

일반논문-10-15-5-04

움직임 정보의 피드백을 갖는 선택적 블록 부호화에 기초한 분산 비디오 부호화 기법

김진수^{a)}, 김재곤^{b)†}, 서광덕^{c)}, 이명진^{b)}

Distributed Video Coding Based on Selective Block Encoding Using Feedback of Motion Information

Jin-soo Kim^{a)}, Jae-Gon Kim^{b)†}, Kwang-deok Seo^{c)}, and Myeong-jin Lee^{b)}

요 약

분산 비디오 부호화 기법(DVC: Distributed Video Coding)은 다양한 응용에서 낮은 복잡도의 영상 부호화를 가능하게 하는 미래 기술의 한 가지로써 많은 연구의 대상이 되고 있다. 그러나 분산 비디오 부호화 기법의 성능은 연산량의 제한으로 인하여 지그-재그 주사, 줄 길이 부호, 엔트로피 부호 그리고 스킵 매크로블록을 사용하는 기존의 국제 동영상 압축 부호화 기법에 비해 우수하지 못한 한계점이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해, 본 논문에서는 먼저 복호화기 측에서 보조정보를 얻는 과정에서 블록별 예측 왜곡을 구하고, 예측 왜곡이 큰 블록에 대해서는 움직임 정보를 피드백시켜 부호화기로 하여금 움직임 보상 프레임 차 신호를 구하여 선택적으로 부호화하는 방식을 제안한다. 모의실험을 통하여 본 논문에서 제안한 부호화 기법은 기존의 화면 간 부호화 방식들에 근접하는 뛰어난 부호화 성능을 얻을 수 있음을 보인다.

ABSTRACT

Recently, DVC (Distributed Video Coding) techniques are drawing a lot of interests as one of the future research works to achieve low complexity encoding in various applications. But, due to the limited computational complexity, the performances of DVC algorithms are inferior to those of conventional international standard video coders, which use zig-zag scan, run length code, entropy code and skipped macroblock. In this paper, in order to overcome the performance limit of the DVC system, the distortion for every block is estimated when side information is found at the decoder and then we propose a new selective block encoding scheme which provides the encoder side with the motion information for the highly distorted blocks and then allows the sender to encode the motion compensated frame difference signal. Through computer simulations, it is shown that the coding efficiency of the proposed scheme reaches almost that of the conventional inter-frame coding scheme.

Keywords: DVC, Selective Encoding, Wyner-Ziv

a) 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

School of Information Communications and Computer Engineering, Hanbat National University

b) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

School of Electronics, Telecommunication & Computer Engineering, Korea Aerospace University

c) 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

Computer & Telecommunications Engineering Division, Yonsei University

† 교신저자 : 김재곤 (jgkim@kau.ac.kr)

※ 이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(NIPA-2010-(C1090-1011-0001))과 GRRC사업[GRRC항공2010-B02]의 연구 결과로 수행되었음.

· 접수일(2010년5월7일), 수정일(2010년7월5일), 게재확정일(2010년8월18일)

I. 서론

현재까지 표준화가 완료된 국제 동영상 압축 표준은 부호화기에서 복호화기에 비해 5 ~ 10배 이상의 많은 연산을 도입하여 매우 우수한 압축률을 달성할 수 있다. 이와 같은 비디오 코덱은 방송 또는 VoD 등과 같이 한 번만 압축 부호화되고, 복호가 여러 번 행해지는 하향링크(down link) 응용에 적합하다. 하지만, 무선 저전력 감시 카메라, 멀티미디어 센서 네트워크, 무선 PC카메라와 같은 환경에서는 제한된 전력 또는 제한된 연산 등 부호화를 위한 자원 활용이 제한됨으로 인하여 최소한의 복잡도를 갖도록 구현할 필요가 있다. 이와 같은 상향링크(up link) 응용에서는 부호화기는 매우 간단한 연산만을 수행하고, 복호화기에서 높은 연산을 도입하여 시스템 성능을 개선하도록 설계하는 것이 요구된다. 이러한 응용 분야에서 기존의 고복잡도 부호화기의 문제를 해결하는 방안으로서 분산 비디오 부호화 기법(DVC: Distributed Video Coding)이 최근 활발히 연구되고 있다^{[1][2]}.

한편, 기존의 국제 표준 동영상 부호화기에서는 다양한 부호화 모드에 대한 연산을 수행하여 시공간 및 통계적 정보의 중복성을 찾아 효과적으로 제거함으로써 부호화 효율을 극대화할 수 있고, 특히 움직임이 없거나 낮은 영역은 부호화하지 않는 모드를 취함으로써 그리고 지그-재그 스캔, 줄길이 부호 및 가변 길이 부호 등을 사용하여 우수한 부호화 효율을 달성할 수 있었다. 그러나 분산 비디오 부호화 기법에서는 부호화기의 연산 능력 또는 전력 등의 자원이 제한되어 있으므로, 기존의 부호화기의 부호화 성능에 다다를 수 없는 한계가 있다. 이와 같은 분산 비디오 부호화 기법의 성능 한계를 극복하기 위해, 복호화기에서 매우 복잡한 연산을 추가적으로 도입하거나, 부호화기에서 간단한 연산을 통하여 정보의 중복성을 제거함으로써 부호화 효율을 개선시키는 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[3][4][5][6][7][8][9]}.

X. Artigas^[3]는 복호화기에서 생성된 보조정보에 추가적으로 수신되는 패리티정보를 이용하여 보조정보를 보정하고, 이 보정된 정보를 이용하여 더욱 정교한 보조정보를 구하는 방식을 제시하였다. J. Ascenso^[4]는 화소영역 WZ

(PDWZ: Pixel-Domain Wyner-Ziv) 부호화 기법에서 우수한 보조정보를 얻기 위하여 공간 움직임 정보의 평활화 기법을 제안하였으며, 이 기법을 개선하여 S. Park^[5]은 생성된 보조정보를 구성하는 블록들을 움직임정합 척도와 주위 블록간의 상관성에 기초하여 비용을 측정하고, 비용이 많이 소요되는 블록에 대해서만 패리티 정보를 달리 하도록 하는 채널 분리 기법을 사용함으로써 비트율 및 왜곡 특성을 개선시킬 수 있는 방안을 제시하였다. G. Huai^[6]는 부호화기에서 WZ프레임과 복원된 키 프레임 사이의 간단한 연산으로 움직임 영역을 검출하고, 검출된 블록에 대해서만 WZ 부호화를 하여 패리티 정보를 전송하는 기법을 제안하였다. [7]에서는 부호화기에서 코드변환과 그레이코드 변환과 같이 간단한 연산을 통하여 부호화 성능이 개선될 수 있음을 보였다. [8]에서는 보조정보를 생성하는 과정에서 얻어진 움직임 벡터를 부호화기에 전송하여 적응적인 양자화에 사용하는 분산 비디오 부호화 기법을 제시하였다. 그러나, 이러한 기존의 분산 비디오 부호화 기법은 지그-재그 주사, 줄 길이 부호, 엔트로피 부호 그리고 스kip 매크로블록과 같은 다양한 부호화 방식을 지원하는 기존의 국제 표준 동영상 부호화 기법에 비해 열등한 성능을 보인다. 본 논문에서는 이와 같이 현재까지 제안된 분산 비디오 부호화 기법이 갖는 성능의 한계를 극복하기 위해, [5]와 [7]에서 사용된 기법 등을 효과적으로 활용하여 부호화 효율을 크게 개선시키기 위한 방안을 제안한다. 제안한 부호화 기법은 [5]에서 제안한 비용 측정 방식을 변형하여 사용하고, 높은 비용이 소요되는 블록에 대해 움직임 정보를 피드백시키고, 송신측에서는 [7]에서 사용된 코드변환과 그레이코드로 변환하여 전송함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 구조를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 제 II장에서는 기존의 기본적인 PDWZ 코덱 구조를 살펴보고, 이를 개선하기 위한 기존의 선택적 부호화 기법에 대해 자세히 살펴본다. 제 III장에서는 기존에 사용된 보조정보 생성 기법^[7]에 기초한 움직임 정보 피드백 기법을 제안하고, 코드변환과 그레이코드를 사용한 PDWZ 코덱구조를 제안한다. 이를 바탕으로 제안된 움직임 정보 피드백을 이용한 제안 방식의 동작에 대해 설명한다. 제 IV장에서는 모의실험을 통하여, 본

논문에서 제안한 기법이 가상채널 잡음을 낮출 수 있으며, 또한 우수한 R-D 특성을 갖는 것을 기존의 기법과 비교 분석한다. 끝으로, 제 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 부호화 효율 개선을 위한 PDWZ구조와 선택적 부호화 기법

1. PDWZ 코덱 구조와 성능 개선

PDWZ 코덱은 부호화기에서 변환 기법과 같은 부가적인 연산을 사용하지 않음으로써 연산량 절감에 효과가 있어 많은 관심의 대상이 되고 있다. 그림 1은 가장 간단한 형태의 PDWZ 코덱 구조의 예를 나타내고 있다. WZ부호화기에서는 홀수 프레임과 짝수 프레임으로 각각 나누어 다른 방식으로 부호화하는데, 홀수 프레임은 키 프레임으로서 기존의 H.264 화면내 부호화 방식을 통하여 부호화되어 전송된다. 짝수 프레임은 WZ 프레임으로서 스칼라 양자화를 적용하여 정보량을 줄이고, 각 비트 플레인 단위로 채널 부호화 효율이 높은 LDPC(Low Density Parity Check) 코드로 부호화된 후에 패리티 정보만이 부호화기측으로 전송된

다. 복호화기측에서는 수신된 키 프레임의 복원된 영상정보를 이용하여 다양한 시공간 예측 기법을 통하여 WZ 프레임의 최적인 예측치 즉, 보조정보(SI: Side Information)를 생성한다. 생성된 보조정보는 부호화기측과 동일하게 양자화되고, 각 비트 플레인 단위로 수신되는 패리티 정보에 대한 유효부하로 사용되어, LDPC 복호를 수행하며 복호된 신호의 비트-오류율을 계산하여 만족되는 품질 때까지 수신측에 추가적인 비트를 요청한다. 이렇게 해서 만족할만한 품질로 복호된 신호는 역양자화 되어 WZ 프레임에 대한 복원된 영상을 얻게 된다.

2. 코드할당과 그레이코드를 사용한 PDWZ 코덱

그림 1과 같은 매우 간단한 구조의 PDWZ 코덱은 뛰어난 성능을 기대할 수 없다. 이에 [7], [10] 등에서는 그레이 코드와 같은 매우 간단한 연산을 도입하여 성능을 개선하는 방안을 제안하였다. 그림 2는 [7]에서 제안한 구조이며, 동작 방식에 대하여 간단히 요약하면 다음과 같다. 먼저 이웃하는 프레임 사이에 존재하는 시간적 중복성을 제거하기 위해 WZ 프레임은 이전에 복원된 키 프레임의 화소값을 참조하여 프레임 차 신호를 구하고, 그 값을 양자화한다.

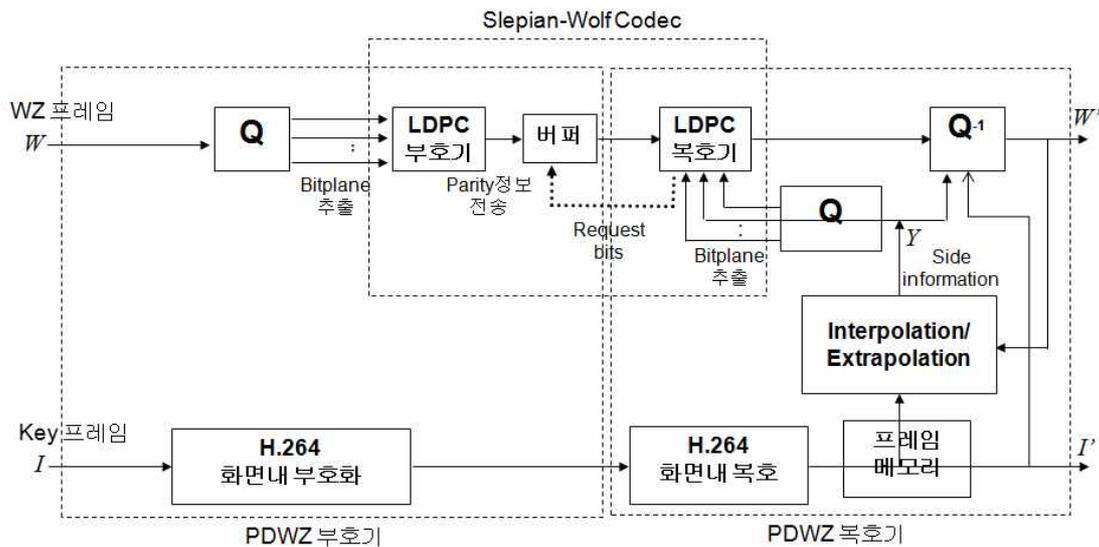


그림 1. 간단한 PDWZ코덱의 구조
Fig. 1. A simple PDWZ structure

프레임 간 밝기 값 차이 신호는 0을 중심으로 좌우 대칭인 라플라시안 분포 특성을 보이며, MSB(Most Significant Bit) 비트 측을 갈수록 코드를 할당함으로써 가상채널 잡음에 의한 부호화 손실을 줄일 수 있게 된다. 또한, 이전 형태의 밝기 값 표현은 미세한 밝기 차이라도 비트 플레인 별로는 매우 상이한 표현을 가지게 되며, 이는 가상채널의 양이 많은 것으로 해석될 수 있으므로, 그레이코드로 변환하여 사용한다. 이렇게 함으로써 MSB비트에 발생 가능한 비트 오류를 줄이고, 또한 가상 채널 잡음을 줄임으로써 부호화 효율을 개선할 수 있게 된다. 코드할당과 그레이코드 변환을 수행한 후에는 LDPC 부호화기에 입력시킨다. 이렇게 해서 발생된 패리티 정보는 버퍼에 저장된 후에 수신측의 “request-and-decode”방식에 의한 요구에 따라 전송된다. 그러나 그림 1의 방식에 비해 부호화 효율을 상당 부분 개선시킬 수 있으나, 이 방식은 움직임이 있는 영역과 없는 영역에 상관없이 패리티 정보를 전송하므로 여전히 우수한 부호화 성능을 달성할 수 없는 한계가 있다.

3. 채널 분리 방식에 의한 선택적 부호화 방식을 갖는 PDWZ 코덱

기존의 국제 표준 부호화기는 다양한 부호화 모드 연산을

수행하여 부호화 효율을 극대화할 수 있고, 특히 움직임이 없거나 낮은 영역은 부호화하지 않는 모드를 취함으로써 우수한 부호화 효율을 달성할 수 있었으나, 분산 비디오 부호화 기법에서는 부호화기의 연산 능력 또는 전력 등의 자원 제한으로 인해 기존의 부호화기에 비해 열등한 성능을 보인다. 이를 극복하기 위해 [5]에서는 수신측에서 보조정보 생성과정에 얻어지는 블록별 비용함수를 도입하고, 이에 기초하여 비용이 높은 블록에 대해서만 송신측에 WZ 부호화를 요청하는 방안을 제안하였다. 간단히 요약하면 다음과 같다.

먼저, 보조정보 생성시에 이전 키 프레임과 이후 키 프레임 사이에 존재하는 일정한 움직임을 가정하고, 양방향 비용(bilateral cost)을 측정한다.

$$C_{bilateral} = \sum_{p \in M} \left| \frac{I_{2k-1}(p-v/2) - I_{2k+1}(p+v/2)}{2} \right|, \quad (1)$$

여기서, M은 보조정보 생성 시에 사용되는 주어진 블록이고, p는 그 블록에 속하는 화소 위치를 나타낸다. 그리고 이웃 정합 비용(side matching cost)은 다음과 같이 측정된다.

$$C_{side} = \sum_{p \in B} |\hat{I}_{2k}(p) - \hat{I}_{2k}(k(p))|, \quad (2)$$

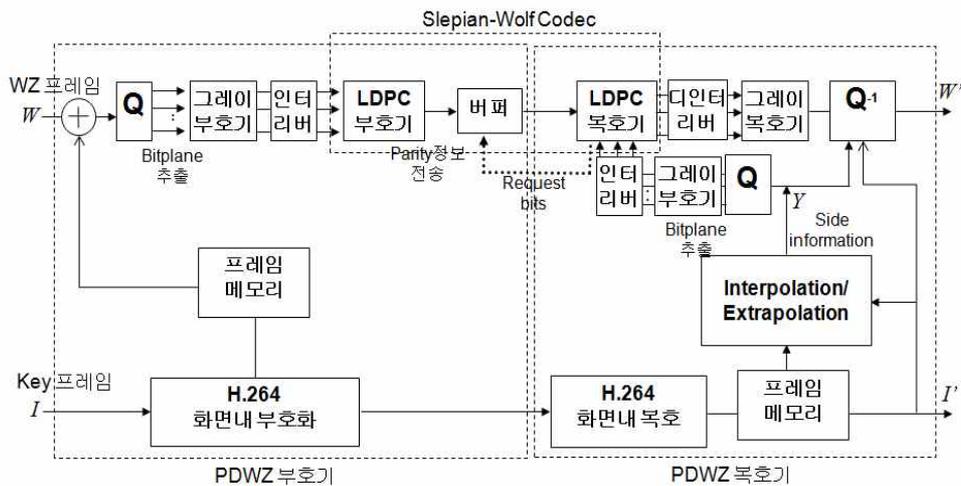


그림 2. 코드할당과 그레이코드를 사용한 PDWZ코덱의 구조^[6]
Fig. 2. A PDWZ structure with code conversion and gray code

여기서, B 는 생성된 보조정보의 주어진 블록의 경계에 있는 화소 그룹이고, p 는 그 블록에 속하는 화소 위치를 나타낸다. $k(p)$ 는 p 와 이웃하는 화소를 나타낸다. 식(1)과 (2)로 측정된 비용은 다음과 같이 총 비용으로 더해진다.

$$C = \alpha C_{bilateral} + (1 - \alpha) C_{side}, \quad (3)$$

이렇게 해서 얻어진 총 비용은 크기순으로 정렬되고, [5]에서는 모의실험을 위해 전체 50%만 비신뢰블록으로 분류하고, 송신측에 패리티 비트를 요구하며, 수신측은 이 블록에 대해서만 복호를 수행한다.

III. 대칭형 움직임 추정과 움직임 정보에 의한 선택적 부호화 기법

1. 대칭형 움직임 추정을 갖는 보조정보 생성 기법

분산 비디오 부호화 기법에서 보조정보 생성 방식은 전체 시스템의 성능에 매우 큰 영향을 미친다. [5]에서는 J. Ascenso^[4]가 제안한 방식을 순방향 탐색과 역방향 탐색을 양방향 대칭 블록 탐색 기법을 도입하였다. 그러나 본 논문에서는 움직임이 선형적이라고 가정하고, 움직임 벡터의 절반에 대해서도 대칭적인 탐색을 갖도록 움직임 벡터를 구한다. 즉, 가변적인 블록 크기에 대한 움직임 벡터를 얻는 [9]의 방식을 고정된 크기의 블록에 대한 보조정보를 생성하도록 변형한다. 본 논문에서는 다음의 식을 최소화하도록 하는 움직임 벡터(v^*)를 구한다.

$$v^* = \arg \min_v [SAD_f(v) + SAD_b(v) + SAD_m(v)]$$

$$SAD_f(v) = \sum_{p \in M} |I_{2k-1}(p) - I_{2k+1}(p+v)|$$

$$SAD_b(v) = \sum_{p \in M} |I_{2k+1}(p) - I_{2k-1}(p-v)|$$

$$SAD_m(v) = \sum_{p \in M} |I_{2k+1}(p+v/2) - I_{2k-1}(p-v/2)| \quad (4)$$

여기서, p 는 주어진 탐색을 하고자 하는 가변 블록 M 에 속하는 화소의 좌표를 나타낸다. $SAD_f(v)$ 는 이전 키 프레임

에서 이후 키 프레임으로의 순방향 움직임을 추정하기 위해 도입된 SAD(Sum of Absolute Difference)값이고, $SAD_b(v)$ 는 역방향 움직임을 추정하기 위해 도입된 SAD값이다. 그러나 $SAD_f(v)$ 와 $SAD_b(v)$ 는 키 프레임에 특정 물체가 있음을 움직임 벡터 v 로 근사화해서 찾는 관계식이며 동시에 워너-지브 프레임에 그 물체가 선형적으로 위치한다는 가정 하에서 계산되는 값이다. 그렇지만 실제 워너-지브 프레임 내의 현재 블록 위치와 동일한 위치에서 양쪽 방향으로의 움직임을 추정하여 가중 평균함으로써 더욱 성능을 보정할 필요가 있으며, $SAD_m(v)$ 는 이와 같은 목적으로 도입된다. 이렇게 해서 최적인 v^* 를 식(4)을 통해 구해지면, 워너-지브 프레임은 다음과 같이 보상된다.

$$\hat{I}_{2k}(p) = \frac{I_{2k-1}(p-v^*/2) + I_{2k+1}(p+v^*/2)}{2} \quad (5)$$

그림 3은 제안한 고정된 블록 크기에 대해 블록 중심 대칭형의 움직임 탐색 기법을 나타내고 있다.

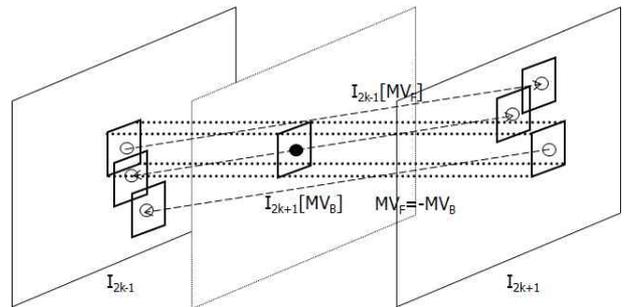


그림 3. 블록 중심 대칭형의 움직임 탐색 기법
Fig. 3. Block-centered motion estimation

2. 움직임 정보의 피드백 전송에 의한 선택적 부호화 기법

[5]에서 제안한 방식은 보조정보 생성 시에 발생하는 블록 별 비용을 측정하여 비용이 큰 블록에 대해 그 블록 주수에 해당되는 인덱스를 피드백하며, 송신측에서는 그 블록에 대한 화소 밝기 값을 LDPC부호화하여 패리티 정보를 전송하는 방식을 사용한다. 본 논문에서는 [5]의 방식을 개

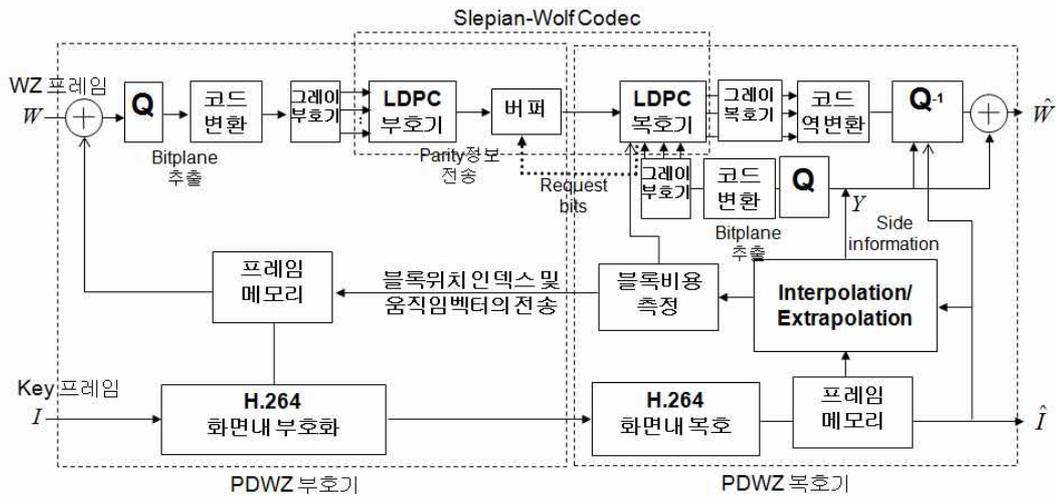


그림 4. 움직임 벡터 피드백 전송을 갖는 PDWZ코덱의 구조
 Fig. 4. A PDWZ codec structure with the feedback of motion information

선하여 복호화기에서 비용을 계산하고, 비용이 큰 블록의 위치에 대한 인덱스와 움직임을 부호화기로 피드백 전송하는 방안을 제안한다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 움직임 정보 피드백에 의한 선택적 부호화 기법에 대한 화소영역 WZ 코덱의 구조도를 나타내고 있다. 그림 5는 제안하는 PDWZ 디코더의 제어에 대한 동작 방식을 흐름도로 설명하고 있다. 먼저, 복호화기에서 i 번째 블록에 대해 식(4)의 척도를 이용하여 식(5)로 결정되는 보조정보를 생성하고, 생성된 i 번째 블록에 대해 식(1)-(3)을 이용하여 비용을 측정한다. 이렇게 측정된 비용 값이 클수록 해당 블록에 대한 시공간적 일치 정도가 매우 낮음을 의미한다. 이렇게 해서 모든 블록에 대해 보조정보를 생성하고 더불어 시공간 비용을 측정된 후에 최대에서부터 최소까지 정렬을 한다. 정렬된 비용 값을 기준으로 적절한 문턱치(T)값 이상에 해당되는 블록에 대해서는 그 블록 위치에 해당되는 인덱스 값과 움직임을 부호화기로 피드백 전송한다.

부호화기에서는 피드백되어 온 블록 인덱스와 움직임 벡터를 이용하여 해당 블록에 대해서만 가로선 주사 방식에 의한 순서로 움직임 보상 오차 신호를 구하고, 그 값을 양자화한다. 양자화된 값은 코드변환과 그레이부호기를 이용하여 부호화함으로써 가상채널 잡음에 의한 효과를 줄이는

방안을 사용한다. 분산 비디오 부호화 기법에서는 연산량의 제한으로 인하여 최적인 움직임 보상 프레임 차 신호를 얻는 것이 제한적이지만, 복호화기에서 피드백 전송되어 온 움직임 벡터를 이용함으로써 부호화 효율을 개선시킬 수 있게 된다. 이때, 움직임 정보가 수신되지 않는 블록은 어떤 정보도 발송하지 않는다.

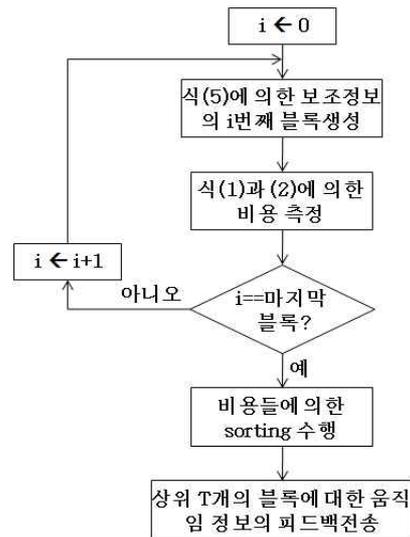


그림 5. 제안한 PDWZ 복호화기의 제어 흐름도
 Fig. 5. Flow chart for the control of the proposed PDWZ decoder

IV. 모의실험 결과 및 검토

모의실험에 사용한 영상 시퀀스는 비교를 위해 Discover [2] 코덱에서 사용한 영상 시퀀스이고, QCIF 30Hz로 구성된 Foreman, Salesman, Coast, Hall 그리고 Soccer 시퀀스를 사용하였다. 먼저, 홀수 프레임에 대응되는 키 프레임의 부호화는 표준안 H.264의 화면 내 부호화 방식을 이용하여 양자화 파라미터를 고정시킨 후에 가변 비트율로 부호화하였고, 짝수 프레임은 워너-지브 프레임으로서 제안 방식 및 비교 방식으로 나누어 부호화하였다.

1. 모의실험을 통한 가상채널 잡음의 비교

참고문헌 [7]과 [10]에서 화소 값을 이용한 워너-지브 부

호화 기법보다 프레임 차 신호 값을 부호화하는 워너-지브 부호화 기법의 성능이 우수함이 확인 되었다. 본 논문에서 제안한 움직임 벡터를 이용한 움직임 보상 프레임 차 신호에 대한 가상채널 잡음의 양을 [7]과 [10]에서 사용한 프레임 차 신호에 대한 가상채널 잡음의 양을 서로 비교하였다. 모의실험은 Foreman 시퀀스와 Salesman 시퀀스 101 프레임 중에 짝수 번째 프레임에 대해 코드변환과 그레이 코드를 사용하였고, 각 비트 플레인 별로 발생된 비트 오류율을 측정하였다.

그림 6은 Foreman 시퀀스에 대해 키 프레임을 양자화 파라미터 값으로 25를 사용하여 모의실험 한 경우이고, MSB 비트 플레인(BP1)에서 MSB-3 비트 플레인(BP3)에 대한 비트 오류율을 나타내고 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이,

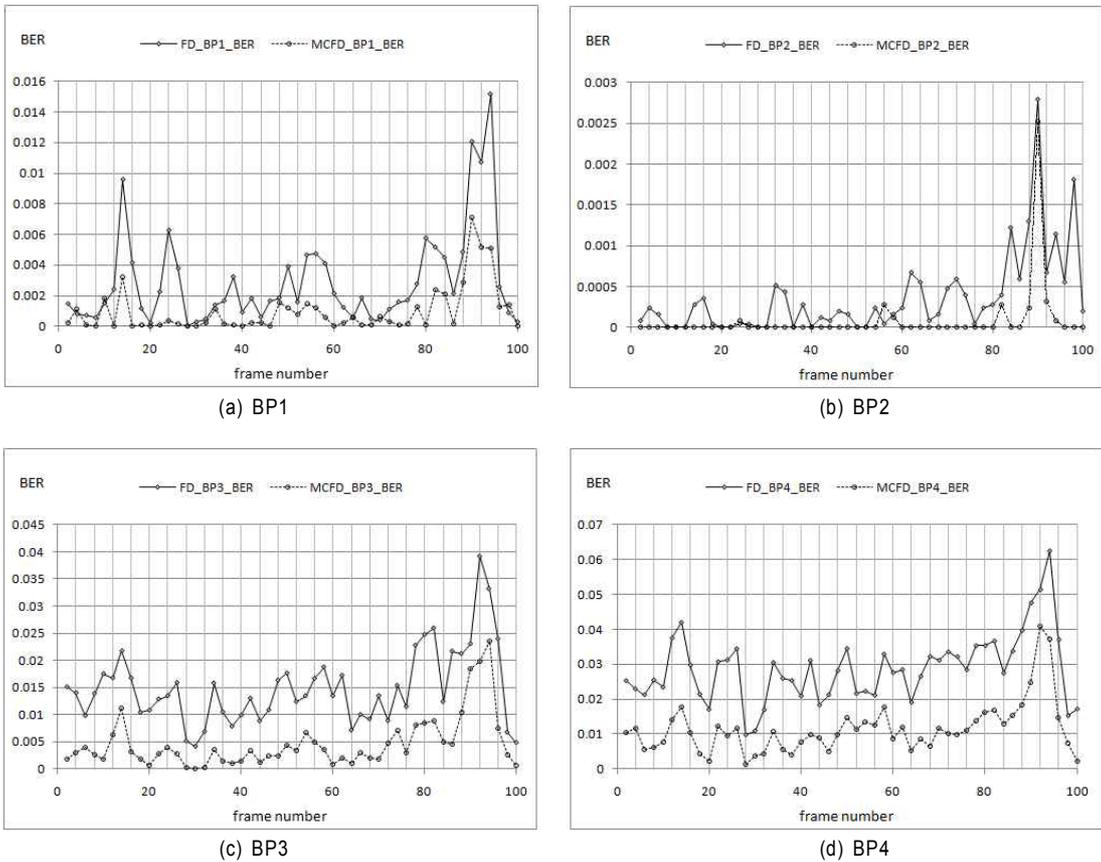


그림 6. Foreman 시퀀스에 대한 비트 플레인별 가상채널 잡음 비교
 Fig. 6. Comparison of virtual channel noises per bit-plane for Foreman sequence

단순 프레임 차 신호를 이용한 기법에 비해 피드백 되어 온 움직임 벡터를 이용할 경우에 가상채널 잡음에 의한 비트 오류율을 크게 줄일 수 있음을 알 수 있다. 특히, MSB비트와 MSB-1번째 비트에서의 비트 오류율을 크게 줄일 수 있어 적은 비트량에도 화질 개선에 더 큰 효과를 얻을 수 있게 된다. 그림 7은 Salesman시퀀스에 대해 키 프레임에 양자화 파라미터 값으로 15를 사용하여 모의실험 한 경우이고, 워너-지브 프레임에 대한 비트 오류율을 나타내고 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이 움직임 정보를 이용할 경우에 가상채널 잡음의 양을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 그러나 Salesman시퀀스는 움직임의 양이 적고 또한 키 프레임에 적용된 왜곡이 작은 관계로 Foreman시퀀스에 비해 상대적으로 효과가 낮게 나타남을 알 수 있다.

2. 모의실험을 통한 R-D 성능 비교

제안된 PDWZ 코덱 시스템의 R-D성능을 확인하기 위한 모의실험에서 비용이 큰 상위 50%의 블록에 대해서만 움직임 정보를 피드백하도록 설정하였다. 그리고 본 논문에서 제안 시스템의 R-D 성능을 비교하기 위해 사용된 기존의 부호화 방식을 기호로 나타내면 다음과 같다.

- IPIP : 홀수 프레임은 본 논문에서 사용한 다른 방식과 동일하게 양자화 파라미터의 값을 고정시켜 부호화하고, 짝수 프레임은 H.264의 화면 간 부호화 방식으로 부호화함
- IIII : 홀수 프레임과 짝수 프레임은 모두 동일하게 H.264의 화면 내 부호화 방식을 이용하여 부호화함

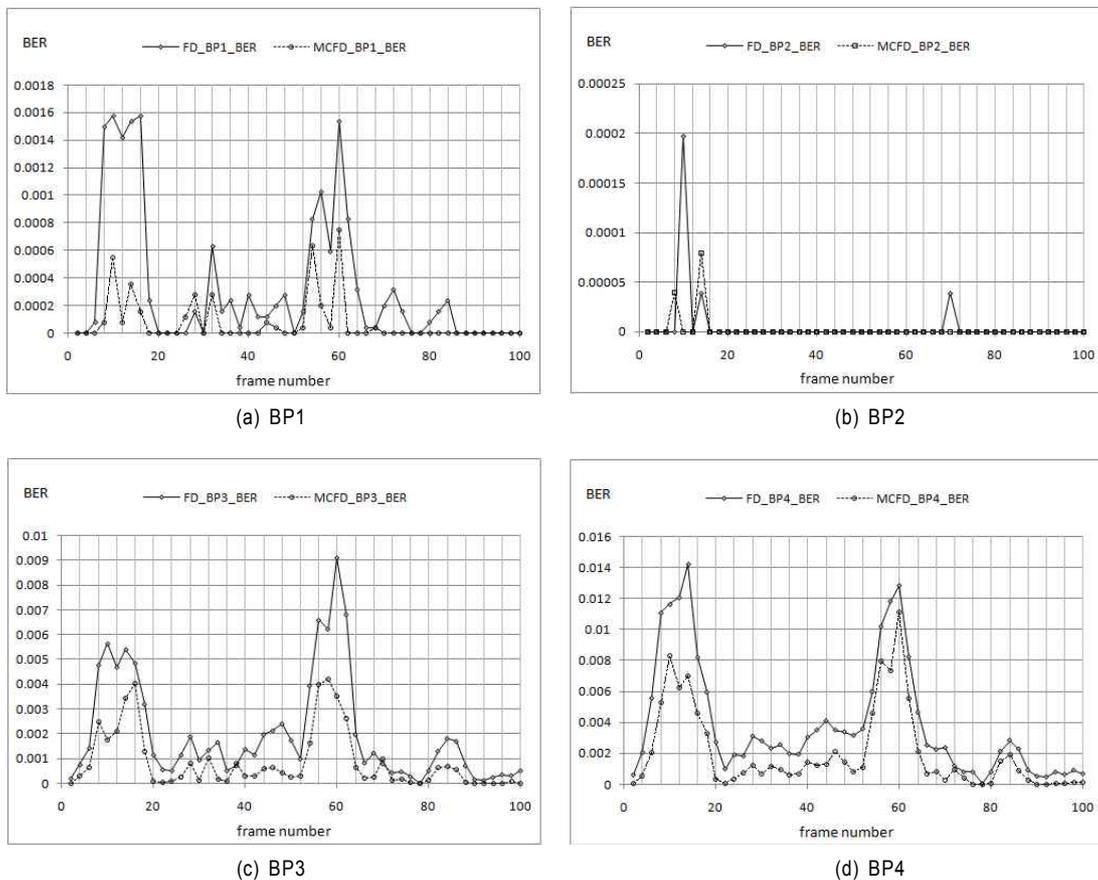
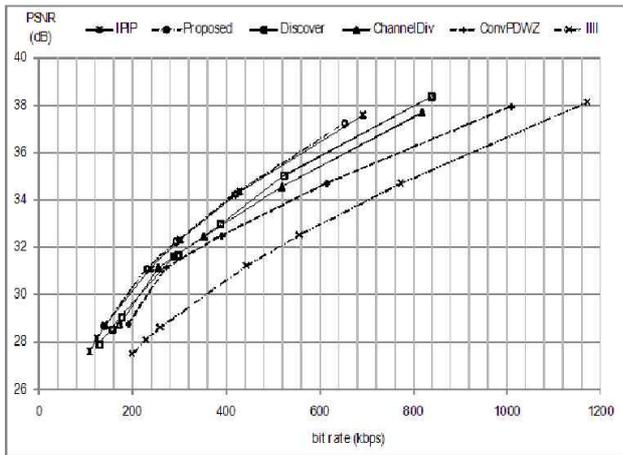
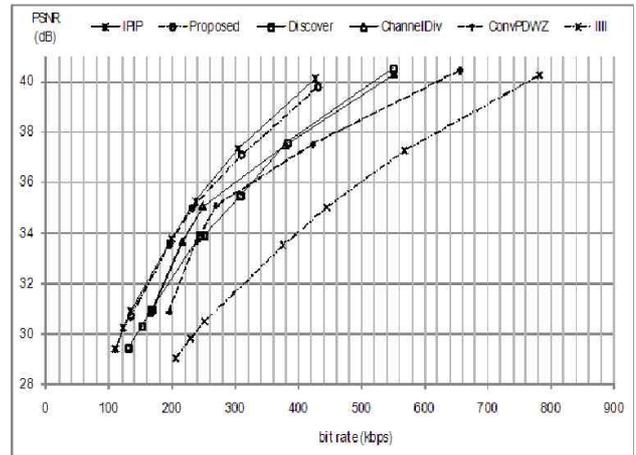


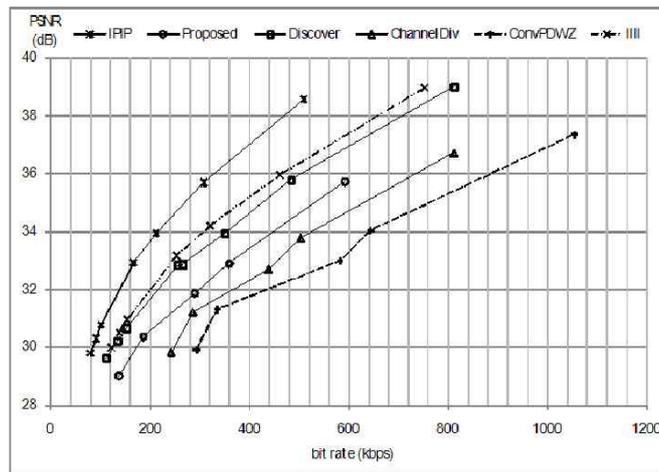
그림 7. Salesman시퀀스에 대한 비트 플레인별 가상채널 잡음 비교
 Fig. 7. Comparison of virtual channel noises per bit-plane for Salesman sequence



(a) Coast (30Hz)



(b) Hall (30Hz)



(c) Soccer (30Hz)

그림 8. 비트율-화질에 대한 모의실험 결과

Fig. 8. Simulation results for bitrate vs PSNR

- Discover : Discover코덱에 의한 모의실험 결과^[2]
- ConvPDWZ : 보조정보 생성방식은 [5]에서 사용한 방식을 사용하고, 피드백을 갖지 않는 PDWZ 부호화 코덱
- ChannelDiv : [5]에서 사용한 보조정보 생성방식을 사용하고, 2.3절에 설명한 비용함수에 기초하여 크기순 상위 50%의 블록들의 위치 정보를 피드백하여 부호화하는 PDWZ코덱
- Proposed : 3.1절에서 설명한 방식에 의하여 보조정보를 생성하고, 2.3절에 설명한 비용함수에 기초하여 크기순

50%의 블록들의 움직임 벡터 정보를 피드백하여 부호화하는 제안된 PDWZ코덱

그림 8은 Discover코덱에서 사용된 3개의 영상 시퀀스에 대해 모의실험을 수행하여 그 결과를 나타내고 있다. Coast시퀀스와 같이 공간적인 복잡도가 낮고, 객체의 움직임이 선형적으로 근사화될 수 있는 경우에는 매우 우수한 성능을 보이고 있다. H.264의 화면간 부호화 기법(IPIP)보다 조금 우수한 영역도 발생됨을 알 수 있다. 그리고 Hall시

퀀스와 같이 카메라의 움직임이 없고 고정된 경우에도 매우 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 그러나 Soccer시퀀스와 같이 움직임이 매우 큰 경우에는 분산 비디오 부호화 기법으로 사용된 모든 기법의 성능이 H.264 화면 내 부호화 기법보다도 열등한 성능을 보여주고 있다. 이 경우에 제안 시스템은 다양한 방법으로 성능 안정화를 거친 Discover보다 다소 열등한 성능을 보이고 있다. 따라서 이상의 모의 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 방식은 화면 간 움직임이 매우 적거나 움직임이 선형적으로 근사화가 가능한 영상 시퀀스에 매우 효과적임을 알 수 있다.

3. 움직임 정보 피드백에 따른 비트량과 복잡도 검토

본 논문에서 제안한 방식은 보조정보를 구성하는 블록들 중에 비용이 큰 블록에 대해 움직임 정보의 피드백을 갖는다. 이와 같은 움직임 정보를 부호화기에 전송하는 것은 한 개의 워너-지브 프레임에 대해 1회 요구된다. 이때 블록 크기 정보는 미리 부호화기와 복호화기가 상호 고정되어 있다는 전제하에서 움직임 정보는 (블록의 위치 인덱스, 움직임 벡터)로 구성되며, 실제 구현 시에는 이웃 블록간의 움직임 벡터의 DPCM 등을 고려하여 최적화된 VLC를 구현할 필요가 있다. 기존의 국제 표준 부호화 기법에서 고정된 블록 (8x8블록) 크기로 QCIF급의 50% 블록에 대하여 움직임 정보에 대한 가변 길이 부호화 비트량은 시간적 복잡도에 따라 약 2kbps에서 20kbps 정도를 차지할 것으로 추정된다. 이 비트량 정보는 실제 양방향으로 정보의 전송이 자유로운 곳에서는 크게 부담을 주지 않는 범위의 비트량이지만 실제 제안 시스템이 구현되고자 할 때는 최적화를 위한 연구로서 진행할 필요가 있다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 분산 비디오 부호화 기법의 열등한 성능을 개선하기 위해 복호화기에서 보조정보 생성시에 발생하는 비용을 조사하여 비용이 큰 블록에 대해 움직임 정보를 피드백하는 분산 비디오 부호화 방식을 제안하였다.

제안한 방법은 부호화기에서 피드백된 블록에 대해 움직임 보상 오차 신호를 부호화함으로써 기존의 블록 정보만 보내는 방식에 비해 크게 부호화 성능을 개선시킬 수 있었다. 특히, 움직임이 적거나 선형적인 움직임으로 근사화될 수 있는 영상 시퀀스의 경우에 H.264에 의한 화면 간 부호화를 사용하는 방식의 성능에 근접하는 뛰어난 부호화 성능을 보임을 모의실험을 통하여 확인하였다. 본 논문에서 제안한 PDWZ 코덱 구조는 움직임 정보의 피드백을 포함한 시스템 복잡도 및 안정화가 이루어진다면, 부호화기와 복호화기가 부호화 정보를 상호 교환이 가능한 환경에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 보인다.

앞으로 복호화기 측에서 움직임 정보를 피드백함에 따라 부호화기에서 움직임 정보를 처리하는 부가적인 복잡도에 대해 정량적인 평가가 필요하다. 또한, 복호화기에서 보조정보를 구성하는 각 블록별 비용을 구하는 방식에 대한 안정화 알고리즘을 연구할 필요가 있으며, 피드백 되는 움직임 정보에 대한 효율적인 부호화 방식에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] A. Aaron, D. Varodayan and B. Girod, "Wyner-Ziv Residual Coding of Video," in Proc. PCS-2006, Beijing, China, April 2006.
- [2] http://www.discoverdvc.org/cont_Codec.html
- [3] X. Artigas and L. Torres, "Iterative Generation of Motion-compensated side Information for Distributed Video Coding," in Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP '05), vol. 1, pp. 833 - 836, Genova, Italy, September 2005.
- [4] J. Ascenso, C. Brites, and F. Pererira, "Improving Frame Interpolation with Spatial Motion Smoothing for Pixel Domain Distributed Video Coding," in Proc. EURASIP Conf. Speech and Image Processing, July 2005, pp. 311-316.
- [5] S.-U. Park, J.-W. Choi, C.-S. Kim, S.-U. Lee and J.-W. Kang, "Efficient Distributed Video Coding Using Symmetric Motion Estimation and Channel Division", in PACRIM09, Aug. 2009.
- [6] G. Huai and C. W. Chen, "Distributed Video Coding With Zero Motion Skip and Efficient DCT Coefficient Encoding," ICME'08, pp.777-780, April 2008.
- [7] J.-s. Kim, J.-G. Kim, and K.-d. Seo, "A PDWZ Encoder Using Code Conversion and Bit Interleaver," Jour. of the Broadcasting Engineering, Vol.15, No.1, pp.52-62, Jan. 2010.
- [8] K-Y Min, S-N Park, J-H Nam, D-G Sim, S-H Kim, "Distributed Video Coding based on Adaptive Block Quantization Using Received Motion Vectors," in Jour. of KICS, Vol. 35, No. 2, 172-181, Feb. 2010.

[9] J.-s. Kim, J.-G. Kim, "Side Information Generation Using Variable Block Bilateral Matching for Wyner-Ziv Coding" in Proc. IPIU, Jan. 2010.

[10] Antrasirichai, D. Agrafiotis, M. Ouaret, F. Dufaux, and T. Ebrahimi, "Performance Evaluation of Two State of the Art DVC Codecs," Proc. ICSDC 2009, Como, Italy, Aug. 2009.

— 저 자 소 개 —



김진수

- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1993년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 1998년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1995년 6월 ~ 2000년 3월 : 삼성전자 선임연구원
- 2008년 7월 ~ 2009년 6월 : 텍사스 주립대학교 교환교수
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 디지털방송, 분산비디오부호화



김재곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리/부호화, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신



서광덕

- 1996년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 학사
- 1998년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2002년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 2002년 8월 ~ 2005년 2월 : LG전자 단말연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 멀티미디어통신, 디지털방송, 멀티미디어 통신시스템



이명진

- 1994년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 학사
- 1996년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2001년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 삼성전자(주) System LSI사업부 책임연구원
- 2004년 3월 ~ 2007년 2월 : 경성대학교 전기전자공학과 조교수
- 2007년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
- 주관심분야 : 멀티미디어통신, 영상처리, 디지털방송