

논문 2009-46SP-6-8

IP 기반 비디오 서비스의 화질 측정을 위한 비참조 블록 열화 측정 방법

(No-reference Measurement of Blocking Artifacts to Assess the
Quality of IP Based Video Service)

이 선 오*, 민 경 연*, 심 동 규**, 이 현 우***, 류 원***, 김 진 술***

(Seonoh Lee, Kyungyeon Min, Donggyu Sim, Hyun-Woo Lee, Won Ryu, and Jinsul Kim)

요 약

본 논문은 IP 기반 비디오 서비스의 화질 측정을 위하여 새로운 비참조 기반의 블록 열화 측정 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 IP 기반 비디오 서비스의 화질 측정을 위하여, 네트워크에 의한 블록 열화와 영상 압축에 의한 블록 열화를 구분한다. 또한 비참조 기반으로 블록 열화를 검출하기 위하여, 주변 블록과의 차와 비디오 수신 단말기의 오류 수정 알고리즘의 패턴을 이용하고, 열화된 블록의 세기와 분포를 이용하여 화질 저하 원인을 측정한다. 제안한 방법의 정확도를 확인하기 위하여, SSCQE 방법을 이용한 MOS 실험 결과와 제안한 방법을 이용하여 화질 측정한 결과를 비교하였다. 기존 알고리즘에 비하여 블록 열화 측정의 정확도가 1.3배의 성능 향상된 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose a new method of blocky artifacts measurement for IP based video service. In order to assess the quality of IP based video service, we classify degradation into blocking artifacts by network error or by transmission error. In order to assess blocking artifacts based on No-reference, we estimate blocky artifacts from network errors and image compression by calculating amount of difference between target block and neighbor blocks and error concealment algorithm in a video receiver. To ensure accuracy of proposed method, we compare our result to MOS data using SSCQE method. Experimental results show that the proposed algorithm is better than a conventional method by around 1.3.

Keywords: Blocking artifacts, No-reference, IP based video service, Video quality

I. 서 론

디지털 미디어의 기술의 발전에 따라 소비자들은 기

존의 방송 매체에서 서비스되고 있는 콘텐츠뿐만 아니라 네트워크를 통하여 서비스되는 콘텐츠까지 제공받을 수 있게 되었다. 현재 IP 기반 비디오 서비스 개발은 빠른 속도로 주요 통신 사업자의 핵심 전략으로 자리 잡아가고 있으며, 새로운 서비스에 대한 소비자들의 소비도 점차 증가되는 추세이다. 따라서, 실시간으로 고품질 및 고화질(HD) 비디오 콘텐츠를 제공해야 하는 IP 기반의 비디오 서비스의 인프라를 관리하기 위한 새로운 테스트 및 모니터링 기술이 필요하게 되었다.

멀티미디어 산업이 발전함에 따라, 멀티미디어 서비스에 대한 소비자 만족도를 예측하기 위하여 화질 측정에 관한 다양한 연구들이 진행되어 왔다^[1~10]. 하지만,

* 학생회원, ** 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과
(Dept. Computer Eng., Kwangwoon University)

*** 정회원, 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부
IPTV 연구부
(Electronics and Telecommunications Research
Institute)

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원
의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음
[2008-S-006-02, 유무선 환경의 개방형 IPTV
(IPTV 2.0) 기술개발]

접수일자: 2009년1월15일, 수정완료일: 2009년10월26일

기존의 서비스에서 발생하는 영상 압축에 의한 화질 열화를 측정하기 위한 방법은 IP 기반의 비디오 서비스 같이 네트워크를 이용한 서비스에서 발생하는 패킷 손실, 패킷의 순서의 변화, 지터 등의 발생으로 인한 화질 저하를 측정하는데 적합하지 않다^[1~5]. 또한 네트워크 파라미터 등을 이용하여 화질 측정을 수행하는 경우에는, 영상 압축에 의한 블록 열화를 측정하기 적합하지 않다^[6~10]. 그러므로 기존의 연구와는 다른 IP 기반의 비디오 서비스에서도 효과적으로 화질 측정을 수행할 수 있는 알고리즘이 필요하게 되었다.

우선 기존의 일반 방송 매체에서 제공하는 영상의 화질 측정을 목적으로 하는 연구들은 세 가지 범주로 분류된다. 원본 영상의 정보를 온전하게 모두 이용할 수 있는 방법으로 전 참조 (full-reference; FR) 화질 측정 방법, 온전한 원본 영상 정보가 아닌 추출된 특징 정보를 이용하는 감소 참조 (reduced-reference; RR) 화질 측정 방법, 그리고 원본 영상에 대한 정보를 전혀 사용하지 않는 무 참조 (no-reference; NR) 화질 측정 방법이 있다^[1~9]. 이 중 가장 정확하고 유효한 결과를 내는 것으로 알려진 것이 FR 방법이다. FR 방법은 원본 영상을 기반으로 영상의 손상 정도를 파악하기 때문에 정확도에서는 다른 범주의 알고리즘보다 우수한 성능을 보인다. 하지만, 실제 어플리케이션에서는 수신단에서 평가하기 위해 원본영상을 따로 전송하는 것은 불가능하므로 실현 가능성이 낮은 방법이다. RR 방법은 FR 방법보다 전송해 주어야 하는 정보량이 적어 실제 서비스에서의 실현 가능성이 FR보다는 높은 측면이 있으나, 송신단에서 또 다시 이를 처리하여 원하는 특징 정보를 추출하는 과정이 필요하기 때문에 이에 대한 시스템적인 조건이 갖추어져야 하는 어려움이 있다. 이에 비해, NR 알고리즘은 원본 영상에 대한 정보를 전혀 필요로 하지 않기 때문에 실제 서비스에 적용하기에 가장 적합한 구조를 가지고 있다. NR을 이용한 블록 열화를 측정하는 방법으로는 푸리에 변환을 이용한 방법이 있다^[6]. 이 방법은 영상 압축에 의한 블록 열화는 주기적으로 발생하는 패턴을 가지고 있다는 것을 바탕으로 푸리에 변환 후 주기적인 주파수를 측정하여 영상의 화질 측정을 수행한다. 이 방법은 주기적인 주파수를 측정하기 때문에 영상 전체적으로 발생하는 블록 열화를 측정하는 것에 효율적이다. 하지만 부분적으로 집중되어 발생하는 블록 열화를 효과적으로 측정하지 못하며, 계산량이 복잡하고 네트워크 서비스에서 발생하는 패킷 손

실에 의한 블록 열화의 측정에 대한 신뢰도가 낮은 단점이 있다.

다음으로 네트워크를 이용한 영상의 화질 측정을 목적으로 하는 연구들은 비트스트림 상에서 화질을 측정하는 방법, RR을 이용한 방법과 네트워크 파라미터를 이용하여 화질을 측정하는 방법 등이 있다^[6~11]. 비트스트림 상에서 화질을 측정하는 알고리즘은 영상 압축 정도를 나타내는 QP를 이용하여 화질을 측정하는 방법이다. QP를 이용하기 때문에 압축 정도를 정확히 예측할 수 있으나, 복호화 된 영상에서는 화질 측정을 수행할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 감소 참조를 이용하여 화질 측정하는 방법은 참조 영상 없이 화질을 측정하는 것보다 정확하게 측정이 가능하나 감소 참조를 위하여 송신단에서 수신단으로 더 많은 양의 데이터를 보내야 한다는 단점을 가지고 있다. 네트워크 파라미터를 이용하여 패킷 손실을 확인하고 패킷 손실된 양을 이용하여 화질을 측정하는 방법이다. 이 방법은 네트워크 파라미터를 이용하기 때문에 정확하게 패킷 손실을 확인할 수 있으나, 이 역시 복호화 된 영상에서는 화질 측정을 수행할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

제안하는 방법에서는 IP 기반 서비스의 화질 측정을 위하여 비참조 기반의 복호화된 영상의 블록 열화를 측정하는 방법을 제안한다. 이 알고리즘은 영상 압축에 의하여 발생하는 블록 열화와 전송 오류에 의한 블록 열화를 측정하여 화질을 평가한다. 우선, 영상 압축에 의한 화질 저하를 측정하기 위하여, 주변 블록과의 차이와 비디오 수신 단말기의 오류 수정 알고리즘 패턴을 이용하여, 블록 열화의 세기를 측정한다. 열화 정도가 심한 블록의 밀집도를 확인하여 전송 오류에서 발생하는 블록 열화를 측정한다. 블록 열화의 양이 많을수록 열화된 블록들의 밀집도가 높을수록, 화질 저하의 폭이 크다고 판단한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안하는 방법에 대하여 자세히 기술하고 III장에서는 제안하는 알고리즘에 대한 실험방법과 실험 결과 및 그 결과에 대한 분석을 기술하고, 마지막 IV장에서는 이 논문의 결론 및 향후 연구 계획에 대해 논한다.

디지털 미디어의 기술의 발전에 따라 사용자의 편리성과 수신자에게 허용되는 능동성 등으로 인하여, IP 기반 비디오 서비스 관련 시장이 빠르게 확대됨에 따라, 사용자가 느끼는 체감 품질을 측정에 대한 필요성이 발생하였다. 따라서 IP 기반으로 서비스 되는 영상

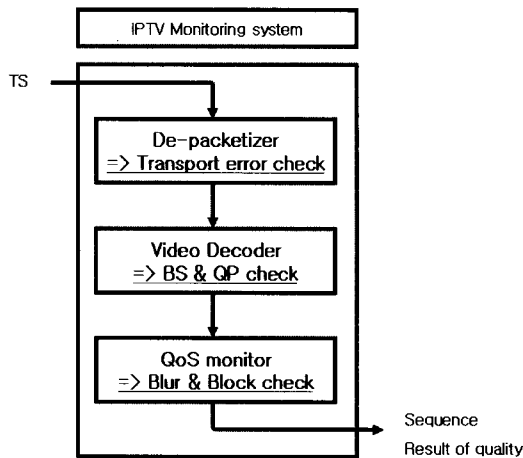


그림 1. IPTV 시스템의 단계별 화질 측정 순서도
Fig. 1. Quality assessment stage block diagram of IPTV system.

의 효율적인 화질 측정을 위하여, 본 논문에서는 참조 영상의 이용 없이, 영상 압축에 의한 블록 열화와 전송 오류에 의한 블록 열화를 측정하여 화질 평가를 하는 방법을 제안한다.

IP 기반 비디오 서비스 중, 큰 이슈가 되고 있는 IPTV 는 시스템의 여러 단계에서 화질 측정이 가능하다. 그림 1은 네트워크에서 서비스되는 IPTV 시스템에 관하여 단계별로 화질 측정 알고리즘을 표현한 순서도이다.

IPTV 시스템은 전송을 위해 부호화된 TS (Transport Stream) 를 입력으로 받는다. TS는 부호화한 데이터뿐만 아니라 동기를 맞추기 위한 데이터, 전송 상의 오류를 확인하기 위한 데이터 등의 정보들을 가지고 있다. 디패킷타이저 (De-packetizer) 부분에서 이를 파싱하여 동기를 맞추며 프레임 또는 슬라이스의 일부분으로 구성된 PES (Packetized Elementary Stream) 파싱한다. 이 부분에서 파싱되어진 데이터를 이용하여 전송 오류의 발생 여부를 파악할 수 있기 때문에 화질 측정을 수행할 수 있다^[9]. 이렇게 파싱된 데이터들은 비디오 복호기 (Video Decoder) 단으로 이동되고, 이 단에서 복호화를 수행하도록 한다. 이 부분에서 복호화를 수행하면서 비트스트림 상으로 확인 할 수 있는 BS (Boundary Strength) 와 QP (Quntization Parameter) 등을 이용하여 영상 압축에 의한 화질 손상을 측정할 수 있다. 복호화가 수행된 후, 화질 확인 출력단 (QoS monitor) 단에서 시퀀스를 출력한다. 이 부분에서는 복호화된 이미지를 이용하여, 참조 영상 없이 블록 열화와 뭉그러짐 등을 측정할 수 있으며, 각 단계

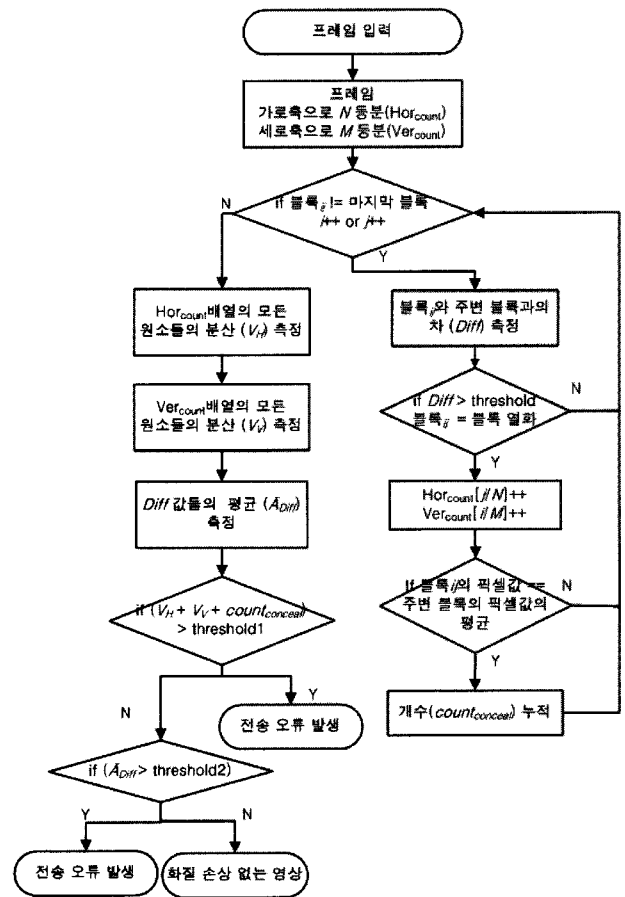


그림 2. 제안한 알고리즘의 흐름도
Fig. 2. Flow chart of proposal algorithm.

에서 측정된 결과를 통합하여 복호화된 영상과 함께 결과를 확인할 수 있게 된다^[2].

제안하는 방법은 블록 열화를 측정하고 열화된 블록의 분포의 분산과 블록화 정도를 이용하여, 열화된 원인을 밝힘으로써, 화질 저하에 대한 신뢰를 높인다. 제안하는 방법에서는 화질 확인 출력단에서 IP 기반의 서비스에서 화질을 측정하기 위하여 비참조 기반으로 복호화된 프레임을 이용하여 화질 측정을 수행한다. 그림 2는 제안하는 알고리즘의 순서도를 표현한 것으로, 입력받은 프레임을 각각 가로 방향으로 N등분, 세로 방향으로 M등분으로 구분한 후, 블록단위로 열화를 측정한다.

전송 오류로 인해 발생하는 문제는 대부분 가로 방향으로 나타나게 되지만 패킷 크기와 영상의 크기에 따라 다른 양상이 나타날 수 있기 때문에, 제안하는 방법은 가로 방향뿐만 아니라 세로 방향으로도 분할하여 블록 열화를 측정한다.

비참조 기반으로 블록 열화를 측정하기 위하여, 주파

수 도메인으로 변환된 프레임에서 주기적인 값을 측정하여 블록 열화를 추정하는 알고리즘이 일반적으로 많이 사용되는 방법이지만, 전송 오류에 의한 블록 열화는 프레임의 일부분에서만 집중적으로 나타나는 양상이 있어, 효율적으로 블록 열화를 측정할 수 없다. 따라서, 제안하는 방법에서는 공간 도메인에서, 측정된 주변 블록과의 차를 누적하여 프레임 전체적으로 나타나는 블록 열화의 세기를 측정하고, 주변 블록과의 차가 임계값보다 클 경우, 그 블록의 위치를 확인하여 분할된 프레임에서의 해당 열과 행의 열화된 블록의 개수를 증가시킨다.

또한, 슬라이스 전체적으로 오류가 발생할 경우, 비디오 수신 단말기의 오류 수정 알고리즘에 의하여 수정되어도 블록화 현상이 나타나게 된다. 하지만, 오류 수정 알고리즘이 주변 블록의 픽셀 값을 이용하여 오류를 수정하는 방법으로 설계되었을 경우, 주변 블록 간의 차이가 적게 되어, 주변 픽셀값과의 차이를 이용하여 블록 열화를 측정하는 제안하는 방법으로는 측정이 어렵다. 따라서, 정확한 화질 측정을 위하여 수신단의 오류 정정 알고리즘을 이용하여 해당 블록을 블록 열화로 추정하고 개수를 누적한다.

프레임에서 일부분에만 블록 열화의 밀집이 강한지를 확인하기 위하여, 각 행과 열 별로 누적된 열화 블록의 분포의 분산을 측정하여 전송 오류에 의하여 발생하는 블록 열화를 측정한다. 밀집도가 높은 경우, 전송 오류에 의한 화질저하로, 밀집도는 낮으나 블록 열화 정도의 세기가 강한 경우, 압축에 의한 화질 저하로 추정한다.

1. 프레임의 분할

제안하는 방법에서는 전송 오류에 의한 블록 열화를 구분하기 위하여, 프레임을 분할한다. 전송 오류에 의한 블록 열화는 한 부분에 밀집되어 나타나는 성향이 강하기 때문에, 열화된 블록의 분포를 확인하여 전송 오류를 예측한다.

일반적으로 패킷의 일부분이 손실되면 그림 3의 (a)처럼 가로축으로 블록 열화가 밀집되어 나타나게 되는데, 프레임의 크기가 크고 패킷의 크기가 작아지면 (b)처럼 분할된 모든 행의 일부분에만 블록 열화가 밀집되어질 수 있다. 이러한 경우, 열화된 블록의 밀집도가 유사해지기 때문에 정확한 측정이 어렵다. 따라서, 제안하는 방법은 그림 (c)와 (d)처럼 가로 방향으로만 분할하는 것뿐만

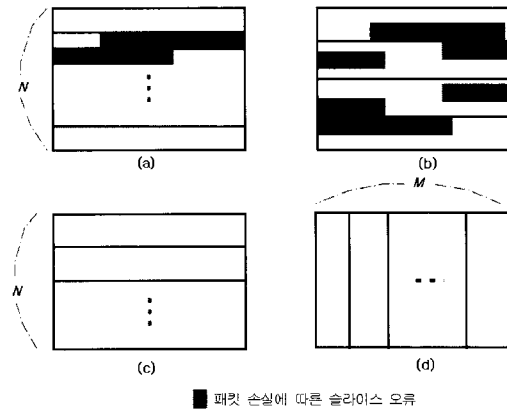


그림 3. 프레임 분할
Fig. 3. Frame partition.

아니라, 세로 방향으로도 분할하여 블록 열화가 밀집되어 있는 위치를 확인함으로써 밀집되어 있는 블록 열화를 판단할 수 있다.

2. 열화된 블록 측정

제안하는 알고리즘에서는 영상 압축에 의한 블록 열화와 전송 오류에 의한 블록 열화를 적은 계산량으로 판단하기 위하여, 공간 도메인에서 블록 열화를 측정한다. 공간 도메인에서 참조 영상 없이 블록 열화를 측정하기 위하여, 제안하는 방법에서는 주변 블록과의 차를 측정한다. 그림 4는 주변 블록과의 차를 구하는 방법을 표현한 것으로, A 블록은 블록의 내부, B 블록은 블록의 경계 내부, 그리고 C 블록은 블록의 경계의 외부부를 뜻한다. A 블록의 픽셀들의 평균, B 블록의 픽셀들의 평균과 C 블록의 픽셀들의 평균을 아래의 식을 이용하여 측정한다.

$$\begin{aligned} \bar{A}_A &= \frac{1}{(N-k) \times M} \sum_{i=0}^{N-k-1} \sum_{j=0}^{M-1} P_{i,j} \\ \bar{A}_B &= \frac{1}{k \times M} \sum_{i=N-k}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} P_{i,j} \\ \bar{A}_C &= \frac{1}{k \times M} \sum_{i=N}^{N+k-1} \sum_{j=0}^{M-1} P_{i,j} \end{aligned} \quad (1)$$

위의 식에서 \bar{A}_A 는 A 블록의 평균, \bar{A}_B 는 B 블록의 평균이고 \bar{A}_C 는 C 블록의 평균을 나타낸다. P는 픽셀값을 의미하고, N, M은 블록의 크기를 의미하며, i, j는 픽셀의 위치를 나타는 인덱스이다. 또한 k는 블록 A와 B를 구분하는 인덱스이다. 블록들의 평균을 구한 후, A 블록의 평균과 B 블록의 평균의 차이와 C 블록의 평균과 B 블록의 평균의 차이 (Diff) 를 측정하기 위하여 아

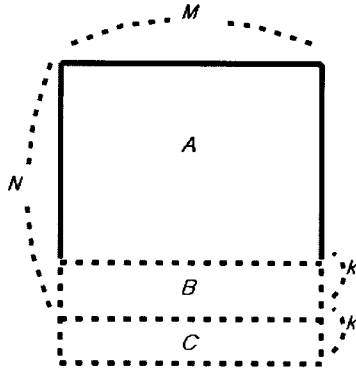


그림 4. 블록 현상 측정

Fig. 4. Measurement of blocking artifacts.

래의 식을 이용한다.

$$\begin{aligned} Diff &= \|B_{ave} - A_{ave}\| - \|B_{ave} - C_{ave}\| \\ Diff &< threshold1 \end{aligned} \quad (2)$$

$Diff$ 는 주변 블록과의 차를 의미하며 $Diff$ 가 임계치보다 크면 해당 블록은 열화된 블록이라 판단한다. 모든 블록에서 각각 측정된 차들의 평균 (\bar{A}_{Diff})을 구하고, 제안한 방법은 이 평균을 화질 저하의 원인을 판단하는 기준으로 삼는다.

3. 블록 열화의 밀집도 측정

본 논문에서는 영상 압축에 의한 블록 열화뿐만 아니라 전송 오류에 의한 블록 열화도 판단하기 위한 방법을 제안한다. 전송 오류에 의한 블록 열화 현상은 프레임 상에서 일부분에 집중되어 나타나는 특징을 가지고 있으며 압축에 의한 블록 열화는 프레임 내에서 퍼져있는 경향이 있다. 본 논문은 이 특성을 이용하여 블록 열화의 원인을 파악한다. 분할된 프레임의 영역 중, 특정 부분에 열화된 블록이 집중적으로 분포하는지를 측정하기 위하여, 각 영역에 존재하는 열화된 블록의 분포의 분산을 이용한다.

식 (2)를 이용하여 결정된 열화된 블록의 위치를 확인하여 해당하는 열의 열화된 블록의 개수 (Hor_{count})와 행 영역의 블록 열화의 개수 (Ver_{count})를 증가시킨다. 프레임 내의 모든 블록에 대하여 수행한 후, 아래의 식을 이용하여 분할된 영역에 존재하는 열화된 블록의 분포의 분산을 측정한다.

$$\begin{aligned} \overline{A_{Hor}} &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} Hor_{count,i} \\ \overline{A_{Var}} &= \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} Ver_{count,j} \\ \overline{V_{Hor}} &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (\overline{A_{Hor}} - Hor_{count,i})^2 \\ \overline{V_{Var}} &= \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} (\overline{A_{Var}} - Ver_{count,j})^2 \end{aligned} \quad (3)$$

행의 분산과 열의 분산이 클수록 블록 열화가 집중되어 발생한 것이며, 이는 네트워크에서 발생할 수 있는 전송 오류에 의한 화질 저하로 판단한다.

4. 수신 단말기의 오류 수정 알고리즘에 의한 블록 열화 측정

비디오 수신 단말기는 오류가 발생할 경우에도 화질 저하를 방지하기 위하여, 오류 수정 알고리즘을 이용한다. 오류 수정 알고리즘에는 주변 움직임 벡터를 이용하는 방법, 주변 블록의 픽셀들의 평균을 이용하는 방법 등 여러 알고리즘이 있다. 프레임의 일부 블록에 오류가 발생하는 경우에는 이러한 알고리즘에 의하여 주관적 화질 저하 없이 수정될 수 있다. 하지만, 슬라이스 오류가 발생하게 되면 주관적 화질 저하가 발생하게 된다.

그림 5는 슬라이스 오류가 발생했을 경우, JM.12.4의 오류 정정 알고리즘에 의하여 수정된 영상이다. 이 그림처럼 슬라이스 전체에 오류가 발생할 경우, 주관적 화질 저하가 나타나지만, 오류 수정 알고리즘이 주변



그림 5. JM.12.4의 오류 수정 알고리즘에 의하여 수정된 "Foreman" 시퀀스

Fig. 5. Modified "Foreman" sequence using error concealment of JM.12.4.

블록의 픽셀값들의 평균을 이용하여 오류를 수정하는 방법이기에 때문에, 주변 블록과의 차이가 크지 않아 주변 블록과의 차를 이용하는 제안하는 방법으로는 블록 열화를 측정할 수 없다. 따라서, 제안하는 방법에서는 오류 수정에 의하여 수정되었지만 블록 열화가 나타나는 경우를 위하여, 블록의 픽셀값들이 주변 블록 픽셀값들의 평균과 같을 경우, 해당 블록이 블록 열화로 결정하고 개수 ($count_{conceal}$) 를 누적하여 화질 손상 정도를 측정에 반영한다. 이렇게 누적인 열화된 블록의 개수만큼 Hor_{count} 과 Ver_{count} 의 평균을 증가시켜 화질 저하 정도를 측정한다.

$$A_{Var} = \frac{\overline{V_{Hor}} + \overline{V_{Ver}}}{2} + count_{conceal} \quad (4)$$

$count_{conceal}$ 은 누적된 블록 열화의 개수를 뜻한다.

5. 화질 손상의 원인 추정

프레임 안에서, 압축 오류에 의한 전체적인 블록 열화와 전송 오류에 의한 일부 슬라이스의 블록 열화에 대한 사람마다의 체감 화질은 다른 양상을 나타낸다. 따라서, 제안하는 방법은 화질 손상의 원인을 밝힘으로써 주관적 화질 측정에 대한 신뢰도를 높인다.

한 프레임에서 주변 블록과의 차가 클수록, 블록 열화가 밀집되어 발생할수록 사용자가 느끼는 체감 화질의 저하는 큰 폭으로 상승한다. 앞에서 구한 영상 내의 주변 블록과의 차의 강도의 평균 ($\overline{A_{Diff}}$) 와 열화된 블록의 분포의 분산 $\overline{V_{Hor}}, \overline{V_{Ver}}$ 과 $count_{conceal}$ 을 이용하여 화질 손상 정도를 아래와 같이 예측한다.

$$\begin{aligned} & \text{if } (\overline{A_{Var}} > threshold_1) \\ & \quad \text{Transmission error} \\ & \text{else if } (\overline{A_{Diff}} > threshold_2) \\ & \quad \text{Compression error} \end{aligned} \quad (5)$$

전송 오류에 의한 블록 열화가 나타날 경우, 열화된 블록 분포의 분산뿐만 아니라 주변 블록과의 차도 크게 나타나지만 영상 압축에 의한 블록 열화가 나타날 경우에는, 블록열화가 주기적으로 나타나기 때문에 열화된 블록의 분포의 분산은 낮지만 주변 블록과의 차가 크게 나타난다. 따라서, 분산을 이용하여 먼저 전송 오류 판단한 후, 주변 블록과의 차를 확인하여 프레임 전체적으로 나타나는 영상 압축에 의한 블록 열화를 측정한다. 전송 오류에 의하여 발생하는 블록 열화와 영상 압

축에 의한 블록 열화에 화질 손상 정도에 대한 사람마다 체감화질은 주관적이다. 따라서 제안한 방법에서는 블록 열화에 대한 객관적인 원인을 밝혀줌으로써, 주관적인 체감화질에 의한 신뢰도를 높이도록 한다.

III. 실험 결과

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여, 제안한 방법으로 측정된 값과 SSCQE의 방법으로 측정된 값의 민감도와 특이도를 비교하였다. 실험은 640 × 480 크기의 VGA급 4:2:0 YUV 형태의 표준 시퀀스 “Exit”와 “Flamenco2” 를 이용하여, 원본 영상, QP 42로 압축된 영상과 인위적으로 슬라이스 오류를 발생시키고 JM.12.4의 오류 정정 알고리즘에 의하여 복원된 프레임을 이용하여 측정하였다. 또한 720 × 480 크기의 NTSC급 4:2:0 YUV 형태의 시퀀스로, 실제 IPTV 방송에서 제공되는 시퀀스 63개 중 500개의 프레임을 이용하여 네트워크에 의한 오류가 포함된 프레임을 이용하여 측정하였다.

네트워크에 의한 오류는 영상 압축에 의한 오류와 달리, 시퀀스의 모든 프레임에서 발생하기 보다는 비주기적으로 일부 프레임에서만 발생하게 된다. 따라서 제안하는 방법에서는 정확성을 위하여 시퀀스 단위로 측정하는 대신 프레임 단위로 블록 열화를 측정하였으며, 실험 또한 프레임 단위로 수행하였다. 상용되는 시퀀스는 원본 영상이 존재하지 않기 때문에 SSCQE 방법의 규칙을 따르되, 화질측정은 세단계로 MOS 실험을 수행하여 패킷오류, 압축오류, 저하 없는 화질로 분리했다.

제안하는 방법에서 사용한 크기 혹은 임계값은 실험에 의하여 결정된 값으로, 프레임을 가로축으로 4등분,

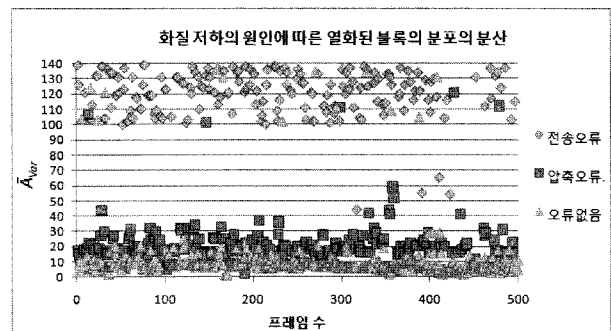


그림 6. 화질저하의 원인에 따른 열화된 블록의 분포의 분산
Fig. 6. Variance of blocky block distribution per quality degradation cause.

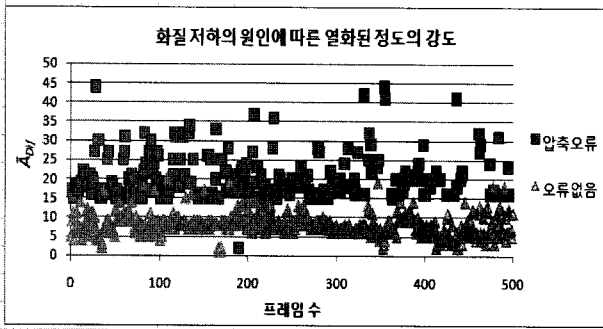


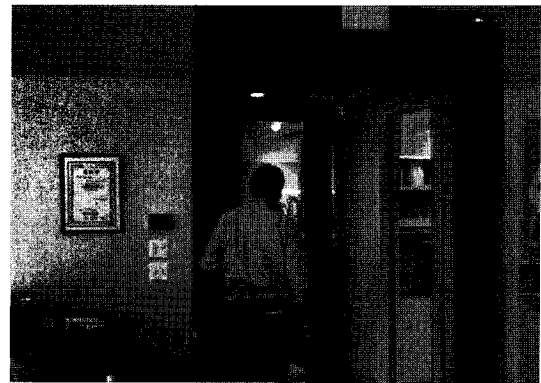
그림 7. 화질저하의 원인에 따른 열화된 정도의 강도
 Fig. 7. Strength of difference of blocky block per quality degradation cause.

세로축으로 4등분하여 설정하였고, 블록의 크기는 16 × 16으로 설정하여 주변 블록과의 차를 측정하였다. 실험을 통하여 블록 열화를 결정하기 위한 가중치는 4로 설계하였다.

그림 6은 화질 저하의 원인에 따른 열화된 블록의 분포의 분산을 나타낸다. 이 실험을 통하여, 전송 오류에 의한 블록 열화 여부를 결정하기 위한 임계값은 100으로 설계하였다. 그림 7은 화질저하의 원인에 따른 열화된 정도의 강도를 나타낸다. 이 실험을 통하여, 영상 압축에 의한 블록 열화 여부를 결정하기 위한 임계값은 15로 하였다. 비디오 단말기 수신기의 오류 수정 알고리즘은 JM.12.4에 포함된 오류 정정 알고리즘을 이용하여 실험하였다.

그림 8의 (a)는 640 × 480 크기의 VGA급 표준 시퀀스의 프레임 "Exit"의 원본 프레임, (b)는 QP 42로 압축된 프레임, 그리고 (c)는 원본 프레임에서 임의로 슬라이스 오류를 발생시키고, 비디오 단말 수신기의 오류 수정 알고리즘으로 오류가 발생한 슬라이스를 수정한 프레임이다. 제안한 방법에서 (a)는 \bar{A}_{Var} 이 27, \bar{A}_{Diff} 의 값이 13으로 화질 저하가 없는 영상으로 측정하였고 (b)는 \bar{A}_{Var} 이 23, \bar{A}_{Diff} 의 값이 25으로 압축에 의한 화질 손상으로 판단하였다. 또한 (c)는 \bar{A}_{Var} 이 321, \bar{A}_{Diff} 의 값이 13으로 전송 오류에 의한 블록 열화가 나타났다고 측정하였다. Wang의 방법에서 (a)는 77, (b)는 110, 그리고 (c)는 30으로 측정하였다.

그림 9의 (a)는 640 × 480 크기의 VGA급 표준 시퀀스의 프레임 "Flamenco2"의 원본 프레임, (b)는 QP 42로 압축한 영상이고, (c)는 원본 프레임에서 임의로 슬라이스 오류를 발생시키고, 비디오 단말 수신기의 오류 수정 알고리즘으로 오류가 발생한 슬라이스를 수정한 프레임이다. 제안한 방법에서 (a)는 \bar{A}_{Var} 이 7, \bar{A}_{Diff} 의 값



(a)



(b)

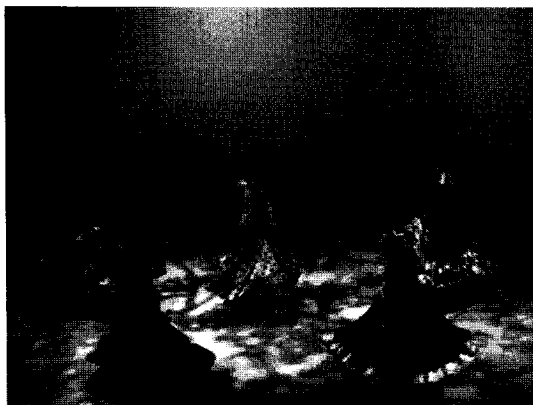


(c)

그림 8. "Exit" 프레임의 화질 측정
 (a) 원본 영상 (b) QP 42로 압축된 영상 (c) 슬라이스 전체에 블록 열화가 발생한 영상

Fig. 8. Quality assessment of "Exit" frame.
 (a) original frame (b) compressed frame by QP 42 (c) slice error frame

이 12으로 화질 저하가 없는 영상으로 측정하였고 (b)는 \bar{A}_{Var} 이 20, \bar{A}_{Diff} 의 값이 20으로 압축에 의한 화질 손상으로 판단하였다. (c)는 \bar{A}_{Var} 이 122, \bar{A}_{Diff} 의 값이 12으로 전송 오류에 의한 블록 열화가 나타났다고 측정하였다. Wang의 방법에서 (a)는 91, (b)는 87, 그리고 (c)는 7로 측정하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 9. “Flamenco2” 프레임의 화질 측정
(a) 원본 영상 (b) QP 42로 압축된 영상 (c) 슬라이스 전체에 블록 열화가 발생한 영상

Fig. 9. Quality assessment of “Flamenco2” frame.
(a) original frame (b) compressed frame by QP 42 (c) slice error frame

실제 IPTV 방송에서 상용되고 있는 720 × 480 크기의 NTSC급 시퀀스 중 SSCQE의 방법을 이용하여, 프레임의 일부 슬라이스의 전체 부분에서 블록 열화가 생긴 프레임 100개, 프레임 전체적으로 블록 열화가 생긴 프레임 110개, 그리고 블록 열화가 발생하지 않은 프레

임 290개를 분류하였다. 일부 슬라이스 오류가 생긴 프레임과 전체적으로 압축에 의한 열화가 나타나는 프레임에서의 체감 화질은 사람마다 지극히 주관적이다. 따라서, 영상이 슬라이스에 오류가 발생한 그룹인지, 영상 압축에 의한 블록 열화가 나타나는 그룹인지, 혹은 블록 열화가 발생하지 않은 그룹인지를 측정하여, 주관적 체감 화질에 관한 객관적인 원인을 밝히도록 설계하였다. 즉, 제안한 방법을 이용하여 측정된 결과가 표 1에서와 같이, MOS 실험을 통하여 프레임들을 분류한 것을 바탕으로, 어느 그룹에 속하는지 확인하여 성능을 측정하였다. 표 1은 이렇게 분리된 프레임에 대하여, 제안 방법과 Wang의 방법으로 측정된 블록 열화와 민감도와 특이도를 측정된 결과이다.

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100 \tag{6}$$

$$Specificity = \frac{TN}{FP + TN} \times 100$$

TP는 슬라이스 오류가 생긴 프레임을 제안한 방법으로 측정했을 때, 슬라이스 오류가 생겼다고 판단할 경우, 압축 오류가 발생한 프레임을 압축 오류가 발생했다고 판단할 경우, 혹은 오류가 없는 프레임을 오류가 없는 프레임으로 판단할 경우를 뜻하며, FN은 슬라이스 오류가 생기지 않은 프레임을 슬라이스 오류가 발생했다고 판단할 경우, 압축 오류가 발생하지 않은 프레임을 압축 오류가 생겼다고 판단하는 경우, 혹은 오류가 없는 프레임을 오류가 없다고 판단할 경우를 뜻한다. 또한 FP는 슬라이스 오류가 발생한 프레임을 슬라이스 오류가 발생하지 않았다고 판단하는 경우, 압축 오류가 발생한 프레임을 압축 오류가 발생하지 않았

표 1. 알고리즘 별 성능 비교

Table 1. Comparison accuracy of each algorithms.

SSCQE로 분리된 영상	제안한 방법(%)		FFT(%)	
	Sensitivity	Specificity	Sensitivity	Specificity
전송 오류에 의한 블록 열화된 영상	84.40	98.90	65.00	46.34
압축 오류에 의한 블록 열화된 영상	69.28	86.67	64.29	70.27
화질 손상 없는 영상	76.47	84.62	56.52	75.86

고 판단하는 경우, 혹은 오류가 있는 프레임을 오류가 없다고 판단할 경우를 뜻하며, TN 은 슬라이스 오류가 발생하지 않은 프레임을 오류가 발생하지 않았다고 판단할 경우, 압축 오류가 발생하지 않은 프레임을 압축 오류가 발생하지 않았다고 판단할 경우, 혹은 오류가 없는 프레임을 오류가 없다고 판단할 경우이다. 민감도는 슬라이스 오류가 나타난 그룹, 압축 오류가 나타난 그룹, 그리고 오류가 없는 그룹 중 어느 한 그룹에 속한다고 가정하였을 때, 정말 그 그룹에 속하는 것을 판단하는 확률이며, 특이도는 어느 한 그룹에 속하지 않는다고 가정하였을 때, 정말 그 그룹에 속하지 않는 것을 판단하는 확률이다. 슬라이스 전체적으로 블록 열화가 생기는 프레임에서는 민감도는 기존 알고리즘에 비하여 1.5배 정확하게 측정하였고, 특이도는 2배 정확하게 측정한 것을 확인 할 수 있었다. 프레임 전체적으로 블록 열화가 생기는 영상에서는 기존 알고리즘에 비하여 민감도는 1.1배 정확하게 측정하였고, 특이도는 1.2배 정확하게 측정한 것을 확인 할 수 있었으며 화질 손상이 없는 영상은 1.3배 정확한 민감도를 가지며, 1.1배 정확한 특이도를 가지는 것을 확인 할 수 있었다.

블록을 주파수 도메인으로 변환하는데 걸리는 시간 복잡도는 $O(n \log_2 n)$ 이 발생한다. 하지만 제안하는 방법은 블록의 평균을 구하는데 발생하는 시간 복잡도는 $O(n)$ 이 발생함으로 계산 복잡도가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

일부 슬라이스에 오류가 발생하여 블록 열화가 생긴 경우는, 주기성이 떨어지기 때문에 주파수 도메인에서 측정한 주기적인 값의 신뢰도가 떨어지게 된다. 하지만 제안한 방법은, 주기적인 특성을 보지 않고, 블록 열화의 정도와 측정된 블록 열화의 밀집도를 측정함으로써, 프레임 전체적으로 블록 열화가 나타나는지, 일부분에만 집중적으로 나타나는지 확인할 수 있다. 따라서 네트워크 파라미터를 이용하지 않고도 전송 오류를 확인할 수 있으며, 복호화된 프레임에서 전송 오류와 영상 압축에 의한 블록 열화를 효율적으로 측정할 수 있다. 또한 블록 열화의 원인을 밝힘으로써 주관적인 체감 화질에 대한 신뢰도를 높일 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는, IP 기반의 서비스되는 영상을 비참조 기반의 블록 열화를 측정하는 방법을 제안하였다. 제안

한 알고리즘을 이용하여 블록 열화를 측정한 결과, 전송 오류에 의하여 발생하는 블록 열화와 영상 압축에 의하여 발생하는 블록 열화를 효과적으로 측정되는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만, 제안하는 알고리즘은 각각 프레임의 블록 열화 정도는 측정할 수 있지만 시퀀스 전체의 블록 열화 정도는 평가할 수 없으며, 영상 압축에 의한 블록 열화가 심하고, 전송 오류에 의한 블록 열화가 약한 경우, 영상 압축에 의하여 저하된 영상보다 전송 오류에 의하여 저하된 영상의 화질 저하가 더 심하다고 판단하는 단점이 있다. SSCQE 방법으로 측정한 주관적 화질 측정과의 차이가 기존의 방법 대비 1.3배 정확도를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 추후 블록 열화 측정 알고리즘과 관련하여, 제안한 방법의 실시간 처리가 가능한 알고리즘으로 고안할 필요가 있다.

참 고 문 헌

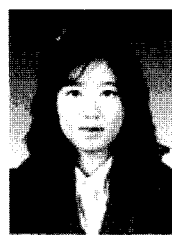
- [1] Z. Wang, A. C. Bovik, and B. L. Evan, "Blind measurement of blocking artifacts in images," *Conf. on Image Processing*, vol. 3, no. 1, pp. 981-984, Sept. 2000.
- [2] Z. Wang, H. R. Sheikh, and A. C. Bovik, "No-reference perceptual quality assessment of JPEG compressed images," *Conf. on Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 477-480, Sept. 2002.
- [3] D. O. Kim, D. G. Sim, and R. H. Park, "Joint feature-based visual quality assessment," *ELECTRONIC LETTERS 11th*, vol. 43, no. 21, pp. 1134-1135, Oct. 2007.
- [4] S. O. Lee, S. K. Park, and D. G. Sim, "Objective video quality evaluation method based on subjective visual features," *ICUCT 2007*, vol. 1, no. 1, pp. 87-92, Nov. 2007.
- [5] S. O. Lee and D. G. Sim, "New full-reference visual quality assessment based on human visual perception," *ICCE 2008*, vol. 1, no. 1, pp. 1-2, Jan. 2008.
- [6] H. Rui, C. Li, S. Qiu, and J. Chen, "Fast evaluation of packet loss impairment on MPEG-2 streaming video using fisher classifier," *Conf. on Signal Processing*, vol. 2, Aug. 2006.
- [7] S. Qiu, H. Rui, and L. Zhang, "No-reference perceptual quality assessment for streaming video based on simple end-to-end network measures," *ICNS 2006*, vol. 1, no. 1, pp. 53-53, Sept. 2006.

- [8] S. Tasaka and Y. Watanabe, "Real-time estimation of user-level QoS in audio-video IP transmission by using temporal and spatial quality," *Glo. Tele. Conf. 2007*, vol. 1, no. 1, pp. 2661-2666, Nov. 2007.
- [9] K. S. Jung, S. O. Lee, and D. G. Sim "Perceptual quality assessment method based on the parameter extraction from H.264/AVC bitstream," *IMQA 2008*, vol. 1, no. 1, pp. 61-66, Sept. 2008.
- [10] W. Kim, M. A. Hasan, C. Kim, J. Kim, H.W. Lee, and W. Ryu, "Measuring blocking artifacts for IPTV-based service quality evaluation," *ICACT 2008*, vol. 2, no. 1, pp. 1250-1253, Feb. 2008.
- [11] K. Watanabe, K. Yamagishi, J. Okamoto, and A. Takahashi, "Proposal of new QoE assessment approach for quality management of IPTV," *Conf. on Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 2060-2063, Oct. 2008.
- [12] K. Y. Kwak and R. A. Haddad, "Projection-based eigenvector decomposition for reduction of blocking artifacts of DCT coded image," *Conf. on Image Processing*, vol. 2, no. 1, pp. 527-530, Oct. 1995.
- [13] T. Yamada, Y. Miyamoto, and M. Serizawa, "No-reference video quality estimation based on error-concealment effectiveness," *Packet Video 2007*, vol. 1, no. 1, pp. 288-293, Nov. 2007.

— 저 자 소 개 —



이 선 오(학생회원)
2007년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
2007년~현재. 광운대학교 컴퓨터공학과 석박통합과정
<주관심분야 : 영상신호처리, IPTV, 영상품질평가, 영상 압축>



민 경 연(학생회원)
2009년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
2009년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사 과정
<주관심분야 : 분산코딩, 다시점 비디오 코딩>



심 동 규(정회원)
1999년 서강대학교 전자공학과 공학박사.
1999년~2000년 (주) 현대 전자.
2000년~2002년 (주) 바로 비전.
2002년~2005년 Univ. of Washington

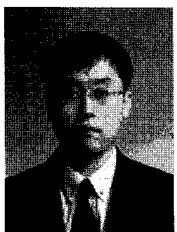
2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)
<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전>



김 진 술(정회원)
2001년 University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA 학사
2005년 한국정보통신대학교 석사
2008년 한국정보통신대학교 박사

2005년~2008년 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 네트워크 연구부 QPS 인프라 연구팀

2009년~현재 나사렛대학교 멀티미디어학과 교수
<주관심분야 : NGN, IPTV, Mobile IPTV, Ubiquitous Computing, Multimedia Communication, Voice/Video over IP>



이 현 우(정회원)
1993년 한국항공대학교 학사
1995년 한국항공대학교 석사
2005년 한국항공대학교 박사
1995년~현재 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 IPTV연구부 IPTV인프라 연구팀 팀장

<주관심분야 : Mobility, Wireless LAN, Interworking Technology, IPTV, VoIP>



류 원(정회원)
1983년 부산대학교 학사
1988년 서울대학교 석사
2000년 성균관대학교 박사
1989년~현재 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 IPTV연구부 부장

<주관심분야 : All-IP based Convergence Service & Control Plane, Mobility, NGN, Interworking Technology, VoIP, IPTV>