

MPEG-4 SVC의 SNR 스케일러블 부호화 기술 동향

최응일, 전병우 (성균관대학교)

1. 서론

미래사회에는 모든 기기가 네트워크에 연결되는 유비쿼터스 컴퓨팅 시대가 되어 언제 어디서나 멀티미디어 데이터를 서비스 받을 수 있고 네트워크를 통해 장치를 제어할 수 있게 된다. 이것은 이동망을 비롯한 다양한 전송 매체의 발달과 더불어 휴대폰, PDA를 비롯한 다양한 기기들의 처리 능력이 진보함에 따라 점점 현실로 다가오고 있다. 사용자는 휴대용 단말기를 통하여 이미 TV 또는 영화를 보거나 인터넷에 접속하여 전자 메일을 확인하는 등 다양한 서비스를 받고 있는 실정이다. 미래 유비쿼터스 컴퓨팅 시대에 맞추어 멀티미디어 서비스를 위한 비디오 처리 기술 또한 보다 다양한 전송 환경, 단말 능력 및 사용자 상황 정보 등에 따라 지능적으로 처리하는 기술로 진일보하지 않을 수 없다. 이러한 다양한 전송환경에 적응적인 비디오 부호화 기술 가운데 하나로 스케일러블 비디오 부호화 (Scalable Video Coding) 기술이 이미 오래 전부터 연구되어 왔다.

그러나 이러한 시대적 요구에도 불구하고

지금까지 연구되어 온 스케일러블 비디오 부호화 기술은 압축효율 저하 문제와 채널 변동에 따른 화질 열화 현상인 드리프트 (drift) 문제들로 인하여 기술개발 결과가 현실화 되는데 어려움을 겪고 있다. 한 예로 스케일러블 비디오 부호화 기술 가운데 하나인 MPEG-4 FGS (Fine Granularity Scalability) 표준의 경우 인코딩된 비트스트림 하나로 어떠한 비트율에서도 복호가 가능하다는 장점이 있는 반면, MPEG-4 비디오 압축 기술에 비하여 동일 비트율에서 화질이 1~2dB 이상 열화되는 단점으로 인해 다양한 응용들의 요구에도 불구하고 실제 응용에 적용되지 못하고 있는 실정이다.¹⁾ 이러한 종래 기술들에서 나타난 부호화 효율 저하 문제점을 극복하고 보다 유연한 비디오 서비스를 위하여 ISO/IEC 산하 MPEG(Moving Picture Experts Group) 및 ITU-T 산하 VCEG(Video Coding Experts Group)에서는 MPEG-4 SVC(Scalable Video Coding) 또는 H.264 Scalable Extension 이라는 표준화를 함께 진행하고 있다. 새로운 스케일러블 비디오 기술인 MPEG-4 SVC는 표준화 초기 MPEG-21 part 13으로 시작하



였으나 최근의 표준화가 2003년도 표준화가 완료된 MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding) 또는 H.264 표준²⁾의 확장된 형태로 진행됨에 따라 MPEG-4 part 10 Amd. 1이라는 명칭으로 바뀌게 되었다.

MPEG-4 SVC는 MPEG-4 AVC와 비교했을 때 부호화 효율 저하를 최소로 하면서 다양한 시나리오를 갖는 응용에 적용하기 위하여 시공간 및 화질(SNR) 측면에서의 스케일러블 부호화 기능을 모두 지원하는 것을 목적으로 표준화를 시작하였다. 본 고에서는 이러한 MPEG-4 SVC에서 현재까지 표준화가 진행된 부호화 기술들 가운데 SNR 스케일러블 부호화 기술에 대하여 설명한다. 2장에서는 기존 SNR 스케일러블 부호화의 기술적 내용 및 이와 관련하여 지금까지 표준으로 제정된 기술들에 대하여, 그리고 3장에서는 현재 MPEG-4 SVC의 SNR 스케일러블 부호화 기술의 표준화 동향에 대하여 설명하고 4장에서는 SNR 스케일러블 부호화 기술의 현 이슈 및 향후 전망에 대하여 살펴본다.

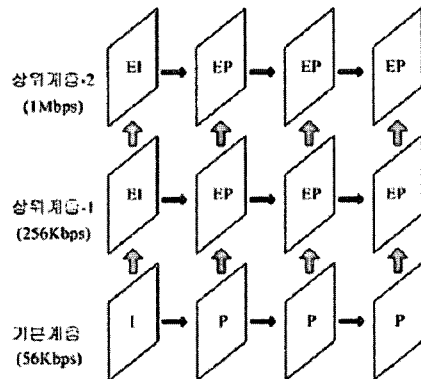
II. SNR 스케일러블 부호화 기술 개요

1. 계층(Layer)기반 SNR 스케일러블 부호화 방식

SNR 스케일러블 비디오 부호화 기술은 압축된 비트스트림을 전송받음에 따라 점차적으로 복원 영상의 화질이 향상되도록 비트스트림을 구성하는 방법이다. 전송 채널의 상황이나 접속한 사용자 상황 등 다양한 전송 환경의 변화로 인하여 전송 가능한 대역폭이 변할 경우, 현재 가능한 전송 대역폭에 의해

전송된 만큼의 비트스트림을 복원하여 화면을 얻을 수 있도록 하는 기술이다. 시시각각 채널 환경이 변화하는 인터넷과 같은 망에서는 SNR 스케일러블 부호화를 이용하여 스트리밍 서비스 받는 경우 전송된 비디오의 화질이 전송 대역폭에 대응하여 시시각각 변할 수 있다.

스케일러블 비디오 부호화 기술은 일반적으로 기본 계층(Base Layer)과 상위 계층(Enhancement Layer)의 계층 구조(Layered Structure)를 통하여 비트스트림을 구성한다. SNR 스케일러블 부호화의 경우, 기본 계층은 서비스 가능한 최저화질의 영상을 부호화한 정보를 담고 있고 상위 계층은 기본 계층 영상의 화질을 개선시키기 위한 추가 정보를 담고 있다. 상위 계층은 일반적으로 기본 계층에서 복원된 영상과 원영상과의 차이값을 보상하는 정보로 구성된다. 상위 계층은 하나 이상의 복수개로 존재할 수 있으며 이 경우 상위 계층은 기본 계층 혹은 바로 아래의 상위 계층을 통해 최종 복원된 영상을 추가적으로 개선하기 위한 정보를 담고 있게 된다.



〈그림 1〉 계층(Layer)기반 SNR 스케일러블 부호화 방법의 일례

그런데 이러한 모델의 경우 움직임 보상이 기본 계층에만 존재하기 때문에 일반적인 비디오 부호화 기법에 비해 부호화 효율이 저하되는 단점이 존재한다. 이 문제를 해결하기 위해 최저화질의 영상 간에 움직임 보상을 통하여 복원된 영상을 상위 계층의 정보를 이용하여 점차 개선하는 방식으로는 그 한계가 있기 때문에 이를 극복하기 위해 상위 계층에서도 움직임 보상을 적용하는 방식이 연구되었다. 예를 들어 사용자가 서비스 받을 수 있는 최소한의 비트율이 56Kbps이고 서비스 가능한 최대 비트율이 1Mbps인 경우, 기본 계층이 바로 56Kbps가 되며 상위 계층은 56Kbps에서 1Mbps 사이에 존재하게 된다. 그림 1에 나타난 것처럼 상위 계층이 256Kbps, 1Mbps의 2개로 구성되어 있다면 256Kbps의 상위 계층-1은 56Kbps의 기본 계층과 더불어 기본 계층의 영상을 개선시키기 위한 184Kbps의 추가 정보로 구성되며 나머지 상위 계층도 마찬가지로 방식으로 구성된다. 기본 계층은 기존 비디오 부호화 방식과 동일한 방법으로 I 혹은 P 픽처로 부호화되므로 종래 비디오 표준을 통해 복호 가능하다. 상위 계층에서는 EI 혹은 EP 픽처로 부호화될 수 있는데 EI 픽처는 아래 계층의 영상만을 이용하여 부호화하며 EP 픽처는 아래 계층과 더불어 동일 계층의 이전 영상을 참조하여 움직임 보상을 통해 부호화한다. 이러한 스케일러블 부호화된 비트스트림은 하위 계층의 정보를 모두 포함하고 있기 때문에 임베디드 비트스트림이라고 불린다. 사용자는 기본 계층을 비롯하여 각 상위계층에 해당하는 비트율로도 비디오를 복원할 수 있으므로 여러 가지 다른 화질로 영상을 받아 볼 수 있게 된다. 상위 계층의

수가 증가할수록 더욱 다양한 화질로 동영상을 복원할 수 있지만 부호화기의 복잡도가 증가하고 전체적으로 상위 계층의 부호화 효율이 저하되는 문제가 있다.

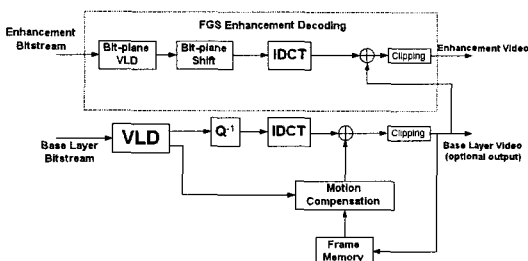
상위 계층에 움직임 보상을 적용하게 되면 부호화 효율을 보다 향상시킬 수 있는 장점이 있는 반면에 채널의 대역폭이 가변하는 상황에서는 드리프트(drift) 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어 그림 1에서 56Kbps로 서비스 받다가 채널 대역폭이 256Kbps 이상으로 증가하게 되면 상위 계층 EI 혹은 EP 픽처를 통하여 56Kbps 기본 계층의 영상을 개선하게 된다. 이 때 EP 픽처를 이용하여 상위 계층이 부호화된 경우에는 복호화기에 동일 계층의 참조 영상이 존재하지 않는 경우가 발생하므로 부호화기와 복호화기의 움직임 보상 간에 불일치가 발생하게 된다. 이러한 불일치는 주관적 화질을 열화시키는 요인이 되며, 그 다음 I 픽처가 나오기 전까지는 움직임 보상에 의해 시간이 지남에 따라 불일치 정도가 증가하면서 화질 열화도 증폭된다. 따라서 상위 계층에 움직임 보상을 적용하는 기법의 경우에는 이러한 불일치를 최소화하기 위한 방법이 반드시 수반되어야만 한다. 기존 표준을 살펴보면 MPEG-2, MPEG-4 및 H.263 Annex. O 등 거의 대부분 기존 표준들이 이러한 계층 구조를 이용한 SNR 스케일러블 부호화 방식을 채택하고 있다.

2. Fine Granularity Scalability (FGS)

계층(Layer) 구조를 갖는 SNR 스케일러블 부호화 방식의 경우 복잡도 및 부호화 효율로 인하여 상위 계층의 수에 한계가 있다. 그림

1에 나타난 예처럼 2개의 상위 계층을 가진 경우에는 기본 계층 외 추가적으로 동영상의 복원이 가능한 비트율이 256Kbps, 1Mbps로 2가지에 국한될 수밖에 없다. 이 경우 56Kbps와 256Kbps 사이에서는 56Kbps로 동영상을 복원할 수밖에 없고 256Kbps와 1Mbps 사이에서는 256Kbps로 동영상을 복원해야 한다. 인터넷과 같이 채널 대역폭의 변동이 다양한 경우에는 이러한 계층 구조를 이용하는 방법으로는 질적으로 좀더 향상된 서비스를 요구하는 사용자의 요구 조건을 만족시키기 어렵다. 이러한 계층 구조의 한계를 극복하고 각 비트율 변동에 적응적으로 복호 가능하도록 하는 SNR 스케일러블 부호화 기술이 바로 FGS (Fine Granularity Scalability) 이다. 반면 기존 계층 구조를 이용한 SNR 스케일러블 부호화 방식은 CGS (Coarse Granularity Scalability)에 해당한다. 알갱이라는 뜻을 갖는 Granularity가 바로 스케일러블 부호화 시 상위 계층이 얼마나 밀집하여 존재하는가를 상징한다. FGS의 경우, 수 Byte 단위로 영상의 복원이 가능하기 때문에 계층 구조로 보면 거의 무한한 개수의 상위 계층이 존재하는 것이라고 볼 수 있다. 이러한 FGS 방식의 대표적인 예가 MPEG-4 FGS 표준이다.^[3]

그림 2는 MPEG-4 FGS 복호화기의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.^[3] 그림 2에 나타난 것처럼 MPEG-4 FGS의 경우도 기본 계층과 상위 계층으로 나뉘며 기본 계층은 일반 비디오 부호화 방식과 동일하다. 상위 계층은 원영상과 기본 계층에서 복원된 영상간의 차이값을 전송하게 되는데 이러한 차이값을 전송하는 방식이 계층 기반 스케일러블 방식과 다르다. 기본적으로 MPEG-4 FGS는 DCT 계수값을 비트 플레인(Bit plane) 단위로 전송하는 방식으로 엔트로피 부호화에서 차이가 발생한다. 부호화기에서 원영상과 기본 계층에서 복원된 영상 간의 차이값은 다시 DCT 변환되어 각 화소가 DCT 계수값으로 바뀌게 되고 이러한 DCT 계수값을 스케일러블하게 전송하기 위하여 JPEG의 프로그래시브 전송처럼 비트 플레인으로 매핑하여 MSB (Most Significant Bit)에서 LSB (Least Significant Bit) 순으로 각 플레인 단위로 계수값을 전송한다. 각 플레인의 비트는 Run, EOP(End-of-Plane)의 줄길이(run-length) 심볼로 부호화되고 다시 이 심볼들은 각 플레인별로 가변장 테이블을 이용한 허프만 부호로 엔트로피 부호화된다. 일반적으로 DCT 계수값은 양자화 계수(QP)값의 크기에 따라 통계적 특성이 크게 좌우되는데 비해 비트 플레인을 이용한 방법은 각 플레인의 비트들이 양자화 계수값에 비교적 독립적이기 때문에 가변장 테이블을 이용한 허프만 부호화의 적용이 용이하고 부호화 효율 측면에서 유리하다.^[4] MPEG-4 FGS의 경우 표준화 초기에는 Wavelet을 이용한 방법이나 Matching Pursuit을 이용한 기법 등이 제안되었으나 복잡도면에서 간단하고 부호화 효율 측면에서



〈그림 2〉 MPEG-4 FGS 복호화기 블록도

도 다른 기법들에 비해 큰 차이가 없는 DCT 계수에 비트 플레인을 적용한 방법이 채택되었다. 이러한 MPEG-4 FGS에는 주관적 화질을 보다 향상시키기 위한 다음과 같은 기술들을 추가적으로 포함한다. ROI (Region of Interest)를 고려하여 영상의 관심 영역에 해당하는 DCT 계수값에 대하여 비트 플레인을 쉬프트 시키는 선택적 향상화(Selective Enhancement)기법, DCT 계수값의 주파수 성분에 따라 가중치를 다르게 하여 부호화하는 주파수 가중화(Frequency Weighting)기법, 그리고 DCT 계수값의 각 비트 플레인을 영상의 주사 순서가 아닌 관심 영역을 시작점으로 물결이 퍼지듯 전송하는 Watering Scan 방식이 사용된다.^[5]

기본적으로 MPEG-4 FGS도 역시 기본 계층에서만 움직임 보상을 사용하기 때문에 부호화 효율의 저하가 심각한 문제로 대두된다. 기본 계층에서 비트율이 점차 증가할수록 MPEG-4 일반 비디오 부호화기와 MPEG-4 FGS 간의 화질 격차가 점차 벌어지게 되어 전형적인 응용에 적용하게 될 경우 최대 1~2dB까지 열화된 화질로 보게 되는 경우가 발생하게 되는 것으로 보고 되었다.^[5] 이러한 화질 열화를 극복하기 위하여 상위 계층에 움직임 보상을 적용하면서 이에 수반되는 drift를 최소화하기 위한 P(Progressive)-FGS 기법이 채택되었다. 또한 FGS에 시간축상의 스케일러블 부호화를 결합한 FGS-T(Temporal) 기법도 표준에 포함되어 있다.

III. MPEG-4 SVC의 SNR 스케일러블 부호화 기술 동향

1. 지금까지의 MPEG-4 SVC 표준화 동향

MPEG-4 FGS를 포함한 기존 스케일러블 부호화 기법이 현실적으로 응용에 적용되지 못하는 가장 큰 요인이 부호화 효율 저하라는 측면을 고려하여 MPEG SVC 표준화 그룹은 일반 비디오 부호화기에 비해 부호화 효율 측면에서 큰 차이 없이 스케일러블 부호화를 지원하는 표준화 작업을 시작하였다. 초기에는 MPEG-4 FGS의 부호화 효율을 향상시키기 위한 A(Advanced)-FGS 표준화로 방향을 정하였다가 MCTF(Motion Compensated Temporal Filtering)^[6]를 이용한 차세대 삼차원 Wavelet 비디오 부호화 방식을 표준화에 제안하였던 John Woods 교수의 Inter-Wavelet 표준화 그룹과 합하여 SVC 표준화 그룹을 결성하였다. SVC 표준화 그룹은 2차원의 공간 영역 및 1차원의 시간 영역에 대하여 동시에 Wavelet을 적용한 3차원(2D+T) Wavelet 기법을 중심으로 표준화 논의를 시작하였다. SVC 표준화에 참여하는 많은 기관들이 각종 3차원 Wavelet 기법을 제안하였지만 Call for Proposal 시 독일 HHI 기관에서 제안한 MPEG-4 AVC/H.264에 MCTF를 적용한 방식이 3차원 Wavelet 방식들에 비해 주관적 화질 측면에서 우수한 성능을 보임으로써 최종적으로 SVC 표준의 WD(Working Draft) 1.0으로 채택되었다.^[7] 이에 따라 MPEG의 SVC 표준화 그룹은 MPEG-4 AVC/H.264 기술에 스케일러블 부호화 기법을 추가하는 형태로 표준화가 진행됨에 따라

H.264 표준화가 끝난 2005년 1월 홍콩 회의를 기점으로 MPEG-4 AVC/H.264 표준화를 담당하던 JVT (Joint Video Team) 표준화 그룹이 이어서 SVC 표준화를 진행하게 되었다.

2. MPEG-4 SVC의 SNR 스케일러블 관련 요구 조건

일반적으로 MPEG에서는 표준을 정하기에 앞서 반드시 요구(Requirement) 문서를 작성하게 되어 있는데 이러한 요구 문서는 해당 표준을 사용하여 응용을 개발하고자 하는 기관들이, 제안한 표준이 지원해야 할 기술적인 요구 조건들에 대하여 논의를 통해 최종 채택한 요구 사항들을 기술한 것이다. 따라서 이러한 요구 조건 가운데 하나 이상 만족시키는 기술만이 표준화에 제안될 수 있다. MPEG-4 SVC 표준화가 목적으로 하는 응용들의 요구 조건 가운데 SNR 스케일러블 부호화 기술에 해당하는 것을 살펴보면 기술적 특징에 따라 CGS(Coarse-grained Scalability), MGS(Medium-grained Scalability), FGS(Fine-grained Scalability)의 3가지로 분류된다.^[8] CGS의 경우 SNR 스케일러블 부호화로 커버해야하는 전체 비트율 구간의 최소 25% 단위로 계층적 부호화가 가능해야 하며 MGS의 경우에는 최소 10%, FGS의 경우에는 수 Byte 단위로 스케일러블 부호화가 가능해야 한다. FGS가 만족되는 경우에는 자동적으로 MGS 및 CGS가 포함되며 마찬가지로 MGS의 경우 CGS를 포함한다. 이렇게 3가지로 분류한 이유는 각 응용들에 따라 SNR 스케일러블 부호화에 대한 요구 조건에 차이가 있기 때문이다. 감시 카메라 및 저장 매체 등

과 같은 Surveillance 관련 응용의 경우에는 CGS 기법으로도 만족하지만 홈네트워킹이나 이동망 기반 스트리밍 응용의 경우에는 MGS까지, 그리고 방송의 경우에는 FGS까지 SNR 스케일러블 부호화가 만족되어야만 한다고 의견이 모아졌다.^[8]

3. MPEG-4 SVC의 SNR 스케일러블 부호화 기술

1) CGS를 위한 계층 기반 부호화 방법

MPEG-4 SVC에서는 SNR 스케일러블 부호화를 위하여 CGS를 위한 계층 구조에 기반을 둔 방법과 FGS를 위한 비트 플레인 기반 산술 부호화 (Arithmetic Coding)에 기반한 기법이 있다. CGS의 경우 개념상 기존 MPEG-2/4 및 H.263에 이미 적용된 계층 구조 기반 기법과 큰 차이가 없다. MPEG-4 SVC를 이용하여 그림 1과 같은 형태로 SNR 계층을 구성할 경우 기본 계층은 H.264 표준과의 호환성을 유지하면서 상위 계층과의 연동을 위하여 계층적(Hierarchical) B슬라이스 부호화 구조를 갖는 H.264 표준 부호화 방식으로 비트스트림이 구성된다. 상위 계층들은 이러한 기본 계층의 정보를 이용하여 부호화되며 상위 계층의 영상 간에 움직임 보상도 가능하다. 상위 계층에서 영상을 부호화시 움직임 정보, 움직임 보상된 잉여 정보, 그리고 텍스처 정보들은 기본 계층을 포함한 아래 계층의 정보를 이용한 예측 부호화함으로써 부호화 효율을 보다 향상시킬 수 있도록 하였다. 기존 방식과 MPEG-4 SVC의 계층 기반 SNR 부호화 방식의 가장 큰 차이점은 상위 계층에서 움직임 보상이 적용되더라도 움

직접 보상이 Open-loop 구조로 이루어져서 드리프트 현상이 비교적 줄어들게 된다는 것이다. MPEG-4 SVC는 시방향(Temporal) 스케일러블 부호화를 위해 적용된 MCTF로 인하여 움직임 보상이 종래 Closed-loop 구조에서 Open-loop 구조로 바뀌게 됨으로써 움직임 보상으로 인하여 불일치가 증폭되는 드리프트 현상이 크게 감소하게 되었다.

2) FGS를 위한 비트 플레인 기반 산술 부호화 방법

일반적으로 FGS는 기존 비디오 부호화 기법에서 DCT나 Wavelet 등을 통해 변환된 계수값의 전송 방식을 바꿈으로써 점진적으로 화질이 개선되도록 하는 방법이기 때문에 엔트로피 부호화를 통하여 FGS 부호화가 이루어진다. MPEG-4 SVC의 경우에는 MPEG-4 AVC/H.264 표준의 엔트로피 부호화 기법 가운데 하나인 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)⁹⁾을 FGS 부호화에 이용하였다. 기존 MPEG-4 FGS에서 DCT 계수값을 비트 플레인으로 매핑하여 MSB에서 LSB 순서대로 플레인별로 허프만 부호화하여 전송하던 것과 비교해 볼 때 MPEG-4 SVC의 FGS 기법은 변환된 계수값을 비트 플레인으로 매핑하는 과정은 동일하나 허프만 부호화 대신 CABAC을 이용한 산술 부호화가 적용되었다는 점에서 차이가 있다. 이러한 산술 부호화를 이용한 비트 플레인 부호화 방법은 MQ 산술부호화를 이용한 JPEG-2000의 부호화 방식과 개념적으로 유사하다고 볼 수 있다.

MPEG-4 SVC에서 지원하는 FGS 기법은 원영상의 변환 계수와 기본 계층에서 전송받

은 양자화된 변환 계수 간의 차이값을 비트 플레인으로 매핑하여 MSB에서 LSB 순으로 구성한다. 여기서 비트 플레인으로 구성하는 방법은 SNR 기본 계층의 양자화 계수(QP)값을 기준으로 차례로 6씩 감소시킨 값으로 양자화함으로써 이루어진다. 그 이유는 H.264의 경우 QP값이 6씩 증가하게 되면 양자화 시 변환 계수에 실제 나뉘지는 값이 2배로 증가하기 때문이다. 이러한 양자화를 통해 구성된 각 플레인의 비트들은 다음의 세 가지 pass로 주사되어 엔트로피 부호화된다.

A. Significant propagation pass

이전 비트 플레인 또는 기본 계층에서 4×4 (혹은 8×8) 블록 내 0이 아닌 변환 계수(Significant Coefficient)가 하나 이상 존재하였던 블록인 경우에 해당한다. 이러한 블록 내 존재하는 계수값 중에 이전 비트 플레인 혹은 기본 계층에서 0으로 부호화되었던 계수값이 계속 0이 될지, 아니면 0에서 0이 아닌 값으로 바뀌게 될지 여부를 가리킨다. 또한 변환 계수값의 부호(sign) 정보도 포함하여 전송한다.

B. Refinement pass

앞의 pass와 마찬가지로 이전 비트 플레인 또는 기본 계층에서 4×4 (혹은 8×8) 블록 내 0이 아닌 변환 계수가 하나 이상 존재하였던 블록인 경우에 역시 해당한다. 이러한 블록 내 존재하는 계수값 중에 이전 비트 플레인 혹은 기본 계층에서 0이 아닌 값으로 부호화되었던 계수값에 대한 보정치 $\{-1, 0, 1\}$ 를 전송한다.

C. Remainder pass

앞의 두 pass에 해당되지 않았던 모든 계수값이 전송된다. 즉, 이전 비트 플레인 또는 기본 계층에서 4x4(혹은 8x8) 블록 내 모든 변환 계수가 0인 블록에 해당하는 계수값을 모두 전송한다.

Significant propagation pass 및 Remainder pass의 경우 주기적 블록 부호화 (Cyclical block coding) 기법을 이용하여 부호화된다.^[10] 주기적 블록 부호화는 각 블록의 지그재그(Zigzag) 형태로 주사된 변환 계수값을 DC에서 AC 순으로 주기(Cycle)를 구성하여 각 주기 단위로 전송하는 방식이다. 각 주기를 구성하는 방법은 CABAC을 이용한 변환 계수 부호화 기법에서 비롯된다. CABAC에서는 먼저 변환 방식에 따라 4x4 혹은 8x8 블록 내 변환 계수가 하나 이상 존재하는지 여부를 가리키는 coded block flag(CBF)가 부호화된다. 블록 내 변환 계수가 하나 이상 존재하는 경우, 즉 CBF 값이 1인 경우에는 각 변환계수가 지그재그 형태로 주사된 다음, 계수값이 0인지 아닌지를 가리키는 significant coefficient flag (SCF) 심볼이 전송된다. 이 때 주사 순서대로 SCF 심볼을 전송하다가 SCF가 1인 경우, 즉 0이 아닌 계수값이 존재하는 경우에는 그 계수값이 블록 내 마지막 계수값 인지를 나타내는 last significant coefficient flag (LSCF) 심볼이 추가로 전송된다. LSCF 값이 1인 경우가 나올 때까지 SCF 및 LSCF가 지그재그 주사 순서대로 차례로 부호화한다. SCF 및 LSCF 심볼의 부호화가 끝난 후에는 지그재그 주사의 역순으로 0이 아닌 계수값에 대한 각 계수값의 크기 및 부호(sign)에 해당하는 심볼들을 차례로 부호화한다.

주기적 블록 부호화에서는 매 주기마다 각 블록의 지그재그 주사에 따라 SCF 심볼이 1이 될 때까지, 즉 0이 아닌 계수값이 나올 때까지 SCF 심볼을 차례로 부호화한다. 즉, 한 주기에서 주어진 블록 내의 SCF 심볼이 1이 될 때까지 SCF 심볼을 부호화하다가 SCF 심볼이 1이 되는 경우에는 다음 블록으로 넘어간다. 이 때 현재 주기에서 SCF가 1인 계수값에 대하여 블록 내 최종 계수값인지 나타내는 LSCF 심볼은 그 다음 주기에서 전송한다. 비트 플레인 상의 블록의 전송 순서는 매크로블록 단위로 raster 주사 순서대로 전송된다. 이러한 주기적 블록 부호화 방식을 통해 비트 플레인 상의 변환 계수값이 지그재그 주사 순서상 저주파에서 고주파 순으로 주기가 구성되어 전송되기 때문에 점진적으로 영상이 개선되는 효과를 얻을 수 있다.

1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

〈그림 3〉 주기적 블록 부호화에 의한 비트 플레인 부호화 예

〈표 1〉 그림 3의 예에 대한 주기별 심볼 부호화

주기	블록	부호화되는 심볼
1	1	CBF/1 SCF/1(0) SIGN/0
	2	CBF/1 SCF/0(0) SCF/1(1) SIGN/0
	3	CBF/1 SCF/0(0) SCF/0(1) SCF/0(2) SCF/1(0) SIGN/0
	4	CBF/0
2	1	LSCF/0 SCF/0(1) SCF/1(2) SIGN/1
	2	LSCF/0 SCF/1(2) SIGN/0
	3	LSCF/1
	4	-
3	1	LSCF/0 SCF/1(3) SIGN/0
	2	LSCF/0 SCF/0(3) SCF/1(4) SIGN/1
	3	-
	4	-

그림 3 및 표 1은 주기적 블록 부호화의 예를 나타낸 것이다. 주기적 블록 부호화 시 그림 3의 4개 블록 내 변환 계수들에 대한 각

심볼은 표 1에 나타난 것처럼 각 주기에 의하여 재구성되어 주기 순서대로 전송된다. 표 1에서 각 주기에 따른 블록별 부호화 심볼들 {CBF, SCF, LSCF, SIGN}과 그 값이 나타나 있고 심볼에 뒤따르는 괄호안의 숫자는 현재 계수값의 지그재그 주사 상 순서를 의미한다.

IV. SNR 스케일러블 부호화 표준화 관련 현 이슈 및 향후 전망

MPEG-4 SVC 표준화에서 현재까지 진행되어 온 SNR 스케일러블 부호화 기법은 CGS의 경우 개념적으로 기존 표준에서 이미 나타난 것과 같지만 FGS의 경우에는 CABAC을 이용한다는 점에서 비교적 새로운 기술이라고 볼 수 있다. 이러한 FGS 부호화 기법은 MPEG-4 AVC/H.264의 엔트로피 부호화 기법인 CABAC의 부호화 방식을 거의 그대로 이용함으로써 추가적인 복잡도 증가를 최소화하였다는 점에서 이점을 가지고 있다. 그러나 기존 MPEG-4 FGS 표준의 경우와 마찬가지로 MPEG-4 SVC의 FGS 기법도 여전히 부호화 효율 측면에서는 성능 개선이 요구되고 있다. 이러한 FGS 기법의 부호화 효율을 높이기 위하여 종래 MPEG-4 FGS 표준의 경우와 마찬가지로 FGS 상위 계층에서도 움직임 보상을 이용하는 P-FGS 기법이 제안되었다. 뿐만 아니라 기본 계층의 정보를 상위 계층의 컨텍스트 모델링에 이용함으로써 CABAC 엔트로피 부호화 기법 자체의 효율을 높이기 위한 기법이 제안되기도 하였다. FGS 부호화 기법의 경우 이러한 엔트로피 부호화 효율 향상을 위한 논의가 앞으로도 계속될 전망이다. 만일 FGS 부호화에 관련하여

새로운 기법을 표준화에 제안하고자 한다면 현재 FGS 부호화 기법을 대체할 기술 보다는 현 기술의 복잡도를 줄이기 위한 방향이나 복잡도가 크게 증가하지 않는 범위 내에서 부호화 효율을 향상시키는 방향으로 전략을 세우는 것이 유리하다. 예컨대 FGS 부호화 시 비트 플레인 상 심볼의 통계적 특성을 고려한 새로운 컨텍스트 모델링을 디자인하는 방법 등 CABAC이 갖는 적응적 부호화 기법을 충분히 활용한다면 성능 향상을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

이러한 부호화 효율 향상에 관련된 측면 외에 현재 JVT 표준화 그룹에 FGS 관련하여 활발히 논의되고 있는 이슈는 CABAC과 더불어 MPEG-4 AVC/H.264 표준이 가진 또 하나의 엔트로피 부호화 기법인 CAVLC (Context-based Adaptive Variable Length Coding)를 이용한 FGS 부호화 기법과 기존 MPEG-4 FGS 표준과 마찬가지로 관심 영역 (ROI)을 고려한 FGS 전송 기법에 관한 것이다. 먼저 CAVLC를 FGS에 적용하는 기법은 현재 FGS 부호화로 채택된 주기적 블록 부호화를 제안하였던 Nokia 기관에서 역시 제안한 것이다. 관심 영역을 고려한 FGS 부호화의 경우에는 Watering Scan 기법이나 선택적 향상화(Selective Enhancement) 기법과 같이 이미 MPEG-4 FGS에서 적용된 부호화 기술들과 개념적으로 유사한 기술들이 표준화 그룹에 제안되고 있는 실정이다. 이러한 관심 영역을 보상하기 위한 기술들은 MPEG-4 AVC/H.264 표준에 이미 채택된 FMO 기술을 이용한 방식과 비교하여 충분한 성능 향상이 입증되어야 표준화에 채택될 가능성이 높아진다. 이외에도 FGS 부호화를 위한 오류

강인 부호화 기법과 같은 경우에는 MPEG-4 SVC 표준화에 아직 제안된 바가 없기 때문에 향후 많은 연구가 필요하다.

==== 참고 문헌 =====

- [1] W. Li, "Overview of fine granularity in MPEG-4 video standard," IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Tech., vol. 11, pp. 301-317, 2001.
- [2] ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)," Doc. JVT-G050r1", 2003.
- [3] ISO/IEC 14496-2:1999/FDAM4. "Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects - Part 2: Visual - Amendment 4: Streaming Video Profiles," Doc. ISO/MPEG N3904, 2001.
- [4] F. Ling, W. Li, and H. Sun, "Bitplane Coding of DCT Coefficients for Image and Video Compression," SPIE Conference on Visual Communications and Image Processing' 99, SPIE vol. 3653, 1999.
- [5] F. Wu, S. Li, and Y.-Q. Zhang, "A framework for efficient progressive fine granularity scalable video coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 11, no. 3, pp. 332-344, 2001.
- [6] J.-R. Ohm, "Three-dimensional subband coding with motion compensation", IEEE Trans. Img. Proc.", vol. 3, no. 5, pp. 559-571, 1994.
- [7] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Scalable Video Coding - Working Draft 1", Doc. JVT-N020, 2005.
- [8] ISO/IEC, "Applications and Requirements for Scalable Video Coding," Doc. ISO/MPEG N6830, 2004.
- [9] D. Marpe, H. Schwarz and T. Wiegand, "Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding in the H.264/AVC Video Compression Standard," IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Tech., vol. 13, no. 7, pp. 620-636, 2003.
- [10] Y. Bao, M. Karczewicz, J. Ridge, and X. Wang, "FGS Block Enhancements for Scalable Video Coding," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG/m11428, 2004.

저자소개



최응일

2000년 성균관대학교 전기·전자·컴퓨터공학부 학사 졸업.
 2002년 성균관대학교 전기·전자·컴퓨터공학과 석사 졸업.
 2002년 - 현재 성균관대학교 전기·전자·컴퓨터공학과 박사 과정.
 주관심 분야 영상압축, 영상통신, 영상처리



전병우

1985년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1987년 서울대학교 전자공학과 석사 졸업.
 1992년 Purdue Univ, School of Elec. 박사 졸업.
 1993년 - 1997년 삼성전자 신호처리연구소 수석연구원
 1997년 - 현재 성균관대학교 정보통신공학부 부교수
 주관심 분야 영상인식, 영상압축, 디지털 신호처리