

+ 호요성 · 광주과학기술원(GIST) 교수

TECH&TREND

3차원 영상 서비스와 기술 개발 동향(2)

1. 서론

현재 삼성과 LG를 비롯한 여러 회사에서 3차원 TV를 생산하여 판매하고 있고, 쉽게 3차원 영상을 접할 수 있는 많은 인프라가 구축되고 있다. 이에 따라 3차원 영화와 TV에 대한 관심이 급증하고 있지만 아직 3차원 콘텐츠의 양이 부족하여 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

현재는 사람들이 단순히 고정된 위치에서 3차원 깊이감을 체험할 수 있는 양안 영상 기반의 콘텐츠가 제작되고 있지만, 더 나아가서 여러 시점의 입체 영상을 이용하여 원하는 시점을 선택하여 볼 수 있는 다시점 및 자유시점 3차원 TV가 개발되고 있다. 이러한 자유시점 방송 서비스를 지원하기 위해서는 임의의 가상 시점 영상의 생성 기술이 필요하며, 이를 위해 다시점 색상 영상과 더불어 정확한 깊이 정보가 필요하다 [1]. MPEG(Moving Picture Experts Group) 국제 표준화 그룹에서도 이런 자유시점 3차원 TV의 중요성을 예견하고, 3차원 비디오 부호화 기술의 표준화 작업을 활발히 진행하고 있다 [2].

최근에는 고해상도 다시점 카메라와 저해상도 깊이 카메라를 결합하여 고해상도 다시점 색상 영상과 그에 상응하는 고해상도 깊이 정보를 생성할 수 있는 다시점 깊이 카메라 시스템이 제안되었다. 이 논문에서는 3차원 콘텐츠를 획득하기 위한 카메라 장비와 다시점 깊이 카메라 시스템을 위한 전처리 방법을 살펴보고자 한다.

2. 3차원 영상 콘텐츠 획득 시스템

실사 촬영을 위해 영상 신호원으로 카메라가 사용되고, 입체 효과의 강조와 조절을 위해 컴퓨터 그래픽을 이용한 애니메이션도 많이 사용되고 있다. 이 외에 자막 제작용 문자 발생기나 단안 깊이단서를 사용하여 기존의 2차원 콘텐츠를 3차원 콘텐츠로 변환하는 방법(2D to 3D conversion)도 개발되었다 [3].

(1) 양안 카메라 시스템

양안식 입체 TV와 입체 영화를 위한 영상 콘텐츠를 제작하기 위해서는 서로 다른 위치에 존재하는 두 대의 카메라가 사용된다. 이는 작동 방식에 따라 교차축, 평행축, 수평 이동축, 직교식으로 분류된다[4].

렌즈와 센서의 중심을 연결하는 선을 광축이라 할 때, 평행축 방식은 그림 1(a)와 같이 두 광축이 평행하며, 센서에 맞

는 두 이미지 간의 시차를 이용해 입체감을 구현한다. 이 방식은 간단하지만 시차 변화에 적용할 수 없다는 문제점을 갖고 있다. 광축을 회전할 수 있게 하여 물체에 주시점을 맞추는 것이 그림 1(b)에 해당하는 교차축 방식인데, 주시각을 제어할 수 있고 비교적 간단히 만들 수 있지만 센서면이 광축에 수직이 아니므로 화면의 좌우 높이의 차에 의한 사다리꼴 왜곡이 발생한다. 이 방식을 이용하여 2002년 ETR와 한국 입체 방송에서 3차원으로 월드컵 경기를 촬영하였다.

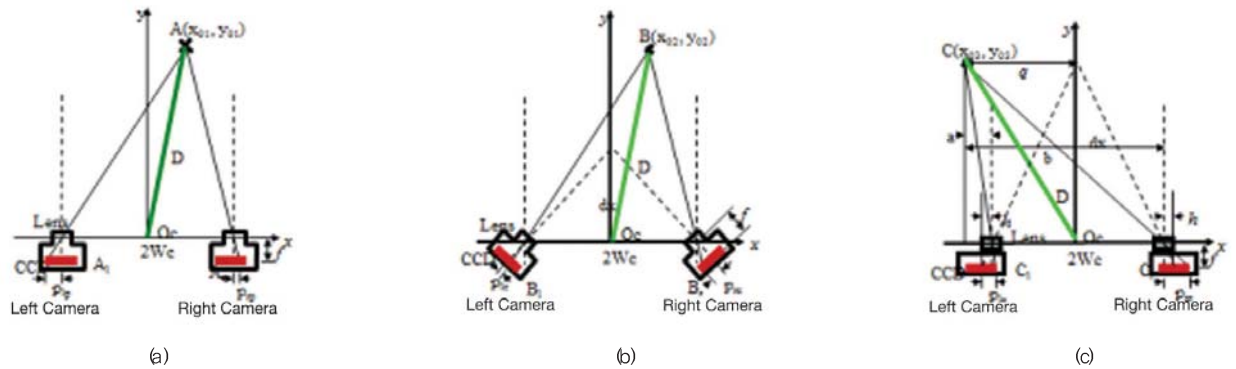


그림 1. 다시점 깊이 카메라 시스템

그림 1(c)와 같이 수평 이동축 방식을 사용하면 렌즈와 이미지 센서가 고정되지 않고 미소한 간격을 좌우 대칭으로 움직이게 함으로써 주시각 제어 효과를 낼 수 있다. 이 방식은 교차축에 비해 왜곡이 적고 정밀한 주시각 제어가 가능하여 눈의 피로감이 적은 영상을 만들 수 있다. 그러나 구조가 복잡하여 제작상의 어려움이 존재한다. 방송 기술 연구소에서는 이 방식을 채택한 HD급 카메라를 그림 2와 같이 개발하여 연구 및 시사에 활용하고 있다 [5].

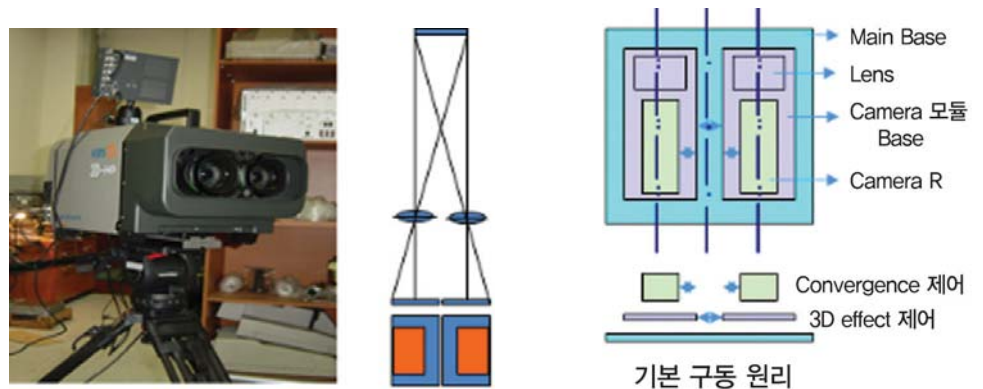


그림 2. 수평 이동축 방식 카메라 시스템

두 카메라의 줌 기능을 독립적으로 조절하면 과도한 양안시차가 발생하여 3차원 카메라의 기능을 상실하므로 대부분의 3차원 카메라는 줌 기능을 사용하지 않고 있다. 방송 기술 연구소에서 개발한 카메라는 줌 조절 시에 두 렌즈가 서로 연동하여 편안한 주시각을 유지해주는 기능이 있다. 기존의 3차원 카메라보다 작고 가벼우며, 성능이 좋아서 완성도 높은 입체 콘텐츠 제작에 활용할 수 있다.

이후 등장한 방식이 직교식 카메라로, 카메라를 직교식으로 배열하여 앞서 이야기한 세 가지 방식을 각각 다 적용할 수 있다. 직교식 카메라는 사람의 양안 간격과 같은 6.5cm의 영상을 촬영하기 위해서 고안되었다. 수평 배열은 카메라의 크기 때문에 좁은 간격을 구성하는데 한계가 있지만 직교식 카메라는 양안 간격을 하프 미러를 이용하여 0까지 조절할 수 있다.

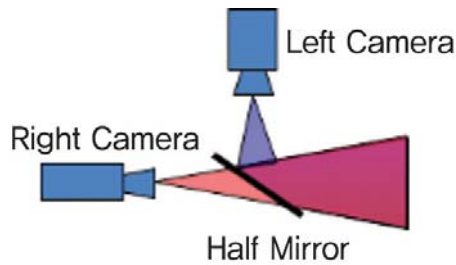


그림 3 직교식 카메라 시스템

(2) 복합형 카메라 시스템

양안 카메라는 고정된 위치에서 입체감을 느낄 수 있는 두 개의 시점만을 제공하였다. 그러나 다시점/자유시점 TV는 사용자가 원하는 임의의 시점을 선택하여 시청하도록 서비스하는 것으로 다양한 시점 제공을 위해 더욱 많은 카메라가 필요하게 되었다. 더욱이 카메라와 카메라 사이의 가상시점 영상을 생성하기 위해 피사체의 3차원 정보가 필요하게 되었고 이것을 얻기 위해 스테레오 정합 알고리즘이나 적외선 원리의 깊이 카메라를 사용하고 있다 [6].

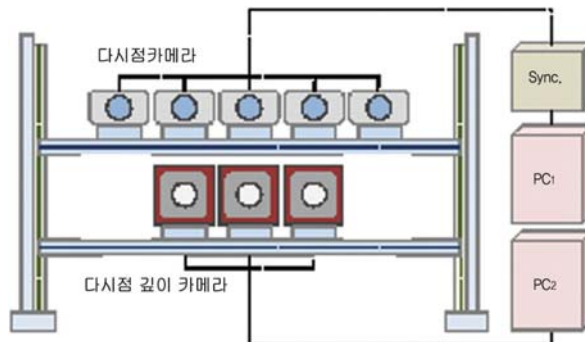


그림 4 다시점 깊이 카메라 시스템

그림 4는 광주과학기술원에서 제안한 다시점 깊이 카메라 시스템과 그 구성을 보여주고 있다. 이는 다섯 대의 고해상도 다시점 카메라와 세 대의 저해상도의 깊이 카메라로 구성되어 있다 [7]. 이는 크게 다시점 카메라, 깊이 카메라, 동기화 세 부분으로 분류될 수 있고, 각 카메라는 비디오 저장 보드를 가진 PC에 연결되어 있다. 동기화 신호 재생기가 모든 카메라에 연결되어 동기화 신호를 연속적으로 보내 프레임마다 다시점 영상과 깊이 영상을 동시에 획득할 수 있다. 표 1은 다시점 깊이 카메라 시스템의 구체적인 사양을 보여준다.

장 치	상 세 정 보	
다시점 카메라	출력 형식	NTSC / PAL (16:9)
	해상도	1280 (h) × 960 (v)
깊이 카메라	깊이 범위	0.5 ~ 5.0m
	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

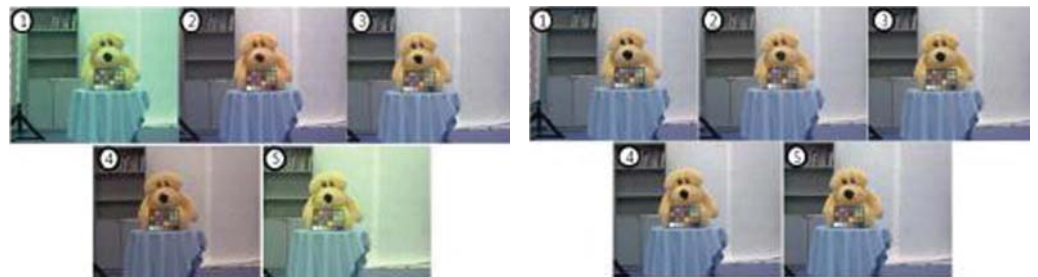
표 1. 다시점 깊이 카메라 시스템 구성

3. 전처리 과정

일반적으로 다시점 깊이 카메라 시스템을 이용하여 다시점 영상과 깊이 영상을 획득한 뒤, 획득된 영상의 오차를 바로 잡기 위한 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정은 크게 다시점 영상 색상 보정, 깊이 카메라 렌즈 왜곡 보정, 카메라 보정, 깊이 영상 보정으로 나뉜다.

(1) 다시점 영상 색상 보정

색상 불일치 문제는 같은 물체의 색상 분포가 시점에 따라 달라지는 현상으로 동일 기종의 카메라를 이용하여 같은 설정으로 촬영하더라도 발생하게 된다 [8]. 이는 사용자에게 시점간 색상 차이 때문에 부자연스러움을 느끼게 함은 물론 이후 진행되는 여러 영상처리 과정에서도 문제를 일으키기 때문에 반드시 바로잡아야 한다. 일반적으로 카메라 특성에 기반을 둔 다시점 영상 색상 보정방법이 주로 사용되고 있으며, 이 방법은 우선 기준이 되는 참조시점 영상을 선택하고 이 영상과 다른 시점 영상 간의 대응점을 추출한다. 추출된 색상 샘플들을 기반으로 상대적인 카메라 특성을 모델링하고 비선형 순환법을 이용하여 내부 계수들을 계산한다. 이렇게 유추된 모델을 통해 RGB 채널의 색인표를 만들고 색상 매칭 과정을 통해 보정시점 영상의 색상을 바로잡게 된다.



6) 보정 전

6) 보정 후

그림 5. 다시점 영상 색상 보정

(2) 깊이 카메라 렌즈 왜곡 보정

카메라를 사용하여 3차원 장면을 촬영할 때, 실제 장면에서는 직선의 형태를 가진 물체가 촬영된 영상에서는 곡선으로 나타나는 현상을 렌즈 왜곡 (lens radial distortion)이라고 한다. 렌즈 왜곡은 디지털 영상 처리 전반에서 많은 부분에 장애 요인으로 작용하기 때문에 이를 바로잡는 작업이 필요하다. 다시점 깊이 카메라 시스템에서는 카메라 조정이나 깊이 보정과 같은 대응점을 이용한 과정이 존재하기 때문에 이러한 문제점을 반드시 해결해야 한다. 일반적으로 렌즈 왜곡은 원형으로 발생하기 때문에 이를 원형 렌즈 왜곡이라고 부르기도 한다 [9].

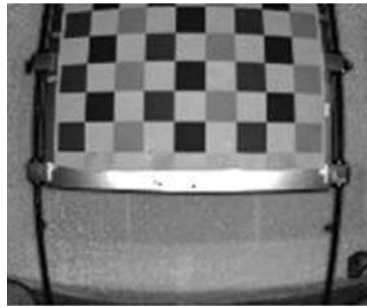


그림 6. 카메라 특성에 의한 영상 왜곡

그림 6은 깊이 카메라에서 촬영된 영상을 보여주는데, 심한 렌즈 왜곡이 발생했음을 알 수 있다. 이러한 렌즈의 왜곡된 성분을 추출하기 위해 격자무늬 패턴 영상을 사용하는데, 이를 통해 왜곡 변수를 구하여 영상을 바로잡으면 그림 7과 같이 보정된 영상을 구할 수 있다 [10]. 영상의 변환 과정에서 생길 수 있는 빈 영역은 주변 값들의 평균을 취하여 채운다.

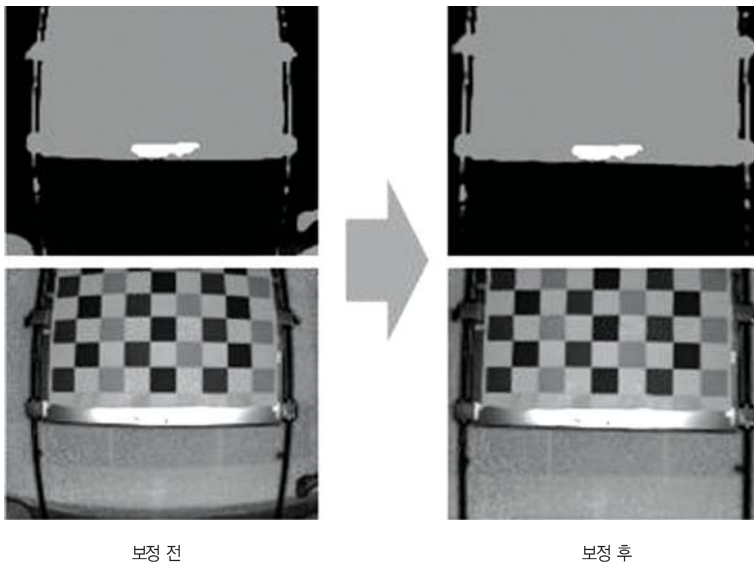


그림 7. 카메라 왜곡 보정 결과



(3) 카메라 보정

카메라 보정은 다시점 카메라와 다시점 깊이 카메라의 내부 및 외부 인자를 찾는 과정이다[11]. 카메라 보정을 통해 다시점 깊이 카메라와 다시점 카메라의 내부 행렬 K_s, K_t , 회전 행렬 R_s, R_t , 이동 행렬 T_s, T_t 을 추정한다. 각 카메라에 대한 투영 행렬인 P_s, P_t 을 계산한다 [12]. 식 (1)과 식(2)는 계산한 투영 행렬을 각각 보여준다.

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

$$P_t = K_t [R_t | t_t] \quad (2)$$

다시점 영상을 이용해 스테레오 정합을 수행하기 위해서는 먼저 모든 카메라의 수직 위치가 같다고 가정하는데, 실제 영상 획득 과정에서는 사람이 수동적으로 카메라를 정렬하기 때문에 수직 방향에도 변화가 존재할 수 있다. 따라서, 카메라를 바로잡은 뒤에는 영상 정렬화를 통해 다시점 영상 사이의 수직 위치가 일치하도록 교정한다 [13]. 그림 8은 영상 정렬화를 적용한 결과 영상이다.

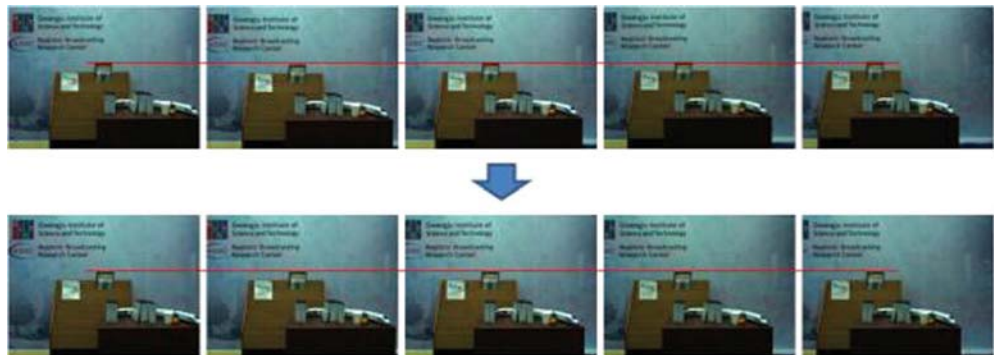


그림 8 다시점 영상 정렬화

(4) 깊이 영상 보정

일반적으로 깊이 카메라는 거리 정보를 측정하고자 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 깊이 값의 보정이 필요하다. 이를 위해 일정 거리마다 깊이 정보를 측정하여 실제 깊이 정보 사이의 관계를 정의하는 보정 곡선을 만들고, 깊이 카메라의 깊이 측정 특성을 분석하여 깊이 영상을 바로잡는다. 그림 9는 깊이 영상 보정을 위한 보정 패턴 영상의 획득 방법과 실제로 얻은 보정 패턴 영상이다.

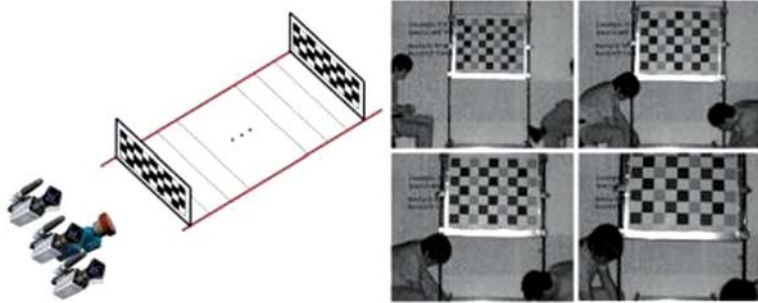


그림 9. 깊이 영상 보정

깊이 보정을 수행하기 위해 먼저 획득한 모든 패턴에서 대응하는 교차점의 위치를 추출한다. 모든 패턴 영상은 이미 영상 평활화를 거친 영상이기 때문에 모든 교차점은 수평 방향으로만 변위를 가진다. 시점이 다른 두 대의 카메라에서 획득한 패턴의 교차점 사이의 변위 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 변위, 그리고 $Z(p_x, p_y)$ 는 구하고자 하는 실제 깊이 정보이다. 우리는 카메라 보정을 통해 모든 카메라에 대한 정보를 이미 알고 있기 때문에 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 선형적인 관계를 가져야 한다. 그림 10은 획득한 깊이 영상을 이용해 실제 거리와 획득한 깊이 영상 간의 관계를 정의한 보정 곡선이다. 그래프의 x 축은 획득한 보정 패턴 영상을 통해 계산한 실제 거리 정보이고, y 축은 깊이를 카메라를 이용해 획득한 깊이 영상의 화소 정보이다. 획득한 깊이 영상을 이용해 정확한 깊이 영상을 생성하기 위해서는 실제 3차원 비디옌 생성을 수행하기 전에 각 깊이 카메라가 가지는 왜곡 특성을 분석하고, 이를 보정하는 작업을 수행해야 한다. 그림 11은 생성한 보정 곡선을 이용해 획득한 깊이 영상을 바로 잡은 결과 영상이다.

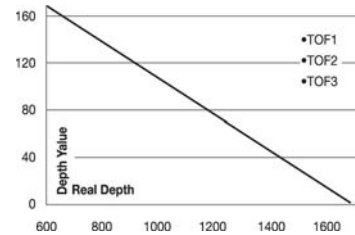


그림 10. 깊이 영상 보정을 위한 보정곡선



그림 11. 보정곡선을 이용하여 보정한 깊이영상

4. 결론

본 논문에서는 3차원 영상 콘텐츠의 획득에 필요한 여러 가지 카메라 시스템의 형태와 그 장단점 그리고 전처리 과정에 대해 살펴보았다. 양안식 입체 영상을 위한 콘텐츠 획득기술은 현재 3차원 입체 영화나 가정용 3차원 TV에도 적용되고 있고, 조만간 3차원 영상 콘텐츠 촬영을 할 수 있는 모바일 장치도 출시를 앞들 정도로 기술 발전이 많이 이루어진 것을 알 수 있었다. 다시점과 자유시점 TV에 필요한 영상 콘텐츠 획득 방법이나 전처리 기술은 현재 상용화 단계는 아니지만, 기술개발이 어느 정도 수준에 다다른 상태이고 수년 내에 상용화도 기대해 볼 만한 상황이다.

참고문헌

- [1] C. Fehn, R. Barre, and S. Pasbor, "Interactive 3-DTV – concepts and key technologies," Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 3, pp. 524–538, March 2006.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N8944, "Preliminary FTV model and requirements," April 2007.
- [3] J. Ko, M. Kim, and C. Kim, "2D-To-3D Stereoscopic Conversion:Depth-Map Estimation in a 2D Single-View Image," in Proc. of the SPIE, vol. 6696, pp. 66962A, Aug. 2007.
- [4] KBS 방송기술연구소 홈페이지, <http://officekbs.co.kr/techcenter/>
- [5] 호요성, 김성열, "3차원 TV와 실감방송 – 한국의 3차원 TV," 방송과 기술, Vol. 152, pp. 112–123, 2008.
- [6] 김성열, 호요성, "복합형 카메라 시스템에서 관심영역이 향상된 고해상도 깊이맵 생성 방법," 방송공학회 논문지, 제13권 제5호, pp. 596–601, 2008.
- [7] 이은경, 호요성, "복합형 카메라 시스템을 이용한 고속 다시점 깊이 영상 생성 방법," 정보통신분야학회 합동학술대회, pp. 23–26, 2010.
- [8] 정재일, 호요성, "다시점 카메라 시스템을 위한 상대적 카메라 특성 기반 색상 보정법," Telecommunications Review, 제20권, paper 6호, pp. 1004–1016, 2010.
- [9] A. Ilie and G. Welch, "Ensuring Color Consistency Across Multiple Cameras," Proc. of 10th IEEE international Conference on Computer Vision, pp. 1268–1275, 2005.
- [10] 호요성, 이은경, 강윤석, "다시점 카메라와 깊이 카메라를 이용한 3차원 영상 생성 방법," 한국콘텐츠학회 학회지, 제8권, paper 제1호, pp. 12–17, 2010.
- [11] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, pp. 1330–1334, Nov. 2000.
- [12] Camera calibration toolbox program for Matlab provided by Caltech, http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/
- [13] 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.