
모바일 장치에서 입체 영상 생성을 위한 깊이 영상 기반 렌더링의 부가 정보 영상 구성 방법에 관한 연구

김민영* · 박경신** · 추현곤*** · 김진웅*** · 조용주****

A Study on Delta Image Composition Methods of the Depth-Image-Based Rendering for the Generation of Stereoscopic Images on Mobile Devices

Minyoung Kim* · Kyoung Shin Park** · Hyon-Gon Choo*** · Jinwoong Kim*** · Yongjoo Cho****

이 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단(No. 2012-0001640)의 지원으로 수행됨

요 약

본 논문에서는 낮은 대역폭을 가진 모바일 DMB 환경에서 사용할 수 있도록 깊이 영상 기반 렌더링(DIBR) 기법을 이용한 3차원 스테레오 입체 방송의 부가정보 영상 구성 방법을 설명한다. DIBR에서는 좌측 시점의 영상과 깊이 정보를 전송하고 수신측에서 우측 시점을 복원하는데, 화질이 손상될 수 있다. 본 논문에서는 부가 정보를 구성해서 함께 전송하여 복원된 영상의 질을 높이고 전송하는 데이터의 양을 줄이는 방법을 제시한다.

ABSTRACT

This paper presents the delta image composition methods using Depth-Image-Based Rendering (DIBR) for 3D stereoscopic broadcasting for the low bandwidth mobile DMB broadcasting system. With DIBR, a left and depth images are transmitted to a mobile device, which restores the right view, whose quality may be poor. This paper describes delta image composition methods for the restoration while minimizing the amount of the transmitted data.

키워드

3차원 방송, 깊이 기반 영상 렌더링, 3차원 워핑, 부가 영상 정보

Key word

3D Stereoscopic Broadcast, Depth Image Based Rendering, 3D Warping, Delta Image Information

-
- * 준회원: 상명대학교 대학원 컴퓨터학과
** 정회원: 단국대학교 멀티미디어공학과
*** 정회원: 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부
**** 종신회원: 상명대학교 디지털미디어학부(교신저자,ycho@smu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 05. 29
심사완료일자 : 2012. 07. 03

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.7.1428>

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

최근 ‘아바타(Avatar)’ 등 3차원 입체 영화가 시장에서 괄목할 만한 성공을 거두면서 소비자들의 고품질 영상 서비스에 대한 관심과 기대치가 높아졌다. 3차원 입체 영상 기술이 적용된 콘텐츠는 시청자에게 높은 몰입도와 현장감을 제공할 수 있기 때문에 주목받고 있다. 이 추세는 TV, 개인용 휴대폰, 노트북 컴퓨터에 3차원 입체영상을 지원하는 기술 개발에서도 찾아 볼 수 있다. 이러한 3차원 입체 영상 기술은 모바일 단말기에서 서비스되는 디지털 멀티미디어 방송(Digital Multimedia Broadcasting; DMB) 서비스로도 확대될 것으로 보이며, 현재 한국이나 유럽에서도 3D DMB 연구가 한창 진행 중이다[1].

한국은 2차원 동영상 포맷에 3차원 입체 영상(Stereoscopic)을 지원하는 표준화된 DMB 서비스가 있고[2], 위성 DMB 방송에서 2010년에 약 4개월 정도 3차원 DMB 방송을 했다[3]. 하지만 3차원 입체 영상 DMB 서비스는 콘텐츠 제작의 기술적 난제와 3차원 입체 영상 표시가 가능한 모바일 단말기의 비효율적인 문제, 특히 전송을 위한 DMB 네트워크 대역폭의 제한으로 인해서 즉각적인 도입에 어려움을 겪고 있다. 일반 3차원 TV 방송에서는 이러한 대역폭 문제를 해결하기 위하여 Full HD 스크린(1920x1080 픽셀)을 좌우(960x1080 픽셀) 또는 상하(1920x540 픽셀)로 분할하여 사용한다. 하지만 DMB 방송은 영상 크기가 너무 작아서 이렇게 화면을 나누어 쓰면 영상의 품질이 크게 손상되는 단점이 있다.

이러한 3D DMB 서비스의 대역폭과 영상 품질 문제를 해결하기 위해 좌측 영상과 우측 영상을 모두 그대로 전송하는 방식 대신 좌측 영상과 깊이 영상을 전송하고 단말기에서 깊이 영상 기반 렌더링(Depth Image Based Rendering; DIBR)을 이용해서 우측 영상을 복원하는 방식을 사용하기도 한다[4]. 이 때 깊이 영상은 깊이 카메라를 활용해서 취득하거나, 스테레오 영상으로부터 변이 지도(Disparity Map)를 생성해서 사용하는데, 변이 지도 방식은 DIBR 우측 영상의 화질이 품질 저하가 더욱 크므로 본 연구에서는 깊이 카메라 방식을 사용하였다. 또한 DIBR 우측 영상은 기존 장면에 존재하는 비페색 영역이 시점 변화로 인하여 나타나면서 원본 영상에서 참조할 정보가 없는 빈 영역(Hole)이 발생하고 이 또한 영상 품질의 손상을 발생시킨다.

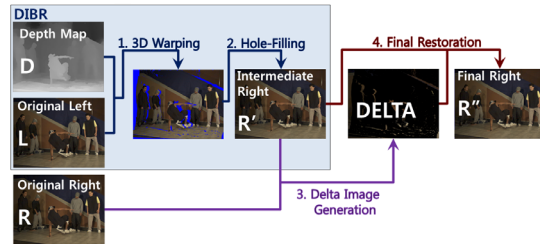


그림 1. 3D DMB 영상 전송을 위한 DIBR 기반 부가정보 영상(Delta Image) 생성 방법
Fig. 1 Delta Image Generation Method based on DIBR for 3D DMB Broadcasting

본 연구에서는 그림 1에서 보인 것처럼 이러한 부정확한 깊이 정보와 비페색 영역으로 인한 영상의 품질 저하 문제에 대처하기 위하여, 우측 중간 영상과 원본 우측 영상 간의 차이를 부가정보 영상(Delta Image)으로 추가 구성하여 이를 수신한 모바일 장치에서 최대한 원본에 근접한 우측 시점의 영상을 생성할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 먼저 깊이 영상 기반 렌더링의 관련 연구들을 살펴보고, 본 연구에서 구현한 DIBR 시스템을 설명한다. 그리고 본 연구에서 제안하는 최종 우측 영상 복원의 향상을 위해 추가로 부가 정보 영상을 구성하는 방법 세 가지를 설명한다. 마지막으로 각 방법들을 실험을 통해 평가 분석하였고 향후 연구에 대해 살펴본다.

II. 관련 연구

깊이 영상 기반 렌더링(DIBR) 기법은 컬러 영상과 깊이 영상을 이용해서 3차원 워핑을 통해 3차원 공간을 재구성하고, 가상의 카메라를 자유롭게 위치시켜 다른 시점의 영상을 취득하는 방법이다[5]. 일반적으로 DIBR 기법은 깊이 영상의 질에 의해서 영향을 많이 받을 뿐만 아니라 가상 시점에서 영상을 생성한 후에도 페색 영역에 의해 만들어진 빈 영역을 어떻게 채우느냐에 따라 최종 영상의 화질이 많이 달라진다. 이에 따라서 깊이 영상 전처리(Preprocess)와 빈 영역을 채우는 다양한 후처리(Postprocess) 알고리즘들이 많이 연구되었다.

3차원 공간을 재구성하는데 활용되는 3차원 워핑 기법은 컴퓨터 그래픽 영상과 실사를 대상으로 하는 경우

에 대해 다르게 적용될 수 있다. Zhang의 연구[6]에서는 3차원 그래픽 기술을 이용해서 워핑하는 과정을 설명한다. 3차원 피사체를 2차원 화면으로 보여주는 것은 여러 좌표계의 변환을 통해서 이뤄지는데 이러한 과정을 역순으로 처리해서 워핑시키는 방법을 설명한다. Jiang et, al의 연구는 이러한 워핑 과정을 GPU를 이용해서 표에 적용시켜 3차원 공간의 좌표를 추출해서 재구성한다[7]. 실사 영상을 이용해서 3차원 화면을 재구성하는 방법은 OpenGL을 이용하는 중간 영상 생성 연구[8]에서 설명되어 있다. 이 연구에서는 기존의 실사 카메라의 내/외부 속성들을 이용해서 2차원 실사 카메라의 좌표로부터 3차원 그래픽 좌표를 추출하는 방법을 설명하고 있다.

깊이 영상을 전처리해서 최종 영상의 질을 향상시키는 방법들로, Tam과 Zhang은 비대칭 가우시안 필터를 깊이 영상에 적용한 후에 3차원 워핑을 시키는 방법을 활용하였다[9]. 깊이 맵의 전처리와 깊이 정보의 기하학적 분석 연구[10]에서는 깊이 영상에서 경계부분의 방향성을 추출한 후 이에 맞춰 가우시안 필터를 적용시키는 방법을 구현하였다.

폐색 영역에 의해서 나타나는 빈 영역을 채우는 후처리 알고리즘으로 최종 영상의 질을 향상시키는 방법들로, Zhang과 Tam[11]은 빈 영역의 화소 주변에 대해 가중치를 두어 채우는 알고리즘을 개발하였다. 그 밖에 깊이 정보에 따라 기준 영상을 여러 개의 층으로 나누고 각각의 층에 대해 영상 인페인팅 기법을 활용해서 틈새 영역을 채우는 알고리즘이 연구되기도 하였다[12]. 또한 십카빙(Seam Carving) 기법을 응용한 가려짐 영역 보상 기법과 나선형 가중 평균 기법으로 영상을 보간하는 알고리즘 등도 후처리 기법으로 활용된 바 있다[13].

III. 모바일 입체 영상 생성을 위한 깊이 영상 기반 렌더링 시뮬레이션 구현

본 연구에서는 DIBR 구현을 위하여 깊이 영상 전처리를 하지 않았다. OpenGL을 이용한 중간 영상 생성 연구[8]에 기초해서 실사 카메라의 내/외부 속성을 이용하는 3차원 워핑 과정을 구현하였다. 그리고 Zhang과 Tam의 연구[11]와 유사한 방식으로 틈새 영역 화소의 주변

색상에 가중치를 부여하는 후처리 틈새 채움 알고리즘을 사용하였다.

DIBR 과정은 먼저 좌측 시점 영상과 깊이지도 그리고 촬영 시에 사용된 카메라의 내부 및 외부 속성(Intrinsic and extrinsic parameters)를 활용해서 3차원 워핑(Warping), 즉 좌측 영상의 각 화소로부터 카메라 값을 이용해서 3차원 공간 좌표를 계산하는 중간 복원 과정을 갖는다. 카메라 내부 속성은 카메라의 필름에 해당되는 실제 영상면에 투영된 영상을 픽셀 단위의 디지털 영상으로 변환한다. 카메라 내부 속성 K 는 수식 1에서 보인 것처럼 카메라의 수평 및 수직 초점 거리($fc(1)$ 와 $fc(2)$)와 카메라로 찍은 영상이 맺히는 화면의 중심 위치($cc(1)$ 과 $cc(2)$)를 표시한다. 카메라 외부 속성은 회전과 이동에 관한 행렬로 실제 공간에서 카메라 좌표계로 변환하는 내용을 담고 있다.

$$K = \begin{pmatrix} fc(1) & 0 & cc(1) \\ 0 & fc(2) & cc(2) \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$R \cdot T = \begin{vmatrix} r1 & r2 & r3 & t1 \\ r4 & r5 & r6 & t2 \\ r7 & r8 & r9 & t3 \\ r10 & r11 & r12 & 1 \end{vmatrix}$$

실사 카메라로 찍힌 디지털 영상의 픽셀 위치 (u, v) 로부터 실제 영상면 즉 카메라 좌표계 위치 (x, y) 로의 변환은 K 의 역행렬을 픽셀의 위치인 (u, v) 에 곱해주어서 얻을 수 있다.

$$(x, y, 1) = R \cdot T \cdot |XYZ1|^T \quad (2)$$

이렇게 변환된 (x, y) 좌표는 수식 2에서 표현한 것처럼 3차원 공간에 위치한 (X, Y, Z) 좌표를 카메라의 외부 속성인 $R \cdot T$ 에 곱하면 얻을 수 있다. 따라서 깊이 영상으로부터 Z 위치를 먼저 계산하고, 수식 2를 풀면 X, Y 좌표를 구할 수 있다. 이렇게 구해진 $V(X, Y, Z)$ 를 3차원 그래픽 라이브러리를 이용해서 화면에 그려주면 3차원 워핑이 완료된다.

3차원 워핑 후 가상의 카메라를 우측 시점으로 이동시키고 다시 영상을 획득하면 폐색 영역의 빈 공간(Hole)이 나타난 중간 단계의 우측 시점 영상을 얻을 수 있다. 이러한 틈새 영역은 계산 오차에 의해 발생하는 한

두 픽셀 정도의 작은 영역과 비폐색 영역에 의해 나타나 는 큰 영역의 구멍으로 구성된다.

본 연구에서는 주로 실수 연산에 따른 에러로 발생하는 한 두 개 정도의 작은 틈새 영역을 먼저 주변 색을 이 용해 채웠다. 그리고 좀 더 큰 영역에 대해서는 “거치 및 깊이 기반 고정 가중치 할당 기법” 알고리즘[14]을 적용 해서 처리했다. 여기서 적용된 틈새 채움 알고리즘은 가상 카메라에서 깊이 정보와 이미지 데이터를 획득하 고 틈새 영역을 확인한 후에 해당 영역에 대해 가로 2개 방향에 위치한 빈 영역이 아닌 유효 화소를 수집하여 그 색상 값을 수식 3에서 보인 것과 같은 식을 이용해서 계산해서 적용시키도록 하였다. 여기서 L 과 R 은 좌우 측 유효 화소의 색상, l 과 r 은 좌우측 유효 화소까지의 거리이다.

$$H = L \cdot \left(\frac{r}{l \times 2 + r} \right) + R \cdot \left(\frac{l \times 2}{l \times 2 + r} \right) \quad (3)$$

그리고 마지막 단계에서 DIBR의 3차원 워핑과 틈새 채움 알고리즘 적용을 통해 획득한 중간 우측 시점 영상 (R')과 원본 우측 영상(R) 사이의 차이로부터 추가적인 부가정보 영상(Delta Image)을 구성한다. 그리고 이것을 전송 정보에 포함하여 모바일 수신 측에서 영상 품질이 개선된 우측 영상을 생성할 수 있도록 지원한다.

또한 본 시뮬레이션 프로그램에서는 3차원 DMB 서 비스에서 제안하는 각종 데이터 구성 방식에 따른 전송 데이터양을 비교하는 것이 가능하다. 이것은 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)를 이용하여 부가 정보를 이 용해서 복원된 최종 우측 시점 영상과 원본 우측 시점 영 상 간의 정확한 유사도를 객관적으로 평가한다.

IV. 부가정보 영상 구성 방법

기존의 스테레오 방식 기반 3차원 DMB 방송은 좌측 영상과 우측 영상을 그대로 전송하는데, 본 연구에서는 DMB 환경에서 깊이 영상 기반 렌더링을 사용하여 입체 방송을 지원하는데 필요한 추가적인 부가 정보 영상을 구성하여 DIBR 방법으로 DMB 방송을 서비스할 수 있 는 방법을 제안한다.

4.1. Color Difference 방식 알고리즘

Color Difference 방식은 원본 우측 영상과 DIBR 기법 으로 복원된 우측 영상의 차이를 명확하게 구해서 전송 하는 것을 목적으로 한다. 즉 전체적으로 원본 영상과 복 원되는 영상의 완벽한 차이 값을 보내게 되므로, 수신 측 모바일 단말기에서 복원된 영상에 부가 정보를 더할 경 우에 완벽하게 원본과 일치하는 영상을 복원할 수 있다. 아래 수식 4에서 보이듯이 각 화소마다 원본 우측 영상 의 색상 값과 복원된 중간 우측 영상의 색상 값의 차이로 만들어 내고 이러한 부가정보 영상을 중간 우측 영상에 더하여 최종 우측 영상을 생성한다.

$$C\Delta = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (R(i,j) - R'(i,j)) \quad (4)$$

$$R'' = R' + C\Delta$$

4.2. Absolute Color Difference 방식 알고리즘

Absolute Color Difference 방식은 Color Difference 방 식 같은 완벽한 영상의 복원은 어렵지만, 원본에 부가 정 보를 가미하여 복원된 영상의 차이가 크지 않게 하는 방 식이다. 이 방식에서는 수식 5에서 보인 것과 같이 원본 영상과 복원된 영상의 차를 구한 후 절대 값을 취하여 부 가 정보 영상을 구성한다. 그리고 Absolute Color Difference 방식의 부가 정보 영상을 중간 우측 영상에 더 하거나 빼서 화소의 주변 색상과의 차이가 적은 쪽을 선 택하여 채우는 방식으로 최종 우측 영상을 생성한다.

$$A\Delta = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \| R(i,j) - R'(i,j) \| \quad (5)$$

$$R'' = R' \pm A\Delta$$

4.3. Difference Filled with Right Image 방식 알고리즘

Difference Filled with Right Image 방식은 복원된 우측 영상에서 폐색 영역(Occlusion)으로 인해서 나타나는 틈 새(Hole) 영역 중에서 큰 영역에 대한 차이만 원본 영상 에서 활용하고, 나머지 영역에 대해서는 단색(예를 들어 검정색)으로 채우는 형태로 구성한다. 수식 6에서 보이 듯이 복원된 우측 영상으로부터 먼저 틈새 영역과 나머 지를 구분하여 틈새영역의 좌표를 확인할 수 있는 영상

(Ihole)을 구한다. 그런 후에, 원본 우측 영상에서 틈새 영역 영상과의 차이 값을 계산하여 부가 정보 영상을 구성한다. 최종 우측 영상을 복원할 때에는 계산 오차에 의해서 생기는 작은 틈새 영역에 대해서는 주변 색을 이용해서 먼저 채우고, 큰 틈새 영역에 대해서 부가 정보 영상을 더하여 최종 우측 영상을 생성한다.

$$I_{hole}(i,j) = \begin{cases} (0,0,0) & \text{if } R'(i,j) \text{ hole} \\ (1,1,1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$D\Delta = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (R(i,j) - I_{hole}(i,j))$$

$$R'' = R' + D\Delta$$

틈새영역 확인 영상(Ihole)은 틈새 영역의 정보를 보여 주는 중간 생성물로 검은색은 부가 정보의 구성을 필요로 하는 영역을 나타내고 흰색은 부가정보의 구성이 필요하지 않은 영역을 나타낸다. **Difference Filled with Right Image** 방식의 부가 정보 영상은 이러한 틈새 영역 확인 정보를 포함한 이진 영상을 토대로 구성된다. 이 방식의 경우 대부분의 부가 정보 영상이 단색으로 구성되어 동영상 압축을 하는 경우 프레임간의 차가 별로 없기 때문에 압축률이 훨씬 높아진다.

V. 평가 및 분석

5.1. 실험 방법

본 연구에서 제안하는 **DIBR** 기반의 3차원 모바일 방송을 위한 전송용 입체 영상 데이터 구성 방식의 효율성을 검증하기 위하여 세 가지의 부가정보 영상 구성 방법(즉, **Color Difference**, **Absolute Color Difference**, **Difference Filled with Right Image**)에 대한 영상의 품질과 전송률을 비교 분석하였다. 본 실험에서 다시점 영상뿐만 아니라 깊이 영상, 그리고 카메라 내부 및 외부 파라메타 등을 제공하는 마이크로소프트사의 **Break Dancer**와 **Ballet** 영상[15]을 사용하였다. 본 실험 동영상들은 총 100 프레임의 영상으로 구성된다. 그림 2는 실험 동영상에 대한 세 가지 방식의 부가정보 영상을 보인다.

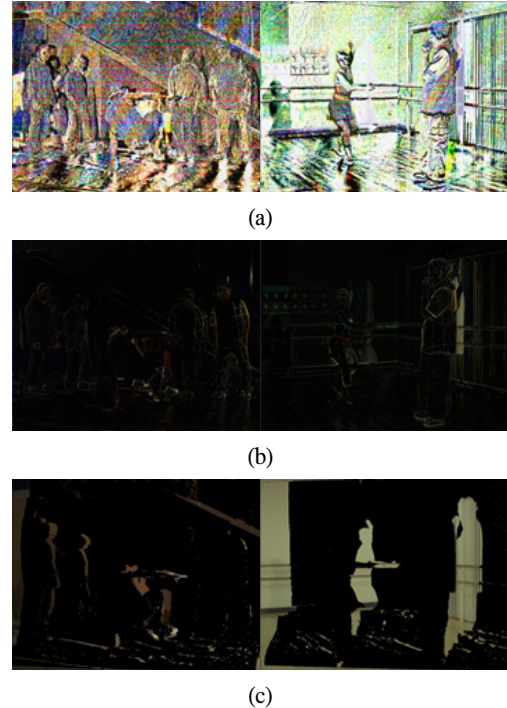


그림 2. Break Dancer와 Ballet 동영상에 대한 부가정보 영상 (a) Color Difference 방식 알고리즘 (b) Absolute Color Difference 방식 알고리즘 (c) Difference Filled with Right Image 방식 알고리즘
Fig. 2 Composition Methods of Delta Image for Break Dancer and Ballet video footage
(a) Color Difference (b) Absolute Color Difference (c) Difference Filled with Right Image

본 실험 평가에서는 3차원 **DMB**의 데이터 전송의 특성을 고려하여 한국 **DMB** 서비스에서 사용하고 있는 **H.264 baseline Profile@L 1.3** 코덱으로 동영상을 인코딩한 후에 생성되는 동영상의 파일 크기(Bytes)를 비교하였다. 압축률은 제안한 방식으로 좌측 영상과 깊이 정보, 부가정보 영상을 묶어서 전송할 때의 압축 크기에 대하여 기존의 좌우 스테레오 영상을 그대로 전송할 때의 압축 크기로 나눈 결과이다. 또한 제안한 세 가지 방식으로 최종 복원된 우측 영상에 대하여 원본 우측 영상과의 품질 유사도를 평가하기 위해서 각각의 100프레임에 대한 **PSNR(dB)**을 구하여 그것들의 평균값을 계산하고 비교 분석하였다.

5.2. 실험 결과 및 토론

표 1은 Break Dancer 영상과 Ballet 영상에 대하여 스테레오 영상을 전송할 때와 깊이 영상 기반 렌더링 방식의 세 가지 부가 정보 구성 방식을 적용할 때 동영상의 크기와 압축률 및 평균 PSNR 결과를 비교해서 보여 준다. 스테레오 영상의 경우에는 전송하는 우측 영상이 원본 영상이기 때문에 PSNR 값이 무한대 값(Infinte)으로 나타난다. 일반적인 깊이 영상 기반 렌더링의 경우 좌측 영상과 깊이 정보를 전송하여 복원된 우측 영상과 원본 영상간의 PSNR을 비교한 결과이다. 그 외에 제한한 세 가지 다른 부가정보 구성 방식의 경우 좌측 영상과 깊이 정보, 부가정보 영상을 묶어 전송할 때 최종 복원되는 우측 영상과 원본 우측 영상의 PSNR 값을 비교한 결과이다.

좌측 영상과 깊이 영상만을 보내서 모바일 단말기에서 DIBR을 통해 우측 영상을 생성했을 경우에는 데이터 전송량이 상당히 줄어든 것을 볼 수 있다. 예를 들어 Break Dancer와 Ballet 영상들을 스테레오 방식으로 전송하는 것에 비해서 0.591와 0.592로 약 40%에 가까운 압축 향상률을 보였다. 하지만 실제 생성되는 우측 영상과 원본 영상을 비교하면 PSNR 값이 약 23정도로 상당히 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다.

Color Difference 방식(L + D + CΔ)의 경우 완벽한 복원(즉, PSNR 값이 Infinte로 동일한 영상임)이 가능한 장점이 있었다. 하지만 거의 모든 픽셀에서 아주 적게나마

차이가 나타나기 때문에 부가 정보(Delta)의 양이 너무 커져서 스테레오 영상(L + R)을 전송하는 경우에 비하여 전송해야하는 정보량이 크게 증가하는 문제가 나타났다. 즉, 부가정보 크기만으로도 Break Dancer가 78,469,029 바이트, Ballet이 68,026,912 바이트로 압축률이 오히려 떨어지는 결과가 나타났다.

Absolute Color Difference 방식(L + D + AΔ)은 Color Difference 방식에 비해서 데이터의 크기가 많이 감소하기는 하지만 아직도 압축 효율이 Break Dancer가 1.177, Ballet이 1.259로 원본 영상을 보내는 것에 비하여 아직도 데이터의 양이 크고 따라서 압축률이 떨어지는 결과가 나타났다. 또한 평균 PSNR 값을 살펴보면 Break Dancer가 31.7 dB, Ballet이 29.7 dB로 최종 복원된 우측 영상의 화질도 떨어지는 것을 알 수 있다.

반면 Difference Filled with Right Image 방식(L + D + DΔ)을 활용한 경우 Absolute Color Difference 방식에 비해서 전송량과 송신측에서 최종적으로 복원된 우측 영상의 화질 결과가 좀 더 향상된 것을 확인할 수 있었다. 압축률을 보면 스테레오 영상(L + R)을 그대로 보낼 때보다 Break Dancer가 0.725, Ballet이 0.758로 전송량이 감소했다. 그리고 평균 PSNR 값도 Break Dancer가 34.1dB, Ballet이 32.3dB로 부가정보를 사용 안하는 DIBR 방식(L + D) 보다는 약 10dB 가량이 향상된 것을 볼 수 있다.

그림 3은 Break Dancer와 Ballet 동영상에 대하여 각

표 1. 부가정보 영상 구성방법에 따른 동영상 데이터 크기와 압축률 및 평균 PSNR
Table. 1 Video Size, Compression Ratio, and Average PSNR Value for Delta Image Composition Methods

전송방식	실험 동영상	크기 (Bytes)	압축률	PSNR (dB)
스테레오 영상 (L + R) => (L + R)	Break Dancer	35,224,629	1.000	Infinte (동일한 영상)
	Ballet	28,059,531	1.000	Infinte (동일한 영상)
깊이 영상 기반 렌더링 (DIBR) (L + D) => (L + R')	Break Dancer	20,828,013	0.591	23.9
	Ballet	16,624,859	0.592	23.7
Color Difference 부가정보 영상 방식의 DIBR (L + D + CΔ) => (L + R'')	Break Dancer	99,297,042	2.819	Infinte (동일한 영상)
	Ballet	84,651,771	3.017	Infinte (동일한 영상)
Absolute Difference 부가정보 영상 방식의 DIBR (L + D + AΔ) => (L + R''')	Break Dancer	41,470,191	1.177	31.7
	Ballet	35,332,486	1.259	29.7
Difference Filled with Right Image 부가정보 영상 방식의 DIBR (L + D + DΔ) => (L + R''')	Break Dancer	25,537,025	0.725	34.1
	Ballet	21,274,665	0.758	32.3

프레임별로 **Difference Filled with Right Image** 방식으로 최종 복원된 우측 영상과 원본 우측 영상 간의 PSNR 변화 추이를 보여준다.

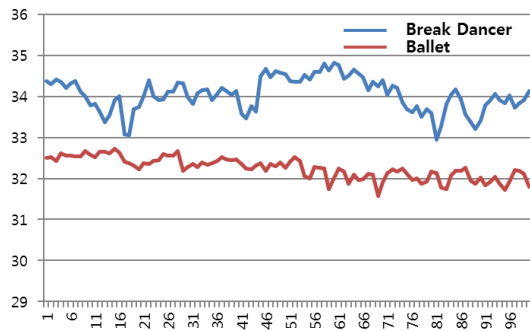


그림 3. **Difference Filled with Right Image** 방식으로 최종 복원된 우측영상과 원본 우측영상 간의 PSNR 값
 Fig. 3 PSNR Values between The Original Right Image and the Restored Right Image Constructed with Different Filled with Right Image Method

그림에 보이듯이 모든 프레임에 대해 완벽한 복원이 힘든 것으로 나타났다. 그 이유는 3차원 워핑으로 점 구름(Point Cloud)을 구성 후 카메라를 이동시키면 앞 객체에 빈틈 사이로 뒤 객체가 보여서 빈 영역이 틈새로 판정되지 않는 경우가 발생하기 때문이다. 또한 조명 영향으로 동일한 시각의 좌, 우측 사진들 간에 자체적인 미세한 색상 차이가 존재 (즉, 애초에 영상 획득 시 카메라를 어느 방향에서 찍느냐에 따라 같은 위치의 색상이 근본적으로 다르게 찍히는 것)하기 때문이다. 이 점은 처음부터 정확한 부가정보 구성을 어렵게 해서 완벽한 우측 영상을 생성하는데 방해하는 요인으로 나타났다.

VI. 결 론

기존의 모바일 단말기를 위한 3차원 DMB 방송 서비스 연구에서는 스테레오 영상 또는 다시점 영상을 그대로 전송하는 방식을 사용하거나 DMB의 낮은 대역폭 조건을 극복하기 위하여 깊이 영상 기반 렌더링 (Depth Image Based Rendering: DIBR) 기법을 활용하는 방식이 주를 이루고 있다[4]. DIBR은 참조할 원본 영

상과 그에 대한 깊이 정보를 이용한 이미지 기반 렌더링을 통하여 다른 임의의 시점 영상을 획득하는 기법으로 다시점 영상 생성에 매우 효과적이다. 그러나 DIBR 기법은 깊이정보의 부정확성이나 비폐색 영역에 기인하여 참조할 정보가 없는 틈새 영역(Hole) 발생하는 문제로 인해 복원된 영상의 품질이 떨어지는 단점이 있다.

본 연구에서는 스테레오(Stereoscopic) 방식을 기반으로 한 3차원 DMB 방송 서비스를 위하여, 기존의 3차원 영상을 그대로 전송하는 방식보다 3차원 영상 콘텐츠의 전송에 요구되는 데이터 크기를 최대한 줄이면서 최종 복원 화질을 높일 수 있는 방식에 대해서 제안한다. 기존의 DIBR 연구에서는 좌측 영상과 깊이 영상을 전송하여 3차원 워핑과 틈새 채움 알고리즘을 적용하여 우측 영상을 복원한다. 본 연구에서는 이를 좀 더 보완하기 위하여 3차원 DMB 방송 서비스에서 기존 스테레오 영상으로부터 DIBR을 적용한 후 원본 우측 영상과 재구성된 우측 영상 간의 차이, 즉 복원 시점 영상에서 발생하는 폐색 영역에 대한 부가 정보(Delta Image)를 추가 전송하도록 했다. 그리고 이로써 최종 복원된 우측 영상의 품질을 개선하고 전송 대역폭 면에서도 보다 유리한 이점을 얻고자 하였다.

부가 정보를 구성하는 방식으로 **Color Difference**, **Absolute Color Difference**, **Difference Filled with Right Image**를 제안하였고, 실험을 통해 최종적으로 복원된 우측 영상의 품질과 데이터 전송량 및 압축률을 기존의 방식과 함께 비교 분석하였다. 실험 결과, **Color Difference** 방식을 사용한 경우에는 원본 우측 영상과 동일한 완벽한 복원이 이루어졌으나 데이터 전송량이 스테레오 영상 방식에 비하여 너무 많이 증가하는 것으로 나타났다. **Absolute Color Difference** 방식은 **Color Difference** 방식에 비해 전송 데이터의 크기를 줄일 수 있었으나 영상 품질의 저하가 발생했다. **Difference Filled with Right Image** 방식은 데이터의 크기를 줄이면서 **Absolute Color Difference** 방식에 비하여 복원 영상의 품질도 향상시킬 수 있었다. 하지만 이 방식도 완벽한 우측 영상의 복원은 어려웠다. 틈새 영역을 판정 알고리즘의 개선이 더 필요해 보인다.

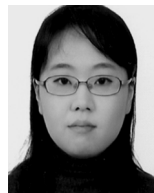
이러한 결과는 앞으로 개인용 3차원 영상 단말기에 수신되는 입체 영상 콘텐츠의 데이터 구성 방식을 정의하기 위한 기반 연구로써 표준화 작업에 기여할 수 있을

것으로 보인다. 향후 연구에서는 보다 향상된 영상 처리 기법을 적용하여 복원 영상의 화질을 더욱 개선할 수 있도록 할 것이다. 또한 영상의 조명 등에 의한 색상 차이에 대하여 강건한 부가 정보를 구성할 수 있는 방법 및 PSNR 외에 인간의 인지적 특성을 고려하여 복원 영상의 품질을 평가할 수 있는 추가적인 검증 방법에 대해서도 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] N. Hur, H. L. Lee, G. S. Lee, S. J. Lee, A. Gotchev, S.-I. Park, "3DTV Broadcasting and Distribution Systems," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 57, No. 2, Jun, 2011.
- [2] 정보통신표준화위원회, 디지털미디어방송(DMB) 비디오 연동형 스테레오스코픽 데이터 서비스, TTA.KO-07.0064, 2008년 12월.
- [3] 정보통신표준화위원회, 위성 디지털멀티미디어방송(DMB) 스테레오스코픽 서비스 표준, TTAS.KO-07.0057, 2008년 12월.
- [4] Y. K. Park, K. Jung, Y. Oh, S. Lee, J. K. Kim, G. Lee, H. Lee, K. Yun, N. Hur, J. Kim, "Depth-image-based rendering for 3DTV service over T-DMB," Image Commun. Vol. 24, No. 1-2, pp. 122-136, Jan. 2009.
- [5] C. Fehn, "Depth-Image-Based Rendering (DIBR), Compression and Transmission for a New Approach on 3D-TV," in Proc. Of SPIE Stereoscopic Display and Virtual Reality Systems XI, vol. 5291, pp. 93-104, 2004.
- [6] H. Zhang, "A Traditionalist View of 3-D Image Warping," TR97-043, Department of Computer Science, UNC-Chapel Hill, 1997.
- [7] Z. Jiang, T-T. Wong, H. Bao, TR-03-01, Computer Graphics Laboratory, College of Information Technology, Fudan University, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.66.1830>
- [8] 이현정, 허남호, 서용덕, "다시점 3차원 방송을 위한 OpenGL을 이용하는 중간 영상 생성," 방송공학회 논문지 제 11권 제4호, pp. 507-520, 2006.
- [9] W. J. Tam, L. Zhang, "Non-uniform Smoothing of Depth Maps before Image-Based Rendering," in Proc. of ITCOM, vol. 5599, pp. 173-183, 2004.
- [10] 이재호, 김창익, 깊이맵의 전처리와 깊이 정보의 기하학적 분석을 통한 최적의 스테레오스코픽 영상 자동 생성 기법, 방송공학회논문지, 제14권제2호, pp. 164-177, 2009년 3월.
- [11] L. Zhang, W. J. Tam, "Stereoscopic Image Generation Based on Depth Images for 3D TV," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 51, No. 2, pp. 191-199, 2005.
- [12] 김용진, 이상화, 박종일, "영상 인페인팅을 이용한 고품질의 가려짐 영역 보간 방법," 방송공학회 논문지, 제15권 제1호, pp. 3-13, 2010년.
- [13] 안재우, 고민수, 유지상, "2D 콘텐츠의 3D 입체 콘텐츠로의 변환 기법, Telecommunications Review, 제 21권, 제4호, pp 571-584, 2011년.
- [14] M. Kim, Y. Cho, H-G Choo, J. Kim, K. S. Park, Effects of Depth Map Quantization for Computer-Generated Multiview Images Using Depth Image-Based Rendering, KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vol. 5, No. 11, pp. 2175-2190, Nov. 2011.
- [15] C. L. Zitnick, S. B. Kang, M. Uyttendaele, S. Winder, and R. Szeliski, "High-quality video view interpolation using a layered representation," ACM SIGGRAPH Transactions on Graphics, pp. 600-608, Aug. 2004.

저자소개



김민영 (Minyoung Kim)

2009년 상명대학교
디지털미디어학부 학사
2009년 ~ 현재 상명대학교 대학원
컴퓨터과학과 석사과정

※ 관심분야: 가상현실, 모바일 인터페이스, 타일드 디스플레이



박경신 (Kyoung Shin Park)

1993년 덕성여자대학교
수학과 학사
1997년 일리노이대학 전기전자
컴퓨터과학과 공학 석사

2003년 일리노이대학 컴퓨터과학과 공학박사
2004년 ~ 2007년 한국정보통신대학교 연구교수
2007년 ~ 현재 단국대학교 멀티미디어공학전공 조교수
※ 관심분야: 컴퓨터그래픽스, 가상현실, HCI, 감성
공학, 협업환경



추현곤 (Hyon-Gon Choo)

1998년 한양대학교 전자공학과
학사
2000년 한양대학교 전자공학과
석사

2005년 한양대학교 전자통신공학과 박사
2005년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
※ 관심분야: 3DTV, 디지털방송기술, 컴퓨터비전



김진웅 (Jinwoong Kim)

1981년 서울대학교 전자공학과
학사
1983년 서울대학교 대학원
전자공학과 석사

1993년 미국 Texas A&M 대학교 전기공학과 박사
1983년 ~ 현재 한국전자통신연구원 방통융합미디어
연구부 부장
※ 관심분야: 3DTV, 디지털 방송, 디지털 홀로그래피



조용주 (Yongjoo Cho)

1993년 일리노이대학 컴퓨터과학과
학사
1997년 일리노이대학 전기전자
컴퓨터과학과 공학석사

2003년 일리노이대학 컴퓨터과학과 공학 박사
2004년 ~ 현재 상명대학교 디지털미디어학부 부교수
※ 관심분야: 가상현실, 3DTV, 인터랙티브 컴퓨팅,
인터랙티브 학습 환경