

다중 기술 부호를 이용한 적은 비트량 증가의 오류 내성 동영상 부호화

정희원 김 태 진*, 박 래 홍*

Error Resilient Video Coding Using Multiple Description Codes with Small Overhead Bits

Tae-Jin Kim*, Rae-Hong Park* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 다중 기술 부호화 방법을 이용하여 연속된 프레임간의 오류 전파를 최소화하는 동영상 부호화기를 제안한다. 데이터를 두개 이상의 채널로 나누어 전송하는 다중 채널 방법은 필연적으로 압축 효율을 떨어뜨리게 된다. 제안한 오류 내성 방법은 움직임 벡터 및 DCT의 저주파수 성분만을 선택적으로 적용함으로써 비트율 증가를 줄인다. 동일한 비트량 증가율의 조건에서 인트라 업데이트의 방법과 오류 내성 효과를 비교하였다. 패킷 손실의 오류 환경을 가정했을 때, 모의 실험 결과는 제안한 방법이 적은 비트량 증가를 가지면서도 우수한 오류 내성 효과가 있음을 보여준다.

ABSTRACT

This paper proposes a robust video codec that minimizes error propagation using multiple description codes. The multiple channel coding method essentially gives a low coding efficiency in comparison with the single channel coding method. The robust video codec with small overhead bits is proposed by applying multiple description coding to motion vectors and low frequency components of the discrete cosine transform (DCT) coefficients. With the same overhead condition, the performance of the proposed algorithm is compared with that of the intra update method. In packet loss environments, simulation results show that the proposed method gives the effective error-resilience with small overhead bits.

1. 서 론

일반적인 동영상 부호화 시스템은 공간적 중복성 (spatial redundancy)과 시간적 중복성 (temporal redundancy)을 최대한 이용하여 압축효율을 높이고 있다^{[1][2]}. 즉, 중복 정보를 최대한 제거함으로써 부호화량을 줄이기 때문에 어느 위치 또는 어느 시점에서의 부호 오류는 이후 다른 곳에서 연관되는 정보를 얻기 어려워져 오류 복원시 많은 어려움이 따른다. 또한 공간적 및 시간적 중복성이 제거된 정보

는 부호화시 엔트로피 부호화 방법에 의한 가변장 부호를 통하여 다시 통계적 중복성이 제거되기 때문에, 부호화된 동영상 정보는 한 비트의 오류일지라도 매우 민감하게 영향을 받게 된다. 더욱이 움직임 보상에 의해 어느 한 프레임에서의 오류는 이후의 연속적인 프레임에서 그 오류의 영향이 계속 나타나는 오류 전파 (error propagation)를 의미한다^[3].

오류의 연속적 전파를 방지 및 최소화하기 위한 송신단에서의 오류 내성 방법이 다양한 각도에서 제시되고 있다. 오류의 영향이 주변 블록 및 이후 프레임으로 더 이상 확산 및 전파되는 것을 막기

* 서강대학교 전자공학과(rhpark@ccs.sogang.ac.kr)

논문번호 : 020005-0107, 접수일자 : 2002년 1월 7일

※본 연구는 서강대학교 산업기술연구소에서 지원되었음.

위한 방법으로 주기적인 재동기화 부호의 삽입과 각 group of block (GOB)의 독립적인 부호화, 그리고 주기적인 인트라 macroblock (MB) 및 인트라 프레임에 의한 갱신 방법을 들 수 있다. 반면, 다채널 전송 방법을 통한 계층적 부호화 (layered coding)나 다중 기술 부호화 (multiple description coding, MDC)와 같이 오류가 발생하더라도 그 화질 열화가 최소가 되도록 하는 방법을 들 수 있다. 또한, 비트열 자체를 오류 판별 및 오류 내성에 효과가 있도록 구성하는 방법을 생각할 수 있는데, 단순한 오류 정정 코드 외에 데이터 분할 기법 및 가역 가변장 부호화 기법을 예로 들 수 있다. 이외에도 양방향 통신이 가능한 채널에서 응용될 수 있는 자동 재전송 요구 (automatic retransmission request, ARQ)를 생각할 수 있다^{[4]-[8]}.

본 논문에서는 오류 전파 방지 및 오류 전파로 인한 화질 열화를 최소로 하기 위해, 다채널 전송 방법의 하나인 다중 기술 부호를 이용한 오류 내성 방법을 제시하였다. 이때 H.263 기본 부호화기를 기본으로 비트율 증가가 최소가 되도록 고려하였으며, 해당 비트율 증가가 효과적인지 살피기 위해 오류 전파 차단 방법인 인트라 업데이트와 같은 비트율 조건에서 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 다중 기술 부호화 방법의 기본 이론을 보이며, III장에서는 다중 기술 부호를 이용하는 제안한 방법을 설명한다. IV장에서는 여러 가지 실험 조건에서 각 부호화 방법의 오류 내성 성능을 비교하여 그 실험 결과 및 추세를 토의한다. 마지막으로 V장에서 결론을 내린다.

II. 다중 기술 부호화 방법

부호화 과정은 정보원 샘플을 부호화기의 코드북 색인으로 대응시키는 과정이다. 복호화 과정은 송신기로부터 채널을 통해 전송된 각 색인 부호를 복호화기의 코드북을 참조하여 복원하는 역과정이라 할 수 있다. 정보원 샘플 x 가 코드북에서 전체 M 개의 색인중 색인 i 로 대응되어 표현된다면 부호화 함수 f 및 복호화 함수 g 는

$$\begin{aligned} i &= f(x) \\ \hat{x} &= g(i) \end{aligned} \quad (1)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 \hat{x} 는 정보원 샘플의 복

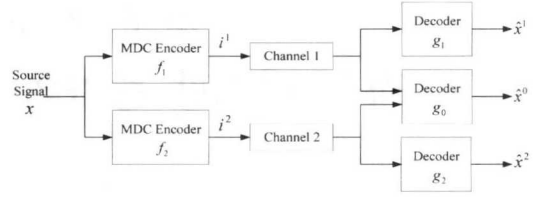


그림 1. 다중 기술 부호화 및 복호화 시스템의 블록도

호화기에서 복원된 x 의 값이다.

다중 기술 부호화기는 정보원 샘플을 여러 개 코드북 각각의 색인에 대응시켜 여러 개 채널로 나누어 전송하는 방법이다. 가령 그림 1과 같은 두 채널 전송을 위한 부호화 방법은, 정보원 샘플 x 를 각 채널의 코드북을 참조하여 각각 색인 i_1, i_2 로 표현한다. 각 채널에 대한 대응 함수를 f_1, f_2 라 할 때, 이의 과정은

$$\begin{aligned} i^1 &= f_1(x) \\ i^2 &= f_2(x) \end{aligned} \quad (2)$$

으로 나타낼 수 있다. 여기서 i_1 과 i_2 은 각 채널별 코드북의 전체 색인수 M_1, M_2 개중에서 하나로 택해진다.

수신단의 세 복호화기 g_0, g_1, g_2 는 각 채널정보의 오류 유무에 따라 셋 중에서 하나만 동작한다. 만약 두 채널이 모두 오류없이 제대로 전송되었다면 g_0 이 동작하며, 채널-1(채널-2)만이 오류가 없는 신호라면 $g_1(g_2)$ 가 동작한다. 이의 과정은

$$\begin{aligned} \hat{x}^0 &= g_0(i^1, i^2) \\ \hat{x}^1 &= g_1(i^1) \\ \hat{x}^2 &= g_2(i^2) \end{aligned} \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 $i^1 \in \{1, 2, \dots, M_1\}$, $i^2 \in \{1, 2, \dots, M_2\}$ 를 만족한다. 쌍을 이루는 각 다중 기술 부호들은 서로 연관성을 가지도록 하여 어느 한 채널의 값으로부터 다른 한 채널의 값을 대략 유추할 수 있도록 설계된다.

두 채널의 정보가 모두 올바르게 전송되었다면 원래의 단 채널 부호화 방법과 동일한 복원 결과를 얻을 수 있으며, 반면 어느 한 채널의 정보만이 유효하더라도 앞의 설계에 의해 대략적인 근사 결과를 얻을 수 있다. 최적의 다중 기술 부호화 방법

은 비트량 증가를 최소화하면서 부분 데이터만으로 복원시에도 신호 왜곡을 최소화하는 것이다^{9)~11)}. 따라서 이는 채널의 허용 대역폭과 오류 확률 및 목표 복원 품질을 종합적으로 고려하여 설계하여야 한다.

다중 기술 부호화의 비트량 증가를 최소화하기 위해 복호기의 오류 은닉 방법에 의존하여 각 MB 들에 선택적으로 적용한 예도 살펴볼 수 있다¹²⁾. 여기서 부호화기는 복호기에서 적용되는 오류 은닉 방법을 알고 있어, 오류 은닉의 효과가 작은 MB에 대해서만 다중 기술 부호로 부호화한다. 그러나, 영상 자체가 움직임이 많은 경우에는 오류 은닉 효과의 감소로 오류 발생시의 화질 열화 방지 효과가 작게 되거나, 그렇지 않다면 허용 비트량 증가율을 보다 높여 설계하여야 할 것이다.

III. 제안한 다중 기술 부호화 방법

1. 부호기의 설계

계층 부호화 기반의 차등 오류 보호 방법은 영상의 대략적인 중요 정보는 기본 계층 (base layer)으로 전송하고 보다 자세한 정보는 상위 계층 (enhancement layer)으로 전송하여 기본 계층 정보 보호에 보다 우선권을 주어 보호하는 방법이다. 이 경우 상위 계층의 정보를 오류로 인하여 잃어버리더라도 보호된 기본 계층의 정보만으로도 어느 수준 이상의 복원 화질을 얻을 수 있다^{3)~5)6)}.

제안한 방법에서는 오류 영향시에도 충분한 정도의 복원 화질을 만족하면서, 다중 기술 부호화로 인한 지나친 비트량 증가를 막기 위해 영상의 중요 정보에 대해 선택적으로 다중 기술 부호화 방법을 적용한다. 동영상에 있어 움직임 벡터 및 저주파 성분의 DCT 계수가 상대적으로 더 중요한 정보라고 할 수 있으므로 제안한 방법에서는 위 정보들만을 대상으로 다중 기술 부호로 부호화하여 보호한다. 이러한 관점에서 보면 제안한 방법은 차등 오류 보호의 계층 부호화 방법과 부분적으로 상통하는 방법이다.

그림 2는 제안한 방법에서 DCT 계수의 각 채널 별 스캔 방법과 다중 기술 부호화가 적용되는 저주파 계수의 범위를 보이고 있다. 음영으로 표시된 부분이 저주파 대역을 나타내는데, 압축률과 오류시 복원화질을 고려하여 하위 3×3 부분을 저주파 대역으로 택한다. 채널-1에서는 다중 기술자로 나뉘어진 저주파 값과 그 외의 고주파 계수가 함께 런-레

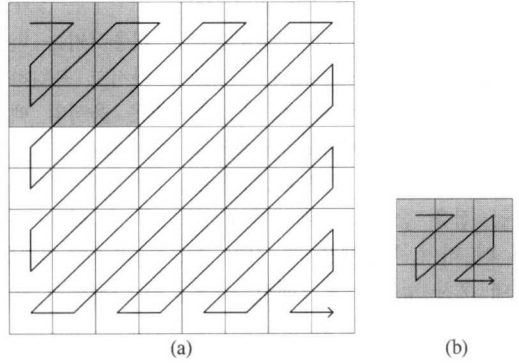


그림 2. DCT 계수의 런-레ング 부호화시 스캔 방식. (a) 채널-1 (b) 채널-2

스 (run-length) 부호화되고 채널-2에서는 다중 기술자로 나뉘어진 다른 저주파 계수들이 런-레ング 부호화된다.

움직임 벡터의 예측 부호화는 각 채널별 나뉘어진 움직임 벡터값을 대상으로 채널-1과 채널-2에서 독립적으로 수행된다. 저주파 DCT 계수 및 움직임 벡터값은 표 1과 같이 각 스칼라 값을 두 단계로 나누는 방법이 적용된다. 가로 축은 채널-1을 통해 전송될 값, 세로 축은 채널-2를 통해 전송될 값을 나타낸다. 즉, 채널-1을 통해 전송될 움직임 벡터값은 원래 값의 대략 1/2 정도의 값이 되고, 채널-2의 움직임 벡터값은 1/4 정도가 된다. 움직임 벡터에 대한 단위는 0.5 화소 단위로 표에서의 1은 움직임 벡터값 0.5를 의미하여 DCT 계수의 경우는 1이 된다. 표 1은 단 채널 부호화에서의 원래의 값을 x 라고 하고 각 채널별로 나뉘어질 값을 x^1 및 x^2 라고 했을 때,

$$\begin{aligned} x^1 &= x - 2 \cdot \lfloor \frac{x+2}{4} \rfloor \\ x^2 &= \lfloor \frac{x+2}{4} \rfloor \end{aligned} \quad (4)$$

표 1. 스칼라 값의 다중 기술 부호화표

채널-1 \ 채널-2	...	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	...
...	...												
-3		-12	-10										
-2			-9	-8	-7	-6							
-1					-5	-4	-3	-2					
0							-1	0	1				
1								2	3	4	5		
2										6	7	8	9
3												10	11
...													...

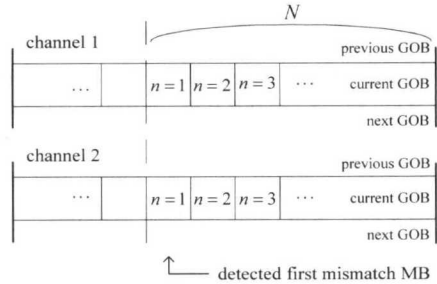
를 이용하여 작성한 것이다. 여기서 $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 소수점 이하 값을 무시하여 정수값으로 대응시키는 버림 연산을 뜻한다. 채널-1의 정보만 가지고 복원하는 경우에는 해당 채널로부터 전송받은 움직임 벡터값의 대략 두 배정도 되는 점을 중심으로 복원하고, 반면 채널-2의 경우에는 이보다 배인 네 배정도 부근 점을 중심으로 복원한다. 단순히 두 배 또는 네 배 하여 복원했을 때 각기 가능한 움직임 벡터 최대 오차 범위는 표 1에서 보듯이 각 채널에서 모두 한 화소 정도가 된다.

다중 기술 부호화기의 이점을 최대한 살리기 위해서는 두 채널의 데이터중 적어도 하나는 오류의 영향을 받지 않아야 한다. 물리적이든 논리적이든 간에 각 채널별 데이터는 독립적으로 부호화되어야 하며, 어느 한 채널의 정보가 손상받더라도 다른 한 채널의 정보로부터 근사적으로 복원할 수 있도록 구성하여야 한다. 따라서 움직임 벡터의 예측 부호화는 각 채널별로 독립적으로 이루어지도록 하며, COD (Coded Macroblock Indication bit) 및 인트라 MB의 표시부호 역시 독립적으로 부여한다. MB의 모드 및 부호 패턴을 표시할 때, 채널-1에서는 기존 H.263의 부호방식과 마찬가지로 부호화하며, 채널-2에서는 구분 가능한 별도의 인트라 MB 표시부호와 블록별로 DCT 계수의 유무를 나타내는 마커 비트를 사용한다.

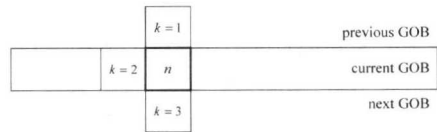
부호기에서는 이외에 오류 검출을 위해서 패러티 비트를 추가로 삽입하는데, 비트량 증가를 최소화하기 위해 각 채널의 MB 별로 MVD (Motion Vector Difference) 혹은 인접 블록간 DC값 차가 어느 이상 큰 값을 가지는 경우에 대해서만 한 비트의 패러티 비트를 부여한다. 이들 값이 오류의 영향으로 잘못 복호되어 갑자기 큰 값을 가질 경우 복원된 영상이 심한 화질 열화를 낳을 가능성이 보다 높다고 판단되기 때문이다.

2. 복호기의 설계

복호기 측면에서 보자면 다중 기술 부호화의 유리한 점은 어느 한 채널의 정보만으로도 원 신호에 근사하는 값을 복원해 낼 수 있다는 점도 있지만, 두 채널의 데이터를 비교함으로써 오류 검출시 보다 정확성을 기할 수 있다는 점이다. 어느 채널로부터도 오류를 검출하지는 못하였지만 두 채널 간의 데이터가 서로 부합되지 않은 경우는, 적어도 한 채널에서 오류가 일어난 것으로 판단한다. 이 경우는 두 채널중 한 채널만의 데이터를 택하도록 하는데,



(a)



(b)

그림 3. 채널간 비교를 통한 오류 검출과 올바른 채널의 결정. (a) 채널간 비교 (b) MB간 경계값 계산

그림 3과 같이 불일치로 검출된 첫 번째 MB부터 현재 GOB 행의 끝 MB까지의 N 개의 모든 MB들을 대상으로 각 채널별로 복원하여 주변의 오류가 없는 MB들과의 경계화소 밝기값 차를 조사한다. 이 과정은

$$channel = \arg \min_{c=1,2} \left(\sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^3 d^c(n, k) \right) \quad (5)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 $channel$ 은 채널 번호를, $d^c(n, k)$ 는 현재 MB n 을 채널- c 의 데이터로만 복원하였을 경우에 오류가 없는 이웃 MB k 와 이루는 경계 화소들의 밝기값 차를 뜻한다. 즉, 일반적인 영상 내의 근접 화소들은 많은 경우 비슷한 값을 가진다고 보면, 경계값 차가 최소가 되도록 하는 채널의 데이터를 보다 바른 정보일 것으로 판단하는 것이다. 식 (5)를 통해 일단 오류의 영향이 없는 것으로 판단되는 최적의 채널이 결정되면, 해당 채널의 데이터만을 가지고 가능 오차 범위 내에서 최적의 움직임 벡터값을 추정한다.

표 1에 의하면 어느 한 채널의 데이터로만 복원할 때 최악의 경우, 움직임 벡터값의 최대 오차는 원래 값으로부터 1.5 화소 정도가 된다. 가로 및 세로 방향으로 각 1.5 화소 정도의 움직임 벡터 오차는 연속된 경계선과 같은 경우에 시각적인 부자연스러움을 낳을 수 있다. 따라서 움직임 벡터를 오차 범위 내에서 최적의 값으로 조정할 필요가 있는데, 이 역시 주변 오류가 없는 MB들과의 경계값 차를

조사함으로써 결정한다.

MB n 의 현재 채널 데이터로부터 추정 가능한 움직임 벡터의 전체 수를 L_n 이라고 하면, 그 중에서 현재 MB n 의 최적 움직임 벡터를 나타내는 색인 l_n 은

$$l_n = \arg \min_{l_n' = 1, 2, \dots, L_n} \left(\sum_{k=1}^3 w_{l_n'} \cdot d_{l_n'}(n, k) \right) \quad (6)$$

와 같이 구할 수 있다. $d_{l_n'}(n, k)$ 는 MB n 을 색인이 l_n' 인 움직임 벡터로 복원했을 때, 주변 MB k 와 이루는 경계값 차를 뜻한다. $w_{l_n'}$ 은 영 벡터에 보다 비중을 두기 위한 가중치 값으로, 색인 l_n' 의 벡터가 영 벡터이고 바로 이전 프레임에서 MB n 의 움직임 벡터가 영 벡터였다면 0.7을, 이전 두 프레임 이상에서 연속하여 그렇다면 0.5를, 그 외의 경우에는 1을 적용한다.

움직임 벡터 복원의 정확성을 보다 기하기 위해서는 위와 같이 각 MB 별로 따로 구하는 것보다 식 (5)와 비슷한 방식으로 연관되는 전체 MB들을 함께 고려하여 한꺼번에 구할 수 있다. 대상이 되는 첫 번째부터 마지막까지 N 개의 MB 각각에 대한 움직임 벡터의 색인 집합을 $\{l_1, l_2, \dots, l_N\}$ 라고 했을 때

$$\begin{aligned} & \{l_1, l_2, \dots, l_N\} \\ &= \arg \min_{(l_1', l_2', \dots, l_N') \in L} \left(\sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^3 w_{l_n'} \cdot d_{l_n'}(n, k) \right), \\ & L = \{1, 2, \dots, L_1\} \times \{1, 2, \dots, L_2\} \times \dots \times \{1, 2, \dots, L_N\} \end{aligned} \quad (7)$$

에 의해 그 최적 색인값을 구한다. 여기서 L 은 N 개의 각 MB들의 움직임 벡터에 대한 색인 집합의 곱집합으로, 각 MB들이 가질 수 있는 움직임 벡터 후보들의 전체 집합이다. N 이 커질수록 요구되는 계산량이 대단히 많아지므로, 실제 적용에 있어서는 N 을 어느 한도 내로 제한하고 최적 경로 추적의 다이내믹 프로그래밍 기법^[13]을 적용하여 계산량 증가를 줄이도록 한다.

IV. 실험 결과 및 토의

본 장에서는 앞서 제안된 부호화기에 의해 생성된 동영상 비트 스트림에 오류를 적용하는 모의 컴퓨터 실험을 통해 오류 내성 효과가 어떠한 지를 보이도록 한다. 다양한 입력 영상을 사용하여 기존

의 부호화기를 거친 비트 스트림의 오류 영향 정도를 우선 살피고, 제안한 방법이 동일한 오류 환경에서 어떤 효과를 가지는 지를 보였다. 또한, 비교를 위해 인트라 업데이트 방법에 동일 조건을 적용했을 때의 결과와 그 차이를 같이 보였다.

각 경우 모두 율 제어 (rate control)는 적용하지 않고 고정된 양자화 변수를 사용하였으며, 0번부터 297번 프레임까지 (영상에 따라 초당 10 또는 8.33 프레임 정도의 프레임율로) 프레임 번호가 3의 배수인 전체 100개의 프레임을 부호화하였다. 처음 0번 프레임만 인트라 픽처로 부호화하였고 이후 프레임은 B 픽처없이 모두 P 픽처로 부호화하였다. 각 MB은 적어도 132번 이내에 한번은 인트라 모드로 부호화되어야 한다는 H.263 표준안에 따라^[2], 매 프레임마다 무작위로 선택하여 각 MB이 인트라 프레임 이후 100개 프레임 동안 적어도 한 번씩 인트라 모드로 부호화하였다. 비교 대상으로 삼은 인트라 업데이트 방법에서는 이보다 자주 인트라 모드로 부호화하여 비트량 증가를 제안한 방법과 동일하도록 조절하였다. 실험은 QCIF (Quarter Common Intermediate Format) 형식의 영상을 대상으로 하였고, 이때 PSC (Picture Start Code) 및 GBSC (Group of Block Start Code)와 같은 재동기화 헤더 부호는 어느 부호화 방법에서나 한 프레임에 5개씩 같게 부여하였다. 제안한 부호화기에서는 5개의 헤더를 채널-1과 채널-2에 적절히 배분한다.

먼저 각 부호화기의 부호화 비트량과 복원 화질을 비교하였으며, 오류 내성 성능의 비교를 위해 세 부호화기 각각에 대해 동일 조건의 오류를 적용하여 각기 대응되는 복호기의 복원 결과를 살펴보았다. 오류 환경으로는 특정 길이의 비트열을 전송중 잃어버리는 패킷 손실을 가정하여 인위적으로 특정 위치의 비트열을 동일한 길이로 없앴을 경우의 그 영향을 우선 살폈으며, 다시 난수발생기를 통하여 비트열 상에서 무작위로 패킷 손실을 적용하였을 때의 결과를 비교하였다. 고의적 오류 발생시는 프레임별로 화질 변동을 관찰하여 전후 영향 정도를 따졌으며, 무작위 오류 적용시에는 다양한 오류 확률로 여러번 반복하여 평균 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)을 취함으로써 전체적인 성능을 가늠하였다.

그림 4는 Foreman 영상에 대해 20, 15, 10, 8, 5의 고정된 양자화 변수로 부호화한 경우의 세 가지 부호화기로부터의 결과 부호화량과 이때 복원시의 화질을 보이고 있다. 양자화 변수가 20, 10, 그리고

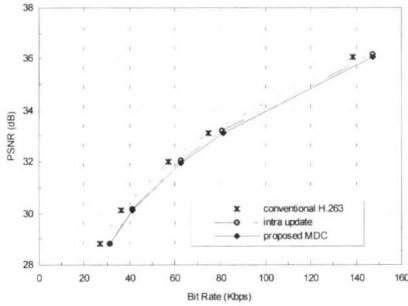


그림 4. 비트율에 따른 각 부호화 방법의 PSNR 비교 (Foreman 영상)

5일 때, 기존의 표준 부호화기에 대한 제안한 방법의 부호화기는 각기 17.7, 10.3, 그리고 6.4%의 비트량 증가율을 보이고 있다. 부호화량이 늘어날수록 비트량 증가율은 낮아지는데, 이는 제안한 방법에서는 움직임 벡터 및 낮은 주파수 성분의 DCT 계수에 대해서만 다중 기술 부호화를 적용하여 비트 증가량이 비교적 한정되기 때문이다. 비교 대상의 인트라 업데이트 방법은 비슷한 증가율을 가지도록 각 MB들을 짝은 빈도로 인트라 모드로 부호화하였는데, 인트라 부호화의 효과로 복원 화질 자체는 약간 더 우수하다고 할 수 있다.

그림 5는 인위적 오류를 특정 위치에 발생시켰을 때의 복원 영상을 보이고 있다. 세 경우 모두 30번

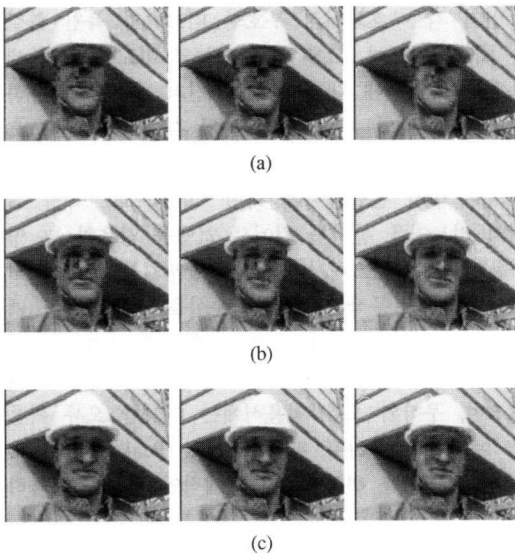


그림 5. 동일 위치 오류 발생시 각 부호화 방법의 복원 결과 (Foreman 영상 30, 33, 36번 프레임, 30번 프레임에서 오류 발생). (a) H.263 기본 부호화 방법 (b) 인트라 업데이트 방법 (c) 제안한 방법

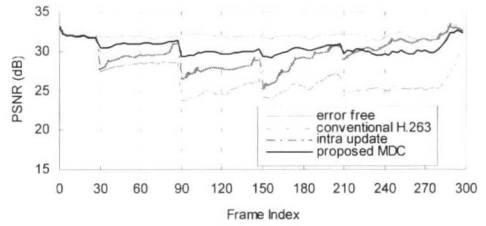
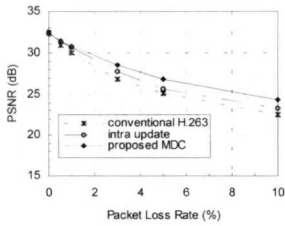


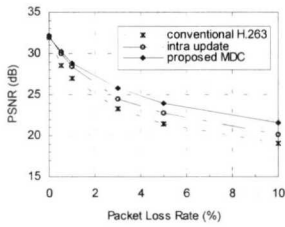
그림 6. 동일 위치 오류 발생시 프레임 단위의 복원 결과 비교 (Foreman 영상 30, 90, 150, 210번 프레임에서 오류 발생)

프레임의 중간 정도 부근에서 256 비트의 비트열 손실 오류를 발생시켰는데, 이후 프레임에 대한 오류 전파 현상의 영향 정도를 비교할 수 있다. 기존의 표준 부호화 방법은 오류 전파 현상이 이후 프레임에서도 오래 지속되며, 인트라 업데이트 방법은 어느 한도의 프레임 이내로 오류의 전파를 차단한다. 제안한 방법은 복원 움직임 벡터 오차 및 DCT 계수의 오차로 인해 복원 화질의 선명도는 다소 떨어지지만 급격한 화질 열화를 막아준다. 그림 6은 전체 시퀀스를 통해 화질 변동 정도를 살펴본 결과로서, 세 경우 모두 30, 90, 150, 210번 프레임에서 동일하게 오류를 발생시킨 결과이다. 그림에서와 같이, 인트라 업데이트 방법은 오류 프레임에서의 화질 열화를 이후 프레임에서 빠르게 회복하며, 제안한 방법의 화질 열화는 적은 특징을 살펴볼 수 있다.

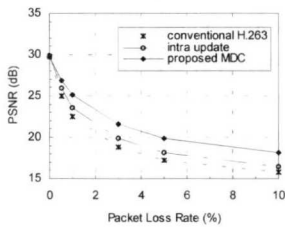
그림 7은 고정 양자화 변수 10을 적용해 부호화된 비트 스트림에 각기 0.5, 1, 3, 5, 10%의 무작위 오류 확률을 적용하여 복원 영상 화질을 비교한 것으로서, 패킷 크기는 100 바이트로 가정하고 50번 반복 실험하여 평균 PSNR을 취한 결과이다. 복원이 불가능한 오류 MB에 대해서는 이전 프레임 것을 그대로 취하는 간단한 오류 은닉 방법을 사용하였다. 그림의 결과에서 사용한 영상은 News, Foreman, Stefan 영상으로 각기 적은 혹은 중간 정도의 움직임을 갖거나 많은 움직임을 갖는 영상으로 분류될 수 있다^[14]. 제안한 방법이 같은 비트 증가량을 가지는 인트라 업데이트 방법보다 세 영상에서 모두 우수한 결과를 보이고 있다. 대략 움직임이 많을수록, 그리고 오류 확률이 높을수록 보다 우수하다고 할 수 있다. 이는 제안한 방법에서는 오류 은닉 효과가 떨어지는 움직임 요소가 많은 영상인 경우에도 오류 발생시 근소한 오차범위 내의 움직임 벡터 정보를 얻을 수 있기 때문이다.



(a)



(b)



(c)

그림 7. 무작위 오류 발생시 오류 확률에 따른 PSNR 결과 비교 (a) News (b) Foreman (c) Stefan

그림 8은 고정된 무작위 오류 확률에서 부호화 비트율을 변화시켰을 때 각 비트율에 대한 그 오류 내성 성능을 비교한 것이다. 1%의 오류 확률을 적용하고 양자화 변수를 각기 20, 15, 10, 8, 5로 변경시켰을 때의 Foreman 영상에 대한 실험 결과이다. 전반적으로 비트율이 높을수록 제안한 방법의 우수성이 더 뚜렷해짐을 볼 수 있다. 높은 비트율에서 오히려 화질이 떨어지는 것은, 고정된 오류 확률

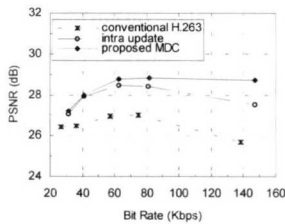
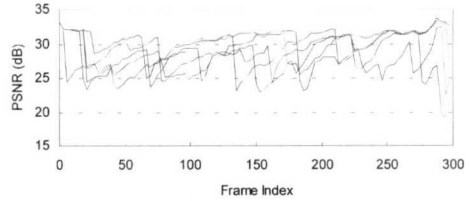
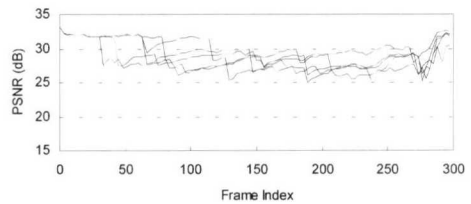


그림 8. 고정 오류 확률에서 비트율에 따른 PSNR 비교 (Foreman 영상)



(a)



(b)

그림 9. 프레임간 PSNR 변화 비교 (a) 인트라 업데이트 방법 (b) 제안한 방법

로 인해 비트율이 높아지면서 손상받는 프레임 수가 많아지기 때문이다.

그림 9는 인트라 업데이트 방법과 제안한 방법의 오류 내성 특징을 비교하기 위해 그림 7(b)의 50개 실험결과중 비슷한 평균 PSNR (대략 29dB)을 보이는 다섯 경우를 추려 프레임 단위로 각각 도시한 것으로, 그림 9(a)가 인트라 업데이트 방법이고 그림 9(b)가 제안한 방법이다. 그림 6에서와 같이 인트라 업데이트 방법은 오류의 연속적 전파를 차단함으로써 화질 복원을 빠르게 하고, 제안한 방법은 오류 발생시 화질 열화를 작게 한다. 또한 전체 50개 경우를 통해 PSNR의 표준분포 값을 계산해보면 인트라 업데이트 방법이 3.06dB인데 비해 제안한 방법은 2.05dB를 보인다. 이는 제안한 방법이 프레임입과 프레임간의 급격한 화질 변화를 막아 보다 부드러운 화면 연결을 제공한다고 할 수 있다.

그림 10은 이러한 결과를 토대로 각각의 부호화

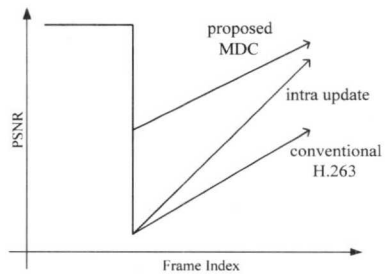


그림 10. 간략화한 각 부호화 방법의 오류 발생시 화질 복원 추세

방법의 추세를 대략 반영하여 나타낸 것이다. 즉, 제안한 방법은 오류 발생 이후 프레임에서 완전한 화질 복원 성능을 보이거나 오류의 영향을 가급적 어떻게 적게 받도록 하느냐에 초점이 맞춰져 있으며, 인트라 업데이트 방법은 일단 발생한 오류를 이후 프레임에서 얼마나 빠르게 복원하느냐에 맞춰져 있는 방법이라 할 수 있다. 복원시 그래프의 기울기는 얼마나 자주, 얼마나 효과적으로 인트라 모드로 업데이트하느냐에 관련된다고 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 연접 오류 (bursty error) 또는 패킷 손실로부터 복원 영상의 화질 열화를 최소화하기 위해 다중 기술 부호화 방법을 적용하여 적은 비트량 증가를 보이는 부호화기를 제안하였다. 다채널로 영상 정보를 전송하는 방식은, 오류가 없는 올바른 채널의 데이터만을 이용하여 복원하므로 전송 중 오류에 매우 강건한 특성이 있다. 그러나 다중기술 부호화 방법은 최적의 압축 효율을 가지도록 구성된 정보를 다채널 전송을 위해 나누는 방법이므로 필연적으로 비트량 증가가 따르게 된다. 제안한 부호화기에서는 이를 최소화하기 위해 움직임 벡터와 저주파 DCT 계수만을 두 채널의 데이터로 나누는 방법을 적용하였다. 그리고 비트량 증가가 합리적인 양인지를 따져보기 위해 인트라 업데이트 방법과 비교를 통해 그 특성을 분석하였다. 채널을 나누어 전송하는 방법에 의해 제안한 방법이 비교적 오류 확률이 높을수록, 높은 비트율의 부호화 방법일수록, 그리고 움직임이 많은 영상일수록 좋은 성능을 나타냄을 보였다.

실험을 통하여 제안한 방법이 적은 비트량 증가로 무선 환경과 같은 대역폭이 제한된 극심한 오류 환경의 전송망에서 적용될 수 있는 오류 내성 방법이라 판단된다. 추후과제는 제안한 방법에 적합한 인트라 업데이트 방법 및 오류 은닉 방법과의 결합에 대한 연구이다. 또한 부호화시 울-왜곡 관계를 적용하여 보다 최적의 압축효율과 오류 복원성능을 가지도록 부호화기를 설계토록 한다.

참 고 문 헌

[1] K. R. Rao and J. J. Hwang, *Techniques and Standards for Image, Video, and Audio Coding*, Prentice Hall, 1996.

[2] ITU-T, *Video Coding for Low Bit Rate Communication*, ITU-T Recommendation H.263 version 2, Jan. 1998.

[3] S. Wenger, G. Knorr, J. Ott, and F. Kossentini, "Error resilience support in H.263+," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. CSVT-8, no. 7, pp. 867-877, Nov. 1998.

[4] G. Côté, S. Shirani, and F. Kossentini, "Optimal mode selection and synchronization for robust video communications over error-prone networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-18, no. 6, pp. 952-965, June 2000.

[5] R. Aravind, M. R. Civanlar, and A. R. Reibman, "Packet loss resilience of MPEG-2 scalable video coding algorithms," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. CSVT-6, no. 5, pp. 426-435, Oct. 1996.

[6] M. Gallant and F. Kossentini, "Rate-distortion optimized layered coding with unequal error protection for robust internet video," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. CSVT-11, no. 3, pp. 357-372, Mar. 2001.

[7] Y. Wang and Q.-F. Zhu, "Error control and concealment for video communication: A review," *Proc. IEEE*, vol. 86, no. 5, pp. 974-997, May 1998.

[8] Y. Wang, S. Wenger, J. Wen, and A. K. Katsaggelos, "Error resilient video coding techniques," *IEEE Signal Processing Mag.*, vol. 17, no. 4, pp. 61-82, July 2000.

[9] A. A. El Gamal and T. M. Cover, "Achievable rates for multiple descriptions," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-28, no. 6, pp. 851-857, Nov. 1982.

[10] V. A. Vaishampayan, "Design of multiple description scalar quantizers," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-39, no. 3, pp. 821-834, May 1993.

[11] A. Reibman, R. Puri, H. Jafarkhani, Y. Wang, and M. Orchard, "Multiple description video coding using motion-compensated temporal prediction," *Q15-H-23, ITU-T Q15/SG16*, Berlin, Germany, Aug. 1999.

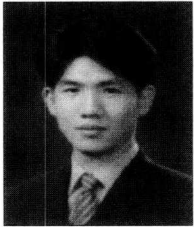
[12] W. S. Lee, M. R. Pickering, M. R. Frater, and

J. F. Arnold, "A robust codec for transmission of very low bit-rate video over channels with bursty errors," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. CSVT-10, no. 8, pp. 1403-1412, Dec. 2000.

- [13] D. K. Smith, *Dynamic Programming : A Practical Introduction*, Ellis Horwood, 1991.
- [14] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N3312, *MPEG-4 Video Verification Model Version 16.0*, Mar. 2000.

김 태 진(Tae-Jin Kim)

정회원



1999년 8월 : 서강대학교 전자
공학과 졸업
2001년 8월 : 서강대학교 전자
공학과 석사

<주관심 분야> 영상통신, 영상신호처리, 컴퓨터비전

박 래 홍(Rae-Hong Park)

정회원

한국통신학회 논문지 제22권 제6호 참조
현재 : 서강대학교 전자공학과 교수