

채널상태에 적응적인 계층 부호화를 이용한 오류 은닉 방법 연구

정희원 한승균*, 박승호*, 서덕영*

Channel Condition Adaptive Error Concealment using Scalability Coding

Seung-Gyun Han*, Seung-Ho Park*, Doug-Young Suh* *Regular Members*

요 약

본 논문은 손실이 발생하기 쉬운 무선 네트워크에서 계층 부호화를 이용한 비디오 데이터의 적응적 오류 은닉기법을 제안한다. 비디오 데이터는 압축과정에서 중복성이 제거되므로, 전송 시 무선채널과 같이 손실이 발생하기 쉬운 네트워크에서는 오류에 더욱 더 민감하다. 본 논문에서 제안하는 오류 은닉방법은 두 가지이다. 첫째는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 VOP로 은닉하는 방법이고, 두 번째는 오류가 발생한 영역을 움직임의 유무에 따라 움직임이 있는 부분은 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉하고 움직임이 없는 부분은 이전 VOP의 같은 위치 영역 정보로 은닉하는 적응적인 방법이다. 본 논문에서는 제안하는 오류 은닉 방법을 계층 부호화된 비디오 데이터에 적용했을 때 매우 유용함을 입증한다. 실험 결과에서 무선네트워크 망의 상태에 따라 달라지는 에러 패턴과 영상의 특성에 따라, 기본계층의 정보를 참조하거나 이전 VOP 정보를 참조함으로써 좀 더 나은 은닉방법임을 보였다. 본 논문에서는 계층부호화에 MPEG-4를 사용하는데, 더 나아가 DCT를 근간으로 하는 모든 비디오 코덱에 응용할 수 있다.

Key Words : scalable coding, wireless, error concealment

ABSTRACT

In this paper, we propose the adaptive error concealment technique for scalable video coding over wireless network error prone environment. We prove it is very effective that Error concealment techniques proposed in this paper are applied to scalable video data. In this paper, we propose two methods of error concealment. First one is that the error is concealed using the motion vector of base layer and previous VOP data. Second one is that according to existence of motion vector in error position, the error is concealed using the same position data of base layer when the motion vector is existing otherwise using the same position data of previous VOP when the motion vector is 0(zero) adaptively. We show that according to various error pattern caused by condition of wireless network and characteristics of sequence, we refer decoder to base layer data or previous enhancement layer data to effective error concealment. Using scalable coding of MPEG-4 In this paper, this error concealment techniques are available to be used every codec based on DCT.

* 경희대학교 전자정보학부 (sgghan@khu.ac.kr, shpark@cvs2.khu.ac.kr, suh@khu.ac.kr)
논문번호 : 030333-0801, 접수일자 : 2003년 8월 1일

1. 서론

무선 네트워크를 통하여 이동 중에 비디오를 전송하는 서비스의 요구가 커져감에 따라 더 나은 질의 서비스를 제공하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 손실이나 오류가 발생하기 쉬운 무선 네트워크에서 더 나은 질의 서비스를 제공하기 위해서는 손실이나 오류에 대한 내성이 강해야 한다. 에러의 영향을 최소화하기 위한 방안으로 이미 많은 연구가 이루어져 왔다. 하지만 대부분의 연구가 단일 계층 부호화에 초점이 맞춰져 왔다. 단일 계층에서의 에러 은닉에 대한 연구는 오랫동안 이루어져 왔으며 종류도 매우 다양하다^[1]. Liang과 Girod는 손실된 부분의 둘레에 제대로 수신된 데이터를 이용하여 이전 프레임에서 둘레 부분과 일치하는 부분을 찾는다^[2]. 그래서 움직임 벡터를 구하는 방식을 사용한다. Flierl는 시간적 측면에서는 오류가 난 부분을 감싸고 있는 부분들의 움직임 벡터를 평균내는 방법을 사용하여 움직임 벡터를 추정한 후에 이전 프레임에서 해당하는 부분의 데이터를 사용하였다^[3]. 또한 공간적 측면에서는 주위 픽셀 값들을 이용한 보간법을 이용한 에러 은닉 기법을 사용하였다. Rose는 오류가 생긴 매크로 블록의 위와 아래 매크로 블록의 움직임 벡터를 사용하여 손실된 움직임 벡터를 추정하는 방법을 사용하고 있다. 반면에 계층 부호화에 대한 연구는 많지 않았다^[4]. 그러나 Keman는 비디오 데이터를 단일 계층으로 부호화 한 경우보다 계층 부호화 하였을 때 오류에 대한 은닉이 효율적이라고 입증했다^{[5]-[8]}. Suh의 경우에는 부호화기에서의 효율적인 오류 은닉 방법을 제안하였다^[9]. 하지만 우리는 디코더에서의 효율적인 오류 은닉 방법을 제시한다.

이동 중에 무선을 이용한 비디오 데이터 전송 서비스를 받으려는 사용자가 많아짐과 동시에 수신기의 종류도 다양해졌다. 수신기의 수신 능력과 해상도에 따라 비디오 데이터를 계층부호화 하면 더욱 효율적인 전송을 할 수 있다. 수신 능력도 낮고 해상도도 낮은 경우 굳이 고해상도의 고비트율 데이터를 전송할 이유가 없다. 수신기의 성능에 따른 차별적인 데이터 전송은 채널의 대역폭을 효율적으로 사용하는 것인 동시에 사용자의 요구도 만족시키는 결과이다.

본 논문에서는 위의 이유로 계층 부호화를 사용하였으며 계층 부호화에서의 몇 가지 오류 은닉 방

법에 대해 설명 할 것이며 이것들은 상황에 따라 적응적으로 적용된다.

적용적 에러은닉을 위하여 두 가지 요소에 초점을 맞추었다. 첫 번째는 무선 네트워크의 에러 패턴이다. 시간대, 지역에 따라 어느 정도 평균적인 에러율과 에러 타입이 있다. 우리는 몇 가지 에러 패턴에 각각의 에러 은닉 방법을 적용하여 가장 효율적인 방법이 무엇인지 실험하였다.

두 번째는 비디오 데이터의 특성이다. Wang의 논문에서는 움직임의 복잡도에 따라 적응적으로 에러은닉을 하는 방법을 제안했으나 에러율과의 관계는 적용하지 않았다. 움직임 복잡도가 크면 작은 에러도 화질에 큰 영향을 미친다. 반면에 움직임 복잡도가 매우 작다면 어느 정도의 에러는 인지하기 힘들다. 즉 움직임 복잡도와 에러율 사이의 관계를 함께 적용할 경우 더 효율적인 에러 은닉을 할 수 있다.

본 논문에서는 위의 두 가지 요소의 정도에 대해 어떤 에러 은닉 방법이 가장 효율적인가를 제시한다.

2장에서는 연구 배경을 설명하고 3장에서는 기존 논문에서 다루어 오던 기본적인 에러 은닉 방법과 우리가 제시하는 에러 은닉 방법을 소개한다. 또한 무선 네트워크의 에러에 따른 에러 전파의 영향을 최소화 할 수 있는 오류 은닉 방법을 소개한다. 그리고 4장에서는 영상의 특성에 따른 분류와 각각에 오류 은닉 방법을 적용하여 실험하고 그 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 실험 결과를 토대로 결론을 제시한다.

2. MPEG4의 오류 강인성과 계층부호화

2.1 MPEG-4의 오류 강인성

비디오 부호기에서 출력된 부호화 비트열은 가변장 부호로 구성되기 때문에 오류가 삽입되면, 그 이후의 비트열을 올바르게 복호할 수 없게 된다. 이러한 오류의 전파를 저지하고, 복호화가 불가능한 비트열을 가능한 적게 하는 것을 오류 강인성이라 한다. MPEG-4에서는 재 동기 마커(Resync. Marker : RM), 데이터 분리(data partitioning : DP), 역가변장 부호화(reversible variable length code : RVLC)^{[10][11]}, 헤더확장부호(header extension code : HEC)등의 기술에 의해 실현하고 있다.

비트열 복호 시에 오류 전파를 저지하기 위하여

특정의 비트 패턴으로 구성되는 고정장 부호를 비트열 내에 배치하여, 올바르게 복호가 개시될 수 있는 점을 표시하면 좋다. 그러면 비디오 복호기는 동기어를 검출한 시점부터 항상 올바르게 복호를 재개할 수 있고, 오류의 전파는 저지된다. 이와 같은 동기어를 여기서는 재동기 마커라고 부르며, 비트열 중에 출현하는 어떠한 부호와의 조합과도 일치하지 않는 유일한 패턴으로 구성되고 있다. 데이터 분리는 한 비디오 패킷 내에서 정보의 전달 순서를 변경함으로써 여러 내성을 향상시키는 기술이다. 즉 비디오 패킷에 포함된 MB(macroblock)정보 중에서, 특히 중요한 정보와 중요하지 않는 정보를 나누어서 다르게 전송하는 것이다. 중요한 정보의 양이 중요하지 않는 정보보다 매우 작기 때문에 손실이 일어날 확률이 낮아지고, 중요하지 않는 정보는 신뢰성이 적은 UDP(user datagram protocol)로 증여한 정보는 TCP(Transmission control protocol)을 사용하여 전송하면 손실에 대해서 중요한 정보를 최대한 보호할 수가 있다. 중요한 정보는 인트라 VOP의 경우에는 DC marker(19bits), 인터 VOP의 경우는 motionmarker(17bits)를 배치한다. 역가변장 부호화라는 것은 통상의 순방향으로 순간적인 복호가 가능할 뿐 아니라, 복호어를 역방향으로도 복호할 수 있는 성질을 갖는 것이다. 이는 오류가 있는 비트열을 복호할 때 오류를 검출하기까지 순방향으로 복호를 한 후 다음의 재동기 마커를 찾는 다. 그리고 그 재동기 마커에서 오류를 검출할 때까지 역방향으로 비트열을 복호하는 기술이다. 각 VOP의 선두에는 VOP 시작 코드뒤에 그 VOP를 복호하기 위해 필요로 하는 중요한 정보(VOP header)가 배치되어 있다. 따라서 VOP 헤더가 손실되거나 오류가 발생할 경우 그 VOP를 올바르게 복호화 하는 것이 불가능해진다. 하나의 VOP는 여러 개의 비디오패킷으로 구성되어지고, 각 비디오패킷 선두에는 RM이 있고, 그 뒤에 비디오 패킷을 복호하기 위해 필요한 중요한 정보가 배치되어 있다. 따라서 VOP 시작코드가 손실되었을 경우 VOP의 선두 검출이 불가능하여 VOP 헤더를 얻을 수 없어서 VOP는 정상적으로 복호화되기 힘들다. 이 때 RM을 검출하여 비디오패킷의 HEC가 '1'이면 비디오패킷의 확장헤더를 이용하여 이후의 MB 정보를 정상적으로 복호화 하는 것이 가능하다.

2.2 MPEG-4에서의 계층부호화

계층부호화는 부호화 할 때 데이터를 두 개 이

상의 열(stream)로 분리, 발생시킨다. 이 때 가장 기본이 되는 비트열을 기본계층(base layer)라고 하고, 나머지 열을 차례로 고급계층1(enhancement layer1), 고급계층2,...라 한다. 고급계층은 반드시 하부계층의 데이터가 있어야 복호화가 가능하며 기본계층만으로 복호화 했을 경우에 비해 방식에 따라 공간적, 시간적 해상도가 좋다. MPEG-4에서는 4가지 계층부호화 방식이 있다. SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화, 시간적 계층부호화, 그리고 혼합 계층부호화이다. SNR 방식은 기본계층과 고급계층간에 SNR을 달리하여 코딩하는 방식이며, 공간적 계층부호화는 기본계층과 고급계층간의 공간적 해상도를 달리하여 코딩하는 방식이다. 그리고 시간적 계층부호화는 기본계층과 고급계층간의 시간적 해상도를 다르게 하는 방식이며, 혼합 계층부호화는 앞의 방식들을 적절히 혼합하는 방식이다.

계층부호화의 목적은 크게 하드웨어 호환성 제공과 오류발생에 대한 대책으로 구분할 수 있다. 계층부호화는 인터넷 및 무선망에서의 비디오 전달에 중요한 기능이다. 특히 현재의 인터넷에서는 전송대역에 대한 네트워크의 서비스 품질이 보증되고 있지 않으므로, 동영상을 높은 부호화 속도로 안정하게 전송하는 것이 어렵다. 동영상 신호를 소프트웨어로 처리하는 것이 일반화되었지만, 처리 능력이 낮은 단말에서는 수신한 부호화 데이터를 완전히 복호할 수 없는 경우도 문제이다. 그래서 저해상도와 고해상도 두 종류의 데이터를 준비해 두고, 네트워크와 단말의 상태가 양호할 때는 고해상도의 동영상을 복호하고, 상태가 악화되었을 경우는 화질을 저하시키는 것이 아니라, 저해상도의 품질을 보증하는 것을 생각할 수 있다. 또한 고급계층에 오류가 발생할 경우 기본계층의 데이터를 이용함으로써 어느 정도 이상의 화질을 복원할 수 있다는 장점이 있다.

3. 제안하는 고급계층 오류 은닉방법

여기서는 계층부호화를 이용한 방식에서 오류가 발생할 경우를 가정하여 제안된 고급계층 오류 은닉방법과 그 오류의 확률적 분석을 상세히 기술한다. 기본계층에서 오류가 발생하면 그 정보는 주위나 이전 VOP의 정보를 이용해 복원 또는 은닉한다. 이는 단일 계층 부호화의 오류 은닉 방법에서

언급한 바 있다. 그러나 고급계층에 오류가 발생할 경우에는 고급계층의 데이터뿐만 아니라 기본계층의 데이터도 이용할 수 있어 오류은닉(b), 정정효과를 높일 수 있다. 고급계층의 오류를 은닉하는 일반적인 방법(p)으로 이전 VOP를 이용하는 방법과 기본계층의 데이터를 이용하는 방법 등이 있다. 전자는 움직임이 많거나, 장면전환이 있는 영상일 경우에는 은닉효과가 떨어지며, 또 후자의 경우에는 고급계층이 아닌 기본계층 만큼의 화질 열화가 발생한다^[12].

3.1 제안하는 고급계층 오류은닉 방법

본 논문에선 두 가지 방법을 제안한다. 첫째는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 VOP로 은닉하는 방법(bp)이고, 두 번째는 오류가 발생한 영역을 움직임의 유무에 따라 움직임이 있는 부분은 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉하고 움직임이 없는 부분은 은 이전 VOP의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 적응적인 방법(hp)이다. 전자의 방법에서는 고급계층에 오류가 발생하면 그 부분의 기본계층의 움직임 벡터를 참조해 고급계층의 이전 VOP의 이동된 위치에서 가져와 은닉하는 방법이다. 이 때 기본계층에서 움직임 벡터 값이 없을 경우에는 고급계층의 데이터를 그대로 가져온다. 움직임 많은 영상이라면 많은 효과를 볼 수 있다. 후자의 방법에서는 움직임 있을 경우에는 기본계층의 데이터를 가져와 은닉하고 움직임이 없을 경우에는 고급계층의 이전 VOP를 이용해 은닉하는 방법이다. 움직임의 유무는 단지 기본계층의 같은 부분을 참조하게 되는데 공간적 계층부호화의 경우에는 하나의 움직임 벡터를 고급계층으로 적용할 때 4개의 매크로블럭에 동일하게 적용해야 한다.

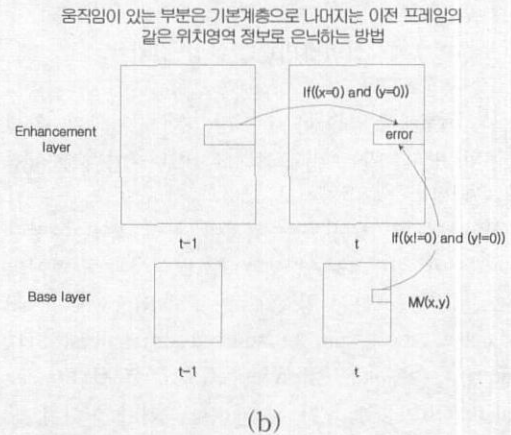
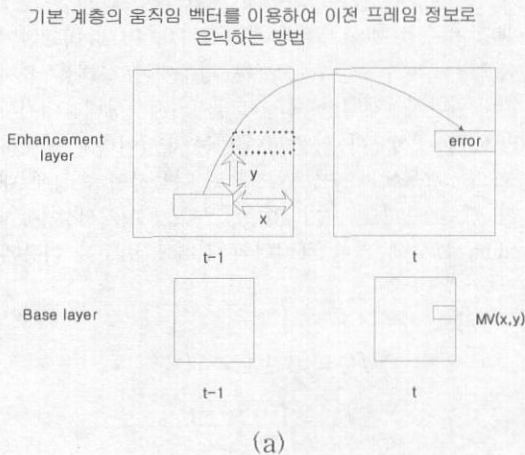
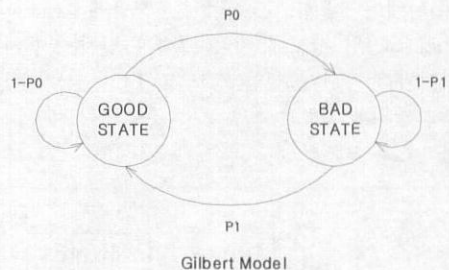


그림 1. 제안하는 은닉방법

3.2 무선 환경에서의 손실 패턴

Markov 프로세스는 미래의 진행이 과거와는 독립적인 현재의 상태에 의해서만 결정되는 것을 의미한다. 이를 기초로 두개의 상태를 가지는 Markov chain을 구성할 수가 있는데 이것이 의미상의 전송 채널을 표현할 수가 있다. 이를 길버트 모델이라 한다. 패킷의 손실은 상태에서의 패킷 손실률에 의해서 패킷의 수신과 손실이 결정된다. 매 패킷이 들어올 때마다 현 패킷 손실률이 상태의 패킷 손실률보다 작거나 같으면 패킷은 손실된 것이다. 이와 반대로 큰 경우에는 패킷의 수신된 것이다.

여기에서 패킷의 손실과 손실이 되지 않는 개수에 대한 통계를 알고 있으면 길버트 모델의 변수를 구할 수 있다. 위와 같이 실험한 데이터를 가지고 상태에 대한 변수 P0, P1, 손실에 대한 변수 Pg(GOOD 상태에서의 PLR), Pb(BAD 상태에서의 PLR)를 구할 수 있다. 이러한 변수를 알고 있을 때 손실 패턴을 만들 수 있다.



Where,
 GOOD STATE : This state has low loss rate
 BAD STATE : This state has high loss rate
 Pg : the loss rate at GOOD STATE
 Pb : the loss rate at BAD STATE
 P0 : transition probability from GOOD STATE to BAD STATE
 P1 : transition probability from BAD STATE to GOOD STATE

그림 2. 길버트 모델

4. 실험방법 및 실험 결과

본 논문에서 제안한 은닉방법을 평가하기 위해 기존의 방식들과의 비교 실험을 했다. 여기서 실험한 은닉방법들은 4가지로 그림과 같다. 이러한 은닉 방식의 객관적인 평가를 위하여 화질 측정이 정량화 되어야 한다. 원 영상과 복원 영상과의 차이의 정도를 정량화 하는 방법으로는 PSNR(power signal to noise ratio), sum of squared differences(SSD), sum of absolute differences(SAD), MSE(mean square error)등을 많이 사용한다. 그러나 이상의 방법들은 정량적인 수치로 나타낼 수는 있어도 인간이 시각적으로 받아들이는 감각과는 거리가 있다.

실험에서는 MPEG-4 코덱을 사용하고, 영상의 움직임과 복잡도의 정도에 따라 Case A-D로 구분한다.[표1] Case A 계열의 영상은 단순하고 움직임이 적은 특징을 갖는다. 이러한 특징을 갖는 영상은 뉴스나 일기예보로 예를 들 수 있다. Case B, C는 움직임과 복잡도 중에서 움직임이 많고 단순하거나, 움직임이 적고 복잡한 영상의 특징을 갖는다. 이러한 영상은 TV 드라마의 일부분들을 예로 들 수 있다. Case D계열의 영상은 움직임이 많고 복잡도가 복잡한 특징을 갖는다. 이러한 특징을 갖는 영상은 스포츠를 예로 들 수 있다.

본 실험에서는 Case A 계열의 Mother & daughter(MaD900), Case B 계열의 Foreman, Case C 계열의 Mobile, Case D 계열의 Stefan CIF 포맷을 입력영상으로 이용하였다. 또한 각 입력영상에 대해 공간적 계층부호화 방법에 대해 실험하였다.

4.1 특징에 따른 영상의 분류

본 실험에 사용한 영상을 움직임과 energy compaction(EC)의 정도에 따라 그림과 같이 분류하였다. 여기서 사용한 움직임 정도 및 EC는 각각 다음과 같이 정의했다.

표1. 영상의 Case 분류

Case		복잡도	
		low	high
움직임	low	A	B
	high	C	D

- 움직임 정도 : 전체 VOP에 대해 각 매크로 블록들의 움직임 벡터의 스칼라 량을 합한 값으로 정의

했다.

$$\text{Scalar of MV} = \sqrt{(MV_x^2 + MV_y^2)}$$

- EC : 에너지의 밀집 정도 이는 화면의 복잡도를 측정하는 척도이다. 복잡할수록 이 EC는 작게 나타난다.

$$EC = \frac{\sum_{i=0}^4 \sum_{j=0}^4 AC}{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 AC} \times 100\%$$

그림4를 보면 움직임이 크고 영상이 복잡한 Stefan은 Case D에 속한다. 또한 움직임이 적고 영상이 복잡한 Mobile은 Case C, 움직임이 많고 영상이 단순한 Foreman은 Case B에 속한다. 반면에 움직임도 적고 단순한 영상인 MaD900은 Case A에 속한다. 이는 앞절에서 언급한 영상의 복잡도와 움직임 정도에 따라 Case 별로 분류한 것과 같은 결과를 나타냈다.

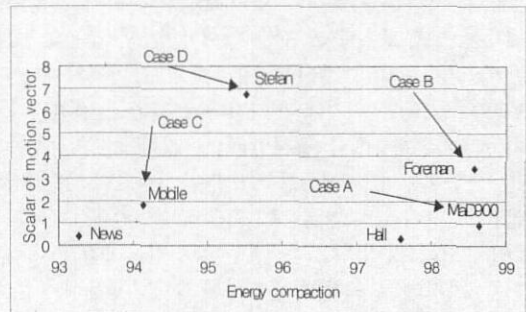


그림 4. 움직임, 복잡함의 정도에 따른 영상 분류

4.2 고급 계층의 오류은닉 방법에 따른 효과

4.2.1 길버트 모델을 이용한 손실 패턴

영상에 관계없이 손실에 대한 패턴을 만들 경우 랜덤 변수를 발생시켜서 상태를 P0, P1에 비교하여 작으면 상태를 천이하고, 큰 경우에는 상태를 유지한다. 다시 랜덤변수를 발생시켜서 상태 내에서 PLR(Pg, Pb)보다 작을 경우에는 손실이라고 생각하고, 클 경우에는 수신한 것으로 사용하여 손실에 대한 패턴을 만들 수가 있다. 우리는 여기서 이동시 cdma 1x망에 의한 데이터의 길버트 변수는 다음과 같다.^[13]

- 길버트 변수

$$P_0 = 6.13 \times 10^{-5}$$

$$P_1 = 1.9 \times 10^{-2}$$

$$P_g = 7.1 \times 10^{-2}$$

$$P_b = 2.0 \times 10^{-1}$$

위의 길버트 변수에서 다음과 같은 평균손실률의 식(5)에 대입하면 PLRavg 는 7.1% 이다.

$$PLR_{avg} = \frac{P_g \cdot P_1 + P_b \cdot P_0}{P_0 + P_1}$$

평균 손실률은 일정하지만 손실 패턴은 계속 변할 수가 있다. 이러한 이유로 손실 패턴 중 하나를 택하여 실험 하였다. 실험 결과들은 각 방법에 의한 손실률을 적용한 후의 화질의 측정이다.



그림 5. 에러 패턴

4.2.2 VOP를 잃어버린 경우의 은닉 효과

이 조건은 HEC를 사용하지 않았을 때 VOP 헤더에 손실이 일어난 경우와 burst 손실의 경우에 해당하는데, 이 경우 그 VOP 전체를 잃어버린다. 따라서 그 VOP를 다른 정보를 이용해 은닉해야 한다. 이러한 방법은 다른 경우의 은닉방법의 기초가 된다. 각 방법을 비교하기 위해 공간적 계층부호화의 기본계층의 양자화 계수를 8로 설정했다. 그림은 일반적으로 복호화한 영상과 VOP 전체를 잃어버린 경우 앞에서 언급한 각각의 방법들을 이용하여 오류가 있던 VOP를 재구성한 영상들이다. 이때 계층 부호화 방법으로는 공간적 계층부호화 방법을 쓰고, 기본계층의 양자화 계수는 8이고 고급계층의 양자화 계수는 8이다. 그림 6-a는 일반적으로 복호화 한 영상이고, 그림 6-b는 현재 VOP 전체를 기본계층으로 은닉한 영상을, 그림 6-c는 현재 VOP를 이전 VOP로 은닉한 영상을 나타낸다. 또 그림 6-d는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 VOP로 은닉한 영상이고, 6-e는 움직임이 있는 부분은 기본계층에서 가져오고 나머지 부분은 이전 VOP로 은닉한 영상을 재구성한 것이다. 각각의 영상을 보면 화질의 열화를 느낄 수 있다.

4.2.3 은닉 방법에 따른 비교

이번 실험의 경우 길버트 모델링에 의한 에러 패턴을 적용하였다. 에러율이 많은 경우(한 VOP 한

패킷정도의 에러가 발생)로 하여 실험하였다. 그림7은 Case A 영상인 MaD900 영상을 공간적 계층화가 된 경우 각각의 은닉 방법을 적용한 결과이다. 그림8은 Case D에 속하는 Stefan 영상에 대한 은닉 결과이다. 움직임이 적은

M&D와 같은 경우는 p,bp,hp를 사용한, 즉 이전 VOP의 고급계층의 데이터를 주로 사용하는 방법이 더 좋은 화질을 나타내었다. 반면 움직임이 많은 stefan과 같은 경우는 기본계층을 사용하였을 때가 더 좋은 화질을 나타내었다. 그림9. 경우는 움직임이 많은 경우 이전 VOP에 에러 전파의 영향이 적었던 경우이다. λ 값이 큰 경우에 bp의 에러은닉 방법이 가장 적합함을 보여준다.

4.2.4 비디오 패킷을 잃어버린 경우 손실 패턴에 따른 은닉효과

앞의 경우처럼 VOP 헤더에 오류가 발생했을 때, HEC를 쓰지 않았을 경우에는 그 VOP 전부를 은닉해야하지만, HEC를 쓴다면 VOP 내의 일부 매크로블록 단위에 오류가 발생하게 된다. 다시 말해서 정상적인 패킷의 부분은 정상적으로 복호화가 가능하지만 오류가 발생한 패킷의 부분은 오류를 은닉해야만 한다. 이러한 경우에 대해 비디오 패킷별 오류의 패턴을 분석하고 그에 맞는 은닉방법을 선택, 계산함으로써 실제 상황에서 얻을 수 있는 화질을 계산할 수 있다.

실험에 사용한 영상의 각 VOP 당 매크로블록 수는 396이다. 이를 오류의 확률적 분석과 실험치에 각각의 매크로 블록에 대응시켜 다음과 같은 식에 대입을 시킬수 있다. 여기서 RS Code를 사용하면 더 나은 화질을 얻을 수 있다^[14].

$$MSE = MSE_n \times \left(1 - \frac{EMB}{396}\right) + MSE_c \times \frac{EMB}{396}$$

여기서 MSEn은 정상적으로 복호화한 MSE 값이고, MSEc는 오류가 나서 앞에서 제시한 은닉방법에 의한 MSE 값이다. EMB는 오류가 난 비디오 패킷 속에 들어 있는 매크로블록의 수이다. MSE는 오류가 난 매크로블록을 앞에서 제시한 은닉 방법에 의해 오류를 은닉한 값이 된다. 이 때 나오는 MSE 값은 VOP기준이다. 이때 EMB는 오류가 발생한 비디오 패킷 속에 포함된 MB 수이다.



(a) 원본영상



(b) 일반적인 복호영상



(c) 기본계층의 같은 위치영역
정보로 은닉한 영상



(d) 이전 VOP의 같은 위치영역
정보로 은닉한 영상



(d) 기본계층의 움직임 벡터를
이용하여 이전 VOP 정보로
은닉한 영상



(e) 움직임이 있는 부분은
기본계층으로 나머지는 이전 VOP의
같은 위치영역 정보로 은닉한 영상

그림 6. 오류가 있는 VOP을 각각의 방법에 의해 재구성한 영상
(입력영상은 stefan, 공간적 계층부호화 방법, 기본계층의 양자화수 = 8, 고급계층의 양자화수 = 8)

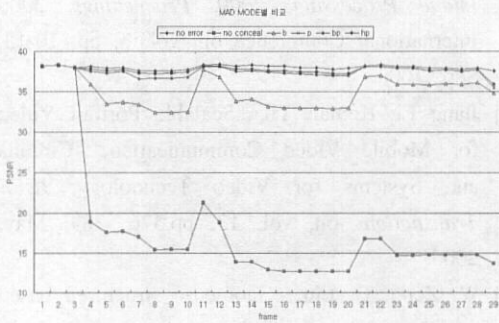


그림 7. 은닉방법별 비교 (M&D)

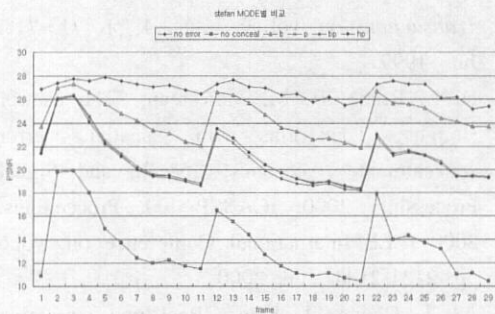


그림 8. 은닉방법별 비교 (stefan)

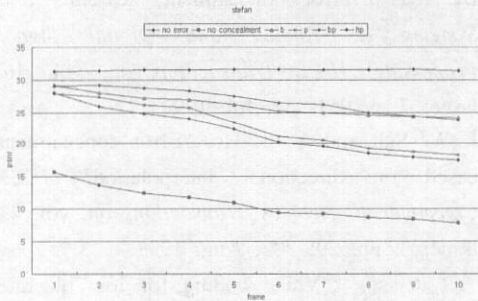


그림 9. 에러전파에 의한 은닉방법 비교(stefan)

4.3 에러 전파에 대책에 대한 실험 결과

에러율이 낮으면 그 만큼의 은닉이 적어지게 되므로 화질은 당연히 좋아진다. 그러나 에러율이 높거나, burst 에러 발생시 영상에는 치명적인 영향을 미친다. 단일계층의 경우에는 온전히 영상이 도착한 VOP만을 계속 화면에 display 하게 된다. 이는 온전히 못한 데이터를 복호 하느니, 온전한 영상을 보여주는 것이 인간의 관점에서는 더 나은 효과를 볼 수 있다. 그러나 기본계층의 데이터가 보장 된다면 이는 최소한의 화질, 즉 기본계층의 upsampling의 화질만큼은 보장 할 수 있다.

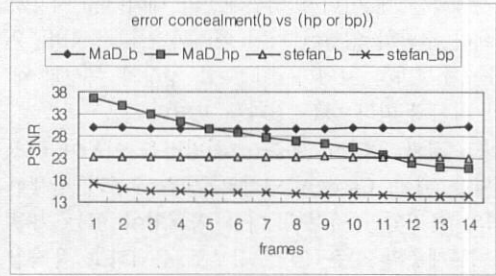


그림 10. 에러전파에 의한 은닉방법 비교(burst error)

그림 10은 Case A의 MaD와 Case D의 stefan의 영상을 기본계층과 고급계층의 값이 8일 때 burst 에러 손실의 경우를 나타낸다. 이때 영상을 은닉할 때 한번은 b 방법을, 한번은 hp 와 bp의 방법을 이용한 은닉을 했다. 영상의 움직임이 없고 비교적 복잡하지 않는 영상인 MaD는 최초 오류가 생긴 VOP 이후 5 VOP 전에는 이전 VOP로 은닉하는 방법이, 이후는 움직임의 유무에 따라 움직임이 있는 부분은 기본계층의 같은 영역 정보로 은닉하고 움직임이 없는 부분은 이전 VOP의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 방법으로 은닉하는 것이 더 나은 효과를 보였다. 그러나 stefan 영상의 경우는 어느 때든지 고급계층의 이전 VOP보다 기본계층의 데이터로 손실을 은닉하는 방법이 6-10dB 정도 더 나은 효과를 보였다.

5. 결론

네트워크를 통해 데이터를 전송 할 경우 근본적인 이유로 인해 오류가 발생할 수 있으며 특히 압축된 비디오 데이터에서 에러는 수신측의 화질에 큰 영향을 미친다. 이에 본 논문에서는 MPEG-4에서 계층 부호화 시 오류가 발생했을 경우 일반적으로 쉽게 구현 가능한 은닉방법에 대해 제안하고 실험한 결과를 보였다. 실시간 서비스에서 오류를 더욱 효과적으로 은닉하기 위한 방법으로 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉, 이전 VOP의 같은 위치영역정보로 은닉, 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 VOP 정보로 은닉, 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지는 이전 VOP의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 4가지 은닉방법에 대한 실험결과를 제시했다. 특히 영상의 특성에 따라 서로 다른 결과를 보였다. 또한 에러 전파에 대한 대책으로 움직임 정도, 영상의 복잡성, 에러의 영향이 지속된 시간에 의한 경계치를 두어 이를 넘을 경우 이전 VOP의 데이터

를 사용하는 게 아니라 하위계층의 데이터를 사용하여 에러 전파의 영향이 미친 영역까지 다시 한번 은닉을 한 결과를 보였다. 이 또한 영상의 특성과 에러의 위치에 따라 다른 결과를 보였다.

실험 결과 공간적 계층부호화방법을 이용해 PLR이 낮을 때에, Case A 영상의 경우 오류가 발생한 영역의 움직임의 유무에 따라 움직임이 있는 부분은 기본계층의 같은 영역 정보로 은닉하고 움직임이 없는 부분은 이전 VOP의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 방법인 hp 방법이 효과적이었고, Case D의 경우 기본계층의 움직임 벡터와 이전 VOP를 이용한 bp방법이 좋은 효과를 나타냈다. 또한 손실이 발생하여 그 오류가 계속 유지되는 시간과 영상의 특성에 따라 은닉 방법을 달리 해야 함을 본 논문에서 증명하였다. Case A의 경우에는 오류가 지속되는 시간이 적으면 이전 VOP의 데이터로 은닉하고, 많으면 기본계층의 데이터로 은닉하는 것이 바람직하다. 또한, Case D의 경우에는 영상이 복잡하고, 움직임이 많기 때문에 무조건 기본계층으로 은닉하는 것이 유리하다.

본 논문에서 밝힌 이러한 분석결과들은 전송 환경, 영상의 특성에 따른 효과적인 은닉 방법을 선택할 때 기초적인 자료로도 활용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Y. Wang, Wenger, S., J. Wen; Katsaggelos, A.K, "Error resilient video coding techniques," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 17 Issue: 4, pp. 61-82, Jul. 2000.

[2] Liang Y.J, Girod B. "Low_latency streaming of pre-encoded video using channel-adaptive bitstream assembly," *IEEE Multimedia and Expo, 2002. ICME '02. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on*, vol. 1, pp. 26-29, Aug. 2002.

[3] Liang Y.J, Flierl M, Girod B. "Low-latency video transmission over lossy packet networks using rate-distortion optimized reference picture selection," *Image Processing. 2002. Proceedings. 2002 International Conference on*, vol. 2, pp. 22-25, Sep 2002.

[4] R. Zhang, S. L. Regunathan and K. Rose, "Switched error concealment and robust coding decisions in scalable video coding,"

Image Processing, 2000. Proceedings. 2000 International Conference on, vol. 3, pp. 10-13, Sep, 2000.

[5] Jiang Li, Keman Yu, "Scalable Portrait Video for Mobile Video Communication," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 13, pp.376 -384, May. 2003.

[6] W. Zeng, B. Liu, "Geometric structured based error concealment with novel applications in block-based low-bit-rate coding," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 9, Issue: 4, pp. 713-718, Jun. 1999.

[7] D. L. Robie, R. M, Meresreau, "The use of Hough Transforms in spatial error concealment," *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2000. ICASSP '00. Proceedings. 2000 IEEE International Conference on*, vol.6 pp. 2131-2134. Jun. 2000.

[8] Y. J. Chung, J. Kim, "Real-time streaming video with adaptive bandwidth control and DCT-based error concealment," *Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, IEEE Transactions on*, vol. 46, Issue: 7, pp.951-956, Jul. 1999.

[9] J. W. Suh and Y. S. Ho. "Error concealment based on directional interpolation," *IEEE Consumer Electronics Transactions on*, vol. 43 Issue: 3, pp. 295-302, Aug. 1997.

[10] K. Rijkse, "Video coding for low bit rate communication," *Communications Magazine, IEEE*, vol. 34, Issue: 12, pp. 42 -45, Sep. 1998.

[11] Wen-Jeng Chu, Jin-Jang Leou, "Detection and Concealment of Transmission Errors in H.261 Images," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 8, Issue: 1, pp. 74-84, Feb. 1998.

[12] 한승균, 장승기, 서덕영, "H.263v2에서 계층부호화를 이용한 오류은닉", *한국통신학회논문지*, Vol.25 No.7A, pp.1063-1075. Jul. 2000.

[13] Doug Young Suh, Se Jin Lee, "Performance evaluation of MPEG-4 Error Resilience tools under W-CDMA Environments," *IWIE 2002*,

pp39-44, May 2002

[14] 박성희, 정준호, 서덕영, “실시간 멀티미디어 전송을 위한 cdma2000 1x 망의 패킷 손실 패턴에 대한 연구,” 제12회 통신 정보 합동 학술 대회, 2002.

한 승 균(Seung-Gyun Han)

정회원



1997.2 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1999.2월 : 경희대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)

현재 : 경희대학교 전자공학과 대학원 박사과정

<주관심분야> 멀티미디어통신, 비디오 압축, 에러 은닉.

박 승 호(Seung-Ho Park)

정회원



2003.2 : 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)

현재 : 경희대학교 전자공학과 대학원 석사과정

<주관심분야> 멀티미디어통신, 비디오 압축, 에러 은닉.

서 덕 영(Doug-Young Suh) 정회원



1980.2 : 서울대학교 핵공학과 학사

1986.6 : Georgia Tech. 핵공학과 석사

1990.6 : Georgia Tech. 전기 및 컴퓨터공학 박사

1990.9~1992.2 : 생산기술연구

원 HDTV 개발단

1992.3~현재 : 경희대학교 전자정보대학 교수

<주관심분야> networked video, Internet QoS