

# 시점 간 상관도 향상을 위한 다시점 깊이영상 탐색 방법

이상범, 호요성  
 광주과학기술원 정보통신공학과  
 {sblee, hoyo}@gist.ac.kr

## 요약

본 논문에서는 시점 간 상관도를 향상시키는 다시점 깊이영상 탐색 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 깊이영상 탐색 과정에서 사용되는 기존의 정합 함수에 참조할 시점의 깊이값을 이용하는 함수를 추가하여 깊이영상의 시점 간 상관도를 높인다. 또한, 제안하는 방법은 참조 시점의 색상영상과 깊이영상을 이용하여 목표 시점으로 3차원 워핑한 다음, 참조하고자 하는 깊이값의 유효성을 검사한 후 깊이값을 참조한다. 실험 결과를 통해, 제안하는 방법이 깊이영상의 시점 간 상관도를 향상시켰을 뿐만 아니라, 합성영상의 화질 또한 향상시켰음을 확인할 수 있었다.

## 1. 서론

3차원 비디오를 이용한 3차원 TV 시스템은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 현실 세계를 재구성한 콘텐츠와 3차원 입체 디스플레이를 통해 사용자에게 실감나는 영상을 제공할 수 있기 때문에 차세대 방송 시스템으로 각광받고 있다 [1]. 여기서 3차원 비디오는 여러 대의 카메라를 평행형 혹은 수렴형 배열로 배치한 다시점 카메라를 이용해 획득되는 다시점 영상과 각 시점 영상에 상응하는 다시점 깊이 영상으로 구성된다.

깊이영상이란 영상 내에 존재하는 객체들의 3차원 거리 정보를 8비트로 표현한 영상을 말하며 깊이영상의 화소값은 각 해당 화소의 깊이 정보를 나타낸다. 깊이영상의 정확도는 3차원 TV 시스템의 중요 기술 가운데 하나인 중간시점 합성 기술의 화질을 좌우하기 때문에 정확한 깊이영상을 생성하는 것이 매우 중요하다.

다시점 깊이영상을 획득하기 위해서는 다시점 영상 각 시점의 상관관계를 이용하여 깊이 정보를 계산적으로 탐색하는 스테레오 정합 방법을 가장 많이 이용한다. 스테레오 정합 방법은 인접한 두 시점 영상 내의 객체의 수평적 변이(disparity)를 계산하여 깊이 정보를 획득하는 방법으로 특별한 센서 없이도 깊이 정보를 획득할 수 있기 때문에 비용이 적게 들고, 이미 촬영된 영상에 대해서도

깊이 정보를 획득할 수 있는 반면, 텍스처가 없는 영역, 폐색 영역 (occlusion) 및 비폐색 영역 (disocclusion), 객체의 경계 불일치 등의 문제점을 내포하고 있다.

최근, 국제 표준화 그룹인 Moving Picture Experts Group (MPEG) 내의 3차원 비디오 부호화 그룹에서는 다시점 영상 및 깊이영상 부호화의 중요성을 인지하여, 깊이영상 탐색 기술을 요청했다 [2]. 이에 대한 응답으로, 그래프 컷 기반의 스테레오 정합 소프트웨어가 구현됐고 이를 이용한 다양한 실험이 진행 중이다 [3].

그래프 컷 기반의 스테레오 정합 알고리즘은 비교적 좋은 화질의 깊이영상을 제공하지만, 매 프레임마다 독립적으로 깊이영상을 탐색해서 발생하는 시간적 상관도 저하 문제, 매 시점마다 독립적으로 깊이영상을 탐색하여 발생하는 시점 간 상관도 저하 문제점 등 정지된 두 시점 영상을 이용하여 깊이 정보를 획득했던 기존의 스테레오 정합 방법의 한계성으로 인한 문제점들이 보고되고 있다. 특히, 시점 간 상관도 저하 문제는 합성영상의 화질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 다시점 깊이영상 부호화에도 영향을 미치기 때문에 효과적인 시점 간 상관도 향상 방법이 요구된다.

본 논문에서는 시점 간 상관도를 향상시키는 깊이영상 탐색 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 깊이영상 탐색 과정에서 사용되는 정합 함수에 참조

할 시점의 깊이값을 참조하는 함수를 추가하여 깊이영상의 시점 간 상관도를 높인다. 또한, 제안하는 방법은 인접 시점의 색상영상과 깊이영상을 이용하여 참조할 깊이값의 유효성을 검사한 후 깊이 정보를 참조하여 합성영상의 화질을 향상시킨다.

## 2. 깊이영상의 시공간적 상관도 향상 방법

MPEG 3차원 비디오 부호화 그룹에서 배포한 깊이영상 탐색 소프트웨어는 그래프 컷 기반의 스테레오 정합 알고리즘을 기반으로 구현됐다. 이 알고리즘은 정지된 두 시점 영상을 이용하여 깊이 정보를 탐색하는 방법으로 다시점 영상에 이를 적용할 경우 여러 문제점들이 발생한다. 그 대표적인 것이 시간적 상관도 및 시점 간 상관도 저하 문제이다.

### 2.1 시간적 상관도 향상 방법

시간적 상관도 저하 문제는 매 프레임마다 독립적으로 깊이영상을 탐색해서 발생하는 문제를 말한다. 움직임이 없는 객체의 경우, 매 프레임마다 동일한 깊이값을 가져야 하지만 깊이영상 탐색 방법의 오차로 인해 프레임마다 다른 깊이값을 가지게 된다. 그로 인해, 깊이영상을 이용하여 중간영상을 합성했을 때, 장면이 흔들리는 깜빡임 (flickering) 현상을 발생시켜 시청자에게 시각적 불편함을 유발한다. 또한, 깊이영상 부호화에서 시간적 예측 효과를 저하시키기 때문에 부호화 효율을 떨어뜨린다.

최근, 현재 프레임의 깊이영상을 탐색할 때, 이전 프레임의 깊이값을 참조하는 새로운 정합 함수를 사용하여 깊이 영상의 시간적 상관도를 향상시키는 방법이 제안되었다 [4]. 이 방법은 기존의 정합 함수에 이전 프레임에서의 깊이값을 참조하는 가중치 함수를 추가한다. 그림 1은 시간적 상관도가 향상된 깊이영상의 연속된 세 프레임을 나타낸다. 그림 1(b)에서 알 수 있듯이, 시간적 상관도 저하 문제가 개선됐음을 확인할 수 있다.

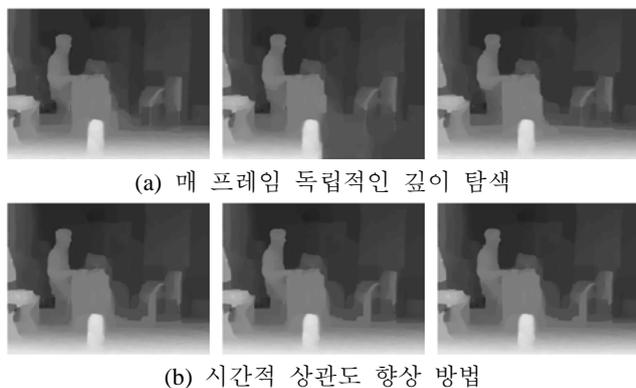


그림 1. 시간적 상관도가 향상된 깊이영상

### 2.2 시점 간 상관도 향상 방법

시점 간 상관도 저하 문제는 다시점 영상 각 시점마다 독립적으로 깊이영상을 탐색하는 과정에서 발생하는 문제점을 말한다. 이론적으로 다시점 카메라의 간격이 일정한 경우, 여러 시점에 동일하게 존재하는 객체는 깊이값이 동일해야 한다. 하지만, 이 역시 깊이영상 탐색 방법의 오차로 인해 각 시점마다 다른 깊이값을 가지게 되며, 이러한 문제는 영상합성 과정의 오차로 그대로 전파된다.

깊이영상의 시점 간 오차를 해결하기 위해, 깊이영상을 탐색할 때 인접 시점의 깊이값을 참조하는 방법이 제안됐다 [5]. 이 방법은 목표 시점의 깊이영상 탐색 과정시 이미 탐색한 인접 시점의 깊이영상을 참조한다. 그림 2는 시점 간 상관도가 향상된 인접한 세 시점의 깊이영상을 나타낸다. 그림 2(b)에서 알 수 있듯이, 기존의 방법에 비해 깊이영상의 시점 간 상관도가 향상됐음을 확인할 수 있다.

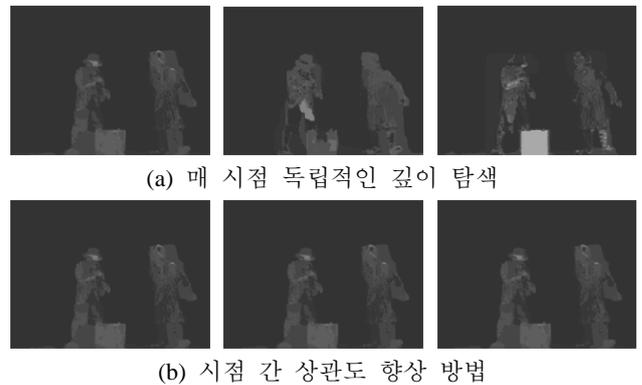


그림 2. 시점 간 상관도가 향상된 깊이영상

## 3. 제안하는 시점 간 상관도 향상 방법

앞서 언급했듯이, 깊이영상의 시점 간 상관도를 향상시키는 기존의 방법은 목표 시점의 깊이영상을 탐색할 때 이미 탐색한 인접 시점의 깊이영상을 참조한다. 하지만, 인접 시점의 깊이영상에 오차가 있을 경우, 이를 그대로 목표 시점에 이용하는 것은 바람직하지 못하다. 실제로, 인접한 시점의 깊이영상을 그대로 참조한 경우, 객체의 경계 주변에서 많은 오차가 발생하게 되어 합성영상의 화질을 떨어뜨린다. 그림 3은 인접한 시점의 깊이영상을 그대로 참조하여 얻은 깊이영상을 이용한 합성영상을 나타낸다. 그림 3의 가방의 경계 주변에서 합성 오차가 발생했는데 이는 깊이영상의 오차로 인해 발생한 것이다. 그림 3(b)에서 알 수 있듯이, 인접 시점의 깊이영상을 참조한 합성영상보다 화질이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.



(a) 시점 참조 없음 (b) 시점 참조  
그림 3. 시점 간 상관도 향상 방법의 오차

따라서, 본 논문에서는 인접 시점의 깊이영상을 참조할 때 깊이값의 유효성을 검사하여 시점 간 상관도를 향상시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 첫 번째로 인접한 시점의 색상영상을 해당 시점의 깊이영상을 이용하여 목표 시점으로 3차원 워핑한다. 그 다음, 3차원 워핑된 영상과 목표 시점의 색상영상을 이용하여 인접 시점의 깊이값이 목표 시점의 깊이값 정확도를 향상시키는지 유효성 검사를 한다. 마지막으로, 유효한 깊이값들은 목표 시점의 깊이영상 탐색 과정에서 시점 참조가 가능하도록 한다. 그림 4는 제안하는 방법의 블록 다이어그램을 나타낸다.

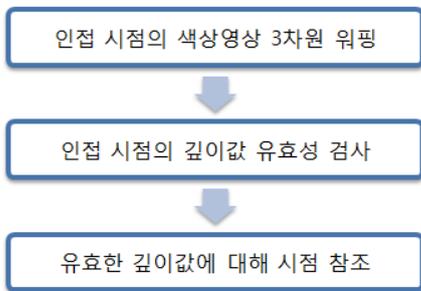


그림 4. 제안하는 방법의 블록 다이어그램

인접한 시점의 색상영상은 이미 탐색한 해당 시점의 깊이영상과 카메라 매개변수를 이용하여 목표 시점으로 3차원 워핑할 수 있다. 그림 5는 3차원 워핑된 색상영상과 깊이영상을 나타낸다.



그림 5. 3차원 워핑된 색상영상과 깊이영상

인접 시점 깊이영상의 유효성은 3차원 워핑된 색상영상과 목표 시점의 색상영상을 이용하여 검사한다. 인접시점의 깊이값이 오차가 없고 각 시점의 영상이 이상적으로 동일한 조건에서 촬영했다면 3차원 워핑된 색상영상과 목표 시점의 색상영상의 화소값은 동일해야 한다. 따라서, 깊이값의 유효성은 두 색상영상의 화소값의 오차로 판단한다. 그림 6은 두 색상영상의 차분 영상을 나타낸다.



그림 6. 두 색상영상의 차분 영상

화소값의 오차가 다양한 실험을 통해 얻은 임계치보다 큰 경우에는 시점 참조를 하지 않도록 한다. 제안하는 방법에서 사용한 정합 함수는 다음과 같다.

$$E_{new}(x, y, d) = E_{sim}(x, y, d) + E_{temp}(x, y, d) + E_{view}(x, y, d) \tag{1}$$

$$E_{view}(x, y, d) = \delta |d - D_{view}(x', y')| \tag{2}$$

$$\delta = \begin{cases} 1 & \text{if } |I_c(x, y) - I_{view}(x', y')| < Th \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{3}$$

여기서  $E_{sim}(x, y, d)$ 는 좌영상 혹은 우영상과의 화소값 오차를 나타내는 정합 함수이고,  $E_{temp}(x, y, d)$ 는 이전 프레임의 깊이값을 참조하는 정합 함수를 나타낸다.  $D_{view}(x', y')$ 는 워핑되기 전 좌표  $(x', y')$ 에서의 깊이값을 나타낸다.

#### 4. 실험 결과 및 분석

제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해, MPEG 3차원 비디오 부호화의 테스트 영상 가운데 하나인 "Pantomime" 영상 37, 39번 시점을 사용했다. 또한, MPEG 3차원 비디오 부호화 그룹에서 배포한 소프트웨어인 Depth Estimation Reference Software (DERS) 5.0을 이용하여 깊이영상을 탐색했다 [5]. 깊이영상의 정확도 평가를 위해서, 각 시점에 대해 깊이영상을 탐색하였고, 이를 이용하여 38번 시점에 대한 영상을 합성한 후, 원본 영상과 비교하였다. 프레임 수는 100프레임으로 하고 시점 참조에서 사용된 임계치는 0.1로 정했다.

그림 7은 깊이영상 탐색 결과를 나타낸다. 여기서 기존의 방법은 DERS에 구현된 시점 참조 기능을 말한다. 그림 7(a)는 그림 7(c), 그림 7(d)의 시점 참조에 사용된 깊이영상을 보여준다. 그림 7에서 알 수 있듯이, 시점 참조를 이용한 깊이영상이 시점 간 상관도가 높음을 확인할 수 있다.

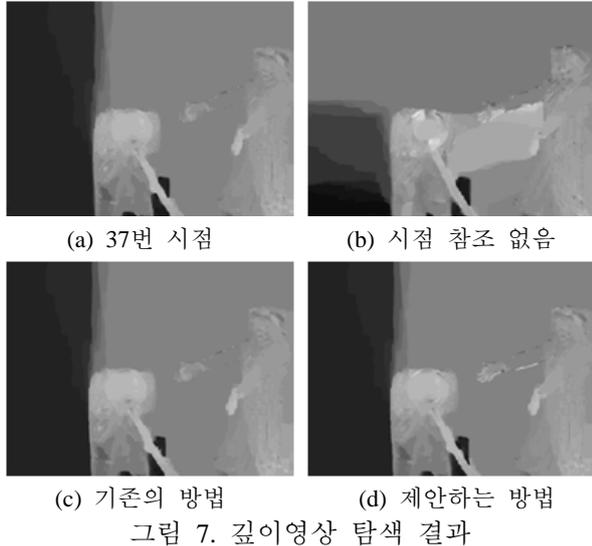


그림 8은 깊이영상을 이용한 시점 합성 결과를 나타낸다. 그림 8 (c)에서 볼 수 있듯이, 기존의 시점 참조 방법은 객체의 경계 주변에서 오차가 발생했지만, 깊이값의 유효성 검사를 통한 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 주관적 화질을 향상시켰다.



그림 9는 합성영상의 평균 PSNR을 나타낸다. 실험 결과들을 통해, 시점 참조를 이용한 제안하는 방법이 기존의 방법에 비해 합성영상의 평균 PSNR

을 유지시키면서 주관적 화질을 향상시킨 것을 확인할 수 있었다.



그림 9. 합성영상의 평균 PSNR 비교

### 5. 결론

본 논문에서는 깊이영상의 시점 간 상관도 향상 방법을 제안했다. 제안하는 방법은 기존의 시점 참조 방법을 모든 깊이값에 대해서 수행하면서 발생하는 문제점을 해결하기 위해, 인접 시점 색상영상과 목표 시점 영상의 화소값의 오차를 이용하여 인접 시점 깊이값의 유효성 검사를 수행했다. 그 결과, 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 합성영상의 평균 PSNR은 거의 유지시키면서 주관적 화질을 향상시켰음을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2009-(C1090-0902-0017)).

### 참고문헌

- [1] A. Smolic, K. Muller, P. Merkle, C. Fehn, P. Kauff, P. Eisert, T. Wiegand, "3D Video and Free Viewpoint Video - Technologies, Applications and MPEG Standards," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 2161-2164, July 2006.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 "Call for Contributions on 3D Video Test Material," N9595, Jan. 2008.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 "Reference Software of Depth Estimation and View Synthesis for FTV/3DV," M15836, Oct. 2008.
- [4] S. Lee, C. Lee, Yo-Sung Ho, "Temporal Consistency Enhancement of Background for Depth Estimation," 3D Systems and Applications (3DSA), pp.S08-03(1~4), 2009.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 "Depth Estimation Reference Software (DERS) 5.0," M16923, Oct. 2009.