

동영상 통신을 위한 적응 비트율 제어

정희원 김학수*, 정연식**

Adaptive rate control for video communication

Hak Soo Kim*, Yeonsik Jeong** *Regular Members*

요약

본 논문은 동영상 통신을 함에 있어 목표 전송률이 주어졌을 때 왜곡이 최소가 되도록 양자화하는 방법을 제안한다. 이 방법을 이용하게 되면 같은 발생 비트량이라 할지라도 기존의 R-D모델기반 비트율 제어 방법에 비해 재구성된 영상의 화질을 향상시킬 수 있다. 문제는 하나의 양자화 집합이 주어졌을 때 전체 왜곡이 최소가 되고 버퍼 오버플로우가 발생하지 않은 범위 내에서 매크로 블록 당 양자화 집합에 존재하는 최적의 양자화 계수를 선택하려는 것인데, 이러한 문제를 해결하기 위해 동작 왜곡 비트율 이론을 이용한 라그랑주 승수 기법을 도입하였으며, 양자화 방법은 H.263의 권고를 따랐다.

ABSTRACT

This paper presents a rate control method that minimizes global distortion under given target bit rates for video communication. This method makes the quality of reconstructed images better than that of the conventional ones based on R-D model at the same bit rates. Given a set of quantizers, a sequence of macroblocks to be quantized selects the optimal quantizer for each macroblock so that the total cost measure is minimized and the finite buffer is never in overflow. To solve this problem we provide a heuristic algorithm based on Lagrangian optimization using an operational rate-distortion framework and a quantization method follows H.263 recommendation.

I. 서론

디지털 회로의 집적도와 속도의 향상은 디지털 통신의 대중화를 점진적으로 이끌어 왔다. 디지털 기술은 과거 몇 년 동안 전화망에서 광범위하게 사

용되어져 왔으며, CD(compact disc)의 출현은 디지털 기술이 매우 성공적으로 가전 제품들에 적용될 수 있다는 것을 보여주었다. 최근에는 신뢰성 있는 전송과 효율적인 저장을 가능케 하는 디지털 기술의 발달과 초집적(VLSI) 기술의 저 가격화에 힘입어 정지영상 및 동영상의 디지털 전송이 점점 보편

* 성공회대학교 컴퓨터정보학부(hskim@green.skhu.ac.kr),
논문번호: 98331-0803, 접수일자: 1998년 8월 3일

** 연세대학교 전자공학과

화 되어가고 있는 추세이다.

전송 및 저장의 효율을 극대화하기 위해 디지털화 된 신호들을 압축하는 기술, 즉 복호화단에서 신호를 만들어내기 위해 필요한 정보의 양을 줄이는 기술이 매우 중요하게 되었다. 비록, 전송과 저장 능력이 향후에는 더욱더 향상되고 가격도 낮아지겠지만 디지털 통신에 대한 요구의 증가로 전송될 신호들을 효율적으로 압축하는 기술은 계속 필요할 것이며 메모리와 압축을 위해 필요한 회로의 계속적인 가격 하락으로 인해 압축을 위한 보다 복잡한 알고리즘의 사용이 용이하게 될 것이다.

디지털 신호 압축의 대표격으로 영상신호 압축을 들 수가 있는데, 정지영상 압축으로써는 JPEG이, 동영상 압축으로써는 응용 분야에 따라 H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2 등이 표준화 되어있으며, 최근에는 멀티미디어 통신을 위한 MPEG-4의 표준화 작업이 거의 완료 단계에 있다. 이와 같은 표준화에 힘입어 요즘 대부분의 정지영상은 JPEG으로 동영상은 MPEG으로 압축되어 저장되거나 전송되어지는 추세이다. MPEG의 주요한 특징 중의 하나는 부호화기가 복호화기에 비해 훨씬 복잡하다는 것이다. 이것은 비대칭적(non-symmetric)인 응용들, 즉, 부호화하는 데는 많은 계산량과 시간이 드나, 복호화하는 데는 상대적으로 낮은 비용이 드는 Video-CD등과 같은 응용 분야에 적합하다 하겠다. Video-CD복호화 시, 데이터는 디스크로부터 일정한 속도로 읽혀지면서 비디오 비트열(bit stream) 또한 동시에 복호화 되어져 화면에 나타나게 하기 위해서는 복호화기에 버퍼가 필요하다. 버퍼의 크기는 복호화기의 비용에 중요한 요소이며, 이것이 또한 효율적인 버퍼 제어 방법을 연구하게 되는 동기가 된다. 버퍼 제어 전략은 단지 부호화기의 복잡도에 영향을 주기 때문에 다소 복잡할지라도 주어진 비디오 화질을 유지하면서 요구되는 버퍼의 크기를 줄이거나 주어진 버퍼 크기에서 화질을 증가시키는 방법들이 관심을 끌고있다. Video-CD나 CD-ROM같은 응용 이외에도 고정 비트율을 갖는 채널상에서 영상통신을 한다던가, ATM 망 같은 가변 비트율 채널에서 트래픽 셰이핑(traffic shaping)을 한다던가 하는 등에 버퍼 제어가 또한 유용하다.

일반적으로 많이 알려진 버퍼 제어 방법으로써는, 다음 매크로 블록, 슬라이스 혹은 프레임에 대한 양자화 계수를 결정하기 위해 버퍼의 점유량을 이용하는 방법들이 제안되었으며[1,2], 다른 방법으로는

제어 알고리즘을 증진시키기 위해 부호화기 비트율에 대한 모델링도 제안되었다[3]. 그러나 이 두 방법 모두 발생 비트율만을 고려했지, 왜곡에 대해서는 고려하지 않았다. 비트율 뿐만 아니라 왜곡까지 고려한 버퍼 제어 문제는 제한 최적화 문제로 정의되며, 이는 동적 프로그램[4]이나 라그랑주 방법[5]을 이용해서 해결될 수 있는데 이러한 방법들은 추가적인 부호화 지연과 복잡도를 요구하지만 왜곡 비트율 관점에서 볼 때는 최적의 결과를 제공한다.

[6]에서는 의존적 양자화의 개념을 소개하였으며, [7]에서 확장되었다. 의존적 양자화 계수들 중에서 최적의 비트 할당을 위해 해답을 찾는 방법은 [5]에서 소개된 라그랑주 승수 방법을 기반으로 정의되었다. 불행히도, 이 방법은 일반화된 정의를 위해 차후에 선택될 양자화 계수들이 현재 선택된 양자화 계수들에 의존한다는 완전한 전위 의존성(forward dependency)을 가정했기 때문에, 이 비제한적인 문제는 굉장한 양의 탐색에 의해 해결되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 탐색시간을 줄이기 위해 인트라 프레임의 양자화 계수를 임의로 설정함으로써 [7]에서의 완전한 전위 의존성을 없앴으며, 이로 인해 발생할 수 있는 화질의 저하는 차후에 부호화될 프레임들을 대상으로 [5]의 방법을 변형한 적응 양자화 방식인 고속 버퍼 제한 비트율 할당 방법을 제안하여 화질의 향상을 도모하였다.

본 논문의 II장에서는 라그랑주 승수를 이용한 비트율 제어 방법을 III장에서는 동영상을 위한 비트율 제어 방법을 설명한다. IV 장에서는 모의 실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 H.263 비트율 제어방법에 비해 성능면에서 상당히 우수하다는 결과를 보인다. V장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구과제에 대해 기술한다

II. 라그랑주 승수를 이용한 비트율 제어

2.1. 예산 제한 할당을 위한 일정 기율기 최적화

라그랑주 최적법은 제한 조건이 있는 다양한 최적화 분야에 널리 응용되어져 왔다[8,9]. 이 방법을 [5]에서는 임의의 이산적인 양자화 계수들의 집합을 갖는 입력 원(Source)이 주어졌을 때 왜곡 비트율 관점에서 최적의 비트 할당을 결정하기 위해 사용하였다.

IV 블록들의 비트 할당을 고려함에 있어, 각각의

블록을 부호화하기 위해 M 개의 유용한 양자화 계수들이 있다고 가정하자. d_{ij} 와 r_{ij} 를 각각 양자화 계수 j 를 가지고 블록 i 를 부호화할 때 생기는 왜곡과 비트량이라 하고, r 을 블록당 채널 전송률이라 하자. 허용 가능한 해답 x 를 각각의 블록에 대한 하나의 양자화 계수로서 정의하면, $\{1, 2, \dots, M\}$ 에서 $\{1, 2, \dots, M\}$ 로의 사상(mapping)이 되고, $x = \{x(1), x(2), \dots, x(M)\}$ 이 된다.

이때 $x(i)$ 는 블록 i 에 대한 M 개의 양자화 계수 중에 하나가 된다. 그러므로

$(r_{1x(1)}, r_{2x(2)}, \dots, r_{Nx(M)})$ 과

$(d_{1x(1)}, d_{2x(2)}, \dots, d_{Nx(M)})$ 들은 양자화 계수 x 가 주어졌을 때 각각 각자의 블록에 대한 비트량과 왜곡을 나타낸다.

한 프레임의 영상에 대해 최종 목표 비트율 R 의 제한이 있고, i 번째 매크로 블록 당 양자화 왜곡을 $d_{ix(i)}$, 비트량을 $r_{ix(i)}$ 라 할 때 최적의 양자화를 위한 방법을 정의하면 다음과 같다.

정의 2.1 예산 제한 최적화

문제는 다음 조건을 만족하는 사상 x 를 찾는 것이다.

$$\min \left(\sum_{i=1}^N d_{ix(i)} \right) \quad (1)$$

제한조건:

$$\sum_{i=1}^N r_{ix(i)} \leq R \quad (2)$$

위 정의 2.1과 같은 문제는 라그랑즈 승수를 이용하여 해결할 수 있는데 이를 정리하면 다음과 같다.

정리 2.1[5] 만약 $i = 1, 2, \dots, N$ 에 대해, 사상 $x^*(i)$ 가 식 (3)을 최소화 한다면,

$$\sum_{i=1}^N (d_{ix(i)} + \lambda r_{ix(i)}) \quad (3)$$

전체 예산(비트량)이 식 (4)와 같이 되는 특별한 경우에 대해서는 $x^*(i)$ 가 또한 정의 2.1의 문제에

대한 최적의 해답이 된다.

$$R = R(\lambda) = \sum_{i=1}^N r_{ix^*(i)} \quad (4)$$

그 결과, 식 (4)에 의해 주어진 R 을 가지고, 식 (1), (2)을 만족하는 어떤 x 에 대해서도 식 (5)는 성립한다.

$$D(\lambda) = \sum_{i=1}^N d_{ix^*(i)} \leq \sum_{i=1}^N d_{ix(i)} \quad (5)$$

이상의 식에서 λ 는 양의 실수가 되며, 이를 라그랑즈 승수(Lagrange Multiplier)라고 한다.

λ 를 이용하여 제한 조건을 없앴기 때문에 식 (3)을 다음과 같이 다시 쓸 수 있다[5].

$$\begin{aligned} & \min \left(\sum_{i=1}^N (d_{ix(i)} + \lambda r_{ix(i)}) \right) \\ & = \sum_{i=1}^N \min (d_{ix(i)} + \lambda r_{ix(i)}) \quad (6) \end{aligned}$$

이와 같이하면 최소값은 각각의 블록에 대해 독립적으로 계산될 수 있으며, 각각의 블록 i 에 대해서 $d_{ix(i)} + \lambda r_{ix(i)}$ 를 최소로 하는 $R-D$ 특성상의 점은 $R-D$ 특성의 최소 블록 집합상에서 기울기 λ 를 갖는 접점이 된다(그림 1 참조). 이러한 이유 때문에 λ 를 기울기라고도 칭하며, λ 가 시퀀스의 모든 블록에 대해 일정하기 때문에 이 알고리즘을 일정 기울기 최적화(constant slope optimization)라고도 한다

정리 2.1로부터, 고정된 λ 에 대해 식 (4)의 예산 제한을 만족하는 가장 최적의 해답을 얻을 수 있다. 해답을 얻고자 하는데 필요한 예산은 선택된 λ 의 함수가 되며, 초기값으로부터 해답을 찾기 위해서는 최소 블록 집합 근사화 내에서 소요되는 전체 비트량 $R(\lambda^*) = R$ 가 되는 때를 찾을 때까지 반복적으로 λ 를 바꿀 필요가 있다. 만약 어떤 λ^* 가 $R(\lambda^*) = R$ 을 만족한다면, 정리 2.1은 비제한 문제에 대한 해답이 또한 제한적인 문제에 대한 해답이 됨을 보장한다

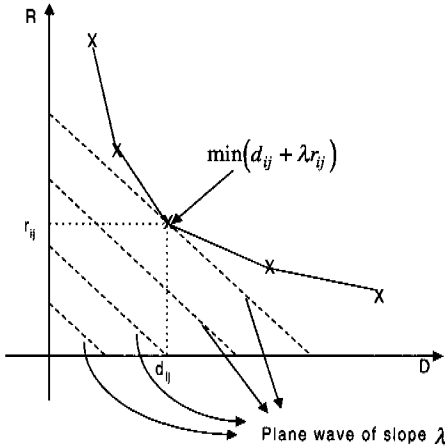


그림 1. 기울기 λ 의 평면파

λ^* 를 찾기 위한 빠른 방법 중의 하나는 이분법(bisection) 알고리즘을 이용하는 것[5]으로써, 그 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

알고리즘 2.1 라그랑즈 최적화

- **과정 1:** $R(\lambda_u) \leq R \leq R(\lambda_l)$ 을 만족하는 λ_u 와 λ_l 값을 설정한다.
- **과정 2:** $\lambda_{next} = \left| \frac{D(\lambda_l) - D(\lambda_u)}{R(\lambda_l) - R(\lambda_u)} \right| + \epsilon$ 으로 설정한다. 이때 ϵ 은 λ_{next} 가 특이(Singular) 값을 가질 때 가장 작은 비트율이 선택되도록 하기 위해 더해지는 임의의 작은 양수 값이다.
- **과정 3:** $\lambda = \lambda_{next}$ 에 대해 식 (6)의 최적화를 반복한다. 만약 $R(\lambda_{next}) = R$ 이면 이 알고리즘 수행을 멈춘다. $R(\lambda_{next}) \geq R$ 이면 $\lambda_l = \lambda_{next}$ 로 설정하고, $R(\lambda_{next}) \leq R$ 이면 $\lambda_u = \lambda_{next}$ 로 설정한 뒤 과정 2로 간다.

이 알고리즘의 주요한 장점은 효율성에 있다. 실제로 실험을 해보면, 상당히 작은 수의 반복(10 이하)만으로도 수렴하는데 충분함을 알 수 있다. 그러나 최소 블록 집합의 개념을 통해 추측할 수 있듯이 임의의 λ 에 대해 예산 R 이 항상 존재하는 것은 아니라는 문제가 있다. 그래서 이 알고리즘을 구

현할 때는 알고리즘 2.1의 과정 3에서 예산 $R(\lambda)$ 가 R 보다 약간 작은 경우에도 최적의 값으로 간주 알고리즘 수행을 멈추게 해야 한다.

2.2 버퍼 제한 할당을 위한 반복적 일정 기울기 최적화

양자화 계수 x 가 주어졌을 때, i 번째 단계에서의 버퍼 점유량을 $B(i)$ 라 정의하자. 버퍼 점유량이 어느 단계에서도 음수가 될 수 없다는 사실을 고려하여 다음과 같은 재귀적 정의를 하였다.

$$B(1) = r_{1x(1)} + B(0),$$

$$B(2) = \max(B(i-1) + r_{ix(i)} - r, 0) \quad (7)$$

이를 일반화 하면 식 (8)과 같이 표현할 수 있다.

$$B(i) = \max(B(i-1) + r_{ix(i)} - r, 0) \quad (8)$$

식 (8)은 각각의 블록에 대한 버퍼 점유량이 현재 블록의 부호화 비트량 $r_{ix(i)}$ 에 의해 증가되고, 채널 전송률 r 에 의해 감소된다는 것을 보여주고 있으며, $B(0)$ 는 초기 버퍼 상태를 나타낸다.

이상과 같이 버퍼 점유량을 정의한 상태에서 알고리즘 2.1에서 언급한 라그랑즈 최적화 방법을 버퍼 제한이 있는 경우를 고려해 보면 다음과 같다.

알고리즘 2.2 버퍼 제한을 갖는 반복적 일정 기울기 최적화 방법

- **과정 1:** 모든 단계 i 에서, 차기 n 블록들을 위한 최적의 버퍼 제한이 없는 할당을 얻기 위해 예산 제한 R 을 $n \cdot r - B(i) + B(0)$ 로 설정한 뒤 알고리즘 2.1의 라그랑즈 최적화를 수행한다.
- **과정 2:** 블록 i 에 대해 과정 1에서 구한 양자화 계수를 이용, 부호화 하고 해당 발생 비트를 버퍼로 보낸다(버퍼 상태 $B(i)$ 갱신), 그 후, $i = i + 1$ 로 변경한 뒤 과정 1을 다시 수행한다.

위 알고리즘에서 i 번째 블록의 비트율은 단지 뒤

따라오는 n 블록들의 $R-D$ 특성과 i 번째 단계에서
의 버퍼 상태에 의존한다.

III. 동영상을 위한 비트율 제어 방법

동영상을 위한 최적 비트율 제어 방법으로 알려진 [7]은 의존적 양자화 개념을 소개하였다. 그러나 이 방법은 일반화된 정의를 위해 향후 선택될 양자화 계수들이 현재 선택된 양자화 계수에 의존한다는 완전한 전위 의존성을 가정했기 때문에 이 비제한적인 문제는 굉장한 양의 탐색에 의해 해결되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 동영상 부호화 시 탐색시간을 줄이기 위해 인트라 프레임의 양자화 계수를 임의로 설정함으로써 [7]에서의 완전한 전위 의존성을 없앴으며, 이로 인해 발생할 수 있는 화질의 저하를 개선하기 위해 차후에 부호화될 프레임들을 대상으로 [5]의 방법을 변형한 적응 양자화 방식인 고속 버퍼제한 비트율 할당 방법을 제안하였다. 즉, 인트라 프레임 부호화는 임의의 고정된 양자화 계수를 이용하여 수행함으로써 하나의 노드만을 만들어 내며, 그 이후에 오는 인트라 프레임 부호화는 알고리즘 2.2에서 소개된 버퍼 제한이 있는 라즈랑즈 최적화 방법을 이용하여 매 블록마다 최적의 양자화 계수를 찾아 부호화한다. 이와 같이 하게 되면 매 프레임당 각각의 양자화 계수들에 따른 의존적인 문제를 독립적인 문제로 단순화시킬 수 있는데 이는 전형적인 비디오 부호화기에 있어서, 첫 프레임만 결정되면 나머지 인트라 프레임 부호화는 현재 프레임과 예측된 프레임과의 차가 독립적으로 부호화 되는 구조를 가지고 있기 때문에 가능하다. 이를 알고리즘으로 정리하면 다음과 같다.

알고리즘 3.1 고속 버퍼 제한 비트율 할당 방법 (제안한 방법)

- **과정 1:** 초기 버퍼 상태 $B(0) = 0$ 로 하고 인트라 프레임 부호화를 위한 양자화 계수와 최대 버퍼 크기 B_{max} 를 임의로 설정한다.
- **과정 2:** 첫번째 프레임을 위해 인트라 프레임 부호화 한다.
- **과정 3:** 부호화 결과 나오는 비트량인 $Rate$ 를 이용, 비트율 제어를 위한 버퍼 크기 B_{rate} 와 버퍼 상태 $B(k)$ 를 갱신하는데, 그 식은 다음과

같다.

$$B_{rate} = B_{max} - \max(B(k-1) + Rate - R, 0)$$

$B(0) = B(k) = B_{rate}/2$ 여기서 R 은 프레임당 전송률이 되고 k 는 부호화되는 프레임의 번호를 나타낸다.

- **과정 4:** 입력되는 프레임과 기 부호화된 기존 프레임 사이에서 움직임 추정 및 보상을 한 후 현재 프레임과 보상된 프레임과의 차를 구한 차영상을 만든다.
- **과정 5:** 앞 과정들에서 계산된 버퍼 상태 $B(k)$ 와 과정 4에서 구한 차영상을 대상으로 버퍼 제한이 있는 라즈랑즈 최적화 방법인 알고리즘 2.2를 수행한다.
- **과정 6:** 이후에 입력되는 프레임들을 부호화하기 위해 $k = k + 1$ 로 변경한 후 과정 4로 간다.

제안한 알고리즘 3.1을 이용하게 되면 인트라 프레임 부호화에 있어서는 최적인 양자화 계수를 구할 수 없지만 인트라 프레임 부호화에 있어서는 매크로 블록 당 적응적인 최적의 양자화 계수를 구할 수 있어 GOP 단위로 구성된 전형적인 비디오 부호화기에는 알고리즘 3.1이 기존의 고정 비트율 할당 방법인 [10]에 비해 평균 화질면에서 우수할 것으로 기대된다

IV. 모의실험 및 결과

제안한 방법의 성능을 입증하기 위해 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 성능은 8x8 움직임 보상이 사용되지 않은, 같은 조건하의 H.263 부호화기[10]에서 비교하였다. 두가지 방법 모두 제한된 움직임 벡터 모드가 사용되었으며, 사용된 부호화 구조는 IPPP...로써 PB-프레임 모드가 적용되지 않았다. 구문 기반 산술 부호화(syntax-based arithmetic coding) 모드가 쓰이지 않은 반면, 양자화된 DCT 계수들의 인덱스를 부호화하기 위해 H.263의 3차원 가변 길이 부호화가 사용되었다.

표 1은 모의실험 환경을 보여준다. 표 1에서 보는 바와 같이 QCIF (Y:176x144, U,V:88x72) 규격을 갖는 Mother & Daughter, Hall monitor, Silent voice 등과 같은 3종류의 영상 시퀀스들을 입력 영상으로 사용하였으며, 비트율 제어를 위한 버퍼 크기는 12000 bits에서 40000 bits까지 변화를 주었다.

표 1. 모의실험 환경

Test sequence	Bitrates (kbps)	Buffer size (Bits)
Mother & Daughter	24/48	13000 ~ 40000
Hall monitor	24/48	13000 ~ 40000
Silent voice	24/48	13000 ~ 40000

실험에 사용된 영상들은 모두 10Hz의 주기로 설정되었으며, 총 10초 분량의 영상에 대해 표 1와 같은 조건하에서 인트라 프레임 초기 양자화 계수를 10으로 설정한 후 기존의 H.263 비트율 제어 알고리즘과 버퍼 제한이 있는 제안한 알고리즘인 알고리즘 3.1을 각각 실험하였다.

제안한 알고리즘과 H.263의 성능을 비교하기 위해 제안한 알고리즘이 어떠한 특성을 갖는 가를 먼저 실험해 봤는데, 그림 2 와 3은 이에 대한 결과를 보여주고 있다. 그림2는 24kbps의 전송률에서 Mother & Daughter 영상에 대해 버퍼 크기에 따른 평균 PSNR의 변화를 보여주는 것으로써 버퍼 크기가 커짐에 따라 PSNR이 어느 정도는 증가하나 일정 크기 이후부터는 PSNR의 변화가 없음을 알 수 있었다. 이는 부호화기가 무한정 버퍼 크기를 크게 한다고 해서 성능이 계속 좋아지는 것이 아니라 어느 크기 이후부터는 일정한 성능을 나타냄을 입증하는 것으로써 버퍼 설계 시 영상의 특성에 따라 적절한 버퍼의 크기가 정해져야 할 것이다.

그림 3은 24kbps의 전송률에서 Mother & Daughter 영상에 대해 버퍼 크기에 따른 버퍼 점유율을 비교한 것으로써 버퍼 크기를 각각 13000(Buff_13), 16000(Buff_16), 18000(Buff_18), 20000(Buff_20)으로 설정하였다. 그림 3의 버퍼 점유율은 알고리즘 3.1의 과정 3에 따라 인트라 프레임이 부호화될 때 발생한 비트수를 전체 버퍼 크기에서 뺀 이후의 버퍼 상태를 나타낸 것인데, 그림 3에서 보는 바와 같이 버퍼 크기에 따라 시작 버퍼 점유율이 다르기 때문에 버퍼 크기가 작을수록 언더플로우가 되는 확률이 많아 평균 PSNR이 낮아지게 된다(그림 2참조).

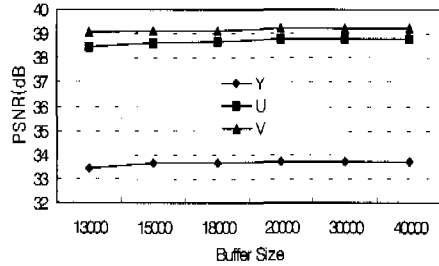


그림 2. "Mother & Daughter" 영상에서 버퍼 크기에 따른 PSNR의 변화

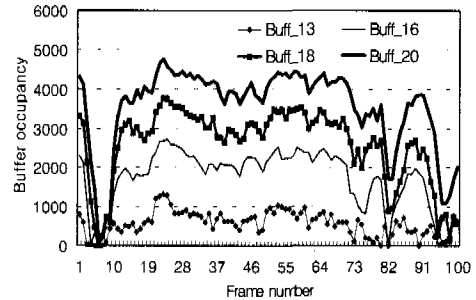
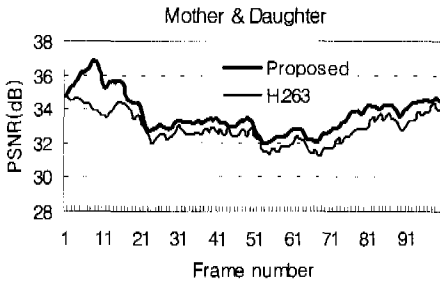
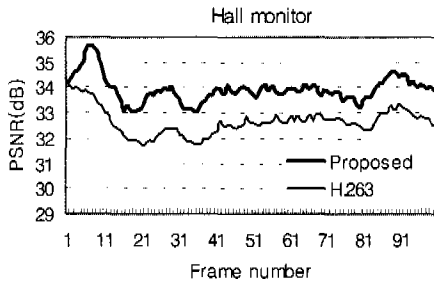


그림 3. 버퍼 크기에 따른 버퍼 점유율의 비교

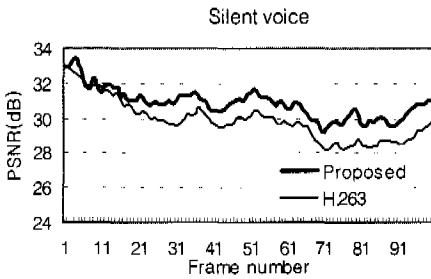
그림 4는 24 kbps의 전송률에서 (a) Mother & Daughter, (b) Hall monitor, (c) Silent voice 영상 시퀀스들에 대해 H.263 방법과 제안한 방법들을 적용했을 때의 Y 프레임에 대한 PSNR 결과를 보여주는 것으로써, 초기 인트라 프레임은 두 방법 모두 양자화 계수 10을 모든 매크로 블록에 대해 똑같이 적용했기 때문에 같은 PSNR의 결과를 나타냈지만 그 이후에 나오는 인트라 프레임에 대해서는 기존의 방법에 비해 제안한 방법이 모든 프레임에서 월등히 나은 결과를 나타내고 있다. 이는 기존의 방법이 단지 현재의 버퍼 상태와 전 프레임의 부호화된 비트량만을 참조하여 다음 프레임을 위한 비트 할당량을 결정하는데 반해 제안한 알고리즘은 부호화될 프레임의 매크로 블록단위로 모든 왜곡과 비트량을 조사, 주어진 프레임의 목표 비트량 내에서 가장 전체 왜곡이 적은 경우의 양자화 계수들을 선정하여 매크로 블록단위로 양자화하기 때문이다.



(a)



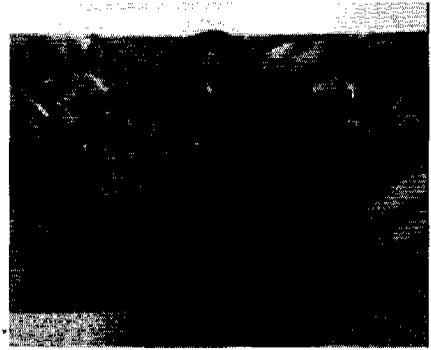
(b)



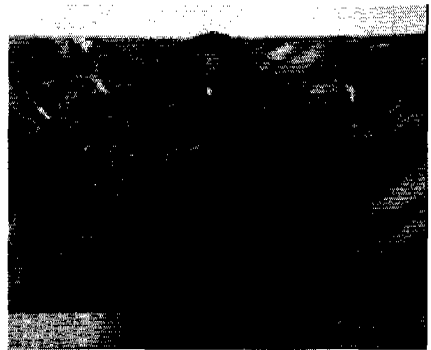
(c)

그림 4. 24kbps에서 제안한 방법과 H.263의 PSNR 비교

그림 5는 24kbps에서 Silent voice영상의 300번째 프레임이 복원된 영상을 보여주는 것으로서 (a)는 H.263을 (b)는 제안한 방법을 각각 나타내고 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이 제안한 방법이 H.263방법에 비해 같은 비트율에서도 화질이 우수함을 알 수 있는데, 이는 제안한 방법의 비트율 제어가 비트율-왜곡 관계를 고려한 알고리즘으로써 매크로 블록 당 최적의 양자화 계수를 할당한 결과라 할 수 있겠다.



(a) H.263



(b) Proposed

그림 5. 24kbps에서 "Silent voice"의 복원된 영상 (300번째 프레임)

표 2는 비교 대상이 되는 두 알고리즘을 모든 실험 영상에 대해 비트율을 달리하면서 적용한 프레임 당 평균 PSNR을 보여주고 있는 것으로써, 전송 비트율이 달라져도 제안한 방법이 기존의 H.263 방법에 비해 우수한 성능을 얻을 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 동영상 부호화에 있어서 첫 번째 프레임의 부호화 방법인 인트라 프레임 부호화만 결정이 된다면, 차후에 부호화되는 프레임들은 움직임 보상 후의 오차 신호가 독립적으로 부호화 된다는 점을 착안, 오차 신호에 대한 독립적인 최적 비트율 제어 방법을 제안하였다.

제안된 최적 비트율 제어는 부호화기에 존재하는 유한한 양자화 계수들 내에서 같은 비트율을 갖다

표 2. 모의실험 결과

Bitrates Resolution Frame rate	Sequences	H.263			Proposed		
		PSNR			PSNR		
		Y	U	V	Y	U	V
24 kbps	M & D	32.88	38.31	38.66	33.71	38.80	39.25
	QCIF	32.66	36.92	39.15	33.92	37.64	39.98
	10 Hz Silent	29.87	34.36	35.56	30.85	34.84	36.08
48 kbps	M & D	35.67	39.95	40.23	35.98	40.10	40.50
	QCIF	36.19	38.62	40.73	37.31	39.44	41.26
	10 Hz Silent	32.93	36.04	37.34	33.04	36.23	37.24

라도 최상의 화질을 얻기 위해 각 블록당 혹은 프레임당 가장 적절한 양자화 계수를 찾아 양자화하는 것으로써 부호화할 시점의 버퍼 상태만을 이용해 양자화 계수를 선택하는 기존의 양자화 방법들에 비하면 계산의 복잡도는 높다고 하겠다. 그러나 이와 같은 연구는 주어진 부호화 환경 내에서 최적의 해답이 무엇인지를 알아보기 위한 훌륭한 지표가 될 수 있으며, 이러한 지표는 새로운 버퍼 제어 방법들을 개발하는데 있어 최상의 목표로서 선정될 수 있을 것이다.

본 논문에서 제시한 방법의 응용 분야를 살펴보면, 복잡도가 높아 현재로서는 실시간 응용 분야에는 적절치 않으나 비실시간 응용 분야인, 방송이나 Video-CD, 인터넷 같은 저장 매체를 이용한 분야에는 유용하다고 하겠다. 그러나 현재 사용되고 있거나 앞으로 사용될 영상 부호화를 이용한 응용을 면밀히 분석해 보면, 의외로 실시간을 요하는 분야들이 적다는 것을 알 수 있으며, 설령 실시간을 요하는 응용 분야라 할 지라도 하드웨어 기술의 발전에 따라 복잡도가 높은 알고리즘도 향후 적용 가능하리라 생각된다.

본 논문에서는 동영상 통신을 위한 최적 비트율 제어를 다루었으나 향후 통신의 방향은 단일미디어만의 통신이 아니라 멀티미디어 통신을 지향하는 만큼 멀티미디어 통신을 위한 최적의 다중 객체 비트율 제어에 관한 연구가 진행되어야 할 것이며, 동영상을 위한 최적 비트율 제어 방법도 보다 빠르게 최적의 해답을 찾는 방법들이 계속 연구되어져

야 할 것이다.

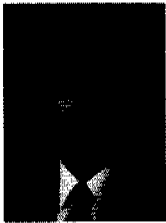
참고 문헌

- [1] MPEG video simulation model three, ISO, coded representation of picture and audio information, 1990.
- [2] C.-T. Chen and A. Wong, "A self-government rate buffer control strategy for pseudoconstant bit rate video coding," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 2, no. 1, pp. 50-59, Jan. 1993.
- [3] J. Zdepsky, D. Raychaudhuri, and K. Joseph, "Statically based buffer control policies for constant rate transmission of compressed digital video," *IEEE Transactions on Communications Systems*, vol. 39, no. 6, pp. 947-957, June 1991.
- [4] A. Ortega, K. Ramchandran, and M. Vetterli, "Optimal trellis-based buffered compression and fast approximations," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 3, no. 1, pp. 26-40, Jan. 1994.
- [5] Y. Shoham and A. Gersho, "Efficient bit allocation for an arbitrary set of quantizers," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech Signal Processing*, vol. 36, no. 9, pp. 1445-1453, Sep. 1988.

- [6] K. Ramchandran, A. Ortega, and M. Vetterli, "Bit allocation for dependent quantization" with applications to MPEG video coders," In *Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, PP. 381-384, April 1993.
- [7] K. Ramchandran, A. Ortega, and M. Vetterli, "Bit allocation for dependent quantization with applications to multiresolution and MPEG video coders," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 533-545, Sep. 1994.
- [8] M. Minoux, *Mathematical Programming: Theory and Algorithms*, Wiley, 1986.
- [9] G. L. Nemhauser and L. A. Wolsey, *Integer and combinatorial optimization*, Wiley, 1988.
- [10] ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bitrate communication," 1995.

김 학 수(Hak Soo Kim)

정회원



1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
 1992년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사
 1998년 8월 : 연세대학교 전자공학과 박사

1984년 12월~1995년 10월 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 선임연구원

1999년 3월~현재 : 성공회대학교 컴퓨터정보학부 교수

<주관심 분야> 영상입축, 영상신호처리, 멀티미디어 통신

정 연 식(Yeonsik Jeong)

정회원

현재: 연세대학교 전자공학과 박사과정
 한국통신학회 논문지 제24권 제3B호 참조