

정규논문(Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제5호, 2012년 9월 (JBE Vol. 17, No. 5, September 2012)

http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.5.876

ISSN 1226-7953(Print)

화면 간 차이신호에 대한 적응적 그레이코드를 이용한 분산 비디오 부호화 기법의 성능 분석

김진수^{a)†}, 김재곤^{b)}, 최해철^{a)}

Performance Analysis of DVC Scheme with Adaptive Gray Code for Frame Difference Signal

Jin-soo Kim^{a)†}, Jae-Gon Kim^{b)}, and Haechul Choi^{a)}

요 약

본 논문에서는 화면 간 차이 신호에 적용하기 위한 적응적인 그레이코드 할당을 갖는 분산 비디오 코덱의 성능 분석을 수행하였다. 즉, 화면 간 차이 신호가 갖는 통계특성에 기초하여 양자화된 값에 대해 최고의 성능을 갖는 그레이코드 할당 방법과 최저의 성능을 갖는 그레이코드 할당 방법에 대해 성능을 비교 분석하였다. 모의실험을 통해 8비트 밝기 해상도를 갖는 영상에서 화면 간 차이 신호는 9비트의 데이터를 발생시키고, 양자화해서 전송되는 비트가 n비트이면, 화면 간 차이 신호에 $256 + 2^{9-n}$ 를 더함으로써 가상채널잡음의 효과를 최소화할 수 있음을 확인하였다. 영상시퀀스를 이용한 모의실험에서 최고의 성능과 최저의 성능을 갖는 방식간에 동일 비트율에서 약 1.5dB 이상의 화질 차이가 발생함을 확인하였다. 본 논문에서 분석된 결과는 화소영역 또는 변환영역의 위너-지브 부호화 기법으로 확장하여 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

In this paper, we investigated the performances of the distributed video codec with adaptive Gray code to apply for frame-difference signal. That is, the best cases and the worst cases were analyzed and compared by considering the statistical characteristics of the frame difference signal in view of the Gray code allocation. Through computer simulations, if 9-bit data for frame difference signal is generated for luminance signal with 8-bit definition and so n-bit is allocated to the quantized coefficient, we were able to find the best method to reduce the virtual channel noise by adding $256 + 2^{9-n}$ to the frame difference signal. Through computer simulation with test video sequences, it was shown that the performance difference between the best cases and the worst cases is larger than about 1.5dB at same rate. It is expected that the results in this paper are applicable for the transform-domain scheme as well as the pixel-domain scheme.

Keyword : adaptive Gray code, Distributed Video Coding, frame-difference

a) 한밭대학교 정보통신공학과 (Department of Information and Communication Engineering, Hanbat National University)

b) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 (School of Electronics, Telecommunication & Computer Engineering, Korea Aerospace University)

† Corresponding Author : 김진수 (Jin-soo Kim)

E-mail: jskim67@hanbat.ac.kr

Tel: +82-42-821-1147 Fax: +82-42-821-1595

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(2012-0007680) 및 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구(2012H1B8A2025982) 결과임.

· Manuscript received July 31, 2012 Revised September 5, 2012 Accepted September 5, 2012

1. 서론

최근에 활발히 도입되고 있는 무선 이동 전화, 무선 저전력 감시 카메라, 멀티미디어 센서 네트워크 등과 같이 많은 기기들은 비디오를 생성시키고 손쉽게 다른 기기 또는 웹 상으로 전송할 필요성을 갖게 되었다. 비디오 화질과 전송 속도를 개선하면서 동시에 저전력 및 저비용으로 구현할 수 있는 기술에 대한 수요가 점진적으로 증가되고 있는 추세이다. 그러나 현재 많이 상업화되어 활발히 사용되고 있는 MPEG-1/2/4와 H.261/H.263/H.264와 같은 국제 동영상 압축 표준들은 높은 복잡도의 부호화와 낮은 복잡도의 복호화를 갖는 용도로 고안되었기 때문에 이러한 응용환경에 적합하지 않다^[1]. 이와 같은 응용환경을 고려하여, 최근에 저전력 및 저비용의 이동 기기에 적합한 부호화 기법으로서 분산 비디오 부호화 기법(DVC: Distributed Video Coding)에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

분산 비디오 부호화 기법은 Slepian-Wolf^[2]의 정보이론에 기초하여 부호화기의 복잡도를 분산시켜 부호화기의 복잡도를 줄일 수 있는 이론적 근거를 제시하고 있다. 또한, Wyner-Ziv^[3]이론에 기초하여 Slepian-Wolf 이론을 손실 압축의 경우로 확장하여, 예측 참조 영상이 복호화기측에 존재하고 손실 압축을 할 경우에도 기존과 동일한 비트율-왜곡 특성을 이끌어 낼 수 있음을 보였다. 현재까지 Slepian-Wolf와 Wyner-Ziv에 의한 연구 결과를 바탕으로 매우 많은 분산 비디오 부호화 기법에 대한 연구 결과가 도출되었다. 대표적인 분산 비디오 부호화 기법으로는 Stanford 대학 모델^[4]과 Berkeley대학 모델^[5](PRISM)에서 제안된 기본 구조를 토대로 연구가 진행되고 있으며, 또한, 최근에는 유럽(EU)의 DISCOVER^[6] 프로젝트가 진행되었으며 그 결과 및 실행 코드가 공개되었다.

이러한 기존의 대표적인 분산 비디오 부호화기법은 키 프레임과 워너-지브(WZ) 프레임으로 나뉘어 부호화되어 전송하는데, 키 프레임은 기존의 H.264/AVC등과 같이 복잡도가 낮은 화면 내 부호화하여 전송하고, WZ 프레임은 채널 부호화기에 의해 만들어지는 패리티비트를 수신측으로 전송한다^{[4][5][6]}. 수신측에서는 기존의 화면 내 복호화기를 통하여 키 프레임을 복호화하고, WZ 프레임에 대한 예

측치에 해당되는 보조정보(SI: Side Information)를 생성한다. 보조정보는 수신측에서 복원된 키 프레임의 정보들을 이용하여 움직임 보상 프레임 보간에 의해 생성되는데, 이렇게 생성된 보조정보는 원래의 WZ 프레임과 매우 유사하게 만들어지지만 여전히 차이가 존재한다. 이러한 차이는 가상 채널 잡음으로 고려하고 송신측에서 WZ 프레임으로 만들어진 패리티 비트를 이용하여 보정하게 된다. 패리티 비트 생성을 위해서는 LDPCA(Low Density Parity-Check Accumulator) 코드 또는 Turbo 코드 등이 사용된다^{[7][8]}. 생성된 보조정보에 가상채널 잡음이 많을수록 보정해야할 패리티 비트는 많이 필요하게 된다^[9]. 가상 채널 잡음에 대한 보정은 먼저 전이확률(crossover probability)을 LDPCA의 가변 노드(variable node)의 조건부 엔트로피를 결정하여 BP(belief propagation)의 수렴 여부를 통해 가상 채널잡음의 보정을 결정하고, 필요시에 추가적인 패리티 비트를 요구한다^{[7][8]}.

현재까지 부호화 효율을 개선하면서 우수한 성능을 얻기 위해 많은 연구가 수행되어 왔으며, 그 방법으로서 정교한 보조정보 생성방식을 통하여 가상채널잡음을 줄이는 연구와 더불어 다양한 부호화 코덱 구조에 대한 연구가 수행되었다. 코덱구조는 크게 화소영역 WZ(PDWZ, Pixel-Domain Wyner-Ziv) 코덱과 변환영역 WZ(TDWZ, Transform-Domain Wyner-Ziv) 코덱으로 나뉠 수 있다^{[4][5][6]}. PDWZ 기법은 화소영역에서 간단히 구현할 수 있는 장점이 있는 반면에 TDWZ는 변환을 통하여 영상의 공간적 상관성을 이용함으로써 더 우수한 효율을 얻을 수 있는 장점이 있다. 이와 더불어 Aaron^[10]등은 화면 간 차이 신호를 이용한 PDWZ기법이 TDWZ기법과 동등하거나 성능이 우수함을 실험적으로 검증하였다. 화면 간 차이 신호에 대한 기법은 화면 간에 존재하는 상관성을 이용하여 정보의 중복성을 제거하여 부호화 효율을 증대하기 위한 방법으로서 그레이 코드 등을 사용하는 방법 등이 제시되었다^[11]. 그러나 이러한 연구에서는 WZ 프레임의 양자화와 더불어 가상채널 잡음을 줄여서 성능을 개선하는 방안에 대해 제시되지 못하고 있다. 즉, WZ 프레임의 양자화된 값에 대한 수신측에서 생성된 보조정보의 양자화된 값과 비트 플레인에서 양자화 잡음이 최소화되도록 하기 위한 방법이 제시되지 않았

다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 화면 간 차이 신호에 대해 우수한 부호화 효율을 얻기 위한 방안으로 양자화 값에 따른 적응적 그레이코드 할당 방식을 제안하고 최적의 성능을 얻기 위한 방법을 제안한다. 제안 방법은 양자화 값에 따라 가상 채널 잡음을 최소화하기 위한 그레이 코드의 할당 방식에 대해 모의실험을 수행하고 그 결과를 통해 적응적 그레이 코드 할당 방식을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II절에서는 기존에 개발되어 온 분산 비디오 코덱에 대한 구조에 대해 논하고, PDWZ, TDWZ 그리고 화면 간 차이 신호를 갖는 코덱 구조의 특징에 대해 설명한다. III절에서는 화면 간 차이 신호에 대한 그레이 코드를 이용한 PDWZ와 적응적 그레이 코드 할당 방식에 대한 동작 방식을 제안한다. IV절에서는 적응적 그레이 코드 할당 방식에 대해 모의실험을 통하여 성능을 분석하고, V절에서는 결론을 맺는다.

II. 기존의 분산 비디오 코덱들과 특징

1. 기존의 분산 비디오 코덱 구조

현재까지 다양한 구조의 WZ 비디오 코덱 구조가 제시되었는데, 크게 화소영역 WZ (PDWZ) 코덱과 변환영역 WZ

(TDWZ) 코덱으로 분류할 수 있다^{[4][5][6][9]}. 이러한 코덱들은 주로 Stanford 대학 모델^[4]에 기초하고 있는데, 그 이유는 Berkeley대학 모델^[5](PRISM)은 비트율 제어가 어렵고 또한 부호화기의 복잡도를 낮추는데 어려움이 있기 때문이다. Stanford 대학 모델^[4]은 비트율 제어가 용이하고 부호화기의 복잡도를 크게 낮출 수 있는 장점이 있어 DISCOVER 코덱^[6]에 대한 기초적인 모형이 되었다. 그러나 Stanford대학 모델은 비트율 제어를 위해 주로 피드백 채널을 이용하게 되는데, 이로 인한 복호화 지연과 복잡도가 증가되는 단점이 존재한다.

기존에 제시된 대부분의 분산 비디오 코덱은 크게 키 프레임 부호화와 WZ 프레임 부호화로 나누어 부호화하여 전송한다. 즉, 키 프레임 부호화는 기존의 화면 내 부호화기법으로 부호화하여 전송하는 방식이고, WZ 프레임 부호화는 키 프레임들 사이에 존재하는 프레임들에 대해 화소영역 또는 변환영역에서 양자화를 수행하고 그 결과를 채널 부호화하여 얻은 패리티 정보를 전송하는 방식이다. 그림1은 기존의 많은 논문과 자료에서 고려되어 온 PDWZ 코덱의 구조를 나타낸다. 그림 1에 나타난 PDWZ 코덱은 부호화기에서 단순히 화소값을 부호화함으로써, 부호화기의 구조를 간단화하고, 연산량을 절감할 수 있는 장점이 있다. 홀수 프레임은 키 프레임으로서 기존의 H.264 화면 내 부호화 방식을 통하여 부호화되어 전송된다. 짝수 프레임은 WZ

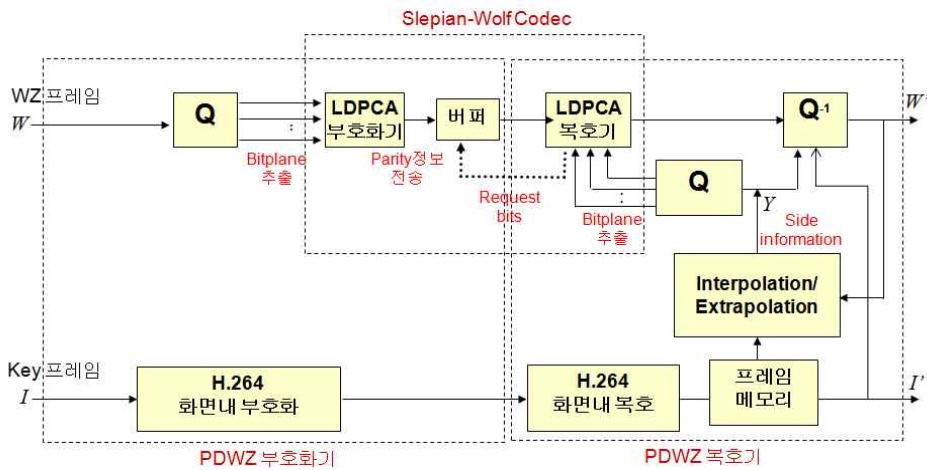


그림 1. 간단한 PDWZ코덱의 구조
Fig. 1. Structure of simple PDWZ codec

프레임으로서 스칼라 양자화를 적용하여 정보량을 줄이고, 각 비트 플레인 단위로 채널 부호화 효율이 높은 Turbo 코드 또는 LDPC(Low Density Parity Check) 코드로 부호화된 후에 패리티 정보만이 복호기측으로 전송된다. 복호기측에서는 홀수 프레임으로 수신되는 키 프레임을 복호 및 복원하고, 복원된 영상은 프레임 메모리에 저장된다. 프레임 메모리에 저장된 키프레임의 정보를 이용하여 WZ 프레임의 최적인 예측치 즉, 보조정보(SI, Side Information)를 생성한다. 보조정보는 부호화기측의 원 WZ 프레임과 매우 유사하도록 생성되며, 이 정보는 부호화기측과 동일하게 양자화되고 각 비트 플레인 단위로 수신되는 패리티 정보에 대한 유료부하로 사용되어, LDPC 복호를 수행한다. 이때 보조정보가 원 WZ 프레임과의 차이가 발생하게 되는데, 이 비트왜곡을 가상채널잡음(virtual channel noise)라고 하고, 이 잡음이 많을수록 보정해야 할 패리티 비트량은 증가하게 된다. 필요한 패리티 비트량에 대해서는 수신측에서 점진적으로 그리고 반복적으로 복호화를 수행하여 필요시에 송신측에 요구하여 복호화를 수행하게 된다. 이러한 복호화 방식을 사용함으로써 복호화 지연과 많은 연산량을 필요로 하게 된다. 복호가 완료되면, 복호된 신호는 역양자화되어 WZ 프레임에 대한 복원된 영상을 얻게 된다.

그림 1에 주어진 PDWZ 코덱에 비해 공간적인 정보의

중복성을 제거하기 위한 방법으로 TDWZ 코덱이 제안되고 사용되었는데, 그림 2와 같은 구조를 갖는다. TDWZ 코덱은 영상의 공간영역에 존재하는 정보의 상관성을 이용하기 위한 것으로서 영상의 공간영역을 일정크기의 블록 단위로 DCT와 같은 변환 기법을 통해 변환하고 그 결과에 대해 양자화를 수행한 후에 동일한 주파수 계수들을 모아서 비트 플레인 단위로 전송하는 방식을 취한다. 수신측에서는 생성된 보조정보에 대해 변환과 양자화를 수행하여 그 결과에 대해 동일한 주파수 계수들에 대해 채널 복호화를 수행한다.

2. 화면 간 차이 신호에 대한 분산 비디오 코덱

TDWZ기법을 이용하는 방식에 비해 화면 간 차이 신호를 갖는 기법이 성능이 비슷하거나 때로는 우수한 성능을 보이는 것을 Aaron^[10] 등이 실험적으로 확인하였다. 또한 Kim 등은 화면 간 차이 신호를 갖는 코덱 구조를 제시하고 움직임 벡터를 피드백 전송하는 방안에 대한 응용 구조에 대해 논하였다^[11]. 특히 그레이 코드를 사용하여 양자화 값의 비트 왜곡을 줄이기 위한 방안을 제안하여 사용하였다^[12]. 그림 3은 그레이 코드를 사용한 분산 비디오 코덱을 나타내고 있다^[12]. 그레이 코드를 도입하여 분산 비디오 코덱

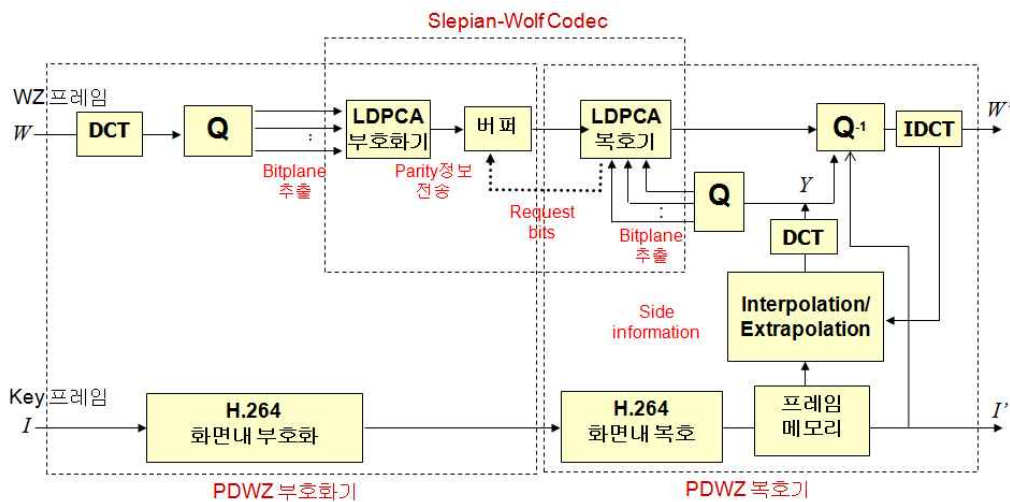


그림 2. 간단한 TDWZ코덱의 구조
 Fig. 2. Structure of simple TDWZ codec

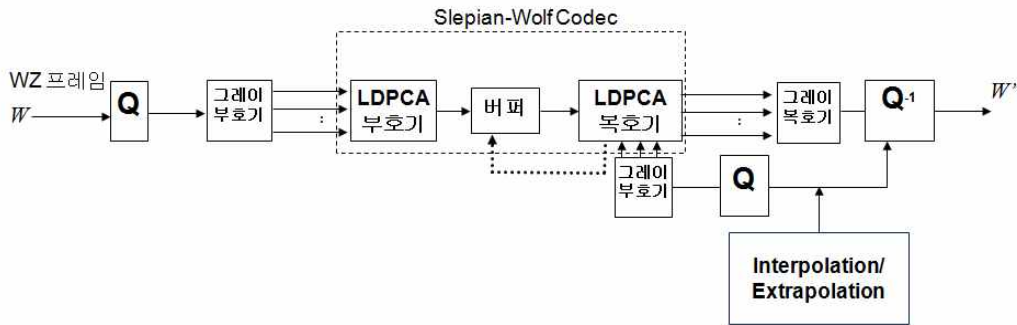


그림 3. 그레이코드를 이용한 WZ 프레임에 대한 코덱 구조
Fig. 3. Structure of WZ codec using Gray code

의 성능을 개선하기 위한 기법은 매우 많은 DVC 연구에서 비트 왜곡 확률을 줄이고 안정적인 결과를 내기 위해 사용되었다^{[13][14][15]}. 즉, 대부분의 DVC 코덱에서는 비트 플레인 단위로 부호화하는 방식을 사용하기 때문에 이웃하는 값이라 하더라도 현재 생성된 보조정보와 WZ 프레임 사이의 비트 왜곡은 크게 다르게 나타날 수 있다. 예를 들어, 생성된 보조정보의 값이 $8(=1000_2)$ 이고, WZ 프레임의 값이 $7(=0111_2)$ 이면 두 개의 값은 매우 비슷한 값이지만 비트 플레인 단위로 전송할 경우에 4비트 모두를 보정하기 위한 패리티비트가 전송되어야 한다. 그런데 기존의 연구 결과에서 양자화된 값에 대해 그레이코드를 어떻게 할당하는 것이 최적인가에 대해 분석 결과 등을 제시하지 않고 있다. 본 논문에서는 그림 3과 같은 화면 간 차이 신호를 이용한

PDWZ 코덱에서 양자화 결과에 대해 그레이코드를 할당하는 최적의 방법을 실험을 통하여 확인하고 그 방식을 제안한다.

III. 적응적인 그레이코드를 이용한 분산 비디오 코덱

1. 화면 간 차이 신호에 적용된 그레이코드

화면 간 차이 신호를 이용한 PDWZ 코덱 구조는 그림 4에 주어진다. WZ 프레임(W)은 이웃하는 키 프레임(I)과의 시간적 중복성을 갖게 되므로, 이 중복성을 제거함으로

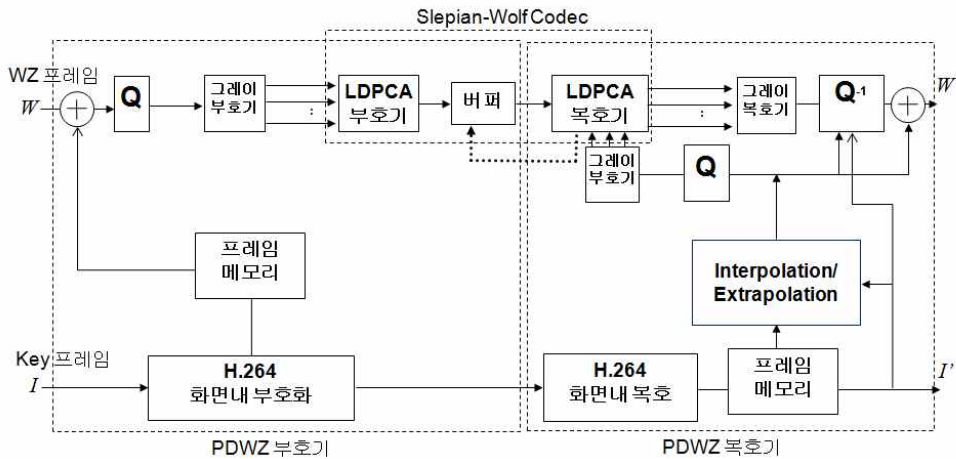


그림 4. 화면 간 차이 신호를 이용한 PDWZ코덱의 구조
Fig. 4. Structure of PDWZ codec for frame difference signal

써 부호화 효율을 개선할 수 있다. 그러나 그림4에 주어진 것과 같이 WZ 프레임이 8비트의 밝기 해상도라고 하면, 0에서 255사이의 값으로 표현되지만 화면 간 차이 신호(R)는 -255에서 255사이의 9비트 표현 값이 필요하게 된다.

$$R = W - I \quad (1)$$

이때, R의 값에 적절한 문턱치(TH)를 더하여 새로운 값으로 이동시킨다. 즉,

$$C = R + TH, \quad 255 \leq TH < 512 \quad (2)$$

TH의 값을 255이상이고 512미만의 값을 취하여 C의 값을 모두 양수의 값으로 치환하고, 이렇게 되면, TH-255에서 최대 TH+255의 값으로 치환된다. 이렇게 되면, 9비트 또는 10비트의 정보로 C는 표현되는데, 이를 모두 전송할 수 없으므로 양자화는 비트 절단(bit truncation)에 의해 상위 MSB 비트 n개 만 전송하는 방식을 취한다. 이렇게 양자화하는 방식은 균일 양자화와 동일한 효과를 나타내며, 중요도가 높은 부호비트 순으로 전송하여 실제 복호화가 용이하도록 하게 된다. 그림 5에서는 4개의 양자화된 값(q_{2ij})

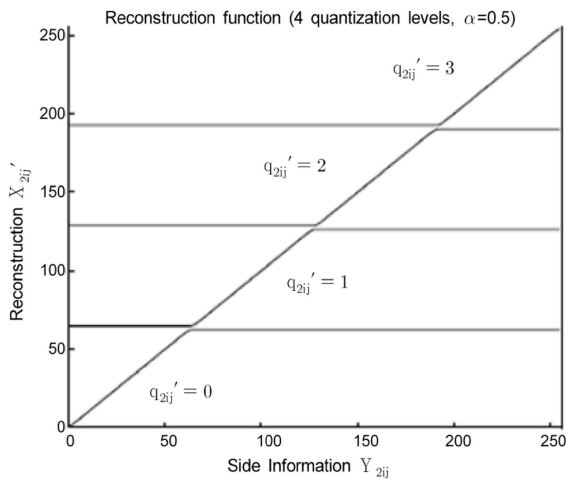


그림 5. 라플라시안 모델에 대한 4개의 양자화값에 대한 복원값 결정방식의 예^[10]

Fig. 5. A plot of reconstruction function for a Laplacian model with 4 quantization levels^[10]

을 수신측에서 생성된 보조정보의 양자화된 값(Y_{2ij})에 따라 최적으로 복원값(X_{2ij})을 결정하는 예를 나타내고 있다^[10]. 이 그림에서 보조정보의 양자화된 값(Y_{2ij})가 복원 빈(bin) 내에 위치하게 되면, $X_{2ij}=Y_{2ij}$ 로 결정하고, 그렇지 않고, 빈의 바깥에 위치하면 X_{2ij} 은 Y_{2ij} 에 가장 가까운 빈의 경계치에 위치한 값으로 복원값으로 결정한다. 이렇게 함으로써 WZ 정보와 보조정보의 상관성을 이용하면서 최적의 복원값을 결정하게 된다.

2. 양자화 결과에 대한 적응적인 그레이코드 할당

그림 4에 나타낸 화면 간 차이 신호에 대한 양자화 값들은 이진코드이며, 그레이코드로 변환되어 전송된다. 즉, 식(2)에 의해 치환된 이진코드는 2.2절에서 설명한 바와 같이 이웃하는 값이라 하더라도 비트플레인 단위로 전송하기 때문에 전송되는 패리티 비트량은 매우 상이하게 나타날 수 있으므로 그레이코드로 변환될 필요가 있다. 이때, 부호비트를 포함하여 상위 비트플레인이 전체 화질에 미치는 영향이 크므로, 적은 양의 비트로 전송하고 또한 가상 채널 잡음이 가능한 적게 발생하도록 표현하는 것이 요구된다. 식(2)에서 TH의 값에 따라 변환되는 그레이코드의 형태는 다르므로, 3.1절에서 설명한 것처럼 MSB측에 있는 n비트 플레인만 전송한다고 하면, 나머지 비트들은 보조정보와의 상관성을 이용하여 복원하도록 한다. 그림 6은 화면 간 차이 신호에 대한 라플라시안 확률밀도 함수에 기초하여 MSB를 기준으로 8개의 영역으로 나눈 경우에 대한 예이다. 각 bin은 3비트로 표현되지만, 각 bin은 전체 6개의 비트가 내부적으로 포함되어 있다. 6개의 비트에 대해서는 보조정보와의 상관성을 이용하여 복원한다. 그런데, (a)에 대한 이진코드를 보면 가장 밀집도가 높은 011과 100 사이에는 MSB가 확률적으로 예측이 어렵게 되며, 이는 이진코드의 가상채널 잡음으로 전이될 가능성이 있다. 아래의 그레이코드로 변환되더라도 MSB 비트플레인은 여전히 높은 가상채널잡음을 가질 가능성이 매우 높다. 반면에 (b)에 대한 이진코드에 대한 그레이코드는 MSB중심으로 그레이코드를 할당한 경우이다. 이렇게 되면, MSB비트플레인을 가장 적은 비트로 효율적으로 복원하는 것이 가능해진다. 그

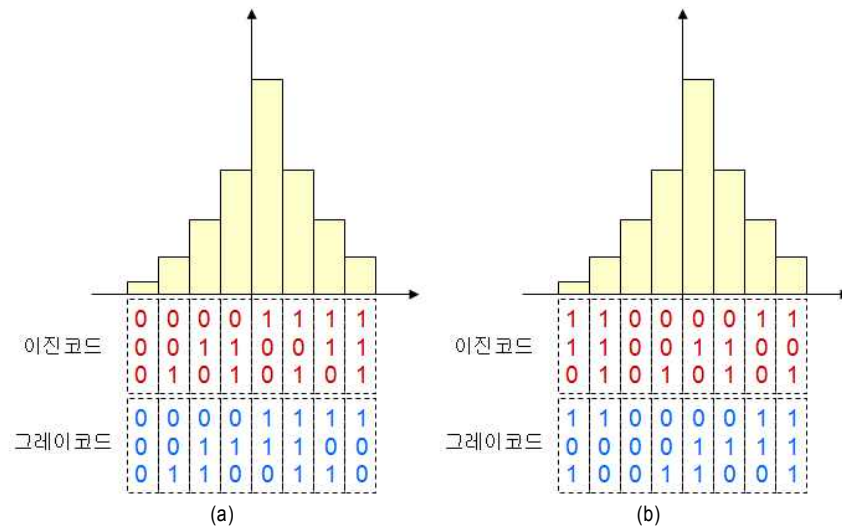


그림 6. 화면 간 차이 신호의 라플라시안 확률 밀도 함수에 대한 8개의 복원 영역; (a) MSB-1 중심의 그레이코드 할당, (b) MSB 중심의 그레이코드 할당
 Fig. 6. A plot of 8-reconstruction values for a Laplacian pdf for frame difference signal; (a) MSB-centered Gray code, (b) (MSB-1)-centered Gray code

렇지만, 상대적으로 MSB-1 비트플레인인 가상채널 잡음이 증가되는 특징이 있게 된다. 이러한 제어는 결국 식 (2)에서 TH의 값을 어떻게 결정하는가와 관계되며, 이는 최종적으로 가상채널잡음에 의한 BER(Bit Error Rate)를 최소화하는 TH를 찾는 것과 동일한 문제이다.

IV. 모의실험 결과 및 분석

모의실험에 사용한 영상 시퀀스는 QCIF 30Hz로 구성된 Foreman, Salesman를 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 위너-지브 프레임이며, LDPCA 프레임의 크기는 3126비트를 사용하여 부호화하였다.

1. 문턱치(TH)크기 변화와 전송 비트플레인 개수에 따른 성능 특성

식 (2)에 나타난 문턱치(TH)의 크기에 따라 이진코드의

치환값이 결정되는 것이고, 이를 통해 그레이코드가 결정된다. 그레이코드 생성방식은 이진코드의 MSB비트는 그레이코드의 MSB비트로 대응되며, 다른 비트들은 각각 MSB와 MSB-1의 XOR연산에 의해 만들어지며 이와 같은 연산을 LSB까지 이동하면서 만든다. 먼저 Foreman시퀀스에 대해 QP=25로 키 프레임 부호화 및 복호화된 결과에 대해 문턱치 변화에 따른 성능 변화를 측정하였다. 성능측정은 BER, 패리티비트, PSNR, PSNR/ParityBits로 측정하였다.

그림 7은 전송되는 비트플레인의 개수를 4개만 전송하고, 나머지는 수신측에서 생성된 보조정보를 이용하여 복원한 경우에 대한 모의실험 결과를 나타내고 있다. 식(1)과 식(2)에 의해 문턱치의 값을 256에서부터 증가시키면서 이진코드 값을 그레이코드로 변환하여 전송할 경우에 265과 278사이에 가상채널잡음의 양인 BER값이 거의 최저로 나타남을 알 수 있다. 이에 따라 전송되는 패리티비트 요구량도 최소가 된다. 반면에 PSNR효과는 이 구간에서 오히려 감소되는 특성을 보인다. PSNR은 최대와 최소의 차이가 0.6dB 범위내에서 변화하여 비트량 변화에 비해 변화도가 낮다고 볼 수 있다. 전송되는 패리티 비트당 PSNR에 기여

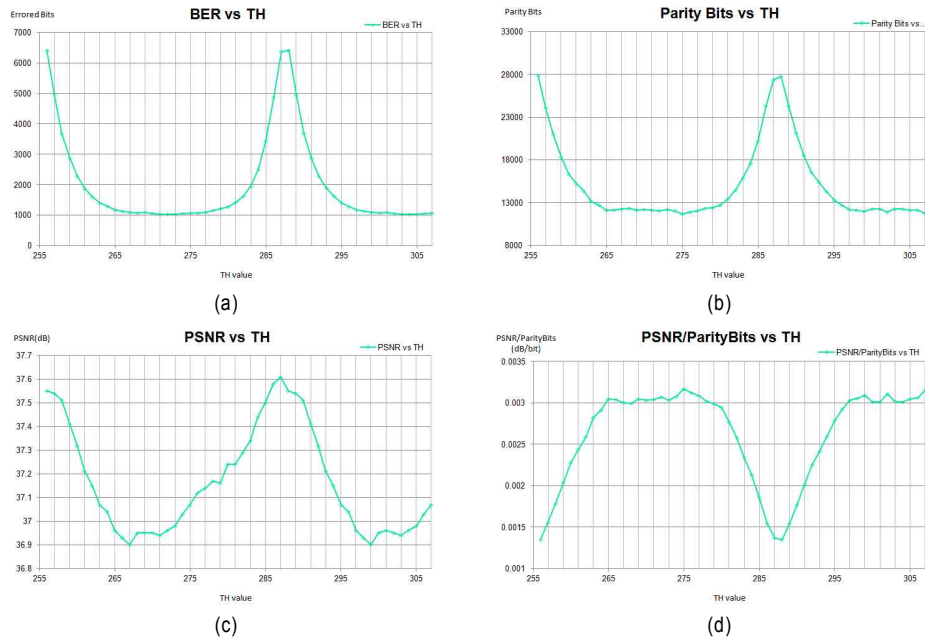


그림 7. 전송 비트플레인의 개수가 4에 대한 문턱치(TH)에 따른 성능 변화

Fig. 7. Performances of the number of transmission bit-plane = 4 for TH values; (a) BER vs TH, (b) ParityBits vs TH, (c) PSNR vs TH, (d) PSNR/ParityBits vs TH

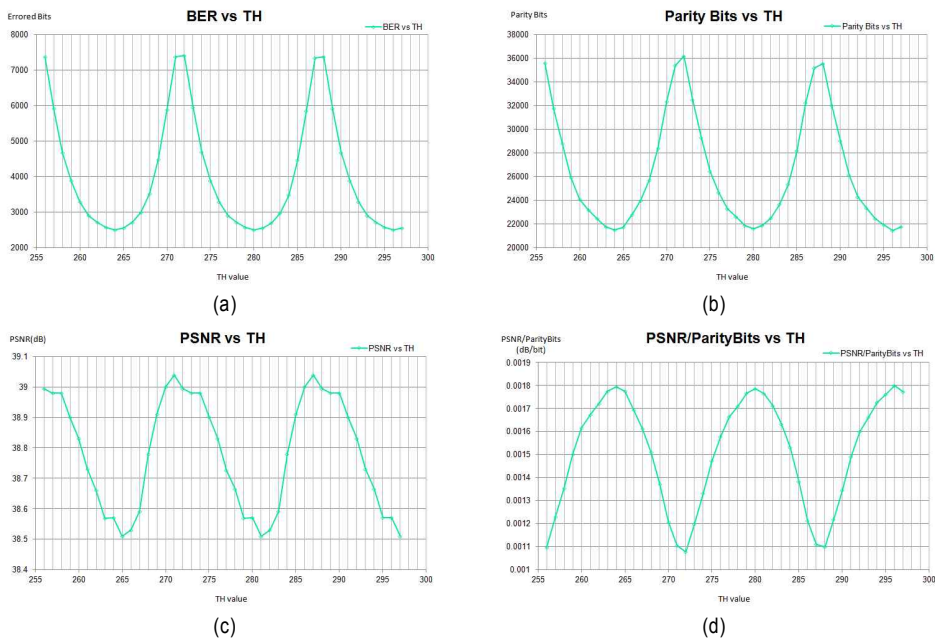


그림 8. 전송 비트플레인의 개수가 5에 대한 문턱치(TH)에 따른 성능 변화

Fig. 8. Performances of the number of transmission bit-plane = 5 for TH values; (a) BER vs TH, (b) ParityBits vs TH, (c) PSNR vs TH, (d) PSNR/ParityBits vs TH

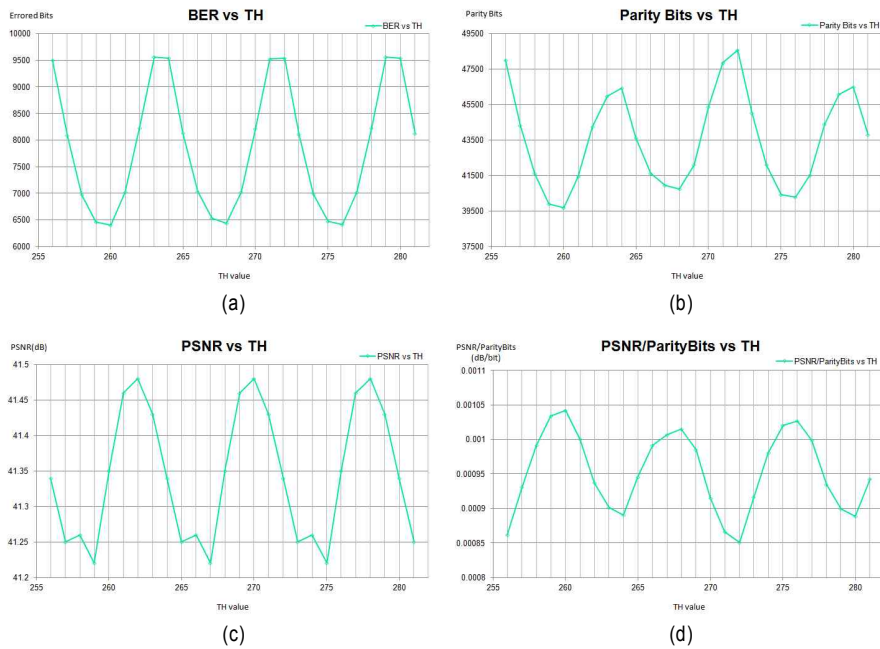


그림 9. 전송 비트플레인의 개수가 5에 대한 문턱치(TH)에 따른 성능 변화

Fig. 9. Performances of the number of transmission bit-plane = 6 for TH values; (a) BER vs TH, (b) ParityBits vs TH, (c) PSNR vs TH, (d) PSNR/ParityBits vs TH

하는 효과를 조사하면 265와 278사이에서 고른 효과를 보임을 알 수 있다. TH값을 계속 증가시키면 모든 특성이 반복적으로 나타나는데 그 주기는 32의 값을 갖게 된다.

그림 8은 전송되는 비트플레인의 개수를 5개만 전송하고, 나머지는 수신측에서 생성된 보조정보로 대체한 경우에 대한 모의실험 결과를 나타내고 있다. 이 경우에서도 알 수 있듯이, TH의 값이 증가함에 따라 모든 특성들이 주기적인 특성이 나타나는 것을 알 수 있다. 이때 주기의 특성은 모두 16으로 제한됨을 알 수 있고, TH=264, 280, 296, ... 등에서 최고의 성능을 보임을 알 수 있다. 그림9는 전송되는 비트플레인의 개수를 6개만 전송하는 경우에 대한 모의실험 결과를 나타내고 있다. 이 경우에서도 알 수 있듯이, TH의 값이 증가함에 따라 모든 특성들이 주기적인 특성이 나타나는 것을 알 수 있다. 이때 주기의 특성은 모두 8로 제한됨을 알 수 있고, TH=260, 268, 276, ... 등에서 최고의 성능을 보임을 알 수 있다. 이상의 모의실험을

통해 화면 간 차이 신호는 9비트의 데이터를 발생시키고 전송되는 비트가 n비트이면 나머지는 수신측의 보조정보에 의해 상관성을 고려해서 생성됨으로 인해 최적의 문턱치는 $TH=256 + 2^{9-n}$ 이고, 주기는 2^9 로 결정될 수 있음을 알 수 있다.

2. 전송 비트플레인 개수에 따른 최소 BER과 최대 BER 특성

앞에서 수행된 모의실험 결과에서 TH값에 따라 전송 요구되는 패리티 비트량도 결정되게 된다. 앞서 수행된 결과에 기초하여 최고의 성능과 최저의 성능을 보이는 경우에 대해 각 비트플레인별 BER특성을 조사하고자 Foreman과 Salesman시퀀스의 101개 프레임에 대해 키 프레임(QP=25 양자화) 부호화와 WZ 프레임 부호화를 수행하였다. 먼저, 그림 10은 비트플레인이 4개만이 전송되는 경우에 그레이 코드 할당 방식에서 최고의 성능(BestCase)와 최저의 성능

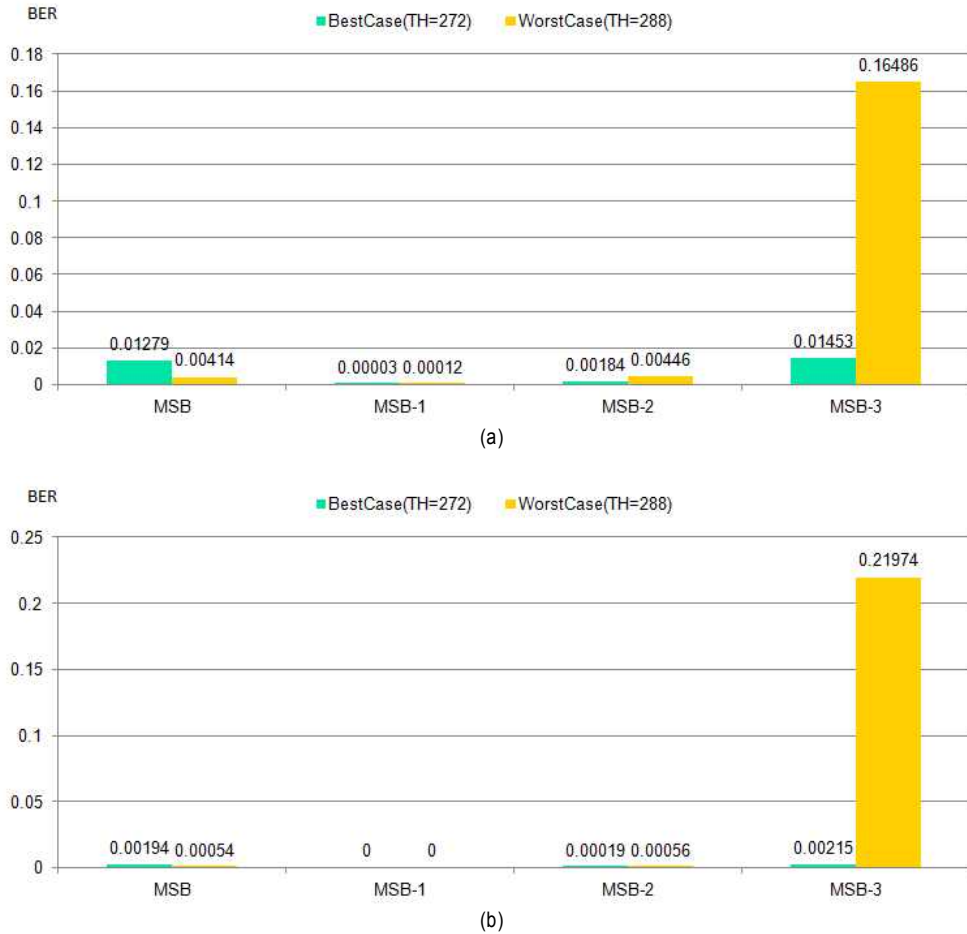


그림 10. 전송 비트플레인의 개수가 4에 대한 비트플레인별 BER 성능 특성
 Fig. 10. Performance characteristics for the number of transmission bit-plane=4; (a) Foreman, (b) Salesman

(WorstCase)에 대해 조사한 것이다. 즉, TH=272의 값일 때, 최고의 성능을 그리고, TH=288일 때 최저의 성능을 보여 준다. Foreman시퀀스의 경우에 MSB 비트플레인은 오히려 TH=288일 때가 더 낮지만, MSB-3에서의 BER특성이 10 배 이상의 잡음이 더 많음으로 인해 성능이 악화된다. 반면에 TH=272인 경우에는 전체적으로 BER을 고루 분포시킴으로써 성능을 우수하게 유지할 수 있는 결과를 얻게 된다. Salesman시퀀스의 경우에는 대부분의 영상이 움직임이 없고, 시간적 중복성이 매우 높아서 화면 간 차이 신호에 의해 얻어지는 MSB측은 거의 잡음이 발생 빈도가 낮게 된다. 이에 따라 MSB-2까지 잡음이 Foreman의 1/10 정도를 유

지하여 우수한 성능을 얻을 수 있는 근거를 제공한다. 그러나, TH=288을 선택한 경우에 MSB-3의 잡음이 매우 커서 성능 저하가 매우 크게 발생된다.

그림 11은 전송 비트플레인의 개수가 5개인 경우에 대해 모의실험 결과를 나타낸 것인데, TH=272가 오히려 최저의 성능을 보이는 경우에 해당된다. 전송 비트플레인의 개수가 4개일 때는 BER을 최대로 균등하게 분포하도록 그레이코드를 할당할 경우가 해당되지만, 5개가 되는 경우에는 MSB-4 비트플레인에서 잡음이 급격히 증대되어 성능이 감소하게 된다. 특히, Salesman시퀀스의 경우에는 TH=288을 선택하게 되면, MSB-4 비트플레인에서 잡음이 급격히 증

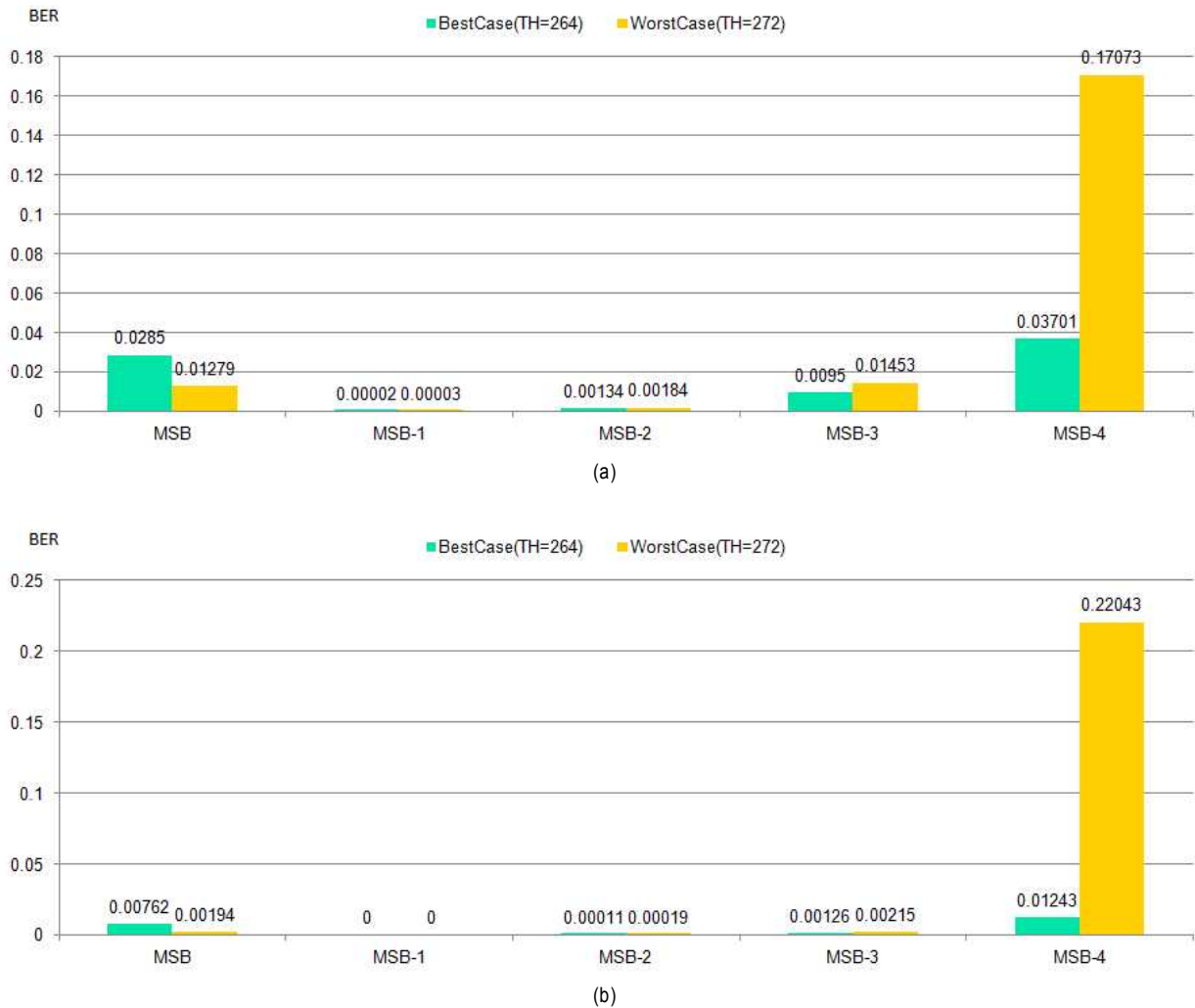


그림 11. 전송 비트플레인의 개수가 5에 대한 비트플레인별 BER 성능 특성
 Fig. 11. Performance characteristics for the number of transmission bit-plane=5; (a) Foreman, (b) Salesman

가하여 성능 저하가 발생되게 된다.

그림 12는 전송 비트플레인의 개수가 6개인 경우에 대해 모의실험 결과를 나타낸 것인데, TH=264가 오히려 최저의 성능을 보이는 경우에 해당된다. 그림11의 결과와 비슷하게 전송 비트플레인의 개수가 5개일 때는 BER을 최대한으로 균등하게 분포하도록 그레이코드를 할당한 경우가 해당되지만, 6개가 되는 경우에는 MSB-5 비트플레인에서 잡음이 급격히 증대되어 성능이 감소하게 된다. 특히, Salesman시

퀸스의 경우에는 TH=264을 선택하게 되면, MSB-5 비트플레인에서 잡음이 급격히 증가하여 성능 저하가 발생되게 된다. 또한 Foreman시퀸스에 비해 Salesman시퀸스의 경우가 잡음 분산이 잘못되는 경우에 대한 성능 영향이 더욱 큰 것으로 볼 수 있다. 그림10~12에서 Salesman시퀸스는 그레이코드 할당이 잘못되는 경우에 BER이 최대 20%를 넘어설 수 있음을 보이고, 이런 성능 저하는 Foreman보다 크게 발생됨을 확인할 수 있다.

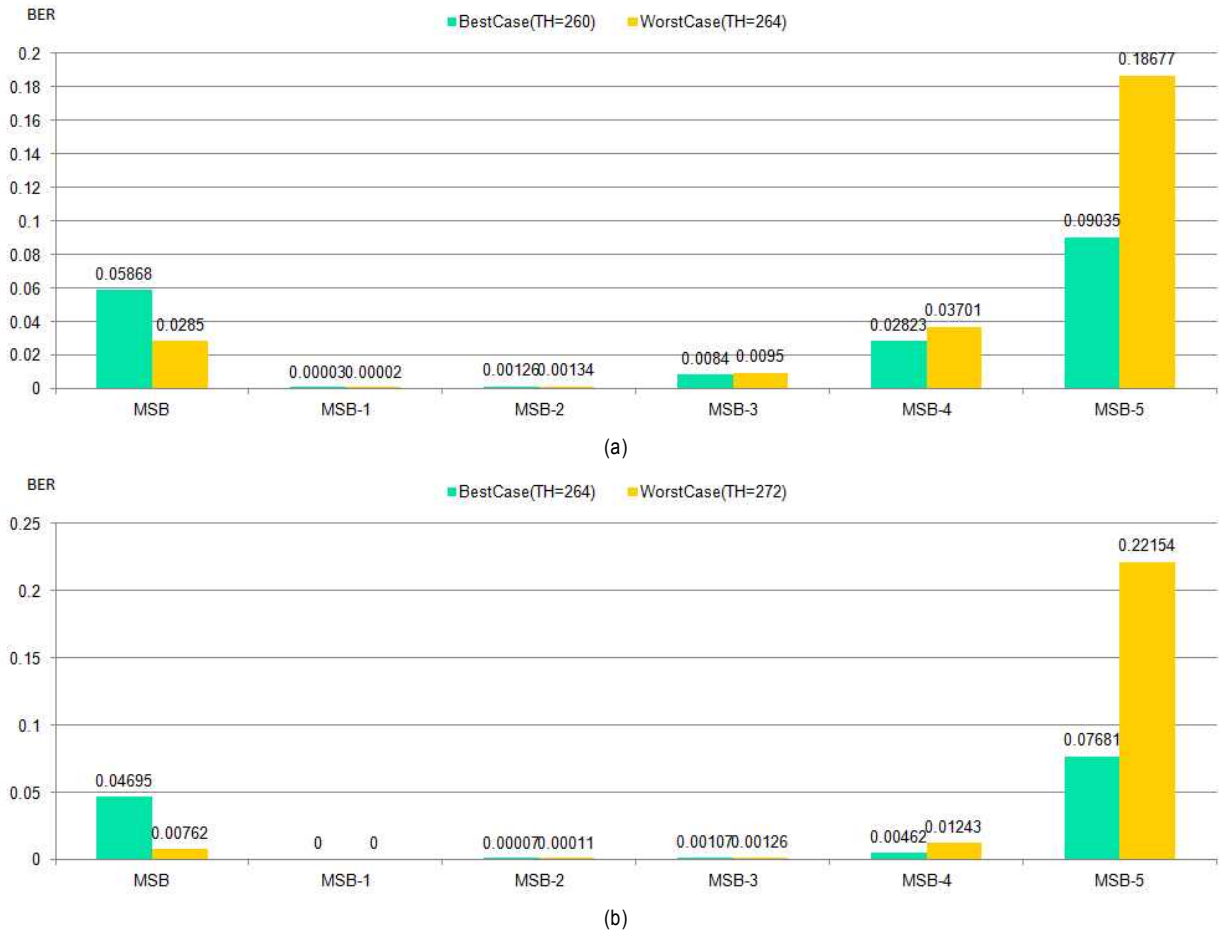


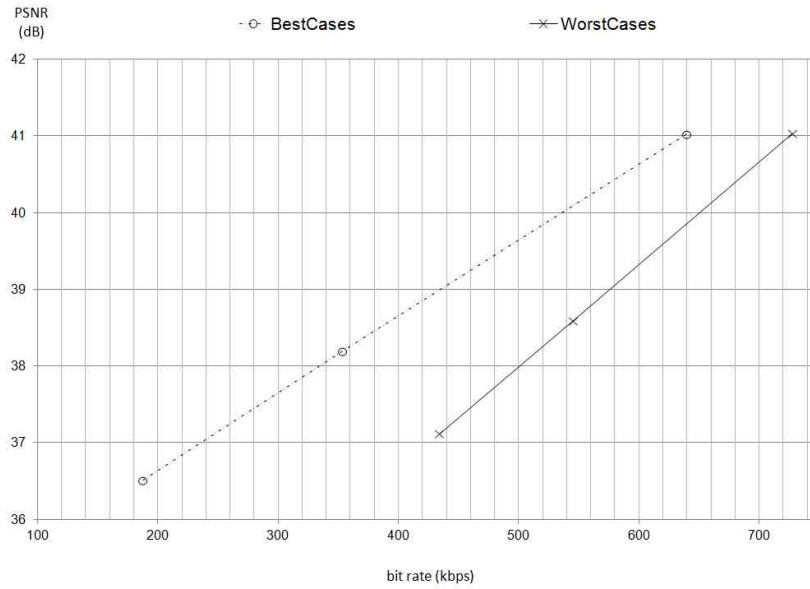
그림 12. 전송 비트플레인의 개수가 5에 대한 비트플레인별 BER 성능 특성
 Fig. 12. Performance characteristics for the number of transmission bit-plane=6; (a) Foreman, (b) Salesman

3. 화질-비트율 관점에서 성능 비교

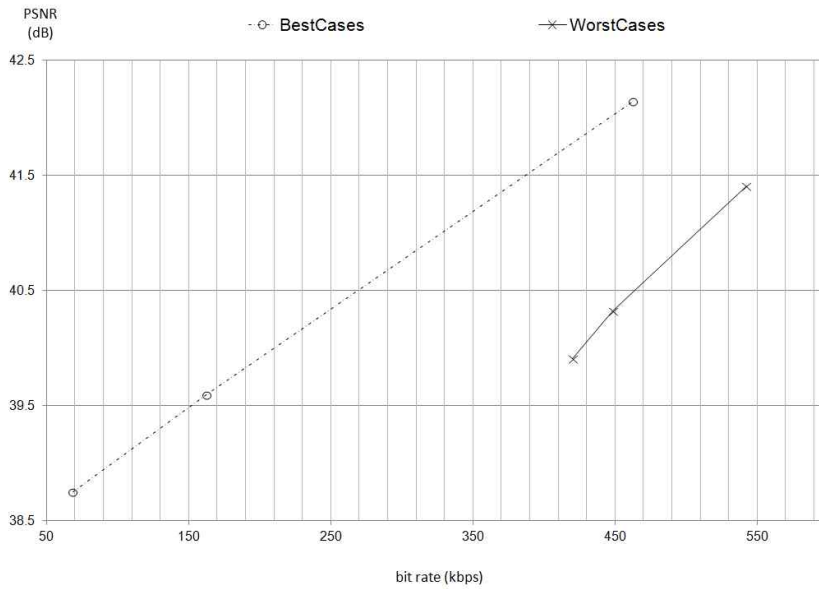
그림 13은 Foreman과 Salesman시퀀스의 101개 프레임에 대해 키 프레임(QP=25) 부호화와 WZ 프레임 부호화를 수행하였는데, WZ프레임을 전송할 때, 전송되는 비트플레인의 개수를 각각 4개, 5개 그리고 6개로 나누어 보내는 경우에 대해 앞서 실험결과에 따라 최고의 성능과 최저의 성능을 얻는 그레이코드 할당방법에 대해 WZ프레임에 대한 화질(dB)과 비트율(kbps)을 측정하여 나타낸 것이다. Foreman시퀀스와 Salesman시퀀스의 영상 특성에 거의 무관하게 최고의 성능을 얻는 그레이코드 할당하는 방법과

최저의 성능을 얻는 방법 사이의 관계가 비슷한 차이 특성으로 표현된다. 즉, 비트율의 증가에 따라 화질도 선형적으로 개선되며, 그 특성은 영상 시퀀스의 종류에 거의 무관한 특성을 보인다. 그러나 최고의 성능을 얻는 그레이코드 할당방법과 최저의 성능을 얻는 그레이코드 할당방법 사이에는 같은 비트율에서 1.5dB 이상의 성능차이가 나타나는 특성을 보인다.

이상의 모의실험 결과를 통하여 화면 간 차이 신호를 전송하고자 할 때, 전송하는 비트플레인의 개수에 따라 최고의 성능을 발휘하는 그레이코드의 개수는 달라짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 화면 간 차이 신호의 특성이 라플라



(a)



(b)

그림 13. 전송 비트플레인의 개수가 5에 대한 비트플레인별 BER 성능 특성

Fig. 13. Performance characteristics for the number of transmission bit-plane=6; (a) Foreman, (b) Salesman

시안 확률 밀도함수에 기초하고, 그 확률밀도함수의 가운데 위치에 MSB비트가 동일하게 유지하도록 하는 방법이

화질-비트율 측면에서 우수한 결과를 도출함을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 변환영역의 분산 비디오 부호화기법과 비슷하거나 우수한 성능을 보이는 화면 간 차이 신호에 대한 분산 비디오 부호화기법의 성능 개선을 위해 적응적인 그레이코드를 사용하는 방법에 대해 성능을 분석하였다. 화면 간 차이 신호가 우수한 성능을 얻기 위해서는 수신측에서 생성되는 보조정보에 의한 가상채널잡음이 가장 적게 일어나도록 그레이코드를 할당하는 방법이 필요한데, 본 논문의 분석에서는 양자화해서 전송되는 비트플레인의 개수에 크게 의존적임을 확인하였다. 즉, 8비트 깊이 해상도를 갖는 영상에서 화면 간 차이 신호는 9비트의 데이터를 발생시키고, 양자화해서 전송되는 비트가 n 비트이면, 화면 간 차이 신호에 $256 + 2^{9-n-1}$ 를 더함으로써 가상채널잡음의 효과를 최소화할 수 있음을 확인하였다. 특히, 최고의 성능과 최저의 성능을 발휘하는 방식간의 화질-비트율 측면에서 약 1.5dB 이상의 차이가 발생됨을 확인하였다.

본 논문에서는 화면 간 차이신호에 대해 최고의 성능과 최저의 성능을 나타내기 위한 적응적인 그레이코드 할당 방식에 대해 논하였으나, 실제 화소영역 또는 변환영역의 계수 값을 전송할 때도 사용할 수 있다. 앞으로 본 논문에서 제안한 적응적 그레이코드 할당 방식을 이용하여 화질-비트율을 적응적으로 제어하는 방식에 대한 응용 연구가 진행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology 13, pp. 560 - 576, July 2003.
- [2] D. Slepian and J. Wolf, "Noiseless Coding of Correlated Information Sources," IEEE Trans. Information Theory, vol IT-19, no. 4, pp. 471-480, July 1973.
- [3] A. Wyner and J. Ziv, "The Rate-distortion Function for Source Coding with Side Information at the Decoder," IEEE Trans. Information Theory, vol 22, pp. 1-10, Jan. 1976.
- [4] B. Girod, A. Aaron, S. Rane and D. Rebollo-Monedero, "Distributed Video Coding," Proceedings of the IEEE, vol. 93, no. 1, pp. 71-83, Jan. 2005.
- [5] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: A "Reversed" Multimedia Coding Paradigm," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, Barcelona, Spain, Sept. 2003.
- [6] http://www.discoverdvc.org/cont_Codec.html
- [7] D. Varodayan, A. Aaron and B. Girod, "Rate-Adaptive Codes for Distributed Source Coding," EURASIP Signal Processing Journal, Special Section on Distributed Source Coding, Vol. 86, No. 11, pp. 3123-3130, Nov. 2006.
- [8] J. Micallef, J. R. Farrugia, C. Debono, "Low-density Parity-check Codes for Asymmetric Distributed Source Coding," Conf. on ICITIS 2010, 985-988, Beijing, China(2010).
- [9] Chunho Park, Hiuk Jae Shim, and Byeungwoo Jeon, "Wyner-Ziv Video Compression using Noise Model Selection," IEEK-SP, No. 46, Vol. 4, July 2009, pp.445-453
- [10] A. Aaron, D. Varodayan and B. Girod, "Wyner-Ziv Residual Coding of Video," in Proc. PCS-2006, Beijing, China, April 2006.
- [11] Jin-soo Kim, Jae-Gon Kim and Kwang-deok Seo, "A Selective Block Encoding Scheme Based on Motion Information Feedback in Distributed Video Coding," IEICE Transactions on Communications, Vol. E94-B, No.3, pp.860-862, March 2011.
- [12] Jin-soo Kim, Jae-Gon Kim and Kwang-deok Seo, "A PDWZ Encoder Using Code Conversion and Bit Interleaver" JBE, No. 15, Vol. 1, Feb. 2010, pp.52-62
- [13] G. Hua and C. W. Chen, "Distributed Video Coding with Zero Motion Skip and Efficient DCT Coefficient Encoding," in Proc. ICME-2008, June 23 2008.
- [14] N. Anantrasirichai, D. Agrafiotis, and D. Bull, "Enhanced Spatially Interleaved DVC Using Diversity and Selective Feedback," in Proc. ICASSP 2009, April 2009.
- [15] Y. Tonomura, T. Nakachi, and T. Fujii, "Efficient Index Assignment by Improved Bit Probability Estimation for Parallel Processing of Distributed Video Coding," in Proc. ICASSP 2008, April 2008.

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 정보통신공학과 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 부교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리/부호화, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신



최해철

- 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1999년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2004년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 2004년 3월 ~ 2010년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 조교수
- 주관심분야 : 비디오 부호화, 영상통신, 패턴인식