

## H.264코덱에서 동영상성능개선연구

### Study on Performance Improvement of Video in the H.264 Codec

봉정식\*, 전준현\*\*  
(Jeong-Sik Bong, Joon-Hyeon Jeon)

**Abstract** - These days, many image processing techniques have been studied for effective image compression. Among those, 2D image filtering is widely used for 2D image processing. The 2D image filtering can be implemented by performing 1D linear filtering separately in the direction of horizontal and vertical. Efficiency of image compression depends on what filtering method is used. Generally, circular convolution is widely used in the 2D image filtering for image processing. However it doesn't consider correlations at the region of image boundary, therefore filtering can not be performed effectively.

To solve this problem, I proposed new convolution technique using Symmetric-Mirroring convolution, satisfying the 'alias-free' and 'error-free' requirement in the reconstructed image. This method could provide more effective performance than former compression methods. Because it used very high correlative data when performed at the boundary region. In this paper, pre-processing filtering in H.264 codec was adopted to analyze efficiency of proposed filtering technique, and the simulator developed by Matlab language was used to examine the performance of the proposed method.

**Key Words** : Filtering, Convolution, pre-processing, H.264

#### 1 장 서 론

H.264/MPEG-4 AVC 비디오 코딩 표준은 화상회의, 텔레비전 방송, 인터넷 스트리밍과 같은 전송 매체와 디지털 저장 매체등과 같은 응용 분야를 목표로 두고 있으며 본 논문에서는 제안된 필터링 방법으로 고해상도 동영상상을 모바일 환경에 적합한 저해상도 동영상상으로 서브 샘플링을 하여 서브 샘플링시 경계 영역의 왜곡을 줄여 비디오 화질을 개선하고, 압축 효율을 높이기 위해 H.264 코덱으로 고화질 비디오 데이터를 압축하기 전에 제안한 전처리(pre-processing) 필터링(filtering) 과정을 거친 뒤 이 필터링을 통해 처리된 저해상도 동영상상의 서브샘플링 비디오 데이터를 H.264 코덱(codec)으로 인코딩하고, 압축된 비디오 데이터를 디코더를 통해 재생 영상으로 복원을 한다.

전처리 필터링을 거친 서브 샘플링 비디오 데이터의 영상 화질 개선과 압축 성능을 높이는데 연구의 목적을 두었으며, 본 논문에서는 H.264 코덱에서 재생영상의 화질 향상을 위한 필터링 시스템으로 새로운 전처리 필터링 방식인 Symmetric-mirroring convolution filtering을 제안하여 기존의 circular convolution filtering 보다 비디오 영상의 화질을 개선하고자 한다. H.264 부호화기에 원 동영상을 입력하여

디지털 영상의 화소간의 상관성 향상을 위해 대역 분할의 전처리 필터링 시스템을 설계하기 위한 저대역 통과 필터들을 사용하여 콘볼루션 성능들이 테스트 되었다.

2차원 영상의 주관적 화질 개선이나 효율적인 압축을 위하여 2차원 필터링을 많이 사용한다. 2차원 필터링은 1차원 FIR(선형) 필터를 사용하며 수평과 수직 방향으로 각각 적용함으로써 그림1과 같이 간단하게 구현이 가능하다. 각 1차원 필터링은 필터 계수와 입력 영상 화소(pixel) 간의 콘볼루션(Convolution)을 수행 하므로서 이루어지는데 이것은 수평 또는 수직 방향의 입력 영상 화소들이 유한길이(finite-duration length)를 갖기 때문이다.

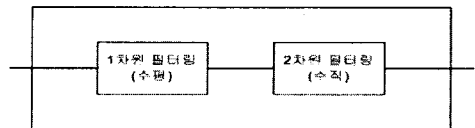


그림1 2차원 필터링

#### 2 장 동영상 성능 개선을 위해 제안한 필터링 시스템

동영상을 H.264 코덱에 처리하기 전에 입력할 동영상을 전처리 필터링 시스템을 거친 후 서브 샘플링 된 비디오 영상을 H.264 코덱으로 압축과 압축된 비디오를 복원하고, 서브 샘플링 된 비디오 영상과 복호화된 비디오 영상을 비교하여 성능 향상됨을 제안하였으며, 제안한 전처리 필터링 시스템의 개요와 전처리 필터링(pre-processing filtering)에 사용된 콘볼루션의 기존 방식과 제안된 방식의 구조에 대해 설명하였다.

저자 소개

\* 東國大學校 情報産業大學 情報通信工學科 博士課程

\*\* 東國大學校 情報産業大學 情報通信工學科 助教授 · 工博

※ 본 논문은 정보통신 산업 경쟁력 강화 사업의 지원으로 이루어 졌음.

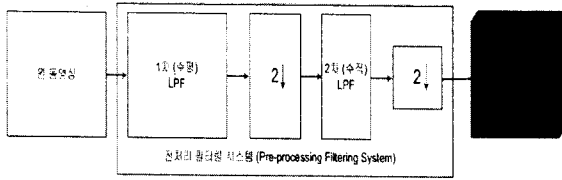


그림2 제안한 동영상 성능 개선 필터링 시스템

## 2. 1 전처리 필터링 시스템(Pre-Processing Filtering System)

본 절에서는 제안한 동영상 성능 개선의 2차원 전처리 필터링 시스템으로 Low-pass filter로 Symmetric-Mirroring 필터링을 수행하는 시스템을 설계하였다. 그러기 위해서 Symmetric-Mirroring 필터뱅크 대해 설명되었다.

### 가. 순환 콘볼루션에 의한 필터링

2 차원 영상에서 그림1과 같이 수평 및 수직 방향으로 필터링할 때 영상경계 부분의 화소들에 대해 영상경계 밖의 화소가 필요하게 된다. 그림3 (a)의 유한길이를 갖는 입력 신호에 대하여 순환 콘볼루션을 적용할 경우 그림3 (b)와 같이 신호가 주기적이라고 가정하여 경계(boundary)부분에 추가(dummy)의 화소를 주기 시퀀스(periodic sequence)의 방식에 따라 생성시킴으로서 필터링이 수행된다. 이때 순환 콘볼루션은 식1과 같으며, 여기서  $\{y(n) \mid 0 \leq n < N\}$ 은 입력 신호  $\{x(n) \mid 0 \leq n < N\}$ 과 선형필터 계수  $\{h(n) \mid 0 \leq n < L\}$ 에 대한 순환 콘볼루션에 의하여 필터링 한 출력 신호이다. 또한  $\tilde{x}(n), \tilde{x}(n), \tilde{h}(n)$ 은  $y(n), x(n), h(n)$ 의 주기 신호이다.

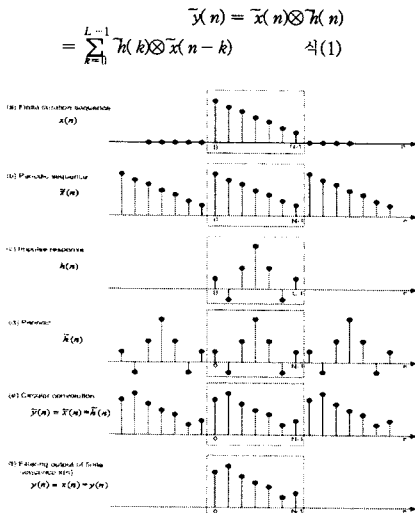


그림3 유한길이시퀀스의 순환 콘볼루션에 의한 필터링

- (a) 유한길이시퀀스 (b) 주기시퀀스 (c) 임펄스응답
- (d) 주기성을 갖는 임펄스응답 (e) 순환콘볼루션
- (f) 순환콘볼루션 출력

## 나. 제안된 Symmetric-Mirroring 콘볼루션에 의한 필터링 방법

본 논문에서 제안하고자 하는 Symmetric-Mirroring convolution 기법은 영상 데이터가 2 차원임을 감안하여 그림 4와 같이 인접한 다음 라인(next line)과 루프(loop)를 구성하여 순환 콘볼루션을 적용하여 필터링하는 방식이다. 즉, 2 차원 영상의 경계면에 있는 화소들을 필터링할 때 순환(circulation)된 주위 화소(neighborhood pel)들 대신에 현재 화소와 인접한 다음 라인(next line)의 화소들을 주위 화소(neighborhood pel)들로 이용하는 방법이다. 이것은 2 차원 영상 데이터의 경우 임의의 화소 주위에 있는 화소들(현재 화소와 같은 거리에 있는 화소들) 사이의 상관성(correlation)은 거의 유사하다는 점을 이용하여 영역의 경계면에 있는 화소들을 필터링할 때 밀접한 상관성(correlation)을 갖는 인접한 다음 라인(next line)의 화소들을 주위 화소(neighborhood pel)들로 사용하는 것이다.

이 Symmetric-Mirroring convolution은 그림4 에서 나타낸 바와 같이 2 개의 라인을 1 개의 라인으로 생각하여 콘볼루션을 하기 때문에 대칭성과 선형성의 특성을 얻을 수 있는 필터링 기법이다. 이와 같이 Symmetric 콘볼루션은 경계 영역의 필터링 시 상관성이 높은 주위 화소들을 사용함으로써 필터링 효율도 높일 수 있고 SBC 부호화에 따른 전처리 필터링뱅크 시스템 적용 시 중첩 상태 효과도 얻을 수가 있다.

결론적으로 Symmetric-Mirroring 콘볼루션은 경계 영역의 화소들을 필터링할 때 상관성이 높은 주변 화소들을 사용함으로써 필터의 취약점인 'transition band & stop band'의 주파수 대역 신호의 에너지를 최소화 할 수 있으며, SBC를 이용하여 영상을 부호화 할 때 각 대역에서 서로 다른 양자화기를 사용하더라도 대역 간의 중첩 상태 오차(alias-free error)를 최소화 할 수가 있다.

위에서 제안한 Symmetric-Mirroring 콘볼루션에 의한 필터링과 기존의 순환 콘볼루션을 이용한 필터링과의 성능 평가를 하기위해 본 논문에서는 대역분할 부호화(Sub-band coding)의 전처리 필터링뱅크를 이용하였다.

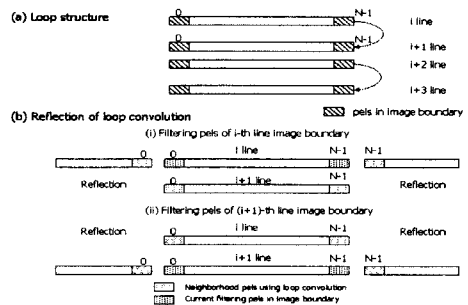


그림 4 Symmetric-Mirroring 콘볼루션의 원리 (a) 루프 구조 (b) Symmetric-Mirroring 콘볼루션의 방향

## 3 장 성능평가 및 결과

### 3. 1 2차원 동영상의 전처리 필터링 시스템 구현

본 논문의 동영상 성능 개선의 평가를 위해 Matlab 기반의 시뮬레이터를 구성 테스트를 하였다. 시뮬레이터는 2차원 동영상

상을 제한한 필터링을 테스트하기 위해 3.2절에 나타난 표1과 표2에 의해 Ref[12]의 14-tap 필터와 ITU-T601의 서브 샘플링 15-tap 필터를 각각 적용하여 순환(circular) 콘볼루션과 Symmetric-Mirroring 콘볼루션을 수행하여 4CIF 동영상상을 전처리 필터링의 두 가지 기존방식과 제안된 방식으로 처리하여 1/4로 서브샘플링 된 저해상도(CIF)의 동영상상을 H.264 부호화에 입력하여 동영상상을 압축, 복원한 동영상상을 필터링 된 서브 샘플링 동영상상과 비교해 성능을 평가하게 된다. 이때 CIF의 동영상상은 1차원의 선형과 Symmetric-Mirroring 필터링을 수행과 수직 방향으로 각각 적용하여 필터링된 저대역의 데이터가 만들어 졌다. 본 논문에서 시뮬레이터를 사용한 실험의 입력영상으로 사용된 소스는 4CIF(704×576, 720×576)의 표준 동영상상을 필터링하여 주관적 화질을 평가하고자 하는데, 본 논문에서 주관적 화질의 평가는 복잡성으로 인해, 알고리즘을 이용하여 자동으로 화질을 측정하는 방법인 객관적(알고리즘적) 화질 측정방법으로 가장 널리 사용되는 PSNR(Peak Signal Noise Rate)을 측정 평가 하는 것이다. 양자화 파라미터(Qp)에 따른 영상 화질과 비트율을 측정 실험하였다.

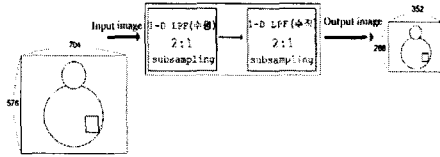


그림5 전처리 필터링 시스템 모델

### 3.2 선형 위상과 정수형 계수를 갖는 저대역(LPF) 통과 필터 가. ITU Rec 601 15-tap FIR 필터

Symmetric impulse response $h(n) = h(N-n+1)$										
$h(1)$	-0.0063	$h(4)$	0	$h(7)$	0.3098	$h(10)$	0	$h(13)$	0.0299	
$h(2)$	0	$h(5)$	-0.0831	$h(8)$	0.4994	$h(11)$	-0.0831	$h(14)$	0	
$h(3)$	0.0299	$h(6)$	0	$h(9)$	0.3098	$h(12)$	0	$h(15)$	-0.0063	

표1 ITU Rec 601 15-tap 필터 계수

#### 나. Ref[12]의 14-tap FIR 필터

Symmetric impulse response $h(n) = h(N-n+1)$										
$h(1)$	-0.0039063	$h(5)$	-0.089844	$h(9)$	0.097656	$h(13)$	-0.0039063			
$h(2)$	-0.0039063	$h(6)$	0.097656	$h(10)$	-0.089844	$h(14)$	-0.0039063			
$h(3)$	0.039063	$h(7)$	0.45313	$h(11)$	0.0078125					
$h(4)$	0.0078125	$h(8)$	0.45313	$h(12)$	0.039063					

표2 Ref[12] 14tap 필터 계수

### 3.3 시뮬레이션 결과

	QP	circular-15tap		circular-14tap		Symmetric-15tap		Symmetric-14tap	
		mean PSNR_Y (dB)	mean bitrates (kbits)	mean PSNR_Y (dB)	mean bitrates (kbits)	mean PSNR_Y (dB)	mean bitrates (kbits)	mean PSNR_Y (dB)	mean bitrates (kbits)
704×576 soccer	28	35.91	507.61	36.01	506.32	36.05	499.49	36.13	492.36
	32	33.68	274.64	33.76	269.55	33.84	272.98	33.85	263.17
	36	31.77	156.07	31.85	149.27	31.84	154.99	31.97	147.98
720×576 stockholm	28	34.49	830.44	34.63	788.44	34.61	809.95	34.72	777.92
	32	31.42	370.36	31.59	346.10	31.53	357.39	31.69	340.68
	36	28.75	155.78	29.06	154.50	28.94	154.54	29.18	152.00
holm	40	26.57	79.93	26.83	79.79	26.71	80.97	26.99	78.21

표3 두 개의 비디오 영상에 대한 각각의 필터링에 대한 평균 PSNR과 bitrate

다음 그림6~7은 Soccer, stockholm 영상에 대하여 각 프레

임별로 화질(PSNR)에 대한 시뮬레이션 결과를 그래프로 비교하여 도시하였다.

그림에서와 같이 결과를 보면 각각 양자화 파라미터 별로 화질을 평가하였는데, 순환(circular) 방식과

Symmetric-mirroring 방식에 대해서 비교하였고, 각 제안 방식의 필터계수에 따른 비교 영상을 보여주고 있다. 실험 결과 ITU Rec601 15-tap 필터 보다 Ref[12]의 14-tap 필터의 성능이 우수한 것으로 나타났고, 또한 순환(Circular)방식 보다 본 논문에서 제안한 Symmetric-mirroring 방식의 성능이 우수한 것으로 나타났다.

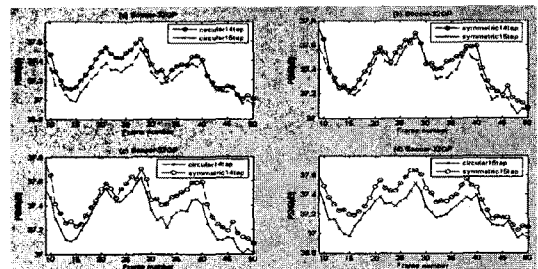
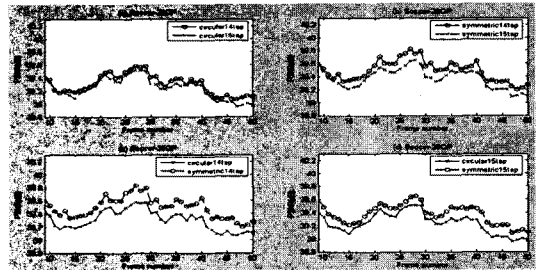


그림6 Soccer 영상의 양자화 파라미터 28, 32별로 비교

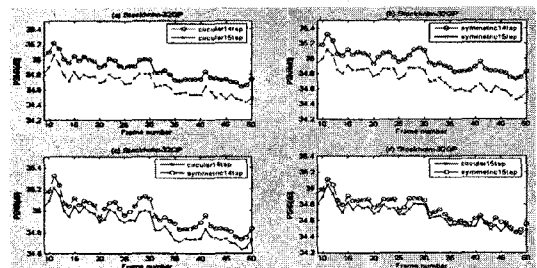
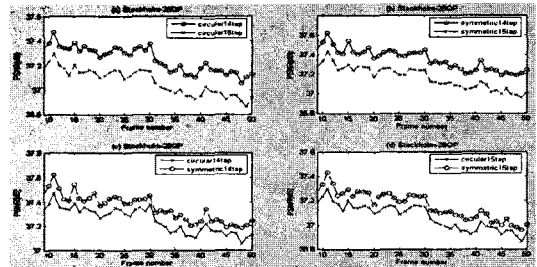


그림7 Stockholm 영상의 양자화 파라미터 28, 32별로 비교

#### 4 장 결 론

본 논문은 모바일 환경의 부호화기에서의 동영상 화질을 개선시키기 위한 방법으로 고화질 영상을 모바일 단말기에 맞게 저해상도 영상으로 제안된 전처리 필터링을 하여 서브 샘플링 된 영상의 필터링 기법과 부호화기에 적용 복원 영상에 대한 화질 성능 개선에 대해 연구하였다. 영상의 압축 효율을 증가 시킬 뿐만 아니라 동영상 화질의 성능을 높이기 위해 전처리 필터링은 유한 지속 시퀀스의 컨볼루션(convolution)을 통하여 이루어진다. 유한 지속 시퀀스를 필터링할 때는 신호의 경계에서의 연장(extension) 방법에 따라 성능이 크게 좌우된다. 대표적인 연장 방법으로는 순환 연장과 선형 연장이 있는데, 선형 연장은 상관성이 높은 주위 화소들을 사용하여 필터링의 효율을 높일 수는 있지만 'alias-free'의 필터 뱅크의 조건에 만족하지 않아 잘 사용되지 않는다. 일반적으로 2차원 전처리 필터링 방식에서의 필터링 기법으로는 순환 연장을 이용한 컨볼루션을 가장 많이 사용하고 있다. 하지만 순환 컨볼루션은 경계 영역에서 불연속일 가능성이 높아, 경계부분의 왜곡에 의한 손실을 보인다.

3장에서는 저대역 필터의 서브샘플링 영상의 필터링 기법에 대한 연구로서 선형 컨볼루션과 순환 컨볼루션의 장점들을 적용한 제안된 컨볼루션 기법인 Symmetric-mirroring 컨볼루션을 사용하여 필터링함으로써 순환 컨볼루션보다 더 향상된 동영상의 화질에 대한 성능 개선 효과를 실험 결과를 통해 보여 주었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 전준현, "영상 정보 감축을 위한 대역 분할 부호화에 관한 연구", 한국과학기술원, 1991년 5월
- [2] 김정권, 이성욱, 이충웅, "블록단위 대역분할/DCT 부호화", 전자공학회논문지 제35권 5편 제2호, 1998년 2월.
- [3] 윤정오, 박영호, 황찬식, "대역분할과 BW 변환을 이용한 무손실 영상 압축", 한국산업정보학회논문지 제5권 제1호, 2003년 3월
- [4] 조중휘, 손요안 공저, "H.264 and MPEG-4 : 차세대 영상압축 기술" 홍릉과학출판사, 2004. 9
- [5] Brody Dylan Johnson, "Subband coding and related concepts", Department of Mathematics Washington University Saint Louis, Missouri 63130, March 2002
- [6] M. Vetterli and J. Kovacevic, "Wavelets and subband", Prentice-Hall, 1984.
- [7] R.E. Crochiere, "Optimum FIR digital filter implementations for decimation, interpolation and narrow-band filtering". IEEE Trans. ASSP, ASSP-23, No.5, October 1975
- [8] M. Vetterli and C. Herley, "Wavelets and Filter Banks: Theory and Design", IEEE Trans. SP, vol, 40, no. 9, pp.2207-2232, September 1992.
- [9] M. Betterli and J.Kovacevic, "Wavelets and Subband Coding", Prentice Hall, 1995
- [10] J. Woods and S. D. O'Neil, "Subband Coding of Images", IEEE Trans. ASSP, vol. 34, no. 5, pp. 1278-1288, October 1986.
- [11] P. P. Vidyathanan, "Multirate Systems and Filter Banks", Prentice Hall, 1993.
- [12] Joon-Hyeon Jeon and Jae-Kyoon Kim, "New technique of linear-phase QMF filter design for sub-band coding", SPIE Conf. on Visual Commu. and Image Processing. Vol.1360,1990. PP860-pp.867
- [13] Iain E.G Richardson 원저, "H.264 and MPEG-4 : Video Compression"WILEY. 2003