

논문 2008-45SP-3-8

# H.264/AVC의 경계 세기 통계를 이용한 디지털 비디오에서의 객관적 화질 측정

( Digital Video Quality Assessment using the Statistics of Boundary  
Strength of H.264/AVC )

정 광 수\*, 이 선 오\*, 심 동 규\*\*

( Kwang-Su Jung, Seon-Oh Lee, and Dong-Gyu Sim )

## 요 약

본 논문에서는 비트스트림 기반의 객관적 비디오 화질 측정에 관한 새로운 방법을 제안한다. 기존 방법이 복원된 비디오의 손상 정도로 화질을 측정하는 것이었다면, 본 논문에서 제안하는 방법은 비디오 코덱으로부터 복원 과정 중에 발생하는 파싱 데이터에서 화질을 측정하는 방법에 대한 것이다. 제안하는 알고리즘은 H.264/AVC 복호화기의 디블록킹 필터 안에 존재하는 경계 세기 값의 통계를 이용하여 화질 측정을 한다. 이는 기존의 EPSNR과 블록화 현상 알고리즘과 비교하여 낮은 연산 복잡도를 갖고, 실시간 화질 측정이 가능하다. 화질 측정 결과에서 주관적 화질 측정 결과와 비교해 높은 유사도를 보였고, 두 가지의 기존 방법과 비교하여 각각 32 %, 65 % 정도 더 좋은 성능을 보였다.

## Abstract

In this paper, we propose a novel objective video quality assessment method from encoded H.264/AVC.. Conventional algorithms have been proposed to assess video/image quality with image frames reconstructed in a decoder side. On the other hand, the proposed assessment is conducted with the syntax elements which are embedded in a bitstream. The proposed BS-based algorithm makes use of the statistics of boundary strength (BS) which are employed in the H.264/AVC. The proposed algorithm has lower computational complexity than conventional methods, EPSNR and Blockiness, resulting that it can accomplish assessment of the video quality in real time. Furthermore, the accuracy of the proposed video quality assessment is about 32 % and 65 % better than several conventional algorithms.

**Keywords :** VQEG, MOS, Bitstream, H.264/AVC, De-blocking filter

## I. 서 론

최근 멀티미디어 분야에 대한 빠른 기술 발전으로 인해, 다양한 멀티미디어 시스템이 개발되고 있다. 하지만 멀티미디어 서비스를 제공하는데 있어서, 서비스의 특성상 데이터양의 폭주나 사용자의 증가, 혹은 데이터 전송 과정 중 오류 발생으로 인해 서비스의 품질이 저

하되는 문제가 발생하고 있다. 이에 따라, 사용자들에게 제공되는 비디오 서비스에 대한 품질보장 및 모니터링이 중요한 문제로 부각되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 제공되는 서비스에 대한 적절한 품질 평가를 할 수 있는 방법이 필요함에도 불구하고, 현재까지 사용자가 느끼는 주관적 화질평가에 가까운 성능을 내는 객관적 화질평가 방법에 대한 연구 결과가 부족하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 최근에 비디오 화질 측정 분야에 대한 연구가 시작되고 있다.

화질 평가 방법은 측정 방식에 따라 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 먼저, 원 영상을 이용하여 열화된 영상의 화질을 측정하는 full-reference (FR) 방법이 있고, 두 번째로, 원 영상에서 추출한 특징 값을 갖고 열화된

\* 학생회원, \*\* 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University)

※ 본 연구는 “서울시 산학연 협력사업”을 통하여 이루어졌음

접수일자: 2007년12월3일, 수정완료일: 2008년4월7일

영상의 화질을 측정하는 reduced-reference (RR) 방법이 있다. 마지막으로, 원 영상에 대한 어떠한 정보 없이 열화된 복원 영상만을 갖고 화질을 측정하는 no-reference (NR) 방법이 있다.

최근 들어 Video Quality Experts Group (VQEG)에서 기존의 FR과 RR 그리고 NR 방법의 문제점을 동시에 보완할 수 있는 새로운 화질 측정 방법에 관심을 갖기 시작하고 있다<sup>[1~2]</sup>. 이는 부호화된 영상을 복호화 하는 과정에서 발생하는 파생 파라미터를 이용하여 화질을 측정하는 것으로, 원본 영상 혹은 특정 정보가 있어야만 화질을 측정할 수 있는 FR과 RR 화질 측정 방법의 단점과 화질 측정 결과의 유효성이 떨어지는 NR 방법의 문제점을 동시에 보완할 수 있다. 또한, 추가적인 정보를 사용하지 않으면서도 인간의 주관적 화질 측정 결과에 가까운 성능을 나타낸다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 H.264/AVC 디코더에서 영상 복원 과정 중에 발생하는 비디오 압축 신택스 요소인 경계 세기 값을 객관적 메트릭으로 이용하여 화질을 평가하는 방법이다<sup>[3]</sup>. 제안된 알고리즘을 이용한 객관적 화질 평가 결과는 주관적 화질 평가 방법 중 하나인 Double-stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS)를 통해 구한 Mean Opinion Score (MOS) 값과 비교했을 때 높은 유사도를 보인다. 또한, 각각의 블록화 현상을 이용한 화질 측정 알고리즘과 ITU-T J.144에 구현된 EPSNR 화질 측정 알고리즘과의 비교에서 모두, 기존의 알고리즘보다 더 정밀하고 유효한 성능을 보인다<sup>[4~5]</sup>.

II장에서는 기존에 제안된 화질 측정 알고리즘들에 대해서 설명하고, III장에서는 H.264/AVC의 디블록킹 필터와 경계 세기에 대해 기술한다. IV장에서는 제안한 객관적 화질 평가 방법의 전체 시스템 동작과 사용 알고리즘에 대해 기술하고, V장에서는 제안한 방법의 실험 결과와 DSCQS를 통해 구한 MOS 값을 비교하고 기존의 방법과도 성능을 비교하도록 한다. 마지막으로 VI장에서는 실험결과 요약 및 향후 연구 방향을 제시하도록 한다.

## II. 기존의 객관적 화질 측정 알고리즘

기존의 객관적 FR 화질 측정 방법은 원 영상을 기준으로 복원된 영상의 화질 정도를 측정하기 때문에 측정 결과가 비교적 정확한 장점이 있지만, 화질 측정을 위해 원 영상의 전송이 필요하다는 단점이 있다<sup>[6~8]</sup>. 또

한, 원 영상의 전송 과정에서 데이터 손실이 발생된다면, FR 화질 측정 방법은 적합한 성능을 내지 못한다. ITU-T Recommendation J.144는 인지적 화질 평가에 대해 객관화한 방법을 명시한 표준으로, British Telecommunications plc의 ANNEX A, 연세대/SK Telecom/전파연구소 ANNEX B, CPqD의 ANNEX C, NTIA의 ANNEX D로 구성되어 있으며, 네 개의 복수 모델 모두 주관적 화질 평가 결과와 높은 상관도를 보인다<sup>[6]</sup>. 그 중 ANNEX B, EPSNR을 이용한 화질 측정 알고리즘은 연산 복잡도가 적은 동시에 좋은 성능을 보인다. 이는 보통 사람의 Human Visual System (HVS)이 경계영역 주위에서 반응하는 민감도가 크다는 특성에 근거하여, 영상내에서 경계 영역을 추출하고, 그 위치에서 PSNR을 측정하여 최종적인 화질 정도를 결정한다. 그러나 ANNEX B를 비롯한 네 개 모델의 성능이 높다하더라도 화질 측정을 위해서 원 영상을 같이 전송해야 하는 문제점이 있으며, 실시간으로 화질을 측정하는데 어려움이 있다.

RR 화질 측정 방법은 원 영상 내에서 특정한 특징값을 추출하고 이를 이용하여 복원된 영상의 화질 정도를 평가한다. FR 방법보다 더 적은 비용으로 유효한 성능을 내고, 응용 범위가 넓지만 복원된 영상에 대해 알고리즘을 적용하기 때문에 실시간 화질 측정의 어려움이 있다. 또한, 전송과정 중 특징값이 손상되면 적합한 성능을 내지 못하는 문제점이 있다.

NR 화질 측정 방법은 FR과 RR 방법과는 다르게 원 영상에 대한 어떠한 정보 없이 복원된 영상만을 이용하여 화질을 측정한다. 즉, 화질과 연관성이 높은 메트릭을 찾고, 이를 기준으로 복원된 영상의 화질을 측정한다. 대표적으로 사용하는 메트릭으로 블록화 현상과 뭉롱화 현상이 있다<sup>[9~11]</sup>. 블록화 현상 기반 알고리즘은 복호화기 영역에서 복원된 영상에 블록화 현상이 얼마나 존재하는지를 통해 화질 정도를 결정하게 된다. 지금까지 대부분의 비디오 부호화에서는 하나의 영상을 특정 크기의 블록 단위로 나누어 처리한다. 이 특정 블록 단위로 움직임 추정 및 움직임 보상하고 차 신호를 구한 후, 이를 변환 및 양자화를 수행한 후, 엔트로피 부호화하여 비트스트림으로 데이터를 전송한다. 이러한 블록 단위 처리로 인해 복호화기 영역에서 복원된 영상에는 특정 블록 경계마다 블록화 현상이 존재한다<sup>[12~13]</sup>. 최신의 부호화 기술인 H.264/AVC 복호화기에는 디블록킹 필터가 존재하여 복원된 영상에서 블록화 현상을 최소화하고 있다. 블록화 현상을 이용한 기존에 제안된

알고리즘은 복원된 영상에 대해 가로, 세로 방향으로 푸리에 변환을 구한 각각의 결과와 그 결과에 중간값 필터를 취한 결과와의 오차를 구해서, 블록화 현상의 정도를 주파수 영역에서 측정하여, 화질의 좋고 나쁨을 판단한다<sup>[9]</sup>. 몽롱화 현상을 이용한 기존에 제안된 알고리즘은 복호화기 영역에서 복원된 영상에 대해 몽롱화 현상이 얼마나 존재하는지를 측정하여 화질 정도를 결정한다. 복원된 영상에 대해 각각의 가로, 세로 방향으로 에지의 길이와 그 수를 측정하여 영상에 몽롱화 현상 정도를 판단하여 화질의 좋고 나쁨을 결정한다<sup>[11]</sup>. 참고한 두 개의 객관적 NR 화질 측정 알고리즘은 불특정 다수의 테스트 영상에 대해서는 결과의 변동이 심하다. 예를 들면 블록화 현상을 이용한 알고리즘은 몽롱화 현상이 많은 영상에 대해 성능이 떨어지며, 반대로 몽롱화 현상을 이용한 알고리즘은 블록화 현상이 많은 영상에 대해서 성능이 떨어진다. 또한, 두 가지 경우 모두 복원된 영상에 대해 알고리즘을 적용하여 화질을 측정하기 때문에 실시간으로 화질을 측정하지 못하는 문제가 있다.

그리고 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 같은 방법으로 비트스트림에서 추출한 메트릭을 이용하여 화질을 평가하는 기존 알고리즘들의 객관적 화질 평가 결과는 주관적 화질 평가 결과와 비교해서 상관도가 낮은 문제점을 갖는다. 기존의 방법 중에서 부호화된 영상을 복호화하는 과정에서 DCT 계수들의 통계를 구하고, 그 값을 메트릭으로 이용하여 화질 평가를 하는 알고리즘이 있다<sup>[14]</sup>. 기존 알고리즘은 전체 영상 중에서 I 프레임에서만 DCT 계수들의 통계를 구하고, 그 값을 이용하여 영상 전체에 대한 화질을 평가한다. 전체 영상 중 I 프레임이 차지하는 비율이 매우 낮기 때문에 화질 측정 결과를 영상 전체에 대한 화질 결과 값으로 이용하는데 문제가 있다. 그리고 알고리즘의 성능 평가는 측정된 화질 평가 결과 값과 PSNR의 유사정도로 비교한다. PSNR은 주관적 화질 평가 결과와 상관도가 높지 않기 때문에 제안된 알고리즘의 화질 평가 결과가 PSNR과 유사도가 높다하더라도 성능 평가의 유효성이 떨어진다.

이러한 기존의 화질측정 방법의 문제점에 착안하여 복호화 하는 동시에 실시간 화질 측정이 가능하고, 원 영상에 대한 추가정보 없이 좋은 성능을 내며, 최신 부호화 기술인 H.264/AVC에 적합한 실시간 객관적 화질 측정 방법을 제안한다.

### III. H.264/AVC의 디블록킹 필터와 경계 세기

최신 부호화 기술인 H.264/AVC 복호화기에는 디블록킹 필터가 존재하여, 복원된 영상내에 존재하는 블록화 현상을 최소화한다. 또한, 부호화기에도 존재하며, 화면 간 부호화를 위해 매크로 블록을 복원하고 저장하기 전에 필터가 적용되어, 부호화 성능을 향상시킨다. 필터 처리된 이미지는 블록화 현상이 있는 필터 처리 이전의 이미지보다 원본 프레임에 더 근접하게 복원된 것이기 때문에 예측을 더 정밀하게 할 수 있다. 추가적으로 부호화기에서는 필터의 세기 조절이 가능하며, 필터 처리를 하지 않도록 설정할 수 있다. 디블록킹 필터는 가로, 세로 방향으로 각각 4x4단위의 블록경계마다 경계 세기 값을 결정하고, 이 값에 따라 필터 강도를 다르게 적용하여 블록왜곡을 최소화한다. 비트스트림으로부터 복호화하는 과정 중, 디블록킹 필터내에서 발생하는 경계 세기 값은 0부터 4까지의 레벨을 갖으며, 각각의 경계 세기 레벨에 따라 필터 처리 강도가 다르게 결정된다.

본 논문에서는 디블록킹 필터 처리 과정 중에 발생하는 경계 세기 값이 필터 강도를 결정하는 요소인 만큼 화질과 높은 상관관계가 있음을 인지하고, 제안하는 알고리즘의 메트릭으로 이용한다. 알고리즘 동작은 복호화기에 전송된 비트스트림으로부터 복호화 과정 중 발생하는 경계 세기 값의 통계를 메트릭으로 이용하여 화질을 측정한다. H.264/AVC 복호화기에 존재하는 디블록킹 필터의 세부동작과 필터 처리 과정 중 발생하는 경계 세기 값에 대한 자세한 내용은 다음과 같다.

#### 1. 디블록킹 필터

기존의 MPEG-1, MPEG-2, H.263 등의 영상부호화 방식에는 부호화한 후, 복호화한 영상은 블록 왜곡이 생긴 형태로 프레임 메모리에 저장되고, 움직임보상 과정에서 블록 왜곡이 포함된 영상이 참조되어 부호화된 영상에 화질 열화가 누적된다는 문제점이 있다. 이 때문에 H.264/AVC 부호화 방식에서는 프레임 메모리에 복호영상을 저장하기 전에 디블록킹 필터를 적용함으로써 블록 경계 간 왜곡 현상을 최소화한다.

표 1은 다양한 비디오 부호화 표준에서 디블록킹 필터의 사용 정보를 나타낸 것이다<sup>[15~16]</sup>. MPEG-1이나 H.261 그리고 H.263과 같은 초기의 표준 부호화에서는 디블록킹 필터를 사용하지 않거나 선택적으로 사용하고 있다. 반면, 최근 표준 부호화에서는 인-루프 필터 혹은

표 1. 다양한 부호화 표준에서의 Deblocking filters  
Table 1. Deblocking filters for various video standards.

Standard	Deblocking Filter
H.261	Optional in-loop filter
MPEG-1	No filter
MPEG-2	No Filter, Post-filter processing often used
H.263	No filter
MPEG-4	Optional in-loop filter, post-filter processing suggested
H.264	Mandatory in-loop filter, post-filter processing may also be used

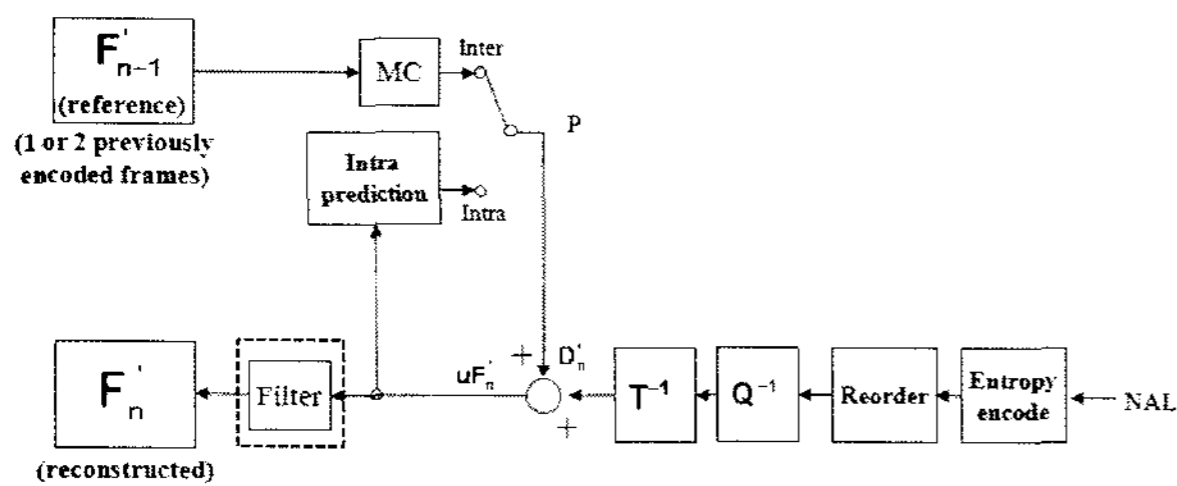


그림 1. H.264/AVC 디코더 시스템 블록도  
Fig. 1. Block diagram of the H.264/AVC decoder.

후처리 필터로 사용하고 있다.

그리고 그림 1은 H.264/AVC 복호화기의 전체 시스템 블록도를 나타낸 것이다. 시스템은 복호화기 영역에 전송된 NAL 단위의 비트스트림을 각각의 시스템 블록을 통해 처리한다. 복원된 영상은 그림 1에서 점선으로 표시된 디블록킹 필터를 거치게 되어 블록화 현상이 줄어든 최종 결과가 된다.

## 2. 경계 세기

H.264/AVC에서 비트스트림은 NAL 단위로 복호화기에 전송되며, 전송된 데이터는 영상으로 복원되어 결과가 출력된다. 비트스트림은 복호화 과정 중에 디블록킹 필터를 통과하며, 이때 본 논문에 제안된 알고리즘의 매트릭인 경계 세기 값이 결정된다. 경계 세기 값은 매크로 블록 단위로 구하고, 각 매크로 블록마다 128개의 경계 세기 값이 존재한다. 그림 2는 디블록킹 필터에서 휘도와 색차 정보에 대해 경계의 필터 적용 순서를 각각 16×16, 8×8 블록단위로 수행하는 것을 나타낸 것이다. 휘도 블록에서는 4×4 블록단위로 경계선을 따라 필터를 적용하며, 수직으로는 *a, b, c, d* 방향이고 수평으로는 *e, f, g, h* 방향이다. 색차 블록에서도 휘도 블록에서와 같이 4×4 블록단위로 경계선을 따라 필터를

적용하며, 수직으로는 *i, j* 방향이고 수평으로는 *k, l* 방향이다. 제안된 알고리즘에서는 색차 블록은 고려대상에서 제외시키고 휘도 블록에서만 경계 세기 값을 측정한다.

화면의 변화가 거의 없는 영상에 대해서 디블록킹 필터를 적용할 때에 필터를 적용한 것과 적용하지 않은 것의 결과 차이가 거의 없다면 필터 처리 과정은 불필요한 것이 된다. 또한, 하나의 영상 내에서 블록화 현상이 많이 존재하는 부분과 거의 존재하지 않는 부분에 동일한 수준의 필터 처리를 한다면 불필요한 연산 때문에 의도하지 않던 복잡도 증가 혹은 화질 열화가 발생할 수 있다. 즉, 동일한 영상 내에서 블록 경계마다 필터 적용 강도를 다르게 할 필요가 있다. 경계 세기 값은 디블록킹 필터 내에서 블록 경계마다 필터 처리 강도를 결정하는 파라미터이다. 경계 세기 값은 0부터 4까지의 레벨을 갖으며, 0일 때는 필터 적용을 하지 않고 1부터 4일 때에 필터처리를 한다. 경계 세기 값이 클수록 필터 적용 강도는 커지게 되며 4일 때 가장 강한 처리가 이루어진다. 경계 세기 값의 결정은 블록 경계를 중심으로 인접한 두 블록 (4×4)의 특성에 의해 결정된다.

그림 3은 그림 2에서 16×16 휘도 블록 중 인접한 두

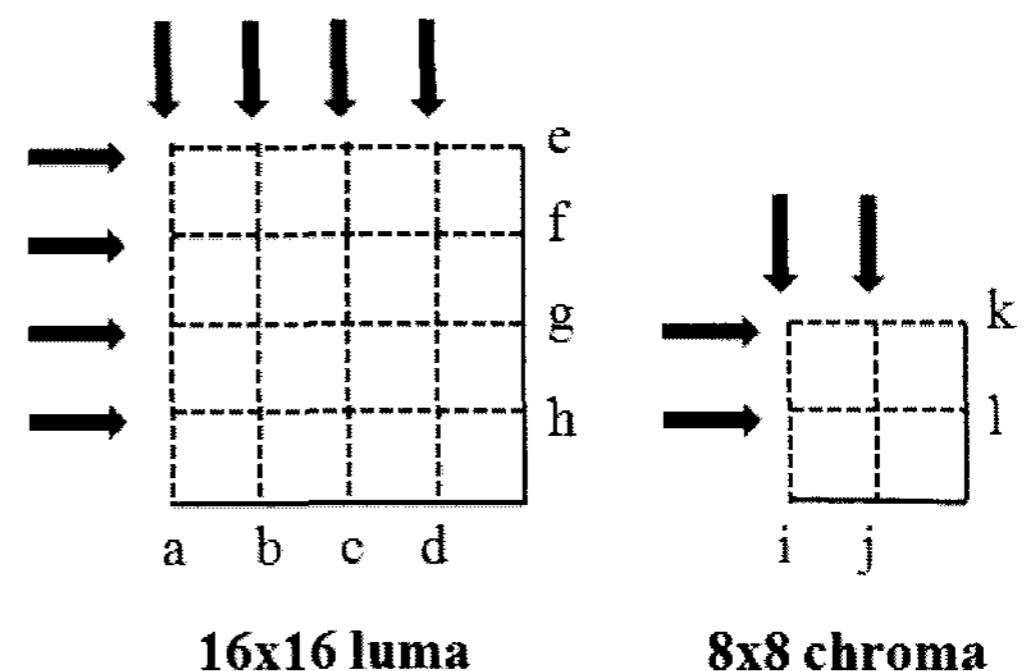


그림 2. 매크로 블록에서 에지의 필터링 순서  
Fig. 2. Edge filtering order in a macroblock.

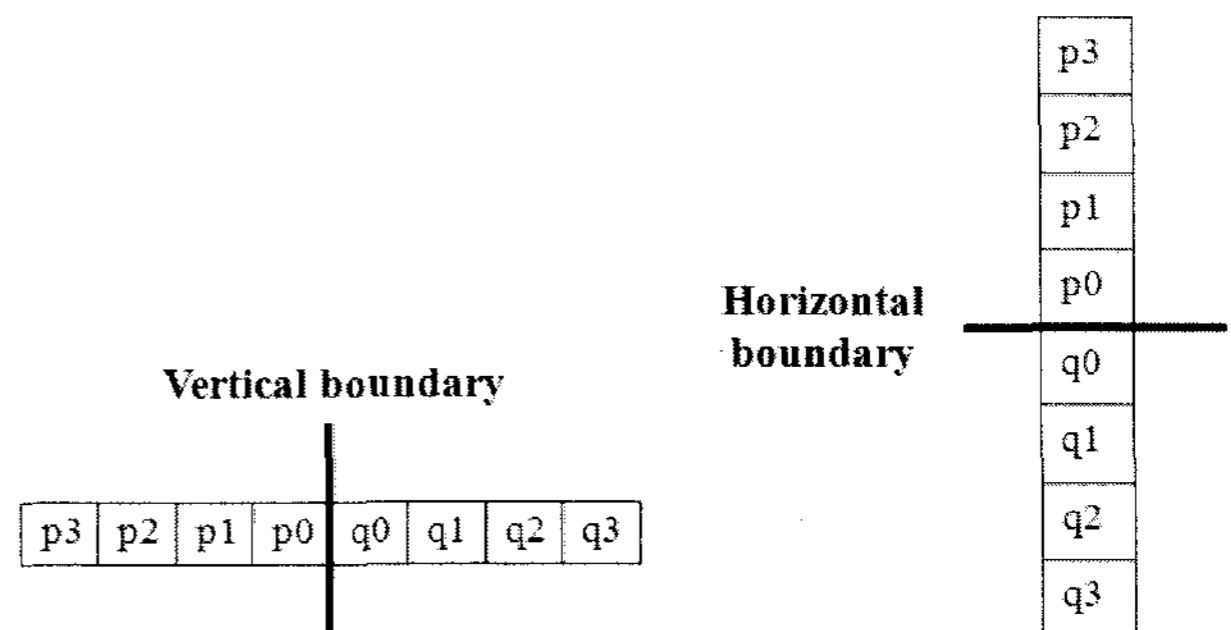


그림 3. 가로, 세로 경계에 인접한 샘플  
Fig. 3. Samples adjacent to vertical and horizontal boundaries.

개의 4×4단위 블록 경계 위치에서 가로, 세로 방향의 샘플 픽셀들을 나타낸 것이다. 경계 세기는 4×4단위의 블록의 픽셀 경계마다 그 값이 존재하게 된다. 즉, 하나의 매크로 블록 내에서 경계 세기는 가로, 세로 방향 경계에서 각각 64개 총 128개가 존재하게 된다.

다음은 그림 3을 바탕으로 0부터 4까지의 경계 세기 값이 결정되는 요인을 설명한 것이다.

- 가. 경계 세기가 4일 때,  $p$  또는  $q$ 의 블록 중 적어도 한쪽이 화면 내 부호화 매크로 블록에 속하고 매크로 블록 경계에 위치한다.
- 나. 경계 세기가 3일 때,  $p$  또는  $q$ 의 블록 중 적어도 한쪽이 화면 내 부호화 매크로 블록에 속하고 매크로 블록 경계에 위치하지 않는다.
- 다. 경계 세기가 2일 때,  $p$ 와  $q$ 의 블록 중 어느 쪽도 화면 내 부호화 매크로 블록에 속하지 않고 더 나아가 어느 한쪽이 직교변환계수를 가진다.
- 라. 경계 세기가 1일 때,  $p$ 와  $q$ 의 블록 중 어느 쪽도 화면 내 부호화 매크로 블록에 속하지 않고 어느 쪽도 직교변환계수를 가지지 않으며, 참조 프레임이 다르거나 참조 프레임의 매수가 다르거나 또는 움직임 벡터 값이 다르다.
- 마. 경계 세기가 0일 때,  $p$ 와  $q$ 의 블록 중 어느 쪽도 화면 내 부호화 매크로 블록에 속하지 않고 어느 쪽도 변환계수를 가지지 않고 참조프레임과 움직임 벡터 값도 동일하다.

위와 같은 조건에 맞게 경계 세기 값이 결정되며, 정해진 경계 세기 값에 따라서 블록 경계마다 적절한 필터 처리가 이루어진다.

#### IV. 제안한 경계 세기를 이용한 화질 측정 방법

본 논문에서는 복호화기에 전송된 비트스트림에서 화질과 연관성이 높은 메트릭을 추출하여 기존의 방법보다 정밀한, 실시간 화질측정 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 화질측정을 위해 원 영상의 정보를 필요로 하는 것과 측정된 결과가 유효하지 못한, 기존 방법들의 문제점을 보완하는 새로운 형태의 화질측정 방법이다. 화질측정을 위해 디블록킹 필터내에서 필터처리 강도를 결정하는 경계 세기 값을 메트릭으로 이용한다. 복호화하는 과정 중, 영상내 블록경계에서 필터처리 강도를 결정하는 경계 세기 값을 통해 복호화되는 영상이

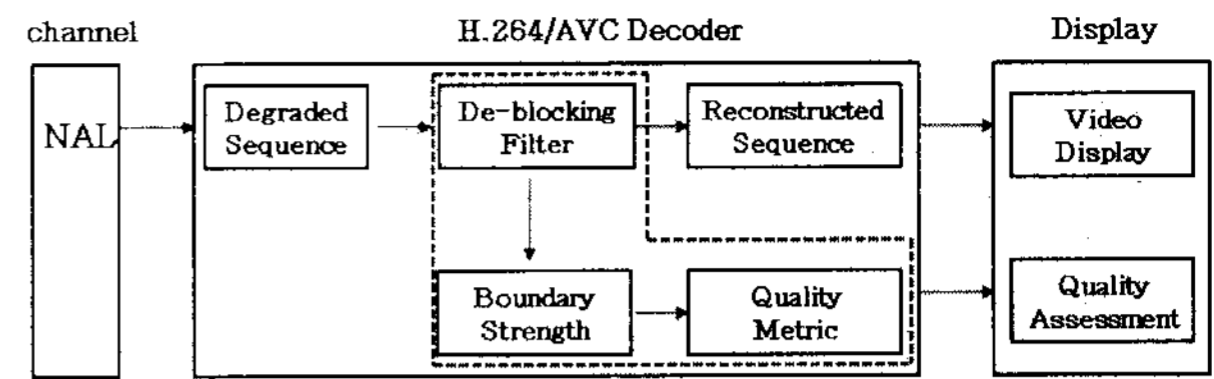


그림 4. 경계 세기를 이용한 화질 측정 시스템 블록도  
Fig. 4. Block diagram of the quality assessment system using boundary strength.

얼마나 왜곡 되었는지 간접적으로 판단할 수 있다는 가정하에 경계 세기 값을 메트릭으로 이용하는 화질측정 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘을 이용한 화질측정 값은 주관적 화질 측정 결과와 높은 유사도를 보이고, 기존의 FR 방식의 EPSNR과 NR 방식의 블록화 현상을 이용한 알고리즘과 비교하여 더 좋은 성능을 보인다. 즉, 제안된 비트스트림 기반의 객관적 화질 측정 알고리즘은 기존의 FR 방식의 화질 측정 방법보다 적은 영상 정보를 이용하여 더 낮은 연산 복잡도로 보다 향상된 성능을 보이며, 기존의 NR 방식의 화질 측정 방법보다 빠른 시간 안에 더 정밀한 측정 결과를 나타낸다.

제안하는 화질 측정 알고리즘은 그림 4와 같은 시스템 블록도를 갖고, 알고리즘의 세부 모듈의 동작과정은 다음과 같다.

복호화기 영역에 전송된 NAL 단위의 비트스트림은 그림 1과 같은 복호화기 시스템에 맞게 영상 복원과정을 거치게 되며, 블록화 현상이 아직 제거되지 않은 영상이 결과로 출력된다. 출력된 영상에서 영상 내에 존재하는 블록화 현상은 디블록킹 필터를 통해서 적절한 강도로 제거되며, 이때 필터 적용 과정 중 이용되는 경계 세기 값의 0부터 4까지 범위, 즉 총 5가지의 BS (0) 부터 BS (4) 까지의 값에 대해 특정 프레임 단위로 그 발생 빈도수를 측정한다. 실제 실험에서는 300 프레임 단위로 각각의 경계 세기 값의 발생 빈도를 측정하였다. 단, 측정 프레임 중에서 I 프레임은 측정대상에서 제외시킨다. I 프레임은 경계 세기 값이 결정되는 요인에 의해서 모두 동일한 경계 세기 통계를 나타내며, 그 값의 크기가 매우 작기 때문에 제안된 알고리즘을 통해 화질을 측정하는데 크게 영향을 끼치지 않는다. 이러한 과정을 통하여 누적된 BS (0) 부터 BS (4) 까지의 빈도수를 한 프레임 내에서 발생하는 경계 세기 값의 전체 개수, 12352로 정규화 한다. 12352값은 QCIF 영상에 대한 정규화 값이며, 다른 크기의 영상에 대해서는 그에 맞는 값으로 정규화 한다. 정규화 후 누적된 BS (0)

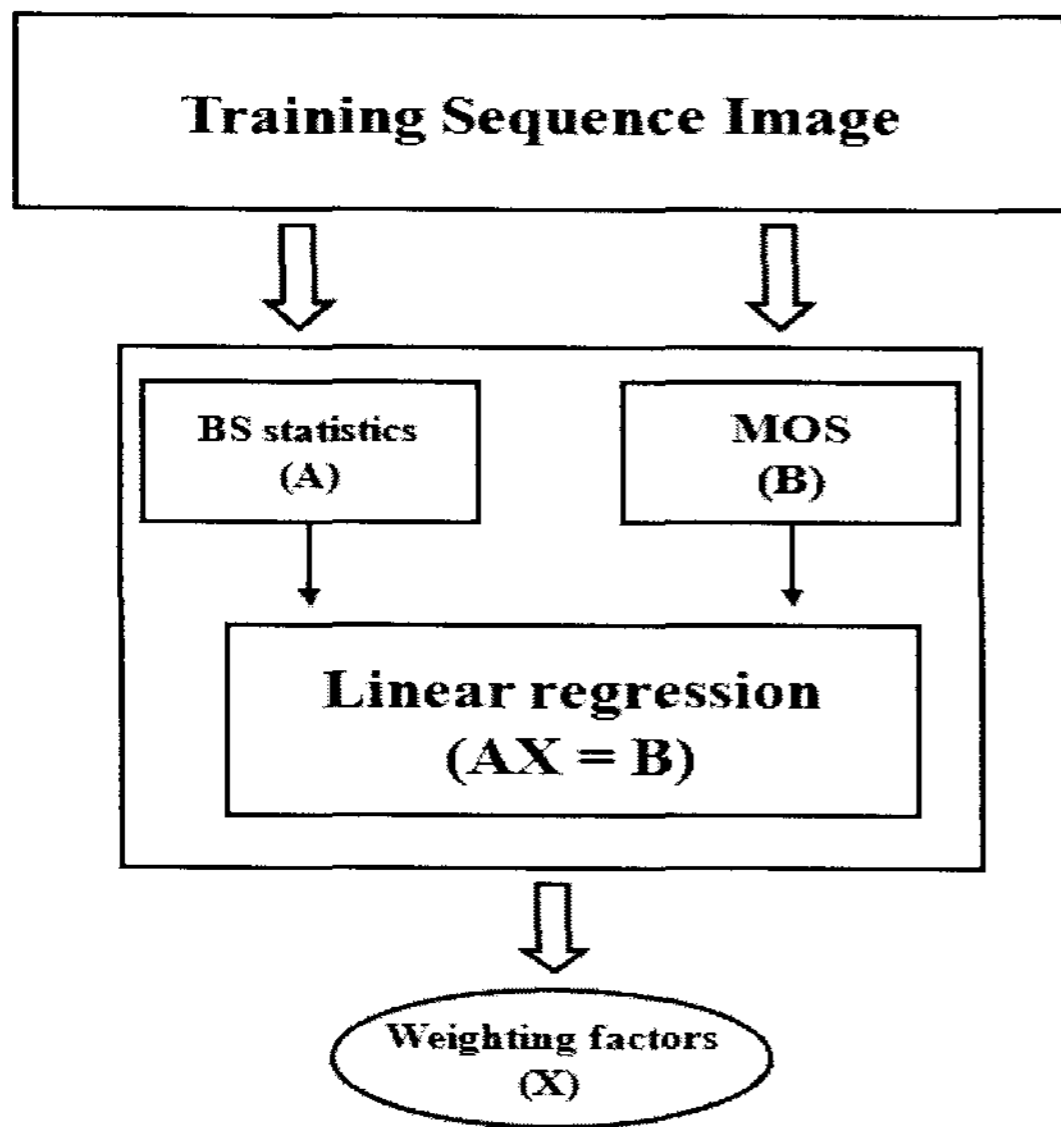


그림 5. 가중치 값을 구하기 위한 시스템 블록도  
Fig. 5. Block diagram for estimating weighting factors.

부터 BS (4) 까지의 빈도수를 각각 실험적으로 구한 특정 가중치로 선형 결합하여 최종 객관적 화질 측정값으로 도출한다. 제안하는 방법에서 최종 측정값 (VQM)을 구하는 수식은 다음과 같다.

$$VQM = \alpha \times BS(0) + \beta \times BS(1) + \gamma \times BS(2) + \delta \times BS(3) + \epsilon \times BS(4) \quad (1)$$

수식 (1)에서 BS (0) 부터 BS (4)까지의 누적 빈도수 값 각각에 곱하는 가중치는 실험을 통해 구한 값이다. 가중치를 구하기 위한 실험은 그림 5와 같이 다수의 트레이닝 시퀀스 영상에 대해서 특정 프레임 단위로 각각의 경계 세기 값의 빈도수를 구한 값을 주관적 화질 측정 실험을 통해서 얻은 MOS 값 기준으로 선형회귀분석 처리된다.

가중치를 구하기 위해 사용된 MOS 값은 ITU-T BT.500-11 표준을 기준으로 표준 실험 영상에 대해 다수의 비전문가로 구성된 사람들을 대상으로 실험을 시행하여 구한 값이다. 가중치를 구하기 위해 사용된 경계 세기 값의 빈도수는 MOS 값을 얻기 위해 실험에 사용된 영상에 대해서 특정 프레임 단위로 얻은 것이다. MOS 값과 경계 세기 값의 빈도수의 선형회귀분석 결과로 전체 5개의 가중치를 얻는다. 이는 각각 BS (0) 부터 BS (4) 까지 값의 가중치가 된다.

표 2는 반복적인 실험을 통해 구한 제안하는 알고리즘의 가중치 값을 나타낸 것이다. 표 2에서 BS (4)의 누적 빈도수에 가장 큰 가중치 값이 적용됨을 확인할 수 있으며, BS (1)과 BS (2)와 같이 음의 가중치가 적

표 2. 가중치 값  
Table 2. Weighting factors.

메트릭 이름	Weight
$\alpha$	0.0016
$\beta$	-0.0009
$\gamma$	-0.0094
$\delta$	0.1583
$\epsilon$	-0.1825

용됨을 볼 수 있다.

수식 (1)을 통해 얻어진 VQM 값은 최종적으로 얻은 객관적 화질 측정값이 되며, 실험 영상에 대해 제안된 알고리즘을 적용하여 구한 객관적 화질 측정값은 주관적 화질 측정값과 비교했을 때 높은 유사도를 보인다. 또한, 제안한 알고리즘은 기존에 제안되었던, 블록화 현상을 메트릭으로 이용하여 얻은 객관적 화질 측정 결과 및 ITU-T 표준인 J.144의 ANNEX B 모델의 측정 결과 비교에서 모두, 보다 좋은 성능을 보인다<sup>[6,9]</sup>. 기존의 FR 방식의 화질 측정 방법보다 적은 영상 정보를 이용하여 더 낮은 연산 복잡도로 보다 향상된 성능을 보이며, 기존의 NR 방식의 화질 측정 방법보다 빠른 시간 안에 더 정밀한 측정 결과를 나타낸다.

## V. 실험 결과 및 토의

본 논문이 제안하는 화질 측정 방법의 실험 결과를 얻기 위해서, H.264/AVC 동영상 부호화기에 의해서 각 영상마다 다섯 등급의 비트율로 처리된 전체 65개의 QCIF 표준 영상을 실험하였으며, HVS기반 성능 평가를 위해서 다수의 실험 평가자로부터 얻은 주관적 화질 측정값인 MOS 값을 사용하였다. 실험 영상에 대한 MOS 값을 얻기 위해서 ITU-T BT.500-11 권고안에 따라 전체 30명의 실험자를 대상으로 총 270여개의 비디오에 대해 주관적 화질평가 실험을 하였다. 화질평가는 원본 영상과 열화된 영상을 무작위 순서로 보여주고, 각각의 영상에 대해 화질평가를 한 후, 두 화질평가 값의 차를 이용하여 주관적 화질측정 결과를 도출하는 DSCQS 방법을 이용하였다. 최종적으로 구한, 실험 영상에 대한 화질측정 결과인 MOS 값은 0부터 1사이의 값으로 정규화하였다. 여기서, MOS 값이 작을수록 영상에 대한 화질이 좋음을 의미하고 반대로 값이 클수록 화질이 나쁨을 의미한다.

제안한 화질 평가 방법의 성능 확인을 위해 기존에

표 3. 트레이닝 및 테스트 영상

Table 3. Test and training video sets.

Set type	Training set	Test set
Sequences	Akiyo Carphone Coast guard Deadline Hall monitor Highway Mother and daughter Paris Silent	Foreman News Stefan Table tennis
Codec	H.264/AVC	
Resolution	QCIF (176×144)	
Bitrate (kbps)	24, 32, 56, 64, 128	

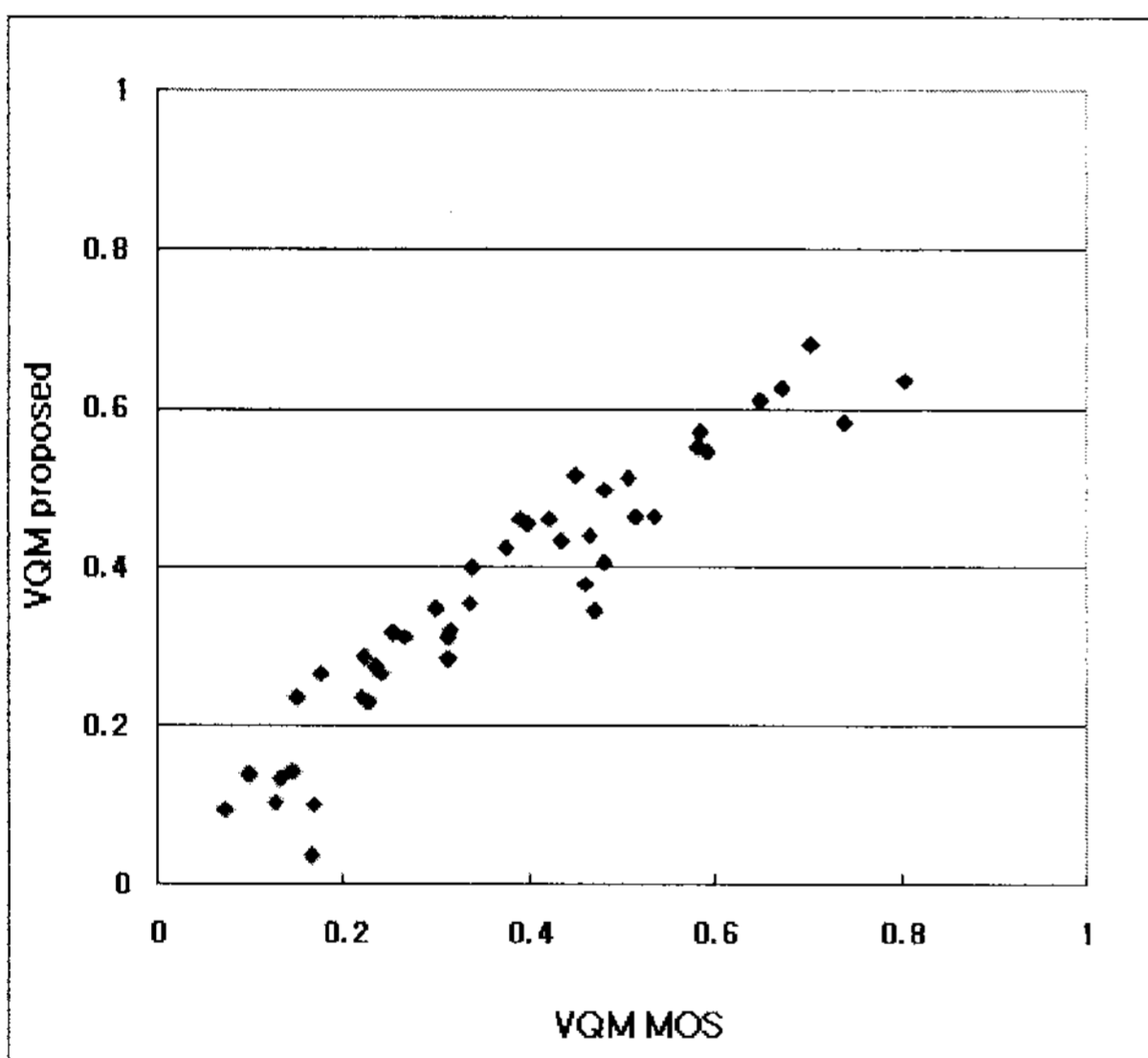


그림 6. 전체 트레이닝 영상에 대한 제안된 방법의 화질평가 대 MOS의 산점도

Fig. 6. Scatter diagram of MOS versus quality evaluation of the proposed method for total training video sets.

제안되었던 객관적 화질 측정 방법의 화질 측정결과와 주관적 화질 측정값인 MOS 값과의 차를 구하고 본 논문에서 제안한 방법의 화질 측정결과와 MOS 값과의 차를 구해서 어느 방법이 더 주관적 화질 측정값과 유사한지를 비교한다. 기존의 방법으로는 블록화 현상을 이용하여 화질을 평가하는 알고리즘과 J.144 표준의 ANNEX B 모델을 사용하였다<sup>[6,9]</sup>. 표 3은 실험에 사용된 트레이닝 및 테스트 영상에 대한 명세를 나타낸 것이다. 실험을 위해 사용된 코덱과 실험 영상 사이즈, 영상의 종류를 나타낸다. 영상 부호화 기술은 H.264/AVC

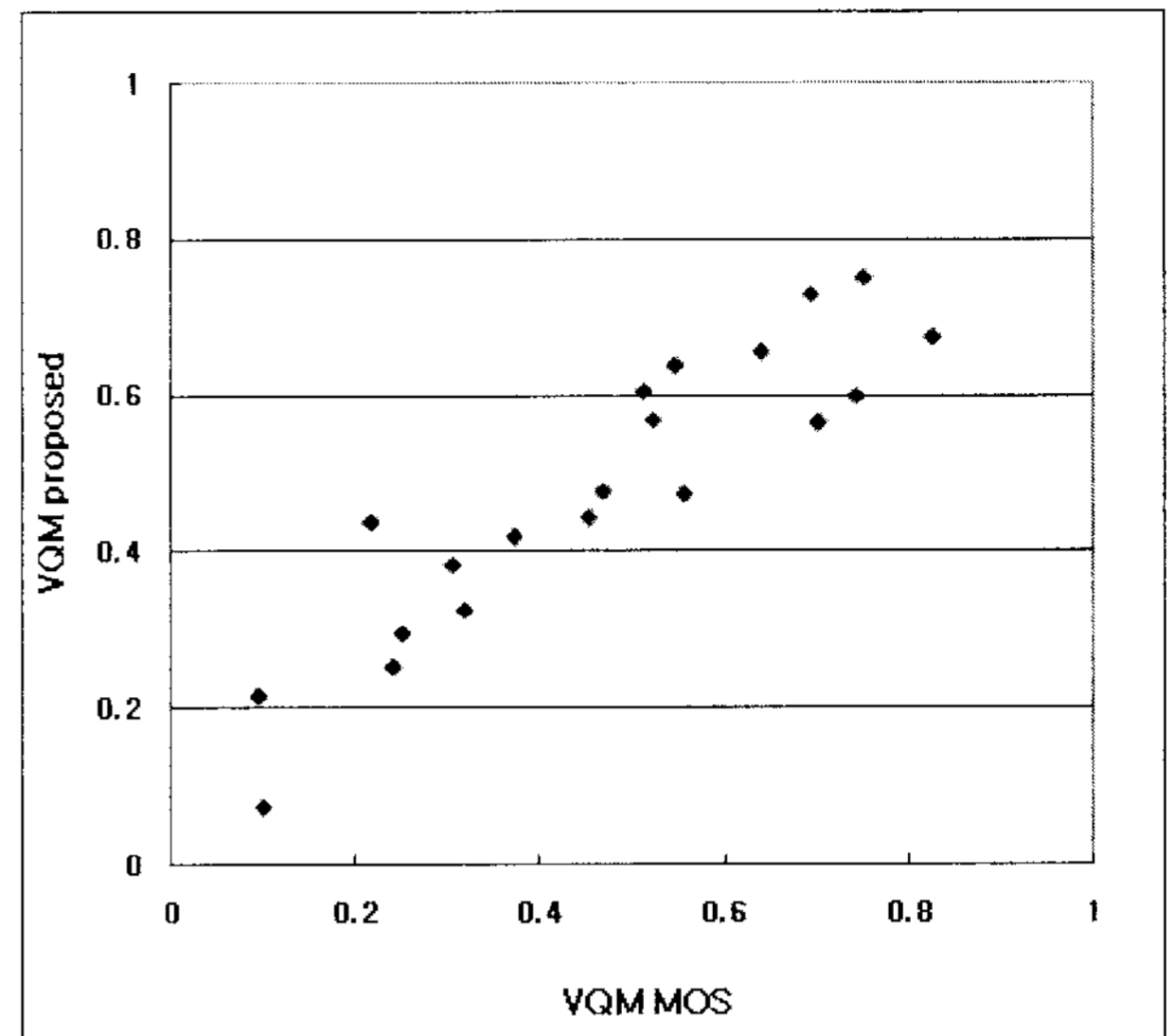


그림 7. 전체 테스트 영상에 대한 제안된 방법의 화질평가 대 MOS의 산점도

Fig. 7. Scatter diagram of MOS versus quality evaluation of the proposed method for total test video sets.

를 사용하였고, 실험 영상은 QCIF (176×144) 표준 영상을 사용하였다. 각각의 실험 영상은 비트율을 24 kbps부터 128 kbps 사이의 범위 안에서 5단계로 나누어 부호화하였다.

그림 6과 그림 7은 실험 영상 전체에 대해서 구한 MOS 값과 제안한 화질 측정 방법에 의해서 얻은 VQM 값과의 산점도를 나타낸 것이다.

그림 6은 트레이닝 영상 전체에 대한 산점도를 나타낸 것이고, 그림 7은 테스트 영상 전체에 대한 산점도를 나타낸 것이다. 가로축은 주관적 화질 측정을 통해 얻은 MOS 값이고, 세로축은 제안하는 방법으로 구한 VQM 값이다. 가로/세로축 모두 값이 1에 가까이 갈수록 영상의 화질이 좋지 않음을 의미하며, 반대로 0에 가까이 갈수록 영상의 화질이 좋음을 의미한다. 결과 그래프의 가장 이상적인 결과는 가로축 값에 대해 대응되는 세로축 값이 동일하게 나타날 때이다. 즉,  $y=x$  꼴의 1차 함수와 같은 형태의 분포를 나타낼 때 가장 이상적인 결과를 나타내게 된다. 그림 6을 보면 전체적인 분포도는 이상적인 결과와 유사한 분포를 나타내고 있다. 다만 몇 개의 값이 이상 범위를 벗어나고 있음을 확인할 수 있다. 그림 7역시 그림 6과 같이 전체적인 분포도는 이상적인 결과와 유사한 분포를 나타내고 있다.

그림 8과 그림 9의 그래프는 실험 영상에 대해서 주관적 화질 측정값과 제안하는 경계 세기를 이용한 화질 측정값 그리고 기존의 블록화 현상을 이용한 화질 측정

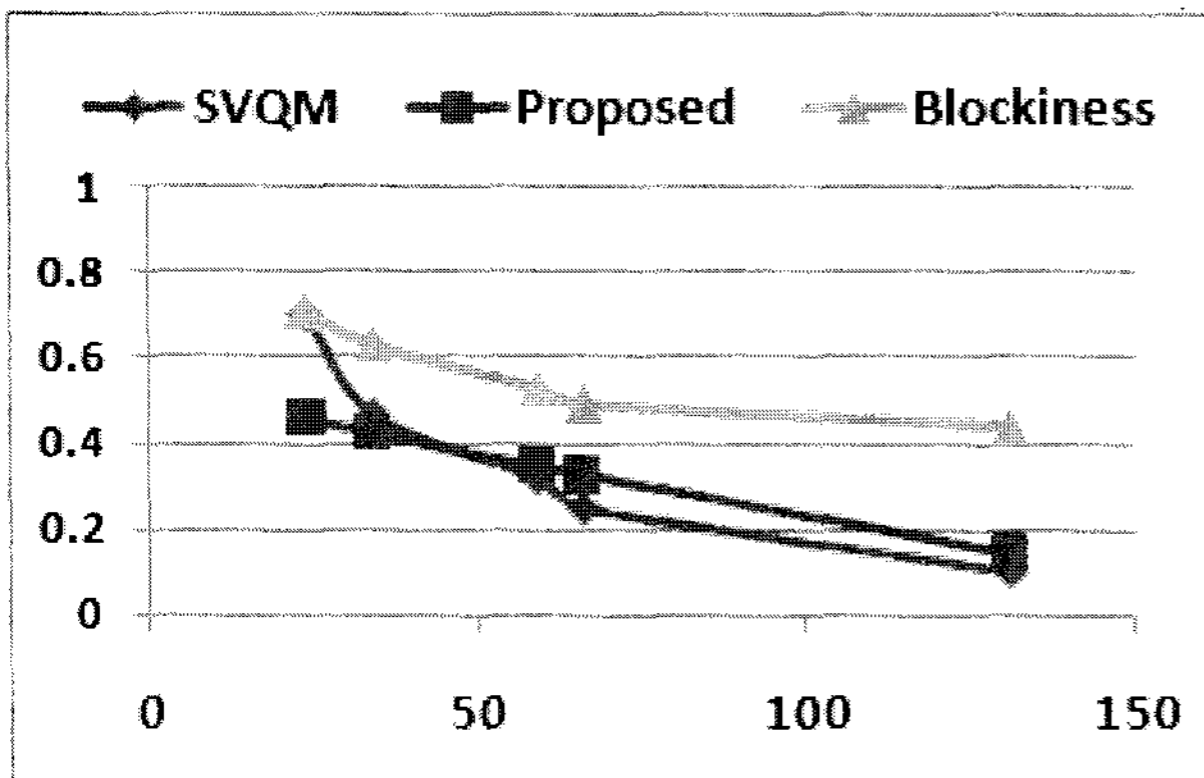


그림 8. News 영상에 대한 제안된 알고리즘과 기존의 blockiness 알고리즘의 화질평가 비교

Fig. 8. Quality evaluation comparison between proposed algorithm and conventional blockiness algorithm for News sequence.

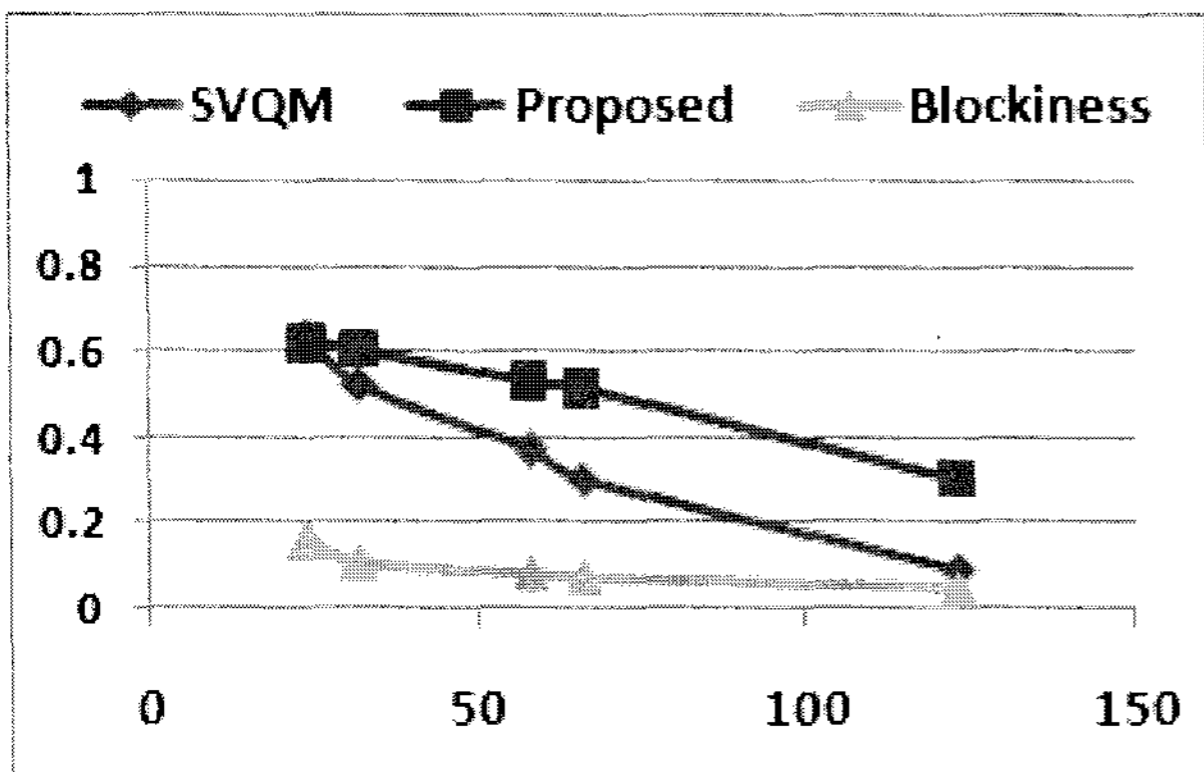


그림 9. Table tennis 영상에 대한 제안된 알고리즘과 기존의 blockiness 알고리즘의 화질평가 비교

Fig. 9. Quality evaluation comparison between proposed algorithm and conventional blockiness algorithm for Table tennis sequence.

값을 다른 비트율에서 비교하여 나타낸 것이고, 그림 10과 그림 11의 그래프는 기존의 알고리즘으로 EPSNR 을 사용한 결과이다. 그래프에서 가로축은 비트율을 나타내고, 세로축은 화질 측정 결과인 VQM을 의미한다. 실험에 적용된 비트율의 범위는 약 24 kbps에서 128 kbps까지이며, 0에 가까울수록 영상의 화질이 좋지 않음을 의미한다. 화질 측정 결과인 VQM 값의 범위는 0 부터 1까지이며, 0에 가까울수록 화질이 좋음을 의미한다. 그래프에서 각각의 곡선은 다음과 같이 구분한다. 'SVQM'는 사람이 직접 실험을 통하여 얻은 주관적 화질 측정값이고, 'EPSNR'은 J.144 표준의 ANNEX B 모델을 통해 얻은 객관적 화질 측정값이며<sup>[6]</sup>, 'Blockiness'는 기존의 블록화 현상을 이용한 알고리즘의 객관적 화질 측정값이다<sup>[9]</sup>. 마지막으로 'Proposed'는 본 논문에서 제안한 방법을 통해 구한 객관적 화질 측정값이다. 기

존의 알고리즘 'EPSNR'과 'Blockiness'의 결과 곡선과 'Proposed'의 화질측정 곡선 중 어느 것이 더 'SVQM'의 곡선과 유사한지를 비교하여 성능분석을 한다.

그림 8과 그림 9는 실험 영상에 대해 경계 세기를 이용한 알고리즘과 블록화 현상을 이용한 알고리즘의 화질 측정 결과를 비교한 그래프이다. 먼저, 그림 8을 보면 24 kbps 구간을 제외한 전체 비트율 구간에서 'Proposed' 곡선이 'Blockiness' 곡선보다 주관적 화질 측정 곡선에 더 가까움을 확인 할 수 있다. 또한, 전체적으로 제안된 방법의 결과 곡선은 전체 비트율 구간에서 주관적 화질 측정 결과와 거의 유사하게 나타난다. 그림 9에서는 기존의 방법과 제안된 방법과의 성능 차이를 확연하게 구분할 수 있다. 'Proposed' 곡선이 'Blockiness' 곡선보다 측정 결과 범위가 주관적 화질 결과 곡선에 대응해서 적절히 더 넓게 퍼져 있음을 알 수 있다.

다음으로 EPSNR과 제안된 방법의 성능 비교를 한 그림 10과 그림 11을 보면, 제안된 방법의 그래프 곡선이 기존 방법의 곡선보다 전체적으로 주관적 화질 측정 곡선과 유사하게 나타난다. 그림 10을 자세히 보면, 비트율 전체 구간에 걸쳐 'Proposed' 곡선의 모양이 'EPSNR'의 결과 곡선보다 주관적 화질 측정 곡선인 'SVQM'과 더 상관도가 높음을 확인할 수 있다. 그림 11도 유사한 결과가 나타남을 볼 수 있다.

그림 8부터 그림 11까지의 알고리즘의 화질평가 성능 비교 그래프에서 공통적으로, 제안된 방법의 결과가 주관적 화질 측정 결과와 비교했을 때 기존의 방법보다 더 탄력적으로 나타난다. 또한, 제안된 방법이 기존 방법과의 상대 정밀도 비교에서 보다 우수한 성능을 나타

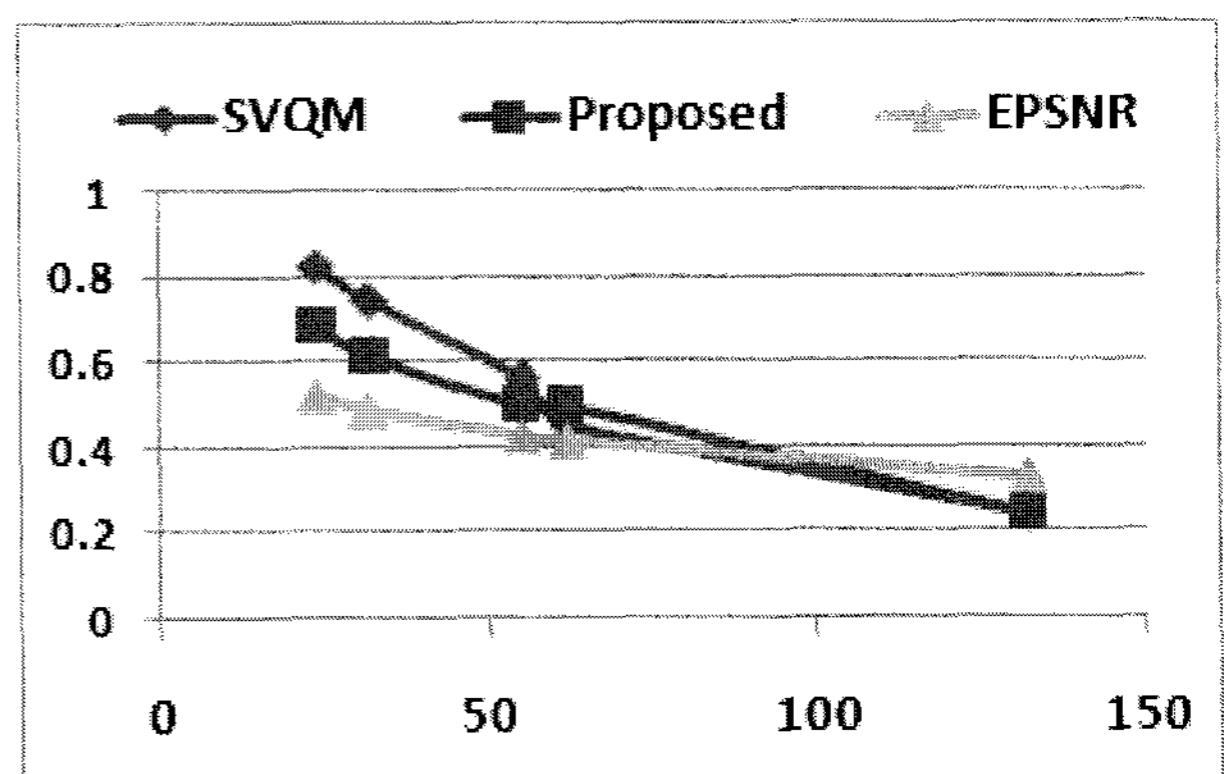


그림 10. Foreman 영상에 대한 제안된 알고리즘과 기존의 EPSNR 알고리즘의 화질평가 비교

Fig. 10. Quality evaluation comparison between proposed algorithm and conventional EPSNR algorithm for Foreman sequence.



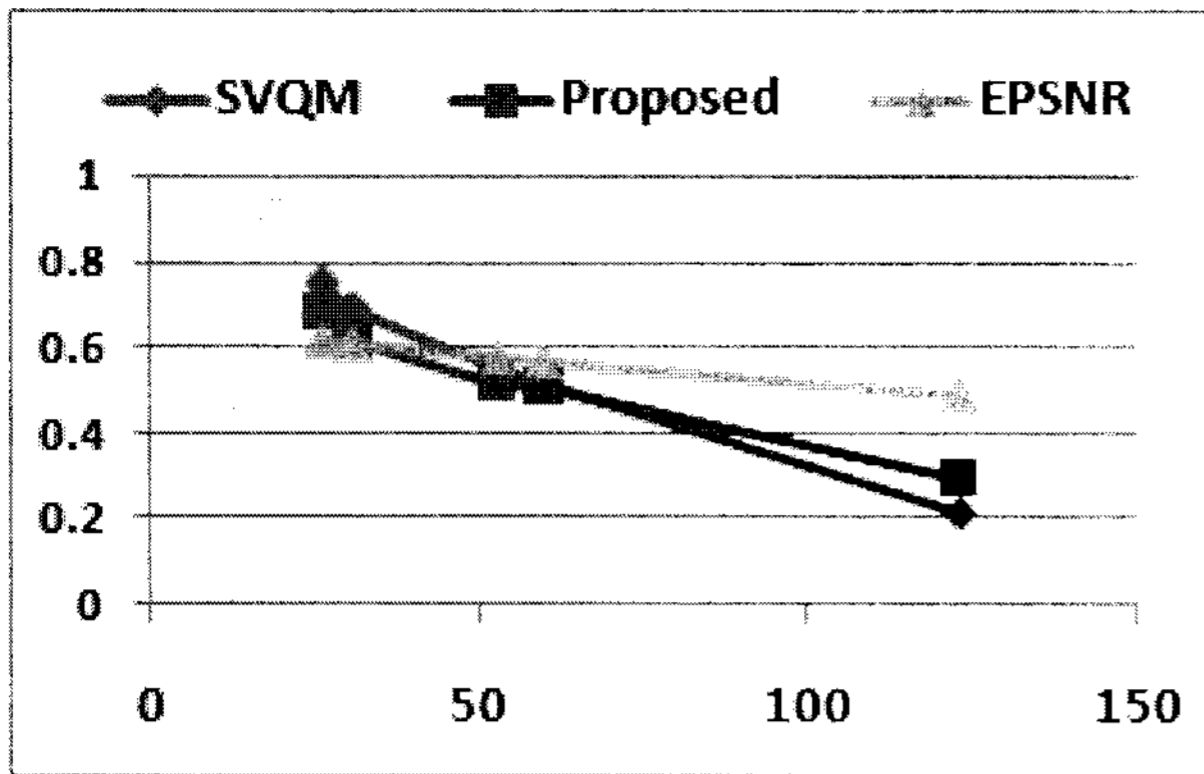


그림 11. Stefan 영상에 대한 제안된 알고리즘과 기존의 EPSNR 알고리즘의 화질평가 비교

Fig. 11. Quality evaluation comparison between proposed algorithm and conventional EPSNR algorithm for Stefan sequence.

표 4. 기존의 방법과 제안된 방법의 상대적 정밀도 비교

Table 4. Relative accuracy comparison of the blockiness method and proposed method.

Sequence type	Algorithm	SAE	Relative accuracy
Training set	Blockiness	10.6654	(6.1094)
	Proposed	4.5560	57.28%
	EPSNR	5.1013	(0.5454)
	Proposed	4.5560	10.69%
Test set	Blockiness	4.9843	(3.2408)
	Proposed	1.7435	65.02%
	EPSNR	2.5739	(0.8304)
	Proposed	1.7435	32.26%

념을 표 4에서 객관적인 수치로 확인할 수 있다.

표 4에서는 기존에 제안된 두 개의 화질 측정 알고리즘인 블록화 현상을 이용한 화질측정 방법과 J.144 표준의 ANNEX B 모델을 통해 구한 VQM 값과 본 논문에서 제안하는 방법을 이용해서 구한 VQM 값을 각각 ITU-T BT.500-11을 기준으로 시행하여 구한 MOS 값과 Sum of Absolute Error (SAE) 처리를 통해 알고리즘간의 상대 정밀도를 객관적으로 비교하고 있다.

$$SAE = \sum_{i=1}^N |O_i - P_i| \quad (2)$$

SAE는 수식 (2)와 같이 측정되며,  $O_i$ 는 주관적인

화질 측정을 통하여 구한 MOS 값이고  $P_i$ 는 기존에 제안되었던 방법과 본 논문에서 제안한 방법에 의해서 측정된 VQM 값이다. 여기서,  $i$ 는 영상 구분을 위한 인덱스이고  $N$ 은 전체 영상 수이다. SAE의 값이 작다는 것은 객관적 화질 측정 결과가 주관적 화질 측정 결과와 유사한 것이므로, 본 논문에서 제안된 알고리즘의 화질 측정 결과가 기존의 알고리즘들보다 주관적 화질 측정 결과와 유사함을 알 수 있다. 그리고 표에서는 SAE 결과를 이용하여 기존의 알고리즘에 대한 제안된 알고리즘의 상대적인 정밀도를 나타낸다.

먼저, 트레이닝 데이터에 대한 결과를 보면, 기존의 블록화 현상을 이용한 알고리즘과 비교에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘이 약 57% 정도, EPSNR과 비교에서는 약 10% 정도 정밀함을 각각 확인할 수 있다. 또한, 테스트 데이터에 대한 결과에서는 기존의 방법에 비해 제안된 방법이 각각 65%, 32% 만큼 더 정밀한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 즉, 제안된 비트스트림 기반의 객관적 화질 측정 알고리즘은 기존의 FR 방식의 화질 측정 방법보다 적은 영상 정보를 이용하여 더 낮은 연산 복잡도로 보다 향상된 성능을 보이며, 기존의 NR 방식의 화질 측정 방법보다 빠른 시간 안에 더 정밀한 측정 결과를 나타낸다.

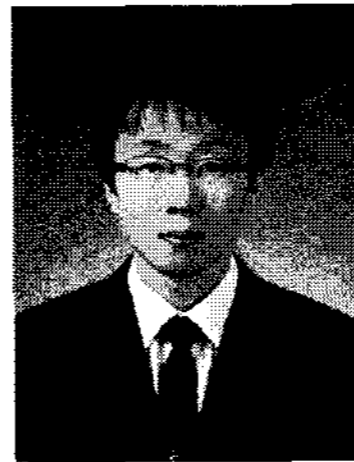
## VI. 결 론

본 논문에서는 QCIF 영상에 대한 객관적 화질 평가를 위해서 비트스트림으로부터 화질과 연관성이 높은 파라미터를 추출하여 매트릭으로 이용하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 최근 비디오 영상 압축에서 각광받고 있는 H.264/AVC 압축 기술을 바탕으로 디블록킹 필터에서의 경계 세기 값을 매트릭으로 이용하여 화질 평가에 적용하였다. 그리고 성능 검증을 위해 실험 영상에 대한 기존의 알고리즘과 새롭게 제안된 알고리즘의 객관적 화질측정 결과와 주관적 화질측정 결과를 비교하였다. 실험결과 분석을 통하여 새롭게 제안된 알고리즘이 기존의 두 가지 알고리즘보다 향상된 성능을 보이는 것을 확인하였다. 앞으로의 연구방향은 비트스트림 영역에서 움직임 벡터 혹은 비트율, 양자화 파라미터 등을 매트릭으로 추가하여, 제안한 알고리즘을 보다 정밀하게 만들고 다양한 영상에 적합한 성능을 나타내도록 보완하는 것이다.

## 참고 문헌

- [1] VQEG (Video Quality Expert Group), "Multimedia Group Test Plan," Draft Version 1.13, July. 2006.
- [2] 김현오, 이선오, 심동규, 남궁재찬, "디지털 비디오에 대한 객관적 화질 측정 방법에 대한 연구," 한국방송공학회 학술대회논문지, 1권, 3-6쪽, 2006년 11월
- [3] Iain E. G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression Video Coding for Next-generation Multimedia," Wiley, pp. 200-211, 2003.
- [4] ITU-R Recommendation BT.500-11, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," *International Telecommunication Union*, Geneva, Switzerland, an. 2002.
- [5] 이선오, 김현오, 심동규, "디지털 비디오에 대한 주관적 화질 측정과 분석," 19회 신호처리합동학술대회논문지, 1권, 215쪽, 2006년 9월
- [6] 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.
- [7] H. R. Sheikh, M. F. Sabir and A. C. Bovik, "A statistical evaluation of recent full reference image quality assessment algorithms," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 15, no. 11, pp. 3440-3451, Nov. 2006.
- [8] M. H. Prinson and S. Wolf, "A new standardized method for objectively measuring video quality," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 50, no. 3, pp. 312-322, Sept. 2004.
- [9] Z. Wang, A. C. Bovik and B. L. Evans, "Blind measurement of blocking artifacts in images," *International Conference on Image Processing*, vol. 3, Vencuver, Canada, pp. 10-13, Sept. 2000.
- [10] Z. Wang, H. R. Sheikh and A. C. Bovik, "No-reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images," *International Conference on Image Processing*, vol. 1, Rochester USA, pp. 22-25, Sept. 2002.
- [11] P. Marziliano, F. Dufaux, S. Winkler and T. Ebrahimi, "A no-reference perceptual blur metric," *International Conference on Image Processing*, vol. 3, Rochester, USA, pp. 24-28, June 2002.
- [12] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 560-576, July. 2003.
- [13] 이영렬, 김윤수, 박현옥, "저 전송률 동화상 압축에서 후처리 방법 및 후처리 방법의 주관적 객관적 평가," 한국통신학회논문지, 24권, 1518-1531쪽, 1999년 8월
- [14] D. S. Turaga, Y. Chen and J. Caviedes, "No reference PSNR estimation for compressed pictures", *Signal Process. Image communication*, vol. 19, no. 2, pp. 173-184, Feb. 2004.
- [15] Iain E.G. Richardson, "Video Codec Design", Wiley, pp. 195-209, 2003.
- [16] G. Raja and M. J. Mirza, "Performance comparison of advanced video coding H.264 standard with baseline H.263 and H.263+ standards," *IEEE International Symposium on Communications and Information Technology*, vol. 2, pp. 743-746, Oct. 2004.

## — 저자 소개 —



정 광 수(학생회원)

2008년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.

2008년~현재 광운대학교 컴퓨터  
공학과 석사과정.

<주관심분야 : 영상신호처리, 영  
상 압축, 영상 화질측정>



이 선 오(학생회원)

2007년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.

2007년~현재 광운대학교 컴퓨터  
공학과 석박통합과정.

<주관심분야 : 영상신호처리, 영상  
압축>



심 동 규(정회원)

1999년 서강대학교 전자공학과  
공학박사.

1999년~2000년 (주) 현재 전자.

2000년~2002년 (주) 바로 비전.

2002년~2005년 Univ. of

Washington

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)

<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비  
전>