

SVC 비디오 스트리밍 서비스의 체감 품질 보장을 위한 품질 적응 기법

(A Quality Adaptation Scheme to Guarantee the Quality of Experience on SVC Video Streaming Services)

고 상 기[†] 정 광 수^{**}
(Sangki Ko) (Kwangsoo Chung)

요약 기존의 스트리밍 품질 적응 기법들은 네트워크의 혼잡상황에서 네트워크의 안정성을 향상시키는데 반해 스트리밍 서비스의 빈번한 재생품질 변화로 인해 사용자에게 제공되는 스트리밍 서비스의 체감품질을 보장하지 못한다. 본 논문에서는 SVC(스케일러블 비디오 코딩) 비디오 스트리밍 서비스의 체감품질을 보장하기 위해, 네트워크 상태 변화를 고려한 스트리밍 품질 적응 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 미디어 특성을 고려한 가용대역폭 측정 기법을 이용하여 네트워크의 가용대역폭을 측정하고, 측정된 가용대역폭을 기반으로 전송되는 SVC 비디오 스트림의 품질 변화를 부드럽게 조절한다. 실험을 통해 제안하는 기법이 재생품질의 변화를 최소화하여 스트리밍 서비스의 체감 품질을 보장할 수 있음을 확인하였다.

키워드 : 품질 적응 기법, 비디오 스트리밍, 가용대역폭 측정, 체감품질, SVC(스케일러블 비디오 코딩)

Abstract Existing quality adaptation schemes are useful for improving network stability in a congested

- 본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 지식경제부의 전략기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구결과임
- 이 논문은 2010 한국컴퓨터종합학술대회에서 'SVC 비디오 스트리밍 서비스의 체감 품질 보장을 위한 품질 적응 기법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 광운대학교 전자통신공학과
skko@adams.kw.ac.kr

^{**} 종신회원 : 광운대학교 전자통신공학과 교수
kchung@kw.ac.kr

논문접수 : 2010년 8월 5일
심사완료 : 2010년 9월 10일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제10호(2010.10)

network, but these schemes do not guarantee the quality of experience on video streaming due to the frequent variations in playback quality for a streaming service. In this paper, we propose a network-adaptive quality adaptation scheme to guarantee the quality of experience on SVC(Scalable Video Coding) video streaming. The proposed scheme estimates the available bandwidth by bandwidth measurement scheme using media characteristic, and then smoothly adjusts the quality level of SVC video stream according to the estimated bandwidth. Through the simulation, we prove that our scheme guarantees the quality of experience for video streaming by minimizing quality variation.

Key words : Quality adaptation, Video streaming, Available bandwidth estimation, Quality of experience, SVC(Scalable Video Coding)

1. 서론

최근 들어 IPTV 서비스로 대표되는 방송과 통신의 기능을 결합한 통방융합서비스의 출현으로 광대역 인터넷 망을 통한 HD급의 고품질 멀티미디어 스트리밍 서비스에 관한 관심이 증가하고 있다. 이러한 서비스의 변화는 최선형 서비스(Best-effort)를 제공하는 광대역 인터넷 망을 통해 대용량의 HD급 고품질 비디오 데이터가 전송되므로 네트워크의 혼잡 상황을 야기한다. 네트워크 혼잡 상황에서 발생하는 무분별한 데이터 손실은 멀티미디어 스트리밍의 서비스 품질을 보장하지 못하는 문제점을 가진다. 네트워크 혼잡 상황에서 기존의 가용대역폭 측정 기법을 이용한 스트리밍 품질 적응 기법들은 병목링크의 고정대역폭을 이용하여 프로브 패킷의 전송률을 조절함으로써 패킷 손실 이전에 측정된 가용대역폭에 따라 비디오의 전송 품질을 조절하여 스트리밍 서비스의 품질을 보장하게 된다. 하지만, 기존의 기법들은 병목링크의 고정대역폭을 기반으로 과도한 프로브 패킷을 전송하여 빈번하게 전송 품질이 변화하는 특징을 가진다. 빈번한 전송 품질 변화는 클라이언트에서 재생되는 미디어의 해상도 및 프레임률 변화와 같은 스트리밍 서비스의 빈번한 재생품질 변화를 나타내고, 이는 사용자가 인지하는 서비스의 체감 품질을 저하시키는 문제점을 가진다.

본 논문에서는 SVC(Scalable Video Coding) [1] 비디오 스트리밍 서비스의 빈번한 재생품질 변화를 예방하여 사용자가 인지하는 체감 품질을 보장하기 위해, 네트워크 상태를 고려한 스트리밍 품질 적응 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 미디어 특성을 고려한 가용대역폭 측정 기법을 이용하여 네트워크의 가용대역폭을 측정하고, 측정된 가용대역폭을 기반으로 전송되는 SVC

비디오 스트림의 품질을 부드럽게 조절함으로써 사용자에게 안정적인 스트리밍 서비스를 제공하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스트리밍 품질 적용 기법과 관련하여 기존의 연구들에 대하여 기술하였고, 3장에서는 제안하는 스트리밍 품질 적용 기법에 대한 내용을 상세히 기술하였다. 4장에서는 시뮬레이터를 이용하여 제안하는 품질 적용 기법의 성능을 검증하였으며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺었다.

2. 관련 연구

2.1 품질 적용 기법

비디오 스트리밍 서비스에서 품질 적용 기법은 시간에 따라 변화하는 네트워크 상태에 적응적으로 전송되는 비디오 스트림의 품질을 조절하여 비디오 스트리밍 서비스의 품질을 보장하기 위한 방법이며, 이와 관련하여 여러 연구가 진행되었다[2-5].

MTFRCC 기법[2]은 패킷 손실률을 측정하고, 측정된 패킷 손실 정보를 이용하여 전송률을 계산한다. 계산된 전송률을 기반으로 전송되는 비디오 품질을 조절하는 기법이다. RQA 기법[3]은 패킷 손실 정보를 이용하여 휴리스틱(Heuristic)하게 미리 정의된 네트워크의 혼잡 상황 등급을 판별한 후, 혼잡 등급에 따라 영상의 프레임률을 조절하여 비디오 품질을 조절하는 기법이다. [4]에서 제안한 기법은 SQRT 기반의 혼잡제어 방식으로 계산된 전송률에 따라 사용자에게 전송되는 비디오의 품질을 조절하는 기법이다. 이 기법은 계층적으로 인코딩된 비디오 스트림의 각 레이어별로 요구되는 전송률을 계산한 후, 이를 기반으로 전송되는 레이어의 수량을 조절하여 비디오 품질을 최대화하는 장점을 가진다. 하지만, 이 기법은 패킷 손실 정보를 기반으로 전송률을 감소시키므로 네트워크의 혼잡 상황에서 연속적인 패킷 손실이 발생할 경우, MTFRCC 기법과 RQA 기법과 같이 무분별한 데이터 손실로 인하여 스트리밍의 서비스 품질을 보장하지 못하는 문제점을 가진다.

패킷 손실로 인한 문제점을 개선하기 위해, 네트워크의 가용대역폭에 적응적으로 비디오 스트림의 품질을 조절하는 기법이 [5]에서 제안되었다. SVS 기법[5]은 가용대역폭을 측정하여 패킷 손실 이전에 측정된 가용대역폭에 따라 비디오의 전송 품질을 조절함으로써 스트리밍 서비스의 품질을 보장하게 된다. 하지만, 이 기법은 가용대역폭을 측정할 때, 병목링크의 고정대역폭을 이용하여 프로브 패킷의 전송량을 조절하기 때문에 과도한 프로브 패킷의 영향으로 빈번하게 전송 품질이 변화하는 특징을 가진다. 빈번한 전송 품질 변화는 클라이언트에서 재생되는 미디어의 해상도 및 프레임률 변화 등, 스트리밍 서비스의 빈번한 재생품질 변화를 나타내

고, 이는 사용자가 인지하는 스트리밍 서비스의 체감 품질을 저하시키는 문제점을 가진다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, 스트리밍 서비스의 체감 품질을 보장하기 위한 새로운 가용대역폭 측정 기법을 이용한 품질 적용 기법이 요구된다.

2.2 가용대역폭 측정 방법

비디오 스트리밍 서비스의 품질을 보장하기 위해, 품질 적용 기법은 변화하는 네트워크 상태에 적응적으로 동작하는데 대표적인 네트워크 상태 정보는 가용대역폭이다. 가용대역폭을 측정하기 위한 기법으로는 크게 패킷 페어(Packet pair) 기법과 패킷 트레인(Packet train) 기법으로 구분되어 있다. 패킷 페어 기법은 프로브 패킷 쌍을 이용하여 두 패킷의 수신 간격과 경쟁 트래픽의 양을 측정하여 가용대역폭을 계산하는 기법이다. 패킷 트레인 기법은 다수의 프로브 패킷으로 구성된 패킷 트레인을 이용하여 전송 간격, 수신 간격, 경쟁 트래픽의 양, 프로브 패킷의 전송률을 측정하여 가용대역폭을 계산하는 기법이다. 대표적인 패킷 트레인 기법에는 Path-Chirp[6], IGI/PTR[7] 등이 있다. IGI/PTR 기법에서는 수신측이 측정한 프로브 패킷의 도착 간격이 송신측이 보낸 프로브 패킷의 전송 간격에 비해 증가하는 경우, 프로브 패킷의 전송률이 가용대역폭보다 크다는 것을 의미한다. 프로브 패킷의 전송 간격(g_t)과 도착 간격(g_o)의 관계는 식 (1)과 같다.

$$g_o = g_B + B_C \times g_t / B_B \quad (1)$$

식 (1)에서 g_B 는 병목링크에서의 전송 지연, B_C 는 경쟁트래픽의 대역폭, B_B 는 병목링크의 고정대역폭을 의미한다. 이 기법에서 프로브 패킷의 전송률은 병목링크의 고정대역폭을 이용하여 계산하기 때문에 스트리밍 서비스에 적용하기에는 과도한 프로브 패킷의 전송량을 가진다. 이러한 특징은 네트워크의 혼잡을 유발하여 스트리밍 서비스의 품질을 저하시키는 단점을 가진다.

3. 체감 품질을 고려한 네트워크 적응적 품질 적용 기법

본 장에서는 네트워크의 가용대역폭을 고려한 품질 적용 기법에 대하여 기술한다. 제안하는 기법은 미디어 특성을 고려한 가용대역폭 측정 기법을 이용하여 SVC 비디오 스트림의 품질을 조절함으로써 사용자에게 안정적이고 효율적인 스트리밍 서비스를 제공하게 된다.

3.1 스트리밍 시스템 구조도

그림 1은 제안하는 품질 적용 기법을 적용한 스트리밍 시스템의 종단간 구조를 나타낸다. 네트워크 상태를 판단하기 위한 가용대역폭 측정은 클라이언트에서 수행한다. 클라이언트는 패킷의 단방향지연(OWD) 경향을

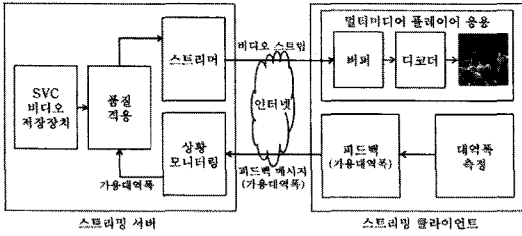


그림 1 스트리밍 시스템 구조도

이용하여 가용대역폭을 측정하고 주기적으로 서버에게 피드백한다. 서버는 상황 모니터링 모듈을 통해 수신한 가용대역폭 정보를 바탕으로 SVC로 인코딩된 비디오 스트림의 품질을 조절하여 클라이언트에게 해당 스트림을 전송하게 된다.

3.2 미디어 특성을 고려한 가용대역폭 측정 방법

제안하는 품질 적용 기법은 가용대역폭을 측정하여 네트워크의 상태를 판단한다. 가용대역폭 측정은 SVC로 인코딩된 미디어의 비트를 특성을 이용하여 프로브 패킷의 전송량을 조절함으로써 가용대역폭을 측정하므로 스트리밍 서비스에 적합한 특성을 가진다. 가용대역폭 측정은 스트리밍 세션 초기 단계와 스트리밍 세션 유지 단계로 구분되어 있으며, 각 단계에서의 가용대역폭 측정 방법은 구별되어 있다.

스트리밍 세션 초기 단계에서의 가용대역폭 측정은 패킷 트레인을 구성하는 프로브 패킷을 이용하며, 서버의 프로브 패킷 전송률은 SVC 미디어의 최대 비트율과 동일하다. 클라이언트는 단위 시간당 수신한 프로브 패킷의 양을 측정하고, 각 패킷간의 OWD 값을 측정한다. 스트리밍 세션 초기 단계의 가용대역폭은 단위 시간당 수신한 프로브 패킷의 양으로 결정한다. 프로브 패킷의 초기 전송률 ($R_{snd.init}$)과 가용대역폭(ABW_{est})의 관계는 식 (2)와 같다.

$$R_{snd.init} = SVC_{max.bitrate}, \tag{2}$$

$$ABW_{est} = \frac{N \times L}{T}$$

식 (2)에서 $SVC_{max.bitrate}$ 는 서버가 전송하고자 하는 SVC 미디어의 최대 비트율, N 은 수신된 프로브 패킷의 수, L 은 프로브 패킷의 크기, T 는 가용대역폭 측정을 위한 단위시간을 의미한다.

스트리밍 세션 유지 단계에서의 가용대역폭 측정은 SVC로 인코딩된 미디어의 최대 비트율과 최소 비트율 사이의 각 SVC 미디어의 레이어간 비트를 차이를 이용하여 프로브 패킷의 전송량을 조절함으로써 빈번한 변화없이 안정적으로 가용대역폭을 측정한다. SVC 미디어의 RTP 패킷을 프로브 패킷으로 이용하며, 비디오 영상을 구성하는 GOP내 RTP 패킷간의 OWD 경향을

측정한다. L 개의 패킷으로 구성된 프로브 패킷 트레인을 전송하는 일정 시간동안 패킷 스트림의 OWD 경향 (OWD_{Trend})을 판별하기 위한 모델은 식 (3)과 같다.

$$OWD_{Trend} = \frac{OWD_{Diff}}{N_{count}}, \tag{3}$$

$$N_{count} = \frac{L(L-1)}{2},$$

$$OWD_{Diff} = \sum_{k=2}^L \sum_{j=1}^{k-1} I(D_k > D_j)$$

식 (3)에서 $I(D_k > D_j)$ 는 프로브 패킷들 중에서 k 번째 패킷의 OWD와 j 번째 패킷의 OWD간 차이를 판별하는 함수이다. 이 함수의 조건을 만족하면 1, 만족하지 않으면 0의 값을 가진다. k 번째 패킷의 OWD가 j 번째 패킷의 OWD보다 클 경우, 기준 시간당 네트워크로 유입되는 패킷의 전송률이 네트워크의 대역폭에 근접하여 전송 패킷이 큐잉 지연에 영향을 받음을 의미한다. N_{count} 는 L 개의 패킷으로 구성된 프로브 패킷 트레인을 고려한 값이다. OWD_{Diff} 는 프로브 패킷 트레인을 구성하는 모든 패킷들에 관하여 패킷간의 OWD 차이를 분석하는 값이다. 식 (3)을 통해 OWD 경향이 측정되면, 측정된 OWD 경향을 이용하여 프로브 패킷의 전송률을 조절하여 안정적으로 가용대역폭을 측정하게 된다. OWD 경향에 따른 프로브 패킷의 전송률과 가용대역폭간의 관계는 그림 2와 같다.

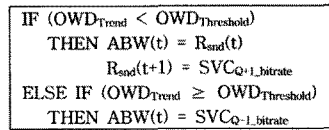


그림 2 OWD 경향에 따른 가용대역폭

3.3 네트워크 적응적인 품질 적용 기법

제안하는 품질 적용 기법은 앞서 기술한 가용대역폭 측정 방법을 이용하여 빈번한 변화없이 안정적으로 가용대역폭을 측정 후, 측정된 가용대역폭에 따라 SVC 비디오의 전송품질을 부드럽게 조절한다. 측정된 가용대역폭에 따라 네트워크의 상태를 그림 3과 같이 구분한다.

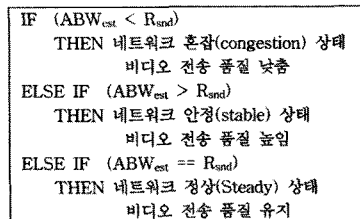


그림 3 네트워크 상태 판단

<p>현재 전송률 $R_i (S_i, T_i, Q_k)$</p> <p>CASE 네트워크 혼잡 상태 OF // 화질 확장성 조절 IF $ABW_{est} > R(Q_{min})$ THEN $R_{i+1} = R(Q_k), Q_{min} \leq k < Q_{max}$ ELSE THEN $R_{i+1} = R(Q_{min})$ ENDCASE</p>	<p>현재 전송률 $R_i (S_i, T_i, Q_k)$</p> <p>CASE 네트워크 안정/정상 상태 OF IF $ABW_{est} \leq R(Q_{max})$ THEN $R_{i+1} = R(Q_k), k < a \leq Q_{max}$ ELSE THEN $R_{i+1} = R(Q_k)$ ENDCASE CASE 네트워크 정상 상태 OF $R_{i+1} = R(Q_k)$ ENDCASE</p>
---	--

(a) 네트워크 혼잡 상황 (b) 네트워크 안정/정상 상태
그림 4 네트워크 적응적인 품질 적용 기법

그림 4는 네트워크의 상태에 따라 적응적으로 동작하는 품질 적용 기법을 나타낸다. 제안하는 품질 적용 기법은 측정된 가용대역폭에 따라 SVC 비디오 스트림의 품질을 부드럽게 조절하게 된다.

클라이언트에서 측정된 가용대역폭이 현재 전송되는 SVC 미디어 스트림의 전송률보다 낮을 경우, 네트워크의 혼잡 상태로 판단하고 가용대역폭에 따라 SVC 스트림의 화질 확장성에 관한 활성 레이어를 제거하여 전송함으로써 네트워크 혼잡 상태에 적응적으로 전송 비디오 품질을 조절하게 된다. 또한, 네트워크의 상황이 매우 혼잡하여 가용대역폭이 매우 낮게 측정될 경우에도 SVC 미디어의 최소 비트율로 전송하여 최소한의 전송 품질을 보장한다.

클라이언트에서 측정된 가용대역폭이 현재 전송되는 SVC 미디어 스트림의 전송률보다 높을 경우, 네트워크의 안정 상태로 판단하고 가용대역폭에 따라 SVC 스트림의 화질 확장성에 관한 활성 레이어를 추가하여 전송함으로써 네트워크 안정 상태에 적응적으로 전송 비디오 품질을 조절하게 된다.

4. 실험 및 성능 평가

4.1 실험 환경

본 논문에서 제안한 품질 적용 기법의 성능을 평가하기 위해 ns-2(network simulator)를 사용하여 그림 5와 같은 실험 환경을 구성하였다.

그림 5에서 가용대역폭 측정을 위해, 병목링크의 고정대역폭을 5Mbps, 전송되는 패킷의 사이즈는 1500바이트, 가용대역폭의 피드백 주기는 1초로 설정하였고, 실

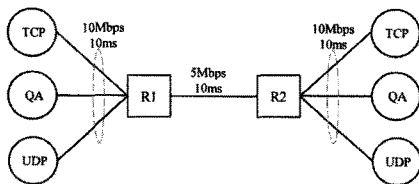


그림 5 네트워크 환경

표 1 SVC 비트스트림의 특성

레이어	공간 확장성	시간 확장성	화질 확장성	해상도	프레임율	비트율	PSNR
17	1	4	1	704x576	30	1037.9	34.5329
18	1	4	2	704x576	30	1794.0	35.4735
19	1	4	3	704x576	30	2265.0	36.2165
20	1	4	4	704x576	30	2825.0	37.1746

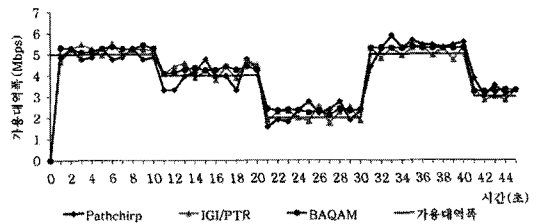
험은 45초간 진행하였다.

성능 평가에 사용되는 SVC 비디오 스트림을 생성하기 위해, "CITY_704x576_30_orig_01.yuv" 영상을 이용하였다. 이 영상을 바탕으로 SVC 참조 소프트웨어인 JSVM(Joint Scalable Video Model)을 통해 표 1과 같은 특성을 가지는 SVC 비트스트림을 구성하였다[8].

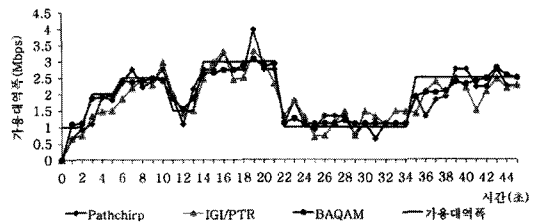
4.2 품질 적용 기법의 성능 평가

제안하는 품질 적용 기법은 네트워크의 가용대역폭 변화에 따라 전송되는 SVC 비디오 스트림의 품질을 조절함으로써 가용대역폭 측정값의 정확성을 검증하고 SVC 비디오 품질이 적응적으로 조절되는 것을 확인할 필요가 있다.

그림 6은 네트워크의 가용대역폭을 측정된 결과를 나타낸다. (a)는 10초-20초 구간에 1Mbps, 20초-30초 구간에 3Mbps 등 1개의 UDP 경쟁트래픽을 유입시킴으로써 변화하는 네트워크 상태를 측정하였다. Pathchirp 기법과 IGI/PTR 기법은 경쟁트래픽을 기반으로 프로브 패킷의 전송간격의 변화를 통해 가용대역폭을 비교적 정확하게 측정하였고, 제안한 기법인 BAQAM도 경쟁트래픽의 변화에 따라 프로브 패킷의 지연 경향을 정확하게 분석하여 가용대역폭을 비교적 정확하게 측정하였



(a) 고정대역폭 및 가용대역폭 측정



(b) 네트워크 혼잡상황에서의 가용대역폭 측정

그림 6 가용대역폭 변화에 따른 가용대역폭 정확성 비교

다. (a)의 경우, BAQAM 기법은 Pathchirp 기법과 IGI/PTR 기법과 유사한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. (b)는 2개의 UDP와 1개의 TCP 경쟁트래픽을 유입시킴으로써 다수의 경쟁플로우로 인해 네트워크 혼잡 상황이 발생할 경우, 가용대역폭 측정의 정확성을 비교하였다. Pathchirp 기법은 경쟁트래픽과 병목링크의 고정대역폭에 따라 프로브 패킷의 전송을 변화량을 과도하게 조절함으로써 가용대역폭 측정값의 변화량이 크다. 또한, IGI/PTR 기법은 경쟁트래픽의 유입에 따라 프로브 패킷의 출력간격을 빈번하게 변화시키고 병목링크의 고정대역폭을 이용하여 프로브 패킷의 전송을 변화량을 과도하게 조절함으로써 가용대역폭 측정값의 변화가 빈번하고 변화량도 크다. BAQAM 기법은 전송하고자 하는 SVC 미디어의 최대 비트율과 최소 비트율 사이의 각 SVC 미디어의 레이어간 비트율 차이를 이용하여 프로브 패킷의 전송량을 조절하기 때문에 병목링크의 고정대역폭을 이용하여 프로브 패킷의 전송량을 조절하는 기존 기법들에 비해 가용대역폭을 빈번한 변화없이 안정적으로 측정하는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 그림 6(b)의 실험 결과로 측정된 가용대역폭에 따라 조절된 SVC 비디오의 품질 등급을 나타낸다. BAQAM 기법은 SVC 미디어의 비트율 특성을 이용하여 안정적으로 가용대역폭을 측정하고, 이를 기반으로 SVC 비디오 스트림의 전송품질을 부드럽게 조절하기 때문에 기존 기법들보다 SVC 비디오의 품질 등급 변화가 적고 네트워크의 혼잡 상황(22초-34초 구간)에서 SVC 미디어의 최소 품질 등급을 전송하여 최소한의 전송 품질을 보장함을 확인할 수 있다. 이에 반해, PathChirp을 이용한 품질 적응 기법과 IGI/PTR을 이용한 품질 적응 기법인 SVS 기법은 병목링크의 고정대역폭을 이용하여 프로브 패킷의 전송 변화량이 크기 때문에 상대적으로 빈번한 품질 변화와 네트워크의 혼잡 상황에서 SVC 미디어의 최소 품질 등급을 보장하지 못함을 확인할 수 있다. 이를 통해, BAQAM 기법이 사용자에게 전송되는 SVC 미디어의 품질 변화를 최소화하여 빈번한 재생품질 변화를 감소시켜 사용자가 인지하는 스트리밍 서비스의 체감품질을 보장하게 된다.

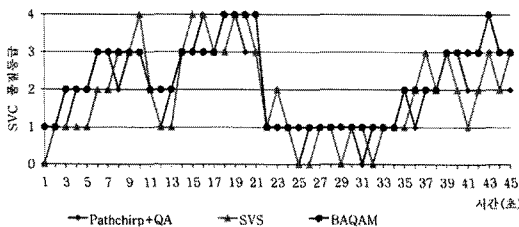


그림 7 가용대역폭에 따른 SVC 품질 등급

5. 결론

본 논문에서는 SVC 비디오 스트리밍 서비스의 체감 품질을 보장하기 위해, 네트워크 적응적인 스트리밍 품질 적응 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 미디어 특성을 고려한 가용대역폭 측정 기법을 이용하여 네트워크의 가용대역폭을 측정하고, 측정된 가용대역폭을 기반으로 전송되는 SVC 비디오 스트림의 품질을 적응적으로 조절하게 된다. 실험을 통해 제안한 품질 적응 기법이 네트워크의 혼잡 상황에서 SVC 미디어의 최소 비트율로 전송하여 최소한의 전송 품질을 보장함을 확인하였고, 측정된 가용대역폭에 따라 적응적으로 비디오의 전송품질 변화를 최소화하여 비디오 스트림을 전송하는 것을 확인하였다. 이를 통해, 사용자에게 안정적이고 효율적인 스트리밍 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] H. Schwarz, D. Marpe, and T. 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, Sep. 2007.
- [2] J. Yan, K. Katrinis, M. May, and B. Plattner, "Media- and TCP-friendly congestion control for scalable video streams," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol.8, no.2, pp.196-206, Apr. 2006.
- [3] E. Tunali, A. Kantarci, and N. Ozbek, "Robust quality adaptation for Internet video streaming," *Journal of the Multimedia Tools and Applications*, vol.27, Issue 3, pp.431-448, Dec. 2005.
- [4] N. Feamster, D. Bansal, and H. Balakrishnan, "On the interactions between layered quality adaptation and congestion control for streaming video," *Proceedings of the Packet Video Workshop*, Apr. 2001.
- [5] D. Nguyen and J. Ostermann, "Congestion control for scalable video streaming using the scalability extension of H.264/AVC," *IEEE Journal of Selected Topic in Signal Processing*, vol.1, no.2, pp.246-253, Aug. 2007.
- [6] V. Ribeiro, R. Riedi, R. Baraniuk, J. Navratil, and L. Cottrell, "pathChirp : Efficient available bandwidth estimation for network paths," *Proceedings of the Passive and Active Measurement Workshop*, Apr. 2003.
- [7] N. Hu and P. Steenkiste, "Evaluation and characterization of available bandwidth probing techniques," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.21, no.6, pp.879-894, Aug. 2003.
- [8] JVT of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, "Joint scalable video model JSVM-9," *JVT-V202*, Jan. 2007.