

논문 2008-45SP-6-3

조명보상 기반 분산 다시점 비디오 코딩

(Distributed Multi-view Video Coding Based on Illumination Compensation)

박 시 내*, 심 동 규**, 전 병 우***

(Sea-nae Park, Dong-gyu Sim, and Byeungwoo Jeon)

요 약

본 논문에서는 분산 비디오 코딩기법을 이용한 조명 보상 기반의 다시점 비디오 코딩 방법을 제안한다. 다시점 비디오 코딩을 위한 분산 비디오 코딩은 주변 정보를 생성하는 방법에 따라 크게 움직임 예측 및 보간 방법과 시점 간 예측 및 보간 방법으로 나눌 수 있다. 시점 간 예측 및 보간 방법은 다시점 비디오의 특성을 이용하는 방법으로, 시점 간 상관성에 따른 보조 정보의 생성을 통하여 분산 코딩의 효율을 향상시킬 수 있다. 그러나, 실제 다시점 영상의 특성상 시점 간 예측에서 각 시점의 카메라 파라미터 및 조명 조건 변화에 따라 부정확한 시점 간 예측 및 보간이 이루어질 수 있다. 본 논문에서는 다시점 비디오에 분산비디오 코딩기법을 적용함에 있어서, 조명 조건을 보상하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 인코더에서 AC 변환계수의 패리티 비트에 추가하여 DC 정보를 전송하고, 디코더에서 보조 정보 생성 시 추가 전송된 DC 성분을 이용하여 조명 조건이 보상된, 보다 정확한 보조 정보를 생성하는 방법을 제안한다. 제안된 방법을 통하여 조명보상을 적용하지 않은 경우와 비교했을 때, 같은 비트율에서 0.1~0.2dB의 화질 향상을 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a distributed multi-view video coding method employing illumination compensation for multi-view video coding. Distributed multi-view video coding (DMVC) methods can be classified either into a temporal or an inter-view interpolation-based ones according to ways to generate side information. DMVC with inter-view interpolation utilizes characteristics of multi-view videos to improve coding efficiency of the DMVC by using side information based on the inter-view interpolation. However, mismatch of camera parameters and illumination change between two views could bring about inaccurate side information generation. In this paper, a modified distributed multi-view coding method is presented by applying illumination compensation in generating the side information. In the proposed encoder system, in addition to parity bits for AC coefficients, DC coefficients are transmitted as well to the decoder side. By doing so, the decoder can generate more accurate side information by compensating illumination changes with the transmitted DC coefficients. We found that the proposed algorithm is 0.1~0.2 dB better than the conventional algorithm that does not make use of illumination compensation.

Keywords : Distributed Video Coding, Multi-view Video Coding, Illumination Compensation

I. 서 론

멀티미디어 전송 및 압축의 기술이 발전함에 따라 사

용자에게 다양한 고해상도 영상 서비스의 제공이 가능해졌다. 최근에는 이러한 고해상도를 넘어 사용자가 실재감과 입체감을 느끼고, 이를 통해 현장감을 얻을 수 있는 실감 영상 관련 서비스의 요구가 증가되고 있다. 이미, 전 세계적으로 다수의 3D 입체 영화관이 존재하고, 일부 대형 극장에서는 몇 개의 상영작에 한해 3D 형태로 영화 콘텐츠를 상영을 하고 있다. 현재 활성화된 3D 콘텐츠의 대부분은 양안시차의 원리를 이용한 스테레오 뷰 디스플레이를 위한 것으로, 사용자는 특수한 디스플레이 장치를 통해 입체감을 느낄 수 있다. 최근에는 두 개의 시점 뿐 아니라 좀 더 많은 시점의 영

* 학생회원, ** 정회원, 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 (Dept. Computer Eng., Kwangwoon University)

*** 정회원, 성균관대학교 정보통신공학부 (School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University)

※ 이 논문은 과학기술부의 재원으로 한국과학재단 국가지정 연구실사업으로 수행된 연구임

(No. M1060000286-06J0000-28610)

접수일자: 2008년8월27일, 수정완료일: 2008년10월10일

상을 이용하여, 사용자에게 좀 더 편안한 3D 실제감을 느낄 수 있게 하는 다시점 영상 기술의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 다시점 비디오는 사용자의 위치 제약을 완화시킬 뿐만 아니라 임의 시점의 비디오를 합성하는 자유 시점 비디오 서비스를 제공할 수도 있다. 최근 들어 국제 표준화 단체인 ISO/IEC MPEG과 ITU-T/VCEG이 함께 구성한 JVT(Joint Video Team)를 통해 다시점 비디오 코딩 표준화가 활발히 진행되어 왔다. 2006년에 75차 MPEG 표준화 회의에서 다시점 비디오 코딩을 위한 참조 구조가 정해지고, 이러한 참조 구조에 적합하면서 코딩의 효율을 향상시킬 수 있는 다양한 기술들이 발의되었다. 현재 다시점 비디오의 참조 구조의 가장 큰 특징은 하나의 시점 내부 영상간의 참조뿐만 아니라, 시점 간 참조까지 사용하여 압축의 효율을 더욱 향상시킨 것이다. 이러한 압축구조는 일반적 비디오의 특성에 추가하여 다시점 비디오의 특성까지 고려하므로 코딩의 효율은 향상시킬 수 있었지만, 그만큼 인코더의 복잡도를 증가시키는 결과를 가져왔다. 이미 MPEG 및 ITU-T의 표준화 회의에서 진행되는 표준화는 디코더와 비트스트림의 문맥만을 대상으로 하고, 복잡도 보다는 압축의 효율에 초점을 맞추고 진행되었기 때문에, 하나의 시점에 대한 인코더의 복잡도는 디코더에 비해 매우 높은 상황이다. 이에 다시점 비디오 코딩에서는 시점 간 참조에 의한 복잡도가 더해져 더욱 복잡한 구조를 가진다.

현재 비디오 코딩 분야의 전문가들의 일부는 이러한 인코더의 복잡도가 디코더에 비해 너무 높기 때문에 인코더의 상황이 제한적이거나 열악한 경우 또는 전송환경이 열악한 경우에서 지금의 코덱 구조하의 인코더의 복잡도를 디코더가 나누어 가지는 방식의 분산 코딩 방법을 발전시켜 나가고 있다^[1~5]. 현재의 비디오 코딩에서 인코더의 계산량의 대부분은 움직임 예측 단계가 차지한다. 인코더는 이러한 움직임 예측에 의한 중복성 제거를 통해 압축의 효율을 올리는데, 1970년대 Slepian-Wolf^[1, 6]에 의하여 디코더에서의 움직임 예측을 통한 중복성 제거 가능성이 제시되었다. 그 후 Slepian-Wolf의 방법에 양자화의 개념을 적용한 Wyner-Ziv 코딩 방식이 제시되고, Wyner-Ziv 코딩 방식을 통해 비디오 압축에 분산 코딩의 개념이 실제적으로 적용되기 시작하면서 Wyner-Ziv 개념에 바탕을 둔 많은 분산 비디오 코딩 방법들이 개발되고 있다. 현재 이 분야에 대한 국제적인 연구는 유럽의 공동연구 프로젝트인 DISCOVER^[3], Stanford 대학^[6]과 Berkeley 대학

^[4]에서 활발하게 진행해 나가고 있다.

이러한 분산 코딩의 이론을 다시점 비디오 코딩 분야에 적용하려는 시도도 활발히 있어왔다^[6~7]. 앞서 설명한 바와 같이 다시점 비디오 코딩은 압축할 영상의 개수도 많을 뿐 아니라 복잡한 참조 구조를 가지기 때문에 인코더의 복잡도는 상당하다. 분산 코딩이론을 적용하여 인코더의 복잡도를 낮추는 방법은 2007년 다시점 비디오 코딩에 대한 연구가 활발하게 진행되면서 나오기 시작하였다. 분산 다시점 비디오 코딩은 기존의 다시점 코딩에서 보조정보(Side information) 생성을 위해 시간상의 앞, 뒤 영상을 사용하는 방법을 응용하여, 이웃한 주변 시점의 영상 또한 사용하게 된다. 분산코딩에서 보조정보의 생성은 분산코딩의 효율에 직접적인 영향을 끼치는 요인의 하나로 보조 정보를 효과적으로 생성하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 다시점 분산 비디오 코딩에 보조정보 생성을 위해 주변 시점 영상을 이용할 때, 각 시점의 카메라의 파라미터나 위치의 차이에 의한 조명조건의 변화는 정확한 보조정보 생성에 방해요인으로 작용한다. 본 논문에서는 DC 값의 별도 전송 및 조명보상 기반 보조정보 생성을 통해 다시점 영상에서 조명조건의 변화에 적응적으로 대처할 수 있는 분산 다시점 비디오 코딩을 제안한다.

II장에서는 제안한 방법의 이론적 바탕이 되는 분산 코딩과 다시점 비디오 코딩에 대한 설명과 함께 기존의 분산 다시점 비디오 코딩에 대한 설명을 하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 조명보상 기반 분산 다시점 비디오 코딩에 대한 설명을 한다. IV장에서는 제안하는 방법에 대한 실험과 그 결과, V장에서는 본 논문에 대한 결론 및 향후 연구의 진행방향을 제시하고 논문을 마치도록 한다.

II. 분산 다시점 비디오 코딩

현재 JVT에서 표준화 된 다시점 비디오 코딩은 그 참조 구조가 복잡하고, 인코더의 움직임 예측을 위한 계산 복잡도가 매우 높다. 분산 비디오 코딩이란 인코더가 가지는 복잡도를 디코더가 나누어 가짐으로써, 현재 대부분의 비디오 인코더가 가지는 계산 복잡도를 줄이고자 하는 방향의 새로운 비디오 코딩 방법이다. 분산 다시점 비디오 코딩은 이러한 분산코딩의 장점 및 다시점 비디오의 특성을 활용하여 다시점 비디오를 효율적으로 코딩할 수 있을 것이다. 이 장에서는 분산 다시점 비디오 코딩의 기본 이론이 되는 분산 코딩과 다

시점 비디오 코딩에 대해서 설명하고, 기존에 연구된 분산 다시점 비디오 코딩에 대해서 소개한다.

분산 비디오 코딩이란 비디오 인코더가 가지는 계산 복잡도를 줄이고자, 두 개 이상의 데이터가 가지는 통계적인 상관성을 디코더가 이용하여 디코딩을 하는 것이 가능하다는 Slepian-Wolf의 이론이 소개된 후, Wyner-Ziv의 코딩 방법이 발표되면서부터 본격적 개발이 시작되었다.

Slepian-Wolf의 코딩방법^[6]은 Shannon의 정보이론^[7]에 근거한다. 그림 1에서 랜덤 데이터 X와 Y가 각각 독립적일 때, 각각에 대한 비트율을 R_x, R_y 라 하고 엔트로피를 $H(X), H(Y)$ 라고 하면, $R_x \geq H(X)$ 와 $R_y \geq H(Y)$ 가 성립한다. 그러나, X와 Y의 확률이 서로 의존적이라면, $H(X) \geq H(X|Y)$, $H(Y) \geq H(Y|X)$, $H(X) + H(Y) \geq H(X, Y)$ 이고 X, Y 사이의 상관도의 정도에 따라 압축율은 높아질 수 있다.

그림 1에서 X와 Y가 각각 독립적인 경우에 예러 없이, 두 데이터를 압축할 때의 필요 비트량은 A 영역에 해당된다. 하지만, 두 데이터의 확률이 의존적이 될 경우 그 영역은 B 영역까지 확장될 수 있으며 두 데이터의 의존도가 높아질수록 B 영역은 확장될 수 있다. 이러한 Shannon의 정보이론을 바탕으로 랜덤한 시퀀스들의 통계적인 의존도를 이용하여 디코딩하는 개념이 분산 비디오 코딩이다. X를 인코더에서 디코더로 전송되는 전송 정보라 하면 Y는 독립적인 인코더를 이용해 생성된 X와 통계적인 의존도를 지닌 보조 정보이다. Slepian-Wolf 코딩에는 보조 정보를 인코더와 디코더가 공통적으로 알고 있는 경우와 디코더 측에서만 생성되어 디코더만 알고 있는 두 가지 경우가 있는데, 현재 분

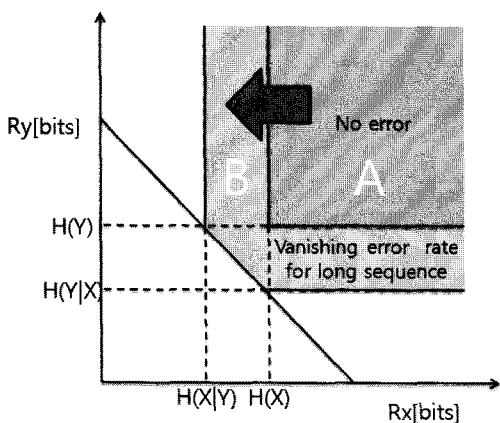


그림 1. Slepian-Wolf의 분산 압축에 대한 정보량
Fig. 1. Entropy and rate of disparity compression in Slepian-Wolf.

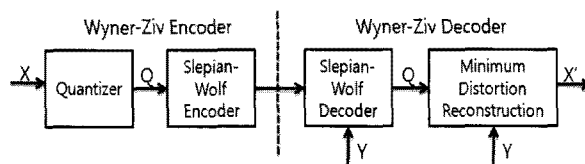


그림 2. Wyner-Ziv 코딩 블록도
Fig. 2. Block diagram of Wyner-Ziv coding.

산 비디오 코딩에서는 후자의 경우를 응용하고 있다.

앞에서 설명한 Slepian-Wolf 코딩은 무손실 압축에 관한 이론으로, 이 방법에 양자화와 역양자화의 과정을 추가하여 손실 압축으로 확장한 방법이 Wyner-Ziv 코딩이며^[2, 8] 그 과정은 그림 2의 블록도와 같다. 그림 2에서 입력 데이터 X는 양자화 과정을 거쳐 손실이 일어난 데이터 Q가 된다. Q는 Slepian-Wolf 인코딩되어 디코더로 전송되고, 전송된 정보는 디코더에서 생성된 보조정보 Y와 함께 디코딩 되어 Q를 생성한다. 인코더에서 양자화가 수행되었기 때문에, 보조 정보 Y를 이용한 역 양자화과정을 통해 X'을 생성할 수 있다.

이후 Wyner-Ziv 코딩은 채널 코더와 결합되어 발전되었다. 채널 코더를 이용한 분산 비디오 코딩의 절차는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 인코더는 랜덤 시퀀스를 양자화 하여 전송 정보 X를 생성한다.
- 2) 인코더는 전송정보 X에 대한 패리티 비트 P를 채널 코더를 통해 생성하고 이를 디코더로 전송한다.
- 3) 디코더는 X와 통계적으로 비슷한 랜덤 시퀀스 Y를 생성한다.
- 4) 디코더는 전송받은 P를 이용하여 채널 디코딩 방법을 통해 Y를 보정하여 X와 가까운 값 X'을 얻어낸다.

만약 X와 Y가 매우 비슷하다면 적은 패리티 정보를 통해 X와 유사한 X'을 얻을 수 있으므로 인코더에서 적은 패리티 정보의 전송만으로 X'을 얻을 수 있다. 따라서 채널 코더를 이용한 분산 코딩에서 랜덤 시퀀스 Y의 생성은 매우 중요한 과정이 된다. 또 채널 코더의 성능에 따라 생성된 X'과 X의 유사도가 달라질 수 있어, 채널코더의 성능 또한 매우 중요하다^[9]. 분산 비디오 코딩에서도 다양한 채널 코더를 사용하는데, 본 논문에서는 터보 코드를 이용한 채널 코더를 사용하였다^[10~12].

2. 다시점 비디오 코딩

다시점 비디오는 한 대 이상의 카메라를 통해 동시

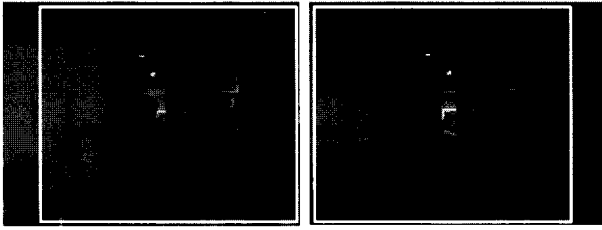


그림 3. 다시점 영상의 시점간의 공간 중복성
Fig. 3. Spatial redundancy of multi-view video.

대에 다양한 시점에서 촬영된 영상들로, 사용자는 이를 통해 다양한 시점의 영상을 제공받을 수 있게 된다. 한 대의 카메라를 통해 영상을 입력 받아 이를 처리하는 기존의 비디오 처리 기술과 달리 다시점 비디오 처리 기술은 여러 대의 카메라를 통해 영상을 입력받기 때문에 입력 방법 및 처리기술에 있어서 고유한 특징을 가지게 된다.

일반적으로 한 대 혹은 여러 대의 카메라를 통해 획득된 다시점 영상을 처리 하거나 부호화하기 위해서는, 여러 시점 영상 사이의 공통된 부분을 찾는 것이 매우 중요하다. 특히, 비디오 부호화에 있어서는 영상간의 중복성 제거가 압축 효율에 큰 영향을 주는데, 다시점 영상의 경우 동 시간대에 다른 위치에서 촬영했기 때문에 시점간에 공간적인 중복성을 가지는 특징이 있다.

그림 3은 현재 MVC 표준화에서 실험 영상으로 쓰이는 "Exit" 영상으로, 흰색 실선으로 표시된 부분에서 보이듯이 대부분의 영역이 시점 간 공간 중복성을 가지게 된다. 그러나 실제 영상에서 이러한 공간적인 중복성을 찾는 것은 눈으로 보는 것만큼 쉽지 않다. 또한 실제 촬영에 이용한 카메라의 기하학적인 특징이나 카메라의 내부 파라미터에 의해 영상의 왜곡이 발생하게 되면, 시점간 예측은 더욱 어려워진다. 그림 4는 2005년 10월에 선정된 Fraunhofer-HHI의 알고리즘의 참조 구조를

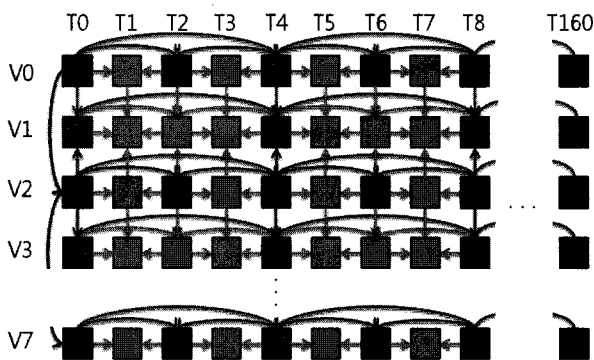


그림 4. 다시점 비디오 표준화의 참조구조
Fig. 4. Referencing structure of multi-view video coding standardization.

나타낸다. 이는 현재의 JSVM (Joint Scalable Video Model) 7.0^[13]의 기반 구조를 나타내며, 대표적인 특징으로는 계층적 B 참조 구조와 다시점 비디오의 특징을 이용하기 위하여 시점 간 참조가 가능한 구조를 가지고 있다.

그림 4에 보이는 것처럼 복잡한 참조 구조를 통해 부호화 효율은 향상시킬 수 있었으나, 이로 인해 부호화 복잡도가 높아지게 되고 기술의 실용화에 있어 커다란 문제를 가지게 되었다.

3. 분산 다시점 비디오 코딩

그림 5는 일반적인 분산 비디오 코딩의 구조로서 기존 표준 비디오 코덱과 결합된 구조로 되어 있다. X는 분산비디오 코딩 방법을 통해 코딩되어 전달되는 프레임임이고, K는 디코더 측에서 보조 정보 Y를 생성하기 위해 기존의 비디오 코덱으로 압축되어 전송되는 프레임이다.

분산 비디오 코딩에서 보조 정보 Y를 생성하는 과정은 매우 중요하다. 인코더로부터 디코더로 전송된 X의 패리티 비트와 보조정보 Y를 통해 X'이 생성되기 때문이다. 보조정보 Y가 X에 가까울수록 적은 량의 패리티 비트 만으로 X를 복호할 수 있고, 이는 비디오 압축 성능에 직접적인 영향을 준다. 일반적으로 분산 비디오

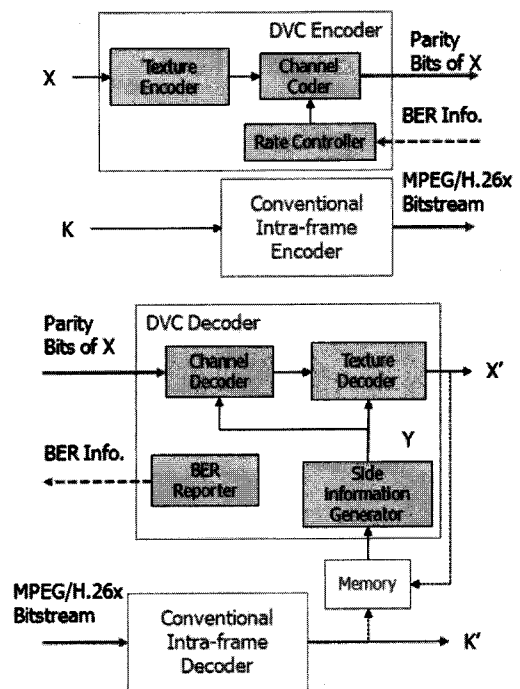


그림 5. 일반적인 분산 비디오 코딩 블록도
Fig. 5. Block diagram of general distributed video coding.

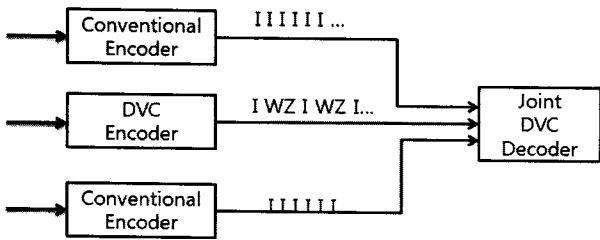


그림 6. 분산 다시점 비디오 코딩의 간단한 예
Fig. 6. Simple example of distributed multi-view video coding.

코딩에서 보조 정보는 시간적으로 가까운 프레임들 간의 움직임을 측정하고 이를 통해 현재 프레임의 움직임을 예측하여 얻을 수 있다.

분산 다시점 비디오 코딩은 현재의 다시점 비디오 코딩의 높은 인코더 복잡도를 완화시키기 위한 방법으로 다시점 비디오의 모든 시점 영상을 인코딩하여 디코더로 전송하는 것이 아니라, 특정 시점의 영상에 대해서는 패리티 비트만을 전송하여 디코더에서 패리티 비트만을 전송한 시점의 영상을 생성하는 방법이다. 본 절에서는 분산 다시점 비디오 코딩의 기본적인 구조 및 보조 정보 Y를 생성하기 위한 다양한 분산 다시점 비디오 코딩 방법을 소개한다.

분산 다시점 비디오 코딩의 기본적인 구조는 그림 6과 같다^[14]. 그림 6과 같이 3개의 시점 영상을 인코딩하여 전송을 한다면, 첫 번째와 세 번째 시점의 영상에 대해서는 기존의 비디오 압축의 화면 내 예측 방법을 통해 인코딩하여 전송하고, 두 번째 시점의 영상에 대해서는 기존의 비디오 압축의 화면 내 예측 방법과 분산 비디오 코딩 방법을 번갈아 사용하는 방법을 통해 인코딩하여 전송한다. 즉, 두 번째 시점의 홀수 프레임은 기존의 화면 내 예측을 통한 비디오 부호화 방법으로 인코딩 되고 짝수 프레임은 분산 비디오 코딩을 통해 패리티 비트가 전송되는 것이다. 이렇게 패리티 비트만이 디코더로 전송된 짝수 번째 프레임은 분산 비디오 디코딩을 통해 생성되어 기존의 비디오 코딩 방법으로 전송되어 디코딩된 홀수 번째 프레임과 같이 디스플레이 될 수 있다.

분산 비디오 코딩에서의 보조 정보 생성의 중요성은 이미 앞에서 여러 차례 언급한 바 있다. 분산 다시점 비디오 코딩에서 이는 역시 매우 중요한 과징인데, 기존의 분산 비디오 코딩과 달리 분산 다시점 비디오 코딩에서는 주변 시점의 정보 또한 이용할 수 있다는 장점이 있다. 다시점 비디오에 분산 비디오 코딩 기법을 적용하기 위하여, 보조 정보를 생성하는 대표적인 방법은

다음의 세 가지로 나눌 수 있다.

- Motion compensated temporal interpolation (MCTI)
- Homography compensated inter-view interpolation (HCII)
- Motion Compensated inter-view interpolation (MCII)

여기서, MCTI 방법^[14]은 기존의 분산 비디오 코딩에서 보조 정보 생성을 위하여 이용하는 방법으로, 그림 7(a)와 같이 기존의 비디오 코딩 방법으로 인코딩되어 디코더로 전송된 후 디코딩 된 두 개의 시간축 프레임을 이용하여 보조정보를 생성하는 것이다. 이를 위해 두 개의 프레임간의 움직임 예측을 통해 기본 블록의 움직임을 예측하고, 그림 7(b)와 같이 중간 프레임의 움직임을 추정해 낸다.

HCII 방법^[14]은 다시점 비디오의 특성을 이용하는 것으로, 다시점 비디오에서 각 시점의 카메라가 가지는 카메라 파라미터를 이용하는 방법이다. 분산 비디오 코딩으로 인코딩 된 시점과 양 쪽 시점의 영상의 카메라 파라미터를 통해 분산 비디오 코딩으로 인코딩 된 시점의 영상의 보조정보를 생성한다.

MCII 방법^[14]은 시간축의 정보를 이용하여 보조정보를 알아내는 MCTI 방법을 시점 간에서 이용하는 것이

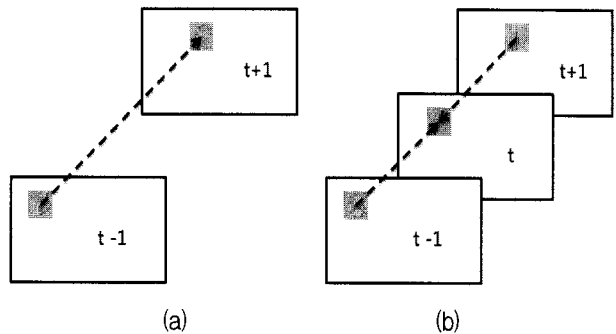


그림 7. 움직임 보상 시간축 보간 (MCTI)
Fig. 7. Motion compensated temporal interpolation (MCTI).

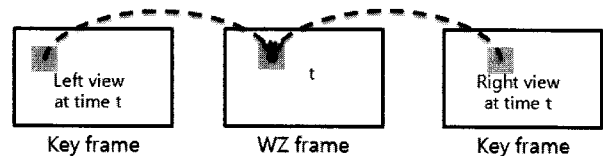


그림 8. 움직임 보상 시점간 보간 (MCII)
Fig. 8. Motion compensated inter-view interpolation (MCTI).

다. 그림 8과 같이 보조정보를 생성할 시점의 영상의 양쪽 시점 영상을 통해 시점 간 예측을 수행하고 생성할 보조정보에 해당하는 영상에 대해서는 시점 간 예측 결과를 통해 보간하여 추정한다.

위의 방법들은 보조 정보 생성에 대한 기본적인 방법들로 기본 방법들의 조합을 통해 조금 더 정확한 보조 정보 생성이 가능하다.

III. 조명보상 기반 분산 다시점 비디오 코딩

본 논문에서는 분산 다시점 비디오 코딩에서 효과적인 보조정보의 생성을 위하여 조명보상 기반의 분산 다시점 비디오 코딩을 제안한다. 그림 9는 동 시간대의 이웃한 시점에서의 영상을 나타낸다. 한눈에 보기에 두 영상의 조명 조건이 다르다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 다시점 비디오는 카메라간의 파라미터가 일치하지 않고, 카메라 위치 및 각도의 차이로 인해 조명 조건에 변화가 생겨, 동 시간대에 취득한 영상임에도 불구하고 화소 밝기 값의 차이를 가지게 된다.

MCII 방법을 통해 보조정보를 생성할 경우 이러한 시점 간 조명 변화는 보조 정보 생성에 나쁜 영향을 주게 된다. 이웃한 두 시점과 현재 시점의 조명조건이 다르기 때문에 이웃한 시점간의 예측 및 보간을 통해 생성된 정보와 패리티 정보가 채널 디코더를 통해 디코딩이 되더라도 원래의 영상과 유사할 가능성이 떨어지게 되는 것이다. 따라서 본 논문에서는 시점 간 예측을 통해 보조정보를 생성하는 경우를 위하여 조명보상 기반의 분산 비디오 코딩을 하여 보조 정보 생성의 정확성을 향상시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에 대한 전체 과정은 그림 10과 같다.

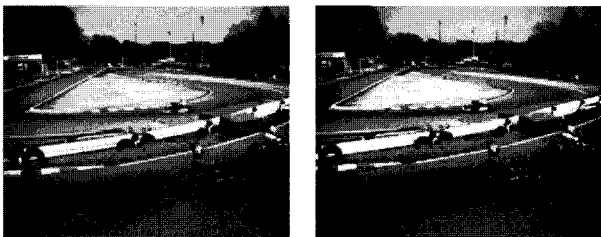


그림 9. 이웃 시점 영상간의 조명 차이
Fig. 9. Illumination difference between neighboring views.

1. 조명보상 기반 분산 다시점 비디오 인코딩

그림 10에서 key view는 기존의 비디오 코딩 방법을 통해 인코딩되는 시점의 영상을 말하고, key frame은

기존의 비디오 코딩 방법을 통해 인코딩되는 홀수 번째 프레임을 의미한다. 그림 10에서 시점 0과 2는 key view에 해당되고 시점 1은 key frame과 Wyner-Ziv 코딩이 번갈아 이루어지는 분산 비디오 시점의 영상이다. 제안한 인코딩 과정을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

- 1 단계: 분산 비디오 코딩이 일어나는 시점의 영상이 들어오면 key-frame과 Wyner-Ziv 코딩을 하는 프레임으로 분리한다.
- 2 단계: key-frame은 기존의 비디오 인코딩 방법을 통해 인코딩하고, Wyner-Ziv 코딩을 하는 프레임은 이산 코사인 변환 (DCT)과 양자화 과정을 수행한다.
- 3 단계: 양자화 이후의 DCT 계수들 중 DC에 해당되는 값은 기존의 비디오 코딩에서 사용하는 엔트로피 코딩 방법을 통해 인코딩 한 후 디코더로 전송된다.
- 4 단계: DC를 제외한 AC 계수들은 Wyner-Ziv 코딩의 채널 코딩 방법으로 인코딩되고 패리티 비트만 디코더로 전송된다.

2. 조명보상 기반 분산 다시점 비디오 디코딩

제안한 방법에서 Wyner-Ziv 코딩이 이루어진 영상에 대해서는 기존의 방법에서 패리티 정보만이 전송되었던 것에 추가적으로 엔트로피 코딩된 DC 계수가 전송되어 디코딩 과정에 반영된다. 제안한 조명보상 기반 분산 다시점 비디오 코딩에서 디코딩 과정은 크게 두 영역으로 나누어 볼 수 있는데, 첫 번째가 조명 보상에 기반한 보조 정보의 생성과정이고, 두 번째가 추가 전송된 DC를 이용한 분산 다시점 비디오 디코딩 과정이다.

II장에서 설명한 바와 같이 다시점 비디오의 보조정보 생성 방법에는 기존의 분산 비디오 코딩에서 보조정보를 생성하는 방법에 추가적으로 주변 시점의 정보를 이용하는 방법이 있다. 본 논문에서는 MCTI와 MCII를 모두 사용하여 보조 정보를 생성하는 방법을 제안한다. 그 과정은 다음과 같다

- ① 현재 보조정보를 생성할 프레임의 앞 뒤 key frame을 이용하여 보조정보를 생성한다.
- ② 현재 보조정보를 생성할 프레임과 같은 시간의 양쪽 key view의 영상을 이용하여 보조 정보를 생성한다. MCII 방법을 통해 보조정보를 생성하는데, 이때 두 시점의 조명조건에 독립적인 시점 간 예측을 위하여 다음

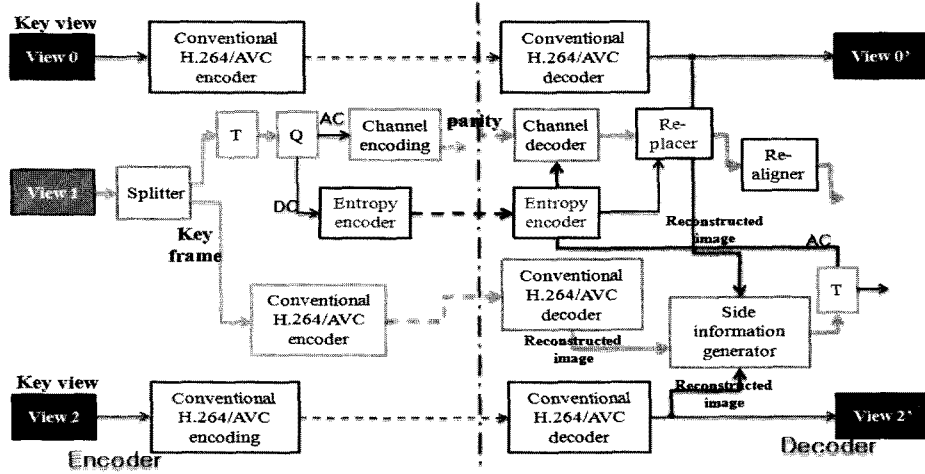


그림 10. 제안하는 조명보상 기반 분산 다시점 비디오 코딩의 블록도
 Fig. 10. Block diagram of the propose distributed video codec based on illumination compensation.

식을 통해 시점 간 예측을 수행한다.

$$\begin{aligned}
 & ICSAD^{(m,n)}(x,y) \\
 &= \sum_{i=m}^{m+S-1} \sum_{j=n}^{n+T-1} \{|view0(i,j) - M_{view0}| \\
 & - \{view2(i+x,j+y) - M_{view2}(m+x,n+y)\} \} \quad (1)
 \end{aligned}$$

식 (1)에서 x, y, i, j 는 픽셀의 인덱스를 의미하고, S 와 T 는 블록의 크기를 의미하며, M 은 해당 블록의 평균값을 의미한다. 식 (1)을 통해 시점 간 예측을 수행하면, 예측을 하는 현재 블록과 참조 영상의 블록 평균의 차이가 고려된 예측이 수행되므로, 예측 단계에서 두 영상간의 조명 차이를 보상할 수 있다.

③ ①과 ②에서 두 가지의 예측 및 보간을 통해 생성된 정보 중 예측 오차가 더 작은 보조정보를 선택하여 조합된 보조정보를 생성한다.

위의 과정을 통해 생성된 보조정보는 시점 간 예측을 통한 보조 정보의 예측 시에 각 시점의 평균을 배제하고, 수행한 결과를 통해 생성하였기 때문에, 각 시점의 평균 값 즉 조명조건에 독립적인 정보가 생성될 수 있다.

이러한 방법에 의하여 생성된 보조 정보와 인코더에서 전송된 패리티 비트와 DC계수에 대한 비트스트림은 분산 비디오 코딩의 채널 디코딩 과정에서 사용된다. 그 과정은 다음과 같다.

- ① 전송된 DC계수에 대한 비트스트림을 역 엔트로피 코딩한다.
- ② 보조정보를 이산코사인 변환하고, 변환된 정보의

DC에 해당하는 부분을 ①에서 변환된 값으로 대체 한다.

③ ②의 보조정보를 채널 디코더에 입력하여 채널 디코딩을 수행한다.

본 논문에서 제안한 방법은 위의 과정들의 수행을 통해 조명변화에 독립적인 보조정보의 생성이 가능하며 이를 통해 원래의 영상에 근접한 화질을 가지는 영상의 생성이 가능하게 하였다.

IV. 실험결과

본 논문에서는 제안한 조명보상 기반의 보조정보 생성 방법의 성능평가를 위하여 Dufaux 등이 제안한 방법^[14]과 비교하였다. 성능 평가를 위하여 사용한 테스트 영상은 다시점 비디오 코딩의 표준화에서 사용되는 "Ballroom", "Exit", "Race1", "Akko-kayo"를 사용하였

표 1. 테스트 시퀀스 특징
 Table 1. Characteristic of test sequence.

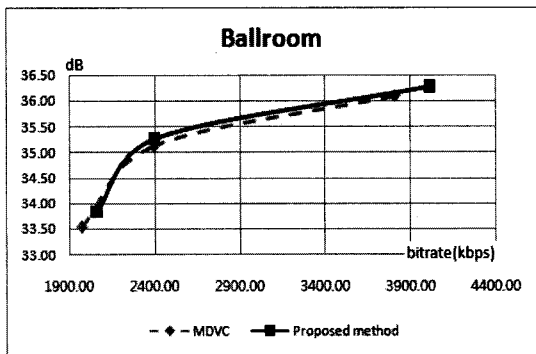
Sequences	Image Property	Camera Arrangement
Ballroom, Exit	640x480, 25fps (rectified)	8 cameras with 20cm spacing; 1D/parallel
Race1	640x480, 30fps (non-rectified)	8 cameras with 20cm spacing; 1D/parallel
Akko&Kayo	640x480, 30fps (non-rectified)	100 cameras with 5cm horizontal and 20 cm vertical spacing; 2D array

표 2. 기존의 방법과 제안한 방법의 RD 성능 비교
Table 2. Comparison of RD performance between the conventional MDVC and proposed one.

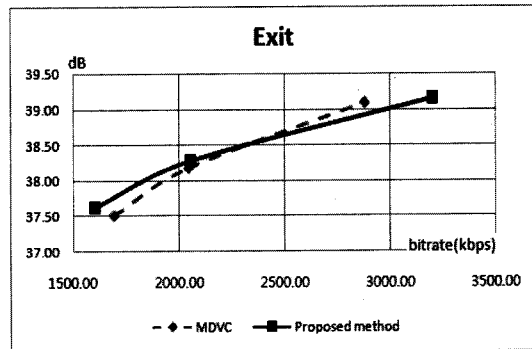
	QP	MDVC		Proposed method	
		Avg Rate (kbps)	Avg PSNR (dB)	Avg Rate (kbps)	Avg PSNR (dB)
Ballroom	34	1969.83	33.53	2057.83	33.82
	31	2392.61	35.11	2400.85	35.27
	29	3803.34	36.10	4012.11	36.27
Exit	31	1694.48	37.51	1604.30	37.62
	29	2046.63	38.18	2056.94	38.27
	26	2878.74	39.09	3202.39	39.15
Race 1	28	3232.49	37.68	3204.30	37.71
	26	4572.30	38.60	4556.94	38.66
	24	5672.32	39.47	5692.39	39.61
Akko-kayo	36	1695.93	33.51	1688.31	34.38
	29	3294.74	37.92	3296.03	38.48
	24	5613.96	40.62	5633.16	41.24

으며, 각 비디오의 특징은 표 1과 같다. “Ballroom”, “Exit”, “Race1”은 8시점에 대한 영상으로 총 8개의 시퀀스로 이루어져 있으나, 본 논문에서는 각각의 영상에서 0, 1, 2번째의 영상에 대해서만 실험을 진행하였다. “Akko-kayo”는 2D array 형태의 영상으로 되어있고, MVC 표준화에서는 그 중 5개씩 3개의 라인으로 이루어진 2D array 형태의 테스트 영상을 사용한다. 본 논문에서는 그중 첫 번째 줄의 0, 1, 2번 시점의 영상을 사용하여 실험하였다.

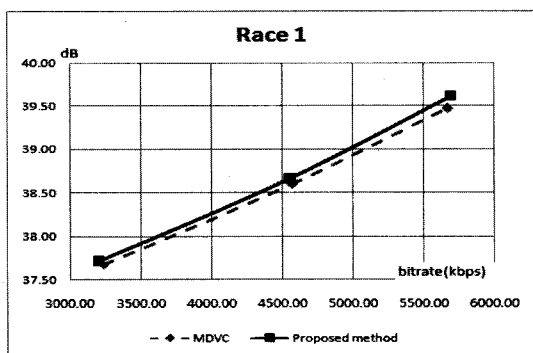
제안한 방법에 대한 실험을 위한 프로그램에서 key-view 및 key-frame은 H.264/AVC의 인트라 프레임 코딩 방법을 이용하였다. 인트라 프레임 코딩의 환경설정 값은 Baseline 프로파일에 맞추어 실험하였으며, 양자화 파라미터는 다시점 비디오 코딩 표준화에서 사용하는 값을 사용하였다. 분산 비디오 코딩 방법으로는 일반적인 Wyner-Ziv 방법을 이용하였으며, DCT는 8x8 고정 소수점 변환방법을 사용하였고, 양자화는 2^M 의 간격을 가지는 유니폼 양자화 방법을 사용하였으며,



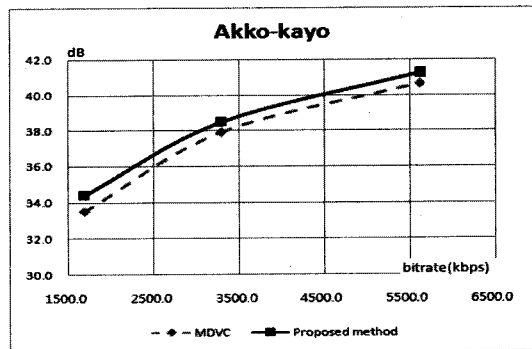
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 11. 제안한 방법의 RD 성능비교

(a) “Ballroom” 시퀀스 (b) “Exit” 시퀀스 (c) “Race 1” 시퀀스 (d) “Akko-kayo” 시퀀스

Fig. 11. RD performance comparison of the proposed method (a) “Ballroom” sequence (b) “Exit” sequence (c) “Race 1” sequence (d) “Akko-kayo” sequence.

표 3. 생성된 보조정보의 PSNR 및 생성 방법 비율
Table 3. PSNR and ratios of used generation methods for side information.

	QP	MDVC			Proposed method		
		Avg PSNR (dB)	View (%)	Time (%)	Avg PSNR (dB)	View (%)	Time (%)
Ball room	34	28.9	6.04	93.96	29.2	7.02	92.98
	31	29.5			30.3		
	29	30.8			31.3		
Exit	31	32.2	9.80	90.20	33.6	13.21	86.79
	29	33.7			34.7		
	26	34.2			35.2		
Race 1	28	32.6	5.20	94.80	33.1	6.62	93.38
	26	31.5			32.7		
	24	33.5			34.6		
Akko-keyo	36	29.2	7.80	92.20	30.6	9.45	90.55
	29	32.4			33.0		
	24	34.5			35.9		

채널 코더로는 터보 코딩을 이용하였다. 제안한 방법에 대한 실험결과는 표 2와 같다.

표 2에서 보이는 바와 같이 전체적으로 평균 화질이 향상된 것을 알 수 있다. 하지만 DC정보의 추가적인 전송 때문에 평균 bitrate 또한 미소하나마 늘어난 것을 확인할 수 있었다. 정확한 성능평가를 위해 R-D 그래프를 그려보면 그림 11과 같다. 그림 11에서 나타난 바와 같이 대부분의 구간에서 기존에 방법에 대하여 제안한 방법이 향상된 성능을 나타낸 것을 확인할 수 있었다.

표 3은 조명 보정을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우에 대한 보조 정보만의 평균 PSNR과 각각의 방법에서 보조정보를 만들기 위해 두 개의 보조 영상 생성 방법 선택 비율을 나타낸다. 표에서 "view"는 시점 방향으로 보조 영상 생성이 된 경우를 나타내고, "Time"은 시간 방향으로 보조 영상이 생성된 비율을 나타낸다. 표 3에서 보듯이, 전체적으로 같은 시점 내에서 시간상으로 이웃하는 영상을 통해 보조정보가 만들어지는 경우가 시점 간 영상 생성이 사용되는 경우보다 많다는 것을 알 수 있다. 하지만, 각각의 방법을 비교해 보면 제안된 방법을 통해 보조정보를 만들 경우, 시점 방향의 영상을 통해 보조정보를 만드는 비율이 증가하고, 또 이를 통해 생성된 보조 정보 자체의 PSNR도 향상 되는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 기존의 다시점 비디오 코딩을 분산 비

디오 코딩 방법에 적용할 때, 조명보상을 통해 보조 정보를 보다 정확하게 생성하여, 분산 비디오 코딩을 통해 추정된 영상의 화질을 향상시키는 방법을 제안하였다. 조명 보상은 다시점 비디오의 효율적인 부호화를 위해 필요하다는 것이 다시점 비디오 코딩 표준화에서 이미 입증된 사실로, 이를 다시점 비디오의 분산 비디오 코딩에 적용한 것 역시 좋은 결과를 나타내는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 방법을 통해 기존의 다시점 비디오 분산 코딩 방법에 대해서는 향상된 성능을 얻을 수 있었지만, 추가적인 정보의 전송에 대한 부담이 있다. 향후, 보조 정보 생성에 있어서 시간과 공간의 정보를 보다 효과적으로 활용하여 비디오 코딩의 효율을 향상시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Bernd Girod, Anne Aaron, Shantanu Rane, and David Rebollo-Monedero, "Distributed video coding," *Proc. of the IEEE*, vol. 1, pp.71-83, Jan. 2005.
- [2] B. Ko, J. Sim, and B. Jeon, "Wyner-Ziv video coding with side matching for improved side information," *Pacific-rim Symposium on Image and Video Technology*, vol. 4872, pp.816-825, Dec. 2007.
- [3] F. Pereira, P. Correia, E. Acosta, L. Torres, C. Guillemot, M. Oualet, F. Dufaux, T. Ebrahimi, R. Leonardi, M. Dalai, and S. Klomp, "Distributed coding for video services," project of the IST FET programme of the European Union within the FP6/2002/IST/C Call, Mar. 2006.
- [4] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: An uplink-friendly multimedia coding paradigm," *IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 4, pp. 856-859, Apr. 2003.
- [5] Xun Guo, Yan Lu, Feng Wu, Wen Gao, and Shipeng Li, "Distributed multi-view video coding," *Proceeding of SPIE*, vol. 6077, Jan. 2006.
- [6] J. D. Slepian and J. K. Wolf, "Noiseless coding of correlated information sources," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. IT-19, pp. 471 - 480, July 1973.
- [7] C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 623 - 656, Oct. 1948.
- [8] A. D. Wyner, "Recent results in the Shannon

theory," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 20, pp. 2 - 10, Jan. 1974.

[9] 고봉혁, 심혁재, 전병우, "공간적 유사성과 심볼단위 오류정정 채널 코드를 이용한 경량화 비디오 부호화 방법," *방송공학회 논문지*, 113권, 2호, 2008년 3월.

[10] A. Aaron and B. Girod, "Compression with side information using turbo codes," *Proc. IEEE Data Compression Conference*, Snowbird, vol. 1, pp. 252 - 261, Apr. 2002.

[11] R.P. Westerlaken, R. Klein Gunnewiek, and R.L. Lagendijk, "Turbo-code based Wyner-Ziv video compression," *Twenty-sixth Symposium on Information Theory*, Benelux, vol. 1, pp. 113-120, May 2005.

[12] 고봉혁, 심혁재, 전병우, "센서네트워크상의 응용을 위한 터보 복호화 오류정정 기법을 이용한 경량화 비디오 부호화 방법," *대한전자공학회 논문지*, 제 45 권, SP편, 제 1 호, pp. 11 - 21, 2008년 1월.

[13] ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, "Joint multiview video mdel 7.0," *JVT-W207*, San Jose, USA, Apr. 2007.

[14] Frederic Dufaux, Mourad Ouaret, and Touradj Ebrahimi, "Recent advances in multi-view distributed video coding," *Mobile Multimedia/Image Processing for Military and Security Applications*, vol. 6157, Apr. 2007.

저 자 소 개



박시내(정회원)
 2004년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
 2006년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
 2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 박사 수료

<주관심분야 : 분산코딩, 다시점 비디오 코딩>



심동규(정회원)
 1999년 서강대학교 전자공학과 공학박사.
 1999년~2000년 (주) 현대 전자.
 2000년~2002년 (주) 바로 비전.
 2002년~2005년 Univ. of Washington

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)
 <주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전>



전병우(정회원)
 1985년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사).
 1987년 서울대학교 전자공학과 졸업(석사).
 1992년 Purdue Univ, School of Elec. 졸업(공학박사).

1993년~1997년 삼성전자 신호처리연구소 선임/수석연구원
 1997년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수
 <주관심분야 : 멀티미디어 영상압축, 영상인식, 신호처리>