

# 영역 구분을 통한 다시점 영상의 깊이맵 손상 복구 기법

김우연\*, 신지태°, 오병태\*

## Region-Based Error Concealment of Depth Map in Multiview Video

Wooyeun Kim\*, Jitae Shin°, Byung Tae Oh\*

### 요약

깊이맵은 색채 영상과 달리 색상 정보가 아닌 깊이 정보가 픽셀 값을 이루고 있어서 색차가 크더라도 비슷한 거리에 있으면 유사한 픽셀 값으로 나타난다. 또한 색채 영상은 미세한 영역에서 단계적으로 값이 변하면서 대상의 윤곽을 나타내지만 깊이맵은 픽셀 값이 계단식으로 변하여 픽셀 값이 변하는 지점에서 급변하는 경향이 있다. 이러한 깊이맵의 특성상 경계 영역과 그 외의 영역으로 크게 영상의 영역을 구분할 수 있고, 전송 시 나타나는 오류에 대해 각 영역에 효과적으로 적용될 수 있는 오류 은닉 방법이 필요하다. 본 연구에서는 깊이맵의 경계 방향에 따라 영역을 구분하고 각 영역의 값이 변화하는 방향성에 맞추어 적응적으로 오류가 은닉될 수 있는 방법을 적용하여 깊이맵을 복구한다. 복구된 깊이맵은 다시점 영상과 함께 합성하여 새로운 중간 시점 영상을 만들고 이를 객관적 화질평가 방법을 통해 평가한다.

**Key Words** : Depth map, Multiview plus depth, Error concealment, Stereoscopic image, Depth image error

### ABSTRACT

The pixel value of depth image is depth value so that different objects which are placed on nearby position have similar pixel value. Moreover, the pixels of depth image have distinct pixel values compared to adjacent pixels while those of color image has very similar values. Accordingly distorted depth image of multiview video plus depth (MVD) needs proper error concealment methods considering the characteristics of depth image when transmission errors are happened. In this paper, classifying regions of depth image to consider edge directions and then applying adaptive error concealment methods to each region are proposed. Recovered depth images utilize with multiview video data to synthesize intermediate-view point video. The synthesized view is evaluated by objective quality metrics to demonstrate proposed method performance.

### I. 서론

최근 3차원 영상 콘텐츠와 다시점 영상 콘텐츠에 대한 수요가 증가하면서 관련 연구의 필요성이 커지

고 있다. 영화에서 많이 이용되던 3차원 영상은 일반 TV에서 볼 수 있도록 많은 연구가 진행되고 있고<sup>[1]</sup> 나아가 다시점 영상기술이 확대 되는 것도 멀지 않았다. 특히 다시점 영상에서 깊이맵 영상을 이용한 깊이

※ 이 논문은 2015년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2013R1A1A2008593).

• First Author : College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, pondofrain@skku.edu, 학생회원

° Corresponding Author : School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University, jtshin@skku.edu, 정회원

\* School of Electronics Telecommunication and Computer Engineering, Korea Aerospace University, byungoh@kau.ac.kr  
 논문번호 : KICS2015-07-240, Received July 29, 2015; Revised October 28, 2015; Accepted November 7, 2015

영상 기반 다시점 방식이 가장 각광받고 있다. 대상의 깊이 값을 나타내는 깊이맵 영상은 다시점 영상의 새로운 시점을 합성 하는데 쓰일 수 있다. 2차원 영상 데이터에 추가적으로 이용되는 깊이맵 영상은 색채 영상과 그 특성에 있어서 차이를 보인다. 색채 영상은 색차를 통해 픽셀을 구분하고 있다면 깊이맵은 카메라와 물체와의 거리 값을 픽셀 값으로 표현하고 있기 때문에 색채 영상에서 밝게 표현 되어있는 영역이 깊이맵에서도 밝은 픽셀 값을 나타낸다고 볼 수 없다. 또한 색채 영상에서 사람의 얼굴이나 옷의 무늬와 같은 특정한 패턴을 이루고 있는 영역들이 깊이맵에서는 그 깊이 값이 같다면 모두 같은 픽셀 값들로 나타나게 된다.

깊이맵을 포함한 다시점 영상은 일반적인 색채 영상보다 전송량이 많아 손상되거나 손실된 부분을 재전송 하는 것이 쉽지 않다. 실시간으로 깊이맵을 포함한 다시점 영상 콘텐츠를 이용하기 위해선 후처리를 통해 손상된 부분을 복구하여 영상품질을 높이는 작업이 필요하다. 깊이맵은 색채 영상에 비해 낮은 해상도로 만들어 지는 경우가 많다. 이를 보완하기 위해 업샘플링 하는 기법<sup>[2,3]</sup> 등이 활발히 연구 되고 있다. 업샘플링에 이용되는 영상 보간법을 이용해 전송 중 발생한 깊이맵 데이터의 손상을 복구 할 수 있다. 하지만 기존의 손상 영역 처리 연구는 색채 영상을 대상으로 하는 것이 대부분이라 깊이맵의 특성에 맞추어 손상 영역을 처리하는 연구가 필요하다.

색채 영상과 깊이맵 데이터의 차이를 고려했을 때 각 영상의 특성에 맞춰서 처리하는 것은 영상 품질에 영향을 준다. 기존의 색채 영상들을 중심으로 연구되던 오류 은닉 방법들을 그대로 적용하기 보단 깊이맵 데이터의 특성을 고려한 오류 은닉 방법을 구현하여 3차원 영상이나 다시점 영상을 위해 사용되는 깊이맵을 효율적으로 처리 할 수 있도록 해야 한다. 본 연구에서는 깊이맵을 이루는 값들이 변하는 정도에 따라 경계 영역, 수직방향 변화 영역, 단순 영역 등으로 구분하여 영역마다 다른 오류 은닉 방법을 적용하여 깊이맵이 손상 되었을 때 효율적으로 복구 될 수 있도록 한다. 연구의 내용은 우선 II장에서 기존 연구 및 배경이 되는 내용에 대해 설명한다. III장에서는 제안하는 방식에 대해 설명하고 IV장에서 실험 및 결과를 보여준 후 V장에서 결론으로 마무리 한다.

## II. 기존 연구 동향 및 배경

2차원 다시점 영상에 오류가 발생 했을 때 같은 시

점의 깊이맵 영상을 이용하여 복구하거나 기존의 2차원 사진을 복구하는데 이용되던 기법들을 사용하여 영상을 복구한다. 참조하는 정보가 시간적 정보인지 공간적 정보인지에 따라 Temporal Error Concealment (TEC) 방식과 Spatial Error Concealment (SEC) 으로 구분 할 수 있다. TEC 방식으로 복호화 단에서 손상된 영상을 복구하는 방법으로 Boundary Block Matching (BMA)<sup>[4]</sup> 와 Decoder Motion Vector Estimation (DMVE)<sup>[5]</sup> 등이 사용된다. SEC 방식으로는 다양한 필터, 영상 보간법<sup>[6]</sup> 등을 이용해 손상된 영역을 복구하거나 업샘플링을 수행한다.

위의 기본적인 방식들을 개선하고 복합적으로 이용하여 오류 은닉 효과를 높이는 연구들이 계속되어 왔다. Doan의 연구<sup>[7]</sup>은 스테레오스코픽 영상에서 한 쪽의 시점이 손상되었을 때 다른 시점의 움직임 벡터 값을 이용해 손상된 영역을 복구하는 방법이다. 또 다른 연구들은 화질저하의 주요 원인 중 하나인 경계 영역 손상을 복구하는데 중점을 두어 화질개선을 시도하였다.

### 2.1 색채 영상을 이용한 경계 영역 복구 방법

깊이맵에 손상이 발생했을 때 이를 복구하는 연구 중에 Marcelino 가 제안하는 색채영상의 경계정보를 이용해 깊이맵을 복구 하는 방법이 있다<sup>[8]</sup>. 영상을 경계 영역과 그 외의 영역으로 구분하고 복구 기법을 다르게 적용시킨다. 경계 영역이라 함은 영상의 픽셀 값이 변화함에 따라 영역 간을 구분 지을 수 있는 선으로 표현된다. 색채 영상의 경우 영상의 색채 변화에 따라 경계 영역이 나타나고 물체와 배경 등을 구분 지을 수 있게 된다. 깊이맵의 경우 색상정보가 없기 때문에 기준 시점과의 거리 차에 따라 픽셀 값의 차이가 발생하고 이러한 차이들이 일정 경계로 나타나게 된다. 대개의 경계는 물체, 인물, 배경 간에 형성되어 대상을 구분 할 수 있게 한다.

Marcelino의 방법은 먼저 색채 영상으로부터 경계 영역을 추출하는 작업을 한다. 경계 영역은 Canny Edge Detector 방식을 이용한다<sup>[9]</sup>. 경계 영역을 추출하는 색채 영상의 경우 손상된 깊이맵과 같은 시점의 같은 프레임으로 한다. 추출한 경계 정보는 깊이맵 경계 복구 과정에 사용된다. 깊이맵의 손상된 영역이 경계 영역 이라면 색채 영상에서 추출한 경계 정보를 이용해 손상된 경계를 먼저 복구 한다. 경계 영역을 복구 하고 나면 경계가 아닌 그 외의 영역이 남게 되는데 해당 영역은 Weighted Interpolation 기법으로 복구한다. Weighted Interpolation 은 손상된 영역을 중심으로 가까운 픽셀의 정보에 가중치를 주고 영상 보

간을 하는 방식이다.

Marcelino의 방식은 우선 색채 영상 정보로부터 경계 정보를 가져오기 때문에 손상된 깊이맵을 복구하기 위해 상대적으로 많은 정보가 필요하다. 색채 영상 정보가 없을 경우엔 복구 방법이 적용될 수 없고 깊이맵 정보보다 많은 색채 영상 정보를 이용하기 때문에 계산 시간도 상대적으로 오래 걸릴 수 있다. 해당 내용은 IV장 결과에서 실험에 걸리는 시간을 비교하여 수치적으로 보여 주었다.

### 2.2 깊이 영상을 이용한 경계 영역 복구 방법

깊이맵 정보만을 이용하여 복구하는 제한된 상황에서 손실된 영역이나 노이즈가 발생한 부분을 복구하는 방법으로 Hsia가 제안한 방법이 있다<sup>[10]</sup>. Hsia의 방식은 전송상의 손상을 고려한 것은 아니지만 깊이맵 영상 데이터에 노이즈가 발생한 영역에 대해 영상 품질 개선을 위한 처리를 한다는 점에서 전송상의 손상을 복구하는 방법으로 이용 할 수 있다. 우선 깊이맵을 생성하는 과정에서 경계 영역을 중심으로 발생하는 깊이맵의 노이즈를 찾고 그 영역의 크기에 따라 복구 방식을 달리하여 깊이맵의 영상 품질을 향상 시키는 방법이다. 이 중 깊이맵의 노이즈가 큰 영역의 방법을 비교해 볼 수 있는데 해당 방법은 sobel mask를 이용하여 손상된 영역의 경계가 어떤 방향성을 갖는지 판단하고 해당방향의 손상되지 않은 픽셀정보를 찾고 이를 이용해 복구하는 방식이다. 경계 영역의 방향성을 정확하게 판단하는 것이 복구성능을 높이는데 중요하게 작용한다.

## III. 제안하는 손상 복구 방식

깊이맵 정보만을 이용하면 적은 정보만 갖고도 나쁘지 않은 영상품질을 획득 할 수 있는 장점이 있지만 색채 정보까지 이용한 복구 방식보단 그 성능이 낮은 것이 단점이다. 본 연구에서는 깊이맵 정보만을 이용한 방식의 단점을 보완하여 제한된 정보인 깊이맵 정보만을 이용하고 깊이맵의 영역을 세분화 하여 각 영역에 따라 각기 다른 복구 방식을 적용한다. 제안하는 방식을 통해 복구된 영상의 품질은 색채 정보를 이용하여 복구한 결과와 비슷하거나 더 나은 값을 보여주었다.

경계 영역을 방향성에 따라 구분하여 기존의 연구보다 정확하게 경계 영역을 복구하는 것을 목표로 하였다. 깊이맵 영상의 경계 영역에 발생하는 에러나 노이즈가 영상 품질에 큰 영향을 미치기 때문에 이 부분

을 얼마나 잘 복구 하는가가 관건이다. Marcelino의 방법은 경계 영역을 색채 영상의 경계 정보를 가져와 복구에 이용하였다. 하지만 색채 정보를 이용하는 것은 깊이맵 영상보다 많은 정보를 갖고 있는 색채 영상이 필요하다는 것을 의미 한다. 전송 상에 깊이맵 정보가 아닌 색채 영상에 에러가 발생하면 이 방법은 적용이 쉽지 않고 색채 영상이 없는 경우 색채 영상을 전송 받기보다는 손상된 깊이맵 정보를 재전송 받는 것이 전송 효율상 유리하다. 또한 색채 영상에서는 색차에 따른 경계가 발생하여 깊이맵 영상보다 많은 부분을 경계로 판단하게 된다. 깊이맵의 경계 영역과 색채 영상의 경계 영역을 연결시키는 과정이 필요하고 이 또한 정확도가 요구되기 때문에 경계를 제대로 연결시키지 못하면 깊이맵의 경계 영역을 잘못 판단 할 수 있게 된다.

제안하는 방식은 Marcelino의 방법과 달리 깊이맵 영상만을 이용하고 Hsia의 방향성에 따른 참조 픽셀을 선택하여 참조하는 것과 달리 방향성에 따라 각기 다른 Interpolation을 이용해 깊이맵을 복구하였다. 그림 1의 흐름도를 통해 제안하는 방법을 살펴보면 우선 손상된 영역을 중심으로 그 주변 블록들의 공분산과 평균절대오차를 구해 깊이맵 영상을 4종류의 영역으로 구분한다. 4종류는 각각 단순영역, 수직방향 경계 영역, 수평방향 경계 영역, 복잡 영역으로 나뉜다. 영역을 나눈 이후 각 영역의 경계 방향성에 맞추어 각기 다른 Interpolation을 적용하여 영상을 복구 한다. 공분산, 평균절대오차를 통해 영역을 판단하는 방법과 Interpolation 방법을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

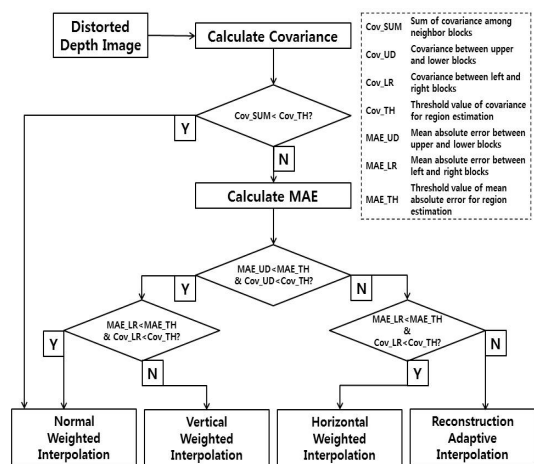


그림 1. 제안하는 방식의 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of proposed method

$$Cov(X, Y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu_X)(Y_i - \mu_Y) \quad (X \neq Y) \quad (1)$$

$Cov(X, Y)$ 은 블록  $X$ 와  $Y$ 간의 공분산(Covariance)을 나타낸다. 수식 (1)에서  $X, Y$ 은 손상 영역을 기준으로 상하좌우 방향에 위치하는 블록들을 나타낸다. 상하좌우 4개의 영역 중 2개씩을 선택하여 총 6개의 공분산을 구한다.  $N$ 은 블록내의 전체 픽셀 수를 나타낸다.  $\mu_X, \mu_Y$ 은 해당방향 블록의 평균값을 나타낸다. 공분산의 값이 작으면 해당 영역들은 픽셀 값이 비슷한 패턴으로 분포하고 있다는 것을 나타낸다. 반대로 공분산 값이 크게 나타나면 해당 영역들은 픽셀 값이 분포하는 패턴이 다르다는 것으로 판단 할 수 있다. 그림 1의 첫 번째 논리판단과 같이 손상된 영역 주변 블록들 간의 공분산을 구한 후 모두 합하여 일정한 공분산의 문턱 값보다 낮을 경우 해당 손상 영역은 경계가 없는 단순영역으로 판단한다. 그 외의 영역에 대해선 평균절대오차(Mean Absolute Error)를 구해 방향성을 판단한다.

블록들 간의 평균절대오차  $MAE(X, Y)$ 은 수식 (2)을 통해 구할 수 있다. 블록들 간의 공분산을 구하여 단순영역을 판단하고 남은 영역들의 방향성을 평균절대오차를 이용해 판단한다.  $X, Y$ 은 손상 영역을 기준으로 상하좌우 방향에 위치하는 블록들을 나타낸다. 상하좌우 4개의 영역 중 2개씩을 선택하여 공분산을 구한다.  $N$ 은 블록내의 전체 픽셀 수를 나타낸다. 두 블록간의 차이를 평균적으로 계산하여 패턴이 비슷하면서 픽셀 값의 차이가 있을 수 있는 경우를 찾아낸다. 위쪽 방향과 아래쪽 방향 블록 간의 차이를 알 수 있고 이를 통해 수직 방향으로 픽셀 값이 얼마나 변하는지 판단 할 수 있다. 같은 방식으로 왼쪽 방향과 오른쪽 방향 블록 간의 픽셀 값 차이를 구하여 수평방향으로 얼마나 변하는 판단 할 수 있다.

$$MAE(X, Y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i - Y_i| \quad (X \neq Y) \quad (2)$$

그림 1의 2번째 논리판단과 같이 위쪽 방향과 아래쪽 방향 블록간의 공분산과 평균절대오차가 일정한 문턱 값보다 클 때 해당 손상 영역은 수직방향으로 픽셀 값의 변화가 많은 영역으로 판단한다. 이후 그림 1의 3, 4번째 논리판단과 같이 왼쪽과 오른쪽 방향 블록간의 공분산과 평균절대오차가 일정한 문턱 값보다 클 때 해당 손상 영역은 수평방향으로 픽셀 값의 변화

가 많은 영역으로 판단한다. 위의 판단을 조합하여 수직방향, 수평방향 모두 변화가 적으면 단순영역으로 판단한다. 수직방향으로만 변화가 많으면 수직방향 변화영역, 수평방향으로만 변화가 많으면 수평방향 변화영역으로 판단하고 마지막 남은 수직방향과 수평방향 모두 변화가 많은 영역은 복잡 영역으로 판단한다.

영역을 구분한 이후 각 영역의 방향성에 맞추어 Interpolation을 수행한다. 단순영역은 픽셀 값들 간의 차가 적기 때문에 기본적인 Normal Weighted Interpolation(NWI)을 수행한다. 수직방향 변화는 작지만 수평변화가 큰 영역은 수직방향으로 경계가 만들어지기 때문에 수직방향 경계 영역으로 판단하고 위쪽과 아래쪽 값을 참조하는 Vertical Weighted Interpolation(VWI)을 적용한다. 수직방향으로 변화는 크지만 수평방향으로 변화가 작은 영역은 수평방향 경계가 만들어지기 때문에 수평방향 경계 영역으로 판단하고 왼쪽과 오른쪽 값을 참조하는 Horizontal Weighted Interpolation(HWI)을 수행한다. 수평방향과 수직방향 모두 변화가 큰 영역은 복잡한 패턴을 가진 영역으로 판단하고 Reconstruction Adaptive Interpolation(RAI)을 수행한다.

Interpolation은 NWI를 기본 원형으로 하고 경계 방향이나 복잡도에 따라 Interpolation 하는데 이용하는 참조 픽셀을 달리하여 여러 복구 효율을 높인다. 기본적인 NWI의 경우 방향성을 고려하지 않고 4방향의 픽셀정보를 모두 참조하게 되어 경계 영역을 복구 할 때 그 중간 값으로 단계적 차이가 발생하는 Gradation 효과가 생기면서 복구된다. 이는 경계영역을 기점으로 계단식의 급격한 픽셀 값 변화가 나타나는 깊이맵 영상의 특성을 제대로 반영하지 못하게 된다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위해 각기 다른 4개의 Interpolation을 적용하는 것이다.

그림 2~5는 각 Interpolation을 그림으로 나타낸 것이다. 손상된 16x16 블록 영역의 픽셀을 각 방향에서 가장 가까운 참조픽셀을 거리에 따라 가중치를 두어 가까이 있는 참조픽셀의 값을 많이 반영하여 복구 할 수 있도록 하였다.

수식 (3)을 보면 Interpolation이 계산되는 것을 확인할 수 있다.  $R(x, y)$ 은 Interpolation으로 복구하려는 픽셀의 값이고  $R_i$ 은 참조 영역의 픽셀 값이다.  $N$ 은 손실이 발생한 영역의 크기를 나타낸다.  $i$ 은 상하좌우 4방향의 참조영역에 따라 달라진다.  $d_i$ 은 복구하려는 픽셀과 참조 픽셀간의 거리를 나타낸다. 거리가 가까울수록 큰 가중치가 곱해져 픽셀 값에 더 많이

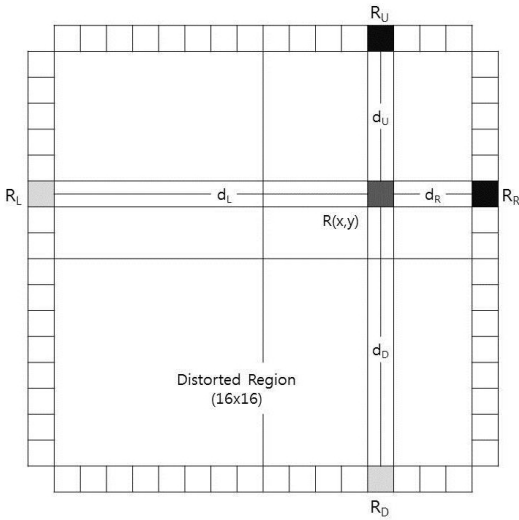


그림 2. 4방향 가중치 interpolation  
Fig. 2. Normal weighted interpolation

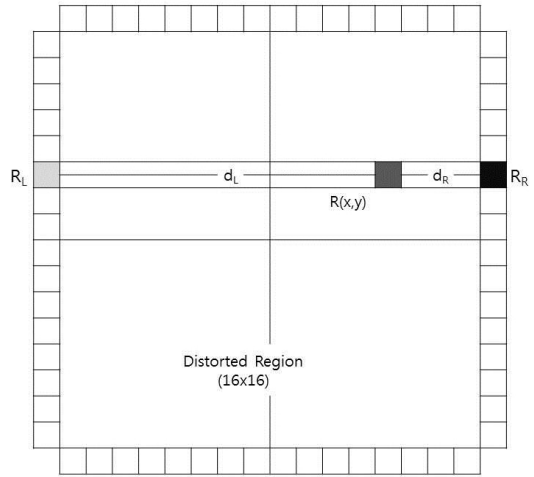


그림 4. 수평방향 가중치 interpolation  
Fig. 4. Horizontal weighted interpolation

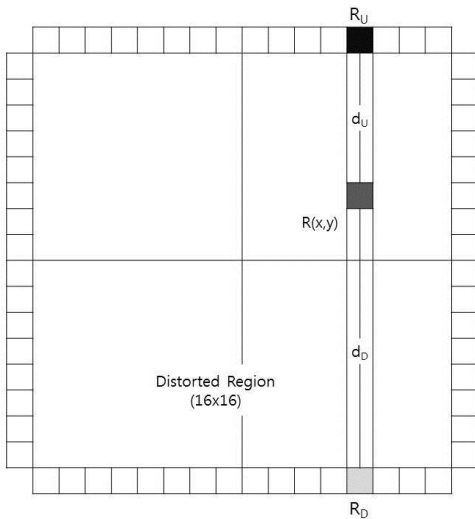


그림 3. 수직방향 가중치 interpolation  
Fig. 3. Vertical weighted interpolation

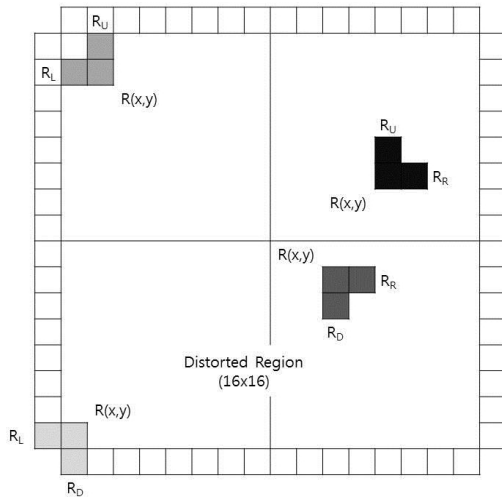


그림 5. 복구 적응적 interpolation  
Fig. 5. Reconstruction adaptive interpolation

반영될 수 있도록 한다. 참조 영역을 상하좌우, 상하, 좌우로 선택하는 것에 따라 NWI, VWI, HWI 방식을 구분한다.

$$R(x, y) = \frac{\sum_i R_i (N+1 - d_i)}{\sum_i (d_i + 1)} \quad (3)$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_i R_i}{2} \quad (4)$$

수식 (4)은 RAI방식이 계산되는 것을 방식을 나타낸다. 손상된 영역을 다시 사분할 하고 각 사분면에 인접한 영역의 픽셀 값을 참조해서 복구해 나간다. 다른 Interpolation과 달리 RAI는 복구된 픽셀 값을 다시 이용하여 손상된 픽셀 값들을 복구해 나가는 것이 특징이다. 복잡영역은 블록 내에서도 픽셀변화가 생길 수 있기 때문에 가장 인접한 픽셀을 최우선적으로 참조하기 위해 복구한 픽셀을 다시 참조하여 복구해 나가도록 하였다.

#### IV. 실험 및 결과

깊이맵에 손상이 가해지는 상황을 가정하고 실험을 진행하였다. 깊이맵을 전송하는 과정에 손상이 발생하는 경우는 패킷화 한 데이터 전체가 손상을 입는 경우와 패킷안의 비트열에 노이즈가 발생하여 손상되는 경우로 나누어 볼 수 있다. 대상으로 하고 있는 3차원 영상의 종류는 다르지만 비트열 에러에 대비하기 위해 우선순위 전송기법을 제안한 연구가 이루어 졌다<sup>[11]</sup>. 본 연구에서도 비트열에 손상이 가해져 깊이맵 데이터에 노이즈가 발생 했을 때 이를 복구하는 실험을 진행하였다. 실험에 사용된 영상은 1024x768 해상도의 Newspaper, Balloons와 1920x1088 해상도의 Poznan\_street, Undo\_dancer를 이용하였다. 각 영상당 100개의 프레임씩 좌, 우 색채 영상과 깊이맵 총 4개의 영상을 VSRS 3.5(View Synthesis Reference Software)<sup>[12]</sup>를 이용해 합성하여 가운데 시점의 색채 영상을 만들고 기존의 가운데 시점 색채영상과 대표적 객관적 영상품질 평가지표인 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)과 SSIM (Structural SIMilarity) 값 비교를 통해 손상된 영상의 복구된 정도를 비교하였다.

실험에 이용된 컴퓨터의 사양은 AMD Phenom II X4 B40 Processor 3.00GHz의 CPU와 4.00GB의 RAM을 갖추었고 Microsoft Visual Studio 2010을 이용해 실험을 진행하였다.

깊이맵 영상에 노이즈를 발생시키는 패턴은 두 가지 패턴으로 실험을 진행하였다. 첫 번째의 경우 그림 6의 (a)와 같이 왼쪽 깊이맵의 모든 프레임에 전체적으로 16x16크기의 에러 블록들을 발생시켰다. 두 번째의 경우 왼쪽, 오른쪽 깊이맵의 이전프레임 대비 픽셀 값의 변화가 많은 영역에 그림 6의 (b)와 같이 집

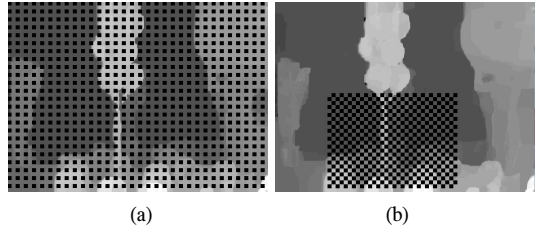


그림 6. (a) 고립된 블록 에러가 발생한 Balloons 영상 (b) 대각방향 연속 블록 에러가 발생한 Balloons 영상  
Fig. 6. (a) The isolated block error on balloons sequence (b) The diagonal consecutive block error on balloons sequence

중적으로 16x16크기의 에러 블록들을 발생시키고 복구를 수행하였다. 대각방향 연속 블록 에러는 움직이는 물체 등이 있어서 프레임간의 픽셀 변화가 큰 영역에 에러가 집중적으로 발생하는 상황에서의 성능을 비교하고자 하였다. 에러는 전체 프레임의 25%의 영역에 발생하도록 하였다. 대각방향 연속 블록 에러의 경우 프레임 전체의 12.5%에 해당하는 영역에 에러를 발생시켰지만 왼쪽과 오른쪽 깊이맵 모두에 에러를 발생시켜서 고립된 블록 에러와 발생하는 에러의 크기가 같도록 하였다.

표 1과 표 2는 각각 고립된 블록 에러와 대각방향 연속 블록 에러 상황에서 참조하는 방식과 제안하는 방식으로 에러를 복구한 후 새로운 가운데 시점을 합성하여 기존의 가운데 시점과 영상품질을 비교한 결과이다. Block copy 방식의 경우 현재 프레임에서 에러가 발생한 영역을 이전프레임의 같은 위치의 블록 값을 그대로 가져와서 복구한 결과를 나타낸다. Marcelino의 방식은 색채 영상의 정보를 이용해서 복구하였다는 점에서 Hsia의 방식과 제안하는 방식보다 복구에 이용하는 정보량이 많다고 할 수 있다. 때문에 일부의 경우에서 제안하는 방식보다 좋은 PSNR값을

표 1. 고립된 블록 에러 상황에서의 에러 복구 방법 비교  
Table 1. Comparisons of error concealment for isolated block error

Metric	Sequence	No error	Block copy	Marcelino's method <sup>[8]</sup>	Hsia's method <sup>[10]</sup>	Proposed method
PSNR	Balloons	33.47	28.41	33.38	33.03	33.40
	Newspaper	29.59	26.26	29.54	29.13	29.58
	Poznan_street	32.41	28.76	32.04	31.63	31.85
	Undo_dancer	38.75	28.61	37.25	36.37	37.47
SSIM	Balloons	0.9530	0.9033	0.9520	0.9505	0.9523
	Newspaper	0.8980	0.8486	0.8973	0.8946	0.8980
	Poznan_street	0.8912	0.8423	0.8882	0.8851	0.8891
	Undo_dancer	0.9837	0.9325	0.9816	0.9806	0.9822

표 2. 대각방향 연속 블록 에러 상황에서의 에러 복구 방법 비교  
Table 2. Comparisons of error concealment for diagonal consecutive block error

Metric	Sequence	No error	Block copy	Marcelino's method <sup>[8]</sup>	Hsia's method <sup>[10]</sup>	Proposed method
PSNR	Balloons	33.47	30.18	32.97	32.77	33.24
	Newspaper	29.59	26.96	29.06	28.80	29.34
	Poznan_street	32.41	31.40	32.17	32.15	32.50
	Undo_dancer	38.75	32.80	36.87	36.31	37.13
SSIM	Balloons	0.9530	0.9301	0.9504	0.9495	0.9518
	Newspaper	0.8980	0.8684	0.8935	0.8915	0.8958
	Poznan_street	0.8912	0.8816	0.8893	0.8875	0.8903
	Undo_dancer	0.9837	0.9607	0.9809	0.9803	0.9816

보였지만 해당 부분에서도 제안하는 방식의 PSNR 값이 낮지 않고 SSIM 비교에서는 모든 영상에서 더 좋은 성능을 보여주는 것으로 나타났다. 깊이맵 정보를 이용해 복구하는 Hsia의 방식과 비교해서는 모든 결과에서 더 좋은 평가 값을 보여주었다.

그림 7부터 그림 10까지는 영상이 복구 되고 합성한 결과영상의 일부분이다. 결과 영상을 통해 제안하는 방법이 PSNR과 SSIM 측면에서 기존의 방법들 보다 나은 결과를 보여준 것을 시각적으로 확인 할 수

있었다.

또한 각 방법에 따른 계산시간 비교를 표 3을 통해 볼 수 있다. 제안하는 방법이 걸리는 시간을 1이라 했을 때 비교하는 방법들의 시간을 비율로 나타내었다. 색채 영상정보를 이용한 Marcelino의 방법이 참조하는 정보량이 많아 영상에 따라 제안하는 방법에 비해 1.25에서 1.48배 오래 걸리는 것으로 나타났다. Hsia의 방법은 비교적 간단하게 복구를 수행하여서 제안

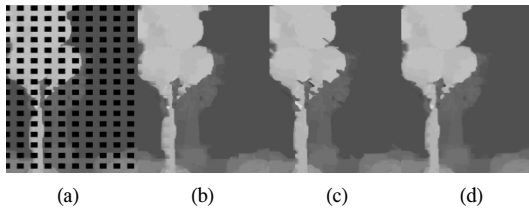


그림 7. Balloons 영상을 복구한 결과 : (a) 복구되지 않은 고립된 블록 에러 (b) Marcelino의 방법<sup>[8]</sup> (c) Hsia의 방법<sup>[10]</sup> (d) 제안하는 방법  
Fig. 7. The concealment results of Balloons sequence : (a) Isolated block error with no concealment (b) With Marcelino's method<sup>[8]</sup> (c) With Hsia's method<sup>[10]</sup> (d) With proposed method

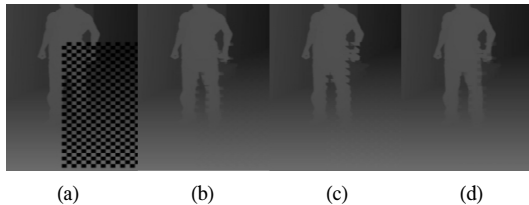


그림 8. Undo dancer 영상을 복구한 결과 : (a) 복구되지 않은 대각방향 연속 블록 에러 (b) Marcelino의 방법<sup>[8]</sup> (c) Hsia의 방법<sup>[10]</sup> (d) 제안하는 방법  
Fig. 8. The concealment results of Undo dancer sequence : (a) Diagonal consecutive block error with no concealment (b) With Marcelino's method<sup>[8]</sup> (c) With Hsia's method<sup>[10]</sup> (d) With proposed method

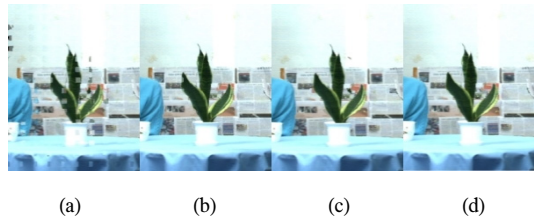


그림 9. 복구된 깊이맵 영상을 이용해 합성한 Newspaper 영상 : (a) 복구되지 않은 고립된 블록 에러 (b) Marcelino의 방법<sup>[8]</sup> (c) Hsia의 방법<sup>[10]</sup> (d) 제안하는 방법  
Fig. 9. The synthesized results of Newspaper sequence : (a) Isolated block error with no concealment (b) With Marcelino's method<sup>[8]</sup> (c) With Hsia's method<sup>[10]</sup> (d) With proposed method

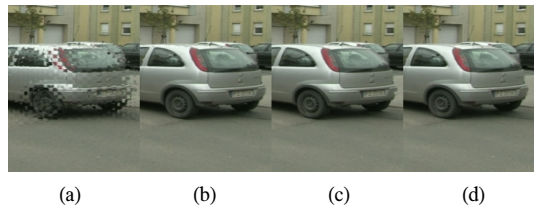


그림 10. 복구된 깊이맵 영상을 이용해 합성한 Poznan street 영상 : (a) 복구되지 않은 대각방향 연속 블록 에러 (b) Marcelino의 방법<sup>[8]</sup> (c) Hsia의 방법<sup>[10]</sup> (d) 제안하는 방법  
Fig. 10. The synthesized results of Poznan street sequence : (a) Diagonal consecutive block error with no concealment (b) With Marcelino's method<sup>[8]</sup> (c) With Hsia's method<sup>[10]</sup> (d) With proposed method

표 3. 각 방법의 계산 시간 비율 비교  
Table 3. Computation time rate comparison of methods

Method Sequence	Marcelino's method <sup>[8]</sup>	Hsia's method <sup>[10]</sup>	Proposed method
Balloons	1.25	0.44	1.00
Newspaper	1.36	0.43	1.00
Poznan street	1.48	0.50	1.00
Undo dancer	1.43	0.44	1.00

하는 방법보다 결과 영상의 품질은 떨어지지만 절반 가량의 계산 시간이 소요됐다. 후속 연구로 소요시간을 줄이는 방법이 필요하다.

### V. 결 론

본 연구에서는 깊이맵을 포함하는 다시점 영상을 전송하는 중에 깊이맵 데이터의 비트열에 에러가 발생하였을 때 깊이맵의 경계 방향에 따라 손상된 영역을 구분하고 각 영역의 깊이 변화하는 방향성에 맞추어 적응적으로 오류가 은닉 될 수 있는 방법을 적용하여 깊이맵을 복구하는 방법을 제시한다. 복구된 깊이맵을 새로운 가운데 시점을 합성하는데 사용하였다. 합성된 가운데 시점의 색채 영상과 원본 가운데 시점 영상간의 영상품질 차이를 대표적 객관적 품질평가 지표인 PSNR과 SSIM 값으로 구하고 기존의 연구와 비교하여 더 나은 결과를 보여 주었다. 기존의 연구와 달리 색채 영상 정보를 이용하지 않고 깊이맵 영상의 정보만을 이용하여 비슷하거나 더 나은 성능 결과를 보여 주었다. 향후 깊이맵을 포함한 다시점 영상을 실제 전송상황과 코덱을 고려하여 처리하는 연구로 이어질 수 있다.

### References

[1] S. Park and S. Lee, "Seamless 2D-3D switching transmission system for dual-stream 3D TV terrestrial broadcasting," *J. KICS*, vol. 38c, no. 11, 2013.

[2] D. Oh, B. T. Oh, and J. Shin, "Up-sampling method of depth map using weighted joint bilateral filter," *J. KICS*, vol. 40, no. 06, 2015.

[3] Y.-S. Kang and Y.-S. Ho, "Low-resolution depth map upsampling method using

depth-discontinuity information," *J. KICS*, vol. 38c, no. 10, 2013.

[4] W.-M. Lam, A. R. Reibman, and B. Liu, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," *ICASSP-93*, vol. 5, pp. 417-420, Apr. 1993.

[5] J. Zhang, J. F. Arnold, and M. R. Frater, "A cell-loss concealment technique for MPEG-2 coded video," *IEEE Trans. Cir. Syst. for Video Technol.*, vol. 10, no. 4, pp. 659-665, Jun. 2000.

[6] S. Aign and K. Fazel, "Temporal & spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codec," *IEEE Commun. 1995, ICC '95 Seattle, 'Gateway to Globalization'*, vol. 3, pp. 1778-1783, Seattle, WA, 1995.

[7] V.-H. Doan, V.-A. Nguyen, and M. N. Do, "Efficient view synthesis based error concealment method for multiview video plus depth," *IEEE ISCAS 2013*, pp. 2900-2903, Beijing, China, May 2013.

[8] S. Marcelino, P. Assuncao, Sergio M. M. de Faria, and S. Soares, "Lost block reconstruction in depth maps using color image contours," *2012 Picture Coding Symp.*, May 2012.

[9] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. PAMI-8, no. 6, pp. 679-698, Nov. 1986.

[10] C.-H. Hsia, "Improved depth image-based rendering using an adaptive compensation method on an autostereoscopic 3-D display for a kinect sensor," *IEEE Sensors J.*, vol. 15, no. 2, pp. 994-1002, Feb. 2015.

[11] M. Cho and H.-H. Choi, "A prioritized transmission scheme for three-dimensional integral imaging," *J. KICS*, vol. 39c, no. 05, 2014.

[12] M. Tanimoto, T. Fujii, and K. Suzuki, *View synthesis algorithm in view synthesis reference software 3.5 (VSRS3.5) Document M16090, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG)*, May 2009.



김 우 연 (Wooyeun Kim)



2013년 8월 : 홍익대학교 전자  
전기공학부 학사  
2014년 3월~현재 : 성균관대학  
교 정보통신대학 전자전기컴  
퓨터공학과 석사과정  
<관심분야> 3차원 영상처리,  
다시점 영상처리

오 병 태 (Byung Tae Oh)



2003년 8월 : 연세대학교 전기  
전기공학부 학사  
2009년 8월 : Univ. of southern  
California (USC), Dept. of  
Electrical Eng. 석사 및 박사  
2009년 11월~2013년 2월 : 삼  
성종합기술원 전문연구원  
2013년 3월~현재 : 한국항공대학교 항공전자공학부  
조교수  
<관심분야> 3차원 영상시스템, 영상처리, 영상압축

신 지 태 (Jitae Shin)



1986년 2월 : 서울대학교 전기  
공학과 학사  
1988년 2월 : KAIST 원자력  
공학과 석사  
1988년~1991년 : 한국전력공사  
고리원자력발전소  
1988년~1996년 : 한국원자력연  
구소 계측제어설계부

2001년 5월 : Univ. of southern California (USC),  
Dept. of Electrical Eng. 석사 및 박사  
2001년~2002년 : 경희대학교 정보통신대학원교수  
2002년 3월~현재 : 성균관대학교 전자전기공학부 교수  
<관심분야> 멀티미디어통신/네트워크, 유무선통신네  
트워크시스템, 영상처리