

정규논문(Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제5호, 2012년 9월 (JBE Vol. 17, No. 5, September 2012)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.5.838>

ISSN 1226-7953(Print)

가려짐 영역 검출 및 스테레오 영상 내의 특징들을 이용한 다시점 영상 생성

이 왕 로^{a)}, 고 민 수^{a)}, 엄 기 문^{b)*}, 정 원 식^{b)}, 허 남 호^{b)}, 유 지 상^{a)}

Multi-view Image Generation from Stereoscopic Image Features and the Occlusion Region Extraction

Wang Ro Lee^{a)}, Min Soo Ko^{a)}, Gi-Mun Um^{b)*}, Won-Sik Cheong^{b)}, Namho Hur^{b)}, and Jisang Yoo^{a)}

요 약

본 논문에서는 스테레오 영상에서 얻은 다양한 특징들을 이용하여 다시점 영상을 생성하는 방법을 제안한다. 제안된 기법에서는 먼저 주어진 스테레오 영상에서 명암변화 주목도 지도(intensity gradient saliency map)를 생성한다. 다음으로 좌우 영상 간에 블럭 단위의 움직임을 나타내는 광류(optical flow)를 계산하고 scale-invariant feature transform(SIFT) 기법을 통해 사물의 크기와 회전에 변하지 않는 영상의 특징 점을 구하여 이 특징점 간의 변이를 구한 다음, 이 두 변이 정보들을 결합하여 변이 주목도 지도(disparity saliency map)를 생성 한다. 생성된 변이 주목도 지도는 가려짐 영역 검출을 통해 오류 변이가 제거된다. 세 번째로 영상 워핑시에 직선의 왜곡을 최소화하기 위해 직선 세그먼트를 얻는다. 마지막으로 다시점 영상은 이렇게 추출된 영상 특징들을 제한 조건으로 사용하여 그리드 메쉬(grid-mesh) 기반 영상 워핑(warping) 기법에 의해 생성된다. 실험 결과를 통해 제안한 기법으로 생성된 다시점 영상의 화질이 기존 DIBR 기법보다 우수한 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a novel algorithm that generates multi-view images by using various image features obtained from the given stereoscopic images. In the proposed algorithm, we first create an intensity gradient saliency map from the given stereo images. And then we calculate a block-based optical flow that represents the relative movement(disparity) of each block with certain size between left and right images. And we also obtain the disparities of feature points that are extracted by SIFT(scale-invariant). We then create a disparity saliency map by combining these extracted disparity features. Disparity saliency map is refined through the occlusion detection and removal of false disparities. Thirdly, we extract straight line segments in order to minimize the distortion of straight lines during the image warping. Finally, we generate multi-view images by grid mesh-based image warping algorithm. Extracted image features are used as constraints during grid mesh-based image warping. The experimental results show that the proposed algorithm performs better than the conventional DIBR algorithm in terms of visual quality.

Keyword : Image Domain Warping (IDW), Saliency map, Multi-View Video, Occlusion Region Extraction

1. 서론

3D 영화 ‘아바타(Avatar)’의 흥행을 기점으로 다양한 장르의 3D 영화가 개봉 또는 제작 중이며, 영화뿐만 아니라 방송, 게임 등 콘텐츠 산업 전반에 걸쳐 큰 변화가 일고 있다. 현재 우리나라를 포함한 다수의 국가에서 이미 3DTV 방송이 서비스되고 있으며, 다양한 3D 입체 콘텐츠가 제공되고 있다. 또한 노트북, 카메라, 프로젝터, 핸드폰 등 다양한 개인용 단말도 3D 콘텐츠를 이용할 수 있는 기능이 추가됨으로써 향후 3D 콘텐츠의 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 하지만 지금까지의 3D 서비스는 주로 양안 입체 영상을 제공하는 형태가 대부분이며 따라서 안경을 착용해야 하는 불편함과 하나의 시점 영상만 제공하기 때문에 사용자의 위치에 따라 입체감이 변하지 않는다는 단점이 존재한다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 자연에서 3D 입체 공간상의 물체를 볼 때 느끼는 입체감을 느낄 수 있고 시점 변환이 자유로운 다시점 3D 서비스에 대한 기술개발이 필요하다. 다시점 무안경식 3D입체 서비스는 양안식 입체 영상과는 달리 다수의 시점으로 구성되어 있어 시야각이 넓다는 장점과 여러 방향에서 많은 사람이 동시에 시청하여도 뛰어난 입체감을 자연스럽게 느낄 수 있다는 장점이 있다.

다시점 3D 입체 영상을 획득하는 방법은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 필요한 시점 수만큼의 카메라를 사용하여 직접 다시점 영상을 획득하는 것이다. 이 경우 여러 대의 카메라 동기화 및 보정 작업이 쉽지 않다는 문제가 있다. 둘째, 컬러 카메라와 깊이 카메라(depth camera)를 사용하여 획득된 컬러 및 깊이 영상을 이용하여 다시점 영상을 생성하는 것이다^[1]. 마지막으로 두 대의 컬러 카메라로 스테레오 영상을 획득하고 좌, 우 스테레오 영상으로부터

변이(disparity) 정보를 추출하여 다시점 영상을 생성하는 것이다^[2]. 현재 보급되고 있는 3D 디스플레이는 대부분 양안식이기 때문에 대부분의 콘텐츠도 좌, 우 두 개의 영상으로 구성된 스테레오 영상이 대부분이다. 따라서 향후 무안경식 다시점 3D 디스플레이가 보급되더라도 기존 제작된 스테레오 영상을 활용할 필요가 있고 이 경우 스테레오 영상을 이용하여 다시점 영상을 생성하는 DIBR(depth image based rendering) 기법이 매우 중요할 것으로 예상된다^{[3][4]}.

그러나 스테레오 정합 기법을 사용하여 변이지도(disparity map)나 깊이지도(depth map)를 추출하는 작업은 시간과 노력에 비하여 정확도가 많이 떨어지는 문제점이 있다. 가려짐 영역(occlusion)과 부정확한 변이정보로 생성된 가상시점 영상에 경계잡음(boundary noise) 및 홀(hole)이 존재할 수도 있으며 높은 성능의 홀 채움 과정이 반드시 필요하다^[5]. 특히, 자동화된 깊이지도 추출 기법은 정확도와 신뢰도가 많이 떨어지는 문제가 있다^[6].

따라서 본 논문에서는 화소 전체에 대해 변이 정보를 추출하지 않고도 주어진 스테레오 영상을 이용하여 다시점 영상을 생성하는 새로운 영상 영역에서의 워핑(image domain warping: IDW) 기법을 제안한다. 제안한 기법에서는 먼저 주어진 스테레오 영상에서 블록 기반의 광류(optical flow)와 scale-invariant feature transform (SIFT) 기법^[7]을 통해 주어진 영상의 특징점 변이를 구하고 이로부터 변이 주목도 지도(disparity saliency map)를 생성하게 된다. 또한 제안한 기법에서는 생성된 변이 주목도 지도(disparity saliency map)의 정제를 위하여 가려짐 영역(occlusion) 검출 및 보간을 수행한다. 또한 주어진 좌, 우 스테레오 영상에서 직선 성분(line segment)과 명암변화 주목도 (intensity gradient saliency)[8,9]을 구하고 변이 주목도 지도(disparity saliency map)와 함께 제약조건으로 사용하여 그리드 메쉬(grid-mesh) 기반 워핑(warping)을 통해 최종 다시점 영상을 생성하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안하는 기법의 전체적인 구조와 세부적인 과정을 설명한다. III장에서는 제안한 기법의 성능 비교 실험결과를 보여주고, 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

a) 광운대학교 전자공학과 (Kwangwoon University)
b) 한국전자통신연구원 (Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI))
‡ Corresponding Author : 엄기문 (Gi-Mun Um)
E-mail: gmum@etri.re.kr
Tel: +82-42-860-1084 Fax: +82-42-860-6465

※ 본 연구는 방송통신위원회의 ETRI 연구개발지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.[KCA-2012-11921-02001, 무안경 다시점 3D지원 UHDTV 방송기술개발]

Manuscript received June 19, 2012 Revised August 24, 2012
Accepted August 30, 2012

II. 제안하는 다시점 영상 생성 기법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 다시점 영상 생성 기법의 블록 다이어그램을 나타낸다.

1. 스테레오 영상 내 특징 추출

그림 1에 보인 블록 다이어그램과 같이 제안하는 기법에서는 다시점 영상을 생성하기 위하여 먼저 주어진 좌, 우 스테레오 영상으로부터 특징점 변이를 구한다. 특징점 변이는 좌우 영상 간에 블록 단위 광류(optical flow) 계산 기법과 scale-invariant feature transform(SIFT) 기법[7]을 사용하여 계산하며, outlier를 제거하고, 이 두 결과를 결합하여 변이 주목도 지도(disparity saliency map)를 생성한다. 본 논문에서는 광류 계산 기법으로 Lucas-Kanade 기법[10]을 사용하였다. Lucas-Kanade 방법은 다음 세가지 가정에 기반하고 있다. 동영상과 같은 시간적으로 연속적인 영상에서 동일한 객체의 밝기 값은 일정하게 유지된다는 사실과, 밝기 항상성(brightness constancy)과 영상 내에서의 움직임은 그다지 빠르지 않다는 시간 지속성(temporal persistence) 그리고 공간적으로 서로 인접하는 점들은 동일한 객체에 속할 가능성이 높고 동일한 움직임을 갖는다는 공간

일관성(spatial coherence)이다. Lucas-Kanade 광류계산은 가우시안 피라미드(Gaussian pyramid)를 적용하여 두 영상 간에 존재하는 화소의 변화 벡터를 구할 수 있으며 움직임 정보는 색과 모양 변화에 강인한 결과를 보여준다. 또한 블록 정합 등의 기법에 비하여 정확도가 높다는 장점이 있다.

본 논문에서는 물체의 크기나 방향에 상관없이 높은 정확도로 해당 물체의 위치를 추출하기 위해 SIFT 기법을 사용하였다. SIFT 기법은 크게 검출과 정합 과정으로 나뉘고, 일반적으로 다음과 같은 네 단계로 구성된다.

먼저 첫 번째 단계인 스케일공간 극값 추출(scale-space extreme detection) 과정에서는 크기와 방향에 불변할 것으로 추측되는 후보 특징 점들을 가우시안 차(Difference of Gaussian : DOG) 영상을 사용하여 검출하는 과정이다. 즉 입력된 영상의 모든 크기와 위치에 대해 스케일 공간의 극값을 찾는다. 스케일 공간의 함수는 식 (1)과 같이 가변적 크기의 가우시안 함수와 입력 영상의 컨벌루션 연산으로 정의된다.

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y)/2\sigma^2} \tag{1}$$

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

여기서 함수 G 는 가우시안 필터이며 σ 는 scale factor를

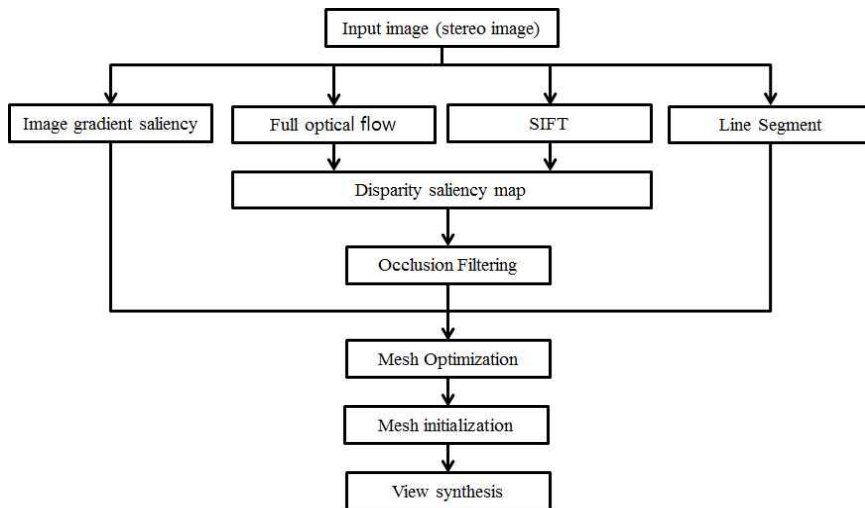


그림 1. 제안한 다시점 영상 기법의 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of the proposed multi-view synthesis algorithm

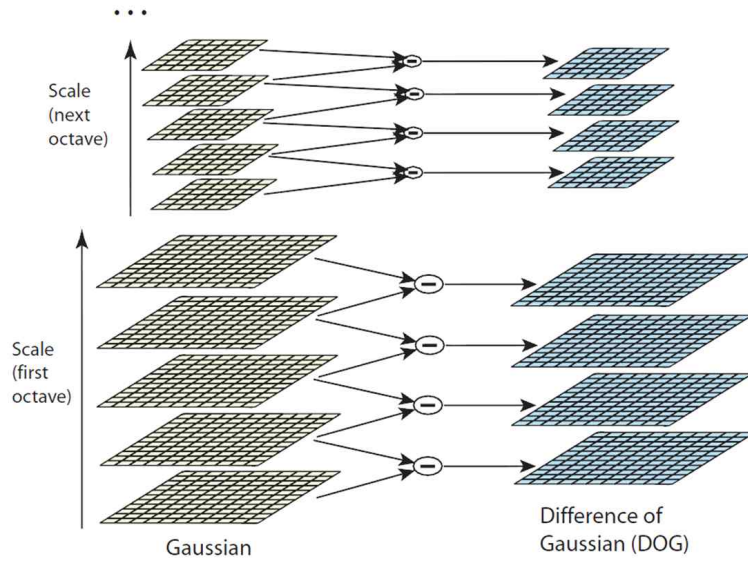


그림 2. 가우시안 차 영상
 Fig. 2. DOG(Difference of Gaussian) Images

나타낸다.

스케일 공간 내에서 안정적인 키 포인트(key point)를 효율적으로 찾기 위해 DOG를 사용한다. DOG는 식 (2)와 같이 일정한 배수의 가우시안 필터가 적용된 영상 사이의 차이로 정의된다.

$$D(x,y,\sigma) = (G(x,y,k\sigma) - G(x,y,\sigma)) * I(x,y) \quad (2)$$

$$= L(x,y,k\sigma) - L(x,y,\sigma)$$

그림 2에서 좌측의 영상은 가우시안 필터가 적용된 계층을 나타내고 있고, 우측 영상은 인접한 두 가우시안 필터링된 영상들의 차 연산을 통해 얻어진 영상들이다.

이 과정은 서로 다른 σ 를 이용하여 가우시안 처리한 여러 영상들의 차를 구함으로써 쉽게 적용할 수 있다.

그림 3에서는 스케일 공간에서의 극대점과 극소점을 찾기 위하여 각 포인트들은 주어진 영상 내에서 주변 여덟개의 화소들과 인접한 영상 내에서의 각각 아홉 개의 화소들과 비교를 한다. 현재 기준이 되는 점이 가운데 영상의 'X'에 위치한다면, 'X' 점을 기준으로 인접한 총 26개의 화소들에 대하여 비교를 한다. 그 결과, 이 화소들 중 모든 인접한 화소에 비하여 가장 작거나 가장 큰 값을 가지는

화소가 선택되고 이 과정을 계속 반복하여 결국 최종 극대점과 극소점을 찾게 된다.

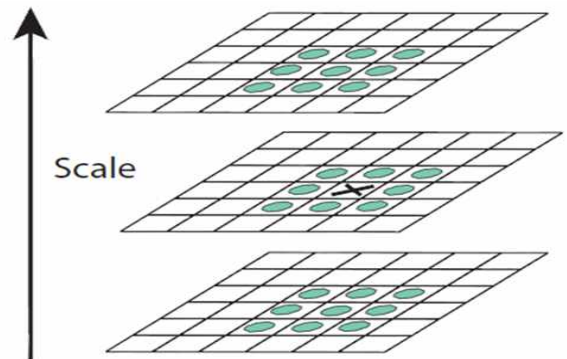


그림 3. 가우시안 차 영상의 최대, 최소 값
 Fig. 3. Maxima and minima of DOG(difference of Gaussian) images

두 번째 단계인 키-포인트 국소화와 필터링(key-point localization and filtering) 과정에서는 검출된 후보 특징 점들 중 정합을 함에 있어 안정적이지 못한 점들을 제외시키게 된다. 이전 단계에서 구한 키 포인트 중에 낮은 대비 값을 갖고 있거나 경계에 위치한 점들은 오차에 민감하여 안정적이지 못하기 때문에 제외하게 된다.

세 번째 단계인 방향 할당(orientation assignment) 과정에서는 각 특징 점의 방향과 크기를 계산하여 히스토그램을 구한 후 최대 80% 이상인 경우에만 특징 점으로 할당한다. 각 키 포인트들의 방향을 구하기 위해서는 가우시안 처리가 된 영상을 식 (3)에 대입하게 된다.

$$m(x,y) = \frac{((L(x+1,y) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2)^{\frac{1}{2}}}{\theta(x,y) = \tanh^{-1} \frac{L(x,y+1) - L(x,y-1)}{L(x+1,y) - L(x-1,y)}} \quad (3)$$

방향을 나타내는 θ 는 전체 방향 360도가 36개의 저장소로 이루어진 히스토그램에 저장되며 크기를 나타내는 m 은 히스토그램의 가중치로 사용된다. 이 과정을 통해 영상의 회전에 대하여 불변하는 특징을 얻어낼 수 있다. 이렇게 저장된 히스토그램들 중 최고 값을 갖는 것이 영상의 기울기로 사용된다.

마지막으로 네 번째 단계에서 키포인트 서술자 (keypoint descriptor)는 특징 점이 주변 영역의 작은 변화에 민감하게 변하는 것을 방지하기 위해 특징 점 방향을 기준으로 회전 이동한 영상에 가우시안 가중치를 부여하고, 가중치가 부여된 영상은 각각의 배열이 여덟 방향을 가지는 4x4배열로 재구성되어 128차원 벡터로 구성된 특징 점을 구성 한다 [7].

그림 4는 이러한 SIFT 기법을 이용하여 스테레오 영상 내에서의 특징점 및 특징점들 간 변이를 찾아낸 결과를 보여주고 있다. 그림 내 영상의 녹색 선은 좌, 우 영상 간 특징점 정합을 통하여 영상 내에서 추출한 특징점의 변이를 나타내고 있으며, 이 때 녹색 선의 길이는 대응 특징점 간의 변이 크기를 의미한다.

지금까지 설명한 광류계산과 SIFT 특징점 변이 추출과정을 거쳐 얻어진 특징점 변이들은 결합되어 변이 주목도 지도를 구성하게 된다. 이 때, 동일한 특징점에 대해 서로 다른 기법에 의해 추출된 변이가 두 개 이상 얻어지는 경우에는 SIFT 기법에 의해 얻어진 변이를 선택하였다. 이렇게 결합된 변이 주목도 지도는 오류 변이를 포함할 수 있으므로, 본 논문에서는 오류 변이 제거 방법의 하나로 가려짐 영역(occlusion) 검출 및 이 영역에서의 변이 보상을 수행함으로써 가려짐 영역에서의 변이 오류를 감소시키고자 하였다.

이를 좀 더 상세하게 설명하면, 다음과 같다.

가려짐 영역의 검출을 위해 본 논문에서는 입력된 스테레오 영상에서 좌 영상과 우 영상 기준으로 각각 한번 씩 가려짐 영역을 탐색하게 되며, 탐색된 가려짐 영역의 원래 변이는 제거하고, 최종적으로 가장 가까운 주위 화소의 최소 변이 값을 사용하여 보상하였다. 이렇게 함으로써 객체와 배경의 구분이 좀 더 분명한 변이 주목도 지도를 생성할 수 있다.

그림 5는 변이 주목도 지도에서 이러한 방법에 의해 가려



(a)



(b)

그림 4. SIFT에 의해 계산된 특징점 추출 및 변이 영상 (a) 좌영상 (b) 우영상

Fig. 4. Results of Feature Points Extraction & Disparity Estimation using SIFT (a) left image and (b) right image

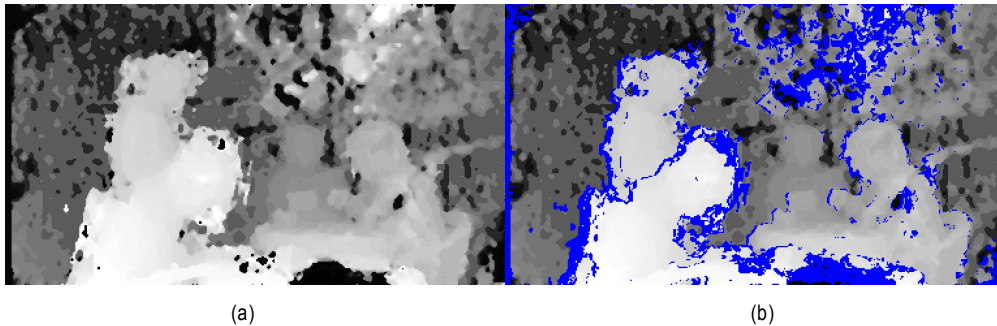


그림 5. 변이 주목도 지도에서의 가려짐 영역 검출 예 (a) 변이 주목도 지도 (b) 검출된 가려짐 영역(파란색 표시)
 Fig. 5. An Example of Occlusion Region Detection (a) Disparity Saliency Map (b) Extracted Occlusion Regions(Marked in Blue)

집 영역을 검출한 결과이며, 파란색 영역이 검출된 가려짐 영역을 나타내고 있다.

다음으로 본 논문에서는 다시점 영상 생성 시의 영상 왜곡을 최소화하기 위해 명암변화 주목도 지도(intensity gradient saliency map)^[8,9]와 직선 성분(line segment)^{[11][12]}을 추출하여 영상 워핑시 제한 조건으로 사용하였다.

먼저 명암변화 주목도 지도에 대해 설명하면 다음과 같다. 인간의 인지과정을 보면 감각 기관에서 인식된 수많은 정보가 신경을 통해 뇌로 전달되지만, 인간은 이들 신호 중 본인이 원하는 극히 일부의 신호만 선택하여 감지하게 된다. 이것을 주의(attention)라고 한다. 시각적 주목 주의(visual salient attention) 이론은 사람의 시각체계를 통해 입력되는 수많은 영상 중에 의미 있는 특징만 선택적으로 선별하여 주의를 특정 객체에 집중시킴으로써 보다 빠르고 많은 처리를 수행하게 된다는 이론이다. 이러한 뇌의 선택적 주의 집중에 대한 연구는 생물학, 인공지능, 컴퓨터 비전 분야 등에서 활발히 진행되고 있다. 특히, 이를 바탕으로 하는 주목도 지도(Saliency Map)는 영상을 이진화 하여 객체와 객체가 아닌 영역으로 분할함으로써 관심 있는 중요 객체를 추출하는데 주로 사용되고 있다^[13]. 본 논문에서는 S. Montabone가 제안한 방법^[14]을 사용하여 명암변화 주목도 지도(intensity gradient saliency map: IGSM)를 구하였다. S. Montabone가 제안한 IGSM은 입력 영상에 대해 먼저 적분영상(integral image)을 구성하고, 필터링 계수만 바꿔가면서 계산하는 방법이다. 영상 내 화소의 위 부분과 좌측 부분의 화소를 합하여 적분영상을 구성하며, 3x3 크기

의 가우시안 필터를 두 번 적용한다. 다음으로 고품질의 특징을 얻기 위해 중앙과 주변에 대한 차이를 단일 적분영상을 이용하여 필터 크기를 바꿔가면서 원 영상에 적용한 결과를 이용한다^[14]. 또한 명암 변화 주목도 지도는 변이 주목도 지도와 가중 결합되어 그림 6과 같은 전체 주목도 지도를 생성할 수 있다.

그림 6은 변이 주목도 지도에서 가려짐 영역을 탐색한 후, 탐색된 가려짐 영역의 원래 변이를 제거하고 보상하여 최종적으로 생성된 변이 주목도 지도와 명암변화 주목도 지도를 가중 결합한 전체 주목도 지도 영상을 나타내고 있다.

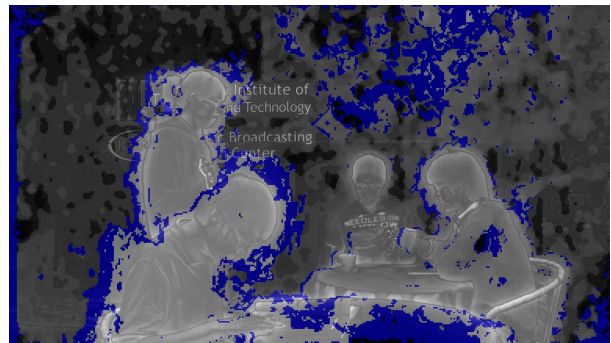


그림 6. 가려짐 영역 보상 한 변이 주목도 지도와 명암변화 주목도 지도를 가중 결합한 영상

Fig. 6. An Example of Whole Saliency Map by Weighted Combination of Occlusion region-compensated Disparity Saliency Map and Intensity Gradient Saliency Map.

다음으로 본 논문에서 사용된 직선 성분을 추출하는 기

법에 대해 설명하기로 한다.

직선 성분은 영상 워핑 시 직선 부분의 왜곡을 최소화하기 위한 목적으로 사용되며, 기존에는 Canny나 Sobel과 같은 에지 추출 기법과 Hough 변환이 많이 이용되었으나, 본 논문에서는 복잡도를 낮추기 위해 R. G. von Gioi 등이 제안한 LSD (line segment detector) 기법^[12]을 사용하였다.

이렇게 추출된 직선 성분은 그리드 단위의 메쉬 워핑 (Grid-Mesh Warping)을 통한 다시점 영상 생성 시에 영상의 중요한 부분과 눈에 잘 띄는 직선 부분에서의 왜곡이

최소화 되도록 워핑식을 결정하는데 사용된다^{[8][9]}.

그림 7은 지금까지 설명한 스테레오 영상으로부터 추출된 영상 특징인 변이 주목도 지도, 명암변화 주목도 지도, 직선 성분 추출 결과의 예를 보여준다.

2. 그리드 메쉬 워핑 기반 다시점 영상 생성

앞 절에서 추출한 특징들을 이용하여 본 논문에서는 그

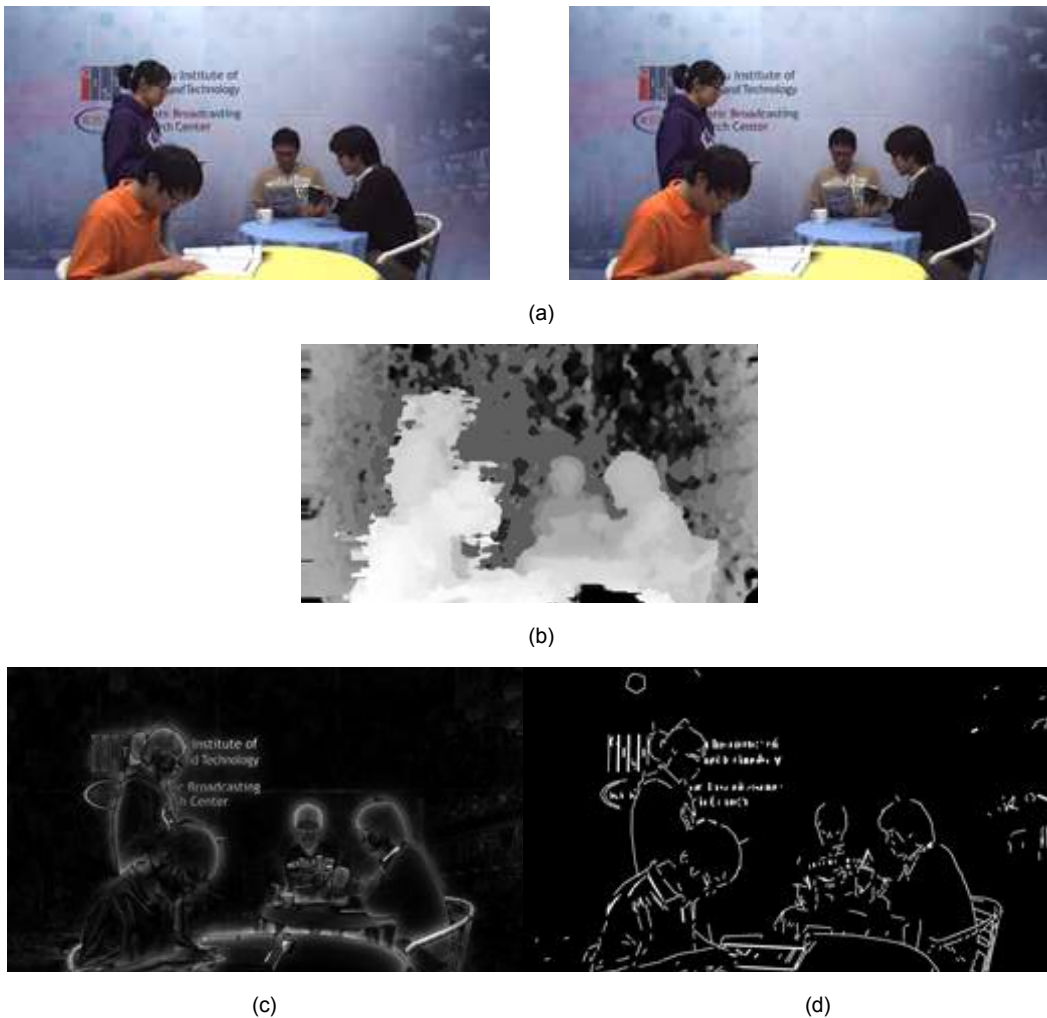


그림 7. 추출된 특징들 (a) 원본 스테레오 좌, 우영상 (b) 변이 주목도 지도 (c) 명암변화 주목도 지도 (d) 직선 성분
 Fig. 7. Extracted features, (a) original input stereo images (b) disparity saliency map (c) intensity gradient saliency map and (d) line segments

리드 메쉬(grid-mesh) 기반 워핑(warping) 기법으로 그림 8과 같은 다시점 영상을 생성하게 된다. 그림 8은 Café 스테레오 입력 영상에 대해 제안한 기법을 이용하여 새로 생성한 17개의 가상시점과, 입력영상을 포함한 총 19개 시점의 출력영상 중 0번부터 9번까지의 시점을 나타내고 있다. 그리드 메쉬 기반 영상 워핑 시 워핑 함수는 스테레오 영상에서 앞 단계에서 추출된 특징에 의해 정의된 제약 조건을 사용하여 워핑 함수를 최적화한다. 예를 들어 직선 부분은 영상의 직선 부분을 가능한 한 유지하기 위한 제약 조건으로 사용된다^{[15][16][17]}. 그림 9는 이러한 직선 부분 제약 조건에 의해 생성된 가상시점 영상의 왜곡 현상을 감소시킨 예를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 직선 성분 제약 조건을 사용하지 않은 영상 워핑 결과인 그림 9(a)에서는 빨간 원 부분의 직선 왜곡이 나타나고 있음

으로 볼 수 있으나, 직선 성분 제약 조건을 적용 한 결과에서는 그림 9(b)에서는 이러한 직선 왜곡이 줄어들었음을 볼 수 있다. 이러한 영상의 왜곡 감소는 다시점 영상에 의한 3D 영상의 시청 시에 입체감을 향상시키는 효과가 있다.

마지막으로, 본 논문에서는 생성된 좌우 영상으로부터 중간 시점 영상 생성시의 이중 겹침(ghost) 현상을 줄이기 위하여 동일 위치에 대한 좌, 우 영상의 중간 시점 투영 시에 만약 좌측과 우측 영상으로부터 투영된 화소의 색상 차이가 크면, 두 개의 화소 중 거리가 가까운 변이를 가지는 시점으로부터의 워핑 결과를 선택하였다. 그림 10은 이 방법을 통해 이중 겹침 현상을 제거한 결과의 예를 나타내고 있다. 그림에서 보듯이 객체 경계에서의 이중 겹침 현상이 감소되었음을 볼 수 있다.



그림 8. 제안한 기법에 의해 생성된 다시점 영상의 예('Café' 시퀀스 0~9번 시점, 11번째 프레임)
 Fig. 8. Examples of Generated Multi-view Images (0th~9th view in the 11th frame of 'Café' sequence)



그림 9. 생성된 가상시점 영상에서 발생한 직선 왜곡 및 이의 직선 성분 제약 조건에 의한 보정 결과의 예 (a) 가상시점 영상에 발생한 직선 왜곡의 예 (b) 제한한 직선 성분 제약 조건 적용 결과(빨간색 타원 부분 비교)
 Fig. 9. (a) An Example of Line Distortion in the generated virtual-view image (b) Application Result of line segment constraint (red eclipse part)

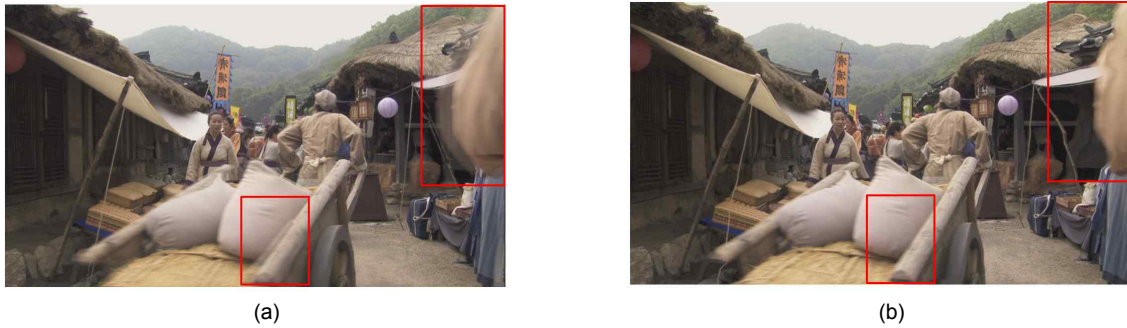


그림 10. 생성된 중간시점 영상('계백' 2번 시점, 0번째 프레임) (a) 이중 겹침 현상 제거전 (b) 이중 겹침 현상 제거 후
 Fig. 10. Generated intermediate-view images (2th view in the 0th frame of 'Gaebaek' sequence) (a) Before removing Ghost phenomenon (b) After removing Ghost phenomenon

III. 실험 결과

본 장에서는 제안 한 다시점 영상 생성 기법의 성능을 평가하기 위해 MPEG에서 제공하는 다시점 영상 시퀀스인 YUV포맷(1,920 x 1,080) 의 Café 영상으로부터 다시점 영상을 생성한 결과를 보인다. 본 논문에서는 그림 2(a)의 스테레오 영상을 이용하여 좌 영상과 우 영상 사이에 17개의 가상 시점 영상을 생성하여 입력영상 포함 총 19개 시점의

영상을 출력하였다. 그림 11(a)와 (b)는 각각 제안된 기법과 기존의 DIBR(depth image based rendering) 기법에 의해 생성된 17 번째 시점의 영상을 보여주고 있다.

그림 11에서 보면 제안된 기법이 DIBR기법보다 훨씬 더 자연스러운 영상을 생성한다는 것을 볼 수 있다. 그림 11(a)와 (b)의 사각형 영역을 확대한 영상을 비교하면 DIBR 기법은 객체의 경계부분에 잡음 제거가 되지 않아 객체 주위에 희미한 테두리가 남아 있고, 색 번짐 현상이 나타나고

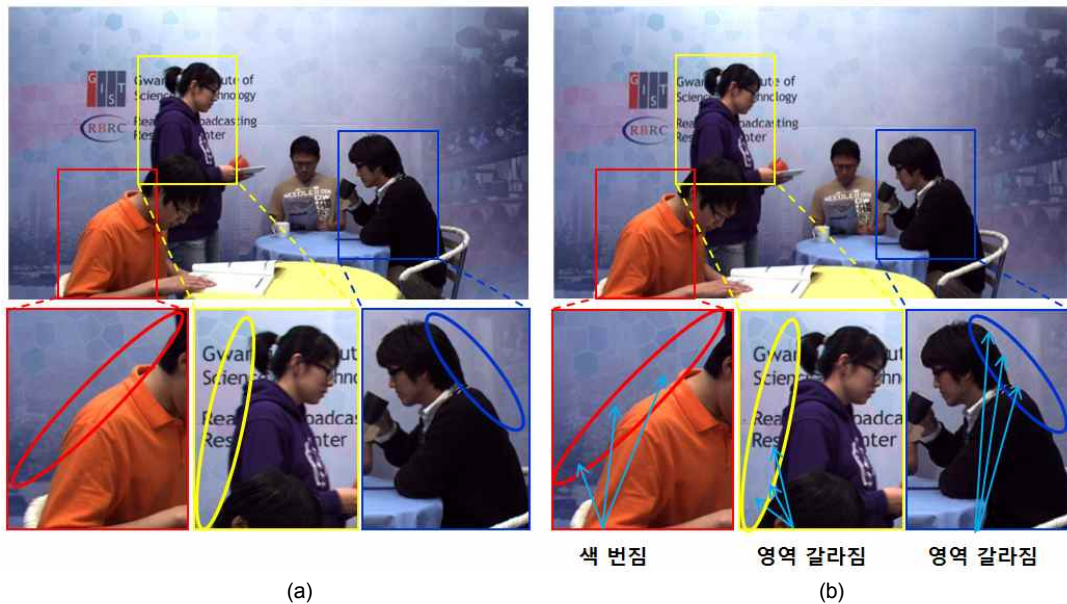


그림 11. 가상시점 영상 생성결과 ('café' 17번 시점) (a) 제안한 기법 (b) 기존 DIBR 기법
 Fig. 11. Generated 17th view images (a) by the proposed algorithm, and (b) by the conventional DIBR algorithm

있으나, 제안한 기법의 경우는 경계 잡음이 거의 제거되어 객체 주위의 갈라짐 현상이 거의 없이 깨끗하게 나타나는 것을 알 수 있다.

다음으로, 두 기법의 성능을 보다 객관적으로 평가하기 위해 본 논문에서는 ITU-R 권고 이중자극 연속품질척도법인 DSCQS(double stimulus continuous quality scale) 방법을 이용하여 주관적 화질 평가를 수행하였다¹⁸⁾. 평가 대상은 일반 평가자 20명을 대상으로 하였으며, ‘Café’, ‘계백’, ‘Story’, ‘Samgye’의 시퀀스를 이용하여 제안한 방법으로 생성된 다시점 영상을 보고 입체감, 화면 떨림 현상, 눈의 피로도 등 세 가지 항목에 대하여 평가 하도록 진행하였다. 점수는 최소 1점에서 최고 5점까지로 나누어, 입체감이 좋을수록, 화면 떨림 현상과 눈의 피로도가 덜 할수록 높은 점수를 주도록 평가하게 한 후, 각 영상에 대한 평가 점수의 평균값을 취하였다. 이렇게 수행한 주관평가 결과를 표 1에 나타내었다.

또한 가려짐 영역 추출 전후 및 이중 겹침 제거 전후의 화질 변화를 확인하기 위하여 각각의 결과에 대해 위 평가자를 대상으로 주관적 화질 평가를 실시하였다. 그 결과 가려짐 영역 추출과 이중 겹침 현상 제거 후 생성된 다시점 영상을 볼 경우 화면 떨림 현상이 줄어들어 평가자는 더 자연스러운 입체감을 느낄 수 있었으며 눈의 피로도가 이러한 기법들을 적용하기 전보다 감소함을 볼 수 있었다. 표 2는 주관평가 결과를 보여주며 그림 12는 가려짐 영역 추출 및

이중 겹침 현상 제거한 결과의 예를 보여주고 있다.

표 1. DIBR 및 제안한 기법에 의해 생성된 영상의 DSCQS 주관적 평가 결과(5점 만점)

Table 1. Result of DSCQS Subjective Test for DIBR and Proposed Techniques

평가기준 \ 기준	DIBR 기법 (Depth image-based rendering)	제안하는 기법
입 체 감	3.5	4.1
화면 떨림 현상	2.5	3.7
눈의 피로도	2.3	3.1
평 균	2.8	3.6

표 2. 가려짐 영역 추출 및 이중 겹침 현상 제거 전후 생성된 영상의 DSCQS 주관적 평가 결과(5점 만점)

Table 2. Result of DSCQS Subjective Test for before removing Ghost phenomenon and Extracted Occlusion Regions and after removing Ghost phenomenon and Extracted Occlusion Regions

평가기준 \ 기준	Before	After
입 체 감	3.2	4.3
화면 떨림 현상	1.7	3.9
눈의 피로도	1.9	3.4
평 균	2.26	3.9

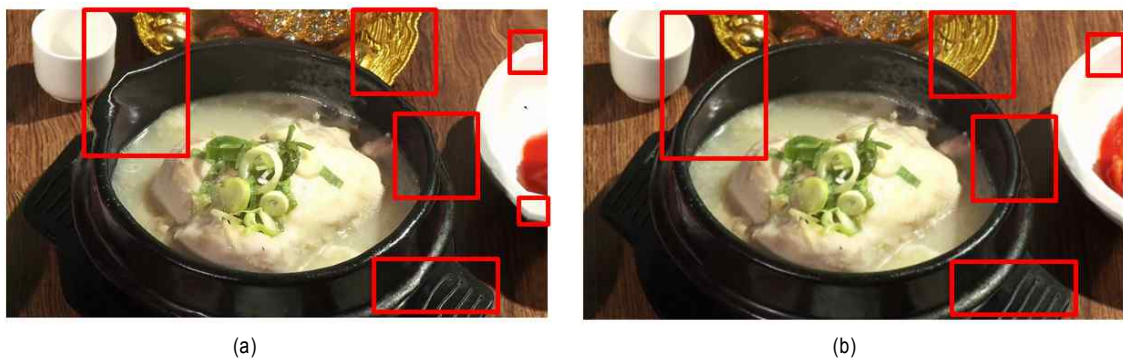


그림 12. 가려짐 영역 추출 및 이중 겹침 현상 제거 비교 영상 (‘Samgye’ 2번 시점) (a) 가려짐 영역추출 및 이중 겹침 현상 제거 전 생성 영상 (b) 가려짐 영역추출 및 이중 겹침 현상 제거 후 생성 영상

Fig. 12. Generated intermediate-view images (2th view in the 77th frame of ‘Samgye’ sequence) (a) Before removing Ghost phenomenon and Extracted Occlusion Regions (b) After removing Ghost phenomenon and Extracted Occlusion Regions

표 1에서 보듯이 DIBR 기법에 비해 제안한 기법이 평가 기준인 입체감, 화면 떨림 현상, 눈의 피로도 등의 모든 항목에 있어서 전반적으로 우수하다는 것을 알 수 있다.

DIBR 기법은 생성된 다시점 영상의 객체 경계부분의 미세한 잡음으로 발생하는 화면 떨림 현상과 눈의 피로로 인해 낮은 평가를 받은 것으로 분석된다. 반면 제안한 기법은 다시점 영상 생성 시 객체 경계부분에서의 잡음이 적어져서 입체감 향상과 화면 떨림 감소에 따른 눈의 피로도 개선 효과를 보인 것으로 판단된다.

다음으로 본 논문에서 제안한 가려짐 영역 추출 및 이중 겹침 제거 기법의 효과를 보기 위해 표 2와 그림 12에 나타난 결과를 비교하면, 가려짐 영역 추출과 이중 겹침 현상 기법 적용에 의해 특히 객체 경계 부근에서의 영상왜곡이 많이 감소하였고, 주관 평가 결과에서도 모든 평가항목에서 향상되었음을 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 스테레오 영상 으로부터 다양한 특징을 추출하고, 이를 이용하여 그리드 매쉬 기반 워핑 기법에 의해 다시점 영상을 생성하는 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 추출된 특징에 의해 정의된 제한 조건을 사용하여 영상의 왜곡을 최소화하였으며, 변이 계산 측면에서 DIBR 기법에서와 같이 모든 화소에 대한 변이를 계산하지 않고, 대신 주요 특징점들에 대한 변이만을 이용하여 다시점 영상을 생성한다는 특징이 있다. 또한, 제안한 기법에서는 변이 특징 지도에서의 오류 변이를 제거하기 위해 가려짐 영역을 검출하고, 이 영역 변이의 주위 화소 변이 보간을 통해 화질을 개선하였고, 이중 겹침(ghost) 현상을 줄이기 위하여 동일 위치로 좌우 영상으로부터 투영된 컬러 화소 중 가까운 화소를 선택하는 기법을 사용하였다. 이러한 제안한 기법을 통해 생성된 결과 영상의 주관 평가 결과, 생성된 영상의 화질 및 입체감 측면에서 기존 화소 단위의 깊이 정보를 이용하는 DIBR 기법에 비해 더 나은 성능을 보여주며 자연스러운 입체감을 제공하였다. 특히, 제안된 기법에 의해 생성된 가상 시점 영상에서는 객체 경계에서 잡음 등

을 최소화하여 화질이 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 향후 3D 입체 영상 기술은 다시점 무안경식 방식으로 기술 개발이 진행되고 있으므로, 제안된 기법은 다시점 무안경식 디스플레이를 위한 다시점 3D입체 콘텐츠 생성 등에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] B. Bartczak and R. Koch, "Dense depth maps from low resolution time-of-flight depth and high resolution color views," *Proc. of 5th International Symposium on Visual Computing*, pp.1-12, Nov. 2009.
- [2] A. Mancini and J. Konrad, "Robust quad-tree based disparity estimation for the reconstruction of intermediate stereoscopic images," *Proc. SPIE Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems*, vol. 3295, pp.53-64, Jan. 1998.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Draft call for proposals on 3D video coding technology, N11830, Daegu, Korea, Jan. 2011.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Applications and requirements on 3D video coding, N11829, Daegu, Korea, Jan. 2011.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Boundary noise removal and common hole filling method for VSRS 3.5, M19356, Daegu, Korea, Jan. 2011.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Image domain warping as alternative to DIBR for advanced 3DV applications, M19995, Geneva, Switzerland, March 2011.
- [7] David G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *International Journal of Computer Vision(IJCV)*, vol. 60, pp.91-110, Nov. 2004
- [8] M. Lang, A. Hornung, O. Wang, S. Poulakos, A. Smolic, and Gross, "Non-linear disparity mapping for stereoscopic 3D," *ACM Transactions on Graph(SIGGRAPH 2010)*, vol. 29, July 2010.
- [9] R. Achanta, F. Estrada, P. Wils, and S. Süsstrunk, "Salient region detection and segmentation," *International Conference on Computer Vision Systems*, vol. 5008, pp.66 - 75, 2008.
- [10] B. D. Lucas, T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision", *Proc. of the 1981 DARPA Imaging Understanding Workshop*, pp. 121-130, 1981.
- [11] O. Barinova, V. Lempitsky, E. Tretyak, and P. Kohli, "Geometric image parsing in man-made environments," in *ECCV*, 2010.
- [12] R.G. von Gioi, J. Jakubowicz, J. M. Morel, G. Randall, "LSD: A Fast Line Segment Detector with a False Detection Control," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI 32, no.4, pp. 722-732, April. 2010.
- [13] Nguyen Cao Truong Hai, Do-Yeon Kim, Hyuk-Ro Park, "Obtaining Object by Using Optimal Threshold for Saliency Map Thresholding,"(in Korean), *JKCA*, vol. 11, no. 6, pp.18-25, June, 2011.
- [14] S. Montabone and A. Soto, "Human detection using a mobile platform and novel features derived from a visual saliency mechanism," *Image*

and Vision Computing, vol. 28, no. 3, pp. 391 - 402, 2010.

- [15] Che-han Chang, Chia-Kai Liang, and Yung-Yu Chuang, "Content-aware display adaptation and interactive editing for stereoscopic images." *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 13, no. 4, pp.589-601, Aug. 2011.
- [16] J. H. Park and H. W. Park, "A mesh-based disparity representation method for view interpolation and stereo image compression," *IEEE*

Transaction on Image Processing, vol.15, no. 7, pp.1751-1762. July 2006.

- [17] Ilkwon Park and Hyeran Byun, "Efficient data representation of stereo images using edge-based mesh optimization," *Journal of Broadcast Engineering*, vol. 14, no. 3, pp.322-331, May 2009.
- [18] *Methodology for subjective assessment of the quality of television picture*, ITU-R Recommendation BT.500-11

저 자 소 개



이 왕 로

- 2011년 : 광운대학교 전자공학과 학사
- 2011년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 3D 영상 신호처리, 다시점 영상생성, 영상 신호처리



고 민 수

- 2010년 : 광운대학교 전자공학과 학사
- 2012년 : 광운대학교 전자공학과 석사
- 2012년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 3D 입체영상처리/압축, 스테레오 매칭, 영상 신호 처리



엄 기 문

- 1991년 : 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1993년 : 서강대학교 전자공학과(공학석사)
- 1998년 : 서강대학교 전자공학과(공학박사)
- 2000년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원
- 2001년 ~ 2002년 : 캐나다 CRC(Communications Research Center) 방문연구원
- 주관심분야 : 컴퓨터 비전, 다시점 3DTV, 휴먼팩터



정 원 식

- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부 실감방송시스템연구팀장/책임연구원
- 주관심분야 : 3DTV 방송시스템, 모바일 방송, 영상처리 및 압축, MPEG 등

저 자 소 개



허 남 호

- 1992년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사
- 1994년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학석사
- 2000년 2월 : 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학박사
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 방송시스템연구부 부장
- 주 관심분야 : 디지털방송시스템 및 차세대방송 기술



유 지 상

- 1985년 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1987년 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1993년 : Purdue University. EE, Ph.D.
- 1997년 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 교수
- 주관심분야 : 3D 입체 영상처리 / 압축, 웨이블릿 기반 영상처리, 비선형 디지털 신호처리