

DVD를 위한 영상부호화 기술

삼성종합기술원 이광기*

● 목 차 ●

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. 서 론 | 4. 가변비트율 영상 부호화 |
| 2. DVD의 요구 조건 및 규격 | 4.1 가변비트율 영상 부호화의 필요성 |
| 2.1 DVD의 요구 조건 | 4.2 최적비트할당 |
| 2.2 DVD 규격 | 4.3 가변비트율 영상 부호화의 예 |
| 3. DVD 비디오의 논리적 구조 | 5. 결 론 |

1. 서 론

DVD(Digital Versatile Disk)는 엄청난 양의 데이터 용량을 필요로 하는 화상 및 오디오 등의 멀티미디어 데이터를 저장 및 재생하기 위한 새로운 디지털 저장 매체로, 디지털 영상의 고품질화 및 고기능화 요구에 따라 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 최근까지 멀티미디어 대중화에 가장 큰 기여를 한 콤팩트디스크(CD : Compact Disk)는 최초제품에 비해 8배 이상의 재생속도를 내는 정도로 발전을 계속하고 있지만 저장용량의 한계라는 근본적인 문제를 가지고 있다. 즉 CD는 재생속도의 계속적인 증대에도 불구하고 저장용량의 한계로 인하여 더 높은 품질을 요구하는 사용자의 요구를 충족시킬 수 없었고, DVD는 이러한 문제점들을 동시에 해결하기 위한 대안으로 등장하게 된 것이다.

DVD의 필요성은 애초에 MPEG2 영상부호화를 사용하여 단면에 135분 이상의 디지털 영상을 기존 LD(Laser Disk)보다 높은 화질로 저장하기 위한 요구조건으로부터 제기되었다.

또한 5.1 채널 디지털 서라운드를 지원하는

높은 음질, Multi-Language/Angle/Story 등의 다양한 기능 지원을 위해서는 높은 재생속도뿐만 아니라 저장용량의 획기적인 증대가 필요하게 되었다. DVD 규격을 둘러싼 논쟁은 각 업체 간의 규격대결이라는 양상을 띠고 진행되었으며, 결과적으로 볼때 더 높은 저장용량을 주장한 방식을 기초로 규격통합을 이루게 되었다.

DVD는 단순히 기존의 LD, VCR과 같은 가전제품의 대체로서뿐만 아니라 컴퓨터의 주변 기기로서의 자리매김을 목표로하고 있으며, DVD의 약자가 Digital Video Disc에서 Digital Versatile Disc로 변경된 것도 이러한 맥락으로 이해할 수 있을 것이다. 결국 DVD의 개발 및 보급으로 인해 컴퓨터와 TV 사이의 구별은 시간이 지날수록 더욱 모호해질 것이며, 기록/재생이 동시에 가능한 DVD-RAM의 도입은 이러한 변화를 더욱 가속화시키게 될 전망이다.

본 고에서는 논리적 규격을 중심으로 DVD를 설명하고자 하며, 특히 다양한 재생 기능을 제공케 하는 네비게이션, 영상부호화의 품질을 높이기 위한 가변비트율 영상부호화에 대하여 설명한다.

*비회원

2. DVD의 요구 조건 및 규격

2.1 DVD의 요구 조건

앞에서 언급한 바와 같이 DVD는 가전중심의 영상저장매체로서뿐만 아니라 컴퓨터 주변기기의 성격을 동시에 지니고 있다. 먼저 영상저장매체로서의 주요 요구조건은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 단면 당 135분 이상의 고품질 비디오
- 최소 3 언어 및 4 서브타이틀
- Dolby AC-3 (5.1 channel) 등의 고품질 오디오
- 16 : 9 횡장, 레터박스 등의 멀티 어스펙트 레이지오 지원
- Multi-Language/Angle/Story 등의 다양한 기능 지원
- Parental lock-out 기능
- 기존 CD와의 호환성

위의 요구조건은 135분의 영화를 3.5Mbps 정도의 평균 비디오 레이트로 부호화 할 경우 4.7Gbyte의 총 저장용량을 필요로 하게 된다. 한편 DVD는 공통된 규격으로 디지털 정보를 기록/재생할 수 있으므로 전통적인 엔터테인먼트, 정보처리, 오락, 교육용 응용 등의 구별을 무의미하게 만들고 있다. 소프트웨어, 데이터베이스 등을 위한 막대한 공간이 확보되었으 며, 인터랙티브 게임 등에 고품질의 자연영상이 사용될 수 있을 것이다. 이는 컴퓨터의 처리 능력이 증가하면서 그에 따른 재생속도 및 저장용량 또한 동시에 증대되어야 한다는 요구조건을 반영하는 것이다. 다음은 컴퓨터 주변 기기로서의 요구조건이다.

- TV중심의 응용과 PC중심의 응용 양자를 위한 단일 호환규격
- 기존 CD와의 역방향 호환성
- 향후 소개될 디스크와의 순방향 호환성
- 모든 디스크 형태를 포괄하는 단일 파일 시스템
- 저가격 및 고용량
- 콘테이너 비사용

- 신뢰성 있는 데이터 저장 및 복원
- 순차적 및 비순차적 데이터에 대한 높은 성능

이러한 요구조건들을 만족하는 새로운 디지털 영상저장매체의 이름을 DVD로, 컴퓨터에 응용할 데이터 저장 매체로는 DVD-ROM으로 규격이 정해진 상태이며, 향후 영화용 DVD 플레이어와 DVD-ROM 드라이브들이 상품화될 예정이다. 특히 모든 DVD를 어떠한 DVD 플레이어로도 재생할 수 있는 호환성뿐만 아니라 기존의 모든 CD가 DVD플레이어와 DVD-ROM 드라이브로 재생될 수 있는 역방향 호환성은 DVD의 성공 가능성을 더욱 높여주는 중요한 점이다.

2.2 DVD 규격

표 1은 CD와 DVD 간의 차이점을 나타내고 있다. DVD는 저장용량의 증가를 위하여 더욱 작은 pits, 조밀한 track, 짧은 파장의 적색 레이저를 사용하고 있음을 알 수 있다. 또한 디스크를 이중 양면으로 구성할 수 있을뿐만 아

표 1 CD와 DVD의 차이점

	CD	DVD
Disc Diameter	120 mm	120 mm
Disc Thickness	1.2 mm	1.2 mm
Disc Structure	single substrate	Two bonded 0.6 mm substrates
Laser Wavelength	780 nm (infra red)	650 and 635 nm (red)
Numerical Aperture	0.45	0.60
Track Pitch	1.6 um	0.74 um
Shortest pit/land length	0.83 um	0.4 um
Reference Speed	1.2 m/sec. C,V	4.0 m/sec. CLV
Data Layers	1	1 or 2
Data Capacity	Aprox. 680 megabytes	Single Layer : 4.7 Gbytes Dual layer : 8.5 Gbytes
Reference user data rate	Mode 1 : 153.6 Kbytes/sec Mode 2 : 176.4 Kbytes/sec	1,108 Kbytes/sec,

나라, 두 장의 디스크를 접착시킴으로써 최대 4개의 면에 데이터를 저장 및 복원함으로써 획기적인 저장용량의 증대를 이룰 수 있다.

표 2는 Video-CD와 DVD-Video에 사용되는 오디오/비디오 압축 방식을 비교하고 있다. DVD는 MPEG-2 비디오 압축 방식을 사용함으로써, 기존 아날로그 방식보다 선명한 컬러 및 선명도를 제공한다. 이는 기존의 아날로그 매체들이 콤포지트(composite)신호로 영상신호를 전송/저장하는 반면, MPEG과 같은 디지털 압축방식은 콤포넌트(component) 영상신호를 처리하기 때문이다. 그 결과 기존 매체들의 단점인 도트크롤(dot crawl), 색간섭(cross color) 등이 제거되었다. 또한 아무리 많이 반복 재생하여도 화상품질의 변화가 없다는 것은 디지털 기록/재생 방식에 의한 장점이다. 한편, MPEG-1에 비하여 비월주사(Interlaced scan) 방식에 적합한 더욱 효율적인 압축방법들을 사용하였으며, 특히 가변비트를 부호화를 사용함으로써 전반적인 화질 향상을 이루게 되었다. 또한 DVD에서는 기존의 Tape 매체와 달리 원하는 위치에 임의 접근(random access) 할 수 있으므로 다양한 특수 재생 기능을 손쉽게 구현할 수 있다.

표 2 Video-CD와 DVD-Video의 차이점

	Video CD	DVD-Video
Video data rate	1.44 Mbps (Video, Audio)	1 to 10 Mbps variable (Video, Audio, Subtitles)
Video Compression	MPEG1	MPEG2 <ul style="list-style-type: none"> ■ Cinema/PAL/NTSC ■ 16 : 9, Pan/Scan, Letterbox
Sound Tracks	2 channel MPEG	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2 channel Linear PCM ■ up to 8 streams of data For NTSC <ul style="list-style-type: none"> ■ 2/5.1 channel AC-3 For PAL <ul style="list-style-type: none"> ■ MPEG 1/2
Subtitles	Open caption only	Subpicture up to 32 languages

3. DVD 비디오의 논리적 구조

그림 1은 DVD 재생을 위한 시스템 모델을 보여준다. DVD 비디오 영역은 네비게이션(navigation) 데이터와 프레젠테이션(presentation) 데이터로 구성되어 있다. 네비게이션 데이터는 타이틀 기본단위의 재생(playback)에 따라 규칙적으로 갱신되는 동적 네비게이션 데이터와 일정기간동안 유지되는 정적 네비게이션 데이터로 구성되어 있으며, 프레젠테이션 데이터는 비디오, 오디오 등의 재생을 위한 데이터이다.

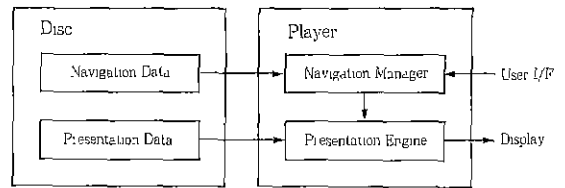


그림 1 시스템 모델

프레젠테이션 엔진은 네비게이션 데이터와 사용자에게 의해 지정된 조건에 따라 프레젠테이션 데이터를 재생한다. 네비게이션 데이터의 대표적인 예로는 특정 타이틀의 위치 및 구성에 관한 정보를 들 수 있으며, 사용자는 이들 정보를 사용하여 타이틀의 선택 및 오디오 및 서브픽처 언어 선택 등의 기능을 구사할 수 있다. 한편 타이틀은 하나 이상의 PGC(Program Chain)들로 구성되어 있다. 그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 PGC에는 디스크 내의 기록 위치를 나타내는 주소값들이 포함되어 있어서, 연속적 혹은 비연속적으로 배치된 프레

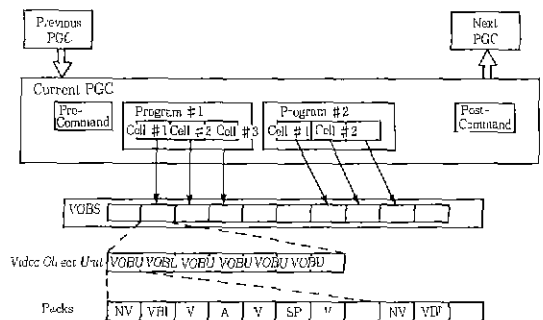


그림 2 PGC 구조

젠티이션 데이터로의 임의접근이 가능하다. 또한 네비게이션 정보 및 사용자에게 의해 지정된 조건에 따라 다음에 재생할 PGC를 선택할 수 있다. 이러한 프레젠테이션 데이터로의 임의접근과 PGC 간의 임의이동은 Multi-Angle, Multi-Story, Parental lock-out 등의 다양한 기능을 구현하기 위한 기본 방법이다.

4. 가변비트율 영상 부호화

본 장에서는 DVD를 위한 가변비트율(VBR : Variable Bit Rate) 영상 부호화에 대하여 설명하고자 한다. DVD는 10Mbps 이상의 재생(전송) 속도를 가지고 있으므로, 필요에 따라 최대의 대역폭을 할당함으로써 효율적인 영상부호화를 할 수 있게 한다. 일반적으로 가변비트율 MPEG 비디오 부호화는 총비트수를 왜곡-비트율 관점에서 최적으로 분배하여 부호화시 발생하는 왜곡을 최소화하므로, 고정비트율(CBR : Constant Bit Rate) 부호화에서 보다 더 높은 객관적, 주관적 화질을 얻을 수 있다. 또한 영상시퀀스의 필요 부분에만 많은 비트수를 할당할 수 있으므로, 기존의 고정비트율 부호화에 비하여 화질을 일정하게 유지할 수 있다. 특히 최악의 주관적 화질을 나타내는 복잡한 영상부분에 있어서는 기존의 고정비트율 부호화 알고리즘에 비하여 월등한 화질향상을 기대할 수 있다.

4.1 가변비트율 영상 부호화의 필요성

MPEG 부호화에 있어서 양자화스케일을 일정하게 유지할 경우 균일한 화질을 얻을 수 있으며, 그 결과 발생비트수는 가변적이다. 그러나 DVD와 같은 DSM(Digital Storage Media) 응용과 같은 경우에는 총저장용량 및 최대전송 속도에 제한이 있으므로, 이러한 제한을 고려한 VBR 부호화가 필요하다.

동영상 부호화를 위한 정보량은 영상신호의 시공간적 특성(영상의 복잡도, 움직임, 화면전환 등)에 따라 변화한다. 고정비트율부호화에서는 큰 복잡도를 갖는 부분에서 발생하는 초과정보를 버퍼에 일시적으로 저장함으로써 가변적인 정보발생량을 완화할 수 있다. 그러나

시간지연, 가격 등을 고려할 때 버퍼의 크기에는 제한이 있을 수 밖에 없으며, 버퍼의 넘침을 막기 위하여 비트발생률을 감소시켜 주어야 한다. 이러한 조절을 통하여 고정비트율을 유지할 수 있지만 복잡도가 큰 부분에서는 화질의 저하를 가져오게 되고, 역으로 복잡도가 작은 부분에서는 할당된 비트수를 불필요하게 낭비하는 단점이 있다. 또한 부호화된 화질은 큰 변화를 겪게 된다. 즉, 고정비트율로 영상을 부호화할 경우 영상의 복잡도에 따라 왜곡이 불균일하게 된다. 인간의 시각특성은 왜곡 자체 뿐만 아니라 왜곡의 불균일에 민감하게 반응한다. 한편 가변비트율 부호화는 영상의 복잡도를 반영하는 비트수를 필요에 의해 할당받을 수 있으므로, 화질을 일정하게 유지할 수 있다.

4.2 최적비트할당

MPEG[1] 형태의 비디오 부호화에서 화질과 발생비트량을 조절하는 가장 일반적인 방법은 양자화스케일(quantizer scale)을 조절하는 것이다. 양자화스케일이 클수록 적은 양의 비트가 발생되며, 역의 경우에는 많은 양의 정보를 발생시키게 된다. 고정비트율 부호화에서는 양자화스케일을 동적으로 조절하기 위한 비트율제어 방법을 필요로 하며, 이는 버퍼에서 부호화에 대한 피드백제어를 통하여 이루어진다. 이러한 제어는 필연적으로 심각한 화질의 변화를 가져온다. 한편 가변비트율 부호화에서는 필요할 때만 많은 비트수를 할당받게 되므로 균일한 화질을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 고정비트율 부호화에서보다 낮은 평균비트율로도 더 높은 화질을 얻을 수 있다.

최적비트할당(optimal bit allocation)의 목적은 주어진 총비트수를 전체왜곡(overall distortion)이 최소가 되도록 혹은 영상품질을 최대로 얻도록 적절히 분배하는 것이다. 일반적으로, 최적비트할당은 다음과 같은 조건을 만족한다[3].

$$\min\left(\sum_{i=1}^N D(i)\right), \quad \text{subject to : } \sum_{i=1}^N R(i) \leq R_{total} \quad (1)$$

N은 부호화할 블록의 총 개수, R_{total} 은 주어진 총비트수이며 $D(i)$ 와 $R(i)$ 는 각각 i 번째

블럭의 부호화시 발생한 왜곡 및 비트수이다. MPEG의 경우 블럭은 macroblock, picture 혹은 GOP(Group Of Picture)로 정의할 수 있다. 사용할 수 있는 양자화스케일 집합이 주어진 경우 최적비트할당 문제는 각 블럭의 부호화에 사용할 양자화스케일의 최적선택과 동일한 의미를 가지며, $D(i, j)$ 와 $R(i, j)$ 를 각각 i 번째 블럭을 주어진 양자화스케일 집합의 j 번째 원소로 부호화했을 때 발생한 왜곡 및 비트수라 할때, 다음과 같이 표현된다.

$$\min(\sum_{i=1}^N D(i, j)), \text{ subject to : } \sum_{i=1}^N R(i, j) \leq R_{total}, \quad (2)$$

일반적으로 DVD를 위한 가변비트율 부호화는 2 단계 이상의 처리 과정을 거치게 된다. 이는 DVD를 위한 영상 부호화에서는 통신 위주의 응용과는 달리 영상의 획득과 동시에 부호화 및 전송을 필요로 하지 않기 때문이다. 우선 첫단계에서는 식 (1), (2)와 같은 조건을 만족하는 비트할당 혹은 양자화스케일의 예측이 이루어지며 두번째 단계에서는 이들 정보를 기초로 실제의 부호화를 수행한다.

4.3 가변비트율 영상 부호화의 예

본 절에서는 가변비트율 MPEG 비디오 부호화의 장점을 90초 분량의 영화(Terminator II)시퀀스를 예로 들어 설명한다. GOP는 15 프레임으로 하였으며, 평균전송 레이트는 3Mbps, 최대전송 레이트는 6Mbps로 가정하였다. 그림 3은 각 GOP를 양자화스케일 집합의 각 원소를 사용하여 부호화한 결과이다. 각 실선은 해당 GOP의 왜곡-비트율 커브(Distortion-Rate curve)이며, 모든 블럭 i (GOP)에 대하여, j 의 증가(양자화스케일값의 감소)에 따라 왜곡 $D(i, j)$ 는 단조감소, 비트율 $R(i, j)$ 는 단조증가한다는 특징을 확인할 수 있다.

그림 4, 그림 5는 각각 가변비트율 부호화 알고리즘 및 기존의 고정비트율 부호화 알고리즘[2]에 의한 GOP 당 발생비트수 및 GOP 당 평균자승오차(Mean Square Error)이다. 기존 고정비트율 부호화 알고리즘의 경우 각 GOP에서 소비하는 비트수가 일정하게 유지되고,

그 결과 왜곡의 변화가 상당히 크게 나타난다. 반면에, 가변비트율 부호화는 왜곡-비트율 관점에서 해당 GOP에 대한 비트할당을 최적화하여, 영상시퀀스의 특징에 따라 비트발생량을 변동시킴으로써 부호화 왜곡이 상대적으로 균일하게 유지됨을 알 수 있다. 그림 6은 GOP 당 양자화스케일 평균값의 변화를 나타낸다. 이는 그림 4, 5의 결과와 일치하는 것으로 기존 고정비트율 부호화의 경우 양자화스케일값의 변동이 심한 반면, 가변비트율 부호화는 상

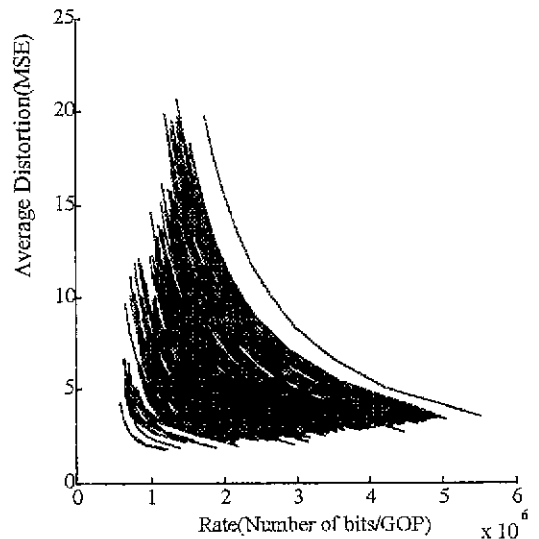


그림 3 각 GOP의 왜곡-비트율 커브

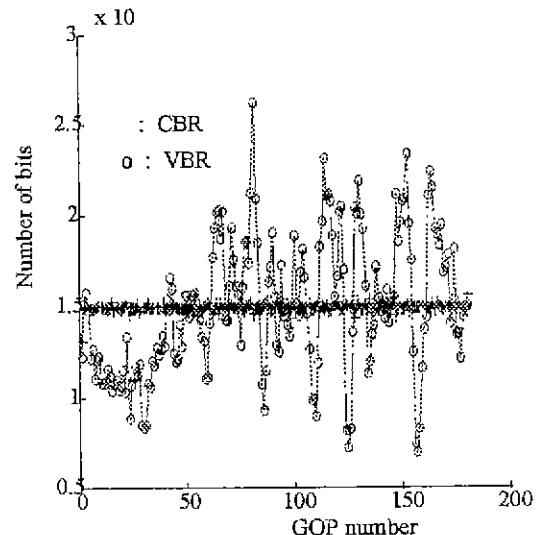


그림 4 발생비트수/GOP

대적으로 균일한 양자화스케일값을 유지하는 것을 알 수 있다.

주관적화질(subjective quality) 평가에 있어서도, 가변비트율 부호화 알고리즘을 사용한 부호화 방법이 기존의 고정비트율 부호화 알고리즘에 의한 결과보다 우수한 화질을 나타낸다. 특히 움직임이 심한 부분에서는 가변비트율 부호화 알고리즘이 월등한 주관적 화질의 향상을 보인다. 즉 최악의 주관적화질(worst-case-subjective-quality)이 나타나는복잡한 영상부분에 있어서는 기존의 고정비트율 부호화

알고리즘에 비하여 월등한 화질의 향상을 기대할 수 있다.

5. 결 론

CD는, 디지털 오디오 재생을 위한 규격으로 소개된 후, 컴퓨터 및 디지털 영상 등을 위한 가장 중요한 기록매체로 자리잡게 되었다. 모든 가정에 CD 플레이어가 설치되어 있으며, CD-ROM 드라이버는 출시되는 모든 컴퓨터의 기본 사양으로 되고 있다. 또한 CD는 다양한 분야에서의 기술발전을 촉진시켰으며, 특히 멀티미디어의 대중화에 결정적인 기여를 하였다. 예를 들어 MPEG-1은 CD의 재생속도를 염두에 두고 제정된 표준인 것이다. 그러나 CD가 처음 소개된지 14년이 지난 지금 이러한 모든 찬사는 DVD의 몫이 되어가고 있다.

DVD는 재생속도 및 저장용량 등의 장점 뿐만 아니라, 모든 관련 업계가 하나의 공통된 규격을 따를 것이라는 면에서 상품화 전망을 밝게하고 있다. 상품화가 되기 전에 이미 치열한 규격 대결을 거쳤으며, DVD 플레이어 및 드라이버를 생산하는 H/W 업체뿐만 아니라 영상물을 제작 보급하는 영화 업체까지를 망라하는 유례가 없을 정도로 많은 업체들의 지지하에 제품개발이 이루어지고 있다. 한편 컴퓨터 기록/재생 매체로서의 DVD-ROM 및 DVD-RAM은 저장용량의 증대라는 새로운 환경을 제공하게 될 것이며, 이에 따른 다양한 응용이 나타나게 될 것이다. 무엇보다도 방대한 양의 멀티미디어 정보를 통합된 방법으로 기록/재생할 수 있게 됨으로써, 컴퓨터와 가전 제품 간의 구분은 점차 사라지게 될 것이며, 이러한 중요성으로 인해 현재 국내외 유수의 기업들은 DVD 시장의 선점을 위하여 각별한 노력을 기울이고 있는 것이다.

참고문헌

[1] ISO/IEC 13818-2 DIS, Nov. 1994.
 [2] ISO/IEC MPEG-2 Test Model 5, Apr. 1994.
 [3] A.Ortega, K.Ramchandran and M.Vetterli, "Optimal Trellis-Based Buffered Compres-

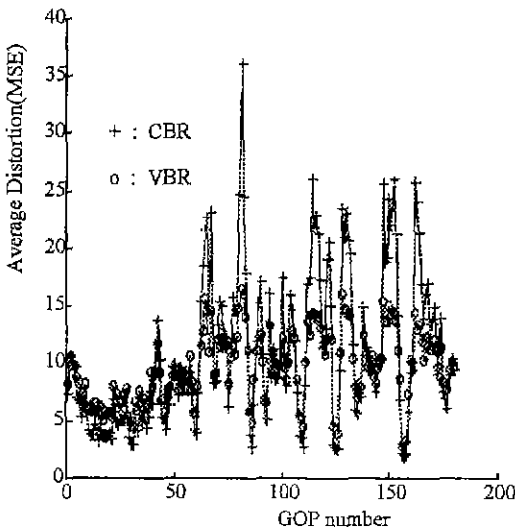


그림 5 평균자승오차/GOP

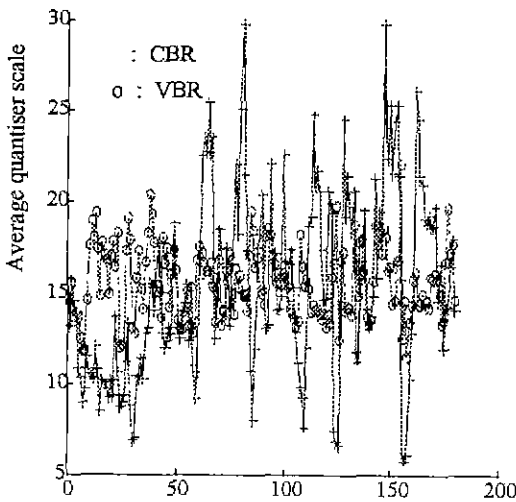


그림 6 평균 양자화스케일/GOP

sion and Fast Approximations," IEEE
Trans. Image Processing, Vol. 3, No. 1, pp.
26-40, Jan. 1994.

이 광 기

1986.2 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1988.8 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)
1993.8 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)
1993.9~94.2 한국과학기술 연구원(KIST) 객원연구원
1994.3~ 현재 삼성종합기술원

● APSEC '96 논문모집 ●

- 논문마감 : 1996년 5월 31일
- 일 시 : 1996년 12월 4~7일
- 장 소 : 교육문화회관
- 주 최 : 소프트웨어공학연구회
- 문 의 처 : 포항공과대학교 강교철 교수
T. 0562-279-2258
F. 0562-279-2299
E-mail: kck@wision.postech.ac.kr

● '정보문화의 달' 기념 강연회 및 전시회 ●

- 일 자 : 1996년 6월 14일
- 장 소 : 경북대학교
- 내 용 : 강연회, 패널토의, 시연회 등
- 주 최 : 영남지부
- 문 의 처 : 경북대학교 컴퓨터공학과 유기영 교수
T. 053-950-5553