

Mobile IPTV 서비스를 위한 적응형 미디어 영상품질 측정 및 평가 기술 연구

이경희* · 이현우** · 심동규*** · 이선오****

1. 서 론

기존에는 독립적으로 존재하던 전화, 방송, 인터넷 서비스들이 방송의 디지털화와 광대역 유무선 통신 기술의 발전으로 IP 코어 망을 통해 융합하는 추세가 보편화되고 있다. 다양한 산업 간의 벽을 허무는 대표적 융합 서비스인 IPTV는 전세계 280여 개 이상의 사업자들에 의해 시범 또는 상용 서비스가 제공되고 있으며[1], 음성, 데이터 및 방송이라는 세 가지 미디어의 결합을 의미하는 TPS(Triple Play Service)에서 한걸음 더 나아가 이동성 지원 서비스를 추가하는 QPS(Quadruple Play Service)로 발전하고 있다[2].

Mobile IPTV로 대변되는 이동형 IPTV 서비스는 유선의 품질과 안정성, 무선의 이동성과 편리성이 결합된 유무선 통합(FMC: Fixed-Mobile Convergence) 환경 기반의 서비스로 정의된다

[3]. 이는 무선랜, 와이브로, 3G/4G 등 다양한 무선 통신 기술을 기반으로 실시간 방송 뿐 아니라 주문형 비디오(VoD: Video on Demand), 인터넷, 전자상거래 등 다양한 양방향 멀티미디어 콘텐츠를 언제 어디서나 손쉽게 접할 수 있도록 해 주는 차세대 IPTV 서비스로 많은 기대를 받고 있다. 이러한 Mobile IPTV 서비스 제공을 위해서는 사용자의 위치나 단말의 종류에 무관하게 끊임없는 실시간 콘텐츠를 이용할 수 있도록 하는 이동성 지원 기술 뿐 아니라 네트워크 전송품질(QoS) 및 사용자의 체감품질(QoE: Quality of Experience)을 관리하는 기술이 필수적이다[4]. 특히 다양한 특성을 갖는 단말과 무선 액세스 망의 수용을 고려했을 때 서비스 환경 변화에 동적으로 적응하는 미디어 처리/전송 기술 및 이에 대한 효율적인 품질관리 기술의 중요성이 더욱 부각된다.

유동적인 네트워크 및 단말 상황에 따라 동적으로 적응하는 미디어 스트림 전송을 위해 개발된 SVC (Scalable Video Coding; the Annex G of the MPEG-4 part10/AVC) 표준 기술은 이와 같은 맥락에서 Mobile IPTV 서비스를 위한 주요 솔루션을 제시하고 있다[5]. SVC는 동적으로 변화하는 서비스 환경에 따라 계층적으로 스트림을 선택할 수 있도록 영상의 크기(Spatial Scalability), 시간당 프레임 수(Temporal Scalability), 양자화 계수(SNR Scalability)를 조절하여 다양

* 교신저자(Corresponding Author) : 이경희, 주소 : 대전 유성구 가정로 138번(305-700), 전화 : 042)860-6584, FAX : 042)860-5479, E-mail : leekhe@etri.re.kr

* 한국전자통신연구원 선임연구원

** 한국전자통신연구원 팀장

(E-mail : hwlee@etri.re.kr)

*** 광운대학교 컴퓨터공학과 부교수

(E-mail : dgsim@kw.ac.kr)

**** 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정

(E-mail : seon-oh@kw.ac.kr)

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI001928, 유무선 환경의 개방형 IPTV (IPTV2.0) 기술개발]

한 크기의 비트스트림을 압축, 복원 및 전송할 수 있는 기능을 제공한다. 이를 통해 사용자는 단일 콘텐츠에 대한 서비스 연속성을 유지하면서 자신이 처한 서비스 환경에 맞는 최적의 미디어 스트림을 지속적으로 공급받을 수 있게 된다.

SVC를 이용한 환경적응형 미디어 전송에 있어 가장 중요한 요소 중 하나로, 송수신 비트스트림을 효과적으로 조절하기 위한 근거 수집을 들 수 있다. IPTV 등 실시간 멀티미디어 서비스 제공에 있어 필수적인 QoS/QoE 모니터링은 이러한 비트스트림 조절에 활용될 수 있는 유용한 정보를 제공한다. 직관적인 방안으로 통신 대역폭(Bandwidth), 패킷손실(Packet Loss Rate), 통신 지연(Delay), 지연 변화(Jitter) 등 네트워크 상태를 직접적으로 파악할 수 있는 QoS 지표를 이용하는 것을 생각할 수 있다. 그러나 네트워크에서의 QoS 변화가 단말의 미디어 품질에 반영되는 정도는 다양한 복호화기 성능 및 에러 복원기능에 따라 많은 차이를 보이게 된다. 이를 고려하면 사용자가 느끼는 QoE 변화 지표를 SVC 비트스트림 제어에 직접적으로 활용하는 것이 더욱 유효한 방안이라 할 수 있다.

본 논문에서는 SVC 기반의 Mobile IPTV 서비스에 효율적으로 적용할 수 있는 원본 무참조 방식의 영상품질 측정 및 평가 알고리즘을 제안한다. 제안되는 알고리즘은 SVC의 계층적 비트스트림 구조를 고려하여, 기본 계층(Base-layer)의 복원 영상에 대한 직접적인 품질지표 측정 및 향상 계층(Enhanced-layer)의 복원에 이용되는 복호화 파라미터 정보를 이용한 품질 평가를 병행하여 적용하는 특징을 갖는다. 이를 통해 사용자 단말에서 요구되는 연산 복잡도를 최소화하면서도 정확한 영상품질 평가 결과를 얻을 수 있는 효과를 제공한다. 제안되는 알고리즘은 사용자 단말에서 느끼는 주관적인 QoE 관리를 위해 유

용한 정보를 수집할 수 있도록 할 뿐 아니라, SVC 기반의 미디어 전송에서 비트스트림 계층 조절을 위한 적절한 지표를 제공할 수 있다는 점에 의의가 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상 품질 측정 및 평가에 관련된 기존 기술 및 SVC 비디오 압축표준에 대해서 살펴본다. 3장에서 본 논문을 통해 제안되는 알고리즘에 대해 상세히 설명하며, 4장에서 해당 알고리즘의 구현을 통한 실험 결과 및 분석 내용을 기술한다. 마지막으로 5장에서 논문의 결론을 맺고 향후 연구방향을 논한다.

2. 관련 기술 동향

2.1 영상품질 평가 알고리즘의 범주와 특징

영상 품질 평가에 있어, 주관적 품질 평가의 유효성이 강조됨에 따라 주관적 화질 평가를 대체할 수 있는 객관적 화질 평가 방법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 ITU(International Telecommunication Union)와 VQEG(Video Quality Experts Group)의 전문가들을 중심으로 이러한 기술에 대한 표준화 작업이 지속적으로 이루어지고 있으며, 최근들어 IPTV 관련 표준화가 활발하게 진행되면서 이와 관련된 미디어의 QoS/QoE에 관한 이슈가 중요한 쟁점으로 부각되고 있다[6-9]. 영상품질 평가 기술은 화질의 평가를 위해 이용하는 정보의 종류와 양에 따라 몇 가지 범주로 나누어지고, 표준화 역시 이러한 범주와 적용하는 어플리케이션에 따라 나누어진다.

우선 미디어 스트림의 전송 또는 저장에 이루어진 후, 복호화 과정을 거쳐 복원된 신호를 이용하여 영상의 품질을 평가하는 방법이 있다. 이러한 방법은 해당 영상의 품질을 평가함에 있어 참

조 영상, 즉 손상되기 이전 영상의 정보를 이용하는 정도에 따라 구분된다. 참조 영상의 모든 정보를 이용하는 전참조법(FR: Full-Reference), 참조 영상에서 추출된 일부 정보를 이용하는 감소참조법(RR: Reduced-Reference), 그리고 참조 영상 정보를 전혀 이용하지 않는 무참조법(NR: No-Reference) 등이 이에 해당된다[10]. FR 방법과 RR 방법은 정확한 평가 결과를 얻을 수 있지만, 참조 영상에 대한 정보를 추가적으로 전송해야 하는 문제가 있어 실제 서비스 환경에 대한 적용성이 떨어진다. 반면 NR 방법은 품질 평가를 위해 추가적으로 전송되어야 하는 정보가 없지만, 측정 결과의 유효성이 상대적으로 부족한 문제를 가지고 있다.

복원된 영상 신호를 이용하지 않고 복원되기 이전의 비트스트림 정보 혹은 복원 과정에서 발생하는 파라미터 등을 이용하여 복원 영상의 품질을 예측, 평가 하는 방법이 있다. VQEG에서 표준화가 진행 중인 P.NAMS (Non-intrusive Parametric Model)[11]과 P.NBAMS (Non-intrusive Parametric Bit-stream Model)[12] 방식은 각각 전송되는 패킷의 헤더 정보만을 이용하여 미디어의 품질을 평가하거나 헤더정보에 추가적으로 압축된 비트스트림 정보를 이용하는 방법으로 화질 평가를 수행한다. 이 두 가지 방식은 NR 방법과 같이 추가적으로 전송 및 저장되어야 하는 정보를 요구하지 않으면서도 품질측정 결과에 있어서 RR이나 FR 이상의 유효성을 보여주기 때문에, 영상정보를 직접 이용하는 기존 방법의 문제점을 해결할 수 있는 기술로 주목받고 있다.

본 논문에서 제안되는 알고리즘은 SVC 비트스트림에 포함되어 있는 정보와 복호화 과정에서 발생하는 파라미터를 이용하여 복원 영상의 체감 품질을 측정하는 P.NBAMS 방식과 NR 방식이

결합된 형태라 할 수 있다.

2.2 SVC 영상 압축 표준

안정된 유선 네트워크를 기반으로 고정된 사용자 단말에 콘텐츠를 전달하는 기존의 IPTV 서비스와 달리, 통신 품질 및 단말 특성이 수시로 변화할 수 있는 Mobile IPTV 환경에서는 SVC와 같은 적응형 미디어 처리 및 전송 기술이 적용될 가능성이 높다고 할 수 있다. 이를 가능하게 하는 SVC의 복수계층 압축 구조는 동일한 콘텐츠를 모바일, SD급, HD급의 다양한 단말에 제공할 수 있다는 점에서 또한 차세대 IPTV 서비스를 위한 영상 압축 기술로 가장 유력하게 고려되고 있다[9].

SVC가 네트워크 상황에 유연할 수 있도록 하는 가장 큰 특징은 하나의 영상을 복수 계층의 다양한 비트스트림으로 나누어 압축할 수 있다는 점이다. 복수 계층의 비트스트림들은 크게 하나의 기본 계층(Base-layer) 비트스트림과 이를 보조하는 다수의 향상 계층(Enhanced-layer) 비트스트림들로 나눌 수 있다. 기본 계층의 비트스트림만을 이용하여도 해당 계층에 해당하는 품질의 영상을 단독으로 복원할 수 있으며, 추가적으로 향상 계층의 비트스트림을 이용하면 기본 계층만 이용하는 것 보다 더욱 품질이 향상된 영상을 복원할 수 있는 구조이다. 향상 계층 비트스트림이 포함하고 있는 정보의 종류에 따라 기본 계층에서 영상의 크기(Spatial Scalability) 및 시간당 프레임 수(Temporal Scalability)를 증가시키거나 에러(SNR Scalability)를 감소시킬 수 있고, 이러한 향상 계층 비트스트림 종류들을 다양하게 조합할 수도 있다. 본 논문에서는 Mobile IPTV를 위한 영상 압축 기술로 유력히 고려되고 있는 SVC의 구조 및 특징에 부합되는 화질 측정/평가 알고리즘을 제안한다.

3. 제안되는 알고리즘

2장에서 살펴본 바와 같이, SVC 비디오 스트림은 기본 계층 영상을 위한 비트스트림과 향상 계층을 위한 추가 비트스트림으로 구분된다. 기본 계층을 위한 비트스트림은 최소한의 영상 복원을 위해서 어떠한 경우에도 반드시 포함되어야 하지만, 향상 계층을 위한 비트스트림은 화질 보강의 종류와 정도에 따라 다양하게 구성될 수 있다. 이에 착안하여 본 논문에서는 모든 SVC 미디어 스트림에 포함되는 기본 계층에 대해서는 복원된 영상 신호를 직접 이용하여 품질 평가를 수행하고, 향상 계층이 추가로 존재할 경우 각 향상 계층의 복호화 파라미터를 이용하여 품질 향상 정도를 예측 평가한 다음 이를 종합하여 최종적인 품질 평가 결과를 도출하는 알고리즘을 제안한다. 이러한 특징은 다양한 향상 계층이 존재할 수 있는 SVC 기반 비트스트림 구조에 유연하게 대처할 수 있는 장점을 제공한다.

3.1 기본 계층에서의 선행 품질평가

SVC 기본 계층 비트스트림에 의해 전달되는 영상은 독립적으로 복원이 가능하며, 본 논문에서는 기본 계층 비트스트림으로부터 복원된 영상을 이용해 선행 품질평가를 수행한다. 이 절에서는 기본 계층 복원 영상에 대해 Block 에러를 NR 방식으로 측정하는 알고리즘에 대해 기술한다.

SVC는 기존의 영상 압축 기술에서 많이 사용된 블록 기반 압축 방식을 채택하고 있다. 블록 기반 압축 방식이란 전체 영상을 다수의 작은 블록으로 나누어 각각의 블록을 압축하는 방식으로, 이러한 방식으로 압축 및 복원된 영상은 에러가 블록 단위로 생기는 문제 때문에 블록간의 경계가 있는 것처럼 에러가 나타나는 특징이 있다.

이러한 에러는 규칙적으로 나타나는 점 때문에 원본 영상 없이 영상의 품질을 평가하는 NR 품질 평가 방식에서 가장 유효한 결과를 도출한다.

본 논문에서는 이러한 블록 에러를 검출하기 위해 영상 신호를 주파수 영역으로 변환하여, 규칙적으로 나타나는 신호의 크기를 계산한다. 블록 에러 구분을 용이하게 하기 위해, 주파수 영역으로의 변환은 영상 신호가 아닌 공간 영역에서의 차분 신호를 이용한다. 영상의 고주파 영역을 검출하기 위한 1차 미분 방정식은 아래와 같다.

$$f_{ABS}DiffVertical(i, j) = |f(i, j+1) - f(i, j)|$$

$$f_{ABS}DiffHorizontal(i, j) = |f(i+1, j) - f(i, j)|$$

$f(i, j)$ 는 영상의 ij 좌표 화소의 밝기 값을 나타내며, 각각 수직/수평 방향으로 1차 미분의 절대값을 취한 결과는 아래와 같다.

$$f_{ABS}DiffVertical(i, j), f_{ABS}DiffHorizontal(i, j)$$

이는 영상의 평탄한 부분을 0에 가까운 값으로 만들고, 영상의 고유한 에지를 구하며, 규칙적으로 나타나는 블록 경계를 구분하기 쉽게 한다. 일반적인 자연 영상의 에지는 규칙적인 주기가 존재하는 경우가 드물지만, 이러한 1차 미분을 수행함으로써 주기적인 블록 현상이 더욱 강하게 나타나게 되고, 이렇게 계산된 결과에 절대값을 취하여 그 강도를 측정한다.

이후 1차 미분한 결과를 DFT(Discrete Fourier Transform)을 사용하여 주파수 도메인으로 변환한다. NR 방식의 화질 측정은 원본영상에 관한 아무런 정보도 없이 화질을 측정해야 하기 때문에 원본영상의 주파수 특성을 예측하기 위해서 DFT가 필요하다. DFT를 적용함에 있어서도 다양한 해상도의 영상에 대한 측정이 가능하도록 하기 위해, DFT를 적용하는 샘플링 신호의 개수를 32개로 한정하였다. 32개의 픽셀에 대하여

DFT를 수행하면 32n번째 픽셀에 존재하는 블록 경계에 대한 측정을 수행할 수 없게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최초의 샘플 취득 단계에서 4픽셀만큼 이동하여(32n+4) 32n 번째 경계를 포함할 수 있도록 하였다(그림 1).

영상의 1차 미분한 결과에 대한 DFT를 수행하여 주파수 특성을 살펴보면 주기적인 고주파 성분이 포함되어 있음을 알 수 있다. 이러한 고주파 성분들은 한 프레임 내의 DFT 결과를 모두 누적하면 특정 주파수의 강도가 임펄스 형태로 강하게 나타나게 된다. 그림 2는 DFT 결과들을 한 프레임에 대해 모두 누적한 주파수 특성을 보여준다.

그림 2의 주기적인 임펄스 형태의 고주파 성분은 공간도메인상의 블록 열화현상에 의해 나타나는 것이다. 원본영상을 필요로 하지 않는 비참조 방식의 블록현상 측정을 위하여 원본 영상의 주파수 특성에 대한 예측이 필요하다. 예측을 통해 임펄스 형태의 주파수 특성을 보이는 위치에서의 차를 구함으로써 블록 열화현상의 강도를 구한다. 블록 열화현상에 의한 임펄스 신호가 발생하는 주기를 알 수 있기 때문에 해당 위치 전후의 값에 대한 선형 보간법(Linear Interpolation)을

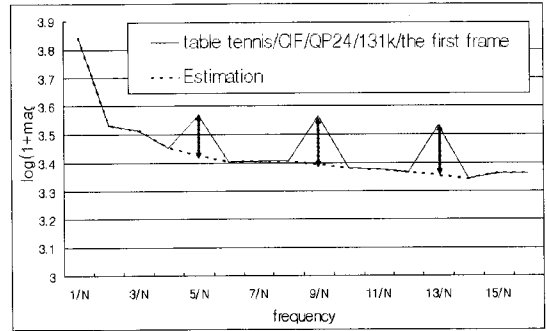


그림 2. Table 압축 영상의 주파수 특성

적용하여 원본 영상의 주파수 신호를 예측하였다.

3.2 향상 계층에서의 선행 품질평가

향상 계층의 비트스트림은 기본 계층의 데이터 외에 최종 영상을 복원하기 위해 추가적으로 필요한 정보만을 포함한다. 이러한 향상 계층 정보는 인코딩 방법에 따라 다양한 형태들의 조합으로 이루어질 수 있다. 따라서 향상 계층의 선행 품질평가는 해당 향상 계층에 의해 추가되는 정보를 통해 기본 계층의 품질이 얼마나 향상되었는지의 정도를 나타내게 하는 것이 효과적이다. 이를 위해 본 논문에서는 영상품질의 향상 정도를 나타낼 수 있는 파라미터들을 추출하여 향상 계층의 선행 품질평가에 반영한다.

3.2.1 Spatial Scalability 관련 파라미터

(1) 해상도(Resolution)

SVC에서 제공하는 Spatial Scalability는 영상의 해상도를 서비스 환경에 따라 다양하게 제공할 수 있도록 해준다. 단순히 영상의 해상도만으로는 품질의 좋고 나쁨을 논하기가 어려우므로, 실제 어플리케이션에서 작은 해상도를 갖는 영상의 경우 단말의 디스플레이 장치 크기로 확대하여 시청하는 경우가 많을 것으로 가정하고 큰 해상도의 영상에 가중치를 조금 더 두는 것으로 알고리즘에 반영하였다.

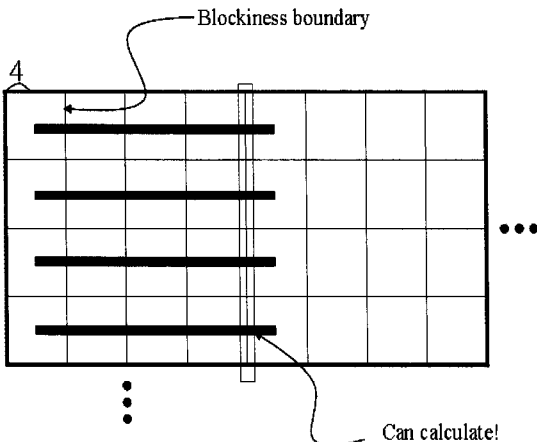


그림 1. DFT를 위한 Sub-sampling

(2) Intra BL/Intra BL SKIP 모드 비율

향상 계층, 즉 해상도가 더 큰 영상을 압축함에 있어 기본 계층의 영상 정보를 이용할 수 있는데, 이는 MB(Macro Block, 16×16) 단위로 이루어진다. 이러한 모드로 영상이 압축되었을 경우 Intra BL/Intra BL SKIP 모드로 표시하게 되므로, 해당 모드가 한 프레임에서 차지하는 비율을 계산하면 기본 계층과의 유사도를 얻어낼 수 있다. 본 알고리즘에서는 이를 향상 계층 영상의 채감품질 평가에 반영하였다.

(3) MVD(Motion Vector Difference)

기본 계층의 정보 중 영상 신호를 참조하는 것 외에 대응되는 위치의 MV를 참조할 수도 있다. 이 경우 향상계층의 pMV(predicted MV)로 기본 계층의 MV를 이용하고, 나머지 차분 정보를 따로 보내주는데 이것이 MVD 이다. MVD 정보가 클수록 기본계층 정보와 차이가 많이 나는 것으로 간주하여, 기본 계층에 비해 향상 계층의 품질이 향상된 것으로 알고리즘에 반영하였다.

(4) 차분신호 에너지(Residual energy)

상위 계층에 추가적으로 전송하는 차분값은 하위계층 차분값과의 차이만을 전송하기 때문에 추가적으로 전송되는 차분값 에너지의 크기에 따라 상위 계층의 품질이 하위 계층에 비해 얼마나 더 좋아졌는지를 측정할 수 있다. 차분신호 에너지가 클수록 하위 계층에 비해 상위 계층의 영상 품질이 더 좋아진 것으로 판단하여 이를 해당 계층의 품질평가에 반영하였다.

3.2.2 Temporal Scalability 관련 파라미터

Temporal Scalability를 이용할 경우 단위시간 당 압축/전송 되는 프레임의 수를 다양하게 설정할 수 있다. 단순히 단위시간 당 프레임의 수만을 고려할 경우, 화질이 좋지 않은 여러 장의 프레임을 보여주는 것 보다 화질이 나은 소수의 프레임을

을 보여주는 것이 더 낫다고 평가하는 경우가 있다. 따라서 Temporal Scalability 측면에서는 영상 자체의 품질이 좋지 않을 때 FPS(Frame Per Second)를 줄이지 않으면 화질이 더욱 나빠지는 것으로 판단하며, FPS를 줄이는 경우 화질 평가에 추가적인 변형을 가하지 않는 범위 내에서 Temporal Scalability를 화질 평가에 반영한다.

3.2.3 Temporal Scalability 관련 파라미터

(1) QPD(Quantization Parameter Difference)

SNR Scalability는 동일한 크기의 영상에서 양자화 파라미터(QP: Quantization Parameter)의 크기를 조절함으로써 손실되는 신호의 양을 달리 하여 영상의 품질을 나누어 계층을 구분하는 방식이다. 이때 기본 계층의 QP와 향상 계층의 QP 크기 차이를 향상 계층의 비트스트림 정보 내에 포함하여 영상을 복원하는데 이용한다. 두 계층 간의 QP 차이가 클수록 향상 계층의 품질 향상 정도가 클 가능성이 매우 높기 때문에 이를 알고리즘에 반영하였다.

(2) 차분신호 에너지(Residual Energy)

차분 신호 에너지는 Spatial Scalability에서 사용되는 차분 신호 에너지와 동일한 방식으로 사용되며, 본 논문에서 제안되는 알고리즘에 적용하는 방식 또한 동일하다.

3.2.4 향상 계층 복호화 정보 반영

향상 계층의 추가 정보들은 여러 가지 방식으로 기본 계층 영상의 품질을 향상시키는 것들로, 해당 정보들을 이용하면 기본 계층 영상의 품질에 비해 향상 계층 영상의 품질이 얼마나 더 좋아졌는지를 알아낼 수 있다. 본 절에서 언급한 다양한 파라미터를 이용하여 향상된 품질 정도를 나타내는 품질 평가 척도를 추출할 수 있다.

$$EQR = \left(\frac{(RE_SP + RE_SN) + MVD_A}{Intra_BL_R} \times (1 + QP_R) \right) \times (1 + FPS_R)$$

there is no value
 → RE_SP, RE_SN, MVD_A, QP_R, FPS_R = 0
 → Intra_BL_R = 1

RE는 차분신호 에너지를 의미하는 것으로 위 식에서 RE_SP는 Spatial Scalability의 차분값을, RE_SN은 SNR Scalability의 차분값을 나타낸다. MVD_A는 MVD의 평균을 의미하고 Intra_BL_R은 전체 프레임에서 Intra_BL 모드의 비율을 의미한다. 그 외에 QP_R은 기본 계층과 향상 계층의 줄어든 QP 크기 비율을 의미하고 FPS_R은 단위시간 당 프레임 수가 증가된 비율을 의미한다. 그리고 향상 계층의 조합에 따라 값이 존재하지 않는 경우 Intra_B_R는 1을, 나머지는 0을 할당함으로써 다양한 향상계층 조합의 경우를 유연하게 반영할 수 있다.

3.2.4 최종 영상에 대한 종합 품질평가

SVC를 이용하여 압축된 비디오 비트스트림은 다양한 계층의 조합으로 이루어질 수 있다. 이는 기본 계층만으로 이루어지는 경우도 포함하는 것으로, 이러한 경우 기본 계층에서의 선행 품질평가 결과를 그대로 최종 결과로 이용한다. 또한, 향상 계층이 추가적으로 이용되는 경우는 기본 계층에서의 선행 품질평가 결과에 향상 계층에서의 선행 품질평가 결과를 곱하는 형태로 최종 영상에 대한 종합 품질평가 결과를 얻는다.

4. 실험결과 및 분석

본 논문에서 제안되는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 7개의 영상을 SVC로 압축 및 복원하여 사용하였다. 그림 3의 (a)~(d)는 실험에 사용된 영상들의 일부를 보여준다.

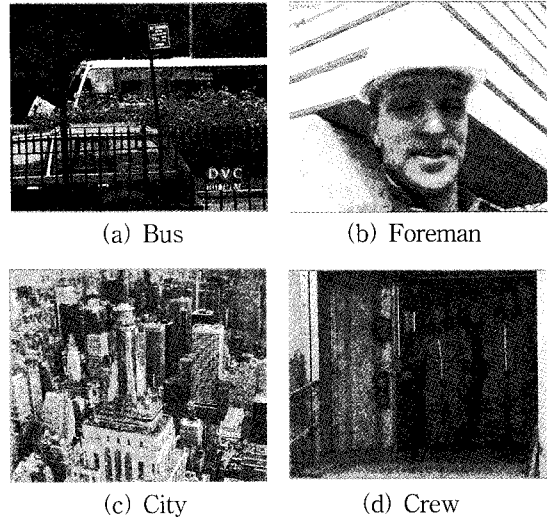


그림 3. 실험에 사용된 영상

각 복원된 영상에 대해 사용자가 주관적으로 느끼는 화질을 평가하고, 이를 기준으로 제안하는 알고리즘의 화질 평가 결과를 비교하는 것으로 성능을 평가하였다. 주관적 화질을 평가하기 위해 ITU-T P.910 표준의 ACR(Absolute Category Rating) 방법을 이용하였고[13], 총 15명의 영상 비전문가들이 실험에 참여하였다.

해상도가 각기 다른 영상을 원래의 해상도로 보여줬을 때 사람들이 평가하는 화질이 동일한 추세로 나타나지 않는 점에 착안하여, 본 실험에서는 디스플레이 장치의 크기가 동일한 어플리케이션으로 가정하고 해상도가 다른 영상들은 CIF(352×288) 해상도로 변환하여 주관적 화질을 측정하였다. 각 영상은 QCIF(176×144) 영상을 기본 계층(layer 0)으로 하고 여기에 다양한 향상 계층을 추가하여 압축하였다. 표 1은 실험 영상을 압축하는데 사용한 각 계층의 특징을 보여준다.

표 1에서 확인할 수 있는 것처럼, 기본 계층(Layer 0)을 QCIF 해상도 및 Base QP로 압축하였고 향상 계층은 Layer 1이 기본 계층과 같은 QP에 해상도가 향상된 CIF, Layer 2 및 3은 기본

표 1. 실험에 사용된 SVC 계층 세부정보

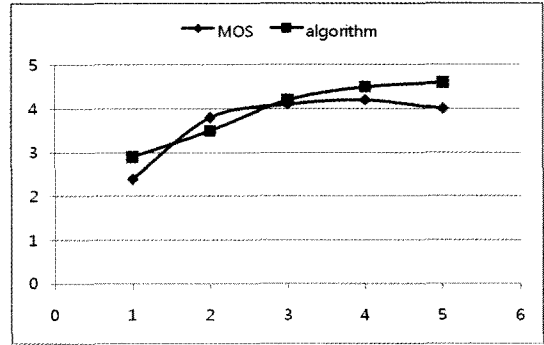
Layer	0	1	2	3	4
Resolution	QCIF 176 ×144	CIF 352 ×288	CIF 352 ×288	CIF 352 ×288	4CIF 704 ×576
QP (Base : 30/36/42)	Base	Base	Base -6	Base -12	Base

계층에 비해 각각 6, 12만큼 감소한 QP값을 적용하였다. 마지막 향상 계층인 Layer 4는 기본 계층과 동일한 QP 값을 이용하고, 16배 큰 해상도를 적용하였다. 또한 기본 계층의 QP 값을 30, 36, 42로 달리 적용하여 실험 영상을 제작하였다.

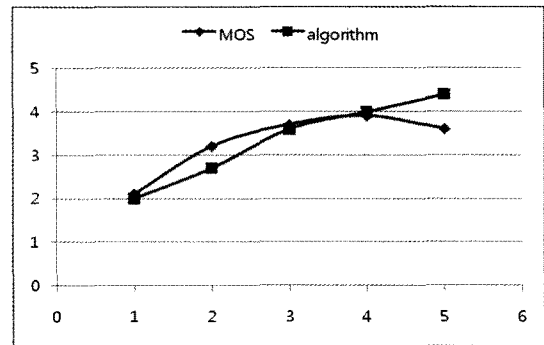
Bus 영상에 대한 실험 참여자들의 주관적인 화질 평가 결과(MOS; Mean Opinion Score)와 알고리즘이 평가한 결과를 비교해 보면, 그림 4와 같이 대체로 비슷한 추세를 보여준다.

그림 4의 (a), (b), (c)는 각각 기본 계층의 QP값이 각각 30, 36, 42 값으로 압축한 경우의 실험 결과들이다. X축은 표 1의 계층을 나타내며, 기본 계층(Layer 0)은 1로, 그 외 향상 계층(Layer 1~4)들은 2~5로 표시되었다. Y축은 0~5 범위의 MOS 값으로, 값이 클수록 화질이 좋다는 것을 의미한다. "MOS"는 시험 참여자들에 의한 주관적 화질 측정 결과이며, "algorithm"은 제안하는 알고리즘을 이용한 화질 측정 결과이다.

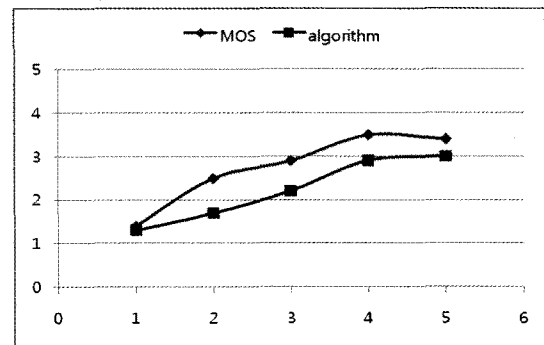
대체로 QP가 증가하면서 layer가 증가하면 화질이 좋아지는 추세를 보여주고 있으며, Bus 영상의 경우 에러의 크기도 크지 않은 편이다. 다만, Layer 3과 4를 비교해보면 지속적으로 증가하는 추세가 이어지지 않는 경우가 있다. 이는, 두 가지 계층의 영상의 해상도를 동일하게 맞추어 보여주는 것에서 생길 수 있는 현상으로, 낮은 QP의 CIF 영상과 높은 QP의 4CIF 영상을 동일한 해상도로 실험자들에게 보여줄 때 QP가 낮은 CIF 영상의



(a) Base QP = 30



(b) Base QP = 36



(c) Base QP = 42

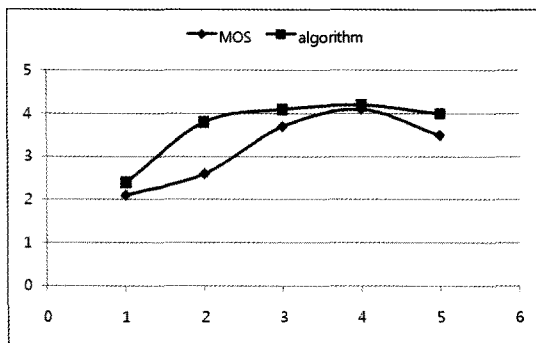
그림 4. Bus 영상에 대한 품질 측정 결과

화질이 더 좋다고 느끼는 경우가 있기 때문에, 이러한 현상에 기인한 것으로 분석할 수 있다. 또한 QP 30의 (a) 그림을 보면 사람들이 느끼는 주관적 화질이 일정 정도 이상의 수준에 도달하면 증가하는 데이터 량에 비례하여 증가하지 않을 수도 있다는 것을 확인할 수 있다.

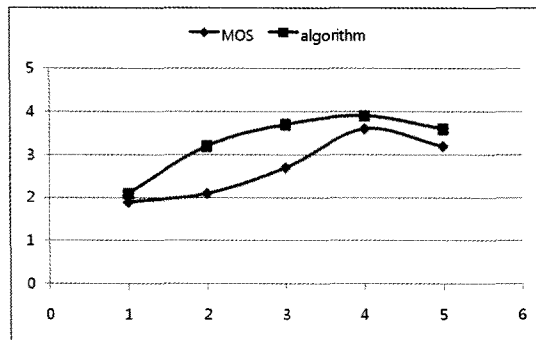
그림 5는 Foreman 영상에 대한 품질 측정 결과

로 (a)~(c)의 QP는 그림 4의 Bus와 동일한 기준을 적용하였다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 Foreman 영상에서도 Layer 3과 Layer 4간의 MOS 역전 현상이 지속적으로 나타나고 있으며, 예러는 대체적으로 Bus 영상에 비해 큰 편으로 나타났다. 화질이 낮은 부분에서 알고리즘에 의한 평가 결과와 MOS 간의 차이가 크게 나타나고 있어, 사람

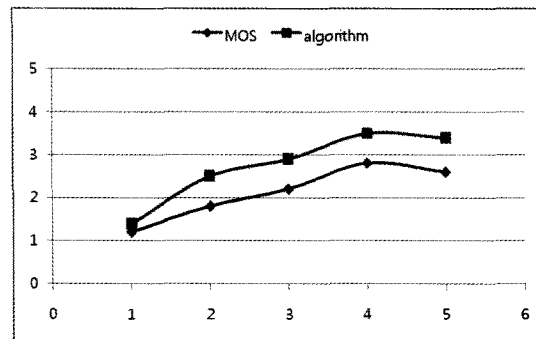
이 느끼는 화질은 화소의 많고 적음에 의한 차이보다 QP 크기에 의한 화질 차이를 좀 더 탄력적으로 느끼는 것을 확인할 수 있다. 이 외에 나머지 실험 영상들에 대한 측정 결과도 그림 4, 5와 비슷한 결과를 보여주었고, 전체 실험 결과에 대한 제안 알고리즘의 Pearson Correlation은 0.8837로 나와 비교적 우수한 성능을 보이는 것으로 확인되었다.



(a) Base QP = 30



(b) Base QP = 36



(c) Base QP = 42

그림 5. Foreman 영상에 대한 품질 측정 결과

5. 결 론

본 논문에서는 Mobile IPTV와 같이 다양한 무선 통신 환경을 기반으로 하는 실시간 멀티미디어 서비스에 적합한 영상 체감품질(QoE) 측정 및 평가 알고리즘을 제안하였다. 제안되는 알고리즘은 원본 영상과의 비교를 필요로 하지 않는 무참조(NR) 방식 화질 측정 기능을 지원하며, SVC 계층적 비트스트림 구조를 고려하여 기본 계층 복원 영상에 대한 직접적인 품질지표 측정 및 향상 계층의 복호화 파라미터 정보를 이용한 품질 평가를 병행하여 적용하는 특징을 갖는다. 이를 통해 사용자 단말에서 보여지는 영상의 QoE 관리를 위한 정보를 수집할 수 있을 뿐 아니라, SVC 기반의 미디어 전송에서 비트스트림 계층 조절을 위한 적절한 지표를 얻을 수 있다.

제안된 알고리즘의 구현을 통해 성능 평가 실험을 수행하였으며, 다수의 실험 영상에 대해 사용자가 느끼는 주관적인 체감품질 및 알고리즘에 의해 평가된 품질 결과가 높은 유사성을 나타냄을 보였다. 향후 연구방향으로는 SVC의 기본 계층 복원 영상에 대해 무참조 방식으로 적용할 수 있는 품질 평가 지표를 더욱 다양화하고 각각의 지표에 대한 효율적인 측정 알고리즘을 개발함으로써 알고리즘의 정확성 및 유효성을 높이는 연구를 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김민정, 박영준, 고순주, "IPTV 서비스 추진 동향 및 전망," 전자통신동향분석, 21(2), pp. 53-65, 2006.
- [2] 이재신, "IPTV 서비스의 발전 방향," 동서연론, 11, pp. 297-328, 2008.
- [3] 류원, 이현우, 이병선, "유무선 복합 컨버전스 서비스 동향 및 전망," 주간기술동향, 1318, pp. 25-34, 2007.
- [4] 이경희, 윤장우, 류원, 김봉태, "IPTV2.0 서비스를 위한 네트워크 기술," 임베디드공학회 논문지, 3권 4호, pp. 218-228, 2008.
- [5] ITU-T Recommendation H.264, "Advanced video coding for generic audiovisual services," JVT, 2009.
- [6] ISO/IEC international standard 13818-1/ ITU-T Recommendation H.222.0 "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: System," 2006.
- [7] Stefan Winkler, "Digital Video Quality (Vision Models And Metrics)," John Wiley & Sons Inc., 2005.
- [8] VQEG Draft Version 1.11, "Multimedia Group TEST PLAN," VQEG Multimedia Working Group (MM), 2006.
- [9] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding Sstandard," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.13, No. 7, pp. 560-576, 2003.
- [10] ITU-T Draft Recommendation G.IPTV-PMMM, "IPTV Performance monitoring - Measurement methods," 2010.
- [11] ITU-T Draft Recommendation P.NAMS, "Non-intrusive Parametric Model for Assessment of Performance of Multimedia Streaming," 2010.
- [12] ITU-T Draft Recommendation P.NBAMS, "Non-intrusive Bit-stream Model for Assessment of Performance of Multimedia Streaming," 2010.
- [13] ITU-T Recommendation P.910, "Subjective Video Quality Assessment Methods for Multimedia Applications," 2008.



이 경 희

- 1991년~1999년 광운대학교 전자계산학과 학사
- 1999년~2000년 한국정보통신대학교 공학부 석사
- 2000년~2006년 한국정보통신대학교 공학부 박사
- 2006년~현재 한국전자통신연구원 융합서비스네트워킹 연구팀 선임연구원
- 관심분야 : 이동성 관리, IPTV, 인터넷 QoS, NGN, 미래 네트워크



심 동 규

- 1989년~1993년 서강대학교 전자공학과 학사
- 1993년~1995년 서강대학교 전자공학과 석사
- 1995년~1999년 서강대학교 전자공학과 박사
- 1999년~2000년 (주) 현대전자
- 2000년~2002년 (주) 바로비전
- 2002년~2005년 Univ. of Washington
- 2002년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 부교수
- 관심분야 : 영상신호처리, 영상 압축, 컴퓨터비전, 미디어 품질 측정



이 현 우

- 1989년~1993년 한국항공대학교 항공전자공학과 학사
- 1993년~1995년 한국항공대학교 정보통신공학과 석사
- 2000년~2005년 한국항공대학교 정보통신공학과 박사
- 1995년~현재 한국전자통신연구원 융합서비스네트워킹 연구팀 팀장
- 관심분야 : 서비스 제어기술, 통신망 연동, 트래픽 혼잡 제어



이 선 오

- 2002년~2007년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2007년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 석박통합과정
- 관심분야 : 영상신호처리, 미디어 품질 측정, 멀티미디어 시스템