

조명을 고려한 가상광고 시스템

김인문, 박혁래*, 박종일
한양대학교 전자통신전파공학과, *삼성전자

Virtual Advertisement System Considering Lighting

In-Moon Kim, Hyuk-Rae Park* and Jong-Il Park
Hanyang University, *Samsung Electronics Co.

E-mail: imkim@mr.hanyang.ac.kr, kaien99@samsung.co.kr, jjpark@hanyang.ac.kr

요약

가상광고는 실제 영상에 존재하지 않는 정보를 추가함으로써 영상의 정보 제시 능력을 향상시키는 것으로 폭넓고 다양한 정보가 영상에 더해질 수 있다. 이러한 가상광고를 보다 현실감 있게 구현하기 위해서는 여러 가지 환경이 갖추어져야 하는데, 그 중 하나가 사물에 대한 조명 효과이다.

본 논문에서는 가상광고 영상으로부터 조명을 고려한 그래픽 정보를 삽입함으로써 좀 더 현실감 있는 증강현실을 구현하고자 한다. 제안된 방법은 카메라로 촬영한 영상으로부터 3차원적인 위치정보를 알고 있는 고정된 4개 이상의 특징점 추출 및 추적을 통하여 카메라의 프로젝션(Projection) 행렬을 복원하고, 이를 이용하여 범용적인 크로마키(Chroma-Key) 기법으로 영상합성을 하였다. 행렬 복원 과정에서는 카메라의 프로젝션 행렬로부터 QR-Decomposition 을 통해 카메라의 회전과 이동 성분을 분리해 내어 가상 물체가 카메라에 의해 움직임 보정을 받을 수 있도록 하였다. 그리고 임의의 위치에 조명을 주었을 때 생기는 변화를 그래픽에 반영하여 실사와 합성하는 실시간 시스템을 구축하고 실험으로 확인하였다.

1. 서론

최근 스포츠나 영화에서는 실제 영상에는 없지만 화면상에만 보이는 가상광고가 많이 사용되고 있다. 이러한 가상광고에는 단순한 이미지 삽입 뿐만 아니라, 컴퓨터 그래픽을 이용한 3차원 물체 또한 합성될 수 있다.

본 논문에서는 부가적인 정밀한 센서를 사용하지 않고 영상기반(vision-base)에서 3차원적인 위치정보를 알고 있는 고정되어 있는 4개 이상의 특징점을 추출 및 추적한 후 점대점 매칭 방식을 이용하여 위치를 고정할 수 있는 카메라 Projection 행렬을 복원하고, QR-Decomposition 을 통해 카메라의 회전과 이동 성분을 분리해 내어 가상 물체가 카메라에 의해 움직임 보정을 받을 수 있도록 한다.

또한 이미지 영상 합성시 범용적인 크로마키 기법을 이용하여 빠르고 효과적으로 영상을 합성하며, OpenGL 을 이용하여 원하는 임의의 위치에 조명을 배치하였을 때의 가상물체를 렌더링하고 이를 실영상과 합성함으로써 현실감 있는 가상광고 합성영상을 제작한다.

가장 같은 곳에는 마커를 위치시킬 수 없다. 따라서 좌표를 알고 있는 임의의 특징점을 선택하여 추적하도록 시스템을 구성하였다. 스포츠 경기라면 선과 선이 만나는 코너가 좋은 특징점이 될 수 있다. 점대점 매칭에 의해 카메라 P 행렬을 복원하기 위해서는 최소한 4개 이상의 정확한 특징점 위치정보가 필요하다[4].

제안방법의 성능을 확인하기 위하여 모형 축구장을 만들어 실험을 수행하였다. 입력받은 실제 영상에서 특징점을 추출하기 위해 경기장의 코너를 특징점으로 사용하였다. 코너는 국제규격에 의해 위치가 일정하므로 실좌표계 상의 위치를 계산할 수 있다. 그림 1에 다이아몬드 형태로 4개의 특징점의 위치를 추출하는 예를 나타내었다. 코너는 경기장의 선이 수직선과 수평선이 만나는 점의 형태로 되어 있는 특징이 있기 때문에, 특징점이 되는 코너가 있는 일정영역을 지정하고 기하학적인 정보를 추출할 수 있는 Hough 변환을 이용, 대표되는 두 개의 직선을 구하고 두 직선의 교점을 특징점 위치로 지정하여 정확한 특징점 위치를 추출해 낸다.

2. 특징점 추출 및 추적

2.1 특징점 추출

특수한 마커를 이용하면 특징점의 위치를 쉽게 추출할 수 있지만 가상광고 시스템이 가정하고있는 운동경

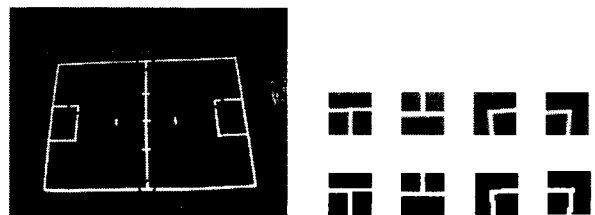


그림 1. 특징점

2.2 특징점 추적

특징점이 추출된 다음에는 이전 프레임과의 유사성에 의거하여 특징점을 추적하는 Iterative Lucas-Kanade 방식을 이용하여 특징점을 추적하게 된다[9]. 이 방식은 이전 프레임과 현재 프레임 사이에 모든 점의 밝기가 동일하다는 가정하에 특징점을 추적하는 방법이다.

3. Projection 행렬 복원

Projection 행렬을 구하는 과정은 컴퓨터 비전의 핵심 문제로서 최근 많은 연구가 이루어져 다양한 방법이 존재한다[11][12]. 본 논문에서는 운동장 같은 평평한 면만을 고려하여 4점 이상의 점대점 매칭 방법을 사용한다. 그러나 동일 평면 상에 존재하지 않는 일반적인 경우에도 간단한 변형에 의해 적용할 수 있다.

3.1 점대점 매칭방법

카메라 P(Projection)행렬은 현실세계를 가상공간상에 일치시킬 수 있는 상관관계이다. (X, Y, Z)'가 실좌표계(world coordinate)이고 (x, y)'가 영상좌표계(pixel coordinate)이면 이들 좌표계는 프로젝션 행렬 P에 의해 다음과 같은 관계로 연결된다[6].

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ s \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$x = \frac{u}{s}, \quad y = \frac{v}{s}$$

P 행렬을 p_1, p_2, p_3, p_4 단위벡터형태로 나타낼 수 있는데, 실좌표계의 좌표중 z 축이 0이면 p_3 성분은 제거되고 9개의 성분으로 줄일 수 있다. 그런데 실영상의 원점이 화면의 중심이고 카메라 렌즈에 의한 왜곡이 없다고 가정한다면, 식(1)은 식(2)과 같이 V 행렬로 나타낼 수 있다. V 행렬은 실좌표계 4개의 점과 영상좌표계 4개의 점을 점대점매칭하여 복원 할 수 있다[4-6].

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ s \end{pmatrix} = V \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

이는 식(2)의 v_{33} 을 1로 가정하고 8개의 변수 v에 대하여 정리하면 8×8 형태의 행렬을 구할 수 있는데 이것의 역행렬과 영상좌표계의 8×1 행렬을 곱하여 V 행렬을 복원할 수 있다[4]. 그리고 p_1 과 p_2 사이의 수직관계에 의해 p_3 성분을 복원하여 식(1)의 P 행렬을 복원한다. 이러한 방식을 이용하면 같은 평면상의 위치정보만으로도 P 행렬을 복원하여 3차원적인 표현이 가능하게 된다[6].

첫 프레임에서만 이러한 방식을 이용 P 행렬을 복원하고, 다음 프레임부터는 최초에 지정하지 않은 나머지 점의 위치를 추정하여 더 많은 위치정보를 획득한다.

매 프레임마다 특징점 추적을 통해 나온 위치정보를 최소제곱방식을 이용하여 P 행렬을 복원함으로써 오차를 최소화 할 수 있다.

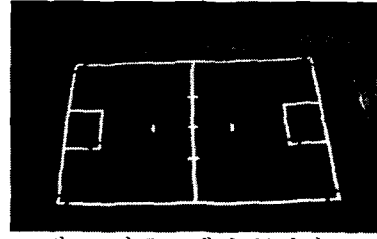


그림 2. 다른 6개의 특징점

3.2 QR-Decomposition

위의 방법으로 구한 Projection 행렬은 QR-Decomposition에 의해 카메라 내부 행렬과 회전, 이동 행렬 성분으로 매 프레임마다 추출할 수 있다[10]. 이것은 카메라의 내부행렬(K)이 상삼각행렬(Upper Triangular Matrix)이라는 조건과 회전행렬(R)이 수직행렬(Orthogonal Matrix)이라는 조건을 이용한 것으로, 식(3)과 같은 Projection 행렬 안의 KR 행렬에 대해 QR-Decomposition을 수행하여 수직행렬(Orthogonal Matrix) Q와 상삼각행렬(Upper Triangular Matrix) R을 구할 수 있다.

$$P = K[R | t] \quad (3)$$

여기서 나온 QR 성분의 형태는 (Orthogonal) × (Upper Triangular)이지만 역대각 단위행렬을 이용하여 실제 프로젝션 행렬안의 KR 행렬 형태인 (Upper Triangular) × (Orthogonal)으로 바꿀 수 있다. 또한, QR-Decomposition으로 구한 카메라의 내부 행렬과 회전 행렬 값을 이용하여 이동 행렬(t) 값도 구할 수 있다. 매 프레임마다 구해진 카메라의 회전, 이동행렬은 가상 물체에 카메라의 움직임을 보정해 주기 위해 사용된다.

4. 범용적인 크로마키 기법

최근 복잡하고 섬세한 디지털 매팅을 하기 위해서 Bayesian 방법에 의해 영상을 합성하는 방법이 제시되었다[8]. 그러나 가상광고에서 영상 합성은 빠른 속도로 수행되어야 하기 때문에 범용적인 크로마키 기법을 사용하였다. 범용적인 크로마키 기법의 알고리즘은 제거해야 할 부분일정영역의 색상정보(RGB)를 입력 받고 색상크기로 나열한 후 색상정보를 미디언 필터(median filter) 처리하여 실제영상에서 들어오는 임펄스 잡음성분을 제거한다[1][15]. 제거 후 YCbCr 형태로 변환하고 기울기(Cb/Cr) 평균값을 이용하여 제거하고자 하는 색상 값을 얻어 낸다.

5. 조명을 고려한 가상물체 생성

보다 효과적인 증강현실을 구현하기 위해서는 여러가지 환경이 갖추어져야 하는데, 그 중 하나가 사물에 대한 조명 효과이다. 이러한 조명효과는 광원으로부터의 입사 광선 중 일부는 물체에 흡수가 되고, 나머지

빛이 눈을 향하여 반사가 될 때 그러한 빛의 색깔로 느끼는 것인데, 여기에는 주로 광원의 밝기와 색깔, 빛이 들어오는 방향, 물체를 바라보는 방향, 그리고 물체의 기하 및 반사 성질 등이 영향을 미친다. 이러한 조건을 기반으로 OpenGL에서는 물체 표면에서 빛이 어떻게 반사가 되는가를 계산하는데 Phong의 조명 모델(Phong's illumination model)이 사용된다[14]. 이 모델은 물리학적으로 정확한 모델은 아니지만 비교적 계산량이 적고, 실험적으로 우수한 성능을 나타내기 때문에 컴퓨터 그래픽 렌더링 분야에서 거의 표준처럼 사용된다. 조명효과를 확인하기 위하여 먼저 OpenGL로 가상물체를 생성하였다. 생성된 가상 물체는 QR-Decomposition을 통하여 매 프레임마다 구해지는 카메라의 회전 및 이동 행렬을 반영시켜 준다. 원하는 위치에 광원을 놓고 조명 효과를 내면 3차원적인 현실감이 나는 가상 물체를 생성할 수 있다. 조명의 위치는 직접 측정법, 추정법, 인터랙티브 배치법을 사용하여 정한다.

6. 실험 및 결과

본 논문의 실험은 표1과 같은 실험환경을 사용하였다. 합성할 실제영상은 실시간 처리를 위해 PC 상에서 Grab board를 이용 320×240으로 입력 받아 가상광고 실험을 수행하였다. 또한 조명을 고려한 가상물체를 만들기 위해 3차원 그래픽 라이브러리인 OpenGL을 사용하였다.

표 1. 실험환경

하드웨어	CPU: Intel Pentium-III 850 RAM: 256MB Grab board: Matrox Meteor II Camera: Canon MV1 Digital Camera
소프트웨어	Visual C++ 6.0 IPL(ImageProcessingLib.), OpenCV, OpenGL
영상	320×240(pixel)

우선 임의의 가상광고 영상을 화면상의 특정 위치에 삽입하는 실험을 수행하였다. 초기화 과정으로 동영상의 정지영상을 만들고 정지영상에 마우스를 이용 특징점의 대략위치를 순서대로 4개 지정하여 특징점을 추출하고 나머지 6개의 특징점들은 P행렬에 의해 자동으로 위치가 생성되고 추적된다. 추적된 특징점의 위치 정보를 이용 P행렬을 복원하여 광고용 영상의 위치고정과 기하학적인 변형을 위해 워핑(warping)을 수행하여 주변과 자연스러운 영상합성을 구현하였다.

실험결과, 그림 3처럼 카메라의 움직임에 대해서도 매 프레임마다 특징점을 추적하고 경기장내의 지정된 위치에 정확하게 크로마키 합성되는 것을 확인할 수 있다.

조명효과를 실험하기 위하여 그림 4 처럼 먼저 광원이 없을 때 가상 물체를 생성해 보았고, 화면 좌측 상단과 우측 상단에서 각각 광원을 생성시켜 가상 물체가 조명에 의해 받는 영향을 화면에 rendering 하였다. 또한 2개의 조명을 동시에 주어 나타나는 결과를 실험해 보았다.

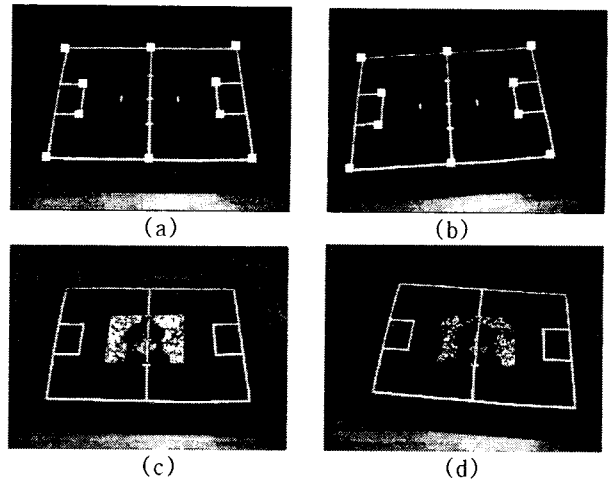


그림 3. 실험결과
(a)10개의 특징점 (b) 특징점 추적
(c)(d) 카메라를 움직였을 때의 영상 합성 결과

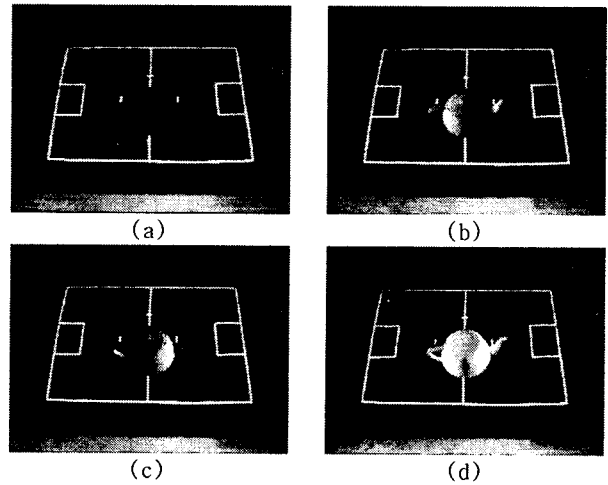


그림 4. 조명효과
(a)광원 없음 (b) 좌측상단 광원
(c)우측상단 광원 (d) 2개의 광원

그림 4에서 점은 고정되어 있는 광원을 나타낸다. 실영상에 조명 조건을 고려하여 가상 물체에 색감과 부피를 더해 줌으로써, 보다 사실적인 3차원 느낌을 줄 수 있다. 또한, OpenGL을 사용함으로써 여러 개의 광원에 대한 합성도 쉽게 할 수 있다.

조명효과를 준 상태에서 카메라의 움직임을 따라가기 위하여 그림 5 처럼 QR-Decomposition의 결과로 나온 카메라의 회전과 이동 행렬을 매 프레임마다 반영하였다.

그림 5 (a)와 (b)는 단순한 입력영상에서 카메라의 움직임을 따라가는 모습이고, (c)와 (d)는 크로마키가 되고 있는 영상에서 카메라의 움직임을 QR-Decomposition을 통해 따라가는 모습이다. 고정되어 있는 조명에서 카메라의 움직임을 보정한 결과 가상 물체가 조명 조건에 맞게 변하는 것을 확인할 수 있다.

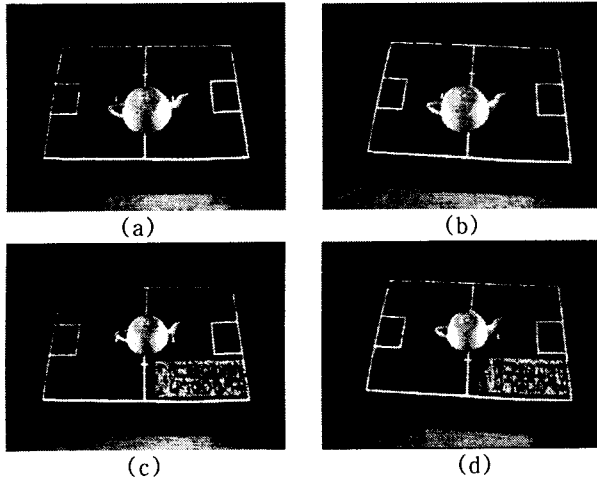


그림 5. 가상물체의 움직임 보정
(a),(c) 초기 가상물체의 위치
(b),(d) 회전 후 가상물체의 위치

7. 결론

본 논문에서는 조명 효과를 고려하여 가상물체를 나타내는 가상광고 시스템을 구현하였다. 먼저 영상 기반에서 특징점 추출과 추적, 카메라 Projection 행렬 복원, 범용적인 크로마키 기법에 의한 영상합성을 하였으며, QR-Decomposition 에 의해 카메라의 움직임을 보정하면서 조명 효과를 고려해 가상 물체를 렌더링 함으로써 좀더 현실감 있는 3차원 물체를 표현할 수 있었다. 특징점 추적을 위해 기존의 부가적인 카메라 센서를 제거하고 영상기반으로 하였으며, 최소제곱법에 의한 점대점 매칭방식을 이용하여 카메라 Projection 행렬을 구할 수 있었다. 또한 OpenGL을 이용하여 빠르고 간편하게 임의의 광원에 대한 합성을 할 수 있었다. 앞으로 실영상의 조명 조건을 직간접적으로 추출하는 방법, 편리한 GUI 구축에 의한 효율적 시스템으로의 개선 등에 관한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

참고 문헌

[1] C. P. Sandbank Eds. Digital Television, John Wiley & Sons, pp.539-557, 1990.
 [2] Gang Xu, Zhengyou Zhang, Epipolar Geometry in Stereo, Motion and Object Recognition, Kluwer Academic Publishers, 1996.
 [3] J. Park et al., "Estimation of camera parameters from image sequence for model-based video coding." IEEE Trans. Circuit and systems for video technology, vol.4, No.3, pp288-296, 1994.
 [4] T. Okuma, K. Kiyokawa, H. Takamura and N. Yokoya, "An augmented reality system using a real-time vision based registration." Proc. ICPR 1998, pp.1226-1229,

1998.
 [5] T. Okuma, K. Sakaue, H. Takemura, N. Yokoya, " Real-time camera parameter estimation from images for a mixed reality system." Proc. ICPR 2000, Vol.4, pp482-486, 2000.
 [6] Y. Nakazawa, S. Nakano, T. Komatsu and T. Saitou, " A system for composition fo real moving images and CG images based on image feature points." The Journal of the institute of image information and television engineers, Vol.51, No.7, pp1086-1095, 1997. (in Japanese.)
 [7] Matrox Imaging Library Version 6.0, User Guide & Command Reference, Matrox Electronic Systems Ltd., 1999.
 [8] Y. Y. Chuang, B. Curless, D.H. Salesin and R. Szeliski, "A bayesian approach to digital matting." Proc. CVPR 2001, Vol. 2, pp264-271, 2001.
 [9] B. D. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision." In 7th Intl. Joint Conf. on Artificial Intelligence, 1981.
 [10] R. Hartley, A. Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision, Cambridge University Press, 2000.
 [11] Z. Zhang, "Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations." The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference, Vol. 1, pp666-673, 1999.
 [12] A. Heyden, R. Berthilsson, and G. Sparr, "An iterative factorization method for projective structure and motion from image sequences." Image and Vision Computing, 17(5), 1999.
 [13] Intel Image Processing Library Reference Manual, Intel Ltd. 2000.
 [14] Richard S. Wright, Jr. Michael Sweet, OpenGL Super Bible, Waite Group Press.
 [15] 박혁래, 박종일, " 영상기반 실시간 가상광고 시스템", 2001 방송공학회 학술대회 pp.205-208, Nov. 2001.