

# H.264/AVC 디블록킹 필터를 위한 고속 블록 경계 강도 결정 방법

최정아, 호요성

광주과학기술원 정보통신공학과

jachoi@gist.ac.kr, hoyo@gist.ac.kr

## I. 서론

H.264는 블록 기반 부호화를 사용하므로 복호된 영상에서 블록 왜곡이 나타난다. 기존의 H.264는 이를 줄이기 위해 디블록킹 필터를 사용하지만, 이로 인해 상당한 양의 연산량이 늘어나게 된다. 따라서 기존의 성능을 유지하면서 연산량이 감소된 효율적인 디블록킹 필터가 요구된다. 본 논문에서는 디블록킹 필터 내에서 많은 연산량을 차지하는 블록 경계 강도 결정 단계의 연산량을 감소시키는 경계 분류 방법과 고속 경계 강도 결정 방법을 제안한다.

## II. 제안한 방법

### 1. 가변 블록을 이용한 경계 분류 방법

H.264 표준의 움직임 보상 단계에서 7 종류의 가변 블록을 사용한다. 이러한 가변 블록들은 독립적으로 처리되기 때문에 블록 왜곡의 주요한 원인이 된다. 실험결과를 통해, 가변 블록의 경계에서 블록 왜곡이 많이 생기고, 반대로, 가변 블록의 경계가 아닌 영역은 상대적으로 블록 왜곡이 적다는 것을 알 수 있었다. 하지만 기존의 디블록킹 필터는 이와 상관없이 모든 Line-of-Pixel (LOP)에 대해 블록 경계 강도 결정을 수행하여 상당한 시간을 소모한다. 그러므로, 우리는 가변 블록의 경계를 Special Boundary (SB)라고 정의하고, 그 외의 경계들을 Complex Boundary (CB)라고 정의한 후, SB의 경우 블록 경계 강도 결정을 수행하지 않고, CB의 경우에만 수행한다. 그림 1은 가변 블록이 16x8인 경우의 경계 분류를 보여주고 있다.

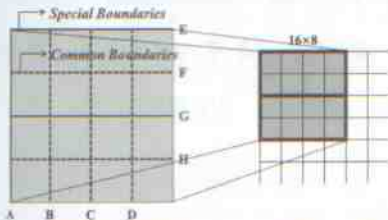


그림 1. Special Boundary 와 Common Boundary

### 2. 고속 블록 경계 강도 결정 방법

H.264 표준에서는 디블록킹 필터링을 위하여 매크로블록의 각 LOP마다 블록 경계 강도 결정을 수행한다. 블록 경계 강도 결정 단계에서는 몇가지 조건을 확인하여 적합한 블록 경계 강도를 결정한다. 그러나, 많은 경우에 있어서, 같은 경계내의 화소들은 비슷한 양의 블록 왜곡을 가지게 된다. 그러므로, 그러한 화소들은 거의 비슷한 블록 경계 강도를 가지게 된다. 실험을 통해,

우리는 첫번째 LOP의 블록 경계 강도만으로도 같은 경계 내의 전체 LOP의 블록 경계 강도를 결정할 수 있음을 확인하였다.

먼저 각 매크로블록 경계의 첫번째 LOP의 블록 경계 강도를 결정한다. 블록 경계 강도 값이 0이면 같은 경계 내의 다른 LOP들의 블록 경계 강도들을 0으로 결정한다. 만약 블록 경계 강도 값이 3 또는 4인 경우, 같은 경계 내의 다른 LOP들의 블록 경계 강도들을 같은 값인 3 또는 4로 결정한다. 그 외에 첫번째 LOP의 블록 경계 강도 값이 1 또는 2인 경우에는 기존의 블록 경계 강도 결정 방법을 수행한다.

## III. 실험 결과 및 결론

표 1의 실험 결과로부터, 제안한 방법이 기존의 디블록킹 필터의 블록 경계 강도 단계의 연산량을 상당량 감소시킴을 알 수 있다. 또한 제안한 방법이 저비트율에서 더 효율적임을 알 수 있다.

표 1. 실험결과 (Foreman)

QP	연산량 (%)	Δ PSNR (dB)	Δ Bitrate (kbit/s)
28	-88.41	0.02	0.91
32	-87.84	0.02	0.58
36	-88.33	0	-0.22
40	-90.19	0.03	0.57

본 논문에서는 H.264 디블록킹 필터의 연산량을 감소시키기 위해 새로운 고속 블록 경계 강도 결정 방법을 제안하였다. H.264 가변 블록 정보를 이용해 경계를 분류한 후, 블록 왜곡이 많이 발생하는 가변 블록 경계만을 필터링하고, 각 경계의 첫번째 LOP의 경계 강도를 통해 같은 경계 내의 다른 LOP들의 경계 강도를 예측하였다. 제안한 방법은 기존의 방법과 비교하여, PSNR 과 발생 비트율의 변화는 거의 없으면서 블록 경계 강도 결정 단계의 연산량을 평균적으로 약 90.70% 정도 감소시켰다.

## 참고문헌

[1] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Video Compression-From Concepts to the H.264/AVC Standard," *Proc. of the IEEE*, vol.93, pp. 18-31, Jan. 2005.

[2] P. List, A. Jock, J. Lainema, G. Bjontegaard, and M. Karczewicz, "Adaptive Deblocking Filter," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 614-619, July 2003.

# H.264/AVC 디블록킹 필터를 위한 고속 블록 경계 강도 결정 방법

최정아, 호요성

광주과학기술원 정보통신공학과

## Fast Boundary Strength Decision Algorithm for H.264/AVC Deblocking Filter

Jung-Ah Choi, Yo-Sung Ho

Gwangju Institute of Science and Technology

jachoi@gist.ac.kr, hoyo@gist.ac.kr

**Abstract:** H.264 표준은 영상을 블록 단위로 나누어 처리한다. 그 결과, 복호된 영상에 인접한 블록 사이에 불연속 현상이 보이게 된다. 이러한 현상을 영상에서 블록 왜곡이라고 한다. 이러한 블록 왜곡을 제거하기 위해, H.264 표준에서는 디블록킹 필터를 사용한다. H.264 디블록킹 필터는 각 Line-of-Pixel (LOP) 마다 필터의 강도를 결정하는 블록 경계 강도를 결정하고, 그 후 결정된 블록 경계 강도에 따라 강한 필터링 또는 약한 필터링을 수행한다. 이러한 기존의 디블록킹 필터는 좋은 성능을 나타내지만 복잡도가 높다는 단점이 있다. 블록 경계 강도 결정 단계는 필터링 과정에서의 복잡도를 높이는 요인 중 하나이다. 그러므로 본 논문에서는 각 매크로블록의 모드 정보를 고려하여 조기에 디블록킹 필터의 사용 여부를 결정하고, 매크로블록의 경계들의 상관관계를 고려하여 첫번째 LOP의 블록 경계 강도를 이용하여 같은 경계 내의 다른 LOP들의 블록 경계 강도를 예측하는 방법을 제안한다. 이를 통하여, H.264 디블록킹 필터의 블록 경계 강도 결정에 의한 복잡도를 효과적으로 줄일 수 있다. 제안한 알고리즘은 H.264 표준의 디블록킹 필터의 블록 경계 강도 결정 방법에 비해 평균 약 90.70%의 연산량을 감소시켰다.

**Keywords:** H.264/AVC, 디블록킹 필터, 블록 경계 강도 결정 방법

### I. 서론

H.264 디블록킹 필터는 영상의 복호 과정에서 발생한 블록 현상을 제거하는 필터이다. 화면 내 블록 왜곡이 생기기 어려운 곳에서는 약한 필터 연산을 하여 원래 영상의 정보를 살려주고, 블록 왜곡이 생기기 쉬운 곳에서는 강한 필터 연산을 하여 블록 현상을 제거하는 적응적 필터로서, 처리되지 않은 영상에 비하여 5~10%의 화질 향상이 있다 [1].

H.264 디블록킹 필터는 H.264 복호기 전체 연산량의 1/3을 차지하는 연산량이 많은 필터이다. 따라서 복호기의 실시간 처리를 위한 H.264 디블록킹 필터의 고속화에 대한 많은 연구가 진행 중이다.

본 논문에서는 가변 블록 정보와 각 블록 경계의 높은 연관성을 이용하여 조기에 블록 경계 강도를 결정

하는 방법을 제안한다. 먼저, 가변 블록 정보를 이용하여 매크로블록 경계의 필터링 여부를 결정한다. 그 다음, 각 블록의 경계는 거의 비슷한 블록 왜곡을 가지게 되므로, 각 블록 경계 강도 값에 따른 통계적인 특성에 따라 블록 경계 강도가 0, 3, 또는 4인 경우에 대하여, 각 경계의 첫 Line-of-Pixel (LOP)의 경계 강도를 이용하여 조기에 전체 경계의 블록 경계 강도를 결정한다. 제안한 방법을 통해, 기존의 H.264에 비하여 복호화 시간을 많이 단축할 수 있다.

### II. H.264 표준의 디블록킹 필터

블록 기반 부호화를 사용하면 입력 영상을 블록이라 불리는 작은 영상으로 나눠서 코딩을 한다. 이로 인해 경계에서 불연속성이 나타나는데 이를 블록 왜곡이라고 부른다. H.264 표준에서 4×4 블록을 기본으로 하는 블록 기반 움직임 보상과 직교 변환은 블록 왜곡의 주요한 원인이다. H.264 표준에서는 이러한 블록 왜곡을 제거하면서 실제 경계를 보존하기 위해 디블록킹 필터를 사용하며, 결과적으로 평활화된 영상을 생성한다.

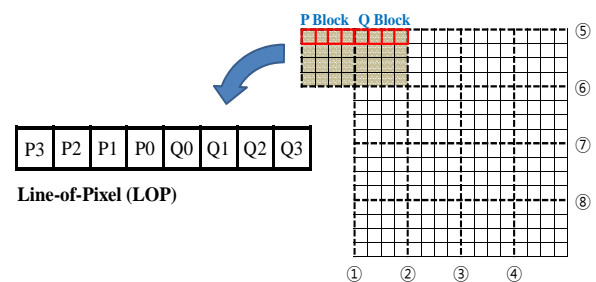


그림 1. 매크로블록의 내부 블록 스캔 순서

필터링은 슬라이스 경계를 제외한 매크로블록 내의 모든 4×4 블록의 수직이나 수평 가장자리에 대해 그림 1과 같은 순서로 수행된다. 먼저, 휘도 성분의 4개의 수직 가장자리들이 필터링되고, 그 다음 4개의 수평 가장자리들이 필터링 된다. 색차 성분도 같은 방식으로 수직 가장자리, 수평 가장자리 순으로 필터링 된다.

디블록킹 필터를 적용하기 전에, 그림 2와 같은 결정 방법에 따라 인접한 4×4 블록에 대한 경계 강도를 결정한다 [2].

산출된 경계 강도 값에 따라 적응적으로 필터링을 수행한다. 경계 강도가 0인 경우에는 필터링을 수행하지 않고, 경계 강도가 4인 경우에는 가장 강한 필터링을, 중간 값 (1~3)의 경계 강도에 대해서는 일반적인 필터링을 수행한다.

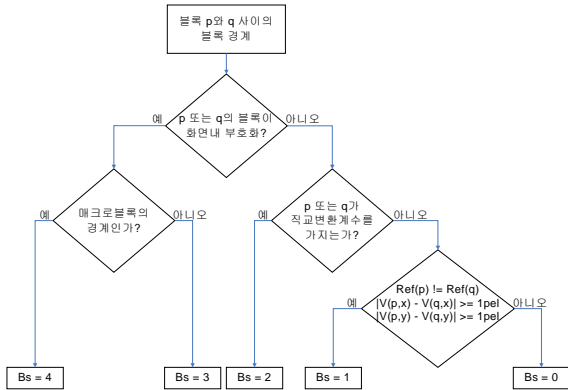


그림 2. 블록 경계 강도 결정 방법

III. 제안한 방법

1. 가변 블록 정보를 이용한 경계 분류 방법

그림 3에서 보여지듯이, H.264 표준의 움직임 보상 단계에서 7 종류의 가변 블록을 사용한다. 영상의 단순하고 평탄한 영역에서는 큰 크기의 블록들로 움직임 보상을 실행하고, 복잡한 영역에서는 작은 크기의 블록들로 움직임 보상을 실행한다 [3]. 이러한 가변 블록들은 독립적으로 처리되기 때문에 블록 왜곡의 주요한 원인이 된다. 그러므로 가변 블록의 경계에서 블록 왜곡이 많이 생길 것이라 예측할 수 있다. 반대로, 가변 블록의 경계가 아닌 영역은 상대적으로 블록 왜곡이 적을 것이라 예측할 수 있다.

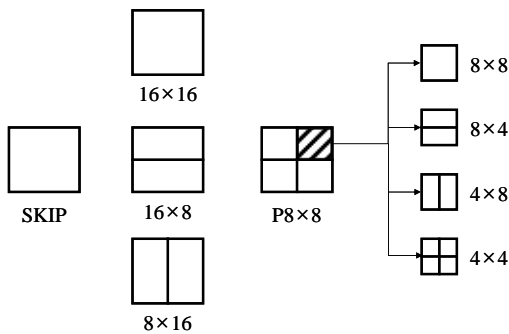


그림 3. H.264 표준의 가변 블록

이를 확인하기 위해, 가변 블록의 경계를 Special Boundary (SB), 가변 블록의 경계가 아닌 경계를 Common Boundary (CB)라 정의하고, SB와 CB에서의 더블록킹 필터 사용 여부를 실험적으로 확인해 보았다. 표 1은 다양한 실험 영상에 대한 블록 경계 강도 결정 단계 사용 여부를 확인한 결과를 나타낸다.

표 1에서 보여지듯이, SKIP, 16x16, 16x8 가변 블록의 경우, SB에서 88% 이상 필터링이 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 즉, SKIP, 16x16, 16x8 가변 블록의 경계에서 우리의 가정이 타당함을 알 수 있다. 하지만 이들이 필터링이 되지 않는다는 것을 확인하기 위

해 블록 경계 강도 결정 단계에서 상당히 많은 연산이 소요된다. 그러므로 그림 4와 같이, SKIP, 16x16, 16x8 가변 블록의 경계를 SB로, 그 외의 경계들을 CB라고 정의한 후, SB의 경우 블록 경계 강도 결정 단계를 건너뛰고 블록 경계 강도를 0으로 결정한다.

표 1. 블록 경계 강도 결정 단계 사용 여부 (%)

모드		SKIP	16x16	16x8	8x16	8x8
SB	사용	28.09	61.47	62.75	42.90	58.24
	사용 안함	71.91	38.53	37.25	57.10	41.76
CB	사용	0	11.65	6.15	21.28	31.79
	사용 안함	100	88.35	93.85	78.72	68.21

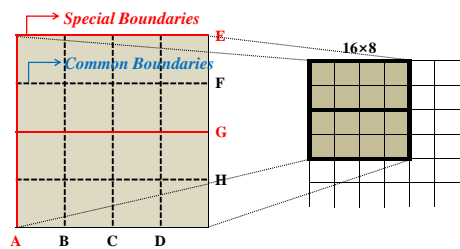


그림 4. Special Boundary 와 Common Boundary

2. 고속 블록 경계 강도 결정 방법

H.264 표준에서는 더블록킹 필터링을 위하여 매크로블록의 각 LOP마다 블록 경계 강도 결정을 수행한다. 블록 경계 강도 결정 단계에서는 몇가지 조건을 확인하여 적합한 블록 경계 강도를 결정한다. 그러나, 많은 경우에 있어서, 같은 경계내의 화소들은 비슷한 양의 블록 왜곡을 가지게 된다. 그러므로, 그러한 화소들은 거의 비슷한 블록 경계 강도를 가지게 된다. 따라서, 우리는 첫번째 LOP의 블록 경계 강도만으로도 같은 경계내의 전체 LOP의 블록 경계 강도를 결정할 수 있음을 가정할 수 있다.

먼저 매크로블록 경계의 첫번째 LOP의 블록 경계 강도를 BS<sub>FLOP</sub>, 같은 경계 내의 다른 LOP의 블록 경계 강도를 BS<sub>SLOP</sub>로 정의한다. 가정을 확인하기 위한 여러가지 실험 영상에 대한 BS<sub>FLOP</sub>에 따른 BS<sub>SLOP</sub>의 분포가 표 2에 나타나 있다. 이 실험에서, 우리는 10개의 실험 영상 (Foreman, Hall Monitor, Mother and Daughter, Container, Coastguard, Stefan, News, Table Tennis, Salesman, 그리고 Carphone) IPPPP...P 100 프레임을 사용하였다.

표 2의 실험 결과로부터 우리는 블록 경계 강도가 0, 3, 그리고 4인 경우에 대하여, 우리의 가정이 타당함을 알 수 있다. 그러므로, 만약 블록 경계 강도가 0, 3, 그리고 4인 경우, BS<sub>FLOP</sub>를 이용하여 추가적인 연산 없이도 BS<sub>SLOP</sub>를 조기에 결정할 수 있다. 하지만 블록 경계 강도가 1과 2인 경우에는 BS<sub>FLOP</sub>로 다른 BS<sub>SLOP</sub>들을 결정할 수 없음을 알 수 있다.

기존의 더블록킹 필터는 블록 경계 강도가 0임을 결정하기 위해 3개의 조건, 블록 경계 강도가 3 또는 4임을 결정하기 위해 2개의 조건을 확인한다. 게다가 각 LOP마다 이러한 조건을 확인하므로 여기에서 상당한

양의 연산이 필요하다. 그러므로, 만약 우리가 BS<sub>FLOP</sub>를 통하여 조기에 다른 블록 경계 강도들을 결정한다면, 상당한 양의 연산량을 줄일 수 있다.

제안한 알고리즘은 다음과 같다. 먼저 각 매크로블록 경계의 BS<sub>FLOP</sub>를 결정한다. 그 다음, BS<sub>FLOP</sub>가 0이면 같은 경계 내의 다른 LOP들의 블록 경계 강도들을 0으로 결정한다. 만약 BS<sub>FLOP</sub>가 3이면 같은 경계 내의 다른 LOP들의 블록 경계 강도들을 3으로 결정한다. BS<sub>FLOP</sub>가 4인 경우, 같은 경계 내의 다른 LOP들의 블록 경계 강도들을 4로 결정한다. BS<sub>FLOP</sub>가 1 또는 2인 경우, 기존의 블록 경계 강도 결정 방법을 수행한다.

표 2. BS<sub>FLOP</sub>에 따른 BS<sub>SLOP</sub>의 분포 (%)

조건		BS <sub>SLOP</sub>				
		0	1	2	3	4
BS <sub>FLOP</sub>	0	97.02	0.82	2.16	0	0
	1	6.92	88.79	4.29	0	0
	2	38.60	7.95	53.45	0	0
	3	0	0	0	100	0
	4	0	0	0	0	100

3. 제안한 알고리즘

그림 5는 본 논문에서 제안하는 고속 블록 경계 강도 결정 방법의 흐름도를 보여준다. 경계 분류 방법을 통해 블록 경계 강도 결정 단계가 필요한지를 확인한 후, 매크로블록의 첫번째 LOP의 블록 경계 강도를 결정한다. 블록 경계 강도가 0, 3, 또는 4인 경우 매크로블록 경계의 모든 블록 경계 강도를 각각 0, 3, 또는 4로 결정하고, 블록 경계 강도가 1 또는 2인 경우, 기존의 블록 경계 강도 결정을 그대로 수행한다.

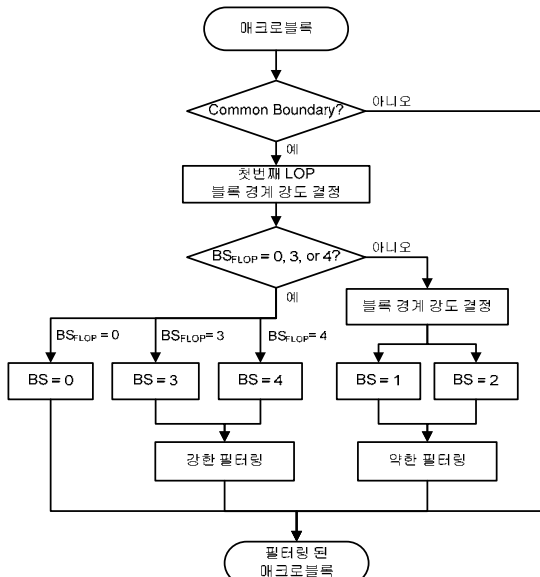


그림 5. 제안한 알고리즘의 흐름도

IV. 실험 결과

본 논문에서는 H.264 표준 소프트웨어 JM 11.0에서 제안한 알고리즘을 구현하였다 [4]. 이

실험은 2GByte 메모리의 2.01GHz 인텔 센트리노 프로세서에서 수행되었다. 이 실험에서는 176 x 144 크기를 가지는 4개의 실험 영상 (Foreman, Stefan, Coastguard, 그리고 Hall Monitor) 100 프레임을 사용하였다. 각 실험 영상에서 프레임 레이트는 30fps이며 베이스라인 프로파일에서 IPPP 구조를 사용하여 부호화하였다. 하나의 참조 화면을 이용하였고 탐색 범위는 ±16이다. 실험은 QP = 28, 32, 36, 40에 대하여 수행되었다.

제안한 방법과 H.264의 성능 비교를 위해, 연산량 N<sub>OP</sub>를 사용하였다.

$$N_{OP} = N_{FR} \times N_{MB} \times N_{LOP} \times (8 - N_{FBS}) \quad (1)$$

$$N_{FBS} = N_{BS=0} + N_{BS=3} + N_{BS=4} \quad (2)$$

이 식에서 N<sub>FR</sub>는 부호화한 프레임 수이고, N<sub>MB</sub>는 한 프레임 안의 매크로블록의 수이며, N<sub>LOP</sub>는 매크로블록 내의 LOP의 수이다. N<sub>FBS</sub>는 수행된 고속 블록 경계 강도 결정 방법의 수이다. H.264 표준에서는 고속 블록 경계 강도 결정 방법을 수행하지 않으므로, 위 수식에서 N<sub>FBS</sub>가 0이지만, 제안한 방법을 사용하면 많은 LOP들이 고속 블록 경계 강도 결정 방법을 통하여 블록 경계 강도를 결정하므로, 많은 양의 연산량을 줄일 수 있다.

표 3은 H.264 표준의 더블링 필터와 제안한 알고리즘의 블록 경계 강도 결정 단계에서의 연산량을 비교한 것이다. 감소된 연산량 ΔN<sub>OP</sub>는 다음과 같이 계산된다.

$$\Delta N_{OP} = \frac{N_{OP}(proposed) - N_{OP}(reference)}{N_{OP}(reference)} \times 100 (\%) \quad (3)$$

표 3. 블록 경계 강도 결정의 연산량 비교

실험 영상	QP	H.264	Proposed	Δ N <sub>OP</sub> (%)
Coastguard	28	1267200	173728	-86.29
	32	1267200	168032	-86.74
	36	1267200	145520	-88.52
	40	1267200	122176	-90.36
Foreman	28	1267200	146832	-88.41
	32	1267200	154080	-87.84
	36	1267200	147936	-88.33
	40	1267200	124304	-90.19
News	28	1267200	40800	-96.78
	32	1267200	40208	-96.83
	36	1267200	37200	-97.06
	40	1267200	32432	-97.44
Stefan	28	1267200	150576	-88.12
	32	1267200	139824	-88.97
	36	1267200	136672	-89.21
	40	1267200	125088	-90.13

표 4는 성능 비교를 위해 실험한 결과를 나타낸다. 복호된 영상의 화질을 비교하기 위하여, 우리는 PSNR과 비트율을 측정하였다.

$$\Delta PSNR = PSNR(proposed) - PSNR(reference) \text{ (dB)} \quad (4)$$

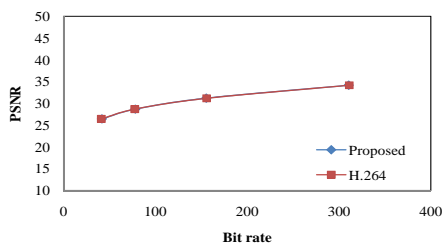
$$\Delta Bitrate = \frac{Bitrate(proposed) - Bitrate(reference)}{Bitrate(reference)} \times 100 \text{ (%) } \quad (5)$$

표 4. 복호된 영상의 화질 비교

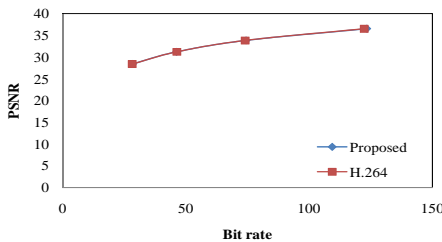
실험 영상	QP	Δ PSNR	Δ Bitrate
Coastguard	28	0	-0.17
	32	0.02	-0.13
	36	0	0.61
	40	0.02	1.17
Foreman	28	0.02	0.91
	32	0.02	0.58
	36	0	-0.22
	40	0.03	0.57
News	28	0	0.10
	32	-0.01	0.37
	36	0	0.66
	40	0	0.32
Stefan	28	-0.01	-0.17
	32	0.02	-0.14
	36	0	-0.05
	40	0.01	-0.34

표 4에서 보는 바와 같이, 제안한 알고리즘은 블록 경계 강도 결정 단계에서의 상당한 양의 연산량을 감소시키면서도 성능 면으로는 기존의 H.264 표준과 비교하여 큰 차이가 없음을 나타낸다. 이를 통해 제안한 알고리즘이 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

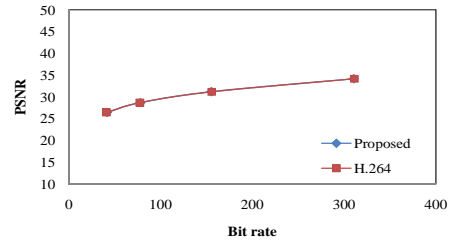
그림 6은 Coastguard, Foreman, News, Stefan 영상에 대한 비트율-왜곡 곡선을 보여준다. 이 그림에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안한 고속 블록 경계 강도 결정 방법을 사용한 더블록킹 필터는 상당한 양의 연산량을 줄이면서도 기존의 더블록킹 필터의 성능을 그대로 유지함을 알 수 있다.



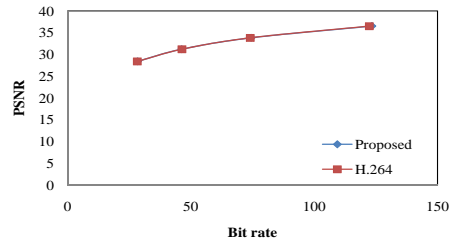
(a) Coastguard 영상



(b) Foreman 영상



(c) News 영상



(d) Stefan 영상

그림 6. 비트율-왜곡 곡선

## V. 결론

본 논문에서는 H.264 표준의 더블록킹 필터를 위한 새로운 고속 블록 경계 강도 결정 방법을 제안했다. 매크로블록의 가변 블록 정보를 이용하여 블록 경계 강도 결정 단계 사용 여부를 결정하고, 경계 강도 결정 단계를 사용하는 경계에 대하여 고속 블록 경계 강도 결정 방법을 제안했다. 즉, 매크로블록의 동일한 경계 내의 상관관계를 기반으로, 첫번째 LOP의 블록 경계 강도를 이용하여 다른 LOP들의 블록 경계 강도를 조기에 결정하는 방법이다. 실험 결과를 통해 보인 것처럼, 제안한 고속 블록 경계 강도 결정 방법은 H.264 더블록킹 필터의 블록 경계 강도 결정 방법과 비교하여 PSNR과 발생 비트율의 변화가 거의 없으면서 평균 약 90.70%의 연산량을 감소시켰다. 특히, 양자화 계수가 커질수록 연산량이 더욱 감소함을 확인했다.

## 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터(ITRC)의 지원에 의한 것입니다.

## 참고문헌

- [1] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Video Compression-From Concepts to the H.264/AVC Standard," *Proc. of the IEEE*, vol.93, pp. 18-31, Jan. 2005.
- [2] P. List, A. Jock, J. Lainema, G. Bjontegaard, and M. Karczewicz, "Adaptive Deblocking Filter," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 614-619, July 2003.
- [3] E.G. Richardson, *H.264 and MPEG-4 Video Compression*, John Wiley & Sons, 2003.
- [4] JVT Reference Software JM 11.0, available online at: [http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old\\_jm](http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm)