

다시점 깊이 카메라를 이용한 3차원 입체영상의 정보 획득 방법

□ 호요성, 이은경, 강윤석 / 광주과학기술원 정보통신공학부

1. 서론

최근 “아바타”의 흥행이 성공하면서 3차원 영화와 3차원 TV에 대한 관심이 급증하고, 이를 위한 3차원 콘텐츠를 생성하려는 많은 노력이 전개되고 있다. 멀지 않은 미래에는 사람들이 3차원 깊이감을 체험할 수 있을 뿐만 아니라, 다시점 비디오를 이용해 시청자가 원하는 임의의 시점을 선택하여 볼 수도 있을 것이다. 이러한 실감형 방송 서비스를 지원하기 위해서는 다시점 색상 영상과 더불어 정확한 깊이 정보를 효과적으로 생성해야 한다 [1] [2]. Moving Picture Experts Group (MPEG) 국제 표준화 그룹에서도 이러한 자유시점 3차원 TV의 중요성을 예견하고, 3차원 비디오 부호화 기술의 표준화 작업을 활발히 진행하고 있다 [3].

유럽의 ATTEST 프로젝트에서는 깊이 카메라를

이용한 3차원 TV 시스템을 선보였으며, 최근 깊이 정보를 이용하여 3차원 방송 콘텐츠를 제작하는 다양한 기술들이 제안되었다. 오래 전부터 컴퓨터 비전 분야에서는 스테레오 정합 기술을 이용한 깊이 영상을 생성하는 방법이 연구되어 왔지만, 일반적인 환경에서 신뢰할 만한 깊이 영상을 생성하는 것은 여전히 해결해야 할 어려운 문제점으로 남아 있다.

깊이 영상을 생성하는 방법은 크게 능동적 깊이센서 방식(active depth sensors)과 수동적 깊이센서 방식(passive depth sensors)으로 나뉘어진다. 능동적 깊이센서 방식은 레이저 센서, 적외선 센서, 패턴 센서와 같은 물리적인 센서 장치를 이용해 3차원 공간상의 깊이 정보를 직접 획득하는 방식이다 [4] [5]. 능동적 깊이센서 방식은 정확한 깊이 정보를 실시간으로 획득할 수 있지만, 현재 기술로는 저

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0003))

해상도의 깊이 영상만을 획득할 수 있으며 큰 비용이 드는 단점이 있다. 반면에, 수동적 깊이센서 방식은 스테레오 또는 다시점 카메라에서 획득한 영상에 스테레오 정합을 적용하여 3차원 깊이 정보를 예측하는 방법이다[6][7]. 수동적 깊이 추정 방식은 능동적 깊이센서 방식에 비해 시간이 많이 걸리고, 경우에 따라서 정확한 깊이 영상을 생성하기 어렵다.

최근 이러한 두 방식의 단점을 보완하고 좀 더 정확한 3차원 깊이 정보를 생성하기 위해 능동적 깊이센서 방식과 수동적 깊이 추정 방식을 결합한 혼합형 깊이 추정 방법이 제안되었다[8][9]. 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 깊이 카메라를 3시점 카메라 시스템에 결합한 혼합형 카메라 시스템을 소개했다. 그러나 이 시스템은 저해상도의 깊이 카메라를 기준으로 다시점 카메라의 해상도를 낮추어 깊이 영상을 생성하기 때문에 저해상도의 3차원 비디오를 생성했다[10]. 광주과학기술원(GIST)에서는 한 대의 깊이 카메라로 획득한 깊이 정보를 이용해 고해상도의 다시점 깊이 영상을 생성하는 새로운 방법을 제안했다[11]. 그러나 이 시스템은 카메라 사이의 간격이 20 cm 정도로 너무 멀어서 정확한 깊이 영상을 생성하기에는 한계점이 있다. 미래의 실감형 3차원 방송 서비스에서는 고품질의 다시점 3차원 비

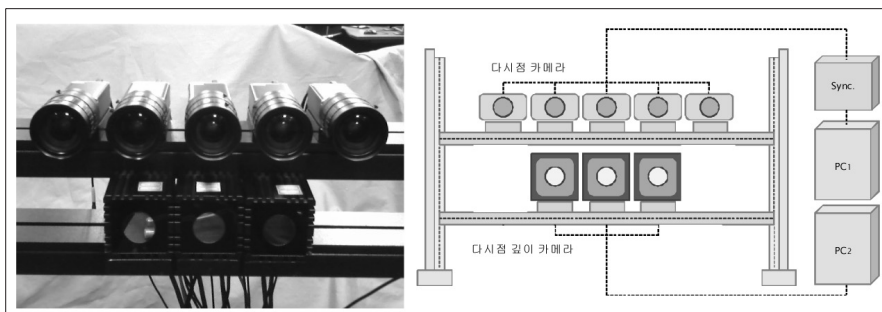
도를 제공해야 하기 때문에, 좀 더 정확한 고화질의 다시점 3차원 깊이 정보를 생성할 필요가 있다.

이 논문에서는 현재 구매하여 사용할 수 있는 고해상도의 다시점 카메라와 저해상도 다시점 깊이 카메라를 결합하여 고해상도의 다시점 색상 영상과 그에 상응하는 고해상도의 깊이 정보를 실시간으로 생성하는 새로운 방법을 제안한다. 이와 같이 얻은 고해상도의 다시점 색상 영상과 깊이 정보를 이용해 사용자가 원하는 임의 시점의 고품질 3차원 영상을 만들 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 다시점 깊이 카메라 시스템의 구조와 3차원 비디오 생성 방법을 간략히 소개한다. 제3장에서는 다시점 깊이 카메라 시스템을 위한 전처리 과정을 설명하고, 제4장에서는 3차원 비디오를 생성하는 방법을 단계적으로 제시한다. 제5장에서는 제안한 시스템을 통해 생성한 3차원 비디오 결과를 분석하고, 마지막으로 제6장에서 결론을 맺는다.

II. 다시점 깊이 카메라 시스템

그림 1은 이 논문에서 제안하는 다시점 깊이 카메라 시스템과 그 구성을 보여주고 있는데, 이는 다섯



< 그림 1 > 다시점 깊이 카메라 시스템

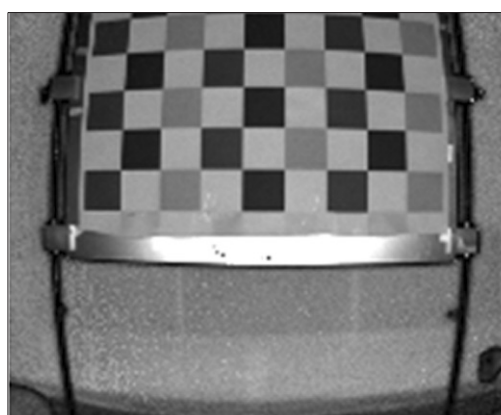
대의 고해상도 다시점 카메라와 세 대의 저해상도의 깊이 카메라로 이루어진다. 각 카메라는 비디오 저장 보드를 가진 PC에 연결되어 있으며, 동기화 신호 재생기가 모든 카메라에 연결되어 동기화 신호를 연속적으로 보내 각 프레임마다 다시점 영상과 깊이 영상을 동시에 획득할 수 있다.

표 1에 정리한 것처럼, 다시점 깊이 카메라 시스템은 다시점 카메라, 깊이 카메라, 동기화 신호 재생기의 세 부분으로 구성된다. 제안하는 다시점 깊이 카메라 시스템은 매 프레임마다 다시점 카메라에서 획득한 다시점 영상과 깊이 카메라로부터 획득한 깊이 영상을 제공한다. 일반적인 깊이 카메라의 깊이 정보 측정 거리는 0.5~5m 정도이다.

<표 1> 다시점 깊이 카메라 시스템 구성

장치	상세정보	
다시점 카메라	출력형식	NTSC / PAL (16:9)
	해상도	1280 (h) × 960 (v)
깊이 카메라	깊이 범위	0.5 5.0 m
	시야각	43.6 °(h) × 34.6 °(v)
	출력 양식	NTSC / PAL (4:3)
	해상도	176 (h) × 144 (v)
동기화 신호 재생기	출력 형식	SD / HD 비디오 생성

때, 실제 장면에서는 직선의 형태를 가진 물체가 촬영된 영상에서는 직선으로 나타나지 않는 현상을 렌즈 왜곡이라고 한다. 렌즈 왜곡은 디지털 영상 처리 전반에 있어서 많은 부분에 장애 요인으로 작용하기 때문에 이를 보정하는 작업이 필요하다. 제안한 시스템에서는 카메라 보정이나 깊이 보정과 같이 상응점을 이용한 과정이 존재하기 때문에 이러한 문제점을 반드시 해결해야 한다. 일반적으로 렌즈 왜곡은 원형으로 발생하기 때문에 이를 원형 렌즈 왜곡(lens radial distortion)이라고 부른다.



<그림 2> 카메라 특성에 의한 영상 왜곡

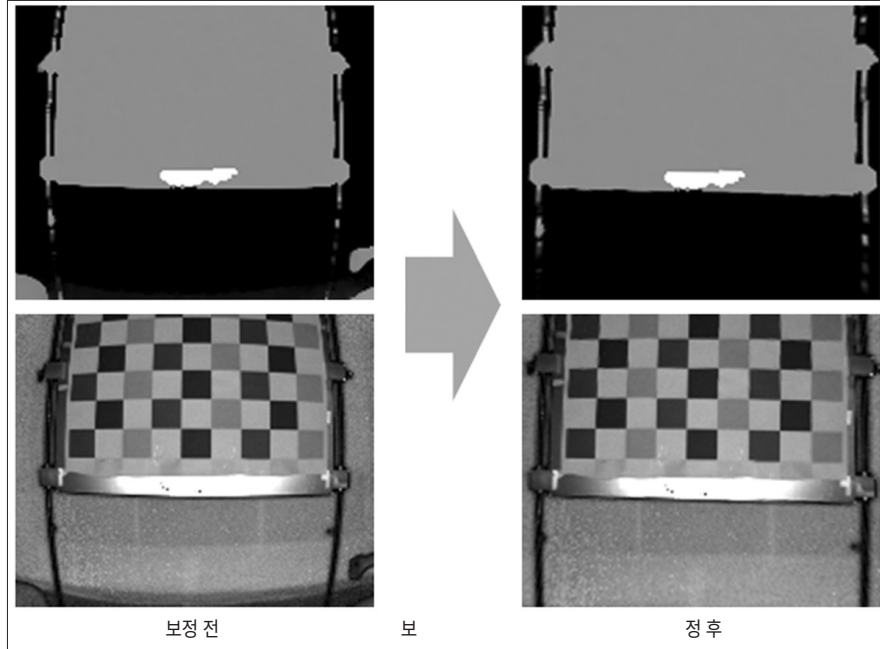
III. 전처리 과정

다시점 깊이 카메라 시스템을 이용하여 다시점 영상과 깊이 영상을 획득한 후, 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정은 크게 깊이 카메라 렌즈 왜곡 보정, 카메라 보정, 깊이 영상 보정으로 나눈다.

1. 깊이 카메라 렌즈 왜곡 보정

보통 카메라를 사용하여 3차원 장면을 촬영할

그림 2는 깊이 카메라에서 촬영된 영상을 보인 것인데, 심한 렌즈 왜곡이 발생했음을 알 수 있다. 이러한 렌즈의 왜곡된 성분을 추출하기 위해 격자무늬 패턴 영상을 사용하는데, 이를 분석하여 왜곡에 관련된 변수를 구하여 왜곡이 발생한 영상을 보정하면 그림 3과 같은 영상을 구할 수 있다. 영상의 변환 과정에서 생길 수 있는 빈 영역은 주변 값들의 평균을 취하여 채운다.



<그림 3> 카메라 왜곡 보정 결과

2. 카메라 보정

카메라 보정은 다시점 카메라와 다시점 깊이 카메라의 내부 및 외부 인자를 찾는 과정이다[12]. 카메라 보정을 통해 다시점 깊이 카메라와 다시점 카메라의 내부 행렬 K_s, K_l , 회전 행렬 R_s, R_l , 이동 행렬 t_s, t_l 을 추정한 후, 각 카메라에 대한 투영 행렬인 P_s, P_l 을 계산한다[13]. 식 (1)과 식(2)는 계산한 투영 행렬을 각각 보여준다.

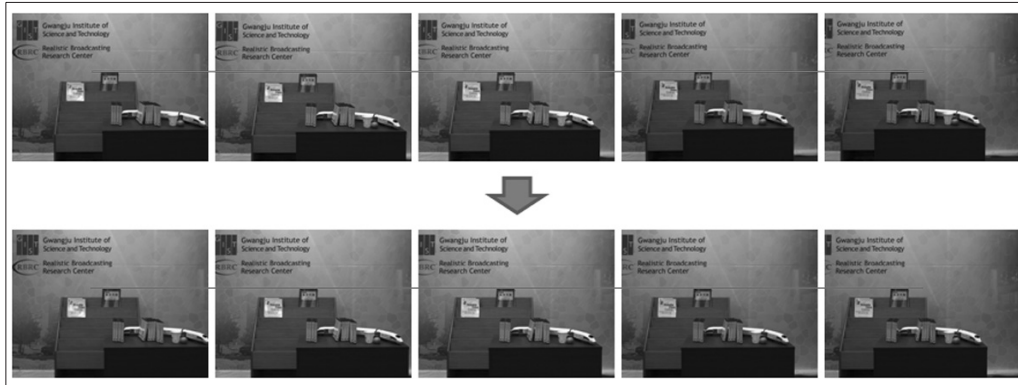
$$P_s = K_s[R_s|t_s] \quad (1)$$

$$P_l = K_l[R_l|t_l] \quad (2)$$

카메라를 보정한 뒤에는 영상 정렬화를 통해 다시점 영상 사이의 수직 위치가 일치하도록 교정한다.

다시점 영상을 이용해 스테레오 정합을 수행하기 위해서는 먼저 모든 카메라의 수직 위치가 동일하다고 가정한다. 그러나 실제 영상 획득 과정에서는 모든 카메라는 사람에 의해 수동적으로 정렬되기 때문에 수직 방향에도 변이가 존재할 수 있다. 이 논문에서는 다시점 영상 사이에 존재하는 수직 변이를 제거하기 위해 최적의 기준선을 정의하고, 2차원 변환 과정을 통해 카메라의 방향을 보정하는 영상 정렬화 방법을 사용하였다[14]. 그림 4는 영상 정렬화를 적용한 결과 영상이다.

모든 다시점 영상을 정렬화한 후, 다시점 영상 색상 보정을 통해 다시점 영상 사이의 색상 특성을 균일하게 조절한다. 동일한 기종의 카메라로 다시점 영상을 획득한다 하더라도 각 카메라의 특성과 주변 환경에 따라서 각각 다른 특성을 보이기 때문에 획득한 여러



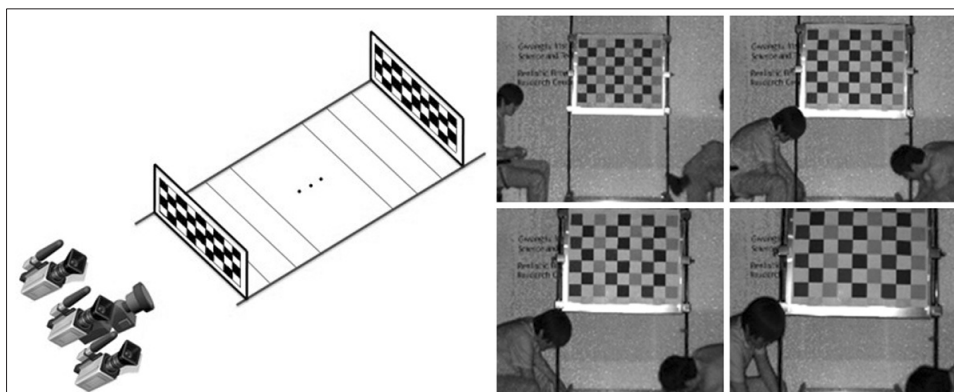
<그림 4> 다시점 영상 정렬화

시점의 영상 사이에 색상 불일치가 생길 수 있다. 이러한 다시점 영상 간의 색상 불일치를 해결하기 위해 이 논문에서는 보정의 기본이 되는 색상 참조표를 만들고, 획득한 다시점 영상의 색상을 참조표에 매핑하는 과정을 통해 영상의 색상을 보정했다[15].

3. 깊이 영상 보정

일반적으로 깊이 카메라는 거리 정보를 측정하고

자 하는 장면의 주변 환경에 매우 민감하다. 같은 거리에서 깊이 정보를 획득한다 하더라도 물체의 움직임이나 색에 따라 실제로 측정된 값이 다를 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이 논문에서는 획득하는 환경에 적합하게 일정 거리마다 깊이 정보를 측정하여 실제 깊이 정보 사이의 관계를 정의하는 보정 곡선을 만들고, 깊이 카메라의 깊이 측정 특성을 분석하여 깊이 영상을 보정한다. 그림 5는 깊이 영상 보정을 위한 보정 패턴 영상의 획득 방법과 실제



<그림 5> 깊이 영상 보정

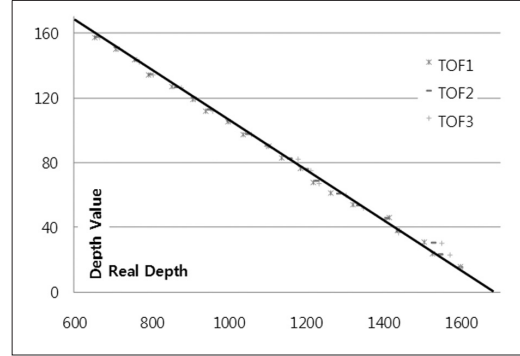
로 얻은 보정 패턴 영상이다.

깊이 보정을 수행하기 위해 먼저 획득한 모든 패턴에서 상응하는 교차점의 위치를 추출한다. 모든 패턴 영상은 이미 영상 평활화를 거친 영상이기 때문에 모든 교차점은 수평 방향으로만 변이(disparity)를 갖는다. 시점이 다른 두 대의 카메라에서 획득한 패턴의 교차점 사이의 변이 정보는 아래 식을 이용하여 실제 깊이 정보로 변환할 수 있다.

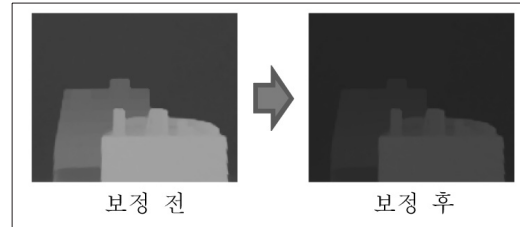
$$Z(p_x, p_y) = \frac{f \cdot B}{D(p_x, p_y)} \quad (3)$$

여기서 f 는 카메라 초점거리, B 는 카메라 간의 거리, $D(p_x, p_y)$ 는 교차점 간의 변이, 그리고 $Z(p_x, p_y)$ 는 구하고자 하는 실제 깊이 정보이다. 우리는 카메라 보정을 통해 모든 카메라에 대한 정보를 이미 알고 있으므로, 이 깊이 정보가 실제 획득한 깊이 영상에서는 어떻게 표현되었는지 확인할 수 있다. 이상적인 계산을 통해 구한 깊이 정보와 깊이 카메라를 통해 실제 획득한 깊이 정보는 선형 관계를 가져야 한다.

그림 6은 획득한 깊이 영상을 이용해 실제 거리와 획득한 깊이 영상 사이의 관계를 정의한 보정 곡선이다. 그래프의 x 축은 깊이 카메라를 이용해 획득한 깊이 영상의 화소 정보이고, y 축은 획득한 보정 패턴 영상을 통해 계산한 실제 거리 정보이다. 획득한 깊이 영상을 이용해 정확한 깊이 영상을 생성하기 위해서는 실제 3차원 비디오 생성을 수행하기 전에 각 깊이 카메라가 가지는 왜곡 특성을 분석하고, 이를 보정하는 작업을 수행해야 한다. 그림 7은 생성한 보정 곡선을 이용해 획득한 깊이 영상을 보정한 결과 영상이다.



<그림 6> 깊이 영상 보정을 위한 보정 곡선



<그림 7> 보정곡선을 이용해 보정한 깊이 영상

IV. 3차원 비디오 생성

1. 3차원 워핑

이 논문에서는 다시점 깊이 카메라와 다시점 카메라의 상대적인 위치 관계를 계산하기 위해 깊이 카메라의 위치를 기준으로 이와 상응하는 다시점 카메라의 상대적인 위치를 결정한다. 먼저, 식 (4)와 식 (5)를 이용하여 다시점 깊이 카메라의 회전 행렬 R_s 를 단위행렬 I 로, 이동 행렬 t_s 를 영행렬 O 으로 변환한다.

$$R'_{ori} = R_s \cdot R_s^{-1} = I \quad (4)$$

$$t'_{ori} = t_s - t_s = O \quad (5)$$

그런 다음, 깊이 카메라의 회전 행렬 R_s 의 역행렬 R_s^{-1} 를 다시점 카메라의 회전행렬 R_i 에 곱하고, 식 (7)을 이용해 깊이 카메라의 이동 행렬 t_s 를 다시점 카메라의 이동 행렬 t_i 에서 빼 준다. 결과적으로, 깊이 카메라에 대한 다시점 카메라의 상대적 위치인 회전 행렬 R 과 이동 행렬 t 을 다음과 같이 결정한다.

$$R_i' = R_i \cdot R_s^{-1}, \quad (6)$$

$$t_i' = t_i - t_s, \quad R_i' = R_i \cdot R_s^{-1} \quad (7)$$

마지막으로, 깊이 카메라의 색상 영상의 화소 위치 (p_{sx}, p_{sy}) 와 상응하는 깊이 영상의 화소 값이 $D_s(p_{sx}, p_{sy})$ 일 때, 3차원 화소 $p_s = (p_{sx}, p_{sy}, D_s(p_{sx}, p_{sy}))$ 를 식 (8)과 식 (9)를 이용해 계산한 투영 행렬 P_i 를 이용하여 식 (10)과 같이 3차원 워핑을 수행한다.

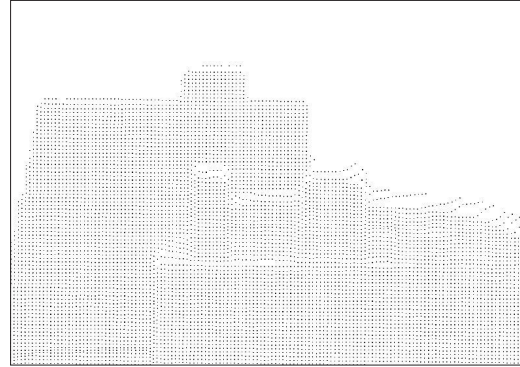
$$P_i' = K_i[R_i' | t_i'] \quad (8)$$

$$p_i = P_i' \cdot P_s^{-1} \cdot p_s \quad (9)$$

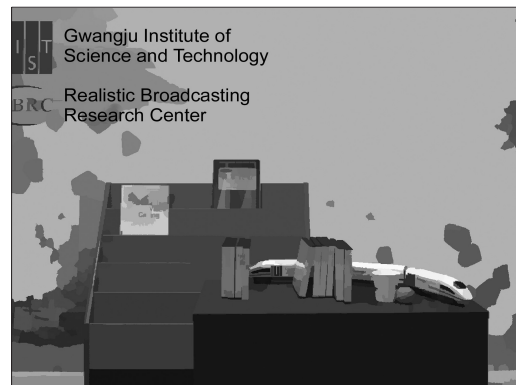
여기서 $p = (p_x, p_y, 1)$ 은 p_s 에 상응하는 다시점 영상의 위치 정보 (p_x, p_y) 를 나타낸다. 또한, p 에서의 깊이 정보 $D_i(p_x, p_y)$ 는 식 (10)과 같다. 그림 8은 3차원 워핑을 통해 얻어진 초기 깊이 영상을 보여준다.

$$D_i(p_x, p_y) = (t_{iz} - t_{sz}) + D_s(p_{sx} \cdot p_{sy}) \quad (10)$$

이 논문에서는 세그먼트 단위로 계산한 초기 깊이 정보를 고려해 검색 영역을 설정하고, 스테레오 정합을 수행하여 다시점 영상의 깊이 영상을 생성한다. 이 논문에서는 mean-shift 기반의 색상 분할 방법을 이용하여 다시점 영상을 분할한다[16]. 그림 9는 mean-shift 방법을 이용해 색상 영상을 분할한



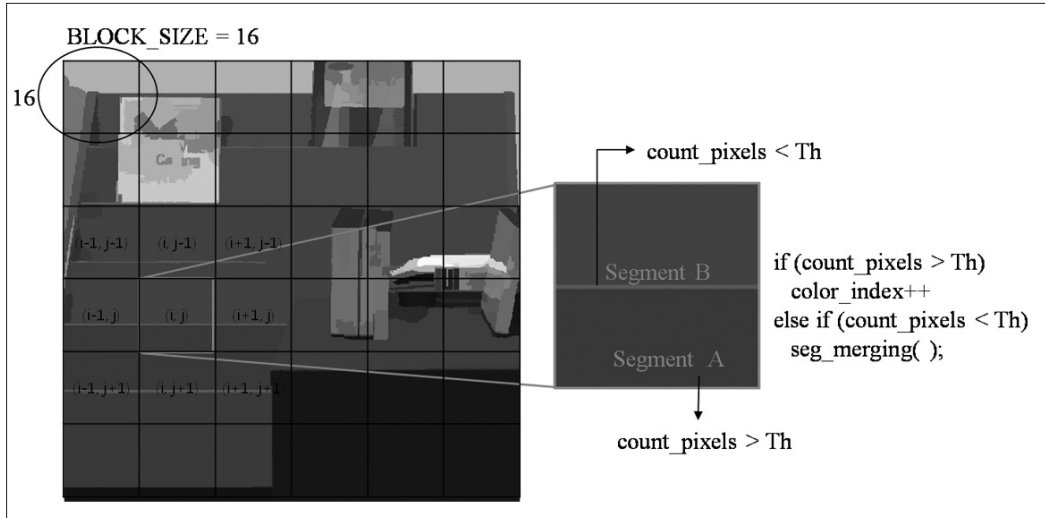
<그림 8> 3차원 워핑을 이용해 생성한 초기 깊이 영상



<그림 9> 세그먼트 기반 스테레오 정합

결과이다.

세그먼트를 기반으로 스테레오 정합을 수행할 때, 세그먼트의 크기가 너무 크면 하나의 세그먼트가 하나의 깊이 값으로 정의되기 때문에 자연스러운 깊이 영상을 생성하기 어렵다. 반대로 세그먼트의 크기가 너무 작으면 비슷한 색상이 반복적으로 나오는 영역(textureless regions)에서는 정확한 깊이 영상을 생성하기가 어렵다. 이 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 최소 128 화소 이상, 최대 256 화소 이내의 크기로 세그먼트 크기를 재정의한다. 그림 10은 분할한 세그먼트를 블록 단위로 재정의하는



<그림 10> 분할된 색상 영상을 블록 단위로 재정의

과정을 보여 준다.

그림 10에서 볼 수 있듯이, 모든 분할한 세그먼트를 다시 16×16 크기의 블록 단위로 나누고, 나누어진 블록 내에서 각 세그먼트의 크기를 분석한다. 그림 10에서처럼 블록 (i, j) 안에는 3개의 색상 분할 조각이 존재한다. 이 색상 분할 조각이 미리 정의한 임계값보다 크면 이는 하나의 색상 분할 조각으로 정의되지만, 만약 색상 분할 조각이 임계값보다 작을 경우에는 인접한 블록을 탐색하여 같은 색상 조각을 찾아 두 개의 조각을 하나의 색상 조각으로 병합한다. 색상 분할을 위한 주어진 조건을 만족할 때까지 이와 같은 과정을 반복적으로 수행하여 블록 단위 색상 분할 영상을 재정의한다.

일반적으로 색상 분할을 기반으로 스테레오 정합을 수행하는 경우, 영상은 비슷한 색상을 가진 영역으로 분할되고, 비슷한 색상을 가진 영역은 비슷한 깊이 정보를 갖는다고 가정한다 [6]. 각 세그먼트에

초기 변이를 설정하기 위해서 변이와 깊이 변환식 (11)을 이용해 초기 깊이 영상의 깊이 정보를 변환한다.

$$d_i(p_{ix}, p_{iy}) = \frac{K_{ix} \cdot B}{D_i(p_{ix}, p_{iy})} \quad (11)$$

이때 세그먼트 s_i 의 초기 변이 $d(s_i)$ 는, 식 (12)와 같이, 세그먼트 s_i 가 포함하고 있는 영역에 존재하는 초기 깊이 정보의 평균값으로 결정한다.

$$d(s_i) = \frac{1}{n(A(s_i))} \sum_{j=1}^{n(A(s_i))} d_j(A(s_i)) \quad (12)$$

여기서 $n(A(s_i))$ 는 세그먼트 s_i 에 포함된 초기 깊이 영상 영역 $A(s_i)$ 의 화소 수이고, $d_j(A(s_i))$ 는 초기 깊이 영상 영역 $A(s_i)$ 에 있는 j 번째 변이이다. 각 세그먼트의 변이를 결정하기 위해, 현재 시점에서 위

핑된 세그먼트를 참조 영상의 초기 변이 위치로 설정하고, 주변 영역을 탐색하여 SAD가 최소가 되는 변이를 계산하여 초기 깊이 영상을 생성한다.

2. 깊이 영상 정제

색상 분할 기반의 스테레오 정합 방법을 이용하여 깊이 정보를 획득할 경우, 하나의 세그먼트는 하나의 변이값을 갖는다. 그러나 실제 환경에서 모든 물체는 연속적인 깊이 정보를 가지므로, 이러한 문제점을 해결하기 위해 이 논문은 belief propagation (BP) 방법을 이용해 깊이 영상을 정제한다[17]. 스테레오 정합을 이용하여 계산한 변이 정보를 이용하여 BP 방법을 적용할 검색 영역을 결정하고, 생성한 깊이 영상을 화소 단위로 다시 한번 정제한다. 깊이 영상을 정제하기 위한 비용함수(cost function)는 식 (13)과 같다.

$$d(x,y) = \lambda \min(|I(x,y) - I(x-d,y)|, T), -s \leq d \leq +s \quad (13)$$

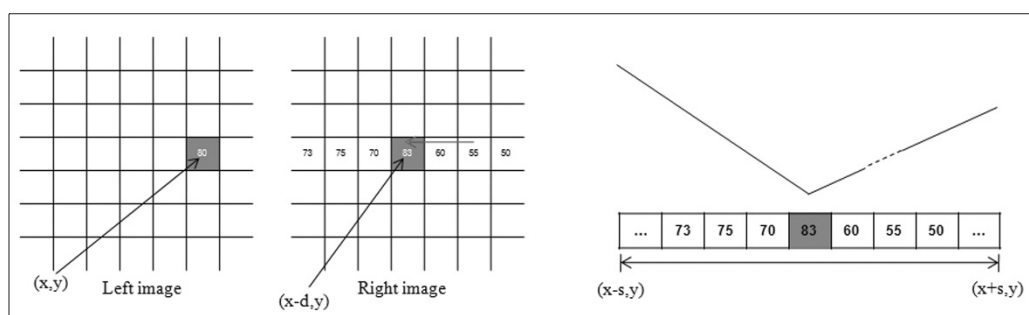
여기서 λ 는 가중치(scaling factor), T 는 임계값(threshold), s 는 탐색 범위(research range)를 의미한다. 그림 11에서 보는 것처럼, 현재 위치 (x,y) 에

서의 초기 깊이 정보가 d 일 경우, d 를 기준으로 탐색 범위 s 를 좌우 영역에 적용하여 비용 함수를 계산한다. 그리고 그 탐색 범위 내에서 비용 함수의 결과가 가장 작은 값을 최종 깊이 $d(x,y)$ 로 결정한다.

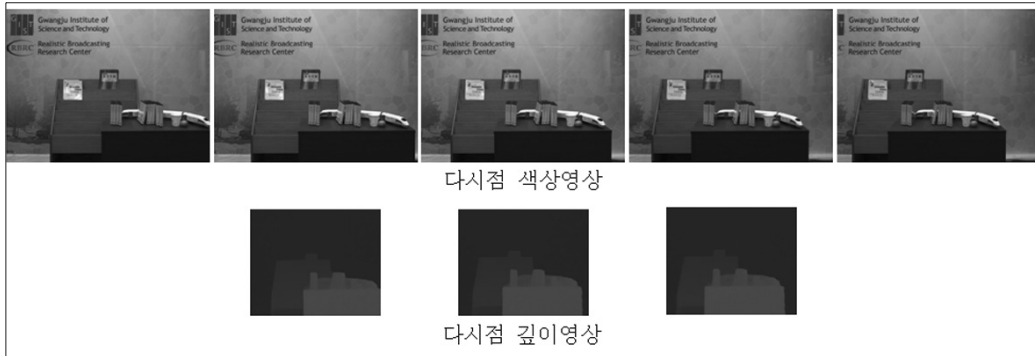
V. 실험 결과 및 분석

이 논문에서 제안한 깊이 영상을 생성하는 방법을 평가하기 위해, 다시점 카메라 5 대와 깊이 카메라 3 대를 이용해 다시점 깊이 카메라 시스템을 구성했다. 그림 12는 제안한 다시점 깊이 카메라 시스템을 이용해 획득한 5 개의 다시점 색상 영상과 3 장의 깊이 영상을 보인 것이다.

그림 13은 DERS 소프트웨어를 이용해 생성한 다시점 깊이 영상이고[18], 그림 14는 제안하는 방법을 통해 생성한 다시점 깊이 영상 결과를 보여준다. 생성한 깊이 영상은 복잡하고 날카로운 외곽선 정보를 가지는 영역과 비슷한 색상 정보가 반복적으로 존재하는 영역에서도 좋은 결과를 보였다. 이 실험 결과에서 확인할 수 있듯이, 기존의 방법은 배경과 물체의 외곽선 영역에서 잘못된 정합 결과를 포함하



<그림 11> BP를 이용한 다시점 깊이 영상 정제



<그림 12> 입력 영상



<그림 13> 기존 알고리즘을 이용한 다시점 깊이 영상



<그림 14> 다시점 깊이 카메라를 이용한 다시점 깊이 영상

고 있으나, 제안한 방법은 정확한 깊이 영상을 생성했다. 그림 15는 카메라 2와 카메라 4의 색상 영상과 그에 상응하는 깊이 영상을 이용해 중간시점인

카메라 3의 색상 영상을 생성한 결과이다. 그림 15에 보인 것처럼, 제안한 다시점 깊이 영상 생성 방법이 전경의 경계 영역에서 좋은 결과를 생성한 것을



<그림 15> 색상 영상과 깊이 영상을 이용한 중간시점 영상생성

확인했다.

표 2는 제안한 방법과 기존 방법으로 생성한 깊이 영상을 이용해 중간 시점 영상을 생성하여, 원본 영상인 카메라 3에서 획득한 영상과의 PSNR 값을 구한 결과이다. 표 2에서 확인할 수 있듯이, 제안한

<표 2> 합성 시점의 PSNR 비교

	평균 PSNR
기존 알고리즘	31.89
제안한 알고리즘	32.18

방법으로 생성한 중간 영상이 더 정확한 것을 확인했다.

VI. 결 론

이 논문은 현재 구할 수 있는 저화질의 다시점 깊이 카메라로부터 획득한 다시점 깊이 영상을 이용하여 고화질 깊이 영상을 생성하는 방법을 제안했다. 생성하는 깊이 영상의 정확도를 높이기 위해 다시점 깊이 카메라를 이용했다. 깊이 영상의 정확도 평가를 위해 기존의 깊이 영상 생성 방법으로 깊이 영상을 생성하여 그 결과를 비교했으며, 생성한 깊이 영상을 이용해 중간시점 영상을 생성했다. 실험 결과에서 보인 것처럼, 기존의 깊이 영상 생성 방법을 이용한 경우보다 향상된 화질의 깊이 영상을 얻었다. 이 논문에서는 기존의 깊이 영상 생성 방법이 정합 정보가 없는 폐색 영역과 비슷한 색상 정보가 반복되는 영역에서 잘못된 깊이 정보를 생성하는 문제점을 해결했고, 다시점의 저해상도 깊이 카메라를 이용해 고해상도 다시점 깊이 영상을 생성하는 방법을 제시했다.

참 고 문 헌

- [1] P. Kauff, N. Atzpadin, C. Fehn, M. Möller, O. Schreer, A. Smolic, and R. Tanger, "Depth map creation and image - based rendering for advanced 3DTV services providing interoperability and scalability," *Signal processing Image Communication*, vol. 22, no. 2, pp. 217 - 234, Feb. 2007.
- [2] C. Fehn, R. Barre, and S. Pastoor, "Interactive 3 - DTV - concepts and key technologies," *Proceedings of the IEEE*, vol. 94, no. 3, pp. 524 - 538, March 2006.

- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N8944, "Preliminary FTV model and requirements," April 2007.
- [4] Canestavision™, <http://www.canesta.com/html/developmentkits.htm>.
- [5] Swiss Ranger SR - 2, <http://www.csem.ch/fs/imaging.htm>.
- [6] C. Zitnick, S. Kang, M. Uyttendaele, S. Winder, and R. Szeliski, "High - quality video view interpolation using a layered representation," Proc. of ACM SIGGRAPH, pp. 600 - 608, August 2004.
- [7] G. Iddan and G. Yahav, "3D imaging in the studio and elsewhere," Proc. of SPIE Vidometrics and Optical Methods for 3D Shape Measurements, pp. 48 - 55, January 2001.
- [8] J. Zhu, L. Wang, R. Yang, and J. Davis, "Fusion of time - of - flight depth and stereo for high accuracy depth maps," Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 231 - 236, June 2008.
- [9] Y. Kang, E. Lee, and Y. Ho, "Multi - depth camera system for 3 - D video generation," International Workshop on Advanced Image Technology, pp. 44(1 - 6), Jan. 2010.
- [10] G. Um, K. Kim, C. Ahn, and K. Lee, "Three - dimensional scene reconstruction using multiview images and depth camera," Proc. of 3D Digital Imaging and Modeling, pp. 271 - 280, Jan. 2005.
- [11] E. Lee, Y. Kang, Y. Jung, Y. Ho, "3 - D video generation using hybrid camera system," International Conference on Immersive Telecommunications (IMMERSCOM) , pp. T5(1 - 6), June 2009.
- [12] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, pp. 1330 - 1334, Nov. 2000.
- [13] Camera calibration toolbox program for Matlab provided by Caltech, <http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib doc/>
- [14] Y. Kang, and Y. Ho, "Geometrical compensation for multiview video in multiple camera array," Proc. of International Symposium ELMAR, vol. 1, pp 83 - 86, Sept. 2008.
- [15] N. Joshi, B. Wilburn, V. Vaish, M. Levoy, and M. Horowitz, "Automatic color calibration for large camera arrays," in UCSD CSE Technical. Report. CS2005 - 0821, May 2005.
- [16] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 4, pp. 603 - 619, May 2002.
- [17] F. Pedro and Felzenszwalb, P. Daniel, "Efficient belief propagation for early vision," International Journal of Computer Vision, vol.70, no 1, pp. 41 - 54, Dec. 2006.
- [18] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M15377, "Reference softwares for depth estimation and view synthesis," April 2008.

필자 소개



호요성

- 1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1989년 12월 : University of California, Santa Barbara, Department of Electrical and Computer Engineering (공학박사)
- 1983년 3월 ~ 1995년 9월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
- 1990년 1월 ~ 1993년 5월 : 미국 Phillips 연구소, Senior Research Member
- 1995년 9월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수
- 2003년 8월 ~ 현재 : 광주과학기술원 실감방송연구센터 센터장
- 주관심분야 : 디지털 영상신호 처리 및 압축, 디지털 TV와 고선명 TV, MPEG 표준, 3차원 TV, 실감방송

필자 소개



이은경

- 2002년 2월 : 호남대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2004년 2월 : 호남대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2004년 9월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : 3차원 TV, 실감방송, 다시점 카메라 시스템, 다시점 깊이 영상 생성



강윤석

- 2007년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
- 2008년 8월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : 디지털 영상처리, 다시점 깊이 카메라 시스템, 3차원 TV, 실감방송