

# MPEG 비트스트림 상의 효율적인 트랜스코딩을 위한 재양자화 기법

김 종 호, 정 제 창  
한양대학교 전자통신전파공학과  
angel@ece.hanyang.ac.kr

## Adaptive Requantization Technique for Efficient Transcoding in MPEG Bitstreams

Jongho Kim, Jechang Jeong  
Dept. Electrical and Computer Eng., Hanyang University

### 요 약

다양한 형태의 유무선 네트워크 환경에서의 비디오 서비스를 위해 콘텐츠의 비트율을 각 환경에 맞게 조절하는 트랜스코딩 기술이 필수적인 요소로 대두되고 있다. 본 논문에서는 MPEG 비트스트림의 효율적인 트랜스코딩을 위한 적응적 재양자화 기법을 제안한다. 압축된 비트스트림 상에서 비트율 변화를 위해서는 양자화 파라미터를 변화시켜야 하는데 이 과정에서 재양자화 에러가 발생하여 화질 및 비트율 조절에 큰 문제가 되고 있다. 본 논문에서는 다양한 테스트 영상에 대해서 비트율 변화에 대한 왜곡 정도를 테스트한 결과 특정 양자화 파라미터 비율 구간에 대해서 왜곡 현상이 심해지는 현상에 따라 이를 효율적으로 모델링하는 기법을 제안한다. 또한 제안한 모델에 근거하여 영상에 적응적인 재양자화 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 적은 비트율을 가지면서 화질을 유지하고 간단한 조건 및 연산에 기반하여 실시간 구현이 가능하다.

### I. 서론

MPEG 및 ITU의 여러 비디오 부호화 표준이 제정되면서 각 응용분야에 따라 적절한 부호화 방법을 채택하여 다양한 형태의 망을 통한 멀티미디어 서비스가 활발하게 진행되고 있다. 각 단말에서 채용하고 있는 부호화 방식과 주 대상이 되는 망의 전송능력에 따라 압축된 비트스트림을 적절하게 변환해야 하는 필요가 증대되고 있는데 이를 수행하는 기술이 트랜스코딩(transcoding)이다. 즉, 트랜스코딩은 부호화된 임의의 신호를 원하는 다른 형태의 신호로 변환하는 재부호화 과정을 일컫는데, 크게 비트율 변환, 해상도 변환, 신덱스 변환 등으로 분류할 수 있고, 두 가지 이상의 변환을 복합적으로 적용하거나 여러 내성 기능 등의 기능을 추가한 트랜스코딩 기법이 있다[1].

대부분의 비디오 부호화기는 망의 전송능력에 적합한 정도의 비트율로 부호화한다. 그러나, 특히 패킷망과 같이 망의 전송 상태가 수시로 나빠지거나 유선망에서 무선망으로 데이터를 전송해야 할 경우 전송될 비트율은 필요한 비트율에 비해 현저하게 감소하게 된다. 따라서 부호화기와 복호화기 사이에서 영상의 품질을 유지하면서 적절한 비트율로 변환해주는 기능이 반드시 필요하게 되는데 본 논문에서는 이와 같은 비트율 변환을 위한 트랜스코더와 관련한 재양자화 기법을 제안한다.

일반적으로 트랜스코딩은 실시간 처리를 위해 압축영역에서 처리를 하는데, 비트율 변환 트랜스코딩에서는 그

림 1에 나타난 바와 같이 이미 양자화된 비트스트림을 다시 양자화하는 재양자화(requantization) 기법이 사용된다.

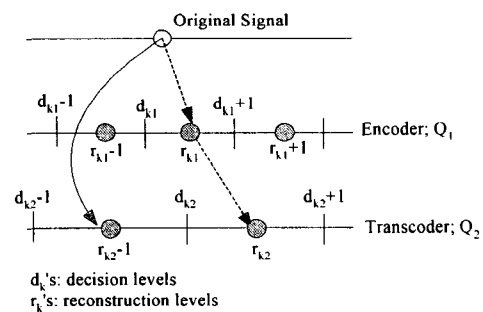


그림 1. 트랜스코딩을 위한 재양자화 과정

그림 1에서 원신호를 원하는 비트율로 전송하기 위해서는  $Q_2$ 로 양자화를 수행하여  $r_{k2}$ 를 전송해야 하지만  $Q_1$ 으로 양자화된 신호를 재양자화 함으로써 실제 전송되는 신호는  $r_{k2-1}$ 이 된다. 이는 신호에 양자화 에러뿐만 아니라 재양자화 에러까지 포함됨으로써 복호된 영상에 심각한 왜곡을 초래하게 된다. 이와 같이 효율적인 트랜스코딩을 위해서는 재양자화 에러를 최소화하면서 원하는 비트율로 변환하는 기술이 핵심이다. 가장 대표적인 기법이  $Q_2/Q_1$ 의 비율을 강제로 조정하여 화질의 열화를 최소화하는 선택적 재양자화 기법이다. 그러나 이 기법은 양자화 파라미터와 영상의 왜곡모델 (QD model: Quantization

Distortion model)에 대한 정확한 고찰 없이 이루어져 비디오 신호에 따라 성능이 달라지는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 여러 테스트 시퀀스를 토대로 새로운 QD 모델을 제안하고, 이 모델을 기반으로 적응적 재양자화를 수행하는 방법론을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 재양자화 과정을 통한 비트스트림의 변환 특성을 기술하고 새로운 QD 모델을 제안한다. III장에서 제안된 QD 모델을 기반으로 한 적응적 양자화 기법에 대해 기술하고, IV장과 V장에서 실험결과 및 결론을 각각 서술한다.

## II. 재양자화 과정에 따른 비트스트림의 변환 특성 및 새로운 QD 모델

양자화 스텝 사이즈는 양자화 계수와 양자화 스케일링 파라미터로 이루어진다. 본 논문에서 트랜스코딩은 DCT 계수를 재양자화하여 수행하게 되며, 재양자화 과정은 다음과 같이 표현한다.

$$x_Q(u, v) = \text{Round} \left( \frac{x_Q(u, v) \cdot q_{scale_1} \cdot w_1(u, v)}{q_{scale_2} \cdot w_2(u, v)} \right) \quad (1)$$

여기에서,  $x_{Q_1}(u, v)$ ,  $q_{scale_1}$ ,  $w_1(u, v)$ 는 각각 부호화기의 양자화 DCT 계수, 양자화 스케일링 파라미터, 양자화 계수를 의미하고,  $x_{Q_2}(u, v)$ ,  $q_{scale_2}$ ,  $w_2(u, v)$ 는 각각 트랜스코더의 재양자화된 DCT 계수, 재양자화 스케일링 파라미터, 재양자화 계수를 의미한다. 이와 같은 재양자화 과정을 수행하는 트랜스코더는 그림 2와 같은 구조를 갖는다.

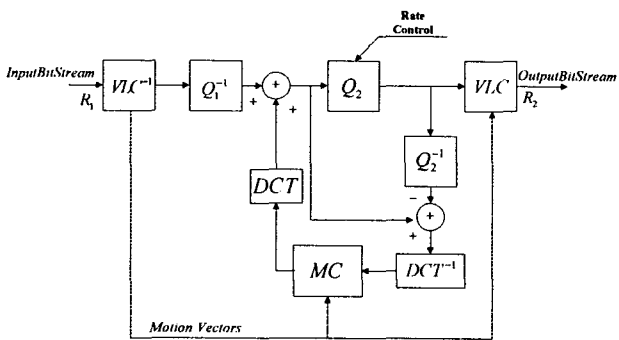


그림 2. 재양자화를 포함하는 비디오 트랜스코더의 구조

그림 2와 같이 트랜스코더에서는 가변장 복호화와 역양자화 과정을 거친 후, 압축영역에서 재양자화를 수행한다. 즉, 부호화기와 트랜스코더에서 각각 한번씩 양자화 과정을 거쳐 모두 두 번의 양자화 과정을 수행하게 된다. 비트율 제어를 위한 이러한 연속적 양자화 과정은 직접 양자화 과정을 거치는 것에 비해 영상의 왜곡과 에러를 매우 증가시킨다. H. Sorial, et al.은  $Q_2$ 가  $Q_1$ 의 두배가 되는 지점에서 가장 심한 영상의 왜곡이 발생한다는 점을 실험적으로 밝히고 이를 개선하기 위하여  $Q_2/Q_1$ 의 비율이 홀

수가 되도록 재양자화 파라미터를 선택하여 재양자화 에러를 줄이는 기법을 제안하였다[2]. 하지만 이는 정확한 QD 모델에 근거하지 않은 결과로서, 트랜스코더의 성능 개선에 한계가 있다. 따라서 보다 정확한 QD 모델을 제안하기 위하여 다음에 기술하는 테스트 방법에 의해 비트율 감소특성을 검사와 이에 적합한 모델을 제안한다.

### 1. 재양자화에 의한 비트율 감소 특성

새로운 QD 모델을 제안하기 위해 사용된 테스트 영상은 Foreman과 Mobile & Calendar이며 인트라 프레임을 대상으로 하였다. QD 모델을 구하기 위해  $Q_1$ 이 각각 4, 8, 12 일 때,  $Q_2$ 의 스텝 사이즈를 각각 4-16, 8-20, 12-24의 범위에서 1씩 증가시키면서 비트율의 변화를 측정하는 방법으로 수행하였다. 각 영상에서 트랜스코딩(양자화 2회)된 비트율과, 트랜스코딩을 하지 않고 직접  $Q_2$ 의 양자화 파라미터를 이용하여 부호화한(양자화 1회) 비트율을 비교하여 결과를 그림 3과 그림 4에 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이  $Q_1$ 이 각각 4, 8, 12 일 때 위치는 서로 다르지만 공통적으로 급격히 비트율이 감소하는 구간을 발견할 수 있으며, 이를 본 논문에서는 비트율 하강구간(falling region)이라 정의한다.

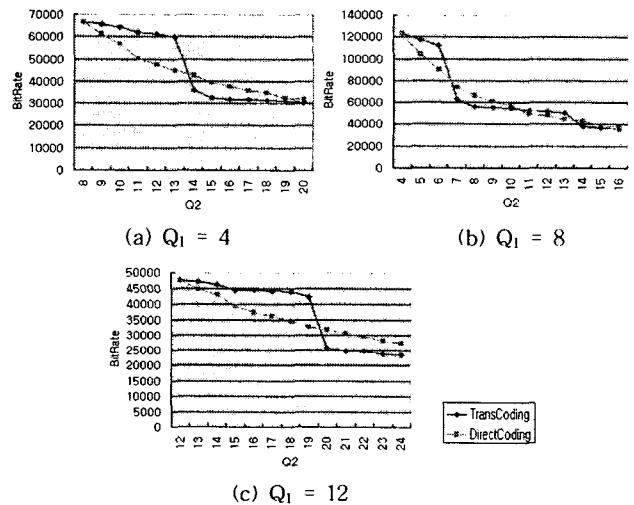
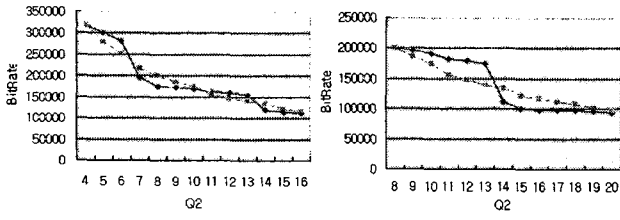
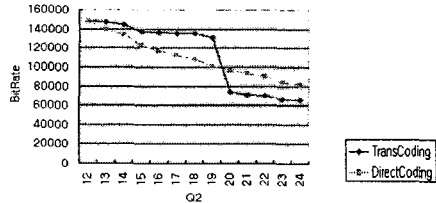


그림 3. Foreman sequence의 비트율 감소 특성



(a)  $Q_1 = 4$  (b)  $Q_1 = 8$



(c)  $Q_1 = 12$

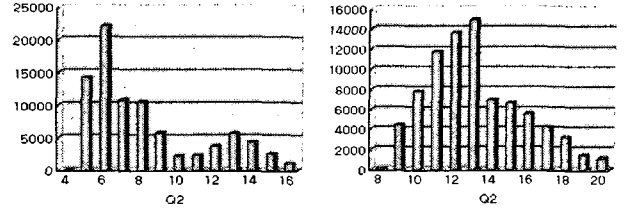
그림 4. Mobile & Calendar sequence의 비트율 감소 특성

이 때 식 (2)에 의해 직접 부호화한 비트율과 트랜스코딩을 수행한 비트율 사이의 MAE(Mean Absolute Error)를 구할 수 있으며 이는 곧 재양자화 에러를 나타낸다.

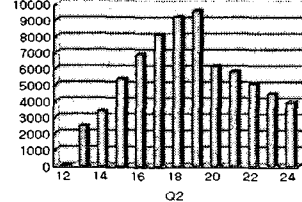
$$MAE = \frac{1}{N} \sum |B_D - B_T|$$

(2)

위 식에서  $N$ 은 프레임의 개수를 나타내고,  $B_D$ 와  $B_T$ 는 각각 직접 부호화 과정을 거친 후의 비트율과 트랜스코딩을 수행한 후의 비트율을 나타낸다. 그림 3과 그림 4의 결과를 근거로 재양자화 에러가 가장 크게 발생하는 지점은  $Q_2$ 가 비트율 하강구간 바로 이전에 위치할 때, 즉 그림 3과 그림 4에서 (a)  $Q_2 = 6$ , (b)  $Q_2 = 13$ , (c)  $Q_2 = 19$ 이다. 이 결과는 실험에 사용된 3가지 영상(Foreman, Mobile & Calendar, Table Tennis) 모두에서 공통적으로 나타난다. 그림 5에 식 (2)에 의한 MAE를 나타내었고 그림 3과 그림 4에서 예상한 재양자화 에러가 가장 크게 발생하는 지점((a)  $Q_2 = 6$ , (b)  $Q_2 = 13$ , (c)  $Q_2 = 19$ )이 일치함을 알 수 있다.



(a)  $Q_1 = 4$  (b)  $Q_1 = 8$



(c)  $Q_1 = 12$

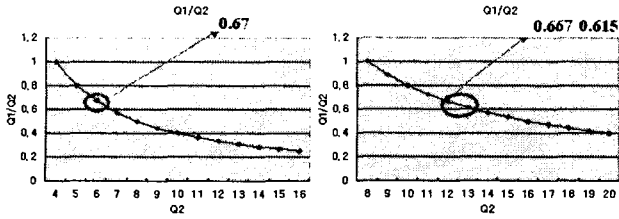
그림 5. 트랜스코딩과 직접 부호화 사이의 MAE

또한 그림 5를 통해 재양자화 에러의 증가구간과 감소 구간을 알 수 있다. 그림 5에서 비트율 하강구간(falling region)을 중심으로 왼쪽 부분은  $Q_2$ 가 증가할수록 재양자화 에러가 증가하고, 오른쪽 부분은  $Q_2$ 가 증가할수록 재양자화 에러가 감소함을 나타낸다.

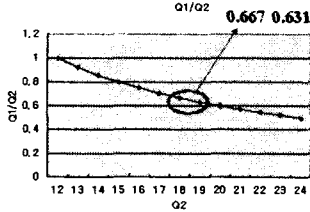
2. 비트율 감소 특성에 기반한 새로운 QD 모델

앞의 실험 결과는  $Q_2$ 에 따라 재양자화 에러가 변화함을 보이고 있다. 따라서 트랜스코딩에 따르는 재양자화 에러는  $Q_1/Q_2$ 의 비율에 의해 제어될 수 있고 이를 위하여  $Q_2$ 의 변화에 따른  $Q_1/Q_2$ 의 변화를 그림 6에 보였다. 그림 6에서 원으로 나타낸 부분은 재양자화 에러가 가장 크게 발생하는 구간의  $Q_1/Q_2$  값을 나타내고 다음과 같은 값을 갖는다.

$$Q_1/Q_2 = \begin{cases} (a) 0.67, & \text{if } Q_2 = 6 \\ (b) 0.667, 0.615, & \text{if } Q_2 = 12, 13 \\ (c) 0.667, 0.631, & \text{if } Q_2 = 18, 19 \end{cases} \quad (3)$$



(a)  $Q_1 = 4$  (b)  $Q_1 = 8$



(c)  $Q_1 = 12$

그림 6.  $Q_2$ 의 변화에 따른  $Q_1/Q_2$ 의 변화

그림 5와 그림 6에서 보는 바와 같이 식 (3)의 구간은 임의의  $Q_1$ 의 값에 따라 재양자화 에러가 가장 크게 발생하는 구간이다. 이 값에 따라 입력영상에 대한 QD 모델을 구해보면 그림 7과 같다.

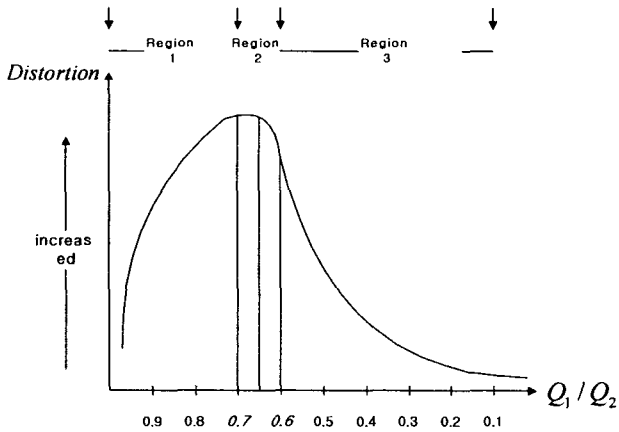


그림 7. 양자화 파라미터에 따른 왜곡율 특성 (QD 모델)

제안된 QD 모델은 크게 3구간으로 나누어 적용하며 각 구간은 다음과 같다.

$$\begin{cases} \text{Region 1: } Q_1/Q_2 > 0.7 \\ \text{Region 2: } 0.6 < Q_1/Q_2 < 0.7 \\ \text{Region 3: } Q_1/Q_2 < 0.6 \end{cases}$$

(4)

구간 1에서는  $Q_2$ 의 스텝 사이즈가 증가할수록 왜곡율, 즉 재양자화 에러는 증가하며, 구간 3에서는  $Q_2$ 의 스텝 사이즈가 증가할수록 왜곡율, 즉 재양자화 에러는 감소한다. 그리고 구간 2에서는 재양자화 에러가 가장 심하게 나타나는 구간이다.

### III. 제안된 QD 모델에 근거한 적응적 재양자화 기법

앞의 실험 결과를 토대로 MPEG 비트스트림의 효율적인 트랜스코딩을 위한 적응적 재양자화 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 가변 비트율(VBR) 및 고정 비트율(CBR) 트랜스코딩의 환경에 적용될 수 있으며, 이는 그림 7의 QD 모델을 이용하여  $Q_1/Q_2$ 의 비율을 조정함으로써 재양자화 에러를 줄이는 방법이다. 그림 8에 알고리즘에 대한 블록도를 나타내었다.

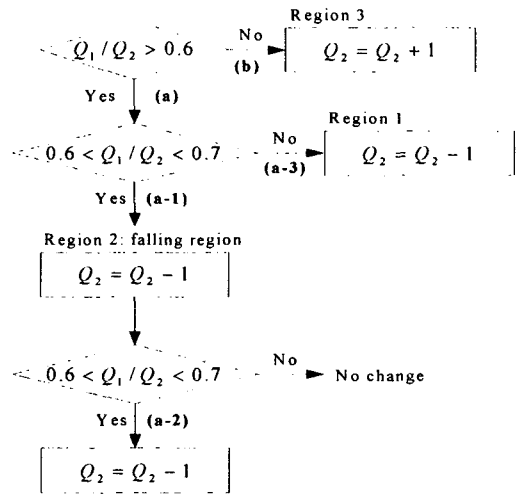


그림 8. QD 모델에 근거한 재양자화 파라미터 조정 알고리즘

그림 8에서 (a)와 (b)는 그림 7의 QD 모델에서의 구간 1, 3을 각각 나타낸다. 만일 구간 1인 경우, (a-1)에서  $Q_1/Q_2$ 의 비율이 구간 (0.6, 0.7], 즉 비트율 하강구간에 속하면 재양자화 파라미터의 스텝 사이즈를 1 감소시키고, 다시 한번  $Q_1/Q_2$ 가 비트율 하강구간에 속하는지 조사한다. (a-3)에서는 비트율 하강구간은 아니지만 QD 모델의 구간 1에 속하므로 재양자화 스텝 사이즈를 1 감소시켜 재양자화 에러를 줄인다. (b)는  $Q_1/Q_2$ 의 비율이 구간 3에 속하므로 재양자화 스텝 사이즈를 1 증가시켜 재양자화 에러를 줄인다. 이러한 기법은 QD 모델에 기반한  $Q_1/Q_2$ 의 비율을 이용하여 재양자화 에러를 최대한 감소시켜 MPEG 비트스트림의 트랜스코딩 후 최상의 화질을 보장하는데 그 목적을 둔다.

### IV. 실험결과

실험은 고정 비트율 환경에서 수행하였다. 가변 비트율의 경우, 실험결과는 H. Sorial, et al.[2]의 실험결과와 동일하다. 비트율 하강구간 바로 이전의  $Q_2$  ( $Q_{2,a}$ )로 재양자화를 수행할 때와 비트율 하강구간 바로 다음의  $Q_2$  ( $Q_{2,b}$ )로 재양자화를 수행할 때를 비교하면  $Q_{2,b}$ 에서 약 30% 정도의 비트를 감소시킬 수 있는 반면에 PSNR은 비슷하게 나타남으로써 훨씬 적은 비트율로서 객관적 화질의 열화도 방지할 수 있음을 알 수 있다.

고정 비트율 환경에서 인트라 프레임의 실험은 *Flower Garden*, *Football*, *Foreman*의 영상 각각 150 프레임을 테스트 영상으로 사용하였다. 테스트 영상은 초기에 MPEG-4 VM 소프트웨어에서 TM5 비트율 제어 방법을 이용하여 8Mbps로 부호화하고, 부호화한 영상을 제안된

기법으로 트랜스코딩하여 [2]의 결과와 비교하였다. 표 1-4는 고정 비트율 환경에서의 각 테스트 영상을 트랜스코딩한 후의 PSNR을 보여준다. PSNR\_S는 [2]에서 제안한 선택적 재양자화 기법의 결과이고 PSNR\_N은 일반적인 트랜스코딩 기법의 결과이고, PSNR\_A는 제안한 알고리즘을 이용하여 트랜스코딩을 수행한 결과이다. 또한  $\Delta$ 는 PSNR\_S와 PSNR\_A와의 차이를 나타낸다.

requantization for transcoding of MPEG compressed video," ICME 2000, vol. 1, pp. 217-220, Aug. 2000.

표 11. Flower Garden sequence에 대한 트랜스코딩 결과

bitrate	PSNR_N	PSNR_S	PSNR_A	$\Delta$ (dB)
7Mbps	27.3	29.1	29.7	0.6
6Mbps	26.7	28.0	28.3	0.3
5Mbps	26.6	27.3	27.5	0.2
4Mbps	26.2	26.6	26.7	0.1

표 2. Football sequence에 대한 트랜스코딩 결과

bitrate	PSNR_N	PSNR_S	PSNR_A	$\Delta$ (dB)
7Mbps	34.1	36.0	36.7	0.7
6Mbps	33.6	35.1	35.6	0.5
5Mbps	33.5	34.4	34.8	0.4
4Mbps	33.4	33.7	33.9	0.2

표 3. Foreman sequence에 대한 트랜스코딩 결과

bitrate	PSNR_S	PSNR_A	$\Delta$ (dB)
7Mbps	35.2	35.8	0.6
6Mbps	34.2	34.6	0.4
5Mbps	33.0	33.4	0.3
4Mbps	31.9	32.1	0.2

표 4. Mobile & Calendar sequence에 대한 트랜스코딩 결과

bitrate	PSNR_S	PSNR_A	$\Delta$ (dB)
7Mbps	28.8	29.5	0.7
6Mbps	27.6	28.0	0.4
5Mbps	26.3	26.6	0.3
4Mbps	25.0	25.1	0.1

## V. 결론

본 논문에서는 부호기에서 압축된 비트스트림의 비트율을 변화시키기 위해 트랜스코딩을 수행할 때 재양자화에러를 줄임으로써 영상의 왜곡을 감소시킬 수 있는 적응적 재양자화 기법을 제안하였다. 또한 이를 위하여 양자화와 왜곡의 특성을 이용하여 QD 모델을 제안하였으며 이는 실험결과와 QD 모델을 사용하지 않은 기존의 방법에 비하여 PSNR이 우수함을 보인다.

## 참고문헌

- [1] A. Vetro, C. Christopoulos, Huifang Sun, "Video transcoding architectures and techniques: an overview," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 20, pp. 18-29, Mar. 2003.
- [2] H. Sorial, W. E. Lynch, A. Vincent, "Selective