

특집논문-08-13-2-02

영상 특성을 고려한 스케일러블 비디오 기반 품질 메트릭

유 하 나^{a)}, 김 천 석^{b)}, 이 호 준^{b)}, 진 성 호^{a)}, 노 용 만^{a)†}

Quality Metric with Video Characteristics on Scalable Video Coding

Hana Yoo^{a)}, Cheon Seog Kim^{b)}, Ho Jun Lee^{b)}, Sung Ho Jin^{a)}, Yong Man Ro^{a)†}

요약

본 논문에서는 영상 특성에 제약 없이 적용 가능한 SVC 기반 범용 품질 메트릭을 제안한다. 이종 환경에서의 비디오 콘텐츠 소비가 증가하면서 서비스 품질(Quality of Service, QoS)은 중요한 이슈 중 하나가 되었다. 또한 스케일러블 비디오 코딩(Scalable Video Coding, SVC)은 하나의 부호화된 비트스트림이 공간적, 시간적 그리고 품질적으로 다양한 확장이 가능하다는 장점을 이유로 이종 환경에서 적응성이 높은 영상 부호화 기술로 주목받고 있다. 제한된 환경에서의 서비스 품질 보장을 위해서는 서비스의 사용 주체인 사람이 느끼는 주관적 비디오 품질이 고려되어야 한다. 주관적 품질은 영상의 시간적, 공간적 특성 모두에 영향을 받기 때문에 영상의 특성에 대한 고려 역시 중요하다. 제안하는 방법의 효율성은 실험을 통해 측정된 주관적 품질 값과 제안된 품질 메트릭을 이용해 측정된 품질 지수 사이의 상관계수를 이용하여 검증하였으며 제안하는 품질 메트릭은 SVC의 품질 확장 결정 기준으로 사용될 수 있다.

Abstract

In this paper, we proposed the quality metric based on SVC and the subjective quality. The proposed quality metric is for a general purpose. It means we can use it for any video sequences regardless of its temporal and spatial characteristics. The Quality of Service(QoS) is one of the important issues in heterogeneous environment which has diverse restrictions such as limited network bandwidth and limited display resolution. Scalable Video Coding(SVC) is the efficient video coding skill in heterogeneous environment. Because SVC can be adapted to various quality bitstreams using three scalabilities(spatial, temporal, and SNR) from one bitstream which has full scalability. To maximize the QoS in this environment, we should consider the subjective quality which is the viewer response. And also we should consider temporal and spatial characteristics of video sequence because the subjective quality is affected by temporal and spatial characteristics of video sequence. To verify the efficiency of the proposed method, we perform subjective assessments. The experimental results show that the proposed method has high correlation with subjective quality. The proposed method can be a decision tool of SVC bitstream extraction.

Keyword: video quality, quality metric, subjective quality, SVC

1. 서론

a) 한국정보통신대학교 영상 및 비디오 시스템 연구실
Information and Communications Univ. Image and Video Systems Lab.
b) (주) 코아 브리드 기술 연구소
CoreBrid Inc. Research and Development Center
† 교신저자 : 노용만(yro@icu.ac.kr)

최근 네트워크 환경은 급격히 변화하고 있으며 동시에 다기능, 고성능의 단말기가 등장함에 따라 비디오 콘텐츠 소비의 개인화, 다각화 그리고 모바일화가 가속되고 있다.

이와 같은 환경에서는 네트워크의 제약, 단말기의 디스플레이 크기의 제약 등이 존재하게 된다. 그렇기 때문에 제한된 환경을 고려하여 적응적 비디오 콘텐츠 서비스가 가능하게 하는 단말 대 단말 서비스 품질(End to End Quality of Service 이하, E2E QoS)을 보장하는 기술에 대한 중요성이 증가하고 있다.

E2E QoS를 보장할 수 있는 비디오 부호화 방법으로는 스케일러블 비디오 코딩(Scalable Video Coding 이하, SVC)이 있다. SVC는 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Expert Group)과 ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)가 공동 참여한 JVT(Joint Video Team)의 주도로 현재 표준화 완료 단계에 있는 비디오 부호화 기술이다. SVC는 서비스 품질을 제공함에 있어 공간적(spatial), 시간적(temporal), 품질적(SNR) 스케일러빌리티를 가지고 있으며 이들은 각각 영상의 해상도, 프레임 율, 화질을 고려한다. 세 가지 스케일러빌리티 조합을 통해 동일한 비트레이트 조건 하에서도 다양한 해상도, 프레임 율, 화질을 갖는 비디오 콘텐츠 생성이 가능하다. 이때 별도의 재부호화(transcoding) 작업이 필요하지 않기 때문에 낮은 복잡도로 이중의 네트워크 및 단말기 특성을 고려하여 비트스트림의 복원이 가능하다는 장점을 가지고 있다^{1,2)}.

제한된 소비 환경에서 서비스 품질을 최대화하기 위해서는 사용자의 품질 선호도 즉, 주관적 품질에 대한 이해가 요구된다. 주관적 품질이란, 서비스의 사용 주체인 사람이 느끼고 경험하는 실제적인 비디오 품질을 말한다. PSNR(Peak Signal to Noise Ratio), MSE(Mean Squared Error)과 같은 화소 값의 수학적 연산을 통해 품질을 수치화 한 객관적 품질 지표 방법은 실시간 적용이 가능하지만 인간의 시각 특성을 제대로 반영하지 못한다는 단점이 있다. 반면 주관적 품질은 사용자가 느끼는 품질을 측정할 수 있지만 시간적, 자원적 소모가 크다는 단점 때문에 실시간 방송 시스템 적용이 어렵다.

이와 같은 이유로 VQEG(Video Quality Expert Group)를 선두로 효율적인 품질 측정 방법에 대한 많은 연구³⁻⁷⁾가 이루어졌다. [3,4]의 연구에서는 원영상의 특징 값과 왜곡이 발생한 영상의 특징 값을 비교하여 왜곡 영상에 대한 품질 측정을 가능하게 하는 품질 메트릭을 제시하였다. 이

때 특징 값은 영상에 대한 주관적 품질과 HVS(Human Vision System) 특성을 반영할 수 있도록 영상의 에지, 텍스처, 컬러, 방향성 등을 이용한 값들로 선택하였다. [5]에서는 [3]에서 연구된 품질 메트릭을 이용하여 단말에서 소비하고 있는 영상에 대한 주관적 품질 측정이 가능한 품질 측정 시스템을 제안하였다. 하지만 [3,4,5]에서는 해상도와 프레임 율에 대한 선호도를 고려하지 않았기 때문에 원영상과 소비 영상간의 해상도, 프레임 율의 차이가 있을 경우 품질 측정이 불가능하다는 문제점을 가지고 있다. 즉, 품질 확장이 일어나는 SVC 적용에 문제점이 발생한다. 코딩 기술에 의해 다른 화질 특성을 갖기 때문에 특정 코딩 기술에 최적화된 품질 메트릭에 관한 연구⁶⁾는 진행되었지만 SVC의 해상도, 프레임 율, 화질의 품질 확장이라는 특성을 반영하여 SVC에 최적화되어 있는 품질 메트릭에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 [7]에서 제안한 품질 메트릭은 시간적, 품질적 스케일러빌리티만으로 구성되었기 때문에 해상도에 대한 선호도에 대한 고려가 제외되어 있다.

본 논문의 선행 연구로 [8,9]에서는 해상도에 대한 선호도까지 고려하여 SVC의 세 가지 스케일러빌리티 모두를 고려한 품질 메트릭을 제안한 바 있다. 하지만 선행 연구는 영상의 특성을 고려하지 않았기 때문에 영상의 종류, 특성 등에 제약 없이 적용 가능한 범용성 측면에서 개선의 여지를 가지고 있었다. 주관적 품질은 영상의 시간적, 공간적 특성에 영향을 받기 때문에^{3,4,10)} 영상의 특성에 대한 범용적 성능은 품질 메트릭에서 중요한 요소이다.

본 논문에서는 [8,9]에서의 연구를 기반으로 영상 특성에 범용성을 갖는 SVC 기반 품질 메트릭을 제안한다. 제안된 품질 메트릭은 SVC 비트스트림의 추출과정에서 동일한 비트레이트 조건에서 추출 가능한 비디오 품질들 중 최대의 서비스 품질을 만족하는 비디오 콘텐츠를 결정하는 기준으로 사용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에서 제안하는 품질 메트릭의 모델링을 위해 필요한 주관적 품질 측정 방법 및 실험 환경에 대하여 기술하였다. III장에서는 품질 측정을 통해 얻은 데이터 분석을 통해 제안하는 품질 메트릭을 모델링하는 과정, IV장에서는 III장에서 모델링한 품질 메트릭의 성능 검증 실험을 보였다. 그리고 마치

막 V장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 제시하였다.

II. 주관적 품질의 측정

주관적 품질 측정을 위한 실험 환경은 ITU-R Recommendation BT.500-11^[11]의 권고사항을 준수하였다. 평가자는 영상처리 비전공자 혹은 관련 전공자 16명으로 이루어져 있으며, 실험에 사용된 모니터는 DELL3007WFB로 기준 영상인 CIF 해상도 높이의 6배 고정된 거리에서 평가자가 영상을 시청할 수 있도록 하였다.

총 12종류의 영상이 품질 매트릭 모델링에 사용되었으며 영상 특성에 범용을 갖는 품질 매트릭을 위하여 다양한 공간적, 시간적 변화 값을 갖는 영상들로 구성하였다. 영상의 공간적 변화(Spatial Variance 이하, SV) 분류 기준으로는 MPEG-7 에지 히스토그램 알고리즘을 이용하였으며^[12], 시간적 변화(Temporal Variance 이하, TV) 분류 기준으로 MPEG-7 모션액티비티 값을 사용하였다^[13]. SV값은 식(1)과 같다.

$$SV = \frac{1}{i \times j} \sum_i \sum_j S_{ij} \quad (1)$$

식(1)에서 i와 j는 각각 프레임 번호와 에지 종류를 표시하는 인덱스로 프레임 하나에는 총 5종류의 에지가 존재한다. S_{ij} 는 i번째 프레임에서 j번째 에지 종류에 대한 edge histogram값의 평균값을 나타낸다.

각 영상은 공간적, 시간적, 품질적 스케일러빌리티의 고려를 위하여 각각 QCIF~CIF사이 6개의 해상도, 30, 15, 7.5 프레임 율(FR), [20, 45]사이 5간격 6개의 양자화 파라미터(Quantization Parameter 이하, QP)로 확장하였다. 가로, 세로 비율을 동일하게 유지하여 주관적 품질 측정에 영향을 주지 않도록 했으며, 15FR 영상은 각 프레임을 두 번, 7.5FR 영상은 네 번 반복하여 모든 영상이 240장의 프레임 8초 길이로 구성되도록 하였다. 확장된 영상들은 품질 매트릭을 모델링 하는데 선택적으로 이용되었으며 영상 선택 조건에 대해서는 III장에서 설명하도록 한다.

위와 같은 조건으로 생성된 영상을 이용하여 주관적 품질을 측정하는 방법은 차분 평균 의견 점수(Differential Mean Opinion Score 이하, DMOS)를 기반으로 한 이중 자극 화질 척도법(Double Stimulus Continuous Quality Scale)을 사용하였다^[11]. DMOS는 평가자들에게 기준 영상과 비교 영상을 보여주고 두 영상에 대한 주관적 품질을 물어 그 차이 값으로 비교 영상의 품질을 결정하는 방법이다. 본 논문에서는 기준 영상으로 열화가 발생하지 않은 CIF 크기, 30FR의 영상을 사용하였다.

주관적 품질 데이터 값(SQDMOS)은 DMOS방식을 통해 얻어지며 비교 영상에 대한 품질 값과 기준 영상에 대한 품질 값의 차이로 얻어진다. 이 때 평가자가 제시한 기준 영상에 대한 품질 값과 비교 영상에 대한 품질 값은 [0, 100]의 범위로 수치화된다. SQDMOS값이 0에 가까울수록 비교 영상의 열화 정도가 작다는 것을 의미하며 반대로 0에서 멀어질수록 열화의 정도가 심하다는 것을 의미하며 이 때 음수 값을 갖는다.

제안하는 품질 매트릭 점수는 [0, 100]사이 값을 가지며 100일 때 최상의 품질을 나타내기 때문에 모델링의 편의성을 위하여 SQDMOS값을 식(2)과 같이 SQ(Subjective Quality)값으로 모델링하여 품질 매트릭 점수와 같은 [0, 100]사이 값을 갖도록 하였다

$$SQ = SQ_{DMOS} + 100 \quad (2)$$

III. 범용적 품질 매트릭

주관적 품질은 SV, TV의 영향을 받기 때문에^[3,4,10] 본 논문에서 제안하는 범용적 품질 매트릭을 위해서는 SV와 TV 모두를 고려하여 주관적 품질을 반영해야 한다. III장에서는 SV, TV를 고려한 SVC 기반 품질 매트릭 모델링 과정에 대하여 언급한다.

1. 시간적, 품질적 스케일러빌리티를 고려한 매트릭

[7,8,9]에서는 공간적 스케일러빌리티를 고려하지 않은

품질 메트릭의 경우 고정된 프레임 울에서 주관적 품질이 PSNR과 선형적 관계를 갖는다고 보고 식(3)과 같이 정의하였다.

$$QM = \alpha PSNR + \beta TV(30 - FR) \quad (3)$$

식(3)에서 α , β 는 주관적 품질과의 높은 선형적 매핑을 돕기 위해 유도된 계수 값으로 계수 값을 유도하는 과정은 3절에서 자세히 설명하도록 한다. 식(3)에서 QM은 Quality Metric을 나타내며 두 번째 항인 FR과 TV로 이루어진 항은 PSNR항과 QM값 사이의 선형적 매핑을 돕는 오프셋 항으로 작용한다. 하지만 실제 주관적 품질과 PSNR사이의 관계는 이들 외에 SV값에도 영향을 받는다.^[3,4]

이를 품질 메트릭 모델링에 적용하기 위해서는 SV값에 따라 달라지는 SQ와 PSNR간의 관계를 얻어야 한다. SQ와 PSNR간의 관계는 II장에서 언급한 12종류의 영상에 대하여 프레임 울과 해상도를 각각 30FR, CIF로 고정, 6종류 QP값 조합으로 얻은 72개의 영상을 실험에 사용하여 유도하였으며 그 결과는 그림 1과 같다.

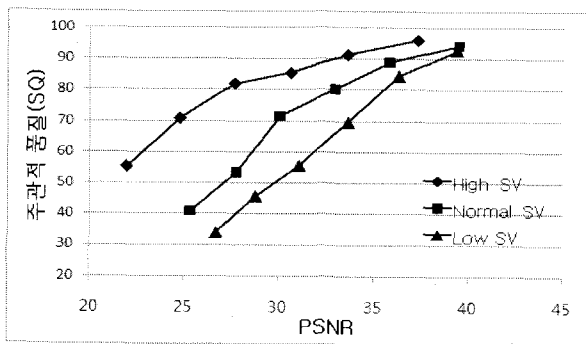


그림 1. SV값에 따라 달라지는 SQ와 PSNR간의 그래프
Fig 1. SQ with PSNR according to SV

그림 1에서 SV의 레벨은 High, Normal, Low로 구분하였다. 구분 기준은 MPEG-7 Edge Histogram의 양자화 테이블 값^[14]을 이용하여 High SV는 $0.17 < SV \leq 0.40$, Normal SV는 $0.09 < SV \leq 0.17$, Low SV는 $0.01 \leq SV \leq 0.09$ 로 구분하였다. 72개 영상을 이용하여 SV값에 따라 달라지는 PSNR-SQ간의 관계를 얻은 결과는 식(4)와 같다.

$$PSNR_{SV} = PSNR_{Normal}^{1.54 - 7.61SV} \quad (4)$$

식(4)의 $PSNR_{SV}$ 는 SV값에 따라 달라지는 PSNR과 SQ간의 관계를 나타내는 것으로 $PSNR_{SV}$ 를 모델링한 이유는 PSNR보다 SQ를 더 잘 반영하기 위함이다. $PSNR_{Normal}$ 은 [20, 45]사이의 PSNR 값을 [0, 1]사이 값으로 정규화 한 값이다. 평가자가 PSNR값 45이상의 비교 영상의 경우 원본 영상과 차이를 느끼지 못하고 SQ값이 100으로 유지되었다. 또한 제공되는 영상의 최저 품질이 보장된다는 가정 아래 최저 PSNR 값을 20으로 결정하였다.

그림 1에서 보는 것과 같이 PSNR과 SQ간의 관계는 PSNR값이 증가할수록 SQ값이 100에 가까워지며 기울기가 감소하는 지수함수 형태를 보이며 SV값이 커질수록 지수함수의 기울기가 작아지는 것을 알 수 있다. 이것은 동일한 PSNR값을 갖는 영상들에서 SV값이 큰 영상의 경우 더 높은 품질로 인식한다는 것을 의미한다.

그렇기 때문에 식(3)과 같이 단순한 선형관계로 모델링할 경우 특정 SV값에서 주관적 품질의 반영이 어려워진다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 PSNR대신 $PSNR_{SV}$ 를 이용하였다. 지수함수의 지수 식 $1.54 - 7.61SV$ 는 영상의 SV값과 이에 따라 달라지는 SQ-PSNR관계 지수함수의 기울기 값 사이의 변화를 모델링하여 얻었다. 식(4)를 이용한 품질적, 시간적 스케일러블리티가 고려된 품질 메트릭 $QM_{SNR, Temporal}$ 은 식(5)과 같이 표현될 수 있다.

$$QM_{SNR, Temporal} = \alpha PSNR_{SV} + \beta TV(30 - FR) \quad (5)$$

식(5)에서 α , β 는 식(3)에서의 α , β 와 같이 주관적 품질과의 높은 선형적 매핑을 돕기 위해 유도된 임의의 계수 값이다.

그림 2는 전체 72개의 영상을 이용한 실험을 통해 측정된 SV값에 따라 달라지는 주관적 품질과의 상관계수(Correlation coefficient)값을 나타낸 것이다. 점선은 PSNR을 나타내며 실선은 식(4)에서 제안된 $PSNR_{SV}$ 을 의미한다. High SV영역에서 PSNR과 SQ간의 상관관계가 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 SV를 고려하지 않고 단순히 PSNR만을 반영하는 품질 메트릭의 경우 큰 SV값을 가지고 있는

영상에 대해서는 품질 메트릭의 성능이 떨어진다는 것을 의미한다.

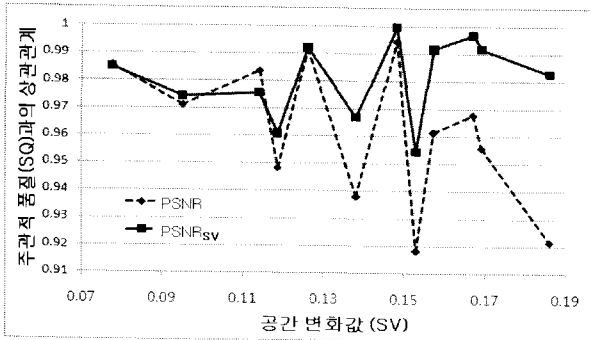


그림 2. SV값에 따라 달라지는 SQ와 PSNRsv, PSNR의 상관계수
Fig 2. Correlation coefficient of PSNRsv, PSNR with SQ according to SV

2. 공간적 스케일러빌리티를 고려한 메트릭

영상의 해상도에 관한 주관적 품질은 SV값에 영향을 받는다^[10]. 이를 고려하기 위해서는 SV값에 의해 달라지는 주관적 품질과 영상의 해상도 간의 관계를 알아보아야 한다. 주관적 품질과 해상도 간의 관계를 얻기 위해 실시한 공간적 스케일러빌리티가 고려된 품질 메트릭 모델링 실험 조건은 다음과 같다. FR과 QP값은 각각 30, 35로 고정한 12 종류의 영상을 이용하였으며 각각의 영상에서 QCIF~CIF 범위의 해상도를 갖는 6개의 공간적 스케일러빌리티를 확

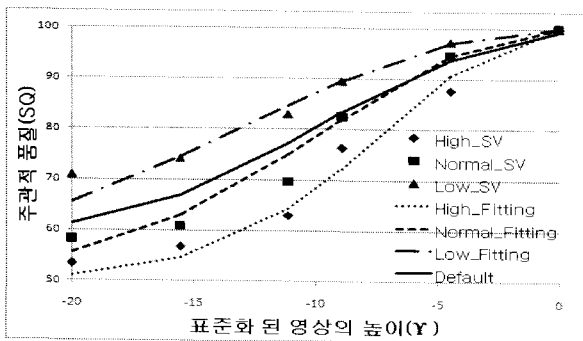


그림 3. SV값에 따라 달라지는 SQ-해상도 그래프
Fig 3. SQ with standardized resolution according to SV

장시켜 총 72개의 영상을 실험에 이용하였다. 실험 결과 얻어진 해상도와 SQ사이의 관계는 그림 3과 같다.

그림 3에서 SV에 따른 영상의 분류는 그림 2에서 분류한 것과 동일한 방법을 사용하였다. 가로축인 표준화 된 영상의 높이는 품질 메트릭 모델링의 용이성을 위하여 QCIF~CIF사이 영상의 높이를 -20~0 값으로 변환한 값이며 그 변환 식은 식(6)과 같다.

$$\gamma = \frac{x - 288}{7.2} \tag{6}$$

식 (6)의 x는 영상의 높이를 나타낸다. 그림 3에서 각 표시점은 High SV, Normal SV, Low SV에서 서로 다른 크기의 영상에 대한 주관적 품질 값을 나타내며 점선들은 SV분류 그룹들을 대상으로 식(7)을 이용하여 모델링 한 결과이다. 비교를 위하여 [8]에서 제안되었던 공간적 품질 메트릭 결과를 Default로 명시한 실선으로 표시했다. 식(7)은 SV를 고려한 공간 해상도에 대한 주관적 품질 선호도 모델링 결과이다.

$$QM_{spatial} = 50 + 50e^{-0.5\left(\frac{\gamma}{21.57 - 83.48SV}\right)^2} \tag{7}$$

식(7)에서 QM_{spatial}은 공간적 스케일러빌리티가 고려된 품질 메트릭을 나타낸다. 식(7)의 계수들은 QM_{spatial}이 QM과 동일한 범위인 [0, 100]을 가질 수 있도록 정해주었다. 그림 3에서 보이듯이 주관적 품질의 변화 형태가 0을 중심으로 하는 Gaussian함수와 유사하기 때문에 식(7)과 같이 Gaussian함수를 이용하여 공간적 품질 메트릭을 모델링 하였다.

또한 SV값이 커질수록 Gaussian함수의 기울기가 커지는 것을 알 수 있다. 이를 통해 동일한 해상도를 갖는 영상들에서 SV값이 큰 영상의 경우 상대적으로 SV값이 작은 영상보다 더 낮은 품질로 인식한다는 것을 알 수 있다. 식(7)에서 Gaussian함수의 지수 값은 영상의 SV값에 따라 달라지는 SQ-해상도 관계 Gaussian함수의 기울기 값과 SV사이의 관계를 이용하여 모델링한 결과 식이다.

그림 3에서 식(7)을 이용한 모델링 결과인 $QM_{spatial}$ 과 SV를 고려하지 않은 품질 메트릭인 Default을 비교해보면 Normal SV에서는 $QM_{spatial}$ 과 Default가 유사하지만 High SV, Low SV의 경우 많은 오류 값이 생기는 문제점을 가지고 있다.

그림 4는 SV값에 따라 달라지는 $QM_{spatial}$ 과 주관적 품질, Default와 주관적 품질과의 상관관계 값을 보여준다.

그림 4에서 주관적 품질 결과와 Default의 상관계수를 확인해보면 High SV와 Low SV에서 상관계수가 감소하는 것을 볼 수 있으며 특히 Low SV영역에서 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이것은 SV를 고려하지 않는 공간적 품질 메트릭의 경우 큰 SV혹은 작은 SV값을 가지고 있는 영상에 대해서는 성능이 떨어진다는 것을 의미한다.

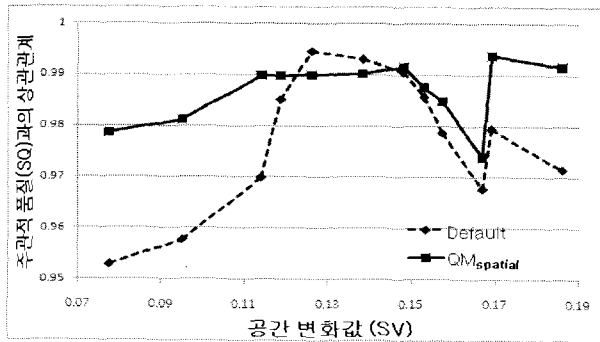


그림 4. SV값에 따라 달라지는 SQ와 $QM_{spatial}$, Default와의 상관계수
Fig 4. Correlation coefficient of $QM_{spatial}$, Default with SQ according to SV

3. 품질, 공간, 시간적 스케일러빌리티를 고려한 메트릭

본 논문에서는 각 스케일러빌리티에 대한 모델링 결과인 식(5), (7)을 이용하여 범용 목적의 품질 메트릭을 제안한다. 제안하는 품질 메트릭 정의는 식(8)과 같다.

$$QM = \alpha f(PSNR, SV) + \beta f(FR, TV) + \gamma f(Size, SV) + \delta \quad (8)$$

식(8)에서 $f(PSNR, SV)+f(FR, TV)$ 는 식(5)의 QM_{SNR}

Temporal이다. 그리고 $f(Size, SV)$ 는 SV값에 따른 주관적 품질과 영상의 해상도와의 관계식인 식(7)의 $QM_{spatial}$ 를 나타내며 δ 는 선형적 매핑을 위한 상수 값이다.

모든 스케일러빌리티가 다양하게 조합된 영상들에 대한 주관적 품질 데이터를 얻기 위하여 12종류의 영상 중 3종류의 영상을 선택하였다. 3개의 QP(25, 35, 50), 3개의 FR(30, 15, 7.5), 3개의 해상도(QCIF, 256x208, CIF)를 조합한 27개의 품질, 총 81개의 영상이 실험에 사용되었으며 QP값은 식(8)의 PSNR값을 결정한다.

각 영상에 대한 SV, PSNR, FR, 영상의 높이 값을 이용하여 식(5), (7)에서 모델링된 $f(PSNR, SV)$, $f(FR, TV)$, $f(Size, SV)$ 값을 얻을 수 있으며 이 값들과 실험을 통해 얻은 주관적 품질 값을 이용해 QM이 주관적 품질 값과 높은 상관관계를 가질 수 있게 해주는 계수($\alpha, \beta, \gamma, \delta$)값들을 유도하게 된다. 주관적 품질 값과 높은 상관계수를 갖도록 하는 계수($\alpha, \beta, \gamma, \delta$)를 얻기 위하여 최소 자승법(Least Square Method, LSM)을 기반으로 하는 선형 회귀 분석(Multiple Regression Analysis)을 이용하였다.

그 결과 얻어진 최종 품질 메트릭은 식(9)과 같다.

$$QM = 0.84 + 77.4 \left(\frac{PSNR - 20}{25} \right)^{1.54 - 7.61SV} + 0.14TV(30 - FR) + 19.97e^{-0.5 \left(\frac{x - 288}{7.2} \right)^2} \quad (9)$$

IV. 검증 및 분석

IV장에서는 III장에서 제안한 품질 메트릭 식(9)을 이용하여 식(9)의 모델링과정에 사용되지 않은 3종류의 영상 샘플을 이용해 실제 본 논문에서 제안한 품질 메트릭의 효율성과 우수성을 검증하기 위한 실험을 진행하였다.

3종류의 실험 영상을 III장 3절에서 언급한 것과 같은 동일한 조건으로 3개의 해상도와 3개의 FR, 그리고 3개의 QP값으로 품질 확장을 실시한 총 81개의 영상을 검증에 이용하였다. 검증 영상은 제안된 품질 메트릭이 특정 영상에 특화되어 있지 않음을 보이기 위하여 서로 다른 TV, SV값을 갖는 영상들로 구성하였다. 영상은 작은 TV와 작

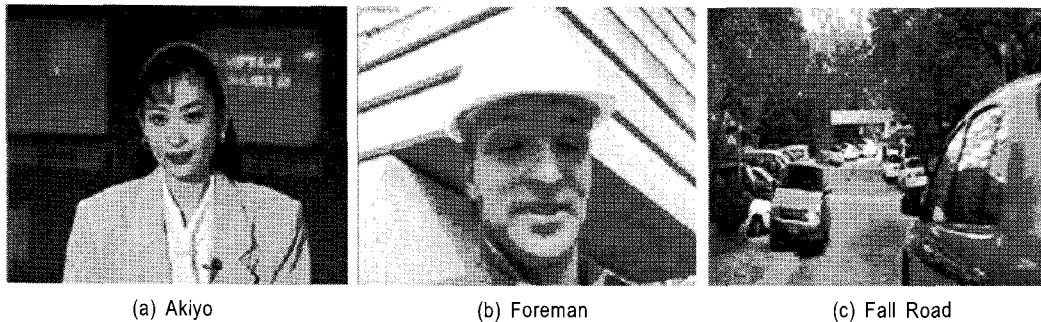


그림 5. 검증 실험 영상
Fig 5. Verification video sequence

은 SV 값을 갖는 Akiyo, 큰 값의 TV와 작은 값의 SV를 갖는 Foreman, 중간 값의 TV와 큰 값의 SV를 갖는 Fall Road이다. 각 영상의 SV값은 Akiyo, Foreman, Fall Road 각각 0.09, 0.12, 2.76이고 TV값은 1, 2.76, 1.21이다. 실험 영상은 그림 6에 나타내었으며 실험 조건 및 환경은 II장에서 언급한 방법과 동일하다.

검증 결과는 표 1에서 객관적 품질 지표인 PSNR, 범용성이 고려되지 않았던 선행 연구인 VQM^[8] 그리고 본 논문에서 제안하는 품질 매트릭(QM)과의 성능 비교로 나타내었다.

표 1. 주관적 품질과의 상관계수
Table 1. Correlation coefficient of SQ

영상	PSNR	VQM ^[8]	QM
Akiyo	0.90	0.92	0.97
Foreman	0.81	0.94	0.95
Fall Road	0.60	0.85	0.97
평균	0.79	0.90	0.96

품질 매트릭의 성능은 품질 매트릭으로 얻어진 품질 점수와 실제 실험을 통해 얻은 주관적 품질 점수와의 상관계수를 이용하여 비교하였다. 표 1에서 볼 수 있듯이 SVC의 스케일러빌리티를 모두 고려하지만 영상의 특성은 고려하지 않는 방법인 VQM^[8]이 PSNR만을 이용하는 것보다 높은 성능을 보이지만 Akiyo, Foreman, Fall Road간의 성능의 차이를 보이는 단점을 갖는다.

이와 같은 성능의 차이를 보이는 이유는 VQM^[8]은

Foreman과 비슷한 SV값을 갖는 영상들만을 이용하여 품질 매트릭 모델링을 진행하였기 때문이다. Foreman의 SV값은 0.12로 본 논문에서 구분한 SV레벨 중 Normal SV에 해당한다. 그림 3에서 제시되었듯이 VQM^[8]에서 사용하였던 PSNR이 $PSNR_{SV}$ 와 비교하여 High SV에서 성능 저하가 발생한다.

마찬가지로 그림 5에서 [7]에서 사용한 품질 모델링 방법인 Default가 본 논문에서 제안하는 방법인 $QM_{Spatial}$ 과 비교하여 Normal SV에서는 비슷한 성능을 보이지만 Low SV, Normal SV에서 성능이 저하된다. 그 이유는 [7]의 연구에서는 Normal SV영역에 속하는 영상에 대하여 제한적인 품질 모델링이 진행되었기 때문이었다. 즉, 영상의 범용 측면에서 문제점이 발생하는 것이다.

그런 이유로 VQM^[8]은 Low SV영상인 Akiyo와 High SV 영상인 Fall Road에서는 QM과 큰 성능의 차이를 보이는 것이다. High SV인 Fall Road에서 더 큰 성능 저하가 일어나는 이유는 PSNR이 주관적 품질에 가장 크게 작용하는 요소이며^[7] High SV영역에서 PSNR과 SQ간의 상관계수가 Low SV에 비하여 크게 감소하기 때문이다.

반면에 본 논문에서 제안하는 방법은 SV, TV모두를 고려하였기 때문에 TV값은 물론 SV값에도 제한을 받지 않고 전 영역의 영상에서 우수한 성능을 보였다. 이를 통해 제안하는 방법이 영상 특성에 영향을 받지 않고 모든 영상에 대하여 우수한 성능을 보이는 것으로 그 효율성을 검증할 수 있다.

V. 결 론

멀티미디어 소비의 개인화, 다각화가 증가하면서 이중의 소비 환경에 적응적으로 대처할 수 있는 기술은 더욱 발전할 것이다. 본 논문에서 제안하였던 SVC의 세 가지 스케일러빌리티를 지원하며 동시에 영상 특성에 대한 범용성을 갖는 품질 메트릭은 소비 환경에 대한 적응성을 높이는데 중요한 기술이 될 것이다. 제안한 방법은 실제 측정된 주관적 품질과 평균 0.96의 높은 상관관계를 보였으며 모든 영상 특성에서 높은 성능을 보여 범용성에서도 우수함을 보였다.

제안된 품질 메트릭이 높은 서비스 품질을 보장하는 품질 결정 기준으로 사용되기 위해서 모바일 환경에서 발생 가능한 비트레이트 변동, 전송 에러 등을 고려하는 방법에 관한 연구가 차후 진행될 계획이다. 또한 이와 같은 품질 메트릭을 적용한 이중 환경에서의 SVC기반 비디오 콘텐츠 서비스 제공 시스템에 관한 연구 역시 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Heiko Schwarz, Detlev Marpe, Thomas Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 17, No. 9, pp. 1103-1120, September, 2007
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6: Joint Draft 9 SVC Amendment, January, 2007
- [3] Stephen Wolf, Margaret Pinson, "Video Quality Measurement Techniques," NTIA Report 02-392, 2002
- [4] EePing Ong, XiaoKang Yang, Weisi Lin, Zhongkang Lu, Susu Yao, "Perceptual Quality Metric For Compressed Videos," International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing 2005, Vol. 2, pp.581-584, March, 2005
- [5] Margaret Pinson, Stephen Wolf, "A New Standardized Method for Objectively Measuring Video Quality," IEEE Transaction on Broadcasting, Vol. 50, No.3, pp312-446, September, 2004
- [6] Pedro Cuenca, Luis Orozco-Barbosa, Antonio Carrido, Francisco Quiles, "Study of Video Quality Metrics for MPEG-2 Based Video Communications," Communications, Computers and Signal Processing, 1999 IEEE Pacific Rim Conference on, pp.280-283, August, 1999
- [7] Rosario Fechal, Filippo Speranza, Demin Wang, and Andre Vincent, "Video Quality Metric for Bit Rate Control via Joint Adjustment of Quantization and Frame Rate," IEEE Transaction on Broadcasting, Vol. 53, No.1, pp.441-446, March, 2007
- [8] Cheon Seog Kim, Dongjun Suh, Tae Meon Bae, Yong Man Ro, "Quality Metric for H.264/AVC Scalable Video Coding with Full Scalability," SPIE, Vol. 6492, pp.64921P-1-P-12, January, 2007
- [9] 서동준, 김천석, 배태면, 노용만, "확장 가능한 영상 부호화에서 전 확 장성을 고려한 품질 메트릭," 한국방송공학회 논문지 제 12권, 제 2호, pp.102-111, March, 2007
- [10] Rafael C. Gonzalez, Richard E.Woods, "Digital Image Processing 2nd edition", Prentice Hall, London, pp.61-63, 2002
- [11] ITU-R Recommendation BT.500-11: "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," pp.15-18, 2002
- [12] Chee Sun Won, Dong Kwon Park, Soo-Jun Park, "Efficient Use of MPEG-7 Edge Histogram Descriptor," ETRI Journal, Vol. 24, No. 1, pp.23-30, February, 2002
- [13] Thomas Sikora, "The Mpeg-7 Visual Standard for Content Description-An Overview," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 11, No. 6, pp.696-702, June, 2001
- [14] ISO/IEC 15938-3: Information technology-Multimedia content description interface-Part 3: Visual, First edition, pp.63-65, May, 2002

저 자 소 개



유 하나

- 2005년 : 인하대학교 전자공학과 학사
- 2005년 ~ 2006년 : 삼성전자 LCD총괄 연구원
- 2006년~현재 : 한국정보통신대학교 공학석사 과정
- 주관심분야 : Video quality, SVC, Video adaptation, Error concealment

저 자 소 개



김 천 석

- 1981년 : 고려대학교 전기공학과 석사
- 1984년 : 대한전선 입사
- 1982년 : 한국보안공사 기술 연구소 책임 연구원
- 2003년 : (주)IVSystem 대표이사
- 2005년 : 한국정보통신대학교 박사 수료
- 2007년 : (주)코야브리드 기술연구소장
- 주관심분야 : Video quality, MPEG-7 MDS, MPEG-21, Mobile programming



이 호 준

- 2001년 : 관동대학교 전자공학과 학사
- 2003년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2005년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사 수료
- 2004년 ~ 2005년 : 한국파워보이스 연구원
- 2005년 ~ 현재 : (주)코야브리드 기술연구소 연구원
- 주관심분야 : Video quality, MPEG-7 MDS, MPEG-21, Mobile programming



진 성 호

- 2000년 : 중앙대학교 제어계측공학과 학사
- 2002년 : 한국정보통신대학교 석사
- 2007년 : 한국정보통신대학교 박사
- 2007년 ~ 현재 : 기술보증기금 기술평가센터
- 주관심분야 : 이미지/비디오 인덱싱, 이미지/비디오 처리 및 분석, MPEG-7, 디지털 방송



노 용 만

- 1985년 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1987년 : KAIST 전기공학과 석사
- 1992년 : KAIST 전기공학과 박사
- 1992년~1995년 : Dept of Radiological Science University of California Irvine 초빙연구원
- 1997년~현재 : 한국정보통신대학교 정교수
- 주관심분야 : 이미지/미디어 처리 및 분석, MPEG-7, 특징인식, 이미지/비디오 인덱싱