

# 3차원 비디오 부호화를 위한 국제 표준화 기술

□ 호요성, 이 천 / 광주과학기술원 실감방송연구센터

## 1. 서론

1930년대에 흑백 텔레비전이 상용화된 이래로 방송 기술은 놀라운 발전을 보여 왔다. 흑백 텔레비전이 보급된 이후로 1950년대에 미국에서 컬러 텔레비전이 소개되었고, 1960년대에 컬러 텔레비전 수상기가 상용화되었다. 이와 더불어 저장매체 기술의 발전으로 카세트 테이프, 레이저 디스크, DVD, 블루레이 등의 매체를 이용하여 방송 콘텐츠를 원하는 시간에 자유롭게 시청할 수 있는 환경으로 변모되었다. 이러한 기술의 발전은 고화질/고해상도의 영상을 방송하기 위한 기술로 진화를 거듭해 왔다. 최근에는 초고화질(ultra high definition, UHD) 영상을 시청자에게 제공하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

최근 들어 3차원 재현 장치를 이용하여 시청자에게 3차원 입체감을 제공하기 위한 기술이 활발히 연구되고 있다. 3차원 영상에 대한 연구는 기원전 300년경 그리스의 수학자 유클리드(Euclid)의 양안의 시차에 대한 설명과, 15세기 이탈리아 수학자인 레오나르도 다빈치의 입체시(stereopsis)의 증명과 1833년 영국의 물리학자인 찰스 휘트스톤(Charles Wheatstone)의 입체경(mirror stereoscopic) 제작에 기원을 둔 상당히 오래된 연구 주제이다. 3차원 영상을 재현하는 방법 중에서 일반인에게 가장 많이 알려져 있는 방법은 1880년대에 프랑스의 과학자 뒤코 뒤 오롱(Louis Ducos Du Hauron)이 개발한 애너글리프(anaglyph) 기법이다. 이는 파란색과 빨간색의 색상 필터를 이용하여 입체감을 주는 방식이다. 이 뒤에 애너글리프 안경 대신에, 편광 필터나 서

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터(ITRC)의 지원에 의한 것입니다 (IITA-2009-C1090-0902-0017).

터 글라스(shutter glass)를 사용하여 입체감을 주는 여러 가지 방법들이 개발되었다.

그러나 3차원 영상 서비스는 많은 기술의 연구 개발에도 불구하고 아직도 일반인에게는 낯선 기술이다. 우선 입체 영상을 오래 시청하면 시청자가 어지러움을 느낀다거나 구토 증상이 발생하는데, 이는 인체의 특성을 충분히 고려하지 못한 기술의 미숙함 때문이다. 또한 깊이감이 있는 콘텐츠 제작의 어려움과 저렴하고 성능이 뛰어난 3차원 재현 장치의 구현, 기존 기술과의 호환성, 미약한 시장 등의 문제 때문에 일반인에게는 다가서지 못했다. 하지만 최근 디지털 영상 처리 및 실감방송에 관련된 기술이 급속히 발전함에 따라 그동안 미숙했던 3차원 영상 기술들이 개선되어 이제 일반인들이 쉽게 접할 수 있는 단계에 이르렀다. 그 증거로 3차원 입체 영화 상영관이 전국적으로 확대되고 있고, 국내외의 디스플레이 생산업체들이 3차원 입체 TV의 생산과 기술 개발을 서두르고 있다.

이러한 움직임에 따라 MPEG(moving picture experts group) 표준화 그룹에서는 미래의 3차원 비디오 시스템을 정의하고, 그 입력 데이터의 효율적인 압축 방법을 만들기 위해 3차원 비디오 부호화의 국제 표준화 작업을 진행하고 있다 [1]~[3]. MPEG 표준화 그룹에서 제시하는 3차원 비디오 시스템은 기존의 양안식(stereoscopic) 영상을 포함하는 보다 발전된 고화질/고해상도/광각의 3차원 비디오 시스템이다. 이 시스템은 다시점 카메라로 획득한 영상과 각 시점의 영상에 대한 3차원 깊이 정보를 입력 데이터로 받아 시청자가 시청 시점을 자유롭게 선택할 수 있으며, 여러 종류의 3차원 재현 장치를 이용하여 다양한 형태로 입체 영상을 즐길 수 있다. 이 시스템은 실감나는 3차원 영상을 이용한 게임이나 전시 또는 이벤트에 효율적으로 이용될 수 있으며, 한 사물을 다양한 각도에서 실시간으로 시청할 수 있으

므로 보다 현장감있는 학습용 도구로 활용될 수 있다. 의학에서도 실감형 3차원 가상수술 프로그램을 제작하여 보다 효과적인 교육을 수행할 수 있으며, 3차원 입체 영화나 입체형 TV 방송용으로도 다양하게 이용될 수도 있다.

MPEG 표준화 그룹에서 제시한 시스템을 구성하기 위해서는 다양한 기술이 필요하다. 광각의 입체 영상을 획득하기 위한 다시점 카메라가 필요하고, 이를 이용하여 다시점 영상을 획득하는 기술이 필요하다. 또한, 연속적인 자유 시점의 영상을 재현하기 위해서는 깊이 정보의 획득 및 중간시점 영상의 합성 기술이 필수적이다. 그리고 무엇보다 중요한 기술은 다시점 입력 영상의 효율적인 저장이나 전송을 위한 다시점 영상의 압축 기술이다. 다시점 영상은 한 장면을 여러 대의 카메라로 동시에 촬영한 영상이므로 인접한 시점의 영상 사이에 상관도가 매우 높으므로, 이런 특징을 이용하면 효율적인 압축 방법을 만들 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 3차원 비디오 표준화의 초기 작업인 3차원 오디오 비주얼(3D Audio-Visual)에 대해서 살펴보고, 3장에서는 3차원 비디오의 입력 데이터인 다시점 비디오의 부호화 방법을 설명한다. 그리고 4장과 5장에서 각각 최근 진행되고 있는 3차원 비디오 부호화 기술의 연구 동향과 현재 MPEG 그룹에서 검토되고 있는 주요 기술을 자세히 설명한다.

## II. 3차원 오디오-비주얼 (3D Audio-Visual, 3DAV)

MPEG 표준화 그룹에서는 이미 MPEG-2(ISO/IEC 13818-2)와 MPEG-4(ISO/IEC

14496-2)에서 평행형 다시점 비디오 부호화 기능과 3차원 메쉬(mesh) 압축 부호화 기능을 만들어 제공했지만, 다양한 형태의 3차원 비디오 정보를 효율적으로 압축하고 부호화할 필요성을 인정하여 2001년 12월부터 새로운 3DAV 부호화 표준의 가능성을 살펴보기 위해, 2002년부터 2004년까지 관련 기술에 대한 다양한 선행 실험(exploration experiment, EE)을 수행했다. EE1에서 전방향 비디오(omni-directional video), EE2에서 자유시점 비디오(free viewpoint video), EE3에서 MAC(multiple auxiliary component)를 이용한 양안식(stereoscopic) 비디오 부호화, 그리고 EE4에서 3DTV를 위한 깊이/변이(depth/disparity) 정보 부호화에 대해 실험을 수행했다.

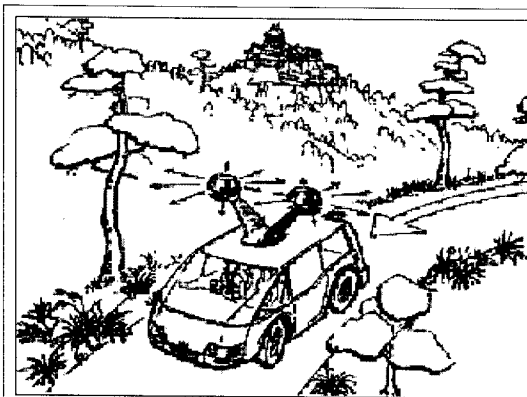
EE1에서 수행한 전방향 비디오는, <그림 1>에 보인 것처럼, 한 대의 카메라로 모든 방향의 영상을 획득한 것이다. 현재 daum.net에서 제공하고 있는 도로 주변의 사진을 실시간으로 재현하는 로드뷰(road view) 서비스가 그 좋은 예라고 할 수 있다. 이 실험에서 주로 논의된 내용은 MPEG-4 표준으로 이 기능을 수행할 수 있는지의 여부였다. 이때 제안

된 기술 중에는 촬영된 영상을 3차원 메쉬(mesh)로 투영하고, 이를 3차원 영상으로 변환하여 부호화하는 방법을 고려하였다.

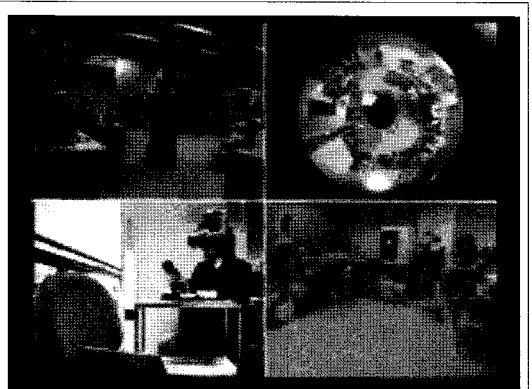
EE2에서는 사용자가 시청하려는 시점을 자유롭게 선택할 수 있는 기능을 가진 자유시점 비디오 기술이 검토되었다. 이 시스템을 제안한 일본의 연구기관은 광선 공간(ray space)를 이용한 시스템을 MPEG-4 시스템에 추가할 것을 주장했다. 그러나 MPEG-4 시스템과의 호환성이 좋지 않고 복호화에 너무 큰 부하가 걸리는 문제가 있었다.

EE3는 MAC 시스템을 기반으로 한 양안식 비디오 부호화 방법을 검토했다. 이 실험에서는 인접한 두 시점 영상 사이의 변이(disparity)를 추정하고, 획득된 한쪽 영상과 변이 지도(disparity map)를 부호화하여 전송한다. 수신단에서는 부호화된 신호를 복호하고, 복원된 한쪽 영상과 변이 지도를 이용하여 다른 한쪽 시점의 영상을 생성한다. 이와 같이 두 시점의 영상을 각각 부호화하는 것 대신에, 한 시점의 영상과 변이 지도를 효율적으로 부호화하는 방법을 검토했다.

EE4는 깊이/변이 정보를 부호화하기 위한 실험으로, 비디오와 깊이 영상을 MAC으로 부호화하는 방



<그림 1> 전방향 비디오



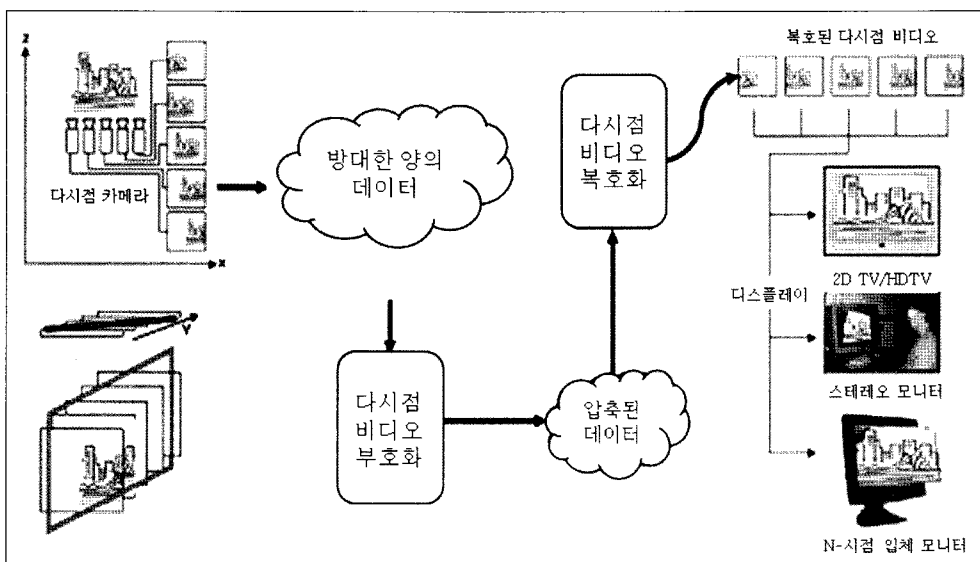
법을 주로 검토하였다. 이 실험에서는 깊이/변이 정보를 다양한 필터를 이용하여 처리했을 때의 부호화 결과를 비교했다. 디블록킹 필터(deblocking filter)나 중간값 필터(median filter)를 이용했을 때, 부호화 비트수는 감소했고, 깊이 영상을 이용한 합성 영상의 화질은 개선되었다. EE4에서는 이러한 특징을 기본으로 깊이/변이 정보를 보다 효율적으로 부호화할 수 있는 방법을 검토했다.

### III. 다시점 비디오 부호화 (Multi-view Video Coding, MVC)

3차원 오디오 비주얼의 선행 실험을 통해 3차원 데이터의 부호화 가능성을 검토했으나, 그 범위가 너무 넓어 표준화 항목을 정하는데 어려움이 있었다. 그 뒤에 다시점 비디오 부호화(multi-view video coding, MVC)에 대한 논의가 구체화되면서

2004년 8월에 일차적으로 다시점 비디오 테스트 영상이 제공되었고, 이어 2004년 10월에 다시점 비디오 부호화에 대한 Call for Evidence를 발표하였다. 이때부터 테스트 영상을 이용하여 실험 환경을 구축하고, 2005년 8월에 제안요청서(Call for Proposals)를 배포하여 접수된 몇 가지 기술을 검토하기 시작했다[4]. 그로부터 2년 후인 2006년 7월에 열린 MPEG 회의에서 MVC에 관한 표준화 작업을 JVT(joint video team)에 이관하여 본격적인 논의를 진행했으며, 현재 MVC 표준이 일부 만들어졌다.

다시점 비디오 시스템은 인접한 여러 대의 카메라를 이용하여 촬영된 다시점 영상을 획득하여 전송하고, 수신단에서 여러 형태의 재현 장치 기능에 맞게 다양한 방식으로 2차원 또는 3차원 영상을 재현한다. 시청자는 다시점 비디오 시스템을 이용하여 자기가 원하는 임의 시점의 영상을 시청할 수 있으며, 중간시점의 영상을 합성하여 보다 많은 화면을 자연스럽게 볼 수 있다. 또한 3차원 스테레오 모니터나 다시점 입



<그림 2> 다시점 비디오 시스템

체 디스플레이 장치를 통해 입체감있는 3차원 영상을 재현할 수도 있다. 다시점 비디오 시스템이 상용화되기 위해서는 방대한 양의 다시점 비디오 데이터를 효율적으로 압축하는 다시점 비디오 부호화 기술이 개발되어야 한다. <그림 2>는 MPEG 그룹에서 제시한 다시점 비디오 시스템의 일반적인 개념도이다.

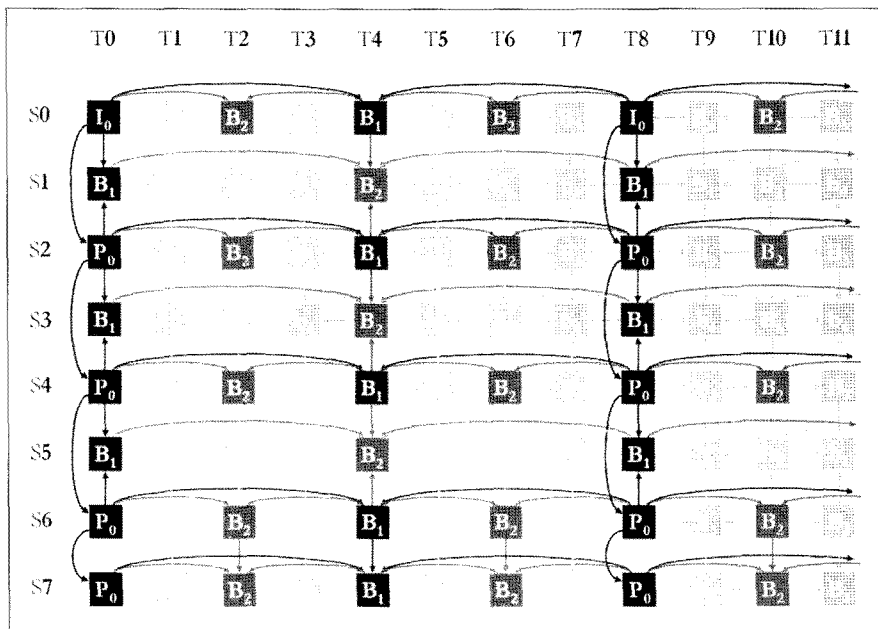
현재 표준화 작업이 일부 마무리된 다시점 비디오 부호화는 H.264/AVC 표준을 기반으로 인접한 영상 사이의 중복성을 제거하여 압축 효율을 높인다. <그림 3>은 다시점 비디오 부호화에서 사용하는 계층적(bidirectional) B 화면과 시점간 예측을 이용한 예측 구조를 나타내고 있다. <그림 3>에 보인 것처럼,  $S_0, S_1, \dots, S_7$ 의 여덟 대 카메라로 획득한 영상을 부호화할 경우에,  $S_0$  시점의 영상은 기존의 영상을 압축하는 방법과 같이 인접 시점의 영상을 사용하지 않고 독립적으로 부호화한다. 하지만  $S_2$  시점의 영상을 부

호화할 때에는 이미 복원된  $S_0$  시점의 영상을 이용하여 예측 부호화한다. <그림 3>에서  $S_2T_0$ 와  $S_2T_8$ 의 영상은  $S_0T_0$ 와  $S_0T_8$  시점을 각각 참조하여 부호화한다. 또  $S_1$  시점의 영상을 압축하는데, 이미 복원된  $S_0$  시점의 영상과  $S_2$  시점의 영상을 이용하여 예측 부호화한다. 최근 이러한 기술을 다시점 비디오 부호화의 기준 소프트웨어인 JMVC(joint multiview video coding) 4.0에 구현하여 배포했다[5].

## IV. 3차원 비디오 시스템 (3-D Video System, 3DV)

### 1. 3차원 비디오 시스템의 소개

다시점 비디오 부호화는 3차원 비디오 시스템의 기

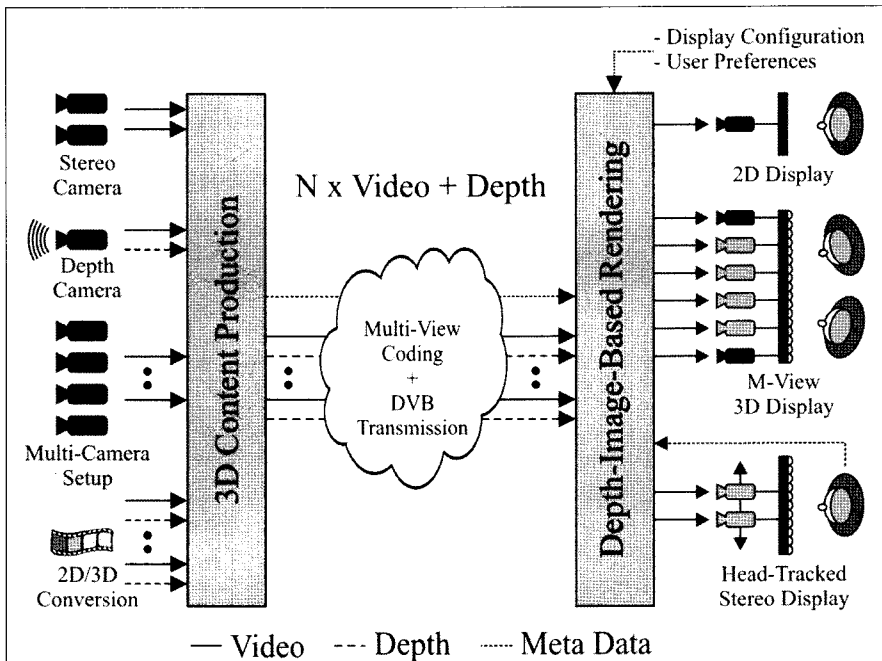


<그림 3> 다시점 비디오 부호화의 시공간 예측 구조

본 입력인 다시점 비디오를 압축하기 위해 개발된 기술이다. 이러한 기술을 이용하여 3차원 비디오 시스템을 구체화하기 위해 3차원 비디오 부호화 작업이 제안되었다. 3차원 오디오-비주얼에서 선행 실험의 일부로 진행되었던 FTV (Free viewpoint TV) 개념을 3차원 재생 장치에 실현한 것이 바로 3차원 비디오 시스템이다. 여기서 말하는 3차원 비디오 시스템은 각 시점의 깊이 영상 획득, 다시점 영상의 전처리, 다시점 영상과 깊이 정보의 압축 및 전송, 그리고 최종 단말기에서 사용자가 지정하는 임의 시점의 3차원 영상을 합성하여 재현하는 모든 단계를 포함한다 [6].

<그림 4>는 MPEG 그룹에서 고려하고 있는 3차원 비디오 시스템의 기본 구조이다. 스테레오 카메라 혹은 다시점 카메라로 획득한 N 시점의 색상 영상과 각 시점의 깊이 영상을 3차원 비디오 시스템의

기본적인 입력 데이터로 받는다. 여기서 효율적인 데이터 전송을 위해 다시점 비디오 부호화 방법을 일부 사용하며, 송신단에서 압축하여 수신단으로 전송된 색상 영상과 깊이 영상은 재현 장치에 따라 여러 가지 방법으로 재생될 수 있다. 기본적으로 전송된 N 시점 중에서 원하는 시점의 2차원 영상을 자유롭게 선택하여 기존에 사용하던 2차원 재현 장치에서 재생할 수 있다. 전송된 N 시점 영상보다 적은 시점의 영상을 3차원 디스플레이 장치에 인가하여 여러 시점의 입체 영상을 재생하거나, 반대로, N 시점보다 더 많은 시점의 영상을 시스템 내부에서 생성하여 가상시점의 입체 영상을 재생할 수 있다. 또한 시청자의 위치를 탐지하여 시청자가 원하는 임의의 시점에서 입체 영상을 재생할 수도 있다. 이와 같이 여러 시점의 3차원 비디오를 연속적으로 자연스럽게



<그림 4> 3차원 비디오 시스템의 기본 구조

게 재생하기 위해서는 복원한 N 시점 영상보다 더 많은 수의 시점에서 영상을 생성해야 하기 때문에 수신단에서 임의 시점의 영상을 보간하는 시점간 영상 합성 (intermediate view synthesis) 기능을 포함해야 한다.

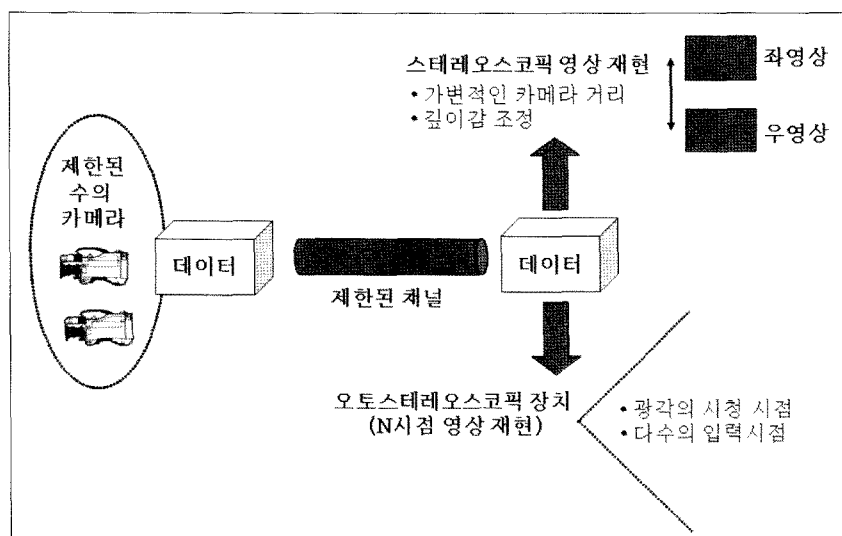
MPEG 그룹에서는 이와 같은 시스템을 구현하기 위해 필요한 기본적인 요소 기술을 만들고 있다. MPEG 그룹에서 목표로 하고 있는 최종 표준안은 효율적인 3차원 비디오 데이터의 압축 방법이지만, 현재 이를 만들기 위해 테스트 영상 제작, 깊이 영상 획득, 다시점 비디오+깊이 영상을 이용한 중간시점 영상 합성 등 다양한 관련 기술을 개발하는데 총력을 기울이고 있다.

## 2. 3차원 비디오에 대한 비전

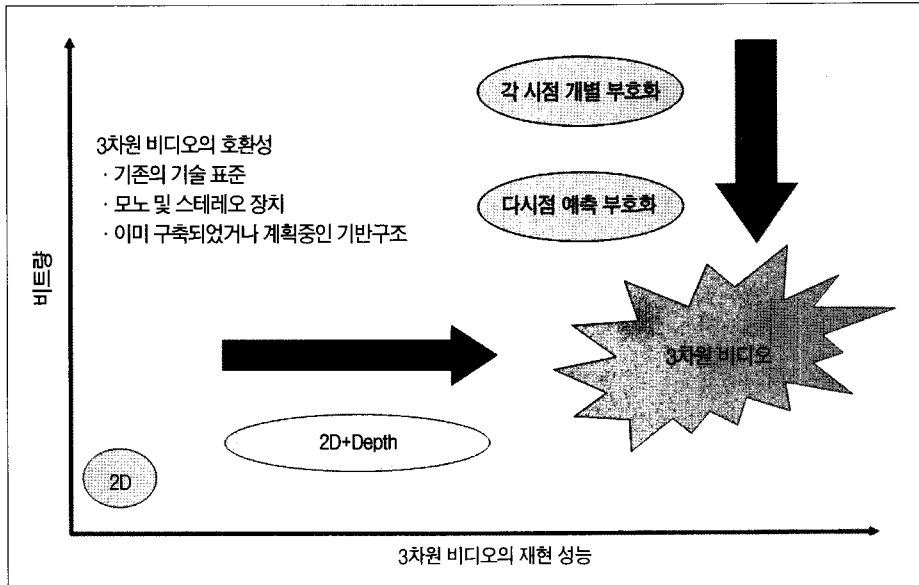
MPEG 그룹에서는 2008년 4월부터 선행 실험 (exploration experiment) 을 통해 3차원 비디오 시스

템의 개발 가능성을 검토해 왔다. 2009년 1월 MPEG 회의에서는 3차원 비디오 시스템의 비전이 제시되었다[1]. MPEG 그룹에서 제시한 3차원 비디오 데이터는 스테레오 재현 장치뿐만 아니라, 다시점 재현 장치까지도 지원할 수 있는 상호 사용이 가능한 보다 진보된 기술을 포함한다. <그림 5>는 새롭게 제시된 3차원 비디오 데이터 포맷을 도식화한 것인데, 이는 제한된 수의 카메라를 이용하여 스테레오 재현 장치와 다시점 재현 장치에 모두 이용될 수 있다.

앞에서 언급한 조건을 충족할 수 있는 3차원 비디오 포맷은 2차원 비디오+깊이 영상과 다시점 비디오가 있다. <그림 6>은 두 포맷에 대해 비트율과 3차원 입체 영상의 재현 성능을 비교한 것이다. 2차원 비디오+깊이 영상은 단일 시점의 색상 영상과 이에 대응하는 깊이 영상을 이용하여 스테레오 영상을 생성하므로 현재의 비디오 포맷과 호환이 쉽지만, 시야각 (viewing angle)이 좁고 폐색 영역(occlusion)을 처리하기 어렵다. 반면, 다시점 비디오는 다시점 카메라로



<그림 5> 3차원 비디오 데이터 포맷



〈그림 6〉 3차원 비디오의 개발 방향

부터 획득한 여러 시점의 영상을 이용하여 3차원 장면을 생성하는 포맷으로서, 넓은 시야각을 제공할 수 있지만, 데이터양이 카메라 개수에 비례하여 증가하기 때문에 효율적인 부호화 기술이 필요하다. 새로 제시된 다시점 비디오는 각 시점별로 따로 부호화될 수 있지만, 시점간 상관도를 이용한 다시점 비디오 부호화 기술을 이용하여 부호화될 수도 있다.

### 3. 3차원 비디오의 표준화 동향

2008년 1월의 MPEG 모임에서는 3차원 비디오 시스템을 개발하기 위한 기본 환경을 구축하는데 필요한 테스트 영상, 깊이 영상 생성 소프트웨어, 중간 시점 영상 합성 소프트웨어를 포함한 요소 기술들의 기고를 요청했다 [7]. 2008년 4월의 MPEG 미팅에서는 4개 기관에서 제공한 10 개의 테스트 영상과 두 가지 기준 소프트웨어를 수집했고, 이를 이용하여

선행 실험(exploration experiment)을 진행하였다. 몇 번에 걸친 선행 실험을 통해 깊이 영상 생성 소프트웨어와 영상 합성 소프트웨어의 성능이 상당히 개선되었지만, 아직도 3차원 비디오 부호화를 본격적으로 시작할 수 있을 정도의 정확한 깊이 영상을 얻지 못해 2009년 1월에 만족할 만한 정확도를 가지는 깊이 영상을 제공해 달라고 요청했다 [8]. 이에 대한 응답으로 2009년 4월 MPEG 미팅에서는 다양한 깊이 영상 추정 기술들이 제안되었다 [9]–[11].

2008년 1월 MPEG 미팅에서는 3차원 비디오 테스트 영상과 함께 중간시점 영상의 합성 기술도 요청했다. 하지만, 앞서 언급한 것처럼, 깊이 영상의 정확도가 낮으면 합성된 중간시점 영상의 화질도 저하되기 때문에 이를 보완하기 위한 다양한 기술들이 제안되었다. 이에 따라, 다양한 기술을 하나의 통합된 환경에서 실험하기 위해, 2009년 2월에 열린 MPEG 모임에서는 다양한 중간시점 합성 기술을 통합하자는 의



견이 제안되었다. 2009년 4월의 MPEG 회의에서는 중간시점 합성 소프트웨어를 통합하고 이를 이용한 검증 실험을 진행했다.

3차원 비디오 부호화에 대한 표준화 작업은 다시점 비디오 데이터와 깊이 영상 정보의 압축 부호화에 초점이 맞춰져 있지만, 깊이 영상의 정확도가 많이 떨어지기 때문에 3차원 비디오 부호화의 본격적인 표준화 작업을 아직 시작하지 못하고 있다. 2009년 4월 MPEG 모임에서는 그 동안 진행한 선행 실험을 통해 신뢰할 만한 깊이 영상을 제공하는 테스트 영상을 선별했으며, 앞으로 이를 이용한 깊이 영상 부호화의 선행 실험을 수행할 예정이다 [12]. 2009년 1월 MPEG 회의에서 3차원 비디오에 대한 비전을 밝힌 대로, 활발한 공동 연구와 상호 협력을 바탕으로 앞으로 2년 이내에 3차원 비디오 압축에 대한 새로운 표준안을 제정할 것으로 예상된다.

## V. 3차원 비디오시스템의 요소기술

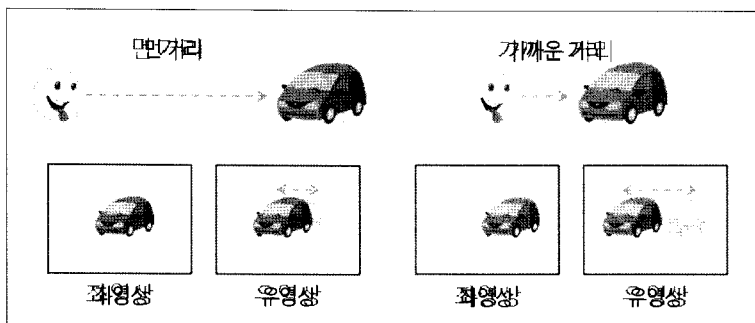
### 1. 다시점 깊이 영상 추정 기술

3차원 비디오의 이상적인 자유시점 선택 기능을

구현하기 위해서는 여러 시점의 영상을 이용하여 시점 사이에 존재하는 가상의 중간시점 영상을 합성하는 중간시점 영상 합성 기술이 필요하다. 시청자가 원하는 임의 위치에서의 중간시점 영상을 만들기 위해서는 깊이 영상이 필수적이다. 깊이 영상이란 영상 내에 존재하는 객체의 3차원 거리 정보를 나타내는 영상으로, 깊이 영상의 화소 값은 해당 화소의 깊이 정보를 나타낸다. 깊이 영상의 정확도는 합성된 중간시점 영상의 화질을 좌우하기 때문에 정확한 깊이 영상을 구하는 작업이 매우 중요하다.

<그림 7>과 같이, 두 대의 카메라가 정확하게 수평이 맞도록 정렬이 되어 있고, 카메라의 방향이 평행을 이룬다고 가정하자. 이러한 카메라 구성에서 어느 한 시점의 영상에 존재하는 특정한 화소가 다른 시점의 영상에도 존재할 때, 이 두 시점에서의 수평 좌표 값의 차이를 변이(disparity)라고 한다. 따라서 객체가 카메라 가까이 있을 경우에 변이는 큰 값을 가지게 되고, 반대로 객체가 카메라에서 멀어질수록 변이는 작은 값을 가지게 된다. 이러한 변이의 특성을 이용하여 물체의 깊이 정보를 얻어낼 수 있다.

2008년 1월의 MPEG 회의에서 요청한 중간시점 영상 합성 소프트웨어에 대한 응답으로 일본의 나고야 대학에서 다시점 영상의 시점간 상관도를 이용하



<그림 7> 변이와 깊이의 상관 관계

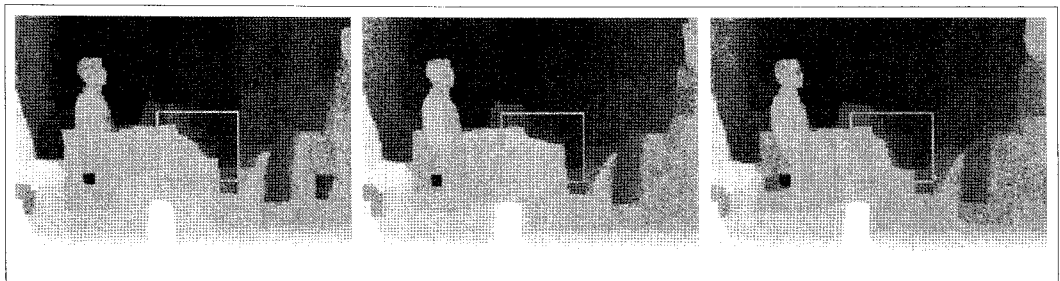
여 깊이 정보를 추정하는 소프트웨어를 제공했다. 이 기술은 가운데 시점 영상과 좌우 시점 영상의 변이(disparity)에 따른 화소값 차이를 계산하고, Markov 네트워크를 기반으로 변이값 최적화 기술을 이용하여 최적의 변이지도를 추정한다. 그리고 보다 세밀한 변이값을 얻기 위해 정수 화소 단위가 아닌 1/2 화소 단위 혹은 1/4 화소 단위로 변이를 탐색하는 방법을 이용한다.

일본 나고야 대학에서 배포한 소프트웨어는 다른 기관에서 제안한 여러 방법보다 좋은 성능을 보였고, 그 결과 현재 MPEG 그룹에서 3차원 비디오를 위한 여러 기술의 성능 검증에 사용되고 있다. 하지만 시점간 폐색(occlusion) 영역과 비폐색(disocclusion) 영역의 영향으로 인한 깊이 추정의 모호성 때문에 객체의 경계에서 부정확한 변이값이 추정되는 경우가 여전히 발생하고 있다. 또한 각 화면마다 깊이 정보를 독립적으로 추정하기 때문에 깊이 영상의 시간적 상관도가 많이 떨어진다. <그림 8>에서 살펴볼 수 있듯이, 정지한 객체임에도 불구하고 각 화면마다 다른 깊이 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이에 광주과학기술원(GIST)에서는 깊이 영상의 시간적 상관도를 높이기 위해, 현재 화면의 깊이 영상을 탐색할 때 이전 화면의 깊이 영상을 고려하는 방법을 제안했으며,

그 성능을 검증 받아 나고야 대학에서 배포한 소프트웨어에 이 기능을 포함시켰다[9].

지금까지 설명한 것처럼, 부화소 단위의 깊이 영상 추정 방법과 시간적 상관도를 향상하는 방법이 기존 소프트웨어에 추가됨으로써 생성된 깊이 영상의 정확도가 상당히 향상되었으나, MPEG 그룹에서는 깊이 정보 부호화의 입력 영상으로는 아직도 부적합하다는 결론을 내렸다 [13]. 이에 MPEG 그룹에서 제공한 기존 소프트웨어의 방법을 초월한 다른 방법으로 좀 더 정확한 깊이 영상을 기고해 달라고 요청했다. 이에 대한 응답으로 한국전자통신연구원(ETRI)과 일본의 나고야 대학에서는 반자동 깊이 정보 추정(semi-automatic depth estimation) 방법을 제안했다 [12]. 한국전자통신연구원에서 제안한 방법은 수동으로 획득한 기준 영상을 주기적으로 삽입하여 보다 정확한 깊이 정보를 추정하는 방법으로 성능이 상당히 개선되었지만, 기준 영상을 생성하는 방법이 명확하지 않아 추가적인 노력이 필요하다. 한편, 나고야 대학에서 제안한 반자동 깊이 정보 추정 방법은 기준 영상뿐만 아니라, 경계(edge) 정보까지 이용하는 방법으로 그 성능 개선을 인정받았다.

깊이 영상은 3차원 비디오 시스템의 중요한 정보이므로 깊이 정보를 정확하게 추정하는 것이 매우



<그림 8> 깊이 영상의 시간적 상관도 저하

필요하다. 따라서 MPEG 그룹에서는 깊이 정보 추정 소프트웨어의 성능을 개선하기 위한 선행 실험을 계속하고 있으며, 조만간 더욱 개선된 깊이 영상 추정 기술이 개발될 것으로 기대된다.

## 2. 가상시점 영상 합성 기술

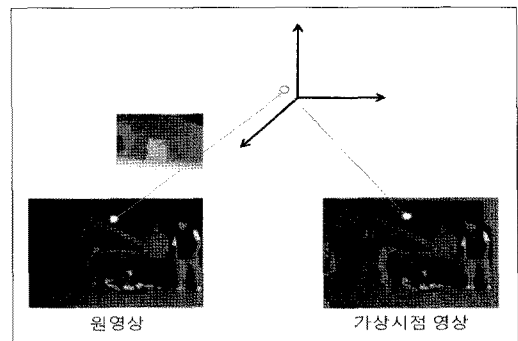
앞에서 설명한 것처럼, 다시점 비디오는 다양한 방법으로 재현될 수 있다. 시청자가 원하는 임의 시점의 영상을 자유롭게 2차원 모니터에 재현할 수 있을 뿐만 아니라, 여러 형태의 입체 모니터를 통해 시청자에게 3차원 입체 영상을 제공할 수도 있다. 요즘 판매되고 있는 스테레오 모니터와 다시점 모니터를 통해 3차원 입체 영상을 재현할 수 있지만, 이러한 디스플레이 장치는 입력 영상 사이의 간격이 특정 조건을 만족해야 입체감있는 자연스러운 영상을 올바르게 재현할 수 있다. 따라서 일부 다시점 영상을 이러한 입체 모니터에 인가했을 경우에 올바른 입체감을 제공하지 못할 수도 있는데, 이때 중간시점 영상을 합성하여 입력 영상 사이의 간격을 좁혀 주면 보다 자연스러운 3차원 입체영상을 재현할 수 있다.

3차원 비디오의 자유시점 선택 기능과 다시점 3차원 모니터에 자연스런 재생을 위해서 가능하면 많은 수의 카메라로 영상을 획득하면 좋지만, 카메라의 비용과 조작 등의 현실적인 문제가 존재하기 때문에 대개 한정된 수의 카메라를 이용하여 여러 시점에서의 영상을 획득한다. 이런 경우에 카메라를 실제로 설치하여 얻은 영상들을 이용하여 카메라를 설치하지 않은 가상의 중간시점에서의 영상을 합성하여 자유시점 기능을 제공할 수 있다. 중간시점 영상을 합성하기 위해서는 깊이 영상과 카메라의 위치 정보 및 특성을 나타내는 카메라 매개 변수가 필요한데, 현재 MPEG 그룹에서 고려하고 있는 3차원 비디오

시스템은 각 시점에 대한 깊이 영상과 카메라 매개 변수를 부가적인 입력 데이터로 정의하고 있다.

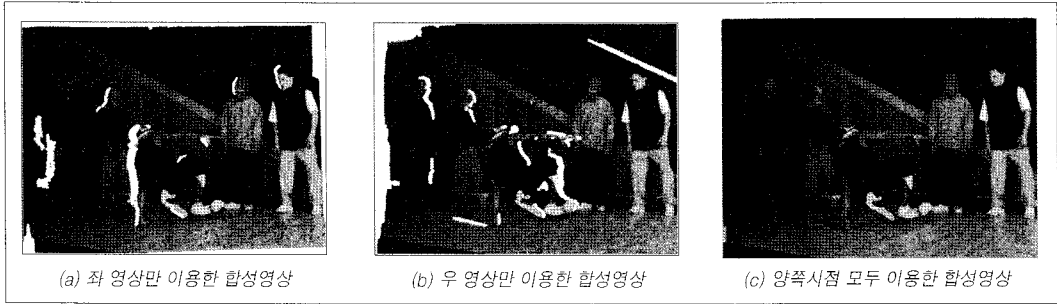
일반적으로 중간시점 영상을 합성하기 위해서는 3차원 워핑 기술을 많이 사용한다. 3차원 워핑이란 깊이 정보를 이용하여 원래 영상의 화소 위치를 실제 공간 좌표계로 변환하고, 이를 다시 가상시점의 영상으로 재투영하는 과정이다.

그러나 3차원 워핑을 이용하여 새로운 시점으로 영상을 이동했을 때 원래 시점의 영상에서는 보이지 않았던 영역이 가상시점에서 보이는 경우도 발생한다. 이런 영역은 원래 영상에서 찾을 수 있는 정보가 아니기 때문에 합성된 가상시점의 영상에서는 빈 영역(holes)으로 남게 된다. 따라서 합성된 중간시점 영상의 빈 영역을 처리하는 방법이 합성된 가상시점 영상의 품질을 크게 좌우한다. <그림 9>는 3차원 워핑을 이용하여 가상시점의 영상을 합성하는 과정을 도식화한 것이다. <그림 9>의 가상시점 영상에서 흐리게 표시된 부분이 시점 이동으로 생긴 빈 영역을 나타낸다.



<그림 9> 가상시점의 영상 합성 방법

기존의 양안식 영상의 경우와 같이, 한 시점의 기준 영상과 깊이 영상을 이용하여 인접한 가상시점의 영상을 보간하여 만들 경우에 생기는 빈 영역을 대



<그림 10> 중간시점 영상의 합성 결과

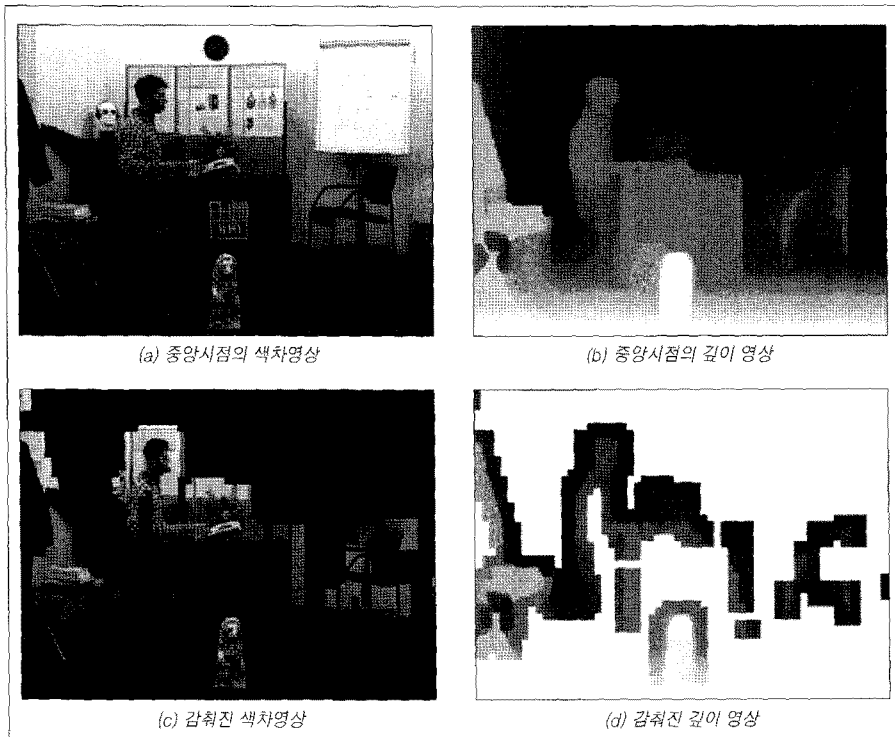
개 인접한 화소 값을 이용하여 채운다. 하지만, 다시점 비디오와 같은 환경에서는 합성하려는 중간시점의 영상 좌우로 기준 영상과 깊이 영상이 동시에 존재할 수 있으므로, 중간시점의 빈 영역을 인접한 다른 기준 시점에서의 정보를 취하여 채울 수 있다. <그림 10(a)>와 <그림 10(b)>에 보인 것처럼, 좌 영상만을 이용하여 중간시점 영상을 합성할 경우에 빈 영역이 객체의 왼쪽 영역에 존재하고, 우 영상만을 이용할 경우에는 빈 영역이 객체의 오른쪽 영역에 존재하는 것을 알 수 있다. 따라서 한쪽 시점의 결과에 존재하는 빈 영역을 다른 시점의 결과를 이용하여 효과적으로 채울 수 있다. <그림 10(c)>는 좌우 시점의 영상을 이용하여 빈 영역을 모두 채워 최종적으로 만들어진 중간시점의 영상을 보여 준다. 이외에도 깊이 값이 객체의 경계 부분에서 부정확하게 추정되는 점을 감안하여 보다 고화질의 중간시점 영상을 생성하기 위해 객체의 경계 영역을 처리하는 기술도 제안되었다 [13].

### 3. 계층적 깊이 영상을 이용한 다시점 영상 생성

<그림 4>에 보인 3차원 비디오 시스템은 다시점

비디오와 깊이 정보를 입력 데이터로 부호화해야 하기 때문에 카메라의 시점 수가 증가하면 이에 비례하여 처리해야 할 데이터 량도 늘어난다. 이에 Philips 회사에서는 부호화할 시점의 수를 줄이고 압축 효율을 높이기 위하여 계층적 깊이 비디오(layered depth video, LDV)를 제안하였다.

계층적 깊이 비디오를 이용하면 기준 시점의 영상과 시점 이동에 따라 가려지고(occluded) 드러나는 영역(disoccluded)에 대한 정보를 이용하여 임의 시점의 영상을 만들 수 있다. <그림 11>은 LDV를 구성하는 데이터를 보인 것이다. 다시점 비디오에서 중앙에 위치하는 시점의 영상을 <그림 11(a)>의 중앙 시점의 색차 영상으로 지정하고, 그 시점의 깊이 영상을 <그림 11(b)>의 데이터로 지정한다. 그리고 <그림 11(c)>와 <그림 11(d)>와 같이 시점 이동에 따라 새로 드러나는 정보만을 취한다. 이렇게 간소화된 데이터를 이용하면 카메라 수의 입력 데이터를 모두 전송할 필요가 없이, 줄여진 데이터만을 이용하여 3차원 비디오 시스템을 구현할 수 있다. 현재 이 기술은 MPEG 그룹에서 선행 실험을 진행하고 있지만, MPEG에서 제시하고 있는 입력 데이터와 상충되는 부분이 많아 이 데이터 형식을 이용할 것 인가를 계속 논의하고 있다.



〈그림 11〉 계층적 깊이 비디오 (Layered Depth Video) 데이터 구성

## VI. 맺음말

이 논문에서는 MPEG 표준화 그룹에서 현재 진행하고 있는 3차원 비디오 부호화 작업의 현황과 주요 기술을 살펴보았다. MPEG 그룹에서는 3차원 오디오-비주얼의 표준화 작업을 시작으로, 다시점 비디오 부호화와 3차원 비디오 부호화 기술을 지속적으로 연구 개발하고 있으며, 최근에는 3차원 비디오 시스템을 정의하고 부호화 성능을 시험하기 위한 실험 환경을 구축하였다. 2009년 5월 현재 총 10 개의 테스트 영상을 선정하여 깊이 정보 추정과 중간 시점 영상 합성을 위한 기준 소프트웨어를 개선하

고 있다. 최근 국내외의 많은 연구기관들이 3차원 비디오 부호화 작업에 적극적으로 참여하고 있기 때문에 조만간 표준화 작업이 빠르게 진행될 것으로 보인다. 3차원 비디오 부호화 작업의 최종 목표는 다시점 비디오와 깊이 정보를 효과적으로 부호화하는 방법을 개발하는 것이다. 3차원 비디오 부호화 방법이 만들어지면 이 기술을 바탕으로 3차원 방송과 입체 영상 산업이 급속히 성장할 것으로 기대되므로, 3차원 비디오 부호화에 관한 국내 학계와 산업계의 지속적인 관심과 정부 차원의 적극적인 지원이 매우 필요하다.

● 참고 문헌 ●

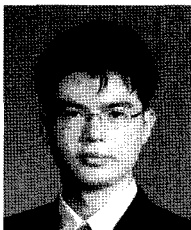
- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Vision on 3D Video," N10357, Lausanne, Switzerland, Feb. 2007.
- [2] 호요성, 이천, "자유시점 TV와 3차원 비디오 국제 표준화 동향," TTA Journal, vol. 116, pp. 86-94, 2008.
- [3] 호요성, 오관정, "다시점 비디오 부호화," TTA Journal, vol. 115, pp. 93-100, 2008.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Updated Call for Proposals on Multi-view Video Coding," N7567, Nice, France, Oct. 2005.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6, "WD 4 Reference software for MVC," JVT-AD207, Geneva, Swiss, Feb. 2007.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Applications and Requirements on FTV," Doc. N9466, Shenzhen, China, Oct. 2007.
- [7] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Call for Contributions on 3D Video Test Material," Doc. N9595, Antalya, Turkey, Jan. 2008.
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Call for 3D Test Material: Depth Maps & Supplementary Information," Doc. N10359, Lausanne, Swiss, Jan. 2009.
- [9] Sang-Beom Lee, Cheon Lee, Yo-Sung Ho, "Temporal Consistency Enhancement of Background for Depth Estimation," 3D Systems and Applications (3DSA), pp. S8.1(1-4), April 2009.
- [10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Error-resilient Free-viewpoint Image Generation for FTV," Doc. m16389, Maui, USA, April 2009.
- [11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Semi-automatic Depth Estimation for FTV," Doc. m16391, Maui, USA, April 2009.
- [12] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Depth Estimation algorithm in SADERS1.0," Doc. m16411, Maui, USA, April 2009.
- [13] Cheon Lee and Yo-Sung Ho, "Boundary Filtering on Synthesized Views of 3D Video," SIP 2008, pp. 15(1-4), Dec. 2008.

필자 소개



호요성

- 1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (석사)
- 1983년 3월 ~ 1995년 9월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
- 1989년 12월 : University of California, Santa Barbara, Department of Electrical and Computer Engineering (박사)
- 1990년 1월 ~ 1993년 5월 : 미국 Philips 연구소 Senior Research Member
- 1995년 9월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, 영상신호 처리 및 압축, 멀티미디어 시스템, 디지털 TV, MPEG 표준, 3차원 TV, 실감방송, 디지털 시네마



이천

- 2005년 2월 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 (학사)
- 2007년 8월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (석사)
- 2007년 9월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정
- 주관심분야 : 영상신호 처리 및 압축, H.264/AVC, 다시점 비디오 부호화 (MVC), 3차원 비디오 부호화, MPEG 표준