

경계영역 특징과 블로킹 효과에 근거한 객관적 모바일 비디오 화질 평가 방법

*이선오 **심동규

광운대학교 컴퓨터공학과

*eebbnnee@kw.ac.kr

Objective Mobile Video Quality Evaluation Method based on Edge Feature and Blocking Artifact.

*Lee, Seon-Oh **Sim, Dong-Gyu

Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

요약

본 논문은 디지털 모바일 비디오에 대한 객관적 화질 평가 방법을 제안한다. 본 논문에서 제시하는 화질 평가 방법은 경계 영역을 구한 뒤, 그 주변 영역에서의 에러 값에 근거한 경계영역 특징과 영상 압축 코덱에 의하여 발생하는 블로킹 효과를 측정함으로써 주관적 화질을 객관화 하였다. 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위하여 Mean Opinion Score (MOS)값과 기존의 방법/제안한 방법의 결과를 비교하였다. 본 논문에서는, 인간 시각에 의한 MOS값과의 상관도가 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 비교적 큼을 보였다.

1. 서론

최근 들어 주관적 화질 평가 방법을 대체할 수 있는 객관적 화질평가 방법에 대한 연구가 진행되기 시작하고 있다. ITU의 Video Quality Experts Group (VQEG)에서 정의한 J.144 [1] 는 SDTV급 영상 (NTSC, PAL)에 대한 화질 평가 방법으로, 모바일 비디오에 적용한 결과, 인간 시각에 의한 주관적 화질과 연관성이 떨어짐을 발견하였다.[2]

본 논문은 CIF/QCIF 모바일 비디오에 적합한 객관적 화질 평가 방법을 제안한다. 본 논문에서는 특징 영역에서의 에러 값을 화질 평가에 이용하는 데, 사람의 눈이 경계영역과 블로킹 영역에서의 에러에 민감한 점에 착안하였다. 또한 특정 문턱치 값을 주지 않아도 경계영역 여부를 판단할 수 있는 방법을 제안하였다. 다양한 실제 비디오 데이터에 대하여 제안한 방법이 기존 방법보다 좋은 성능을 보였다.

2. 화질 평가 방법

사람이 화질을 평가할 때, 경계 (Edge)근처 영역과 블로킹 현상이 일어나는 영역에서의 열화에 민감한 점을 확인하였다.[2] 본 논문에서는 이를 토대로 두 영역에서 열화 정도를 나타내는 특징

값 M_{edge} , M_{block} 과 영상 전체의 열화 정도를 나타내는 특징 값 G_{diff} 를 이용하여 최종적인 화질 평가 값을 도출한다.

그림 1은 제안 평가 방법의 전체 구성을 보여준다. 먼저 특징 영역에서의 특징 값 M_{edge} , M_{block} 를 얻기 위해 특징 영역을 추출한다.

경계 영역 추출 부 (Edge Detection & Edge Boundary Detection)에서 경계 영역을 추출하기 위해서 원본 영상을 사용하는데, 열화 영상의 경우 블러링 (Blurring)에 의해 경계가 손상될 수 있기 때문에 열화 영상에서 경계 영역을 추출할 경우 열화 정도에 따라 영역이 달라지는 문제가 발생한다.

블록 영역 추출 부 (Block Region Detection)에서의 영역 추출은 열화 영상에서 이루어진다. 일반적으로 원본 영상의 경우 블로킹 현상이 존재하지 않고, 열화가 일어남에 따라 블로킹 현상이 나타나기 때문이다. 이렇게 구해진 특징 영역은 각 특징 추출 부 (Block Feature metric & Edge Feature metric)에서 해당 특징 값을 구하는데 이용된다.

특징 값 G_{diff} 를 얻기 위하여 원본 영상과 열화 영상 한 프레임 전체의 그레디언트 (Gradient) 값의 평균을 구한다. 두 영상에서 구한 평균값의 차 값이 G_{diff} 가 된다.

각 과정을 통해 얻어진 특징 값들을 이용하여 대표 영상 화질 계산 부 (Computation Representative Video Quality)에서 최종 결과 값을 얻는다.

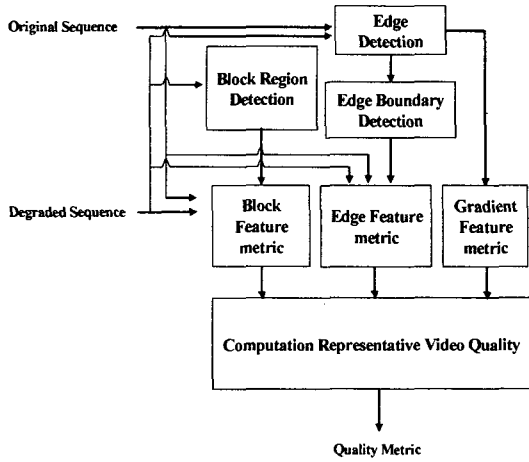


그림 1. 전체 구성도

가. 경계영역 추출

경계 영역을 추출하기 위해서 원본 영상에 대해 라플라스 변환과 소벨 (Sobel) 변환 두 가지 방법을 적용한다. 그림 2는 경계영역을 추출하는 방법을 나타낸다.

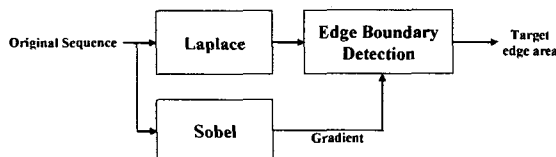


그림 2. 경계영역 추출방법

라플라스 변환을 통해 각 픽셀에 대한 밝기 값의 변화율을 구한 후, 각 픽셀의 경계영역 해당 여부를 판단하기 위해 문턱치 값을 이용한다.

소벨 변환을 통해 구한 각 픽셀의 그레디언트 값으로 프레임 전체에 대한 평균을 구한다. 이 값을 문턱치 값 결정에 이용하는데, 본 논문에서는 그레디언트 평균값의 세배를 문턱치 값으로 사용하였다.

이 방법은 문턱치 값으로 상수를 정해놓는 방법보다 다양한 영상에 대해 안정적인 결과를 보인다.

위 과정을 통해 추출된 경계영역은 형태학적 (Morphological) 확장과정 (Dilation)으로 영역을 넓힌 다음, 확장하기 이전의 영역을 제외으로써 최종 경계 특징 영역을 구할 수 있다. 본 과정의 예를 그림 3에서 보여주고 있다.

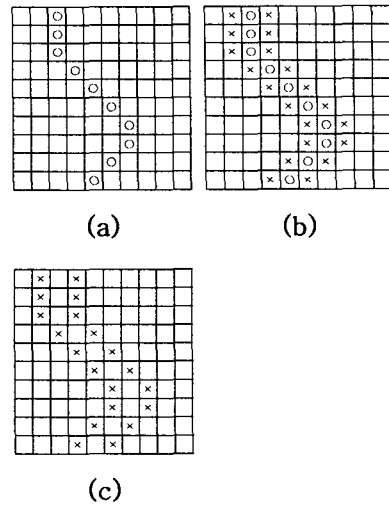


그림 3. 최종 경계영역 결정 과정 (확장)

나. 블로킹영역 추출

블로킹 현상은 영상압축 알고리즘에 의해 발생하는 것으로, 압축 효율을 높이기 위해 QP 값을 높일수록 더 강하게 나타나고, 이는 영상 전체의 화질을 결정하는 중요한 요소가 된다.

그림 4는 열화 영상에서 블로킹 영역을 추출하는 방법을 보여준다. 입력된 열화영상을 4x4 블록으로 나누고, 나뉜 블록마다 블로킹 현상 여부를 판단한다.

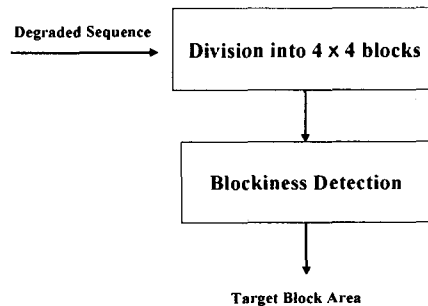


그림 4. 블로킹영역 추출방법

블로킹은 블록 내부와 외부의 밝기 값의 평균을 비교하고, 그 차이가 큰 경우 블록 영역으로 판단한다.

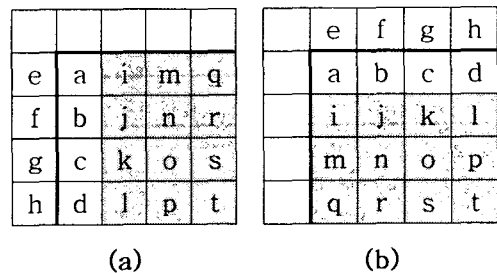


그림 5. 4x4 블록과 그 주변 영역

그림 5(a)와 5(b)의 a, b, c, d 값의 평균과, e, f, g, h 값의 평균을 구한 후, 그 차 값을 얻는다. 식 (1)의 A 값이 이에 해당한다. 또한, a, b, c, d 값의 평균과, 회색으로 표시된 i ~ t 의 12 개 픽셀의 평균의 차이 값을 구한다. 이 값을 식 (1)의 B로 나타낼 수 있다.

$$A = \left(\frac{a+b+c+d}{4} - \frac{e+f+g+h}{4} \right) \quad \dots (1)$$

$$B = \left(\frac{a+b+c+d}{4} - \frac{i+j+k+l+m+n+o+p+q+r+s+t}{12} \right)$$

A 값은 블록 내부의 밝기 값들의 차이 값이고, B 값은 블록 내부와 블록 외부 밝기 값의 차이 값이다. A 값과 B 값을 비교한 후, A 값이 B 값 보다 확연하게 클 경우 블록 내부의 변화보다 블록 안과 밖의 차이가 큰 것으로 볼 수 있고, 이는 해당 영역에 블로킹이 존재하는 것으로 판단할 수 있다. 식 (2)은 최종적으로 블로킹 영역을 결정하는 식을 나타내는데, 본 논문에서 제안하는 방법은 a 값으로 3을 이용한다.

$$if(A > \alpha \times B), (A \cup B) \subset BlockArea \quad \dots (2)$$

다. 특징영역에서의 특징 값 추출

인간 시각 특징에 연관성이 높은 값을 사용하기 위해서, 사람이 중점적으로 보는 특징 영역 추출 하였다. 최종적인 화질 평가를 위해 해당 특징 영역에서의 특징 값을 추출한다.

특징 값을 구하는 방법으로, 원본 영상과 열화 영상의 에러를 측정하는 방법의 하나인 Mean of Square Error (MSE)를 이용한다.

$$M_{edge} = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in EA} (orig(x,y) - degf(x,y))^2 \quad \dots (3)$$

$$M_{block} = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in BA} (orig(x,y) - degf(x,y))^2 \quad \dots (4)$$

경계 영역에서의 특징 값 M_{edge} 은 식 (3)의 방법으로, 블로킹 영역에서의 특징 값 M_{block} 은 식 (4)의 방법으로 구한다. 두 식에서의 N 값은 해당 영역에 속한 픽셀의 수를 나타낸다.

이러한 방법으로 각 프레임마다 위와 같은 특징 영역에서의 특징 값을 각각 구한다.

라. 전체영역에서의 특징 값 추출

경계 영역을 구하는 과정에서 소벨 변환을 통해 구한 그래디언트값을 열화 영상에 대해서도 구한다. 열화가 심할수록 원본 영상과 열화 영상

의 그래디언트 값 차이가 많이 난다.

각 프레임마다 두 영상의 그래디언트의 차이 값인 G_{diff} 를 구한다.

마. VQM 계산

위 과정을 통해 구한 각 특징 값을 이용하여 최종 화질 평가 결과 값을 구할 수 있다.

$$V = \frac{1}{2}(M_{edge} + M_{block}) \quad \dots (6)$$

$$VQM = \frac{1}{100} \left[\frac{V+55}{2} - G_{diff} \right]$$

$$if(V \leq 55) VQM = \frac{1}{100} V$$

V 는 수학적으로 계산된 에러 값으로서, 화질이 좋지 않은 영역에서 사람들이 눈감하게 느끼는 점을 제대로 반영하지 못한다. 이를 보정하기 위해, V 값이 55보다 큰 경우 G_{diff} 를 이용한 후 처리 과정이 필요하고, 그 내용은 식 (6)과 같다.

프레임 하나 혹은 정지 영상 (still-image)의 화질을 평가할 수 있고, 동영상 전체에 대한 화질을 평가할 수도 있다. 전체 영상에 대한 결과를 구하기 위해서는 각 프레임마다 구한 특징 값들의 평균을 구한 후, 같은 과정을 적용한다.

4. 실험 결과

본 논문이 제시하는 화질평가 방법의 효율성을 보이기 위하여, CIF/QCIF 표준 영상을 압축한 140개 비디오를 사용하였으며, 기존의 방법으로 J.144의 화질 평가 방법 중의 하나인 Edged PSNR 방법과 성능을 비교 분석 하였다. 화질 평가 방법의 성능 테스트를 위해 다수의 사람을 통해 얻은 화질 평가 결과 값 (MOS)을 이용하였는데, 기존의 방법-MOS, 제안한 방법-MOS 의 상관도를 각각 구한 뒤 이를 비교하였다.

표 1은 테스트

영상의 구성을 보여준다. H.263 (TMN 2.0)과 H.264 (JM9.8) 코덱을 사용하였고, QCIF는 24~256kbps, CIF는 64~512kbps의 비트율로 압축하였다. 사용된 영상은 Foreman, Carphone, News 등의 표준 영상이다.

테스트 결과를 그래프로 나타냈다. 그래프의 x축은 비트율 (kbps)을, y축은 화질을 평가하는 값인 Video Quality Metric (VQM)을 나타낸다. 그림 6의 경우 News 영상을 H.263 코덱으로 압축한 영상들을 대상으로 테스트한 결과이다. MOS값으로부터 얻은 SVQM 값을 기준으로, 기존 방법인 EPSNR의 결과보다 제안 방법의 결과

인 MM_VQM의 상관성이 더 높다.

표 1. 테스트 영상의 구성

Test	MM Test	
Codecs	H.263, H.264/AVC	
Resolution	QCIF (176×144)	CIF (352×288)
Sequences	Foreman, Carphone Stephan Hall monitor Coast guard Mobile News Mother and daughter Akiyo Football Container Table tennis	Foreman Carphone Stephan Deadline Coast guard Mobile News Silent Weather Pairs Container Table tennis
Bitrate	24kbps - 256kbps	64kbps - 512kbps

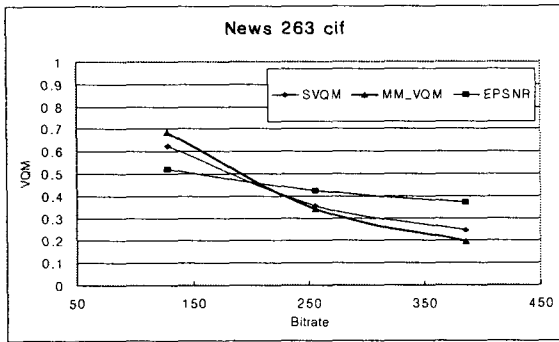


그림 6. News 영상에 대한 테스트 결과

그림 7의 경우 비트율 30 부근을 제외하면, 제안 방법의 결과가 기준이 되는 SVQM과 거의 흡사함을 볼 수 있고, 그림 8과 그림 9의 경우에도 기존 방법의 결과보다 제안 방법의 결과가 사람의 의한 측정값과 훨씬 더 높은 상관성을 보였다.

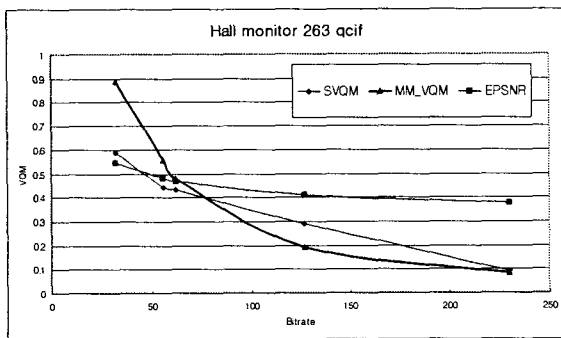


그림 7. Hallmonitor 영상에 대한 테스트 결과

140개 비디오에 대한 나머지 테스트 결과에서도 제안 방법의 결과가 훨씬 높은 성능을 보였다.

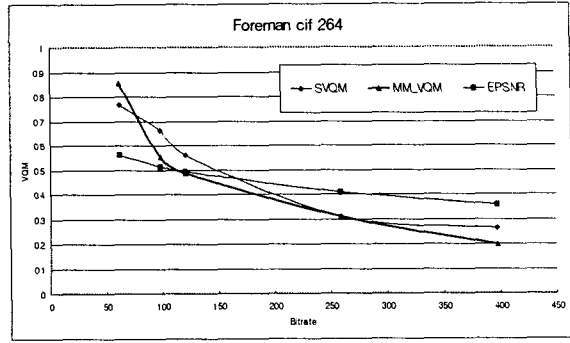


그림 8. Foreman 영상에 대한 테스트 결과

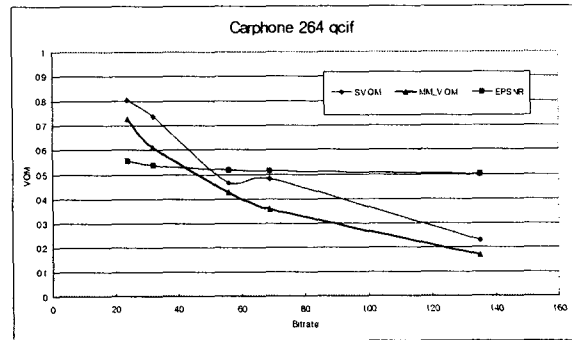


그림 9. Carphone 영상에 대한 테스트 결과

5. 결론

주관적 화질 평가를 대체할 수 있는 방법으로 본 논문에서는 객관적 화질 평가 방법을 제안한다. 실험결과 사람의 의한 주관적인 화질 평가 결과와 비교했을 때, 기존 방법의 화질 평가 결과보다 제안 방법의 평가 결과가 더 높은 상관성을 보였다. 앞으로의 지속적인 연구를 통해 더 다양한 어플리케이션에 적용할 수 있는 화질 평가 방법의 개발이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] ITU-T Recommendation J.144 "Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference," International Telecommunication Union, March, 2004.
- [2] 이선오, 김현오, 심동규, "디지털 비디오에 대한 주관적 화질 측정과 분석," 19회 신호처리합동 학술대회논문지 1권 215p, Sept. 2006

본 연구는 "서울시 산학연 협력 사업"을 통하여 이루어 졌음.