

트리 스플레이를 이용한 가변장 부호화기의 성능개선

김 정 우*

요 약

본 논문에서는 동영상 부호화기의 성능을 개선하기 위하여 표준안에서 사용하고 있는 가변장 부호화기의 고정된 테이블을 트리 스플레이 알고리즘을 이용하여 능동적으로 수정하는 방법을 제안한다. 기존의 표준안들이 한정된 수의 영상을 이용하여 테이블을 작성함에 따라 학습되지 않은 영상의 입력 시에 특성을 전혀 반영하지 못하는 것에 비하여 본 논문에서 제안한 방법은 현재 입력되는 영상의 확률적 특성을 이용하므로 보다 효율적인 부호화가 가능하다. 또한, 확률을 적절하게 유지하여 현재 영상의 특성을 최대한 반영하면서도 누적된 확률로 인한 우세한 심벌의 출현이 가능하도록 가중치를 조절하는 방법도 제안한다. 제안한 방법을 다양한 동영상 시퀀스에 적용한 결과 영상의 종류에 따라 조금씩의 차이는 있지만 MPEG-4 표준안에 비하여 최대 0.23dB 정도의 성능 개선을 얻을 수 있었다.

An Improvement of VLC Using Tree Splay Algorithm

kim, Jeongwoo*

ABSTRACT

This paper presents a method that, by using a tree splay, dynamically modifies the fixed table of a VLC used in the standards and thus improves the performance of a video encoder. The previous standards, which drew up tables by using a limited number of images, were not able to accommodate the characteristics of new image input. The new method proposed in this paper employs the probabilistic characteristics of an image input, thus making encoding more effective. Furthermore, the present study also proposes a method to regulate the weight in order that the accumulated probabilities can make a dominant symbol emerge, while keeping the probability adequate and thus maximally accommodating the characteristics of the image input. The results from applying the proposed method to a variety of image sequences showed that, while various types of images yielded slightly different results, it improved the performance up to a maximum of 0.23dB, compared to MPEG-4 standard.

Key words: Tree splay(트리 스플레이), VLC(가변장 부호화), Video encoder(영상 부호화기), MPEG, Huffman(허프만 부호화)

1. 서 론

텍스트를 기반으로 한 미디어의 전달 방식이 최근 몇 년간 인터넷의 폭발적인 성장에 힘입어 이미지, 동영상, 하이퍼텍스트 쪽으로 급격하게 변화하고 있다. 특히, 주문형비디오(VOD; Video On Demand)와

같이 인터넷을 통해 영상을 전달하기 위하여 기존의 아날로그 영상을 디지털 형식으로 변환하고 저장, 전송하는 방법이 중요한 문제로 대두되었다. 방대한 양의 동영상 정보를 한정된 대역폭을 가지는 인터넷 망을 이용하여 전송하면 망의 운영에 심각한 부하로써 작용될 것이다. 그러므로 입력되는 영상을 적절한 방법을 이용하여 압축, 복원할 수 있는 방법들이 많이 제시되었으며 ITU-T의 H.261, H.263[1,2], ISO/IEC의 MPEG-1, 2, 4[3-5] 등이 이에 속한다. 이들 표준안들은 양자화기내의 손실 압축 방법과 가변장 부호화기(VLC; Variable Length Coding)에서의 무

※ 교신저자(Corresponding Author): 김정우, 주소: 서울시 관악구 봉천7동 산 4-1호(151-818), 전화: 02)2102-0275, FAX: 02)2102-0190, E-mail: myimage@chollian.net
접수일: 2003년 8월 8일, 완료일: 2003년 11월 4일

* 정회원, LG전자 DTV연구소 책임연구원

손실 압축(Lossless Compression) 방법들이 적절하게 혼합되어 있다. 특히, 가변장 부호화기는 압축 효율을 높이기 위하여 동영상의 확률적 특성을 충분히 이용한 정적 허프만 알고리즘(Static Huffman Algorithm)으로 부호화 한다. 비록 방대한 양의 실험 데이터를 이용하여 부호화 테이블을 만들기는 하였지만 다양한 형태의 영상에 관한 특성과 비트율 등의 조건 변화에 모두 만족하는 테이블을 만드는 것은 불가능하다.

본 논문에서는 가변장 부호화기의 효율을 높이기 위하여 입력된 영상의 확률에 맞도록 트리 스플레이 알고리즘(Tree Splay Algorithm)을 이용하여 능동적으로 테이블을 수정하는 방법을 제안한다. 트리 스플레이 알고리즘은 이진 트리의 검색 효율을 높이기 위하여 만들어진 방법으로써 가변장 부호화기에 그대로 적용하기는 어려우므로 본 논문에서는 영상의 특성과 확률을 이용하여 스플레이 여부를 결정할 수 있도록 수정하는 방법을 제안한다. 수정된 이진 트리는 허프만 조건을 만족하지 못하므로 최적화된 부호화 효율을 얻을 수 없으며 스플레이에 의한 오차가 프레임이 진행 될수록 계속하여 누적된다. 이는 각 프레임이 부호화되고 난 후에 동적 허프만 알고리즘(Dynamic Huffman Algorithm)을 이용하여 다시 트리를 갱신함으로써 해결할 수 있다. 확률 계산을 위하여 누적되는 가중치는 프레임이 많아지면 현재 영상의 가중치 변화가 심벌의 확률 분포에 전혀 영향을 미치지 못한다. 만약, 현재 입력된 가중치만을 사용하게 되면 현재의 영상은 가장 잘 표현할 수 있지만 확률적으로 우세한 심벌이 나타날 확률이 줄어들며 비슷한 가중치를 가지는 심벌들은 비슷한 길이의 부호가 할당되므로 부호화 효율이 떨어진다. 반대로 가중치가 많아지면 우세한 심벌이 나타날 확률은 높아지지만 앞서 설명한 것처럼 현재 입력되는 영상의 특성이 반감된다. 그러므로 본 논문에서는 현재 영상의 특성이 충분히 반영되면서도 우세한 심벌의 출현이 가능하도록 가중치를 적절하게 유지하는 방법을 제안한다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안 알고리즘의 배경이 되는 트리의 갱신 방법들에 관하여 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하고자 하는 알고리즘에 관한 설명을, 그리고 4장에서는 제안 알고리즘의 효율성을 실험하고 결과에 관한 고찰을 한 후 5장에서 결론을 맺고자 한다.

2. 트리의 갱신 알고리즘

그림 1은 일반적인 동영상 부호화기의 블록 다이어그램 중 관심이 있는 일부분만 나타낸 것이다.

양자화기(Quantizer)를 거친 DCT 계수 값들은 zig-zag 스캔(Zig-zag Scan)을 이용하여 1차원으로 나열되고 부호화기의 종류에 따라 2차원 혹은 3차원 줄길이 부호화(Run-Length Encoding)를 수행한다. 줄길이 부호화의 기본 개념은 인접한 정보 사이에는 상관성이 매우 높으며 이를 제거함으로써 정보의 양을 줄이고자 함이다. 상관성이 제거된 랜덤 데이터들은 가우시안 분포(Gaussian Distribution)를 가지는 것으로 알려져 있다[6]. 엔트로피 부호화(Entropy Coding)는 심벌의 확률분포를 이용하여 확률이 높은 심벌에는 짧은 부호를, 확률이 낮은 심벌에는 긴 부호를 할당함으로써 평균 부호의 길이를 줄이는 가변장 부호화이다. 동영상 부호화기에서는 허프만 부호화[7]를 이용하여 작성된 부호 테이블을 사용하며 경우에 따라 산술 부호화(Arithmetic Coding)를 보조적으로 사용하기도 한다. 엔트로피 부호화는 실질적인 압축이 이루어지는 부분이며 어떻게 부호화 하는가, 어떤 확률을 이용하는가에 따라 압축률이 크게 달라질 수 있는 중요한 부분이다.

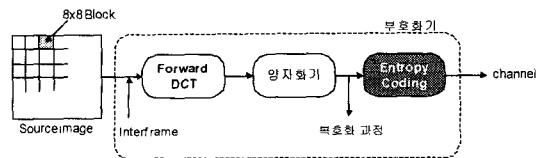


그림 1. 동영상 부호화기의 부분 블록도

2.1 허프만 부호화

임의의 양수 가중치 (w_1, w_2, \dots, w_n) 이 있다면 허프만 트리는 n 개의 외부 노드와 $n-1$ 개의 내부 노드를 적절한 순서로 재배치하여 $w_1 l_1 + \dots + w_n l_n$ 의 값을 최소로 하는 이진 트리를 구성한다. 여기에서, l_i 는 w_i 가중치를 가지는 노드의 깊이를 나타낸다. 그림 2에는 가중치 집합이 (1, 1, 1, 2, 5)인 경우에 구성할 수 있는 두 가지의 서로 다른 예를 보여준다.

비록 트리의 모양과 깊이는 다르지만 앞서 설명한 가중치와 깊이의 곱의 합은 공통적으로 20의 값을 가진다. 이는 트리에서 같은 가중치를 가지는 내부

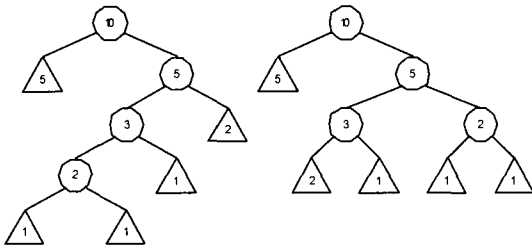


그림 2. 허프만 트리의 다양한 예

노드들을 서로 교환하더라도 허프만 트리의 조건을 만족함을 의미한다. 허프만 트리는 최적의 부호를 만들기는 하지만 트리를 구성하기 위해서 모든 심벌들의 확률을 미리 계산하여 트리를 구성한 다음 다시 심벌들을 부호화하고 전송해야 한다. 또한, 구성된 트리 자체도 복호기로 전송하여야 하는 단점이 있다. 이러한 과정은 실시간 전송 시스템과 같은 응용에서 심각한 시간 지연을 발생시키므로 구현 시에는 방대한 양의 데이터를 이용하여 미리 허프만 트리를 작성하고 부호화기와 복호기에서 같은 트리를 이용하여 각각 부호화, 복호화를 수행한다. 하지만, 이 방법도 다양한 영상의 특성과 부호화 방법 등을 반영하지 못하므로 전체적인 성능은 떨어지게 된다. Lakhani [8]의 논문에서는 DCT 계수 값의 특성을 이용하여 계수들을 주파수 밴드별로 구분하고 각각에 적합한 허프만 테이블을 적용하였지만 역시 모든 영상을 대표할 수는 없으므로 성능의 개선에는 한계가 있다.

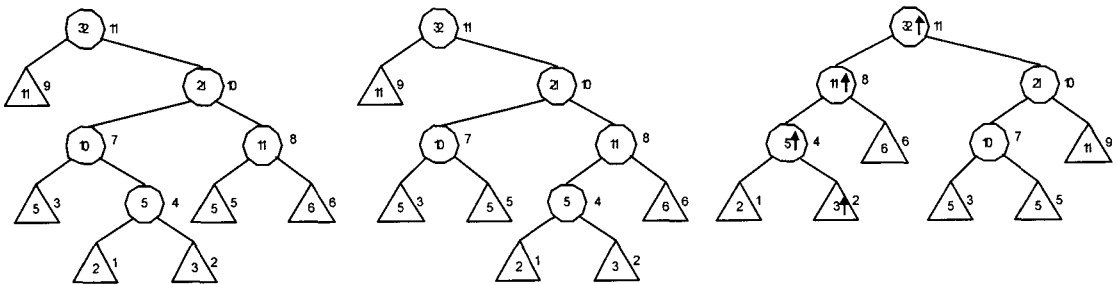
2.2 동적 허프만 알고리즘

동적 허프만 알고리즘은 위와 같은 정적 허프만 알고리즘을 개선하기 위하여 Faller[9], Gallager[10]에 의해서 독립적으로 개발되었고, Knuth[11]와 Vitter[12]가 더욱 발전시킨 방법이다. 매 심벌이 발

생할 때마다 가중치를 증가시키기 전에 현재의 노드부터 루트까지의 경로를 따라 그 부모 노드의 가중치가 최대인 노드와 교환함으로써 가중치가 증가하더라도 허프만 트리의 조건이 계속 만족될 수 있도록 한다. 그림 3에는 동적 허프만 트리의 수정 과정을 보여준다. 그림에서 원으로 나타난 심벌은 내부 노드를, 삼각형으로 표시된 심벌은 외부 노드를 의미한다. 또한, 심벌의 우측에는 각 노드의 번호를 표시하였으며 각각의 가중치 값은 내부에 표기하였다.

현재 (a)의 트리에서 2번 노드의 가중치가 1 증가하여 4가 되면 4번 노드의 내부 가중치가 6이 되어 허프만 트리의 조건에 어긋나게 된다. 왜냐하면, 노드 7번 혹은 노드 8번은 최소 가중치 5를 가지는 노드의 합으로 이루어져야 하기 때문이다. 동적 허프만 트리의 수정 알고리즘에서는 가중치를 증가시키기 전에 2번 노드의 부모 노드와 같은 값을 가지는 노드들(3번, 4번, 5번) 중에서 다시 그 부모 노드의 값이 최대인 노드들끼리 교환함으로써 값이 증가하더라도 더 이상 영향이 미치지 않도록 만든다. 그림에서는 노드 4와 5를 교환함으로써 (b)번의 트리 구조를 얻을 수 있다. 이러한 과정을 루트에 이를 때까지 반복하게 되며 그림 (c)에 완성된 트리 구조를 나타내고 있다. 이제 2번 노드의 값을 증가시키더라도 허프만 트리의 조건을 계속 만족하게 된다.

동적 허프만 트리의 갱신은 매 심벌이 발생할 때마다 수행하여야 하므로 계산량이 많아서 실시간 전송시스템과 같은 응용에서는 적합하지 않다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 계산량과 압축률간의 적절한 지점에서 균형이 이루어지도록 구성된 논문들 [13-16]이 많이 소개되었다. 논문 [13]에서는 동영상 시퀀스에서 프레임 단위로 트리를 한번에 갱신하기 위한 것으로 양자화 파라미터의 값에 따라 매크로



(a) 허프만 트리의 예 (b) 2번 노드의 수정을 위한 노드 교환 (c) 완성된 허프만 트리구조

그림 3. 동적 허프만 트리의 수정과정

블록 단위의 갱신을 시도한다. 하지만 매크로 블록 단위의 갱신이 많으면 성능은 좋아지지만 계산 량이 많아지고 프레임 단위의 갱신이 많으면 계산 량은 적지만 영상의 특성을 충분히 반영할 수 없다는 단점이 있다. 그러므로 동적 허프만 트리에 비해 계산 량이 적은 방법이 있다면 위의 두 가지 문제점을 모두 해결할 수 있을 것이다.

2.3 Tree Splay

Sleator와 Tarjan은 그들의 논문[17]에서 심벌의 상관관계가 제거되지 않은 상태라면 가장 최근에 발생한 심벌이 다음에 다시 나올 확률이 가장 높다는 점에 착안하여 현재 구성된 이진 트리에서 방금 전 발생한 심벌을 트리의 루트 부분으로 보내어 다음번에 심벌을 찾는 시간을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 그림 4에는 트리 스플레이를 이용하여 노드들을 교환하는 방법을 보여준다.

그림 5는 트리 스플레이의 몇 가지 케이스이다. 트리 스플레이 방법은 계산 량이 적으며 연속된 심벌을 찾는 시간을 줄일 수 있다는 장점이 있지만 확률분포가 알려져 있는 심벌들의 집합을 허프만 알고리즘과 같이 부호화할 수 있는 특별한 방법이 없다. 단지 Karpinski[18]의 논문과 같이 심벌의 확률에

따라 스플레이 하는 회수에 차별을 두는 방법도 있지만 심벌간의 확률분포를 이용하는 것은 아니므로 동영상 부호화기에 적용하기는 어렵다.

그러므로 본 논문에서는 위에서 설명된 트리 스플레이의 단점을 보완하여 동영상 부호화기의 가변장 부호화 방법에 적용함으로써 부호화 효율을 더욱 높일 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

3. 제안한 알고리즘

3.1 트리 스플레이의 적용

일반적인 동영상 부호화기에 적용된 가변장 부호화 테이블의 의미를 살펴보기 위하여 표 1에는 클래스 C에 해당하는 Stefan 영상 100프레임을 MPEG-4 Simple Profile에 적용하였을 때[19] 발생하는 I-VOP의 MCBPC 심벌의 발생 빈도를 나타내었다.

표에서 보는바와 같이 표준안에서는 심벌 0의 발생 확률이 가장 높은 것으로 생각하고 가장 짧은 비트를 할당하여 부호화 효율을 높이고자 하였다. 하지만, 실험 결과를 살펴보면 256Kbps와 같이 낮은 비트율에서는 심벌 0의 빈도수가 많지만 1Mbps와 같이 높은 비트율에서는 심벌 7의 빈도수가 가장 높으므로 표준안의 테이블을 그대로 적용할 경우 높은 부호

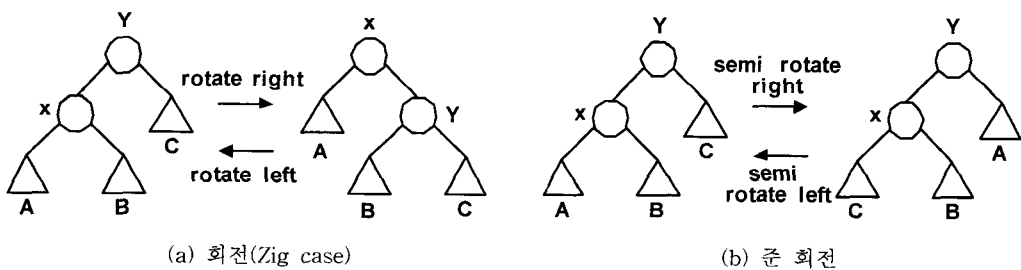


그림 4. 트리 스플레이

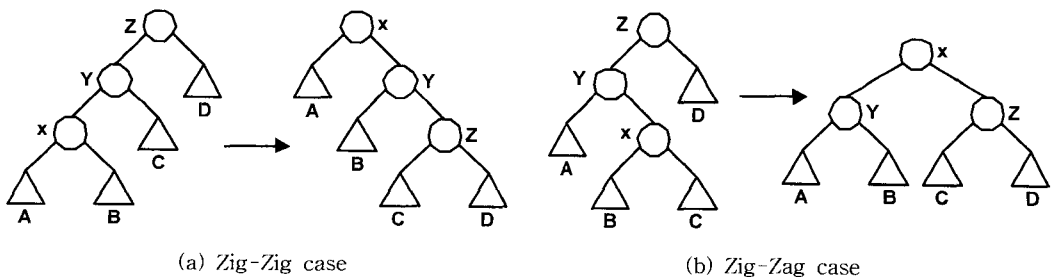


그림 5. 트리 스플레이의 케이스

표 1. I-VOP MCBPC의 발생 분포

심벌	표준안의 할당 비트 수	심벌의 발생 빈도 수	
		256Kbps	1Mbps
0	1	2008	604
1	3	278	103
2	3	173	58
3	3	139	224
4	4	117	428
5	4	18	332
6	4	18	189
7	4	21	834
8	Stuffing	0	0

화 효율을 기대할 수 없다. 한개 혹은 다수개의 테이블 만으로는 다양한 영상의 특성과 다양한 비트율 모두를 만족시킬 수 없다. 그러므로 심벌이 발생하여 확률분포가 달라질 때마다 트리를 갱신하는 방법이 필요하며 이를 위해 본 논문에서는 트리 스플레이를 사용한 방법을 제안한다.

그림 6은 임의의 순간에 구성된 트리 구조의 일부이며 노드 x 의 가중치 w_x 가 1 증가하였을 때의 제한된 트리 스플레이 방법은 다음과 같다.

Step 1. 증가된 x 노드의 가중치 w_x 와, 형제 노드 y 의 가중치 w_y 의 관계를 표 2에 따라 다음 step으로의 진행을 결정한다.

Step 2. 증가된 x 노드의 가중치 w_x 와, 부모의 형제 노드인 z 의 가중치 w_z 의 관계를 표 3에 따라 스플레이의 여부를 결정한다. 단, z 가 내부 노드이고 가중치 w_z 가 w_x 보다 큰 경우는 step 3으로 간다.

Step 3. 표 4와 같이 노드 z 의 왼쪽 자식 노드 z_L 과 오른쪽 자식 노드 z_R 의 관계에 따라 스플레이 여부를 판단한다.

스플레이를 수행할 때, 만약 오른쪽 회전에 오른쪽 자식 노드이거나 왼쪽 회전에 왼쪽 자식 노드인 경우는 계산량 감소를 위하여 준 회전(Semi-Rotation)을 적용한다. 가중치의 변화가 나타나는 것

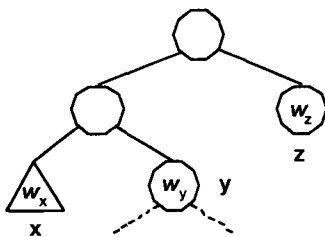


그림 6. 기본 트리 구조

표 2. 형제 노드와의 관계

$y = \text{Internal node}$		$y = \text{External node}$	
$w_x > w_y$	$w_x > w_y$	$w_x > w_y$	$w_x > w_y$
go Step 2 ¹⁾	go Step 2 ²⁾	go Step 2	Stop

¹⁾Splay가 확정된 경우 rotation 수행

²⁾Splay가 확정된 경우 semi-rotation 수행

표 3. 부모 노드의 형제 노드와의 관계

$z = \text{Internal node}$		$z = \text{External node}$	
$w_x > w_z$	$w_x > w_z$	$w_x > w_z$	$w_x > w_z$
Splay	go Step 3	Splay	Stop

표 4. 노드 z 의 자식 노드에 의한 스플레이 결정

$w_x > w_{z_L} ?$	$w_x > w_{z_R} ?$	Decision
True	True	Splay
False	False	z_L 과 z_R 중 외부 노드가 존재하면 Stop. 아니면 Splay
True	False	큰 것이 외부 노드이면 Stop. 아니면 Splay
False	True	

은 외부 노드뿐이며 내부 노드는 항상 외부 노드 혹은 내부 노드의 합으로 이루어진다. 그러므로 외부 노드의 변화가 발생하였을 때 스플레이하고자 하는 형제 노드 혹은 부모 노드가 순수한 가중치를 표현하는 외부 노드인지 다른 가중치들의 합으로 이루어진 내부 노드인지를 구분하여 스플레이 여부를 결정짓는 것은 중요한 작업이다. 표 2에서는 변경하고자 하는 가중치 x 와, 형제 노드 y 의 가중치를 비교하여 만약 노드 y 가 외부 노드이고 더 큰 가중치를 가진다면 오히려 노드 y 를 스플레이 해야 하는 상황이므로 트리 갱신을 중단하게 된다. 노드 y 가 내부 노드인 경우는 확률 상 절반 정도의 가중치를 가지는 타 노드의 합으로 이루어졌을 경우가 많고 노드 y 의 자식 노드 또한 내부 노드일 경우가 있으므로 더 이상의 구분은 무의미하므로 다음 단계로 넘어가게 된다. 표 3에서는 깊이를 서로 교환하게 될 부모 노드의 형제 노드 z 와의 비교이다. 스플레이의 결과가 노드 x 의 깊이는 1만큼 줄어드는 반면 노드 z 는 1만큼 늘어나게 되므로 반드시 확률이 노드 x 의 값이 큰 경우에만 교환이 이루어져야 한다. 그러나 앞서 설명한 바와 같이 노드 z 가 내부 노드인 경우가 있으므로 객관적인 비교가 가능한 외부 노드인 경우는 바로 스플레이

여부를 결정하고 내부 노드인 경우는 표 4에 의해 노드 z 의 자식 노드를 살펴본 후 스플레이 여부를 결정하게 된다.

제안한 스플레이 방법은 기존의 구성된 트리 구조에서 발생하는 심벌의 유형에 따라 트리를 수정하는 방식일 뿐 트리 자체를 구성하는 것은 아니다. 그러므로 처음 트리를 구성하기 위하여 첫 번째 I-VOP 혹은 P-VOP에서는 표준안의 허프만 테이블을 이용하여 부호화하고 심벌의 발생빈도 수를 계산하여 VOP의 부호화가 끝난 후 정적 허프만 알고리즘을 이용하여 트리를 구성한다. 또한, 서론에서 설명된 바와 같이 스플레이에 의한 오차가 계속 누적되어 전파되지 않도록 매 프레임의 부호화가 끝난 후에 동적 허프만 알고리즘에 의하여 허프만 조건을 만족시킬 수 있도록 트리를 갱신한다. 동적 허프만 알고리즘은 매 심벌의 발생시에만 갱신을 할 수 있으므로 프레임 단위의 갱신은 논문[12]에 소개된 방법을 사용한다.

3.2 제안한 가중치의 조절

매 심벌이 발생할 때마다 누적된 가중치는 HDTV와 같이 무한히 연속된 영상의 경우에 이를 저장할만한 기억공간도 없을 뿐만 아니라 현재 입력된 영상의 가중치 변화를 전혀 반영하지 못한다. 만약, 어떤 심벌의 확률이 다른 심벌들에 비하여 확연하게 우세한 경우 허프만 알고리즘에 의해 1 비트의 부호가 할당될 수 있다. 반대로 비슷한 확률을 가진 심벌들이 많을 경우에는 서로간의 결합에 의하여 할당되는 비트 수가 많아진다. 이러한 관점에서 현재 입력된 영상의 가중치만을 이용하여 트리를 구성하게 되면 우세한 심벌의 출현 기회가 줄어들어서 오히려 부호화 효율은 감소할 수 있으므로 가중치의 크기와 유지시간을 적절히 조절하여 우세한 심벌의 출현 기회를 높이면서도 현재 영상의 변화가 트리의 구조에 직접적으로 작용할 수 있도록 해야 한다. 본 논문에서는 매 VOP의 전역 양자화 파라미터 값(Global QP)이 결정되면 식 (1)에 의하여 가중치 값을 조정하도록 제안한다.

$$w_{\#w} = w_{prev} \cdot f\left(1 - \frac{1}{1 + \alpha e^{-\beta(QP_c - QP_{\#1} - 15)}}\right) \quad (1)$$

단, QP_c 는 현재 VOP에 적용하기 위해 계산된 전

역 양자화 파라미터 값이며 $QP_{\#1}$ 는 이전 VOP에서 사용된 값이다. 또한, $f(\cdot)$ 는 $[0.1, 1.0]$ 의 범위를 가지는 clip 함수이다. α 는 경계면의 위치를 결정짓는 파라미터이며 값이 작을수록 경계 면은 0에 가까워지며 값이 클수록 0에서 멀어진다. 또한, β 는 경계면에서의 기울기를 나타내는 파라미터로써 값이 클수록 경계면의 기울기는 급하고 폭은 좁아진다. 본 논문에서는 넓은 기울기 폭과 QP의 큰 변화에 민감하게 반응할 수 있도록 다양한 실험에 의하여 α 는 0.5, β 는 0.3의 값으로 고정하였다. 단, 공정한 비교를 위하여 α 와, β 의 결정을 위한 실험에서 본 논문의 4장에서 사용된 영상들은 제외하였다.

식에서 현재와 이전의 QP 값을 비교하였을 때 차이가 많을수록 급격한 화면의 전환(Abrupt Scene Change)이 발생하였거나 플래시와 같은 밝기의 변화 등이 발생하였을 확률이 높고 이전과의 심벌에 관한 확률이 많이 달라진다. 식에서는 이러한 경우에 이전 가중치 값을 크게 줄임으로써 새로 입력되는 심벌의 가중치 값을 이용하여 부호화하게 하고 반대의 경우는 이전의 가중치 값을 그대로 둬으로써 각 심벌간의 격차가 더욱 커질 수 있는 기회를 제공하게 된다. 그림 7은 식 (1)을 적용하기 전과 후의 관계를 나타내기 위한 그래프로써 클래스 B에 해당하는 Foreman 영상을 이용하여 일반적인 경우와 식을 적용한 경우 각각을 수행하였고 그 중에서 급격한 변화가 있는 180~210 프레임 사이의 PSNR을 확대 표시한 것이다. 예상한 바와 같이 QP 값의 변화가 큰 경우에 적절하게 가중치 값을 조절함으로써 현재의 심벌에 최대한 최적화된 부호를 발생시켜 부호화 효율을 높이고 이로 인한 급격한 PSNR의 감소를 막을 수 있다.

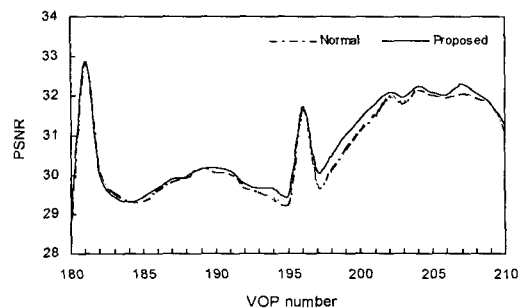


그림 7. 가중치 조절에 의한 PSNR 분포

4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법을 실험하기 위하여 각각 클래스 B, B, C에 해당하는 동영상 시퀀스 News, Foreman(각 300프레임씩), Mobile & Calendar(125 프레임)에 대하여 MPEG-4 Simple profile과 제안한 방법을 이용하여 부호화하고 그 결과에 관한 PSNR 값을 표 5에 나타내었다. 동영상 시퀀스의 복잡도에 의한 비트율 수렴 여부를 고려하여 클래스 B는 128Kbps~384Kbps, 클래스 C는 384Kbps~1Mbps의 비트율로 실험하였다. 실험에서 사용된 VLC 테이블은 Intra/Inter MCBPC, Intra/Inter CBPY, Intra/ Inter TCOEF, MVD이며 허프만 알고리즘을 이용하여 작성된 것이 아니거나 심벌의 수가 지나치게 적어서 효율성 측면에서 크게 차이가 없는 테이블들은 제외하였다.

실험 결과를 살펴보면, 제안한 방법이 MPEG-4 표준안에 비하여 최소 0dB에서 최대 0.21dB 정도의 이득을 얻을 수 있었다. Foreman 영상의 256Kbps에 관한 결과를 제외하면 대부분의 영상이 낮은 비트율에서는 거의 이득이 없고 비트율이 높아질수록 많은 이득이 발생한다. 이는 표준안에서 사용된 허프

만 테이블이 낮은 비트율에 최적화되어 있기 때문인 것으로 생각된다.

계산 량 측면에서의 제안 방법에 관한 효율성을 알아보기 위하여 Foreman 영상에 대하여 동적 허프만 알고리즘을 이용한 실험과 제안 방법을 비교하여 표 6에 나타내었다. 심벌의 발생 순서와 영상의 종류 등 여러 가지 변수에 의해 결과는 달라질 수 있으나 상대적인 관점에서 충분히 비교가 될 것으로 생각된다. 계산 량은 각 테이블의 심벌의 발생 수에 대한 노드의 교환 횟수를 백분율로 나타낸 것이다.

제안한 방법이 동적 허프만 알고리즘에 비해 PSNR 측면에서는 다소 불리하지만 계산 량의 측면에서는 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 특히, 심벌의 수와 발생 빈도수가 가장 많은 Interframe 계수 값을 위한 테이블(PTCOEF)을 살펴보면 제안한 방법이 최소 약 10배 이상의 계산 량 감소를 얻을 수 있었음을 보여준다. 또한, 노드의 교환을 위한 비교 연산자의 수에서도 동적 허프만 알고리즘이 트리의 각 깊이별로 모든 부모 노드의 가중치 값을 비교해야 하는데 비하여 제안한 방법은 최대 4번의 연산으로 결정되므로 효율적이다.

표 5. 동영상 시퀀스에 따른 평균 PSNR (Unit: dB)

동영상 시퀀스	방법	비트율(bps)		
		128K/384K	256K/512K	384K/1M
Foreman	표준안	28.62	29.78	31.50
	제안 방법	28.62	30.01	31.63
	Gain	0.00	0.23	0.13
News	표준안	28.76	32.18	34.35
	제안 방법	28.76	32.2	34.50
	Gain	0.00	0.02	0.15
Mobile & Calendar	표준안	21.95	22.15	24.05
	제안 방법	21.95	22.21	24.19
	Gain	0.00	0.06	0.14

5. 결론

본 논문에서는 트리 스플레이 방법을 이용하여 동영상 시퀀스의 가변장 부호화기의 테이블을 능동적으로 바꾸는 방법에 관하여 설명하였다. 현재 입력되는 심벌의 가중치를 높이고 부호 길이를 짧게 만들기 위하여 주변 노드와의 관계를 고려하여 스플레이 여부를 결정하였으며 발생하는 부호의 효율성을 높이기 위하여 적절하게 가중치의 값을 유지하는 방법에 대해서도 설명하였다. 실험을 통하여 제안한 방법이 동적 허프만 알고리즘에 비해 훨씬 적은 계산 량으로

표 6. 각 테이블의 계산 량 비교 (Unit: %)

방법	비트율	PSNR (dB)	계산 량 (%)					
			ICBPY	IMCBPC	ITCOEF	PCBPY	PMCBPC	PTCOEF
제안방법	128K	28.62	0.40	0.29	0.40	0.04	0.08	0.42
	256K	30.01	0.41	0.17	0.45	0.02	0.05	0.37
	384K	31.63	0.45	0.21	0.12	0.03	0.05	0.13
DHC	128K	28.63	2.66	0.18	9.85	0.24	0.17	7.28
	256K	30.14	2.59	0.68	6.98	0.23	0.20	3.61
	384K	31.72	2.22	0.83	4.46	0.22	0.16	1.87

MPEG-4 표준안보다 높은 PSNR을 얻을 수 있음을 증명하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 허프만 트리를 이용하는 모든 동영상, 정지영상 부호화기에 적용되어 PSNR 성능을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Recommendation H.261, *Video codec for audiovisual services at px64kbits*, Mar. 1993.

[2] ITU-T Recommendation H.263, *Video Coding for low bitrate communication*, Nov. 1995.

[3] ISO/IEC JTC1 CD 11172, *Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to 1.5Mbits/s*, ISO, 1992.

[4] ISO/IEC JTC1 13818, *Generic coding of moving pictures and associated audio*, ISO, 1994.

[5] ISO/IEC JTC1 14496, *Coding of visual objects - Part2: Visual part*, ISO, 2001.

[6] Edmund Y. Lam, "A Mathematical Analysis of the DCT Coefficient Distribution for Images," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.9, No. 10, pp.1661-1666, Oct. 2000.

[7] D. A. Huffman, "A method for the construction of minimum redundancy codes," *Proc. IRE* 40(1951), pp.1098-1101.

[8] G. Lakhani, "Modified JPEG Huffman coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.12, Issue 2, pp.159-169, Feb. 2003.

[9] N. Faller, "An Adaptive System for Data Compression," *Record of the 7th Asilomar Conference on Circuits, Systems, and Computers*, IEEE Press, pp.593-597, 1973.

[10] R. G. Gallager, "Variations on a Theme by Huffman," *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. IT-24, No. 6, Nov. 1978.

[11] D. E. Knuth, "Dynamic Huffman Coding," *Journal of Algorithms* 6, 163-180(1985).

[12] J. S. Vitter, "Design and Analysis of Dynamic Huffman Coding," *Journal of the ACM*, Vol. 34, No. 4, Oct. 1987, pp.825-845.

[13] Jeongwoo Kim, "An Effective VLC Method using FGK Algorithm," *IEEK Summer Conference*, Vol. 1, No. 21, pp.85-88, Jul. 2003.

[14] A. Turpin, A. Moffat, "On-line adaptive canonical prefix coding with bounded compression loss," *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol. 47, Issue 1, pp.88-98, Jan. 2001.

[15] C. Kailasanathan, R. S. Naini, "Compression performance of JPEG encryption scheme," *14th International Conference on Digital Signal Processing*, 2002. Vol. 2, 1-3, pp.1329-1332, July 2002.

[16] L. G. Rueda, B. J. Oommen, "Greedy adaptive Fano coding," *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, 2002. Vol. 6, 9-16, pp.6-2757-6-2770, March 2002.

[17] D. D. Sleator, R. E. Tarjan, "Self-Adjusting Binary Search Trees," *Journal of the ACM*, Vol. 32, No. 3, July 1985, pp.652-686.

[18] S. Albers, M. Karpinski, "Randomized splay trees: Theoretical and experimental results," *Information Processing Letters* 81(2002) pp. 213-321.

[19] ISO/IEC, *MPEG-4 Video VM 16.0*, N3312, Mar. 2000.



김 정 우

1987년 3월~1991년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)

1991년 3월~1993년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년 3월~1998년 8월 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1996년 3월~2000년 2월 성균관대학교 부설 과학기술연구소 연구원

2000년 3월~현재 LG전자 DTV연구소 책임연구원

관심분야: 영상처리, 영상압축, HDTV, 멀티미디어통신