

차세대 IPTV서비스를 위한 스케일러블 비디오 부호화 기술

연세대학교 | 서광덕*
한국전자통신연구원 | 정순홍* · 유정주

1. 서론

IPTV(Internet Protocol Television)는 인터넷을 이용하여 방송 및 기타 콘텐츠를 텔레비전 수상기로 제공하는 서비스 방식으로, 방송과 IP(Internet Protocol) 기술을 융합시킨 디지털 컨버전스(Digital Convergence) 서비스의 한 유형이다[1,2]. IPTV는 IP 기반의 플랫폼이기 때문에 단방향의 정보 전달에 그치는 기존의 방송 서비스와는 달리 통신의 양방향 특성을 결합하여 다양한 응용 서비스를 제공한다. 주문형 서비스를 비롯하여 푸쉬형 서비스 및 클릭형 서비스 등 실시간/비실시간형 양방향 서비스들이 이미 개발되어 IPTV 서비스의 일부로서 제공되고 있다. 기존의 케이블이나 위성과 같은 TV는 일방적으로 다운로드 받는 스트림과 동시에 많은 채널들이 전송되기 때문에 사용자는 하나의 콘텐츠를 선택해서 보게 되어 있지만 IPTV는 양방향 서비스로 콘텐츠의 내용이 네트워크에 남아 있기 때문에 사용자들이 원하는 시간에 콘텐츠를 선택하여 시청할 수 있다[3]. 또한 시청과 동시에 웹 서핑, VoIP를 통한 양방향 통신 서비스를 이용할 수 있다. 이러한 다채널 실시간 방송 서비스, VoD 서비스, 양방향 서비스를 포함하는 1세대 IPTV 서비스 기술은 한국에서 2008년 11월 경부터 상용화가 본격화 되었고 지상파 방송 프로그램이 IPTV 서비스를 통해 실시간으로 제공되고 있는 상황이다. 1세대 IPTV에서의 미디어 전송은 인터넷 기반의 유선망을 기반으로 이루어지고 있으며 전송된 미디어 신호를 수신하여 처리하는 단말은 TV수상기를 중심으로 형성되어 있다[4,5]. 그러나 미래의 IPTV 기술은 유선망뿐만 아니라 무선망 및 이동망을 통한 서비스까지 포함하여 TV 단말기 외에 다양한 형태의 휴대형 단말기를 지원할 뿐만 아니라 웹 2.0 기술까지도 포함하여 개방형 단말과 서비스를 지원할 예정이다[6]. 또한, 미래의 IPTV 기술에

서는 미디어 품질 향상과 지능화를 지원하기 위하여 양방향 미디어의 활성화, 상황 인지형 적응적 미디어 서비스, 미디어 품질의 세부적 관리 기술 등이 포함될 예정이다. 기존의 1세대 IPTV에 비하여 이러한 추가적인 기술이 포함된 새로운 개념의 IPTV 서비스를 차세대 IPTV 또는 IPTV 2.0이라고 부른다. 이러한 관점에서 IPTV 2.0은 유무선 통합망에서 언제 어디서나 임의의 단말을 이용하여 원하는 방송 서비스 및 콘텐츠를 최적의 품질로 소비 및 생성할 수 있는 개방형 IPTV 서비스라고 정의될 수 있다.

차세대 IPTV(IPTV 2.0) 기술은 기존의 IPTV에서 시도한 방송과 IP의 단순한 기술적 결합을 초월하여 단말의 종류나 망 상황에 구애받지 않고 다양한 장소 및 콘텐츠 접속 환경에서 언제 어디서나 자유롭게 IPTV 시청이 가능함을 목표로 한다. 이러한 차세대 IPTV 기술은 현재 기술 개발이 한창 진행 중에 있으며 2010년경에 유선과 무선이 통합된 유무선 통합형 IPTV 서비스가 도입되고 2012년에는 모바일 환경에서도 IPTV 서비스가 가능해질 전망이다.

차세대 IPTV가 성공하기 위해서는 콘텐츠의 품질 못지않게 대규모 가입자를 지원할 수 있는 네트워크 용량과 미디어 전송의 품질확보, 그리고 편리한 사용자 환경 등이 중요한 성공적 요인이 될 것이다[7]. 특히, IPTV 2.0에서의 융합적인 소비 환경은 미디어 전달망, 소비 단말 및 사용자 특성 등의 다양함을 모두 고려해야 한다. 따라서, 이러한 다양한 이종적인(heterogeneous) 서비스 환경에서 적절한 품질을 유지할 수 있는 환경 적응적인 미디어 컨버전스 기술이 요구된다[8,9]. 이 기술에는 환경 적응적 미디어 부호화 기술인 스케일러블 비디오 부호화(Scalable Video Coding: SVC) 기술, 스케일러블 비디오 적응 기술, 품질 적응적 비디오 전송 기술 등이 포함된다.

본 논문에서는 IPTV 2.0에서 목표로 하는 언제, 어디서나 끊김 없는 고품질의 융합 멀티미디어 서비스

* 정회원

를 제공하기 위해 요구되는 고도의 환경 적응적 특성을 갖춘 비디오 압축 기술인 SVC에 대해 소개하고, IPTV 2.0서비스 제공을 위해 SVC기술을 활용할 경우 얻을 수 있는 중요한 효용성에 대해 살펴본다.

2. SVC 비디오 부호화 기술

2.1 SVC 압축 기술 표준화 배경

계층부호화(Layered Coding)는 부호화된 원래의 단일 스트림을 영상 정보의 중요도를 기준으로 차별화된 화질과 전송 우선순위를 갖는 계층화된 스트림 구조로 만드는 방법이다. 송신측은 주어진 대역폭에서 가능한 만큼의 계층화된 스트림 정보만을 전송함으로써 망의 대역폭 변화에 어느 정도 유연하게 대처할 수 있다. 그러나, MPEG-2와 H.263에서 표준으로 채택한 계층부호화 기술은 동일한 비트율을 적용한 단일 계층(single layer) 부호화 방법에 비하여 화질이 많이 열화되는 단점이 있고, 계층의 개수를 필요한 만큼 많이 만들 수 없으므로 망의 동적인 대역폭 변화에 유연하게 대처할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 기존의 계층부호화 기술의 한계와 단점을 극복하기 위해 MPEG-4에서 새롭게 제안된 기법이 비트평면(bit-plane) 부호화 기반의 FGS(Fine Granularity Scalability) 기술이다[10]. FGS는 부호화된 스트림의 전송 비트율을 망에서 가용한 대역폭에 간단하면서 정확하게 맞추는 것을 목표로 하며, 1바이트 단위의 정밀도로 목표 전송율을 만족시킬 수 있다. 그러나, MPEG-4 FGS는 부호화 효율 측면에서 MPEG-4의 베이스라인 프로파일(baseline profile)에 비하여 성능이 많이 떨어지는 것

으로 판명이 되었고, 이 문제를 개선시키기 위한 연구 결과들이 다수 발표되었지만, 부호화 효율이 크게 개선되지는 못했다. 따라서, MPEG-4 FGS는 표준화 완료 이후에 상용 서비스에 활용이 되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 문제점을 해결하면서 실시간 비디오 전송에서 QoS(Quality of Service)를 지원하기 위해 ISO/IEC Moving Picture Experts Group(MPEG)과 ITU-T Video Coding Expert Group(VCEG)이 연합하여 구성한 표준화 팀인 Joint Video Team(JVT)이 개발한 비디오 압축 기술이 SVC이다[11,12]. JVT는 SVC에 대한 표준화를 2003년에 착수하여 2007년 말에 MPEG-4 Part 10 AVC/H.264의 수정판(Amendment)으로서 SVC에 대한 표준을 확정하게 되었다. H.264의 확장형 부호화 기술인 SVC는 기존의 MPEG-2, MPEG-4 등에서 시도한 계층 부호화 기반의 스케일러빌리티가 갖는 문제점인 낮은 압축효율, 복합 스케일러빌리티 지원 불가, 높은 구현 복잡도의 문제를 한꺼번에 해결하기 위한 새로운 확장형 부호화 기술이다.

2.2 SVC 압축 기술 개요

SVC에서는 향상계층을 연속적으로 많이 쌓을수록 다양한 비트율, 화면율, 해상도의 지원이 가능하므로, 이종의(heterogeneous) 망 환경에서 발생하는 대역폭의 다양성 문제, 수신 단말기 성능과 해상도의 다양성 문제, 콘텐츠 소비자의 다양한 선호도 문제 등을 복합적으로 해결할 수 있는 UMA(Universal Multimedia Access) 환경의 멀티미디어 콘텐츠 서비스에 적합한 부호화 기술이다[13,14]. 그림 1은 3개의 공간적 계층으로 구성하는 경우 SVC 부호기의 구조를 나타낸다.

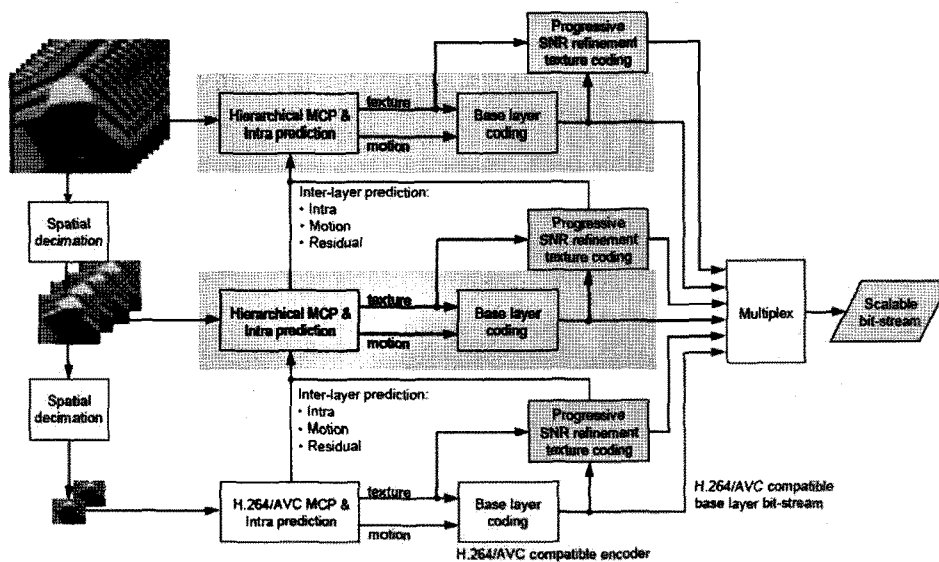


그림 1 SVC 부호기 구조

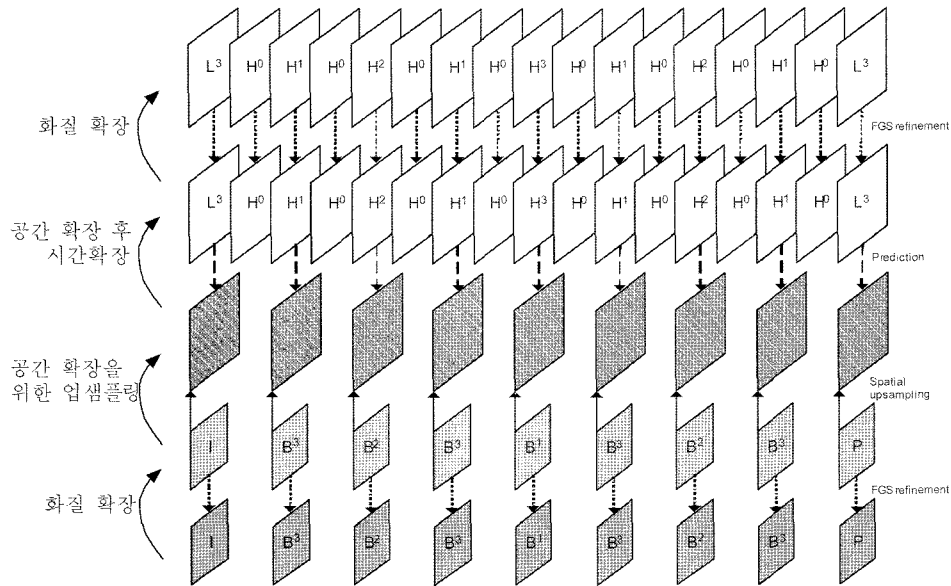


그림 2 SVC 비트스트림의 시간적, 공간적 및 화질적 스케일러빌리티 구조

공간적 스케일러빌리티를 위하여 입력 영상의 공간 해상도를 줄여서 크기가 작아진 영상을 각 계층에 입력시킨다. 이때 통상적으로 down-sampling 필터를 사용하지만 이 필터에 대해서는 표준으로 규정하지 않고 있다. 그 후 공간적으로 분할된 각 계층의 입력 비디오 신호에 계층적 B-픽처(Hierarchical B-picture)를 적용하여 시간적 스케일러빌리티를 지원한다. 이때 얻어지는 시간적인 저주파 영상과 고주파 영상의 집합, 잔여 텍스처 정보, 블록 단위의 움직임 정보를 부호화해야 하는데, 잔여 텍스처 정보와 움직임 정보는 H.264 알고리즘을 기초로 부호화하면서 추가적인 화질적 스케일러빌리티 제공을 위하여 FGS/MGS(Medium Grain Scalability) 기법을 적용한다. 또한 각 공간 계층간의 중복성(redundancy)을 줄이기 위해 계층간 예측 방식(inter-layer prediction)을 적용한다.

SVC는 해상도(resolution), 화면율(frame rate), 화질(quality) 측면에서 다양한 품질을 제공할 수 있는 여러 개의 비디오 계층을 하나의 비트스트림으로 통합하여 부호화한다. SVC의 계층 구조는 하나의 기본계층(base layer)과 기본계층 위에 연속적으로 쌓을 수 있는 향상계층-scalable enhancement layer)으로 구성된다. 각 향상계층은 하위 계층 정보를 기반으로 각각에게 주어진 최대의 해상도, 화면율, 화질을 표현할 수 있다. SVC는 하나의 비트스트림에 FGS/MGS 기술에 의한 화질적(quality) 스케일러빌리티 뿐만 아니라 시간적(temporal) 및 공간적(spatial) 스케일러빌리티를 위한 계층 부호화 정보를 동시에 저장할 수 있으며, 이들 세 가지 스케일러빌리티에 의한 계층 부호화

정보의 유기적인 결합을 통해 광범위한 형태의 복합형(combined) 스케일러빌리티 지원이 가능하다. 그림 2는 기본계층과 향상계층으로 구성된 대표적인 SVC 비트스트림의 스케일러빌리티 구조를 보이고 있으며 최하위 계층인 기본계층을 기반으로 공간적, 시간적 및 화질적 측면에서 비디오 품질을 신속적으로 확장할 수 있다.

SVC는 다양한 전송환경에서 콘텐츠의 적응을 용이하게 하기 위해 비트스트림을 VCL(Video Coding Layer)과 NAL(Network Abstraction Layer)로 분리하여 구성한다[13]. VCL에서는 기본계층 부호화 정보와 향상계층의 스케일러빌리티 부호화 정보를 슬라이스 단위로 생성하게 된다. 각 슬라이스는 NAL 계층에서 NAL unit으로 생성되어 SVC 비트스트림에 저장된다. SVC에서는 이러한 NAL 구조로 비트스트림을 구성하며 공간적, 시간적, 화질적 스케일러빌리티 각각에 대한 기본계층과 향상계층 부호화 정보는 연속적인 NAL unit들로 구성된다. 그림 3은 NAL unit으로 구성된 SVC 비트스트림의 구조와 NAL unit의 구조를 나타낸다. 그림에 보이듯이 NAL unit은 제어 및 부가정보를 제공하는 SEI(Supplemental Enhancement Information), SPS(Sequence Parameter Set), PPS(Picture Parameter Set) NAL로 구성되는 파라미터 NAL과 IDR(Instantaneous Decoding Refresh) 및 Non-IDR 화면에 대한 비디오 압축 정보를 포함하는 데이터 NAL로 구성되고 향상계층에 속하는 NAL unit은 NAL 헤더에 시간적, 공간적, 화질적 확장에 관련된 정보를 기본적으로 포함하게 된다.

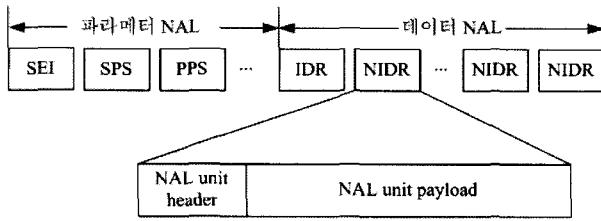


그림 3 SVC 비트스트림과 NAL unit 구조

SVC 부호화에 의해 생성된 부호화 정보는 NAL unit으로 비트스트림에 저장되는데, 그림 4에 보이듯이 기본계층에서 생성된 NAL unit과 확장계층에서 생성된 NAL unit의 헤더 구조는 서로 다르다. 기본계층의 NAL unit은 H.264/AVC와 호환이 되어야 하므로 H.264/AVC의 NAL unit 헤더 구조와 동일한 헤더 필드 3가지(F, NRI, NAL Unit Type)로 구성되며 총 1 바이트 크기를 갖는다[13]. 확장 계층에서 생성된 NAL unit 헤더의 경우 기본계층 NAL unit 헤더에 추가적으로 3바이트 크기를 갖는 새로운 헤더 필드(NAL Unit Header Extension)가 붙게 된다. 각 SVC NAL unit이 향상계층과 갖는 연관성에 대한 정보를 비트스트림의 복호화 없이 NAL 계층에서 구분하기 위하여 각 SVC NAL unit 헤더에는 (DID, TID, QID) 필드가 존재한다. (DID, TID, QID) 필드는 각각 시간적, 공간적, 화질적 스케일러빌리티에서 각 계층 간의 시공간적 관련 체계를 나타내는 정보로서 이 세 가지 값들의 조합으로부터 각 NAL unit이 속하게 되는 시공간적 스케일러빌리티 계층을 유도해 낼 수 있다[15,16].

2.3 SVC의 복합형 스케일러빌리티

SVC의 복합형 스케일러빌리티는 하나의 SVC 비트스트림에 화질적 스케일러빌리티, 시간적 및 공간적 스케일러빌리티의 부호화 정보를 동시에 저장하는 확장형 부호화 방식이다. 그림 4는 복합형 스케일러빌리티의 예를 보여준다. 그림에서 'Layer 0'에는 기본계층과 화질적 스케일러빌리티를 위한 SNR 확장계층이 동시에 존재하며, 기본계층은 QCIF 규격으로 최대

15fps의 화면율과 41 Kbps의 전송률을 지원한다. 그리고, 기본계층에 대해 FGS/MGS를 적용하여 얻어진 SNR 확장계층에 의해 최대 80 Kbps까지 전송 비트율을 높일 수 있다. 한편, 기본계층은 시간적 스케일러빌리티를 가능하게 하기 위하여 계층적 B-픽처(hierarchical B-picture)로 이루어진 화면 구조를 가지므로 B3로 표시된 픽처의 집합인 시간적 서브밴드(temporal subband) {B3}를 생략하게 될 경우 화면율을 7.5 fps로 줄일 수 있다. 그림 4의 'Layer 1'에는 공간적 확장계층과 SNR 확장계층이 동시에 존재하는데, CIF 규격을 지원하기 위한 공간적 확장계층은 'Layer 0'에서 재생된 QCIF 규격 화면의 업샘플링(spatial upsampling)된 신호를 기반으로 계층간 예측(inter-layer prediction)이 적용되어 예측에 의한 오차신호(residual signal) 만이 부호화 된다. 공간적 확장계층의 적용으로 지원가능 해상도를 CIF규격으로 늘릴 수 있게 되고 지원 가능 비트율도 115 Kbps로 늘릴 수 있게 된다. 또한 공간적 확장계층에 대해 FGS/MGS를 적용하여 얻어진 SNR 확장계층에 의해 최대 256 Kbps까지 전송 비트율을 높일 수 있다. 한편, 시간적 스케일러빌리티에 의해 시간적 서브밴드 $\{H\}^0, \{\{H\}^0, \{H\}^1\}, \{\{H\}^0, \{H\}^1, \{H\}^2\}, \{\{H\}^0, \{H\}^1, \{H\}^2, \{H\}^3\}$ 를 생략함으로써 화면율을 각각 15, 7.5, 3.75, 1.875 fps로 줄일 수 있다. 이러한 화면율을 조절하는 시간적 스케일러빌리티에 FGS/MGS에 의한 SNR 스케일러빌리티를 동시에 적용할 경우 감소된 각 화면을 마다 그림 5의 좌측에 표시된 범위의 전송 비트율을 지원할 수 있다.

그림 6은 SVC의 복합형 스케일러빌리티(combined scalability) 부호화를 위한 화면 및 계층 구조의 한 예를 보인다. 이 그림에서는 SVC 스트림의 시작 부분인 IDR 픽처와 첫번째 GOP에 해당하는 화면만을 보이는데, 하나의 GOP는 16장의 화면으로 구성된다. 이 그림에서 기본계층에서 지원 가능한 화면 해상도는

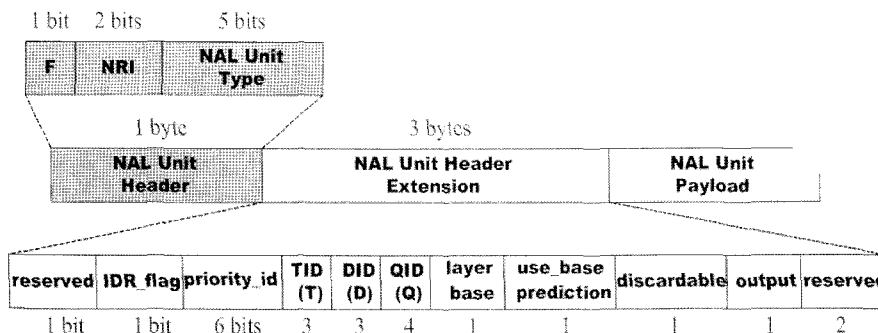


그림 4 SVC의 기본계층과 확장계층에서 사용되는 NAL unit의 헤더 구조[5]

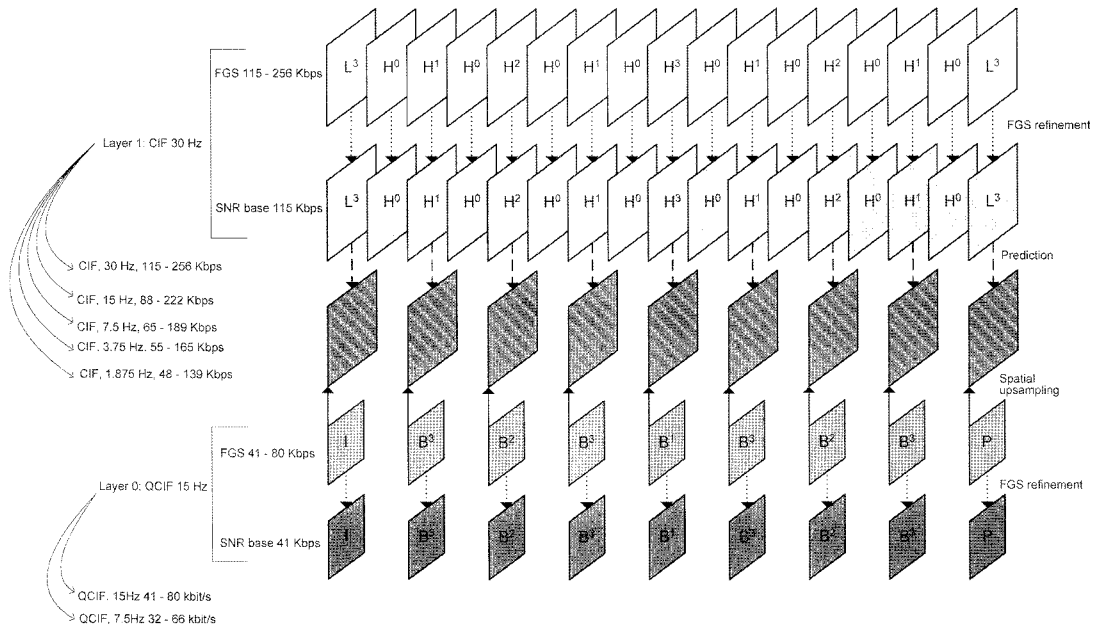


그림 5 SVC의 복합형 스케일러빌리티

QCIF이고 공간적 확장계층(spatial scalable layer)에서 지원 가능한 화면 해상도는 CIF이다.

시간적 스케일러빌리티 제공을 위해서 계층적 B-picture 방식이 적용되며 지원 가능한 화면율을 표시하기 위하여 (DID, TID, QID) 값 중에서 TID를 이용한다. 그림 6에서 TID 값은 사각형으로 표시된 각 화면의 가운데 부분에 숫자로 표시가 되어 있다. TID=0인 Key-picture만 전송할 경우 1,875 fps(frame per second)까지 화면을 지원이 가능하며, TID=1인 B-

picture를 포함하여 전송할 경우 3.75 fps까지 화면율 지원이 가능하다. 추가적으로 TID=2인 B-picture를 전송할 경우 7.5 fps까지 얻을 수 있으며, TID=3과 TID=4로 표시된 B-picture를 추가적으로 전송하게 되면 각각 15 fps와 30 fps까지 화면율 지원이 가능하다.

기본계층과 공간적 확장계층에서 동일한 시점(time instant)에 해당이 되어서 서로 같은 TID 값을 갖게 될 경우 점선으로 표시된 화살표 방향으로 계층간 예측부호화(inter-layer prediction)가 적용될 수 있다.

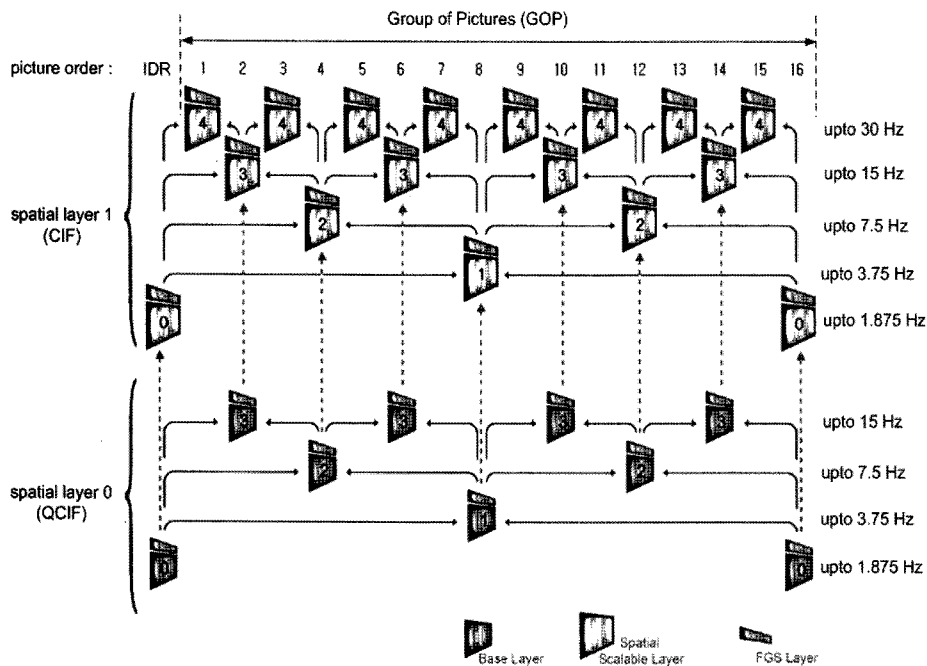


그림 6 SVC의 복합 스케일러빌리티 부호화를 위한 화면 및 계층 구조의 예

picture order :	IDR	16	8	4	12	2	6	10	14	1	3	5	7	9	11	13	15
quality base layer of spatial layer 0 (DID=0, QID=0)	5/(0 0 0)	1/(0 0 0)	1/(0 1 0)	1/(0 2 0)	1/(0 2 0)	1/(0 3 0)	1/(0 3 0)	1/(0 3 0)	1/(0 3 0)								
FGS layer of spatial layer 0 (DID=0, QID=1)	20/(0 0 1)	20/(0 0 1)	20/(0 1 1)	20/(0 2 1)	20/(0 2 1)	20/(0 3 1)	20/(0 3 1)	20/(0 3 1)	20/(0 3 1)								
quality base layer of spatial layer 1 (DID=1, QID=0)	20/(1 0 0)	20/(1 0 0)	20/(1 1 0)	20/(1 2 0)	20/(1 2 0)	20/(1 3 0)	20/(1 3 0)	20/(1 3 0)	20/(1 3 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)	20/(1 4 0)
FGS layer of spatial layer 1 (DID=1, QID=1)	20/(1 0 1)	20/(1 0 1)	20/(1 1 1)	20/(1 2 1)	20/(1 2 1)	20/(1 3 1)	20/(1 3 1)	20/(1 3 1)	20/(1 3 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)	20/(1 4 1)

그림 7 SVC 화면의 부호화 순서와 각 화면에 속하는 기본계층 및 향상계층의 NAL unit들에 대한 NAL_unit_type과 (DID, TID, QID) 필드 정보

그림 7은 그림 6의 화면 및 계층 구조에 대하여 SVC의 복합형 스케일러빌리티 부호화를 적용할 경우 화면의 부호화(또는 전송) 순서와 각 화면에 속하는 기본계층 및 향상계층의 NAL unit들에 대한 NAL_unit_type과 (DID, TID, QID) 필드 정보를 순차적으로 나타내고 있다. 제일 먼저 IDR 픽처가 부호화되는데 기본계층에서는 기본계층 NAL unit 1개가 생성되고 향상계층에서는 향상계층 NAL unit 3개가 생성된다. 향상계층에서 생성되는 3개의 NAL unit은 구체적으로 기본계층에 대한 FGS/MGS 향상을 위한 NAL unit 1개, 공간적 향상계층을 위한 NAL unit 1개, 그리고 공간적 향상계층에 대한 FGS/MGS 향상을 위한 NAL unit 1개 등이다. IDR 픽처에서 제일 먼저 생성되는 NAL unit은 기본계층에서 생성되며 이 NAL헤더의 NAL_unit_type은 '5'로 설정됨을 그림 7을 통해 확인할 수 있다. IDR 픽처에서 두 번째로 생성되는 NAL unit는 기본계층에 대한 MGS 향상을 위한 NAL unit으로서 NAL_unit_type은 '20'으로 설정되며 QID=1로 설정되어 (DID, TID, QID)은 (0, 0, 1)이 된다. IDR 픽처에서 세 번째로 생성되는 NAL unit은 공간적 향상계층을 위한 NAL unit으로서 NAL_unit_type은 '20'으로 설정되며 DID=1로 설정되어 (DID, TID, QID)은 (1, 0, 0)이 된다. IDR 픽처에서 마지막으로 생성되는 NAL unit은 공간적 향상계층에 대한 FGS/MGS 향상을 위한 NAL unit으로서 NAL_unit_type은 '20'으로 설정되며 QID=1로 설정되어 (DID, TID, QID)은 (1, 0, 1)이 된다.

IDR 픽처에 대한 부호화가 완료되면 I 또는 P-픽처인 화면번호 16번 화면이 부호화되는데 IDR 픽처와의 차이점은 비 IDR 픽처이므로 NAL_unit_type이 기본계층에서는 '1', 향상계층에서는 '20'으로 설정된다는 것이다. 16번 화면의 부호화 완료 후에 B-picture인 화면번호 8번 화면이 부호화되는데 이때 생성되

는 4개의 NAL unit에 대한 TID값이 모두 1로 설정되어 3.75 fps의 화면을 지원이 가능하다. 그 다음으로 화면번호 4번 및 12번 화면은 TID=2로 설정되어 7.5 fps의 화면을 지원이 가능하다. 2, 6, 10, 14번 화면은 15 fps의 화면을 지원을 위하여 생성되는 4개의 모든 NAL unit에 대하여 TID=3으로 설정한다.

한편, CIF 규격으로만 30fps를 지원하기 위하여 공간적 확장계층에서만 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15번 화면을 부호화한다. 그림 7에 보이듯이 기본계층에 속하는 NAL unit은 존재하지 않으며, 향상계층에 속하는 NAL unit 2개만 존재한다. 30 fps 지원을 위하여 TID=4로 설정되며 모든 NAL들이 공간적 확장계층에 속하므로 공통적으로 DID=1로 설정이 된다. 공간적 확장계층을 위한 NAL unit일 경우 QID=0으로 설정되며 공간적 확장계층에 대한 FGS/MGS 향상을 위한 NAL unit는 QID=1로 설정이 된다.

3. IPTV를 위한 SVC 비디오 압축 기술의 효용성

3.1 IPTV 콘텐츠의 효율적 관리 및 배포(distribution)

차세대 IPTV는 기존의 인터넷 인프라 뿐만 아니라 이동성 지원을 위한 무선 통신망까지 확대되어 서비스가 이루어질 전망이다. 따라서 제작되는 IPTV 콘텐츠는 다양한 종류의 네트워크 품질, 단말기 해상도, 비디오 품질에 대한 소비자 선호도를 동적으로 만족시키는 적응성을 확보하여야 한다. 이를 위하여 기존의 H.264와 같은 단일 계층(single layer) 비디오를 IPTV 서비스에 활용할 경우에는 다양한 수신 단말기의 환경에 적응적으로 대응하기 위하여 다양한 해상도와 품질의 비디오를 각각 별도로 제작하여 관리해야 한다. 동일한 내용의 콘텐츠를 다수 제작하는 것은 콘텐츠 제작비용의 증대와 콘텐츠 저장을 위한 데이터베이스의 용량 증대를 초래할 뿐만 아니라 콘텐츠를 관리하고 제어하게 되는 서버의 복잡도를 증

가시하게 된다. 이와 같은 문제점으로 인해 단일 계층 비디오를 여러 개 제작하여 서비스하는 대신에 트랜스코딩(transcoding)을 활용할 수도 있다[17]. 그러나 트랜스코딩은 IPTV 콘텐츠의 서비스가 이루어지는 시점에 결정되는 비디오의 해상도, 화면율, 품질 등을 만족시키기 위해 이미 압축된 비트스트림을 저장한 콘텐츠에 대한 연속적인 복호화 및 부호화 과정을 포함하게 된다. 이러한 높은 계산 복잡도를 포함하는 트랜스코딩 과정은 점대점(point-to-point)의 형태로 콘텐츠 소비가 이루어지는 유니캐스팅 환경에서는 기술적으로 가능한 방식이지만 멀티캐스팅 환경에서는 적용이 불가능하다[18]. 더군다나 유니캐스팅 환경에서 조차도 콘텐츠 소비에 참여하는 단말기의 숫자가 급격히 증가할 경우 실시간적으로 모든 단말기에 최적적으로 맞춰진 품질의 비디오를 트랜스코딩을 통해 제공하는 것은 거의 불가능하다.

이러한 기존 방식들이 갖는 IPTV 콘텐츠에 대한 관리와 배포에 있어서의 문제점을 SVC는 매우 효과적으로 해결할 수 있다. SVC는 하나의 비트스트림에 화질적, 시간적, 공간적 스케일러빌리티를 모두 포함하여 저장하게 되므로 다양한 IPTV 콘텐츠 소비 환경을 적응적으로 만족시킬 수 있다. SVC의 비트스트림을 구성하는 NAL unit 구조는 동적으로 변동하게 되는 IPTV 콘텐츠 소비 환경을 적응적으로 만족시키기 위해 매우 효과적으로 활용이 가능하다. 그림 4에 나타나 있는 SVC NAL unit의 헤더에 포함되어 있는(DID, TID, QID) 값을 조절하여 원하는 비디오의 해상도, 화면율, 품질을 적응적으로 만족시킬 수 있다. 그림 8은 이러한 SVC NAL unit의 적응성이 잘 반영되어 있는 IPTV 서비스 시나리오를 홈네트워크 내에서 구현한 예를 나타낸다. 홈네트워크에서의 게이트웨이는 일반적으로 별도의 하드웨어로 존재할 수도 있지만, 홈네트워킹에서 메인 시스템 역할을 하게 되는 거실에 놓여지는 고해상도의 디지털 TV에 셋탑박스(set-top-box) 형태로 장착되어 서비스가 이루어질 수 있다. 이럴 경우, 홈게이트웨이와 메인 시스템인 디지털 TV는 일체로 존재하게 되는데, 전체 시스템의 동작은 크게 다섯 과정인 (1)~(5) 과정으로 구분되어 있다. 각 과정 별 세부 동작에 대한 설명은 다음과 같다.

- 제 (1) 과정: IPTV 콘텐츠 서버에는 일레로 계층 구조가 기본계층 (B)과 3개의 향상계층 (E1+E2+E3)으로 구성된 SVC 비트스트림이 SVC 파일 포맷으로 제작되어 저장되어 있다. 서버는 이 SVC 콘텐츠를 RTP/UDP/IP를 통해 홈게이트웨이로 전송한다.

- 제 (2) 과정: 홈게이트웨이에 SVC 콘텐츠가 도착한다. 2-(1) 과정에서는 SVC 파일 포맷 파서 (file format parser)에 의해 SVC 콘텐츠에 포함된 SVC NAL 유닛을 기본계층 B와 3개의 향상계층 E1, E2, E3로 분리하여 추출하게 된다. 2-(2) 과정에서는 추출된 SVC NAL unit을 메인 시스템인 디지털 TV에 로컬 재생하여 서비스를 제공하게 된다.
- 제 (3) 과정: 추출된 각 계층별 SVC NAL 유닛 중에서 홈게이트웨이에 존재하는 다양한 단말기 타입 (A), (B) 또는 (C)가 요구하는 화질적, 시간적 및 공간적 스케일러빌리티를 만족하는 NAL unit을 (DID, TID, QID) 정보를 이용하여 선택 및 추출하게 된다.
- 제 (4) 과정: 선택 및 추출된 SVC NAL unit은 IETF의 "RTP payload format for SVC [19]" 표준을 만족시키면서 RTP 패킷화 된다.
- 제 (5) 과정: 생성된 RTP 패킷은 실시간 서비스를 위해 UDP 프로토콜에 실려서 단말기 (A), (B), (C)로 동시에 전송된다.

이러한 방식으로 서비스를 실시하게 되면 홈네트워크의 메인 시스템이 되는 디지털 TV를 통해 모든 계층 데이터의 조합인 B+E1+E2+E3에 의해 최고 품질의 SVC 비디오를 시청할 수 있는 동시에 홈네트워크 내부에 존재하는 다양한 단말을 통해 각 단말기의 해상도와 성능에 적합한 품질의 SVC 비디오를 서비스 받을 수 있다. 또한, 거실의 디지털 TV를 통해 SVC 비디오 서비스를 받는 도중에 다른 방이나 화장실

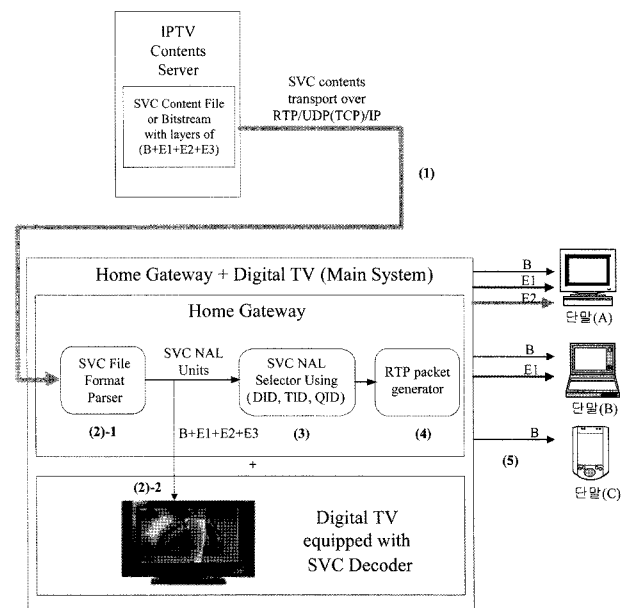


그림 8 SVC의 적응적 특성을 활용한 IPTV 서비스 시나리오 예

로 위치를 옮겨서 각 개인 단말기를 통해 기존의 SVC 비디오 서비스를 끊김 없이 이어서 수신 받을 수 있다.

3.2 다양한 단말간의 IPTV 콘텐츠에 대한 이식성 (portability)

현재 IPTV는 인터넷을 기반으로 서비스가 이루어지고 있고 TV 수상기가 전형적인 단말기로서 활용되고 있다. 그러나 수년 내에 IPTV 2.0 서비스가 전개될 경우에는 다양한 유무선 인터넷 망을 기반으로 TV 수상기뿐만 아니라 휴대폰, PMP(portable multimedia player), PC, PDA(personal digital assistant, DVD(digital video disk) 플레이어 등의 다양한 유형의 단말기를 통해 IPTV 서비스에 대한 접속이 가능해진다. 따라서, 다양한 유형의 단말기는 IPTV 콘텐츠를 다운로드 받거나 실시간 방송과 동시에 녹화(recording) 기능을 통해 IPTV 콘텐츠를 로컬 메모리 장치에 저장할 수 있다. 특정 단말기 (A)에 저장된 콘텐츠는 성능 차이가 존재하는 다른 유형의 단말기 (B)로 전달되어 이식될 수 있다. 이때 단말기 (A)의 디스플레이 해상도와 비디오 처리 성능 등의 콘텐츠 소비 환경에 최적화된 원본의 SVC 비디오 콘텐츠가 단말기 (B)에서도 원활히 디코딩 되어 서비스될 수 있어야 한다. SVC의 경우 화질적, 시간적, 공간적 스케일러빌리티를 동시에 지원하기 때문에 비록 단말기 (A)의 사양이 단말기 (B)보다 높다고 하더라도, 단말기 (B)에 이식된 SVC비트스트림으로부터 단말기 (B)의 콘텐츠 소비 환경에 적합한 NAL unit들을 추출하게 함으로써 서로 다른 유형의 단말 간의 SVC 비디오 콘텐츠에 대한 상호 이식성을 효과적으로 지원할 수 있다. 예컨대, SVC 콘텐츠를 3가지 종류의 공간 해상도를 갖는 비트스트림으로 제작할 경우 $DD=0$ 의 값을 갖는 기본계층은 휴대폰, 스마트폰 등의 단말기를 위해서 QVGA 급 해상도에 초당 25~30장의 화면율로 부호화하고, $DD=1$ 의 값을 갖는 공간적 확장계층은 PDA와 같은 고급형 휴대 단말기나 PC를 위해서 VGA/

WXGA 급의 해상도에 초당 30 장의 화면율로 부호화하며, $DD=2$ 의 값을 갖는 공간적 확장계층은 IPTV 셋톱박스나 DVD 플레이어를 위해서 SD(standard definition)급 해상도에 초당 25~30장의 화면율로 부호화 한다. IPTV 셋톱박스의 로컬 메모리에 저장되어 있는 SD급의 비디오 콘텐츠는 성능이 상대적으로 열등한 휴대폰, PDA, 셋톱박스 등에 이식된 후 별도의 트랜스코딩 과정없이 각 단말기의 비디오 소비 환경에 적합한 계층의 NAL unit들을 추출하여 처리함으로써 소비자에게 만족스러운 단말간 이식성을 제공할 수 있다.

3.3 IPTV 콘텐츠에 대한 정보보안(security) 유지의 용이성

IPTV는 인터넷과 같은 IP망을 통해 콘텐츠의 전송이 이루어지므로 인터넷 도처에 존재하는 라우터나 게이트웨어에서 SVC NAL unit에 대한 Encryption이 추가로 적용될 수 있다. 다양한 네트워크 환경과 단말기 종류를 고려하는 기존의 트랜스코더를 활용한 멀티캐스팅 방법에서는 그림 9에 나타나 있듯이 라우터(게이트웨어)에 내장된 트랜스코더(transcoder)를 이용하여 각 단말기의 통신 조건에 맞는 화면율, 비트율, 해상도의 새로운 비트스트림을 생성하여 서비스한다. 그리고 정보보안을 유지하기 위한 방법으로 encryption을 적용한다. 즉, 압축된 비디오를 encryption한 후 RTP 패킷의 페이로드(payload) 부분에 실어서 트랜스코더에게 전달하면 트랜스코딩 이전에 RTP 패킷의 헤더를 벗기고 페이로드에 실려 있는 encryption 비디오 데이터를 decryption하여 원래 비디오 비트스트림을 복원해 낸다. 복원해 낸 비트스트림을 트랜스코딩을 통해 원하는 화면율, 비트율, 해상도를 갖는 새로운 비트스트림을 생성한 후 다시 보안을 유지하기 위해 encryption을 적용하여 클라이언트 단말기로 전송하게 된다. 이 방법의 경우 트랜스코더는 수신된 패킷의 페이로드 내용에 접근해야만 트랜스

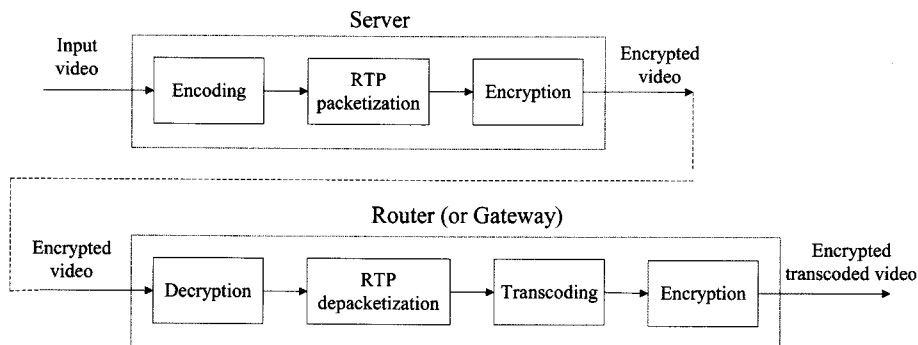


그림 9 트랜스코더를 이용한 정보보안 멀티캐스팅 서비스 실시 예

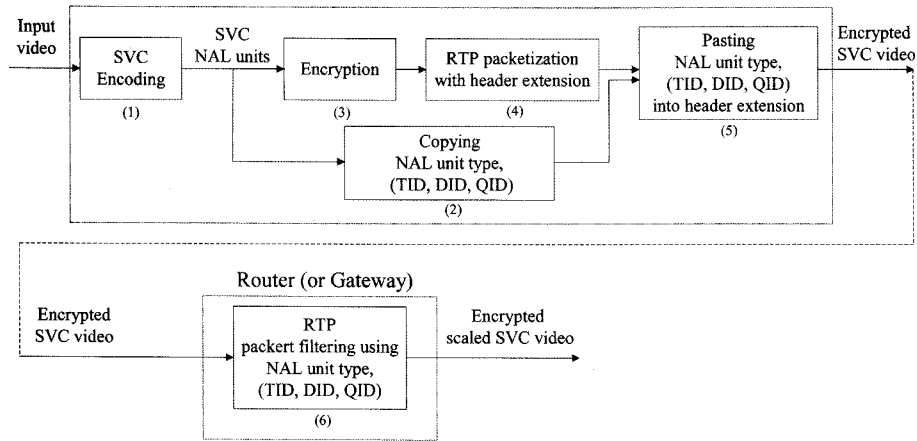


그림 10 SVC 기반의 정보보안 멀티캐스팅 서비스 블록도

코딩이 가능하기 때문에 라우터에서 decryption/encryption의 연속적인 과정이 반드시 필요하여 계산량 및 지연이 커지고 또한 라우터에서 원래의 비트스트림을 복원해 내기 때문에 비디오 정보에 대한 완벽한 보안을 유지하기가 불가능하다. 서버로부터 전송된 RTP 패킷을 보안을 유지한 상태로 클라이언트로 멀티캐스팅 하기 위해서는 라우터나 게이트웨이에서 RTP 패킷의 페이로드 내용을 접근할 필요 없이 멀티캐스팅이 가능하도록 해야 한다[20].

반면에, SVC 기반의 멀티캐스팅 서비스에서는 네트워크의 각 요소에 존재하는 라우터나 게이트웨이에서의 정보보안 유지가 가능한 상태로 SVC NAL unit에 대한 필터링이 가능하며, 이를 위한 서비스 블

록도가 그림 10에 나타나 있다.

그림 10에서는 그림 9와 달리 RTP 패킷화와 encryption 과정의 순서를 역으로 배치하여 SVC NAL unit에 대한 encryption을 먼저 적용한 후 RTP 패킷화를 적용하였다. 이렇게 할 경우 RTP 패킷 헤더 부분에 대해서는 encryption이 적용되지 않게 되어 라우터가 수신된 RTP 패킷 헤더 부분의 정보를 decryption 과정 없이 접근할 수 있어서 고속으로 RTP packet filtering을 수행할 수 있다. 그림 10의 각 블록 별로 표시된 단계별 동작 절차에 대해 자세히 설명하면 다음과 같다.

- 제 (1) 과정: SVC 압축에 의해 SVC NAL unit을 생성한다.

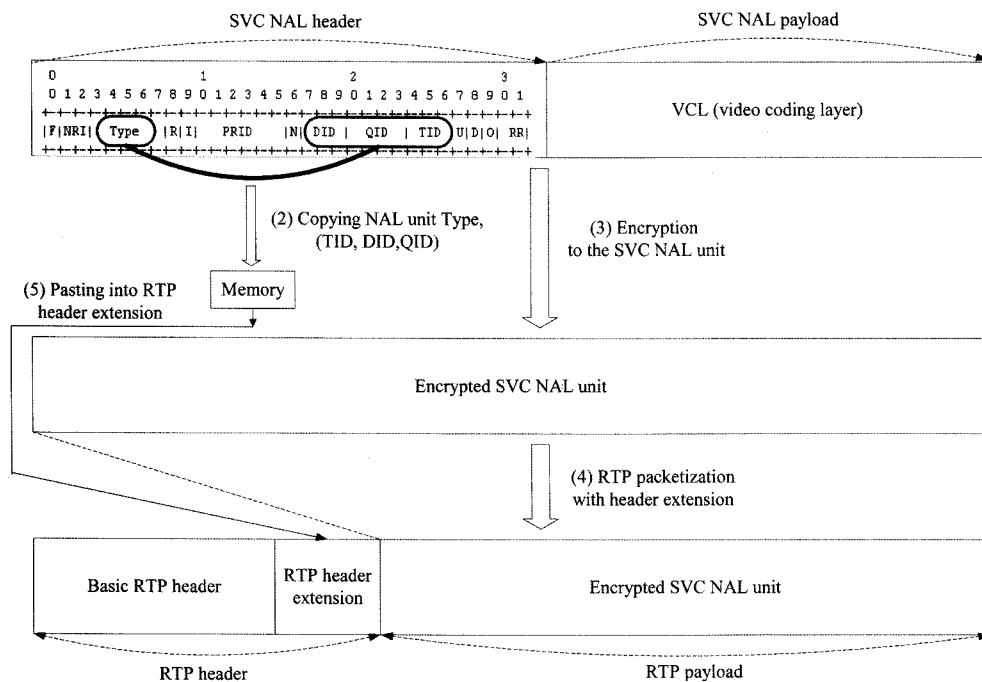


그림 11 SVC NAL unit 별 세부적인 처리 블록도

- 제 (2) 과정: SVC NAL 헤더에 포함된 NAL unit type과 (*TL, DID, QL*) 정보를 복사하여 메모리에 저장한다.
- 제 (3) 과정: SVC NAL unit에 대해 encryption을 적용한다.
- 제 (4) 과정: Encryption된 SVC NAL unit을 RTP 패킷의 페이로드에 실어서 RTP 패킷화를 수행한다. 이때 RTP 헤더의 헤더확장(header extension) 구간을 사용할 수 있도록 헤더 공간을 확장한다.
- 제 (5) 과정: (2)의 과정에서 메모리에 저장된 NAL unit type과 (*DID, TID, QID*) 정보를 RTP 헤더의 header extension 필드에 기록한 후 encryption된 SVC 비디오를 포함한 RTP 패킷을 멀티캐스팅 라우터에 전달한다.

한편, 위의 (2)~(5)번의 동작 단계를 SVC NAL unit을 활용하여 좀 더 세부적으로 도시하면 그림 11과 같다.

4. 결론

본 논문에서는 차세대 IPTV 서비스를 위한 적응적 비디오 부호화 기법의 제공이 가능한 SVC 비디오 압축 기술에 대해 소개 하였다. 공간적, 시간적, 및 화질적 스케일러빌리티를 하나의 비트스트림에 통합한 복합형 스케일러빌리티를 지원하는 SVC의 계층적 비디오 구조의 특성을 활용하여 IP 망의 동적인 채널 변동과 단말기 성능의 다양성, 그리고 소비자의 다양한 콘텐츠 선호도를 적응적으로 만족시킬 수 있다. SVC 비디오 압축 기술은 차세대 IPTV가 요구하는 콘텐츠의 효율적 관리 및 배포, 다양한 단말 간의 IPTV 콘텐츠에 대한 이식성, 콘텐츠에 대한 정보보안 유지의 용이성을 모두 만족시킬 수 있는 매우 효율성이 높은 기술로서 복잡 다양한 기술의 등장으로 콘텐츠 소비 환경이 점차 다양해지는 조건에서의 고품질 비디오 서비스 제공에 효과적으로 활용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [2008-S-006-02, 유무선 환경의 개방형 IPTV (IPTV 2.0) 기술개발].

참고문헌

[1] 윤장우, 이현우, 류원, 김봉태, "IPTV 서비스 및 기술 진화 방향," 한국통신학회지, 제25권, 제8호, pp.

03-11, 2008년 8월.

[2] K. Kerpez, "IPTV service assurance," IEEE Communications Magazine, vol. 44, no. 9, pp. 166-172, Sep. 2006.

[3] 김대건, "통방 융합서비스(IPTV) 국내의 현황," 한국통신학회지, 제24권, 제2호, 2007년 2월.

[4] 홍인화, 이석필, "IPTV 기술 동향," IT SoC Magazine, vol. 17, pp. 26-34, 2007년.

[5] ITU-T FG-IPTV, "IPTV Architecture," FG IPTV-DOC-0181, 2007.

[6] 김성한, 이승윤, "웹 2.0과 IPTV 서비스 동향," 전자통신동향분석, 제22권, 제6호, pp. 74-83, 2007.

[7] 최락권, 송치향, "IPTV 서비스 구현을 위한 핵심 기술 연구," 대한전자공학회지, 제35권 제3호, pp. 237-251, 2008년 3월.

[8] U. Jennehag, T. Zhang, and S. Pettersson, "Improving transmission efficiency in H.264 based IPTV systems," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 53, no. 1, Mar. 2007.

[9] S. Han, S. Listle, and G. Nehib, "IPTV transport architecture alternatives and economic considerations," IEEE Communications Magazine, vol. 46, no. 2, pp. 70-77, Feb. 2008.

[10] W. Li, "Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard", IEEE Trans. Circuits and Syst. for Video Technol., vol. 11, no. 3, pp. 301-317, Mar. 2001.

[11] T. Wiegand, G. Sullivan, J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Joint draft 11 of SVC amendment," Joint Video Team, Doc. JVT-X201, July 2007.

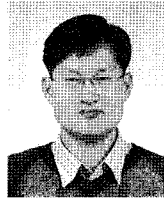
[12] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the scalable video coding extension of the H.264/AVC standard," IEEE Trans. Circuits and Syst. for Video Technol., vol. 17, no. 9, pp. 1103-1120, Sep. 2007.

[13] J. Kang, S. Jung, J. Kim, and J. Hong, "Development of QoS-aware ubiquitous content access(UCA) testbed," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 53, no. 1, pp. 197-203, Feb. 2007.

[14] T. Thang, Y. Kim, Y. Ro, J. Kang, and J. Kim, "SVC bitstream adaptation in MPEG-21 multimedia framework," Journ. of Zhejiang Univ., vol. 7, no. 5, pp. 764-772, May 2006.

[15] Y. Wang, and M. Hannuksela, "Signaling of scalability information," Joint Video Team Doc. JVT-P061, July 2005.

- [16] S. Wenger, Y. Wang, and T. Schierl, "Transport and signaling of SVC in IP networks," IEEE Trans. Circuits and Syst. for Video Technol., vol. 17, no. 9, pp. 1164-1173, Sep. 2007.
- [17] A. Vetro, C. Christopoulos, and H. Sun, "Video transcoding architectures and techniques: An overview," IEEE Signal Processing Mag., vol. 20, pp. 18-29, March 2003.
- [18] H. Liu, Y. Wang, and H. Li, "A comparison between SVC and transcoding," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 54, no. 3, pp. 1439-141446, Aug. 2008.
- [19] S. Wenger, Y. Wang, and T. Schierl, "RTP payload format for SVC video," IETF Internet Draft: draft-ietf-avt-rtp-svc-18.txt, Mar. 2009.
- [20] S. J. Wee and J. G. Apostolopoulos, "Secure scalable video streaming for wireless networks", IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001, USA.



서광덕

1996 KAIST 전기및전자공학과 학사
 1998 KAIST 전기및전자공학과 석사
 2002 KAIST 전자전산학과 박사
 2002~2005 LG전자 선임연구원
 2005~현재 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부
 부교수

관심분야: IPTV, SVC, 영상통신, 디지털 방송
 E-mail: kdseo@yonsei.ac.kr



정순홍

2001 부산대학교 전자공학과 학사
 2003 KAIST 전자전산학과 석사
 2003~2005 LG전자 주임연구원
 2005~현재 ETRI IPTV연구부 선임연구원
 관심분야: IPTV, SVC, 영상부호화, 멀티미디어
 방송

E-mail: zeroone@etri.re.kr



유정주

1982 광운대학교 전자통신공학과 학사
 1984 광운대학교 전자통신공학과 석사
 2001 영국 LANCASTER 대학교 컴퓨터공학과 박사
 1984~현재 ETRI IPTV연구부 IPTV미디어연구
 팀장

관심분야: IPTV, 영상통신, Scalable Video Coding,
 MPEG Video, ITU-T VCEG
 E-mail: jjyoo@etri.re.kr