기술 동향

3차원 TV와 실감방송③

– 일본의 3차원 TV

호요성, 허진
(광주과학기술원 실감방송연구센터)

1. 서론

최근 디지털 TV 방송이 본격적으로 시행됨에 따라 고품질의 HDTV 방송 서비스가 시청자에게 직접 제공되고 있으며, 이에 필요한 다양한 프로그램이 제작되고, 여러 종류의 수신기가 널리 보급되고 있다. 이와 더불어, 디지털 신호처리 기술과 정보압축 기술도 발전하여 차세대 영상 매체로 3차원(3D) 입체 TV가 거론되고 있다. 3차원 입체 영상의 처리 및 디스플레이 기술은 방송뿐만 아니라, 통신, 의료 등의 분야에서도 매우 광범위하게 응용될 것으로 예상된다.

입체 TV 방송을 시청하기 위해서는 현실감 있고 박진감이 넘치는 3차원 영상을 획득하고, 이를 압축 처리하여 전송한 뒤에, 3차원으로 복원하여 사용자의 요구에 따라 임의로 재현할 수 있는 3차원 입체 방송 시스템이 필요하다. 현재 일부 선진국에서는 3차원 TV 방송에 관련된 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 최근 일본에서 연구하고 있는 3차원 TV의 전반적인 기술을 소개한다. 우선 2장에서는 일본의 3차원 TV 기술 동향을 살펴보고, 3장에서는 현재 일본에서 활발히 연구하고 있는 광선 공간(Ray Space)을 이용한 자유시점 TV(Free Viewpoint TV, FTV) 방식에 대해서 자세히 설명한다. 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 일본의 3차원 TV 기술 동향

일본은 3차원 입체 영상의 상업화에 일찍부터 관심을 갖고, 1992년부터 1997년까지 총무성 산하 TAO (Telecommunications Advancement Organization

of Japan, 통신방송기구)의 연구과제인 '고도 입체 동영상 통신' 국책 연구 과제를 시작으로 하여, '입체 하이비전 프로그램 제작기술 프로젝트', 그리고 2002년까지 수행한 '고도 3차원 동화상 원격 표시 프로젝트' 등을 수행하면서 다안식 다시점 3차원 방송 시스템을 개발했다. 이와 관련해서 초점심도 범위와 영상의 깊이 및 시각 피로 등의 관련된 분야의 연구도 병행했다.

특히, 일본 ATR(Advanced Telecommunications Research Institute International, 국제전기통신기초기술연구소)의 Department of Vision Dynamics는 CDP(Communication Dynamics Project)와 AVIP(Adaptive Visual Integration Project)를 통해서 얼굴추적 시스템(Face Tracking System)에서의 카메라 조정 방법과 3각 깁기를 이용한 일치 문제, 그리고 파츠 모델(Potts model)을 이용한 움직임 분할(segmentation) 등 3차원 정보를 생성하기 위한 연구를 지속적으로 수행했다. 또한, 표정을 드러내는 인물뿐만 아니라 고정되지 않은 3차원 영상의 재구성을 위한 연구도 수행했다 [1].

일본의 NHK 연구소에서는 1959년경부터 3차원 방송에 관한 연구를 시작하여, 1990년에 안경이 필요 없는 입체 고화질 디스플레이 기술을 개발했고, 1997년에는 통신위성(Communication Satellite, CS)을 이용한 디지털 입체 방송 실험, 1998년에는 Optical Fiber와 통신위성을 이용한 입체 하이비전의 생방송 실험을 통해 다양한 방식을 제안하여 연구하고 있다. 지난 1998년에는 NHK와 KDD를 중심으로 나가노 동계 올림픽 경기를 입체로 중계 방송했다.

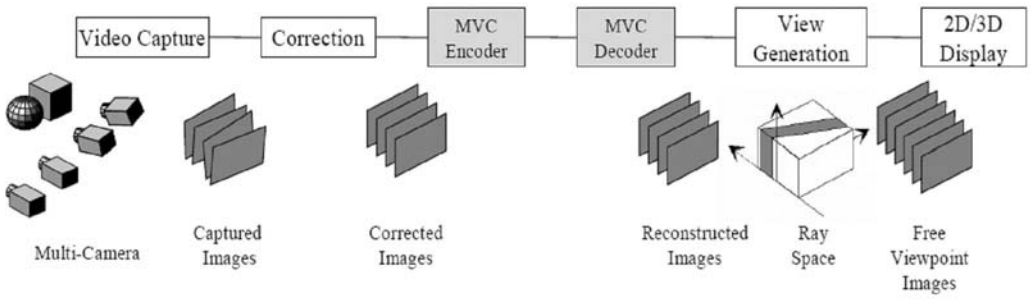
최근에는 NHK, NTT, SANYO, ATR 등을 중심으로 다시점 카메라와 Auto Stereoscopic 3DTV 시스템을 개발하기 위한 다양한 프로젝트를 수행하고 있으며, 국립정보통신기술연구원(National Institute of Information and Communications Technology, NICT)의 유니버설 미디어 연구센터(Universal Media Research Center, UMRC)에서는 3차원 TV와 초실감(ultra realistic) 방송에 관련된 3차원 정보처리 기술을 개발하고 있다.

또한, 약 100여개 이상의 회원사로 3차원 입체영상 컨소시엄을 구성하여 3차원 영상 시장을 창출하기 위해 노력하고 있으며, 2007년 3월부터는 초임장감 통신포럼(Ultra-Realistic Communications Forum, URCF)을 구성하여 국가 차원에서 공감각 3DTV와 UDTV(Ultra-Definition TV) 기술 개발을 추진하고 있다 [2].

〈표 1〉 일본의 입체 TV 기술 개발 동향

연구기관	기술개발 개요
NHK 연구소	휴먼팩터 및 3차원 HDTV 기술 개발
ART 연구소	Human Visual Perception 메커니즘 연구
TAO	3차원 TV, Anamorphic 방법, 공간 연구
Sony	3차원 영상 압축, 교육용 입체 TV
동경대	홀로그래픽 3차원 TV, HDTV 기술 연구
Sanyo	렌티큘러 TV, 시차장벽 TV 연구
Toppan Printing	3차원 영상 합성, 렌티큘러판 제작

지금까지 일반 시청자들은 텔레비전을 통해 멀리 떨어진 세계 곳곳의 장면을 실시간으로 볼 수 있게 되었지만, 보는 위치를 변경해도 항상 동일한 화면만을 본다. 즉, 시청자는 TV를 통해 3차원 세계의 한 시점의 장면만을 볼 수 있으며, 이는 우리가 현실 세계를 직접 눈으로 둘러보는 것과는 많은 차이가 있다. 그런데, 최근에는 시청자가 원하는 임의



〈그림 1〉 자유시점 TV 시스템의 개념도

의 위치에서 임의의 방향으로 3차원 장면을 제공해 줄 수 있는 새로운 종류의 다시점 TV가 개발되고 있으며, 이를 자유시점(free-viewpoint) TV라고 말한다 [3][4].

일반적으로 3차원 TV 시스템은 3차원 영상의 획득, 획득한 3차원 영상 콘텐츠 보정, 압축 부호화, 전송 및 저장, 복원 및 재현, 그리고 디스플레이하는 단계로 구성된다. 3차원 콘텐츠 획득 단계에서는 여러 대의 카메라를 사용하여 영상을 획득한다. 다수의 카메라로부터 획득한 영상들은 인접한 여러 대의 카메라를 배열하여 카메라 시스템을 구성하기 때문에 각 카메라의 물리적 위치가 약간씩 다르다. 또한, 각 카메라 위치에서 감지된 빛의 정량이 약간씩 다르기 때문에 각 카메라로 얻은 영상들의 휘도 성분도 똑같지 않다. 따라서 영상 정제(image rectification) 기술을 이용하여 각 영상의 휘도와 색상을 보정해야 한다. 이렇게 보정된 영상들을 부호화 단계에서는 다시점 비디오 부호화(Multi-view Video Coding, MVC) 기술을 사용하여 압축하여 전송하거나 저장한다 [5].

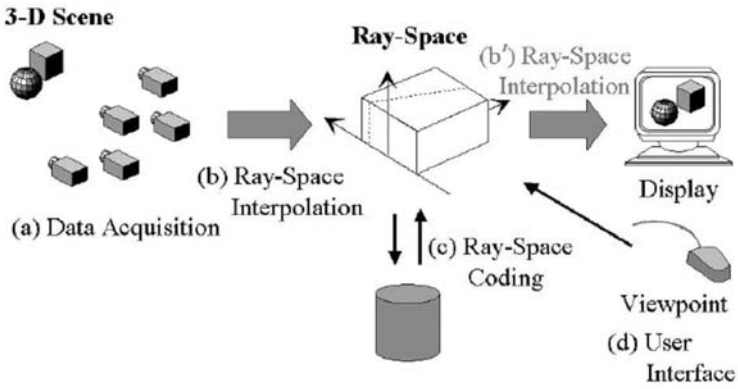
복원 단계에서는 다시점 비디오 복호기를 사용하여 다시점 영상을 복원한다. 복원된 영상들을 재배열하고 보간하여 광선 공간을 생성하고, 생성된 광선 공간을 이용하여 자유시점 영상을 생성한다 [6][7]. 재현 단계에서는 2차원/3차원 디스플레이를 통해 생성된 자유시점 영상을 재현할 뿐만 아니라, 사용자의 시점을 추적하여 시점에 해당하는 3차원 장면을 재현한다.

3. 광선 공간을 이용한 자유시점 TV 시스템

광선 공간은 자유시점 TV를 구현하는데 적절한 3차원 입체영상 표현 방법이다. 광선 공간을 이용하면 임의 위치의 기하학 정보를 사용하지 않고도 해당 위치에서의 가상 영상(virtual view)을 쉽게 만들 수 있다. 광선 획득(ray acquisition), 광선 처리(ray processing)와 광선 디스플레이(ray display)로 구성된 광선 기반 3차원 시스템은 일본 나고야 대학에서 활발히 연구하고 있다 [7].

광선 공간을 이용한 자유시점 TV는 〈그림 2(a)〉에 보인 것처럼, 여러 대의 카메라를 사용하여 3차원 장면의 영상 정보를 획득한다. 다수의 카메라로 획

05.기술동향 2008.6.4 10:38 AM 페이지 137



〈그림 2〉 광선 공간을 이용한 자유시점 TV 시스템의 개념도

득한 정보는 3차원 장면을 구성하고 복원하기 위해 광선 공간으로 사상되어 처리된다.

광선 공간을 이용한 자유시점 TV의 주요 처리 과정은 다시점 영상 획득(acquisition), 중간 시점 영상의 보간(interpolation), 영상정보 압축 부호화(coding), 자유시점 영상의 재현(display) 과정으로 구성된다. 본 장에서는 광선 공간의 개념에 대해 살펴본 후, 광선 공간을 이용한 자유시점 TV 시스템의 주요 처리 과정을 자세히 살펴본다.

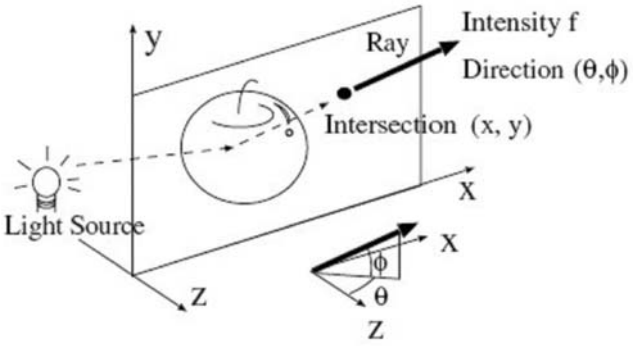
1) 광선 공간(Ray Space)의 정의

공간을 가로지르는 광선(ray)은 세 개의 공간 좌표(x, y, z)와 두 개의 방향 좌표(θ, Φ)를 사용하여 5차원 변수 공간 내에 한 점으로 사상(mapping)되며, 이와 같은 변수 공간을 "광선 공간"이라고 한다.

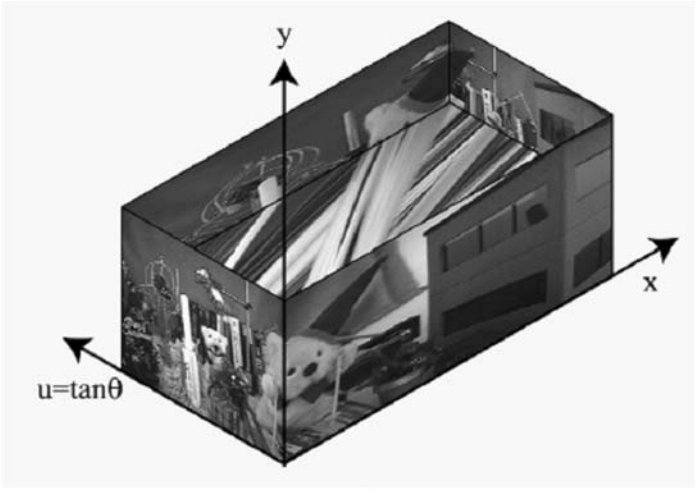
광선 공간 내에서 영상을 얻는 과정은 다음과 같다. 영상을 획득하기 위해 핀홀(pin hole) 카메라를 임의 위치에 놓고, 그 위치에서의 광선의 세기(intensity) 데이터를 획득한다. 획득한 데이터는 임의의 3차원 시점으로부터 보이는 2차원 영상의 세기이다. 5차원 광선 공간 데이터는 데이터의 중복성이 많아서 실제 응용에서는 잘 사용되지 않는다. 대부분의 3차원 영상 응용에서는 투사(projection) 방법을 사용하여 만든 4차원 광선 공간 데이터를 사용한다.

언급한 것처럼, 3차원 공간에서 하나의 광선은 광선 공간에서 하나의 점으로 표현된다. 광선 공간은 많은 시점의 영상들로 구성되고 광선 공간의 한 단면은 대응하는 시점의 실제 영상이다. 3차원 공간 내에서 시각 정보는 광선들로 표현된다. 광선 데이터는 3차원 공간 내의 임의의 시점에서 보이는 장면의 모든 정보를 포함한다. 한 시점의 영상은 광선 공간의 부분 공간이고, 광선 공간을 샘플링하여 현실감 있는 시점의 이미지들을 생성할 수 있다.

광선 공간은 가상의 공간이다. 그러나 광선 공간은 실제 공간(real space)과 직접적으로 연관되어 있다. 광선 공간은 카메라 변수들을 가진 다시점 영상들을 모아서 만들 수 있다. 자유시점 TV 시스템



〈그림 3〉 광선 공간의 정의



〈그림 4〉 직교 광선 공간의 예

을 위해 두 종류의 광선 공간을 사용한다. 하나는 직교(orthogonal) 광선 공간이고, 다른 하나는 구형(spherical) 광선 공간이다. 직교 광선 공간은 선형 카메라 배치를 사용한 자유시점 TV 시스템에서 사용되고, 구형 광선 공간은 원형 카메라 배치를 사용한 자유시점 TV 시스템에서 사용된다.

2) 다시점 영상 획득(acquisition) 과정

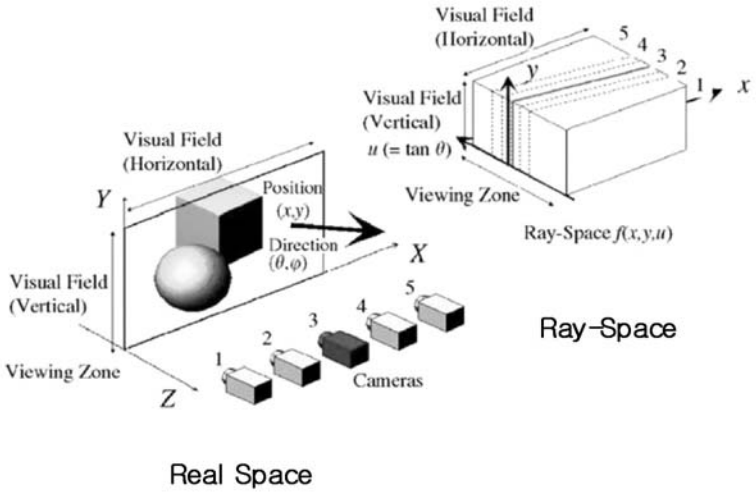
다시점 영상은 한 대의 카메라를 이용하여 영상을 획득하는 것보다 큰 영역의 영상을 획득할 수 있다. 자유시점 TV 시스템에서는 다수의 카메라를 여러 방향에 배치하여 다시점 영상을 획득한다.

다시점 영상을 획득하는 방법은 카메라의 배치에 따라 크게 두 가지 형태로 구분할 수 있다. 첫 번째는 카메라를 일렬로 배치하여 영상을 획득하는 선형 배치 방식이고, 두 번째는 센터의 방향으로 여러 대의 카메라를 배치하여 영상을 획득하는 원형 배치 방식이다.

05.기술동향 2008.6.4 10:38 AM 페이지 139

(a) 선형 배치 (b) 원형 배치

〈그림 5〉 100 카메라 시스템의 두 종류 배치



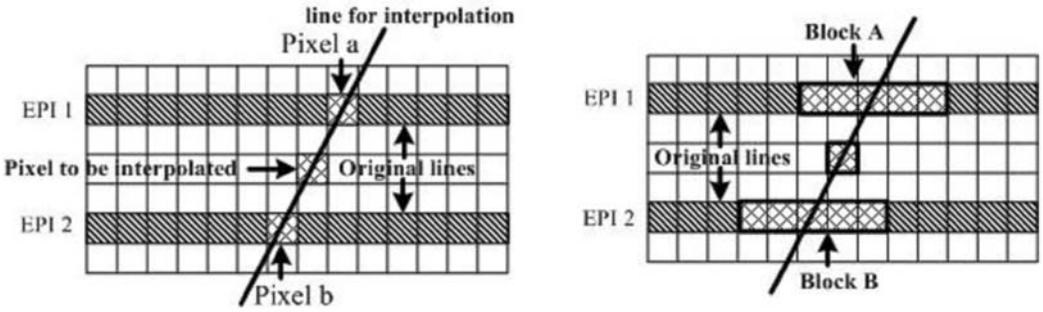
〈그림 6〉 광선 공간을 이용한 자유시점 TV 시스템의 영상 획득 과정

〈그림 5〉는 100대의 카메라를 사용하여 구성한 선형 배치와 원형 배치를 나타낸다. 100대의 카메라를 사용하여 다시점 영상을 획득하는 방법은 나고야 대학에서 개발했다 [8].

선형 카메라 배치의 경우, 각 카메라로부터 획득한 영상들은 광선 공간 내에서 수직으로 평행하게 위치한다. 〈그림 6〉은 여러 대의 카메라로부터 획득한 영상을 광선 공간 내에서 재구성한 것을 나타낸다.

3) 중간 시범 영상의 보간(interpolation) 과정

자유시점 TV 시스템을 실현하기 위해서는 많은 카메라로부터 획득된 영상이 필요하다. 하지만 실제 자유시점 TV 시스템에서 사용할 수 있는 카메라의 수는 제한적이다. 따라서 제한된 카메라로부터 획득된 영상을 이용하여 카메라로부터 획득되지 않은 임의 시점의 영상을 만들어야 하는데, 이러한 과정은 보간(interpolation) 방법을 사용하여 이루어진다.



(a) PMI 방법 (b) BMI 방법

〈그림 7〉 보간 방법

광선 공간 보간 방법은 크게 PMI(pixel-based matching interpolation) 방법과 BMI(block-based matching interpolation) 방법으로 구분된다 [9][10].

〈그림 7(a)〉는 PMI 방법을 나타낸다. PMI 방법은 가장 가까이 존재하는 EPI(epipolar plane image) 선(line)의 쌍으로부터 선형 방정식(linear equation)을 사용하여 가장 최적의 화소(pixel) 쌍을 찾은 후, 이를 이용하여 보간하는 방법이다.

〈그림 7(b)〉는 BMI 방법을 나타낸다. BMI 방법 역시 가까이 존재하는 EPI 라인 쌍에서 한 화소씩 이동하면서 최적의 화소 블록 쌍을 찾은 후, 블록 쌍의 가운데 화소를 이용하여 보간하는 방법이다.

4) 영상정보 압축 부호화(coding) 과정

자유시점 TV 신호는 많은 카메라 신호들과 카메라 변수들로 구성된다. 데이터는 카메라 수에 비례하여 증가하기 때문에 효율적인 데이터 압축은 자유시점 TV 시스템 구현에 있어 매우 중요하다. 가장 간단한 자유시점 TV 신호의 부호화 방법은 각 카메라의 신호를 기존의 MPEG 부호화 방법을 사용하여 독립적으로 부호화하는 것이다. 그러나 이 방법은 각 카메라의 신호를 독립적으로 부호화하기 때문에 효율적이지 못하다. 각 카메라 신호 사이에는 높은 상관관계가 존재하므로 모든 자유시점 TV 신호와 광선 공간의 구조를 고려하여 효율적인 부호화를 수행할 수 있다.

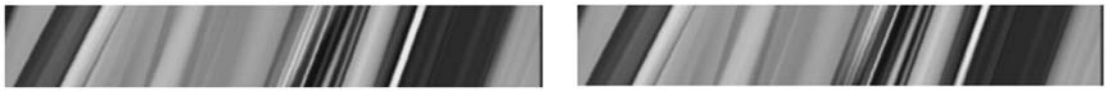
〈그림 6〉에서 보듯이, 광선 공간 내에서 1번부터 5번까지의 수직 단면은 실제 공간에서 다섯 대의 카메라로부터 획득된 영상이다. 이는 실제 공간에서 임의 시점의 영상은 광선 공간에서 대응하는 데이터를 읽음으로써 획득할 수 있다는 것을 의미한다. 〈그림 8(a)〉에서 yk+1, yk, yk-1은 광선 공간을 수평으로 자른 각각의 수평 단면이고, 〈그림 8(b)〉는 광선 공간을 수평으로 잘라서 얻은 한 수평 단면을 보여준다. 이 수평 단면을 슬라이스(slice)라고 한다.

광선 공간 내의 수평 단면 데이터들은 높은 공간적인 상관관계를 가지고 있다. 이는 같은 지점으로부

05.기술동향 2008.6.4 10:38 AM 페이지 141

(a) 광선 공간의 수평 단면　　(b) 광선 공간의 한 수평 단면 예

〈그림 8〉 광선 공간 수평 단면



(a) S(yk)　　(b) S(yk+1)

(c) d(yk+1)

〈그림 9〉 인접한 광선 공간 슬라이스와 차

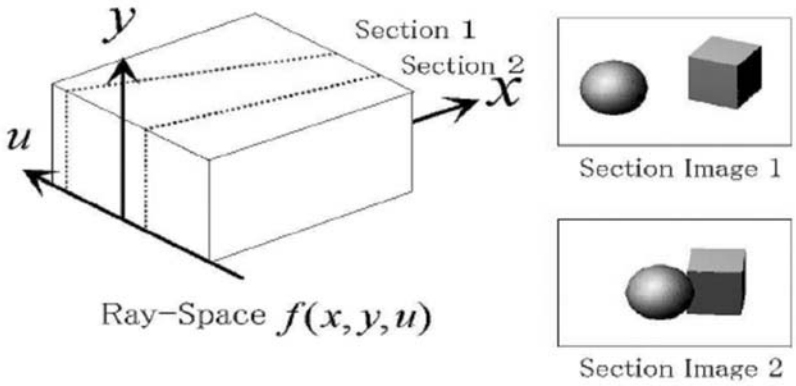
터 획득된 광선의 세기는 다른 관점에서 보더라도 크게 변하지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 같은 위치로부터 획득된 모든 광선들의 세기는 시점 방향에 관계없이 거의 모두 동일하다.

〈그림 9(a), (b)〉는 인접한 슬라이스를 나타낸다. 〈그림 9(c)〉는 인접한 두 슬라이스의 차(d(yk+1)=S(yk+1)–S(yk))를 나타낸다. 인접한 두 슬라이스가 높은 공간적인 상관관계를 가지므로, 두 슬라이스의 차(d(yk+1))는 매우 작음을 확인할 수 있다. 광선 공간은 이와 같은 방법을 사용하여 압축 부호화를 수행한다 [11].

5) 자유시점 영상의 재현(display) 과정

자유시점 TV의 재현은 매우 간단하다. 〈그림 10〉에서 보듯이, 사용자가 재현하고자 하는 시점의 영상은 광선 공간의 한 면을 절단하여 획득한다. 획득된 영상은 2 · 3차원 디스플레이 장치를 통해 재현된다.

〈그림 11〉은 360° 방향으로 광선을 만들어내는 SeeLINDER 디스플레이를 통해 3차원 장면을 재현한 것이다 [12].



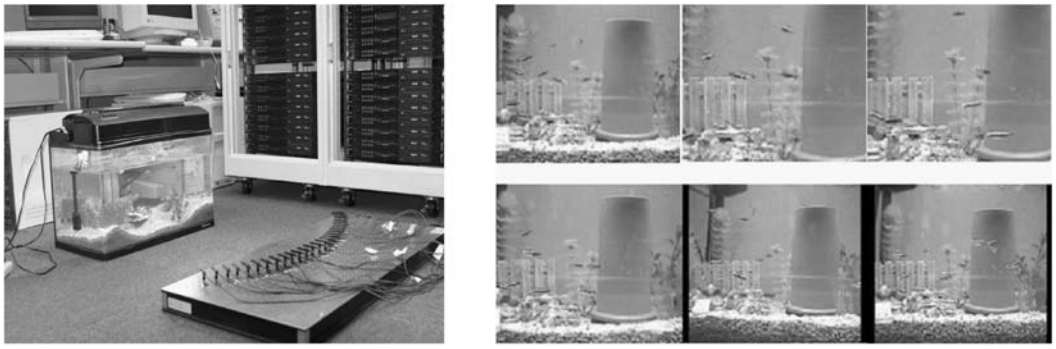
〈그림 10〉 임의시점 영상들의 생성

〈그림 11〉 360° 방향으로 광선을 만들어내는 SeeLINDER 디스플레이

6) 자유시점 TV 시스템과 임의시점 영상

〈그림 12〉는 16개의 카메라와 16개의 클라이언트(client), 하나의 서버(server), 하나의 이서넷(ethernet)을 사용하여 구축한 자유시점 TV 시스템과 이 시스템을 사용하여 만든 자유시점 영상들이다. 각각의 클라이언트는 하나의 카메라와 연결되어 있고, 이서넷을 통해 서버와 연결된다.

05.기술동향 2008.6.4 10:38 AM 페이지 143



(a) 자유시점 TV 시스템 (b) 생성된 임의시점 영상

〈그림 12〉 자유시점 TV 시스템과 임의시점 영상

7) 사용자 상호작용(user interaction)

일반 TV 시스템과 달리 자유시점 TV 시스템의 중요한 특징 중의 하나는 사용자 상호작용이 가능하다는 것이다. 이는 임의 시점에 대한 영상을 만들 수 있는 자유시점 TV의 특성 때문에 가능하다. 자유시점 TV 시스템은 사용자의 위치에 대응하는 장면을 디스플레이 장치에 업데이트하여 대응하는 장면을 화면에 재현한다.

〈그림 13〉 사용자의 위치에 대응하는 장면을 업데이트하는 시스템

〈그림 13〉에서 사용자가 오른쪽에 있을 때 관점은 오른쪽에 있고, 사용자가 왼쪽으로 이동함에 따라 관점은 왼쪽으로 이동한다. 또한 관점은 수평 방향뿐만 아니라 수직 방향으로도 이동할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 현실감 있고 박진감 넘치는 3차원 입체 TV 방송 시스템을 개발하기 위한 일본의 3차원 TV에 관한 기술 연구 동향을 살펴보았다. 일본에서는 다양한 3차원 TV 기술 중 자유시점 TV(Free viewpoint TV) 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 광선 공간을 기반으로 한 자유시점 TV 시스템은 임의 위치의 기하학 정보 없이 해당 위치에 대한 중간 시점 영상을 만들어 낼 수 있다.

광선 공간을 이용한 자유시점 TV는 획득 과정, 보간 과정, 압축 부호화 과정, 재현 과정으로 구성된다. 자유시점 TV는, 일반 TV와 달리, 시청자들이 원하는 시점의 3차원 입체 영상을 자유자재로 볼 수 있는 사용자 상호작용이 가능한 차세대 방송 시스템으로, 임의 시점의 영상을 쉽게 만들 수 있으므로 산업, 사회, 의학, 교육 등 다양한 분야에서 널리 응용될 수 있다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터(ITRC)의 지원에 의한 것이다.

참 고 문 헌

[1] NHK STRL Annual Report – http://www.nhk.or.jp/strl/results/index-e.html
[2] 이봉호, 엄기문, 이현, 허남호, 김진웅, "3DTV 방송기술 동향," 방송공학회지, 제 13권 제 1호, pp. 4-15, March 2008.
[3] M. Tanimoto and T. Fujii, "FTV-Free Viewpoint Television," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M8595, July 2002.
[4] M. Tanimoto, "Overview of Free Viewpoint Television," Signal Processing: Image Communication, vol. 21, no. 6, pp. 454-461, July 2006.
[5] "Introduction to Multi-view Video Coding," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N7328, July 2005.
[6] T. Fujii, T. Kimoto, and M. Tanimoto, "Ray Space Coding for 3D Visual Communication," Proceeding of Picture Coding Symposium, pp. 447-451, March 1996.
[7] http://www.tanimoto.nuee.nagoya-u.ac.jp/study/FTV/index-e.html
[8] T. Fujii, K. Mori, K. Takeda, K. Mase, M. Tanimoto, and Y. Suenaga, "Multipoint Measuring System for Video and Sound: 100-camera and Microphone System," IEEE 2006 International Conference on Multimedia & Expo, pp. 437-440, July 2006.
[9] M. Droese, T. Fujii, and M. Tanimoto, "광선 공간 Interpolation based on Filtering in Disparity Domain," Proceeding of 3D Conference, pp. 213-216, June 2004.
[10] M. P. Tehrani, T. Fujii, M. Tanimoto, "Offset Block Matching of Multi-view Images for 광선 공간 Interpolation," The Journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, vol. 58, no. 4, pp. 540-548, April 2004.
[11] F. Shao, G. Jiang, K. Chen, M. Yu, T. Y. Choi, "광선 공간 Data Compression based on Prediction Technique," International Conference on Computer Graphics, Imaging and Vision, pp. 347-350, July 2005.
[12] T. Endo, Y. Kajiki, T. Honda, and M. Sato, "Cylindrical 3-D Video Display Observable from All Directions," Proceeding of Pacific Graphics, pp. 300-306, 2000.