

저시력자를 위한 HEVC 기반 영상개선

김 정 훈*

HEVC-Based Image Enhancement for the Visually Impaired

Jeong-Hoon Kim*

요 약

최근 UHDTV의 보급과 더불어 HEVC (High Efficiency Video Coding)의 활용이 증가하고 있다. 본 논문에서는 HEVC 기반으로 저시력자의 시력특성에 적합한 대조도 개선 알고리즘을 구현하였다. 인트라모드의 디코딩중 역양자화 과정에서 영상개선을 구현하였으며 QP 값에 따른 균일한 역양자화에 본 연구에서 제안한 개선필터(EF)를 4개의 TU 사이즈(4x4, 8x8, 16x16, 32x32)에 개별 적용하여 개선하였다.

Key Words : Image enhancement, HEVC decoding, Inverse Quantization, TU size, Low vision

ABSTRACT

With the recent spread of UHDTV, the use of HEVC (High Efficiency Video Coding) is increasing. In this paper, we implemented a contrast enhancement algorithm suitable for the visual characteristics of people with low vision based on HEVC. In the decoding process of the HEVC intra mode, the enhancement was implemented, and enhancement filter (EF) proposed in this study was individually applied to each of the four TU sizes (4x4, 8x8, 16x16, 32x32) to a uniform inverse quantization rate according to the QP value.

I. 서 론

고령화 사회로 가면서 수 많은 사람들이 시력 손상의 고통을 겪고 있으며 이러한 손상과 그로 인한 장애는 많은 노인들의 삶의 질을 저하시키고 있다. 저시력자들도 가족들과 함께 TV 시청을 선호하고 있는 상황에서 저시력자를 위한 영상개선 처리중 영상내의 대조도(contrast) 개선은 저시력자들의 가시력을 증대시키고 다양한 디지털 영상기기를 시청하는 데 많은 도움을 줄 수 있다^[1]. 영상의 대조도가 손상된 시력장애인들이 HEVC 영상코덱에 기반한 최신 UHDTV 등의 디지털 영상기기를 접할 때 영상의 대조도 특성을 개선해줌으로써 저시력자들의 영상접근성 확대에 기여하고자 한다.

II. 관련 연구

저시력자들을 위한 영상의 개선은 영상확대등 책을 읽는 능력과 이동성을 함께 적절히 증대시키는 것과 함께 영상기기들을 어디서나 잘 접근 하여 정보를 획득 할 수 있도록 지원하는 데 있다. 저시력자들의 경우는 대조도의 민감성을 보상하기 위해 시청거리가 매우 짧기에 영상을 개선할 때 적절한 개선 주파수대역의 개선과 아티팩트(artifacts)를 최소화하면서 대조도를 개선하는 것이 매우 중요한 사항이다^[1]. 저시력자를 위한 디지털 영상개선의 첫 시도는 적응적 알고리즘을 개발한 Peli & Peli^[2]에 의해 수행되었으며 이후 디지털 영상대상으로 개발되었다^[1]. 디지털 압축 영상의 개선법에는 영상 압축전에 선 개선 처리하는 법과 압축후 처리법이 있으며 또 다른 방법은 영상의 압축과 복원처리 영역내 개선법이 있다. 압축전 처리는 영상의 압축율에 영향을 미치며 화질의 복원을 위해 압축후 후 처리가 필요할 수 있다. 압축 후 처리는 원 영상 압축에 영향없이 처리 가능하나 블록 아티팩트와 같이 압축처리시의 아티팩트를 현저하게 증대시키는 단점을 가지고 있다^[1].

본 연구진은 디지털영상 개선을 위해 JPEG과 MPEG2의 복원처리 디코딩중 역양자화 과정내 영상개선 알고리즘을 기 개발하였다^[1]. 개발된 알고리즘은 영상의 디코딩중 역양자화 처리시 양자화 매트릭스를 가변하는 방법으로써 근거리에서 시청하는 저시

* 본 논문은 2020년도 신한대학교 학술연구비지원 및 신한대학교 교수연구년연수제도에 연구되었음.

* First and Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-2883-0175) Shinhan University, Division of IT convergence Engineering, Major in Electronic Engineering, jhkim@shinhan.ac.kr, 정교수, 종신회원

논문번호 : 202104-085-D-LU, Received April 16, 2021; Revised May 7, 2021; Accepted May 22, 2021

력자들의 대조도 민감도를 고려하여 대조도 개선 용 주파수영역을 추출하였으며 DTV 표준인 MPEG-2 기준과 호환성을 위해 표준 양자화 매트릭스를 적응적으로 변환하여 역양자화 과정에서 처리하였다. 본 연구진의 기존 MPEG2 개선 연구에서는 개선 결과를 저시력자들 대상으로 임상실험하였으며 그 결과 저시력자들은 중간정도의 영상개선 레벨을 선호하였다¹¹. 본 연구에서는 최근 UHDTV에 적용되고 있는 HEVC 디코더¹³의 역양자화 과정에서 저시력자를 위한 HEVC 기반 영상개선을 구현하고자 한다. 기존 HEVC 관련 양자화 처리 연구는 주로 압축률 개선을 위한 연구로써 양자화 스캔방법에 따른 가변 Q선택이나 매트릭스내 DC와 AC 위치에 따른 가변 Q선택 등으로 주관적 화질을 유지하며 압축률을 개선하는 것이 주목적이다¹⁴. 하지만 본 연구에서는 HEVC 디코더의 역양자화 과정에서 4개의 TU 사이즈 (4x4, 8x8, 16x16, 32x32)별 역양자화용 영상개선용 필터를 적용하여 저시력자의 특정 주파수 대역의 대조도를 개선함으로써 압축률과 무관하게 역양자화 처리를 이용한 영상의 대조도 개선 기능을 구현하였다.

III. 구현된 HEVC 기반 영상대조도 개선

HEVC의 부호화는 64x64 크기의 LCU (Largest Coding Unit) 단위로 수행한다. 각 LCU의 부호화는 각각의 역할 중심으로 CU (Coding Unit), PU(Prediction Unit), TU(Transform Unit)의 단위로 각각 윌-왜곡 최적화를 수행한다. 이 중 TU는 변환과 양자화를 수행하는 단위이며 계층적 쿼드트리 형태로 이루어져 있다. TU의 크기는 최소 4x4이며, 8x8, 16x16, 최대 32x32이다¹³.

$$level = \frac{Coeff \times Q_{QP\%6} + offset}{2^{21 + \frac{QP}{6} - \log_2 N}} \quad (1)$$

$$Coeff_Q = \frac{level \times IQ_{QP\%6} \times 2^{\frac{QP}{6}}}{2^{\log_2 N - 1}} \quad (2)$$

현재 HEVC는 화면 내 혹은 화면 간 예측과 변환을 수행한 이후에 인코더는 식(1)을 이용하여 변환계수를 양자화하고, 그 결과로 나온 양자화된 계수는 주사되어 엔트로피 부호화가 수행되는 한편 참조영상 생성과 역양자화를 위해서 식(2)의 역 양자화 공식을

표 1. QP 값에 따른 Q값과 IQ값
Table 1. Q and IQ according to QP value

QP%6	0	1	2	3	4	5
Q	26214	23302	20560	18396	16384	14564
IQ	40	45	51	57	64	72

사용하여 역양자화된다. 식(1)(2)에서 level, Coeff, Coeff_Q는 각각 양자화 된 계수, 변환계수, 역 양자화 된 변환계수를 각각 의미한다¹⁴. Q와 IQ는 각각 양자화값과 역양자화값을 의미하며 표 1과 같이 QP(Quantization Parameter)를 6으로 나눈 나머지 값(QP%6)에 따라 달라지나, TU 내 계수의 위치는 동일한 값을 유지하며 모든 위치의 계수에 동일한 크기의 양자화와 역 양자화를 수행한다¹⁴

본 연구에서 HEVC 디코딩과정의 역양자화용 필터를 활용한 대조도 개선은 다음과 같이 처리되었다.

1) 기존 MPEG2, MPEG4의 (역)양자화 매트릭스 8x8 고정 사이즈가 HEVC에서는 4개의 TU사이즈 (4x4, 8x8, 16x16, 32x32)로 변경되고 동일한 양자화 값이 적용되기에 개선 특성을 파악하기 위해 본 논문에서는 우선, AI(All Intra)모드의 테스트영상을 이용하여 4개의 TU 사이즈에 대한 역양자화용 개선필터를 식(3)과 같이 적용하여 대조도 개선을 구현하였다.

$$\overline{Coeff}_Q = ef_{(N \times N)ij} \cdot \frac{level \times IQ_{QP\%6} \times 2^{\frac{QP}{6}}}{2^{\log_2 N - 1}} \quad (3)$$

식(3)에서 \overline{Coeff}_Q 는 영상개선을 위해 디코딩중 역양자화에 사용한 수식으로써 식(2)의 역양자화식에 영상개선필터(EF) $ef_{(N \times N)ij}$ 를 곱하여 얻은 결과다.

2) 그림 1은 저시력자와 정상시력자들의 공간주파수 함수로써의 대조도 검출 임계치를 보여주는 임상 실험 결과 그래프다.¹¹ 하단부의 굵은 선은 정상시력자들의 공간주파수 함수로서의 평균 대조도 검출 임계치이다. 상단부의 얇은 선들은 8명의 저시력 환자들의 (연령관련 황반변성증 (Age-related Macular Degeneration, AMD)[VA0.48~0.83 log MAR] (0.4~0.16 Decimal)의 대조도 임계치이다. 저시력자들의 시각특성은 저역통과필터 특성을 보이며 특정 공간주파수를 인지하기 위해서는 대조도의 임계치가 정상인보다 커야되기에 저시력자들의 인지 공간주파수를 증가시키기 위해서는 영상의 대조도 개선이 필요하다. 저시력자들에게 영상개선의 효과가 큰 영역은

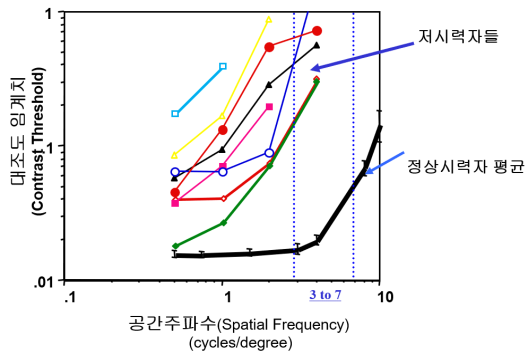


그림 1. 저시력자와 정상시력자들의 공간주파수 함수로서의 대조도 검출 임계치
Fig. 1. The contrast detection threshold as a function of spatial frequency for low-vision patients and normally sighted observers

근사적으로 3~7 cycles/deg 영역으로써 그림 1의 맨 하단 정상시력자의 특성대비 높은 대조도를 필요로 한다. 8 cycles/deg 이상의 주파수는 저시력자들이 인식할 수 없는 영역이다. 저시력자들의 영상 대조도 개선이 필요한 시각적 공간주파수인 3~7 cycles/deg를 MPEG2의 8x8 DCT 영역에서 표준화된 공간주파수와 연계하면 K=2~5 범위의 계수를 얻을 수 있다¹¹.

본 연구에서 사용한 화질 개선 매트릭스용 필터의 주파수 대역은 저시력자의 주파수 특성에 기반하여 기존 MPEG2 규격의 8x8 DCT 변환에 사용한 개선 주파수 대역 (K= 2~5)¹¹을 준용하여 HEVC TU의 4x4 사이즈는 MPEG2의 8x8 사이즈 대비 두 개씩 중첩축소, 8x8 사이즈는 동일 대역, 16x16 사이즈는 가로 2배, 세로 2배로 중첩확대, 32x32 사이즈는 가로 4

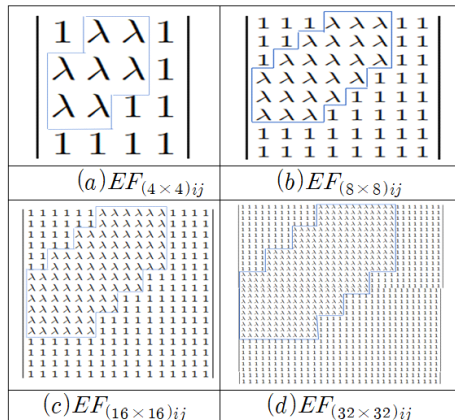


그림 2. HEVC 영상개선에 적용된 4개의 TU 사이즈의 개선 매트릭스 필터 (EF) ($\lambda=2\sim4$)
Fig. 2. 4 TU size Enhancement matrix Filters (EF) used for the HEVC image enhancement ($\lambda=2\sim4$)

배, 세로 4배로 중첩 확대하여 적용하였다. 그림 2는 4개의 TU 사이즈에 각각 적용된 영상개선 필터(EF) 로써 본 연구에서는 일정 주파수 대역내에서 이득($\lambda=2\sim4$)을 곱하여 디코딩과정에서 영상개선을 구현하였다(식(3)).

3) 본 실험을 위해 역양자화시 TU 사이즈별로 개선 필터의 이득을 가변 적용할 수 있도록 표준 디코더를 수정하였다 (참조 decoder ver: HM16.4).

4) All Intra 모드의 Class A,B,C 영상 (QP=22,27,32,37)을 이용하여 개선처리 하였으며 인트라모드의 화면내 예측시,기개선된 블록 참조의 오류를 피하기위해 인트라모드내 예측블록 참조는 개선처리전 원 블록을 사용하여 구현하였다.

IV. 연구결과

HEVC 인트라모드 디코딩중 역양자화 과정에서 TU 사이즈별로 저시력자의 특성을 반영, 개선하였다 ($\lambda=2\sim4$). 그림 3은 C class 영상적용 결과에로 TU 사이즈 4개의 개별개선 결과와 전체 적용 결과의 차를 비교하였다($\lambda=4$). 그림 4는 B class 영상적용에($\lambda=4$)이며 그림 5는 A class 영상 적용에($\lambda=4$)이다. 표 2는 3개 class, 4 사이즈와 전체 사이즈 영상에 개선 결과 ($\lambda=4$)를 원 영상과 PSNR 비교한 결과로 변화는 모두 유의하였으며 TU 사이즈별 개선의 변화는 영상내 갯수가 가장 많은 4x4(b) 사이즈가 가장 컸다 (일원배치 분산분석, $P<0.001$). 본 HEVC 기반 영상 대조도 개선결과는 기존 MPEG2 개선결과와 유사하나 MPEG2

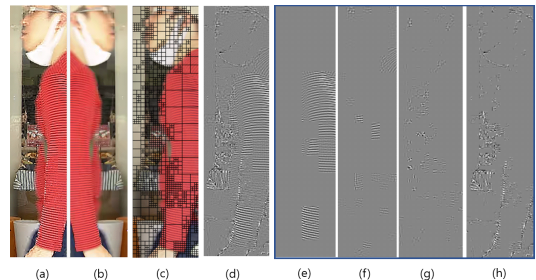


그림 3. 개선 결과 예(1) BQMall 부분영상(C class) (33번 프레임, QP=22) (a)개선영상(이득($\lambda=4$)),(b)원영상,(c) TU윈도우 표시 원영상,(d) 원영상과 개선영상의 전체 차영상, (e)32x32 개선 차영상, (f)16x16개선 차영상,(g)8x8 개선 차영상, (h) 4x4 개선 차영상
Fig. 3. Enhancement(1) BQMall partial image (C class)(33th frame, Qp=22) (a)enhanced image($\lambda=4$),(b) original image, (c) TU-window -ed orignal image, (d) difference image with original and enhanced total image, (e)32x32 (f)16x16 (g)8x8 (h)4x4 enhancement difference image respectively

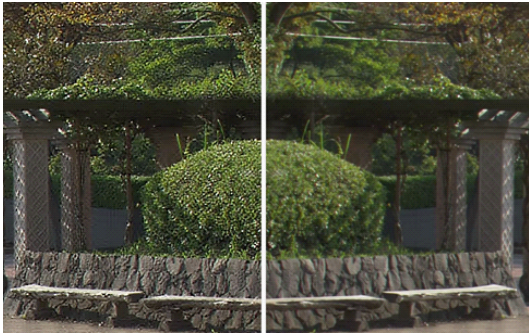


그림 4. 개선결과 예(2) Parkscene 부분영상 (B class)
(80번 프레임, Qp=22) 좌측은 개선영상(이득(λ)=4), 우측은 원영상
Fig. 4. Enhancement(2) Parkscene partial image(B class)
(80th frame, QP=22) Left: enhanced image(λ=4), Right:original image



그림 5. 개선결과 예(3) Traffic 부분영상 (A class)
(50번 프레임, Qp=22) 좌측은 개선영상(이득(λ)=4), 우측은 원영상
Fig. 5. Enhancement(3) Traffic partial image (A class)
(50th frame, QP=22) Left: enhanced image(λ=4), Right:original image

표 2. 3개의 원 동영상과 개선된 영상과의 PSNR비교 (일원 배치 분산분석)

Table 2. PSNR comparison of 3 original and enhanced sequences (one-way ANOVA)

영상	개선사이즈	PSNR 평균(dB)	표준편차	F	P	사후분석 (Scheffe)
Traffic (A class) (2560x1600)	전체(a)	27.60	0.02	101163.9***	.000	a<b<c<d<e
	4x4(b)	30.76	0.05			
	8x8(c)	33.29	0.09			
	16x16(d)	35.75	0.18			
	32x32(e)	37.94	0.24			
Parkscene (B class) (1920x1080)	전체(a)	25.98	0.22	16723.1***	.000	a<b<c<d<e
	4x4(b)	29.85	0.35			
	8x8(c)	32.39	0.24			
	16x16(d)	32.34	0.28			
	32x32(e)	33.52	0.29			
BQMALL (C class) (832x480)	전체(a)	24.10	0.41	747.25***	.000	a<b<c<d
	4x4(b)	27.06	0.82			
	8x8(c)	32.81	0.68			
	16x16(d)	36.00	2.82			
	32x32(e)	30.49	3.11			

All(Intra)모드, N=129, QP=22, 영상개선 이득(λ=4), ***p<.001

규격의 고정 8x8 DCT 사이즈 대신 4개의 TU 사이즈 (4x4,8x8,16x16,32x32)를 역양자화 과정에서 개선용 필터로 사용함으로써 저시력자의 시력특성에 따라 적응적으로 TU 사이즈별 개선 이득 크기를 가변할 수 있는 기능을 구현할 수 있게 되었다 (그림 3). 또한 본 HEVC 기반 대조도 개선결과 (그림 3~그림 5)는 그림 1의 저시력자들의 대조도 특성에서 보듯이 저시력자들의 인지가능한 시각적 공간주파수 정보가 근사적으로 3~7 cycles/deg 사이에서 저시력 정도, 시청거리 및 개선도에 따라 다양하게 증가될 수 있어 저시력자들이 UHDTV와 같이 HEVC 기반 디지털 영상시청 시 영상정보 인지력과 영상미디어의 접근성을 향상시킬 수 있게 되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 HEVC 디코더의 역양자화중 저시력자의 주파수 대조도 특성에 따른 영상개선을 구현하였다. 인트라모드에서 4개의 TU 사이즈를 각각 개선하였다. 본 개선 결과는 저시력자의 UHDTV 시청에 기여할 수 있는 기반을 구축하였으며 향후 4개의 TU 사이즈에 따른 적응형 임계치 추출과 적응형 동정보 (B,P 픽처)용 개선, 그리고 정상 시력자용 영상 개선 등으로 연구범위를 확대할 예정이다.

References

- [1] J. Kim, A. Vora, and E. Peli, "MPEG-based image enhancement for the visually impaired," *Opt. Eng.*, vol. 43, no. 6, pp. 1318-1328, Jun. 2004.
- [2] E. Peli and T. Peli, "Image enhancement for the visually impaired," *Opt. Eng.*, vol. 23, pp. 47-51, 1984.
- [3] J. I. Kim and M. C. Kim, "Next generation video compression coding-hevc standard trend," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 30, no. 5, pp. 3-7, May 2013.
- [4] R. H. Gweon, W. J. Han, and Y. L. Lee, "Non-fixed quantization considering entropy en-coding in HEVC," *J. Broadcast Eng.*, vol. 16, no. 6, pp. 1037-1038, 2011.