

구면 모델링 모드를 통한 깊이 화면 예측 방법

이동석[†], 권순각^{**}

Prediction Method for Depth Picture through Spherical Modeling Mode

Dong-Seok Lee[†], Soon-Kak Kwon^{**}

ABSTRACT

In this paper, an prediction method is proposed for coding of depth pictures using spherical modeling. An spherical surface which has the least error from original depth values is modeled in a block. Pixels in the block are predicted through the parameters of the modeled spherical surface. Simulation results show that average prediction errors and entropy powers are improved to 30% and 200% comparing to the intra prediction of H.264/AVC, selection ratios of the proposed spherical modeling mode is more than 25%.

Key words: Depth Picture Coding, Intra Prediction, Spherical Modeling

1. 서 론

거리 정보로 이루어진 깊이 영상을 이용한 객체 인식 및 행동 인식 기술의 응용이 증가함에 따라 해당 깊이 영상을 전송하는 기술의 필요성이 증대되고 있다. 깊이 영상을 전송하기 위해 깊이 영상에 포함된 중복성을 제거하여 압축하는 여러 방법이 연구되었다. 깊이 영상 내 중복성을 제거하는 방법으로 시간적 중복성을 제거하는 방법[1]도 있지만, 공간적 중복성을 제거하는 연구가 주로 이루어졌다. 공간적 중복성을 제거하여 깊이 영상을 부호화 하는 방법으로는 깊이 영상을 3차원 점군으로 변환하여 처리하는 방법[2-6]과 기존 색상 영상 부호화 방법을 적용하는 방법[7-12]으로 구분할 수 있다. 점군을 이용한 방법은 깊이 정보를 이용하여 깊이 영상의 각 화소를

3차원 점군으로 바라본다. 그 후 형성된 3차원 점군들로부터 메쉬 구조를 형성한다. 그 후 주변의 먼저 예측된 점군들로 이루어진 메쉬를 이용하여 현재 점군의 위치를 예측한다. 하지만 점군을 통한 압축 알고리즘은 메쉬를 추출하는 데 추가 계산이 필요하므로 부호화 복잡성이 크다는 단점이 있다.

Grewatsch와 Muller[7]는 몇 가지 깊이 영상의 부호화 알고리즘을 조사하고 평가하며, 표준 H.264/AVC 부호화 방법을 적용하여 깊이 영상을 압축할 때, 메쉬 기반 코딩보다 성능이 우수함을 입증하였다. 하지만 깊이 영상의 화면 내 예측은 표면의 종류에 따라 깊이 화소의 분포가 비선형으로 분포되는 등 색상 화면과 다른 특성을 가지고 있기 때문에 깊이 영상의 특성에 맞는 새로운 화면 내 예측 방법이 필요하다. Liu[10]는 깊이 블록의 희소 표현으로 깊

* Corresponding Author : Soon-Kak Kwon, Address: (47340) Eomgang-ro 176, Busanjin-gu, Busan, Korea, TEL : +82-51-890-1727, FAX : +82-505-182-6905, E-mail : skkwon@deu.ac.kr

Receipt date : Oct. 10, 2019, Revision date : Nov. 1, 2019
Approval date : Nov. 26, 2019

[†] Dept. of Computer Software Engineering, Dongeui University (E-mail : ulsan333@gmail.com)

^{**} Dept. of Computer Software Engineering, Dongeui University

* This research was supported by the BB21+ Project in 2019.

이 화면을 재구성하여 화면 내 예측을 하는 방법을 제안하였다. Lan[11]는 인트라 DC 예측 방향 하의 HEVC의 예측 단위에서 컨텍스트 기반 공간 도메인의 화면 내 예측 모드를 도입하였다. 이 때 화면 내 예측 모드에서 같은 객체에 속한 이미 예측된 화소만이 예측 단계에 이용된다. Shen[12]은 edge위치 기반의 예측자를 결정함으로써 예측을 수행하는 Edge-aware 방법을 제안했다. 하지만 이러한 연구들은 객체 기반의 예측 방법으로, 객체 정보를 얻기 위해 필요한 전처리 과정에서 많은 연산이 필요하다는 단점이 있다. 이에 깊이 영상에서 많은 부분을 차지하는 평면을 블록 단위로 추정하여 화면 내 예측을 하는 평면 모델링 모드가 제안되었다[13]. 이 방법을 통해 깊이 화면의 화면 내 예측이 상당량 개선되었지만, 평면이 아닌 면으로 이루어진 영역에 대해서는 예측의 정확도가 떨어진다는 단점이 있다.

본 논문에서는 화면 내 예측에 적용할 수 있는 구면 모델링 모드를 제안한다. 구면 모델링 모드는 3차원 공간에 존재하는 구체의 면인 구면을 이용하여 깊이 값을 예측하는 모드이다. 이 때 예측에 이용되는 구면을 이루는 인자는 주어진 점들의 영상 좌표와 깊이 화소를 통해 모델링한다. 제안된 방법은 하나의 면을 모델링하여 깊이를 예측한다는 점에서는 이전에 제안된 평면 모델링 모드[13]와 동일하지만, 영상 내 한 방향으로 깊이 값이 증가하거나 감소하는 화소를 예측하는 평면 모델링 모드와 달리 구체 중심을 향해 깊이 값이 변동하는 화소를 예측한다는 것이 차이점이다. 제안된 구면 모델링 방법은 먼저 깊이 영상 내 블록 단위로 화소들을 3차원 카메라 좌표로 변환한 후, 3차원 좌표계 상의 점들과 제일 오차가 작은 구면을 모델링한다. 그 후 모델링된 구면의 인자를 통해 블록 내 화소들을 추정한다. 또한 다양한 블록 크기에 대한 예측을 위해 가변 블록에 대한 예측 방법도 제안한다. 본 논문에서 제안된 방법을 통해 H.264/AVC 등의 기존 화면 내 부호화 표준의 화면 내 예측 방법을 통해 깊이 화면을 예측 할 때 비선형적인 관계를 가지는 구면 등의 영역에서의 부정확한 예측을 효율적으로 개선할 수 있다.

2. 기존 영상 부호화 표준에서의 화면 내 예측

H.264/AVC[14] 및 H.265/HEVC 등 기존 영상 부호화 표준에서의 화면 내 예측은 이미 부호화된 주변

블록에 속한 화소를 참조하여 예측한다. 영상 부호화 표준은 화소를 참조하는 방법인 다양한 화면 내 예측 모드를 제공하며, 이들 화면 내 예측 모드를 이용하여 각각의 예측 오차를 계산한 다음 제일 낮은 예측 오차를 가지는 예측 모드를 선택한다. 이 때 화면 내 예측 모드는 주변 화소를 참조하는 방법으로 참조 화소의 평균을 이용하는 방법과, 표준에서 정의한 방향을 통해 예측하는 방법, 참조 화소들에 대해 선형식을 적용하여 주변 블록의 전체적인 화소 변화를 계산하여 현재 블록을 예측하는 방법으로 분류할 수 있다.

H.264/AVC에서의 화면 내 예측 방법은 블록 내의 명도 채널에 대해 16x16 전체 블록에서 4가지 모드와, 4x4 및 8x8 서브 블록에서 9가지 모드를 지원한다. 16x16 블록에 대해서는 참조 화소의 전체 평균으로 블록을 예측하는 DC모드와, 수직, 수평 방향의 참조 화소로 예측하는 vertical 및 horizontal 예측 모드와 더불어 참조 화소들의 수직, 수평 선형 변화를 계산하여 전체 블록을 예측하는 plane 모드를 지원한다. 4x4 및 8x8 서브 블록에서는 참조 화소의 평균으로 예측하는 DC모드와 함께, Fig. 1과 같은 8방향에 대한 예측 모드를 지원한다.

H.265/HEVC[15]에서는 H.264/AVC에서 확장된 화면 내 예측 모드를 지원한다. 방향성을 이용한 방법에서는 Fig. 2에서와 같은 33개의 방향을 지원한다. 또한 H.265/HEVC는 참조 화소들의 선형적 변화를 이용한 예측 모드로써 planar 모드를 지원하는데, 이 모드는 H.264/AVC의 plane 모드에서의 단점이었던 블록 경계에서 초래되는 불연속성 문제를 해결하였다.

3. 깊이 영상에서의 구면 모델링 모드를 이용한 예측 방법

본 논문에서는 깊이 영상 부호화를 위해 기존 영

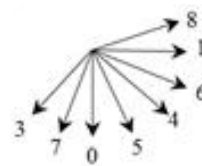


Fig. 1. Directional modes for 4x4 and 8x8 block in intra prediction of H.264/AVC.

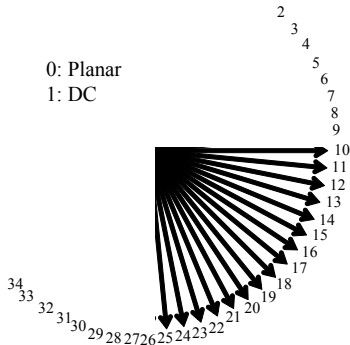


Fig. 2. Directional modes in intra prediction of H,265/ HEVC.

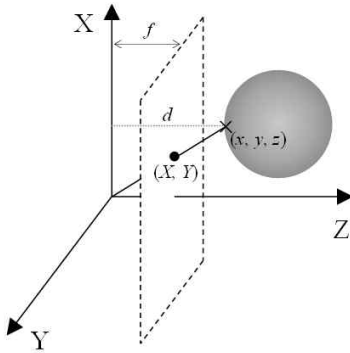


Fig. 3. Capturing a sphere object as depth picture.

상 부호화에서의 화면 내 예측 모드를 대체하는 구면 모델링 모드를 제안한다. Fig. 3과 같이 하나의 구체를 깊이 영상으로 촬영하였을 때, 3차원 좌표 (x, y, z) 를 가지는 구면 위의 한 점은 깊이 영상에서 XY평면과 평행하고 거리가 f 인 가상의 평면상의 좌표 (X, Y) 에 투영되고 화소는 구면 위의 점의 Z좌표, 즉 z 가 된다. 이 과정을 역으로 수행한다면 블록 내 깊이 화소들을 통해 원래의 구면을 모델링할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 구면 모델링 모드는 주어진 블록 내의 화소를 통해 구면을 모델링하고, 모델링된 구면의 인자를 참조하여 화소를 예측한다.

3.1 3차원 좌표계에서의 구면 모델링

3차원 좌표계에서의 좌표를 (x, y, z) 라 할 때, 구면은 식 (1)으로 표현된다.

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = r^2. \tag{1}$$

식 (1)에서 a, b, c, r 은 구를 결정하는 인자이다.

이 때 주어진 n 개의 점 $(x_i, y_i, z_i) (1 \leq i \leq n)$ 을 식 (1)에 대입하면 식 (2) 형태의 행렬식이 구해진다. 이 때 식 (2)에서 \mathbf{A}, \mathbf{B} 는 주어진 좌표로 이루어진 행렬이고, \mathbf{R} 은 식 (3)의 인자로 이루어진 행렬이다.

$$\mathbf{A}\mathbf{R} = \mathbf{B} \tag{2}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_n & y_n & z_n & 1 \end{bmatrix}, \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \dots \\ \delta_n \end{bmatrix}, \mathbf{R} = \begin{bmatrix} 2a \\ 2b \\ 2c \\ r^2 - (a^2 + b^2 + c^2) \end{bmatrix}$$

$$\delta_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2.$$

이 때 주어진 점들을 식 (2)에 대입했을 때의 오차가 최소가 되는 a, b, c, r , 즉 행렬 \mathbf{R} 을 구하기 위해서 \mathbf{A} 의 의사역행렬(Pseudo Inverse Matrix)인 \mathbf{A}^+ 를 식 (3)과 같이 계산한다.

$$\mathbf{A}^+ = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \tag{3}$$

그 후 \mathbf{R} 을 식 (4)와 같이 계산한다. 식 (4)를 통해 행렬 \mathbf{R} 을 구하는 방법은 행렬 \mathbf{A} 가 정방행렬 일 때 \mathbf{R} 을 구하는 방법, 즉 점 4개가 주어졌을 때, 점 4개로 이루어진 구면을 구하는 방법과 유사하다.

$$\mathbf{R} = \mathbf{A}^+ \mathbf{B}. \tag{4}$$

3.2 고정 크기 블록에서의 구면 모델링을 통한 예측 방법

$N \times N$ 정사각형 블록에 대해 식 (1)-(4)를 이용하여 해당 블록에서의 구면의 인자를 구한다. 이 때 깊이 화면의 좌표는 2차원 영상 좌표 (X, Y) 로 표현되는 반면, 식 (1)은 3차원 좌표로 표현되는 식이다. 따라서 깊이 화면에서의 2차원 좌표 (X, Y) 와 해당 깊이 화소 d 를 이용하여 카메라가 원점이고, 카메라 촬영축이 Z축인 카메라 좌표계에서 3차원 좌표 (x, y, z) 를 식 (5)으로 Fig. 4와 같이 변환할 수 있다[13]. 식 (5)에서 f 는 카메라 좌표계상에서 영상이 표현되는 영상평면까지의 거리이다.

$$x = \frac{f}{d} X, y = \frac{f}{d} Y, z = d. \tag{5}$$

모델링된 구면의 인자 a, b, c, r 을 통해 블록 내 화소를 예측하기 위해 식 (5)의 x, y, z 를 구면의 표현 식인 식 (2)에 대입하여 깊이 값 d 에 관한 식 (6)을 구한다. 그 후 식 (6)을 통해 블록 내 각 화소의 좌표 (X_i, Y_i) 와 깊이 값 d 을 대입하여 각각의 화소를 예측

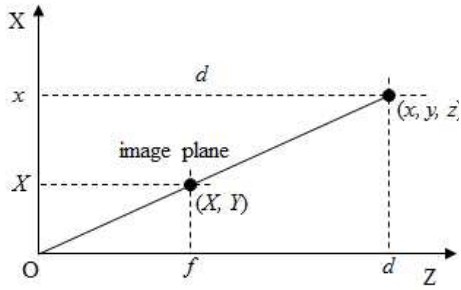


Fig. 4. Coordinates transformation from 2D image coordinates to 3D camera coordinates.

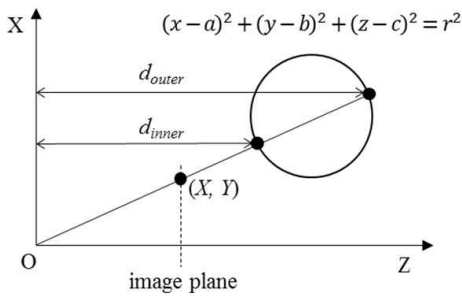


Fig. 5. Predicted depth values in proposed spherical modeling.

한다.

$$\left(\left(\frac{X}{f} \right)^2 + \left(\frac{Y}{f} \right)^2 + 1 \right) d^2 - \left(2a \frac{X}{f} + 2b \frac{Y}{f} + 2c \right) d + (a^2 + b^2 + c^2 - r^2) = 0. \quad (6)$$

이 때 식 (7)은 d 에 대한 2차식으로, 예측되는 깊이 값이 2개이다. 이는 하나의 화소에서 Fig. 5와 같이 구면의 안쪽 면, 바깥쪽 면의 두 깊이가 예측된다는 의미이다. 따라서 구면 모델링 모드는 안쪽 면 모드와 바깥쪽 면 모드로 구분하여 추정한다.

3.3 가변 크기 블록에서의 구면 모델링을 통한 예측 방법

블록 크기가 작을수록 구면 모델링을 통한 예측 정확도가 더 높지만, 부호화 시점에서 각각의 블록에 따른 부호화 정보가 추가로 삽입이 되기 때문에 효율이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 같은 구면을 가지는 객체에 대해서는 되도록 큰 단위의 블록으로 예측을 하는 것이 효율적이다. 구면 모델링을 통한 예측

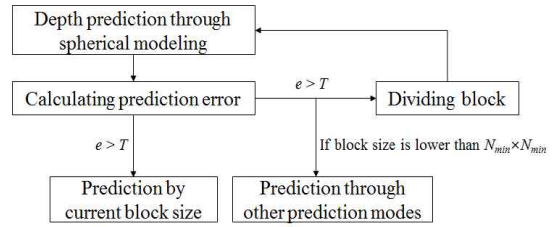


Fig. 6. Prediction by spherical modeling for variable-size block.

을 통해 부호화를 수행할 시, 부호화 효율을 최적화하기 위해 다음과 같은 가변 블록에서의 부호화 방법을 제안한다.

먼저 최대 블록 크기 $N_{max} \times N_{max}$ 단위로 구면 모델링을 통한 예측을 수행한다. 그 후 예측된 블록과 실제의 블록간의 예측 오차를 계산한다. 만약 식 (7)으로 계산되는 예측 오차 e 가 임계치 T 이내일 경우 해당 블록 크기로 예측을 수행하고, 그렇지 않을 경우 블록을 분할한다. 이 때 식 (7)에서 \tilde{d}_i 는 원래의 깊이 화소의 값이다.

$$e = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N^2} (\tilde{d}_i - d_i). \quad (7)$$

이러한 과정은 블록의 크기가 최소 블록 크기 $N_{min} \times N_{min}$ 로 분할되거나, $N_{max} \times N_{max}$ 블록 내의 모든 하위블록이 예측이 될 때까지 반복한다. 이 때 $N_{min} \times N_{min}$ 크기로 분할된 블록의 예측오차가 임계치 T 이하일 경우, 해당 블록은 구면 모델링을 통한 예측을 수행하지 않고, DC모드 등의 다른 예측 모드를 사용한다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안한 깊이 화면의 구면 모델링을 통한 예측 방법에 대한 성능을 실험하기 위해, Fig. 7의 영상을 사용하였다. 이 영상들은 Kinect 및 Kinect v2로 촬영되었으며, 실험에 쓰인 영상의 정보는 Table 1과 같다. 여기서 ball 영상은 단순히 평면과 구면으로 이루어진 영상이고, bedroom 영상과 ground 영상은 여러 객체들이 혼합되어 있는 통상의 영상이다.

먼저 영상 내 구면을 가진 영역에 대해서 예측 단위가 되는 블록 크기 N 에 따른 예측 정확도를 Table 2와 같이 측정하였다. 이 때 영상에는 구면으로만 이



Fig. 7. Simulation pictures. (a) ball, (b) bedroom, and (c) ground.

Table 1. Specification of depth pictures for simulation

Source picture	Captured device	Picture resolution	f
ball	Kinect v2	512×424	365.5
bedroom[16]	Kinect	640×480	585.6
ground[17]	Kinect	640×480	585.6

Table 2 Prediction error according to block size

Source picture	MSE			
	$N=4$	$N=8$	$N=16$	$N=32$
ball	6.312	10.275	13.821	20.549
bedroom	7.136	28.244	39.293	56.179
ground	11.276	31.564	46.614	76.631

루어진 블록뿐만 아니라 평면으로 이루어진 블록과 객체의 경계가 포함된 블록도 다수 존재한다. 이러한 블록에 대해서도 제안된 방법에 대해 예측을 하는 경우에는 제안된 방법에 대한 성능 평가가 정확하게 이루어지지 않는다는 문제가 발생한다. 따라서 본 실험에서는 MSE가 1000을 초과하는 블록에 대해서는 실험에서 제외한다. 실험 결과 블록 크기가 작을수록 좀 더 정확하게 추정되는 것을 볼 수 있다. 특히 구면

객체가 있는 ball 영상에 대해서는 예측 MSE가 통상의 장면을 촬영한 bedroom, ground 영상에 비해 예측 정확도가 높은 것을 확인할 수 있다.

Fig. 8은 구면 모델링을 통해 추정된 블록의 오차 분포를 보인다. 이 때 예측 오차는 0을 평균으로 하고, N 이 커질수록 오차 분포의 분산이 커지는 모습을 보인다. 특히 ball 영상은 bedroom, ground 영상에 비해 좀 더 분산이 적다.

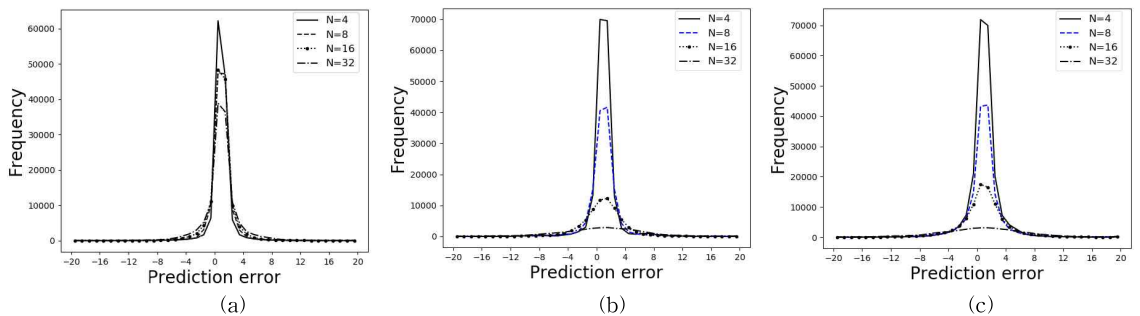


Fig. 8. Distributions of prediction errors. (a) ball, (b) bedroom, and (c) ground.

다음으로는 기존 H.264/AVC에서 쓰인 화면 내 예측 모드를 이용했을 때의 예측 오차와 구면 모델링 모드를 추가했을 때의 예측 오차를 비교하였다. 이때 부호화 효율을 추정하기 위해 엔트로피 파워(Entropy Power)를 계산하였다. 엔트로피 파워는 영상 내 출현한 모든 신호의 빈도가 동일한, 백색잡음 상태일 때의 출력 세기로 정의된다. 즉 모든 신호의 빈도가 동일할 때, 한 신호 종류의 세기로 볼 수 있다. 입력 영상 I 에 대한 엔트로피 파워 $N(I)$ 는 식 (8)과 같이 계산된다. 식 (8)에서 f_i 는 i 번째 신호의 빈도이다.

$$N(I) = \frac{1}{2\pi e} e^{2h(I)} \quad (8)$$

$$h(I) = -\sum_i f_i \ln(f_i)$$

실험 화면들에 대한 예측 오차와 엔트로피 파워는 Table 3과 같다. 화면 예측 오차는 ball 영상의 경우 H.264/AVC의 화면 내 예측 모드를 적용했을 경우에 비해 약 0.16배로 줄어들었고, bedroom 영상의 경우 약 0.28배, ground 영상의 경우 0.47배로 개선되었음

을 보인다. 또한 엔트로피 파워도 대폭 줄어들어, 구면 모델링 모드를 이용한 화면 내 부호화를 수행함으로써 부호화 비트율이 개선될 수 있다는 것을 보인다.

Fig. 9는 각각의 블록에서 선택된 화면 내 예측 모드의 비율을 보인다. 이 때 구면 추정 모드는 전체 영상에서 약 25%이상으로 선택됨을 보인다.

Fig. 10은 N_{max} 를 32, N_{min} 를 4로 하는 가변 블록에 대해 블록 분할 임계치 $T=1000$ 일 때의 구면 모델링을 통한 예측에서의 블록의 분할을 보인다. Fig. 10에서 사각형의 크기는 가변 블록의 크기이며, 칠해진 사각형은 최소 블록 크기 $N_{min} \times N_{min}$ 에서의 예측 오차가 임계값 T 를 초과하여 구면 모델링을 통한 예측을 하지 않는 블록이다. 여기서 객체의 같은 면에 대해서는 최대한 큰 블록 크기로 예측이 되고, 객체의 경계 부분에 근접할수록 블록이 분할되어 예측되는 것을 확인할 수 있다. Table 4는 가변 블록에서의 예측 오차와 각각의 블록 갯수를 보인다.

Table 3. Comparison of prediction errors between proposed modes in H.264/AVC and proposed mode (block size = 4x4).

Source picture	Conventional intra prediction modes		Including proposed mode	
	MSE	Entropy Power	MSE	Entropy Power
ball	782.365	3.636	130.143	1.766
basement	869.931	4.634	243.423	2.278
ground	1310.53	22.835	622.445	4.923

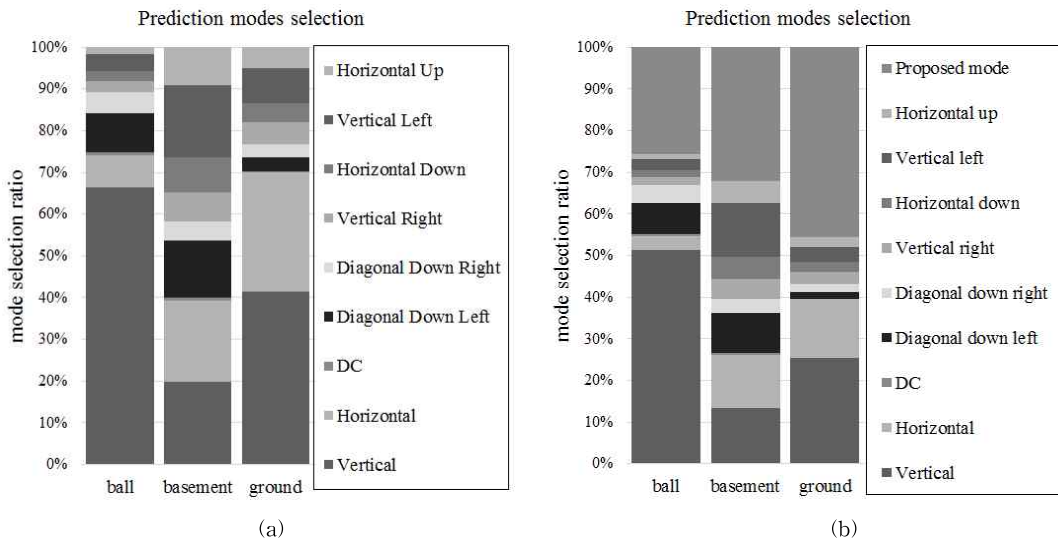


Fig. 9. Selection ratio of prediction modes, (a) conventional intra prediction modes and (b) including proposed mode.

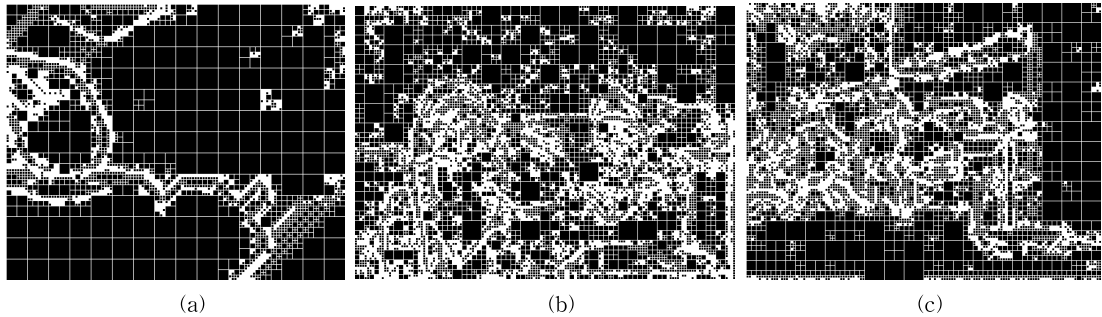


Fig. 10. Spherical prediction for variable-size block, (a) ball, (b) bedroom, and (c) ground.

Table 4. Prediction errors and number of each variable-size block

Source picture	MSE	Block size section ratio				
		32×32	16×16	8×8	4×4	Other mode
ball	27.352	121	100	351	1289	1275
basement	34.377	36	200	1234	4276	4484
ground	45.902	44	224	1072	5348	3164

5. 결 론

본 논문에서는 깊이 영상의 부호화에서 구면 모델링을 이용한 예측 방법을 제안하였다. 깊이 화면 내 블록의 깊이 값과 제일 오차가 작은 구면을 모델링한 후, 구면의 인자를 통해 블록 내 화소를 예측하였다. 실험 결과 실험 결과 기존 H.264/AVC의 화면 내 예측과 비교했을 때 MSE가 평균 30%, 엔트로피 과잉이 평균 2배 개선됨을 보였으며, 제안된 구면 모델링 모드의 선택 비율이 25% 이상으로 선택됨을 보였다. 구면 객체가 있을 경우 예측 오차가 개선이 많이 되었으며, 경계부분에서 제안된 모드가 많이 선택됨을 보였다. 이러한 실험 결과에서 깊이 영상을 부호화 할 때, 제안된 구면 모델링 모드를 기존 영상 부호화 표준의 화면 내 부호화에 적용할 시, 부호화 효율이 기존 화면 내 예측 모드만을 이용했을 때에 비해 눈에 띄게 개선이 될 것으로 예측할 수 있다. 최근 깊이 센서의 보급과 모바일 장치로의 장점이 활발하게 이루어지는 추세이며, 이에 따라 깊이 영상의 부호화 방법에 대한 연구가 더 필요할 것으로 보인다. 깊이 영상의 부호화에 본 논문에서 제안된 방법을 적용하여, 더욱 효과적인 부호화가 가능할 것으로 보인다.

REFERENCE

[1] D.S. Lee and S.K. Kwon, “Zoom Motion Estimation Method for Depth Video Coding,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 11, pp. 1711-1719, 2017.

[2] S. Gumhold, Z. Karni, M. Isenburg, M, and H. Seidel, “Predictive Pointcloud Compression,” *Proceeding of Association for Computing Machinery Special Interest Group on GRAPHics and Interactive Techniques*, pp. 137-141, 2005.

[3] J. Kammerl, N. Blodow, R.B. Rusu, S. Gedikli, M. Beetz, and E. Steinbach, “Real-time Compression of Point Cloud Streams,” *Proceeding of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 778-785, 2012.

[4] O. Devillers and P. Gandoin, “Geometric Compression for Interactive Transmission,” *Proceeding of International Conference on Information Visualization*, pp. 319-326, 2000.

[5] J. Peng and C. Kuo, “Octree-based Progressive Geometry Encoder,” *Proceeding of Internet Multimedia Management Systems*, pp. 301-311, 2003.

- [6] Y. Huang, J. Peng, C. Kuo, and M. Gopi, "Octree-based Progressive Geometry Coding of Point Clouds," *Proceeding of Eurographics Symposium on Point-based Graphics*, pp. 103-110, 2006.
- [7] S. Grewatsch and E. Muller, "Evaluation of Motion Compensation and Coding Strategies for Compression of Depth Map Sequences," *Proceeding of Mathematics of Data/Image Coding, Compression, and Encryption VII, with Applications*, pp. 117-125, 2004.
- [8] Y. Morvan, D. Farin, and P.H.N. Dewith, "Depth-image Compression Based on An R-D Optimized Quadtree Decomposition for The Transmission of Multiview Images," *Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. V105-V108, 2007.
- [9] S. Milani and G. Calvagno, "A Depth Image Coder based on Progressive Silhouettes," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 17, No. 8, pp. 711-714, 2010.
- [10] S. Liu, P. Lai, D. Tian, and C.W. Chen, "New Depth Coding Techniques with Utilization of Corresponding Video," *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 57, No. 2, pp. 551-561, 2011.
- [11] C. Lan, J. Xu, and F. Wu, "Object-based Coding for Kinect Depth and Color Videos," *Proceeding of Visual Communications and Image Processing*, pp. 1-6, 2012.
- [12] G. Shen, W.S. Kim, A. Ortega, J. Lee, and H. Wey, "Edge-aware Intra Prediction for Depth-map Coding," *Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 3393-3396, 2010.
- [13] D.S. Lee and S.K. Kwon, "Intra Prediction of Depth Picture with Plane Modeling," *Symmetry*, Vol. 10, No. 12, pp. 1-16, 2018.
- [14] S.K. Kwon, A. Tamhankar, and K.R. Rao, "Overview of H.264/MPEG-4 part 10," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 17, No. 2, pp. 186-216, 2006.
- [15] G.J. Sullivan, J. Ohm, W.J. Han, and T. Wiegand, "Overview of The High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 22, No. 12, pp. 1649-1668, 2012.
- [16] N. Silberman, D. Hoiem, P. Kohli, and R. Fergus, "Indoor Segmentation and Support Inference from RGBD Images," *Proceeding of European Conference on Computer Vision*, pp. 746-760, 2012.
- [17] M. Kraft, M. Nowicki, A. Schmidt, M. Fularz, and P. Skrzypczynski, "Toward Evaluation of Visual Navigation Algorithms on RGB-D Data from The First- and Second-generation Kinect," *Machine Vision and Applications*, Vol. 28, No. 1-2, pp. 61-74, 2016.



영상 인식

이 동 석

2015년 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학사
 2017년 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 석사
 현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 박사과정
 관심분야 : 멀티미디어 신호처리,



권 순 각

1990년 경북대학교 전자공학과 공학사
 1992년 KAIST 전기및전자공학과 공학석사
 1998년 KAIST 전기및전자공학과 공학박사

2001년~현재 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
 관심분야 : 멀티미디어처리, IOT