

논문 2011-48SP-1-15

# U-HDTV를 위한 향상된 병렬 비디오 부호화 기법

( A Parallel Video Encoding Technique for U-HDTV )

정 승 원\*, 고 성 제\*\*

( Seung-Won Jung and Sung-Jea Ko )

## 요 약

Ultra-High Definition Television (U-HDTV)는 차세대 TV로 불리는 실감 TV의 가장 유망한 요소 기술로 주목 받고 있으며 이를 효과적으로 압축하기 위한 병렬 비디오 부호화 기술 개발의 필요성이 증대되고 있다. 기존의 병렬 부호화 기술은 영상을 공간적으로 분할하고 분할비디오 (sub-sequence)를 독립적으로 부호화 하는 방식을 사용하였다. 본 논문에서는 분할비디오간의 높은 상호상관 (cross-correlation)을 이용하여 부호화 효율을 향상하는 파이프라인 (pipeline) 구조의 병렬 부호화 기법을 제안한다. 실험결과를 통하여 제안하는 기술이 압축 효율을 향상시키며 균일한 화질의 분할비디오를 생성하는 것을 확인한다.

## Abstract

Ultra-High Definition Television (U-HDTV) is a promising candidate for the next generation television. Since the U-HDTV video signal requires a huge amount of data, parallel implementation of the U-HDTV compression system is highly demanding. In the conventional parallel video codec, a video is divided into sub-sequences and the sub-sequences are independently encoded. In this paper, for efficient parallel processing, we propose a pipelined encoding structure which exploits cross-correlation among the sub-sequences. The experimental results demonstrate that the proposed technique improves the coding efficiency and provides the sub-sequences of the balanced visual quality.

**Keywords :** 병렬 부호화, 파이프라인 구조, U-HDTV

## I. 서 론

High definition television (HDTV)는 고화질 비디오 콘텐츠 재현을 위하여 현재 널리 사용되고 있다. 최근에는 더 높은 화질에 대한 요구가 커지고 있으며 또한 이를 획득하기 위한 장비가 개발됨에 따라 ultra-HDTV (U-HDTV)가 차세대 TV의 필수 요소 기술로서 각광받고 있다<sup>[1~3]</sup>. U-HDTV에서 재생되는 비디오는 일반적으로 시청자의 시야각 전체를 포함할 정

도로 큰 공간 해상도 (spatial resolution)와 120Hz 이상의 시간 해상도 (temporal resolution)를 갖기 때문에 U-HDTV 비디오는 매우 큰 데이터 (data rate)를 요구한다. 그러므로 이러한 대용량 U-HDTV 비디오를 저장하고 전송하기 위해서는 실용적인 비디오 병렬 부호화 기술의 개발이 필요하다.

그림 1은 U-HDTV 병렬 압축 및 전송의 전형적인 구조도를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 U-HDTV 비디오를 우선적으로 시·공간 영역에서 분할하고 각각을 독립적으로 부호화하여 전송하는 방식이 가장 단순한 방식이며 일본의 NHK사에서는 이 방식을 이용하여 U-HDTV 시스템을 설계하여 시연하였다<sup>[1]</sup>. 하지만 이러한 독립적인 분할 비디오 부호화 방식은 필연적으로 분할 비디오 간의 화질 불균형을 초래한다.

\* 학생회원, \*\* 평생회원-교신저자, 고려대학교 전자전기공학부

(Dept. of Electrical Engineering, Korea University)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0000449).

접수일자: 2010년8월19일, 수정완료일: 2010년11월29일

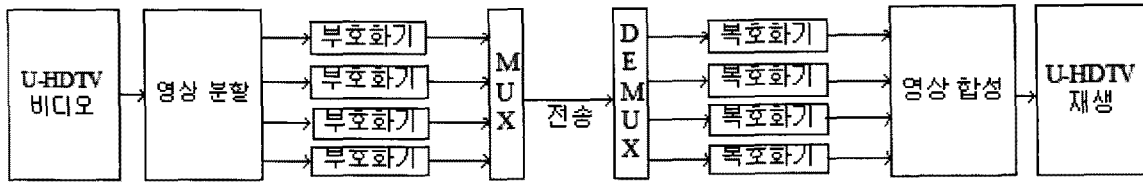


그림 1. 병렬 U-HDTV 압축/전송의 구조도  
Fig. 1. A diagram of the parallel U-HDTV system.

HDTV 기술이 처음 도입되었을 때에도 이 접근 방식이 고려되었지만 분할 비디오의 화질 불균형 문제로 인하여 주목을 받지 못하였다. 이 문제를 해결하기 위하여 각각의 분할 비디오 부호화기에 적응적으로 비트를 할당 (bit allocation) 하여 분할 비디오의 화질 균형을 맞추는 기술이 제안되었다<sup>[4~5]</sup>. 하지만 적응적인 비트 할당 기술은 추가적인 영상 분석 및 최적화를 요구하기 때문에 연산량 측면에서 U-HDTV 부호화기에 적용하기에는 무리가 따른다.

독립적인 부·복호화에 대한 대안으로 영상을 서브샘플링 (sub-sampling) 으로 분할하여 부호화 하는 방식을 고려할 수 있다. 서브샘플링으로 영상을 분할할 경우 분할 비디오간의 화질은 거의 동일하기 때문에 독립적인 부·복호화 이후에도 거의 동일한 화질의 비디오를 얻을 수 있다. 또한 복호화 이후에 분할 비디오를 합칠 때 영상이 재배치되기 때문에 최종 U-HDTV 비디오에서 분할 부·복호화로 인한 화질 불균형은 나타나지 않게 된다. 하지만 서브샘플링으로 인하여 원 비디오에서 존재하던 픽셀들의 공간적인 상관관계 (spatial correlation)는 크게 줄게 되며 이는 압축률 (coding efficiency)의 저하를 초래하게 된다. 기존의 U-HDTV 부·복호화 기법은 전자인 영상 공간 분할 방식을 채택하였다<sup>[1,3]</sup>. 전자의 방식은 앞서 언급한 분할 비디오간의 화질 불균형 문제를 갖고 있지만 기존 기법에서는 초고해상도 비디오에 적합한 비트 할당 기술을 고려하지 않았다.

본 논문에서는 앞서 언급한 두 가지 영상 분할 방식에 대한 실험적인 분석을 수행한다. 분석된 통계적인 실험 결과는 병렬 U-HDTV 비디오 부·복호화기를 설계에 중요한 참고자료로 사용될 수 있을 것으로 기대한다. 덧붙여 서브샘플링 방식으로 영상을 분할하는 경우에 대하여 부호화 효율을 향상시키기 위한 파이프라인 (pipeline) 방식의 부·복호화기를 제안한다. 실험결과를 통하여 기존 기술과 제안하는 기술의 화질 균형의 정도

와 압축률을 비교하여 각 방식의 장단점을 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 다음 장에서는 공간분할과 서브샘플링 분할의 특성에 대하여 간략하게 살펴보고, III장에서는 제안하는 병렬 부호화 기법을 소개한다. IV장에서 실험 및 결과를 기술하였으며, V장에서 결론을 맺는다.

## II. 영상 분할 방식에 대한 분석

본 절에서는 그림 2에 나타나는 두 가지 대표적인 영상 분할 방식의 특성을 분석한다. 그림 2의 예시에서 각 블록은 하나의 픽셀을 나타내며 공간분할 (spatial division)의 경우 4개의 서로 다른 분할비디오가 생성되며 서브샘플링의 경우 4개의 매우 유사한 비디오가 생성되는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 U-HDTV 비디오를 4개의 분할비디오로 나누는 것을 기준으로 하며 5개 이상의 비디오 분할도 유사한 방식으로 수행할 수 있다.

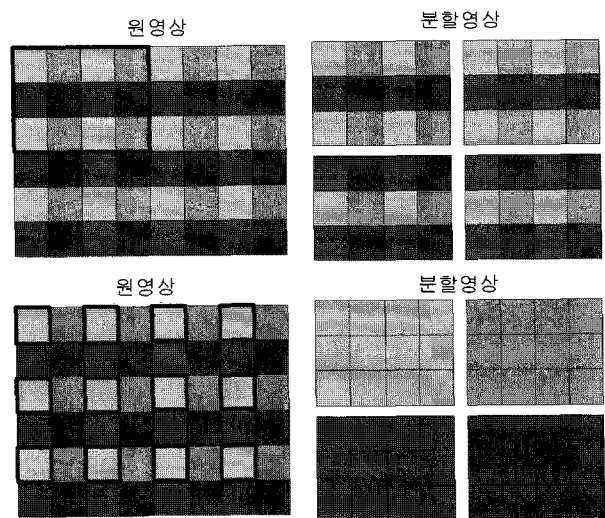


그림 2. 공간분할 (위)과 서브샘플링 (아래)을 통한 영상 분할 방식 비교  
Fig. 2. Sequence division by spatial division (upper) and subsampling (lower).

직관적으로, 공간분할 방식은 인접 픽셀들 간의 공간 상관 (spatial correlation)은 그대로 유지할 수 있으나 분할비디오간의 상호상관 (cross correlation)<sup>[6]</sup>은 떨어진다는 것을 알 수 있다. 반면에 서브샘플링을 이용하는 경우에는 이와 반대로 공간 상관은 줄지만 분할비디오간의 상호상관은 매우 클 것을 예측할 수 있다. 본 절에서는 이러한 직관적인 가정을 통계적인 근거를 통하여 입증한다.

첫 번째로, 두 개의 방식으로 얻어진 4개의 분할비디오의 각각에 대하여 상호상관을 측정하였다. 여기서 상호상관은 식 (1)으로 정의한다.

$$C_{m,n} = \frac{\sum_{j=1}^H \sum_{i=1}^W I_m(j,i) I_n(j,i)}{\sum_{j=1}^H \sum_{i=1}^W ((I_m(j,i) + I_n(j,i)) / 2)^2}, \quad (1)$$

여기서  $C_{m,n}$ 은  $m$ 과  $n$ 번째 분할비디오 사이의 정규화 된 상호상관 (normalized cross-correlation) 을 나타내며

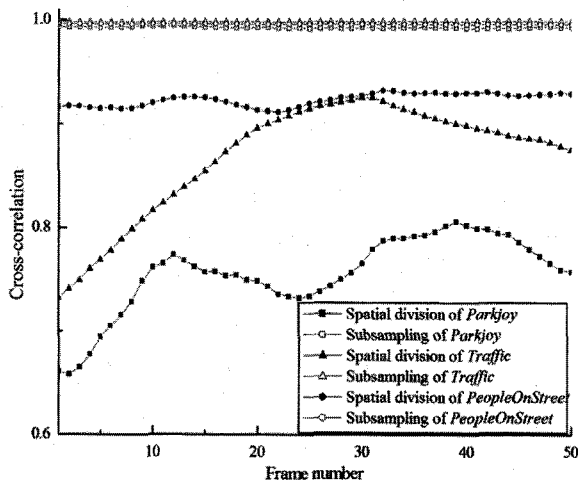


그림 3. 분할 영상에 대한 평균 상호상관 결과 비교  
Fig. 3. Average cross-correlation among sub-sequences.

$I_k(j, i)$ 는  $k$  번째 분할 비디오의  $(j, i)$ 위치의 픽셀 값을 나타내고,  $H$ 와  $W$ 는 각각 분할 비디오의 세로와 가로 길이를 나타낸다. 평균 상호상관은 식 (2)과 같은 방식으로 구한다.

$$C_{avg} = \frac{1}{6} \sum_{m=1}^3 \sum_{n=m+1}^4 C_{m,n}. \quad (2)$$

그림 3은 공간분할과 서브샘플링으로 얻어진 분할비디오에 대한 평균 상호상관 값을 비교한 결과를 나타낸다. 이 결과는 U-HDTV 실험 영상의 처음 50장을 이용하여 구한 결과의 평균값이며, 실험 U-HDTV 영상의 첫 장은 그림 4와 같다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 서브샘플링으로 얻어진 4개의 분할비디오의 상호상관 값은 거의 1의 값을 가지며 공간분할 방식과 비교할 때 훨씬 더 높다는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 서브샘플링을 이용할 경우에는 독립적으로 분할비디오를 분할하는 것은 비효율적이라는 것을 알 수 있다.

다음으로 각각의 분할비디오에 대하여 자기상관을 측정하였다. 자기상관은 식 (3)에 의하여 구해진다.

$$A_m^d(y, x) = \frac{\sum_{j=1}^H \sum_{i=1}^W I_m^d(j,i) I_m^d(j+y,i+x)}{\sum_{j=1}^H \sum_{i=1}^W (I_m^d(j,i))^2} \quad (3)$$

여기서  $A_m^d$  은  $m$ 번째 분할비디오의  $d$ 번째 해상도 (resolution)의 자기상관 값을 나타낸다. 다해상도 (multi-resolution) 비교를 위하여 원 분할비디오를 다운샘플링 (dyadic down-sampling)<sup>[8]</sup>하여 다해상도 비디오를 생성하였으며  $I_m^d$  은 원 분할비디오  $I_m$ 을  $2d$ 의 배율로 다운샘플링한 분할비디오를 나타낸다. 이때 식 (3)에서  $(j+y,i+x)$ 의 위치가 영상의 경계를 벗어나는 경우는



그림 4. 3가지 U-HDTV 원비디오의 첫 영상: Traffic (왼쪽, 4096x2048), ParkJoy (가운데, 3840x2160), PeopleOnStreet (오른쪽, 2560x1600)  
Fig. 4. The first frames of original test sequences: (left) Traffic(4096x2048), (center) ParkJoy(3840x2160), (right) PeopleOnStreet(2560x1600).

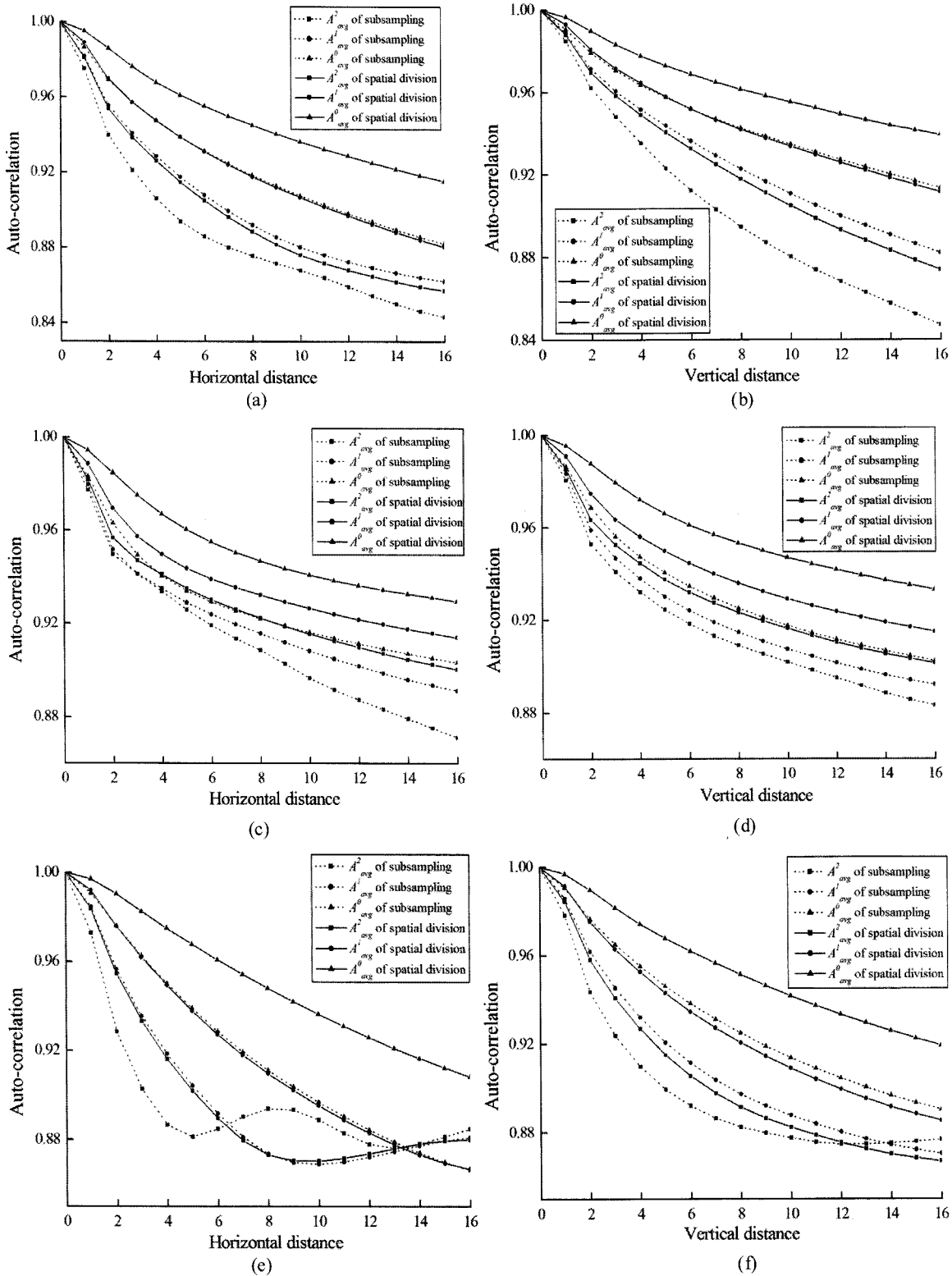


그림 5. 다양한 화질에서의 평균 자기상관 값 비교: (a)*Traffic* 영상의 수평방향, (b) *Traffic* 영상의 수직방향, (c)*ParkJoy* 영상의 수평방향, (d) *ParkJoy* 영상의 수직방향, (e)*PeopleOnStreet* 영상의 수평방향, (f) *PeopleOnStreet* 영상의 수직방향

Fig. 5. Average auto-correlation of sub-sequences at difference resolutions: (a)horizontal direction of *Traffic*, (b)vertical direction of *Traffic*, (c)horizontal direction of *ParkJoy*, (d)vertical direction of *ParkJoy*, (e)horizontal direction of *PeopleOnStreet*, (f)vertical direction of *PeopleOnStreet*.

분자 분모에서 제외한다. 최종적으로  $d$ 번째 해상도에 대한 평균 자기상관 값은 식 (4)로 얻어진다.

$$A_{avg}^d(y, x) = \frac{1}{4} \sum_{m=1}^4 A_m^d(y, x). \quad (4)$$

그림 5는 그림 4의 3가지 U-HDTV 비디오의 첫 50장에 대한 평균 자기상관 결과를 나타낸다. 분석을 용이하게 하기 위하여  $x$  혹은  $y$ 의 값을 0으로 하여 수직, 수평 방향의 자기상관 결과만 나타내었다. 결과를 통하여 서브샘플링 방식이 인접픽셀들이 분리됨으로 인하여 낮은 자기상관 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 서브샘플링 방식으로 얻어진 분할비디오를 독립적으로 부호화할 경우에는 압축률이 저하될 것이라는 것을 알 수 있다. 또한 다해상도에 대한 결과 분석을 통하여 해상도가 낮아짐에 따라 공간적인 자기상관 값이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 낮은 해상도에서는 공간 자기상관의 손실이 압축률을 크게 떨어트릴 것을 예측할 수 있으며 반면에 U-HD 해상도에서는 두 방식 모두 상당히 높은 자기상관 값을 갖는 것을 알 수 있다.

본 절의 분석을 통하여 서브샘플링 방식은 매우 큰 상호상관을 갖는 분할비디오를 생성하는 반면 공간 자기상관의 손실을 발생하는 것을 알 수 있다. 그러므로 서브샘플링의 방식을 이용할 경우에는 부호화 효율을 개선하기 위하여 분할비디오간의 상호상관을 효과적으로 이용하는 것이 필수적이라는 결론을 내릴 수 있다.

### III. 제안하는 병렬 부호화 기법

앞 절에서 살펴본 바와 같이 분할비디오간의 높은 상호상관을 비디오 부호화에 효과적으로 이용하는 기술 개발이 필요하다. 본 연구에서는 실용적으로 적용이 가능하고 또한 기존의 H.264/AVC의 표준의 신택스 (syntax)를 크게 바꾸지 않는 병렬 부호화 기술을 제안한다. 물론 상호상관을 최대한도로 이용하기 위해서는 움직임 벡터 (motion vector), 예측 모드 (prediction mode) 등의 부호화 정보를 교환하는 방식을 고려할 수 있지만 이는 분할 부호화기 (sub-coder)간의 많은 정보 교환을 요구하기 때문에 본 연구에서는 배제한다. 그림 6은 제안하는 파이프라인 방식의 부호화기의 예측 구조를 나타낸다. 제안하는 방식에서는 이웃한 분할비디오간의 상호상관을 참조영상 (reference frame)을 전달하는 방식을 통하여 이용한다. 즉, 하나의 분할 부호화기

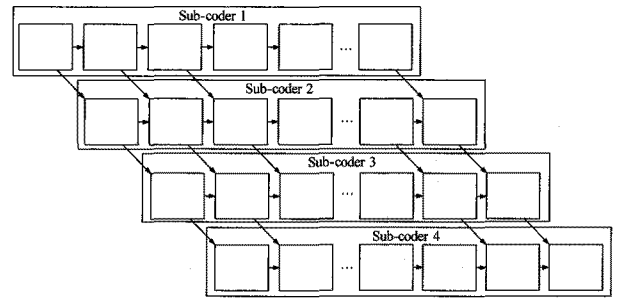


그림 6. 파이프라인 방식의 병렬 부호화 구조  
Fig. 6. Pipelined parallel encoding structure.

에서 부호화 결과로 생성된 복호 영상 (reconstructed frame)을 이웃한 복호화기에서 참조영상으로 사용하는 구조를 이용한다. H.264/AVC 표준에서는 복수개의 영상을 참조영상으로 이용할 수 있기 때문에 제안하는 기법은 참조 영상을 보관하는 버퍼 (decoded picture buffer, DPB)에 이웃한 분할 부호화기로부터 받은 복호 영상을 추가하는 방식으로 구현이 가능하다.

제안하는 방식은 파이프라인 구조를 이용하기 때문에 부-복호화 과정에서 지연 (delay)을 발생한다. 가령 4개의 비디오로 분할할 경우에는 3장의 지연이 발생하게 되며 복호화기에서도 마찬가지로 파이프라인 순서에 따라 복호를 수행하므로 3장의 지연을 요구한다.

실험을 통하여 대부분의 부호화 블록이 자신의 최적 예측 블록을 인접한 분할 부호화기로부터 가져온 참조영상에서 찾았다는 것을 확인하였다. 그러므로 인접한 분할 부호화기의 참조영상을 DPB의 첫 번째 참조영상에 위치시키고 나머지 참조영상을 한 칸씩 이동시키는 방식을 이용하였다. 또한, 참조영상을 가져오는 것은 그림 6에서 볼 수 있듯이 바로 위에 위치한 분할 부호화기에서만 할 수 있도록 하였다. 이는 우선적으로 분할 부호화기간에 교환하는 정보의 양을 최소한으로 하기 위함이며 또한 실험적으로 복수개의 참조 영상을 이용하는 것이 큰 추가적인 부호화 효율 개선을 가져오지 않았기 때문이다.

### IV. 실험

제안하는 기술의 성능을 평가하기 위하여 3개의 U-HDTV 실험 비디오 (*Traffic*, *PeopleOnStreet*<sup>[9]</sup>, *ParkJoy*<sup>[10]</sup>)를 사용하였다. 구체적인 실험 조건은 표 1에 명시하였다. II절에서 설명한 공간분할과 서브샘플링 방식으로 비디오를 각각 4개의 분할비디오로 분할하였

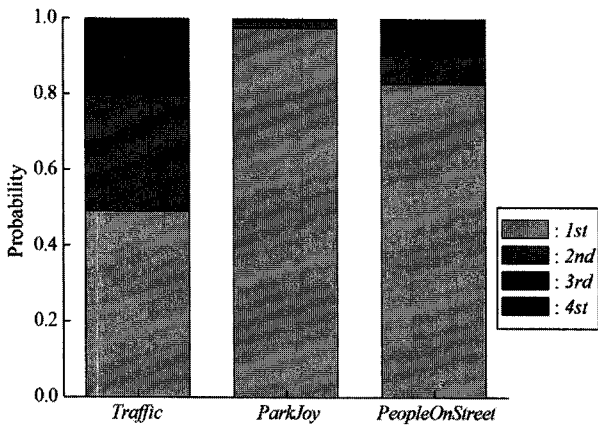


그림 7. 참조영상 선택 분포 비교 (1st: 상위 coder에서 얻은 참조영상, 2nd-4th: 동일 coder에서 얻은 참조영상)

Fig. 7. Distribution of the selected reference frame (1st: the reference frame from the upper sub-coder, 2nd-4th: the reference frames from the same sub-coder)

으며 분할비디오를 기존의 방식과 제안하는 파이프라인 방식으로 부호화하였다.

그림 7의 제안하는 기술을 적용 하였을 때 참조영상의 선택 비중을 나타낸다. *Traffic*, *ParkJoy*, *PeopleOnStreet* 세 영상에 대하여 각각 48.9%, 97.4%, 82.7%의 블록이 최적 예측 블록을 이웃 분할 부호화기에서 가져온 참조영상에서 찾는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 공간적으로 높은 상호상관을 갖는 영상이 매우 효과적인 참조영상으로 이용되고 있는 것을 확인할 수 있다. 특히, 시간적인 복잡도가 매우 큰 *ParkJoy* 영상의 경우 97% 이상 첫 번째 참조영상이 선택되는 것을 확인할 수 있다. 반면에 배경이 고정되어

있고 작은 객체가 움직이는 *Traffic*과 *PeopleOnStreet* 영상에서는 상대적으로 첫 번째 참조영상이 선택되는 비중이 작게 나타난다. 그러므로 제안하는 기법의 효과는 비디오의 시간적인 복잡도가 클수록 더 크다는 것을 알 수 있다.

그림 8은 공간분할-독립부호화, 서브샘플링-독립부호화, 서브샘플링-파이프라인 부호화 (제안하는 방식)의 세 가지 경우에 대한 비트율-왜곡 (rate-distortion) 성능을 나타낸다. 여기서 비트율은 4개의 분할 비디오의 비트율의 합을 나타내며 왜곡은 peak signal-to-noise ratio (PSNR)로 측정된다. PSNR값은 분할 부호화 이후 최종 복호 영상과 원영상의 비교를 통하여 구하였다.

정량적인 측정을 위하여 Bjontegaard Delta (BD) PSNR<sup>[13]</sup> 값을 측정한 결과 기존의 서브샘플링-독립부호화 대비 서브샘플링-파이프라인 부호화 방식은 그림 8 (a), (b), (c)에 대하여 각각 1.01dB, 1.93dB, 3.39dB의 성능 개선을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이는 이웃한 분할 부호화기로부터 얻은 참조영상이 현재 부호화 대상 영상과 매우 큰 상호상관을 가져서 예측 부호화의 성능이 크게 향상되었기 때문이다. 하지만 서브샘플링-파이프라인 부호화 방식이 비트율-왜곡 측면에서는 기존의 공간분할-독립부호화 방식에 미치지 못하는 것을 확인할 수 있다. BDPSNR 측면에서 1.97dB, 1.17dB, 1.63dB의 성능 손실이 발생한다. 이는 인접한 픽셀들의 분리로 인해 발생하는 자기상관의 손실이 완벽하게 복구되지 못하기 때문인 것으로 판단한다. 하지만 비트율-왜곡의 손실은 고화질일수록 작아지며 U-HDTV는 초고화질 비디오 재생을 목적으로 하기 때문에 비트율-왜곡

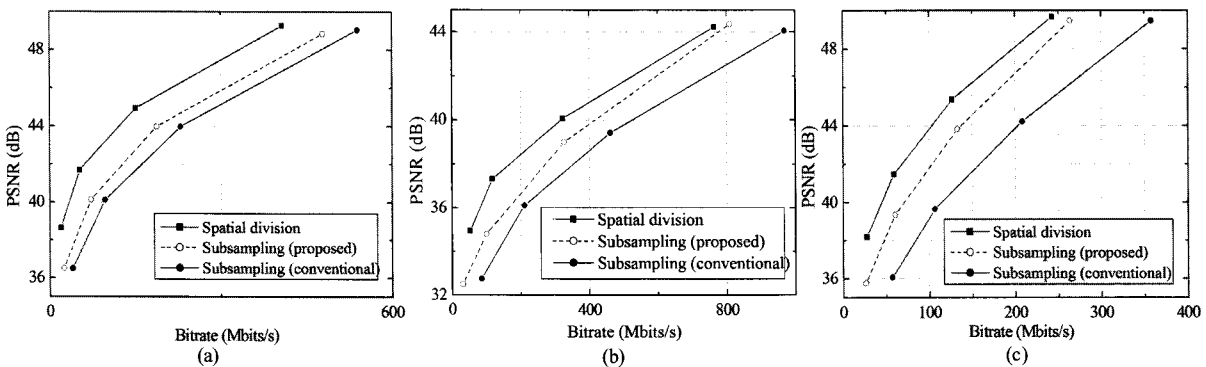


그림 8. 공간 분할과 서브샘플링에 대한 비트율-왜곡 성능 비교 (a) *Traffic*, (b) *ParkJoy*, (c) *PeopleOnStreet*

Fig. 8. Rate-distortion performance of the spatial division and subsampling for (a)*Traffic*, (b)*ParkJoy*, (c)*PeopleOnStreet*.

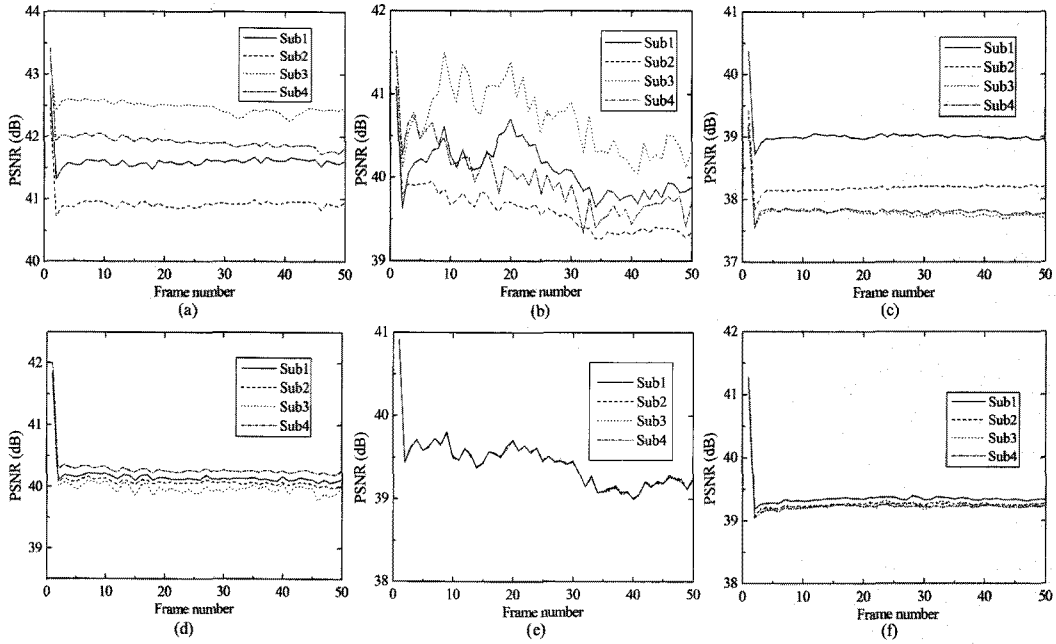


그림 9. PSNR 성능 비교 (a) *Traffic* 영상에 공간분할 적용, (b) *ParkJoy* 영상에 공간분할 적용, (c) *PeopleOnStreet*에 공간분할 적용, (d) *Traffic* 영상에 서브샘플링 적용, (e) *ParkJoy* 영상에 서브샘플링 적용, (f) *PeopleOnStreet* 서브샘플링 적용

Fig. 9. The PSNR results for (a)*Traffic* with spatial division, (b)*ParkJoy* with spatial division, (c)*PeopleOnStreet* with spatial division, (d)*Traffic* with subsampling, (e)*ParkJoy* with subsampling, (f)*PeopleOnStreet* with subsampling.

의 저하는 상대적으로 더 줄게 된다. 비트율-왜곡의 저하를 최대한으로 막기 위해서는 추가적인 부호화 정보를 교환하거나 분할 부호화기간의 양자화 계수 (quantization parameter, QP)를 적응적으로 결정하는 방식 등을 추후 고려할 수 있다.

그림 9는 유사한 화질에서의 PSNR 비교 결과를 나타낸다. 여기서 Sub1-Sub4는 그림 5의 4개의 분할 부호화기를 각각 나타낸다. 각 분할비디오의 화질 균형 정도를 측정하기 위해 4개 분할 비디오의 PSNR 변화의 추이를 나타내었다. 실험 결과를 통하여 확인할 수 있듯이 기존의 공간분할-독립부호화 방식에서는 분할 비디오 간에 큰 화질 불균형이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 화질의 불균형은 최대 1.72dB (*Traffic*), 1.69dB (*ParkJoy*), 1.31dB(*PeopleOnStreet*)의 오차를 가져오며 이는 주관적인 영상의 화질을 크게 저하한다<sup>[3]</sup>. 반면에 제안하는 방식에서는 별도의 비트 할당 기술이나 후처리를 요구하지 않고도 매우 균일한 화질의 분할비디오를 생성하는 것을 확인할 수 있다. 그림 10은 분할비디오 복호화 이후 합성을 통하여 얻어진 최종 복호화 U-HDTV 비디오의 결과를 나타낸다. 결과를 통하여 유사한 PSNR에서 기존의 공간분할-독립부호화 방식은

표 1. 실험 조건

Table 1. Experimental conditions.

실험영상	<i>Traffic</i> (8bit, 4096x2048, 30fps)
	<i>ParkJoy</i> (8bit, 3840x2160, 50fps)
부호화기 설정	<i>PeopleOnStreet</i> (cropped version, 8bit, 2560x1600, 30fps)
	Software: JM 15.0 <sup>[11]</sup> Profile: High Prediction structure: IPPP Number of encoded frames: 50 Number of reference frames: 4 QP of intra slice (QPI) = 12, 17, 22, 27 QP of inter slice (QPP) = QPI + 1 ME: EPZS <sup>[12]</sup> (1/4 resolution) ME search range: 64 RDO: Enabled Entropy coding: CABAC

분할비디오간의 화질 오차를 발생하며 이는 분할비디오의 경계에서 열화로 나타나는 것을 확인할 수 있는 반면 서브샘플링-파이프라인 부호화 방식은 열화를 발생시키지 않는 것을 확인할 수 있다. (주의: 경계에서 발생하는 오차는 화면에서는 관측이 되나 인쇄 시에는 보

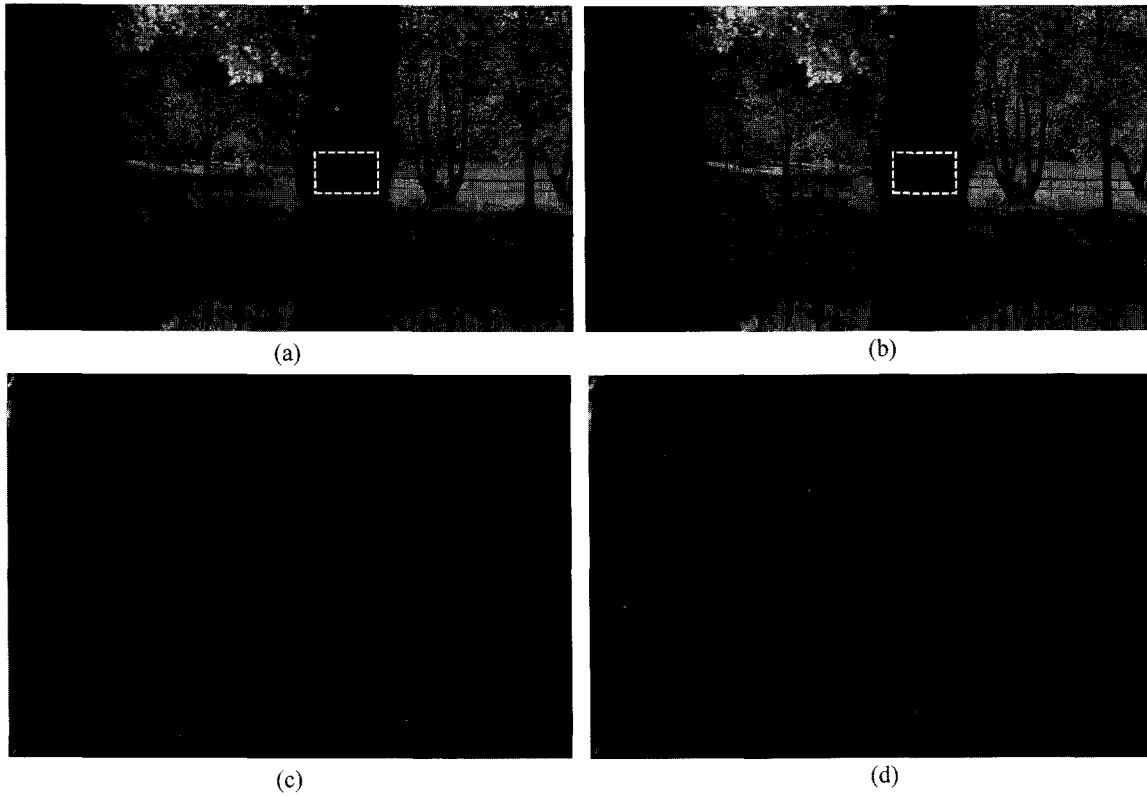


그림 10. *ParkJoy* 비디오에 대한 복호화 영상의 주관적 화질 비교.

(a) 공간분할-독립부호화 결과 (PSNR:32.45dB), (b) 서브샘플링-파이브라인 부호화 결과 (PSNR:32.49dB), (c) (a)영상의 부분 확대 결과, (d) (b)영상의 부분 확대 결과

Fig. 10. Subjective visual quality comparison for the decoded *ParkJoy* frame.

(a) the decoded image of the spatial division-independent encoding, (b) the decoded image of the sub-sampling-pipeline encoding, (c) the magnified region of (a), (d) the magnified region of (b).

이지 않을 수도 있습니다).

끝으로 제안하는 기법은 실제 부호화기인 H.264/AVC의 참조영상을 변환하는 방식으로 구현되기 때문에 큰 추가 연산량을 발생시키지 않는다. 또한 공간 분할 방식과 서브샘플링 분할방식은 매우 단순한 방식이므로 영상 분할과 합성에 요구되는 연산량은 무시할 수 있는 정도인 것을 확인하였다.

## V. 결 론

본 논문에서 우리는 파이프라인 구조에 기반을 둔 병렬 비디오 부호화 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 서브샘플링을 통하여 높은 상호상관을 갖는 분할비디오를 생성하고 파이프라인 구조의 예측 방식을 통하여 분할비디오를 부호화한다. 파이프라인 부호화 방식은 BDPSNR 측면에서 1dB 이상의 부호화 효율 개선을 가져오며 분할 비디오간의 PSNR 오차를 0.5dB 이하로

발생하는 사실을 확인하였다. 또한, 본 논문에서 수행한 영상 분할 방식에 대한 통계적인 분석 결과는 향후 U-HDTV 병렬 부호화 기술 개발을 하는 연구자에게 유용한 참고자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. Sakaida, N. Nakajima, A. Ichigaya, and M. Kurozumi, "The super hi-vision codec," *Proc. IEEE ICIP'07*, vol. 1, pp. 21-24, Sep. 2007.
- [2] K. Masaoka, M. Kawakita, M. Sugawara, M. Kanazawa, K. Ohzenk, and Y. Nojori, "Image quality management for the super hi-vision system at the Kyushu national museum," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E89-A, no. 11, pp. 2938-2944, Nov. 2006.
- [3] S.-W. Jung, Y.-J. Yoon, H. Choi, A. W. Morales, and S.-J. Ko, "A novel post-processing algorithm for parallel-decoded U-HDTV video



- sequences," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 55, no. 1, pp. 185-190, Feb. 2009.
- [4] H.-M. Hang, R. Leonardi, B. G. Haskell, R. L. Schmidt, H. Bheda, and J. H. Othmer, "Digital HDTV compression using parallel motion-compensated transform coders," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 210-221, Jun. 1991.
- [5] H. Xiong, S. Yu, and W. Ye, "Implementation of digital HDTV encoder with parallel sub-picture encoding modules and its joint bit-allocation strategy," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 48, no. 4, pp. 898-907, Nov. 2002.
- [6] A. Leon-Garcia, *Probability and Random Processes for Electrical Engineering (2nd ed.)*, Addison Wesley, May. 1994.
- [7] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjøntegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 13, no. 7, pp. 560-576, Jul. 2003.
- [8] S. Sun and J. Reichel, "AHG Report on Spatial Scalability Resampling," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6 JVT-R006, Bangkok, Thailand, Jan. 2006.
- [9] VCEG common condition test sequences, [Online]. Available FTP: [vceg-seq.ateme.net](http://vceg-seq.ateme.net)
- [10] SVT high definition multi format test set, [Online]. Available FTP: [vqeg.its.bldrdoc.gov](http://vqeg.its.bldrdoc.gov)
- [11] Joint Model (JM) 15.0 Reference Software. [Online]. Available at: <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>
- [12] A. M. Tourapis, H. Y. Cheong, and P. Topiwala, "Fast ME in the JM reference software," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T Q6/SG16, document JVT-P026, Jul. 2005.
- [13] G. Bjøntegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-M33, 2001.

---

 저자 소개
 

---



정 승 원(학생회원)  
 2005년 고려대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 2010년 현재 고려대학교  
 전자전기공학과  
 석박사통합과정 재학.

<주관심분야 : 비디오 신호처리, 멀티미디어 압축 및 컴퓨터비전>



고 성 제(평생회원)-교신저자  
 1980년 고려대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 1985년 State Univ. of New York  
 at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과 석사 졸업.  
 1988년 State Univ. of New York  
 at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과 박사 졸업.

1981년~1983년 대우통신 중앙연구소 연구원  
 1988년~1992년 The Univ. of Michigan,  
 Dearborn 전기 및 컴퓨터공학과 조교수  
 1996년 11월 IEEE APCCAS best paper award  
 1997년 12월 대한전자공학회 해동논문상 수상  
 1999년 11월 한국통신학회 LG 학술상  
 2000년 IET Fellow  
 2004년 3월 고려대 훌륭한공대교수상  
 (학술 부문)  
 1992년~현재 고려대학교 전기전자전파공학과  
 정교수  
 2008년~현재 대한전자공학회 부회장  
 <주관심분야:영상처리 및 압축, 멀티미디어통신>