

논문 2009-46SP-3-10

# 비디오 통신 시스템의 실시간 비디오 품질 측정 방법

## (Real-Time Video Quality Assessment of Video Communication Systems)

김 병 용\*, 이 선 오\*\*, 정 광 수\*\*, 심 동 규\*\*\*, 이 수 연\*\*\*

(Byoung-Yong Kim, Seon-Oh Lee, Kwang-Su Jung, Dong-Gyu Sim, and Soo-Youn Lee)

### 요 약

본 논문에서는 실시간 멀티미디어 스트림 서비스에서 발생하는 비디오 품질 저하 요인에 따른 비디오 품질 측정 방법을 제안한다. 비디오 품질 저하에는 대표적으로 비디오 압축과 네트워크의 상태에 의해 발생한다. 본 논문에서는 비디오 압축에 의하여 생기는 화질 저하를 측정하기 위하여 공간 도메인에서 블록킹 왜곡에 대한 정도를 측정하는 방법을 제안한다. 제안하는 블록 경계 강도는 8×8 블록 경계에서 픽셀 간의 변화와 경계를 제외한 주변영역에서 픽셀 사이의 변화에 대한 비율로 나타내었다. 반면, 움직임이 부자연스러운 동영상은 지터 및 지연 요소와 같은 네트워크 전송능력의 악화로 인해 비디오 품질 저하가 나타난다. 본 논문에서 제안하는 시간적 저키니스는 연속된 프레임의 대응되는 픽셀간의 밝기값 차이에 대한 평균과 현재 프레임과 이전 프레임의 재생시간 간격의 평균 및 분산을 이용하는 방법을 제안하였다. 또한, 본 논문에서는 비디오 압축에 의한 품질 측정 방법인 블록 경계 강도와 네트워크에 의한 품질 측정 방법인 시간적 저키니스를 통합하여 비디오의 종합적 품질을 평가하는 Perceptual Video Quality Metric (PVQM)을 제안한다. 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여, 사람이 직접 비디오 품질을 평가하는 Difference of Mean Opinion Score (DMOS)와 제안한 알고리즘을 비교 평가하였다. 그 결과 제안한 PVQM의 결과와 인간 시각에 의하여 평가된 DMOS가 근사함을 확인하였다.

### Abstract

This paper presents a video quality assessment method based on quality degradation factors of real-time multimedia streaming services. The video quality degradation is caused by video source compression and network states. In this paper, we propose a blocky metric on an image domain to measure quality degradation by video compression. In this paper, the proposed boundary strength index for the blocky metric is defined by ratio of the variation of two pixel values adjacent to 8×8 block boundary and the average variation at several pixels adjacent to the two boundary pixels. On the other hand, unnatural image movement caused by network performance deterioration such as jitter and delay factors can be observed. In this paper, a temporal-jerkiness measurement method is proposed by computing statistics of luminance differences between consecutive frames and play-time intervals between frames. The proposed final Perceptual Video Quality Metric (PVQM) is proposed by consolidating both blocking strength and temporal-jerkiness. To evaluate performance of the proposed algorithm, the accuracy of the proposed algorithm is compared with Difference of Mean Opinion Score (DMOS) based on human visual system.

**Keywords:** RTP/RTCP, Video communication, Video quality, Blocking artifact

### I. 서 론

인터넷은 1969년 미국 국방성에서 군사용으로 제작된 알파넷을 시작으로 급속도로 발전하였다. 최근에는 대역폭이 넓고 속도가 빠른 광대역-통합망 기술이 발전함으로써 새로운 멀티미디어 서비스에 대한 소비자의 욕

\* 정회원, LIG Nex1 항공연구센터

(LIG Nex1 Avionics R&amp;D Lab.)

\*\* 학생회원, \*\*\* 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과

(Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University)

※ 이 논문은 2008년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

접수일자: 2008년11월14일, 수정완료일: 2009년4월14일

구가 증가하고 있다. 이러한 소비자의 욕구를 충족시키기 위해 멀티미디어 콘텐츠 개발자나 서비스 제공자는 개발한 콘텐츠 및 멀티미디어 장치에 대한 성능을 평가하는 것이 필요하고, 네트워크상으로 멀티미디어 서비스를 하는 경우에는 비디오의 서비스 품질 보장을 위해 서비스 품질을 실시간으로 모니터링 하는 것이 필요하다. 새로운 멀티미디어 서비스에는 대표적으로 비디오 통신 시스템이 있다.

비디오 통신 시스템은 인터넷을 통하여 영상과 음성을 전송하기 때문에 네트워크의 Quality of Service (QoS)에 많은 영향을 받는다. 네트워크 QoS인 지연, 패킷 손실에 의해 비디오 통신 시스템은 패킷을 일정하게 수신할 수 없기 때문에 영상을 일정하게 재생하지 못함으로써 저키 왜곡이 발생한다. 또한, 비디오 통신 시스템은 네트워크 대역폭 제한으로 인해 원본 영상을 전송할 수가 없기 때문에 데이터를 압축하는 압축 기술이 필요하다. 그러나, 이러한 압축 기술은 영상의 중복성과 주파수 도메인에서 사람이 인지하지 못하는 고주파 성분의 일부를 제거하는 양자화 과정으로 인해 데이터를 효율적으로 줄이지만, 이 과정을 통해 비디오 품질의 저하가 발생한다. 비디오 압축 기술은 대표적으로 ISO의 표준인 MPEG과 ITU의 표준인 H.26x가 있다. ISO는 멀티미디어 어플리케이션에 주력하는 기관으로서 동영상 압축을 위해 MPEG 표준을 정의했다. MPEG 표준으로는 MPEG-1, MPEG-2, 그리고 MPEG-4 등이 있다<sup>[1~3]</sup>. ITU는 통신 어플리케이션에 주력하는 기관으로서 낮은 비트율을 가지는 화상전화를 위해 H.26x 표준을 개발했다. 이들의 표준으로는 H.261, H.262, H.263 등이 있다<sup>[4~6]</sup>. 현재 많이 사용하고 있는 것은 ISO의 MPEG-4와, ITU의 H.263이다. Joint Video Team (JVT) 처럼 경우에 따라서는 ISO와 ITU 표준화 기구들이 서로 협력하여 MPEG-4 part 10 H.264/AVC와 같이 표준 기술을 개발하기도 한다<sup>[7]</sup>. H.264/AVC는 MPEG-4와 H.263 표준안보다 우수하고 뛰어난 비디오 압축 성능을 위해 개발된 표준안이다. 이와 같이, 비디오 압축 기술에 따른 품질 저하는 크게 블록킹 왜곡과 블러링 왜곡을 들 수 있다<sup>[8~9]</sup>.

한편, 비디오 품질 저하 측정에 대한 연구는 1997년 이후에 Video Quality Experts Group (VQEG) 표준화 단체에서 본격적으로 시작되었다<sup>[10]</sup>. VQEG은 ITU-T와 ITU-R의 구성원들에 의해 운영된다. ITU-T의 구성원은 전화 혹은 인터넷망에 대한 표준 규격으로 P.910을

진행하였고<sup>[11]</sup>, ITU-R의 구성원은 방송 통신에 대한 표준 규격으로 BT-500을 진행하였다<sup>[12]</sup>. 비디오 품질 측정은 크게 주관적 측정과 객관적 측정으로 구분된다. 주관적 측정은 인간의 시각 시스템, 눈, 그리고 두뇌와 같은 요소들 사이의 복잡한 상호작용을 통해 사람이 주관적으로 느끼는 비디오 품질을 점수화한다. 비디오 품질에 대한 견해는 주위의 환경, 평가자의 마음상태, 그리고 시각적인 영상과의 상호교감 정도와 같은 요소들에 의해서도 영향을 받는다. 비디오 품질의 인지에 대한 다른 중요한 요소에는 시각적인 주의력과 최신효과가 있다. 따라서 이러한 다양한 요소들로 인해 주관적인 비디오 품질을 정확하고 수학적으로 측정하는데 어려움이 발생한다. 주관적 측정 방법에는 Double-stimulus Impairment Scale (DSIS), Single-stimulus (SS), Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE), Double-stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS), Absolute Category Rating (ACR), Degradation Category Rating (DCR), 그리고 Pair Comparison (PC) 등이 있다<sup>[11~12]</sup>. 그 중에서 가장 많이 사용하는 방법은 DSCQS이다.

제안하는 비디오 통신 시스템은 손상된 영상만을 이용하여 측정하는 no-reference (NR) 방법을 이용하여, 비디오 품질 저하 요인인 블록킹 왜곡과 저키 왜곡에 대한 정도를 측정하였다. 블록킹 왜곡을 이용한 비디오 품질 측정 방법은 블록킹 왜곡이 있는 영상에서 이전 픽셀과 현재 픽셀에 대한 차이의 절대 값을 취한 데이터에 대해서 Fast Fourier Transform (FFT)를 하였을 경우 주파수 도메인에서 주기적으로 피크가 발생하는 특징을 이용하여, 이 주기적인 피크에 대한 에너지의 합으로 블록킹 왜곡의 정도를 측정하는 방법이다. 이렇게 측정할 경우에 영상 도메인에서 주파수 도메인으로 변화하는 과정에서 필요한 계산량이 많아 실시간 비디오 품질 측정에 어려움이 있기 때문에, 제안하는 방법은 주파수 도메인으로 변화하지 않고 공간 도메인에서 화질을 측정한다. 즉, 공간 도메인에서 블록단위로 블록경계의 강도를 측정하여 블록킹 왜곡에 대한 정도를 파악한다. 저키 왜곡에 대한 주관적 비디오 품질에 대한 객관화 연구의 기존 방법은 디코더에서 모션벡터를 이용하여 움직임에 대한 변화량과 현재 프레임과 이전 프레임에 대한 재생 간격에 대한 차이로 저키 왜곡의 정도를 측정한다. 이렇게 측정할 경우, 사람의 눈은 순간적인 재생 간격의 차이에 대한 변화를 잘 인지하지 못하기

때문에 현재 영상과 이전 영상의 재생 시간 차이 값만으로는 정확하게 측정할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 제안하는 저키 왜곡 측정 방법은 재생되는 프레임 사이의 시간 간격의 평균과 재생되는 프레임 사이의 시간 간격의 분산을 이용하여 저키 왜곡의 정도를 파악한다. 최종적으로 본 연구에서는 위에서 제안한 알고리즘을 기반으로 블로킹 왜곡과 저키 왜곡을 통합적으로 측정함으로써 비디오 품질 측정을 위해 간단하면서도 효율적인 측정방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 비디오 통신 시스템에 대해 기술하고, 제 III장에서는 기존의 비디오 품질 측정 방법에 대하여 기술하고, 제IV장에서는 제안하는 비디오 품질 측정 방법에 대해서 기술한다. V장에서는 제안한 방법에 대한 실험 조건과 실험결과를 보이고, 마지막 VI장에서는 결론을 끝으로 논문을 마친다.

## II. 실시간 비디오 통신 시스템

본 장에서는 비디오 통신 시스템에서 가장 많이 사용되는 RTP/RTCP 기술과 이를 이용한 실시간 비디오 통신 시스템을 소개한다.

### 1. RTP/RTCP

일반적으로 비디오 통신 시스템에서는 실시간 데이터 전송을 위해 User Datagram Protocol (UDP) 기반의 Real-time Transport Protocol (RTP)와 Real-time Transport Control Protocol (RTCP)을 사용한다<sup>[13~15]</sup>. 그림 1은 RTP 패킷의 구조를 보여준다.

RTP 패킷은 미디어 데이터와 미디어의 기본적인 정

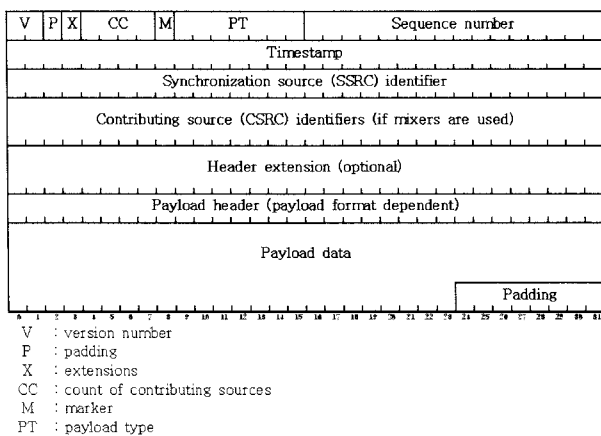


그림 1. RTP 패킷 구조  
Fig. 1. Structure of RTP packet.

보를 포함한다. RTP 패킷은 대표적으로 마커비트, 시퀀스 넘버, 그리고 RTP 타임스탬프로 구성되어있다. 비디오 스트림에서 마커 비트는 분할된 영상의 마지막 패킷에 표시된다. 비디오 스트림에서 마커비트가 1이라는 것은 한 영상을 다 전송하였으니 다른 패킷을 계속 기다리지 않고 한 영상을 디코딩하여도 된다는 것을 의미한다. 오디오에서 마커 비트는 오디오의 침묵기간이 끝난 후 다음에 전송되는 패킷에 표시된다. 다시 말해서, 오디오 스트림을 전송할 때 전송될 패킷의 마커비트가 1이라는 것은 데이터가 전송되지 않는 침묵기간 후에 전송된 첫 번째 패킷을 의미한다. 시퀀스 넘버는 패킷이 손실되거나 순서에 어긋나게 전송된 경우 수신자에게 데이터의 순서를 알려주기 위해 사용된다. 이는 16비트 양의 정수 값이고 한 패킷이 전송된 후 다음 패킷의 시퀀스 넘버는 이전 패킷의 시퀀스 넘버보다 하나 증가한 숫자를 갖게 된다. 또한, 시퀀스 넘버의 초기값은 임의적으로 선택될 수 있지만, 이 값이 시퀀스 넘버의 최댓값에 도달하면 시퀀스 넘버는 다시 영으로 돌아간다. 이와 같은, 랩 어라운드 는 자주 발생하기 때문에 어플리케이션에서는 이를 고려하여 패킷 수신을 해야 한다. RTP 타임스탬프는 패킷 내에서 미디어 데이터의 첫 번째 옥텟을 위한 샘플링 순간을 나타내고 이는 미디어 데이터의 재생과 관련된 스케줄링을 하는데 사용된다. 32비트 양의 정수 값인 RTP 타임스탬프는 미디어의 샘플링 비율에 따라 그 값이 증가한다. 즉, 시퀀스 넘버처럼 단계적으로 1씩 증가하는 것이 아니라 데이터의 전송률과 관련되어 증가하게 된다. 이 때 RTP 타임스탬프의 값은 연속적인 시퀀스의 형태여야만 한다. 그러나 최댓값에 도달하면 RTP 타임스탬프의 값은 다시 0으로 설정된다. 랩 어라운드의 초기값 설정은 시퀀스 넘버와

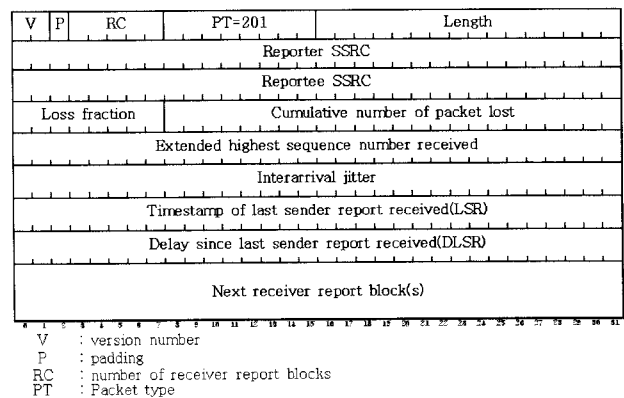


그림 2. RTCP RR 패킷 구조  
Fig. 2. Structure of RTCP RR packet.

마찬가지로 이루어진다. RTP 타임스탬프의 랩 어라운드(RTP 동작의 일반적인 부분으로써 모든 어플리케이션에 의해 다루어져야 한다.

RTCP 패킷은 RTP 전송에 참여하는 프로그램들 간에 분실된 패킷 수, 지터 간격, 패킷과의 지연시간 등의 정보를 교환함으로써, 해당 응용 프로그램의 적합한 서비스 품질을 평가하고, 적응적인 인코딩을 제공하도록 해준다. 즉, RTCP는 RTP를 제어하기 위해서 사용되는 프로토콜로서, Receiver Report (RR), Sender Report (SR), Source Description message (SDS), Application specific RTCP (APP), 그리고 BYE message (BYE) 이렇게 5가지 종류의 패킷으로 구성되어 있다. RR 패킷은 송수신에 대한 통계 정보를 송신자에게 알려주기 위해서 전송되는 패킷이다. 그림 2는 RR 패킷의 구조를 보여준다.

RR 패킷의 구조에서는 SSRC\_n, 손실 비율, 손실된 전체 패킷 개수, 확장된 시퀀스 넘버, 지터, LSR, DLSR, 그리고 다음 수신 보고 블록이 있다. SSRC\_n은 32비트 필드로 RTCP 패킷에 포함된 각 수신자 리포트 블록의 동기화 소스 식별자를 나타낸다. 손실 비율은 이전의 SR이나 RR 패킷이 전송된 이후 SSRC\_n으로부터 손실된 RTP 데이터 패킷의 비율을 나타낸다. 손실된 전체 패킷 개수는 SSRC\_n으로부터 패킷을 받기 시작한 이후 손실된 RTP 패킷의 총수를 나타낸다. 확장된 시퀀스 넘버는 시퀀스 넘버가 32비트 필드로, 상위 16비트는 랩 어라운드수가 발생한 수를 나타내고, 하위 16비트는 SSRC\_n로부터 수신된 RTP 데이터 패킷의 가장 큰 시퀀스 넘버를 나타낸다. 지터는 패킷 도착 간격의 변화를 나타내는 값으로 이 값이 작을수록 패킷의 도착속도가 일정한 것이고, 반대로 값이 클수록 패킷의 도착 속도가 불규칙한 것이다. LSR은 최근에 도착한 SR 패킷의 64비트 NTP 타임스탬프의 중앙 부분 32비트를 나타낸다. 만일 SR을 아직 받지 않은 상태라면 이 값은 0으로 설정된다. DLSR는 SSRC\_n으로부터 가장 최근에 받은 SR 패킷과 RR 패킷이 전송되기까지의 지연시간을 1/65536의 단위로 나타낸다. LSR와 DLSR은 라운드-트립 시간을 계산하는데 사용된다. 다음 수신 보고 블록은 RTCP 헤더 바로 뒤에 추가되고, 수신자 리포트 패킷과 동일한 블록 구조를 갖는다. SR 패킷은 송수신에 대한 통계 정보를 수신자에게 알려주기 위한 패킷으로 그림 3은 SR 패킷의 구조를 보여준다.

RR 패킷과 SR 패킷의 차이점은 SR 패킷만이 20바이

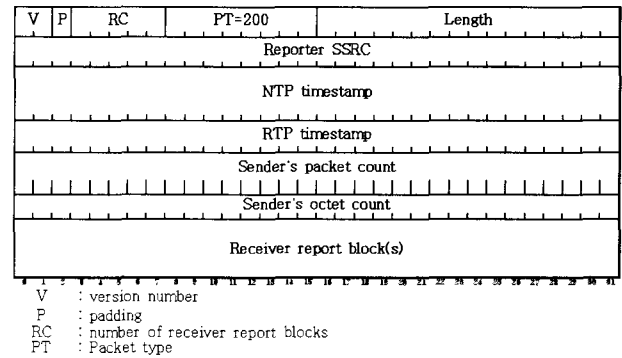


그림 3. RTCP SR 패킷 구조

Fig. 3. Structure of RTCP SR packet.

트의 송신자 정보 섹션을 가진다는 점이다. 이는 데이터를 전송하는 경우에 사용되며, 자신이 보낸 데이터에 대한 정보를 포함한다. NTP 타임스탬프는 64비트의 필드로 SR이 보내질 때의 실제 시간을 나타내고, 1900년 1월 1일 (GMT)을 기준으로 한다. RTP 타임스탬프는 32비트의 필드로 NTP 타임스탬프에 대응하지만, RTP 미디어 시간의 단위로 표현된다. 이 값은 RTP 타임스탬프 계수의 실제 시간 간의 관계를 이용해서 해당 NTP 타임스탬프로부터 계산된다.

송신자 패킷의 수는 송신단에 의하여 전송이 시작된 이후부터 이 SR 패킷이 생성될 때까지 전송된 RTP 패킷의 총수를 나타낸다. 만약 SSRC가 변경되면 이 값은 0으로 설정된다. 송신자 패킷의 바이트는 송신자 패킷의 수와 같지만 여기에는 헤더와 패딩 바이트를 포함하지 않은 실제 보내진 정보의 총 바이트 수이다. 수신 보고 블록은 RTCP 헤더 바로 뒤에 추가되고 수신자 리포트 패킷과 동일한 블록 구조를 갖는다.

## 2. 실시간 비디오 통신 시스템

본 논문에서 제안하는 알고리즘을 검증하기 위해 실시간 비디오 통신 시스템을 제안하였다<sup>[16]</sup>. 그림 4는 실시간 비디오 통신 시스템의 블록 다이어그램을 나타낸다.

실시간 비디오 통신 시스템은 크게 송신부와 수신부로 구분한다. 송신부에서는 전처리, 인코딩, 그리고 패킷화 과정으로 구성된다. 전처리 과정은 초당 30 프레임의 Common Image Format (CIF) 크기인 RGB 데이터를 YUV (4:2:0) 형식의 데이터로 변환한다. 그리고 각각의 캡처된 영상은 캡처된 시간을 알 수 있도록 RTP 타임스탬프를 저장한다. 영상 부호화를 위해 MPEG-4 표준 인코더를 사용하였다. MPEG-4를 사용한 이유는 연산

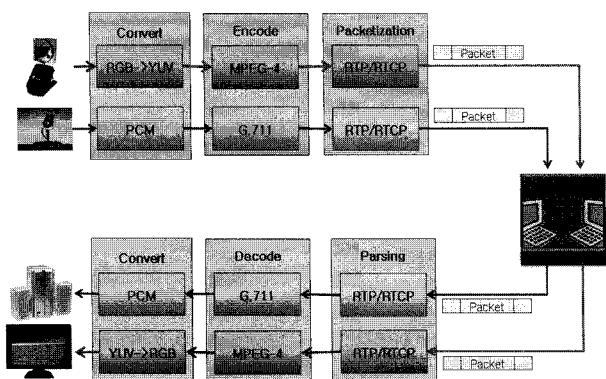


그림 4. 실시간 비디오 통신 시스템의 블록 다이어그램  
Fig. 4. Block-diagram of real-time video communication.

속도 대비 성능이 다른 비디오 압축에 비해 효율적이기 때문이다. 패킷화 과정은 인코딩된 비트스트림에 RTP 헤더를 추가함으로써 수행된다. RTP 패킷으로 생성된 데이터는 UDP 소켓을 통하여 상대 단말기로 전송된다.

수신부는 패킷 분석, 디코딩, 후처리 과정으로 구성된다. 패킷 분석 단계에서는 송신부에서 전송된 RTP 패킷을 RTP 헤더와 비트스트림으로 분리하고 디코딩 단계에서는 MPEG-4 디코더를 이용하여 전송된 비트스트림을 YUV 영상으로 복원한다. 후처리 단계에서는 복원된 YUV 영상을 화면에 재생 할 수 있도록 RGB 데이터로 변환한다. 전처리와 후처리 과정에서는 연산 복잡도 감소를 위해 고정 소수점 연산을 사용하였다.

### III. 기존의 비디오 품질 측정 방법

본 장에서는 비디오 품질 저하 요인과 기존의 비디오 품질 측정 방법에 대하여 기술한다. 3.1절에서는 비디오 품질 저하 요인에 대해 기술하고, 3.2절에서는 기존의 비디오 압축에 의한 비디오 품질 측정 방법에 대해 기술한다. 마지막으로 3.3절에서는 기존의 네트워크에 의한 비디오 품질 측정 방법에 대해 기술한다.

#### 1. 비디오 품질 저하 요인

실시간 비디오 통신 시스템에서는 대역폭의 제한으로 인해 압축되지 않은 원본 영상 데이터를 전송하는데 어려움이 있기 때문에 데이터의 양을 줄이는 비디오 압축 기술이 필요하다. 압축된 데이터는 네트워크를 통하여 상대 단말기로 전송이 된다. 따라서 비디오 품질이 저하 되는 요인은 크게 비디오 압축에 의한 품질 저하와 네트워크에 의한 품질 저하로 크게 구분할 수 있다. 비디오

압축에 의한 품질 저하는 대표적으로 블로킹과 블러링 왜곡이 있다. 블로킹 왜곡은 블록 기반 이산 코사인 변환 후 적용되는 양자화 과정으로 인해 규칙적으로 블록 패턴이 보이는 것으로 MPGE-4와 H.263에 많이 발생한다. 블러링 왜곡은 비디오 영상의 고주파 성분 손실 및 디블로킹 필터에 의해 영상이 희미하게 보이는 것으로 H.264/AVC에 많이 발생한다. 네트워크에 의한 품질 저하 요인으로는 저지 왜곡이 있다. 저지 왜곡은 패킷 손실과 지연 그리고 지연 등과 같이 네트워크 환경에 의해 비디오의 멈춘 화면이 지속됨으로써 영상의 동작이 부자연스럽게 재생되는 것을 의미한다.

#### 2. 비디오 압축에 의한 품질 저하 측정 방법

압축에 의한 비디오 품질 저하를 측정하는 기존의 방법에는 대표적으로 블로킹 왜곡에 대한 정도를 측정하는 블러키니스가 있다<sup>[17]</sup>. 블로킹 왜곡이 있는 영상에 대해 FFT를 수행하면, 그림 5와 같이 주파수 도메인에서 일정한 주기로 피크가 나타난다. 블러키니스 방법은 주기적인 피크 값에 대한 에너지의 합을 계산함으로써 블로킹 왜곡의 정도를 측정하고 영상의 비디오 품질을

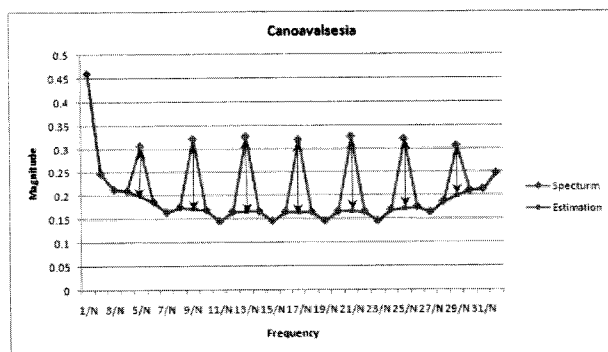


그림 5. 블로킹 왜곡이 있는 손상된 영상의 파워 스펙트럼

Fig. 5. Power spectrum of degraded image with blocky artifact.

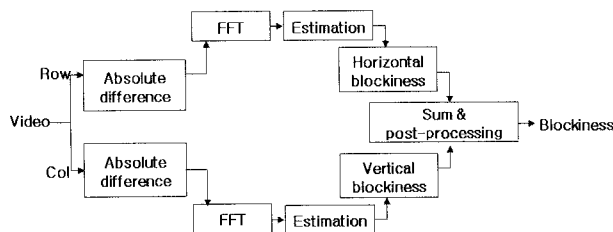


그림 6. 블로킹 왜곡 측정을 위한 기존 알고리즘의 블록 다이어그램

Fig. 6. Block diagram of the conventional algorithm for blocky artifact measurement.

결정한다.

블러키니스 방법의 블록 다이어그램은 그림 6과 같으며, 절대적 차이, 주파수 도메인 변환, 원본 영상의 주파수 특성 예측, 특정 주파수에 대한 에너지의 합, 후처리로 구성되어있다.

절대적 차이는 복원된 영상에 대해 수직/수평 방향으로 1차 미분을 수행하고 절대 값을 취한다. 영상의 고주파 영역을 검출하기 위한 1차 미분방법은 식 (1)과 식 (2)와 같다.

$$f_{ADV}(i,j) = |f(i,j+1) - f(i,j)| \quad (1)$$

$$f_{ADH}(i,j) = |f(i+1,j) - f(i,j)| \quad (2)$$

$f(i,j)$ 는 원본 영상의  $i, j$  좌표에서의 밝기 값을 나타내며,  $f_{ADV}(i,j)$ 와  $f_{ADH}(i,j)$ 는 각각 수직, 수평방향으로 1차 미분의 절대 값을 취한 결과이다. 이것은 영상의 평탄한 부분을 0에 가까운 값으로 만들고 영상의 고유한 에지를 구하며, 규칙적으로 나타나는 블록 경계를 구분할 수 있도록 한다. 1차 미분을 수행함으로써 원본 영상에는 없던 주기적인 블록 현상이 나타나게 되고, 절대 값을 취해 그 강도를 측정한다. 1차 미분한 결과는 이산 푸리에 변환 (DFT : Discrete Fourier Transform)을 사용하여 주파수 도메인으로 변환한다. 주파수로 변환하는 과정은 계산량을 고려하여 DFT 대신 FFT를 사용한다. 블록 열화 현상이 있는 영상의 주파수 특성 결과에 중간 값 필터를 적용하여 주기적인 임펄스 신호만을 제거하여 원본 영상의 주파수 특성을 예측할 수 있다. 블록 열화 현상에 의한 임펄스 신호가 발생하는 주기를 알 수 있기 때문에 해당 위치 전후의 값에 대한 선형 보간법을 적용하였다. 식 (3)을 이용하여 주파수 도메인에서 선형 보간법을 수행하였다.

$$F(u)_{interpolation} = F(u+1) + F(u-1)/2 \quad (3)$$

예측의 결과는 원본 영상의 주파수 특성에 대한 예측 값이다. 식 (4)는 임펄스가 나타나는 위치에서 예측을 수행한 결과와의 차를 전부 합함으로써 한 영상에 대한 블록 열화 현상의 강도를 구할 수 있다.

$$Blockiness = \sum_{u=1}^{4n} (F(u) - F_{interpolation}(u)) \quad (4)$$

후처리 과정은 주관적 비디오 품질 측정값과 비교하기 위하여 블러키니스 값의 스케일을 정규화하는 과정

으로, 이는 DSCQS 방식의 주관적 비디오 품질 측정값과의 비교를 위해 필요하다. 이 과정은 식 (5)로 정의할 수 있는데,  $\alpha, \beta$  값은 영상의 크기별 가중치 값으로 실험을 통하여 크기별 가중치를 구하였으며, 기존의 방법에서는  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 0.9336과 0.0612로 설정한다.

$$VQM_{Blockiness} = \alpha \times Blockiness + \beta \quad (5)$$

블러키니스 방법의 문제점은 블록킹 왜곡의 정도를 복원된 영상을 주파수 도메인으로 변환한 후에 측정하기 때문에 연산 속도가 많이 필요하다. 따라서 실시간 비디오 품질 측정에는 부적절하기 때문에 실시간으로 측정할 수 있는 효율적이면서 간단한 측정 방법이 필요하다.

### 3. 네트워크에 의한 품질 저하 측정 방법

네트워크에 의한 기존의 품질 저하 측정 방법에는 대표적으로 저키니스가 있다<sup>[18]</sup>. 기존의 저키니스 방법의 특징은 저키 왜곡이 발생하였을 경우에 영상에서 움직임 정도에 따라 사람이 느끼는 비디오 품질이 다르다는 점이다. 즉, 디코더에서 모션벡터를 추출하여 움직임의 변화량을 파악하고, 현재 영상의 재생시간과 이전 영상의 재생시간의 차이로 저키 왜곡의 정도를 측정한다. 기존의 저키니스 방법은 프레임 울과 장면에 대한 움직임 정도에 따라 저키 왜곡 정도가 다르다는 특징을 이용한다. 장면에 대한 움직임 정도는 식 (6)으로 정의한다. 즉  $n$ 번째 영상에 대한 움직임 정도를 파악한다.

$$MA_n^l = \frac{1}{N_I + N_{nz}} \left( \sum_{i=1}^{N_{nz}} (mvx_i + mvy_i) + N_I \cdot P_I \right) \quad (6)$$

여기서,  $N_I$ 와  $N_{nz}$ 는 인트라 매크로 블록의 개수와 모

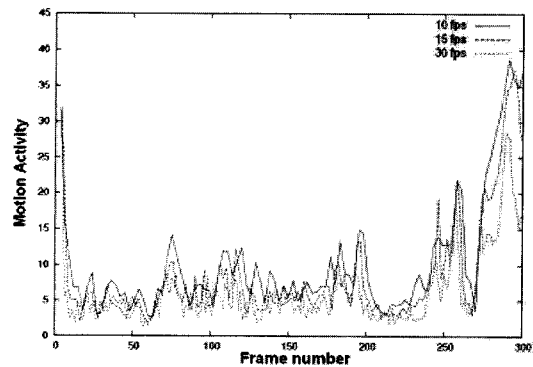


그림 7. 프레임 울의 변화에 따른 움직임 정도  
Fig. 7. Motion activity in terms of frame rate.

선벡터가 있는 매크로 블록의 개수이다.  $P_I$ 는 인트라 매크로 블록을 위한 가중치 값이다. 여기서 가중치 값은 32로 설정하였다. 32는 16×16 모션 검색 범위이다.  $mvx_i$  와  $mv_y_i$  는  $i$  번째의 수평방향과 수직방향의 모션 벡터이다. 그림 7은 Foreman 영상에 대해 10, 15, 30 프레임 울의 변화에 따른 움직임 정도를 나타낸다.

그림 7의 그래프를 통해, 프레임 울이 작을수록 영상의 움직임 정도가 많이 발생함을 알 수 있다. 그리고 이것은 저키니스에 영향을 받는다. 따라서 저키니스는 영상의 움직임 정도가 반영되도록 식 (7)과 같이 정의하였다.

$$J_n = k \cdot MA_n^l(t_n - t_{n-1}) \quad (7)$$

여기서,  $t_n$  과  $t_{n-1}$ 은 현재 영상의 재생 시간과 이전 영상의 재생 시간이다.  $k$ 는 상수 값이다.

저키 왜곡 정도를 측정하는 기존의 방법에서는 사람이 1초에 30 프레임의 영상을 보고 비디오 품질을 평가함으로써 순간적인 재생간격의 차이에 대한 변화를 인지하지 못한다. 따라서 현재 영상과 이전 영상의 재생 시간의 차이 값만을 이용하는 것은 저키 왜곡 정도를 측정하는데 부적절하다. 이런 문제점을 해결을 위해서는 일정한 단위로 저키 왜곡 정도를 측정하는 측정방법이 필요하다.

#### IV. 제안하는 비디오 품질 측정 방법

본 장에서는 기존의 비디오 품질 측정 방법에 대한 문제점을 해결하는 비디오 품질 측정 방법에 대해 기술한다. IV장 1절에서는 제안하는 비디오 압축에 의한 비디오 품질 측정 방법에 대해 기술하고, IV장 2절에서는 제안하는 네트워크에 의한 비디오 품질 측정 방법에 대해 기술한다. 그리고 마지막으로 IV장 3절에서는 통합적으로 비디오 압축과 네트워크에 의한 비디오 품질 측정 방법에 대해 기술한다.

##### 1. 제안하는 비디오 압축에 의한 품질 저하 측정 방법

일반적인 비디오 코딩 방법에서는 영상을 일정한 크기의 블록단위로 나눈 후에 블록단위로 압축을 수행하게 된다. MPEG-4의 경우, 기본 처리블록은 16×16 매크로 블록이지만, 이산 코사인 변환 및 양자화 과정은 8×8 블록 단위로 이루어지게 된다. 이로 인해 압축영상을 복

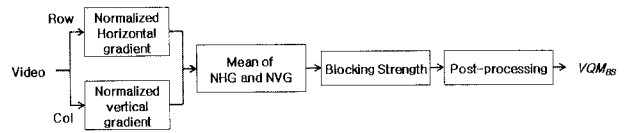


그림 8. 제안하는 경계 강도 측정방법의 블록 다이어그램

Fig. 8. Block diagram of the proposed blocking strength measurement.

원하게 되면 8×8 블록 단위로 경계가 보이게 되는데, 이렇게 블록 경계에서 나타나는 현상을 블록킹 왜곡이라고 하며, 이러한 현상은 압축의 정도를 강하게 할수록 심하게 나타난다. 따라서 블록킹 왜곡의 정도를 통해 압축에 의한 비디오의 품질을 측정할 수가 있다. 경계 강도는 이러한 블록킹 왜곡의 정도를 나타내는 것으로, 이 값이 크면 클수록 복원 영상에서 블록킹 왜곡이 강하게 존재하는 것이기 때문에 영상 압축에 의한 품질저하가 크다고 할 수 있다. 본 논문에서는 실시간 비디오 통신 환경에서 간단하면서도 효율적인 방법을 통해 경계 강도 값을 계산하고, 이를 통해 비디오 압축에 의한 품질저하 정도를 측정하는 방법을 제안하고자 한다.

기존의 주파수 도메인기반 경계 강도 측정 방법은 FFT를 통해 영상을 주파수 도메인으로 변환한 후에 경계 강도를 측정하였다. 이 방법은 블록킹 왜곡이 주파수 도메인에서 일정한 주기를 가지고 나타난다는 특징을 통해 경계 강도 값의 측정을 정확하게 할 수 있는 장점을 가지지만, 계산량이 많다는 단점을 가진다. 연산복잡도가 높은 알고리즘은 실시간 비디오 통신 환경에서 실시간 비디오 품질의 측정에 적합하지 않기 때문에 본 논문에서는 주파수 도메인 변환 과정 없이 공간 도메인에서 간단하고 효율적으로 경계 강도를 측정하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 8×8 블록 단위의 경계에 대한 픽셀 사이의 변화와 경계를 제외한 주변영역에 대한 픽셀 사이의 변화에 대한 비율로 블록킹 왜곡의 정도를 파악한다. 블록킹 왜곡의 정도를 파악하는 방법은 주파수 도메인으로의 변환 없이 공간 영역의 특징을 이용하기 때문에 간단하면서도 효율적으로 비디오 압축에 의한 품질 저하를 측정할 수 있다. 그림 8은 본 논문에서 제안하는 공간 도메인기반 경계 강도 측정 방법에 대한 블록 다이어그램으로, 측정 과정은 normalized horizontal gradient, normalized vertical gradient, 경계 강도, 후처리의 순서로 이루어진다. 블록킹 왜곡은 영상의 픽셀 값이 압축과정에서 변화되어 주변의 픽셀 값과

의 차이가 커지고, 그 결과 픽셀 값의 변화가 자연스럽게 못하게 되어 나타나는 현상이다. MPEG-4를 통해 압축된 영상에서 블록킹 왜곡은 8×8 블록의 경계에서 나타나게 된다. 따라서 수평방향과 수직방향으로 경계 영역에 대한 픽셀 사이의 변화와 경계영역을 제외한 주변영역에 대한 픽셀 사이의 변화의 평균과의 비율로 블록킹 왜곡에 대한 정도를 측정한다.

Normalized horizontal gradient와 normalized vertical gradient는 식 (8)과 식 (9)로 정의한다.

$$D_{H, norm}(i, j) = \sum_{l=0}^8 \left( \frac{|I(i+l, j-1) - I(i+l, j)|}{\frac{1}{2N} \sum_{n=-N, \dots, N, n \neq 0} |I(i+l, j+n) - I(i+l, j+n-1)|} \right) \quad (8)$$

$$D_{V, norm}(i, j) = \sum_{l=0}^8 \left( \frac{|I(i-1, j+l) - I(i, j+l)|}{\frac{1}{2N} \sum_{n=-N, \dots, N, n \neq 0} |I(i+n, j+l) - I(i+n-1, j+l)|} \right) \quad (9)$$

여기서,  $I(i, j)$ 는 영상의 픽셀 값이고,  $N$ 은 주변 블록에 대한 범위이다. 제안하는 방법에서 경계 강도는 normalized horizontal gradient와 normalized vertical gradient에 대한 전체 평균으로 정의 할 수 있으며, 이는 식 (10)과 같다.

$$BS = \frac{\sum_{i=0}^{Width/8} \sum_{j=0}^{Height/8} (D_{H, norm}(8 \times i, 8 \times j) + D_{V, norm}(8 \times i, 8 \times j))}{TotalBlock} \quad (10)$$

여기서,  $TotalBlock$ 은 전체 영상에서 8×8 블록의 전체 개수이고,  $Width$ 와  $Height$ 는 가로방향과 세로방향에 대한 영상의 사이즈이다. 후처리 과정은 주관적 비디오 품질 측정값과 비교하기 위하여 경계 강도 값을 정규화 하는 과정으로, 이는 DSCQS 방식의 주관적 비디오 품질 측정값과의 비교를 위해 필요하다. 이 과정은 식 (11)로 정의할 수 있는데,  $\gamma$ ,  $\delta$  값은 영상의 크기별 가중치 값으로 실험을 통하여 크기별 가중치를 구하였으며, 제안된 방법에서는  $\gamma$ 와  $\delta$ 는 0.0293과 -0.3499로 설정하였다.

$$VQM_{BS} = \gamma \times BS + \delta \quad (11)$$

2. 제안하는 네트워크에 의한 품질 저하 측정 방법  
제안하는 시간적 저키니스는 네트워크 QoS인 지터에

의해서 영상의 재생이 일정하게 되지 못하는 것과 네트워크 QoS인 지연에 의해서 초당 재생되는 영상의 수가 줄어들어 발생하는 문제를 고려하여 네트워크에 의한 비디오 품질 저하를 측정하였다. 그리고 시간적 저키니스는 영상에서 시간적으로 변화하는 움직임 정도에 따라 저키 왜곡의 정도가 다르게 발생한다는 특징을 고려하였다. 즉, 시간적 저키니스는 초당 재생된 영상의 수, 재생간격에 대한 분산, 그리고 영상의 움직임 정도를 이용하여 네트워크에 의해 발생한 비디오 품질 저하를 측정하였다.

제안하는 시간적 저키니스 측정방법은 현재 영상과 이전 영상에 대한 픽셀의 변화, 재생시간의 차이, 재생시간의 차이에 대한 평균, 재생시간의 차이에 대한 분산, 시간적 저키니스, 후처리 단계로 구성되어 있다. 제안하는 시간적 저키니스는 영상과 영상 간에 픽셀의 변화하는 정도와 움직임 정도에 따라 비디오의 서비스 품질이 달라지기 때문에 현재 영상과 이전 영상에 대한 픽셀의 변화를 측정한다. 즉, 저키 왜곡이 발생하였을 때 시간적으로 변화가 많고 움직임 정도가 많은 영상은 시간적으로 변화가 적고 움직임 정도가 적은 영상에 비해 비디오 품질이 더 나쁘게 느껴진다. 현재 영상과 이전 영상에 대한 픽셀의 변화는 현재 영상과 이전 영상 간의 같은 위치에서의 픽셀에 값에 대한 차이에 대한 평균으로 측정한다. 각 영상에 대한 현재 영상과 이전 영상에 대한 픽셀의 변화는 식 (12)와 같이 정의하였다.

$$DT_n = \frac{\sum_{i=0}^W \sum_{j=0}^H (|I_n(i, j) - I_{n-1}(i, j)|)}{W \times H} \quad (12)$$

여기서,  $I_n(i, j)$ 와  $I_{n-1}(i, j)$ 은 현재영상과 이전영상이고,  $W$ 와  $H$ 은 가로방향과 세로방향의 길이이다. 전체 영상에 대한 현재 영상과 이전 영상에 대한 픽셀의 변화는 식 (13)과 같이 정의하였다.

$$TI = \frac{\sum_{n=0}^{TFN} DT_n}{TFN} \quad (13)$$

여기서,  $TFN$ 은 전체 영상의 수이다. 재생시간의 차이는 현재 영상과 이전 영상에 대한 재생간격의 차이를 이용하여 저키 왜곡에 대한 정도를 측정한다. 재생시간의 차이는 식 (14)와 같이 정의하였다.

$$TD_n = t_n - t_{n-1} \quad (14)$$



여기서,  $t_n$ 은 현재 영상의 재생시간이고,  $t_{n-1}$ 은 이전 영상의 재생시간이다. 재생시간 차이의 평균은 식 (15)와 같이 정의 하였다.

$$MT = \frac{\sum_{n=0}^{TFN} (TD_n)}{TFN} \quad (15)$$

재생시간의 차이에 대한 분산은 식 (16)과 같이 정의 하였다.

$$VT = \frac{\sum_{n=0}^{TFN} (TD_n)^2}{TFN} - \left( \frac{\sum_{n=0}^{TFN} (TD_n)}{TFN} \right)^2 \quad (16)$$

시간적 저키니스는 현재 영상과 이전 영상에 대한 픽셀의 변화, 재생시간의 차이에 대한 평균, 재생시간의 차이에 대한 분산을 이용하여 식 (17)과 같이 가중치의 곱으로 저키 왜곡의 강도를 측정한다.

$$VQM_{J_n} = \epsilon \times VT + \zeta \times MT + \eta \times TI \quad (17)$$

여기서,  $\epsilon$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$  값은 영상의 크기별 가중치 값으로 실험을 통하여 크기별 가중치를 구하였으며, 제안된 방법에서는  $\epsilon$ 을 -0.0197,  $\zeta$ 를 0.0177, 그리고  $\eta$ 를 0.0461로 설정하였다.

### 3. 제안하는 통합 비디오 품질 저하 측정 방법

비디오는 네트워크에 의한 품질 저하와 비디오 압축에 의한 품질 저하가 통합적으로 발생하여, 사용자에게 제공이 된다. 따라서, 네트워크와 비디오 압축에 의한 품질 저하를 측정하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 IV장 1절에서 제안한 경계 강도와 IV장 2절에서 제안한 시간적 저키니스를 이용하여 최종적인 PVQM을 측정하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 통합적 네트워크와 비디오 압축에 의한 비디오 품질 측정 방법은 경계 강도, 시간적 저키니스를 이용하여 식 (18)과 같이 가중치의 곱으로 화질을 측정한다.

$$PVQM = \mu \times VQM_{BS} + \nu \times VQM_{J_n} \quad (18)$$

여기서,  $\mu$ ,  $\nu$  값은 영상의 크기별 가중치 값으로 실험을 통하여 크기별 가중치를 구하였으며, 제안된 방법에서는  $\mu$ 와,  $\nu$ 를 1.142와 0.567로 설정하였다.

## V. 실험환경 및 결과

본 장에서는 비디오 품질 측정에 대한 실험환경과 제약사항을 제시하고, 이에 따른 실험결과를 분석하였다.

비디오 품질 측정의 제약사항에는 네트워크에 의한 비디오 품질 측정에서의 패킷 손실이 고려되지 않았다. 패킷 손실이 발생하였을 경우에는 패킷 손실에 대한 에러복원 알고리즘에 따라 비디오 품질 측정이 달라지기 때문이다. 따라서, 제한하는 시간적 저키니스 방법에서는 네트워크에 의한 비디오 품질 측정할 경우, 지연과 지터만을 고려하였다. 비디오 품질 측정의 실험조건은 표 1과 같다.

테스트 영상은 Foreman, Table, News, Container를 사용하였다. 움직임이 빠른 영상은 Foreman, Table이고, 움직임이 중간인 영상은 News, 그리고 움직임이 느린 영상은 Container이다. 움직임에 따라 구분한 이유는 사람이 느끼는 주관적인 비디오 품질이 영상의 움직임에 따라 달라지기 때문이다.

비디오 압축에 의한 품질 저하를 측정하기 위해서, MPEG-4 simple profile 방법으로 각 영상마다 고정 Quantization Parameter (QP) 값을 조절하여 평균 비트율이 128 kbps, 256 kbps, 384 kbps, 512 kbps가 되도록 압축하였다. QP 값이 사람이 느끼는 주관적인 비디오 품질에 많은 영향을 주기 때문에 고정 QP 값을 사용하였다. MPEG-4 simple profile은 비디오를 압축하는데 I-프레임, P-프레임, 그리고 B-프레임을 모두 사용한다. 하지만, 실시간 비디오 통신시스템은 지연상의 문제로 인해 양쪽으로 참조 영상이 필요한 B-프레임을 사용할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 B-프레임을 제외한 I-프레임과 P-프레임을 사용하여 압축하였다. 그리고 I-프레임은 비디오 품질에 많은 영향을 주기 때문에 30 프레임 주기로 I-프레임을 사용하였다.

네트워크에 의한 품질 저하를 파악하기 위해서, 네트워크의 파라미터인 지연을 500 ms, 1000 ms, 1500 ms

표 1. 실험 조건

Table 1. Experimental conditions.

Test sequence	Foreman, Table, News, Container
Size	352×288 (CIF format)
Video codec	MPEG-4 (XVID) simple profile
Number of frames	300 frames
Bitrate	128~512 kbps
Delay	200~1500 ms
Jitter	100~600 ms

표 2. 트레이닝 및 테스트 영상  
Table 2. Test and training video sets.

Set type	Training set	Test set
VQMBS	News, Container	Foreman, Table
VQMJn	Table, News	Foreman, Container
PVQM	Container	Foreman, Table, News

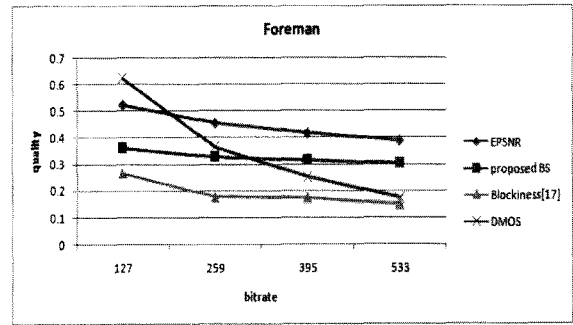
로 설정하고, 지터를 100ms, 200ms, 400 ms, 600 ms로 설정하였다. 여기서, 네트워크의 파라미터인 지연과 지터는 WAN 에뮬레이터를 사용하여 조절하였다. WAN 에뮬레이터는 TATA CONSULTANCY SERVICES에서 제공하는 네트워크 에뮬레이터 프로그램이다<sup>[19]</sup>.

비트 율, 지연, 그리고 지터의 설정은 사람들이 영상에 대한 비디오 품질이 저하되는 시점을 기준으로 하여 4등급으로 분류하였다. Human Visual System (HVS) 기반의 성능 평가를 위해서 다수의 실험 평가자로부터 얻은 주관적 비디오 품질 측정값인 Mean Opinion Score (MOS) 값을 사용하였다. 실험 영상에 대한 MOS 값을 얻기 위해서 ITU-T BT.500-11 권고안에 따라 전체 25명의 실험자를 대상으로 총 100여개의 비디오에 대해 주관적 비디오 품질 평가 실험을 하였다. 비디오 품질 평가는 원본 영상과 손상된 영상을 무작위 순서로 보여주고, 각각의 영상에 대해 비디오 품질 평가를 한 후, 두 비디오 품질 값의 차를 이용하여 주관적 비디오 품질 측정 결과를 도출하는 DSCQS 방법을 이용하였다. 최종적으로 구한, 실험 영상에 대한 비디오 품질 측정 결과인 MOS 값은 0부터 1사이로 정규화하였다. 여기서, MOS 값이 작을수록 영상에 대한 비디오 품질이 좋을 의미하고 반대로 값이 클수록 비디오 품질이 나쁨을 의미한다.

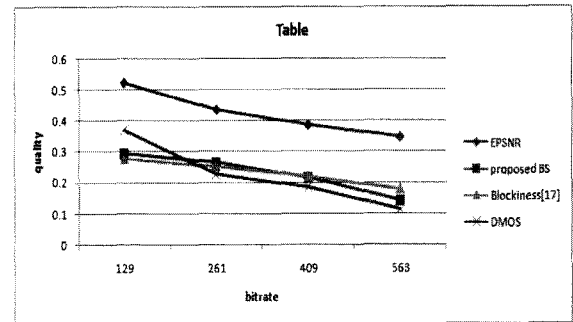
표 2는 실험에 사용된 트레이닝 및 테스트 영상에 대한 명세를 나타낸 것이다. 트레이닝 영상은 제안하는 방법에서의 파라미터를 구하는데 사용하고, 테스트 영상은 제안하는 방법에 대한 결과를 검증하는데 사용한다.

제안한 방법의 성능을 검증하기 위해, 주관적인 비디오 품질 측정인 DMOS와 FR 측정방법인 EPSNR을 사용하였다<sup>[10, 12]</sup>.

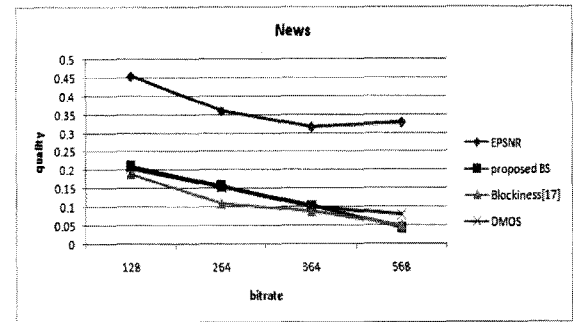
가. 비디오 압축에 의한 비디오 품질 저하 측정 결과  
비디오 압축에 의한 비디오 품질 저하인 블러킹 왜곡에 대한 실험결과를 분석하였다. 제안하는 측정방법의 성능을 분석하기 위해, 기존 방법인 블러키니스와



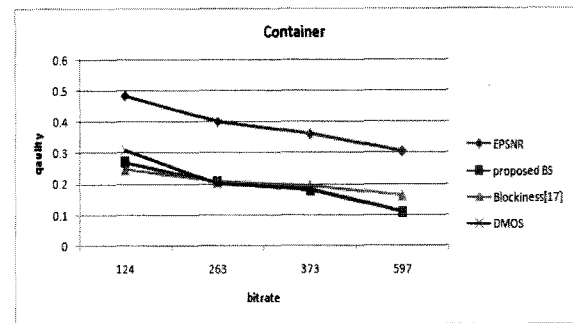
(a) Foreman



(b) Table



(c) News



(d) Container

그림 9. 비디오 압축에 의한 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 측정된 비디오품질

Fig. 9. Estimated video quality of the conventional and proposed algorithm in terms of video compression rates.

표 3. 블로킹 왜곡에 대한 기존의 방법과 제안된 방법의 상대적 정밀도 비교

Table 3. Relative accuracy comparison of the conventional and proposed methods for blocking artifact measurement.

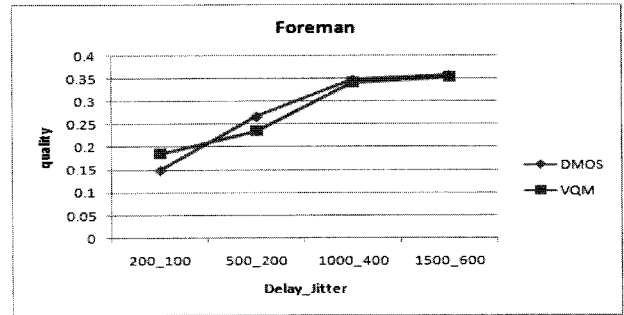
sequence	Algorithm	SAE	Relative accuracy
Training set	EPSNR	1.659794	(1.564541)
	Proposed BS	0.095253	94.26%
	Blockiness	0.236955	(0.141702)
	Proposed BS	0.095253	59.80%
Test set	EPSNR	1.374886	(0.702306)
	Proposed BS	0.67258	29.26%
	Blockiness	0.874322	(0.201742)
	Proposed BS	0.67258	23.07%

EPSNR과 DMOS, 그리고 제안하는 방법을 비교하였다. 그림 9는 비디오 압축에 의한 비디오 품질 저하에 대한 그래프이다. 그래프에서와 같이 제안하는 방법이 기존의 측정방법인, 블러키니스와 EPSNR보다 주관적 화질 측정 결과인 DMOS 값에 더 근사함을 확인할 수 있다.

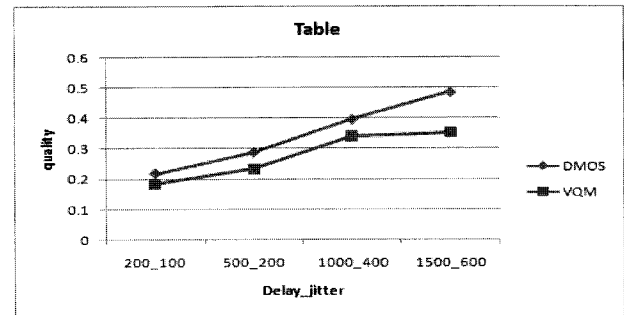
제안된 방법이 기존 방법과의 상대 정밀도 비교에서 보다 우수한 성능을 나타냄을 표 3에서 객관적인 수치로 확인할 수 있다.

위의 표에서는 Sum of Absolute Error (SAE)의 결과를 이용하여 기존의 알고리즘에 대한 제안된 알고리즘의 상대적인 정밀도를 나타낸다. 먼저, 트레이닝 데이터에 대한 결과를 보면, 기존의 블로킹 현상을 이용한 알고리즘과 비교에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘이 약 59.80% 정도, EPSNR과 비교에서는 약 94.26% 정도 정밀함을 각각 확인할 수 있다. 또한, 테스트 데이터에 대한 결과에서는 기존의 방법과 EPSNR에 비해 제안된 방법이 각각 23.07%, 29.26% 만큼 더 정밀한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 즉, 제안된 경계 강도 측정 방법은 기존의 FR 방식인, EPSNR 방법보다 적은 영상 정보를 이용하여 더 낮은 연산 복잡도로 보다 향상된 성능을 보이며, 기존의 NR 방식의 블러키니스 방법보다 더 정밀한 측정 결과를 나타낸다. 또한, CIF 영상 (352×288)을 300프레임에 대해 측정하는 경우에 기존의 방법은 평균 44 ms의 시간이 소요되지만, 제안하는 방법은 평균 3.4 ms이 소요되므로 약 10배 정도의 시간이 단축된다.

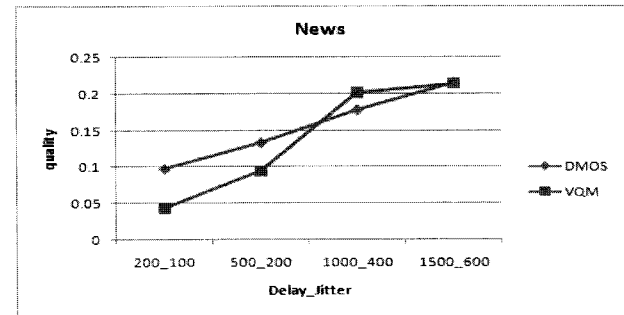
나. 네트워크에 의한 비디오 품질 저하 측정 결과  
네트워크에 의한 비디오 품질 저하인 저키니스에 대



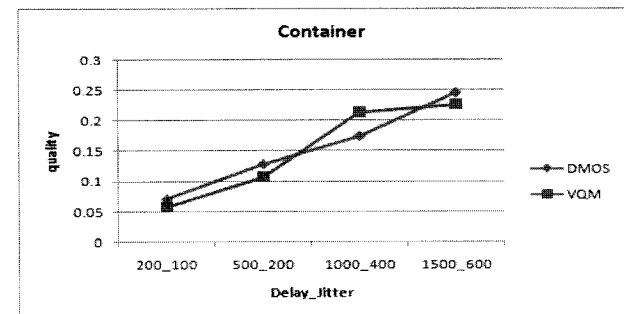
(a) Foreman



(b) Table



(c) News



(d) Container

그림 10. 네트워크 상태에 의한 측정된 비디오 품질 (지연과 지터)

Fig. 10. Estimated video quality in terms of network performance (delay and jitter).

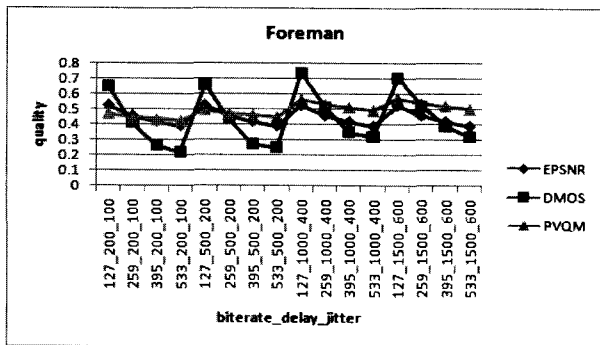
한 실험결과를 분석하였다. 즉, MOS 테스트와 시간적 저키니스 값으로 성능을 분석하였다. 그림 10은 네트워크 상태에 따라 측정된 비디오 품질에 대한 그래프이다.

그림에서 보듯이 전체적으로 제안하는 방법의 결과 값이 DMOS 값과 근사한 것을 확인할 수 있다.

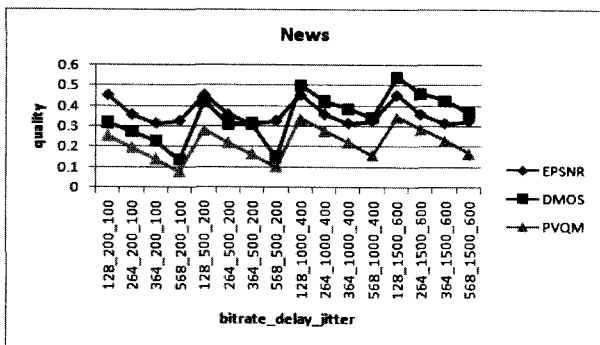
다. 통합 비디오 품질 저하 측정 결과

통합 비디오 품질 측정 방법에 대한 실험결과를 분석하였다. 제안한 측정방법의 성능을 평가하기 위해서 DMOS, EPSNR, 그리고 제안하는 방법을 비교 분석하였다.

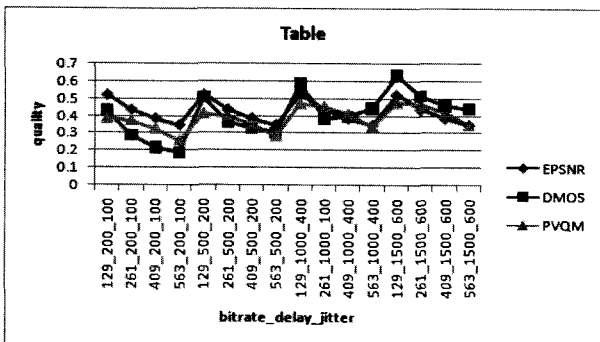
그림 11은 각 영상에 대한 통합 비디오 품질 측정 결



(a) Foreman



(b) News



(c) Table

그림 11. 각 영상에 대한 기존 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 측정된 비디오 품질

Fig. 11. Estimated video quality of the conventional and proposed algorithm for each sequence.

표 4. 통합 비디오 품질 측정에 대한 기존의 방법과 제안된 방법의 상대적 정밀도 비교 (전체영상)

Table 4. Relative accuracy comparison of conventional and proposed method about video quality (Overall sequence).

sequence	Algorithm	SAE	Relative accuracy
Training set	EPSNR	1.873923	(1.030126)
	PVQM	0.843797	54.97%
Test set	EPSNR	5.61802	(0.529994)
	PVQM	4.088026	27.23%

과 그래프이다. 그래프에서와 같이 본 논문에서 제안한 알고리즘의 비디오 품질 측정 결과가 기존의 알고리즘들보다 주관적 비디오 품질 측정 결과와 유사함을 확인할 수 있다. 표 4는 SAE를 이용하여 기존의 알고리즘에 대한 제안된 알고리즘의 상대적인 정밀도를 비교하여 나타낸 것이다.

먼저, 트레이닝 데이터에 대한 결과를 보면, 본 논문에서 제안한 PVQM이 EPSNR에 비해 54.97% 정도 정밀함을 확인할 수 있다. 또한, 테스트 데이터에 대한 결과에서는 EPSNR에 비해 제안된 방법이 27.23%만큼 더 정밀한 결과를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 즉, 제안된 PVQM 측정 방법은 기존의 FR 방식의 화질 측정 방법보다 적은 영상 정보를 이용하여 더 낮은 연산 복잡도로 보다 향상된 성능을 보이며, 기존의 NR 방식의 비디오 품질 측정 방법보다 더 정밀한 측정 결과를 나타낸다.

VI. 결론

본 논문에서는 실시간 비디오 통신 시스템에서 비디오 품질 저하요인에 따라 비디오 품질을 측정방법을 제안한다. 비디오 품질 저하는 비디오 압축과 네트워크 상태에 따라 발생한다. 비디오 압축에 의한 품질 요소로 블로킹 정도를 평가하고, 네트워크의 상태에 따른 비디오 저키니스를 측정하는 알고리즘을 제안하였다. 또한, 비디오의 전체적 품질 측정을 위하여 블로킹 정도와 비디오 저키니스를 통합하는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법에 대한 성능을 평가하기 위해서 사람이 느끼는 비디오 품질을 측정하는 DMOS과 비교하여, 제안하는 방법이 주관적 화질 값과 매우 높은 상관도가 있음을 확인하였다. 앞으로의 연구방향은 비디오의 품질

측정을 위해 비디오 압축과 네트워크상의 파라미터를 더 추가하여 현재 알고리즘을 보완하는 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC 1172-2, "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to about 1.5 Mbits/s," *MPEG-1*, 1993.
- [2] ISO/IEC 13818-2, "Information technology - Generic coding of moving picture and associated audio information," *MPEG-2*, 1996.
- [3] ISO/IEC 14496-2, "Information technology - Generic coding of audiovisual objects, Part 2 : Visual," *MPEG-4*, 1999.
- [4] ITU-T Telecom, Standardization Sector of ITU, "Video codec of audio-visual service at p×64 kbits/s," *Draft ITU-T Recommendation H.261*, 1993.
- [5] ISO/IEC 13818, "Generic coding of moving pictures and associated audio information, Part 2 : Video," *Draft ITU-T Recommendation H.262*, 1994.
- [6] ITU-T Telecom, Standardization Sector of ITU, "Video coding for low bit rate communication," *Draft ITU-T Recommendation H.263*, 1998.
- [7] ISO/IEC 14496-10, "Information technology - Generic coding of audiovisual objects, Part 10 : Advanced video coding," *ITU-T Recommendation H.264, Advanced video coding for generic audiovisual services*, 2003.
- [8] R. Muijs and I. Kirenko, "A no-reference blocking artifact measure for adaptive video processing," *EUSIPCO 2005, 13rd Europ. Signal Processing Conference*, Turkey, 2005.
- [9] P. Marziliano, F. Dufaux, S. Winkler, and T. Ebrahimi "Perceptual blur and ringing metrics : application to JPEG2000," *Signal Processing Image Communication*, vol. 19, no. 2, pp. 163-172, Feb. 2004.
- [10] ITU-T, "Objective perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a full reference," *Recommendation ITU-T J.144*, 2004.
- [11] ITU-T, "Subjective video quality assessment methods for multimedia applications," *Recommendation ITU-T P.910*, 2002.
- [12] ITU-R, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," *Recommendation ITU-R BT.500-10*, 2000.
- [13] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A transport protocol for real-time applications," *Internet Engineering Task Force, RFC1889*, Jan. 1996.
- [14] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A transport protocol for real-time applications," *Internet Engineering Task Force, RFC3550*, July. 2003.
- [15] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP profile for audio and video conferences with minimal control," *Internet Engineering Task Force, RFC3551*, July. 2003.
- [16] 김병용, 이동진, 심동규, 권재철, "초저지연 비디오 통신을 위한 RTP 기반 립싱크 제어 기술에 관한 연구," *멀티미디어 학회*, vol. 10, no. 8, pp. 1039-1051, Aug. 2007.
- [17] Zhou Wang, Alan C. Bovik, and B. L. Evans, "Blind measurement of blocking artifacts in images," *International Conference on Image Processing*, vol. 3, pp. 10-13, Sept. 2000.
- [18] G. Iacovoni, S. Morsa, and R. Felice, "Quality-temporal transcoder driven by the jerkiness," in *Proc. IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 1452-1455, Oct. 2005.
- [19] WANem 1.1 downloadable at <http://linux.wareseeker.com/System/wanem-1.1.zip/333493>

## 저자 소개



김 병 용(정회원)  
2006년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과  
석사 졸업.  
2008년~현재 LIG Nex1  
항공연구센터  
<주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비전>



이 선 오(학생회원)  
2007년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
2007년~현재 광운대학교 컴퓨터  
공학과 석박통합과정.  
<주관심분야 : 영상신호처리, 영  
상 압축>



정 광 수(학생회원)  
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
2008년~현재 광운대학교 컴퓨터  
공학과 석사과정.  
<주관심분야 : 영상신호처리, 영  
상 압축, 영상 화질측정>



심 동 규(정회원)  
1999년 서강대학교 전자공학과  
공학박사.  
1999년~2000년 (주) 현대 전자.  
2000년~2002년 (주) 바로 비전.  
2002년~2005년 Univ. of  
Washington  
2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)  
<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터  
비전>



이 수 연(정회원)  
1983년 교토대학 공학 박사  
1973년~현재 광운대학교 컴퓨터  
공학과 (정교수)  
<주관심분야 : 정보공학, XML,  
영상압축, 컴퓨터 비전>