

특 집

다중 블러프 마커를 이용한 스테레오 혼합현실 기술의 구현

양기선* 민동보* 김한성** 손광훈***

목 차

- 1. 서 론
- 2. 블러프 추출
- 3. 블러프 추적 알고리즘
- 4. 가상 데이터 합성
- 5. 모의 실험 결과
- 6. 결 론

1. 서 론

혼합현실(Mixed reality)은 가상현실(Virtual reality)의 확장개념이다. 가상현실은 가상환경에 사용자가 몰입해 있는 동안 사용자는 그 주위에 실 세계를 볼 수 없는 반면, 혼합현실은 실세계와 합성되어 사용자로 하여금 가상 물체와 실세계를 모두 볼 수 있게 한다. 이런 혼합현실은 1960년대에 시작하여 지난 10여 년간에 걸쳐서 특히 많은 어플리케이션으로 개발되었다. 예를 들어, (그림 1)과 같이 입체 영상을 볼 수 있는 장비인 HMD(Head Mounted Display)를 이용한 의학용 가시화 장치, 복잡한 장비의 수리와 유지를 위한 가상 설명서, 게임 등과 같은 응용분야에서 이미 많은 혼합현실의 예를 보여준 바 있다[2]. 그러나 이러한 방식들은 일반적으로 3-D 추적 장치(Electro magnetic, Ultrasonic, Mechanical tracker 등)나 복잡한 트래킹 알고리즘이 필요하다. 혼합현실은 특히 지난 수년간 영화나 TV 등의 영상 분야 콘텐츠제작에서 많이 적용되어 왔다.



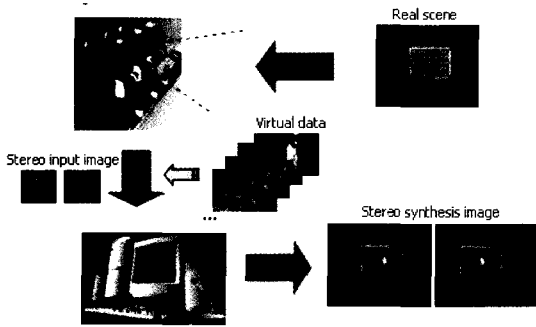
(그림 1) 혼합 현실의 예(방송,기계설비,의료)

기존에 TV방송용으로 사용된 가상 스크린(Virtual screen), 가상 윈도우(Virtual window) 등으로 불리는 것들은 모두 하나의 카메라로부터 획득된 영상에서 색상 패턴 블러프(Blob)를 추적하여 동영상 등의 가상 영상을 합성하는 혼합현실 시스템들이다[3]. 그러나 이러한 시스템은 보드의 모양이 휘거나 가리면 투영변환을 시킬 매개변수 값이 달라지므로 합성에 실패하거나 자연스러운 합성을 할 수 없다. 또, 삼차원 물체를 시점에 맞게 정합하기 위해서는 복잡한 카메라 보정(Camera calibration)을 위한 과정이 필요한 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서, 입체 영상의 기하학적 구조와 HSI(Hue, Saturation, Intensity)색상 모델을 이용한 영상 분할 및 블러프 레이블링, 적응형 탐색 윈도우를 이용한 다중 마커 트래킹, 텍스처 분할 맵핑, 블러프(blob) 추출을 위한 마커의 특성 파라미터(면적,

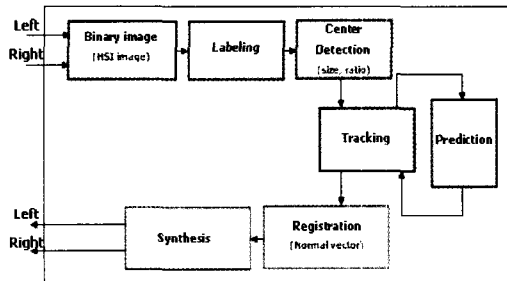
* 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
 ** 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 *** 연세대학교 전기전자공학과 정교수

원형도, 둘레길이, 중심점) 결정 방식을 통하여 실영상의 마커 보드 위에 가상의 이차원 영상과 삼차원 물체의 합성을 시도하였다. (그림 2)는 본 논문에서 제안된 혼합 현실 시스템을 보여주고 있다.



(그림 2) 시스템의 개요

(그림 3)은 시스템의 전체 블록도를 보여주고 있다. 먼저, 입력 받은 영상에서 HSI의 색상(H)정보를 이용하여 원하는 블립들과 보드를 추출한다. 이렇게 추출된 영상은 블립을 인식하기 위해 레이블링(Labeling)을 수행하게 된다.



(그림 3) 시스템 블록도

레이블링 단계에서 블립들은 각각의 고유 번호를 부여받게 되므로 블립을 추적하기 위한 전처리가 완료된다. 다음 단계는 마커를 추적하는 과정인데 매 프레임마다 위치 좌표를 새롭게 결정한다면 마커 보드가 회전이나 이동되었을 때 레이블의 번호가 계속 변하게 된다. 이것은 레이블을 결정할

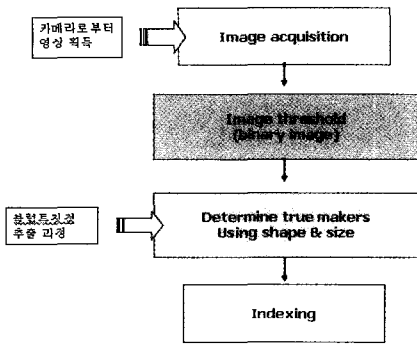
때 매 프레임마다 처음부터 같은 작업을 수행해야 하기 때문에 매우 비효율적이다. 따라서, 이전 프레임에서 결정된 중심 좌표를 이용하여 다음 프레임에서의 마커의 중심 좌표를 예측하는 방법을 제안한다. 또한, 마커가 가려짐으로 인해 소실되었을 경우에도 이전 프레임의 블립 중심 정보를 이용하여 가려진 마커의 위치를 예측해야 한다. 본 시스템은 첫 프레임에서는 영상 전체를 탐색하여 보드에 있는 모든 블립 35개가 추출되는 것을 가정한다. 만약, 블립 추적에 실패할 경우, 최초로 35개 블립이 모두 찾아질 때까지 새로운 프레임으로부터 블립을 추출하게 된다. 이후, 찾아진 블립으로부터 다음의 위치를 추적하기 위해서는 다음 프레임부터 블립 주위에 적응형 탐색 윈도우를 이용하여 각각의 블립을 추적하게 된다.

합성에 있어서는 정규화된 사각 메쉬 위에 텍스처(Texture)를 분할 맵핑(Mapping)함으로써 패턴이 있는 보드가 휘어도 이차원 가상 영상과 보드와의 자연스러운 합성이 가능하였다. 또, 스테레오 영상으로부터 깊이정보를 추정하여 복원된 삼차원 좌표계에서 세 점 이상을 이용한 평면의 법선벡터를 이용하여 삼차원 물체를 정합하였다. 그리고 그 결과를 좌우 두 영상에 정합하여 HMD를 이용하여 봄으로써 입체감을 느낄 수 있는 실감형 혼합 현실 시스템을 구현하였다.

본 논문의 제 2장에서는 블립 추출 방법을 기술하며, 제 3장에서는 블립 추적과 예측 방법을, 제 4장에서는 가상영상 합성 방법을 기술한다. 그리고, 제안된 시스템을 이용한 실험 결과를 제 5장에서 보이고 제 6장에서 결론을 맺는다.

2. 블립 추출

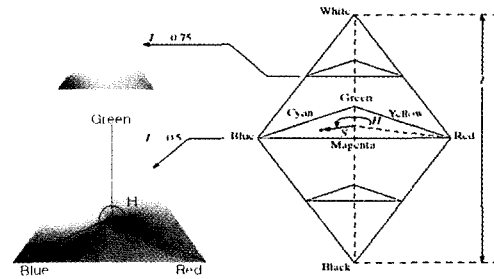
(그림 4)의 블록도는 블립을 추출하기 위한 과정을 보여준다. 카메라로부터 획득된 영상은 먼저



(그림 4) 레이블링 및 블러프 추출 과정

HSI 영상으로 바꾸어 색상(Hue)레이어를 이전영 상으로 변환한다. 본 논문에서 사용한 마커는 각이 없는 원형의 블러프를 사용함으로써 배경의 모양과 확률적으로 존재 가능성이 적은 모양을 사용하였고, 칼라 마커를 사용함으로써 마커 검색 범위를 줄임으로써 탐색 시간을 줄이도록 하였다. 그러나, 칼라 마커를 사용할 경우 주변의 빛에 따라 카메라 에서 받아들이는 마커의 색이 달라질 수 있다. 이 러한 문제점을 극복하기 위해서 영상을 HSI 영상 으로 바꾸어 마커의 색상(Hue)정보를 이용하여 원 형 블러프를 추출하였다.

HSI 모델의 색 성분(색상과 채도)은 (그림 5)에 보이는 것처럼 색 삼각형과 관련하여 정의하였다. (그림 5)에서 점 P의 색상 H는 빨강색 축과 관련 해서 벡터 각을 의미한다. 그러므로 H=0°일 때, 색 은 빨강이고, H가 60°이면 노랑이 된다. 색 점 P의 채도 S는 흰색에 의해 희석되지 않는 정도이고 점 P에서 삼각형의 중심으로부터의 거리에 비례한다. P가 삼각형의 중심에서 멀어질수록 그 색은 채도 가 높다. HSI 모델에서 밝기는 삼각형의 중심을 통 과하는 수직선과 관련해서 측정된다. 이 선을 따라 삼각형 아래 놓인 밝기는 갈수록 검게 어두워지는 경향이 있다. 반대로 삼각형 위의 밝기는 갈수록 희게 밝아지는 경향이 있다. 식 (1)은 HSI 색체모 델을 보여준다.



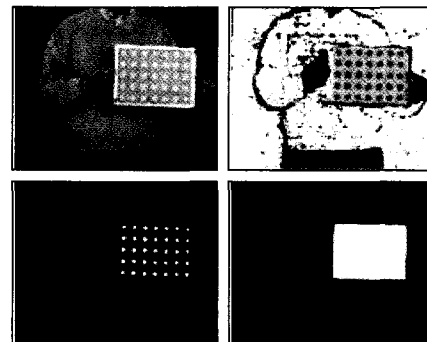
(그림 5) HSI 색 삼각형과 HSI 색 입체

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)] \quad (1)$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

여기서 만약 (B/I) > (G/I)이면, H=360°-H 로 둔다. 색상을 [0,1] 범위로 정규화하기 위해서 H=H/360° 로 하고 마지막으로, S=0 이면 H각이 의미가 없으므로 채도가 0일 때 색상은 정의하지 않는다. 유사하게 식 I=0 이면 채도 역시 정의 되지 않는다[4]. (그림 6)은 원 영상으로부터 추출된 색상(Hue)영상과 마커 보드의 영역과 원형블러프를 보여주고 있다.



(그림 6) HSI영상으로부터 추출된 블러프

이러한 전처리 과정을 마친 후에 결정된 블럽 탐색 구간에서 마커의 원형 블럽들을 추출하게 된다. 원형 블럽은 녹색을 이용하였기 때문에 HSI로 바뀌어진 영상에서 170~255사이의 녹색영역의 화소만을 문턱치에 따라 구분함으로써 추출하게 된다. 이때에 블럽은 모두 마커 보드의 영역에만 존재하므로, 배경에 녹색성분은 거의 모두 무시할 수 있게 된다. 하지만 노이즈나 혹시 탐색 구간에 들어올지 모르는 녹색성분을 제거하기 위해서 마커의 모양과 크기를 조사하여 그 중에서 필요한 물체만을 선택하고 불필요한 물체는 지우는 과정을 수행되게 된다. 이 때 영상에서 연결되어 있는 모든 화소에 같은 번호를 붙이고 다른 성분에는 다른 번호를 붙이는 레이블링(labeling) 과정을 함께 수행한다. 레이블링은 구간 내에서 선택되어진 특징이 있는 영역에 번호를 부여함으로써 영상에서 원하는 부분만을 선택하기 위해서 적용하는 과정이다. 이때, 원하는 원형의 블럽을 선택하기 위해서 원형도와 사이즈를 이용하였다. 이런 파라미터를 추출하기 위해서 다음 단계에서는 체인코드(Chain code) 알고리즘[5]에 따라 같은 레이블을 가지고 있는 블럽의 둘레를 따라가면서 특성 파라미터(면적, 원형도, 중심점)를 계산한다. (그림 7)은 원형 블럽의 레이블링된 결과와 특성 파라미터를 추출하는 과정을 나타내는 그림이다.



(그림 7) 레이블링과 블럽 추출 과정

이상과 같은 과정을 통해 입력된 영상으로부터 마커의 위치와 각 독립된 마커의 레이블 번호를 얻을 수 있다. 식 (2)는 이러한 원형 특성 파라미터를

보여주며, 이를 통하여 찾고 싶은 마커들을 추출한다.

$$\begin{aligned} \text{면적: } & \text{같은 번호가 부여된 픽셀의 수} \\ \text{원형도: } & e=4\pi(\text{면적})/(\text{둘레길이})^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{중심점: } (u_x, u_y) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y_i \right)$$

그러나, 만약 보드가 카메라로부터 멀어지거나 가까워질 때, 사이즈가 달라질 때도 원하는 블럽들만을 선택할 수 있어야 하므로 영상에서 보드가 차지하는 비율에 따라 식 (3)과 같이 블럽 사이즈의 문턱치를 결정하였다.

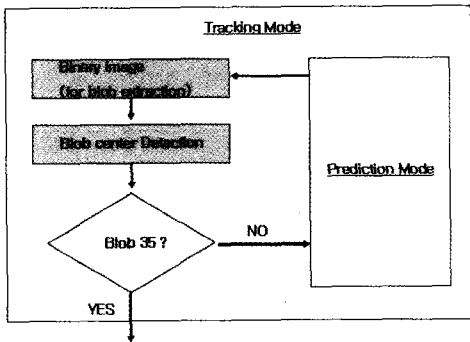
$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{xy}{M} S_{\max} \\ S_{\min} &= \frac{xy}{M} S_{\min} \\ M &= \text{width} \times \text{height} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, x는 영상에서 보드의 x축 길이, y는 보드의 y축 길이를 나타내고, S_{\max} 는 영상에서 보드가 차지하는 비율이 100% 일 때 블럽의 크기, S_{\min} 는 영상에서 보드가 차지하는 비율이 1/4 일 때 블럽의 크기를 나타낸다. 또한, width는 영상의 x축 길이, height는 영상의 y축 길이를 나타내므로 고정된 상수값을 갖는다. 최종적으로, 원형도 ($0.5 < e < 0.9$) 와 $S_{\min} < \text{blobs} < S_{\max}$ 인 영역만을 원래 찾고자하는 블럽으로 선택하게 된다.

3. 블럽 추적 알고리즘

블럽을 추적(Tracking)하기 위해서 레이블을 결정할 때 매 프레임마다 위치 좌표를 새롭게 결정한다면 마커 보드가 회전이나 이동되었을 때, 레이블의 번호가 계속 변하게 된다. 이것은 매 프레임마다 처음부터 동일한 작업을 매번 수행하게 하므로 합성하기까지 시간이 많이 소요되는 원인이 된다.

따라서, 이전 프레임에서 결정된 중심 좌표를 이용하여 다음 프레임에서의 블롭의 중심 좌표를 예측하는 방법을 제안한다. 또한, 블롭이 가려짐으로 인해 소실되었을 때도 이전 프레임과 현재 프레임의 블롭 중심좌표의 변위를 이용하여 가려진 블롭의 위치를 알 수 있다.



(그림 8) 블롭 추적 블록도

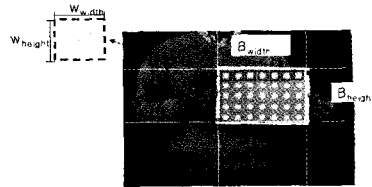
먼저, (그림 8)은 블롭 추적을 위한 블록도를 보여주고 있다. 일단 첫 프레임에서는 모든 블롭(35개)이 추출되어야 한다. 만일 첫 프레임에서 모든 블롭을 찾지 못하면 다음 프레임에서 35개의 블롭들을 찾는다. 이후에 모든 블롭이 발견되어지면, 그 다음 프레임부터는 추적 모드에 들어가게 된다. 다음은 블롭 추적 절차를 보여준다.

1. 보드 이전 영상을 추출하고 영상에서 보드의 비율에 따라 적응형 탐색 윈도우 설정함
2. 탐색 윈도우안에 블롭이 만약 존재한다면 이전 프레임의 레이블값으로 영역확장을 수행하고 블롭의 파라미터(크기, 원형도, 중심좌표)를 추출함 만약 존재하지 않으면 그 블롭을 소실된 블롭(혹은 가려진 블롭)으로 간주함
3. 1, 2 과정 완료 후 사이즈와 원형도에 따라 찾고자 하는 블롭을 선별하고 제외되었거나 가려진 블롭은 예측모드를 통하여 블롭중심을 추정함
4. 예측모드에서 추적된 블롭의 수가 35개이면 종료하고 1.번을 반복하고, 그렇지 않으면 3.번을 반복하여 사라진 점을 계속 예측함

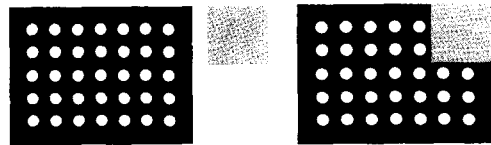
이 때, 영상에서 보드의 비율에 따라 탐색 윈도우를 적응형으로 바꾸는 이유는 마커 보드와 카메라간의 거리에 따라 블롭의 크기가 달라질 수 있기 때문이다. 식 (4)를 통해 윈도우 크기를 결정한 후 (그림 9)와 같은 방법으로 간단한 동적 탐색 윈도우(Dynamic search window) 알고리즘에 따라 탐색 윈도우와 범위를 결정함으로써 블롭 추적을 용이하게 할 수 있다.

$$W_{width} = \frac{20}{160} B_{width}$$

$$W_{height} = \frac{20}{160} B_{height}$$
(4)



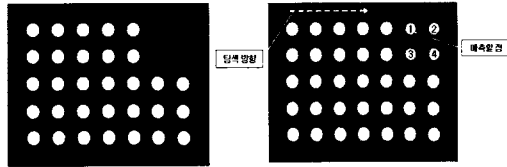
(그림 9) 블롭의 적응형 탐색 윈도우 크기 결정



(그림 10) 장애물에 의해서 가려진 마커

또, (그림 10)과 같이 블롭이 다른 물체에 의해서 가려졌거나 원형도와 사이즈에 의해서 원래 있어야 할 블롭이 제외된 블롭은 그 위치를 예측함으로써 현재 블롭의 위치를 결정하게 된다. (그림 11)처럼 블롭이 장애물에 가려졌을 경우에 수평 방향으로 가려진 블롭의 위치를 탐색하면서 가려진 점이 발견되면 예측할 블롭 주변에 존재하는 블롭들의 중심점의 변위를 이용하여 가려진 마커의 위치를 예측하게 된다. 이때, 이전 프레임과 현재 프

레이간의 블럽 중심의 움직임 방향 벡터를 고려하여 식 (5)와 같이 그 주변의 모든 방향성 벡터의 변화량의 평균값을 적용하여 가려진 점의 위치를 예측하게 된다.



(그림 11) 사라진 블럽의 예측 과정(가리기전, 후)

$$\vec{m} = \frac{\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4 + \vec{a}_5 + \vec{a}_6 + \vec{a}_7 + \vec{a}_8}{N} \quad (5)$$

이때, 가려진 점을 중심으로 주변의 8개점에 대한 움직임 벡터를 고려하되, 만일에 주변의 점들 중에서 가려진 점이 존재한다면 예측할 때 제외하고 나머지 존재하는 움직임 벡터들만을 가지고 예측하게 하였다.

4. 가상 데이터 합성

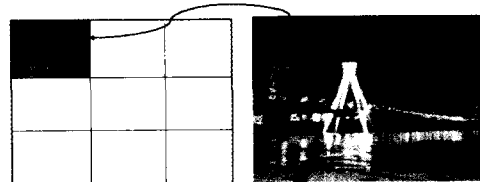
가상 영상을 합성하는 방법은 평활한 영역에 이차원 가상 데이터를 합성하거나 혹은 삼차원 물체를 정합하는 방법이 있다. 기존의 대표적 합성 툴인 ARToolkit에서는 카메라 보정 기법을 이용하여, 카메라의 방향성을 고려하여 가상 영상에 이동과 회전변환을 주어 마커의 보는 위치와 일치시킴으로써 정합하였다[6-8]. 그리고, Shazad Malik는 단순히 특징점에 가상 영상을 맵핑시키는 방법을 이용하였다. 삼차원 물체를 정합시키기 위해서는 카메라의 내부 파라미터와 외부 파라미터를 이용하여 Z=0일 때 일반적인 원근 투영 행렬 (perspective projection matrix)을 고려하여 Z축의 회전 변환 행렬을 유도함으로써 삼차원 물체를 정

합할 수 있었다. 이것은 복잡한 카메라 보정을 위한 과정이 필요없으므로 계산이 간단하지만, 이들의 실험은 모두 단일 카메라에서 시험되었고, 마커가 휘었을 경우에는 합성이 어색할 수 있는 단점이 있다[9].

본 논문에서는 스테레오 영상을 이용하여 이차원 영상을 합성하기 위해서 텍스처 맵핑을 사용하였고, 삼차원 영상을 합성하기 위해서는 영상의 깊이 정보를 이용하였다. 또한 가상 영상을 합성하기 위하여, OpenGL과 같은 그래픽 라이브러리를 사용하여 좀 더 확장성있고 편리하게 가상 영상을 합성할 수 있도록 하였다.

4.1 이차원 가상 영상과 실영상의 합성

이차원 가상영상을 합성할 때는 (그림 12)처럼 가상영상을 정규화된 사각 배위로 나누어 맵핑하였다. 이렇게 하는 이유는 보드가 휘었을 때에도 자연스러운 합성을 가능하게 하기 위해서다. 만일에 장애물에 보드가 가려졌을 경우, 보드에서 파란색과 녹색 부분을 마스크 영상을 이용하여 렌더링 (Rendering) 한다.

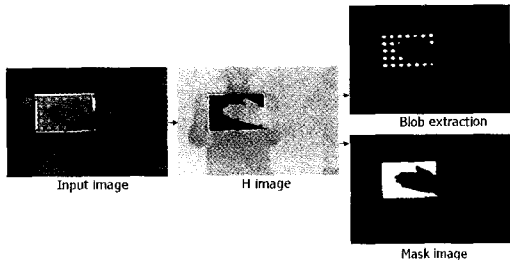


(그림 12) 텍스처 분할 맵핑의 예

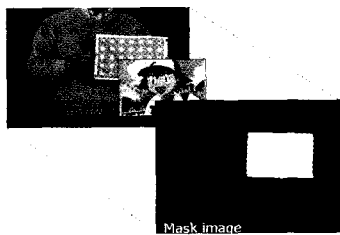
4.2 가려짐을 고려한 가상 영상 합성

마커 보드가 다른 물체에 가렸거나 노이즈로 블럽 사이즈가 문턱치보다 작거나 클 때는 소실 마커 추정에 의해 가상 영상을 합성한다. 기존의 ARToolKit에서는 특징점으로부터 기저 매트릭스를 찾고, 카메라가 보이는 위치에 따라 영상의 보

는 방향에 따라 단지 가상 영상을 변환 시키기 때문에 가려짐에 대한 영향에 매우 취약한 결과를 보인다. 따라서, 최근에는 가려짐에 영향을 고려한 알고리즘이 제시되고 있는 추세다 [10]. 본 논문에서는 Tga포맷의 알파 채널을 이용하여 이 문제를 해결하였다. Tga영상은 TrueVision사의 비디오 애니메이션에 사용할 목적으로 개발된 포맷으로 8비트의 알파채널을 포함한 32비트 컬러이미지를 지원한다. 그래서, (그림 13),(그림 14)와 같이 HSI영상에서 보드의 파랑부분과 녹색 블립을 추출함으로써 이진영상을 만든 후 그 영상으로부터 가상영상이 합성될 부분의 알파채널의 마스크 영상으로 얻음으로써 투명도를 100%로 높여 그 위에 가상영상을 정합하여 가려졌을 경우에도 자연스러운 합성 결과를 얻을 수 있다.



(그림 13) 색상 정보를 이용한 마스크 영상 생성

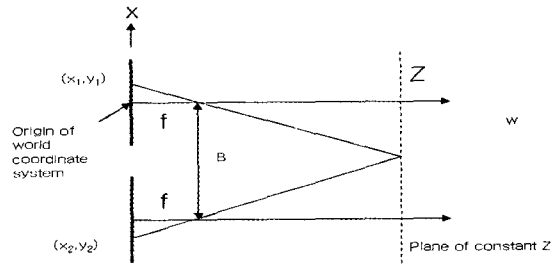


(그림 14) 마스크 영상을 이용한 가상 영상 합성

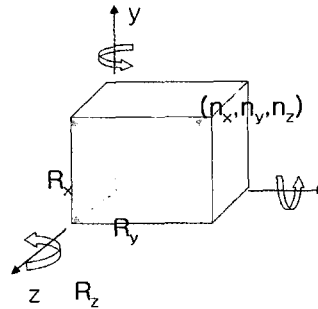
4.3 삼차원 가상 물체와 실영상의 합성

삼차원 가상 영상을 합성하기 위해서는 깊이 추정과정이 필요하다. 즉, (그림 15)처럼 스테레오 영상의 블립의 중심 좌표 간에 거리차를 이용하여 식

(6)으로부터 마커의 깊이 정보를 얻어냄으로써 궁극적으로 이차원 좌표를 삼차원 좌표점으로 전환한다. 삼차원 가상 영상을 합성할 때는 좌우 영상에서 추출된 특징점의 깊이 정보를 이용하여 특징점을 삼차원 좌표로 추정하여 세 점 이상으로부터 평면의 법선벡터를 구한다. 그 법선 벡터를 정규화하여 식 (7)~(9) 회전 변환을 포함한 모델 뷰 (Model view)행렬을 유도하여 합성에 적용하였다.



(그림 15) 스테레오 영상으로부터 깊이 추정 예



(그림 16) 법선벡터와 방향성

이 단위 법선 벡터는 보드의 방향성이자 삼차원 물체의 카메라에 대한 방향성 벡터이므로 이 값을 이용하여 삼차원 물체를 보드의 중심에 정합하게 된다. 이 단위 법선 벡터의 방향성 벡터를 식 (7)과 같이 구할 수 있다. x, y, z축에 대한 회전변환을 계산하여 삼차원 물체의 회전 변환으로 적용시키기 위해서 식 (8)과 같이 R_x, R_y 는 법선 벡터를 정규화하여 x축과 y축에 대한 회전각을 계산하여 얻고, R_z 는 자신과 인접해 있는 블립의 중심점 간에 직

선의 기울기로부터 계산되었다. 이것으로부터 $R = (R_x, R_y, R_z)$ 과 블럽의 위치 T 를 이용하여 모델 뷰 행렬 M 을 찾는다.

$$Z = f - \frac{fB}{x_2 - x_1} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} R_x &= a \cos(n_z / \sqrt{(n_y^2 + n_z^2)}) \\ R_y &= a \cos(n_z / \sqrt{(n_x^2 + n_z^2)}) \\ R_z &= a \cos(\sqrt{(y_2^2 - y_1^2)} / \sqrt{(x_2^2 - x_1^2)}) \end{aligned} \quad (7)$$

$a_z > 0$ and

if $a_x > 0, a_y > 0$.

$R_x = -$

$R_y = +$

if else $a_x < 0, a_y > 0$.

$R_x = -$

$R_y = -$

if else $a_x < 0, a_y < 0$.

$R_x = +$

$R_y = -$

else $a_x > 0, a_y < 0$.

$R_x = +$

$R_y = +$

$$a \times b = [n_x, n_y, n_z] = \begin{vmatrix} i & j & k \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} \quad (8)$$

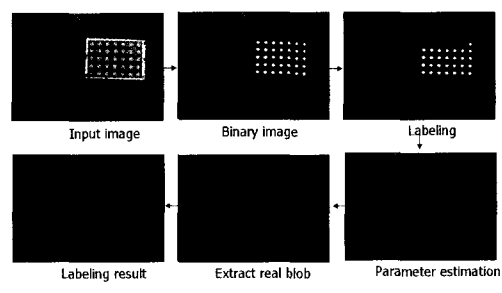
$$M = RT \quad (9)$$

5. 모의실험 결과

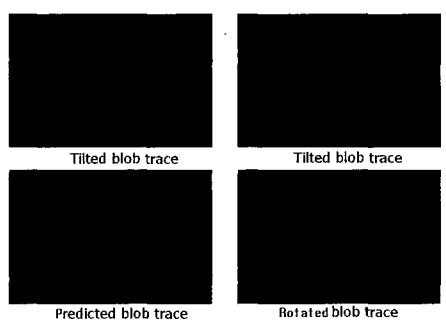
<표 1> 블럽 추적 수행 시간

	sec / 1 frame
Translation	0.065
Rotation	0.065
Tilt	0.06
Bending	0.068
Hidden	0.058

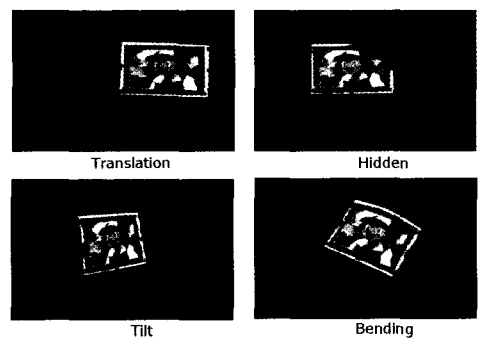
모의실험은 OpenGL그래픽 라이브러리, Pentium 4 CPU 1.6GHz 컴퓨터, CCD(카메라간격 6cm)카메라 두 대로부터 획득된 스테레오 정지 영상을 이용하여 수행되었다. <표 1>은 0번 프레임부터 600번 프레임까지의 블럽 추적 결과를 프레임당 계산시간으로 평균 수행 시간을 보여준다. <표 1>에서 보는 바와 같이 한 프레임당 평균 0.06초의 블럽 추적 시간을 보여주고 있다.



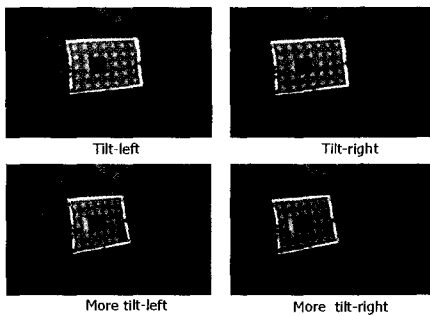
(그림 17) 레이블링 결과



(그림 18) 블럽 추적 결과



(그림 19) 이차원 가상 데이터 합성 결과



(그림 20) 삼차원 가상 데이터 합성 결과

(그림 17)은 실험 영상에 대해 레이블링 수행 결과를 보여주고 있다. (그림 18)은 마커 보드의 여러 가지 경우에서의 블러프 추적 결과를 보여준다. (그림 19)는 (그림 17), (그림 18)과 같은 방식으로 결정되어진 좌표 점 위에 정규화 사각 메쉬 위에 SGI OpenGL의 텍스처 분할 맵핑 방법을 적용한 스테레오 영상에 가상 영상을 정합한 결과다. 결과에서 보면 알 수 있듯이 보드가 가려지거나 휘었을 경우에도 가상 영상이 자연스럽게 변형되어 합성된 것을 볼 수 있으며, 평면으로 이동되거나 상하, 좌우로 틀어졌을 경우에도 잘 정합됨을 알 수 있다. (그림 20)은 삼차원 가상 물체를 합성 시킨 결과다. 좌우 틀어짐을 주관적으로 판단하기 위해서 가상 큐빅을 이용하였다. 이 결과는 모든 블러프의 위치에 대한 방향성 벡터를 찾고, 그 평균값에 따라 x축, y축, z축으로 큐빅을 회전시킨 결과다. 결과에서 보듯이 주관적으로 판단했을 경우 자연스러움을 느낄 수 있다. 그러나 삼차원 물체를 정합하기 위해서는 정확한 깊이정보를 추정하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 단지 스테레오 영상에서 한점과 다른 한점의 변위를 깊이 값으로 바꾸었기 때문에 정확한 깊이 정보라고 보기 힘들다. 특히, 보드가 크게 틀어졌을 경우나 블러프가 가렸을 경우 상대적으로 잘못된 깊이정보를 추정하게 되므로 합성하는데 어색함이 있었다. 또, 특히 마커 보드와 가리는 물체 사이에 삼차원 가상 물체

를 위치시킬 경우에 삼차원 가상물체가 가리는 물체에 대해서 적절하게 분할되지 않기 때문에 어색하다. 이를 해결하기 위해 앞으로 정확한 파라미터 추출과 변이 추정에 대한 연구가 필요하다.

6. 결론

본 논문에서는 혼합 현실 콘텐츠 제작기법에 관한 연구로서 다중 마커를 이용하여 실사 영상과 가상 영상을 효율적으로 혼합하는 알고리즘을 제안하였다. 가상 물체를 합성하기 위하여 두 대의 CCD카메라를 사용하였다. CCD카메라로부터 초당 30프레임속도로 영상을 획득하였으며, 그와 같은 연속된 정지영상들에서 마커 보드가 평행 이동, 틀어짐, 회전, 휘어짐, 가려짐의 경우에 이차원 가상 데이터와 실사 영상을 합성하였다. 또 가상의 그래픽 삼차원 큐빅 데이터를 스테레오 영상으로부터 블러프 중심의 깊이정보를 추출하여 실사영상과 합성하였다. 그 결과 본 시스템은 마커 보드를 추적하는 경우에 프레임당 0.06초의 성능을 보였다.

제안된 알고리즘은 영상의 특징을 이용하여 효율적 마커 추출이 가능하였으며, 다중 마커를 이용하여 소실된 마커의 위치를 추정하여 기존에 ARToolkit[6] 등에서 쓰였던 단일 마커의 특징점이 소실되었을 때 영상이 뜨지 않는 문제를 극복하였다. 본 시스템은 마커가 휘었을 때에도 가상의 데이터를 분할 맵핑함으로써 보드가 휘었을 때도 자연스러운 합성이 가능하고 깊이 정보를 이용하여 삼차원 가상 물체를 합성할 수 있었으며, 이때, 좌우 스테레오 영상에서 블러프의 깊이정보를 이용하여 마커가 회전, 이동할 경우에도 추정된 블러프의 법선 벡터에 따라 자연스러운 포즈로 합성할 수 있는 방안을 제안하였다.

앞으로 더 다양한 칼라 마커를 잘 활용하기 위해서 인간의 시각과 관련된 HSI영상의 응용 방법과 마커 종류의 다양화를 위해서 패턴 인식 알고리즘

연구가 필요하다. 또한, 더욱 다양한 응용 시스템에의 적용을 위해서, 특히 영상에서 미세 변이 추정 기법을 이용한 정확한 깊이 정보를 추정할 수 있는 알고리즘의 연구와 삼차원 가상 데이터의 정확한 포즈 계산을 위해서 카메라 보정(Camera Calibration)기법의 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] Ronald Azuma. "A Survey of Augmented Reality.", Presence : Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, No.4, Aug. 1997.
- [2] Ronald Azuma, Yohan Bailot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, Blair MacIntyre. "Recent Advances in Augmented Reality.", IEEE, Nov. 2001.
- [3] 박성춘, 남승진, 오주현, 박창섭, "색상패턴 추적을 이용한 실시간 증강영상 시스템", 한국방송공학회 논문지, 제 7권 제 1호, p2~9, 2002.
- [4] R. C. Gonzalez, R. E. Wood, Digital Image Processing, second edition, Addison-Wesley publishing company, 1993.
- [5] George C. Stockman, Linda G. Shapiro, Computer Vision, prentice Hall publishing company, 2001
- [6] M. Billinghurst, H. Kato, I. Poupyrev, "The MagicBook: A Transitional AR Interface," Computer & Graphics, pp. 745-753, Feb. 2001.
- [7] H. Kato, M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System," Proceedings of 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality IWAR '99, pp. 85-94, 1999.
- [8] I. Pouyrev, D. Tan, M. Billinghurst, H. Kato, H. Regenbrecht, N. Tetsutani, "Developing a Generic Augmented-Reality Interface," IEEE Computer, pp. 44-50, May 2002.
- [9] S. Malik, "Robust Registration of Virtual Objects for Real-Time Augmented Reality," Master Thesis, Carleton University, May 2002.
- [10] C. McDonald, "Hand Interaction in Augmented Reality," Master Thesis, Carleton University, Jan. 2003.

저자약력



손 광 훈

1983년 연세대학교 전자공학과, 공학사
1985년 University of Minnesota, MSEE
1991년 North Carolina State University Ph. D
1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
1994년 Georgetown University Post-doctoral fellow
현재 한국방송공학회 편집위원, 한국통신학회 편집위원
3차원 방송영상학회 상임이사, 연세대학교
전기전자공학과 정교수
관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 통신
이 메 일 : khsohn@yonsei.ac.kr



양 기 선

2001년 한국외국어대학교 전자공학과, 공학사
현재 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
관심분야 : 3차원 영상처리, 혼합 현실
이 메 일 : ksyang@diml.yonsei.ac.kr



김 한 성

1998년 연세대학교 전파공학과, 공학사
1998년 한국과학기술연구원 영상미디어센터 학생연구원
2001년 연세대학교 전기전자공학과 석사
현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
관심분야 : 3차원 영상처리, 혼합 현실
이 메 일 : hskim99@diml.yonsei.ac.kr



민 동 보

2003년 연세대학교 전파공학과, 공학사
현재 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
관심분야 : 3차원 영상처리, 혼합 현실
이 메 일 : forever@diml.yonsei.ac.kr