

3차원 비디오 생성을 위한 깊이 영상의 시점간 상관도 향상 방법

View-consistent Multi-view Depth Map Estimation for 3D Video Generation

이상범 · 호요성
Sang-Beom Lee · Yo-Sung Ho

다시점 3차원 비디오는 여러 대의 카메라를 평행형 혹은 수렴형 배열로 배치한 다시점 카메라를 이용해 획득되는 다시점 영상과 각 시점 영상에 상응하는 다시점 깊이 영상으로 구성된다. 깊이 영상이란 영상내에 존재하는 객체들의 3차원 거리 정보를 8비트로 표현한 영상을 말하며 깊이 영상의 화소값은 각 해당 화소의 깊이 정보를 나타낸다. 깊이 영상의 정확도는 3차원 TV 시스템의 중요한 기능 가운데 하나인 중간시점 합성 기술의 화질을 좌우하기 때문에 정확한 깊이 영상을 생성하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 시점 사이의 상관도를 향상시키는 다시점 깊이 영상 탐색 방법을 제안한다. 기존의 방법이 각 시점별로 깊이 영상을 독립적으로 탐색하는 반면에 본 논문에서 제안하는 방법은 모든 시점에 대해 동시에 깊이 영상을 탐색한다. 이를 위해 좌우 시점 각각에 대해서 기존의 방법으로 초기 깊이 영상을 구하고 초기 깊이 영상을 가운데 시점으로 3차원 워핑한다. 그런 다음 세 시점에 대해 종합 오차 최소화 과정을 수행하여 시점사이의 상관도를 향상시킨다. 컴퓨터 모의실험을 통해 제안하는 방법이 깊이 영상의 시점간 상관도를 향상시켰을 뿐만 아니라 합성 영상의 화질도 향상시켰음을 확인할 수 있었다.

주제어: View consistency, Multi-view depth estimation, Three-dimensional Video, 3DTV

In this paper, we propose a new algorithm for view-consistent multi-view depth estimation for three-dimensional (3D) video generation. After we obtain depth maps at the left and right viewpoints using a conventional depth estimation method, we project them into the center viewpoint and perform an error minimization process using a multi-view graph cut algorithm. Experimental results showed that the proposed algorithm improved view consistency of depth maps as well as rendering quality of the 3D video.

Keywords: View consistency, Multi-view depth estimation, Three-dimensional Video, 3DTV

I. 서론

최근 3차원 텔레비전(3DTV: Three-Dimensional Television)은 현실 세계를 재구성한 콘텐츠로 현실감 있는 느낌을 사용자에게 제공할 수 있기 때문에 차세대 방송 기술 시스템으로 각광받고 있다[1],[2]. 스테레오 디스플레이 혹은 다시점 디스플레이와 같은 3차원 영상 재현 장치들의 발달로 인해 3차원 TV는 사용자에게 보

다 실감나는 콘텐츠를 제공할 수 있게 되었다. 방송 시스템이 아날로그에서 디지털로 전환되면서 영상 산업 전반에 큰 변화를 가져왔듯이 가까운 미래에는 3차원 디지털 미디어가 영상 산업의 또다른 혁명을 불러일으킬 것으로 기대를 모으고 있다[3]. 실제로 세계 선진국에서는 3차원 방송을 위한 3차원 영상 콘텐츠를 제작하고 있으며 국내에서도 여러 방송사업자들을 중심으로 3차원 시험방송을 준비하고 있다[4]~[7].

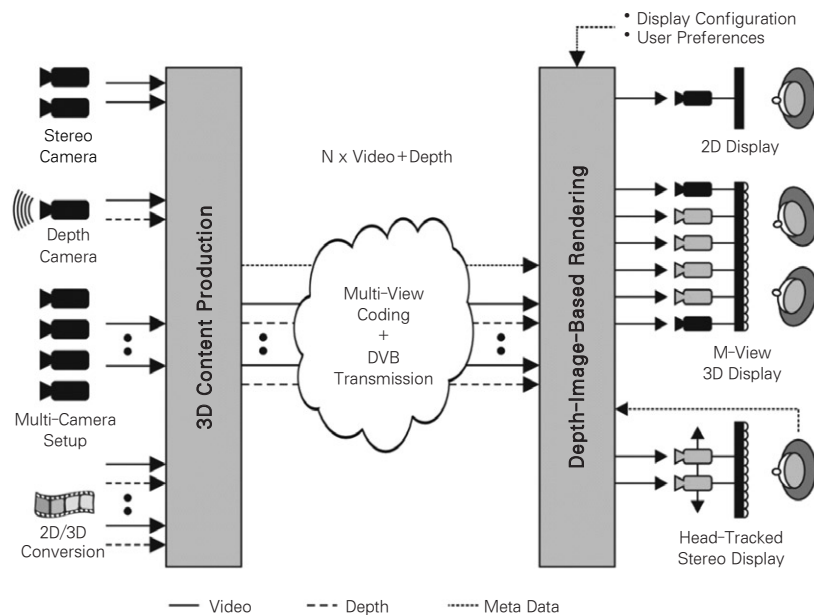


그림 1. 3차원 비디오 시스템

그림 1은 3차원 비디오 시스템의 개념도를 나타낸 것이다[8]. 3차원 비디오 시스템은 각 시점의 깊이 영상을 포함하는 3차원 비디오의 획득/처리/전송/재생에 대한 모든 과정을 포함하고 있고 기본적으로 N시점의 영상과 함께 N시점의 깊이 영상을 동시에 처리하도록 설계되었다. 그리고 3차원 비디오는 스테레오 카메라, 깊이 카메라, 다시점 카메라 등 다양한 저작 도구들을 이용하여 제작할 수 있는데 깊이 영상을 직접적으로 획득할 수 있는 깊이 카메라를 제외한 나머지 저작 도구들을 이용할 경우 장면의 3차원 정보를 계산적으로 탐색하는 방법을 이용하여 깊이 영상을 획득한다.

송신단에서 압축하여 수신단으로 전송된 색상 영상과 깊이 영상은 디스플레이 장치에 따라 여러 가지 방법으로 재생될 수 있다. 기본적으로 기존에 이용된 2차원 디스플레이 장치에서 재생할 수 있으며 전송된 N시점 중에서 원하는 시점의 2차원 영상을 자유롭게 선택하여 시청할 수 있다. 또한 다양한 종류의 3차원 디스플레이 장치를 이용하여 재생할 수 있다. 전송된 N시점 영상보다 적은 M시점의 3차원 디스플레이 장치로 여러 시점의 입체 영상을 재생하거나 시청자의 위치를 파악하여 시청자의 위치에 맞는 시점의 입체 영상을 재생하는 장치(head-tracked stereo display)를 이용해서 재생할 수도 있다. 다양한 장치에 따른 여러 시점의 3차원 비디오를 재생하기 위해서는 복원한 N시점 영상보다 많은 수의 시점을 생성해야 하는 경우가 발생하기 때문에 수신단에서는 입체의 시점에 대한 영상 합성(view synthesis) 기능을 포함해야 한다.

합성 영상이란 실제 다시점 카메라 사이에 위치하는 가상시점 영상을 말한다. 주변 시점의 영상을 이용하여 중간영상을 생성함으로써 우리는 사용자의 시각적인 피로도를 줄일 수 있고 자연스러운 시점 변화를 통해 양질의 3차원 콘텐츠를 사용자에게 제공할 수 있다.

영상을 합성하기 위해서는 카메라와 객체간의 거리 정보를 가지는 깊이 영상(depth map)을 이용해야 한다. 고정밀도의 깊이 영상을 얻기 위해 많은 다양한 연구가 진행되고 있다[9],[10]. 특히 국제 표준화 그룹인 Moving Picture Experts Group(MPEG) 내의 3차원 비디오 부호화 그룹에서는 다시점 비디오 및 깊이 영상의 부호화의 중요성을 인지하여 깊이 영상 탐색 및 영상 기술을 개발했다[11]. 그 결과로 그래프 컷 기반의 깊이 영상 탐색 소프트웨어가 개발됐고 공개 소프트웨어로 배포됐다[12].

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

본 논문에서는 3차원 영상 생성을 위한 깊이 영상의

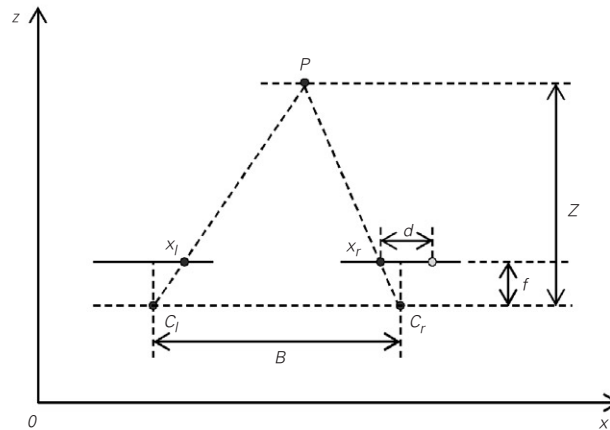


그림 2. 변위와 깊이의 상관관계

시점간 상관도 향상 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 각 시점의 깊이 영상을 독립적으로 탐색하지 않고 여러 시점의 깊이 영상을 동시에 탐색하기 위해 종합 오차 최소화 과정을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 깊이 영상의 시간적, 시점간 상관도 향상을 위한 기존의 알고리즘들을 소개하고 III장에서는 제안하는 시점간 상관도 향상을 위한 깊이 영상 탐색 방법을 설명한다. IV장에서는 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위한 실험 결과를 분석하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 깊이 영상의 시공간적 상관도 향상 방법

1. 깊이 영상 탐색 방법

그림 2는 변위와 깊이의 상관관계를 나타낸다. 그림 2에서 특정 3차원 점이 우측 영상 평면(image plane)에 사상(mapping)되고 이 점이 사상된 점의 우측 영상 평면내에서의 위치는 (x_r, y) 라고 가정할 수 있다. 같은 방법으로 이 점의 좌측 영상 평면에서의 사상된 좌표는 (x_l, y) 라고 가정할 수 있다. 그렇다면 변위 d 와 깊이 Z 의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z = \frac{Bf}{d} = \frac{Bf}{x_l - x_r} \quad (1)$$

여기서 B 는 카메라간 거리, f 는 각 카메라의 초점거리를 나타낸다. 여기서 이 두 카메라는 초점거리 등 동일한 특성을 가진다고 가정한다. 식 (1)을 통해서 다시점 영상의 시점간 상관도를 이용하여 변위를 탐색할 수 있

다면 우리는 3차원 장면의 실제 깊이값도 탐색이 가능하다는 것을 알 수 있다.

인접한 세 시점을 이용해서 가운데 시점의 깊이 영상을 탐색하기 위해서는 에너지 함수를 이용해서 대응점을 찾는 스테레오 정합 방법을 이용할 수 있다[12]. 에너지 함수는 두가지 가정을 가지는데 첫번째는 각각의 시점에서의 대응점은 유사한 화소값을 가진다는 것이고 두번째는 인접한 화소는 유사한 변위를 가진다는 것이다. 이 두가지 가정은 데이터 항과 평활화 항으로 표현되고 두 항을 포함하는 에너지 함수 $E(x, y, d)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$D(x, y) = \arg \min \{ E(x, y, d) \} \quad (2)$$

$$E(x, y, d) = E_{data}(x, y, d) + E_{smooth}(x, y, d) \quad (3)$$

여기서 $D(x, y)$ 는 좌표 (x, y) 에서의 변위, $E_{data}(x, y, d)$ 는 데이터 항, $E_{smooth}(x, y, d)$ 는 평활화 항을 나타낸다.

깊이 영상을 탐색하는 첫번째 단계에서는 가운데 시점의 모든 화소에 대한 정합 오차를 계산한다. 다시점 영상은 최소 세개 이상의 시점을 가지기 때문에 우리는 스테레오 영상을 이용할 때와 다르게 좌우 시점 각각에 대한 정합 오차를 동시에 계산할 수 있다. 이렇게 함으로써 스테레오 정합에서의 문제점인 폐색 영역 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 정합 오차 계산을 위한 함수는 식 (4)와 같이 정의된다.

$$E_{sim}(x, y, d) = \min \{ |I_C(x, y) - I_L(x + d, y)|, \}$$

$$|I_C(x,y) - I_R(x-d,y)| \} \quad (4)$$

여기서 $I_f(x,y)$, $I_c(x,y)$, $I_r(x,y)$ 는 좌영상, 가운데 영상, 우영상의 좌표 (x,y) 에서의 화소값을 나타낸다.

두번째 단계는 그래프 컷 기반의 오차 최소화 과정이다. 깊이 탐색 과정에서 사용하는 그래프 $G=(E,V)$ 는 연결점(node) V 의 집합과 노드들을 연결하는 방향성을 가지는 선(edge)으로 구성된다. 대개 연결점은 화소를 나타낸다. 또한 그래프는 특별한 두개의 연결점, 즉 시작점(source) $s \in V$ 와 종점(sink) $t \in V$ 를 포함한다. 여기서 시작점과 종점은 변위 후보의 집합으로 할당된다.

일반적으로 그래프에서는 n-link, t-link로 표현되는 두 종류의 선이 존재한다. 이 두 종류의 선들은 영상내의 이웃한 화소들간의 연결성을 나타낸다. n-link의 값은 이웃하는 4개의 화소와의 변위 차이를 나타내고, 이 값은 에너지 함수에서 평활화 항으로부터 도출된다. t-link는 영상내의 모든 화소에서 시작점, 종점 각각으로 연결되며 t-link의 값은 변위 후보와 각 화소와의 차이를 나타낸다. 이 값은 에너지 함수에서 데이터 항으로부터 유도된다. 이렇게 구성된 그래프로부터 오차 최소화 과정을 거치면 깊이 영상을 얻을 수 있게 된다.

세번째 단계는 변위-깊이 변환 과정이다. 3차원 장면은 가장 가까운 곳과 가장 먼 곳 사이를 256개의 균일한 평면으로 분할할 수 있다. 그렇다면 좌표 (x,y) 에 대응하는 실제 깊이값인 Z 는 식 (5)를 통해 객체가 가장 가까울 때 255, 가장 멀 때 0의 값을 가지도록 8비트 흑백 영상의 화소값으로 변환될 수 있다.

$$v = \left\lfloor 225 - \frac{255(Z - Z_{near})}{Z_{far} - Z_{near}} + 0.5 \right\rfloor \quad (5)$$

2. 깊이 영상의 시간적 상관도 향상 방법

MPEG에서 개발하고 배포한 깊이 영상 탐색 방법은 그래프 컷을 이용한 오차 최소화 방법을 이용한다. 이 방법은 원래 스테레오 영상의 변위 맵(disparity map)을 얻기 위해 제안된 방법으로 기존의 방법들에 비해 높은 정확도의 변위 맵을 제공한다는 장점이 있다. 하지만 세 시점 이상의 비디오를 사용하는 3차원 비디오 시스템에 이 방법을 그대로 적용하는 것은 적합하지 않다. 그 결과 탐색된 깊이 영상은 시간적 그리고 시점간 상관도가 저하되는 문제를 유발하게 된다.

시간적 상관도 저하 문제는 매 프레임마다 독립적으로 깊이 영상을 탐색해서 발생하는 문제를 말한다. 이상적으로 움직임이 없는 객체의 경우 매 프레임마다 동일한 깊이값을 가져야 한다. 하지만 깊이 영상 탐색 방

법이 매 프레임마다 독립적으로 동작하기 때문에 깊이값이 계속 변화하게 된다. 깊이 영상의 시간적 상관도 저하 문제는 합성 영상에 그대로 전파되며 중간 영상을 합성했을 때 장면이 흔들리는 깜빡임(flickering) 현상을 발생시켜 시청자에게 시각적 불편함을 유발한다. 또한 깊이 영상 부호화에서 인터 예측 효과를 저하시키기 때문에 부호화 효율을 떨어뜨린다.

최근 현재 프레임의 깊이 영상을 탐색할 때 이전 프레임의 깊이값을 참조하는 새로운 정합 함수를 사용하여 깊이 영상의 시간적 상관도를 향상시키는 방법이 제안되었다[13]. 이 방법은 현재 프레임의 깊이값을 탐색할 때 기존의 정합 함수에 이전 프레임에서의 깊이값을 참조하는 가중치 함수를 추가한다. 또한 이 방법은 3차원 장면의 정지된 배경과 움직이는 객체에 대해 각각 다른 가중치 함수를 적용한다. 시간적 가중치 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$E_{temp}(x,y,d) = \begin{cases} E_{temp_static}(x,y,d) & \text{if } MAD_k < Th \\ E_{temp_moving}(x,y,d) & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

$$E_{temp_static}(x,y,d) = \gamma |d - D_{prev}(x,y)| \quad (7)$$

$$E_{temp_moving}(x,y,d) = \gamma |d - D_{prev}(x + \Delta x, y + \Delta y)| \quad (8)$$

여기서 γ 는 가중치 함수의 기울기를 나타내고, $D_{prev}(x,y)$ 는 이전 프레임의 동일 위치에서의 깊이값을 나타낸다. MAD_k 는 좌표 (x,y) 를 포함하는 k 번째 블록의 절대차 평균(mean absolute difference)을 나타내고, Th 는 임계값을 나타낸다. $(\Delta x, \Delta y)$ 는 좌표 (x,y) 의 움직임 벡터를 나타낸다. 여기서 정의된 $E_{temp}(x,y,d)$ 는 에너지 함수에서 데이터 항에 포함된다.

그림 3은 시간적 상관도가 향상된 깊이 영상의 연속된 세 프레임을 나타낸다. 그림 3(b)에서 알 수 있듯이 깊이 영상의 시간적 상관도 저하 문제가 개선됐음을 확인할 수 있다.

3. 깊이 영상의 시점간 상관도 향상 방법

시점간 상관도 저하 문제는 다시점 영상 각 시점마다 독립적으로 깊이 영상을 탐색하는 과정에서 발생하는 문제점을 말한다. 이론적으로 다시점 카메라의 간격이 일정하고 카메라들의 광축이 평행한 경우 여러 시점에 동일하게 존재하는 객체는 깊이값이 동일해야 한다. 하지만 깊이 영상 탐색 방법이 독립적으로 수행되면서 객체가 각 시점마다 다른 깊이값을 가지게 되며 이러한 문제는 영상 합성 과정의 오차로 그대로 전파되어 합성



(a) 매 프레임 독립적인 깊이 탐색



(b) 시간적 상관도가 향상된 영상 방법 적용

그림 3. 시간적 상관도가 향상된 깊이 영상



(a) 각 시점 독립적인 깊이 탐색



(b) 시점간 상관도 향상 방법

그림 4. 시점간 상관도가 향상된 깊이 영상

영상의 화질 뿐만 아니라 다시점 깊이 영상 부호화의 효율이 떨어뜨리게 된다.

깊이 영상의 시점간 상관도 저하 문제를 해결하기 위해 깊이 영상을 탐색할 때 인접 시점의 깊이값을 참조하는 방법이 제안됐다[14]. 이 방법은 목표 시점의 깊이 영상을 탐색할 때 이미 탐색한 인접 시점의 깊이 영상을 참조하는 정합 함수를 기존의 정합 함수에 추가한다. 시점간 상관도 향상을 위한 가중치 함수는 식 (9)와 같이 정의된다.

$$E_{view}(x,y,d) = |d - D_i(x,y)| \quad (9)$$

여기서 $D_i(x,y)$ 는 목표 시점으로 시점 이동된 참조 시점에서의 깊이값을 나타낸다. 여기서 정의된 $E_{view}(x,y,d)$ 는 에너지 함수에서 데이터 항에 포함된다.

그림 4는 시점간 상관도가 향상된 인접한 세 시점의 깊이 영상을 나타낸다. 그림 4(b)에서 알 수 있듯이 기존의 방법에 비해 깊이 영상의 시점간 상관도가 향상됐음을 확인할 수 있다.

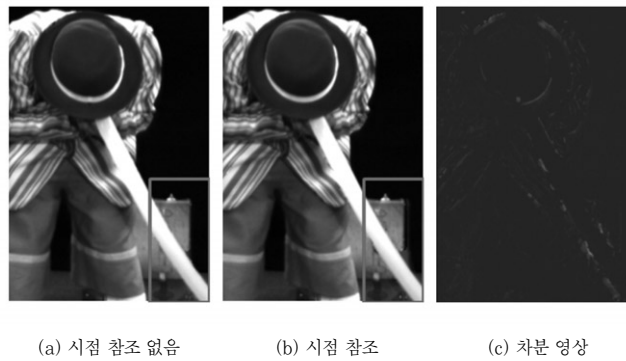


그림 5. 시점 참조 오차

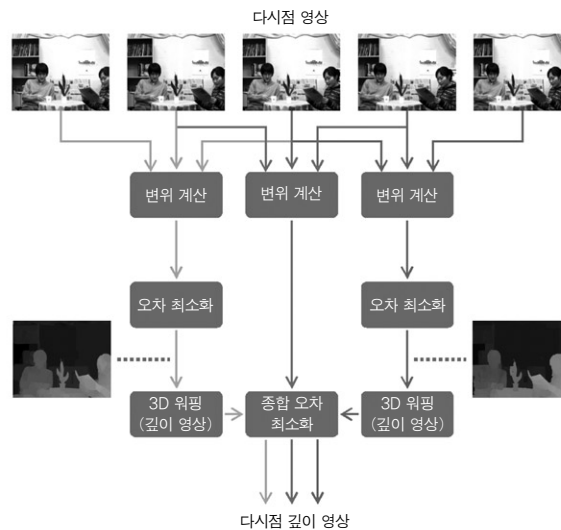


그림 6. 제안하는 방법의 블록

III. 제안하는 깊이 영상 탐색의 시점간 상관도 향상 방법

앞서 언급한 깊이 영상의 시점간 상관도를 향상시키는 기존의 방법은 목표 시점의 깊이 영상을 탐색할 때 이미 탐색한 인접 시점의 깊이 영상을 참조한다. 하지만 인접 시점의 깊이 영상에 오차가 있을 경우 오차를 포함하고 있는 깊이 영상 전체를 그대로 목표 시점에 이용하는 것은 바람직하지 못하다. 실제로 인접한 시점의 깊이 영상을 그대로 참조한 경우 객체의 경계 주변에서 많은 오차가 발생하게 되어 합성 영상의 화질을 떨어뜨린다. 그림 5는 인접한 시점의 깊이 영상을 그대로 참조하여 얻은 깊이 영상을 이용한 합성 영상을 나타낸다. 그림 5의 가방의 경계 주변에서 합성 오차가 발생했는데 이는 깊이 영상의 오차로 인해 발생한 것이다. 그림

5(b)에서 알 수 있듯이 인접 시점의 깊이 영상을 참조한 합성 영상이 오히려 시점 참조가 없는 합성 영상보다 화질이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 시점간 상관도를 향상시키는 깊이 영상 탐색 방법을 제안한다. 기존의 방법은 앞서 언급한 것처럼 인접 시점의 깊이 영상에 오차가 있을 경우 이를 그대로 목표 시점에 이용하기 때문에 합성 영상의 화질을 떨어뜨린다. 따라서 제안하는 방법은 깊이값을 탐색하는 과정에서 인접 시점의 정합 오차를 동시에 고려해서 오차를 최소화하는 종합 그래프 컷(total graph cut) 방법을 사용함으로써 합성 영상의 화질까지 동시에 고려하도록 한다.

그림 6은 제안하는 방법의 블록 다이어그램을 나타낸다. 제안하는 방법은 우선 좌영상과 우영상에 대해서 깊이를 계산하고 오차를 최소화해서 초기 깊이 영상을

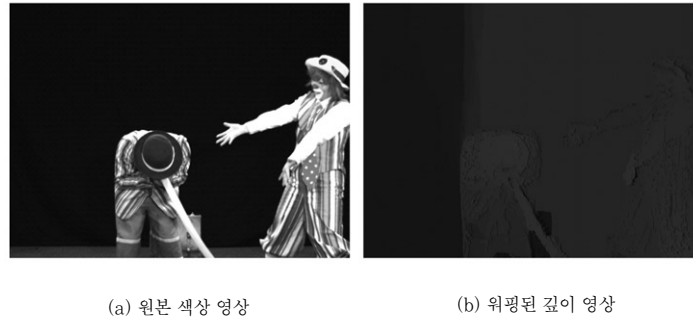


그림 7. 3차원 워핑된 초기 깊이 영상

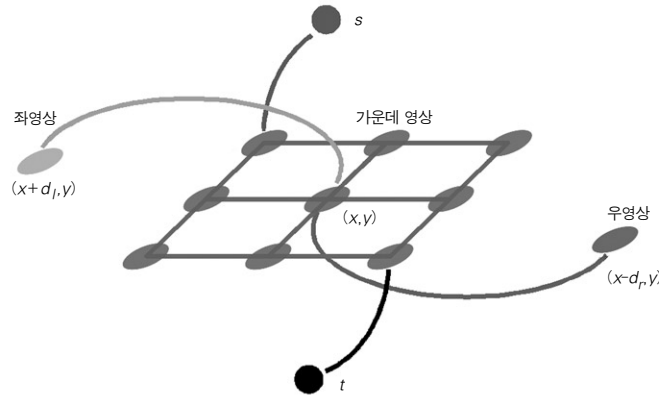


그림 8. 종합 오차 최소화를 위한 3차원 격자

구한다. 그런 다음 두 시점의 초기 깊이 영상을 이용해서 좌영상과 가운데 영상, 우영상과 가운데 영상 사이의 화소들의 대응점을 찾는다.

각 시점간의 대응점은 좌우 시점 각각의 초기 깊이 영상과 각각의 카메라 매개변수를 이용하여 가운데 시점으로 3차원 워핑해서 찾을 수 있다. 그림 7은 가운데 시점의 원본 영상과 좌시점에서 3차원 워핑된 초기 깊이 영상을 나타낸다.

이렇게 연결된 대응점들은 가운데 영상의 오차 최소화 과정에서 추가적인 노드의 역할을 한다. 초기 깊이 영상의 3차원 워핑 과정을 거치게 되면 2차원 격자 형태를 가졌던 기존의 방법에서 확장하여 3차원 격자 형태로 그래프 구조가 형성된다. 최종적으로 3차원 그래프를 이용하여 오차 최소화 과정을 거친다.

그림 8은 다시점 그래프 컷을 이용한 종합 오차 최소화 방법의 개념도를 나타낸다. 제안하는 방법은 우선 그림 8에서 나타낸 것처럼 가운데 시점의 모든 화소들을 이용해 3차원 격자를 구성한다. 그리고 좌영상과 우영상의 초기 깊이 영상을 이용해 대응점으로 연결된 화소들이 2차원 격자에서 추가적인 노드로 연결된다.

이렇게 구성된 3차원 격자를 이용해서 종합 오차 최소화 과정을 수행한다. 3차원 격자를 이용하는 정합 함수는 식 (10)과 같이 정의된다.

$$E_{smooth}(x,y,d) = \lambda \sum_{D(x_i,y_i) \in N_p} |D(x,y) - D(x_i,y_i)| \quad (10)$$

여기서 N_p 는 좌표 (x,y) 에서의 이웃하는 화소들을 나타낸다. 기존의 2차원 그래프를 이용한 오차 최소화 방법에서는 N_p 가 상하좌우 네 화소만을 가졌지만 제안하는 방법에서는 좌영상과 우영상과 연결된 2개의 화소를 추가적으로 포함해서 총 6개의 이웃하는 화소들을 가진다.

IV. 실험 결과 및 분석

시점간 상관도를 향상시키는 깊이 영상 탐색 방법의 성능을 평가하기 위해 MPEG 3차원 비디오 부호화의

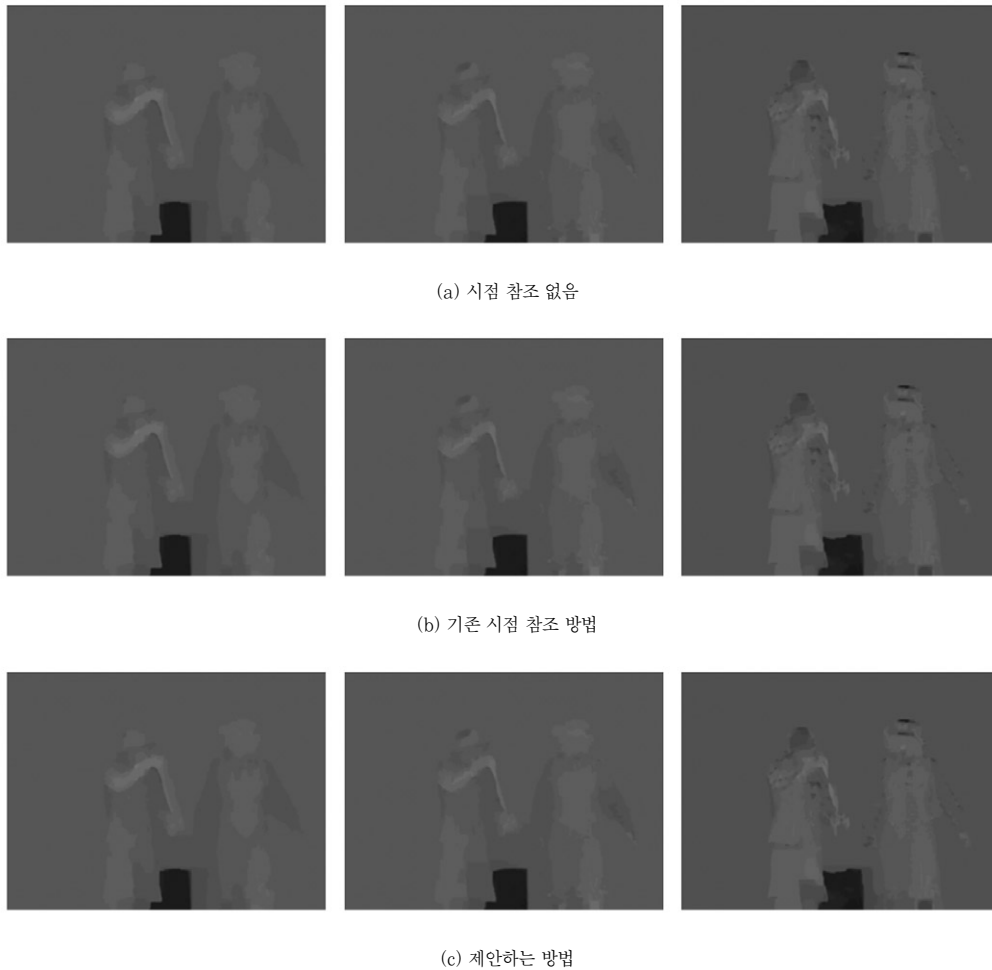


그림 9. 'Pantomime' 영상의 깊이 영상 탐색 결과

표 1. 성능 비교를 위한 실험 조건

테스트 영상	Pantomime	Newspaper
깊이 영상 탐색 시점	37, 39, 41	4, 5, 6
영상 합성 시점	39	5
프레임 수	100	

테스트 영상인 'Pantomime' 영상과 'Newspaper' 영상을 사용했다[15],[16]. 깊이 영상의 정확도를 평가하기 위해 본 논문에서는 세 시점에 대해서 깊이 탐색 과정을 수행했고 좌우 시점을 이용해서 가운데 시점으로 영상을 합성했다. 제안한 방법의 성능은 합성 영상과 원본 영상의 PSNR로 평가했다. 표 1은 성능 비교를 위한 실험 조건을 나타낸다.

그림 9와 그림 10은 각 테스트 영상에 대한 세 시점의 깊이 영상 탐색 결과를 나타낸다. 그림 9(a)와 그림 10(a)에서 알 수 있듯이 시점 참조를 하지 않는 기존의

방법은 각 시점에 대해 독립적으로 깊이 영상을 탐색했기 때문에 시점간 상관도가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 반면에 그림 9(b)와 그림 10(b), 그림 9(c)와 그림 10(c)에서 알 수 있듯이 시점 참조를 수행하여 얻은 깊이 영상은 시점 참조를 하지 않은 결과보다 깊이 영상의 시점간 상관도가 향상됐음을 알 수 있었다.

그림 11과 그림 12는 각 테스트 영상의 가운데 시점에 대한 영상 합성 결과를 나타낸다. 그림 11(c)과 그림 12(c)에서 알 수 있듯이 기존의 시점 참조 방법은 객체의 경계 주변에서 오차를 발생시켰기 때문에 오히려

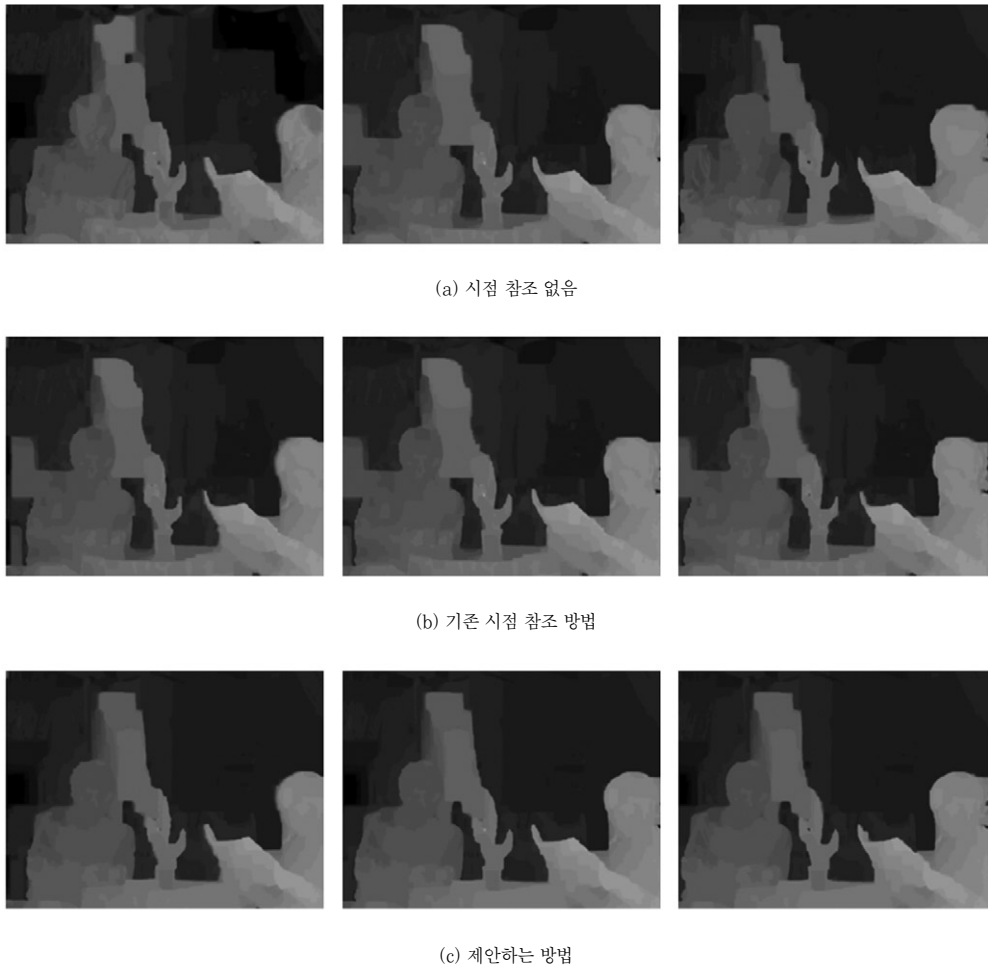


그림 10. 'Newspaper' 영상의 깊이 영상 탐색 결과

표 2. 합성 영상의 PSNR 비교

테스트 영상	합성 영상의 PSNR 비교(dB)		
	시점 참조 없음	기존 시점 참조 방법	제안하는 방법
Pantomime	34.6441	35.7680	35.3720
Newspaper	32.3933	30.3536	32.6432

시점 참조가 없는 기존의 결과보다 화질이 저하됐다. 하지만 그림 11(d)과 그림 12(d)에서 알 수 있듯이 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 합성 영상의 화질을 향상시켰다는 것을 알 수 있다.

일반적으로 다시점 비디오의 경우 원본 깊이 영상이 존재하지 않는다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법을 보다 객관적으로 비교하기 위해 MPEG 표준화 그룹이나 다른 여러 논문에서 사용 중인 비교 방법을 사용했다. 이 방법은 알고리즘을 통해 깊이 영상을 먼저 탐색하고 깊이 영상을 이용해서 원본 색상 영상이 존재하는

시점으로 영상을 합성한 다음 원본 색상 영상과 합성 영상의 화질을 비교한다.

그림 13은 각 테스트 영상에 대한 합성 영상의 PSNR 비교 결과를 나타낸다. 비교 결과를 통해 알 수 있듯이 제안한 방법은 시점 참조가 없는 방법에 비해 합성 영상의 화질을 향상시켰고 또한 기존의 시점 참조 방법에 비해서도 화질이 평균적으로 향상된 합성 영상의 화질을 얻을 수 있었다. 표 2는 합성 영상의 평균 PSNR 비교 결과를 나타낸다.

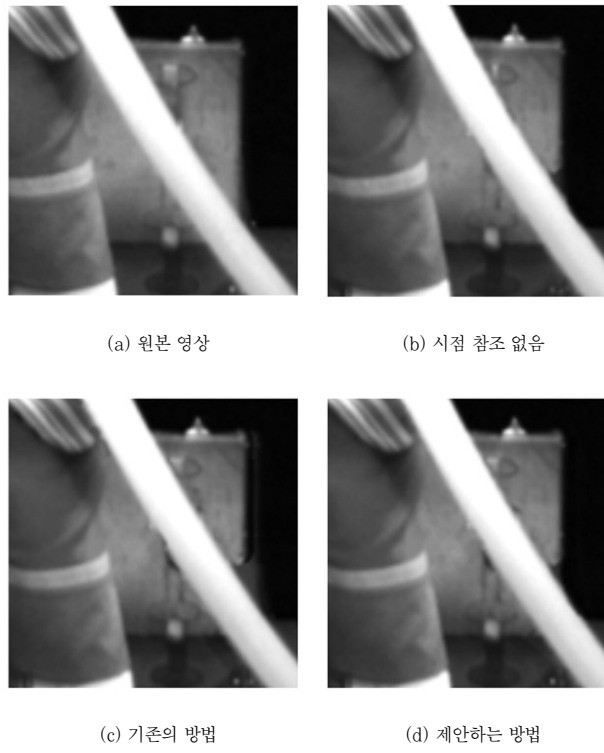


그림 11. 'Pantomime' 영상의 영상 합성 결과

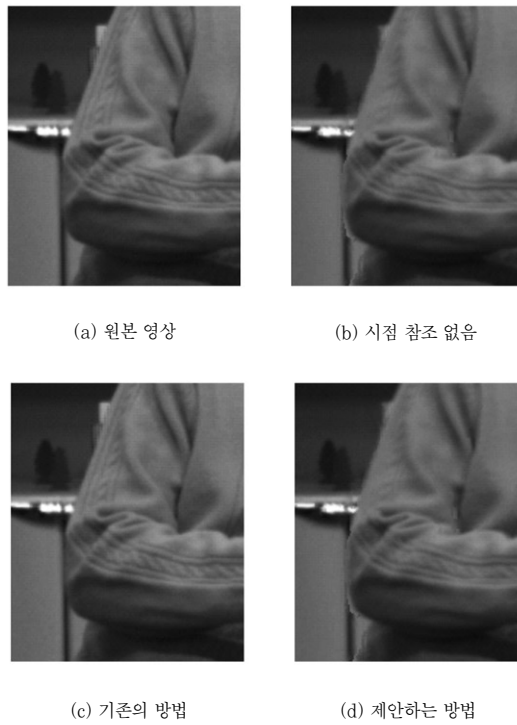
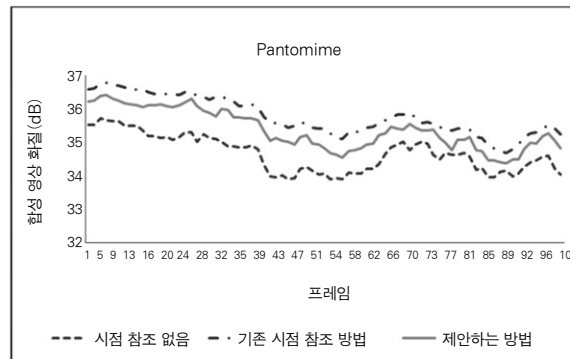
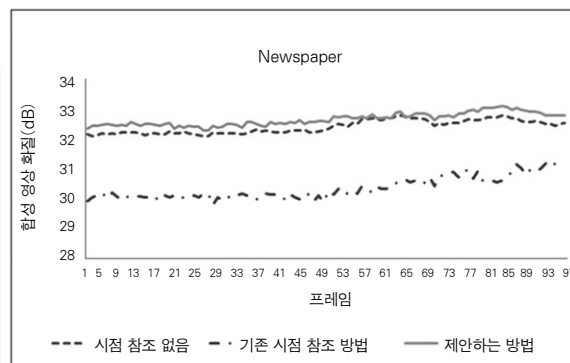


그림 12. 'Newspaper' 영상의 영상 합성 결과



(a) Pantomime



(b) Newspaper

그림 13. PSNR 비교

V. 결론

본 논문에서는 깊이 영상의 시점간 상관도 향상 방법을 제안했다. 시점간 상관도 향상을 위해 제안한 방법은 세 시점의 깊이 영상을 동시에 탐색하는 종합 오차 최소화 과정을 수행했다. 종합 오차 최소화 과정에서는 기존의 4개의 주변 화소에 좌우 시점 각각의 대응점을 추가해서 총 6개의 주변 화소를 이용했다. 실험 결과의 분석을 통해 제안한 방법은 시점 참조가 없는 기존의 방법에 비해서 약 0.4889 dB의 화질을 향상시켰고 기존의 시점 참조 방법에 비해서 약 0.9468 dB의 화질을 향상시켰다. 특히 기존의 시점 참조 방법에 비해서는 주관적 화질이 확연하게 향상됐다.

[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 (ICME), Jul. 2006, pp. 2161-2164.
- [2] A. Redert, M. O. Beeck, C. Fehn, W. IJsselstein, M. Pollefeys, L. Van Gool, E. Ofek, I. Sexton, and P. Surman, "ATTEST: Advanced Three-dimensional Television System Techniques," Proc. of International Symposium on 3D Data Processing, 2002, pp. 313-319.
- [3] 호요성, 오관정, "다시점 비디오 기반의 3차원 실감 방송," 방송과 기술, 제161권, 2010.05, pp. 136-143.
- [4] "방통위, 3차원방송 등 집중 육성키로," http://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/419977.html.
- [5] 호요성, 이상범, "3차원 비디오 부호화 기술의 국제 표준화 동향," TTA Journal, No. 123, 2009.06, pp. 77-83.
- [6] P. Kauff, O. Schreer, "An immersive 3D video-conferencing system using shared virtual team user environments," in Proc. of international conference on Collaborative virtual environments, Sep. 2002, pp. 105-112.

- [7] Z. Zhang, "A Flexible New Technique for Camera Calibration," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 11, 2000, pp. 1330-1334.
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Applications and Requirements on FTV," N9466, Oct. 2007.
- [9] C.L. Zitnick, S.B. Kang, M. Uyttendaele, S. Winder, R. Szeliski, "High-quality Video View Interpolation Using a Layered Representation," SIGGRAPH, Aug. 2004, pp. 600-608.
- [10] Q. Yang, L. Wang, and N. Ahuja, "A constant-space belief propagation algorithm for stereo matching," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2010, pp. 1458-1465.
- [11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Call for Contributions on 3D Video Test Material," N9595, Jan. 2008.
- [12] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Reference Software of Depth Estimation and View Synthesis for FTV/3DV," M15836, Oct. 2008.
- [13] S. Lee, Y. Ho, "Temporally Consistent Depth Map Estimation Using Motion Estimation for 3DTV," International Workshop on Advanced Image Technology, Jan. 2010, pp. 149(1-6).
- [14] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Depth Estimation Reference Software (DERS) 5.0," M16923, Oct. 2009.
- [15] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "1D Parallel Test Sequences for MPEG-FTV," M15378, Apr. 2008.
- [16] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Multi-view Video Test Sequence and Camera Parameters," M15419, Apr. 2008.



이 상 범
(Sang-Beom Lee)

2004. 8: 경북대학교 전자전기공학부 학사
 2006. 8: 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
 2006. 9~현재: 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정
 관심분야: 디지털 영상 처리, 3차원 TV, 깊이 영상 획득,
 3차원 영상 부호화, 실감 방송
 E-mail: sblee@gist.ac.kr
 Tel: +82-62-715-2258
 Fax: +82-62-715-3164



호 요 성
(Yo-Sung Ho)

1981. 2: 서울대학교 전자공학과 학사
 1983. 2: 서울대학교 전자공학과 석사
 1989. 12: Univ. of California, Santa Barbara,
 Department of Electrical and
 Computer Engineering 박사
 1983. 3~1995. 9: 한국전자통신연구소 선임연구원
 1990. 1~1993. 5: 미국 Philips 연구소,
 Senior Research Member
 1995. 9~현재: 광주과학기술원 정보통신공학부 교수
 관심분야: 디지털 신호 처리, 영상신호 처리 및 압축,
 멀티미디어 시스템, 디지털 TV와 고선명 TV,
 MPEG 표준, 3차원 TV, 실감 방송
 E-mail: hoyo@gist.ac.kr
 Tel: +82-62-715-2211
 Fax: +82-62-715-3164