일반논문-09-14-6-11

패킷 손실에 대한 스케일러블 비디오(SVC) 적응기법 및 성능분석

장 의 덕^{a)}, 김 재 곤^{a)*}, Truong Cong Thang^{b)}, 강 정 원^{b)}

Adaptation of SVC to Packet Loss and its Performance Analysis

Euy-doc Jang^{a)}, Jae-Gon Kim^{a)*}, Truong Cong Thang^{b)}, Jung Won Kang^{b)}

요 약

SVC(Scalable Video Coding)는 시간-공간-화질의 다양한 스케일러빌리티를 통하여 이종의 망과 다양한 단말 환경에서 컨버전스 미디어 서비스를 제공하기 위한 새로운 비디오 부호화 표준이다. 본 논문에서는 IP 망에서의 패킷 손실(packet loss)로 인한 SVC의 성능을 분석하고 이를 바탕으로 버퍼 넘침(buffer overflow)으로 인한 패킷 손실에 대한 효과적인 SVC 적응(adaptation) 기법을 제시 한다. 특히, IP 망을 통하여 전송되는 SVC는 시간, 공간 스케일러빌리티뿐만 아니라 많은 수의 화질 계층을 포함하여 패킷 기반의 적응에 효과적인 MGS(Medium-Grained Scalability) 기반의 화질 스케일러빌리티를 포함하는 것으로 가정한다. MGS를 포함한 SVC의 패킷 손실로 인한 품질의 영향을 분석한다. 본 논문의 MGS SVC 적응 기법은 접근단위(AU: Access Unit) 또는 GOP 단위로 적응단위를 설정하고 적응단위의 지연이 허용된다는 가정 하에 적응단위내에서 패킷 간의 의존성이 낮은 패킷부터 선택적으로 제거함으로써 패킷 손실로 인한 화질 열화를 최소화하도록 한다. 모의실험을 통하여 패킷 손실로 인한 품질 성능을 정량적으로 분석하고 제안한 적응 기법이 패킷 손실에 효과적으로 대응할 수 있음을 보인다.

Abstract

SVC (Scalable Video Coding) is a new video coding standard to provide convergence media service in heterogeneous environments with different networks and diverse terminals through spatial-temporal-quality combined flexible scalabilities. This paper presents the performance analysis on packet loss in the delivery of SVC over IP networks and an efficient adaptation method to packet loss caused by buffer overflow. In particular, SVC with MGS (Medium Grained Scalability) as well as spatial and temporal scalabilities is addressed in the consideration of packet-based adaptation since finer adaptation is possible with a sufficient numbers of quality layers in MGS. The effect on spatio-temporal quality due to the packet loss of SVC with MGS is evaluated. In order to minimize quality degradation resulted by packet loss, the proposed adaptation of MGS based SVC first sets adaptation unit of AU (Access Unit) or GOP corresponding to allowed delay and then selectively discards packets in order of importance in terms of layer dependency. In the experiment, the effects of packet loss on quantitative qualities are analyzed and the effectiveness of the proposed adaptation to packet loss is shown.

Keyword : Video adaptation, Scalable Video Coding (SVC), Packet loss

a) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

School of Electronics, Telecommunication & Computer Engineering, Korea Aerospace University

b) 한국전자통신연구원 IPTV연구부

IPTV Technology Research Department, ETRI

* 교신저자 : 김재곤 (jgkim@kau.ac.kr)

※ 본 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2007-331-D00331)과 2007년도 한국항공대학교 교비지원 연구비에 의하여 수행된 연구 결과임.

· 접수일(2009년10월20일), 수정일(2009년11월30일), 게재확정일(2009년11월30일)

I. 서 론

무선망과 인터넷의 초고속화와 함께 비디오 스트리밍, 모바일 방송, IPTV 등 통방융합 환경에서의 비디오를 중심으로 한 멀티미디어 서비스가 확산되고 있다. 이종의 접속망과 다양한 성능의 단말이 혼재하는 융합환경에서 망과 단말, 사용자 등 이종의 동적 제한조건에서 적절한 품질(QoS)을 유지하는 비디오 서비스를 위한 비디오 적응은 미디어 컨버전스(media convergence)의 핵심 기술로 그 중요성이 부각되고 있다^[1].

간단한 처리만으로 효율적인 비디오 적응을 제공하기 위해서는 스케일러를 비디오 포맷이 요구된다. 이러한 배경의 일환으로 ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group)의 공동 작업반인 JVT(Joint Video Team)에서 새로운 스케일러블 비디오 부호화 표준으로 H.264/AVC의 확장 표준인 SVC 표준을 완료하였다^{[2][3]}. SVC는 H.264/AVC와 호환성을 유지하는 기저계층(base layer)과 화질, 시간, 공간의 향상된 품질을 제공하는 향상계층(enhancement layer)으로 구성되어 시간-공간-화질의 다차원의 다양한 스케일러빌리티를 제공하면서 H.264/AVC의 성능에 근접하는 높은 부호화 효율을 유지한다.

IP 망에서의 패킷 손실은 전송오류로 인한 손실과 트래픽 혼잡에 따른 버퍼 넘침에 의한 손실로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 임의의 패킷 손실로 인한 SVC의 시공간 화질 성능을 분석하고, 이를 바탕으로 버퍼 넘침에 의한 패킷 손실에 대응하기 위한 SVC의 적응에 대해서 다룬다. IP 망에서 SVC의 효과적인 전송 및 적응은 SVC의 스케일러빌리티를 충분히 활용할 수 MANE(Media-Aware Network Element)의 지원을 전제로 한다^{[4][5]}. 본 논문의 적응 기법은 MANE가 SVC의 NAL(Network Adaptation Layer) 헤더 정보를 처리하고 흐름(flow) 단위로 버퍼 관리를 할 수 있는 것으로 가정한다^[6]. SVC는 시간, 공간 스케일러빌리티 뿐만 아니라 많은 화질 계층을 구성함으로써 패킷 손실에 대한 패킷 기반의 유연한 화질 적응을 제공하는 MGS 기반의 SVC를 고려한다. 먼저 MGS 기반의 SVC 전송 시 패킷 손실 발생으로 인한 SVC의 시공간 화질 성능을 분석하여

패킷 손실의 영향을 고찰한다. 이를 바탕으로 패킷 손실로 인한 화질 열화를 개선하기 위한 SVC의 적응 기법을 제안한다. 본 논문의 MGS 기반의 SVC 적응 기법은 접근단위(AU) 또는 GOP 단위로 적응단위(adaptation unit)를 설정하고 적응 단위의 지연이 허용된다는 가정 하에 적응단위 내에서 패킷 간의 의존성이 낮은 패킷부터 선택적으로 제거함으로써 패킷 손실로 인한 화질 열화를 최소화하도록 한다. 모의실험을 통하여 제안한 적응 기법이 패킷 손실에 효과적으로 대응할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 MGS를 중심으로 SVC의 스케일러빌리티를 간단히 살펴보고, 3 장에서 패킷 손실에 대응하기 위한 SVC의 적응 기법을 제시한다. 4 장에서 모의실험을 통하여 패킷 손실에 따른 SVC의 시공간 화질에 미치는 영향을 분석하고 제안한 기법의 성능 개선을 보인다. 마지막으로 5 장에서 결론을 맺는다.

II. 스케일러빌리티: MGS

스케일러빌리티는 비트스트림의 일부를 제거하여 공간, 시간, 화질 측면에서 열화된 품질로 복호 가능한 비트스트림을 제공할 수 있는 기능을 의미한다. SVC에서는 최대의 화질, 시간 및 공간 해상도를 포함하는 하나의 비트스트림(global stream)으로부터 시간, 공간, 그리고 화질 영역에서 복호 가능한 비트열을 추출(extraction)함으로써 세 가지 차원의 조합에 따른 다양한 스케일러빌리티를 제공할 수 있다.

전형적인 SVC 비트스트림은 다수의 공간계층을 포함하고, 각 공간계층은 하나의 화질 기본계층과 다수의 화질 향상계층을 포함한다. 시간 스케일러빌리티는 계층적 B-픽처에 의해서 효율적으로 제공된다. 화질 향상계층은 CGS(Coarse Grained Scalability)와 MGS의 2 가지 모드로 구성될 수 있다. 본 논문에서는 충분히 많은 수의 화질 향상계층을 구성할 수 있으므로 IP 망에서의 패킷 손실 또는 시변의 가용 대역폭에 효과적으로 대응할 수 있는 패킷 기반의 스케일러빌리티를 제공하는 MGS 기반의 SVC를 주로 고려한다^[7]. 물론 다양한 프레임율과 공간 해상도를 제공하는

그림 1. 한 AU에서 MGS의 화질계층 구성 예
Fig. 1. MGS quality-layer structure in an AU

시간 및 공간 스케일러빌리티와 결합된 형태의 MGS를 고려한다.

MGS는 양자화 오차 신호를 하위 화질계층 보다 작은 양자화 파라미터(QP)로 보정하여 화질계층별로 부호화 한다. 즉, 최소 화질을 갖는 기본계층은 큰 양자화 간격(step size)으로 양자화한 후 이를 부호화하고, 화질 향상계층에서는 이 기본 화질계층의 복호 영상과 원신호와 차이 값, 즉 양자화 오차 신호를 보다 작은 양자화 간격으로 부호화 한다. 이와 같이 상위 화질계층으로 갈수록 보다 작은 양자화 간격으로 화질계층을 쌓는다.

MGS에서는 하나의 QP에 해당하는 부호화 데이터를 최대 15 개의 MGS 계층으로 나눌 수 있게 하고, 이들 하나의 양자화 간격에 해당하는 화질 계층들의 집합을 MGS stack 이라고 한다. 이러한 방법으로 다수의 QP에 해당하는 다수의 MGS stack을 구성하고, 각 MGS stack이 다수의 MGS 계층을 구성함으로써 보다 넓은 범위의 가변 전송율에서 보다 세밀하게 화질 적응을 통하여 유효 적응 및 패킷 손실에 대응할 수 있게 한다^{[7][8]}.

그림 2. SVC NALU간의 참조 관계
Fig. 2. Interdependency structure among NALUs of SVC

그림 1은 MGS의 한 예로 하나의 AU에서의 MGS 스케일러빌리티의 구조를 보여준다. 그림에서와 같이 하위 공간계층과 상위 공간계층은 각각 2 개의 MGS stack으로 화질을 향상하고 또 각각의 MGS stack은 3 개의 MGS 계층으로 구성함으로써 전체적으로 두 공간계층에 각각 6 개의 화질 계층을 포함하게 된다.

III. 패킷 손실의 영향 및 적응 기법

본 장에서는 MGS 기반의 SVC를 가정하고 IP 망에서의 패킷 손실이 발생한 경우 수신된 SVC의 복호 영상의 화질에 미치는 영향을 분석한다. 이를 바탕으로 패킷 손실의 영향을 최소화하기 위한 SVC의 적응 기법을 제시한다.

1. 패킷 손실의 영향

일반적으로 SVC 비트스트림은 화질, 시간, 공간 스케일러빌리티를 구성하는 각 계층이 하나의 NAL 단위(NAL Unit)를 구성하고 이들 NALU는 각각 RTP(Real-time Transport Protocol)로 패킷화되어 IP 망으로 전송되는 것을 가정할 수 있다^[9]. 보장형 서비스가 제공되지 않는 IP 망에서는 전송 오류 및 망의 가용 대역폭 제한에 따른 임의의 손실이 발생하게 되며, 비디오의 경우 패킷 손실로 인한 오

류의 전파로 화질 열화가 심화된다. 특히, SVC의 경우 각 스케일러빌리티 계층이 RTP 패킷화되므로 이들 패킷 간의 부호화 의존성에 따라서 패킷 손실로 인한 품질의 영향을 분석하고 이에 대응하기 위한 적응 기법이 요구된다.

그림 2는 SVC 비트스트림의 스케일러빌리티 구조와 패킷 간의 의존 관계의 한 예를 보여 준다. 3 개의 공간계층(QCIF, CIF, 4CIF)과 3 개의 시간계층, 그리고 첫 번째와 두 번째 공간계층에서 각각 하나의 MGS 화질 향상계층을 포함한다. 이들 각 계층은 하나의 NALU으로 구성되고 RTP 패킷으로 패킷화 된다고 가정할 수 있다^[9].

그림 2에서와 같이 NALU 간에는 부호화 시 참조에 의한 높은 의존 관계가 존재하고, 이들 참조 관계 및 스케일러빌리티 구조는 NAL 헤더에 포함된 다음 3 가지 파라미터, 즉 `dependency_id`, `temporal_id`, `quality_id` (D, T, Q)로 특징 지워진다. 본 논문에서는 임의의 D, T, Q 값을 가지는 NALU을 NALU(D, T, Q)로 표기하기로 한다. 한 예로 그림 2에서 NALU(1,2,1)을 복호하기 위해서는 NALU(1,2,0)을 참조해야 한다. 만약 패킷 손실에 의해서 이 참조 NALU(1,2,0)이 손실 되었다면, NALU(1,2,1)는 복호되지 못하고 이를 참조하는 NALU(2,2,0)도 더 이상 복호가 이루어지지 못하게 된다. 시간 및 공간 스케일러빌리티를 제공하는 계층 간에도 참조가 되기 때문에 위와 같이 패킷 손실로 인한 오류가 전파하게 된다.

따라서, IP 망에서의 패킷 손실로 임의의 NALU이 손실 될 경우 그 손실된 NALU뿐만 아니라 그것을 참조하는 패킷이 복호화 될 수 없다. 따라서 별도의 오류 은닉(error concealment) 기법을 사용하지 않을 경우 패킷 손실이 발생한 SVC 비트스트림을 표준에 적합한 복호 가능한 비트스트림으로 만들기 위해서는 손실된 패킷을 참조하는 패킷도 추가로 제거하여야 한다^[6].

2. 제안된 SVC 적응 기법

전술한 바와 같이 IP 망에서의 임의의 패킷 손실은 손실된 패킷에 의한 화질 열화뿐만 아니라 패킷 손실이 발생한 비트스트림을 복호 가능하게 하기 위한 추가적인 패킷 제거

로 심각한 화질 열화를 초래하게 된다. 본 논문에서는 간단한 SVC 적응 기법을 도입하여 패킷 손실에 의한 화질 열화를 최소화하고자 한다.

제안한 적응 기법은 라우터 등의 네트워크 노드에서의 과부하로 인한 패킷 손실시 추가적인 패킷 손실을 막으면서 적응을 위한 것으로 선택적 패킷 제거 기법을 도입한다. 즉, 패킷 손실이 발생하는 경우, 허용되는 범위내의 추가적인 전송 지연을 두고 그 지연 범위 내에서 다른 NALU의 복호에 참조되지 않는 우선순위가 낮은 NALU에 해당하는 패킷을 선택적으로 제거함으로써 패킷 손실에 의한 화질 열화를 최소화 한다.

선택적 제거 적응 기법은 먼저 허용 가능한 지연 정도를 고려하여 패킷 손실을 처리하는 적응단위를 설정하는데, 본 논문에서는 최소 적응단위로 AU 또는 GOP의 2 가지를 고려한다. 물론 보다 긴 지연이 허용되는 응용의 경우 AU 또는 GOP의 정수배에 해당하는 적응단위를 설정할 수 있으며, 이 경우에도 동일한 적응 기법이 확장 적용될 수 있다. 임의의 패킷이 손실되는 랜덤 패킷 손실과 달리 적응단위 내에서 패킷 간의 참조 관계를 고려하여 우선순위가 가장 낮은 패킷부터 선택적으로 제거하여 적응단위 구간 동안 발생한 패킷 손실을 반영 하도록 한다. 이때 참조 관계에 의한 우선순위는 NAL 헤더의 (D, T, Q) 값에 따라서 간단히 결정할 수 있다.

적응 단위가 AU인 경우는 한 AU만의 지연으로 AU를 구성하는 NALU 중에서 가장 낮은 우선순위를 제거한다. 반면 적응 단위가 GOP인 경우는 GOP 구간 내에서 손실이 발생하는 패킷 수 만큼 GOP 구간 내에서 낮은 우선순위의 패킷부터 제거하여 SVC 비트스트림을 수용 가능한 전송율로 적응한다. GOP의 경우는 GOP 구간에 해당하는 보다 큰 지연이 요구되지만 AU 단위의 적응보다는 더 개선된 화질 성능을 보인다.

본 장에서는 MGS 기반의 SVC를 가정하고 IP 망에서의 패킷 손실이 발생한 경우 랜덤 패킷 손실에 의한 영향을 분석한다. 또한 제안된 AU 및 GOP 단위의 적응 기법의 개선된 성능을 실험을 통하여 보인다. 본 실험에서는 SVC 부/복호하는 JSVM(Joint Scalable Video Model)^[12] 9.14를 사용하였다.

그림 3. 패킷의 크기에 따른 분포
Fig. 3. Distribution of packet size

표 1은 실험에 사용한 테스트 시퀀스와 SVC 부호화 파라미터의 설정 내용이다. QCIF와 CIF의 두 개의 공간계층을 포함하고, 공간계층 간 참조는 적응적으로 허용한다. GOP는 16 프레임으로 설정하여 5 계층의 시간 스케일러빌리티를 제공한다.

SVC의 각 스케일러빌리티 계층은 하나의 NALU으로 구성되고 각 NALU은 하나의 RTP 패킷으로 패킷화 된다고 가정한다. 패킷 손실은 인터넷 패킷 손실 모델^[12]을 사용하여 IP 망에서의 패킷 손실 패턴을 반영하였다. 이때, 각 AU의 기저계층에 해당하는 패킷은 손실되지 않는 것으로 가정한다. 또한 각 NALU의 각 계층에 해당하는 부호화 데이터를 포함함으로써 패킷의 길이는 서로 다르며 실험에서 사용한 시퀀스의 경우 그림 3과 같은 분포를 가진다. 따라서 실험에

서의 패킷 손실율(PLR: Packet Loss Ratio)은 손실 데이터량이 아닌 패킷 수에 대한 비율을 나타내고, 데이터 손실율은 데이터 량의 비율을 나타낸다.

3. MGS의 적응 성능

실험에 사용한 MGS 기반의 SVC의 스케일러빌리티 구조는 그림 1과 같다. 즉, 표 1과 같은 두 공간계층에 각각 2 개의 MGS stack을 두고 공간계층별로 6 개의 화질계층을 쌓았다. 실험에 사용한 테스트 시퀀스에 대한 윌 적응 범위와 그에 따른 화질성능은 그림 4와 같다. 그림 4(a)에서 City의 경우는 381~ 829 kbps의 윌 적응 범위에서 30.0 ~ 36.1 dB의 화질성능을 가지고 그림 4(b)의 Crew의 경우는 199 ~ 921 kbps에서 29.6 ~ 36.3 dB의 화질성능을 가짐을 알 수 있다. JSVM의 BitstreamExtractor 툴을 사용하였고 그림에서의 ‘QualityLayer’는 NAL 헤더에 포함된 `prior_id`를 사용하여 윌 적응을 한 것으로 `priority_id`를 사용하지 않는 일반적인 적응(‘Standard’) 보다 화질이 다소 개선된 성능을 보임을 알 수 있다^[10]. 또한 그림 4에서와 같이 임의의 전송율로 적응된 MGS는 그 전송율에서의 단일 계층으로 부호화된 ‘Single layer’보다는 부호화 효율이 떨어진다. MGS는 단일 비트스트림으로부터 적응된 것으로 각각의 전송율로 별도로 부호화하는 것 보다 부호화 효율 측면에서는 불리하며, 또한 본 실험에서 사용한 MGS는 보다 세밀한 윌 적응

(a) City

(b) Crew

그림 4. MGS의 윌 적응 범위 및 화질

Fig. 4. Rate adaptation ranges provided by MGS and resulting qualities

표 1. SVC 부호화 조건

Table 1. Test conditions for SVC encoding

Coding rate	Base layer	748 bps
	Enhancement layer	1,815 bps
Spatial/Temporal resolution	Base layer	QCIF, 30 Hz
	Enhancement layer	CIF, 30 Hz
Coding option used	Fast search mode, MV search range: 32, CAVLC, loop filter, adaptive inter-layer prediction	
Test sequences	City, Crew (134 frames)	
MGS QP	Base layer: 38	
	Enhancement layer: 26 ~ 42	

을 제공하기 위해서 많은 수의 화질 계층을 포함하여 추가적인 부호화 효율 저하가 있음을 알 수 있다. 하지만 ‘Single layer’는 시변의 다양한 전송율이 요구되는 IP 망에서는 비효율적이라고 할 수 있다.

4. 랜덤 패킷 손실

패킷 손실로 임의의 NALU이 손실될 경우 패킷 손실에 의한 영향은 손실된 해당 패킷뿐만 아니라 복호 가능한 비트스트림을 만들기 위해서는 이를 참조하는 패킷까지 추가로 제거하여야 하므로 많은 데이터의 손실로 심각한 화질 열화를 초래할 수 있다. 그림 5는 패킷 손실율에 따른 데이

터 손실율을 보여주는 것으로 패킷 손실 자체에 의한 데이터 손실(‘packet loss’)과 이로 인한 의존 계층의 추가적인 손실율(‘additional data loss’), 그리고 이들의 합계 데이터 손실율(‘sum of data loss’)을 각각 도시한 것이다. 한 예로 그림 5(a)에서 패킷 손실율이 11.08% 인 경우, 이로 인하여 전체 약 56%로 반 이상의 데이터 손실로 화질 및 프레임율 등 재생 비디오의 심각한 품질 저하를 야기한다.

추가적인 데이터 손실율(‘additional data loss’)의 양상을 보면 그림 5에서 보듯이 패킷 손실율 증가에 따라 증가하다가 어느 정도 이상의 과도한 패킷 손실 시에는 오히려 추가 데이터 손실이 감소할 수 있는데, 이는 높은 패킷 손실율에서는 랜덤 패킷 손실로 인한 데이터 손실이 전체 데이터의 많은 부분을 차지하므로 추가적으로 손실되는 데이터량이 차지하는 부분이 감소하게 되기 때문이다. 하지만 전체 데이터 손실량은 그림 5와 같이 패킷 손실율에 따라서 증가한다. 다음의 실험 결과는 이러한 사실을 실 예로 보여준다. 그림 6은 5-레벨의 시간계층을 구성할 때 각 시간계층에 해당하는 프레임(즉, AU)의 평균 크기를 나타낸다. 시간 계층에서 의존성이 낮은 프레임, 즉 상위 시간계층의 프레임의 평균크기가 작음을 알 수 있다. 따라서 각 시간계층에 따른 패킷 손실의 분포는 그림 7과 같은 양상을 보인다. 즉, 패킷 손실율이 증가 할수록 시간계층에 따라 패킷 손실의 빈도수가 일정하게 증가하지 않고, 임의의 시간 계층에서 급격히 증가함을 볼 수 있다. 따라서, 패킷 손실률이 증

(a) Crew

(b) City

그림 5. 랜덤 패킷 손실에 의한 데이터 손실율

Fig. 5. Data loss rate by random packet loss

그림 6. 시간 계층에 따른 프레임당 크기

Fig. 6. Data sizes of AUs (frames) of each temporal level

가 할수록 손실되는 데이터는 증가 하지만 어느 정도 이상의 패킷 손실률에서는 원래의 패킷 손실률 때문에 손실되는 데이터보다 추가적으로 손실되는 데이터의 양이 감소할 수 있음을 알 수 있다.

그림 8은 패킷 손실이 발생한 비트열에서 의존 데이터를 추가로 제거한 복호 가능한 비트열의 화질, 즉 패킷 손실로 인한 화질 성능을 보여준다. 패킷 손실로 인하여 화질 열화뿐만 아니라 상위 시간계층의 데이터가 추가 제거될 수 있으므로 복호되는 프레임의 수도 감소하게 되는데, PSNR 값을 나타내지 않는 것은 복호되지 않는 프레임을 나타낸다. 패킷 손실률이 증가 할수록 화질 열화뿐만 아니라 복호되는 비디오의 프레임율도 감소함을 알 수 있다. 그림 9는 패킷 손실률에 따른 복호된 비디오의 프레임율을 나타낸 것으로 패킷 손실률이 3.14 %에 불과한데 프레임율은 14 fps로 프레임율이 반 이상 감소함을 보여주고 있다.

5. 선택적 제거 적응 기법

제안된 적응 기법은 적응처리 단위를 AU와 GOP 단위의 두 가지 형태를 고려한다. AU 단위 적응기법은 패킷 손실이 발생했을 때, 이를 AU 단위로 처리하는 것으로 한 AU에 해당하는 NALU 중 부호화 의존도 측면에서 우선순위가 낮은 패킷부터 제거하여 랜덤 패킷 손실로 인한 추가적인 데이터 손실을 방지한다. MGS에서는 최상위 화질계

그림 7. 시간 계층에 따른 패킷 손실의 분포

Fig. 7. Distribution of packet loss over temporal levels

층부터 제거하도록 한다. 이러한 선택적 적응을 위해서는 한 AU 구간에 해당하는 시간 지연이 필요하지만 인터넷 패킷 손실 모델의 여러 패턴에 최대한 근접하게 대응할 수 있다.

그러나 AU 단위 적응의 경우 패킷 손실이 하위 시간계층에 발생하여 상위 시간계층에 참조될 경우, 상위 시간계층의 추가 데이터 손실로 상위계층의 PSNR 성능이 저하된다. 이는 그림 10과 같이 패킷 손실율이 증가할수록 상위 시간계층에서 참조하는 AU가 제거되는 경우가 증가하므로 화질 열화 정도가 심해지게 된다.

GOP 단위 적응 기법은 AU 단위 적응의 확장으로 패킷 손실이 요구되는 경우, GOP 내에서 참조 관계에서 우선순위가 가장 낮은 패킷부터 제거하는 방법이다. 이는 화질계층뿐만 아니라 시간계층에서도 가장 상위 패킷, 즉 GOP 내 참조 관계에서 우선순위가 가장 낮은 패킷부터 제거하여 추가 데이터 손실이 발생하지 않도록 한다. 모의실험에서는 먼저 GOP 내에서 시간 및 화질적 계층구조에 따른 패킷의 의존성을 고려하여 N_i 개의 패킷 손실을 수용하기 위하여 제거하여야 할 패킷의 (D_d, T_d, Q_d) 값을 구한다. 즉, $(D \geq D_d, T \geq T_d, Q \geq Q_d)$ 인 패킷들은 모두 제거하게 된다. GOP 내에서 각 시간계층마다 존재하는 화질계층의 패킷 수 N_T 는 식 (1)로 주어지고, 이는 임의의 T 시간계층에서 제거될 수 있는 패킷 수를 나타낸다. $Q_{\max}$ 는 화질계층의 최대 값을 나타낸다.

그림 8. 패킷 손실이 있는 비트열의 복호된 영상 화질(Crew, 상위 공간계층(CIF)의 Y-PSNR)
Fig. 8. Impact of random packet loss in term of PSNR of decoded frames (Crew, CIF)

$$N_T = 2^{(T-1)} \times (Q_{\max} + 1) \quad (1)$$

패킷 손실률이 증가할수록 GOP 내에서 손실되는 패킷이 증가 하는데, 이때 시간적 최상위 계층 $T_{\max}$ 에서 발생한 패킷 손실을 수용하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우엔 시간적 하위계층 $T_d = (T_{\max} - 1)$ 의 패킷을 고려해서 패킷 손실을 수용 하도록 한다. 식 (1)로 제거해야 할 패킷의 시간계층을 결정하고 그 시간계층에 존재하는 화질계층 중에서 패킷 손실을 수용할 수 있는 화질계층 값을 식 (2)로 결정한다. 높은 패킷 손실율에서는 상위 공간계층의 패킷이 모두 제거될 경우 공간적 계층도 제거되게 된다.

$$Q_d = Q_{\max} - \left\{ \frac{N_l}{2^{(T-1)}} - 1 \right\} \quad (2)$$

그림 9. 패킷 손실이 있는 비트열의 복호된 비디오의 프레임율(Crew CIF)
Fig. 9. Impact of random packet loss in term of mean frame rate of decoded frames (Crew, CIF)

적응단위가 GOP인 경우, 그림 10의 결과와 같이 AU 단위의 적응 보다 동일한 패킷 손실율에서 더 높은 PSNR 성능을 보여 준다. 또한 패킷 손실율이 증가하더라도 AU 적응 단위 기법과 달리 추가적인 데이터 손실 없이 패킷 손실을 처리함으로써 화질 성능이 급격히 저하되는 것을 막는다. 하지만 한 GOP 구간에 해당하는 시간 지연이 요구된

그림 10. 선택적 제거 적응 기법의 화질성능(상위 공간계층(CIF)의 Y-PSNR)

Fig. 10. Impact of selective packet discarding in terms of PSNR of decoded frames (Enhancement layer (CIF))

다. 모의실험에서는 인터넷 손실 모델에 의한 패킷 손실이 한 GOP의 지연을 두고 처리된다.

랜덤 패킷 손실의 결과와 비교했을 때 그림 10은 선택적 제거에 기반한 제안한 SVC 적응 기법이 IP 망에서의 패킷 손실로 인한 SVC의 품질(화질 및 프레임율) 저하에 효과적으로 대응할 수 있으며, 특히 GOP가 적응단위인 경우 높은 패킷 손실율에서도 효과적인 적응 기법임을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 IP 망에서 패킷 손실이 SVC의 복호 비디오의 품질에 영향을 분석하고 이를 바탕으로 패킷 손실로 인한 화질 열화의 문제점을 해결하기 위한 적응 기법을 제시하였다. MGS 기반의 SVC는 많은 수의 화질 향상계층으로 스케일러빌리티를 구성함으로써 패킷 기반의 적응을 제공해 IP 망에서의 패킷 손실이나 시변의 가용 대역폭에 유연하게 대응할 수 있는 효과적인 스케일러빌리티이다.

본 논문에서 제안하는 선택적 제거 적응 기법은 IP 망에서 패킷 손실이 발생할 경우, 허용 가능한 지연에 따라 AU 또는 GOP의 적응단위를 설정하고 그 적응 단위구간에서 각 스케일러빌리티 계층간의 부호화 의존관계에 기반하여

가장 우선순위가 낮은 패킷을 선택적으로 제거함으로써 임의의 패킷 손실에 의한 문제를 해결한다.

본 논문에서는 AU 단위와 GOP 단위의 두 가지 적응단위를 정의하고 이에 대한 다양한 패킷 손실율에서 화질 성능을 분석하였다. 인터넷 패킷 손실 모델을 사용한 모의실험에서 IP 망에서의 패킷 손실이 심각한 화질 열화를 초래함을 확인하고, 제안된 적응 기법은 추가적인 데이터 손실을 막으면서 패킷 손실을 처리할 수 있음을 확인 하였다. GOP 단위의 적응 기법은 AU 단위 보다 큰 지연이 요구되지만 PSNR 성능에서는 확연히 개선된 성능을 보였으며, 특히 패킷 손실율이 증가하는 경우에도 급격한 화질 저하를 막을 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 적응 기법은 패킷 손실이 빈번한 IP 망에서의 SVC 전송에 효과적인 QoS 적응 기법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] S.-F Chang, A. Vetro, "Video adaptation: concepts, technologies, and open issues", Proceedings of the IEEE, vol. 93, pp.148 - 158, Jan. 2005.
- [2] T. Wiegand, G. J. Sullivan, J. Scharz, and M. Wien, "Joint Draft 11 of SVC Amendment," Joint Video Team, doc. JVT-X201, Geneva, Switzerland, July 2007.
- [3] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand, "Overview of the Scalable

- Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," IEEE Trans. CSVT, vol. 17, no. 9, pp.1103-1120, Sept. 2007.
- [4] S. Wenger, Y.-K. Wang, and T. Schierl, "Transport and signaling of SVC in IP networks," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 17, no. 9, pp. 1164-1173, Sep. 20007.
- [5] Y.-K. Wang, M. M. Hannuksela, S. Pateux, A. Eleftheriadis, and S. Wenger, "System and transport interface of SVC," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 17, no. 9, pp. 1149-1163, Sep. 20007.
- [6] J. M. Monterio, C. T. Calafate, and M. S. Nunes, "Evaluation of the H.264 scalable video coding in error prone IP networks", IEEE Trans. Broadcasting, vol. 54, no. 3, pp. 652-659, Sep. 2008.
- [7] T. C. Thang, J. W. Kang, J.-J Yoo, J.-G. Kim, "Multilayer adaptation for MGS-based SVC bitstream," in Proc. ACM Multimedia 2008, Oct. 2008.
- [8] T. C. Thang, J.-G. Kim, J. W. Kang, J.-J Yoo, "SVC adaptation: Standard tools and supporting methods," Signal Processing: Image Comm., vol. 24, no. 3, pp. 214-228, Oct. 2009.
- [9] A. Eleftheriadis and S. Wenger, "System and transport Internet of SVC," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 17, no. 9, pp. 1149-1163, Sep. 2007.
- [10] L. Amonou, N. Cammas, S. Kervadec, and S. Pateux, "Optimized rate-distortion extraction with quality layer in the scalable extension of H.264/AVC," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 17, no 9, pp. 1186-1193, Sep. 2007.
- [11] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, Joint Scalable Video Model 11 (JSVM 11), Joint Video Team, Doc. JVT-X202, Jul. 2007.
- [12] Y. Guo, H. Q. Li and Y. K. Wang, "SVC/AVC loss simulator," ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, JVT-Q069, Oct. 2005.

저 자 소 개

장 의 덕

- 2009년 2월 : 한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부 학사
- 2009년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부 석사과정
- 주관심분야 : 비디오 신호처리/부호화, SVC, MPEG

김 재 곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리/부호화, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신

 저 자 소 개

Truong Cong Thang

- 1997년 5월 : Hanoi University of Technology 학사 (B.S)
- 2006년 2월 : Information and Communications University (ICU) 박사 (Ph. D)
- 1997년 7월 ~ 2000년 : Vietnam Post & Telecom (VNPT) Corp engineer
- 2006년 3월 ~ 2007년 2월 : ICU Post-doc researcher
- 2007년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 연구원
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신, IPTV

강 정 원

- 1993년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 학사 (B.S)
- 1995년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 석사 (M.S)
- 2003년 8월: Georgia Institute of Technology Department of ECE 박사 (Ph. D)
- 2003년 10월 ~ 현재: 한국전자통신연구원(ETRI) 방통미디어연구본부 선임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재: 과학기술연합대학원 대학교 이동통신 및 디지털방송공학겸임 조교수
- 주관심분야: 비디오 신호처리, 비디오 부호화, 비디오 적응변환, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스