

특집논문-07-12-6-05

# 분산 동영상 코딩의 코딩 방식에 따른 성능 평가와 공간 계층화 코더로서의 가능성에 대한 연구

김 대 연<sup>a)</sup>, 박 광 훈<sup>a)</sup>, 김 규 현<sup>a)</sup>, 서 덕 영<sup>a)‡</sup>

## A study on performance evaluation of DVCs with different coding method and feasibility of spatial scalable DVC

Dae-Yeon Kim<sup>a)</sup>, Gwang-Hoon Park<sup>a)</sup>, Kyu-Heon Kim<sup>a)</sup>, and Doug-Young Suh<sup>a)‡</sup>

### 요 약

분산 동영상 코딩 (Distributed video coding)은 Slepian과 Wolf 그리고 Wyner와 Ziv의 정보 이론에 기반을 둔 새로운 동영상 압축 패러다임이다. 수신측의 보조정보를 이용하는 손실 압축인 분산 동영상 코딩은 계산의 복잡도를 디코더쪽으로 옮김으로써 적은 연산량의 동영상 인코딩을 가능하게 한다. RD 성능은 기존의 인트라 프레임 코딩보다 뛰어나지만 움직임 보상 (motion-compensated) 기반 인터 프레임 코딩의 성능에는 미치지 못한다. 본 논문은 DVC의 기본 개념과 구조에 대하여 소개하고 실험을 통하여 코딩 방식에 따른 성능을 비교 분석하며 나아가 공간 계층화 코더로서의 DVC의 성능을 보인다.

### Abstract

Distributed video coding is a new video coding paradigm based on Slepian-Wolf and Wyner-Ziv's information theory. Distributed video coding whose decoder exploits side information transfers its computational burden from encoder to decoder, so that encoding with light computational power can be realized. RD performance is superior than that of standard video coding without motion compensation process but still has a gap with that of coding with motion compensation process. This paper introduces basic theory of distributed video coding and its structure and then shows RD performances of DVCs whose coding style is different from each other and of a DVC as a spatial scalable video coder.

Keyword: video compression, complexity, RD-performance, side information

## 1. 서 론

MPEG 혹은 ITU-T의 표준화 회의에서 다루어지는 동영상 코딩에서는 인코더가 디코더보다 5~10배 복잡하다. II장

에서 소개되는 여러 가지 응용에서는 인코더에서 디코더로 복잡성이 이동되는 것이 바람직하다. 현재의 코덱에서 인코더가 복잡한 이유는 인코더에서 여유도(redundancy)를 제거하기 때문이다. 그러나 디코더측에서도 여유도를 제거할 수 있는 가능성이 1970년대 Slepian-Wolf의 정보이론 경계(bound) 개념<sup>[1]</sup>으로부터 제시되었다. 그 후 무손실 압축을 지향하는 이 개념을 양자화를 통한 손실 압축에 적용한 Wyner-Ziv 코딩 방식이 등장하면서 동영상 압축 코더로

a) 경희대학교 전자정보대학  
College of Electronics and Information, Kyung Hee University

‡ 교신저자 : 서덕영(suh@khu.ac.kr)

※ 이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가 지정연구실사업으로 수행된 연구임(No. R0A-000-10061-0(2007))

서의 분산 코딩(distributed video coding)의 가능성이 열리기 시작 하였다. 현재 이 분야에 대한 연구는 Stanford 대학 ([7], [11], [17])과 Berkeley 대학 ([8], [9], [18]) 그리고 유럽의 공동연구 단체 ([2], [3], [16])등이 주도하고 있다.

분산 동영상 코덱은 계산량을 가장 많이 필요로 하는 ME(motion estimation) 과정을 디코더측에서 수행함으로써 알고리즘의 복잡도를 인코더 측에서 디코더 측으로 이동시킨 구조를 가지므로 계산의 부담이 적은 인코딩을 할 수 있다. II장에서는 이러한 특성을 지닌 DVC가 어떻게 활용되기 위한 것인지 응용 기기의 예를 통하여 보인다. DVC는 기존의 코딩 관점에서 볼 때 다소 상이한 개념의 방식이다. 이에 대한 이해를 돕기 위해 III장에서는 디코더 측 보조 정보를 이용하는 DVC의 모태가 되는 Slepian-Wolf Coding과 Wyner-Ziv Coding에 대하여 설명한다. IV장에서는 DVC의 기본 구조와 핵심 모듈들에 대하여 설명하고 V장에서는 코딩 방식에 따른 DVC의 성능을 실험을 통하여 기존 코덱 (JM12.4)의 성능과 비교 분석 한다. VI장에서도 역시 실험을 통하여 공간 계층화 코더(Spatial SVC)로서의 DVC의 성능을 보이고 그 가능성에 대하여 논한다. VII장에서는 향후 연구 방향을 제시하고 본 논문을 마무리 한다.

## II. DVC의 응용

이 장에서는 DVC의 특성이 잘 활용될 수 있는 응용 시나리오에 대하여 논한다. [3]에서 매우 광범위한 응용분야를 소개하였으며 응용 분야에 요구되는 조건은 다음과 같다.

- ① CPU와 배터리 때문에 인코더측에서 복잡한 계산이 어려운 경우
- ② 다시점 동영상을 취득하고 그중 하나만 선택하여 디스플레이하는 경우
- ③ 전송환경이 열악하여 정보의 손실이 많은 경우
- ④ 실시간 송수신이 요구되는 경우

이 장의 1절에서 4절은 위의 사항을 요구하는 응용기기들과 DVC가 필요한 이유에 대하여 예를 통하여 설명한다.

### 1. CPU와 배터리 때문에 인코더측에서 복잡한 계산이 어려운 경우

기존의 움직임 보상 기반 코덱을 사용하는 인코더는 디코더에 비해 많은 연산을 수행해야 하므로 크기가 크고 값이 비싸다. 그러므로 저렴하고 크기가 작은 크기의 인코더를 설계하기가 어렵다. 하지만 이러한 가벼운 인코더를 필요로 하는 응용 기기들이 등장하고 있으며 그 예로 일회용 디지털 캠코더나 무선 캡슐 내시경과 같은 기기들을 들 수 있다. 일회용 디지털 캠코더는 기기를 손상시키거나 분실하기 쉬운 경우 혹은 뜻하지 않은 상황에 캠코더가 필요한 경우 저렴한 가격의 장점 때문에 사용될 수 있으며 2005년 미국의 'Pure Digital'사에서 개발되기도 하였다.

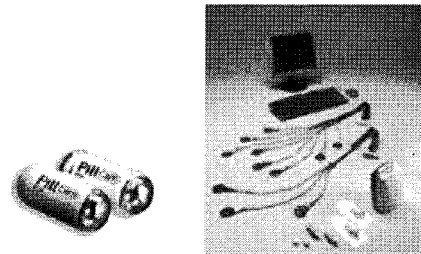


그림 1. 무선 캡슐 내시경<sup>[4]</sup>

Fig. 1. Wireless Capsule Endoscopy<sup>[3]</sup>

무선 캡슐 내시경 [4]은 위출혈과 같이 X-ray로 촬영이 불가능한 질환을 촬영하기 위한 매우 작은 크기의 캡슐형 카메라이다. 이 응용기기는 매우 작은 크기의 저 연산량 인코더로 고화질의 동영상을 전송해야 하므로 디코더의 성능 개선만으로 고화질의 영상을 획득할 수 있는 DVC가 적절하다.

### 2. 매우 많은 곳에서 동영상을 취득하고 그중 하나만 선택되어 디스플레이하는 경우

다시점 동영상 코딩은 현재 국제 동영상 코딩 표준화 회의에서 표준화 진행 중에 있으며 감시 카메라, FTV (Free view point TV), 삼차원 영상 등의 응용으로서 주목받고 있다. 다시점 동영상 코딩은 시점 간의 여유도를 제거함으로

써 대용량의 콘텐츠를 효율적으로 압축하지만 복잡한 시점 간의 의존성으로 인해 하나의 시점에 대한 접근이 매우 어려워 FTV와 같은 응용에 적용하기가 쉽지 않다.

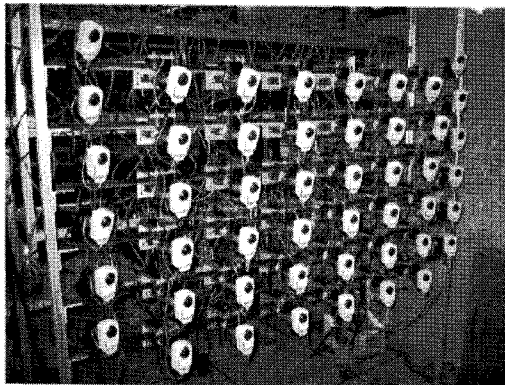


그림 2. 다시점 동영상 획득을 위한 카메라 배열<sup>[3]</sup>  
 Fig. 2. Camera array system for multi-view acquisition<sup>[3]</sup>

DVC를 다시점 동영상 응용에 적용하게 되면[5] 인코더 측에서 시점 간 (inter-view) 코딩을 하지 않으며 시점 선택의 주도권을 가진 디코더 측에서 시점 간 의존 관계를 결정할 수 있게 되므로 선택적 디코딩이 가능하며 따라서 시점에 대한 자유도를 높일 수 있다.

3. 전송환경이 열악하여 정보의 손실이 많은 경우

기존의 코덱은 한정된 대역폭에 대응하기 위해 인코더 측 움직임 보상을 통하여 여유도를 제거함으로써 비트율을 줄인다. 그러나 이러한 방식은 전송 프레임 간 의존성 때문에 열악한 환경의 채널에 강인하지 못하다. DVC는 전송 프레임 간 의존성이 없으며 이러한 특성으로 인해 에러 전파가 일어나지 않는다. 또한 전송 정보가 채널의 상황으로 인해 수신측에 충분히 전송되지 못한 경우 단순히 피드백을 통해 디코더 측 상황을 인코더에 보고 함으로써 상황을 극복할 수 있다.

4. 실시간 송수신이 요구되는 경우

화상 회의용 휴대 단말기와 같은 화상 대화용 응용 기기

의 경우 음성뿐 아니라 영상 또한 실시간 송수신이 가능해야 하므로 동영상 인코더와 디코더 모두 계산의 부하가 적어야 한다. 이에 대해서는 DVC를 기존의 코덱과 함께 응용하는 것이 하나의 해결책이 될 수 있다. 즉, DVC의 인코더와 MPEG의 디코더가 내장된 휴대 단말기와 DVC 디코더와 MPEG 인코더 기능을 갖춘 변환 코더 (Transcoder)를 설계함으로써 휴대 단말기는 적은 연산으로 동영상을 처리할 수 있고 모든 계산의 부하는 변환 코더 기능을 담당하는 중계소에서 해결할 수 있게 된다. 물론, 실시간 전송을 위해 변환 코더는 빠른 연산 능력을 갖추어야 한다.

III. 분산 코딩의 기초

1. Slepian/Wolf coding

Slepian/Wolf 코딩은 두 개 이상의 통계적 상관성을 가진 랜덤 시퀀스 (random sequence)들을 디코더측에서 통계적 의존성을 활용하여 디코딩하는 개념이다. Shannon의 코딩 이론에 따르면 (그림3) 랜덤 시퀀스 X와 Y가 독립적이면, 비트율은 각각  $R_x \geq H(X)$ 와  $R_y \geq H(Y)$ 이다. 여기서  $R_x, R_y$ 는 비트율이며  $H(X), H(Y)$ 는 엔트로피이다. 그러나 두 시퀀스가 상호 의존적이라면 비트율의 합은  $R_x + R_y \geq H(X, Y)$ ,  $R_x \geq H(X|Y)$ ,  $R_y \geq H(Y|X)$ 이고,  $H(X) + H(Y) \geq H(X, Y)$ 이므로 상관성을 이용하여 압축할 수 있는 여지가 생긴다.

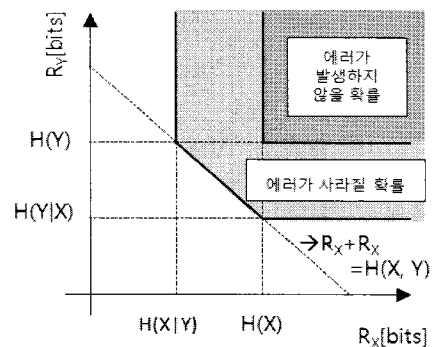
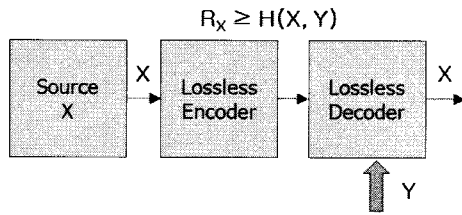


그림 3. Slepian-Wolf의 분산 압축에 대한 정보량 영역<sup>[1],[6]</sup>  
 Fig. 3. Slepian-Wolf's rate area for distributed compression<sup>[1],[6]</sup>

그림 4. 분산 코덱의 보조 정보를 이용한 압축<sup>[6]</sup>Fig. 4. Compression with side information of Distributed codec<sup>[6]</sup>

디코더의 보조 정보를 이용한 압축은 분산 코딩의 하나의 예이며 이 경우 두 개의 시퀀스들 중 하나인 'X'는 전송 정보, 다른 하나 'Y'는 보조정보 (Side Information)라고 하며 또 다른 독립적인 인코더 혹은 디코더가 만들어 낸 정보로서 X와 통계적 의존성을 가진다. 본 논문은 이러한 보조 정보 Y가 디코더 측에서 만들어지는 경우 즉, 디코더측에서만 접근이 가능한 경우에 중점을 둔다.

## 2. Wyner/Ziv coding

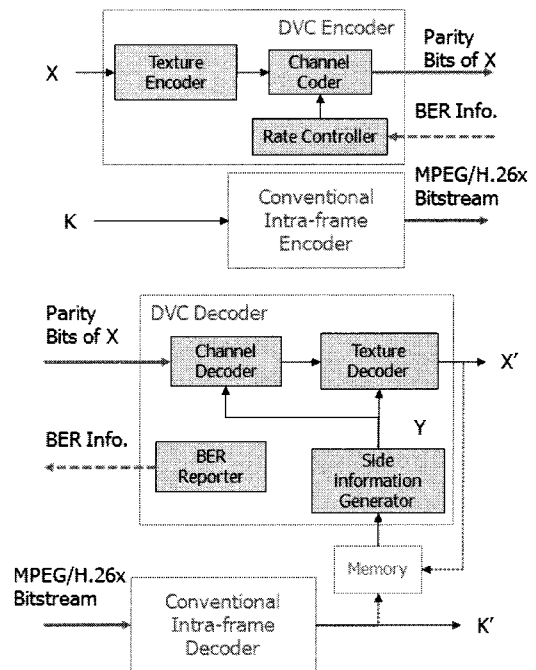
무손실 압축에 적용되는 Slepian/Wolf 이론을 손실압축에 확장한 것이 Wyner/Ziv 코딩이다<sup>[6]</sup>. 간단히 말하면, Slepian-Wolf coding의 입력과 출력에 양자화와 역양자화 과정이 추가된 것이다. 이러한 과정을 통해 분산 코딩을 동영상에 적용할 수 있는 이론적 배경이 마련되었다. 그 후 Wyner-Ziv 코더는 채널 코더와 결합되는 방식으로 발전하였고 1999년 처음으로 채널 코딩의 하나인 트렐리스 코드 (trellis code)를 이용하여 통계적 의존성을 가지는 이진 가우시안 소스(binary Gaussian source)들에 대해 분산 코딩을 적용하는 예<sup>[10]</sup>가 언급되었다. 시나리오는 다음과 같다.

- ① 인코더는 랜덤 아날로그 신호를 품질조건에서 양자화하여 전송할 랜덤 시퀀스 X를 만든다.
- ② 인코더는 채널 코더로 랜덤 시퀀스 X에 대한 패리티 비트(parity bit)를 생성하고 전송한다.
- ③ 디코더는 X와 통계적으로 비슷한 랜덤 시퀀스 Y를 만들어 낸다.
- ④ 디코더는 수신한 Y에 패리티 비트를 적용하여 X와 가까운 값을 얻는다.

만일 X와 Y가 매우 비슷하다면 적은 패리티 비트만 전송함으로써 높은 압축률을 달성할 수 있다. [11]-[14]에서는 패리티를 계산하는 채널 코딩 기술로 터보 코드(turbo code)를 사용하는 예를 보인다. 채널 코더의 성능이 좋을수록 분산 코딩의 압축 성능은 Slepian/Wolf bound에 가까워질 수 있게 된다.

## V. DVC의 구조와 핵심모듈

이 장에서는 DVC의 구성과 방식 그리고 핵심 모듈 대하여 소개한다. 그림 5는 일반적인 DVC의 구조로서 기존 표준 코덱의 인트라 프레임 코더와 결합된 구조로 되어있다. 그림의 'K'는 key 프레임으로서 인트라 프레임 코더로 코딩되어 수신측에 전달된다. 'X'는 DVC로 코딩되어 전달되는 프레임이며 'Y'는 디코더가 key 프레임을 비롯한 메모리에 확보된 프레임들로 만들어낸 보조 정보로서 'X'에 대한 예측 값이다.

그림 5. 분산 동영상 코덱의 구조<sup>[6]</sup>Fig. 5. Structure of Distributed Video Codec<sup>[6]</sup>

DVC 인코더는 움직임 보상과 같은 큰 계산량을 필요로 하는 알고리즘을 수행하는 대신 전송하려는 프레임에 대한 패리티 비트를 인코더 내 채널 코더로 생성하여 전송하는 간단한 작업을 수행한다. 디코더는 보조 정보 'Y'를 생성하고 인코더 측에 전송 프레임과 보조 정보 간 비트 에러율 (BER)을 인코더에 보고한다. 인코더는 디코더로부터 보고 받은 비트 에러율에 따라 적절한 양의 패리티 비트를 전송한다. 이 장의 1절은 채널 코더의 성능과 비트율을 제어하는 방법에 대하여 살펴본다. 이어서 2절에서는 보조 정보 'Y'를 생성하는 방법에 대해 간략하게 설명한다. 패리티 비트를 수신한 디코더는 디코더 내의 채널 디코더로 양자화된 정보를 표현하는 비트열 중 인코더에서 송신한 일부 비트들만을 복호 한다. 이 과정을 위해 보조 정보 Y는 전송 정보 X에 비트 에러가 발생한 것으로 인식되어 수신된 패리티 비트와 함께 채널 디코더에 입력된다. 채널 디코더의 출력이 되는 전송 정보 비트열의 일부 비트들은 또 다시 보조 정보 Y를 참조함으로써 전송 정보 비트열 전체를 복호하는데 이용된다. 이 과정은 이장의 3절에서 자세히 설명한다.

### 1. 채널 코더 (Channel Coder)

#### 1.1 채널 코더의 성능

Shannon의 코딩 이론에 따르면 채널 코더의 디코더가 전송 정보 'X'에 대한 예측 값인 보조 정보 'Y'를 가지고 있을 때 인코더 측에서의 'X'에 대한 이상적인 최소 정보 전송률은  $H(X|Y)$ 이다. X와 Y의 관계를 에러율 p인 BSC (Binary Symmetric Channel)로 가정하고  $H(X|Y)$ 를 구하면  $H(X|Y) = p \cdot \log(1/p) + (1-p) \cdot \log(1/(1-p))$ 가 된다. 즉, X와 Y간 비트 에러율 p가 0.1이라면  $H(X|Y)$ 는 0.47bit이며 이는 'X' 한 비트에 대한 정보를 전송하기 위한 이상적인 최소 패리티 비트 전송량은 0.47bit임을 의미한다.  $H(X|Y)$ 는 에러율 0.01과 0.001에서는 각각 0.081과 0.011비트이다. 즉, X와 Y간의 비트에러율이 0.001이면, 압축율은 1%까지 내려갈 수 있게 된다.

터보 코더의 패리티 비트 전송률은 puncturing을 통하여 조절 된다. 예를 들어, 패리티 생성함수  $G(X)$ 가 {1011,

1101}인 터보코더로 생성된 입력과 크기가 같은 두 개의 패리티 스트림에 대하여 4 비트 당 (세 비트를 puncturing함으로써) 1 비트를 전송하면, 'X' 1 비트에 대하여 0.5비트를 전송하는 셈이 된다. 디코더에서는 전송되지 않은 패리티 비트는 erasure로 처리한다. 즉, 0과 1의 확률을 똑같이 0.5로 한다.

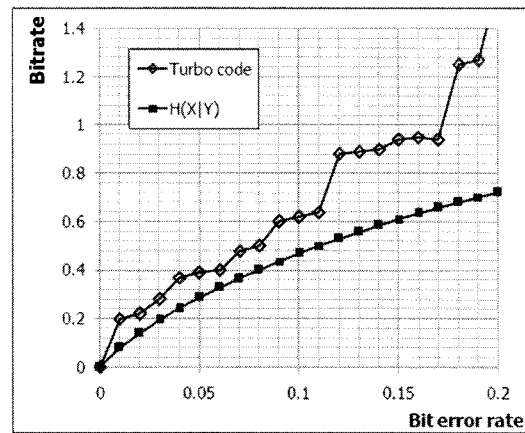


그림 6. 터보코더의 성능 (1000 bit/frame)  
Fig. 6. Performance of Turbo coder (1000 bit/frame)

그림 6은 에러율에 대한 터보코더의 최적 패리티 전송율과 이상적인 최소 패리티 전송률인 엔트로피  $H(X|Y)$ 를 비교한 것이다. 터보코더 입력 프레임의 크기는 1000비트로 하였다. 비트에러가 커질수록 이상적인 엔트로피와 성능 차이가 커지며 비트에러가 0.18이 되는 순간부터 압축이 발생하지 않는다. 그러나 작은 비트에러율에서는 압축 코더로서의 활용 가치를 입증하고 있다.

#### 1.2. 비트율 제어

DVC의 채널 코더 최적 비트율은 전송정보 X와 보조정보 Y간의 통계적 의존성을 이용하여 구한다. 보조 정보 Y가 디코더에만 존재하기 때문에 각 프레임에 대하여 몇 비트들을 전송해야 하는지를 결정하는 것은 매우 어려운 일이다. 이를 해결하기 위하여 피드백이 필요하다. 피드백을 허용하게 되면 디코더는 지금까지 수신한 비트만으로 디코딩을 시도하고 만일 채널 디코딩이 실패할 경우 디코더는 인코더측에 추가 비트를 요구할 수 있게 된다. 이를 "Decode

and Request” 방식<sup>[8][9]</sup>이라고 한다. 다른 방법으로는 [7], [11]과 같이 디코더가 이전에 만들어진 프레임들을 활용하여 가상 채널 계산 알고리즘을 수행 후 예측한 비트율 정보를 인코더에 피드백 할 수도 있다. 즉, 이러한 방법은 디코더에서 이전에 확보된 프레임들과 그에 대한 보조정보 간의 노이즈에 대한 통계 값을 인코더로 피드백 함으로써 전송프레임과 보조정보 간의 비트에러를 예측할 수 있게 한다. 피드백을 하는 이러한 방식들은 인코더의 부담이 적고, 디코더만을 교체함으로써 전체 시스템의 압축 성능을 개선할 수 있는 특성을 가진다. 그러나 피드백으로 인한 지연이 발생한다.

## 2. 보조 정보 생성 (Side Information Generate)

보조 정보 Y가 전송 정보 X와 가까울수록 적은 량의 패리티 비트 전송만으로 X를 복호할 수 있다. 일반적으로 보조정보는 메모리에 저장된 시간적으로 가까운 프레임들 간의 움직임을 측정하고 그로부터 현재 프레임에 대한 움직임을 예측함으로써 획득될 수 있다. 움직임을 측정하는 과정은 디코더의 계산 부담을 커지게 한다. 그림 7은 시간적으로 한 프레임 이전 프레임과 한 프레임 이후 프레임 간의 움직임을 측정하여 이전 프레임과 현재 프레임 간의 움직임을 예측해내는 과정을 나타낸다. 예를 들어 현재 프레임 내의 블록  $A_n$ 과 가장 비슷한 값의 블록을 이전 프레임에서 찾기 위하여 이후 프레임의 같은 위치 블록  $A_{n+1}$ 에 대한 움직임 벡터인 블록  $A_{n-1}$ 과 블록 B (이전 프레임 내에서  $A_{n+1}$ 과 가장 비슷한 값을 가지는 블록) 간의 변위차를 구한다. 이 때 구한 움직임 값의 반 값을 적용하여 얻어지는 블록 C가 구하려는  $A_n$ 에 대한 예측 블록이 된다.

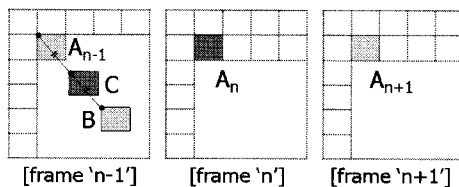


그림 7. 움직임 보간의 과정  
Fig. 7. Motion Inter/Extrapolation

논문[15]는 움직임 보간(외)법을 사용하여 새로운 프레임 만들어 낼 때 보간(외) 하려는 벡터에 대한 신뢰성을 벡터 필드의 통계적 특성을 분석 하여 판단하는 방법을 소개 하였다. 여기서 신뢰성이 있다고 판단되는 벡터는 단순히 최소 오차 블록과의 변위가 아닌 시간적으로 판단할 수 있는 블록단위의 실제 움직임을 의미한다. 이러한 벡터를 실제 움직임 벡터 (True Motion Vector)라고 표현하며 실제 움직임 벡터가 아닌 단순히 오차가 작은 벡터를 보간(외)할 경우 실제 블록의 값과 오차가 큰 블록을 예측 블록으로서 선택할 수도 있게 된다. 논문 [16]은 보조정보 생성과 텍스처 정보 디코딩 과정을 반복적으로 상호 보완하며 수행하는 방법을 제시하였다. 즉, 저 비트율의 텍스처 정보로 디코딩한 프레임을 이용하여 보조 정보를 재생하고 재생된 보조정보를 이용하여 다시 텍스처 정보를 디코딩 한다. 논문은 이러한 과정을 반복적으로 수행하여 저 비트율의 텍스처 정보만으로 화질을 향상 시킬 수 있는 가능성에 대하여 논하였다.

## 3. 텍스처 코더 (Texture Coder)

텍스처 코더로의 입력 정보는 전송 프레임의 양자화 된 픽셀 값 혹은 주파수 계수이며 입력 정보에 따라 PDWZ (Pixel Domain Wyner-Ziv)와 TDWZ (Transformed Domain Wyner-Ziv)로 표현<sup>[7]</sup> 되기도 한다. 입력된 정보는 비트 단위로 코딩되며 디코더가 전송하려는 프레임과 통계적 특성이 비슷한 보조 정보를 가지고 있다는 것을 알고 있는 텍스처 인코더는 비트율 절약을 목적으로 각 입력 정보의 비트 중 일부만을 코딩한다. 코딩 방식에는 상위 비트 우선 코딩 방식<sup>[7]</sup>과 하위 비트 우선 코딩 방식<sup>[8]</sup>이 있다.

### 3.1. 상위 비트 우선 코딩 방식

상위 비트 우선 코딩 방식은 전송하려는 정보의 상위 비트부터 코딩하는 방식을 말한다. 그림 8은 상위 비트 우선 코딩 방식의 예를 나타낸 것으로서 X는 소스의 정보, U는 X를 양자화한 정보로서 전송 정보를 의미한다.

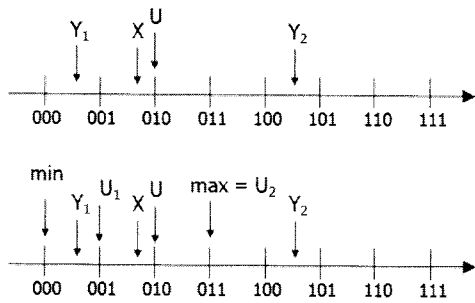


그림 8. 상위 비트 우선 코딩 방식의 비트 전송 및 복호 과정  
 Fig. 8. Transmission and decoding process of MSB priority coding method

디코더로 송신되는 U의 최상위 비트인 '0'은 U에 대한 값의 범위를 '000'에서 '011'로 줄인다. 만일, 디코더에서 X에 대응되는 보조 정보가 Y1이면 Y1은 언급된 범위 내의 값이므로 Y1에 대한 양자화 정보 U1을 최종 값으로 선택한다. 반면 보조 정보가 범위 밖의 값인 Y2이면 디코더는 범위 내에서 Y2와 가장 가까운 값인 U2를 최종 값으로 선택한다. 상위 비트의 전송은 전송 정보 U가 포함된 범위를 줄이는 역할을 하며 전송 비트 수를 증가시킴으로써 범위를 줄여나갈 수 있다. 이러한 방식은 전송 정보와의 오차가 커 보조 정보로서의 가치가 없는 Y2와 같은 정보가 보조 정보로서 이용될 경우에도 디코드 되는 값(U2)이 상위 비트 전송으로 확보된 범위 밖을 벗어나지 않는다는 장점이 있다. 그러나 보조 정보를 양자화 한 값이 전송 정보와 일치하지 않는 한 전송 정보에 대한 비트를 모두 전송하지 않는다면 디코드 되는 정보에는 항상 오차가 존재 한다. 즉 손실 텍스처 코더로 해석 될 수 있다.

3.2. 하위 비트 우선 코딩 방식

하위 비트 우선 코딩 방식은 전송 정보를 표현하는 비트 열 중 하위 비트를 먼저 코딩하는 방식을 말한다.

그림 9에서 전송 정보 U의 최하위 비트 '0'의 전송은 디코더에게 최하위 비트에 따라 설정된 두 개의 U의 후보 값들에 대한 집합(coset)들  $S_0 = \{000, 010, 100, 110\}$ ,  $S_1 = \{001, 011, 101, 111\}$  중 U가  $S_0$ 에 포함되어 있음을

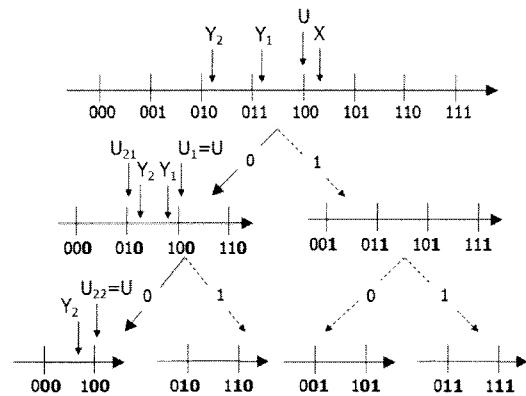


그림 9. 하위 비트 우선 코딩 방식의 비트 전송 및 복호 과정  
 Fig. 9. Transmission and decoding process of LSB priority coding method

알려준다. 만일 U에 대응되는 보조 정보가 Y1이면  $S_0$ 의 원소들 중 Y1과 가장 가까운  $U_1$ 을 선택함으로써 올바른 값이 디코드 된다. 반면 보조 정보가 Y2이면  $U_{21}$ 를 선택하게 되어 잘못된 값이 디코드 된다. 이 경우  $U_{21}$ 는 보조 정보인 Y2보다 전송정보 U와의 오차가 더 크기 때문에 정보를 전송 하고도 오히려 품질을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 이러한 상황을 피하기 위해서 그 다음의 하위 비트인 '0'의 추가 전송이 요구된다. 추가 비트 전송으로 디코더는  $S_0$ 의 부분 집합인  $S_{00} = \{000, 100\}$ ,  $S_{01} = \{010, 110\}$  중  $S_{00}$ 를 선택하게 되고  $S_{00}$ 의 원소 중 Y2와 가장 오차가 적은  $U_{22}$ 가 선택되어 올바른 값이 디코드 된다. 하위 비트 우선 코딩 방식은 전송 정보와 보조 정보간의 오차에 따라 충분한 비트 수가 전달된 경우 노이즈 없는 정보 전달을 가능하게 하지만 비트 수가 부족할 경우 오히려 보조정보보다도 전송정보와의 거리가 더 먼 값을 최종 값으로 선택할 수 있는 상황을 발생시킬 수 있다. 즉 상위 비트 우선 코딩 방식과 달리 무손실 텍스처 코더로 사용되는 것이 적합하다.

V. 코딩 방식에 따른 DVC의 성능

본 장에서는 PDWZ와 TDWZ에 대하여 상위 비트 우선

코딩 방식과 하위 비트 우선 코딩 방식을 적용 하고 각각의 성능을 비교 분석 한다. IV장에서 언급한 바와 같이 상위 비트 우선 코딩 방식은 손실성 전송방식이며 하위 비트 우선 코딩 방식은 무손실 전송 방식에 적합하다. 그러므로 하위 비트 우선 코딩 방식의 경우 디코더측에서 복호한 심볼이 올바른 값인지를 확인 후 그렇지 않을 경우 추가 비트를 요구해야 한다. 복호한 심볼이 올바른 값인지 확인하기 위한 방법으로 본 논문에서는 8x8 블록 당 5 비트의 CRC (Cyclic Redundant Code)를 전송<sup>[8]</sup>한다고 가정하였다. 또한 이 방식은 비교적 전송 정보와 보조 정보 간의 상관성이 작은 하위 비트부터 처리 되므로 양자화 과정을 통하여 상관성을 크게 함으로써 비트에러율을 줄였다. 물론 그에 따른 양자화 노이즈가 발생한다. 상위 비트 우선 코딩 방식의 경우 비교적 전송 정보와 보조 정보 간의 상관성이 큰 상위 비트부터 처리 되므로 양자화를 하지 않았다. 그림 10은 각각의 코딩 방식에 대한 구조를 나타낸다.

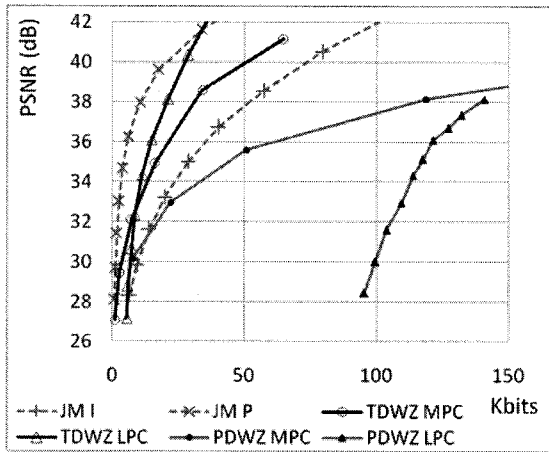


그림 10. 코딩 방식에 따른 DVC의 구조 (위쪽부터 상위 비트 우선 코딩 방식의 PDWZ, TDWZ, 하위 비트 우선 코딩 방식의 PDWZ, TDWZ)  
 Fig. 10. DVC structure of each coding method (PDWZ, TDWZ of MSB Priority Coding Mode, PDWZ, TDWZ of LSB Priority Coding Mode, from up to down)

그림 11은 그림 10의 코딩 방식에 따른 DVC의 성능을 JM12.4와 비교한 것이며 시퀀스는 Forman/CIF/15fps를 사용하였다. 새로 축은 1번 프레임과 3번 프레임을 참조 프레임으로 하여 복호된 2번 프레임에 대한 화질, 가로 축은 전

송 비트량을 나타낸다. 비교된 코딩 방식들은 다음과 같다.

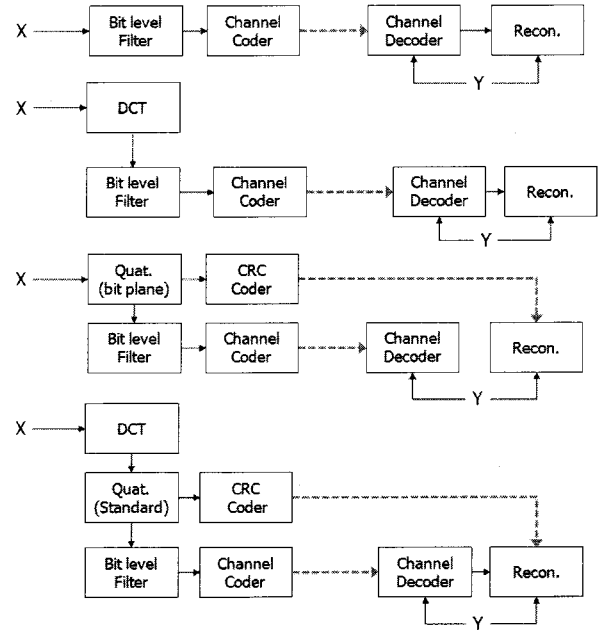


그림 11. 각각의 코딩 방식과 JM12.4의 RD 성능  
 Fig. 11. RD performance of each coding method and JM12.4

- ① JM-I: JM12.4의 Intra Coding Mode
- ② JM-P: JM12.4의 P Picture Coding Mode
- ③ PDWZ-MPC: PDWZ와 상위 비트 우선 코딩 방식 (MSB Priority Coder)이 결합된 방식
- ④ PDWZ-LPC: PDWZ와 하위 비트 우선 코딩 방식 (LSB Priority Coder)이 결합된 방식
- ⑤ TDWZ MPC: TDWZ와 상위 비트 우선 코딩 방식이 결합된 방식
- ⑥ TDWZ LPC: TDWZ와 하위 비트 우선 코딩 방식이 결합된 방식

패리티 비트 전송량, 즉 DVC 시스템의 정보 전송량은 터보 코더의 실제 패리티 비트 전송량이 아닌 전송 정보와 보조 정보 간 에러율을 측정하여 계산한 이상적인 전송량  $H(X|Y)$ 로 하였다(IV장 1절 참조). 터보 코더를 통한 실제 패리티 비트의 전송은 터보 코더의 전송률을 결정하는 puncturing 방법에 있어서 연구가 더 진행 되어야 하므로 본 논



문의 실험에서는 제외되었다. 실험 결과 TDWZ이 PDWZ보다 좋은 성능을 보이며 TDWZ의 성능은 표준 코덱의 예측 프레임 코딩 모드의 성능에는 미치지 못하지만 인트라 코딩 모드의 성능 보다 뛰어나다. 반면 PDWZ의 성능은 인트라 코딩 모드의 성능에도 미치지 못한 결과를 보인다. 이는 픽셀 값 보다 변환 블록 내의 모든 픽셀 값의 정보를 조금씩 나누어 가지는 주파수 계수 값이 전송 프레임과 보조 정보 간 상관성이 더 높음에 기인한다. 또한 같은 TDWZ 중에서도 기존 코덱의 양자화기를 사용한 무손실 전송 방식의 하위 비트 우선 코딩 방식이 상위 비트 우선 코딩 방식 보다 좋은 성능을 보인다. 다음장에서는 Spatial SVC로서의 DVC의 가능성에 대하여 논하며 위에서 비교된 알고리즘들 중 가장 성능이 좋은 TDWZ-LPC를 사용한다.

### W. Spatial Scalable DVC

SVC로서의 DVC 또한 하나의 연구 분야로서 각광 받고 있다. [19], [20]에서의 SNR-SVC로서의 DVC에 대한 연구가 그 예라 할 수 있다. 이 장에서는 간단한 실험을 통하여 Spatial SVC (Scalable Video Codec)로서의 DVC에 대한 가능성에 대하여 논한다.

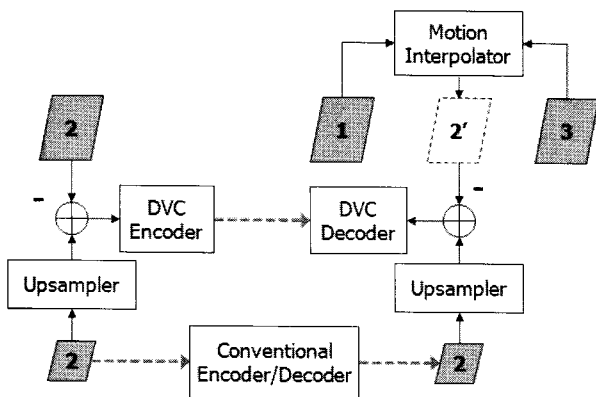


그림 12. 공간 계층화 코더로서의 DVC의 구조  
Fig. 12. DVC structure as a spatial scalable video coder

그림 12는 Spatial SVC로서의 DVC에 대한 가능성을 알

아보기 위해 설계된 하나의 Spatial SVC-DVC 구조를 나타낸다. 실험은 공간 상위 계층 (Spatial Enhancement Layer)에 대한 성능에 초점을 맞추었으므로 기본 계층 (Base Layer)은 기존의 SVC코덱 (JSVM 7.4)을 사용하는 것으로 하였다. DVC 인코더로 전송되는 전송정보 'X'는 저해상도의 기본 계층과 고해상도의 상위 계층 간의 오차 (Residual) 정보이다. 디코더는 복호되어 메모리에 저장된 향상 계층들 중 시간적으로 현재프레임과 가장 가까운 프레임들의 움직임 추정하여 현재 프레임의 향상 계층에 대한 예측치를 만든다. 이러한 움직임 보간(외) 과정으로 만들어진 예측치와 기존의 코덱으로 복호된 현재프레임의 기본 계층 간 오차 정보가 보조 정보 'Y'가 된다.

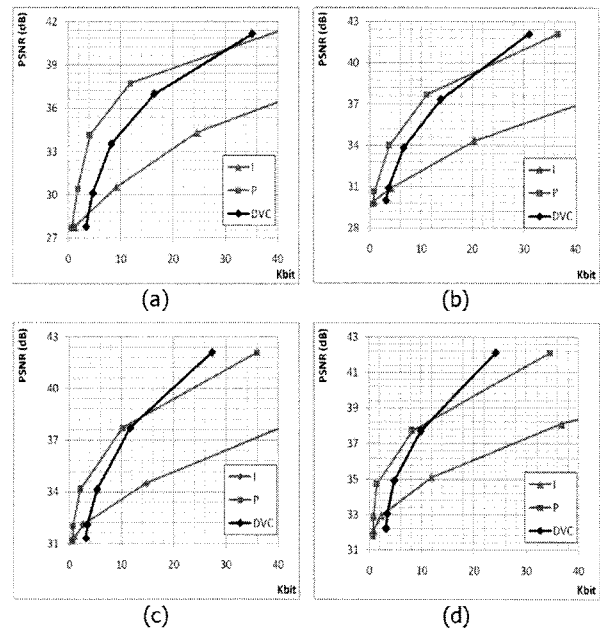


그림 12. 기본 계층의 양자화 파라미터에 따른 공간 계층화 코더로서의 DVC의 성능, 기본 계층의 양자화 파라미터 (a) 40, (b) 34, (c) 28, (d) 22  
Fig. 12. RD performance of DVC as a spatial scalable video coder with different quantization parameters of base layer whose value is (a) 40, (b) 34, (c) 28, (d) 22

실험에서 시퀀스는 공간 기본 계층에는 Foreman/QCIF/15fps 공간 상위 계층에는 Foreman-CIF/15fps가 사용되었다. 비교 대상인 SVC로는 JSVM7.4가 사용되었다. 그림 12는 기본 계층의 비트수를 제외한 상위 계층과 기본 계층

간의 오차 정보에 대한 비트 수와 복호된 상위 계층의 화질을 나타낸다. DVC는 V장에서 비교분석된 코딩 방법들 중 가장 좋은 성능을 나타낸 TDWZ-LPC방법을 사용하였다. 그림은 앞 장에서 살펴본 AVC (Advanced Video Codec)로서의 DVC성능과 마찬가지로 DVC의 성능이 P 코딩에 비교적 근접하였음을 보여준다. 또한 기본 계층의 화질이 변하여도 안정적인 성능을 나타냄을 확인할 수 있다. Spatial SVC에서 기본 계층과 향상 계층 간 중복되는 정보는 텍스처 정보 뿐만이 아니라 움직임 정보도 있으며 이러한 중복성들을 잘 활용한다면 성능을 개선할 수 있는 여지는 더 남아있다고 할 수 있다. DVC의 장점 (저 연산의 인코더)을 강화하기 위해서는 기본 계층 또한 DVC 방식으로 코딩되어야 할 필요가 있으며 AVC로서의 DVC 성능이 더욱 개선되어야 할 필요가 있다.

## Ⅶ. 향후 과제

이 장에서는 앞 장에서 살펴본 Spatial SVC로서의 DVC에 대한 성능 개선 방향에 대하여 논한다. 공간 상위 계층에 대한 전송 프레임의 예측치를 생성하는 과정은 전송 프레임에 대한 공간 기본 계층을 디코더에서 확보하고 있다는 점에서 AVC로서의 DVC보다 유리한 위치에 있다고 할 수 있다. 즉, 움직임 보간(외) 과정을 통하여 예측 불확을 선택할 때 기본 계층 정보는 중요한 힌트를 줄 수 있다. 이러한 점을 이용한다면 더 나은 성능의 공간 계층화 코더로서의 DVC가 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] <http://www.discoverdvc.org>
- [3] F. Pereira and P. Correia and E. Acosta and L. Torres and C. Guillemot and M. Ouaret and F. Dufaux and T. Ebrahimi and R. Leonardi and 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] M. Tilson, and J. R. Saltzman, "Small Bowel Bleeding and Capsule Endoscopy", Harvard, Medical School, Boston, Massachusetts, 2006.
- [5] P. Eisert, E. Steinbach, B. Girod, "Automatic Reconstruction of Stationary 3-D Objects from Multiple Uncalibrated Camera Views", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 10, pp. 261-277, Mar. 2000.
- [6] A. D. Wyner, "Recent Results in the Shannon Theory," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 20, no. 1, pp. 2 - 10, Jan. 1974.
- [7] B. Girod, A. Aaron, S. Rane and D. Rebollo Monedero, "Distributed video coding," in Proc. IEEE, vol. 93, pp 447-460, Jan. 2005.
- [8] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: An uplink-friendly multimedia coding paradigm," in Proc. International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Hong Kong, Apr. 2003.
- [9] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: A 'reversed' multimedia coding paradigm," in Proc. IEEE International Conference on Image Processing, Barcelona, Spain, Sept. 2003.
- [10] S. S. Pradhan and K. Ramchandran, "Distributed source coding using syndromes (DISCUS): Design and construction," in Proc. IEEE Data Compression Conference, Snowbird, UT, pp. 158 - 167, Mar. 1999.
- [11] A. Aaron and B. Girod, "Compression with side information using turbo codes," in Proc. IEEE Data Compression Conference, Snowbird, UT, pp. 252 - 261, Apr. 2002.
- [12] R.P. Westerlaken, R. Klein Gunnewiek and R.L. Lagendijk, "Turbo-Code Based Wyner-Ziv Video Compression", Twenty-sixth Symposium on Information Theory in the Benelux, pp. 113-120, May 2005.
- [13] Z. Belkoura and T. Sikora, "Towards rate-decoder complexity optimisation in Turbo-Coder based Distributed Video Coding", Proc. International Picture Coding Symposium, Beijing, P. R. China, Apr. 2006.
- [14] Y. Zhao, J. Garcia-Frias, "Turbo compression/joint source-channel coding of correlated binary sources with hidden Markov correlation," EURASIP Signal Processing Journal, Elsevier, vol. 86, N. 11, pp 3115-3122, Nov. 2006.
- [15] H. Sasai, S. Kondo and S. Kadono, "Frame\_Rate Up-Conversion Using Reliable Analysis Of Transmitted Motion Information," in Proc. IEEE, Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 5, pp 257-260, Sept. 2004.
- [16] X. Artigas and L. Torres, "Iterative Generation of Motion-Compensated Side Information for Distributed Video Coding", DISCOVER publications, Apr. 2005.
- [17] A. Aaron, S. Rane, B. Girod, "Wyner-Ziv Video Coding with Hash-Based Motion Compensation at the Receiver", in Proc. IEEE International Conference on Image Processing, vol. 5, pp. 3097-3100, Oct. 2004.
- [18] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: A new robust video coding architecture based on distributed compression principles," in Proc. Allerton Conference on Communication, Control, and Computing,

Allerton, IL, Oct. 2002.

[19] A. Sehgal, A. Jagmohan, N. Ahuja, "Scalable Video Coding Using Wyner-Ziv Codes", Proc. International Picture Coding Symposium,

PCS'04, San Francisco, CA, Dec. 2004

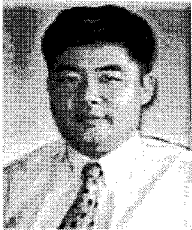
[20] H. Wang and A. Ortega, "WZS: Wyner - Ziv scalable predictive video coding," presented at the PCS, San Francisco, CA, Dec. 2004.

저 자 소 개



김 대 연

- 2006년 2월 : 경희대학교 전자공학과(학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 무선 데이터 통신, 동영상 신호처리, 멀티 미디어 시스템, IPTV



서 덕 영

- 1980년 2월 : 서울대학교 원자핵공학과(학사)
- 1985년 6월 : Georgia Tech Univ. 핵공학과(석사)
- 1990년 6월 : Georgia Tech Univ. 전자공학과(박사)
- 1990년 9월 ~ 1992년 3월 : 상공부 생산기술연구원 HDTV 연구개발단 선임 연구원
- 2002년 2월 ~ 2003년 2월 : North Carolina State Univ. 방문교수
- 1992년 3월 ~ 현재 : 현재 경희대학교 전자공학과 정교수
- 주관심분야 : 무선 데이터 통신, 동영상 신호처리, 멀티 미디어 시스템, IPTV



박 광 훈

- 1985년 : 연세대학교 공과대학 전자공학과(학사)
- 1990년 : Case Western Reserve Univ. 전기/응용물리 학과(석사)
- 1994년 : Case Western Reserve Univ. 전기/응용물리 학과(박사)
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 현대 전자 산업 주식회사, 정보 통신 연구소 책임연구원
- 1997년 3월 ~ 2001년 2월 : 연세 대학교 전산학전공 부교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 경희 대학교 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 패턴인식, 연산지능, 동영상 신호처리



김 규 현

- 1989년 : 한양대학교 공과대학 전자공학과(학사)
- 1996년 : Newcastle upon Tyne Univ. 전기/전자공학과(박사)
- 1997년 9월 ~ 2006년 2월 : 한국전자통신연구원 대화형미디어연구팀장
- 2001년 7월 ~ 2005년 7월 : MPEG 한국대표단장
- 2005년 9월 ~ 2006년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 부교수
- 2006년 2월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보대학 부교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 스트리밍, 멀티미디어 시스템, 동영상 신호처리