

1. 서론

현재의 멀티미디어는 단순한 텍스트와 2차원 영상만을 보여주는 것이 아니라, 인간의 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각 등의 오감을 통합적으로 인지하여 사물이나 상황을 정확하고 생생하게 파악할 수 있도록 해준다. 이러한 멀티미디어는 통신과 결합하여 더욱 중요한 의미를 갖게 되며, 고속·대용량의 정보 전송 기술이 발달하면서 화상전화, 원격회의, 원격쇼핑 등의 멀티미디어 통신이 가능해졌다. 또한 멀티미디어 기술은 3차원 신호처리기술로까지 발전될 때 더욱 생동감 있는 힘을 발휘할 것이다. 이를 위해 인간의 생활 공간을 현실적이며 자연적으로 재현할 수 있는 3차원 영상 처리 및 통신기술의 개발이 필요하다.

폭이 요구된다. 이를 시간축으로 확장한 스테레오 동영상이나 시간축과 시점축으로 확장한 다시점 동영상 일때는 그 데이터 양이 방대해지고 요구되는 대역폭도 증가된다. 그러나 3차원 영상을 이루는 구성 영상간에는 높은 공간적/시간적 상관 관계가 존재하기 때문에 이를 이용하면 변이 추정 및 움직임 추정 과정등을 통하여 효율적으로 압축할 수 있다^{1,2)}.

본 논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 3차원 영상의 입체감 생성 원리 및 기하학적 구조에 대하여 기술하고 제 3 장에서는 공간적/시간적 상관성을 이용한 변이 추정/움직임 추정과 joint 변이/움직임 추정 방식을 소개한다. 제 4 장에서는 차 영상 부호화 방식에 대하여 알아보고 제 5 장에서는 기존의 3차원 동영상 부호화기에 대하여 기술한다. 마지막으로 제 6 장을 통해 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

특집 ┃ 3차원 영상기술 ┃

3차원 영상 부호화 기술

손광훈*, 임정은*

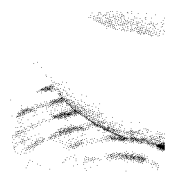
우리가 살고 있는 세계는 상·하·좌·우만 있는 2차원이 아니고 깊이감까지 포함된 3차원의 세계이다. 따라서, 사람들은 평면처럼 느껴지는 2차원 영상뿐만 아니라 깊이감까지 느낄 수 있는 입체감 및 현실감을 위해 3차원 입체 영상에 대해 관심이 높아지게 되었고, 현재 3차원 영상 처리 기술이 통신, 방송, 가상현실, 교육, 의료, 오락 등 여러 분야에서 응용되고 있다. 2차원 영상으로 3차원을 표현하는 가장 간단한 방식은 스테레오 방식이다. 스테레오 영상은 좌·우 영상으로 구성되어 있기 때문에 데이터의 양이 방대해지는 문제가 발생한다. 이는 대용량의 저장장치와 네트워크, 그리고 고속의 컴퓨터 시스템을 요구한다. 그리고, 스테레오 영상 각각을 독립적으로 부호화 할 경우 2차원 영상을 전송하기 위한 대역폭보다 약 두 배의 대역

2. 3차원 영상의 특징

2.1. 3차원 영상의 입체감 생성 원리

인간의 시각 정보 인식 체계(HVS, Human Visual System)는 좌·우 한 쌍의 눈으로 물체를 바라봄으로써 각각의 망막에 맺힌 2차원 신호를 대뇌로 전달하여 물체의 거리와 공간을 인식하고 외형적인 입체 구조를 감지한다³⁾. 인간의 대뇌는 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각 등을 인식할 수 있는 기능을 가지고 있으며 특히 시각 신호는 눈 망막으로부터 대뇌 후두엽까지 시각 정보를 전달하고 처리하는 신경망, 즉 시각계를 통하여 인식된다. 따라서 3차원 영상은 좌·우안의 망막에서 2차원 영상 정보로 포착되며 이 신호가 대뇌의 후두엽

*연세대학교 디지털 영상 미디어 연구실, kshohn@mail.yonsei.ac.kr



으로 전달되어 입체감을 형성하게 된다. 약 65mm의 간격을 둔 양안의 망막에서 서로 다른 위치에 물체가 결상하게 될 때 양안 간의 시 각도 차를 양안 시차(binocular parallax)라고 한다. 이 양안 시차는 가까운 물체에 대하여, 즉 깊이감이 작은 물체에 대해서는 큰 값을 가지며 멀리 있는 대상물에 대하여는 작은 값을 갖는다. 이러한 양안 시차의 원리가 3차원 영상의 디스플레이 기술등에서 입체감을 제공해 주는 기본 원리가 된다.

2.2. 3차원 영상의 기하학적 구조

3차원 영상의 간단한 표시 방식인 스테레오 영상의 기하학적 구조에 대하여 알아본다. 스테레오 영상을 획득하기 위한 카메라의 기하학적 구조에 따라 그 종류를 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다^[4]. 평행식 카메라 구조는 두 카메라의 렌즈축이 평행하며, 각 카메라의 렌즈축과 광학축이 일치하는 가장 간단한 구조이다. 구현하기 쉽다는 장점을 가지고 있으나 카메라 사이의 거리가 멀수록 두 카메라 사이의 공통 시역이 매우 좁아진다. 두 번째로 평행 이동식 카메라 구조는 두 카메라의 렌즈축은 서로 평행하나, 광학축이 서로 달라 평행식 카메라에 비해 공통 시역을 넓힐 수 있다. 마지막으로 폭주식 카메라 구조는 각 카메라의 렌즈축과 광학축을 일치하도록 유지하면서 두 카메라의 광학축을 서로 마주보도록 설계한 카메라 구조이다. 이 구조는 공통 시역이 넓으나, 구조의 분석이 복잡하다는 단점이 있다.

그림 1의 평행식 구조에서 공간상의 한 점 $P(x, y, z)$ 의 투영 영상에서부터 떨어진 거리를 계산하는 식은 다음과 같다. 평면상의 두 점의 y 좌표 $y_l = y_r$ 이고, 변이벡터 $d = x_l - x_r$ 이다. P 점의 깊이(depth) z 는 d 에 반비례하며, 식 (1)로 나타낼 수 있다.

$$z = \frac{fb}{d} \quad (1)$$

여기서, f 는 두 카메라의 공통적인 초점 거리이며 b 는 두 카메라 중심 사이의 거리이다^[4].

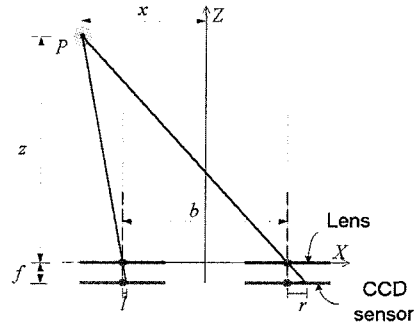


그림 1. 평행식 구조

3. 3차원 영상 부호화 요소기술

3.1. 변이 추정

변이 추정이란, 3차원 영상의 공간적 상관성이 매우 높다는 점을 이용하여 서로 대응되는 점 또는 영역을 찾아내는 과정이다. 변이 추정을 위한 다양한 알고리즘이 연구·개발되고 있는데 화소 기반 방식^[5], 블록 기반 방식^[6-8], 특징 기반 방식^[9,10], 객체 기반 방식^[11,12], 메쉬 기반 방식^[13-15] 등으로 나누어 볼 수 있다. 화소 기반은 각 영상의 화소 단위로 변이정보를 찾는 방식이며, 블록 기반 방식은 영상을 일정한 크기의 블록 혹은 가변 블록으로 나눈 후, 블록 단위의 변이 정보를 할당하는 방식이다. 또한 특징 기반 방식은 영역, 선, 경계, 경계선의 방향, 변화량의 크기 등 영상의 특징(feature)을 사용하여 변이를 추정하는 것으로 블록 기반 등의 다른 정합 방식의 응용으로 많이 쓰인다. 객체 기반 방식은 영상을 객체 단위로 분할한 후, 변이를 추정하는 방식이다. 마지막으로, 메쉬 기반 방식은 영상의 부분적 특성을 이용하여 절점을 추출한 후, 절점의 변이 정보를 추정하고, 절점을 서로 연결하는 망을 형성하여 영상 변형 기법으로 변이를 보상하는 방식이다.

3.2. 움직임 추정

움직임 추정 및 보상 기법은 동영상에 존재하는 시

간적인 중복성을 제거함으로써 높은 압축률을 얻는데 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 가장 간단한 방식으로는 고정 블록 크기의 움직임 추정을 예로 들 수 있다^[16]. 고정 블록 크기 움직임 추정은 입력 영상을 임의의 일정한 크기의 블록으로 나눈 뒤, 블록내의 모든 화소들이 같은 방향으로 이동한다는 것을 가정하여 이전 프레임의 탐색영역에서 비용함수가 최소가 되도록 하는 위치를 찾는 방식으로 진행된다. 이 알고리즘은 간단하여 하드웨어 구현이 용이하고 빠른 수행속도를 갖는 장점이 있지만, 대상 영상의 움직임에 대하여 적절한 탐색 영역과 블록의 크기를 결정하기 어렵고, 일정한 크기의 블록 단위로 움직임을 추정하기 때문에 블록화 현상(blocking artifact)이 발생하고 움직임이 있는 경계 영역에 대한 정확한 추정이 어렵다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 경계 보존을 위한 알고리즘과 영상의 특성에 따른 가변 블록 크기의 움직임 추정 방식들이 제안되고 있다^[17,18].

3.3. Joint 변이/움직임 추정

변이 벡터 및 움직임 벡터를 추정하는 과정은 시간적/공간적 중복성을 제거하기 방법이다. 이러한 중복성은 스테레오/다시점 동영상의 경우 움직임 벡터와 변이 벡터 사이에도 존재하게 된다^[19]. 그림 2와 같은 스테레오 동영상일 경우에는 각각의 벡터들의 상관관계가 식(2)로 표시된다.

$$\|d_l(z, t) + m_r[z + d_l(z, t), t] - d_r[z + m_l(z, t), t + 1] - m_l(z, t)\| = \delta \quad \text{식(2)}$$

여기서, $d_l(z, t)$ 는 시간 t 에서의 변이 벡터를 나타내고, $d_r(z, t+1)$ 는 시간 $t+1$ 에서의 변이벡터, $m_r()$ 는 오른쪽 시퀀스의 움직임벡터, $m_l()$ 는 왼쪽 시퀀스의 움직임 벡터, 그리고 z 는 영상내에서의 위치를 나타낸다. 즉 시간 t 에서의 변이 벡터와 우측 시퀀스의 움직임 벡터와의 합은 시간 $t+1$ 에서의 변이 벡터와 왼쪽 시퀀스의 움직임 벡터와의 합과 같다는 것이다.

이와 같은 변이/움직임 벡터의 상관 관계를 이용하면 스테레오/다시점 동영상을 효율적으로 부호화 할 수 있다.

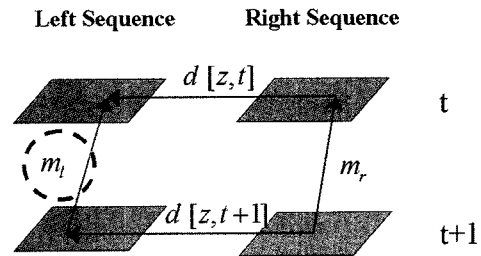


그림 2. 변이-움직임 벡터의 상관관계

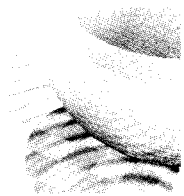
4. 차 영상 부호화 방법

4.1. DCT기반 차 영상 부호화 방법

DCT는 한 영상 내의 각 픽셀들간 상관 관계를 제거시켜 계수들을 저주파 계수와 고주파 계수로 분리하는 기능을 수행한다. 저주파 계수들은 일반적으로 계수 값이 크고 고주파수쪽으로 갈수록 계수들의 값이 0에 가까워진다. 차 영상 부호화 방법도 이러한 특성을 이용하여 부호화한다. 즉, DCT를 수행한 후 각 블록의 특성에 맞게 스캔 방법을 적용하면 효율적인 압축을 수행할 수 있다^[20].

4.2. Wavelet기반 차 영상 부호화 방법

웨이블릿 기반 차 영상 부호화 방법 중 제로트리 웨이블릿 부호화를 이용하는 방법이 일반적으로 많이 쓰인다. 제로 트리 웨이블릿 부호화 방법은 웨이블릿 분해, 중요 계수 지도와 세부 계수 정보의 임베디드 제로 트리 부호화, 무손실 엔트로피 압축의 단계를 통하여 이루어진다. 이러한 제로트리 웨이블릿 부호화는 압축률과 화질측면에서 상당히 높은 성능을 보이고 있으며 정확한 비트율 제어와 여러 단계의 정확도를 가진 순차적인 영상 복원이 가능하고, 영상 검색에 유리한 장점을 가지고 있다. 제로트리 웨이블릿 부호화를 사용한 알고리즘으로는 EZW(embedded zerotree



Wavelet), SPIHT(set partitioning in hierarchical trees), SFQ(space-frequency quantization)등이 있으며, 웨이블릿 계수의 공간적인 특성을 이용한 점은 같으나 양자화된 계수의 비트 할당과 제로트리 구성 방법에서 차이가 있다^[21,22].

5. 3차원 동영상 부호화기

5.1. MPEG-2 Multiview Profile

MPEG-2 시스템은 3차원 동영상의 압축을 위한 확장 규약도 포함하고 있으며, 이러한 확장 규약을 흔히 MPEG-2 Multiview Profile이라 부르고, 다시점의 영상을 효과적으로 부호화 및 복호화 후 전송하는데 필요한 내용을 정의하고 있다^[23-25].

MPEG-2 MVP의 기본적인 동작에 있어서 좌영상(혹은 우영상)을 주 비트열에서 부호화를 하고, 보조 비트열에서 시간 확장성을 이용하여 우영상(혹은 좌영상)을 압축하게 된다. 이때 우영상을 좌영상과 같이 인트라 부호화하는 것이 아니고, 좌·우 영상의 상관도를 추출하여 변이/움직임 벡터를 구성함으로써 압축율을 획기적으로 높일 수 있도록 한다. 그림 3은 MVP의 블록도이다.

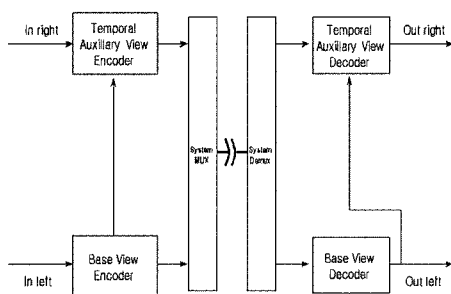


그림 3. MPEG-2 Multiview Profile 블록도

5.2. PANORAMA Project

PANORAMA는 ACTS 프로그램의 일부로 현 영상

통신 시스템의 한계를 3차원 화상회의면에서 극복하고자 유럽 연방의 자금원조로 유럽 14개국의 대학 및 연구소들이 참여 연구중이다. 주 연구분야로는 3차원 화상회의를 위한 영상 통신과 실감 3차원 영상 재생이 있다. 3차원 화상회의에 대한 영상 통신 분야에서는 시점 적응화에 의한 실시간 3차원 화상회의와 시차 추정과 중간 영상 합성에 기반한 스테레오 영상 신호 사용에 대해 연구중이며 또한 관찰자의 머리 위치에 따른 중간 영상 합성과 시점 변화 및 회전관찰 기능에 대해서도 연구가 진행되고 있다^[26,27].

PANORAMA의 데이터 흐름과 전체 부호화도는 그림 4와 그림 5에 나타내었다.

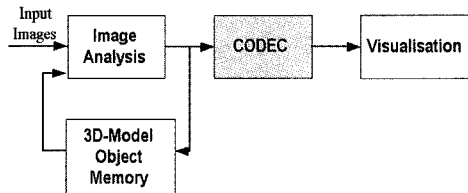


그림 4. PANORAMA 데이터 흐름

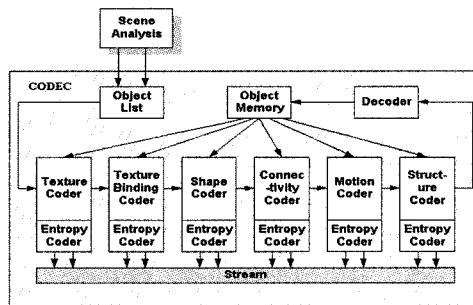


그림 5. PANORAMA 부호화도

5.3. 3차원 다시점 비디오 신호 부호화 기술

현재 산업 자원부의 차세대 신기술 개발 과제로서 한국과학기술연구원과 연세대학교, 한남대학교, 삼성 전자, 한국전기연구원, 전자부품연구원 등이 함께 다

시점 영상 표시 기술, k시점 영상 압축, 중간 시점 영상 합성, 공간 공유와 감각 수수 기술 등이 융합된 3차원 정보 단말 기술을 연구 개발중이다. 이 과제에서 3차원 SD급 다시점 비디오 신호 압축/복원 알고리즘과 전처리 기술이 연구되고 있다. 잡음 제거, balance 보정 기법을 전처리 과정으로 사용하여 영상 신호를 변이/움직임 추정에 적합하도록 보정한 후 변이 및 움직임의 추정/보상 및 부호화/복호화 과정을 수행한다. 3차원 다시점 비디오 신호 부호화기의 기본 구조는 움직임 추정 부호화 과정으로 구성된 2차원 비디오 신호 부호화기 구조에 다시점 비디오 신호의 변이 추정 및 부호화 과정이 추가되며 필요에 따라서는 움직임 정보와 변이 정보를 동시에 이용한 joint 변이/움직임 추정 및 부호화 과정이 사용되는 구조이다. 또한 다시점 영상 중 최적의 기준 영상을 찾기 위한 최적 기준 프레임 선정(optimal frame selection)과정과 3차원 다시점 비디오 부호화 구조에 적합한 차영상 부호화/복호화기를 연구하여 높은 압축 효율을 갖는 새로운 부호화 기술을 개발한다.

6. 결론

지금까지 3차원 영상의 특징과 3차원 영상 부호화 요소 기술 및 동영상으로의 확장에 대하여 알아보았다. 특히 국내·국외로 3차원 동영상 부호화기에 대한 관심이 증가되고 있으나 다시점 동영상 부호화기에 대한 뚜렷한 부호화도가 제시되고 있지 않다. 이에 좀더 효율적이고 빠른 시간내에 다시점 동영상을 압축/복원할 수 있는 방식이 요구된다.

참고 문헌

- (1) A. Tamtaoui, C. Labit, "Constrained disparity and motion estimators for 3DTV image sequence coding," *Signal Processing: Image Comm.* vol. 4, pp. 45-54, Nov. 1991.
- (2) Q. Jiang, M. H. Hayes, "Stereo sequence coding," *Proceedings of VCI '98 Part I*, pp. 894-900, 1998.
- (3) D. Regan, ed., *Binocular Vision*, vol. 9 of *Vision and Visual Dysfunction*. Boca Raton: CRC Press, 1991.
- (4) A. Mancini, *Disparity estimation and intermediate view reconstruction for noble applications in stereoscopic video*, Master Thesis, McGill University,

- Feb. 1998.
- (5) M. E. Izquierdo, "Stereo image analysis for multi-viewpoint telepresence applications," *Signal Processing: Image Comm.* 11, pp.231-254, 1998.
- (6) Puri, R. V. Kollarits, B. G. Haskell, "Basics of stereoscopic video, new compression results with MPEG-2 and a proposal for MPEG-4," *Signal Processing: Image Comm.* 10, pp.201-234, 1997.
- (7) J. R. Ohm and E. Izquierdo, "An object-based system for stereoscopic viewpoint synthesis," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.7, no.6, pp.801-811, Dec. 1997.
- (8) M. H. Kim and K. Sohn, "Edge-preserving directional regularization technique for disparity estimation of stereoscopic images," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp 804-811, Aug. 1999.
- (9) W. E. L. Grimson, "Computational experiments with a feature based stereo algorithm," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.7, pp.17-34, 1985.
- (10) W. Hoff, N. Ahuja, "Surfaces from stereo: Integrating feature matching, disparity estimation and contour detection," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.11, no.2, pp.121-136, Feb. 1989.
- (11) A. Kaup, "Object-based texture coding of moving video in MPEG-4," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.9, no.1, pp.5-15, Feb. 1999.
- (12) Dimitrios Tzovaras, Nikos Grammalidis, and Michael G. Strintzis, "Object-based coding of stereo image sequences using joint 3D motion/disparity compensation," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 7, No. 2, Apr. 1997.
- (13) Y. Wang, O. Lee, "Use of 2-D deformable mesh structures for video coding, Part II-The analysis problem and a region based coder employing an active mesh representation," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.6, no.6, pp.647-659, Dec. 1996.
- (14) S. Kim, M. Kim, J. Lim, J. Son and K. Sohn, "Forward disparity estimation and intermediate video reconstruction of 3D images using irregular triangle mesh," *Proc. 3D Image Conf.*, pp 51-54, July 2000.
- (15) M. Dudon, O. Avaro, C. Roux, "Triangular active mesh for motion estimation," *Signal Processing: Image Comm.* 10, pp.21-41, 1997.
- (16) J.C.Tsai, C.H.Hsieh "Block-matching motion estimation using correlation search algorithm," *Signal Processing: Image Comm.* 13, pp.119-133, 1998.
- (17) M. H. Kim and K. H. Sohn, "Edge-preserving directional regularization technique for disparity estimation of stereoscopic images," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, Aug. 1999.
- (18) S. Sethurama, "Stereoscopic image sequence compression using multiresolution and quadtree decomposition based disparity- and motion-adaptive segmentation," Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon Univ., Pittsburgh PA, 1996.
- (19) Ebroul Izquierdo M., "Stereo matching for Enhanced Telepresence in three dimensional videocommunications," *IEEE Trans. on Circuit and Systems*, vol. 7, no. 4, Aug. 1997.
- (20) M. S. Moellenhoff and M. W. Maier, "Transform coding of stereo image residuals," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 7, no. 6, pp. 804-812, June 1998.
- (21) J. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet



coefficients," IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.

(22) Y. Shoham, A. Gersho, "Efficient bit allocation for an arbitrary set of quantizers," IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 36, no. 9, pp. 1445-1453, Sept. 1998.

(23) A. Puri, R.V. Kollarits, B.G. Haskell, "Basic of stereoscopic video, new compression results with MPEG-2 and a proposed for MPEG-4," Signal Processing : Image Comm. vol 10, pp. 201-234, 1997.

(24) A. Puri and B. G. Haskell, "Multiview Profile Proposal for Discussion in MPEG-2 Multiview Ad Hoc," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG95/254, July 1995.

(25) A. Puri, R. V. Kollarits, and B. G. Haskell, "Stereoscopic Video Compression Using Temporal Scalability," Proceedings SPIE Visual Communications and Image Processing, May 1995.

(26) J. Wingbermuehle, F. Pedersini, L. Falkenhagen, S. Malassiotis, PANORAMA Deliverable WP 1.4 AC092/UH/DS/P/023, 3D Shape Update and Object Subdivision, October 1998.

(27) A. Thomo, I. Kamiliatos, M.G. Strintzis, PANORAMA Deliverable WP 1.4 AC092/UT/DS/025, Image Analysis Reference System, Final Result, October 1998.

약 령



손광훈

1983년 연세대학교 전자공학과, 공학사
 1985년 University of Minnesota, MSEE
 1991년 North Carolina State University Ph. D
 1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
 1994년 Georgetown University Post-doctoral fellow
 현재 한국방송공학회 편집위원

현재 한국통신학회 편집위원
 현재 3차원 방송영상학회 상임이사
 현재 연세대학교 전기전자공학과 부교수
 주관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 통신



임정은

1999년 경원대학교 전자공학과, 공학사
 2001년 연세대학교 전기전자공학과 석사
 현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 주관심분야 : 3차원 영상 부호화/복호화, 영상 압축, 영상 통신