

일반-09-14-5-06

## 적응적 블록기반 깊이정보 맵 부호화 방법

김 경 용<sup>a)</sup>, 박 광 훈<sup>a)†</sup>, 서 덕 영<sup>a)</sup>

### Adaptive Block-based Depth-map Coding Method

Kyung Yong Kim<sup>a)</sup>, Gwang Hoon Park<sup>a)†</sup>, and Doug Young Suh<sup>a)</sup>

#### 요 약

본 논문에서는 3D-Video에서 가상시점 영상을 생성하는데 필요한 깊이정보 맵의 효율적인 부호화 방법을 제안한다. 가상시점 영상은 실사 영상의 깊이정보 맵을 이용한 시점보간(View Interpolation) 방법으로 생성된다. 일반적으로 깊이정보 맵의 부호화에는 H.264 등의 자연영상에 대한 동영상 부호화 방법을 그대로 적용하고 있는데, 이러한 부호화 방법은 깊이정보 맵의 특성을 고려하지 않은 방법이다. 따라서 본 논문에서는 깊이정보 맵의 영상특성을 고려하여, 맵 정보를 그레이 코드로 변환한 후 비트평면 단위로 부호화 하는 방법과, H.264 부호화 방법을 블록단위로 적응적으로 선택하여 부호화하는 방법을 제안하였다. 실험결과로서, 제안하는 방법의 성능은 H.264 부호화 방법에 비하여, BD-PSNR이 평균 0.5dB 향상되고, BD-rate는 평균 7.43% 감소되어 부호화 효율이 우수함을 확인할 수 있었다. 또한 복원된 깊이정보 맵을 이용하여 생성된 가상시점 영상 간의 비교에서 제안하는 방법이 H.264 부호화 방법에 비해 주관적 화질이 크게 향상된 것을 확인할 수 있었다.

#### Abstract

This paper proposes an efficient depth-map coding method for generating virtual-view images in 3D-Video. Virtual-view images can be generated by the view-interpolation based on the depth-map of the image. A conventional video coding method such as H.264 has been used. However, a conventional video coding method does not consider the image characteristics of the depth-map. Therefore, this paper proposes an adaptive depth-map coding method that can select between the H.264/AVC coding scheme and the proposed gray-coded bit plane-based coding scheme in a unit of block. This improves the coding efficiency of the depth-map data. Simulation results show that the proposed method, in comparison with the H.264/AVC coding scheme, improves the average BD-rate savings by 7.43% and the average BD-PSNR gains by 0.5dB. It also improves the subjective picture quality of synthesized virtual-view images using decoded depth-maps.

Keyword : 3D Video, Depth-map Coding, FTV(Free view-point TV), MVC(Multi-view Video Coding)

## 1. 서 론

최근 멀티미디어 처리 기술 및 하드웨어 기술의 급격한 발전으로 인해, HD(High-definition)급 이상의 고화질 방송 서비스가 널리 보급화 되었다. 또한 소비자에게 더 나은 사실감과 현장감을 제공하기 위해 3차원 입체 콘텐츠를 이용한 3DTV 방송에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러

a) 경희대학교 전자정보대학

College of Electronics and Information, Kyung Hee University

† 교신저자 : 박광훈(ghpark@khu.ac.kr)

※ 이 논문은 교육과학기술부 및 한국과학재단의 국가지정연구실 지원 사업(ROA-2005-000-10061-0)과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업(IITA-2009-C1090-0903-0011)의 연구 결과로 수행되었음.

· 접수일(2009년6월11일), 수정일(2009년8월24일), 게재확정일(2009년8월28일)

한 3DTV 방송은 HDTV의 뒤를 이어 차세대 방송 서비스 시장에서 가장 주목 받게 될 것으로 기대되고 있다. 이와 관련된 연구로써, JVT(Joint Video Team of ISO/IEC JTC1/ SC29/WG11 MPEG and ITU-T SG16 Q.6 VCEG)에서는 두 개 이상의 카메라로부터 입력받은 영상들을 효율적으로 부호화하기 위한 다시점 비디오 부호화(Multi-view Video Coding, H.264/AVC Amendment 4) 표준<sup>[1]</sup>을 완료하였고, 또한 비디오 표준화 단체인 ISO/IEC의 MPEG에서는 사용자에게 다양한 시점과 높은 현장감을 제공하기 위하여 3차원 비디오(3D-Video) 표준<sup>[2]</sup>을 진행 중이다. 3차원 비디오 표준은 입력 받은 시점 영상 이외에 사용자가 원하는 다양한 가상 시점 영상을 생성할 수 있도록 지원하기 위한 표준이다. 가상시점 영상(Virtual-view image)은 실제 세계에서 카메라와 실제 사물(object) 간의 거리인 깊이정보 맵(Depth-map)을 이용한 시점보간(View-interpolation) 방법을 통하여 무한대로 생성될 수 있다. 따라서 3차원 비디오 표준에서는 소수의 시점(View) 영상 데이터와 그것의 깊이정보 맵만을 전송하면 되기 때문에, 기존 다시점 비디오 부호화 방법에 비해 대역폭과 저장 공간을 절약할 수 있다는 장점이 있다.

3차원 비디오 표준에서 고려하고 있는 기본적인 3차원 비디오 시스템은 우선 스테레오 카메라, 깊이정보 카메라, 다시점 카메라, 2차원 영상을 3차원 영상으로 변환 등을 이용하여  $N(N \geq 2)$  시점의 영상 콘텐츠를 획득한다. 획득된 영상 콘텐츠에는  $N$  시점의 비디오 정보와 그것의 깊이정보 맵 정보 그리고 카메라 관련 부가정보 등이 포함될 수 있다.  $N$  시점의 영상 콘텐츠는 다시점 비디오 부호화 방법을 사용하여 압축되며, 압축된 비트스트림은 네트워크를 통해 단말로 전송되거나 CD/DVD와 같은 저장 매체에 의해 저장된다. 단말에서는 전송받은 비트스트림을 다시점 비디오 복호화 방법을 사용하여 디코딩한 후  $N$  시점의 영상으로 복원한다. 복원된  $N$  시점의 영상은 깊이정보 맵을 이용한 시점보간(View-interpolation) 방법을 통하여  $N$  시점 이상의 가상시점 영상들을 생성한다. 생성된  $N$  시점 이상의 가상시점 영상들은 다양한 디스플레이 장치에 맞게 재생되어진다. 이와 관련된 응용 시스템의 예를 들면, 일본의 나고야(Nagoya) 대학에서 제안한 자유 시점 TV(FTV; Free view-

point TV) 시스템<sup>[3]</sup>이 있다. 이는 2차원 디스플레이 장치를 이용한 3차원 비디오 표준의 응용 시스템 중 하나로써  $N$ 개의 카메라에서 획득한 영상에서의 가시영역을 가상의 카메라(사용자가 원하는 시점의 위치와 방향)가 자유롭게 움직이면서 원하는 가상시점 영상을 재생할 수 있도록 하는 시스템이다. 또한 다른 응용 시스템의 예로써,  $N$  시점 이상의 가상시점 영상을 다시점 입체 디스플레이 장치에 입력하여  $N$  시점 이상의 3차원 입체 영상을 재생할 수도 있다.

이와 같은 시스템을 실제 구현하기 위해 MPEG의 3차원 비디오 표준에서는 영상과 깊이정보 맵 영상을 이용한 스테레오스코픽 영상의 재생뿐만 아니라 다시점 비디오 영상을 이용한 오토스테레오스코픽 영상의 재생을 모두 지원할 수 있는 진보된 데이터 형식과 기술을 정의하고 있으며, 기본적인 3차원 비디오 시스템 구조를 정의하고 있다<sup>[4]</sup>. 2009년 현재 MPEG의 3차원 비디오 표준에서는 주로 깊이정보 맵을 생성하는 방법과 깊이정보 맵을 이용하여 가상시점 영상을 생성하는 방법에 대한 연구를 수행하고 있으며, 깊이정보 맵 부호화와 관련된 국제표준이 현재까지는 존재하지 않아 궁극적으로는 깊이정보 맵 부호화 방법을 최종적으로 표준화 할 예정에 있다. 깊이정보 맵은 카메라로 입력된 실제영상(실사영상)과 함께 압축되어 전송 매체를 통해 전송되거나 저장 된다. 기존의 깊이정보 맵을 압축하기 위한 방법은 H.264 등의 실사영상에 대한 압축 방법을 그대로 이용하는데<sup>[5]</sup>, 이것은 깊이정보 맵의 특성을 고려하지 않은 방법이다. 가상시점 영상 화질이 깊이정보 맵의 정확도에 따라 결정이 되기 때문에, 깊이정보 맵의 특성을 고려한 최적의 압축 방법에 대한 연구가 반드시 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 깊이정보 맵에 대하여 설명하고 DCT 기반 동영상 부호화 방법을 이용한 깊이정보 맵 부호화 방법의 문제점에 대하여 설명한다. III장에서는 깊이정보 맵의 특성에 대하여 자세하게 분석하고, IV장에서는 III에서 분석한 내용을 바탕으로 깊이정보 맵의 특성에 맞게 부호화하는 방법에 대하여 설명하고, V장에서 제안하는 방법에 대한 성능을 평가한다. 마지막으로 VI장에서는 결론을 기술한다.

## II. 깊이정보 맵의 부호화

깊이정보 맵(Depth-map)이란, 실세계에서 카메라와 실제 사물(object) 간의 거리를 실사 영상과 동일한 해상도로 각 화소에 해당하는 깊이정보를 일정한 비트수로 표현한 것이다. 깊이정보 맵의 예로써, 그림 1은 다시점 비디오 영상인 "Ballet" 영상(그림 1(a))과 그것의 깊이정보 맵(그림 1(b))을 보여주고 있다. 실제 그림 1의 깊이정보 맵은 각 화소에 대응하는 화면에 보이는 깊이 정보를 8비트로 표현한 것으로, 카메라와 가까울수록 큰 값(밝은 값), 멀수록 작은 값(어두운 값)으로 표현된다.



그림 1. "Ballet" 영상의 실사 영상과 깊이정보 맵 영상 : (a) 실사 영상, (b) 깊이정보 맵  
Fig. 1. Real image and depth-map in the "Ballet" sequence : (a) real image, (b) depth-map

깊이정보 맵을 부호화하는 방법에 대한 국제표준은 아직 정의되지 않은 상태이며, 단지 MPEG-C Part 3<sup>[6]</sup>에 깊이정보 맵과 관련된 변수(화면 내에서 실제 카메라와 전면 객체의 거리 정보, 그리고 후면 객체의 거리 정보)에 대한 부호화 표준만 있을 뿐이다. 이 변수는 깊이정보 맵을 이용하여 가상시점 영상을 생성하기 위해 필요한 정보이다. 그래서 현재 깊이정보 맵의 부호화에 이용되는 부호화 방법은 실사 영상을 부호화할 때 사용되는 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반 동영상 부호화 방법인 H.264(또는MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding)<sup>[7]</sup>를 일반적으로 사용한다.

DCT 기반 동영상 부호화 방법은 블록 기반 변환 방법으로, 공간 주파수가 낮은 영상(주변 화소간의 상관관계가 높은 영상)에서 효율적인데 반해, 객체 경계부분과 같은 공간 주파수가 높은 영상(주변 화소 간 변화가 큰 영상)에서는

효율적이지 못하다. 특히 저비트율 환경에서 DCT 기반 동영상 부호화 방법으로 부호화를 수행하였을 경우, 양자화에 의한 고주파 성분(High frequency components)의 손실로 인해 객체 경계부분을 정확하게 표현할 수 없으며 영상이 뭉개지게 되는 문제점이 있다.

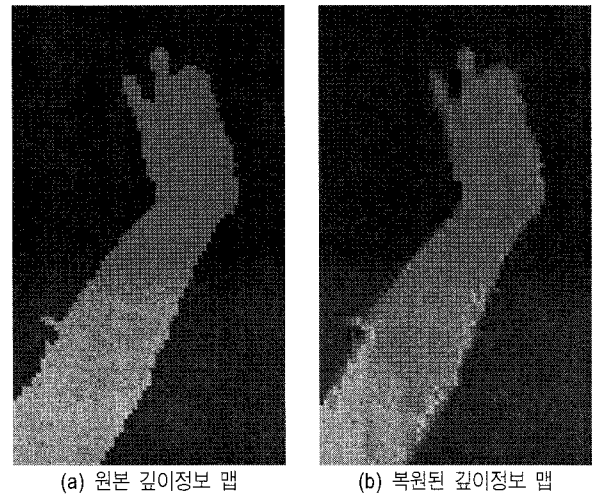


그림 2. Ballet 영상의 원본과 복원된 깊이정보 맵 간 비교  
Fig. 2. Comparison of the original and reconstructed depth-map in the "Ballet" sequence

그림 2(a)는 Ballet(1024x768, 15Hz)의 원본 깊이정보 맵의 일부분이고, 그림 2(b)는 Ballet(1024x768, 15Hz)의 복원된 깊이정보 맵의 일부분이다. 그림 2(b)의 복원된 깊이정보 맵은 DCT 기반 동영상 부호화 방법인 H.264를 이용하여 저비트율(양자화 변수(QP; Quantization Parameter)를 '37'로 설정)로 압축하고 복원한 것이다. 그림 2에서 보이는 것과 같이, 복원된 깊이정보 맵(그림 2(b))의 객체 경계부분에서 DCT 기반 동영상 부호화 방법의 문제점인 영상의 뭉개짐을 확인할 수 있다. 가상시점 영상의 화질은 깊이정보 맵과 큰 상관관계를 가지므로, 이러한 깊이정보 맵의 뭉개짐은 생성된 가상시점 영상의 화질을 감소시킨다. 따라서 본 논문에서는 깊이정보 맵을 부호화하는데 있어, DCT 기반 동영상 부호화 방법의 문제점을 보완하고, 깊이정보 맵의 특성에 맞는 효율적인 부호화 방법을 제안한다.

### III. 깊이정보 맵 분석

실사 영상과는 다르게 깊이정보 맵은 실세계에서 카메라와 실제 사물(object) 간의 거리를 표현한 것이므로 영상이 상당히 완만한 특성을 나타내며, 이러한 깊이정보 맵을 비트평면 단위로 분리하였을 경우에도 역시 각각의 비트평면 영상이 실사영상처럼 복잡하지 않고 모든 비트평면에서 상당히 단조로운 형태를 지닌다. 그림 3(A)는 ISO/IEC MPEG의 다시점 비디오 부호화의 실험 영상인 “Break-

dancers” 영상의 깊이정보 맵에서 객체 경계부분의 블록(16x16 화소)을 비트평면 단위로 분리한 후 각각의 비트평면에 속한 이진영상(Binary image)의 일부 예를 도시하였다. 그림 3(A)에서는 객체 경계부분의 블록을 비트평면 단위로 분리한 이진 영상들을 MSB(Most significant bit) 비트평면부터 LSB(Least significant bit) 비트평면까지 나타내었다. 그림 3(A)의 비트평면 블록들을 살펴보면, 비트평면의 이진영상 간 완전히 일치하거나 또는 반전되게 일치되는 영상 특성이 깊이정보 맵의 객체 경계부분에서 자주 발

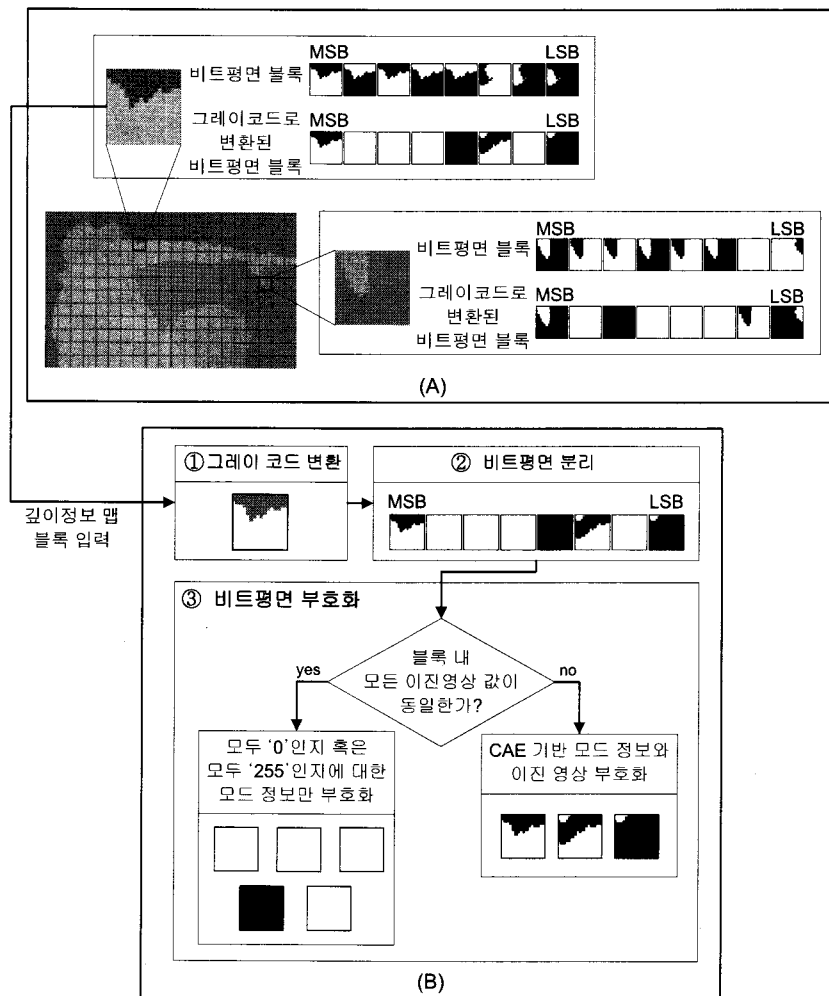


그림 3. “Breakdancers” 영상의 깊이정보 맵에서 객체 경계부분 블록의 비트평면 분석(A)과 깊이정보 맵 블록을 그레이 코드로 변환한 후 비트평면 부호화하는 방법(B)

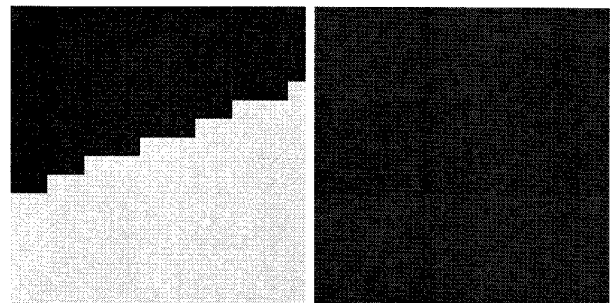
Fig. 3. Bit-plane analysis of object boundary block with depth-map of the “Breakdancers” sequence(A) and bit-plane coding method after converting depth-map to gray code(B)

생됨을 발견할 수 있다. 또한 그림 3(A)에서 객체 경계부분의 블록을 그레이코드로 변환한 후 비트평면으로 분리한 이진 영상들을 살펴보면, 분리된 비트평면의 이진 영상들 중에서 블록 내 화소 값이 모두 동일한 경우가 다수 발생하였다. 이러한 특성이 나타나는 이유는 깊이정보 맵의 주변 화소 값 간의 상관성이 매우 높고, 그레이코드로의 변환으로 인해 각각의 비트평면 단위에서 화소 값 간의 유사도가 높아졌기 때문이다. 그러므로 현재 비트평면의 이진영상이 이전 비트평면의 이진영상과 완전히 일치할 경우에는 현재 비트평면의 이진 영상은 모두 '0(0)'이 되고, 반전되게 일치할 경우에는 현재 비트평면의 이진영상은 모두 '255(1)'가 된다.

블록으로 나누어진 깊이정보 맵에서 비트평면의 이진 영상 간 완전히 일치하거나 또는 반전되게 일치되는 특성은 깊이정보 맵의 객체 경계부분에서 자주 발생하며, 이와 같은 특성을 이용하여 깊이정보 맵에 그레이 코드를 적용하여 그림 3(B)에 도시한 바와 같이 다음과 같은 단계로 부호화를 수행할 수 있다.

- 1 단계. 입력된 깊이정보 맵 블록에 그레이 코드를 적용한다.
- 2 단계. 그레이 코드가 적용된 블록을 비트평면 단위로 분리하여, n 개의 비트평면을 출력한다.
- 3 단계. MSB 비트평면부터 LSB 비트평면 순으로 아래와 같은 비트평면 부호화를 반복적으로 수행한다.
  - 3-1 단계. 비트평면 블록내의 모든 이진영상 값이 동일한 경우에는 3-2 단계로 진행하며, 동일하지 않은 경우에는 3-3 단계로 진행한다.
  - 3-2 단계. 비트평면 블록내의 모든 이진영상 값이 모두 '0(0)'인지 혹은 모두 '255(1)'인지에 대한 모드 정보만 부호화한다.
  - 3-3 단계. 각각의 비트평면 블록을 이진영상 압축 방법으로 부호화한다.

깊이정보 맵 블록에 그레이 코드를 적용한 후 비트평면 코딩하는 방법은 객체 경계부분에서 DCT 기반 동영상 압축 방법보다 높은 압축 효율을 나타내지만, 객체 내부 또는 배경 부분에서는 DCT 기반 동영상 압축 방법이 더 높은 압축 효율을 가진다. 예를 들어, 그림 4는 객체 경계 부분의 깊이정보 맵 블록(그림 4(a))과 배경 부분의 깊이정보 맵 블록(그림 4(b))을 확대한 그림이다. 그리고 그림 5는 그림 4의 임의의 위치에서 수평 혹은 수직 방향으로 각 화소의 크기(깊이정보)를 표현한 2차원 그래프로서, 각각의 그래프에서 X축은 각 영상에서 수평 혹은 수직 위치를 나타내며, Y축은 화소의 크기를 나타낸다. 객체 경계 부분의 깊이정보 맵 블록(그림 4(a))에서는 객체 경계 부분에서 급격한 변화가 존재하지는 않지만, 주변 화소 값들이 거의 변화가 없다는 것을 그림 5(a)와 그림 5(b)의 그래프를 통해 확인할 수 있다. 반면에 그림 4(b)와 같은 배경 부분의 깊이정보 맵 블록에서는 그림 5(c)와 그림 5(d)의 그래프를 통해 화소 값들이 변화가 심하지 않은 것처럼 보이지만, Y축을 확대한 그래프(그림 5(e)와 그림 5(f))로 확인 결과 화소 값 간의 미세한 변화들이 많이 존재한다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 미세한 변화로 인해 깊이정보 맵의 하위 비트평면 영상이 복잡해져서, 이진 영상의 압축 효율이 낮아지게 된다. 따라서 깊이정보 맵의 객체 내부 또는 배경 부분에 DCT 기반 동영상 압축 방법을 이용하여 코딩할 경우 비트평면 단위 이진 영상 코딩보다 높은 압축 효율을 가질 수 있다.



(a) 객체 경계 부분의 깊이정보 맵 블록 (b) 배경 부분의 깊이정보 맵 블록  
 그림 4. 깊이정보 맵 블록  
 Fig. 4. Depth-map block

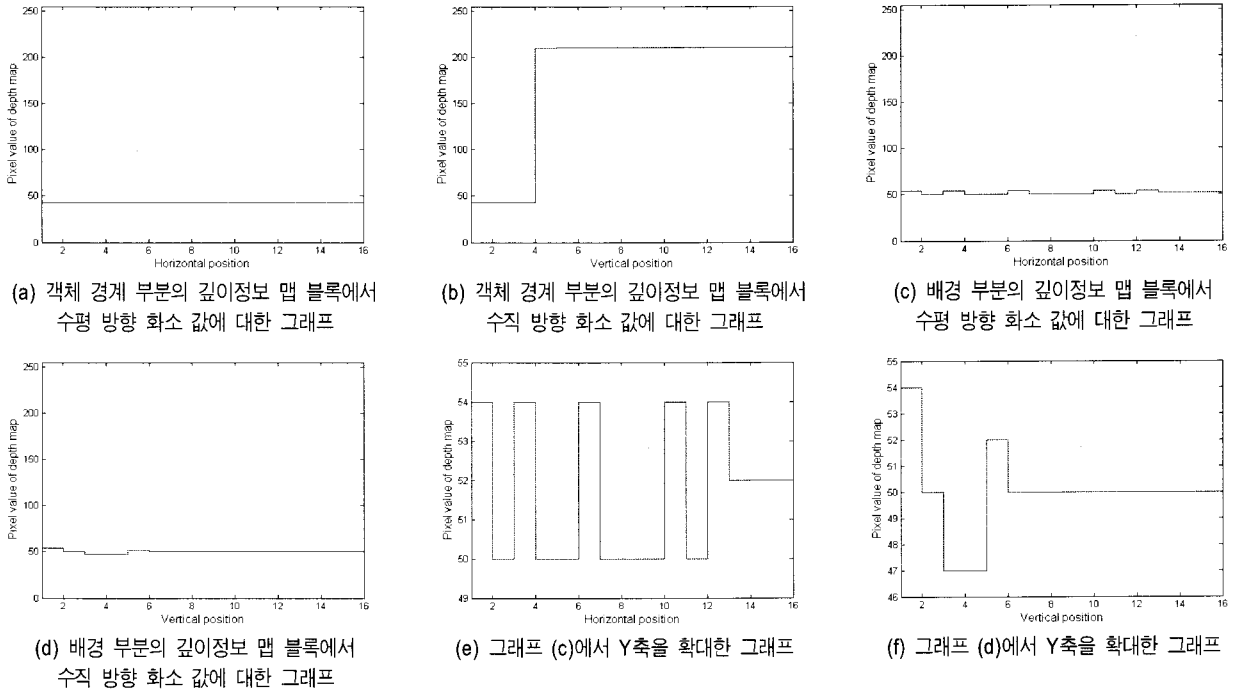


그림 5. 깊이정보 맵 블록에서 임의의 위치에서 수평 수직 방향으로 각 확소의 레벨을 표현한 2-D 그래프  
 Fig. 5. 2-D graph represented with each pixel-level of the depth-map block

**IV. 제안하는 깊이정보 맵 부호화 방법**

본 장에서는 III 장에서 분석된 내용을 바탕으로 깊이정

보 맵의 객체 경계 부분에서는 비트평면 단위의 이진영상 부호화 방법을 이용하고, 깊이정보 맵의 객체 내부 또는 배경 부분에서는 DCT 기반 동영상 압축 방법을 이용하여 깊

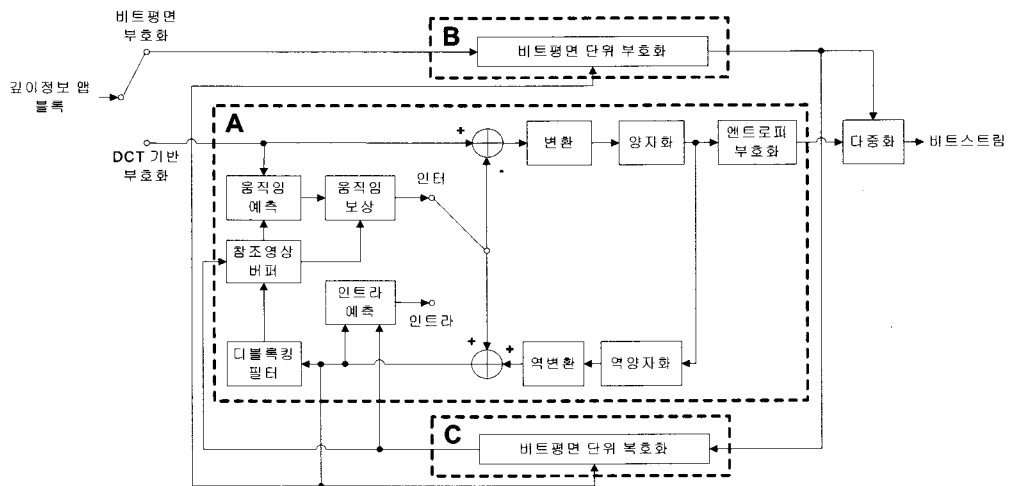


그림 6. 제안하는 방법의 부호화 블록도  
 Fig. 6. Encoder block diagram of proposed method

이정보 맵을 부호화하는 방법을 적용함으로써, 기존 DCT 기반 동영상 압축 방법(H.264)에 비해 상대적으로 높은 압축 효율과 우수한 주관적 화질을 얻어낼 수 있는 방법을 제안한다. 깊이정보 맵 부호화 시, DCT 기반 동영상 코덱(H.264)과 그레이 부호화를 이용한 비트평면 단위 부호화 방법을 적응적으로 적용한 블록기반 방법의 부호화 블록도는 그림 6과 같다.

그림 6의 부호화 블록도에서는 입력된 깊이정보 맵(영상 포맷 4:0:0)을 16x16 화소 단위의 블록으로 분리하여 부호화를 수행한다. 입력된 깊이정보 맵 블록은 '비트평면 부호화' 모드 혹은 'DCT 기반 부호화' 모드 중에 부호화 효율이 높은 모드로 선택되며, 모드 선택 정보와 함께 부호화된 결과가 비트스트림에 포함된다. 여기에서 제안하는 모드 선택 방법은 그림 7과 같다.

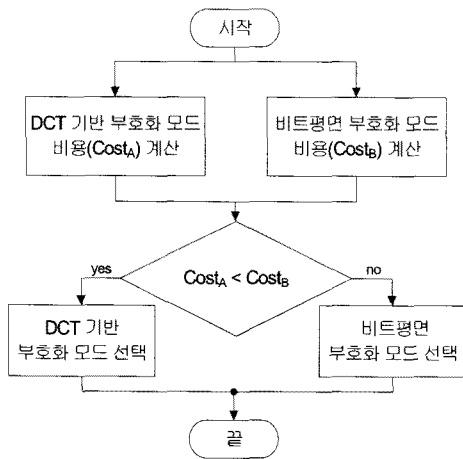


그림 7. 제안하는 모드 선택 방법  
Fig. 7. Proposed mode decision method

그림 7과 같이 현재 깊이정보 맵 블록을 DCT 기반 부호화 모드로 부호화를 수행한 후 계산된 비용(CostA)과 비트평면 부호화 모드로 부호화를 수행한 후 계산된 비용(CostB)을 비교해서 비용이 적은 부호화 모드를 선택한다. 여기서 비용을 구하는 방법은 H.264에서 사용하고 있는 윌-왜곡 최적화 방법<sup>[8]</sup>을 사용하였다.

그림 6(A)에서는 DCT 기반 부호화 모드의 예로 H.264의 부호화 블록도를 보여준다. 그림 6(A)의 부호화 블록도는

화면 내 예측만을 수행하는 인트라(Intra) 모드와 화면 내 예측 및 화면 간 예측을 모두 수행하는 인터(Inter) 모드로 부호화가 수행된다. 인트라 모드일 경우에는 그림 6(A) 내부의 스위치가 인트라로 전환되고, 인터 모드일 경우에는 스위치가 인터로 전환되어 부호화가 수행된다.

그림 6(A)의 H.264 부호화 과정의 주요한 흐름은 먼저 입력된 매크로블록에 대한 예측 블록을 생성한 후, 입력된 매크로블록과 예측 블록과의 차분을 구해 그 차분 정보를 부호화하는 것이며, 간단한 부호화 과정에 대한 설명은 아래와 같다.

- (1) 인트라 모드에서 예측 블록의 생성은 현재 매크로블록의 이미 부호화된 주변 화소 값을 이용하여 공간적 예측 수행을 통해 현재 블록에 대한 예측 블록을 생성한다. 인터 모드일 경우에는 참조 영상 버퍼에 저장되어 있는 참조 영상에서 현재 입력된 블록과 가장 매치가 잘 되는 영역을 찾아서 그 변위인 움직임 벡터(Motion Vector)를 출력하는 과정인 움직임 예측을 수행하고, 구해진 움직임 벡터를 이용하여 참조 영상 버퍼에 저장되어 있는 참조 영상에서 예측 블록을 가져오는 과정인 움직임 보상을 통해 예측 블록을 생성한다.
- (2) 현재 입력된 블록과 예측 블록과의 차분(difference)을 구하여 잔여(오차) 블록(Residual Block)을 생성한다.
- (3) 잔여 블록에 대한 부호화는 변환, 양자화, 엔트로피 부호화 과정 순으로 수행된다. 수행된 결과는 다중화 과정으로 입력되어 비트스트림으로 출력된다.
- (4) H.264는 영상 간(Inter-frame) 예측 부호화를 수행하기 때문에 현재 부호화된 영상을 이후에 입력된 영상의 참조 영상으로 사용하기 위해 복호화하여 저장할 필요가 있다. 따라서 양자화된 계수는 역양자화 과정과 역변환 과정을 통해 잔여 블록으로 변환되고, 잔여 블록은 예측 영상과 더해져서 복원된 블록을 생성한다. 복원된 블록은 인트라 예측 또는 비트평면 단위 부호화/복호화에 참조 블록으로 사용되거나 디블록킹 필터를 통해 블록킹 현상(Blocking artifact)을 제거한 후, 참조 영상 버퍼에 저장된다.

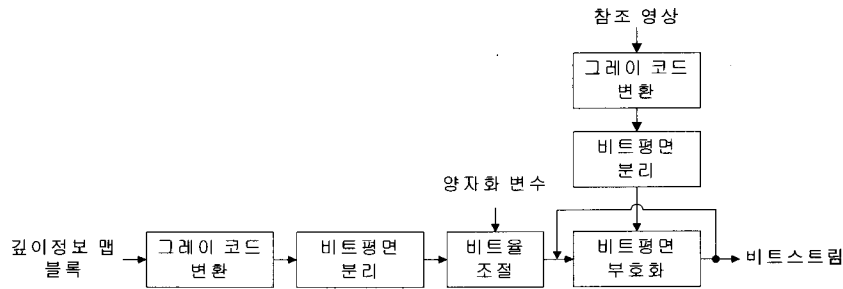


그림 8. 제안하는 비트평면 단위 부호화 방법의 블록도  
 Fig. 8. Block diagram of proposed bit-plane unit encoding method

그림 6(B)에 위치한 비트평면 단위 부호화 부의 상세 블록도를 그림 8에 도시하였으며, 다음과 같은 순서로 진행된다.

- (1) 깊이정보 맵 블록을 입력 받아서 각각의 화소를 그레이 코드로 변환한다.
- (2) 비트평면 분리 과정에서는 n-bit로 표현되는 그레이 코드로 변환된 깊이정보 맵 블록을 입력 받아서 n개의 비트평면 블록으로 분리한다.
- (3) 비트율 조절 과정은 입력 받은 양자화 변수('QP')에 따라 부호화하고자 하는 비트평면을 결정하는 과정을 수행한다. 양자화 변수에 따른 비트율 조절 방법은 그림 9에 도시한 바와 같이 입력 받은 양자화 변수 값이 '22' 이하일 경우, MSB 비트평면부터 상위 7개 비트평면까지만 부호화를 수행하고, 입력 받은 양자화 변수 값이 '23' 이상이고 '32' 이하일 경우에 MSB 비트평면부터 상위 6개 비트평면까지만 부호화를 수행하고, 입력 받은 양자화 변수 값이 '33' 이상일 경우에는 MSB 비트평면부터 상위 5개 비트평면까지만 부호화를 수행한다. 양자화 변수('QP')는 H.264에서 사용하고 있는 변수를 이용하였다.
- (4) 비트율 조절 과정에서 결정된 부호화할 비트평면의 수만큼 상위 비트평면부터 하위 비트평면 순서로 각각 비트평면 부호화가 반복되어 수행된다. 비트평면 부호화를 수행할 때 참조 블록으로 입력되는 비트평면은 참조 영상을 그레이 코드로 변환한 후 비트평면 단위로 분리된 이진 영상들 중에서 현재 부호화하려는 비트평면과 동일한 수준의 비트평면이 참조 비트

평면으로 사용된다.  
 (5) 비트평면 부호화를 수행하는 방법은 국제 동영상 표준인 MPEG-4 Part-2 Visual(ISO/IEC 14496-2)<sup>[9]</sup>의 이진 형상 부호화(binary shape coding)<sup>[9,10]</sup>에서 사용하는 방법을 기본적으로 사용한다. 그림 3과 같이 비트평면 블록 내의 모든 이진영상 값이 동일할 경우에는 현재 비트평면 블록의 모든 이진영상 값이 모두 '0(0)'인지 혹은 모두 '255(1)'인지에 대한 모드 정보만 부호화한다. 비트평면 블록 안의 모드 이진영상 값이 동일하지 않을 경우에는 해당 비트평면 블록을 CAE(Context-based Arithmetic Encoding) 부호화<sup>[9,11]</sup> 방법으로 부호화를 수행한다. CAE 부호화는 현재 코딩할 이진 값에 인접한 주변의 이진 값들의 분포를 이용하여 현재 이진 값을 적응적으로 이진 산술 부호화(Binary Arithmetic Coding)하는 방법이다.

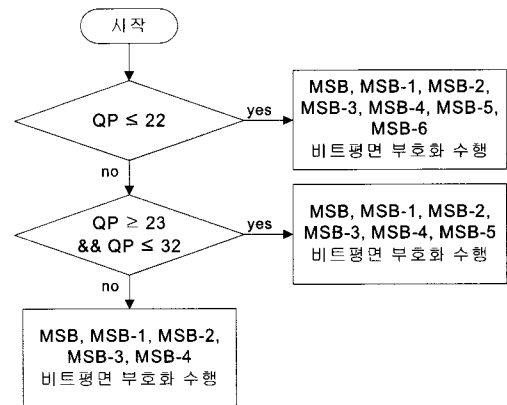


그림 9. 양자화 변수에 따른 비트율 조절 방법  
 Fig. 9. bit-rate control method according to quantization parameter



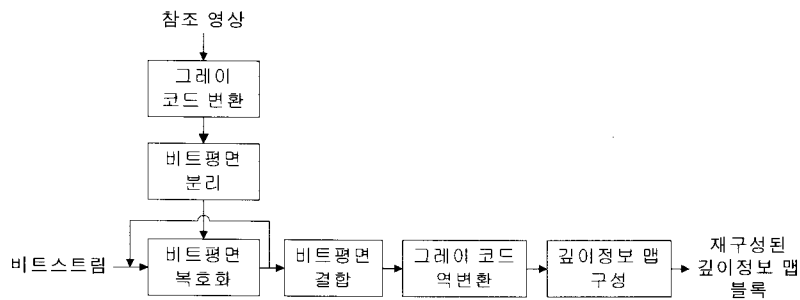


그림 10. 제안하는 비트평면 단위 복호화 방법의 블록도  
 Fig. 10. Block diagram of proposed bit-plane unit decoding method

그림 6에 도시한 바와 같이 제안된 부호화 방법은 기본적으로 영상 간(Inter-frame) 예측 부호화를 수행하기 때문에, 현재 부호화된 영상을 이후에 입력된 영상의 참조 영상으로 사용하기 위해 복호화하여 저장할 필요가 있다. 따라서 비트평면 단위 부호화를 수행한 결과를 다시 비트평면 단위 복호화를 수행하여 재구성된 깊이정보 맵 블록을 생성한다. 그림 6(C)에 도시된 비트평면 단위 복호화를 수행하는 방법의 상세 블록도를 그림 10에 세분화하여 도시하였으며 다음과 같은 순서로 진행된다.

- (1) 비트평면 복호화 과정에서는 비트스트림을 입력 받아 비트평면 수 ( $m$  개: 부호화 시 원하는 비트율을 얻기 위해 실제 부호화된 비트평면의 수)만큼 반복해서 복호화가 수행되며, 입력된 비트스트림을 각 비트평면 별로 복호화하여  $m$ 개의 비트평면 영상을 출력한다. 이때 현재 비트평면 블록을 복호화하기 위해 참조로 사용되는 비트평면은 참조 영상을 그레이 코드로 변환한 후 비트평면 분리한 이진 영상들 중에서 현재 복호화하려는 비트평면과 동일한 수준의 비트평면이 참조 비트평면으로 사용된다. 비트평면 복호화를 수행하는 방법은 국제 동영상 표준인 MPEG-4 Part-2 Visual(ISO/IEC 14496-2)<sup>[9]</sup>의 이진 형상 부호화(binary shape coding)<sup>[9,10]</sup>에서 사용하는 방법을 기본적으로 사용한다.
- (2) 비트평면 결합 과정에서는 출력된 각각의 비트평면 영상을 결합하여  $m$ -bit로 표현되는 영상을 출력한다.

- (3) 그레이 코드 역변환 과정에서는 그레이 코드로 표현된 깊이정보 맵을 원래의 깊이정보 맵 형태로 복원한다.
- (4) 깊이정보 맵 구성 과정에서는  $m$ -bit로 표현되는 영상을 실제 깊이정보 맵의 비트수에 맞게 구성하여  $n$ -bit의 깊이정보 맵을 출력한다. 이때 남아있는 비트평면들(실제 비트평면의 수( $n$ ) - 복호화된 비트평면의 수( $m$ ))은 모두 '0(0)'으로 대입하여 비트평면을 구성한다.
- (5) 최종적으로 구성된 깊이정보 맵은 DCT 기반 부호화 모드(그림 5(A))에서 인트라 예측 또는 비트평면 단위 부호화/복호화 과정에서 참조 블록으로 사용되거나 참조 영상 버퍼에 저장된다.

본 논문에서 제안하는 깊이정보 맵 부호화 방법의 복호화 블록도는 그림 11과 같다.

그림 11에서 디멀티플렉서에서는 비트스트림을 입력 받아 부호화 모드 정보를 복호화하여 해당하는 부호화 모드에 따라 비트스트림을 분배한다. 비트평면 복호화 모드(그림 11(A))가 선택되었을 경우에는 비트평면 단위 복호화 과정이 수행되며, 이 과정에서는 그림 10의 비트평면 단위 복호화 방법을 이용하며 비트스트림을 입력 받아 비트평면 수만큼 반복해서 비트평면 복호화를 수행하고 각각의 비트평면 영상을 결합하여  $n$ -bit로 표현되는 재구성된 깊이정보 맵 블록을 출력한다. 또한 재구성된 깊이정보 맵 블록은 DCT 기반 부호화 과정에서 인트라 예측에 사용되거나 참

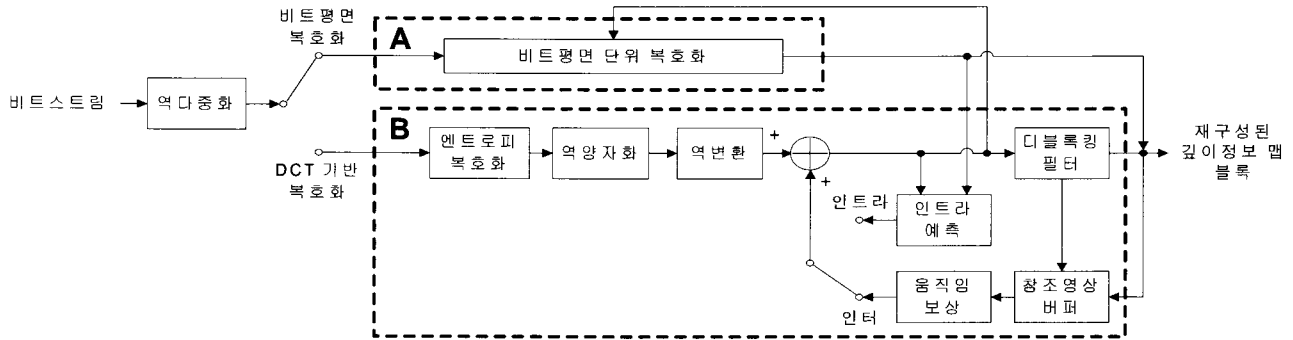


그림 11. 제안하는 방법의 복호화 블록도  
Fig. 11. Decoder block diagram of proposed method

조 영상 버퍼에 저장된다. DCT 기반 복호화 모드가 선택되었을 경우에는 그림 11(B)로 표시되어 있는 부분이 수행되며, 이 과정에서는 비트스트림을 입력받아 H.264 기반 복호화 방법으로 복호화하여 복원된 깊이정보 맵 블록을 출력한다. 복원된 깊이정보 맵 블록은 비트평면 단위 복호화 과정에서 참조 블록으로 사용되며, 또한 더블록킹 필터를 거쳐 참조 영상 버퍼에 저장되거나 재구성된 깊이정보 맵 블록으로 출력된다.

### V. 제안하는 방법의 성능 평가

본 논문에서 H.264의 참조 소프트웨어인 JM(Joint Model) 13.2<sup>[12]</sup>에 실제 구현하여 기존 방법과 제안하는 방법의 비교를 수행하였다. 실험에 사용한 영상은 Microsoft에서 제공한 “Ballet”, “Breakdancers” 영상의 깊이정보 맵과 MPEG의 3차원 비디오 표준에서 제공한 “Champagne

표 1. 실험 조건  
Table 1. Test Condition

해상도 및 프레임률	Ballet, Breakdancers(1024x768, 15Hz), Champagne Tower(1280x960, 30Hz)
프레임 수	Ballet, Breakdancers(100 frames) Champagne Tower(300 frames)
영상 형식	YUV 4:0:0
양자화 변수	22, 27, 32, 37
예측구조	I-P-P-P-
엔트로피 부호화 방법	CAVLC

Tower” 영상의 깊이정보 맵이며, 상세한 실험 조건은 표 1과 같다.

그림 12와 그림 13, 그리고 그림 14는 H.264를 이용한 기존 방법(‘Anchor’)과 본 논문에서 제안하는 방법(‘Proposed’)에 대한 비트율 대비 PSNR(Peak Signal-to- Noise Ratio)의 R-D(Rate-distortion) 곡선을 나타낸다. 그래프 결과를 통해 제안하는 방법의 결과가 기존 방법의 결과보다 성능이 월등하게 향상된 것을 확인할 수 있다. 또한 저비트율보다 고비트율에서 제안하는 방법의 부호화 효율이 기존 방법에 비해 월등히 크게 나타났으며, 고비트율에서 깊이정보 맵을 부호화할 때 제안하는 방법이 기존 방법보다 적

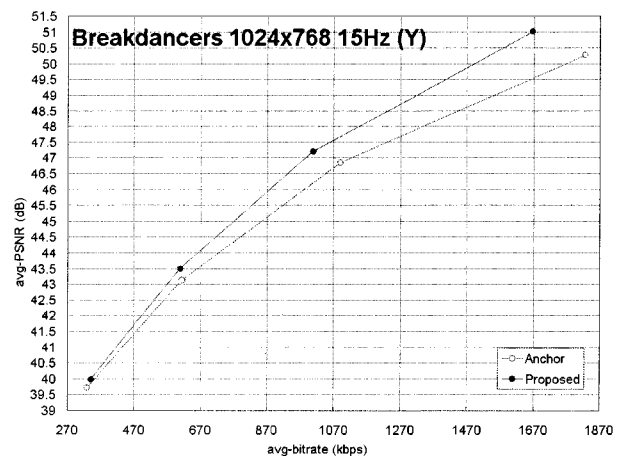


그림 12. “Breakdancers” 영상의 0번 시점 깊이정보 맵 실험 결과 그래프  
Fig. 12. Rate-distortion curves for the “Breakdancers” view 0 depth-map sequence

은 비트율로 부호화를 수행할 수 있다는 것을 알 수 있다.

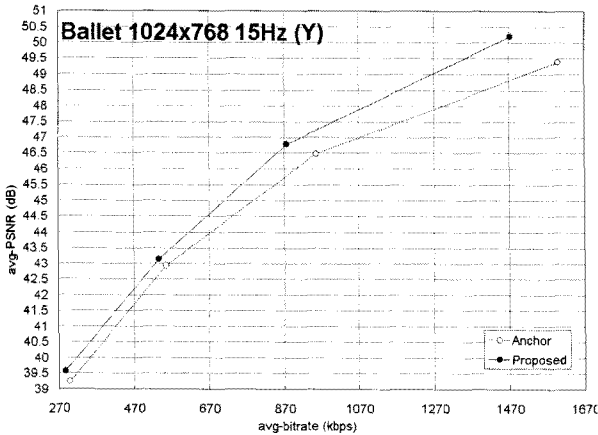


그림 13. "Ballet" 영상의 0번 시점 깊이정보 맵 실험 결과 그래프  
Fig. 13. Rate-distortion curves for "Ballet" view 0 depth-map sequence

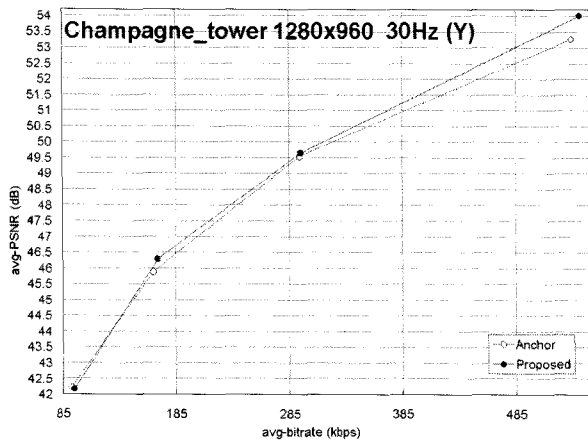


그림 14. "Champagne Tower" 영상의 39번 시점 깊이정보 맵 실험 결과 그래프  
Fig. 14. Rate-distortion curves for "Champagne Tower" view 39 depth-map sequence

제안된 방법에 비트평면 단위 부호화 모드가 추가되었으므로, 기존 방법에 비해 제안된 방법의 부호화되는 속도는 약간 낮다. 그렇지만 실제 부호화되는 속도를 측정해본 결과, 기존방법과 제안된 방법 모두 "Ballet", "Breakdancers"에서 1초당 약 0.10프레임, "Champagne Tower"에서 1초당 약 0.06프레임으로 큰 차이가 없었다. 표 2는 기존 방법에

비해 제안된 방법의 부호화되는 속도 증가율을 나타낸다. 부호화되는 속도의 증가율을 살펴보면, 기존 방법에 비해 제안된 방법이 2.2% ~ 3.3%로 큰 차이가 없다는 것을 확인할 수 있다.

표 2. 기존 방법에 비해 제안된 방법의 부호화되는 속도의 증가율  
Table 2. The rate of increase of the encoding time of the proposed method in comparison with the H.264 method

QP	Ballet	Breakdancers	Champagne Tower
37	2.5 %	2.5 %	2.2 %
32	3.0 %	2.7 %	2.3 %
27	3.1 %	2.7 %	2.3 %
22	3.2 %	3.3 %	2.5 %

※실험환경 : Intel Xeon Dual Quad-Core 2.5GHz  
※실험영상 : Ballet, Breakdancers(1024x768, 100 frames)  
Champagne Tower(1280x960, 100 frames)

표 3은 평균적인 PSNR 향상을 나타내는 BD-PSNR 방법<sup>[13]</sup>과 평균적인 bit-rate 감소량을 나타내는 BD-rate 방법<sup>[13]</sup>을 사용하여 기존 방법과 제안하는 방법 간의 성능을 비교하였다. Microsoft에서 제공한 "Ballet", "Breakdancers" 영상의 깊이정보 맵의 경우, 기존 방법에 비해 제안하는 방법이 평균적으로 약 0.6 dB 이상 높았다. 반면에 MPEG의 3차원 비디오 표준에서 제공한 "Champagne Tower" 영상의 깊이정보 맵의 경우, 기존 방법에 비해 제안하는 방법이 평균적으로 약 0.19 dB 이상 높았지만, "Ballet", "Breakdancers" 영상의 깊이정보 맵보다는 부호화 효율이 비교적 낮았다. 현재 MPEG의 3차원 비디오 표준에서 제공된 깊이정보 맵은 가상시점 영상을 합성하기 위한 입력 영상으로 아직 부적합하다<sup>[14]</sup>. 그래서 MPEG의 3차원 비디오 표준에

표 3. 기존 방법과 제안하는 방법 간의 부호화 효율 비교  
Table 3. Coding efficiency comparisons of the proposed method

Anchor Vs. Proposed	BD-PSNR	BD-rate
Ballet	0.68dB	-10.28%
Breakdancers	0.64dB	-9.26%
Champagne Tower	0.19dB	-2.74%
Average	0.50dB	-7.43%

서는 더욱 개선된 깊이정보 맵을 생성하기 위해 연구를 계속하고 있다.

표 4는 H.264를 이용한 기존 방법과 본 논문에서 제안하는 방법으로 압축하고 복원한 영상의 깊이정보 맵을 이용하여 생성한 가상시점 영상 간의 PSNR 결과를 보여준다.

표 4. 가상시점 영상의 PSNR(dB) 결과 비교

Table 4. Comparison of PSNR(dB) from the synthesized image

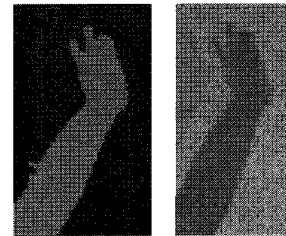
QP	Ballet		Breakdancers		Champagne Tower	
	기존 방법	제안 방법	기존 방법	제안 방법	기존 방법	제안 방법
37	29.27	29.23	28.94	28.88	32.17	32.17
32	29.57	29.54	29.03	29.00	32.25	32.30
27	29.74	29.76	29.08	29.05	32.26	32.27
22	29.82	29.84	29.12	29.12	32.19	32.22

표 4에서 확인할 수 있듯이 H.264를 이용한 기존 방법과 제안하는 방법으로 생성한 가상시점 영상 간의 PSNR 결과가 거의 비슷하다는 것을 알 수 있다.

하지만 주관적 화질 비교에서 제안하는 방법이 기존 방법에 비해 상당히 뛰어남을 그림 14를 통해 확인할 수 있다. 그림 14(a)와 그림 14(b)는 원본 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상을 보여주며, 그림 14(a)와 그림 14(b) 이외의 영상은 H.264를 이용한 기존 방법과 제안하는 방법으로 압축하고 복원된 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상 간의 주관적 화질 비교를 보여준다. 여기에서 생성된 가상시점 영상은 'Ballet' 영상에서 1번 카메라 시점의 위치에 해당하는 것으로, 이는 총 8개의 카메라 시점에서 0번 시점과 2번 시점의 원본 영상과 각각의 방법으로 압축하고 복원된 깊이정보 맵을 이용하여 3차



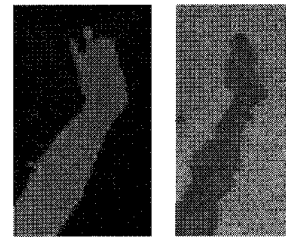
(a) 원본 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



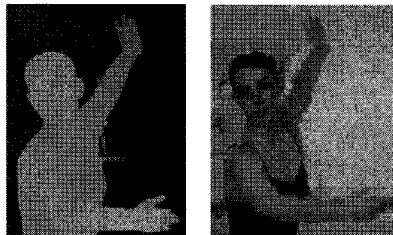
(b) (a)의 일부분을 확대한 영상



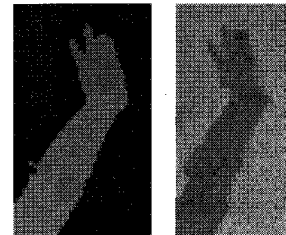
(c) 저비트율에서 기존 방법으로 복원한 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



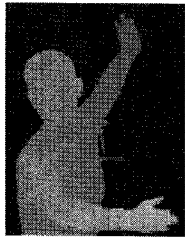
(d) (c)의 일부분을 확대한 영상



(e) 저비트율에서 제안된 방법으로 복원한 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



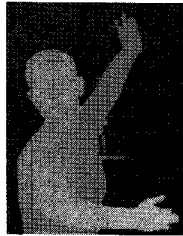
(f) (e)의 일부분을 확대한 영상



(g) 중비트율에서 기존 방법으로 복원한 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



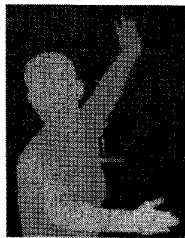
(h) (g)의 일부분을 확대한 영상



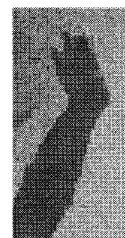
(i) 중비트율에서 제안된 방법으로 복원한 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



(j) (i)의 일부분을 확대한 영상



(k) 고비트율에서 기존 방법으로 복원한 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



(l) (k)의 일부분을 확대한 영상



(m) 고비트율에서 제안된 방법으로 복원한 깊이정보 맵과 그것을 이용하여 생성된 가상시점 영상



(n) (m)의 일부분을 확대한 영상

그림 14. Ballet 영상에서 복원된 깊이정보 맵(0번 시점)과 가상시점 영상(1번 시점)의 주관적 화질 비교

Fig. 14. Comparison of subjective picture quality of the reconstructed depth-map(view 0) and their synthesized view image(view 1) in the "Ballet" sequence

원 워핑(warping)을 이용한 가상시점 생성 방법<sup>[15-16]</sup>을 통해 생성하였다.

저비트율에서 H.264를 이용하여 기존 방법으로 압축하고 복원된 깊이정보 맵 결과(그림 14(c)와 그림 14(d) 왼쪽)는 DCT 기반 부호화 방법의 문제점인 객체 경계부분 영상

의 뭉개짐이 존재한다. 이러한 뭉개짐으로 인해 객체의 경계가 뚜렷하게 표현되지 않았기 때문에 가상시점 영상을 생성할 때 뭉개진 부분의 깊이정보를 객체가 아닌 배경 영상으로 간주하게 되고, 그 결과 생성된 가상시점 영상(그림 14(c)와 그림 14(d) 오른쪽)에서 객체 경계부분의 영상이

크게 왜곡되게 된 것을 확인할 수 있다. 반면에 제안하는 방법으로 부호화한 결과(그림 14(e)와 그림 14(f) 왼쪽)는 비트평면 단위 부호화에 의해 하위 비트평면을 부호화하지 않아 복원된 깊이정보 맵에 레벨 차가 보이지만, 객체 경계 부분이 뚜렷하여 가상시점 영상(그림 14(e)와 그림 14(f) 오른쪽)에서 객체 경계부분의 영상이 기존 방법에 비해 크게 향상된 것을 확인할 수 있다.

또한 중비트율과 고비트율에서도 H.264를 이용한 기존 방법으로 압축하고 복원한 깊이정보 맵 결과(그림 14(g)와 그림 14(h)와 그림 14(k)와 그림 14(l) 왼쪽)는 객체 경계부분이 거의 뚜렷하지만 DCT 기반 부호화 방법에 의한 약간의 뭉개짐이 존재하여, 그로 인해 가상시점 영상(그림 14(g)와 그림 14(h)와 그림 14(k)와 그림 14(l) 오른쪽)에서 객체 경계부분이 왜곡된 것을 알 수 있다. 반면에 제안하는 방법으로 부호화한 결과(그림 14(i)와 그림 14(j)와 그림 14(m)과 그림 14(n) 왼쪽)는 객체 경계부분이 뚜렷하여, 그로 인해 가상시점 영상(그림 14(i)와 그림 14(j)와 그림 14(m)과 그림 14(n) 오른쪽)에서 객체 경계부분의 영상이 기존 방법에 비해 향상된 것을 확인할 수 있다. 특히 생성된 가상시점 중 일부분을 확대한 영상을 확인해 보면, 제안하는 방법으로 복원된 깊이정보 맵을 이용하여 생성한 가상시점 영상(그림 14(j)와 그림 14(n) 오른쪽)이 기존 방법으로 복원된 깊이정보 맵을 이용하여 생성한 가상시점 영상(그림 14(h)와 그림 14(l) 오른쪽)보다 객체의 경계부분이 잘 표현되어서 주관적 화질이 더 향상된 것을 확인할 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 가상시점 영상을 생성하는데 필요한 깊이정보 맵의 효율적인 부호화 방법에 대한 연구를 수행하였다. 깊이정보 맵의 객체 경계 부분에서는 비트평면 단위의 이진영상 부호화 방법을 이용하고, 깊이정보 맵의 객체 내부 또는 배경 부분에서는 DCT 기반 동영상 압축 방법을 적응적으로 수행하여 부호화하는 방법을 제안하였다. 실험 결과, 본 논문에서 제안하는 방법은 H.264보다 BD-PSNR이 평균 0.5dB 향상되었고 BD-rate가 평균 7.43% 감소되어

부호화효율 및 깊이정보 맵의 주관적 화질 측면에서 매우 우수함을 확인할 수 있었다. 또한 기존 방법 또는 제안된 방법으로 복원한 깊이정보 맵을 이용하여 가상시점 영상을 생성하였다. 생성된 가상시점 영상의 객관적 화질은 거의 비슷하였지만, 주관적 화질 평가에서 제안된 방법이 기존 방법에 비해 매우 우수함을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Text of ISO/IEC 14496-10:200X/FDAM 1 Multi-view Video Coding," N9978, Hannover, Germany, July 2008.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Applications and Requirements of 3D Video Coding," N10358, Lausanne, Switzerland, February 2009.
- [3] M. Tanimoto, "Overview of Free Viewpoint Television," *Signal Processing: Image Communication*, vol.21, no.6, pp.454-461, July 2006.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Vision on 3D Video," N10357, Lausanne, Switzerland, February 2009.
- [5] A. Smolic, K. Mueller, N. Stefanoski, J. Ostermann, A. Gotchev, G.B. Akar, G.A. Triantafyllidis and A.Koz: "Coding Algorithms for 3DTV - A Survey," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol 7, Issue 11, pp. 1606-1621, November 2007.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Text of ISO/IEC FDIS 23002-3 Representation of Auxiliary Video and Supplemental Information," N8768, Marrakech, Morocco, January 2007.
- [7] ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4 Part 10 AVC), "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services," Version 1: March 2003, Version 2: May 2004, Version 3: March 2005, Version 4: September 2005, Version 5 and Version 6: June 2006, Version 7: April 2007, Version 8: July 2007.
- [8] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini, and G.J. Sullivan, "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, No. 7, pp. 688-703, July 2003.
- [9] ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 Visual), "Coding of Audio-Visual Objects - Part 2: Visual," Version 1: April 1999, Version 2: February 2000, Version 3: May 2004.
- [10] N. Brady, and F. Bossen, "Shape compression of moving objects using context-based arithmetic encoding," *Signal Processing: Image Communication*, Volume 15, pp. 601-617(17), Number 7, May 2000.
- [11] N. Brady, F. Bossen, and N. Murphy, "Context-based arithmetic encoding of 2D shape sequences," *Special session on shape coding (ICIP '97)*, vol. 1, pp. 29-32, 1997.
- [12] F. Heinrich-Hertz-Institut, "H.264 Reference Software Version JM13.2," <http://iphome.hhi.de/suehring/tml>, May 2008.

[13] G. Bjøntegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," ITU-T SG16 Q.6, VCEG-M33, Texas, USA, April 2001.

[14] 호요성, 이천, "3차원 비디오 부호화를 위한 국제 표준화 기술," 방송 공학회지, 제14권 제2호, pp.31 ~ 44, June, 2009.

[15] Y. Mori, N. Fukushima, T. Yendo, T. Fujii, M. Tanimoto, "View generation with 3D warping using depth information for FTV," Image Communication, v.24 n.1-2, p.65-72, January, 2009.

[16] M. Tanimoto, T. Fujii, "View synthesis algorithm in view synthesis reference software 2.0 (VSRS 2.0)," ISO/IEC JTC 1/SC29/WG11 M16090, Lausanne, Switzerland, Feb. 2009.

저 자 소 개



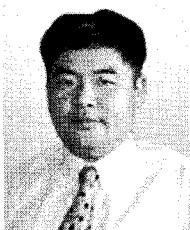
김 경 용

- 2007년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2009년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2009년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 멀티미디어, 영상처리



박 광 훈

- 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1987년 7월 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 1991년 1월 : Case Western Reserve University, Dept. of EEAP 석사
- 1995년 1월 : Case Western Reserve University, Dept. of EEAP 박사
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 현대전자 멀티미디어연구소 책임연구원
- 1997년 3월 ~ 2001년 2월 : 연세대학교 문리대학 전산학과 부교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어, 비디오 신호처리, 패턴인식, 영상처리, 계산지능



서 덕 영

- 1980년 2월 : 서울대학교 원자핵공학과 학사
- 1985년 6월 : Georgia Tech 핵공학과 석사
- 1990년 6월 : Georgia Tech 전자공학과 박사
- 1990년 9월 ~ 1992년 3월 : 상공부 생산기술연구원 HDTV 연구개발단 선임연구원
- 2002년 2월 ~ 2003년 2월 : 미국 North Carolina State Univ. 방문교수
- 1992년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 교수
- 주관심분야 : Networked Video