 국가지정연구실(NRL)에 의해 지원 받았음.

을 추적함으로써 수행 시간을 줄이고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 실세계에 가상객체의 위치를 표시하기 위해 정의한 랜드마크의 형태를 살펴보고, 3장에서는 HMD 입력 영상으로부터 랜드마크를 정확히 분할하고 그 중심점을 실시간으로 추적하는 과정을 살펴본다. 4장에서는 HMD로부터 실시간 입력받은 영상으로부터 랜드마크 분할결과 및 그 중심점의 실시간 추적결과를 살펴보고, 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결과에 대한 결론을 맺는다.

2. 랜드마크 형태 정의

실세계에 가상객체 정합위치 인식을 위한 랜드마크 방법으로는 크게 자연적인 랜드마크 방법과 인위적인 랜드마크 방법이 있다. 본 논문에서는 실세계의 특정부위에 가상객체가 정합될 수 있도록 하기 위해서 인위적인 랜드마크 방법을 사용하여 가상객체가 위치할 곳을 표시하였다. 인위적인 랜드마크의 형태를 보면, 구현자의 의도에 따라 또는 시스템의 환경에 따라 랜드마크의 모양, 크기, 그리고 색 등이 여러 가지 다른 형태로 만들어져 사용되어진다[5, 7].

본 논문에서 사용된 랜드마크의 형태는 구현하고자 하는 증강현실 시스템 환경에 적합한 형태로 다음과 같은 사항들을 고려하여 모양, 크기, 그리고 색을 정의하였다.

■ 동적정합 시스템에 적합한 랜드마크

구현하고자 하는 시스템 환경이 정지된 실세계에 가상객체를 정합시키는 정적정합(Static registration)이 아닌 동적정합(Dynamic registration) 환경이라는 것을 고려한다. 동적정합은 관찰자의 위치와 시점 이동 방향에 따라 보여지는 결과 영상들 또한 다르게 보여져야 한다. 이것은 관찰자의 시점 이동에 따라 가상객체의 정합 위치가 달라짐을 알 수 있다. 카메라로부터 들어오는 영상에 나타난 랜드마크를 보면 관찰자가 보는 시점에 따라 랜드마크의 형태가 변하게 된다. 이러한 변형된 형태로부터 랜드마크를 쉽게 분할하고 인식하면서 그 중심점 값을 정확하게 계산할 수 있는 모양의 랜드마크가 요구되어진다[3, 6, 7]. 이러한 환경에 알맞은 랜드마크의 형태로 원형 모형으로 정의한다.

■ 외부환경 요인에 영향을 적게 받는 랜드마크

HMD에 장착된 카메라로부터 입력받은 영상은 실세계 상황을 실시간으로 받아드린 영상들로 주변 환경 요인에 따라 영상의 명암도 또한 변하게 된다. 이러한 입력영상들로부터 랜드마크를 쉽게 분할하고 인식하기 위해 대조되는 색으로 검정색과 흰색을 사용한다. 이것은 다른 색의 랜드마크보다 외부환경 요인에 영향을 적게 받으면서 영상에서 다른 것들과 쉽게 구분되어 랜드마크를 인식할 수 있다.

그림 1은 본 증강현실 시스템에 적합하도록 정의한 랜드마크의 형태를 나타내고 있다. 랜드마크의 모양은 중심점이 같고 크기가 다른 두 개의 원을 겹쳐놓은 형태로 구성되어 있으며, 랜드마크의 색은 입력영상에서 랜드마크 주변 값들과 쉽게 구별되어 인식할 수 있도록 작은 원 주위로 일정 두께를 검정색으로 하고, 이에 대조되는 색으로 작은 원은 흰색으로 한다.

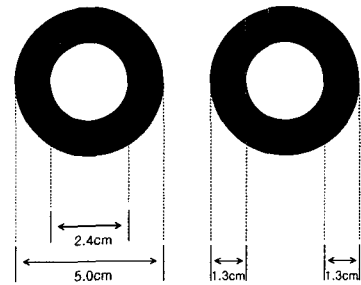


그림 1. 정의된 랜드마크 형태

3. 랜드마크 분할 및 중심점 추적

실세계에 가상객체를 정합하기 위해서는 가상객체가 위치할 랜드마크의 중심점을 정확히 계산하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 입력 영상으로부터 랜드마크를 정확히 분할할 수 있어야 한다.

3.1 HMD 입력영상으로부터 랜드마크 분할

실세계의 영상정보들은 HMD(Head Mounted Display)에 장착된 카메라로부터 받아들여진다. 관찰자는 HMD를 착용하고 가상객체가 위치할 랜드마크 부분을 중심으로 관찰하게 됨으로 카메라로부터 들어오는 영상들은 관찰자가 바라보고 있는 실세계의 정보들이다.

본 논문에서는 이러한 입력 영상으로부터 수행 시간을 최대한 줄이면서 빠르고 정확하게 랜드마크를 분할하고자 카메라 입력 영상의 그레이 레벨 정보값을 최대한 이용하여 영상으로부터 랜드마크를 빠르

게 분할하고 인식하고자 한다. 입력영상으로부터 랜드마크 분할하는 과정은 다음과 같다.

■ 입력 영상에서의 각 라인별 랜드마크 검사

카메라로부터 입력받은 영상은 0-255값을 갖는 그레이 영상들이다. 따라서, 입력영상의 가로줄 단위로 픽셀들의 그레이 값을 읽어들이 이웃하는 두 픽셀 값간의 차를 구하여 그 차이값의 크기에 따른 기울기 변화로 랜드마크 영역의 시작점과 끝점을 인식한다.

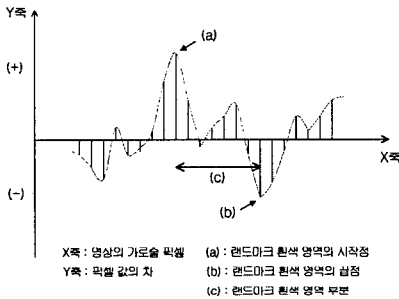


그림 2. 연속된 두 픽셀들의 차이값

그림 2는 연속된 두 픽셀들의 차이값을 나타낸 그래프이다. 여기서 곡선의 접선 기울기 변화를 살펴보면 양의 기울기 값을 갖다가 음의 기울기 값으로 바뀌는 지점들 중에서 가장 큰 값을 찾을 수 있다. 이 부분이 랜드마크의 검정색 부분에서 흰색부분으로 넘어가는 경계 부분으로 이 지점을 랜드마크의 작은 원의 시작부분(a)으로 예측할 수 있다. 또한, 이 부분을 기점으로 하여 기울기가 음에서 양의 기울기로 바뀌는 지점들 중에 가장 큰 값을 찾을 수 있는데 이 점은 랜드마크에서 흰색 영역에서 검정색 영역으로 넘어가는 부분으로 작은 원의 끝 부분(b)으로 예측할 수 있다. 따라서, (a)점을 기점으로 (b)점 까지를 랜드마크의 흰색 영역으로 분할한다.

■ 랜드마크의 동일 영역성 검사

각 라인별로 인식된 랜드마크들은 원형모형 랜드마크 형태의 일부분들로서 동일 랜드마크 영역에 속하는지 검사과정을 수행함으로써 완전한 랜드마크 형태로 인식된다. 랜드마크의 동일 영역성 검사는 본 논문에서 정의한 랜드마크의 형태적 특성을 이용하여 이전 라인에서 인식된 랜드마크가 있는지 검색한 후, 있을 경우 현 라인에서 인식된 랜드마크와

같은 영역에 속하는지 그림 3의 조건들을 검사함으로써 같은 영역에 속하는지 확인할 수 있다.

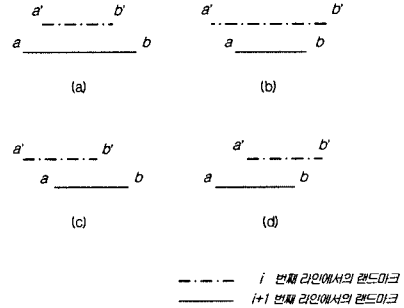


그림 3. 동일한 랜드마크이기 위한 조건

3.2 랜드마크 중심점의 실시간 추적

카메라로부터 입력받은 영상은 실시간 영상들이기 때문에 연속된 영상들 간에 큰 변화가 없다. 따라서, 랜드마크의 중심점 위치도 이전 중심점 위치에서 크게 벗어나지 못한다. 이러한 점을 이용하여 본 논문에서는 실시간으로 랜드마크 중심점을 추적하기 위하여 일정시간 간격마다 처음 입력받은 영상으로부터 얻은 랜드마크 분할 영역정보로 각 랜드마크를 포함하는 사각형 경계박스를 생성하여 이를 중심으로 이어서 들어오는 영상으로부터 랜드마크의 중심점 정보 값을 실시간으로 추적하였다.

또한, 빠른 수행시간으로 랜드마크 중심점 값을 계산하기 위하여 영상에서 각 가로줄 단위로 랜드마크 검색시 검색된 랜드마크로부터 중심점들을 계산하여 저장하였다가 최종적으로 분할된 랜드마크 영역에 속하는 라인별 랜드마크들의 중심정보 값으로부터 식 1에 의해 그 중심점 값을 계산한다.

$$X_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k \tag{식 1}$$

$$Y_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N y_k$$

4. 실험 및 결과

본 논문의 실험환경은 Video-see-through HMD 구조의 입출력장치로부터 실세계의 영상을 입력받아 SGI Octane R1200 workstation상에서 OpenGL과 유틸리티 도구 GLUT를 사용하여 C++로 구현하였으며, 비디오 하드웨어 장비로는 2개의 Sony XC-55BB 카메라와 Matrox Meteor2 frame grabber

card를 사용하였다. 본 논문에서는 현실세계 객체를 마네킹으로 선정하고, 마네킹 복부에 가상객체가 위치하도록 앞에서 정의한 랜드마크를 사용하여 위치를 표시하였다.

그림 4는 HMD 장치를 착용하고 마네킹 복부 부위를 시점을 이동해 가면서 관찰하였을 때 입력받은 실시간 카메라 영상으로부터 랜드마크를 분할하고 그 중심점을 실시간 추적하여 얻은 결과 영상이다. 여기서 획득한 랜드마크 중심점 값을 빨간색 정육면체의 무게중심으로 나타내었다.

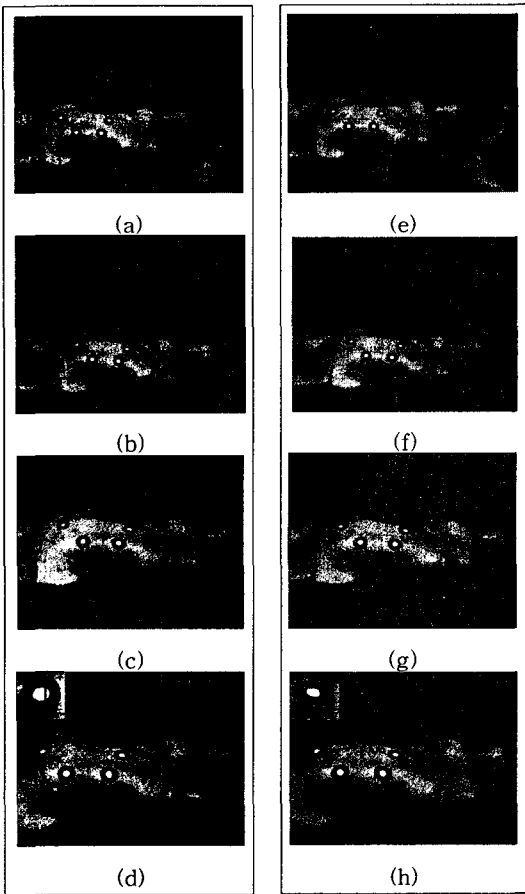


그림 4. 랜드마크의 중심점 실시간 추적 결과 영상:
(a)-(d): 왼쪽 카메라 영상에서의 실시간 추적 결과,
(e)-(h): 오른쪽 카메라 영상에서의 실시간 추적 결과

6. 결론

본 논문에서는 실세계의 특정부위에 가상객체가 위치할 수 있도록 정의한 랜드마크로 그 위치를 표

시하였으며, HMD에 장착된 두 개의 카메라로부터 실세계의 정보들을 실시간으로 입력받아 랜드마크를 빠르고 정확하게 분할하고 인식하여 그 중심점을 실시간으로 추적하였다.

본 논문에서 정의한 랜드마크의 형태를 사용함으로써 관찰자의 위치와 시점 이동에 따라 다르게 보이는 랜드마크의 형태로부터 쉽게 분할하고 인식할 수 있어 동적정합 시스템에 적합하며, 외부 환경용인에 따라 달라지는 입력영상의 명암도에 영향을 적게 받으면서 영상으로부터 랜드마크를 분할할 수 있었다. 또한, 입력 영상으로부터 랜드마크를 분할하는데 있어 기존의 여러 영상 전처리 알고리즘들을 사용하지 않고, 카메라로부터 들어온 입력영상 자체의 그레이 값의 차에 대한 기울기 변화로 랜드마크를 분할함으로써 정확하고 빠르게 인식할 수 있었으며, 실시간 입력영상에서 일정 간격마다 입력받은 첫 영상에서 인식된 랜드마크 정보를 이용하여 랜드마크의 중심점을 실시간으로 빠르게 추적할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Azuma, R. T., "A survey of Augmented Reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, pp 355-385, April 1997.
- [2] Caudell, T. P., "Introduction to Augmented and Virtual Reality", SPIE-Telemicroscopy and Telepresence Technologies, Boston, MA, pp 272-281, Oct. 1994.
- [3] M. Bajura, and U. Neumann, "Dynamic Registration Correction in Video-Based Augmented Reality Systems", IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 52-60, Sep. 1995.
- [4] Mellor, J.P., "Realtime Camera Calibration for Enhanced Reality Visualization", Computer Vision, Virtual Reality, and Robotics in Medicine '95, Nice, France, April 1995.
- [5] F. Seibert, "Augmenting reality by using uncalibrated optical tracking", Computers & Graphics, Vol. 22, 1999.
- [6] F. Seiber, "Stereo based Augmented Reality in Medicine", Third Korea-Germany Joint Workshop on Advanced Medical Image Processing, Aug. 1998.
- [7] K.N. Kutulakos, J.R. Vallon: "Calibration-Free Augmented Reality"; IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol. 4, No. 1, 1998.