

특집논문-02-07-3-03

스테레오 혼합 현실 영상 합성을 위한 계층적 변이 추정

김 한 성*, 최 승 철*, 손 광 훈*

Hierarchical Disparity Estimation for Image Synthesis in Stereo Mixed Reality

HanSung Kim*, Seungchul Choi* and Kwanghoon Sohn*

요 약

본 논문에서는 혼합현실의 핵심 기술인 실사와 가상 영상의 합성을 위해 스테레오 영상의 특성을 고려하여 효율적으로 미세 변이를 추정하는 알고리즘과, 추정된 깊이 정보를 이용해 영상을 자연스럽게 합성하는 알고리즘을 제안하며, 이를 모의실험을 통해 검증한다. 제안 방법은 낮은 해상도의 영상으로부터 고해상도로 변이를 찾아가는 계층적 변이 추정 방식으로, 영역분할 양방향 화소정합을 통해 변이 추정의 수행 속도를 향상시키는 동시에 신뢰도를 높이며, 에지 정보를 참조하여 화소 단위로 미세 변이를 할당하게 된다. 이렇게 추정된 깊이 정보는 모델링된 가상 객체의 깊이 정보와의 비교를 통해 혼합 현실 스테레오 영상으로 합성된다. 제안된 방식을 통해 매우 안정적이면서도 경계 부분이 정확한 변이 정보를 얻을 수 있었고, 3차원 영상의 합성에 효율적으로 사용될 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

Abstract

Natural synthesis of real and virtual images is a key technology in mixed reality. For this purpose, we propose an efficient dense disparity estimation algorithm and a synthesis algorithm considering features of stereo images. Dense disparities are estimated hierarchically from the low to high resolution images. In the process, the region-dividing-bidirectional-matching algorithm makes matching process efficient and keeps the reliability of the estimated disparities, and dense disparities are assigned considering edge information. Finally, mixed reality stereo images are synthesized by comparing depth data of real and virtual images. Computer simulation shows that the proposed algorithms estimate very stable disparity vectors with sharp edge and synthesize natural stereo mixed reality images.

I. 서 론

영상 기술의 발달에 따라 오늘날의 세계는 기존의 2차원 정보 표현의 한계에서 벗어나 인간의 시각적 감각 및 인식의 3차원 표현, 기록, 재생을 위하여 보다 자연스럽게, 현실적으로 사용자 인터페이스가 고려된 영상 매체 기술에 관심을 가지게 되었다. 또한 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달

은 우리가 접하는 콘텐츠를 더욱 풍성하게 만들었으며 이제는 현실 속에서 인간에게 직접적인 도움을 줄 수 있는 혼합 현실 기술에까지 이르게 되었다. 혼합 현실(Mixed reality) 시스템은 사용자가 실제로 존재하는 현실과 컴퓨터로 만들어진 가상현실이 혼합된 세계를 사용자에게 제공함으로써 사용자가 더욱 편리하게 작업을 할 수 있도록, 그리고 더욱 다양한 활동을 효율적으로 수행할 수 있도록 보조하는 역할을 수행한다^{[1][2]}. 이러한 혼합 현실 기술은 현재 의학, 항공, 설계, 통신 및 방송 분야에 다양한 접목이 시도되고 있다.

* 연세대학교 전기전자공학과
Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Yonsei University

그러나 혼합 현실을 위한 영상 합성에는 실영상의 물체와 가상 물체간의 거리 차에 의한 가려짐 현상에 관한 문제가 발생한다. 기존의 2차원 영상의 경우에는 실사 영상의 깊이 정보를 얻을 방법이 없으므로 각 프레임별로 수작업을 통해 합성을 하거나 상호 가려짐이 극히 제한적인 경우에만 크로마키 기법을 사용하였다. 그러나 스테레오 영상의 경우에는 두 장의 영상으로부터 영상내의 물체에 대한 깊이 정보를 추정해 낼 수 있으므로 수작업 없이 자동으로 실사 영상과 가상 물체를 합성할 수 있다. 이러한 깊이 추정은 스테레오 영상 부호화에서 이미 쓰이고 있는 변이 추정(Disparity estimation) 기술을 활용하여 어렵지 않게 이루어질 수 있다. 하지만 기존의 자동 합성 방식들은 변이 추정 기법의 비효율성으로 인하여 실사 영상과 가상 영상간의 경계가 불분명하거나 수행 시간상의 제약으로 인해 일부 제한된 조건에서만 적용이 가능하였다^{[3][4]}.

변이 추정은 두 영상 내에서 동일한 점을 찾아 그 변이를 벡터로 표현하는 과정이며, 정확한 깊이 추정을 위해서는 더 세밀하고 확실한 두 영상간의 정합점을 찾는 것이 중요하다. 그러나 기존의 블록기반(Block-based) 방식^[5], 메쉬기반(Mesh-based) 방식^[6], 변이-공간 영상(DSI: Disparity-Space Image) 방식^[7] 등의 변이 추정 방식은 블록화 현상이나 지나친 계산상의 부하로 인해 영상합성을 위한 깊이추정에는 적합하지 않다. 또한 낮은 해상도의 영상에서 순차적으로 해상도를 높여가며 변이를 추정해 나가면 계산상의 부하를 크게 줄이면서도 정확도를 높이는 계층적 변이 추정 알고리즘이 제안되었으나^{[8][9]} 변이의 신뢰도면에서 역시 영상 합성에 이용하기는 부적합하다. 이에 우리는 변이의 신뢰도를 높이기 위하여 영역 분할 및 양방향 정합 기법을 이용한 계층적 변이 추정 알고리즘을 제안하고 이를 기반으로 스테레오 혼합 현실 영상을 합성하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 전체적인 시스템 구조를 제안하며 3장에서는 본 논문의 가장 핵심 주제인 계층적 변이 추정 알고리즘을 제안하고, 4장에서는 이 추정된 변이를 이용해 가상 물체와 합성하는 기법을 제시한다. 제안된 알고리즘은 5장의 모의실험을 통해 검증되고 6장에서 결론을 맺는다.

II. 스테레오 영상 합성 시스템

그림 1은 스테레오 영상 합성 시스템의 전체 흐름도로서

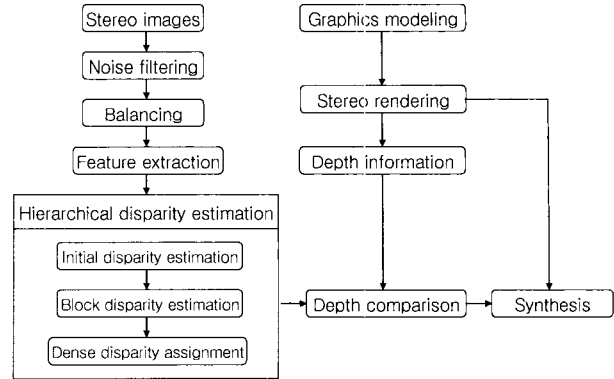


그림 1. 스테레오 영상 합성 시스템

Fig. 1. Stereo image synthesis system

스테레오 카메라로 획득한 실사 영상과 컴퓨터로 만들어낸 가상 영상을 합성하는 과정을 나타낸다. 전체 시스템은 크게 스테레오 가상 영상 렌더링단과 실사 영상 획득 및 전처리단, 그리고 깊이 추정단과 합성단으로 나눌 수 있다.

일반적으로 두 개의 카메라를 이용하여 스테레오 실사 영상을 획득하면 좌, 우 두 개의 카메라의 변수들이 정확하게 일치하지 않고, 광원의 위치 등 여러 요소들에 의해 획득된 영상은 잡음이 들어가거나 좌, 우의 불균형(Imbalancing) 문제가 발생한다. 이러한 문제들을 처리하는 과정이 전처리 단계이다.

전처리 과정을 거친 후에는 계층적 변이 추정을 통해 정밀한 변이를 찾게 된다. 블록 다이어그램을 통해 알 수 있듯이 먼저 초기 변이를 할당하고 다음으로 블록 단위의 변이를 추정한다. 그리고 이 정보들로부터 마지막으로 미세 변이를 할당하게 된다. 초기 변이 추정은 특징점을 이용하여 대략적인 변이를 할당하는 과정이다.

마지막 단계에서는 전처리 과정에서 얻은 실사 영상과 렌더링된 그래픽 가상 물체, 가상 물체의 깊이 정보, 계층적 변이 할당으로 얻은 실사 영상의 변이 정보를 이용하여 실사 영상과 가상 영상을 합성하게 된다.

III. 계층적 변이 추정

1. 전처리 및 에지 추출

획득된 실사영상은 더욱 정확한 변이를 추정하기 위해 전처리 과정을 거치며, 이 과정은 삽입된 잡음을 제거하기 위한 필터링과 카메라 특성으로 인한 좌우 영상의 밝기 보

정을 수행하는 불균형 보정 과정으로 구성된다.

영상 데이터 처리에 있어서 잡음은 심각한 화질의 열화를 초래한다. 또한 잡음의 종류에도 여러 가지가 있으므로 각각의 잡음의 특성에 적합한 잡음 제거 방식이 필요하다. 그러나 일반적으로 영상의 획득에서 삽입되는 잡음은 가우시안 잡음으로 모델링 될 수 있으며 이는 저역 통과 필터로 어느 정도 제거될 수 있다. 이에 우리는 가중 저역 통과 필터를 이용하여 블러링 현상을 줄이면서도 잡음을 제거하는 방법을 사용하였다.

또한 스테레오 영상을 획득하는 과정에서 카메라의 불일치와 외부 환경에 의해 불균형 문제가 발생하게 된다. 좌우 카메라의 변수들이 정확히 일치하지 않기 때문에 획득한 영상의 밝기나 기타 문제들이 발생할 수 있고, 광원의 위치에 의해 물체와 카메라간의 거리등에 의해 획득된 영상의 밝기 차이가 날수 있다. 이러한 불일치는 변이 추정을 하는 과정에서 오류를 발생 시킬 수 있기 때문에 전처리 과정에서 불균형 보정(Balancing)을 수행하여야 한다.

일반적으로 불균형 보정에는 다음과 같이 영상 전체에 대한 밝기의 평균과 표준편차를 서로 보정해주는 방법이 많이 사용된다.

$$I_R(i, j) = \frac{\sigma_L}{\sigma_R} (I_L(i, j) - \mu_R) + \mu_L, \forall (i, j) \in I_R \quad (1)$$

μ 는 각각의 영상의 밝기의 평균값이고, σ 는 표준편차를 나타낸다. 이 수식은 좌영상을 기준영상으로 하여 우영상의 전체적인 밝기를 좌영상에 맞게 변화시키는 일을 수행한다.

또한 우리는 효율적인 변이를 추정하기 위해 영상의 특징 정보로 에지를 이용하는데, 이를 위해서는 먼저 영상으로부터 에지 정보를 추출해내야 한다. 영상의 특성을 에지는 상대적으로 다른 명암도를 가진 두 영역간의 경계로 정의되며, 에지 추출은 명암도에서 여러 가지 의미의 불연속성 검출을 하기 위한 기법이다. 일반적인 에지 추출에서는 영역들 사이의 변이가 명암도만의 불연속성에 근거하여 결정되어지기 위하여 각 영역들의 명암도가 충분히 균일하다고 가정한다^[10].

정밀한 변이를 추정하기 위해서 우리는 화소의 밝기 정보뿐만 아니라 영상내의 다른 특징으로 에지의 크기와 방향성을 고려하는데 이러한 에지를 검출하는 방법으로 비교적 정확하고 자세하게 에지를 찾는 방법으로 알려진 Canny 에지 검출기를 사용하였다. 에지를 찾는 전체적인 과정을 그

림으로 표현하면 그림 2 와 같이 에지 검출과 세션화, 그리고 에지 연결의 세 부분으로 나타난다.

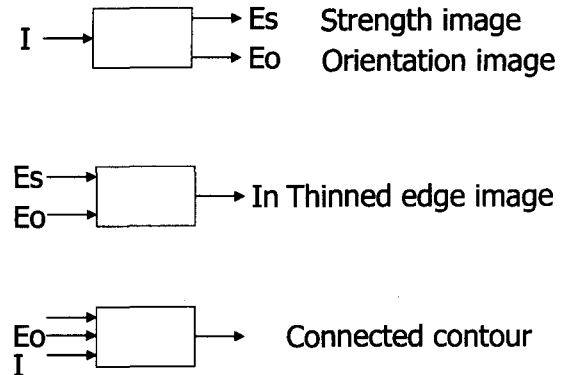


그림 2. Canny 에지 검출기
Fig. 2. Canny edge detector

2. 초기 변이 추정

일반적인 블록 정합 알고리즘에서 블록의 크기가 클수록 블록 내에 많은 정보를 가지고있으므로 변이 자체의 정확도는 증가하지만, 많은 화소에 대해 하나의 대표 벡터가 할당되므로 전체 변이의 정밀도는 떨어지게 된다. 이러한 문제점을 극복하고자 계층적 변이 추정에서는 먼저 영상을 1/2 다운 샘플링하여 변이를 추정한 후 다음 그림과 같이 이 초기 변이들을 기반으로 원영상에서 좀 더 세밀하게 변이를 추정함으로써 변이의 정확도 및 수행 속도를 향상시킨다. 초기 변이는 다음 단계의 변이 추정에 후보벡터로 사용되므로 매우 정확하게 찾아야 한다. 따라서 우리는 초기 변이 추정시에 양방향 추정 및 영역 분할 알고리즘을 적용하여 변이의 신뢰도를 높인다^[11].

스테레오 영상 모델에 의하면 좌영상에서의 변이 벡터와 이에 정합된 우영상으로부터의 변이 벡터는 절대값이 같고 방향이 반대가 된다^[12]. 이 성질을 이용하면 정합 과정의 신뢰도를 추정할 수 있고 신뢰도가 떨어지는 영역은 영역 분할 과정에서 제외시킴으로 전체적인 신뢰도를 높일 수 있다.

좌영상으로부터 우영상으로의 변이 벡터가 $d_i(z)$ 이고 z 에 대응하는 우영상의 점 \hat{z} 로부터 좌영상으로 동일한 과정으로 찾은 변이 벡터를 $d_i(\hat{z})$ 라 할 때 양방향 정합은 다음 식 (2)의 조건을 만족할 때 성립된다.

$$|d_i(z) + d_i(\hat{z})| < \epsilon \quad (2)$$

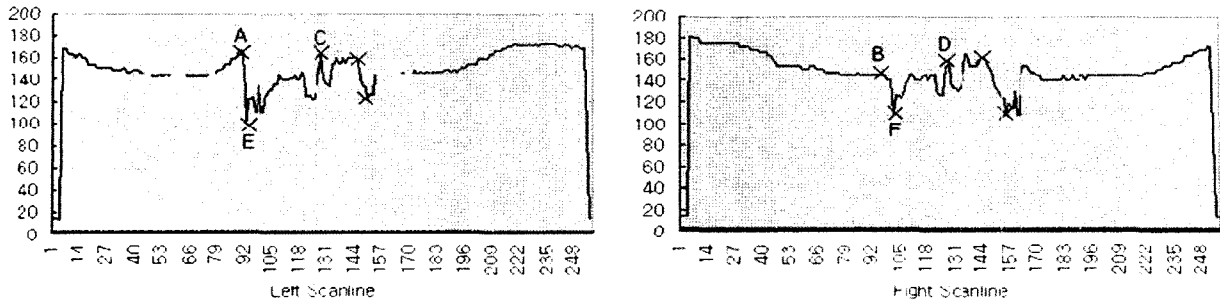


그림 3. "Claude" 영상의 화소값 분포
Fig. 3. Intensity distribution in "Claude"

주어진 문턱값에 대해 위 식을 만족하지 않는 화소는 가려진 영역으로 구별되며 영역 분할 과정에서 제외된다.

영역분할 알고리즘은 우선 가장 정합이 될 확률이 높은 화소부터 순서대로 정합을 수행하여 정합된 점들을 중심으로 영역을 분할해 나가면서 정합 과정을 수행하는 알고리즘이다. 그림 3은 256×256 "Claude" 좌우 영상의 140번째 행의 화소값 분포를 나타낸 그래프이다. 이에 대해 화소기반 알고리즘의 순서를 예를 들면 다음과 같다.

- (1) 한 행 내에서 각 화소의 특징의 크기 순으로 탐색, 정합을 시도한다. 예를 들어 그림 3에서 가장 특징이 큰 점을 순서대로 A, C, E 라 가정한다.
- (2) A에 대한 정합점을 화소 정합으로 우영상 탐색 영역에서 찾는다. 대응점이 B라면 다시 B의 대응점을 좌영상에서 찾는다. 제 2절의 양방향 정합 조건이 성립하면 A와 B를 정합점으로 결정하고 변이를 기록한다. 조건에 맞지 않을 경우는 가려진 영역으로 판별하고 다음 특징점으로 넘어간다.
- (3) 다음 특징점 C에 대해서도 동일한 과정을 수행하나 A와 B가 정합점일 경우 우영상에서 탐색 범위는 B를 넘어가지 못한다.
- (4) A와 B, C와 D가 정합점일 경우 E의 탐색 범위는 [B, D]이고 정합점 F의 역탐색 범위는 [A, C]이다.
- (5) 이를 반복하여 행 내의 모든 화소에 대해 정합을 수행한다.

이러한 알고리즘을 통해 정합 과정을 수행해 나가면 영역 내에서만 탐색을 수행하게 되므로 정합 과정의 수행 시간이 크게 줄어들 뿐 아니라 잘못된 변이를 찾게 될 확률도 줄어든다. 본 알고리즘에서는 블록 단위로 변이를 추정하게 되므로 블록 내의 소벨 연산자^[12]를 적용한 에지 크기의 합을 특징의 크기로 사용하며 양방향 정합 역시 블록 단위로 수행된다.

3. 블록 변이 추정 및 배경 영역 추출

더욱 세미한 변이 추정을 위해 초기변이를 기반으로 원 영상에서 8*8 크기 블록 단위로 변이 추정을 수행한다. 이때 후보 벡터로 사용되는 벡터는 블록이 속한 초기 블록과 그 주변 초기 벡터들로 다음 그림 4와 같으며 변이 추정의 탐색 범위는 후보 벡터 주변의 ±a 로 설정된다. 단, 초기 변이 추정시에 분할된 영역에 따라 후보 벡터가 자신이 속한 영역 밖에 존재하면 후보에서 제외하여 잘못된 변이가 전파되어 들어오는 것을 막는다.

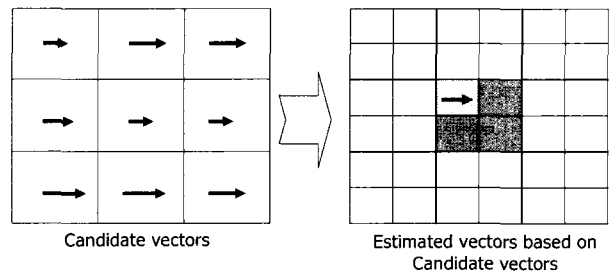


그림 4. 블록 변이 추정의 후보 벡터
Fig. 4. Candidate vectors for block disparity estimation

그리고 이 시점에서 고려해야할 한 가지 요소는 배경 영역이다. 일반적으로 영상에 있어서 많은 부분을 차지하는 평활한 영역을 배경 영역이라 규정할 수 있는데 이러한 배경 영역은 특징점이 거의 존재하지 않고 유사한 화소값을 가지므로 변이가 잘못 추정될 확률이 매우 높으며 이렇게 잘못 추정된 변이는 합성시에 큰 오류를 유발할 수 있다. 이러한 오류를 방지하기 위해 블록단위로 변이를 추정 후 변이값과 에지정보를 이용해 영역 확장(Region growing) 기법^[12]을 사용하여 영역의 크기가 일정값 이상이면 배경 영역 또

는 평활영역으로 간주하여 그 영역내의 평균값으로 변이를 동일하게 할당한다.

4. 미세 변이 할당

자연스러운 합성을 위해서는 화소 단위의 정밀한 깊이 정보가 필요하며 특히 경계면에서의 명확한 깊이 차이가 필수적이다. 그러나 추정된 블록 단위의 변이를 기반으로 다시 화소단위의 변이를 추정하게 되면 시간도 많이 화소 기반뿐더러 가려진 영역에서는 정확한 변이가 추출되지 않으므로 경계부분이 매우 불명확한 변이 정보를 얻게 된다. 본 논문에서 합성을 위해 우리가 원하는 것은 화소단위의 정확한 깊이가 아니고 어느 깊이 영역에 속하는가만 판단하여 다른 영상과 합성시 전후 관계를 얻기 위한 것이므로, 우리는 영상의 에지 정보와 추정된 블록단위의 변이 정보를 이용하여 각 화소마다 적절한 변이를 할당한다.

변이 할당은 화소 단위로 수행되며 각 화소마다 그 위치에서 시작하여 상하좌우의 네 방향으로 진행하여 에지를 만나지 않고 다른 블록으로 넘어가는 방향이 있으면 그 방향들의 이웃 블록의 변이를 평균하여 그 화소의 미세 변이로 할당하며, 만약 이웃하는 블록이 평활영역일 경우에는 블러링을 막기 위해서 평균을 하지 않고 그대로 그 변이를 대치한다. 그리고 네 방향이 모두 에지로 막혔을 때는 블록 자체의 변이 정보를 그대로 할당하고, 블록 내에 변이가 존재하지 않는 블록일 경우에는 주변 블록과 자신이 속한 블록의 변이정보를 거리에 따라 가중 평균하여 변이를 할당한다. 다음 그림 5는 에지 정보에 따라 블록의 변이를 각 화소에 할당하는 과정을 보여준다.

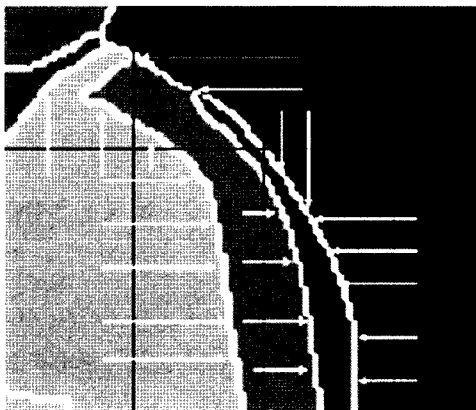


그림 5. 미세 변이 할당
Fig. 5. Dense disparity assignment

IV. 스테레오 혼합현실 영상 합성

추정된 화소 단위의 미세 변이는 스테레오 영상 모델에 의해 다음과 같이 깊이 정보로 변환될 수 있다^[13].

$$Z = \lambda - \frac{\lambda B}{d} \quad (3)$$

여기서 λ 는 카메라의 초점 거리를 의미하며, B 는 카메라 간의 거리 즉, 베이스 라인을 의미한다. 이렇게 계산된 화소 단위의 깊이 정보를 이용하여 컴퓨터로 모델링된 가상 물체를 카메라로 획득된 실사영상에 합성하여 집어넣을 수 있다. 그림 6은 깊이 정보를 이용하여 가상 영상과 실사 영상을 합성하는 과정을 보여준다.

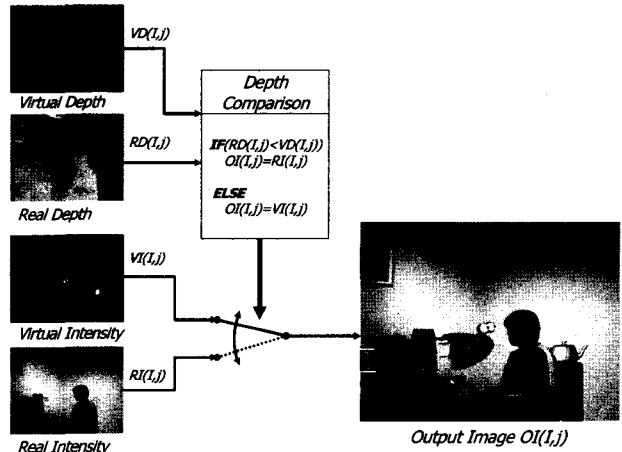
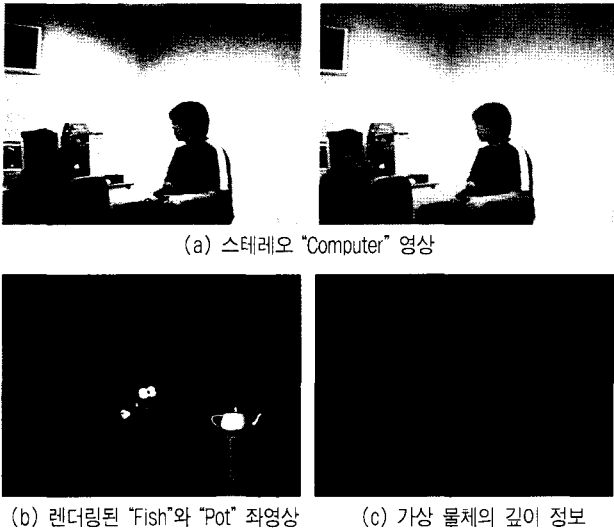


그림 6. 혼합 현실 영상 합성
Fig. 6. Image synthesis for mixed reality

컴퓨터로 모델링된 가상 물체는 렌더링시 이미 깊이 정보를 소유하게 되며 배경은 투명값이 할당되어 함께 Z버퍼에 저장된다. 이 깊이 정보는 화소 단위로 추출된 깊이 정보와 비교되어 카메라에 가까이 있는 즉, 적은 깊이를 가지고 있는 화소에 해당하는 영상의 화소를 화면에 출력하게 된다. 결과적으로 이 합성 기법을 사용하여 가상 영상과 실사 영상간의 상호 가림이 가능하게 된다.

V. 모의실험 결과 및 분석

제안된 변이 추정 및 영상 합성 알고리즘을 사용하여 실



(a) 스테레오 "Computer" 영상

(b) 렌더링된 "Fish"와 "Pot" 좌영상

(c) 가상 물체의 깊이 정보

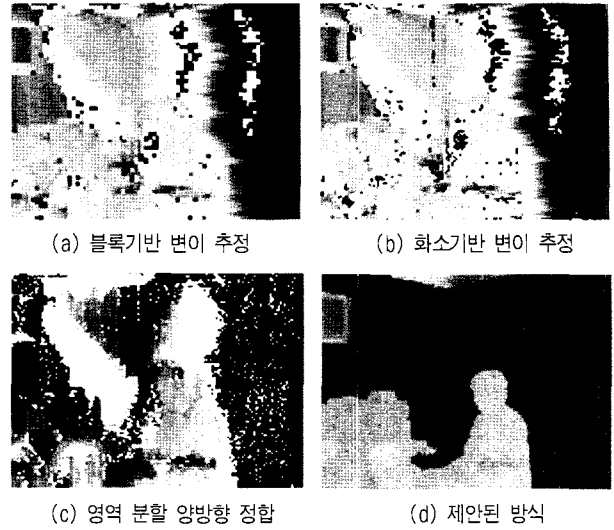
그림 7. "Computer" 영상 set

Fig. 7. "Computer" image set for simulation

사 스테레오 영상의 깊이를 추정하고 이를 3D MAX에서 만들어진 스테레오 가상 물체와 합성하여 성능을 평가하였다. 제안된 변이 추정 알고리즘은 기존의 블록기반 방식^[5], 화소기반 방식^[13], 그리고 특징을 이용한 영역 분할 양방향 정합 방식^[11]과 비교되었다. 그리고 혼합 현실에서의 영상 합성 결과는 성능을 평가할 수 있는 객관적인 척도가 아직 존재하지 않기 때문에 주관적으로 평가되었다. 모의실험에 사용한 실사 영상은 그림 7(a)의 자체적인 평행식 멀티 카메라로 획득한 640×480 RGB의 "Computer" 영상이며, 가상 물체는 3D MAX로 모델링되고 스테레오 렌더링된 그림 7(b)의 "Fish"와 "Pot"을 사용하였다. 그림 7(c)는 가상 물체의 깊이 정보를 나타내는데, 모의실험에 사용된 영상은 카메라 변수들을 알 수가 없으므로 실제적인 깊이 정보를 구할 수가 없기에 변이 정보를 그대로 이용한 상대적인 깊이 정보를 사용했으며, 이에 따라 가상 객체의 깊이도 합성하고자 하는 위치에 따라 임의로 깊이를 할당하였다. 그리고 실제로는 좌우 영상에 대해 각각의 깊이 정보를 모두 찾은 후 양쪽 영상을 모두 합성해야 하지만 지면상 본 논문의 실험 결과에는 좌영상의 깊이 추출과 합성만을 보였다.

1. 변이 추정 결과

그림 8은 "Computer" 영상 set에 기존의 다른 알고리즘과 제안된 알고리즘을 적용하여 변위 정보를 추출한 결과이



(a) 블록기반 변이 추정

(b) 화소기반 변이 추정

(c) 영역 분할 양방향 정합

(d) 제안된 방식

그림 8. 변이 추정 결과

Fig. 8. Results of disparity estimation

표 1. 변이 추정 수행 시간 비교

Table 1. Comparison of estimation processing time

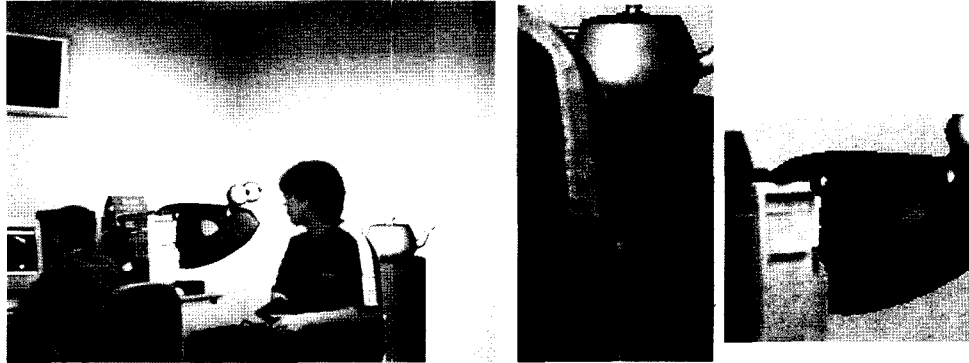
변이 추정 방식	수행 시간 (msec)
블록기반 방식	1156
화소기반 방식	93234
영역 분할 양방향 정합	77828
제안 방식	688

며, 표 1은 변이를 추정하는데 걸린 시간을 비교한 표이다.

그림 8(a)는 8×8 블록 정합을 이용하여 추출한 변이 정보로서 수행 시간은 짧지만 미세변이 정보가 없고 불규칙하게 잘못 할당된 변이가 많으므로 영상 합성에는 적합하지 않은 것을 알 수 있다. 그리고 그림 8(b)는 블록 정합과 동일하게 8×8 크기의 정합창을 사용하여 화소단위로 변이를 추정한 결과이다. 화소기반 추정의 경우에는 화소 단위의 변이 정보가 존재하지만 추정 시간이 지나치게 오래 걸릴 뿐 아니라 블록 정합과 마찬가지로 불규칙한 변이 정보가 많이 존재하므로 역시 영상 합성에는 적합하지 않다.

그림 8(c)는 영역 분할 기법을 이용해 탐색 범위를 줄이면서 양방향 정합으로 변이 추정의 신뢰도를 높이 변이 추정 결과이다. 결과 그림에서 휘도 255의 흰색 영역은 정합이 이루어지지 않은 가려진 영역(Occlusion)을 의미한다. 영역 분할 양방향 정합은 비교적 안정적인 변이를 찾을 수 있으나 가려진 영역에 대한 처리가 필요하고 무엇보다도 변이 추정에 걸리는 시간이 매우 오래 걸린다.

그림 8(d)는 제안된 계층적 변이 추정 방식을 적용한 결



(a) "Computer" 촬영상 합성 결과

(b) 부분 확대 영상

그림 9. 영상 합성 결과
Fig. 9. Result of image synthesis

과이다. Canny 에지 추출기에는 일반적으로 가장 적당하다고 평가되어지는 1.0의 표준편차 값과 20의 Low threshold, 35의 High threshold 값을 사용하였다. 그리고 초기 변이 추정엔 영상을 1/2 배율로 다운 샘플링한 후 양방향 정합과 영역 분할 알고리즘을 적용하여 탐색 범위 ± 60 픽셀의 8×8 블록정합을 수행하였으며 양방향 정합에 있어서의 문턱값은 1을 사용하였다. 다음으로 블록 단위 추정에서는 원래 크기 영상에서 후보 벡터들로부터 α 값을 3으로 탐색 영역을 설정하였고, 마지막으로 배경 영역 판별에 사용한 영역 크기의 문턱값은 400 블록으로 설정하였다. 결과 그림 8(d)에서 볼 수 있듯이 미세 변이 정보는 물체의 경계 부분에서 매우 정밀한 변화를 보이며, 일반적인 영역에서는 부드러운 변화를 보이는 것을 관찰할 수 있다. 그리고 배경 영역 추출로 인해 다른 알고리즘에서는 카메라 위치에 따른 조도 변화 등으로 인해 매우 불규칙했던 배경 영역이 깨끗하게 처리된 것을 볼 수 있다. 이는 비교적 배경이 단조로운 실내 영상의 합성에 있어 좋은 결과를 나타낼 수 있다. 또한 계층적 변이 추정 및 영역 분할 알고리즘으로 인해 변이 추정에 걸리는 시간이 크게 줄어들어 블록 정합보다 짧은 시간 내에 미세 변이를 추정해 낼 수 있었다.

2. 영상 합성 결과

추정된 화소 단위의 미세 변이를 기반으로 3D MAX에서 렌더링된 가상 물체를 스테레오 영상 세트에 삽입하였다. 그림 9(a)에서 볼 수 있듯이 제안된 알고리즘에 의해 깊이 정보를 비교한 후 깊이에 따라 합성된 결과 영상은

눈으로 보기에 어색하지 않게 부드럽게 잘 합성되었으며, 좌우 영상을 모두 합성한 후 스테레오 디스플레이 장치로 관찰한 결과 물체간의 상대적인 깊이감도 어색하지 않게 잘 나타나는 것을 확인하였다. 그러나 그림 9(b)의 확대 그림에서 관찰하면, "Pot"은 사람의 등에 정밀하게 삽입되어 들어갔지만 "Fish"의 경우에는 컴퓨터와 그 경계가 불명확하게 합성된 것을 볼 수 있다. 이 경우는 실사영상에 있어서 컴퓨터의 색과 배경벽의 색이 너무 유사하여 정확하게 깊이 정보가 찾아지지 않았기 때문이다. 그러나 이러한 경계면에서의 약간의 부정확함은 동영상으로 볼 경우에는 크게 문제가 되지 않는다. "Fish" 내부에 뒤의 벽이 갑자기 나타나는 영역이 있는데, 이런 부분이 관찰자의 눈에는 더욱 민감하게 작용한다. 실제로 앞에서 추정한 미세 변이에서는 이러한 영역이 나타날 수 있는 부분이 몇 군데 더 존재하는데, 이러한 영역을 최대한 줄이기 위해서 더욱 평활한 변이를 찾기 위한 노력이 있어야 하겠다.

VI. 결론

본 논문에서는 혼합 현실의 기반 기술로서 영상의 특징을 이용한 스테레오 영상의 미세 변이 추정 알고리즘과 깊이 비교를 통한 영상 합성 알고리즘을 제안하였다.

혼합 현실에 있어서 두 영상을 합성하기 위해서는 깊이 정보가 필요하며, 이를 위해 좌우 영상의 대응점을 정확하게 찾을 수 있는 정밀한 변이 추정 알고리즘이 필요하다. 그러나 정밀한 변이를 추정하기 위해서는 시간이 많이 걸린다는 단점이 있으므로 우리는 계층적으로 변이를 추정해

나가면서 탐색시간을 단축하는 동시에 변이의 신뢰도를 높일 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 더불어 정확한 대응점 인지를 확인하는 양방향 정합 알고리즘과 특징점들에 가중치를 두어 영역을 분할해 나가면서 잘못된 변이의 생성을 막는 영역분할 알고리즘을 제안하였다. 제안된 영역분할 알고리즘은 수행되면서 탐색 범위가 계속 축소되기 때문에 기존의 방식들보다 더욱 빠른 수행 속도를 얻을 수 있었으며, 결과적으로 이러한 알고리즘들을 통해 기존의 방식들보다 안정적인 변이를 얻을 수 있었고 나아가 영상 합성에 있어서도 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 그리고 미세 변이를 할당하는데 있어서 영상의 에지 정보와 주변 블록들의 변이 정보를 고려하여 내부에서는 부드러운면서도 정밀한 경계 영역을 갖는 변이를 할당할 수 있었다.

이렇게 추정된 변이는 컴퓨터로 모델링된 가상 물체와의 깊이 비교를 통해 혼합 현실 영상으로 합성된다. 실험 결과 가상 물체는 매우 자연스럽게 원하는 위치와 깊이에 합성되었으며 스테레오 디스플레이 장치로 확인 결과 상대적인 깊이감의 차이에 있어서도 자연스러움을 확인할 수 있었다.

하지만 제안된 알고리즘은 물체의 경계를 정확하게 추출하지 못하여 합성된 영상의 경계 부분이 잘못 합성되어 배경이 앞으로 나타나는 어색한 부분이 발생하기도 하였고, 영상 내부에서도 불균일한 깊이 정보가 추출되기도 하였다. 따라서 좀 더 효율적인 물체의 경계 추출을 통해 물체를 정확히 분할해내고, 물체 내부에서는 더욱 안정적이고 평활한 변이를 추출할 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 계속되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] R. T. Azuma, "A survey of Augmented Reality," *Presence*, Vol. 6, No. 4, pp. 335-385, Aug. 1997.
- [2] S. Benford, C. Greenhalgh, G. Reynard, C. Brown and B. Koleva, "Understanding and Constructing Shared Spaces with Mixed-Reality Boundaries," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 5, No. 3, pp. 185-223, Sept. 1998.
- [3] Y. Nakazawa, S. Nakano, T. Kornatu and Takahiro Saitou, "A System for Composition of 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, pp. 1086-1095, Jul. 1997.
- [4] T. Okuma, K. Kiyokawa, H. Takemura and N. Yokoya, "An augmented reality system using a real-time vision based registration," *Proc. ICPR '98*, Vol. 2, pp. 1226-1229, 1998.
- [5] Puri, R. V. Kollarits and B. G. Haskell, "Basics of stereoscopic video, new compression results with MPEG-2 and a proposal for MPEG-4," *Signal Processing : Image Comm.* 10, pp. 201-234, 1997.
- [6] Y. Wang and O. Lee, "Use of 2-D deformable mesh structures for video coding, Part I-The synthesis problem: Mesh-based function approximation and mapping," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 6, No. 6, pp. 636-646, Dec. 1996.
- [7] Y. Ohta and T. Kanade, "Stereo by intra- and inter- and inter-scanline search using dynamic programming," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 7, No. 2, pp. 139-154, Mar. 1985.
- [8] C. Lin, E. Fei and Y. Chen, "Hierarchical disparity estimation using spatial correlation," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 44, No. 3, pp. 630-637, Aug. 1998.
- [9] P. Kauff, N. Brandenburg, M. Karl and O. Schreer, "Fast hybrid block- and pixel-recursive disparity analysis for real-time applications in immersive teleconference scenario," *Proc. of 9th Int. Conf. on Comp. Graphics, Visualization and Computer Vision*, Feb. 2001.
- [10] H. J. Song, "A study on the image transmission technique with the effective preprocessing," MS Thesis, Yonsei University, Dec. 1997.
- [11] H. S. Kim "Feature-Based Disparity Estimation and Intermediate View Reconstruction of 3D Images," MS Thesis, Yonsei University, Aug. 2001.
- [12] R. C. Gonzalez and R. E. Wood, "Digital Image Processing," Addison-Wesley publishing company, 1993.
- [13] M. E. Izquierdo, "Stereo image analysis for multi-viewpoint telepresence applications," *Signal Processing : Image Comm.* 11, pp. 231-254, 1998.

저 자 소 개



김 한 성

- 1998년 : 연세대학교 전파공학과 공학사
- 2001년 : 한국과학기술연구원 영상미디어센터 학생연구원
- 2001년 : 연세대학교 전기전자공학과 석사
- 2002년 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정 재학중
- 주관심분야 : 3차원 영상 처리, 혼합 현실



최 승 철

- 2002년 : 연세대학교 전기전자공학과 공학사
- 2002년 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석사과정 재학중
- 주관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 압축



손 광 훈

- 1983년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
- 1985년 : University of Minnesota, MSSE
- 1991년 : North Carolina State University, Ph.D
- 1993년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1994년 : Georgetown University, Post-doctor fellow
- 1995년~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 부교수
- 주관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 통신