일반논문-07-12-1-04

비대칭적 3차원 영상에 대한 인간의 인지 특성

하 창 우[a)‡], 이 완 재[a)], 진 순 종[a)], 정 제 창[a)]

Human Perception of Asymmetrical Three-Dimensional Image

Changwoo Ha[a)‡], Wanjae Lee[a)], Soonjong Jin[a)], and Jechang Jeong[a)]

요 약

다시점 비디오의 일반적인 형태인 3차원 방송 서비스는 최근 많은 관심을 받고 있다. 그렇지만 3차원 방송의 성공을 위해서는 상용 가능한 컨텐츠의 개발, 사용의 용이성, 방송 품질 개선, 비용 절감 등의 과제가 남아있다. 본 논문은 이러한 과제들 중 방송 품질 개선 측면, 특히 인간 요소를 고려한 주관적 화질 개선을 중심으로 접근하여 양안식 영상과 다시점 영상에 적합한 비대칭 코딩 방법을 설명하고 최적의 주관적 화질을 유지하는 비대칭 율의 정량적인 값을 제안한다. 또한 저화질의 2차원 영상들의 경계선들이 3차원 영상의 인지에 미치는 영향을 실험적으로 분석하고 경계선 왜곡의 문제점을 주관적 화질 측면에서 개선하는 경계선 보호 알고리듬을 제안한다. 실험 결과를 통해 기존의 부호화 방법보다 주관적 화질을 개선시킴을 확인하였다.

Abstract

The 3DTV services can be seen as a general case of the multi-view video that has been receiving a significant attention lately. However, the key factors that influence the success of 3DTV are the availability of content, the ease of use, the quality of contents, and the reduction of cost. This paper deals primarily with the perceptual improvement in image quality, especially based on human factors. An optimal asymmetrical coding method for binocular and multi-view images is presented. The quantitative value of asymmetrical rate to maintain optimized subjective image quality is explored. Also we analyze how edges of 2D images affect on 3D perceptions and propose an edge-preserving algorithm to perform perceptual improvements. Experimental results demonstrate that the proposed algorithm enhances subjective image quality much better than conventional methods.

Keyword : Human Factor, 3DTV, Human Perception, Asymmetrical Coding, Multi-view Artifacts

Ⅰ. 서 론

기원전 100년경 고대 그리스 벽화에 원근법으로 그려진 그림으로부터 입체감에 대한 인식이 시작하여, 서기 1600년경 이탈리아의 G. B della Porta가 양안 시차(Binocular Disparity)에 의한 입체로 보이는 그림엽서를 최초로 시도한 이후, 입체감을 줄 수 있는 디스플레이 장치 개발이 지속되었다[1]. 1960년대에 홀로그램에 의한 3차원 영상이 구현되고, 1980년대에 이르러 입체영화에서 입체 TV로 연구 개발이 시작되었다. 최근 우리나라에서도 2002 한일 월드컵 기간 동안 3차원 TV의 시험 방송을 실시하는 등 점차 실용화 단계에 이르고 있다. 이러한 입체 TV 방송 실용화

a) 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과
Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University
‡교신저자 : 하창우(hahanara@gmail.com)
※본 논문의 실험에서 사용한 모든 영상은 한국전자통신연구원(ETRI)에서 제공받은 것입니다.

www.kci.go.kr

의 전제 조건은 시청자를 충분히 만족시킬 만한 입체감을 표현해야 한다는 것이다. 이러한 입체감 표현은 기술적 입체감과 심리적 입체감으로 구성된다. 기술적 입체감은 디스플레이 장치의 해상도, 대조 색 등 영상의 물리적 속성을 의미하고 심리적 입체감은 아름다움, 멋스러움 등 개인의 감각적 속성을 말한다. 보기 쉽다는 것도 심리적 속성 중의 하나이다. 일반적으로 물리적 속성은 심리적 속성으로 인지되므로 심리적 요인이 중요하게 된다. 이러한 요인을 화질(Image Quality)이라 하는데 심리적 요인은 물리적 요인보다 상위에 위치하게 된다. 따라서 보기 좋은 영상 시스템을 얻기 위해서는 고화질을 얻을 수 있도록 시스템의 매개변수(Parameter)를 적절하게 선택하는 것이 중요하다. 고화질은 보내는 사람이나 받는 사람의 요구를 충분히 만족시킴으로써 얻어질 수 있으므로 시스템의 매개 변수의 결정에 있어 인간의 시각 특성이 기본이 된다. 3차원 영상은 2차원 영상에 깊이감(Depth)을 주어 사실감 있는 영상을 제공하지만 2차원 영상에 비해 눈의 피로가 증가하여 장시간 시청이 어렵다. 따라서 입체 TV 방송에 있어서 인간 요소(Human Factor)에 기반 하여 시스템의 설계가 이루어져야만 하드웨어의 불필요한 고성능화를 피하고 최적화된 시스템을 개발할 수 있다[2-8].

3차원 입체 영상은 그림 1과 같이 여러 영상 생성장치로부터 생성된 영상을 효율적으로 압축하여 전송하고 이를 이용해 자유 시점(Free View) 영상, 3차원 영상, 2차원 고화질 영상 등으로 선택적으로 재생할 수 있다[9]. 현재 가장 단순한 양안식이 게임 산업이나 의료 산업 등에 제한적으로 적용되고 있지만 향후 다양한 분야에서 더 많은 시점의 영상을 이용하는 다시점 영상이 사용될 것이다. 그러나 양안식(Stereo) 영상과 다시점(Multi-view) 영상은 각각의 시점에 투영되기 때문에 2차원 영상보다 많은 시점 수만큼의 대역폭을 요구하는 문제가 발생한다. 따라서 채널상의 한계로 인해 이러한 대역폭을 할당하지 못 할 경우 영상은 열화 될 수밖에 없다. 이 과정에서 고화질과 저화질의 양안 영상을 비대칭 부호화하여 3차원 영상을 디스플레이 하였을 때 인식되는 3차원 영상의 주관적 화질은 고화질을 가지는 영상과 거의 같거나 약간 저하되는 정도로 인식된다는 연구 결과가 있다[10-13]. 이러한 연구는 일부 2차원 영상 화질의 열화보다 3차원 영상 화질의 열화에 대한 민감도가 낮다는 인간 인지 특성에 기초한 것이다. 하지만 객관적 화질을 지나치게 다르게 하거나 전체적으로 저화질의 영상에서는 객체의 경계선이 왜곡되어 입체감을 떨어뜨리는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 이러한 상황을 고려하여 비대칭 부호화가 주관적 화질에 미치는 영향을 알아보고 어느 정도의 차이

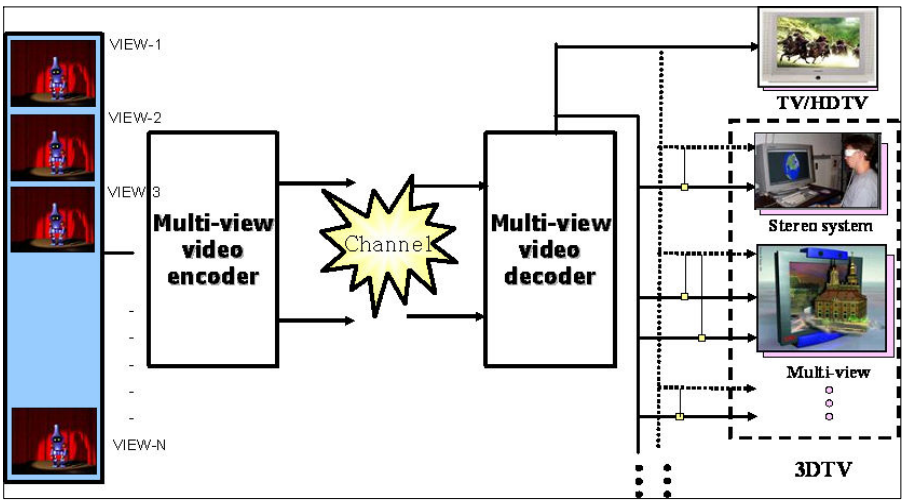


그림 1. 다시점 기술의 개념도
Fig. 1. Concept of multi-view video

www.kci.go.kr

로 비대칭 부호화를 하는 것이 주관적 화질에 가장 효율적인지를 정량적인 값으로 밝힌다. 또한 다시점 영상에서의 3차원 인지 특성을 보기 위해 앞에서 설명한 방법을 9시점 상황에 적용하여 실험을 수행한다. 마지막으로 각각의 2차원 영상의 경계선 특성이 3차원 입체 영상의 인지에 미치는 영향을 보기 위해 간단한 경계선 보호 알고리듬을 적용하여 동일한 실험을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 3차원 영상 인지의 생성 원리와 입체감을 느끼는 요인 그리고 인간 요소에 대해서 간단히 살펴본다. 3장에서는 비대칭 영상 부호화 방법에 대해 논의하고 경계선 특성을 보호하는 간단한 경계선 보호 알고리듬을 설명한다. 4장에서는 ITU에서 제안하는 3차원 영상의 주관적 화질 평가 표준인 DSCQS(Double Stimulus Continuous Quality Scale) 방법에 대해서 자세히 살펴본다. 5장에서 양안식 영상과 9시점 영상을 다양한 실험 조건에서 실험한 결과에 대해 논의하고 6장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 3차원 영상의 인지 특성

1. 3차원 영상의 입체감 생성 원리

인간의 시각 체계(HVS: Human Visual System)는 좌우 영상의 시각 신호를 대뇌에 전달하여 물체의 거리감과 공간감을 인식하게 된다. 우리의 두 눈은 약65mm 정도의 사이 간격을 유지하고 있으며 이로 인해 약간 다른 각도에서 대상물을 쳐다보게 된다. 따라서 각각의 눈에 들어오는 이미지는 서로 상이한 상을 갖게 되며 이 정보를 뇌에서 융합하여 하나의 이미지로 처리하게 된다. 이것을 양안 시차(Binocular Parallax)라고 한다. 우리가 물체의 거리를 느낄 수 있는 이유는 물체에서 반사되어 나온 두 빛이 각각의 두 눈에 포착되어 뇌에서 합성 처리하기 때문이다. 우리의 두 눈의 시각차가 클수록 물체는 가깝게 존재하는 것으로 느끼고 시각차가 작을수록 물체가 먼 곳에 있는 것으로 느끼게 된다. 이러한 양안 시차의 원리가 3차원 영상의 입체감을 주는 기본 원리이다[14].

2. 3차원 영상의 입체감을 느끼는 요인

사람이 입체감을 인지하는 요인에는 생리적 요인에 기인한 양안에 의한 부분과 경험적 요인에 기인한 단안에 의한 부분이 있다. 양안의 입체감은 폭주(Convergence)각과 양안시차에 의해서 느끼게 된다. 그리고 단안에 의한 입체감은 초점 조절, 운동 시차, 시야의 크기, 공기 투시, 선 원근법, 텍스처 구배, 그림자, 중첩 그리고 진출색 및 후퇴색에 의해서 입체감을 느끼게 된다. 단안에 의한 요인은 전자적인 장치가 양안식 입체를 표현할 수 없으며, 영상 자체에서 입체감을 표현하도록 고안되어진 기법들이다. 특히 원근법과 운동 시차와 같은 요인들은 양안에 의해 입체감을 느끼는 양안식 입체의 강도를 더해주는 역할을 한다[1].

3. 3차원 영상에서 인간 요소(Human Factor)

3차원 영상의 궁극적인 목적은 시청자에게 피로감 없이 자연스러운 사실감을 주는 것이다. 현재 3차원 영상은 수년에 걸쳐 미국, 유럽, 일본 등에서 다양한 기술이 제안되고 있지만, 특수 안경 착용, 눈의 피로, 어지러움 등으로 실질적으로 제약이 많다. 또한 제한된 대역폭에서의 화질열화는 사실감을 떨어트리는 주된 요인 중 하나이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 3차원 영상 기술을 개발하기 위해서는 기술적 요인과 심리적 요인 및 인간의 3차원 공간지각 능력에 대한 연구가 필수적이다. 따라서 인간이 보기 쉽고 사용하기 편한 3차원 영상의 개발에 인간 요소에 대한 연구의 중요성을 더 이상 강조할 필요가 없을 것이다.

방송 시스템에서의 인간 요소의 기술적 요소는 아래와 같이 크게 세 가지로 나눌 수 있다[15].

3.1. 3차원 방송 시스템 설계에 필요한 인간 요소 연구

3차원 방송 시스템 설계에 필요한 인간 요소 기술로서 이는 시스템의 하드웨어에 대한 개발에 착수하기에 앞서 시스템 설계 단계에서부터 최대한 인간 요소를 고려해야 한다. 모든 경우에 그런 것은 아니지만 일단 시스템의 하드웨어 개발이 일정 수준의 궤도에 오르고 나면 추가적으로 인간 요소를 고려하기 위해 시스템을 수정하기가 곤란한

www.kci.go.kr

경우가 많다. 특히 고려해야 할 인간 요소가 기존 시스템의 구조만으로 해결하기 어려운 근본적인 문제일 때 더욱 그러하다. 따라서 개발 도중에 수정을 하는 것보다는 설계 단계에서 인간 요소를 고려하여 사양을 정하는 것이 비용도 절감할 수 있다.

3.2 3차원 방송 시청 환경 매개 변수(Parameter)규명 및 감성공학 기술 연구

최적의 3차원 방송 환경을 위해서는 시청 환경에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해 적절한 시청환경을 결정하는 매개 변수를 정의하고 개발된 3차원 방송 시스템의 자연스러움과 입체감에 대한 정량화 및 그 매개 변수에 대한 정신물리학적 연구 등을 통해서 이의 변화가 시청자에게 미치는 심리적 영향을 파악해야 한다. 최적의 주관적 화질의 3차원 영상을 위해서는 시청자에게 주는 심리적 요인이 기존의 2차원 영상보다 매우 크기 때문에 인간 요소에 기초하여 시각(Viewing Angle), 디스플레이 화면 크기 등의 요인들에 의한 매개 변수 값들의 정량화가 필요하다.

3.3 3차원 방송 시스템에 대한 심리학적 평가 개발 연구

3차원 방송 시스템을 비롯한 일반적 시스템 개발에 있어 앞서 언급한 3.1절에 의해 완벽한 시스템을 구현한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 시스템을 개발하면서 그 때마다 발생하는 문제점을 파악하고 그 단계에서의 시스템 완성도를 판단할 필요가 있다. 이를 위한 가장 간단한 방법은 시스템을 개발한 공학자의 주관적 판단에 따라 시스템을 평가하는 방법이다. 그러나 이러한 주먹구구식 평가 방법으로는 시스템을 객관적으로 평가할 수도 없을 뿐만 아니라 시스템의 세밀한 문제점까지 찾아내기 어렵다. 시스템 개발의 초창기에는 쉽게 파악되는 큰 문제점만의 발견으로 시스템을 향상시킬 수 있지만 시스템 개발이 어느 정도 성숙기에 접어들 경우에는 세세한 문제점 파악이 시스템 향상의 관건이 된다. 시스템의 평가라는 것은 공학적인 측면에서 평가할 수도 있지만 개발된 시스템의 최종 수요자인 인간 시청자에게 얼마나 친화적인가에 기반 하여 평가를 하여야 한다. 이를 위한 것이 3차원 방송 시스템의 평가 방법 연구이며 이에는 평가 항목, 주관적 평가 방법, 객관적 평가 방법 등에 대한 연구가 이에 속한다. 이러한 평가 항목과 방법을 사용함으로써 개발할 시스템의 우수성에 대한 객관성을 확보할 수 있을 것이다.

Ⅲ. 비대칭 영상 부호화

1. 부호화 방법

3차원 입체 영상은 다수의 2차원 영상을 이용하여 각각의 눈에 서로 다른 시점의 영상을 보여주는 방법으로 영상들을 합성한다. 일반적으로 기존의 양안식 영상의 좌우 영상(Left, Right View)은 그림 2에서와 같이 채널 상황에 맞게 비트율(Bit Rate)이 정해진다. 그리고 정해진 비트율 대비 양자화 매개 변수(Parameter)를 결정하여 부호화를 수행한다. 따라서 객관적 화질(PSNR)이 거의 동일한 좌우 영상을 생성하게 된다.

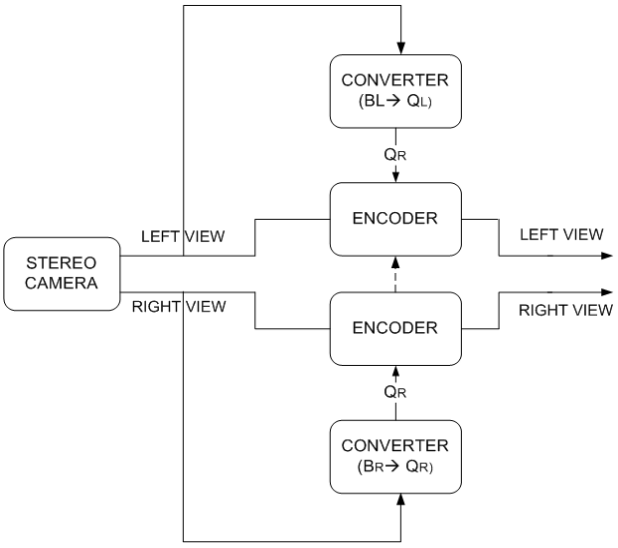


그림 2. 일반적인 양안식 부호화 시스템
Fig. 2. General stereo encoding system

그림 2의 일반적인 양안식 부호화 방법보다 부호화 효율이 높은 비대칭 영상 부호화를 수행하기 위한 시스템은 그림 3과 같다[16].

www.kci.go.kr

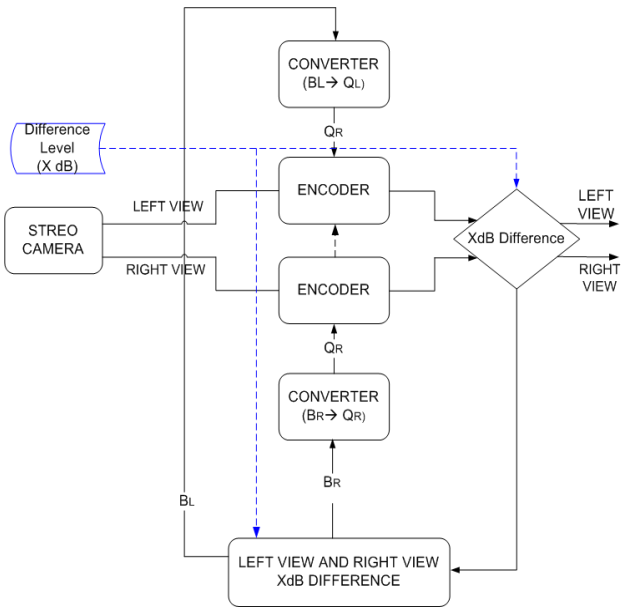


그림 3. 비대칭적 양안식 부호화 시스템
Fig. 3. Asymmetrical stereo encoding system

그림 3에서 보면 각각의 영상은 화질 차이(Difference Level: X dB)를 입력으로 좌우 영상은 채널 상황에 맞게 비트율이 정해진다. 그리고 정해진 비트율 대비 양자화 매개 변수를 결정하여 부호화를 하므로 객관적 화질차를 유지할 수 있다. 예를 들어, 만약 X가 2라면 좌측에는 40dB, 우측에는 38dB의 영상을 생성하게 된다.

다시점 부호화를 위한 시스템은 그림 3의 비대칭적 양안식 시스템을 확장하여 이용 가능하다.

2. 경계선 보호 알고리듬

객관적 화질을 지나치게 다르게 하거나 전체적으로 저화질의 2차원 영상으로 3차원 입체 영상을 합성 할 경우 경계선(Edge)이 왜곡되어 입체감을 떨어뜨리는 문제가 발생한다. 특히 좌우 영상의 화질 차이에 따라 입체 영상의 경계선은 특성이 변하게 되는데 이것은 입체 영상에서 입체감(주관적 화질)에 큰 화질 열화를 가져온다. 이러한 경계선의 특성이 입체 영상 인지에 미치는 영향을 알아보기 위해 부호화 하는 영상을 매크로 블록 단위로 특성을 분류하여 경계선의 특성이 복잡한 매크로 블록에 대해서 양자화 매개 변수를 조절하는 방법을 적용하였다.

먼저 각각의 매크로 블록 단위로 경계선 강도(Edge Strength)를 계산하고 계산된 매크로 블록 단위의 경계선 강도 값을 가지고 프레임 전체에 대해서 평균 경계선 강도를 계산한다. 만약 매크로 블록의 경계선 강도가 해당 프레임의 평균 경계선 강도의 60%보다 크면 해당 매크로 블록은 경계선 특성이 복잡한 영역으로 분류하고 그렇지 않을 경우는 평탄한 영역으로 분류한다. 복잡한 영역으로 분류된 매크로 블록에 한해서 기존의 양자화 매개 변수 값을 감소시키므로 영상의 경계선 부분에 해당하는 특성을 더 살릴 수 있게 된다. 이러한 방법으로 각각의 영상에 적용하면 각 영상의 경계선 특성은 보호되고 입체 영상으로 비대칭 합성할 경우 발생하는 왜곡으로부터 입체감이 보호되는 효과를 보게 된다. 실제 실험에서 경계선이 복잡한 영역에서 양자화 매개 변수는 6만큼 감소 시켰는데 이는 H.264/AVC에서 양자화 특성상 예측 에러의 크기가 반이 되는 값이다.

그림 4는 실험 영상에 경계선 보호 알고리듬을 적용한 화면을 나타낸다. 투명한 부분은 복잡도가 높아 양자화 매개 변수(Parameter)를 감소시킨 영역이고, 반투명한 부분은 복잡도가 낮은 영역이다. 그림 4에서 보면 주된 객체의 경계선의 보호 효과로 인하여 주관적 화질 개선 효과를 볼 수 있다.

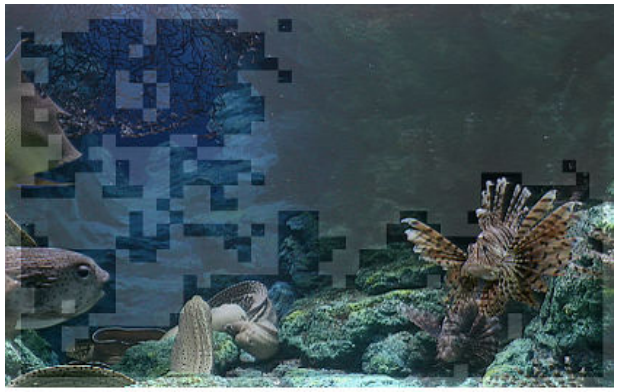


그림 4. 경계선 보호 알고리듬을 적용한 화면
Fig. 4. Image of edge preserving algorithm

www.kci.go.kr

Ⅳ. 주관적 화질 평가 방법

인간 개개인의 심리는 상당히 주관적이므로 심리학과 정신 물리학에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 인간의 주관적인 심리를 객관적으로 측정할 수 있는 방법들에 대해서 연구해 왔다.

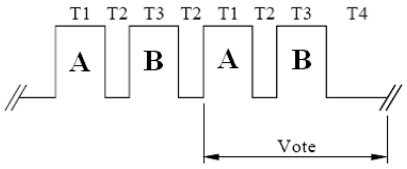


그림 5. 실험 영상의 표시 구조
Fig. 5. Presentation structure of test material

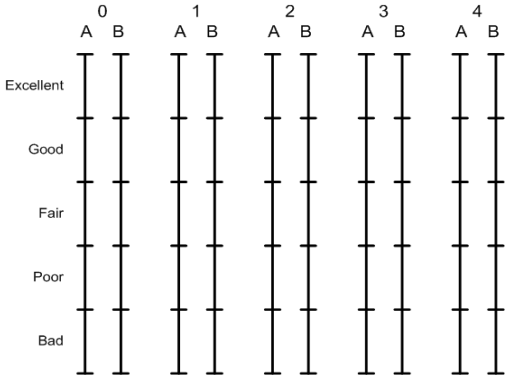


그림 6. 화질 평가표
Fig. 6. Portion of quality-rating form using continuous scales

ITU-R Recommendation BT.500-11에 여러 가지 주관적, 심리학적인 화질 평가 방법들이 제시되고 있다. 여러 가지 표준 방법들 중에서 일반적으로 사용되는 DSCQS는 영상 쌍(A와 B)에 대해 화질을 평가 방법이다. 각 쌍의 영상은 손상되지 않은 기준 영상과 실험 영상으로 이루어진다. 평가 방법은 그림 5와 같이 평가자에게 두 영상 A와 B를 순차적으로 두 번씩 보여주며 두 번째 영상을 볼 때 평가자는 점수를 그림 6에 나타나 있는 평가표에 Excellent에서 Bad까지의 연속적인 선에 평가하게 된다. 이 방법은 실제 시청 환경에 가장 유사한 방법으로 평가되고 있다.

그림 7은 DSCQS로 영상의 주관적인 화질 평가를 하기 위한 전체적인 시스템을 보여주며 A와 B의 영상 중 어떤 영상이 기준 영상이 되고 실험 영상이 되는지의 선택은 무작위로 행해진다. 이렇게 함으로써 평가자가 평가 순서에 선입견을 가지지 않고 객관성을 유지하면서 평가를 할 수 있다. 이렇게 평가된 점수들은 최종적으로 표준화된 범위의 값으로 환산되고 최종 화질 결과는 원본 영상과 실험 영상의 상대적인 화질 차이로 나타낸다[17].

DSCQS와 같은 형태의 실험은 평가자와 실험되어지는 동영상에 따라 그 결과가 현격한 차이를 나타낼 수 있다는 문제점이 있다. 이러한 문제는 여러 평가자를 대상으로 반복적인 실험을 수행함으로써 보완될 수 있다. 하지만 이로 인해 DSCQS실험을 완벽하게 수행하기에는 많은 비용과 시간이 필요하다.

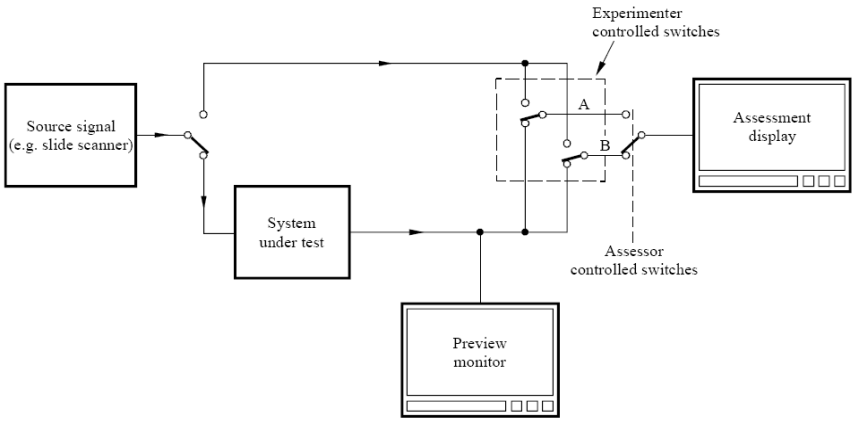


그림 7. DSCQS 시스템
Fig. 7. Test system for DSCQS

www.kci.go.kr

(a) (b) (c)

그림 8. 양안식 화질 평가에서 사용한 원본 실험 영상들 (a) “Aquarium”, (b) “Cromakey”, (c) “Football”

Fig. 8. Test sequences for stereo quality assessment (a)"Aquarium", (b)"Cromakey", (c)"Football"

Ⅴ. 실험 결과

본 장에서는 앞에서 설명한 3차원 영상에서 인간 요소(Human Factor)를 고려한 효율적인 비대칭 부호화 방법을 양안식 영상과 다시점 영상에 적용하기 위한 비대칭 율의 정량적인 값을 실험을 통해서 밝힌다. 실험 대상자는 23명(평균 연령 27세)으로 3차원 영상을 인지하고 난시와 사시가 없는 사람을 선정하여 DSCQS방법을 사용하여 양안식 영상과 다시점 영상에 대해서 실험하였다. 각각의 영상 부호화를 위해서 H.264/AVC JM 9.5 Version을 이용하였으며 부호화의 편의를 위해 각각의 영상은 비대칭 화질을 유지하면서 각각 독립적으로 JM 소프트웨어에 있는 율 조절(Rate Control)을 이용하여 부호화하였다[18-20].

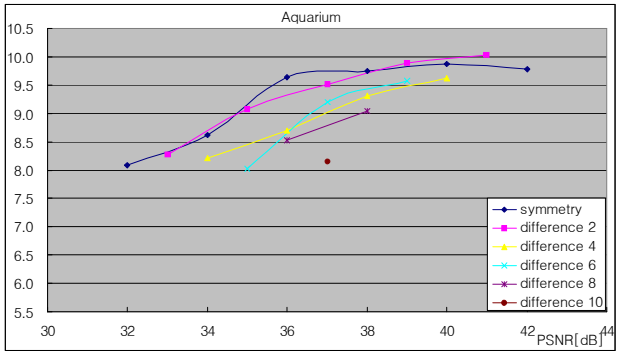
1. 양안식 영상의 화질 평가

1.1 비대칭 부호화의 화질 차이에 대한 정량적 분석 (양안식)

양안식 영상의 화질 평가는 Ⅲ장 1절의 대칭 부호화와 비대칭 부호화 방법을 이용하였다. 화질 차이는 32~42dB 범위의 영상을 각각 2, 4, 6, 8, 10dB로 하여 실험하였다. 따라서 부호화 할 영상의 화질은 42, 40, 38, 36, 34, 32dB이다. 또한 Ⅲ장 1절의 대칭 부호화와 비대칭 부호화 방법에 Ⅲ장 2절에 있는 경계선 보호 알고리듬을 추가로 적용하여 실험을 수행하여 총 126회(3 영상 × ${}_7C_2$ 회 × 2 알고리듬 = 126)의 실험 영상에 대해서 평가를 실시하였다.

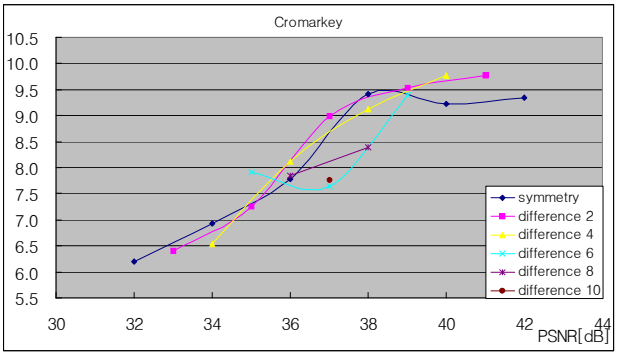
그림 8은 실험에 사용된 2차원 영상들로 크기는 720x480이고 전체 150 프레임에 25frames/sec이다. 세 가지 영상에서 그림 8(a)는 복잡도와 움직임이 중간 정도이고 그림 8 (b)는 복잡도와 움직임이 적으며 그림 8(c)는 복잡도가 높고 움직임이 빠른 영상으로 현실세계의 여러 경우를 반영하기 위함이다. 3차원 입체 모니터 장치는 안경식의 파버나인社 G170A(Stereo LCD monitor)를 사용하였다.

그림 9는 양안식 실험 영상에 대해서 경계선 보호를 하지 않은 영상의 실험 결과를 나타낸 것이다. 2차원 좌우 영상의 화질 차이가 각각 2~10dB일 때 3차원 입체 영상에서 느끼는 주관적 화질의 정도를 나타낸 것으로 PSNR 값은 좌우 영상의 평균값으로 나타내었다. 그림 9(a)에서 보면 38dB 이상, 그림 9(b)에서는 전체적으로 35dB 이상의 영상에서 그리고 그림 9(c)에서는 37dB 이상의 영상에서 2차원 영상의 화질 차이를 2dB로 비대칭 부호화 하는 것이 대칭 부호화 보다 주관적 화질 측면에서 우수함을 확인할 수 있다.

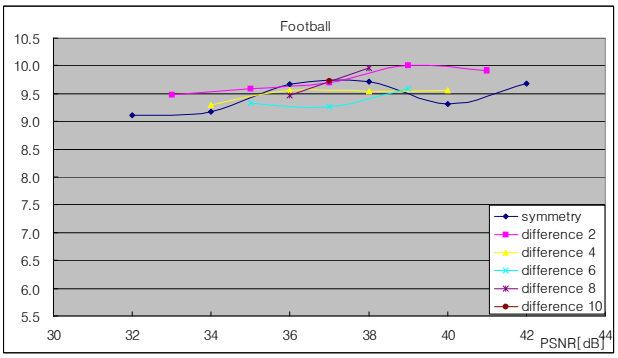


(a)

www.kci.go.kr



(b)

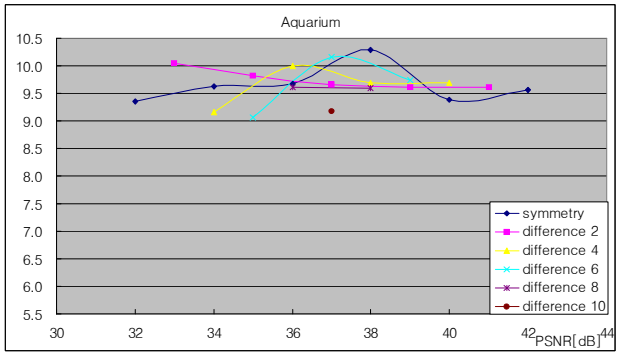


(c)

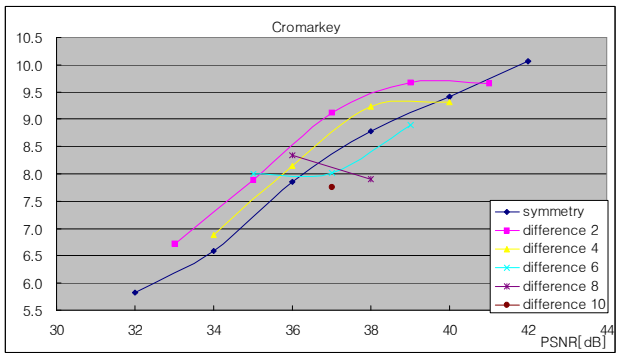
그림 9. 경계선 보호를 적용하지 않은 양안식 화질 평가 결과 (a) 실험 결과 “Aquarium”, (b) 실험 결과 "Cromarkey", (c) 실험 결과 "Football"
Fig. 9. Results of stereo quality assessment with no edge preserving (a) Results for "Aquarium", (b) Results for "Cromarkey", (c) Results for "Football"

그림 10은 양안식 실험 영상에 대해서 경계선 보호 알고리듬을 적용한 후의 실험 결과를 나타낸 것이다. 경계선 보호 알고리듬을 적용한 영상 역시 화질 차이를 $2dB$로 유지하는 것이 전체적으로 성능이 우수함을 보여준다.

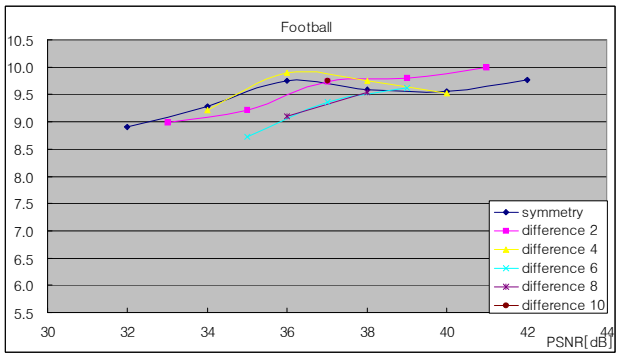
즉, 양안식 부호화 영상의 화질 차이를 $2dB$로 유지하고 비대칭 부호화 하는 것이 대칭 부호화 보다 주관적 화질 측면에서 우수함을 볼 수 있다. 또한 경계선 보호를 하지 않은 결과와 비교해 보면 경계선 보호를 적용한 영상의 주관적 화질 결과가 특히 낮은 PSNR에서 전체적으로 상승하였음을 볼 수 있다. 이는 경계선 보호 알고리즘을 적용하게 되면 전체적으로 낮은 화질에서 좋은 입체감을 얻을 수 있음을 의미한다.



(a)



(b)



(c)

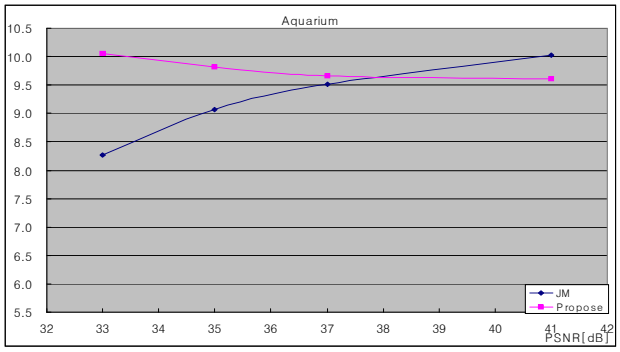
그림 10. 경계선 보호를 적용한 양안식 화질 평가 결과 (a) 실험 결과 “Aquarium”, (b) 실험 결과 "Cromarkey", (c) 실험 결과 "Football"
Fig. 10. Results of stereo quality assessment with edge preserving (a) Results for "Aquarium", (b) Results for "Cromarkey", (c) Results for "Football"

1.2 경계선 보호 알고리듬 (양안식)

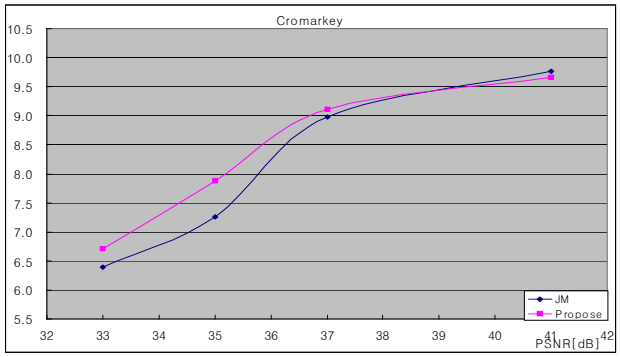
그림 11은 화질 차이를 $2dB$로 유지하면서 비대칭 부호화 했을 경우와 비대칭 부호화에 경계선 보호 알고리듬을 적용하여 부호화 했을 경우를 비교하였다. 그림 11(a)와 그

www.kci.go.kr

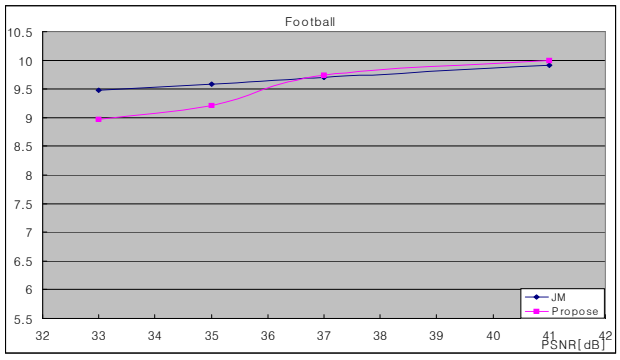
림 11(b)를 보면 경계선이 복잡하지 않은 영상에 $2dB$의 화질 차이를 두고 비대칭 부호화를 수행하였을 경우 저화질의 영상에서 경계선 보호 알고리듬이 성능이 우수함을 보여준다. 그러나 그림11 (c)의 경우 오히려 경계선 보호를



(a)



(b)



(c)

그림 11. 비대칭 부호화에서 경계선 보호 알고리듬의 성능 평가 (a) 실험 결과 "Aquarium" (b) 실험 결과 "Cromarkey", (c) 실험 결과 "Football"
Fig. 11. Results of edge preserving algorithm in asymmetrical coding (a) Results for "Aquarium", (b) Results for "Cromarkey", (c) Results for "Football"

적용한 결과가 저화질의 영상에서 좋지 않음을 보여주는데 이는 영상 전체에 경계선이 복잡한 경우 전체적으로 경계선 보호를 수행하기 때문에 나타나는 문제라 생각된다.

2. 다시점 영상의 화질 평가 (9시점)

2.1 비대칭 부보화의 화질 차이에 대한 정량적 분석 (9시점)

다시점 화질 평가(9시점)는 양안식 영상의 부호화 방법과 동일하며 비대칭 조건은 34 ~42dB 범위의 영상을 각각 2, 4, 6, 8dB로 하여 실험하였다. 따라서 부호화 할 영상의 화질은 42, 40, 38, 36, 34dB이다. 또한 Ⅲ장 1절의 대칭 부호화와 비대칭 부호화 방법에 Ⅲ장 2절에 있는 경계선 보호 알고리듬을 추가로 적용하여 실험을 수행하여 총 30회(1 영상 × ${}_6C_2$ 회 × 2 알고리듬 = 30)의 실험 영상에 대해서 평가를 실시하였다. 다시점 영상이므로 홀수 시점과 짝수 시점을 각각 번갈아 가며 비대칭 화질 차이를 주어 실험하였다.

그림 12는 실험에 사용된 2차원 영상으로 크기는 1024x768이고 전체 100 프레임에 15frames/sec인 9시점 영상인 "Ballet" 이다. "Ballet" 영상은 복잡도와 움직임이 중간 정도인 영상이다. 3차원 입체 모니터 장치는 무안경식의 SynthaGram社의 SG222(9시점 monitor)를 사용하였다.

그림 12. 9시점 화질 평가에서 사용한 실험 영상 "Ballet"
Fig. 12. Test sequence "Ballet" for 9-view quality assessment

그림 13은 "Ballet" 9시점 영상에 대해서 경계선 보호를

www.kci.go.kr

하지 않은 영상의 실험 결과를 나타낸 것이다. 각각의 2차원 홀수 시점과 짝수 시점의 화질 차이를 각각 2~8dB일 때 3차원 입체 영상에서 느끼는 주관적 화질의 정도를 나타낸 것으로 PSNR 값은 홀수 시점과 짝수 시점 값의 평균으로 나타내었다.

양안식 화질 평가에서는 일반적으로 36~38dB이상의 화질에서 화질 차이를 2dB로 유지하는 것이 전체적으로 좋았지만 다시점인 9 시점 "Ballet" 영상에서는 그림 13에서 볼 수 있듯이 전체적으로 화질 차이를 4dB로 비대칭 부호화 하는 것이 대칭 부호화 보다 주관적 화질 측면에서 우수하다는 결론을 얻을 수 있다. 이는 양안식과는 다르게 i번째 시점$(0 \le i \le n-1)$의 열화 된 부분에 대해 $i-1$번째 시점과 $i+1$번째 시점이 어느 정도 좋은 영향을 미치기 때문이라 생각된다.

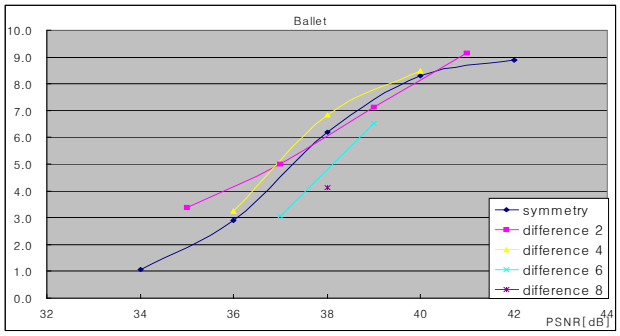


그림 13. 9시점 Ballet 영상에 대한 화질 평가 결과
Fig. 13. Results of 9-view "Ballet" with no edge preserving

"Ballet" 영상에 경계선 보호 알고리듬을 적용한 후에 실

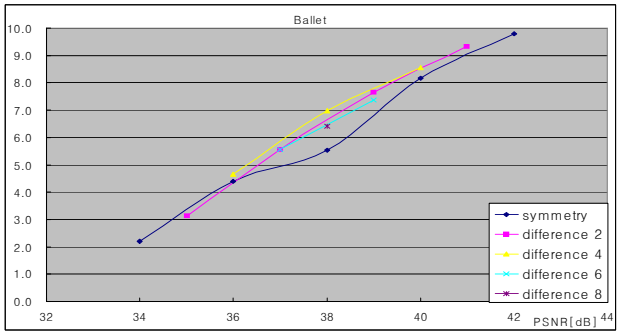
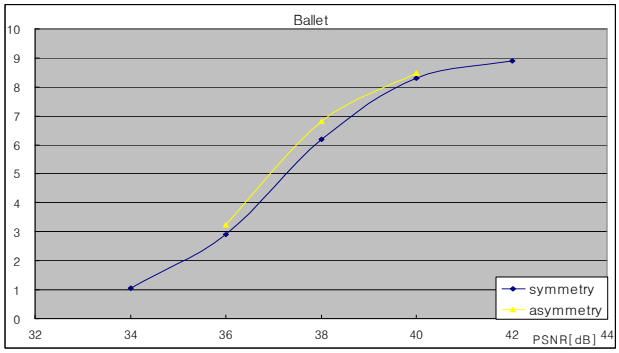


그림 14. 경계선 보호 알고리즘을 적용한 9시점 Ballet 영상에 대한 화질 평가 결과
Fig. 14. Results of 9-view Ballet with edge preserving

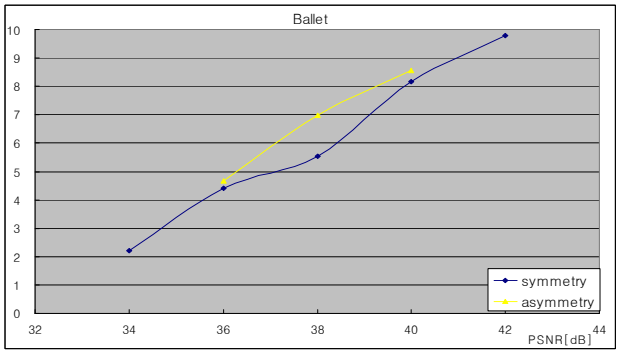
험 결과를 그림 14에 나타내었다. 전체적으로 대칭 부호화보다는 화질 차이를 4dB로 유지하는 비대칭 부호화가 주관적 화질 측면에서 우수함을 보여준다.

2.2. 경계선 보호 알고리듬 (9시점)

그림 15(a)와 그림 15(b)에 경계선 보호를 적용하지 않았을 때와 적용했을 때 대칭 부호화와 4dB의 화질 차이를 유지한 비대칭 부호화의 화질 평가 성능을 각각 나타내었다. 그림 15(a)와 그림15(b)는 전체적으로 경계선을 보호를 적용한 비대칭 부호화의 경우가 주관적 화질 측면에서 우수함을 나타낸다.



(a)



(b)

그림 15. 9시점에서 대칭 부호화와 비대칭 부호화의 화질 성능 비교
(a) 경계선 보호를 적용하지 않은 경우, (b) 경계선 보호를 적용한 경우
Fig. 15. Results of symmetrical and asymmetrical coding
(a) No edge preserving, (b) Edge preserving

그림 16은 전체적으로 경계선 보호를 하지 않은 대칭 부호화를 적용하였을 경우(JM & symmetry)와 화질 차이를 4dB로 유지하여 경계선 보호를 하지 않은 비대칭 부호화

www.kci.go.kr

의 경우(JM & asymmetry) 그리고 화질 차이를 4dB로 유지하여 경계선 보호를 적용한 비대칭 부호화의 경우(Propose & asymmetry)를 각각 비교하여 나타내었다. 전체적으로 9시점에서는 화질 차이를 4dB로 유지하여 비대칭 부호화를 적용하는 것이 대칭 부호화에 비해 성능이 좋으며 또한 저화질의 경우 경계선 보호를 적용한 영상이 그렇지 않은 영상보다 주관적 화질 측면에서 개선 효과를 보여준다.

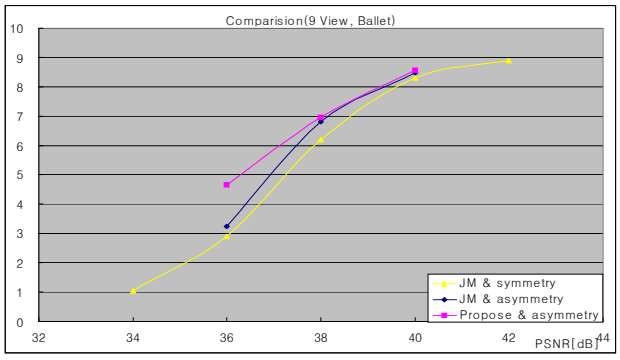


그림 16. 비대칭 부호화와 경계선 보호 알고리듬에 대한 전체적인 성능 평가
Fig. 16. Results for multi-view quality assessment

Ⅵ. 결 론

3차원 영상은 2차원 영상에 깊이감(Depth)을 주어 사실감 있는 영상을 제공하지만 2차원 영상에 비해 눈의 피로가 증가하여 장시간 시청이 어렵게 된다. 따라서 입체 TV 방송에 있어서 인간 요소(Human Factor)에 의한 정량화된 시스템의 설계가 이루어져야만 하드웨어의 불필요한 고성능화를 피하고, 최적화된 시스템을 개발 할 수 있다. 본 논문에서는 최근의 인간 요소에 대한 관심 속에 3차원 영상이 최적의 주관적 화질을 유지하기 위한 비대칭 부호화 방법을 다양한 조건에서 실험하였다. 실험 결과에서 보듯이 양안식 영상은 35~38dB이상에서 좌우 시점 영상의 화질 차이를 2dB로, 9시점 영상은 모든 화질에서 홀수 시점과 짝수 시점 영상의 화질 차이를 4dB로 부호화하는 것이 최적의 주관적 화질을 보여주었다. 또한 양안식 영상의 낮은 화질과 9시점 영상의 모든 화질에 제안하는 경계선 보호 알고리듬을 적용하면 더욱 향상된 주관적 화질을 얻을 수 있음을 보여준다. 정량적으로 분석한 3차원 입체 영상 인지에 관한 화질 성능 평가 방법은 인간 요소 측면에서 최적의 화질 성능을 나타내는 부호화 방법에 대한 길을 제시하였다. 이러한 인간 요소에 대한 관심과 지속적 연구를 통해 가까운 미래에 3차원의 시대를 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 박경세, "입체 TV 방송 기술," 커뮤니케이션북스, 2004.
[2] 이형철, 김은수, "3D 방송 시스템 개발에서의 심리학의 역할 및 기여," 한국방송공학회지, 제6권, 제2호, pp. 10-21, 6월, 2001.
[3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. N8064, Montreux, Switzerland, Apr. 2006.
[4] W.A. Ijsselsteijn, P. J. H. Seutiëns and L. M. J. Meesters, "State-of-the -art in human factors and quality issues of stereoscopic broadcast television," Deliverable ATTEST/WP5/01, pp. 43-57, Aug. 2002.
[5] J.V. Draper, S. Handel, C.C. Hood, and C.T. Kring, "Three experiments with stereoscopic television: when it works and why," IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 2, pp. 1047-1052, Oct. 1991.
[6] M.A. Livingston, C. Zanbaka, J. E. Swan II, and H.S. Smallman, "Objective measures for the effectiveness of augmented reality," Proceedings of IEEE Virtual Reality, pp. 287-288, Mar. 2005.
[7] M.A. Livingston, "Evaluating factors in augmented reality systems," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 25, pp. 6-9, Nov.-Dec. 2005.
[8] Lydia M. J. Meesters, Wijnand A. IJsselsteijn, and Pieter J. H. Seuntiëns, "A Survey of Perceptual Evaluations and Requirements of Three-Dimensional TV," IEEE Transactions on Circuits and System, Vol. 14, NO. 3, pp. 381-391, Mar. 2004.
[9] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N7539, Requirements on Multi-view Video Coding v.5, Nice, France, Oct. 2005.
[10] S. Yano, and I. Yuyama, "Stereoscopic HDTV:Experimental system and psychological effects," Journal of the SMPTE , Vol. 100, pp. 14-18, Jan. 1991.
[11] S.Pastoor, "3D Television: A survey of recent research results on subjective requirements," Signal Processing: Image Communication, Vol.4, No.1, pp. 21-32, Nov. 1991.
[12] T. Mitsuhashi, "Subjective Image Position in Stereoscopic TV Systems - Considerations on Comfortable Stereoscopic Images," Proceedings of the SPIE, Vol. 2179, pp. 259–266, Mar. 1994.
[13] L. B. Stelmach and W. J. Tam, "Stereoscopic image coding: Effect of disparate image-quality in left- and right-eye views," Signal Processing: Image Communication, Vol. 14, No. 1-2, pp.

www.kci.go.kr

111-117, 1998.
[14] 손광훈, 임정은, "3차원 영상 부호화 기술," 한국광학회, 제5권, 제3호, pp. 32-37, 7월, 2001.
[15] 엄기문, 안충현, "3차원 방송을 위한 휴먼 팩터 기술 연구 동향," 정보통신연구진흥원(ITA), 주간기술동향 통권 1099호, 2003.
[16] L. B. Stelmach, W. J. Tam, D. V. Meegan, A. Vincent, and P. Corriveau, "Human Perception of Mismatched Stereoscopic 3D Input," 2000 International conference on Image processing, Vol.1, pp. 5-8, Sept. 2000.
[17] ITU-R Recommendation BT.500-11, "Methodology for subjective assessment of the quality of television picture".
[18] T. Wiegand, G. Sullivan, j. Bjontegaard, and G. A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuits System, Video Technol, Vol.13, No.7, pp. 560-576, July, 2003.
[19] Online avaliable : http://iphome.hhi.de/suehring/tml/
[20] "Proposed Draft of Adaptive Rate Control," Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG 8th Meeting:. Document: JVT-H017 Filename: JVT-. H017.doc, Geneva, May, 2003.

저 자 소 개

하 창 우

·2005년 2월 : 경원대학교 전자공학과 졸업
·2005년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사과정
·주관심분야 : Image Compression, Fast Algorithm, H.264/AVC, Multi-view Video Coding, Scalable Video Coding

이 완 재

·2006년 2월 : 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 졸업
·2006년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사과정
·주관심분야 : Image Compression, Rate Control, Fast Encoding Algorithm, H.264/AVC, Multi-view Video Coding etc.

진 순 종

·2004년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업
·2006년 3월 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석사
·2006년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
·주관심분야 : Image Compression, Image Processing, H.264/AVC, Image Enhancement, Transcoding, Multi-view Video Coding, Scalable Video Coding, etc.

정 제 창

·1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
·1982년 2월 : KAIST 전기전자공학과 석사
·1990년 : 미국 미시간대학 전기공학과 공학박사
·1980년 ~ 1986년 : KBS 기술연구소 연구원(디지털 TV 및 뉴미디어 연구)
·1991년 ~ 1995년 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)
·1995년 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 교수 (영상통신 및 신호처리 연구실)
·1998년 11월 27일 : 과학기술자상 수상
·1998년 12월 31일 : 정보통신부장관상 표창
·주관심분야 : 영상처리 및 영상압축

www.kci.go.kr