

+ 장익선 · 한양대학교 컴퓨터공학부 교수

# 차세대 비디오 압축기술 동향

지난 6월에 미국에서 아날로그 방송의 송출이 공식적으로 중단됐다. 80년이 넘는 세월을 흑백TV 방송에서 시작하여, 컬러TV를 거쳐, 케이블과 위성 등 경로가 다양해지더니 급기야 아날로그의 시대는 가고 어느덧 디지털의 시대가 본 궤도에 오르고 있다. 디지털TV 시대의 개막은 동영상 코덱 표준인 MPEG-2를 빼놓고 설명할 수 없다. 아날로그 방송의 오랜 역사에 비하면 MPEG-2 기반의 디지털TV는 이제 시작에 불과하다. 그럼에도 불구하고 비디오 압축기술의 관점에서 MPEG-2는 점점 그 매력을 잃어가고 있다. 가장 큰 이유는 MPEG-2 후속으로 등장한 표준인 MPEG-4 AVC/H.264 표준(이하 AVC 표준) 때문이다. 올 6월에 영국 런던에서 열린 가장 최근의 MPEG 회의에서는 AVC 표준을 대체하고 HD 화질을 넘어서는 UD급 해상도를 지원할 새로운 코덱의 표준화에 대한 논의를 본격적으로 진행했다. 국제 표준의 울타리 바깥에서는 Real, VC-1, 중국의 AVS 등 소위 독자적 기술을 표준과 함께 경쟁시키려는 시도가 증가하면서 비야흐로 코덱의 춘추전국시대가 도래했다고 해도 과언이 아니다. 본 글에서는 최근의 비디오 압축기술의 동향을 과거, 현재, 그리고 미래의 관점에서 살펴보고자 했다. 특히, 그 동안 시장에서 다양하게 사용된 주요 코덱들의 특징을 살펴보고, 미래의 코덱기술이 어떠한 방향으로 발전할 것인지에 대하여 그 방향성에 대한 필자 나름의 해석도 제시하고자 한다.

## 1. 비디오 압축 표준과 표준화 단체

비디오가 아날로그에서 디지털로 전환되기 위하여 극복해야 할 가장 중요한 과제는 용량이다. Standard Definition으로 부르는 NTSC 비디오의 규격을 보면, 720×480, 4:2:2 YCbCr, 30fps를 맞추어야 한다. 이 분량은 초당 165Mbps에 이르고, 90분짜리 비디오의 경우 대략 110GB나 되는 대용량이다. 디지털로 제작된 영화의 원본을 기준으로 보면 두 시간짜리 영화는 대략 4TB의 용량을 가진다. 따라서, 비디오 데이터의 압축은 선택이 아닌 필수인 것이다.

[표 1]에서 볼 수 있는 것처럼, 디지털 비디오 압축 표준은 1980년대 중반부터 표준화 작업이 시작됐다. 아날로그에서 디지털로 이행되는 시기인 1990년대는 많은 표준들이 완성되고 시작된 시기라고 할 수 있다. 특히, 가장 성공적인 표준이라 할 수 있는 MPEG-2 표준이 이 때 완성됐다. 최근 10년은 AVC 표준이 그 이전 표준들을 성공적으로 이어받고 있다. 지난 수십 년간의 표준화 역사를 되돌아 볼 때, 한 가지 특기할 점은 비디오 압축 표준을 제정하는 양대 기관인 MPEG(Motion Picture Experts Group, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11)과 VCEG(Video Coding Experts Group, ITU-T SG16/Q6) 사이의 협력관계이다. 두 기관 모두 여러 개의 독자 표준을 만들었지만, 가장 성공적이라 할 수 있는 MPEG-2와 AVC 표준은 모두 두 기관의 공동노력의 결과였다.

[표 1] 주요 영상압축 코덱의 표준화 시기와 주관 기관

코덱	표준화 시작	표준화 완료	표준화 기구
H.261	1984	1990	ITU-T VCEG
MPEG-1	1988	1992	ISO/IEC MPEG
MPEG-2/H.262	1990	1995	ISO/IEC MPEG ITU-T VCEG
H.263	1993	2001	ITU-T VCEG
MPEG-4 Pt. 2	1993	2000	ISO/IEC MPEG
MPEG-4 Pt. 10 AVC/H.264	1998	2003	ISO/IEC MPEG ITU-T VCEG

비디오 압축 표준의 대표 기관은 왜 한 개가 아닌 두 개인가? 그 이유는 표준화 배경이 서로 다르기 때문이다. ISO/IEC 소속의 MPEG은 가전 분야(Consumer Application)를 표준의 주요 적용 분야로 삼은 반면, ITU-T 소속인 VCEG은 주로 통신 분야를 적용 분야로 삼았다. 따라서, MPEG 표준은 주로 디코더가 주류인 DVD, DTV, 셋톱 등의 분야에 널리 쓰였고, VCEG 표준은 영상통신 분야에 주로 적용됐다.

MPEG 표준은 압축된 비디오 데이터인 비트스트림에 대한 규격과 디코더의 구성 및 디코딩 과정이 표준의 핵심이다. 반면, VCEG 표준에서는 실시간 전송을 염두로 한 인코더의 복잡도 및 성능도 표준화 범주에 포함한 점이 주된 차이점이다.

MPEG은 Moving Picture Experts Group의 약자로, 좀 더 구체적으로는 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11라고 표시한다. ISO/IEC의 공동 작업위원회인 JTC1 산하의 SC(subcommittee) 29 아래 작업그룹(Working Group, WG) 11번이 MPEG을 가리킨다. 1988년 처음 시작된 이 표준화 단체는 MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 등의 오디오/비디오 압축표준을 제정해오고 있다.

VCEG은 Video Coding Experts Group의 약자로, ITU-T 산하 SG16 아래, WP3/Q60이다. 1984년부터 모임이 결성되었기 때문에 MPEG보다 그 역사가 오래됐다. 디지털 비디오 분야의 최초 국제표준 역시 VCEG에서 만든 H.120이라고 볼 수 있다. 그 이래로, H.261, H.262, H.263, H.264 등 계속적으로 비디오 압축 표준을 만들고 있다. 이 가운데에는 H.262와 H.264처럼 MPEG-2와 MPEG-4 Pt. 10 AVC의 이름으로 MPEG과 함께 공동으로 만들어 낸 표준들도 있다.

## 2. 표준 코덱의 진화과정

본 절에서는 연도별로 다양한 표준들의 기술적 특징들을 살펴보고 발전의 흐름을 짚어보자. 먼저, 1984년 완성된 H.120을 살펴보기로 하자.

### 2-1. H.120

비록 사용되지는 않았지만, H.120 표준은 알려진 최초의 디지털 비디오 코딩 표준이다. 사용되지 않은 표준이기는 하나 후일에 비디오 코덱의 기술 기반으로 고정된 여러 가지 기술들이 채용됐다.

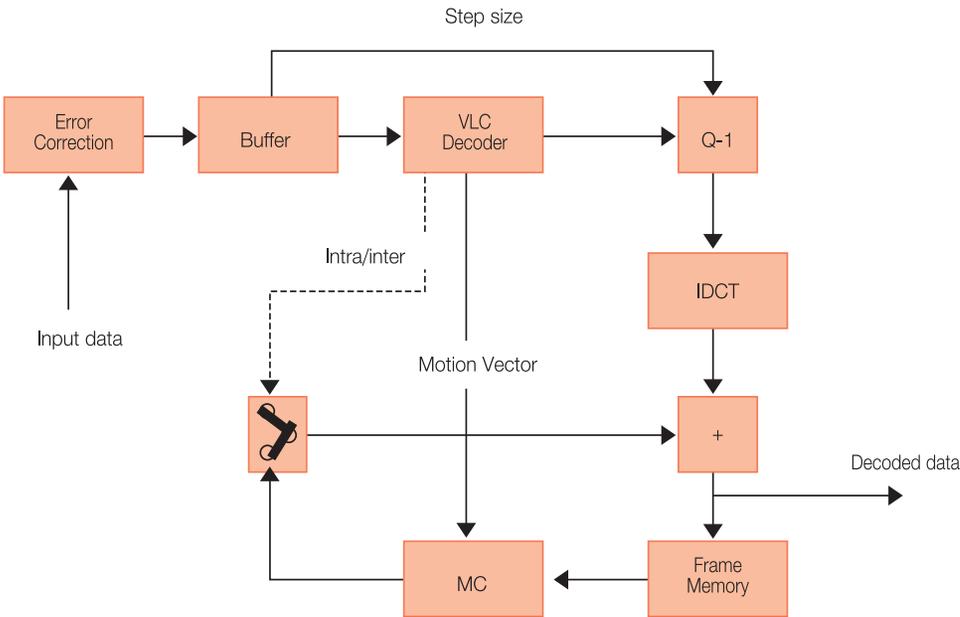
주요 기술은 differential PCM, scalar quantization, variable-length coding, motion compensation, background prediction 등이 있다. 대부분의 기술들이 후속 표준의 기초 기술로 쓰이고 있다는 점이 H.120 표준의 기술적 가치라고 할 수 있다.

### 2-2. H.261

1990년에 완성된 H.261 표준은 40kbps~2Mbps 대역폭을 지원하는 ISDN용 양방향 비디오 컨퍼런스를 지원할 수 있도록 설계됐다. CIF(352x288)와 QCIF(176x144) 두 가지 해상도를 지원하는 H.261 표준의 영향으로 뒤에 나오는 표준들도 CIF와 QCIF를 지원하게 됐으며, 특히 모바일 동영상의 포맷 결정에도 많은 영향을 미쳤다.

H.261 표준에도 H.120과 마찬가지로, 후속 표준들에 영향을 주는 기술들이 많이 도입됐다([그림 1] 참조).

주요 기술은 I/P frame coding, 16x16pel 단위의 매크로블록 구분, 블록 기반 DCT, Run-length 코딩, Loop 필터링, 정수 모션 벡터 등의 기술들이 있다.



[그림 1] H.261의 Encoder 흐름도

### 2-3. MPEG-1

1992년 ISO에 의해 처음 완성된 국제표준인 MPEG-1은 오디오 코덱과 함께 Video CD 등과 같은 저장매체 기반의 동영상 압축 표준으로 개발됐다. 유사한 표준인 H.261과 대별되는 차이점으로는 지원되는 해상도이다. SIF(352×240)급의 해상도를 포함하여 지원하는 MPEG-1 표준은 1.15Mbps 정도의 전송 환경에 맞춰 설계됐다.

주요 기술은 B/D frame 코딩, 적응적 양자화, progressive video 등이 있다.

### 2-4. MPEG-2/H.262

MPEG-1 표준에 이어, 1996년 표준이 완성된 MPEG-2는 가장 성공한 표준이다. 디지털TV, 위성/케이블 방송, DVD, IPTV 등 다양한 응용분야에서 널리 사용되고 있다.

MPEG-1의 자취가 많이 남아 있는 가운데, MPEG-2에는 Interlaced에 기초한 NTSC와 PAL 방식의 서비스를 4~8Mbps급에서 서비스하도록 성능이 업그레이드 됐다. 이전의 표준에 비해 더 확장된 컬러 스페이스(YCbCr 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0)를 지원하고 있다.

인터레이스 지원 이외에도, MPEG-2에는 확장된 움직임 보상 범위, 가변 비디오 코딩기술 등이 포함되어 있다. ITU-T H.262 표준으로도 부르는데, MPEG-2가 ISO와 ITU-T 간의 공동 표준화 노력의 산물이기 때문이다.

### 2-5. MPEG-4 Part 2

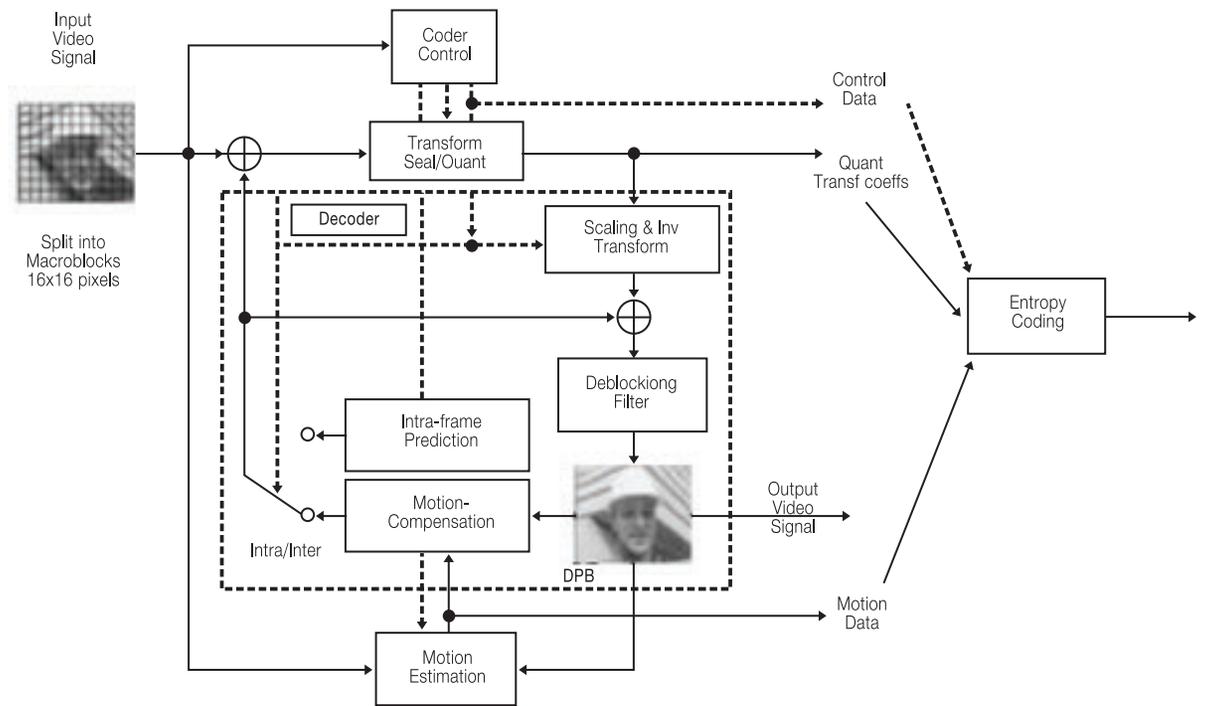
MPEG-4 표준은 MPEG 표준들 가운데 가장 광범위한 압축 코덱들을 채택하고 있다. 오디오, 비디오, 그래픽스 등 객체단위의 압축을 지향하는 MPEG-4의 설계 개념이 잘 녹아 있는 표준이 MPEG-4 Part 2 Visual 표준이다. 후에, MPEG-4 Part 10 AVC 표준이 제정되기까지 유일한 MPEG-4 비디오 압축 표준이었다.

MPEG-1, MPEG-2가 특정 응용분야를 염두하고 개발된 반면, MPEG-4는 범용 코덱으로서 개발된 측면이 크다. 많은 주요 기술들이 MPEG-4에 새롭게 도입되었는데, 그 중에는 Intra DC/AC prediction, AC 계수영역의 확장, 슬라이스 재동기화, 데이터 구분, 역VLC, NEWPRED, 형상부호화 등 추가적인 압축효율을 제공하는 기술과 전송 오류에 강한 기술들이 추가됐다.

## 2-6. MPEG-4 Part 10 AVC

MPEG-4의 새로운 표준으로 추가된 AVC 표준은 MPEG과 VCEG이 공동으로 JVT(joint video team)를 구성하여 완성한 것이다. 이전의 MPEG-4 Part 2 Visual 표준과 응용 분야가 중첩된다. 대신, 더 나은 압축 성능을 가져올 수 있는 새로운 기술들이 많이 추가됐다(그림 2) 참조).

AVC 표준을 추가된 새로운 기술들은 인트라 예측, 무손실 MB 압축, 4x4 정수 변환, 다양한 Motion Blocksize, 다수의 참조 프레임, 일반화된 양방향 예측, 적응적 디블로킹 필터, CAVLC, CABAC 등이 있다.



[그림 2] AVC 표준의 decoding process 개념도

## 2-7. VC-1

ISO나 ITU 같은 국제 표준화 기관이 아닌 단체나 컨소시엄 등에서 만든 압축 표준 중에도 시장에서 상당한 위치를 점유하고 있는 코덱들이 있다. 그 중에 하나가 VC-1이다.

본래 미국 마이크로소프트의 Window Media Video(WMV) codec을 근간으로 한 코덱으로 AVC 표준과 유사한 성능을 가진 것으로 추정된다. VC-1의 주요 기술에도 AVC 표준에 채택된 것들과 유사한 기술들이 채택되어 있다. 예를 들면, 1/2-pel, 1/4-pel 모션 보정, 다수의 VLC 테이블, 가변 DCT 블록 사이즈, 중첩 변환, 다이내믹 해상도 변환 등이다.

## 2-8. AVS

중국의 국가 표준으로 제정된 AVS 표준 또한 AVC 표준, VC-1 등과 비슷한 시기에 표준으로 제정된 지역 단체 표준이다. AVS 표준 역시 AVC 표준과 유사한 기술들이 채택되어 있다.

주요 기술은 두 장의 이전 참조영상 사용, 구문 적응형 VLC, B-frame 비사용, 가변 Motion Vector Blocksize 등이다. 한 가지 주지할 사항은 AVS 표준에서의 기술 채택은 해당 기술의 기술료가 함께 고려되었다는 점이다. B-frame 기술을 사용하지 않도록 한 것은 해당기술의 진보성보다는 기술 외적인 측면이 고려된 결과라고 볼 수 있다.

## 3. 차세대 비디오 압축기술

앞에서 살펴본 다양한 표준들만으로 비디오 압축도구가 완성됐다고 결론을 내리기는 너무 이르다. 가장 큰 이유는 비디오 관련 기술의 끊임없는 진화에 있다. 우선, 디스플레이 종류와 사이즈, 해상도가 나날이 발전하고 있고, 전송속도 역시 증가일로에 있으며, 좀 더 복잡한 기술들도 실시간에 처리할 수 있는 프로세서 기술들이 계속 진화하고 있다.

수년 전부터 영화를 중심으로 4K×2K급의 디지털 시네마 표준에 대한 논의가 진행되어 오던 것이 이제는 당연히 차세대 비디오 코덱이 지향해야 하는 목표가 되어 버렸다. MPEG과 VCEG에서는 High-performance video coding(HVC)과 Next generation video coding(NGVC)라는 임시 코드명으로 관련한 표준화의 필요성에 대하여 논의해 오고 있다.

지난 6월말 영국 런던에서 MPEG-2, AVC 표준에 이어 세 번째로 MPEG과 VCEG 양 기관이 협동하여 만드는 차세대 코덱 표준을 만드는 중요한 진전을 이루었다. 새로운 표준의 명칭이나 구체적인 목표는 아직 정해지지 않았으나, 적어도 새로운 표준이 필요하고 여기에 대한 Call for Proposals이 필요하다는 데에는 인식을 같이하고 한다.

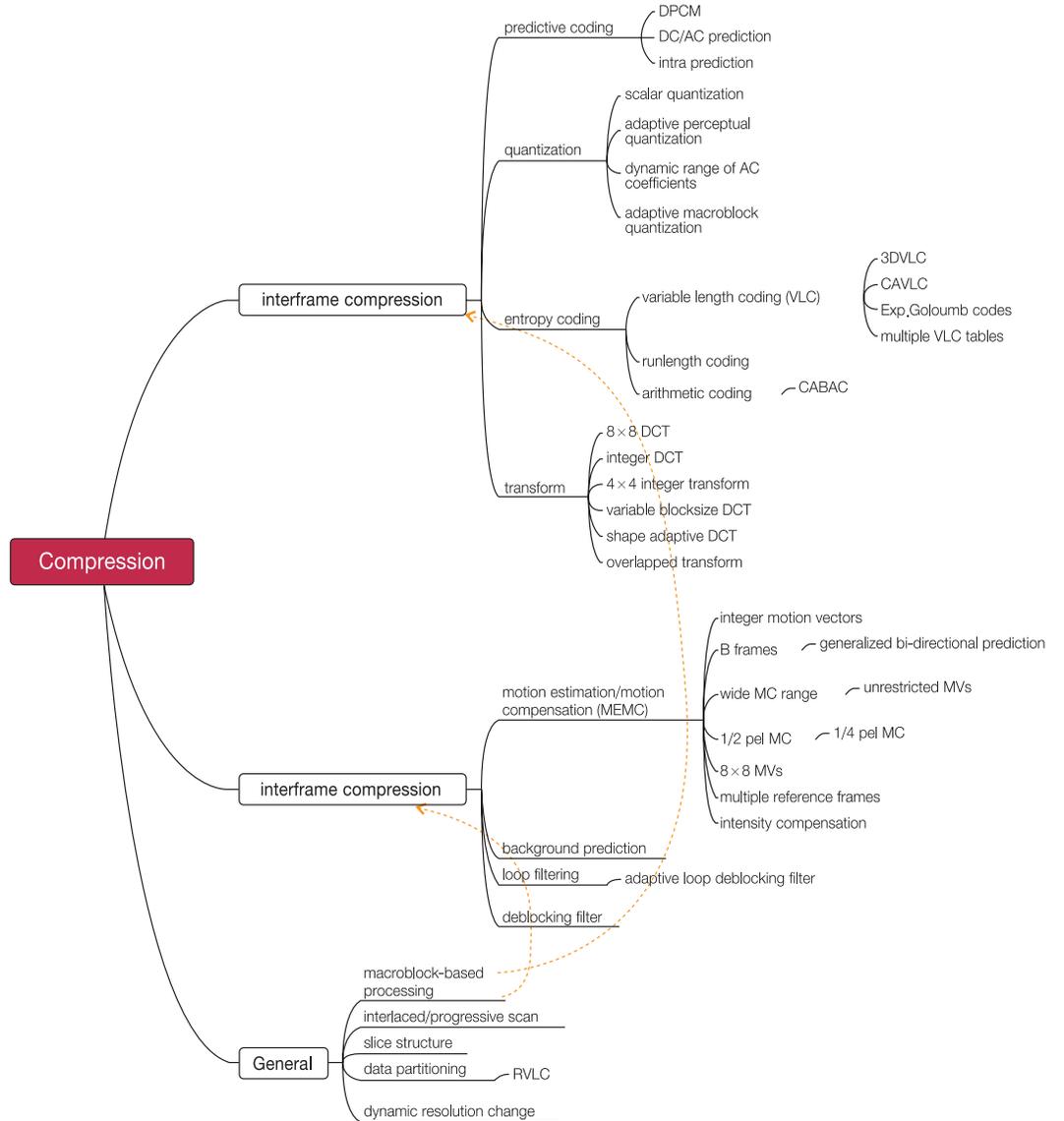
[표 2]에서는 MPEG에서 논의된 HVC의 초기 Requirements에 대한 요약의 서술했다. Requirements 문서가 만들어질 표준의 성능을 정한다는 의미에서 그 중요성을 가늠할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 지금까지 두 기관에서 논의된 내용을 바탕으로 차세대 비디오 코덱의 모습을 예측해보면 두 가지 부분에서 이전의 코덱들과 차별화되어야 할 것으로 판단된다.

- ▶ 동일 조건에서 훨씬 향상된 압축률
- ▶ UD(4K×2K 이상)급 해상도에서 뛰어난 압축 성능

[표 2] MPEG HVC Requirements 요약

Requirements	상세 내용
Compression Performance	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Substantially better than MPEG-4 AVC High Profile</li> <li>· Subjective visually lossless compression</li> </ul>
Picture Formats	<ul style="list-style-type: none"> <li>· QVGA → [VGA ~ 4K×2K] → 8K×4K</li> </ul>
Color Spaces and Color Sampling	<ul style="list-style-type: none"> <li>· YCbCr 4:2:0 ~ 4:4:4</li> <li>· 8bits ~ 14bits/component</li> </ul>
Frame Rates	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 24 ~ 60fps [Limit in AVC: 172 fps]</li> </ul>
Scanning Methods	<ul style="list-style-type: none"> <li>· progressive scanning</li> </ul>
Complexity	<ul style="list-style-type: none"> <li>· feasible implementation within the constraints of the available technology at the expected time of usage.</li> <li>· 2ways in measuring complexity                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- significant decrease in complexity compared to AVC but with better compression efficiency than AVC,</li> <li>- increase complexity and commensurate increase in compression performance.</li> </ul> </li> <li>· Parallel processing should be possible.</li> <li>· Complexity: Power consumption, computational power, memory bandwidth.</li> </ul>
Low Delay	<ul style="list-style-type: none"> <li>· capable of operating in a low delay mode</li> </ul>
Random Access and "Trick Modes"	<ul style="list-style-type: none"> <li>· random access to certain positions of a video stream</li> <li>· fast channel switching</li> <li>· Intra-only coding of video frames</li> </ul>
Buffer Models	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Buffer models for target applications.</li> </ul>

[그림 3]은 지금까지 여러 표준에 채택된 다양한 압축기술의 종류를 각각 intraframe 압축, interframe 압축, 일반 압축의 체계로 분류한 그림이다. 그림에서 보듯이 다양한 방법으로 더 많은 압축이 추구하고 있는 가운데, 특히 entropy coding 부분과 MEMC 부분의 기술 단계가 더 많고 세분화되어 있음을 볼 수 있다. 지금까지는 이 두 가지 분야에서 가장 두드러진 압축 성능이 나왔다고 해도 지나치지 않는다.



[그림 3] 비디오 압축기술의 분류

향후, 코덱성능 개선이 어떤 방향으로 이뤄질지 예측하기에는 이르다. 하지만, [그림 3]을 벗어나는 기술이기보다는 더욱 정교해지는 방향으로 진화하리라고 조심스럽게 예측해 본다.