

《主 題》

# MPEG Video 표준해설

권 주 한 · 임 명 식 · 정 제 창

(삼성전자 신호처리 연구소)

■ 차 례 ■

I. 서 론

II. MPEG-2 영상 압축 알고리즘

III. 결 론

## I. 서 론

동영상을 CD, DAT, HDD, Optical Disk 등에 저장하거나 전화선, ISDN, ATM, 위성통신 혹은 위성방송채널을 통하여 전송할 필요성이 증가되었으며, 이를 위하여 ISO(International Standards Organization)와 IEC(International Electrotechnical Commission)가 협력하여 디지털 동영상 압축 표준을 제정하는 노력을 계속하여왔다. 우선 CD와 같은 매체를 대상으로 1.5Mbps의 동영상 압축 표준을 제정하였는데 이것이 바로 MPEG-1(ISO/IEC 11172)으로서, WD(Working Draft), CD(Committee Draft), DIS(Draft International Standard)를 거쳐 1993년에 국제표준(IS: International Standard)으로 채택되었다. MPEG-1은 주로 제한된 파라미터를 갖는 비트열(Constrained Parameter Bitstream)에서 사용되고 있으며 이는 수평방향 화소수가 768이하, 수직방향 화소수가 576이하, 전체화면이 396 Macroblock이하, 프레임율이 30Hz이하, 복호기 buffer size가 327,680 bits 이하, 전송률이 1,856,000 bps 이하의 영역이다. 이러한 MPEG 알고리즘은 DCT(Discrete Cosine Transform), Quantization, VLC(Variable Length Coding), Motion Estimation/Compensation을 기반으로 한 알고리즘을 사용하며 계층적구조를 가지고 있는데, Sequence Layer 아래에 Random access를 위한 기본단위

인 GOP(Group of Picture) Layer, GOP아래에 Picture Layer, Picture Layer아래에 오류가 발생했을 시 오류의 영향을 국한시키는 Slice Layer, Slice Layer아래에 움직임 보상의 단위인 Macroblock Layer, Macroblock 아래에 DCT단위인 Block Layer로 구성되어 있다. 따라서 비트열 중간에서 복호화 할 경우에는 GOP단위로 Random Access할 수 있고, 비트열에 오류가 발생할 시에는 Slice단위로 오류은닉이 수행되며 다음 Slice에서는 오류의 영향이 미치지 않게 된다. 그림 1의 a)에서 f)까지 MPEG 영상데이터의 계층적 구조가 나타나 있다.

MPEG-2는 MPEG-1을 기반으로 하여 매우 광범위한 응용영역을 지원할 수 있도록 고안되었으며 현재 WD, CD, DIS를 거쳐 금년 11월 싱가포르 미팅을 통해 IS로 채택될 전망이다. MPEG-2는 10Mbps까지의 전송률을 갖는 알고리즘으로 출발하였고 MPEG-3가 그 이상의 전송률을 갖는 것으로 정의되었으나, MPEG-2의 전송률에 있어서 10Mbps의 제한이 없어짐으로써 향후 HDTV까지도 포함하는 것으로 변경되었다. 따라서 MPEG-3라는 용어는 사라지게 되었고 오히려 화상회의와 같은 저속의 전송률을 응용하는 분야를 지원하기 위한 MPEG-4가 시작되었다. MPEG-1과 MPEG-2의 차이점이 표1에 요약되어 있다. 한편 미국에서는 HDTV를 위한 규격제정을 위해

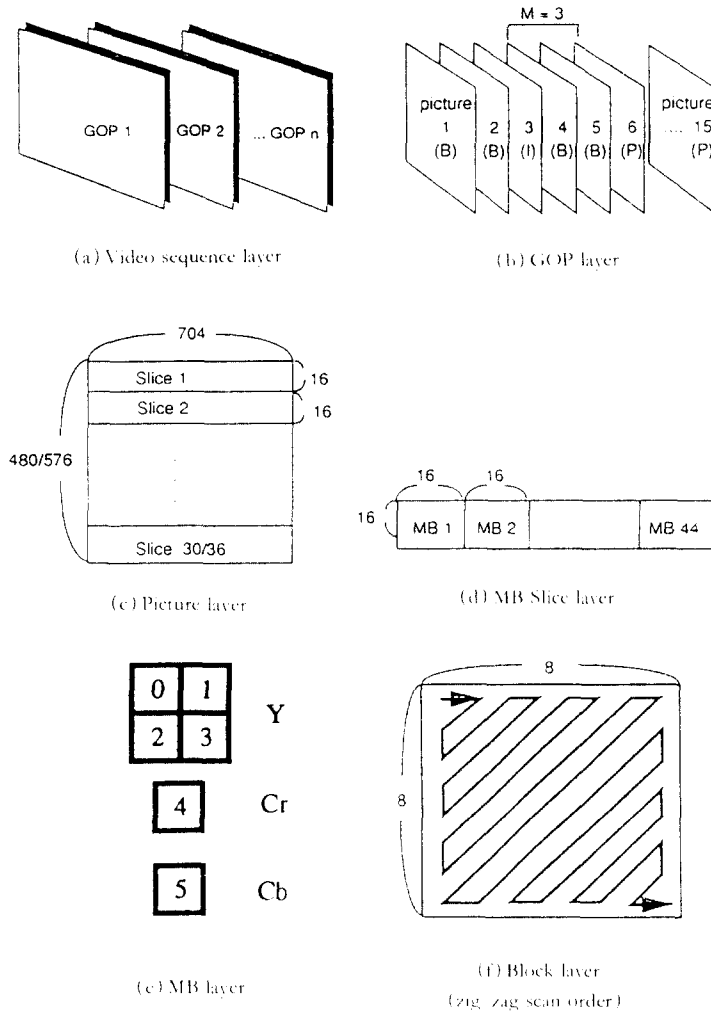


그림 1. 영상데이터의 계층구조

GI, MIT, AT&T, Zenith, Thomson, Philips, DSRC 의 7 개 기관이, 미국 HDTV 표준을 목표로 한 수년간의 경쟁 끝에 최근 Grand Alliance를 결성하여 MPEG-2의 동영상 압축알고리즘을 근간으로 한 미국 HDTV 표준안을 채택하였다.

MPEG-2는 매우 광범위한 응용분야를 겨냥하고 있기 때문에, 기능과 해상도에 따라 나누어진 여러 영역 중 어느 영역을 사용할 것인지를 결정하여야 한다. MPEG-2는 수평방향으로 Profile(Simple, Main, SNR, Spatial, High), 수직방향으로 Level(Low, Main, High-1440, High)을 양축으로 하여 20개의 영역으로 구분하고 있고 이중 11개 부분이 응용영역으로 권장되고

있다.(표 2 참조) Profile이란 MPEG-2의 Syntax중 어느 부분을 사용하여 어떤기능을 포함시키느냐에 관한 것으로 알고리즘의 복잡도를 나타내는 척도이고, Level이란 사용하는 파라미터를 어느 정도의 크기로 제한하느냐에 의해 결정되는 것으로 해상도를 나타내는 척도이다. 예를 들어 Main Profile과 Simple Profile과의 차이는 B(Bidirectional prediction)화면과 관계되는 syntax사용유무에 달려있으며, 방송환경에 많이 사용된 Main Level과 High Level의 차이는 Main Level에 비해 수평화소는 720이하, 수직화소는 576이하, 프레임임율은 30Hz이하 등으로 제한되어 있는 반면 High Level은 수평화소는 1920이하, 수직화소는 1152이하,

표 1. MPEG-1과 MPEG-2 규격비교표

사양	MPEG-2 (MP@ML)	MPEG-1
화소수	720×480	360×240
전송률	15 Mbps 이하	1.5 Mbps 이하
화면처리 모드	Frame 모드/Field 모드	Frame 모드
움직임벡터의 예측방법	Frame간 예측/Field간 예측	Frame간 예측
IDCT mismatch	Q <sup>-1</sup> 후 DCT계수의 합이 짝수인 경우 [7][7] 계수의 마지막(LSB) 비트를 반전	Q <sup>-1</sup> 후 발생한 각각의 DCT계수가 짝수일 경우 절대치를 1 감소시킨다.
Escape sequence syntax	VLC할수 없는 (Run, Level)값은 Escape code(6bit) + FLC(18bit)를 사용.	VLC 할수 없는 (Run, Level)값은 Escape code(6bit) + FLC(14bit) 혹은 FLC(22bit)를 사용.
Escape sequence usage	VLC할수 있는 (Run, Level)값은 escape format을 사용하는 것이 허용되지 않음.	VLC 할수 있는 (Run, Level)값은 escape format을 사용하는 것이 허용됨.
Chroma samples horizontal position	색차신호의 수평방향 샘플위치는 휘도신호의 샘플위치와 일치함.	색차신호의 수평방향 샘플위치는 휘도신호의 샘플들 중간에 위치함.
Slices	slices는 반드시 MB상의 같은 row 상에서 시작되고 끝나야 한다.	slice는 반드시 MB상의 같은 row 상에서 시작되고 끝날 필요는 없다.
D-picture	D-picture는 사용하지 않는다.	picture coding type의 하나인 D-picture가 정의되어 있다.
Full-pel motion vector	full_pel_forward_vector와 full_pel_backward_vector flag가 반드시 "0"이어야 한다. 즉 half-pel 움직임벡터만을 사용한다.	full_pel_forward_vector와 full_pel_backward_vector flag를 1로 setting 하면 full-pel 움직임 벡터를 사용하는 것이 가능.
Aspec Ratio information	sequence header에 있는 4bit의 aspect_ratio information은 display aspect ratio이고 pel aspect ratio는 이것과 frame size, display size로 부터 구해짐	4bit의 pel aspect_ratio 값이 sequence header에 명시됨
Forward_f_code & Backward_f_code	움직임 벡터를 디코딩하는데 필요한 f_code는 picture header에 있는 forward/backward_horizontal/vertical_f_code 임.	움직임 벡터를 디코딩하는데 필요한 f_code는 picture header에 있는 forward f_code와 backward f_code 임.
constrained_parameter_flag & Maximum horizontal_size	constrained_parameter_flag 개념의 syntax는 profile 과 level개념으로 바뀌었다. MPEG-2 MP@ML에서는 horizontal_size는 720 pixel을 넘지 못한다.	constrained_parameter_flag가 1로 설정되어 있으면 constraints들을 만족하고 있고 horizontal_size도 768미만임.

표 2. MPEG Profiles과 Levels

HIGH		MP@HL			HP@HL
HIGH 1440		MP@H1440		SSP@H1440	HP@H1440
MAIN	SP@ML	MP@ML	SNP@ML		HP@ML
LOW		MP@LL	SNP@LL		
level \ profile	SIMPLE	MAIN	SNR	Spatial	High

프레임율은 60Hz이하로 되어있어 전체적으로 많은 데이터처리가 요구되나 Syntax상으로는 동일하다. 이 중 가장 많이 사용될 영역으로는 Main Profile, Main Level의 영역으로 기존 NTSC, PAL, SECAM등의 방송을 대체할 수 있어 현재 미국 유럽등에서 위성방송, 케이블 TV방송 등에 적용하고 있거나 적용을 검토하고 있고 한국의 디지털 위성방송에도 적용될 예정이다. 또한 Main Profile, High Level은 미국을 비롯한 여

러 나라의 디지털 HDTV의 표준규격으로 채택될 전망이다.

MPEG-2에서는 Compatibility가 중요한 요소인데, 이는 서로 다른 영역에 있는 복호기와 비트열간의 호환성을 말한다. 예를 들어 같은 Profile내에서의 한 Level의 복호기는 낮은 Level의 비트열을 복호화할 수 있어야 하며, 같은 Level내의 한 Profile의 복호기도 낮은 Profile의 비트열을 복호화 할 수 있어야 한다. 또

한 Main Level, Simple Profile의 복호기는 Low Level, Main Profile의 비트열을 복호화 할 수 있어야 한다. 표3에 MPEG-2 MP@ML의 규격이 요약되어 있다.

### II. MPEG-2 영상 압축 알고리즘

#### 1) 부호기/복호기 개요

그림 2, 3에 MPEG-2 영상 부호기/복호기의 전형적인 Block 다이어그램이 나타나 있다. 영상신호의 압축은 영상신호에 내재하는 다음과 같은 각종 중복성을 제거 함으로써 얻어진다.

색신호간 중복성(spectral redundancy) 제거: 카메라 등을 통해 들어온 RGB 영상입력 신호는 색 성분간의 신호 상관도가 높아, 이 상관도를 줄여 전체 데이터 발생량을 줄이고 인간의 시각특성에 맞도록 하기 위해 YCrCb의 색체계로 변환한다. Y성분은 주파수 대역도 넓고 인간의 눈이 민감한 반면 CrCb성분은 대역폭도 좁고 눈에 덜 민감하므로 수평과 수직방향으로 각각 Decimation하여 사용할 수 있다.

공간적 중복성(spatial redundancy) 제거: 화면내에 인접하는 화소간에는 상관도가 높으므로 Block(8×8 화소)단위로 변환부호화의 일종인 DCT 및 양자화 과

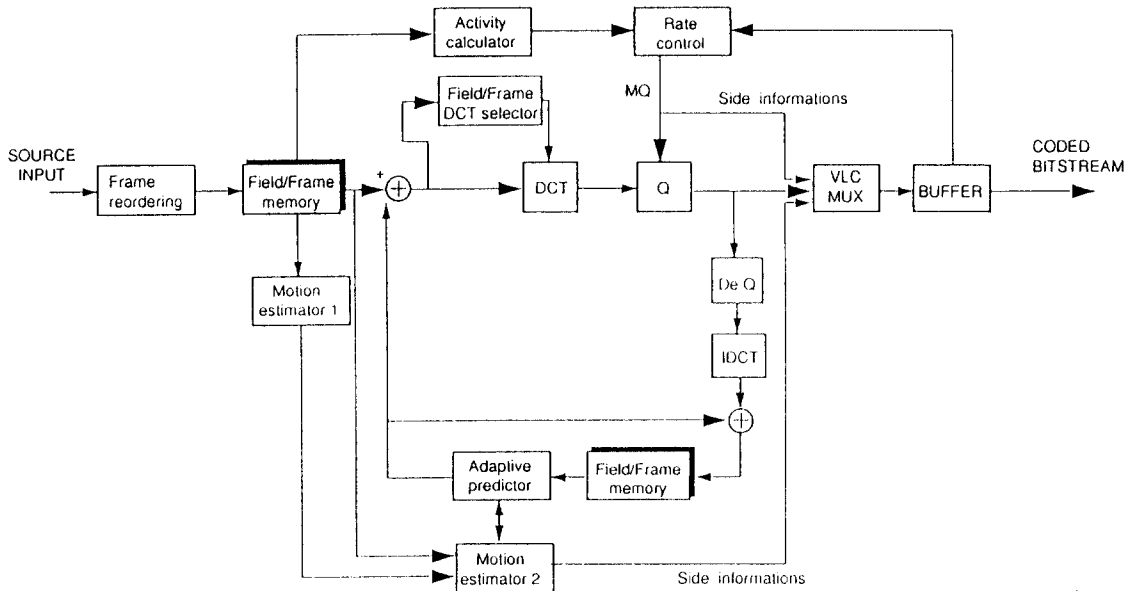


그림 2. MPEG-2 영상부호기

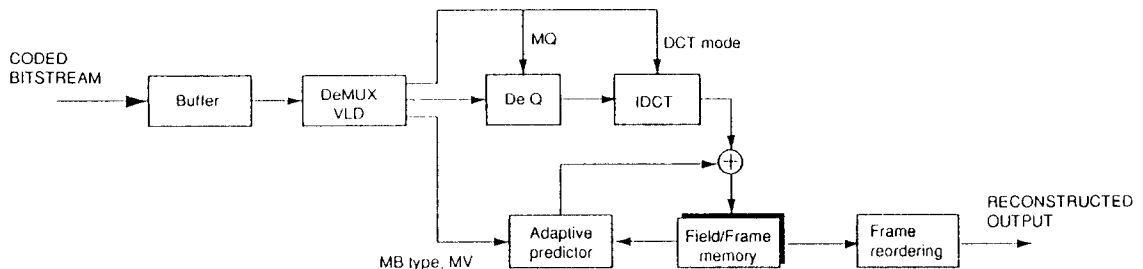


그림 3. MPEG-2 영상복호기

정을 통하여 공간적인 중복성을 제거한다.

- 시간적 중복성(temporal redundancy) 제거: 시간적으로 인접한 두 화면간에도 상관도가 높으므로 Macroblock(16×16 화소)단위로 두 화면간의 움직임을 추정하여 보상함으로써 시간적인 중복성을 제거한다.

- 통계적 중복성(statistical redundancy) 제거: DCT와 양자화과정을 거친 계수값들을 가변상 부호화(VLC)의 일종인 허프만 부호화를 이용하여 통계적 중복성을 제거한다.

부호기의 채널 버퍼는 VLC출력이 가변(variable) 비트율을 갖기 때문에 이를 채널을 통하여 고정(constant) 비트율로 전송할 수 있도록 데이터를 일시 저장하기 위한 용도로 사용된다. 복호기 측에서는 채널을 통해서 전송된 MPEG-2 비트열이 복호기 버퍼에 입력되면 헤더 정보등을 제외한 비디오 데이터들이 VLD(Variable length decoding), 역 양자화, 역 DCT등을 거쳐 Block 단위로 화면이 복원된다. 각 Macroblock은 움직임 보상후 부호화하거나(Inter Mode) 움직임 보상이 현재 화면을 직접 부호화(Intra Mode)한다.

## 2) Picture구성

MPEG에는 움직임 보상의 방법에 따라 I, P, B 3종류의 Picture가 있고, random access가 가능한 I picture 주기에 따라 I, P, B를 묶어 하나의 GOP(Group of Picture)를 구성한다.

- I(Intra) Picture: 화면내의 모든 Macroblock이 Intra Mode로만 구성되기 때문에 시간적 중복성은 여전히 존재한다. 채널 전환시의 원화복구나 오류의 전파를 막기 위한 일정 간격으로 I Picture를 두어야 한다. I Picture는 전체 화질에 절대적인 영향을 미치므로 P, B Picture에 비해 고화질을 유지할 수 있도록 부호화하여야 한다.

- P(Predictive) Picture: 현재 프레임에 대해서 이전 프레임의 I Picture 혹은 P Picture를 기준으로 하여 순방향(forward) 움직임 보상 예측기법을 적용하여 시간적 중복성(temporal redundancy)을 제거한다. GOP의 구조적 특징 때문에 P Picture는 연속되는 P Picture 및 B Picture에 영향을 미치기 때문에 I Picture보다는 다소 떨어지지만 B Picture보다는 나은 화질을 유지하여야 한다.

- B(Bidirectional) Picture: 현재 프레임에 대해서 이전 프레임의 I/P Picture 그리고 다음 프레임의 I/P

Picture로 부터 각각 움직임 보상된 순방향 예측화면, 역방향 예측화면, 순방향 및 역방향을 보간(Interpolation)한 화면을 사용하여 세가지 예측신호를 얻어낸 후 이들 예측신호 중 최적의 것을 영상간의 예측신호로 사용하여 시간적 중복성을 제거한다. GOP의 구조상 B-Picture는 다른 Picture에 영향을 주지 않으므로 I, P Picture에 비해 가장 적은 비트를 할당하여 부호화 한다. 평균적으로 I, P, B Picture 각각으로 부터의 비트 발생량은 15:5:1 정도의 비율이 된다.

## 3)입출력 영상의 규격

MPEG-2에서는 기본적으로 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 chroma format의 CCIR-601 영상을 받아들일 수 있다(표4). MPEG-2 Syntax상에서는 sequence extension에 chroma\_format을 나타내는 필드가, sequence display extension에는 video\_format(NTSC, PAL, SECAM, MAC 등)을 종류를 나타내는 필드가 각각 포함되어 있다.

## 4)부호화 모드

### (a)Picture 부호화 모드.

MPEG-2는 앞에서 설명한 바와 같이 GOP구조 단위로 부호화 하며 한개의 GOP마다 1개의 I Picture, N/M-1개의 P Picture, N-1-P개의 B Picture로 구성된다. 여기서 파라미터 M은 I Picture와 P Picture사이의 B Picture의 개수+1을 말하는 변수이고, N은 한 GOP의 길이를 말하는 변수이다. 따라서 M=1이라면 I, P Picture사이에 B Picture가 없는 IPPP...IPPP 구조의 GOP구조를 의미하는 것이며 N=9, M=3이라면 IBBPBBPBBI... 와 같은 GOP 구조를 갖게 된다. 여기서 M, N 등의 변수가 클수록 부호화/복호화 지연이 길어지며 Random Access 시간 또한 길어지는 등의 단점이 있기 때문에 M=1 등으로 설정하는 방법 혹은 Intra Slice/Column 부호화 방법등 저지연(Low delay)부호화에 관해서도 연구되고 있다.

### (b)MB(Macroblock)부호화 모드.

I, P, B 각 Picture에 따른 MB의 Type과 이를 결정하는 순서는 다음과 같다.

[I Picture 경우]

- MB의 Type(형태).

→ Intra

→ Intra with MQ(Modified Quantizer)

표 3. MPEG-2 MP@ML의 주요 사양

프레임 포맷	720 × 480(주파수 29.97Hz) 720 × 576(주파수 25Hz)
부호화 전송률	최대 15 Mbps
Y, Cr, Cb 표분화 비	4:2:0
화면의 종류	I(Intra), P(Predictive), B(Bidirectional) Picture
부호화 단위	프레임(Frame) 구조/필드(Field) 구조
움직임 벡터 예측	프레임 구조: 프레임(16×16)/필드(16×8)/dual prime(M = 1인 경우에만 존재) 필드 구조: 필드(16×16)/필드(16×8)/dual prime(M = 1인 경우에만 존재)
움직임 벡터 탐색범위	±28 화소 + 127.5 화소, half pixel단위
비터 크기	1.75 Mbit(1, 835, 008 bit)
호환성	MPEG-1에 대해 상위 호환성(forward compatibility)
DCT DC 강압도	8bit/9bit/10bit
VLC table	MPEG-1과 동일 테이블/상위 테이블
DCT 계수의 scan 방법	MPEG-1과 동일 스캔(zig zag)/alternative 스캔
VBR(variable bit rate)	대응함.

표 4. MPEG-2 임종력 영상표기

	1:1:1 625	4:4:4 525	1:2:2 625	1:2:2 525	1:2:0-625	4:2:0 525
유효라인 수						
휘도선호	576	480/483	576	480/483	576	480/483
색차선호	576	483	576	480	288	240
라인당 유효화소						
휘도선호	720	720	720	720	720	720
색차선호	720	720	360	360	360	360
프레임율	25	30	25	30	25	30

• MB의 Type 선택 순서.

1. Compatible prediction
2. Field/Frame DCT coding
3. Modified Quantizer

4. MQ(Modified Quantizer)

5. Field/Frame DCT coding
6. Coded/not Coded

[P Picture의 경우]

• MB의 Type(형태).

- MC Coded, No MC Coded
- MC not Coded
- MC not Coded
- Intra
- MC Coded with MQ
- No MC Coded with MQ
- Intra with MQ

[B Picture의 경우]

• MB의 Type(형태).

1. Interpolative MC, Not Coded
2. Interpolative MC, Coded
3. Backward MC, Not Coded
4. Backward MC, Coded
5. Forward MC, Not Coded
6. Forward MC, Coded
7. Intra
8. Interpolative MC with MQuant.
9. Backward MC with MQuant.
10. Forward MC with MQuant.
11. Intra with MQuant.

• MB의 Type 선택 순서.

1. MC/No MC field/frame/dual prime prediction
2. Intra/Inter
3. Compatible prediction

• MB의 Type 선택 순서.

1. Interpolative/Forward/Backward MC Field/Frame prediction
2. Intra/Inter
3. Compatible Prediction
4. MQuant
5. Field/Frame DCT Coding
6. Coded/Not Coded

### 5) 움직임 추정 및 보상

MPEG-2에서는 움직임 추정(Motion Estimation: ME) 및 보상(Motion Compensation: MC)을 위한 방법으로 Frame MC, Field MC, Dual Prime MC의 3가지가 있다. 이외에도 보다 정교한 움직임 추정 및 보상 방법인 FAMC(Field time adjusted motion compensation), Simplified FAMC, SVMC(Single vector motion compensation) 방법들이 제안되고 검토되었으나 구현상의 어려움 때문에 표준에서 제외되었다. 한편 MPEG-2에서는 기본적으로 모든 움직임 추정 및 보상은 반화소 단위까지 하는 것을 규정하고 있다.

#### a) Frame ME/MC

Frame ME/MC는 MPEG-1에서 부터 사용하여 온 움직임 추정 방법으로 Top Field와 Bottom Field의 구분없이 Frame 구조로 움직임을 추정하고 보상하는 것으로, 현재 Frame의 부호화 하고자 하는 Macroblock에 대해 기준 Frame의 탐색 영역내에서 반화소 정밀도까지 완전탐색(full search)을 수행하여 이 중 가장 작은 MAE(mean absolute error)를 발생시키는 위치를 움직임 벡터로 결정한다. 실질적으로는 데이터가 화소단위로 주어져 있으므로 화소단위의 1차 완전탐색을 통해 화소단위 움직임 벡터를 구하고 그후 반화소단위의 보간 및 2차 탐색을 통해 반화소 단위의 움직임 벡터를 구한다. Frame ME의 경우에는 P picture에서는 한개의 Macroblock당 1개의 움직임 벡터(motion vector)를, B picture에서는 한개의 Macroblock당 1개 혹은 2개의 움직임 벡터를 전송하기 때문에 Field ME/MC에 비하여 움직임 벡터 전송에 필요한 비트 수가 적다.

#### b) Field ME/MC

Frame structured picture에 있어서 각 필드별로 움직임의 추정 및 보상을 수행하는 방식으로서, 현재 프레임의 Top Field와 Bottom Field, 기준 프레임의 Top Field와 Bottom Field 사이에서 각각  $16 \times 8$  sub Macro-

block 단위로 Top to Bottom, Top to Top, Bottom to Top, Bottom to Bottom의 4가지의 움직임 벡터를 구한 뒤, 현재 프레임의 Top Field와 Bottom Field 각각에 대해 최소의 움직임 보상에러를 발생시키는 하나씩의 움직임 벡터를 선택한다. 따라서 P picture에서는 한개의 Macroblock당 2개의 움직임 벡터, B picture에서는 한개의 Macroblock당 2개 혹은 4개의 움직임 벡터를 전송한다.

MPEG-2에서는 모든 Macroblock에 대해서 Frame/Field Prediction 방법을 다 적용하여 분 뒤 그 중 보다 작은 예측오차를 갖는 Prediction mode를 사용한다(부호기 측). 복호기 측에서는 부호기에서 사용한 Prediction 모드가 전송되므로 이에 따라 움직임 보상을 수행하여 영상을 복원한다.

#### c) Dual Prime ME/MC

이 방법은 Toshiba에서 제안한 움직임 추정/보상 방법으로서 Field ME/MC 방법이 비교적 Macroblock당 발생하는 움직임 벡터를 전송하기 위한 비트수가 많은데 반하여, 한개의 Macroblock당 1개의 움직임 벡터와 차분 움직임 벡터(dmv)만을 전송하는 것으로 비교적 느린 움직임을 갖는 시퀀스에 효과적인 것으로 알려져 있다. 이 방법은  $M=1$ 인 경우, 즉 IPPPPP... 와 같은 경우에만 사용하도록 규정하고 있다. 즉 B picture가 허용되는 경우에는 이를 이용하여 더 좋은 화질을 얻을 수 있으나, 그렇지 않은 경우에는 Dual prime prediction을 사용함으로써 가능한 한 적은 비트 발생량으로 화질의 향상을 가져올 수 있다.

Dual prime prediction 방법은 Field prediction mode에서 구한 Top to Bottom, Top to Top, Bottom to Top, Bottom to Bottom 4개의 움직임 벡터 중 Top to Top과 Bottom to Bottom 움직임 벡터는 그대로 base motion vector로 사용하고, Top to Bottom과 Bottom to Top 움직임 벡터는 각각 scaling( $\times 2$ ,  $\times 2/3$ )과 truncation을 하여 base motion vector를 만든 뒤, 이렇게 만든 4개의 base motion vector 각각에 대하여 수평방향과 수직방향으로  $-1, 0, +1$  씩의 미세조정(dmv)을 가하여 두개의  $16 \times 8$  sub MB에 대해 움직임 보상에러가 최소가 되도록 하는 base motion vector와 변위값(dmv)을 보내는 방식이다. Dual prime ME는 부호기에서의 계산량이 상당히 많은 편으로 한개의 base motion vector당 9개의 예측 후보값을 계산해내야하므로 총 36가지의 후보 중 한개의 base motion vector와 dmvs를 계산해야 한다. 한편 복호기 측에서는 전송되어 온 base mo-

tion vector와 dmv 값으로 부터 2개의 Field motion vector 값을 계산해내기만 하면 되므로 비교적 간단하게 구현이 가능하다. 현재 시장에 출시된 MPEG 2 복호기 chip들도 대부분 Dual prime prediction mode를 지원하고 있다.

### 6) DCT & Quantization

DCT변환(Discrete Cosine Transform)은 영상신호 부호화에 매우 효과적인 것으로 알려져, H.261, JPEG, MPEG등의 국제 표준에 널리 채택되어 왔다. DCT변환은 영상신호의 공간적인 상관성이 대단히 크다는 사실에 바탕을 둔 것으로, MPEG의 경우 8×8 크기의 block단위로 수행되는데 8×8 화소에 분산된 에너지를 DC를 포함한 낮은 주파수의 DCT계수로 집중시킨다. DCT변환은 해당 block이 intra MB인지 inter MB인지에 따라 각각 영상신호 자체 또는 예측오차를 변환하게 되므로 intra MB인 경우는 공간적 중복성만을 제거하는 것이 되지만 inter MB인 경우라면 시간적 중복성이 제거된 영상신호에 또다시 공간적 중복성이 제거하는 것이 된다. 그런데 예측오차 신호는 공간적 중복성이 크지않으므로 DCT의 에너지 집중효과도 inter MB에서는 intra MB에 비해 다소 떨어진다.

한편, 해당 Macroblock의 두 Field간의 상관도(정지화일일 수록 두필드간의 상관도가 높고 움직임이 많을 수록 상관도가 떨어짐)에 따라 적응적으로 Frame DCT 혹은 Field DCT block으로 구분하여 DCT를 수행한다.

양자화(Quantization)는 block 단위로 얻어진 DCT의 변환계수를 한정된 비트길이를 표현하는 과정으로서, 복호기 측에서의 역 양자화는 Intra DC계수와 그외의 계수로 다음과 같이 나누어져 수행된다.

#### a) Intra DC계수의 역 양자화.

DCT변환계수 중 화질에 가장 큰 영향을 미치는 DC값은 그 정밀도에 따라 8~11비트를 할당하는데, 각각의 양자화 스텝사이즈에 해당하는 8, 4, 2, 1등을 곱하여 DC계수를 복원한다.

#### b) 그외 계수(Intra AC, Inter DC, Inter AC)의 역 양자화

block내 모든 64개의 DCT계수에 2를 곱한뒤 Inter block의 경우에만 해당 계수의 Sign값(음수일때 -1, 양수일때 1)을 더하고, 여기에 Inter/Intra에 따라 그림4와 같이 규정된 가중치 행렬을 곱한뒤 균일/비균

8	6	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16

그림 4. Intra Block과 non Intra Block의 가중치 행렬

일 양자화기를 구분하는 q\_scale\_type flag에 따라 선택된 양자화기의 스케일 값(Quantizer scale)을 곱하면 역 양자화된 DCT 계수가 얻어진다.

### 7) VLC(Variable length Coding)

VLC(가변장 부호화)는 발생확률이 높은 부호어들에 대해서는 부호당 짧은 비트를 할당하고, 발생확률이 낮은 부호어들에 대해서는 부호당 긴 비트를 할당하여 부호의 평균길이를 entropy에 가깝게 하는 수단으로 시 Huffman Coding, Arithmetic Coding, Lempel-Ziv 알고리즘등의 방법이 있다. 영상 부호화에 있어서는 이중 Huffman부호화를 사용하는데, 양자화된 DCT 계수, 움직임 벡터의 자신호, 그리고 MB에 관련된 각종 정보가 그 대상이다.

#### a) DCT계수의 VLC

DCT 변환과 양자화 과정을 거친 영상신호는 "0"인 계수값이 많으므로 보다 효율적인 부호화를 위해 그림 1. f)의 zig zag 스캔과정을 통해 (Run, Level) 심분으로 변환되어 VLC 부호화 된다. 8×8 block의 계수중 마지막 non-zero 계수까지만 부호화한뒤 EOB(End of Block)부호를 사용하여 한 block의 끝을 나타낸다. 이때 intra DC계수와 그외의 것으로 구분하여 다음과 같은 방법으로 부호화하게 된다.

Intra DC계수: 이웃하는 블록의 DC계수간의 차이값을 1차원 Huffman부호화.

그외의 계수: (Run, Level) 심분의 2차원 Huffman 부호화.

#### b) 움직임 벡터의 VLC

한 MB와 같은 타입의 바로 전 MB의 움직임 벡터와 현재 움직임벡터 간에 DPCM을 수행한뒤 이 값을 Huffman 부호화 한다. 수직/수평 성분별로 독립적으로 부호화하며 P Picture 경우에는 순방향 움직임 벡터가



전송되는 반면 B picture인 경우는 순방향, 역방향 움직임 벡터 중 실제 움직임 보상에 사용하는 움직임 벡터만을 부호화 한다.

c) MB 정보에 대한 VLC

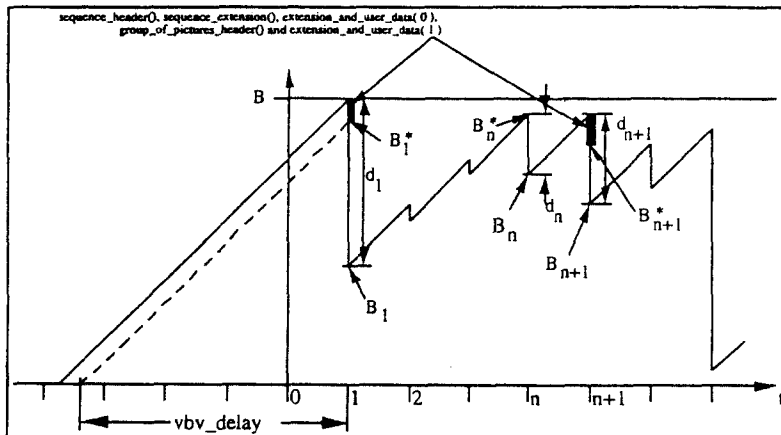
한 슬라이스에서 Macroblock 위치정보(Macroblock Address : MBA), MB의 부호화 모드(MB Type), 그리고 MB내에서의 block들의 부호화 패턴(Coded Block Pattern : CBP)정보에 대해서 Huffman 부호화를 수행한다.

8) Video Buffering Verifier(VBV)

VBV는 CBR(Constant Bit Rate), 즉 일정한 전송율의 비트열에서 만족시켜야하는 요구조건을 규정하기 위한 것으로, 부호기측 출력에 연결된 가상적인 복호기이다. VBR(Variable Bit Rate)의 경우에는 MPEG-2 : Part 1 시스템부분에 정의되어 있는 STD(System Target Decoder)에 따른다. 가상적인 복호기에서는 일정한 전송율로 비트열이 들어오게 되며, 이 데이터가 복호기 버퍼에 쌓이게 된다. 복호기에 입력된 데이터는 하나의 Picture단위로 정해진 복호시간에 순간적으로 빠져나가게 된다. 이러한 가정을 전제로 한 VBV의 버퍼상태는 그림5와 같다. 그림 5에서, VBV 버퍼에 채워지는 데이터량은 시간에 대해 일정한 기울기를 갖고 증가하고 있으며, 각 복호시간에 버퍼를 빠져나가는 양은 해당 Picture 데이터량과 같다. VBV상의 버퍼상태 변화량은 부호기내에 있는 버퍼의 버퍼상

태 변화량을 기울을 통해 보는 것과 같은 대칭형태이다. Low delay mode일 경우에는 VBV에서 Overflow는 발생하지 않으나 Underflow는 발생할 수 있다. 이 경우 직전에 복호가 완료된 화면을 계속 보여주고 정상적인 VBV동작이 일어날 때까지 기다린다. 이러한 경우를 'Skipped Pictures'라고 한다.

Low delay mode가 아닐 경우 Skipped Picture가 허용되지 않고 따라서 Overflow나 Underflow가 생기지 않도록 부호화하여야 한다. VBV의 버퍼상태는 버퍼의 최대크기인 Bmax와 0 사이의 값을 갖도록 한다. 실제 구현할 복호기는 VBV상에서 Underflow나 Overflow가 생기지 않을 경우, 마찬가지로 Underflow나 Overflow가 생기지 않도록 설계하여야 한다. VBV의 초기화는 vbv\_delay라는 파라미터를 통해 이루어지는데, 최초 VBV버퍼가 비어있는 상태에서 시작하여 Sequence\_header()부터 Picture\_start\_code까지 입력한 후, Picture\_Header()에 들어있는 vbv\_delay시간동안 데이터를 채워넣는다. 실제 복호기에서도 이와같이 동작하여 VBV버퍼의 움직임과 동일하게 움직이게 된다. 그후 계속적으로 VBV버퍼 상태를 감시하는데, 한 Picture 데이터를 빼내기 전과 후에 버퍼상태를 추출하여 이 값이 항상 VBV의 크기인 Bmax와 0 사이에 있는 지 감시한다. 주기적으로 감시하는 시간은 Frame Picture인지 Field Picture인지와 repeat\_first\_field 상의 값 등에 따라 달라지게 된다.



### 9) Rate Control

MPEG 부호화에서는 I, P, B 등 서로 다른 종류의 Picture구조를 가지고 있어, 각 Picture에서 발생하는 데이터량이 매우 차이가 심하며, 움직임 정도와 같은 영상 특성에 따라 또 다시 가변적으로 데이터가 발생한다. 따라서 GOP내 각 Picture에 데이터발생 복표량을 할당하고, 영상의 특성이 변화함에 따라 데이터발생 복표량을 변화시켜 주어야 한다. 한 화면내에서도 사람의 시각특성을 이용하여 사람의 눈이 결함을 잘 인식하지 못한 부분에는 적은 데이터를 할당시키고, 사람의 눈이 결함을 인식하기 쉬운 부분에는 많은 데이터를 할당하여 전체적으로 좋은 화질을 느낄 수 있도록 한다. 같은 전송율에서도 많은 화질의 차이를 보일 수 있는 이유는 Rate Control방법이 다르기 때문으로서, 좋은 부호기로 평가되기 위해서는 좋은 Rate Control 알고리즘을 가져야 한다. MPEG-2는 기본적으로 부호화 과정에 대한 표준이므로 Rate Control알고리즘을 규정하지는 않는다. MPEG-2의 TEST MODEL에서 사용했던 Rate Control은 먼저 부호화할 다음 화면에 대한 데이터량을 할당하고, 가상적인 비례를 사용하여 각 Macroblock에 대한 양자화 step size 계산을 위한 기준값을 추출하고, 이 기준값에 Macroblock상의 Spatial Activity에 의한 계수를 곱하여 mquant를 구한다(자세한 사항은 MPEG-2 TEST MODEL 참조).

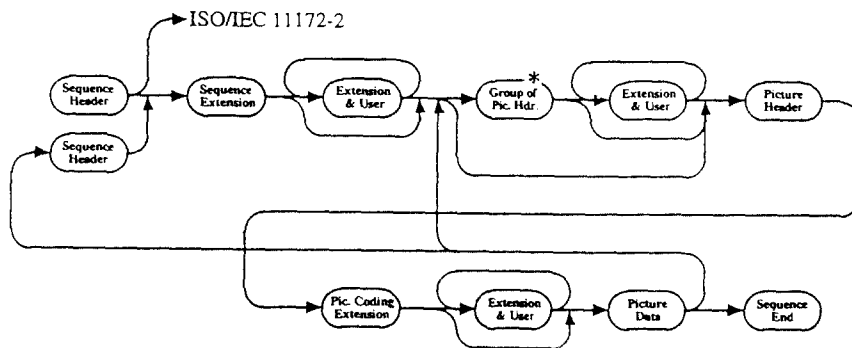
### 10) 비트열 Syntax및 Semantics

전송해야 할 비트열내에는 매우 많은 다양한 정보가 있으며 이러한 정보가 일정한 순서와 규칙을 가지

고 혼합되어 있다. 비트열로 전송해야 할 많은 정보들은 Sequence Layer, GOP layer, Picture Layer, Slice Layer, Macroblock Layer, Block Layer 등의 계층구조를 가지고 있다. 각 Block내 DCT 계수, Macroblock내 움직임벡터(Motion Vector)등이 가변장부호를 사용하고 있어 한 비트의 오류가 발생해도 이 영향이 전 비트열에 영향을 미친다. 오류 발생시 다음영역에 영향을 미치는 것을 방지하기 위하여 Sequence Layer에서 Slice Layer까지 32bit의 시작코드(Start Code)를 둔다. 시작코드는 영상데이터에서 발생하지 않도록 하여 순수 영상데이터가 시작코드로 인식되지 않도록 한다. 시작코드는 앞부분 24비트까지는 모두 '0000 0000 0000 0000 0000 0001'로 같고 뒷부분 8비트로 서로 구분하게 되며, 표5와 같이 정의되어 있다. Slice Start Code를 제외한 모든 시작코드는 각각 특정한 코드로 정의되어 있으나, Slice Start Code에서는 뒤의 8비트가 Slice의 수직위치를 나타내고 그값은 0x01부터 0xAF까지이다. 시작코드와 시작코드사이에는 바이트단위로 정렬되어 있다. 예를들어 한 Slice에서 발생한 데이터가  $8 * n(n\text{은 정수}) + 3$ 개의 비트가 발생하였을 경우 5비트의 '0'을 추가하여 바이트단위로 정렬을 시켜야 한다.

영상 비트열내의 Syntax는 DIS13818의 Part 2 비터오류에 자세히 기술되어 있으며 간단한 비트열의 구조는 그림 6과 같다.

비트열의 Syntax에서 정의되어 있는 각 Field에 어떤 데이터가 들어갈 수 있는지, 또한 그 데이터가 어떤 의미를 갖는지에 대한 규칙을 정한 Semantics에 있어 중요한 규칙을 살펴보면 다음과 같다.



\* After a GOP the first picture shall be an I-picture

그림 6. 비트열 구조

표 5. 시작코드표

name	start code value (hexadecimal)
picture_start_code	00
slice_start_code	01 through AF
reserved	B0
reserved	B1
user_data_start_code	B2
sequence_header_code	B3
sequence_error_code	B4
extension_start_code	B5
reserved	B6
sequence_end_code	B7
group_start_code	B8
system start codes (see note)	B9 through FF

NOTE: system start codes are defined in Part 1 of this specification

- MPEG-1(ISO1172-2)와 MPEG-2(DIS13818-2) 비트열은 Sequence Header( )뒤에 Sequence Extension( )이 바로 연결되어 있는지에 의해 구분된다. 즉, Sequence Extension( )이 뒤 따르면 MPEG-2 비트열이고 뒤 따르지 않으면 MPEG-1 비트열이 된다.

- Sequence Extension( )은 Sequence Header( )바로 뒤에만 올 수 있다.

- Sequence Extension( )이 있는 비트열에서는, 즉 MPEG-2 비트열에서는 Picture Coding Extension( )이 Picture Header를 반드시 뒤 따라 나와야 한다.

- Picture Coding Extension( )은 Picture Header( )뒤에만 나올 수 있다.

- GOP Header를 뒤 따르는 첫번째 Picture는 반드시 I picture이어야 한다.

비트열의 주요부를 살펴보면 Sequence Header부에서는 화면의 수직/수평 크기, Aspect\_Ration\_Information, 초당 Frame수, 전송율, VBV버퍼크기, 양자화 matrix 등의 정보가 전달되며, Sequence Extension부에서는 비트열이 위치한 Profile과 Level, Progressive Sequence 여부, Chroma format(4:2:2 혹은 4:2:0 등), low delay mode 여부를 전달해 주는 정보를 포함한다. GOP Header부에서는 시, 분, 초, Frame number를 나타내는 time\_code, random access 지원을 위한 closed\_gop, broken\_link 등의 정보를 전달해 준다. closed\_gop가 '1'인 경우, GOP의 첫번째 I 화면뒤에 B화면이 Backward Prediction만 가지는 것을 의미하며, 따라서 이어지는 비트열은 전 GOP와는 독립적으로 복호화할 수 있다. broken\_link가 '1'인 경우, GOP의 첫번째 I 화면뒤에 B화면이 완전히 완전히 복호화될 수 없음을 의미하며, 이는 비트열이 편집되어 전 GOP가 원래의 GOP가 아님을 알려 준다. Picture Header부에서는 temporal\_reference, picture\_coding\_type(I, P, B 등), vbv\_delay 등의 정보가 전달된다. Picture coding\_extension부에서는 intra\_dc\_precision, Picture structure(Frame Picture 혹은 Field Picture), concealment\_motion\_vector, intra\_vlc\_format, alternate\_scan, progressive\_Frame 등의 정보가 전달된다. intra\_dc\_precision은 부호화시 DCT의 DC 계수를 어느 정도의 크기로 양자화한 것인가를 알려주는 정보이다. concealment\_motion\_vector가 "1"인 경우, 보통 Intra Macroblock에서는 움직임벡터를 보내주지않으나 오류유무를 위해 Intra Macroblock에 대해서도 움직임벡터를 보내주고 있음을 의미하므로 복호기에서는 이를 이용 오류은닉능력을 향상시킬 수 있다. intra\_vlc\_format가 "1"인 경우, Intra Macroblock에 대해서 MPEG1과는 다른 가변장부호를 사용함을 의미한다. alternate\_scan가 "1"인 경우, zig-zag scan이외에 alternate\_scan을 사용함을 의미한다. Progressive\_Frame은, Sequence Extension부의 Progressive\_Sequence가 "0"인 경우 즉 Progressive sequence가 아닐경우, 각 화면별로 Progressive Frame인지 Interlaced Frame인지를 알려준다. Slice부에서는 priority\_breakpoint, quantiser\_scale\_code, intra\_slice 등의 정보를 전달한다. priority\_breakpoint는 Data Partition시 partition이 되는 위치를 알려주는 계수이며, intra\_slice는 slice내 모든 Macroblock이 Intra Macroblock일 경우 이를 알려주는 계수이다. Macroblock부에서는 움직임벡터에 관련된 정보 등이 전달되며 Block부에서는 양자화된 DCT계수가 가변장부호화되어 전달된다.

### III. 결 론

이상 MPEG-2의 영상부호화방식의 기술적 내용을 개략적으로 설명하였다. MPEG-2는 방송 환경뿐만 아니라 ATM망, Computer Network, 나아가서는 정보고속도로(Information Super Highway)등에 서로 연결되어 자유롭게 동영상 데이터가 전달되는 것을 목적으로 한 것이기 때문에 향후 이를 이용한 다양한 응용이 시도될 것으로 보인다. MPEG-2의 기술규격이 거의 확정됨에 따라 Video 복호기의 개발경쟁이 가속화 되면서 미국, 유럽, 일본의 유수회사들은 이미 IC를 출시했거나 금년 혹은 내년에 출시 예정이다.

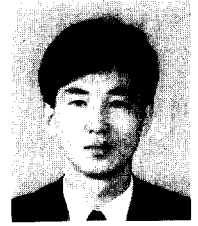
SGS-Thomson은 STi3500을, LSI가 L64000이라는 형명으로 이미 MPEG-2 복호가 IC를 발표했으며 AT&T, C-Cube, GCT, HITACHI, IIT, Matsushida, Mitsubishi, NEC, Pioneer, Sony, Toshiba 등 10여개 회사가 늦어도 내년까지 출시를 목표로 하고 있다. 이들 IC들은 대부분이 0.5~0.7um 공정을 사용한 고집적 IC로서 144~208 pin QFP(Quad Flat Package) 타입이 주종을 이루고 있다. 국내에서도 앞으로 부공화호 위성방송, 디지털 케이블방송, 멀티미디어, HDTV 등에 MPEG-2가 채택될 전망이므로 관련된 IC 및 시스템의 개발을 위한 지속적인 노력이 필요하다.

### 참 고 문 헌

1. ISO/IEC 11172-1, 2, 3 (1993) "Information technology-Coding of moving picture and associated audio for digital storage media at up to about 1.5Mbits/s"
2. ISO/IEC 13818-1, 2, 3 (1994) "Information technology-Coding of moving picture and associated audio," MPEG-2 Draft International Standard
3. MPEG-2 TEST MODEL 5, 1993
4. Didier Le Gall "MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications" Trans. ACM, April 1991.



권 주 한



임 명 식

- 1963년 8월 31일생
- 1987년 2월 : 한양대 학교 전자통신공학과(학사)
- 1989년 2월 : 한양대 학교 전자통신공학과(석사)
- 1992년 2월 ~ 현재 : 삼성전자(주) 신호처리연구소 선임연구원, Digital DBS 개발담당
- 주관심분야 : 디지털 영상 신호처리, 영상데이터 압축, 오류정정부호

- 1964년 8월 20일
- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과(학사)
- 1988년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
- 1988년 1월 ~ 1992년 2월 : 한국종합기술금융(주) 심사역
- 1992년 2월 ~ 현재 : 삼성전자(주) 신호처리연구소 선임연구원, Digital DBS 개발담당
- 주관심분야 : 디지털 영상 신호처리, 영상데이터 압축



정 제 창

- 1957년 9월 10일생
- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과(학사)
- 1982년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과  
(석사)
- 1990년 7월 : 미국 미시간(앤아버)대학 전기공학과  
(박사)
- 1982년 2월 ~ 1986년 8월 : 한국방송공사 기술연구소  
연구원, 뉴미디어 연구개발
- 1990년 7월 ~ 1991년 1월 : 미국 미시간(앤아버)대학  
Research Associate
- 1991년 2월 ~ 현재 : 삼성전자(주) 신호처리연구소  
수석연구원 디지털 HDTV 및 디  
지탈 위성방송 연구개발 담당
- 주관심분야 : 영상/음성 데이터 압축, Wavelet 변환,  
디지털 방송 및 통신 디지털 신호처리,  
영상신호처리