

# H.263v2에서 계층부호화를 이용한 오류 은닉

정회원 한승균\*, 장승기\*\*, 서덕영\*

## The Error concealment using Scalability in H.263v2

Seung Gyun Han\*, Seung Gi Chang\*\*, Doug Young Suh\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 압축된 비디오에 대한 적응적 오류 은닉 기법을 제안한다. 압축 과정에서 중복성이 제거되므로, 무선 채널이나 인터넷과 같이 오류가 발생하기 쉬운 네트워크에서 비디오 전송시 압축된 비디오 데이터는 오류에 대해 민감하다. 오류의 은닉은 손상된 비트열에서 비디오 데이터를 재생하는 방법이다. 본 논문에서는 계층화된 부호화 방법이 오류은닉에 매우 유용함을 입증했다. 실험 결과에서 영상의 어떤 부분은 기본계층의 정보를 사용하면 더 잘 은닉이 되고, 다른 부분은 이전 프레임 정보를 사용함으로써 좀 더 은닉이 잘 된다는 것을 보였다. 또한 움직임 벡터와 움직임 정도를 기본으로 하는 더욱 효과적이고 적응적인 기술을 개발하였다. 본 논문에서는 계층화된 부호화에 H.263v2를 사용했는데, 더 나아가 DCT를 기본으로 하는 모든 비디오 코덱에 응용할 수 있다.

### ABSTRACT

This paper proposes an adaptive error concealment technique for compressed video. Since redundancy is extracted out during compression process, compressed video is vulnerable to errors which occur during transmission of video over error prone networks such as wireless channels and Internet. Error concealment is a process of reconstructing video out of damaged video bit stream. We proved that scalable encoding is very useful for error concealment. Analysis of experiments shows that some part of image is better concealed by using base layer information and other part of image is better concealed by using previous frame information. We developed a technique which enables to decide which methodology is more effective, adaptively, based on motion vectors and regional spatial activity. We used H.263v2 for scalable encoding, but, our approach could be applied to all DCT based video codec.

### I. 서 론

네트워크를 통하여 비디오를 전송하는 서비스가 점차 대중되고 있다. 그런데, 현재의 인터넷이나 이동통신망을 통하여 데이터를 전송하는 경우 오류가 심하게 발생할 수 있으며 실시간 비디오 서비스에 있어 수신기에 수신된 데이터에 한 비트라도 오류가 있으면 심각한 화질의 저하를 초래할 수 있다.

그 이유는 이는 압축시 시간적, 공간적인 상관성을 최대한 제거하였으므로 현재의 정보는 이전 정

보와 독립적이기 때문이다. 이 경우에는 오류의 영향을 최소화하는 은닉 방법이 필요한데 이전의 연구들은 주로 비트 단위의 오류에 대한 영향 및 복원, 은닉에 초점을 맞추었다. 그러나 근래에 들면서 전송환경의 변화로 인해 비트 오류보다는 셀 단위나 패킷 단위의 오류에 대한 연구 및 그 영향의 은닉에 많은 연구가 이루어지고 있다. 이는 채널의 전송오류 확률보다는 교환기, 라우터 등에서의 셀 손실이나 혼잡에 따른 셀 손실의 가능성이 크기 때문이다<sup>1)</sup>. 오류가 발생할 경우 복호기 측에서는 오류를 은닉하여 그 영향을 줄이는 방향으로 처리한다.

\* 경희대학교 전자공학과 (sghan@earth.kyunghee.ac.kr, suh@nms.kyunghee.ac.kr)

\*\* 삼성전자 중앙연구소 (watanka@secns.sec.samsung.co.kr)

논문번호 : 99517-1230, 접수번호 : 1999년 12월 30일

일반적으로 단일계층 부호화의 경우 이전 프레임이 나 현재 프레임의 인접한 주위 블록의 데이터를 참고하여 은닉을 한다. 그러나 다계층 부호화의 경우에는 기본계층의 데이터도 이용할 수 있으므로 오류의 영향을 단일계층 부호화에 비해 상대적으로 줄일 수 있다.

일반적으로 오류의 정정 및 은닉방법을 부가정보의 이용여부에 따른 방법으로 분류해 보면, 부호화할 때 부가정보를 추가로 삽입하여 오류 발생 시 그 정보를 이용해 정정 및 은닉하는 방법<sup>[2][3][4]</sup>과 부가적인 정보를 이용하지 않고 복호기 측에서 은닉하는 많은 방법<sup>[2][5][7]-[9]</sup>이 있다. 또 복호기 측에서 수신된 비트열을 부호화 한 후 정정, 은닉하는 방법과 부호화하지 않고 비트열 상태에서 오류를 은닉, 정정하는 방법 등이 있다<sup>[2][7][8][10][11]</sup>.

또 부호화기, 복호기 등 최상위 계층에서 행하는 방법과 MUX(multiplexer) 등 중간 계층에서 내오류성을 갖도록 하는 방법 등이 있다.

부가적인 정보를 이용하는 대표적인 방법으로 parity bit를 이용한 방법을 들 수 있다<sup>[12]</sup>. 또한 RS(reed solomon code) 등을 사용할 수 있는데 이는 부가적인 정보를 위한 정보량을 증가시킨다. Wenjun 등은 부호화할 때 부가적인 정보를 이용하여 수신측에서 은닉이 용이하도록 하는 방법을 제시하고 있다<sup>[2][14]</sup>. 특히 W.C. Wong은 오류 환경에도 내오류성을 갖도록 H.263에서의 소스코딩, 채널 코딩을 한 후 전송하는 방법을 제안하고 있다. 그러나 이 방법은 정보량의 증가뿐만 아니라 지연이 발생할 수 있다. Susanna는 복원된 영상에서 손상된 부분을 이전 프레임의 데이터로 대체하는 블록매칭 알고리즘 방법을 제시하였다. 이 방법은 간단하나 장면전환이 있을 경우와 움직임이 많을 경우 화질의 열화를 막을 수 없다<sup>[6]</sup>. 이러한 단점을 보완한 수정된 블록매칭 방법을 Jian<sup>[5]</sup>, 홍원기<sup>[13]</sup> 등이 발표하였다. 또 Jae-Won, Chi-Kong 등은 이전, 이후 프레임의 데이터를 이용하여 현재 손실된 데이터를 복원하는 시간적 은닉 방법을 이용하였다<sup>[3][14]</sup>. 특히 Susanna는 MPEG-2(Moving Picture Experts Group-2)에서의 SNR(signal to noise ratio), 공간적(spatial), 데이터 분리(data partition) 및 시간적(temporal) 계층부호화 방법에 대해 간단한 은닉 방법으로 실험한 결과를 제시하고 있다. 계층부호화 방법을 이용할 경우 셀 손실율이  $10^{-3}$  되어도 이를 은닉하면 단일계층 부호화에서  $10^{-5}$  셀 손실율과 비슷한 효과를 얻을 수 있었다. Wilson과 Krishna는

손상된 이미지에 복호화 과정에서 projection onto convex sets(POCS)를 적용하여 은닉하는 방법을 제안하였다<sup>[1][11][15]</sup>. 이와 같이 복호화과정에서 오류를 발견, 은닉하는 방법들이 있으나 Wee Sun은 MUX 계층에서 부가적인 기능을 첨가해 은닉이 용이하도록 하는 방법을 제안하였다<sup>[16]</sup>. 부호화된 비트를 다중화 하는 MUX 계층에서 패킷을 변형 또는 재구성하여 오류가 발생하더라도 그 영향이 국부적일 수 있도록 했으며 오류 은닉 또한 용이하게 하는 방법을 제안하고 있다. 또 이산 역현 변환(discrete cosine transform: DCT) 데이터를 은닉하는 방법도 발표되었다. 이는 Wenjun과 Huifang 등이 DCT 도메인에서 주변이나 이전의 데이터를 이용해 오류가 있는 부분을 은닉하는 방법을 제시하고 있다<sup>[2][7][8][10][11]</sup>. 수신된 비트열에서 DCT 계수값을 조사하여 오류의 유무를 파악하고 오류가 있을 경우 DCT 비트열에서 정정하는 방법을 제시하고 있다. 그밖에도 Eckehard는 역방향 채널(back-channel)을 이용한 은닉방법에 대해 설명하고 있다<sup>[17]</sup>.

그러나 지금까지의 연구들을 살펴보면 단일계층 부호화의 경우 은닉 방법에 대한 많은 연구가 진행되었으나 다계층 부호화에서의 은닉 방법은 많이 발표되지 않았다. 단일계층에서는 현재 프레임에 오류가 발생하면 주위 블록이나 이전 프레임 데이터를 은닉에 이용할 수 있으므로 한계가 있다. MPEG-2, MPEG-4, H.263, H.263+ 등에서 2계층 부호화의 경우 고급계층에 오류가 발생하더라도 기본계층의 데이터를 이용하면 오류 은닉, 정정 효과를 높일 수 있으나 현재까지 이에 대한 성능 비교에 대한 연구가 이루어지지 않았다.

본 논문에서는 H.263v2 계층부호화를 이용한 고급계층의 오류 은닉 방법을 제안하고 그 성능을 평가, 분석한다. 2장에서는 일반적인 단일계층부호화에서의 오류 은닉 방법들을 소개하고 H.263+에서 지원되는 오류 은닉 방법들을 소개한다. 또 계층부호화에 대해 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 오류 은닉 방법을 소개하고, 4장에서는 제안한 은닉 방법과 기존의 방법들과의 성능을 비교, 분석하고 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

## II. H.263v2에서의 내오류성과 계층부호화

### 2.1 H.263v2에서의 내오류성(error resilience) H.263v2와 H.263의 차이점 중 하나는 오류에 대

한 강인성이 추가되었다는 점이다. H.263v2에서는 일반적으로 널리 알려진 forward error correction (FEC) 외에도 error tracking<sup>[18]</sup>, ISD, RPS 등의 방법을 적용할 수 있다. Error tracking이란 복호화 시 오류가 검출되면 역방향 채널을 이용하여 오류 발생부위를 부호화기에 알려준다. 이 정보를 이용하여 부호화기 측에서는 이후 프레임에는 그 부분을 인트라(intra)로 코딩, 전송한다. 따라서 라운드트립(round-trip) 시간 이후 수신측에서 그 부분의 오류는 없어진다. Independent segment decoding (ISD)란 예측부호화 부호화를 할 때 각 GOB(group of blocks)는 이전, 이후 프레임의 같은 부분의 GOB(group of blocks)만을 참조할 수 있다. 따라서 오류가 발생해도 그 영향은 해당 GOB에만 한정된다. Reference picture selection(RSP)는 부호화기 측에서 바로 전의 프레임을 현재 프레임의 참조프레임으로 이용하지 않고 시간적으로 몇 프레임 이전의 프레임을 참조해서 코딩한다. 수신측에서 복호화 시 오류가 검출되면 그 프레임을 부호화기 측에 알려 주어 참조프레임으로 이용하지 않고 다음 프레임을 참조하는 방법이다.

## 2.2 H.263v2에서의 계층부호화(scalability)

계층부호화는 부호화할 때 데이터를 두 개 이상의 열(stream)로 분리, 발생시킨다. 이 때 가장 기본이 되는 비트열을 기본계층(base layer)라 하고 나머지 열을 차례로 고급계층1(enhancement layer 1), 고급계층2, ...라 한다. 고급계층은 반드시 하부계층의 데이터가 있어야 복호화가 가능하며 기본계층만으로 복호화 했을 경우에 비해 방식에 따라 공간적, 시간적 해상도가 좋다. H.263v2에서는 4가지 계층부호화 방식이 있다. SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화, 시간적 계층부호화, 그리고 데이터 분리방식이다. SNR 방식은 기본계층과 고급계층간에 SNR을 달리해서 코딩하는 방식이며, 공간적 계층부호화는 기본계층과 고급계층간의 공간적인 해상도를 다르게 해서 코딩하는 방법이다. 그리고 시간적 계층부호화는 기본계층과 고급계층간의 시간적인 해상도를 다르게 하는 방법이다.

계층부호화의 목적은 크게 하드웨어 호환성 제공과 오류발생에 대한 대책으로 구분할 수 있다.

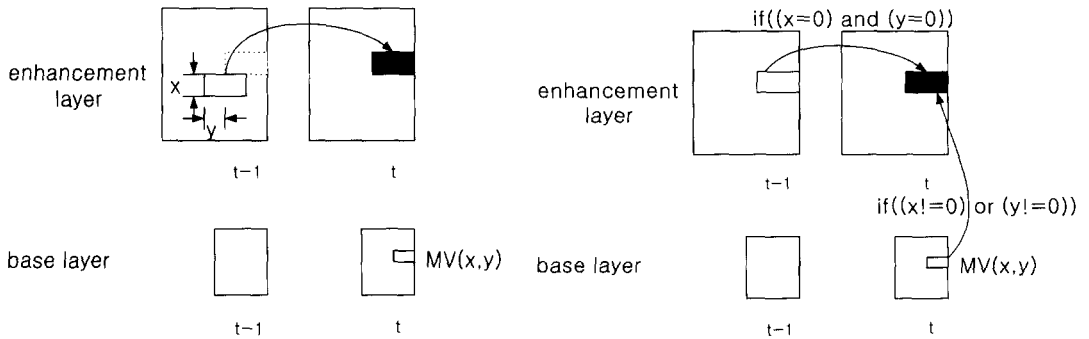
계층부호화는 인터넷 및 협대역 무선망에서의 비디오 전달에 중요한 기능이다. 특히 현재의 인터넷에서는 전송대역에 대한 네트워크의 서비스 품질이 보증되고 있지 않으므로, 동영상을 높은 부호화 속

도로 안정하게 전송하는 것이 어렵다. 또 동영상은 높은 부호화 속도로 안정하게 전송하는 것이 어렵다. 또 동영상 신호를 소프트웨어로 처리하는 것이 일반화되었지만, 처리 능력이 낮은 단말에서는 수신한 부호화 데이터를 완전히 복호화할 수 없는 경우도 문제이다. 그래서 저해상도와 고해상도 두 종류의 데이터를 준비해 두고, 네트워크와 단말의 상태가 양호할 때는 고해상도의 동영상을 복호화하고, 상태가 악화되었을 경우는 화질을 저하시키는 것이 아니라, 저해상도의 품질을 보증하는 것을 생각할 수 있다. 일반적으로 기본계층은 오류가 없는 고품질의 전송 채널을 이용하므로 오류가 발생하지 않는다고 가정한다. 그러나 고급계층은 일반적인 채널을 이용하므로 오류의 가능성이 있다. 고급계층에 오류가 발생할 경우 기본계층의 데이터를 이용함으로써 어느 정도 이상의 화질을 복원할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 계층 부호화된 비트열 전송은 비동기식 전송 모드(asynchronous transfer mode: ATM)의 경우 여러 개의 가상채널(virtual channel : VC)을 이용함으로써 가능하다. 또 인터넷을 이용하는 H.323 시스템에서도 기본계층과 고급계층을 하나의 비트열로 묶어서, 보내는 방법과 분리시켜 여러 비트열로 전송하는 방법 등 계층 부호화된 비트열 전송 방법이 있다<sup>[19]</sup>. 이 때 계층부호화 부호화기의 형태는 여러 가지가 있을 수 있으며 반드시 비트열의 syntax는 규정에 부합되어야 한다. 이러한 계층부호화 부호화기는 Faber<sup>[20]</sup>, Nokolaidis<sup>[21]</sup>, Ghanbari<sup>[12]</sup> 등에 의해 여러 방법이 제안되었다.

## 2.3 오류의 국소화

비디오 부호기에서 출력된 부호화 비트열은 가변장 부호로 구성되기 때문에 오류가 삽입되면, 그 이후의 비트열을 올바르게 복호화할 수 없게 된다. 이러한 오류의 전파를 저지하고, 복호가 불가능한 비트열을 가능한 적게 하는 것을 오류의 국소화라고 부른다. MPEG-4와 H.263v2에서는 재동기 마커(resync. marker), 데이터 분리(data partitioning), 역 가변장 부호화(reversible variable length code : RVLC)등의 기술에 의해 오류의 국소화를 실현하고 있다<sup>[22]</sup>.

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



(a) 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임 정보로 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지는 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 방법 (b) 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지는 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 방법

그림 1. 제안하는 고급계층의 오류 은닉 방법

동기어를 여기에서는 재동기 마커라고 부르며, 비트열 중에 출현하는 어떠한 부호와의 조합과도 일치하지 않는 유일한 패턴으로 구성되고 있다. 데이터 분리는 한 프레임 내에서 정보의 전달 순서를 변경함으로써 에러 내성을 향상시키는 기술이다. 오류가 삽입된 비트열을 복호하면, 송신측이 보낸 신호와는 다른 부호로 복호된다. 이때 가변장 부호의 동기가 어긋나고, 이후의 비트열은 올바르게 복호되지 않게 된다. 따라서 프레임 뒷부분의 정보가 올바르게 복호될 확률은 앞부분의 정보에 비하여 낮다는 것을 알 수 있다. 그래서 데이터 분리에서는 프레임에 포함된 매크로 블록 정보 중에서, 특히 중요한 정보만을 프레임 전반부에 놓고, 그 이외의 정보는 후반부에 위치하도록 전송 순서를 변경한다. 본 논문에서는 중요한 정보를 움직임 벡터로 가정한다. 역 가변장 부호화라는 것은 통상의 순방향으로 순간적인 복호가 가능할 뿐 아니라, 부호어를 역방향으로도 복호할 수 있는 성질을 갖는 것이다. 이는 오류가 있는 비트열을 복호할 때 오류를 검출하기까지 순방향으로 복호를 한 후 다음의 재동기 마커를 찾는다. 그리고 그 재동기 마커에서 오류를 검출할 때까지 역방향으로 비트열을 복호하는 기술이다.

### III. 제안하는 고급계층 오류 은닉방법 및 오류 확률 분석

여기서는 계층부호화 방식에서 고급계층에 오류가 발생할 경우를 가정하여 제안된 고급계층 오류 은닉방법과 그 오류의 확률적 분석을 상세히 기술한다. 기본계층에서 오류가 발생하면 그 정보는 주

위나 이전 프레임의 정보를 이용해 복원 또는 은닉한다. 이는 단일계층 부호화의 오류 은닉 방법에서 언급한 바 있다. 그러나 고급계층에 오류가 발생할 경우에는 고급계층의 데이터뿐만 아니라 기본계층의 데이터도 이용할 수 있어 오류 은닉, 정정 효과를 높일 수 있다. 고급계층의 오류를 은닉하는 일반적인 방법으로 이전 프레임을 이용하는 방법과 기본계층의 데이터를 이용하는 방법 등이 있다. 전자는 움직임 많거나, 장면전환이 있는 영상일 경우에는 은닉효과가 떨어지며, 또 후자의 경우에는 고급계층이 아닌 기본계층 만큼의 화질열화가 발생한다.

#### 3.1 제안하는 고급계층 오류 은닉 방법

본 논문에서는 두 가지 방법을 제안한다. 첫째는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임으로 은닉하는 방법이고, 두 번째는 오류가 발생한 영역을 움직임의 유무에 따라 움직임이 있는 부분은 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉하고 움직임이 없는 부분은 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 적응적인 방법이다. 전자의 방법에서는 고급계층에 오류가 발생하면 그 부분의 기본계층의 움직임 벡터를 참조해 고급계층의 이전 프레임의 이동된 위치에서 가져와 은닉하는 방법이다(그림 1-a). 이 때 기본계층에서 움직임 벡터 값이 '0'일 경우에는 고급계층의 데이터를 그대로 가져온다. 움직임이 많은 영상이라면 많은 효과를 볼 수 있다. 후자의 방법에서는 움직임이 있을 경우에는 기본계층의 데이터를 가져와 은닉하고 움직임이 없을 경우에는 고급계층의 이전 프레임을 이용해 은닉하는 방법이다(그림 1-b). 움직임의 유무는 단지 기본계

층의 같은 부분을 참조하게 되는데 공간적 계층부호화의 경우에는 하나의 움직임 벡터를 고급계층으로 적용할 때 4개의 매크로블록에 동일하게 적용해야 한다.

### 3.2 오류의 확률적 분석

프레임 헤더에 오류가 발생할 경우에는 그 프레임 전부를 다른 정보를 이용하여 은닉하여야 한다. 그러나 프레임 내에서 일부 매크로블록에 오류가 발생하면 그 부분만을 은닉한다. 이 때 매크로블록에 발생하는 오류의 위치에 따라 나머지 정보를 이용할 수도 있으며 따라서 은닉방법도 달라져야 한다. 부호화 시 비트열에 내오류성을 갖도록 정보를 삽입할 수도 있다. 본 실험에서는 헤더뿐만 아니라 재동기 마커와 데이터 분리를 이용해 부호화된 비디오 비트열을 이용했다.

본 실험에서는 매크로블록에서 발생할 수 있는 오류의 종류와 개수를 이론적으로 계산하고 이 값을 실제 비트열에 오류 패턴을 적용해 발생하는 수와 비교한다. 재동기 마커와 데이터 분리 방법을 사용하여 부호화를 할 경우 수신된 매크로블록은 MV와 DCT가 모두 존재하는 경우, MV는 존재하고, DCT는 존재하지 않는 경우 모든 정보를 잃어버린 경우 중 하나에 속하게 된다. 이 실험의 가정과 각 인수들을 정의하면 다음과 같다.

**<가정>**

i) Resynch. marker 또는 비디오 패킷 헤더에 오류가 생기면 한 패킷을 잃어버린다.

ii) 한 비트의 오류가 MV 내에 발생하면 MV와 DCT 데이터를 모두 잃고, DCT 데이터 내에 발생하면 DCT 데이터만 잃어버린다.

iii) MV : DCT의 비트량은 1 : 9로 가정한다.

iv) 패킷 크기를 700bytes로 가정한다.

**Packets** : 1 프레임 당 재동기 마커의 개수.

**BER** : 비트 에러율.

**MVbitsMB** : 매크로 블록 당 MV 비트수.

**PRMPHerror** : resynch. marker 또는 패킷헤더에 오류가 발생할 확률

**MBs** : 1 패킷당 매크로 블록 수

**MMSize** : motion marker 비트수(여기에서는 17비트)

**RMSize** : resynch. marker 비트수(경우에 따라 다르나 보통 16 비트)

위와 같은 인수와 가정 하에 프레임 내에서 각 전송 에러율에 따른 매크로블록의 오류 확률을 계산하면 다음과 같다.

$$P_{RMPHerror} = (1 - (1 - BER)^M) \tag{1}$$

$$N = RMSize + VideoPacketHeaderSize \tag{2}$$

이 때 N은 33bits로서 만약 여기에 오류가 생기면 패킷을 모두 버린다.

$$MBSize = \frac{(PacketSize - N)}{MBs} \tag{3}$$

여기서 MBSize는 한 매크로블록 평균 비트 수를 나타낸다. 그리고 motion marker를 정상적으로 찾을 확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{MM} = (1 - BER)^{MMSize} \tag{4}$$

따라서 앞에서 언급한 매크로블록이 속할 수 있는 경우에 대한 확률은,

1. 적어도 MV에 오류가 생기지 않을 매크로블록의 수는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$Packets \times [(1 - P_{PHerror}) \times (1 - BER)^{MVbitsMB \times MBs} \times P_{MM}] \times MBs \tag{5}$$

2. 헤더, MV, DCT 모두에 오류가 생기지 않을 MB의 수는

$$Packets \times [(1 - P_{PHerror}) \times (1 - BER)^{MVbitsMB \times MBs} \times P_{MM} \times (1 - BER)^{DCTbitsMB \times MBs}] \times MBs \tag{6}$$

위의 식들을 바탕으로 CIF 영상에 대해 계산한 값과 실제 부호화된 비트열에 오류를 첨가해 실험한 결과를 표 1에 실었다. 이 때 오류 첨가는 NTT DoCoMo의 error pattern generation 프로그램을 이용했다<sup>[23]</sup>. 표의 내용을 보면 약간의 차이는 있으나 전체적으로 봤을 때 이론적인 계산의 정당성이 있음을 알 수 있다.

## IV. 실험 방법 및 실험 결과

본 논문에서 제안한 은닉방법을 평가하기 위해 기존의 방식들과의 비교 실험을 했다. 여기서 실험

표 1. 프레임별 매크로블록의 오류 타입 및 개수

조건				에러율에 따른 MV(이론치)					에러율에 따른 MV(실험치)				
경우	헤더	MV	DCT	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>
MV, DCT 모두 존재	O	O	O	193	368	393	396	396	211	372	393	395	396
MV만 존재	O	O	X	159	23	2	0	0	110	16	1	0	0
모두 손실	기타			44	5	1	0	0	75	8	2	1	0

표 2. 고급계층 오류 은닉 방법

은닉방법	번호	은닉 방법 설명	그래프 상의 표기
일반적인 방법	1	기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉	b
	2	이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉	p
제안하는 방법	3	기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임 정보로 은닉	bp
	4	움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지는 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉	hb

한 은닉방법들은 4가지로 표 2에 정리하였다. 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<sup>[21][8]</sup>. 본 논문에서는 객관적 평가 방법으로 MSE를 사용했다. 최종적으로는 PSNR로 객관적인 화질을 표현하지만, 중간 단계에서 각 매크로블록 단위로 개별적인 가감의 계산을 하기 위하여 MSE를 사용한다.

실험에 사용한 코덱은 H.263+(tmndec3\_2)를 이용했다. MPEG-4에서는 영상을 움직임과 복잡도의 정도에 따라 Class A~C로 구분한다.[표 3] Class A 계열의 영상은 단순하고 움직임이 적은 특징을 갖는다. 이러한 특징을 갖는 영상은 뉴스나 일기에 보로 예를 들 수 있다. Class B 계열의 영상은 움직임과 복잡도 중에서 움직임이 많고 단순하거나, 움직임이 적고 복잡한 영상의 특징을 갖는다. 이러한 영상은 TV 드라마를 예로 들 수 있다. Class C 계열의 영상은 움직임이 어느 정도 있고 복잡하거나, 어느 정도 복잡하고 움직임이 많은 특징을 갖는

표 3. 영상의 Class 분류.

Class		복잡도		
		low	medium	high
움직임	low	A	B	
	medium	B		C
	high		C	

다. 이러한 특징을 갖는 영상은 스포츠를 예로 들 수 있다.

본 실험에서는 Class A 계열의 Hall Monitor (Hall), Mother & daughter(MaD900), Class B 계열의 Foreman, News, Class C 계열의 Mobile & Calender(Mobile), Stefan CIF 포맷을 입력영상으로 이용하였다. 또 각 입력 영상에 대해 SNR, 공간적 계층부호화 두 방법에 대해 실험하였다. SNR에서는 기본계층, 고급계층 모두 CIF를 사용하였으며 공간적 계층부호화에서는 기본계층, 고급계층으로 각각 QCIF, CIF 영상을 입력하였다.

부호화는 고급계층의 화질을 일정하게 고정된 상태에서 기본계층의 화질을 변경하면서 실험하였다. 이 때 사용한 고급계층의 화질은 31, 33, 35, 37, 40 dB이고, 이에 따른 기본계층 및 고급계층의 화질에 따른 은닉효과도 관찰할 수 있다.

### 4.1 특징에 따른 영상의 분류

본 실험에 사용한 영상을 움직임과 energy compaction(EC)의 정도에 따라 그림 3과 같이 분류했다. 여기서 사용한 움직임 정도 및 EC는 각각 다음과 같이 정의했다.

- 움직임 정도 : 전체 프레임에 대해 각 매크로 블록들의 움직임벡터의 스칼라양을 합한 값으로 정의했다. 여기서

$$\text{Scalar of MV} = \sqrt{(MV_x^2 + MV_y^2)} \quad (7)$$

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

$$EC = \frac{\sum_{i=0}^4 \sum_{j=0}^4 AC_{coefficient}}{\sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 AC_{coefficient}} \times 100\% \quad (8)$$

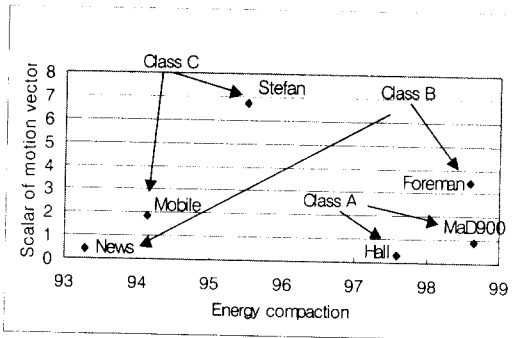


그림 2. 움직임, 복잡함의 정도에 따른 영상 분류.

그림 2를 보면 움직임이 큰 Stefan이나 움직임도 어느 정도 있으며 동시에 화면이 복잡한 Mobile은 Class C에 속한다. 또 움직임도 적고 단순한 영상인 MaD900, Hall은 Class A에 속한다. 반면에 Foreman은 영상은 복잡하지 않으나 움직임이 크며 News는 움직임은 작으나 복잡한 영상으로 Class B에 속한다. 이는 앞 절에서 언급한 MPEG-4에서 영상의 복잡도와 움직임 정도에 따라 class 별로 분류한 것과 같은 결과를 나타냈다.

4.2 프레임 전체를 잃어버린 경우의 은닉 효과  
프레임 헤더를 잃어버린 경우에는 그 프레임 전체를 잃어버린다. 따라서 그 프레임을 다른 정보로

이용해 은닉해야 한다. 이러한 방법은 다른 경우의 은닉방법의 기초가 된다. 각 방법을 비교하기 위해 전체 발생 비트율이 일정할 때의 은닉효과를 알아 보았다. 그리고 기본계층의 양자화 계수는 SNR 계층화에서는 20, 공간적 계층화에서는 8로 설정했다.

그림 3은 일반적으로 복호화한 영상과 프레임 전체를 잃어버린 경우 앞에서 언급한 각각의 방법들을 이용하여 오류가 있던 프레임을 재구성한 영상들이다. 이때 계층부호화 방법으로는 SNR 계층부호화 방법을 쓰고, 기본계층의 양자화 계수는 4이고 고급계층의 양자화 계수는 31이다. 그림 3-a는 일반적으로 복호화 한 영상이고, 그림 3-b는 현재 프레임 전체를 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉한 영상을, 그림 3-c는 현재 프레임을 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉한 영상을 나타낸다. 또 그림 3-d는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임의 정보로 은닉한 영상이고, 3-e는 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지 부분은 이전프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉한 영상을 재구성한 것이다. 각각의 영상을 보면 화질의 열화 를 느낄 수 있다.

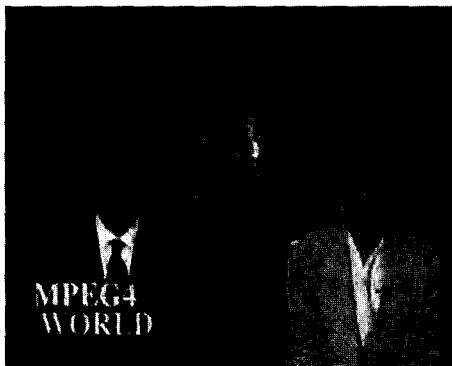
그래프에서 n으로 표시된 방법은 오류 없이 정상적으로 복호화 된 경우이며 b, p, bp, hb는 위에서 언급한 은닉방법 1, 2, 3, 4에 각각 해당하고, 그래프 내에서 세로축들은 각각 33, 35, 37, 40dB 근처에서의 전체 비트율을 나타낸다. 각 방법에 대해 모든 실험의 영상은 각각의 은닉방법으로 은닉한 경우의 영상이다.

#### 4.2.1 은닉방법에 따른 비교

그림 4, 5는 Class A 영상인 MaD900 영상을 SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화가 된 경우 각각의 은닉 방법을 적용한 결과이다. SNR 계층부호화 방법에서는 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지 부분은 이전프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉한 hb 방법이 가장 나은 결과를 보였다. 이 때 손상된 블록에 대한 움직임의 유무는 기본계층의 같은 매크로블록의 움직임 벡터로 판단했다. 그 다음으로 좋은 효과를 보인 방법은 현재 프레임 전체를 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 b 방법이다. 그러나 공간적 계층부호화 방법에서는 hb 방법보다는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임의 정보로 은닉하는 bp 방법이 가장 나은 결과를 보였다.



(a) 일반적인 복호영상



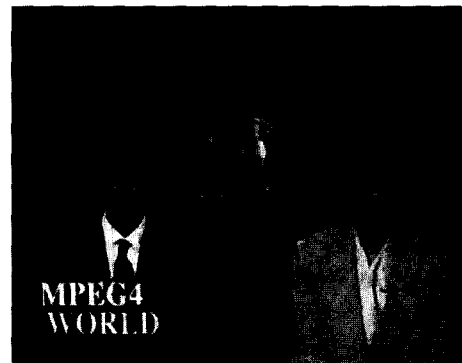
(b) 기본계층의 같은 위치영역 정보로  
은닉한 영상



(c) 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로  
은닉한 영상



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



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

그림 3. 오류가 있는 프레임들 각각의 방법에 의해 재구성한 영상  
(입력영상은 News, SNR, 기본계층의 양자화수 = 31, 고급계층의 양자화수 = 4)



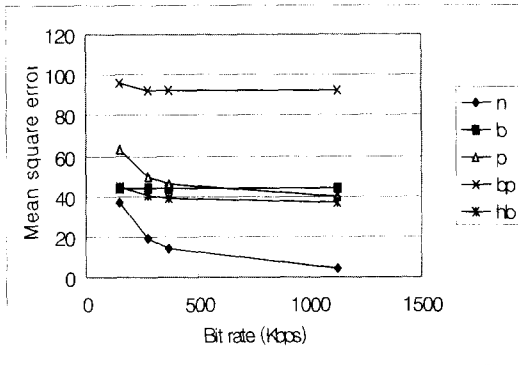


그림 4. SNR 계층부호화에서 각 은닉방식들의 비교. X축은 전체 비트율을 나타낸다. 입력 영상은 MaD900.

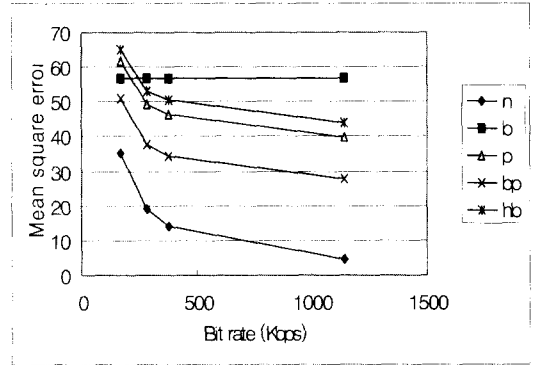


그림 5. 공간적 계층부호화에서 각 은닉방식들의 비교. X축은 전체 비트율을 나타낸다. 입력 영상은 MaD900.

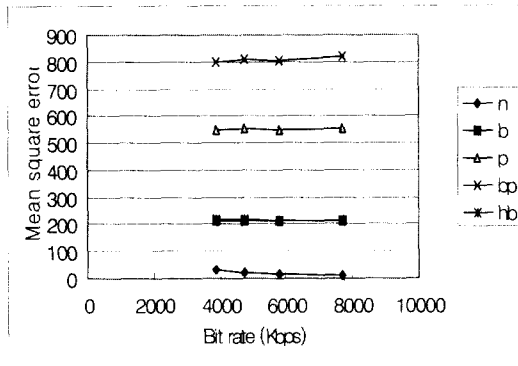


그림 6. SNR 계층부호화에서 각 은닉방식들의 비교. X축은 전체 비트율을 나타낸다. 입력 영상은 Mobile.

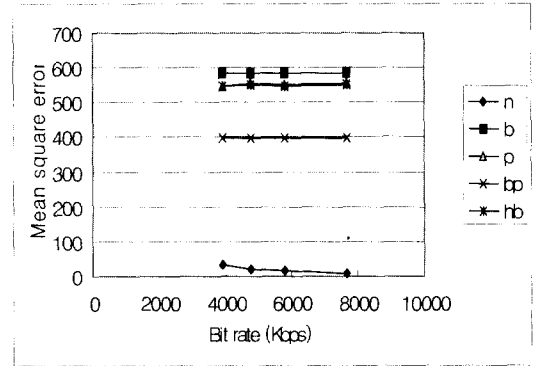


그림 7. 공간적 계층부호화에서 각 은닉방식들의 비교. X축은 전체 비트율을 나타낸다. 입력 영상은 Mobile.

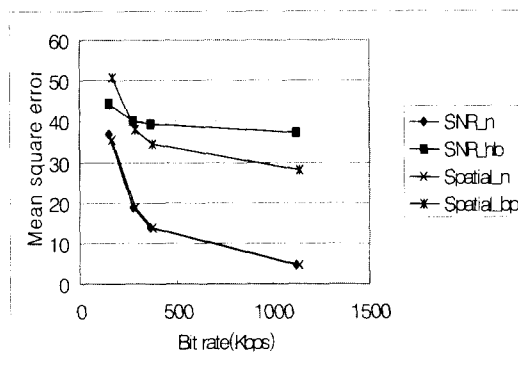


그림 8. SNR 계층부호화에서의 hb 방식, 공간적 계층부호화에서의 bp 방식과 오류가 없을 경우의 비교. 그림에서 n은 오류 없이 복호화된 경우. X축은 전체 비트율을 나타낸다. 입력 영상은 MaD900.

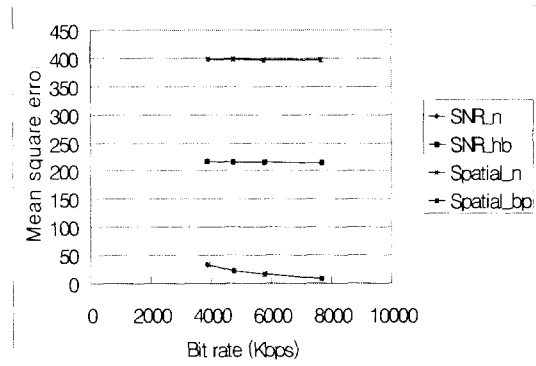


그림 9. SNR 계층부호화에서의 hb 방식, 공간적 계층부호화에서의 bp 방식과 오류가 없을 경우의 비교. 그림에서 n은 오류 없이 복호화된 경우. X축은 전체 비트율을 나타낸다. 입력 영상은 Mobile.

이러한 결과는 SNR 계층부호화 방법에서 고급계층은 기본계층과 해상도가 같으며 부호화시 기본계

층의 데이터를 많이 참조하기 때문에 분석된다.

그림 6, 7는 Class C에 속하는 Mobile 영상에

대한 은닉결과이다. 그림 9는 공간적 계층화 방법의 결과로서 Class A와 비슷한 결과를 나타냈다.

SNR 계층부호화 방법에서는 움직임이 있는 매크로블록은 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지 부분은 이전프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 hb 방법이 가장 나은 결과를 보였다. 그러나 공간적 계층부호화 방법에서는 hb 방법보다는 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임의 정보로 은닉하는 bp 방법이 가장 나은 결과를 보였다.

또 Class B에 속하는 Foreman[그림 11]은 Class C와, News[그림 12]는 Class A와 비슷한 결과를 보였다. 그림 2의 영상 분류에서 보듯이 Foreman은 움직임이 큰 편에 속하나 화면은 비교적 단순한 편에 속한다. News는 움직임이 매우 적은 편이며 반대로 화면은 비교적 복잡하다. 이러한 결과로 볼 때 제안한 방법뿐만 아니라 기존의 은닉 방법들의 성능은 움직임의 정도와 밀접한 관계가 있음을 발견하였다.

4.2.2 Class의 종류에 따른 비교

SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화 방법 모두 Class A의 경우 전체 비트율을 높여 화질을 좋게 함으로써 각 은닉 방법에 따른 MSE의 크기가 줄어들었다. 그러나 Class C의 경우에는 전체 비트량을 높여도 전체적으로 MSE의 변화는 나타나지 않았다. SNR 계층부호화 방법[그림 4]에서 현재 프레임은 기본계층의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 b 방법과 hb 방법이 비슷한 결과를 나타냈다. 이는 움직임이 크기 때문에 이전 프레임에서 가져온 데이터가 현재 프레임 데이터와 많은 차이가 있음을 나타낸다. 따라서 이전 프레임은 Class C의 경우 은닉에는 이용할 수 없다.

4.2.3 계층부호화 방법에 따른 비교

그림 8, 9는 각각 MaD900, Mobile 영상에 대해 SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화 방법에서 가장 좋은 방법인 hb, bp 방법만의 결과를 나타냈다. Class A의 경우 SNR 계층부호화에서의 hb 방법에 비해 공간적 계층화에서의 bp 방법이 좋은 은닉효과를 보였으나 Class C에서는 반대의 결과를 보였다. Class A에서는 고급계층의 움직임이 크지 않아 기본계층의 움직임 벡터만큼 이동된 이전 프레임임으로 은닉한 bp 방법이 좋았으나 움직임이 큰 Class C에서는 기본계층의 움직임 벡터가 고급계층의 움직임을 충분히 쫓아가지 못했기 때문에 분

석된다.

전체적으로 볼 때 공간적 계층부호화 방법에서는 기본계층 데이터를 이용한 은닉 방법의 결과가 좋지 않았다. 이는 공간적 계층부호화의 경우 기본계층으로 고급계층을 채울 경우 기본계층 영상의 크기가 작아 업샘플링(upsampling)을 하여 상관성이 떨어지기 때문으로 분석된다. 그림 10은 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임 정보로 은닉하는 bp 방법의 실제 결과 영상이다. 기본계층의 움직임 벡터 단위가 매크로블록 단위이므로 고급계층에서는 네 개의 매크로블록에 한 개의 움직임 벡터를 적용하게 된다. 따라서 그림과 같이 블록킹 현상(blocking effects)이 발생한다.



그림 10. 제한한 1번 방법으로 은닉한 결과(bp). Spatial scalability, 입력영상은 News.

4.3 일부 매크로블록을 잃어버린 경우의 은닉 효과

앞의 경우처럼 프레임 헤더에 오류가 발생할 경우에는 그 프레임 전부를 은닉해야 한다. 그러나 프레임 헤더보다는 프레임 내의 일부 매크로블록 단위에 오류가 발생할 확률이 더 크다. 이는 헤더 정보량보다 실제 데이터 정보량이 더 크기 때문인데 이러한 경우에 대해 매크로블록별 오류의 패턴을 분석하고 그에 맞는 은닉방법을 선택, 계산함으로써 실제 상황에서 얻을 수 있는 화질을 계산할 수 있다.

실험에 사용한 영상의 각 프레임 당 매크로블록 수는 396이다. 이를 앞에서 언급한 오류의 확률적 분석과 실험치에 각각의 매크로블록에 대응시켜 다음과 같은 식에 대입을 시킨다.

$$MSE = MSE_n \times (1 - \frac{E_{MB}}{396}) + MSE_c \times \frac{E_{MB}}{396} \quad (9)$$

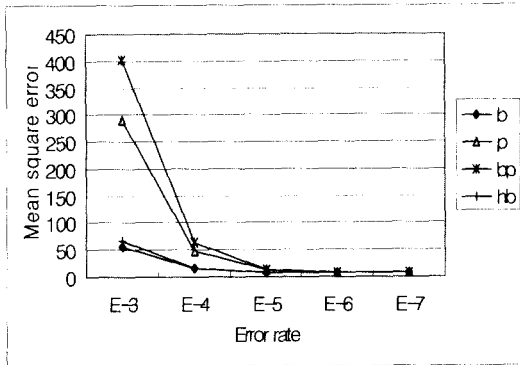


그림 11. SNR 방식에서 에러율에 따른 매크로블록 단위의 은닉 결과. 입력 영상은 Mobile, 고급계층은 40dB.

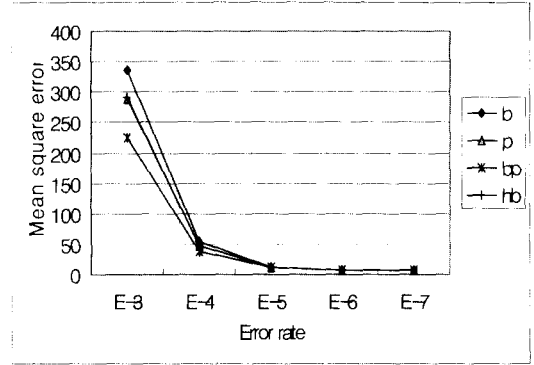


그림 12. 공간적 계층부호화 방식에서 에러율에 따른 매크로블록 단위의 은닉 결과. 입력 영상은 Mobile, 고급계층은 40dB.

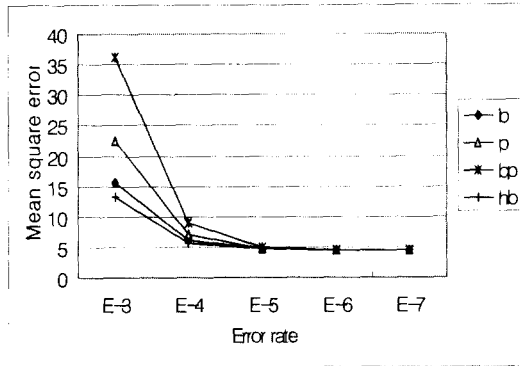


그림 13. SNR 방식에서 에러율에 따른 매크로블록 단위의 은닉 결과. 입력 영상은 MaD900, 고급계층은 40dB.

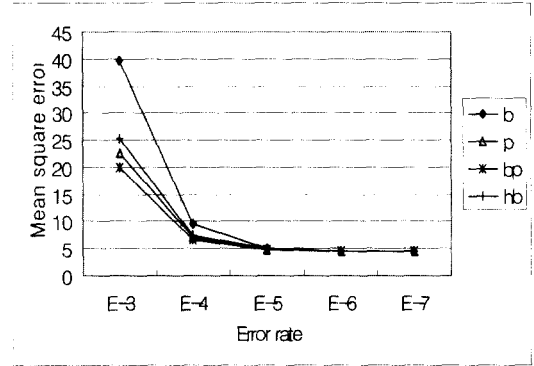


그림 14. 공간적 계층부호화 방식에서 에러율에 따른 매크로블록 단위의 은닉 결과. 입력 영상은 MaD900, 고급계층은 40dB.

여기서  $MSE_n$ 은 정상적으로 복호화한 MSE 값이고,  $MSE_c$ 는 오류가 나서 앞에서 제시한 은닉방법에 의한 MSE 값이다.  $E_{MB}$ 는 오류가 난 매크로블록의 수이다. MSE는 오류가 난 매크로블록을 앞에서 제시한 은닉 방법에 의해 오류를 은닉한 값이 된다.

이 때 값은 프레임 기준이다. 표 1에는 위의 식에 따라 계산한 값과 직접 오류를 넣어 얻어낸 실험치를 나타냈다. 계산한 값을 이용하여 각각의 에러율에 대한 MSE 값을 구하면 그림 11~14와 같다.

그림 11, 그림 12는 Class C에 속하는 Mobile 영상에 대해 SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화 방식에서 매크로블록 단위로 은닉한 결과이다. 에러율이 높은 상태( $10^{-3}$ )에서는 각 방식에서 가장 효과가 좋은 은닉방법인 hb, bp 방법을 비교해 볼 때

공간적 계층부호화 방식에 비해 SNR 계층부호화 방식에서의 은닉효과가 매우 좋게 나타났다. 이러한 결과는 프레임 전체를 은닉하는 과정에서도 동일하게 나타났다. 그림 13, 그림 14는 Class A에 속하는 MaD900 영상에 대해 SNR 계층부호화, 공간적 계층부호화 방식에서 매크로블록 단위로 은닉한 결과이다. 이 영상 역시 SNR 계층부호화에서의 은닉효과가 좋게 나타났다.

이러한 결과들을 정리해 보면 움직임이 큰 Class C 계열의 영상에서 SNR 계층부호화 방식에서는 b, hb 방법이 좋은 은닉효과를 보이고 공간적 계층부호화 방법에서는 bp 방법이 좋은 효과를 보인다. 또 Class A 계열의 영상에서 SNR 계층부호화 방식에서는 hb 방법이, 공간적 계층부호화 방법에서는 bp 방법이 좋은 효과를 보였다. 이 결과들은 앞에서 언

급한 전체 프레임을 은닉할 경우의 결과와 같다. 결과적으로 Class에 관계없이 SNR 계층부호화에서는 hb 방법을 이용하고 공간적 계층부호화에서는 bp 방법이 좋은 결과를 보였다.

### V. 결론

네트워크를 통해 데이터를 전송할 경우 근본적인 이유로 인해 오류가 발생할 수 있으며 특히 압축된 비디오 데이터에서 에러는 수신측의 화질에 큰 영향을 미친다. 이에 본 논문에서는 H.263v2에서 고급계층에서 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, 이전프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉, 기본계층의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임 정보로 은닉, 움직임이 있는 부분은 기본계층으로 나머지는 이전 프레임의 같은 위치영역 정보로 은닉하는 4가지 은닉방법에 대한 실험결과를 제시했다. 특히 영상의 특성에 따라, 계층화 방식에 따라 서로 다른 결과를 보였으며 또한 전송대역폭(화질≒비트율)과도 밀접한 관계가 있다.

일정한 화질에서 전체 계층에서 발생하는 비트량은 SNR 계층부호화 방법이 공간적 계층부호화 방법에 비해 높게 나타났으며 공간적 계층부호화의 경우 단일계층에 비해 약간의 비트율의 증가가 있었다. 실험결과 움직임의 정도에 관계없이 SNR 계층부호화 방법에서는 이전 프레임과 기본계층을 이용하는 hb 방법과 기본계층만으로 은닉하는 b 방법이 비슷한 효과를 나타냈고 공간적 부호화 방법에서는 기본계층의 움직임 벡터와 이전 프레임을 이용한 bp 방법이 좋은 효과를 나타냈다. 그러나 계층부호화 방법을 비교할 경우 Class C, Class B 계열의 영상에서는 SNR 계층부호화 방법이 공간적 계층부호화 방법에 비해 좋은 효과를 나타냈으며 Class A 계열의 영상인 MaD900에서는 오히려 공간적 계층부호화의 방법이 더 나은 효과를 보였다. 이러한 분석결과들은 전송환경, 영상의 특성에 따라 효과적인 은닉 방법을 선택할 때 기초적인 자료로 활용할 수 있다.

### 참고 문헌

[1] Paul C. M. Wong, Victor C. M Leung, Panos

Nasiopoulos, "An MPEG2-to-ATM converter to optimize performance of VBR video broadcast over ATM networks," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 44, no. 3, Aug. 1998.

[2] Wenjun Luo, Magda El Zarki, "Analysis of Error Concealment Schemes for MPEG-2 Video Transmission Over ATM based Networks," in *Proc. SPIE'95*, vol. 2501, pp. 1358-1368, 1995.

[3] Jae-Won Suh and Yo-Sung Ho, "Error Concealment based on Directional Interpolation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, no. 3, Oct. 1997.

[4] W.P.L. Soon and W.C Wong, "Robust H.263 portable video coding," *IEEE ICICS'97*, Singapore, pp. 306-310.

[5] Jian Feng, Kwok-Tung, Hassan Mehrpour, "Error concealment for MPEG video transmission," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, no. 2, pp. 183-187, May 1997.

[6] Susanna Aign, Khaled Fazel, "Temporal & spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codec," *Proc IEEE*, pp. 1778-1783, 1995.

[7] Jong Wook Park, Jong Won Kim, Sang Uk Lee, "DCT Coefficients Recovery-Based Error Concealment Technique and Its Application to the MPEG-2 Bit Stream Error," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no. 6, pp. 845-854, Dec. 1997.

[8] M. Hasan, A. Sharaf, F. Marvasti, "Novel Error Concealment Techniques for Images in ATM Environments," in *Proc. IEEE ICASSP'98*, Washington, USA vol. 15, pp. 2833-2836.

[9] M. R. Frater, J. F. Arnold, J. Zhang, "MPEG-2 video error resilience experiments : The importance considering the impact of systems layer," *Signal Processing Image Communication*, vol. 14, no. 3, pp. 269-275, Feb. 1999.

[10] Huifang Sun, Wilson Kwok, "Concealment of Damaged Block Transform Coded Images Using Projections onto Convex Sets," *IEEE*

*Trans. Image Processing*, vol. 4, no. 4, pp. 470-477, Apr. 1995.

[11] D. Wilson, M. Ghanbari, "Optimal DCT Coefficient Adjustment Applied to MPEG-2 SNR Scalability," in *Proc. ICC'97*, Montreal, Canada, vol. 3, pp. 1664-1668.

[12] *Packet based multimedia communications systems*, ITU-T Standard H.323, Feb. 1998.

[13] 홍원기외, "이동통신망에서 H.263 동영상 전송을 위한 채널부호화 및 오류 은닉 기법", 한국통신학회논문지, vol. 23, no. 3, pp. 544-553, 1998.

[14] Chi-Kong Wong, Oscar C. Au, Chi-Wah Tang, "Motion compensated temporal interpolation with overlapping," *IEEE \_\_\_\_\_*, pp. 608-611, 1996.

[15] Krishna R. Narayanan, John F. Doherty, "A convex Projections Method for Improved Narrow-Band Interference Rejection in Direct-Sequence Spread-Spectrum Systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 45, no. 7, pp.772-774, July 1997.

[16] Wee Sun Lee, Mark R Pickering, Michael R Frater, John F Arnold, "Error resilience in video and multiplexing layer for very low bit-rate video coding system," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 15, no. 9, pp. 1764-1774, Dec. 1997.

[17] Eckehard Steinbach, Niko Farber, Bernd Girod, "Standard Compatible Extension of H.263 for Robust Video Transmission in Mobile Environments," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no. 6, pp.872-881, Dec. 1997.

[18] Wen-Jeng Chu, Jin-Jang Leou, "Detection and Concealment of Transmission Errors in H.261 Images," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 74-84, Feb. 1998.

[19] *Packet based multimedia communications systems*, ITU-T Standard H.323V2, Mar. 1997.

[20] Niko Faber, Bernd Girod, John Villasenor, "Extensions of ITU-T Recommendation H.324 for error-resilient video transmission," *IEEE Comm. Mag.*, pp. 120-128, June. 1998.

[21] T. Nikolaidis, M. Hasan, F. Marvasti, "H.263-based Two Layer Codecs for ATM Environments," in *Proc. IEEE ITC'98*, Porto Carras, Greece, vol. 3, pp. 32-36.

[22] *Video coding for low bit rate communication*, ITU-T Standard H.263V2, " Sept. 1998.

[23] NTT DoCoMo, "Error Pattern Generation Program".

한 승 균(Seung Gyun Han)



1997년 2월: 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1999년 2월: 경희대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)

현재: 경희대학교 전자공학과 대학원 박사과정

<주관심 분야> 멀티미디어통신, 비디오 압축, 에러 은닉.

장 승 기(Seung Gi Chang)



1993년 2월: 경희대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1995년 2월: 경희대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)

2000년 2월: 경희대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학박사)

현재: 삼성전자 중앙연구소 연구원

<주관심 분야> 멀티미디어통신, 비디오 압축, 에러 은닉.

서 덕 영(Doug Young Suh)

정회원



1980년 2월: 서울대 핵공학과 학사(공학사)

1986년 2월: 미국 조지아 텍 핵공학 석사(공학석사)

1990년: 조지아텍 전기공학과 박사(공학박사)

1990년: 상공부 생산기술 연구원, HDRV 연구개발단 선임연구원

1992년~현재: 경희대학교 부교수

<주관심 분야> 멀티미디어통신, 비디오 압축, 에러 은닉.