

화면간 상관성을 고려한 MPEG-4 및 H.264/AVC 비트율 제어 알고리즘

김승환, 호요성
광주과학기술원 정보통신공학과

Rate Control Algorithm Using Temporal Correlation Between Frames for MPEG-4 and H.264/AVC Video Coding

Seung-Hwan Kim and Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
Email: {kshkim, hoyo}@gist.ac.kr

요 약

본 논문에서는 화면간 상관성을 이용한 최적의 비트 할당 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 기존의 Q2 비트율 제어 알고리즘을 기반으로 하며, 인트라(Intra) 화면에 대한 비트할당과 인터(Inter) 화면에 대한 비트할당으로 구성된다. 일반적으로 비디오 시퀀스(Sequence)의 각 화면들은 서로 많은 상관성을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 점을 고려하여, 다른 화면들의 화질에 상대적으로 더 많은 영향을 미칠 수 있는 중요한 화면을 선택하고, 선택된 화면들은 각각의 중요도에 따라 더 많은 비트가 할당되어 화질이 향상된다. 선택된 화면의 화질 향상은 이 화면으로부터 움직임 예측과 움직임 보상을 하는 다른 화면의 화질까지도 향상시킨다. 본 논문에서 제안된 방법은 MPEG-4 비디오를 비롯하여 최근에 만들어진 H.264/AVC 부호화 표준에서도 좋은 결과를 보였다.

1. 서 론

비디오 부호화 과정에서 비트율 제어는 매우 중요한 부분이다. 비트율 제어의 목적은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 그 중 하나가 채널 버퍼의 안정이다. 일반적으로 비디오 부호화 과정에서 각 화면마다 발생하는 비트수는 변하며, 이들 가변 비트열을 전송 대역폭이 고정된 채널을 통해 전송하고자 할 때, 출력 비트열의 동적인 변동을 안정화하기 위해 채널 버퍼가 사용된다. 이때, 채널 버퍼의 넘침이나 결핍을 방지하기 위해 비트율 제어가 필요하다. 비트율 제어의 또 다른 목적은 비트율-왜곡(rate-distortion) 모델을 통해 주어진 목표 비트율 안에서 최대의 화질을 얻는 것이다[1]. 비트율을 제어하기 위해 현재까지 제안된 많은 알고리즘에서는 비트율-왜곡 모델을 제시하여 화질을 향상시키려고 했다. 비트율 제어에서는 각 화면에 비트수를 할당하기 위해 비트율-왜곡 모델을 사용한다. 한 가지 중요한 사실은 비트율-왜곡 모델이 움직임 예측 및 움직임 보상

과정(motion estimation and motion compensation) 후에 각 화면에서 얻어진 잔여영상에 대하여 고려된다는 점이다. 따라서 비트율 제어는 움직임 예측 및 움직임 보상 과정과 관련하여 고려될 수 있다.

MPEG-4 표준 부호기에서는 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행하는 여부와 방법에 따라 각 화면들을 I-화면, P-화면 그리고 B-화면으로 구분하여 부호화를 수행한다. I-화면은 움직임 예측 및 움직임 보상 과정을 수행하지 않고, 화면내 부호화 과정을 통해 부호화된다. P-화면의 경우에는 시간적으로 앞서 위치한 화면을 기준으로 움직임 예측 및 움직임 보상을 수행하여 화면들 사이의 중복성을 제거한 후 잔여영상 성분들에 대하여 부호화를 수행한다. B-화면의 경우에 P-화면과 비슷하지만, 시간적으로 전후에 위치한 화면들을 이용하여 움직임 예측과 움직임 보상을 수행한다.

MPEG-4 비디오 표준의 Q2 비트율 제어 알고리즘은 화면 단위로 비트율을 제어한다[2]. 이 알고리즘에서는 이전 화면을 부호화하는데 사용된 비트수와 GOP (group of picture)내 남아있는 비트수를 비교하여 현재 화면의 목표비트수를 설정하며, 이를 기반으로 양자화 값을 설정한다. Q2 알고리즘은 비교적 버퍼의 안정성을 고려한 방식으로, 버퍼 최대용량의 일정 비율을 안전구역(safety margin)으로 설정하여 이를 넘지 않도록 현재 화면에 대한 비트수를 조절하여 각 화면에 대한 양자화 값을 설정한다[3].

이와 같이 Q2 알고리즘은 버퍼의 충만도와 이전 화면에 사용된 비트수를 고려하여 각 화면에 대한 비트수를 효과적으로 할당하므로 버퍼의 안정성에 있어서는 매우 효율적이다. 하지만, Q2 알고리즘은 부호화 효율이 떨어진다. 왜냐하면 비디오 시퀀스 내 화면들 사이에는 시간적 중복성이 많이 존재하며, 움직임 예측 및 움직임 보상을 통해 각 화면이 서로 화질에 영향을 주기 때문이다. 즉 비디오 시퀀스내 특정 화면들은 상대적으로 다른 화면에 비해 움직임 예측 및 움직임 보상과정을 통해 다른 화면에 영향을 많이 주기 때문에 모든 화면에 대하여 일률적인 중요도를 가지고 부호화 되는 것은

비효율적이다.

본 논문에서는 Q2 비트율 제어 알고리즘을 기반으로 움직임 예측과 움직임 보상 과정을 통해 최적의 부호화 효율을 얻도록 새로운 비트율 제어 알고리즘을 제안한다. 인트라 화면에 대한 비트할당은, 각 인트라 화면의 공간적 복잡도를 DCT 계수들을 통해 계산하고 공간의 복잡도가 각 화면간의 시간적 중복성에 반비례 하는 점을 이용하여 비트를 할당하였다. 또한 인터 화면들에 대한 최적의 비트 할당을 위해 시퀀스 내에서 이웃 하는 화면간에 상관성을 계산하여 움직임 예측과 움직임 보상과정을 고려하여 비트를 할당하였다. 제안된 알고리즘은 움직임 예측 및 움직임 보상을 사용하는 모든 비디오 부호기에 적용될 수 있다.

2. MPEG-4 Q2 비트율 제어 알고리즘

본 논문에서는 Q2 비트율 제어 알고리즘을 기반으로 새로운 비트율 제어 알고리즘을 제안하였다. Q2 비트율 제어 알고리즘은 초기화, 부호화전 화면별 목표 비트수 설정, 양자화 변수 설정, 모델 변수의 갱신과 같이 4 가지의 과정으로 나뉘어진다.

첫 번째 과정에서는 비트율-왜곡 모델에 사용되는 변수들, I-화면 과 P-화면에 사용되는 양자화 변수들, 버퍼 크기등과 같이 비트율 제어에 필요한 변수 값들을 초기화한다. 초기화된 값을 이용하여 Q2 비트율 제어 알고리즘에서는 다음과 같은 과정을 통해 화면별 목표 비트수 (T_i)를 설정한다.

$$T_i = \begin{cases} \alpha \cdot R / (\alpha \cdot N_I + \beta \cdot N_B \cdot N_P), & \text{for I frame} \\ \beta \cdot R / (\alpha \cdot N_I + \beta \cdot N_B \cdot N_P), & \text{for B frame} \\ R / (\alpha \cdot N_I + \beta \cdot N_B \cdot N_P), & \text{for P frame} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 α 와 β 는 I-화면과 B-화면에서의 가중 값이다. R 은 GOP 에 남아있는 비트수, N_I , N_B 그리고 N_P 는 GOP 에 남아있는 I-화면, B-화면 그리고 P-화면의 수를 나타낸다. 부호화전 화면별 목표 비트수 설정 단계에서, 세 단계의 세부 과정을 통해 목표 비트수를 설정한다. 우선 초기 목표 비트수는 다음과 같이 설정된다.

$$T_c = 0.95 \cdot T_i + 0.05 \cdot T_p \quad (2)$$

여기서 T_p 이 전 화면의 부호화에 사용된 비트수를 나타내고, T_c 는 갱신된 목표 비트수를 나타낸다. T_c 는 버퍼 충만도를 나타내는 a 와 버퍼 여유를 나타내는 b 를 기반으로 설정된다. 또한, 목표 비트수는 식 (3)을 통해 최소값이 보장된다.

$$\text{MAX} \left(\frac{B}{30}, \frac{(a+2b) \cdot T_c}{2a+b} \right) \quad (3)$$

여기서 B 는 비디오 시퀀스의 초당 화면수이다. 양자화 변수 값을 설정할 때, 이전 두 단계를 통해 얻어진 화면별 목표 비트수를 이용하여 다음과 같이 양자화 변수 값이 설정된다.

$$T_c = X_1 \cdot \frac{M}{QP} + X_2 \cdot \frac{M}{QP^2} \quad (4)$$

여기서, M 은 움직임 보상 후 현재 화면에서 얻어진 잔여 영상에 대한 평균 절대 오차 값을 나타내며, X_1 과 X_2 는 각 화면에서 얻어진 차원 비트율-왜곡을 나타내는 변수 값이다.

마지막 단계에서는, 2 차원 비트율-왜곡을 나타내는 변수 값들이 이전에 부호화된 화면들의 수와 현재 화면의 부호화 결과를 기반으로 갱신된다. 현재 화면에서 부호화 과정이 수행된 후에, 사용된 비트수를 고려하여 버퍼 충만도와 여유를 나타내는 변수를 갱신한다.

3. 인트라 화면에 대한 비트율 제어

3.1 인트라 화면에 대한 비트 할당

인트라 화면(I-화면)은 움직임 예측과 움직임 보상을 수행하는 과정의 맨 처음 참조화면이 된다. 따라서, I-화면의 화질이 움직임 예측과 움직임 보상과정을 통해 뒤에 나오는 인터 화면(P-화면)들의 화질에 많은 영향을 미치게 된다. I-화면에 많은 비트수를 할당하여 고화질의 I-화면을 얻었을 때, 움직임 예측과 움직임 보상과정을 통해 뒤에 나오는 P-화면들에 대해서도 주어진 비트율에서 더 나은 화질의 개선을 얻을 수 있다.

표 1에서는 실제 "AKIYO" 시퀀스를 각각 다른 화질을 가진 I-화면을 통해 부호화 과정을 수행한 경우에 대한 실험결과를 보여주고 있다. 표 1에서 보면 알 수 있듯이 전체 비트수는 두 방법이 거의 동일하다. 하지만, 고화질의 I-화면으로 부호화를 한 경우에 움직임 예측과 움직임 보상과정을 통해 I-화면의 더 많은 정보가 P-화면에 전달되므로 실제로 더 나은 화질을 얻게 된다.

표 1. I-화면의 가중에 따른 PSNR 값

| 화면 | MPEG-4 Q2 | | 고화질의 I-화면 | | PSNR 이득 (dB) |
|----|-----------|-------|-----------|-------|--------------|
| | 비트수 | PSNR | 비트수 | PSNR | |
| 1 | 19,280 | 32.05 | 24,616 | 33.89 | +1.84 |
| 2 | 1,176 | 32.04 | 904 | 33.87 | +1.83 |
| 3 | 1,128 | 32.18 | 472 | 33.85 | +1.67 |
| 4 | 2,792 | 32.61 | 952 | 33.92 | +1.31 |
| 5 | 3,584 | 32.98 | 5,240 | 34.66 | +1.68 |
| 6 | 1,976 | 33.14 | 1,040 | 34.64 | +1.5 |
| 7 | 8,568 | 34.30 | 4,192 | 35.02 | +0.72 |
| 8 | 1,176 | 34.30 | 5,312 | 35.44 | +1.14 |
| 9 | 2,232 | 34.44 | 1,048 | 35.38 | +0.94 |
| 10 | 4,656 | 34.78 | 6,840 | 35.90 | +1.12 |
| 11 | 936 | 34.75 | 872 | 35.82 | +1.07 |
| 12 | 6,136 | 35.18 | 1,256 | 35.79 | +0.61 |
| 13 | 904 | 35.08 | 3,784 | 36.02 | +0.94 |
| 14 | 1,392 | 35.17 | 1,240 | 35.95 | +0.78 |

위에서 언급한 바와 같이, 고화질의 I-화면을 사용한 경우에 움직임 예측과 움직임 보상과정을 통해 다음에 나오는 많은 P-화면들의 화질을 향상시킨다. 하지만, I-화면에 많은 비트를 할당했을 때 순간적으로 버퍼의 충만도가 급격히 올라간다. Q2 알고리즘에서 버퍼의 충만도가 최대 한계를 초과한 경우, 제공하는 화면의 건너뛴 현상이 발생할 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, I-화면에 적절한 비트 할당 알고리즘이 필요하다. 수많은 테스트 영상들의 실험을 통해 I-화면의 복잡도가 높을수록 뒤에 이어지는 P-화면에 대하여 시간적인 중복성이 줄어들고, I-화면에 요구되는 비트의 수도 상대적으로 복잡도가 낮은 경우보다 많이 요구됨을 확인하였다. I-화면의 복잡도를 고려한 목표 비트수 T_{I_opt} 를 다음과 같이 설정한다.

$$T_{I_opt} = (1 + \delta) \cdot T_{I_Q2} \quad (5)$$

여기서 T_{I_Q2} 는 Q2 알고리즘을 통해 I-화면에 할당된 비트수이다. δ 값은 양수이며, I-화면의 공간적 복잡성에 대한 함수로 표현된다. 일반적으로 δ 값은 I-화면의 공간적 복잡성에 반비례하며 0.15 에서 0.35 범위의 값을 갖는다. 예를 들어, "Akiyo" 와 "News" 같은 시퀀스에서는 I-화면의 공간적 복잡도가 낮기 때문에 부호화에 요구되는 비트수도 적을 뿐 만 아니라 뒤에 이어지는 P-화면들과의 시간적인 중복성을 많이 갖고 있기 때문에 $\delta = 0.35$ 의 값을 갖는다. "Foreman" 시퀀스의 경우에는 $\delta = 0.15$ 정도의 값을 갖는다.

MPEG-4 비디오 부호화 표준에서는 블록기반의 DCT (discrete cosine transform) 변환을 통해 주파수 영역에서 입력 영상을 양자화하고 부호화한다. 따라서, I-화면의 공간적 복잡도를 계산하는 방법에는 여러 가지가 있지만 I-화면의 DCT 계수들의 절대 값 (mean absolute values)의 합을 이용하여 I-화면의 공간적 복잡성을 정의한다 [1].

$$MAV_{DCT} = \frac{1}{N \times M} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{M-1} ABS[F(u, v)] \quad (6)$$

여기서 $F(u, v)$ 는 8x8 블록의 DCT 계수들을 나타낸다. Q_I , MAD_{DCT} , 와 목표 비트수 B 는 다음과 같이 기술 할 수 있다[1].

$$Q_I = \frac{16.34}{B^{2.05}} \times MAV_{DCT}^{1.0+0.29 \times \ln(B)} \quad (7)$$

3.2 버퍼 관리

비디오 부호화 과정에서 각 화면마다 발생하는 비트수는 변한다. 이들 가변 비트열을 전송 대역폭이 고정된 채널을 통해 전송하고자 할 때, 보통 출력 비트열의 동적인 변동을 조절하기 위해 채널 버퍼가 사용되며, 채널 버퍼의 넘침이나 결핍을 방지하기 위해 비트율 제어가 필요하다[4][5].

제안된 비트율 제어 알고리즘은 Q2 비트율 제어 알고리즘과 비교하여 부호화 효율을 높이기 위해 인트라 화면에 기존의 방법 보다 더 많은 비트를 할당 하였다. 따라서, 부호화 효율의 관점에서는 더 효율적인 알고리즘이지만 버퍼 관리면에서는 인트라 화면에 많은 비트

를 할당했기 때문에 버퍼의 넘침을 초래할 가능성이 있다. 안정된 버퍼 관리를 위해, 기존의 인트라 화면에 할당된 비트수보다 초과로 사용된 비트수를 뒤에 나오는 인트라 화면들에서 균일하게 감소 시키는 방법을 통해 버퍼관리를 한다. 먼저 GOP 에 할당된 목표 비트수는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$T_{GOP} = T_I + \sum_{n=1}^{N-1} T_p(n) = \alpha \cdot T_{GOP} + \sum_{n=1}^{N-1} T_p(n) \quad (8)$$

여기서 T_I 과 $T_p(n)$ 는 각각 I-화면과 P- 화면에 대한 목표 비트수이다. 따라서, 제안된 비트율 제어 알고리즘에서 P-화면에 대한 평균 목표 비트수 T_{p_avg} 는 현재 GOP 에 남아있는 비트량, GOP 에 남아있는 인트라 화면의 개수, 그리고 인트라 화면에서 사용한 비트수를 고려하여 다음과 같이 설정된다.

$$T_{p_avg} = \frac{1}{N-1} (T_{GOP} - \alpha \cdot T_{GOP}) = \frac{(1-\alpha)}{N-1} T_{GOP} \quad (9)$$

한편, Q2 비트율 제어 알고리즘에서의 평균 P-화면에 대한 목표 비트수, $T_{p_avg_Q2}$, 는 다음과 같이 설정된다.

$$T_{p_avg_Q2} = \frac{1}{N-1} (T_{GOP} - T_I) = \frac{1-k}{N-1} T_{GOP} \quad (10)$$

여기서 k 는 I-화면에 대한 가중 값을 나타낸다. 버퍼의 넘침 현상을 막기 위해서, P-화면에 대한 목표 비트수를 I-화면에서 사용한 만큼 분할해서 감소 시킨다. 따라서, P-화면에 대한 최종 목표 비트수는 다음과 같이 나타내어진다.

$$T_{target} = T_{target} \cdot \left(\frac{T_{p_avg}}{T_{p_avg_Q2}} \right) = T_{target} \cdot \left(\frac{1-\alpha}{1-k} \right) \quad (11)$$

그림 1 에서는 Q2 비트율 제어 알고리즘과 제안된 비트율 제어 알고리즘의 버퍼 조절을 비교하고자 비교 실험한 결과를 나타낸다. GOP 는 50 화면을 기준으로 I-화면을 사용하였고 사용된 영상은 "Akiyo" 이다. 그림 1 에서 알 수 있듯이, 제안된 비트율 제어 알고리즘이 처음 I-화면에서는 Q2 비트율 제어 알고리즘보다 버퍼의 충만도가 크지만 시간이 지나면서 더 안정된 버퍼의 상태를 보여준다.

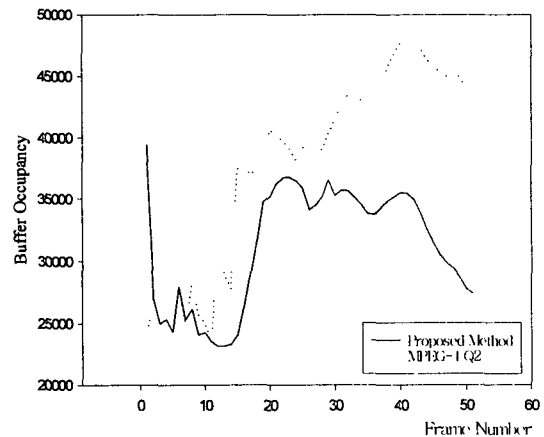


그림 1. 버퍼 충만도

4. 인터 화면에 대한 비트 할당

일반적으로 비디오 시퀀스는 GOP 단위로 묶여서 부호화된다. 한 GOP 내에서도 앞에 위치한 화면일수록 뒤에 나오는 화면들에 대해 움직임 예측과 움직임 보상 과정을 통해 참조 되므로, 상대적으로 더 많은 중요도를 가지고 부호화 되어야 한다. 또한, 한 GOP 내에서도 화면들 간에 상관성이 높은 경우와 그렇지 않은 경우가 존재한다. 화면간의 상관도가 적은 경우, 움직임 예측을 통한 부호화 효율이 적기 때문에 각 화면별로 차별화된 비트 할당을 할 필요가 없게 된다. 화면간의 상관도는 부호화 과정 중에 움직임 보상을 한 이후 얻어진 잔여영상의 MAD 값과 각 화면을 부호화 하는 과정에서 사용된 비트량을 고려하여 H.264/AVC에서 같은 방식[6]으로 다음과 같이 얻어진다.

$$J_{MODE} = D + \lambda R \quad (12)$$

여기서 D 는 왜곡 값, $\lambda = 0.85 \times 2^{QP/3}$, R 은 비트율을 각각 나타낸다. 따라서 각 화면별로 상관도($TC[k]$)는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$1/TC[k] = MAD + 0.29 \cdot \{(T_p - T_A) / T_A\} \cdot Q_p \quad (13)$$

여기서 T_p 는 이전화면의 부호화에 사용된 총 비트수를 나타내며, T_A 는 현재 화면의 부호화를 위해 예측된 비트수이다. 또한 Q_p 는 이전 화면에 사용된 양자화 계수이다. 그림 2에서는 식 (13)을 이용하여 측정한 "Foreman" 시퀀스내 화면간의 시간적인 상관도를 나타낸다.

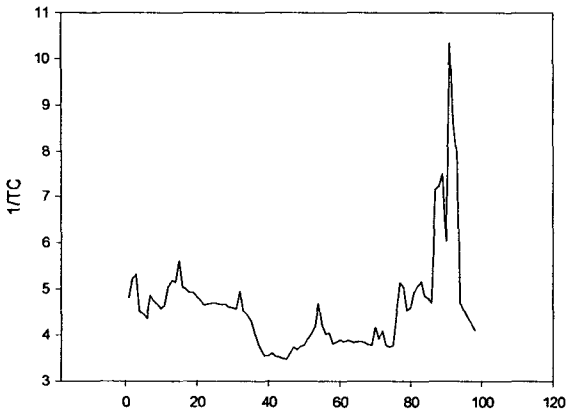


그림 2. 화면간의 상관도 (Foreman)

식 (13)을 이용하여 각 화면간의 상관도를 계산하면 다음과 같이 비디오 시퀀스 내에서 화면간의 상관도가 높은 화면(HQP)을 식 (14)를 통해 발견한다.

$$(TC[0] < T_{avg}) \text{ and } (TC[0] < TC[I] - \alpha \cdot T_{avg}) \quad (14)$$

여기서

$$T_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N TC[k], \quad \alpha : \text{constant} \quad (15)$$

식 (14)를 통해 발견된 화면들은 각자의 중요도를 고려하여 식 (16)과 같이 현재 할당된 비트수에 가중된 값을 곱하여 더 많은 비트수가 할당된다.

$$T_{HQP} = \frac{TC[I]}{TC[0]} \cdot T_c \quad (16)$$

그림 4에서는 본 논문에서 제안한 비트율 제어 알고리즘인 선택적 가중 화면, SWF (Selective Weighting Frame) 방법을 잘 나타내고 있다. 그림 4에서 알 수 있듯이 제안된 알고리즘은 I-화면과 P-화면에 대해서만 비트수를 가중하여 할당한다.

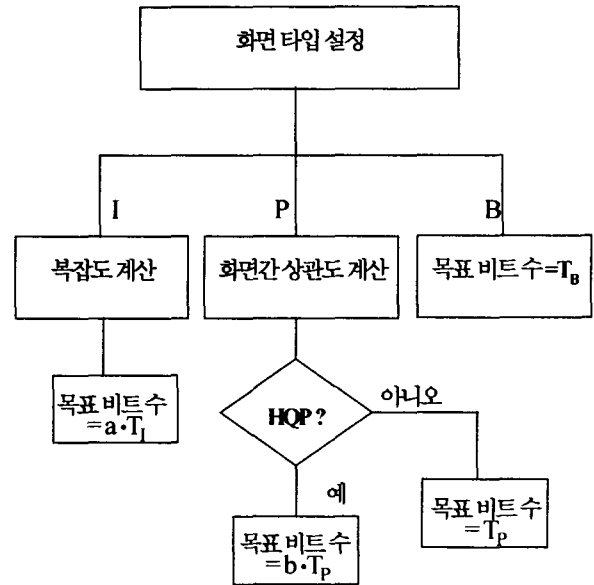


그림 3. 제안한 알고리즘의 구조

5. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능을 검사하기 위해, 5개의 서로 다른 특성을 가지는 비디오 시퀀스들을 이용하였다. 실험에 사용된 모든 영상들은 352×288 화소의 해상도의 CIF 형식이며, 30fps로 부호화하였다.

표 2에는 MPEG-4 Q2 비트율 제어 알고리즘과 제안한 선택적가중법(SWF)을 각기 다른 특성을 가진 5개의 비디오 시퀀스 100 화면의 부호화한 결과를 정리했다.

<표 2. 평균 PSNR 값의 비교>

| 비디오 시퀀스 | PSNR (dB) | | |
|---------|-----------|-------|-------|
| | MPEG-4 Q2 | SWF | 이득 |
| Akiyo | 37.69 | 38.11 | +0.42 |
| News | 32.39 | 33.35 | +0.96 |
| Silent | 33.57 | 34.02 | +0.45 |
| Foreman | 32.65 | 32.77 | +0.12 |
| Mobile | 25.42 | 25.59 | +0.17 |

표 2에서, "Akiyo"와 "News"와 같이 비디오 시퀀스내 화면간에 시간적 상관도가 높은 경우에 100 화면에 대한 평균 PSNR 값이 1dB 까지 증가한 것을 볼 수 있다. 이는 제안된 알고리즘이 시간적 중복성을 고려하여 제안되었음을 나타내고 있다.

표 3에서는 저 비트율에서 일반적으로 발생하는 화면 건너뛰는 현상에 대하여 Q2 알고리즘과 제안된 SWF 두 방법에 대하여 비교하였다. 표 3에서는 각 시퀀스의 특성에 맞게 적절한 비트율을 설정하였다. 가령 시퀀스 내 움직임이 많고 각 화면들의 복잡도가 많아서 많은 비트를 요하는 시퀀스에는 상대적으로 많은 비트율로 부호화를 수행하였다. “Akiyo”와 “News” 시퀀스들의 경우에는 120kbps로 부호화하였고, “Silent,” “Foreman,” “Mobile,” 과 같은 시퀀스들의 경우에는 각각 196kbps, 210kbps, 384kbps의 비트율로 부호화되었다. 모든 시퀀스들은 30 fps로 부호화되었다.

<표 3. 화면 건너뛰는 비교>

| 비디오 시퀀스 | 부호화되지 않은 화면의 개수 | | |
|---------|-----------------|-----|-----|
| | MPEG-4 Q2 | SWF | 이득 |
| Akiyo | 15 | 0 | +15 |
| News | 8 | 0 | +8 |
| Silent | 7 | 0 | +7 |
| Foreman | 18 | 16 | +2 |
| Mobile | 10 | 11 | -1 |

화면 건너뛰는 현상은 MPEG-4에서 제공하는 비트율 제어 알고리즘중 하나로서 버퍼의 충만도가 제한된 값보다 더 커져서 양자화 계수 값으로는 버퍼의 조절이 불가능한 경우 불가피하게 다음 화면을 부호화하지 않고 건너 뛰도록 하는 것이다. 이러한 화면 건너뛰는 버퍼의 안정성을 유지하는데 좋은 알고리즘이지만 비디오 시퀀스 내에서 화면의 끊김 현상으로 인해 때때로 비디오 화질에 심각한 영향을 끼친다. 표 3에서 알 수 있듯이 제안된 SWF 경우에는 Q2비트율 제어 알고리즘에 비해 화면 건너 뛰는 현상이 거의 발생하지 않는다.

표 4에서는 제안된 SWF 비트율 제어 알고리즘의 타당성을 증명하기 위해 H.264/AVC JM 8.2 부호기에 제안된 알고리즘을 구현하였다. 제안된 SWF 방법은 기존의 왜곡-비트율 모델을 기반으로 하는 알고리즘과는 달리 비디오 시퀀스 내에서 최적의 움직임 예측 및 움직임 보상을 하기 위한 비트율 제어 알고리즘이다. 따라서 제안된 알고리즘은 기존의 비트율 제어 알고리즘과 동일하게 수반되어 구현이 가능하며, 움직임 예측 및 보상을 이용하는 모든 비디오 부호기에 적용할 수 있다.

<표 4. H.264/AVC에서 PSNR 값의 비교>

| 비디오 시퀀스 | PSNR (dB) | | |
|---------|------------|-------|-------|
| | H.264/ AVC | SWF | 이득 |
| Akiyo | 38.57 | 39.20 | +0.63 |
| Foreman | 36.58 | 36.78 | +0.2 |

표 4에서는 H.264에서 기본적으로 제공하는 고정된 양자화 계수를 사용하는 경우와 제안된 알고리즘을 통해 각 화면별로 시간적 상관도를 고려하여 양자화 계수를 조절하여 얻은 결과를 비교 하였다. 결과에서 알 수 있듯이 제안된 알고리즘이 0.5 dB 정도 더 나은 PSNR 값을 제공한다.

그림 4에서 그림 8까지는 목표 비트율을 변화면서 5개의 시퀀스 각각에 대하여 PSNR 값의 결과를 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 비트율에 관계없이 제안된 알고리즘에서 더 나은 PSNR 값을 나타내었다.

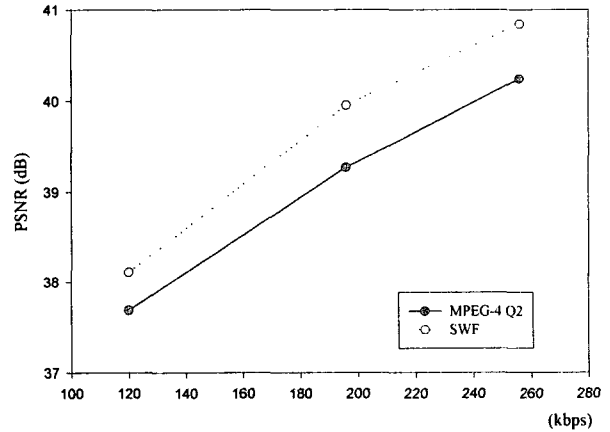


그림 4. PSNR 값의 비교 (Akiyo)

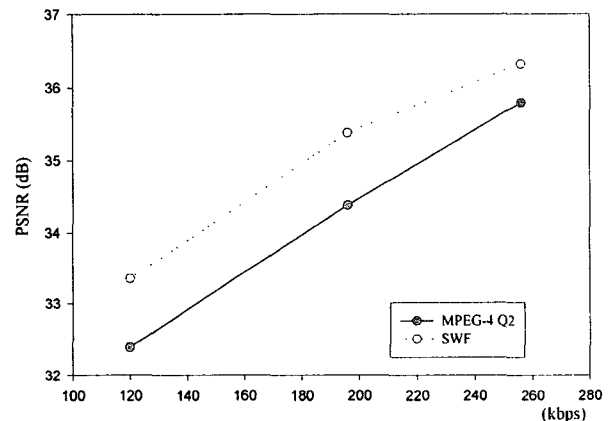


그림 5. PSNR 값의 비교 (News)

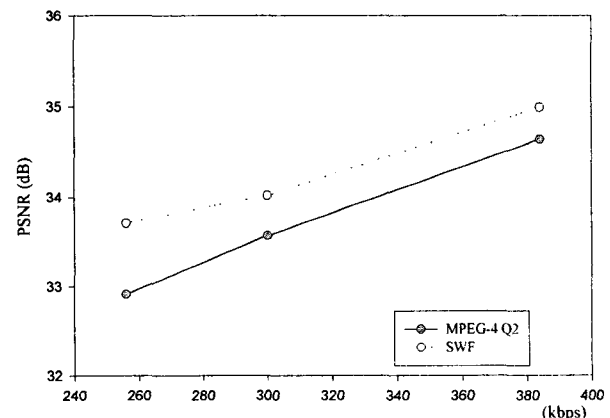


그림 6. PSNR 값의 비교 (Silence)

감사의 글

본 연구는 광주과학기술원(GIST)과 광주과학기술원 실감방송 연구센터를 통한 대학 IT 연구센터(ITRC), 그리고 교육부 두뇌한국 21(BK21) 정보기술사업단의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] F. Pan, Z. Li, K. Lim, and G. Feng, "A Study of MPEG-4 Rate Control Scheme and Its Implementation," *IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology*, vol. 13, pp. 440-446, May 2003.
- [2] H. M. Kim, "Adaptive Rate Control Using Nonlinear Regression," *IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology*, vol. 13, pp. 432-439, May 2003.
- [3] B. Tao, B. W. Dickinson, and H. A. Peterson, "Adaptive Model Driven Bit Allocation for MPEG Video Coding," *IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology*, vol. 10, pp. 147-157, Feb. 2000.
- [4] J. Lee and B. W. Dickinson, "Rate-Distortion Optimized Frame Type Selection for MPEG Encoding," *IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology*, vol. 7, pp. 501-510, June 1997.
- [5] T. Chiang and Y.Q. Zhang, "A New Rate Control Scheme Using Quadratic Rate Distortion Model," *IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology*, vol. 7, pp. 247-250, Feb. 1997.
- [6] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini, and G. J. Sullivan, "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards," *IEEE Trans. Circuit and System for Video Technology*, vol. 13, pp. 688-703, July 2003.

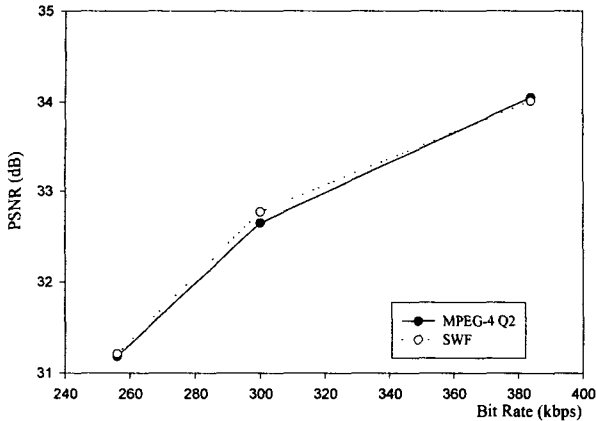


그림 7. PSNR 값의 비교 (Foreman)

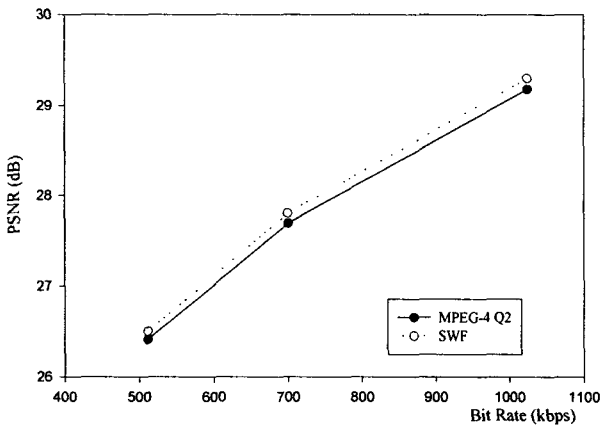


그림 8. PSNR 값의 비교 (Mobile)

6. 결론

본 논문에서는 MPEG-4 Q2 비트율 제어 알고리즘을 기반으로 새로운 비트율 제어 알고리즘을 제안하였다. 제안한 비트율 제어 알고리즘은 움직임 예측과 움직임 보상 과정을 통해 최적의 부호화 효율을 얻도록 각 화면에 비트를 할당한다. 각 인트라 화면에 대해 공간적 복잡도를 DCT 계수들을 통해 계산하고, 공간의 복잡도가 시퀀스내의 화면간 시간적 중복성에 반비례 하는 점을 고려하여 비트를 할당하였다. 또한 인터 화면들에 대한 최적의 비트 할당을 위해, 시퀀스 내에서 이웃 하는 화면간에 상관성을 계산하여 중요한 인터 화면들을 설정하였고, 각각의 중요도에 따라 가중적으로 비트 할당을 하였다. 제안된 알고리즘은 PSNR 값에서 최대 1dB 까지 향상되었고, 화면 건너뛰기의 현상도 현저히 감소하는 것을 실험을 통해 확인하였다. 또한 제안된 방법은 H.264/AVC 부호화 표준에도 적용되어, 더 향상된 성능을 나타냈다.