제 26 회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 논문집 제 13 권 제 2 호 (2006. 11)

공간 증강현실 기반 수족관 환경에서의 반응형 Annotation 표시 기법

김정훈*, 박현우**, 양황규*, 윤태수*, 이동훈*
*동서대학교 디자인&IT 전문대학원
**동서대학교 U-어플라이언스 지역혁신센터
e-mail : {melc*, schark**}@cgim.dongseo.ac.kr
{hkyang88*, tsyun*, dhl*}@dongseo.ac.kr

Interactive Annotation in Fish Tank based on Spatial Augmented Reality

Jung Hoon Kim*, Hyun Woo Park**,
Hwang Kyu Yang*, Tae Soo Yun*, Dong Hoon Lee*
*Graduate School of Design&IT Dongeseo Univ.
**U-Appliance TIC Dongeseo Univ.

요 약

본 논문에서는 일반적인 수족관에서 물고기를 관찰하는데 있어서 관찰자가 빠르고 효율적으로 물고기에 대한 정보를 얻을 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 여러 종의 물고기가 살고 있는 수족관 환경에서 처음 보는 관찰자가 쉽게 물고기에 대한 정보를 얻기는 힘들다. 이러한 제약을 효과적으로 개선하기 위하여 반 투영 거울을 사용하는 공간 증강 현실을 위한 영상출력 기법을 이용한다. 이때 피사체의 위치 정보를 얻기 위해 배경인 수족관영상과 피사체인 물고기영상을 분리한 후 물고기의 깊이 정보 값을 추출하기 위하여 호모그래피 행렬을 이용하고 보정된 이미지를 계산 한다. 실험결과 본 논문에서 제안한 방법을 통해 구축한 이 시스템으로 관찰자는 각각의 물고기들에 대한 정보를 반응형 Annotation 으로 쉽게 얻을 수 있었다.

1. 서론

최근 컴퓨터 그래픽스와 가상현실에 대한 관심이 날로 증대됨에 따라서, 이를 이용한 전시 및 교육용 콘텐츠가 새롭게 소개되고 있다. 한 가지 예로서 Virtual Fish Tank[1]라는 콘텐츠가 있다. 하지만 가상의 환경만으로 구성하기에는 오랜 시간을 투자해야 해야 하며, 그 결과물 역시 실제 사물에 비해서 아직 미흡한 실정이다. 이와 같이 저하되는 현실감 및 몰입 감을 높이는 해결 방안으로 증강현실이 있다. 실제 어항에 실제 물고기를 넣고 증강현실을 사용한다면 가상현실 보다 현실감 및 몰입 감이 증대된다. 하지만 증강현실은 관람 시에 See-through Glasses 와 같은 증강현실을 위한 안경 및 기타 장비를 착용해야 하는 단점이 있다. 이와 같이 증강현실을 관람하기 위한 장치를 착용 할 경우, 관찰자에게 이질감을 주며, 동시에 여러 사람의 관람이 불가능 하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 현실감과 몰입 감을 높임과 동시에 특별한 장비를 착용하지 않고, 관람이 가능한 공간 증강현실(Spatial Augmented Reality)[2, 3]을 기반으로 한 반응형 Annotation 표시 기법을 적용한 수족관 환경을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성 되어 있다. 2 장에서는 제안된 방법의 전체 구성 및 개요를, 3 장에서는 제안

된 시스템에 적용한 알고리즘에 대하여 자세히 설명한다. 그리고 4 장에서는 공간 증강현실을 위한 출력 장치에 대하여 소개하며, 5 장에서는 구현 및 실험 결과에 대하여 살펴보며, 마지막으로 6 장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 기술한다.

2. Spatial Augmented Fish Tank 의 구성

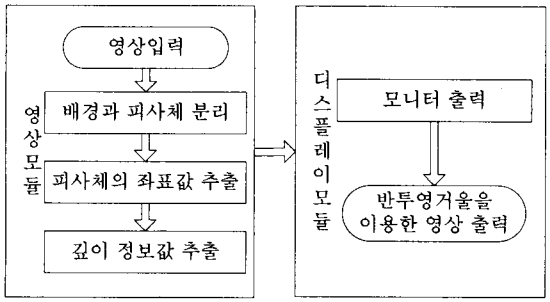


그림 1 제안된 시스템의 전체 구성.

본 논문에서 제안하는 시스템의 전체적인 흐름은 그림 1 과 같다. 영상 모듈에서는 피사체의 실시간 위치 정보를 얻기 위하여 카메라를 사용, 입력되는 영상에서 움직이는 피사체의 위치 정보를 계산 한다. 하지만 3 차원 공간을 돌아다니는 피사체를 2 차원 영상으로만 계산을 할 경우, 현실감이 떨어진다. 그리하여 수면위로 비추는 피사체의 영상을 사용하여 깊이 정보 값을 계산한다. 하지만 시점상의 문제로 왜곡된 영상이 입력되는데, 이를 위해 호모그래피 행렬(Homography Matrix)[5, 6]을 사용하여 왜곡된 영상을 보정한 후, 피사체의 깊이 정보 값을 계산 한다. 영상 모듈에서 얻어진 값을 통해 디스플레이 모듈에서 반투영 거울(Half-silvered Mirror)을 이용하여, 공간 증강현실을 위한 영상을 출력한다. 그 결과 관찰자는 피사체와 그에 해당하는 반응형 Annotation 영상을 관람하게 된다.

3. 구성 알고리즘 소개

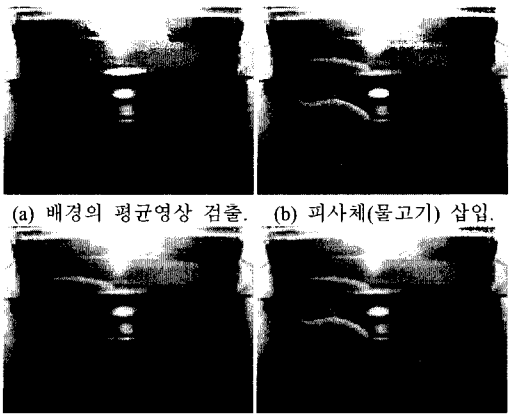
3.1 배경과 피사체 분리 알고리즘

앞에서 언급한 바와 같이 피사체의 위치 정보 값을 알기 위해서 배경과 피사체를 분리해야 한다. 피사체 분리를 위한 다양한 방법 중 본 논문에서는 배경 모델링 기법을 사용한다. 이를 위해 배경과 피사체 각각의 컬러 모델에 대한 학습을 해야 한다. 우선 RGB 컬러 모델에서 학습할 배경영상에 대해서 평균영상과 표준편차 영상을 구한다. 본 과정에서 컬러의 채널 특성을 이용하기 때문에 영상의 R, G, B 컬러에 대해서 각각 분할한다.

$$
\begin{aligned}
m_r &= \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} I_{r_i},\ s_r = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(I_{r_i}-m_r)^2},\\
m_g &= \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} I_{g_i},\ s_g = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(I_{g_i}-m_g)^2},\\
m_b &= \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1} I_{b_i},\ s_b = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(I_{b_i}-m_b)^2}.
\end{aligned}
\tag{1}
$$

수식(1)과 같은 방법으로 정규화 된 RGB 컬러 모델의 평균영상과 표준편차영상을 구한다. m_r, m_g, m_b 는 정규화 된 각 채널에 대한 평균영상이고 s_r, s_g, s_b 는 정규화 된 각 채널에 대한 표준편차영상이다.

배경 학습을 통해서 배경의 평균영상과 표준편차영상이 구해지면, 실시간으로 입력되는 영상과 비교한다. 각각 픽셀 별 두 영상의 차를 계산하여 피사체의 위치를 추적한다. 이러한 과정에서 배경영상에 생기는 에러들은 Blob 처리하여 제거한다. 최종적으로 얻어진 피사체의 위치 값을 하나의 값으로 인식하고, 그 중심점을 계산하면 피사체의 중심 좌표를 얻게 된다.



(a) 배경의 평균영상 검출. (b) 피사체(물고기) 삽입.

(c) 배경과 피사체 분리. (d) 피사체의 중심점 취득.

그림 2 배경과 피사체를 분리 하여 피사체의 위치 좌표를 알아내는 과정.

3.2 깊이 정보 추출 알고리즘

배경과 피사체 분리 알고리즘을 통하여 피사체의 좌표를 계산한 뒤, 피사체의 깊이 정보 값을 계산한다. 하지만 설치되어 있는 카메라의 시점에서 바라보는 수면은 시점상의 문제로 인하여 왜곡 되어 있다.

이는 수면을 단순히 같은 거리로 나누어 깊이 정보 값으로 설정 할 수 없다는 것이다.

(a) 카메라에 입력된 어항의 윗면 영상.

(b) 호모그래피 행렬을 이용한 보정 후 영상.

그림 3 어항의 깊이 정보를 추출하기 위하여 호모그래피 행렬을 사용, 어항의 윗면의 왜곡을 보정.

따라서 본 논문에서는 시점상의 문제로 인한 왜곡된 영상을 보정하기 위해, 4 개의 좌표만으로도 계산이 가능한 호모그래피 행렬계산 방법을 적용하여, 왜곡된 영상을 원래 비율에 맞도록 아래와 같이 계산한다.

어느 한 평면에 대하여 그 평면 위에 있는 점(수식 2)과 다른 한 평면의 대응점(수식 3)의 사이에는 다음과 같은 관계(수식 4)가 성립한다.

$$X_i = (x_i, y_i, \omega_i)^T, \quad (2)$$

$$X_i' = (x_i', y_i', \omega_i')^T, \quad (3)$$

$$X_i' = HX_i, \quad (4)$$

여기에서

$$X_i' = \frac{1}{\omega_i'}\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \\ \omega_i' \end{pmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} h1 & h2 & h3 \\ h4 & h5 & h6 \\ h7 & h8 & h9 \end{bmatrix}, \quad X_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ \omega_i \end{pmatrix}.$$

(* $\omega_i = 1$)

H 는 3×3 행렬이고, 두 평면 사이의 사영 변환 (Projective Transformation) 관계를 나타내는데, 이것을 호모그래피(Homography)라 한다.

$$Ah = 0. \quad (5)$$

본 수식(수식 5)에서 h 는 H 행렬을 사전식으로 배열한 9×1 벡터이고, A는 X 와 X′ 를 조합한 n×9 (n≥4) 행렬이다. 이 식에서 h 는 SVD (Singular Value Decomposition)을 통해 구할 수 있다. 여기서 A는 정방행렬이 아니기 때문에 SVD 에 바로 적용할 수 없다. 이를 해결하기 위하여 일반적으로 유사역원 (pseudo-inverse) A^TA를 이용한다. 호모그래피 행렬은 A^TA의 가장 작은 고유값(Eigenvalue)에 해당하는 고유벡터(Eigenvector)들로 구성된다.

위에서 계산한 호모그래피 행렬을 이용하여 보정된 영상을 구하고, 그 영상을 일정 간격으로 계산하여, 피사체의 위치에 따른 깊이 정보 값을 산출한다.

4. Spatial Augmented Display 를 위한 설계

본 시스템에서는 공간 증감 현실영상을 원하는 위치에 출력하기 위해 Spatial Augmented Reality 의 기법 중 반 투영 거울(그림 4-b)을 이용한 방법을 사용한다. 관찰자(그림 4-e)는 반 투영 거울의 성질을 통해서 내부에 설치되어 있는 어항(그림 4-a)을 바라보게 되며, 이때 거울은 내부에 있는 어항뿐만 아니라 하단에 설치되어 있는 모니터 화면 또한 비추게 된다. 이때 모니터에서 출력되는 영상(그림 4-c)은 거울 면에 반사되어 관찰자의 시야에 들어오게 되는데, 관찰자의 입장에서는 모니터의 영상이 거울 안쪽에 설치되어 있는 어항 속에서 출력된 영상(그림 4-d)으로 인식하게 된다.

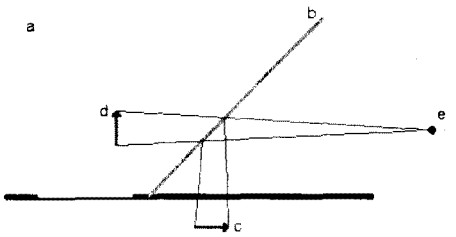


그림 4 Spatial Augmented Display 시스템 구성.

그러나 거울에 비춰진 영상은 거울의 기울기에 의한 왜곡이 발생한다. 그러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 변환 행렬(Transformation Matrix)을 사용한다. 기울어진 거울에 의해서 왜곡될 정도를 미리 계산하여, 영상을 출력 시에 변형될 영상을 반대로 보정한 뒤에 출력하는 것이다.

$$R = \begin{bmatrix} 1-2a^2 & -2ab & -2ac & -2ad \\ -2ab & 1-2b^2 & -2bc & -2bd \\ -2ac & -2bc & 1-2c^2 & -2cd \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

변환 행렬(수식 6)을 기존의 공간 좌표(World Coordinates)에 적용하여, 반사된 공간 좌표(Reflected World Coordinates)값을 생성한다. 이러한 방법으로 거울의 기울기에 의해서 영상이 왜곡된 것을 변형하여 출력함으로써 거울의 기울기에 의한 왜곡 문제를 해결할 수 있다.

5. 구현 및 실험 결과

본 논문에서 제안하고 있는 시스템은 펜티엄 4 1.8GHz, 512MB 램 시스템에서 Visual C++을 이용하여 구현하였다. 영상 입력을 받기 위해서 1024×768 해상도, 초당 30 프레임을 지원하는 Pointgrey 사의 PGR Flea 1394 Camera 를 사용하였다. 초기에 물고기가 없는 어항에 대해 총 50 프레임의 입력된 데이터로부터 배경 모델링을 수행한다.

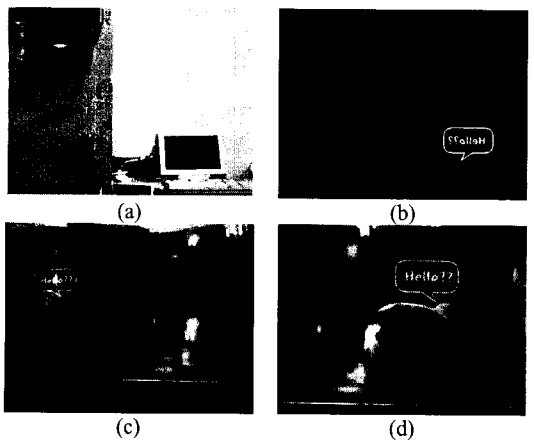


그림 5 시스템 구성 및 실험 결과 영상.

모니터로 출력되는 화면(그림 5-b)에는 말 풍선만 돌아다니는 모습으로 보인다. 하지만 본 논문에서 제안하는 시스템(그림 5-a)에서 관찰 시 계산된 깊이 정보 값에 의해서 움직이는 피사체를 따라 다니는 모습(그림 5-c, d)을 확인 할 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 공간 증강현실을 기반으로 한 수족관 환경에서의 반응형 Annotation 표시 기법을 제안하였다. 이를 위해 각각의 R, G, B 값으로 평균영상과 표준편차영상을 계산 후에 배경과 피사체 분리를 하는 알고리즘을 구현 하였다. 피사체의 정확한 깊이 정보 추출을 위해서 호모그래피 행렬을 구현하였으며, Spatial Augmented Reality 구현 방법 중에서 반 투영 거울을 이용한 방법으로 시스템을 제작 하였다. 그 결과 관찰자는 각각의 물고기들에 대한 정보를 반응형 Annotation 을 통해 쉽게 얻을 수 있었다.

본 논문의 향후 연구 방향은 같은 어항에 있는 여러 종의 물고기를 각기 구분하여 각각의 물고기에 해당하는 정보를 관찰자가 손쉽게 얻도록 할 것이며, 구성 중인 어항에는 Video Texture[7]방식으로 만들어진 가상의 물고기 또한 실제 물고기와 상호 작용 하도록 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구 결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] Thomas Elias and et al. "The Virtual Fish Tank," *CG topics* 2004.

[2] Oliver Bimber and et al. "The Virtual Showcase," *IEEE Computer Graphics & Applications* 2001.

[3] Oliver Bimber and Ramesh Raskar. *Spatial Augmented Reality, A K Peters, Ltd* 2005.

[4] 홍동표, 우운택. "컬러의 채널 특성을 고려한 확률기반 배경분리 기법," *한국 신호 처리 학회* 2002.

[5] Dr. Krystian Mikolajczyk and Dr. Bastian Leibe. "Interest Point Detection and Matching," *Computer Vision Sommer semester* 2005.

[6] Richard Hartley and Andrew Zisserman. *Multiple View Geometry, Cambridge* 2000.

[7] Arno Schodl and et al. "Video Textures," *SIGGRAPH* 2000.