

일반논문-04-09-2-04

양안식 스테레오 비디오에 대한 변이 기반 비대칭 필터링의 효과에 관한 연구

엄기문^{a)*}, 강훈종^{a)}, 윤국진^{a)}, 안충현^{a)}, 이수인^{a)}

A Study on the Effect of Disparity-based Asymmetrical Filtering on the Binocular Stereoscopic Video

Gi Mun Um^{a)*}, Hoonjong Kang^{a)}, Kug Jin Yun^{a)}, Chunghyun Ahn^{a)} and Soo In Lee^{a)}

요 약

기존의 양안식 스테레오 비디오는 장면 내에 매우 큰 변이를 가지는 물체가 존재할 경우에 시각피로를 유발하여 오랜 시간 동안 시청하기가 어렵게 된다. 이러한 시각피로를 개선하기 위한 하나의 방법으로서 본 논문에서는 변이 기반 비대칭 필터링 기법을 제안한다. 제안한 방법은 좌우영상 중 한쪽 눈에 해당하는 영상에만 필터링을 수행하고, 필터링 수준을 스테레오 영상 사이에서 구해진 변이 정보에 의해 조절한다. 제안한 기법의 시각 피로도 및 영상의 선명도에 미치는 영향을 주관적 평가에 의해 조사한 결과, 적절한 조건 하에 제안한 기법을 주시되지 않은 시차가 큰 영역에 적용할 경우 화질은 원영상의 화질을 유지하면서 시각 피로가 개선되는 효과를 얻을 수 있었다.

Abstract

Current binocular stereoscopic displays cause visual discomfort when objects with large disparities are present in the scene. One solution for improving visual comfort is synthetic depth-of-field processing, which simulates the characteristics of a human visual system. With this technique, visual comfort is improved by blurring portions of the background and/or foreground in the scene. However, this technique has the drawback of degrading overall image quality because the blurring is typically applied to both left and right images. To alleviate the visual discomfort, we propose a novel disparity-based asymmetrical filtering technique. Proposed technique applies the filtering to the image of one eye only, and controls the blur level according to the disparity information between stereoscopic images. We investigate the effects of this technique on stereoscopic video by measuring visual comfort and apparent sharpness. Our results indicate that disparity-based asymmetrical filtering can improve visual comfort of stereoscopic video while it maintains apparent sharpness if unfixated regions with large disparities are blurred under the appropriate filtering condition.

Keywords : Stereoscopic video, visual comfort, 3DTV, human factors, video processing

a) 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹
Electronics and Telecommunications Research Institute Digital
Broadcasting Research Division Broadcasting System Research Group(a)

* 본 연구는 정부 지원 지능형 통합 정보방송(SmarTV) 기술 개발 과제에 대한 한국전자통신연구원(ETRI)과 캐나다 연방 CRC(Communications Research Centre)의 공동연구과제로 수행되었습니다.

I. 서 론

1953년 미국에서 최초의 3차원 텔레비전(3DTV)에 대한 시험 방송을 실시한 이래, 3차원 입체 영상(3D stereoscopic video)은 기존의 영화나 방송 외에도 비행 시뮬레이션

(flight simulation) 등과 같은 컴퓨터 모의실험이나 의료 시스템, 원격작업로봇, 자동차 설계, 화상 회의, 가상 게임 등 여러 응용분야에서 사용되어 왔다. 또한 미래의 디지털 방송과 디스플레이 시장을 형성할 것으로 예상되는 등 큰 잠재력을 가지고 있다. 3차원 입체 영상은 물체들과 배경간의 3차원 구조적인 배열을 느끼게 해주며, 시청자에게 보다 큰 실재감(realism)을 제공한다. 최근에 디지털 방송 기술의 발전과 더불어 이러한 양안 스테레오 방식을 중심으로 한 텔레비전 방송을 구현하기 위한 카메라나 비디오 저장, 전송 장비나 방법들이 많이 연구 개발되고 있다^[1]. 그럼에도 불구하고, 시청자에게 피곤함이 없는 최적의 고화질 3DTV 서비스는 아직까지 실용화되지 못하고 있다. 이러한 3DTV의 실용화가 지연되고 있는 이유 중의 가장 큰 하나는 휴먼팩터(human factors)에 기인한다. 즉 지금까지 개발된 양안식 입체영상은 시청자로 하여금 기존의 2차원 영상에 비해 향상된 깊이 감을 느낄 수 있도록 해주는 반면에, 장시간 시청할 경우 눈의 피로함을 일으키는 문제점을 가지고 있다. 또한 대부분 특수 안경을 쓰고 시청해야하는데, 이 또한 시청자가 불편함을 느끼게 하는 요인 중의 하나이다. 후자의 경우에는 다안·무안경식 3차원 디스플레이의 사용으로 해결할 수 있으나, 대신 영상의 해상도가 저하되는 문제점이 있다. 따라서 원래 영상의 해상도를 저하시키지 않는 장점 때문에 양안 안경식 스테레오 영상 디스플레이 시스템은 아직까지 실용화 수준에 가장 가까운 시스템으로 평가받고 있

다. 따라서 기존의 양안식 3차원 입체 영상 시스템에서 시각 피로의 원인을 분석하고, 이를 최소화하고자 하는 노력은 다시점 무안경식의 3차원 방송 시스템과 병행하여 연구가 계속되어 왔다^[2].

양안식 스테레오 영상 디스플레이 시스템의 3차원 영상이 시각 피로를 일으키게 되는 주요한 원인들 중의 하나는 스테레오 영상 내에 존재하는 매우 큰 변이(disparity) 또는 시차(parallax)이다. 일반적으로 인간의 시각 시스템(HVS: Human Visual System)이 자연 세계의 물체를 관찰할 때, 물체의 깊이를 3차원으로 인식할 수 있는 변이의 범위는 교차변이(crossed disparity)의 경우에는 27 minutes of arc 정도로, 비교차변이(uncrossed disparity)의 경우에는 24 minutes of arc 정도로 제한되어 있다^[3]. 이러한 제한된 시차 인식 범위로 인해 만약 현재 주시되고(fixated) 있는 물체를 중심으로 시차 인식 범위를 벗어나는 깊이를 가지는 또 다른 물체가 그림 1과 같이 주시 물체의 앞 또는 뒤에 존재할 경우, 이 물체는 하나의 3차원 영상으로 융합(fusion)되지 않고, 이중 영상(diplopia)로 보이게 될 것이다. 그러나 이러한 문제는 자연 세계의 경우 인간시각시스템의 초점 심도(depth-of-field)가 주시각 제어와 연동되어 제어됨으로써, 초점이 맞춰지는 위치와 주시점이 일치하게 된다. 따라서 시차 인식 범위를 벗어나는 물체가 시야에 존재하더라도 그 부분은 그림 1(a)에 나타난 바와 같이 망막에 맺히기 전에 흐릿하게(blurred) 되어 보인다. 이러한 원리에 의해 자연 세계에서는 시차가

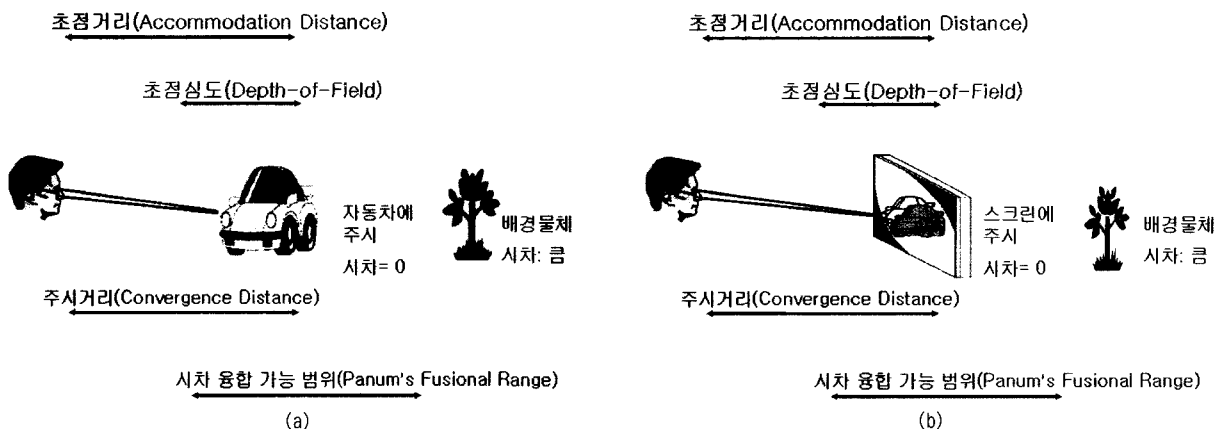


그림 1. 자연 세계와 양안식 스테레오 영상 디스플레이 시스템과의 3차원 깊이 인식 과정 비교

Fig. 1. Comparison between the natural world and the binocular stereoscopic display system in the 3D depth perception process. (a) Natural World (b) Binocular Stereoscopic Display System

큰 물체가 시야에 존재하더라도 눈의 불편함이나 피로함을 느끼지 않게 된다. 반면에 상용화되어 판매되고 있는 대부분의 양안식 3차원 입체 영상 디스플레이 시스템에서는 특별한 효과를 위한 경우를 제외하고, 넓은 범위의 초점 심도를 가진 상태로 촬영되고 디스플레이 되며, 이 경우에는 시차가 큰 영역이 앞뒤에 존재하더라도 그림 1(b)와 같이 흐릿하게 되는 과정 없이 융합되지 않은 이중 영상이 그대로 망막에 맺히게 되고, 이로 인해 눈의 피로를 느끼게 된다. 이러한 현상은 장면 내 시차가 크면 더 심하게 나타나게 된다.

이러한 큰 시차를 갖는 물체 또는 영역에 의한 시각 피로를 줄이기 위하여 여러 연구가 진행되어 왔는데, 이를 분류하면, 스테레오 카메라를 이용한 촬영 단계에서의 카메라 파라미터 조정법, 디스플레이 파라미터 조정법, 특수 제작된 스테레오 영상 디스플레이 장치의 이용, 영상 처리에 의한 변이 및 초점 심도 조정법으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 이중 네 번째 방법인 영상 처리에 의한 초점 심도 조정법으로서 변이 기반 비대칭 필터링 기법을 제안하고, 제안한 기법을 스테레오 영상에 적용하였을 때, 시각 피로 및 화질에 미치는 영향을 조사하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 기존의 시각피로 감소 기법에 대하여 간략히 설명하며, III장에서 제안한 변이 기반 비대칭 필터링 기법에 대하여 설명한다. IV장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 보이며, V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 시각 피로 감소 기법 연구

양안식 스테레오 영상에서의 시각 피로를 감소시키기 위한 방법으로는 위에서 설명한 바와 같이 크게 네 가지 방법이 있다. 본 장에서는 이들 네 가지 부류에 속하는 기존의 시각피로 감소 기법들에 대해 살펴보기로 한다.

먼저 스테레오 카메라를 이용한 영상 촬영 단계에서 사용할 수 있는 방법으로는 양안 좌우 카메라의 주시각과 간격을 조정하여 영상 내 시차가 너무 크게 되지 않도록 하는 방법이 있는데, 보통 카메라 간격의 경우 사람 눈 사이의 간격인 65mm 정도로 설정하는 것이 최적이라고 알려져 있다^[4]. 한편, 이미 촬영된 영상에 대해서는 위 방법의 적용이 불가능하므로, 이 경우 다른 방법들이 사용

된다.

두 번째 방법인 디스플레이 파라미터 조정법은 입체 영상 디스플레이 화면으로부터 시청자까지의 거리를 증가시킴으로써 시청자가 느끼는 상대적인 시차를 감소시키는 방법인데, 결과적으로 영상 전체의 입체감까지 감소시키는 단점이 있다.

세 번째 방법은 기존의 2차원 모니터 대신 특수 제작된 입체 영상 디스플레이 장치를 사용하여 기존 디스플레이 시스템이 가지는 문제점인 초점과 주시각의 연동 문제를 해결하는 방법이다. 이러한 장치들의 예로는 일본 TAO의 3D DAC 시스템이나 독일 HHI의 DOI(Depth-Of-Interest) 시스템 등이 속한다^[5]. 그러나, 이 방법은 새로운 디스플레이 시스템의 제작과 시청자가 주시하고 있는 위치를 검출하기 위한 시청자 시점 추적(tracking) 장치가 필요하다는 단점이 있다.

네 번째 방법인 영상 처리 기법은 영상 처리를 통하여 시각피로를 감소시키고자 하는 방법으로서 스테레오 영상 내 변이를 감소시키거나, 초점 심도를 조정하는 방법들이 많이 연구되고 있다. 스테레오 영상 내 변이를 감소시키는 기법으로는 중간 시점 영상의 합성^[6] 또는 영상의 수평 이동(translation)에 의한 방법^[7] 등이 있다. 초점 심도 조정 방법은 주로 시차가 큰 물체나 영역을 저역통과 필터링함으로써 인간시각시스템에서 자연세계를 볼 때, 인지 가능한 변이 범위를 벗어나는 물체나 영역을 흐릿하게(blurring) 하는 것과 동일한 효과를 얻고자 하는 것이다. Wöpking 과 Blohm 등은 카메라 렌즈 모델(lens model)의 구경(aperture)을 변화시켜 가면서 초점 심도를 조정하는 기법을 제안하였는데, 컴퓨터에 의해 생성된 정지 스테레오 영상에 적용한 결과, 시각 피로가 원래의 스테레오 영상에 비해 약간 개선되는 결과를 얻었다^[8]. 그러나 이 방법은 시각 피로 측면에서는 개선된 결과를 얻을 수 있었지만, 초점 심도 조정에 의해 디스플레이 되는 전체 영상의 평균 화질 저하가 발생하고, 초점 심도 조정 필터링을 적용할 때 렌즈 모델의 파라미터를 결정해야 한다는 단점이 있었다.

III. 제안한 변이 기반 비대칭 필터링 기법

본 논문에서는 기존 초점 심도 조정 방법의 단점인 평균 화질 저하를 개선하면서 시각 피로 감소 효과를 유지하기

위한 방법으로 변이 기반 비대칭 필터링 기법을 제안한다. 이 기법은 좌우 스테레오 영상 중 한쪽 눈에 해당하는 영상에 대해서만 가우시안 필터링(Gaussian Filtering)을 적용하되, 시차가 큰 영역에서는 많이 흐릿하게 되도록 하고, 현재 주시하고 있는 물체는 거의 필터링 되지 않도록 하는 방법이다. 스테레오 영상의 비대칭 필터링 기법은 원래 스테레오 영상 전송에 필요한 대역폭을 줄이기 위한 목적으로 J. Tam 등^[9]에 의해 제안되었는데, 이 기법은 전체 영상 영역에 대해 동일한 수준의 가우시안 필터링이 적용되었다. 이 기법의 장점은 한쪽 영상의 필터링에 의한 실제 해상도 저하에도 불구하고, 스테레오 영상 디스플레이 상에서 시청자가 3차원 입체 영상을 볼 때 한쪽 영상의 해상도 저하가 거의 느껴지지 않는 점에 있다^[9]. 본 논문에서는 이러한 비대칭 필터링을 기반으로, 필터링 수준(blur level)을 결정하기 위한 기준으로서 좌우 스테레오 영상으로부터 구해진 변이 지도(disparity map)를 사용하였다. 즉 주시점과 현재 화소의 변이 차이를 구하여, 이 차이를 필터링 수준의 결정에 사용하였다. 그림 2는 제안한 변이 기반 비대칭 필터링 과정을 나타내고 있다.

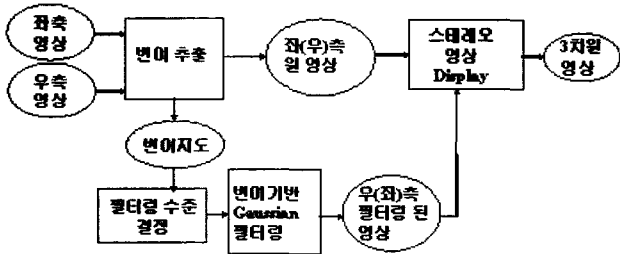


그림 2. 제안한 변이 기반 비대칭 필터링 과정
Fig. 2. Proposed disparity-based asymmetrical filtering process.

그림 2에 나타난 바와 같이 먼저 좌측과 우측 스테레오 영상 각 프레임에 대해 변이 추출 알고리즘을 적용하여 좌측 또는 우측 영상을 기준으로 한 변이 지도를 얻는다. 변이 지도를 얻기 위한 방법으로서 본 논문에서는 블록(block) 기반 변이 추출 방법^[10]을 사용하였다. 다음으로, 좌측 또는 우측 영상 중 변이 기반 필터링을 적용할 영상을 결정하고, 이 영상에 대한 변이 지도를 이용하여 각 화소마다 가우시안 필터링 수준을 다음 식(1),(2),(3)에 의해 결정하게 된다. 보통 가우시안 필터링을 할 때, 필터링 수준은 가우시안 필터 계수 σ_{max} 에 의해 결정되는데 σ_{max} 가 클수록 해당 화소는 심하게 필터링 된다. 이 σ_{max} 에 따라 필터링 창틀(mask)의 크기 w_{max} 를 다음 식(1)에

의해 계산한다.

$$w_{max} = 2 \cdot (int) (2.5 \cdot \sigma_{max}) + 1 \quad (1)$$

여기서 상수 2.5는 가우시안 분포 확률에 기초하여 실험적으로 결정된 상수이며, int는 정수 부분만을 취하는 연산을 의미한다. 한편, w 와 σ 는 필터링 될 화소의 변이 d 와 주시점의 변이(또는 최소 변이) d_{fix} 의 절대값 차이 Δ_{disp} 의 함수로서 식(2),(3)와 같이 logistic 함수형태로 정의된다.

$$\sigma = \frac{\sigma_{max}}{1 + (d_{mid}/\Delta_{disp})^{slope}}, \Delta_{disp} \neq 0 \quad (2)$$

$$w = \frac{w_{max}}{1 + (d_{mid}/\Delta_{disp})^{slope}}, \Delta_{disp} \neq 0 \quad (3)$$

여기서, d_{mid} 와 slope는 경험적으로 결정되는 파라미터들이며, d_{mid} 는 0과 Δ_{disp} 의 최대값 $\Delta_{disp, max}$ ($= |d_{max} - d_{fix}|$) 사이의 범위를 가지는 파라미터로서 $\Delta_{disp} \equiv |d - d_{fix}|$ 로부터 계산되는 값들 중에서 보통 실험적으로 선택된다. d_{mid} 는 $\Delta_{disp, max}$ 에 가까울수록 변이 차이가 큰 값을 가지는 화소들만 심하게 필터링 되는 효과가 있다. 또한 slope는 필터링 정도의 변화 기울기(gradient)를 결정하는 양의 상수이다. 만약 Δ_{disp} 가 0인 경우에는 해당화소를 필터링하지 않는다.

이와 같은 과정을 거쳐 결정된 각 화소의 가우시안 필터링 마스크의 크기 w 와 필터 계수 σ 를 이용하여 가우시안 필터링 마스크를 생성하고, 이 마스크와 원영상과의 승적(convolution)을 수행한다. 이 과정은 모든 화소에 대해 반복한다. 이렇게 필터링 된 영상은 필터링 되지 않은 다른 쪽 영상과 함께 양안식 스테레오 영상 디스플레이 장치로 전달된다. 그 결과 두 영상이 함께 디스플레이 되어 시청자에게 3차원 입체 스테레오 영상을 제공하게 된다.

IV. 실험 결과 및 토의

제안한 변이 기반 비대칭 필터링 기법이 스테레오 영상의

시각 피로에 미치는 영향을 조사하기 위하여 본 논문에서는 주관적 평가 실험(subjective rating test)을 실시하였다. 이에 사용된 실험 영상 및 디스플레이 방법은 표 1에 주어진 바와 같으며, 주관 평가에 참가한 시청자에 대한 정보, 평가 항목 및 평가 방법은 표 2에 나타난 바와 같다. 표 1의 디스플레이 방법들 중 스테레오 (stereo)는 좌우 영상이 각각 해당 눈에 보여 지는 것을 의미하며, 모노(mono)는 좌우 중 한쪽 영상만 양쪽 눈에 모두 보여 지는 것을 의미한다. 또한 AB(asymmetrical blur)는 한쪽 눈 영상만 필터링 되는 것을 의미하며, SB(symmetrical blur)는 양쪽 눈 영상이 모두 필터링 되는 것을 의미한다. 또한 기준 영상으로는 원래의 필터링 되지 않은 좌우 스테레오 영상이 사용되었다. 각 디스플레이 방법에 의한 영상들은 기준 영상에 대하여 상대적으로 평가되었다. 또한 실험 1에서는 변이 기반 비대칭 필터링의 시각 피로 및 영상의 선명도에 미치는 일반적 영향을 조사하였고, 실험 2에서는 변이 종류에 따른 시각 피로 및 선명도에 미치는 영향의 차이여부에 중점을 두었다. 한편, 실험 3에서는 기존의 대칭 필터링 및 제안한 비대칭 필터링이 시각 피로 및 선명도에 미치는 영향을 비교하였다. 한편, 주관 평가방법으로 사용된 DSQS(double-stimulus continuous-quality scale) 방법^[11]은 서로 다른 두 개의 콘텐츠(contents)를 2번 반복하여 보여준 후 두 영상에 대한 상대 평가 점수를 기록하는 방법으로서 주관적 영상 평가에 많이 이용되고 있다. 시청자들은 서로 비교할 두 개의 콘텐츠 각각에 대해 시각적 편안함(visual comfort), 영상의 선명도(apparent sharpness)를 평가하였다. 평가 결과는 그림 3과 같이 5 단계로 분할한 평가지에 시청자들이 생각하는 기준영상과 시험영상의 점수를 표시하였다.

그림 4는 각 실험에서 사용된 스테레오 영상의 예를 나타내고 있다. 그림 5는 변이 기반 필터링 된 영상의 예를 보여주고 있는데, 그림 5(c)의 확대된 영상을 보면, 변이의 변화에 따른 필터링 수준의 변화를 볼 수 있다.그림 6은 실험 1, 2에서의 시각적 편안함에 대한 평가 결과를 나타낸다. 먼저 그림 6의 시각적 편안함에 대한 평가 결과를 보면, 그림 6(a)의 모노 영상의 경우에는 필터링 수준의 증가에 따라 시각적 편안함이 감소하는 것을 볼 수 있다. 한편, 스테레오 영상의 경우에는 필터링 수준에 따라 정도의 차이는 있으나, 제안한 알고리즘을 적용한 영상에 대한 평가 결과가 원 스테레오 영상에 대한 평가 결과에 비해 거의 비슷하거나 낮게 나올 수 있다.

표 1. 실험 영상 정보 및 디스플레이 방법

Table 1. Information about the test sequences and the disparity method

파라미터	실험 1	실험 2	실험 3	
실험조건 개수	27	12	3	
시퀀스 길이	8 초			
영상 이름	Digimon, Hoho, Hyundai	Redleaf, Meal	Dog	
Gaussian 필터 수준 σ_{max}	1.5, 1.9, 2.3	1.5, 2.3	1.5	
디스플레이 (필터링) 방법	스테레오 AB, 모노 AB, 모노 SB, 스테레오(기준)		스테레오(기준), 스테레오 SB, 스테레오 AB	
변이 종류 및 범위	교차 변이 +30 ~ +50	교차 및 비교차 변이 -22 ~ +18	교차 및 비교차 변이 -64 ~ +64 -22이하 +30이상 필터링	
획득 방법	카메라 촬영, 평행축, 61mm	NHK제공, 교차축, 65mm	카메라 촬영, 교차축, 110mm	
디스플레이 장치	방식	필드 순차 (Field Sequential)		
	장치명	Crystal Eyes™		
	유효영역	48" x 36"	21"	
	시청거리	4H(192°)		

표 2. 시청자 및 평가 항목, 평가 방법

Table 2. Test items and the test method for subjective evaluation

실험 파라미터	실험 1	실험 2	실험 3
시청자	비전문가 25명 (남18명, 여7명, 평균나이 21세)	전문가 5명 (평균나이 38세)	전문가 2명, 비전문가 2명 (평균나이 32세)
평가 항목	시각적 편안함, 화질의 선명함		
평가 방법	DSCQS 방법		

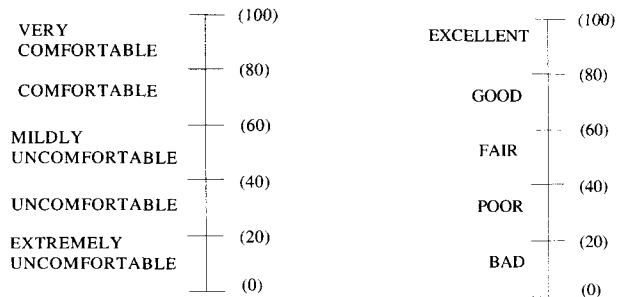
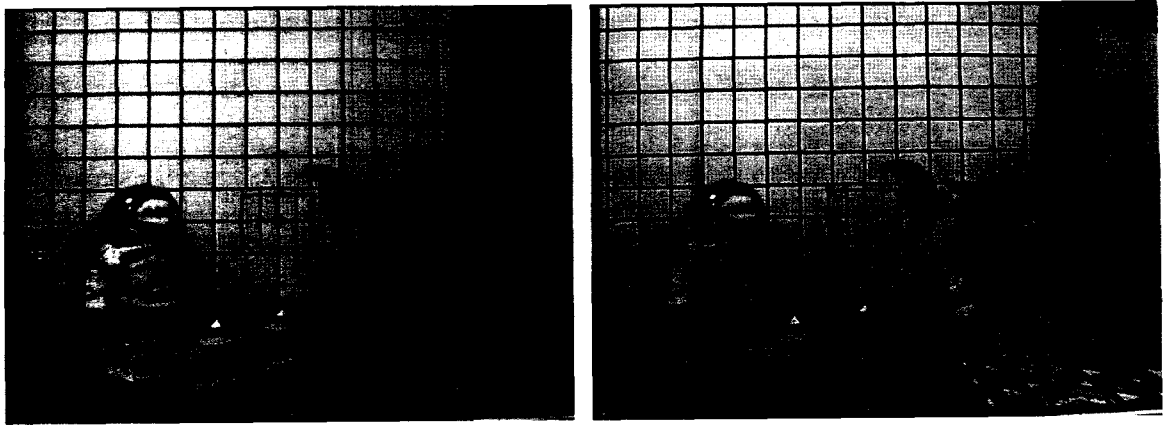
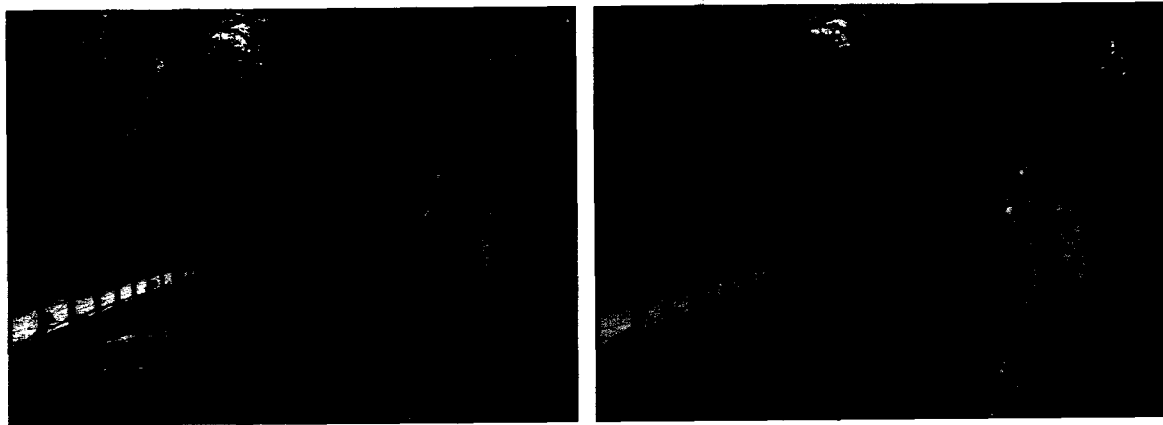


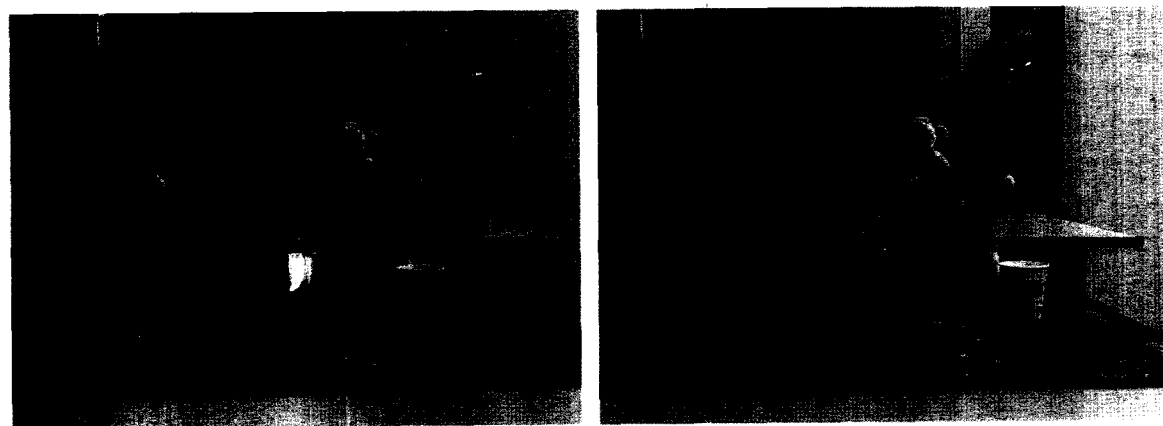
그림 3 시각적 편안함과 영상의 선명도에 대한 평가표. (a) 시각적 편안함 (b) 영상의 선명도
Fig. 3. The rating scales for visual comfort and apparent sharpness. (a) Visual comfort (b) Apparent sharpness



(a)



(b)



(c)

그림 4. 실험 스테레오 영상의 예 (a) 실험 1 (b) 실험 2 (c) 실험 3

Fig. 4. Examples of experimental stereo images (a) Experiment 1 (b) Experiment 2 (c) Experiment 3

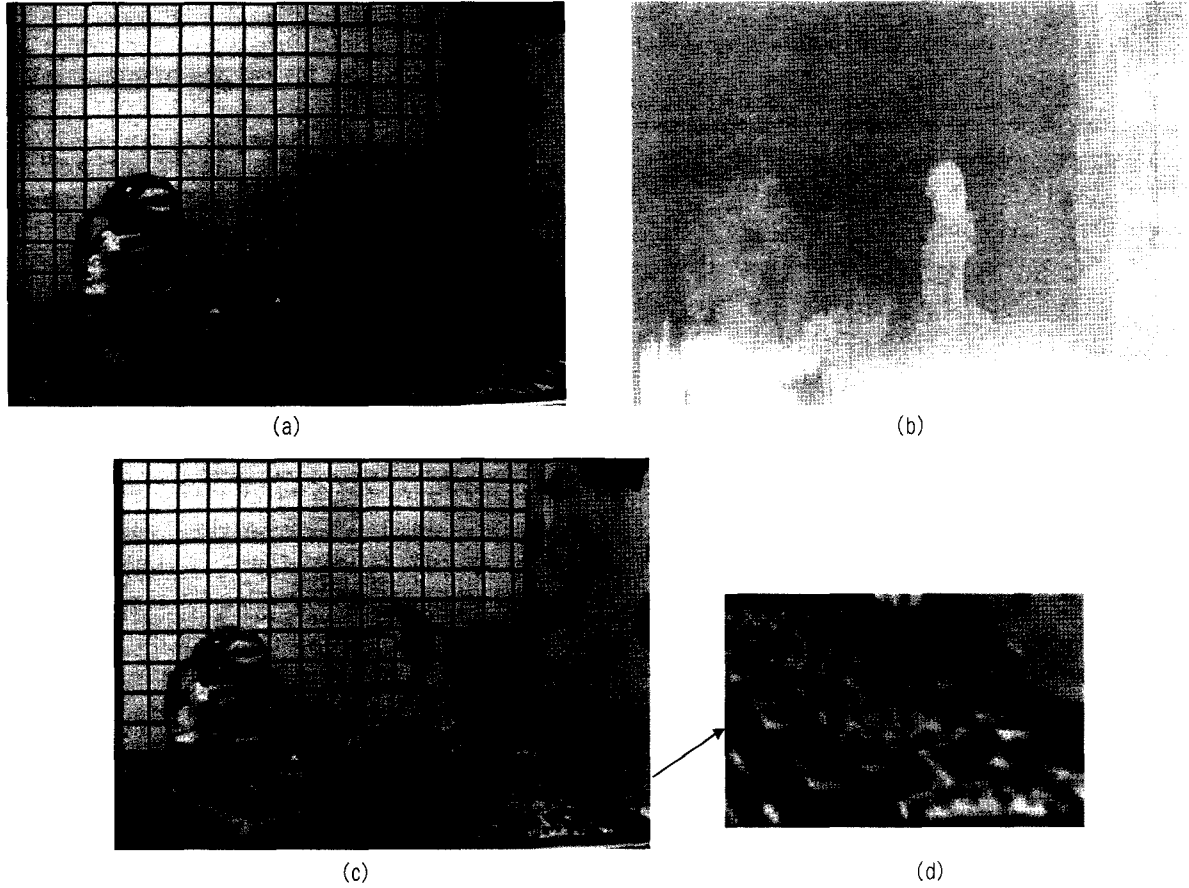


그림 5. 변이기반 필터링의 예 (a)원영상 (b)변이 지도(c)필터링 된 영상 (d)확대영상
 Fig. 5. An example of the disparity-based filtering (a) Original image (b) Disparity map (c) Filtered image (d) Zoomed filtered image

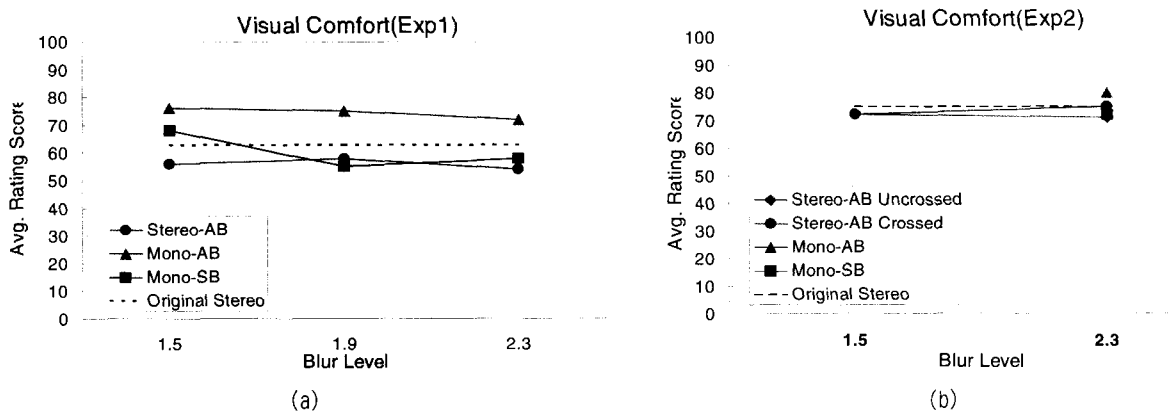


그림 6. 시각적 편안함에 대한 주관적 평가 결과 (a) 실험 1 (b) 실험 2.
 Fig. 6. Subjective evaluation test results 1 on visual comfort (a) Experiment 1 (b) Experiment 2.

이의 원인을 살펴보면, 먼저 실험1에서는 주시점에 대한 지시 사항이 없었고, 영상 내에 여러 물체가 존재함으로써 시청자들이 주시점을 선택하는 데 있어 서로 다른 물체에 주시했을 가능성이 있다. 따라서 어느 시청자의 경우 자신이 주시하고 있는 물체와 가까운 영역이 필터링 되어 3차원으로 인식하는데 있어 필터링에 의해 융합이 방해받았을 가능성이 있다. 또 다른 원인으로는 원래의 스테레오 영상에 대한 시각적 편안함이 매우 높아서 제안한 방법에 의해 개선될 수 있는 정도가 상대적으로 작아서 잘 구별이 되지 않았을 가능성이 있었을 것으로 판단된다. 이는 필터링 수준이 1.9일 때 거의 점수 차이가 없는 결과에서도 추측할 수 있다. 한편, 그림 6(b)의 변이 종류에 대한 실험 2의 결과를 보면, 교차 변이에 대해서만 필터링을 수행한 경우에는 필터링 수준이 증가함에 따라 약간 시각적 편안함이 증가됨을 볼 수 있었으나, 비교차 변이에 대해서만 필터링을 수행한 경우에는 거의 변화가 없거나 약간 감소함을 볼 수 있었다. 그러나 이 경우에도 원 스테레오 영상보다는 편안함이 개선되지는 못했다.

한편, 그림 7은 실험 1.2에서의 영상의 선명도에 대한 주관적 평가결과이다. 그림 7(a)를 보면, 모노 영상의 경우에는 양쪽 영상을 모두 필터링하였을 경우에는 필터링 수준이 증가함에 따라 영상의 선명도가 급격하게 저하됨을 볼 수 있으며, 한쪽 영상만 필터링하였을 경우에는 화질저하가 매우 적음을 볼 수 있다. 한편, 스테레오 영상의 경우에는 필터링 수준에 따라 영상의 선명도 변화가 거의

없으나, 일정 수준을 넘어가면, 약간 선명도 저하가 발생할 수 있다. 실험 2의 결과의 경우 실험 1과 유사한 결과를 보이며, 교차 변이와 비교차 변이에 따른 차이는 없었다.

다음으로 실험 3에서는 기존의 대칭 필터링 기법과 제안한 비대칭 필터링 기법의 성능을 비교하였다. 이를 위하여 그림 4(c)의 스테레오 영상 내 시차가 큰 영역에 대해 대칭 필터링과 비대칭 필터링을 적용하였다. 이 적용된 결과 영상 각각에 대해 시각적 편안함 및 영상의 선명도를 원 스테레오 영상을 기준으로 평가하였다. 또한 평가시에 시청자로 하여금 영상 중심의 움직이는 강아지에 주시하도록 지시하였다. 다른 평가 조건은 표 2에 나타난 바와 같다. 그림 8은 실험 3의 주관 평가 결과를 나타내고 있는데, 원 스테레오 영상, 스테레오 SB, 스테레오 AB 영상에 대한 시각적 편안함의 평가 결과에 있어서 점수가 큰 차이가 없음을 볼 수 있다. 다만, 시차가 큰 앞과 뒤의 영역을 저역 통과 필터링함으로써 시청자가 가운데 위치의 움직이는 물체를 주시하도록 유도하는 효과가 가장 큰 스테레오 SB의 경우가 상대적으로 높은 점수를 받았으며, 다음으로 제안한 방법인 스테레오 AB의 경우가 다음으로 높은 점수를 받았다. 원 스테레오 영상의 경우에는 두 필터링된 영상에 비해 상대적으로 낮은 점수를 받았다. 따라서 시각적 편안함의 경우에는 대칭 필터링과 거의 유사한 수준의 시각적 편안함을 적절한 조건하의 제안한 비대칭 필터링 기법에 의해 얻을 수 있음을 알 수 있다. 한편, 영상의 선명도 측면에서는 대칭 필터링 된 영상의 화질

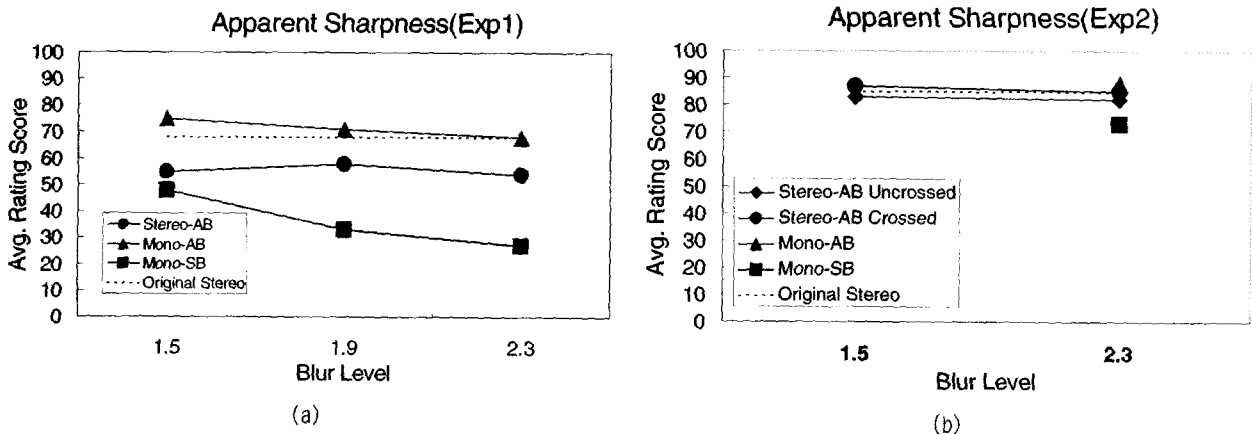


그림 7. 영상의 선명도에 대한 주관적 평가 결과 1 (a) 실험 1 (b) 실험 2
 Fig. 7. Subjective evaluation test results 1 on apparent sharpness (a) Experiment 1 (b) Experiment 2.

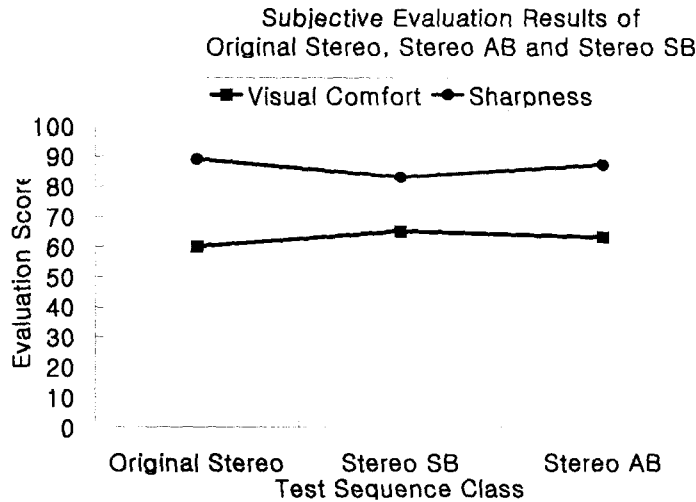


그림 8. 대칭 필터링과 비대칭 필터링의 시각적 편안함 및 영상의 선명도에 대한 주관 평가 결과 2 (실험 3, 평균 점수)
 Fig. 8. Subjective evaluation test results 2 for visual comfort and sharpness (Experiment. 3, Average Score)

저하가 시차가 큰 영역에서 관찰되므로 화질 저하가 발생하는데 반하여 제한한 비대칭 필터링의 경우에는 무의식적으로는 화질 저하된 영상에 의해 원 영상보다 시각적 편안함을 느끼지만, 실제 보이는 영상은 원 영상과 거의 화질이 동일한 영상으로 보이므로 영상의 선명도는 대칭 필터링 된 영상에 비해 화질이 높다고 평가되는 결과를 얻었다.

결론적으로 제한한 변이기반 비대칭 필터링 기법은 시청자에 의해 주시되지 않으면서 큰 시차를 가지는 영역에 대해 적절하게 적용될 때, 기존의 대칭 필터링에 의해 초점심도 조정방법과 거의 유사한 시각 피로 개선효과를 가지면서 인식되는 전체 영상의 화질을 유지할 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 변이 기반 비대칭 필터링이 3차원 인식 영상의 화질을 유지하는 장점 외에 시각 피로의 개선 효과에의 적용 가능성을 고찰하였다. 변이 기반 비대칭 필터링은 좌우 영상의 변이 지도에 기반 하여 주시점과의 변이차이에 따라 필터링 수준을 결정하고, 이를 좌우 영상 중 어느 한쪽에만 적용하는 방법이다. 실험 결과, 제한한

방법에 의한 시각 피로의 개선효과는 시청자에 의해 주시되지 않으면서 큰 시차를 가지는 영역에 대해 적절하게 적용하였을 때, 기존의 대칭 필터링에 의한 초점심도 조정 방법과 거의 유사한 수준으로 얻을 수 있었다. 또한 이러한 시각 피로 개선 효과는 스테레오 영상 내에서 필터링 되는 변이의 종류 및 그 크기, 시청자의 주시점 등에 따라 성능 차이가 발생함을 알 수 있었다. 특히 비교차 변이를 가지는 화소들만 필터링한 영상의 경우에는 원래의 스테레오 영상에 비해 큰 영향이 없거나, 오히려 필터링 수준에 따라 오히려 시각적 피로가 심하게 반면, 교차 변이를 가지는 화소들만 필터링한 영상의 경우에는 필터링 수준을 높임에 따라 조금씩 시각피로가 개선되는 결과를 나타내었다. 한편, 인식되는 3차원 인식 영상의 선명도는 실험 조건에 무관하게 원영상과 거의 차이가 없게 나타나 제한한 방법이 유용함을 확인할 수 있었다. 또한 필터링 되는 영역이 시청자에 의해 주시되지 않고, 시차가 큰 영역일 때에는 시각피로가 기존의 비대칭 필터링과 거의 유사한 수준으로 원 스테레오 영상에 비해 약간 개선됨을 볼 수 있었다.

추후과제로서 제한한 변이기반 비대칭 필터링 기법에 의해 시각피로의 개선효과를 극대화하기 위한 효과적인 적용 조건이나 방법에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

참고 문헌

- [1] W.A. IJsselstein, P. J. H. Seuntiëns, and L. M. J. Meesters, "State-of-the-art in Human Factors and Quality Issues of Stereoscopic Broadcast Television," Deliverable ATTEST/WP5/01, pp. 3-4, August 2002.
- [2] 한국전자통신연구원, 3차원 입체영상(3DTV) 방송중계 시범서비스 과제 최종 보고서, 2002년 12월.
- [3] Y. Y. Yeh and L. D. Silverstein, "Limits of Fusion and Depth Judgement in Stereoscopic Color Displays," Human Factors, vol. 31 no. 1, pp. 45-60, 1990.
- [4] L. Stelmach, F. Speranza, Gi Mun Um, J. Tam, and T. Martin, A Study on the Visual Fatigue Reduction Techniques in the Binocular Stereo System, Collaborative Research Final Report, 2002.
- [5] S. Pastoor and M. Wöpping, "3-D Displays: A Review of Current Technologies," Displays, 17, pp. 100-110, 1997.
- [6] Jong-Il Park, Sang Hyo Han, Gi Mun Um, Chung Hyun Ahn, "Virtual Control of Optical Axis for Stereo HDTV," Proceedings of VCIP 2003, pp. 119-126, July 2003.
- [7] J. S. McVeigh, M. W. Siegel, and A.G. Jordan, "Algorithm for Automated Eye Strain Reduction in Real Stereoscopic Images and Sequences," Proc. of SPIE Human Vision and Electronic Imaging, vol. 2657, pp. 307-316, Jan. 1996.
- [8] W. Blohm, I. P. Beldie, K. Schenke, K. Fazel, and S. Pastoor, "Stereo Image Representation with Synthetic Depth of Field," Journal of SID, pp. 307-313, 1997.
- [9] L. Stelmach, W. J. Tam, D. Meegan, and A. Vincent, "Stereo Image Quality: Effects of Mixed Spatio-temporal Resolution," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, pp. 188-193, 2000.
- [10] L. Zhang, "Hierarchical Block-based Disparity estimation using Mean Absolute Difference and Dynamic programming," Proceedings of International Workshop on Very Low Bit rate Video Coding, pp. 114-118, 2001.
- [11] Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures, Rec. ITU-R BT, 500, 1994-1997.

저자 소개



엄기문

- 1991년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업
- 1993년 2월 : 서강대학교 전자공학과 석사학위 취득
- 1998년 2월 : 서강대학교 전자공학과 박사학위 취득
- 1998년 6월 ~ 2000년 3월: ETRI 컴퓨터 소프트웨어 기술 연구소 Post-Doc.연구원
- 2000년 4월 ~ 현재 : ETRI 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹 3DTV시스템연구팀 선임연구원
- 주관심분야 : 3DTV, 휴먼 팩터, 다시점 영상처리, Computer Vision 등



강훈종

- 1998년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업
- 2001년 2월 : 광운대학교 전자공학과 석사학위 취득
- 2000년 11월 ~ 2002년 1월 : 3D 코리아 연구원
- 2002년 2월 ~ 현재 : ETRI 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹 3DTV시스템연구팀 연구원
- 주관심분야 : 3DTV, Holographic TV, 디지털 홀로그램 등

저 자 소 개



윤 국 진

- 1999년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업
- 2001년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 석사학위 취득
- 2001년 3월 ~ 현재 : ETRI 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹 3DTV시스템연구팀 연구원
- 주관심분야 : 3DTV, MPEG-4, 다시점 동영상 부호화 및 전송 등



안 충 현

- 1985년 2월 : 인하대학교 해양학과 졸업
- 1989년 2월 : 인하대학교 해양학과 석사학위 취득
- 1995년 3월 : 지바대학교 자연과학연구과 공학박사
- 1995년 12월 : 지바대학교 공과대학 정보공학과 조수
- 1996년 1월 ~ 현재 : ETRI 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹 3DTV시스템연구팀 책임연구원
- 주관심분야 :



이 수 인

- 1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사학위 취득
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 박사학위 취득
- 1990년 ~ 현재 : ETRI 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹 책임연구원
- 주관심분야 : 지상파 DTV, DMB 시스템