

깊이 화면의 평면 부호화를 위한 가변 블록 크기 결정 방법

(Method for Determining Variable-Block Size of Depth Picture
for Plane Coding)

권순각^{1)*}, 이동석²⁾

(Kwon Soon-Kak and Lee Dong-Seok)

요약 깊이 화면을 부호화함에 있어서 깊이 화면의 일부를 평면으로 추정하여 부호화하는 평면 부호화 모드를 적용할 수 있다. 본 논문에서는 평면 부호화 모드를 통한 깊이 영상 부호화에서 가변 블록 부호화를 위해 가변 블록 크기를 결정하는 방법을 제안한다. 깊이를 통해 블록 내 화소에 대해 제일 근접한 평면을 추정하는 방법을 통해 평면 부호화를 수행할 수 있다. 평면 부호화를 수행할 때, 가변 블록 부호화를 다음과 같이 적용할 수 있다. 먼저 최대 블록 크기에 대하여 추정 오차를 계산한 뒤 오차가 임계값 이하라면 해당 블록 크기가 선택 된다. 반면 오차가 임계값을 초과한다면 해당 블록이 분할되고 위 과정을 반복한다. 분할된 블록 크기가 최소 블록 크기 미만이면 해당 블록은 평면 부호화 모드로 선택되지 않는다. 제안된 방법을 실험한 결과, 부호화하여야 할 블록의 개수가 평면으로 이루어진 영상에서 고정 블록 크기를 이용한 방법에 비해 19%로 줄었다.

핵심주제어 : 깊이 영상 부호화, 평면 추정, 가변 블록 부호화

Abstract The Depth Picture can be Encoded by the Plane Coding Mode that is the Method for Coding Mode by Considering a Part of the Picture as the Plane. In this Paper, we Propose the Method of Determining the Variable-sized Block for Variable Block Coding in the Plane Coding Mode for the Depth Picture. The Depth Picture Can be Encoded in the Plane Coding Through Estimating the Plane Which is Close to Pixels in the Block Using Depth Information. The Variable-sized Block Coding in the Plane Coding can be Applied as Follows. It Calculates the Prediction Error between Predicted Depths by the Plane Estimation and the Measured Depths. If Prediction Error is Below the Threshold, the Block is Encoded by Current Size. Otherwise, it Divides the Block and Repeats Above. If the Block is Divided Below the Minimum Size, the Block is not Encoded by the Plane Coding Mode. The Result of the Simulation of the Proposed Method Shows that the Number of Encoded Block is Reduced to 19% as Compared with the Method Using the Fixed-sized Block in the Depth Picture Composed of one Plane.

Key Words : Depth Image Coding, Plane Estimation, Variable-sized Block Coding

* Corresponding Author : skkwon@deu.ac.kr

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지역신산업선도인력양성사업 성과임 (No. 2016909955).

Manuscript received Jun 23, 2017 / accepted June 27, 2017

1) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 제1저자, 교신저자

2) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

1. 서 론

깊이 카메라의 등장으로 인해 색상 영상을 이용한 영상 처리에서 확장되어, 깊이 정보를 추가적으로 이용하여 객체에 대해 기존에 얻을 수 없었던 거리와 관련된 다양한 정보를 얻을 수 있다. 또한 이러한 정보를 이용하여 새로운 영상 처리를 할 수 있다[1-3]. 이는 깊이 카메라를 통해 촬영한 깊이 영상을 이용하여 촬영된 객체를 3D로 모델링하거나, 깊이 영상을 분석하여 인체를 인식하고 움직임 정보를 획득하는 등 깊이 영상을 이용한 응용분야가 폭 넓게 확대되고 있다[4-7]. 하지만 깊이 영상의 응용에 필수적인 깊이 영상 부호화에 대한 연구는 현재까지는 부족하다. 이에 깊이 영상 내 객체 경계에서 나타나는 깊이 값 잡음을 보정하는 필터를 이용하여 깊이 영상 부호화의 효율을 높이는 연구가 이루어졌다[8]. 또한 Jager는 깊이 영상을 부호화할 때 Depth Lookup Table를 이용하여 부호화의 효율을 높이는 방법을 제안하였다[9]. 깊이 영상에서 객체의 경계 정보를 획득하여 이를 영상 부호화에 이용하는 방법과[10-11], 깊이 영상을 GMM(Gaussian Mixture Model)을 통해 히스토그램기반으로 여러 개의 레이어로 분리하고, 분리된 각각의 레이어에 민쉬프트필터(Mean-shift filter)를 적용하여 깊이 영상을 부호화 하는 방법이 제안되었다[12]. 하지만 이러한 방법은 객체 기반의 부호화 방법이거나 색상 영상과 연계하여 보조적으로 영상을 부호화하는 방법이라는 한계가 있다. 이에 깊이 화면의 화소 정보를 촬영 영역의 표면의 정보로 해석할 수 있다. 이 표면의 정보를 평면이나 구면 등의 기하학적인 모델로 예측하여, 예측된 모델을 통해 깊이 화면을 부호화하는 방법이 제안되었다[13-14].

깊이 정보를 이용하여 표면을 모델링하여 깊이 영상을 부호화할 때, 같은 표면을 가지는 영역은 해당 객체의 크기에 따라 다르다. 예를 들어 배경 영역의 평면 영역의 크기는 영상에서 많은 부분을 차지할 것이다. 반면 객체 영역의 평면 영역에 대해서는 아주 작은 부분을 차지하게 될 것이다. 이러한 것을 고려하여 평면 모델링을 수행할 때, 가변 블록을 적용한다면 부호화를 함에

있어 복잡도를 개선할 수 있을 것이다.

가변 블록 부호화 방법을 이용함으로써, 블록을 일정한 값으로 고정시키지 않고, 다양한 블록을 허용함으로써 영상 부호화의 효율을 극대화시킬 수 있다. 하지만 이 경우 블록의 크기에 따라 전송해야 하는 블록의 개수가 과도하게 많아지는 등의 문제로 인해 영상 부호화의 효율이 떨어질 수 있다. 영상 부호화 표준 중 하나인 H.264[15]에서는 움직임 추정을 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 크기의 7가지의 움직임 추정 가변 블록을 지원한다. HEVC(High Efficiency Video Coding)[16]에서는 4x8, 8x4에서부터 64x64까지의 다양한 움직임 추정 블록 모드를 지원한다.

블록을 이용하여 부호화를 수행할 때, 최적의 블록 크기를 찾기 위하여 트리 구조의 단계별 가변 블록 탐색을 수행한다. 먼저 상위 분할 모드에 대해 블록 탐색을 수행한 후, 예측 블록과의 오차를 측정한다. 만약 오차가 일정 임계값 이내라면 상위 분할 모드가 선택된다. 반면 오차가 임계값을 초과하게 된다면 하위 분할 모드가 선택되고, 위 과정이 반복된다. 이 과정에서 하위 분할 모드가 선택된다면 상위 분할 모드에 비해 4배 이상의 계산 복잡도를 가지게 되므로 이러한 부분을 최소화할 필요가 있다.

기존의 가변 블록을 이용한 부호화에 대한 연구는 다음과 같다. 먼저 분할 모드 선택 과정에서 많은 계산량이 요구되므로 블록 크기 결정 방법에 대한 연구가 진행되었다[17-18]. 16x16블록 크기, 8x8블록 크기, 4x4블록 크기의 차신호를 비교하여, 적응적으로 선택함으로써 가변 블록 결정에 소요되는 계산량을 감소시킨 고속 모드결정 및 H.264를 위한 움직임 추정 방법이 있다[19]. 가변 블록 결정 초기 단계에서 16x16블록 크기에 대한 차신호를 계산하고, SKIP조건이 만족하는지 확인하여, SKIP조건을 만족하면 다른 모드 계산 과정을 제거하는 조기 SKIP모드를 제안한 고속 움직임 추정방법과 빠른 모드 결정 방법이 제안되었다[20]. 또한 깊이 정보를 이용하여 신축 움직임 추정을 수행함에 있어 가변 움직임 블록을 적용하는 방법도 제안되었다[21]. 하지만 이러한 연구들은 대체로 기존 색상 영상을 기반으로 한 가변 블록 방법으로, 깊이 영상을 독립

적으로 부호화하는 연구는 아직까지 활발하게 이루어지지 않고 있다.

본 논문에서는 깊이 영상에 대해 평면 모델링을 통해 부호화를 수행할 때, 가변 블록을 이용하여 깊이 영상을 부호화 하는 방법을 제안한다. 평면 모델링 추정을 수행함에 있어 트리 구조의 단계별 가변 블록 추정을 수행한다. 먼저 크기가 큰 블록에 대해 평면 추정을 수행한 후 추정된 평면과 블록 내 깊이 화소의 오차를 측정한다. 그 후 오차가 일정 임계치 이내라면 그대로 부호화를 수행하고, 그렇지 않다면 블록의 크기를 반으로 줄인 후 재차 평면 추정을 수행한다. 만약 블록의 최소 크기에서도 오차가 임계치보다 크다면 이는 평면이 아닌 부분으로 판단하여 평균 부호화를 수행한다.

2. 깊이 영상의 평면 부호화를 위한 가변 블록 크기 결정 방법

2.1 평면 추정 방법

깊이 영상 내 한 화면은 Fig. 1과 같이 촬영 영역 내 각 점들이 가상의 평면인 영상 평면 위로 투영되는 것으로 볼 수 있다. 이 때 카메라 좌표계에서의 한 점 $p' \equiv (x', y', z')$ 가 영상 평면 내 한 점인 $p \equiv (x, y)$ 로 투영된다면, p 를 포함하는 화소에서의 깊이 값이 d 일 때, p 와 p' 의 관계는 식 (1)과 같다[22]. 식 (1)에서 f 는 카메라의 초점 거리로써, 카메라 좌표계 상에서 원점과 영상 평면과의 거리이다.

$$\begin{aligned} x' &= dx/f \\ y' &= dy/f \\ z' &= d \end{aligned} \quad (1)$$

카메라 좌표계 상의 점 p' 를 포함하는 평면은 식 (2)과 같이 수식으로 나타낼 수 있다. 식 (2)에서 a_p, b_p, c_p 는 평면을 결정하는 인자이고, x', y', z' 는 카메라 좌표계에서의 한 점 p' 을 이루는 각 축의 좌표를 의미한다.

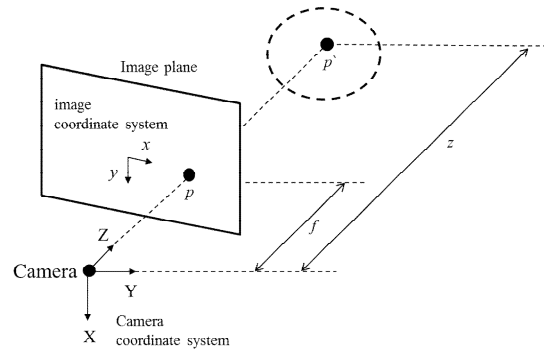


Fig. 1 Projection of point on image plane.

$$a_p x' + b_p y' + c_p = z' \quad (2)$$

카메라 좌표계 상에서 평면으로 이루어진 영역에 대해 영상 평면에 $p_i \equiv (x_i, y_i, z_i)$ ($1 \leq i \leq n$)로 나타내는 n 개의 화소로 투영되었다고 했을 때, 해당 화소들에 대해 깊이 값을 이용하여 식 (1)을 적용하면 카메라 좌표계 상의 점 $p'_i \equiv (x'_i, y'_i, z'_i)$ 을 구할 수 있다. 이들을 식 (2)에 대입하면 식 (3)과 같은 행렬식을 얻을 수 있다. 식 (3)에서 \mathbf{A} 는 평면 내 점들의 좌표로 구성된 행렬이고, \mathbf{R} 는 식 (2)로 표현되는 평면의 인자로 구성된 행렬이다.

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

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} x'_1 & y'_1 & 1 \\ x'_2 & y'_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots \\ x'_n & y'_n & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} z'_1 \\ z'_2 \\ \dots \\ z'_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{R} = \begin{bmatrix} a_p \\ b_p \\ c_p \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)에서 \mathbf{A} 의 역행렬 \mathbf{A}^{-1} 을 통해 행렬 $\mathbf{R} = \mathbf{B}\mathbf{A}^{-1}$ 을 구할 수 있다. 하지만 \mathbf{A} 와 \mathbf{B} 를 이루는 점들의 개수가 3개가 아닐 경우에는 때문에 \mathbf{A}^{-1} 은 존재하지 않기 때문에 \mathbf{R} 을 구할 수 없다. 대신 \mathbf{A} 의 의사역행렬 \mathbf{A}^+ 를 구하여 \mathbf{R} 의 근사값 $\tilde{\mathbf{R}} \equiv [\tilde{a}_p, \tilde{b}_p, \tilde{c}_p]^T$ 를 $\mathbf{B}\mathbf{A}^+$ 를 계산함으로써 구할 수 있다. \mathbf{A}^+ 는 식 (4)를 통해 구할 수 있다. 이 때 \mathbf{A} 와 \mathbf{B} 가 한 평면을 이루지 않는 경우에는 $\tilde{\mathbf{R}}$ 은 해당 점들에 대해 제일 근접한 평면의 인자이다.

따라서 이 방법을 사용하여 영상 평면 내에서 임의의 영역 내의 화소들로 구성된 점들에 대해 제일 근접한 평면을 찾을 수 있다.

$$A^+ = (A^T A)^{-1} A^T \quad (4)$$

2.2 평면 부호화를 위한 가변 블록 크기 결정 방법

평면 부호화를 위한 가변 블록 크기 결정 방법의 흐름도는 그림 2와 같다. 먼저 부호화 할려는 화면에 대해 최대 블록 크기 단위로 화면 탐색 및 평면 추정을 수행한다. 그리고 블록 내의 추

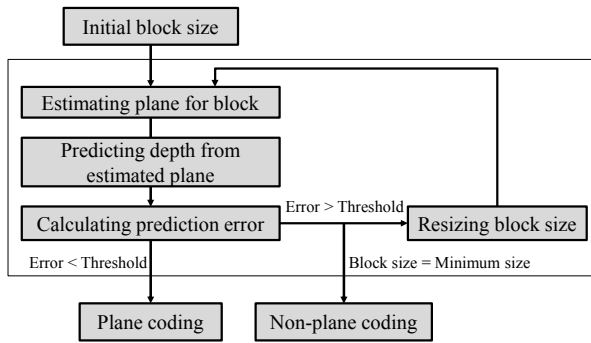


Fig. 2 Flowchart of proposed method.

정된 평면에 대해 예측된 깊이와 실제로 측정된 깊이와의 차이인 예측 오차를 계산한다. 예측 오차가 임계치 이내일 경우 해당 블록에 대해 부호화를 수행하고, 그렇지 않을 경우 해당 블록을 다시 분할하여 위 과정을 반복한다.

먼저 영상을 최대 블록 크기 $N_{max} \times M_{max}$ 단위로 화면 내 탐색을 수행한 후, 탐색된 블록에 대해 평면을 추정한다. 그 후 해당 블록에서 평면이 추정되었다면 추정된 평면의 인자를 통해 블록 내 각 화소에서의 깊이를 예측한다. 이 때 식 (1)로 표현되는 영상 좌표계와 카메라 좌표계의 관계를 이용하여 식 (2)를 깊이 d 와 영상 좌표계의 좌표인 x, y 로 나타내어 d 로 정리하면 식 (5)로 나타낼 수 있다. 식 (5)을 이용하여 블록 내 한 점 $p_i \equiv (x_i, y_i)$ 에서 추정된 평면에 대한 깊

이 예측치 \bar{d}_i 를 계산한다.

$$\bar{d}_i = -\tilde{c}_p \left(\frac{\tilde{a}_p}{f} x_i + \frac{\tilde{b}_p}{f} y_i + 1 \right) \quad (5)$$

그 후 블록에서의 실제로 측정된 깊이와 예측된 깊이의 오차를 이용하여 블록의 크기를 결정한다. 이를 위해 각 화소 p_i 에서 측정된 깊이 \tilde{d}_i 와 예측 깊이 \bar{d}_i 에 대해 식 (6)과 같이 MSE(Mean Square Error)를 측정한다.

$$e = \frac{1}{N \times N} \sum_{i=0}^{N \times N} (\bar{d}_i - \tilde{d}_i)^2 \quad (6)$$

e 가 임계치 T 이하이면, 해당 블록 크기에 대해서 평면 추정이 잘 되었다고 판단하고 현재 크기의 블록 분할 모드를 선택한다. 반면에 e 가 T 를 초과한다면, 해당 블록에 대해서 폭과 너비에 대해 각각 현재 블록의 1/2로 분할한 후 평면 추정부터 위 과정을 다시 수행한다. 이 때, 블록의 크기가 최소 블록 크기 $N_{min} \times M_{min}$ 에서도 e 가 임계치 T 를 초과한다면, 해당 블록에 대해서는 평면 추정을 통한 부호화 방법이 효율적이지 않다는 의미이므로, 평면 부호화 모드를 선택하지 않고, 블록 평면을 이용한 부호화 등의 다른 방법을 통해 부호화를 수행하여야 한다.

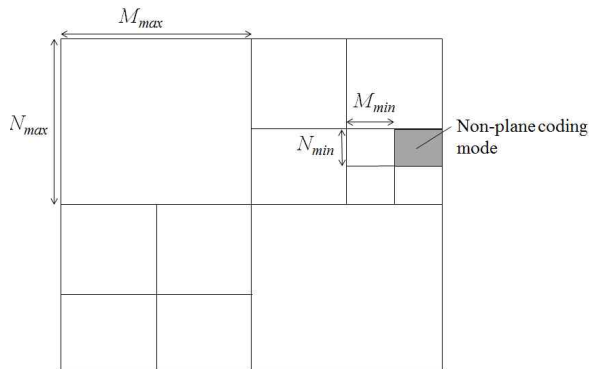


Fig. 3 Determination of variable-block size for plane coding.

3. 실험결과

3.1 결정변수와 환경요인의 설정

본 논문에서는 Microsoft사의 Kinect V2 깊이 카메라를 이용하여 곡면 모델링을 통한 깊이 영상 부호화 성능을 측정하였다. 이 때 Kinect V2는 ToF(Time of Flight) 방식으로 깊이를 측정하는 깊이 카메라이다. Kinect V2의 λ 는 $122.39(\text{pixel}^{-1})$ 이다. 깊이 영상 해상도로 512×424 를 사용하였다. 또한 최대 블록 크기 $N_{max} \times M_{max}$ 은 128×128 , 최소 블록 크기 $N_{min} \times M_{min}$ 은 4×4 을



Fig. 4 Depth picture for a plane.



Fig. 5 Depth picture for Various planes.

적용하였다. 또한 임계치 T 는 100을 적용하였다.

모의실험을 수행하기 위해 Fig. 4-6의 깊이 화면을 사용하였다. Fig. 4는 평면으로 이루어진 깊이 화면이고, Fig. 5는 여러 평면으로 구성된 깊이 화면이다. Fig. 6은 사람을 촬영한 깊이 화면으로, 깊이 값이 측정되지 않은 화소가 많이 분포되어 있는 화면이다.



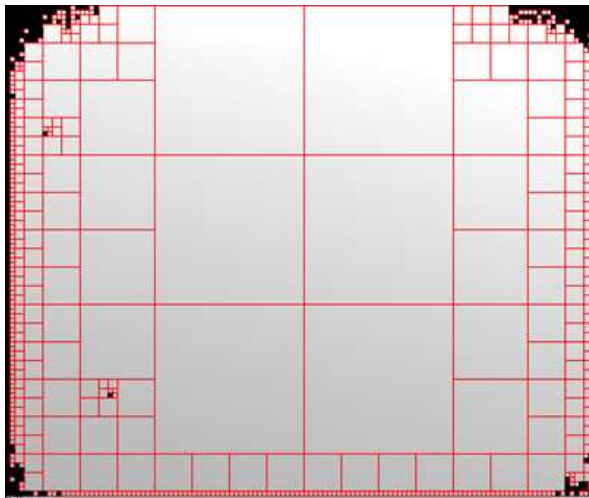
Fig. 6 Depth picture for human with noises.

3.2 결과분석

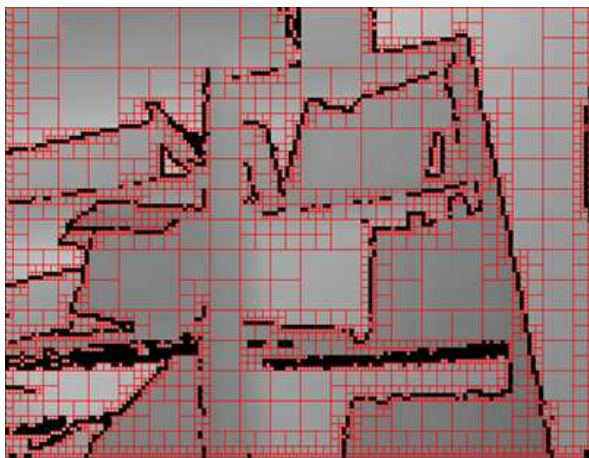
본 논문에서 제안된 평면 추정을 통한 가변 블록 크기 결정 방법을 Fig. 4-6에 적용시킨 결과는 Fig. 7와 같다. Fig. 7에서 검정색으로 칠해진 블록은 평면 부호화 모드를 적용하지 않기로 결정한 블록이다.

Fig. 4-6에 대해 제안된 방법을 적용한 결과 분할된 가변 블록의 크기는 Table 1과 같다. 평면으로 이루어진 Fig. 4에 대해서는 가변 블록의 크기가 대체적으로 크게 결정되는 것을 알 수 있다. 반면 잡음이 많고, 평면이 아닌 객체가 많이 촬영된 Fig. 6에 대해서는 평면 부호화 모드로 부호화 하지 않는 블록의 개수가 많고, 가변 블록의 크기도 다른 화면에 비해 작게 결정되었다.

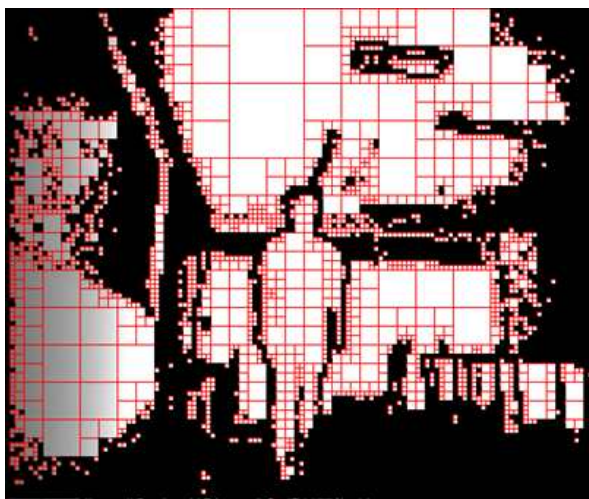
또한 각 화면에 대해 제안된 방법과 8×8 크기의 고정 블록 크기에 대해 평면 추정을 통해 평면 부호화 모드가 결정된 블록의 개수를 Fig. 8



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 Result of proposed method: (a) Fig. 4, (b) Fig 5, and (c) Fig. 6.

과 같이 비교하였다. 이 때 평면으로 이루어진 화면인 Fig. 4에 대해서 고정 크기 블록을 이용한 방법에서는 고정 크기 블록을 이용한 평면 부호화 방법에서는 부호화 블록의 개수가 3149개임에 반해, 본 논문에서 제안한 가변 크기 블록을 이용한 방법에 대해서는 부호화 블록의 개수가 585개로 부호화 블록의 개수가 고정 블록 크기 대비 19%로 줄어들었음을 알 수 있다. 이는 평면 추정을 통한 평면 부호화 모드에 대해 부호화 연산 횟수를 효과적으로 줄일 수 있음을 의미한다. 여러 평면이 있는 화면인 Fig. 5에 대해서는 부호화 블록의 개수가 고정 블록 크기 대비 78% 줄어들었다. Fig. 6 화면에 대해서는 오히려 부호화 블록의 개수가 증가하였는데 이는 잡음이 많은 화면에 대해서 기존 고정 크기 블록에서는 평면 부호화 모드로 결정되지 않은 블록들이 가변 크기 블록을 적용한 방법에서 평면 부호화 모드로 결정되었기 때문으로 볼 수 있다.

Table 1 Number of block size type for proposed method

Type of block size	Source		
	Fig. 4	Fig. 5	Fig. 6
Non-plane coding mode	324	1797	6535
4×4	359	1768	1552
8×8	103	787	312
16×16	65	275	110
32×32	43	90	27
64×64	9	8	2
128×128	6	0	0

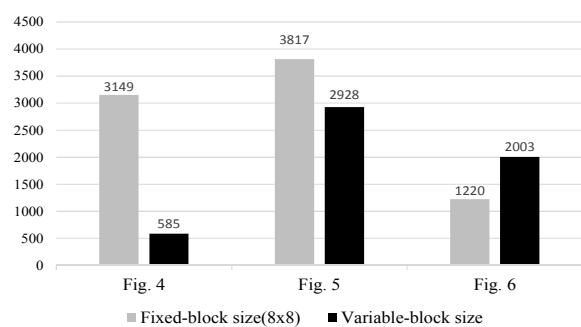


Fig. 8 Number of encoded block.

4. 결 론

본 논문에서는 평면 부호화 모드를 통한 깊이 영상 부호화에서 가변 블록 부호화를 위해 가변 블록 크기를 결정하는 방법을 제안하였다. 평면 부호화 모드를 적용하여 평면 부호화를 할 때, 추정된 평면을 통해 예측된 깊이의 예측 오차를 이용하여 가변 블록 크기를 결정하였다. 만약 블록 크기가 최소 블록 크기보다 작게 분할될 경우에는 해당 블록에 대해 평면 부호화 모드를 적용하지 않았다. 그 결과 넓은 평면 영역에 대해서는 큰 블록으로 부호화 하고, 작은 평면 영역이나 경계면 영역에 대해서는 작은 블록으로 부호화되거나 평면 부호화 모드가 선택되지 않는 것을 보였다. 본 논문에서 제안된 방법을 통해 대체적으로 부호화 성능을 개선시킬 수 있었다. 하지만 잡음이 많은 화면에 대해서는 성능이 떨어지는 문제점이 발견되었다. 이는 제안된 부호화 방법을 적용하기 전에 전처리 과정을 거쳐서 잡음을 보정하는 과정이 필요할 것으로 보인다. 본 논문에서 제안된 깊이 영상 부호화 방법을 통해 깊이 영상 처리 분야뿐만 아니라 기존 영상 처리 방법[23-24]에도 널리 쓰여질 것으로 기대된다.

References

- [1] Lee D. S. and Kwon S. K., "A Recognition Method for Moving Objects Using Depth and Color Information," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 4, 2016, pp. 681-688.
- [2] Kwon S. K and Lee D. S. "Soon-Kak Kwon, Dong-Seok Lee. (2015). Correction of Perspective Distortion Image Using Depth Information," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 18, No. 2, 2015, pp. 106-112.
- [3] Preis J., Kessel M., Werner M., and Linnhoff-Popien C. L., "Gait Recognition with Kinect," *Proceeding of the First Workshop on Kinect in Pervasive Computing*, 2012, pp. P1-P4.
- [4] Salinas R. M., Medina-Carnicer R., Madrid-Cuevas F. J., and Carmona-Poyato A., "Depth Silhouettes for Gesture Recognition," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 29, No. 3, 2008, pp. 319-329.
- [5] Suryanarayan P., Subramanian A., and Mandalapu D., "Dynamic Hand Pose Recognition Using Depth Data," *Proceeding of 20th International Conference on Pattern Recognition*, 2010, pp. 3105-3108.
- [6] Zollhoefer M., Martinek M., Greiner G., Stamminger M., and Suessemuth J., "Automatic Reconstruction of Personalized Avatars from 3d Face Scans," *Computer Animation and Virtual Worlds*, Vol. 22, No. 2-3, 2011, pp. 195 - 202.
- [7] Tong J., Zhou J., Liu L., Pan Z., and Yan H., "Scanning 3D Full Human Bodies using Kinects," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 18, No. 4, 2012, pp. 643 - 650.
- [8] Oh K. J., Vetro A., and Ho Y. S., "Depth Coding Using a Boundary Reconstruction Filter for 3-D Video Systems," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 21, No. 3, 2011, pp. 350-359.
- [9] Jäger F., "Simplified Depth Map Intra Coding with An Optional Depth Lookup Table," *Proceeding of 2012 International Conference on 3D Imaging*, 2012, pp. 1-4.
- [10] Liu S., Lai P., Tian D., and Chen C. W., "New Depth Coding Techniques with Utilization of Corresponding Video," *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 57, No. 2, 2011, pp. 551-561.
- [11] Oh B. T., Lee J., and Park D. S., "Depth Map Coding Based on Synthesized View Distortion Function," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, Vol. 5, No. 7, 2011, pp. 1344-1352.

- [12] Park S. H. and Yoo J. S., "Depth Map Pre-processing Using Gaussian Mixture Model and Mean Shift Filter," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 15, No. 5, 2011, pp. 1155-1163.
- [13] Lee D. S. and Kwon S. K., "Improvement of Depth Video Coding by Plane Modeling," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, Vol. 21, No. 5, 2016, pp. 11-17.
- [14] Kwon S. K., Lee D. S., and Park Y. H., "Depth Video Coding Method for Spherical Object," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19, No. 10, 2016. pp.23-29.
- [15] Kwon S. K., Tamhankar A., and Rao K. R., "Overview of H.264/MPEG-4 Part 10," *Journal of Visual Communications and Image Representation*, Vol. 17, No. 2, 2006. pp. 186-216.
- [16] Sullivan J. and Han W. J., "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 22, No. 12, 2012, pp. 1649-1668.
- [17] Fu C. H., Chan Y. L., and Siu W. C., "Fast Motion Estimation and Mode Decision for H.264 Reverse Transcoding," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 42, No. 24, 2006, pp. 1685-1386.
- [18] Yin P. and Jill B., "Fast Mode Decision and Motion Estimation for H.264," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, No. 2, 2003, pp.1246-1249.
- [19] Wang X., Sun J., and Zheng S., "Variable Block Size Selection for a Transcoder Based on MB Movement Information," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 17, No. 2, 2008, pp. 177-180.
- [20] Lin J. L., Chen Y. W., and Huang Y. W., "Motion Vector Coding in the HEVC Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 7, No. 6, 2013, pp. 957-968.
- [21] Kwon S. K. and Jang W. S., "Zoom Motion Estimation Method Using Variable Block-Size," *Journal Of Broadcast Engineering*, Vol. 19, No. 6, 2014, pp. 916-924.
- [22] Hartley R. and Zisserman A., "Multiple View Geometry in Computer Vision," Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2008.
- [23] Kim S. Y., Yoon C. Y., and Yu E. J., "A Study on the Development of Learning Contents of Augmented Reality by Perception Rate and Speeding," *The Journal of Internet Electronic Commerce Research*, Vol. 14, No. 4, pp. 313-333, 2014.
- [24] Kim S. Y. and Lee S. M., "Implementation of an Image Board Remote Control System Using PDA Based on Embedded Linux in Wireless Internet," *The Journal of Information Systems*, Vol. 17, No. 1, pp. 155-171, 2008.



권 순 각 (Kwon Soon-Kak)

- 정회원
- 경북대학교 전자공학과 공학사
- KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어처리, IOT



이 동 석 (Lee Dong-Seok)

- 정회원
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학석사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어학과 박사과정
- 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상 인식