

복잡도를 기반한 적응적 GOP 구조 선택

최금수, 정희태, 문영득
부산외국어대학교 전자·컴퓨터공학과

Selection of Adaptive GOP Structure based Complexity

Kum Su Choi, Hee Tae Chung, Young Deuk Moon

Dept. of Electronics & Computer Engineering of Pusan University of Foreign Studies

Abstract - MPEG에서 GOP의 길이가 고정되어 있다 하더라도 부호화 효율 측면에서 최상의 화질을 제공하지는 않는다. GOP의 길이 N은 약 0.5초의 랜덤 접근을 위해 15나 12로 고정되고 있으며 P-picture의 구간 M은 GOP 구조를 정의하는 중요한 변수중의 하나이다. 이것은 원 영상의 특성과는 관계없는 부호화 수행으로 M=3은 영상 시퀀스에 널리 사용되고 있다. 그러나 P-picture의 구간 M=3은 모든 영상열에 좋은 화질을 제공하는 것은 아니다. 우리는 실시간 MPEG-2 비디오 코딩을 위한 적응적 GOP구조 선택 방법을 제안한다. 이 방법은 single-pass 부호화를 갖는 코딩 복잡도를 기반으로 하여 3개의 picture 구간에서 P-picture의 구간 M을 동적으로 적응시킨다.

2. MPEG의 GOP 구조

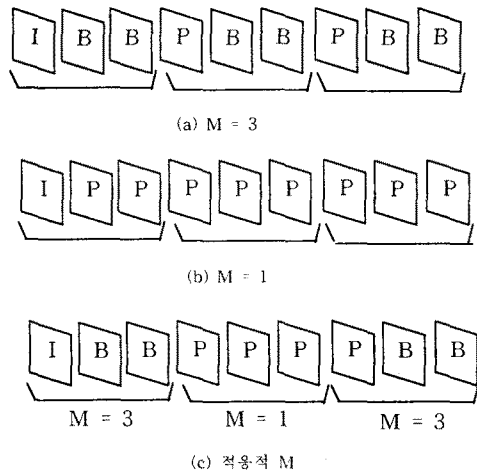


그림 1 MPEG에서의 GOP 구조

1. 서론

영상 전송과 저장을 위해 MPEG-1,2는 매우 중요한 기술로서 비디오CD, DVD, 그리고 위성방송과 지상파 고품질 TV 시스템 등에 많이 응용되고 있다. MPEG 표준은 단지 압축된 영상의 비트스트림만을 정의하기 때문에 많은 베이스라인 MPEG-2 TM5의 영상화질을 향상시키려는 알고리즘들이 제안되어 왔다. MPEG-2 비디오의 코딩에는 세 가지 다른 종류인 I, B, P 영상이 사용되고 있다. I-picture는 inter-frame 예측이 없는 intra-coded 영상이고 P-picture는 이전 영상으로 부터 inter-frame 예측된 영상이다. B-picture는 전·후 쌍방향으로 부터 inter-frame 예측된 영상이다. I와 P-picture는 inter-frame 예측을 하기 위해 다른 영상에 참조되므로 'core picture'라고도 한다.

전통적인 방법에서 I, P, B 등 세 가지 영상의 배열은 주기적인 형식으로 정의된다. core picture 사이의 거리가 3으로 고정되고 GOP 내의 영상의 수가 15로 고정되어 있다면 GOP 구조는 코딩순서에서 "IBBPBBPBBPBBPBB"로 된다. 그러나 이 구조는 시퀀스를 위해 고정될 필요는 없다. 이것은 영상화질을 향상시키기 위해서 입력영상에 따라 동적으로 변화되어야 한다. [Lagrange multiplier 방법]에서는 최소화 문제를 해결하여 선택 가능한 후보로 부터 GOP에서 P-picture의 최적수와 위치를 탐색할 수 있지만 계산량이 많다는 문제점이 있다. 또 다른 방법은 inter-frame 상관 계수를 가진 함수로 코딩 이득을 유도하지만 이것은 inter-frame 상관을 계산하기 위해 사전 분석이 요구되고 주어진 최대 코딩 이득의 최상의 GOP 구조를 탐색한다. 이런 방법은 전체 GOP의 정보를 얻은 후에 GOP 구조를 결정하기 때문에 지연이 필연적이라 low-delay 실시간 응용에는 적합하지 않다. 그러므로 본 논문에서는 사전 분석이나 Multiple-pass 부호화 없이 실시간에 적응적으로 GOP 구조를 변화시키는 알고리즘을 제안한다.

그림 1은 GOP 구조를 보여주고 있다. M은 core picture 사이의 거리이다. 그림1(a)와 (b)는 각각 M=3과 M=1인 것을 나타내고 있다. MPEG 부호화에서 B-picture의 사용은 높은 부호화 성능을 제공하지만 P-picture의 예측성능은 참조영상으로 부터의 거리가 커지면 감소되며 이에 따라 core picture사이의 B-picture에 대한 최적수가 결정된다. 제안한 방법은 MPEG 부호화에 일반적으로 사용되는 M값을 M=1에서 M=3 사이에서 변화시킨다. M은 GOP에서 고정된 영상의 수를 사용하는 그림 1(c)에서와 같이 3개의 picture 구간에서 동적으로 변화시킴으로 제어지연은 GOP 길이보다 훨씬 적다. 그림 2는 부호화를 위한 프레임 순서와 복호화 과정을 나타낸 것이다. 부호화에서 I 나 P-picture는 M=3이 사용되는 동안 영상이 입력될 때 즉시 부호화되고 B 영상은 3개의 프레임임을 위해 지연된다. M이 3에서 1로 변화할 때 모든 프레임은 비록 B영상이 사용되지 않더라도 2개의 프레임의 위해 지연된다. 부호화 과정은 이러한 순서제어에 의해서 연속적으로 동작한다. 만약 M=1이 처음에 사용된다면 부호화 과정은 지연된 상태로 시작된다. 부호화 과정을 위해서 부호화된 비트 스트림은 코딩 순서에서 복호화된다. 복호화된 영상이 화면에 나타날 때 B영상은 영상이 복호화된 후 바로 나타나게 된다. 그리고 다른 core picture는 다음 core picture가 복호화 될 때까지 지연된다. 이러한 디스플레이 규칙에 따라서 복호화된 영상은 연속적으로 디스플레이될 수 있다. 이에 따라 적응적 M선택 제어를 통하여 실시간 MPEG-2 코딩에 적용할 수 있다.

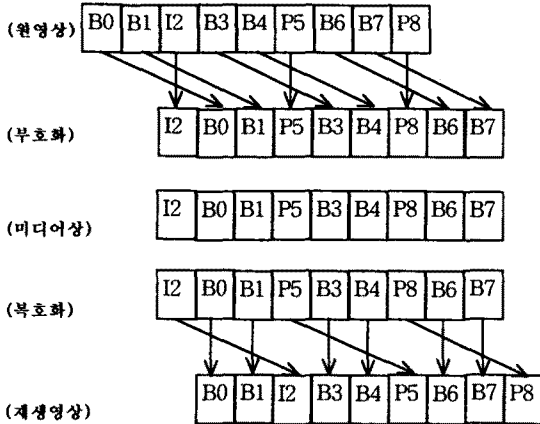


그림 2 부호화 과정의 화면 순서

3. 제안한 방법에 의한 M 선택

코딩 성능을 측정하기 위해 일반적으로 예측오차를 평가한다. 부호화된 영상의 PSNR은 B영상을 위한 양자화 크기가 일반적으로 K_b 로 TM5를 제어방법으로 조절하기 때문에 사용하지 않는다. PSNR의 전체 평균은 B영상의 수가 서로 다르므로 각기 다른 GOP구조 사이에서는 비교하기가 적당하지 않다. 그러나 예측오차는 영상에서 inter-frame 예측에 의해 참조되지 않기 때문에 B영상의 양자화에 의해서는 영향을 받지 않는다.

최적의 GOP 구조는 inter-frame 상관성에 의존하게 됨에 따라 사전 분석이 inter-frame 상관성 계산을 위해 필요하다. 상관성은 inter-frame 예측 부호화된 영상의 비트 카운터에 연관되므로 제안한 알고리즘에서는 TM5의 복잡성 변수 X_i , X_p , 그리고 X_b 를 각 영상 부호화 방법을 위한 비트 묶음의 예측기로 사용한다. 이러한 변수는 식(1)에서 보여주는 것처럼 같은 부호화 방법에서 이전 영상의 정보를 사용하여 나타낸다

$$X_i = S_i QP_i, \quad X_p = S_p QP_p, \quad X_b = S_b QP_b \quad (1)$$

여기서 S_i , S_p , 그리고 S_b 는 이전 영상에서 사용한 비트 수이고 QP_i , QP_p , 그리고 QP_b 는 같은 부호화 방법에서 이전 영상의 평균 QP (Quantization Parameter) 값이다. 만약 복잡도 변수가 장면 전환 후에 이전 영상정보를 사용하여 갱신된다면 일반적으로 교정이 장면 변환 전 후 프레임 사이에는 존재하지 않기 때문에 부호화된 영상에 대한 질의 변화라는 결과가 생긴다. P영상의 복잡도 X_p 는 P영상의 예측오차를 반영하지만 그것은 I 영상 부호화에 의해 영향을 받기 때문에 바로 inter-frame 상관성을 나타내지는 않는다. I 영상 부호화의 영향을 측정하기 위해서는 I 영상의 복잡도 X_i 에 의해 나누어진 X_p 의 값이 사용된다. I와 P-picture의 부호화로 영상을 위한 부호화의 복잡도가 계산되고 P picture와 I picture 사이의 복잡도를 X_p/X_i 는 그 다음 계산된다. 그리고 이것은 비트율과 M값에 따라서 사전에 결정된 경계값과 비교된다. X_p/X_i 가 $M=3$ 상의 경계값 보다 더 클 때는 다음 세 가지 picture를 위해 M은 1로 정해지고 그렇지 않을 경우에는 3을 유지한다. 반대로 X_p/X_i 가 $M=1$ 상의 경계값 보다 작으면 다음 세 개의 picture에 대한

M 값은 3으로 되고 그렇지 않으면 1을 유지한다.

4. 실험결과 및 고찰

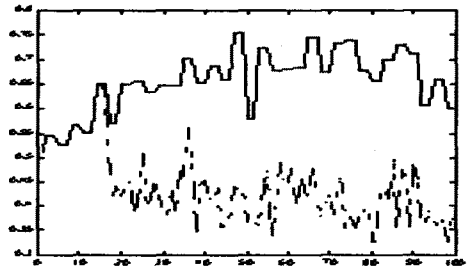
제안한 방법으로 MPEG-2 TM5와 비교하여 예측오차, 복잡도를, 비트율 등을 평가하였으며 평가에는 MPEG-2 MP@ML을 사용하였다. 전송 비트율은 4Mbps 이고 사용된 영상은 704×480 으로 "flower", "carousel", "t_tennis"등이다. <표-1>에 고정 GOP 구조인 TM5와 제안한 알고리즘에 의해 구해진 예측오차 값을 보여준다. 제안한 알고리즘에서의 예측오차가 TM5와 비교하여 3% ~ 11%정도 감소하는 것을 알 수 있었으며 제안한 알고리즘의 예측 성능이 고정 GOP 구조인 TM5보다 우수하다는 것을 나타낸다.

<표-1> TM5와 제안한 방법의 예측오차 비교

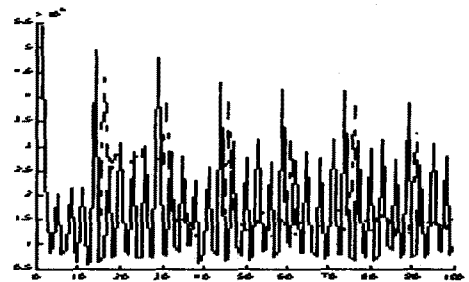
	TM5	제안한 방법	차이값
flower	2.9	2.6	11%
carousel	7.9	7.5	5%
t_tennis	9.3	9.1	3%

그림 3. 4, 5는 각 영상에 대하여 제안한 알고리즘과 TM5 상의 고정된 GOP 상의 복잡성 변수 X_p/X_i 와 전송 비트율의 차이를 보여준다. 그림에서 보여주듯이 복잡도 변수 X_p/X_i 가 0.35 ~ 0.7사이에서 변화하는 것을 볼 수 있으며 전송 비트율도 고정 GOP보다 변화율이 작아지는 것을 볼 수 있다. 이는 전송 시에 더욱 안정적인 비트율을 유지할 수 있다는 것을 알 수 있다.

— 고정 M
- - 적응적 M

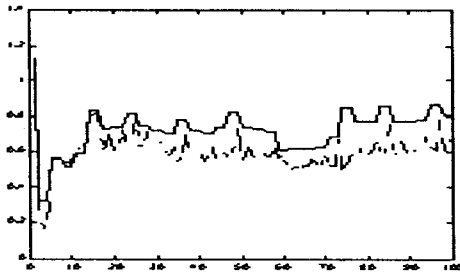


(a) flower의 X_p/X_i

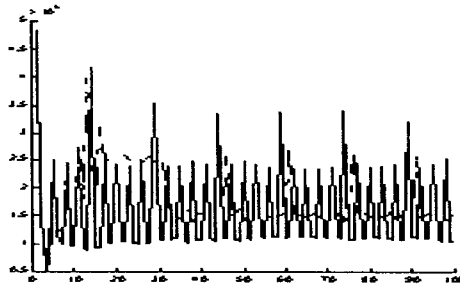


(b) flower의 비트율

그림 3 제안한 알고리즘에 의한 GOP상의 X_p/X_i 와 비트율

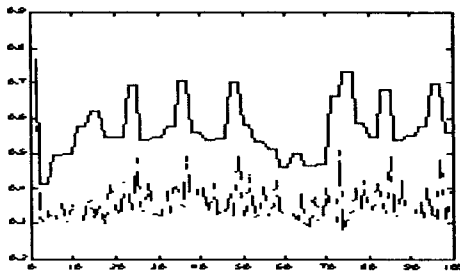


(a) carousel의 X_p/X_i

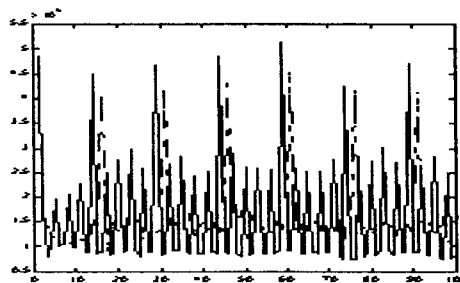


(b) carousel의 비트율

그림 4 제안한 알고리즘에 의한 GOP상의 X_p/X_i 와 비트율



(a) t_tennis의 X_p/X_i



(b) t_tennis의 비트율

그림 5 제안한 알고리즘에 의한 GOP상의 X_p/X_i 와 비트율

flower 영상은 영상 전체적으로 움직임이 많은 영상이고 t_tennis 영상은 영상의 일부분에만 움직임이 있는

영상이다. 그림 3, 5의 계산 복잡도의 변화와 <표 1>의 예측 오차의 차이를 보면 flower 영상이 t_tennis 영상에 비해 계산 복잡도 X_p/X_i 가 더 많이 감소하였으며 예측오차도 더 많이 감소하였다. 이는 제안한 알고리즘이 움직임이 많은 영상에 더 효율적임을 나타낸다.

4. 결론

실시간 MPEG-2 비디오 코딩을 위한 적응적 GOP구조 선택 방법을 제안하였다. 이 방법은 코딩 복잡도를 기반으로 하여 작은 예측 오차를 갖는 $M=3$ 과 $M=1$ 로 실시간에 적응적으로 GOP 구조를 선택할 수 있게 하였다. 제안한 알고리즘은 TM5와 비교하여 코딩 복잡도의 사용으로 예측오차가 3~10%정도 감소하였으며 전송비트율 상에서도 진폭의 변화율이 현저하게 줄어드는 것을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] ISO/IEC 13818-1: "Information Technology Generic coding of Moving Picture and Associated Audio". Committee Draft, Mar.1994
- [2] k. S. Choi, Y. D. Moon, "Image Improvement in Virture of Block Coefficient Sampling by using DCT". 대한전기학회 하계학술대회 논문지, pp.2915-2917, 2000
- [3] Akio Yoneyama, Y. Nakajima, H. Yanagihara, M. Sugano, "MPEG Encoding Algorithm with Scene Adaptive Dynamic GOP Structure", IEEE, pp.832-835, 1999
- [4] ISO/IEC-JTC1/SC29/WG11, "Test Model 5 (Draft)", "MPEG93/NO0400 (1993)
- [5] Jungwoo Lee et al., "Rate-Distortion Optimized Frame Type Selection for MPEG Encoding", IEEE Transaction on Circuit and its application to rate control", Vol.7, No.3 (jung 1997)
- [6] Jiro Katto, "mathematical analysis of MPEG compression capability and its application to rate control", ICIP-95 Vol.II, pp.555-558(Oct. 1995)