
모바일 화상통신을 위한 오류강인 부호화 기법

Error Resilience Coding Techniques for Mobile Videotelephony

서재원
충북대학교 전자공학과

Jae-Won Suh(sjwon@cbnu.ac.kr)

요약

영상을 통신망에서 실시간 전송하려면 압축된 비디오 비트열이 필요하다. 비디오 압축 알고리즘은 시간적, 공간적, 확률적 중복성을 제거하기 때문에 부호화된 비트열은 전송과정 중에 발생하는 전송에러에 매우 민감한 특성을 보인다. 본 논문에서는 저 전송률 비디오 코딩에서 에러의 확산을 막기 위한 에러 복원 코딩 방식을 제안한다. 이런 에러 복원 코딩 기술의 성능은 전송에러를 얼마나 정확하게 탐지해 내느냐에 달려 있는데, 전송 에러를 검출하기 위해 데이터 숨김이라는 방식을 제안한다. 그리고 에러가 발생한 매크로블록을 복원하기 위해 인트라 매크로블록 갱신 기술과, 움직임 벡터 예측을 이용한 움직임 보상 기술을 적용하여 성능을 비교 및 평가한다. 이 방식은 WCDMA와 같이 에러가 발생할 확률이 있는 비디오 전송망에서 사용할 경우 매우 효과적이다.

■ **중심어** : | 에러 복원 코딩 | 데이터 숨김 | 인트라 매크로블록 갱신 | WCDMA |

Abstract

Compressed video bitstreams are intended for real-time transmission over communication networks. Because video compression algorithms eliminate the temporal, spatial, and statistical redundancies, the coded video bitstreams are very sensitive to transmission errors. We propose an error resilient video coding technique to limit the effect of error propagation in low bit-rate video coding. The success of error resilient coding techniques relies on how accurately the transmission errors can be detected. To detect the transmission error, we propose a very simple error detection technique based on data hiding. Next, we conceal the corrupted MB data using intra MB refresh and motion compensation with the estimated motion vector and compare the simulation results. This method will be useful in video communication in error prone environment such as WCDMA networks.

■ **keyword** : | Error Resilience Coding | Data Hiding | Intra MB Refresh | WCDMA |

1. 서론

전 세계의 모바일 단말기 회사들이 3세대 (3G) 이동

통신망을 채택하면서, 화상통화 서비스가 핵심 사업으로 대두되었다. 화상통화 서비스와 같이 지연 없이 실시간 전송을 필요로 하는 경우, 3GPP(3rd Generation

* 본 논문은 2006학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었습니다.

접수번호 : #070910-003

접수일자 : 2007년 09월 10일

심사완료일 : 2007년 11월 27일

교신저자 : 서재원, e-mail : sjwon@chungbuk.ac.kr

Partnership Project)는 대역폭을 보장하는 회선 교환 베어러(circuit-switched bearer)를 채택하였는데, 이는 3G-324M[1]에 기반을 두고 있다.

모바일 단말기에서 실시간 화상통신을 하기 위해서는 몇 가지 어려움을 극복해야한다. 먼저 이동통신 채널은 일반적으로 잡음에 노출되어 있는데, 화상통신 시에 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)에서의 비트 오류율은 보통 10^{-3} 정도이다. 또한 전송채널의 대역이 제한되어 있기 때문에 동영상 데이터를 고압축 전송해야 하는 것이다. 이런 이유로 고압축된 비트열이 전송 중에 오류가 발생하면 재생되는 화질에 심각한 화질저하를 초래한다. 이런 모바일 기반의 화상통신의 특성상 오류의 영향을 받지 않는 시스템을 만들기란 거의 불가능하다. 따라서 오류에 효과적으로 대처하는 부호화 및 복호화 알고리즘을 설계하는 것이 무엇보다 중요하다. 이 문제를 해결하기 위해 여러 가지 오류 강인 부호화 방식들이 제안되었다[5]. 오류 강인 부호화 방식들은 일반적으로 오류검출, 동기화, 데이터 복원, 오류은폐 등으로 구분된다.

이 논문에서는, 전송오류가 있는 전송채널에서 MPEG-4로 부호화된 비디오 비트스트림을 회선 교환 망을 통해 전송할 경우의 오류검출 문제와 오류은폐 기법을 다루고자 한다. 오류 발생 후 재생 화면의 화질은 오류검출 능력과 은폐 능력에 달려있기 때문에, 우리는 선행과제인 데이터 숨김을 이용한 오류검출 방식에 초점을 맞출 것이다. 우리는 구문기반 오류검출과 데이터 숨김에 기초한 매우 간단하면서도 효율적인 오류검출 알고리즘을 제안한다. 그리고 오류은폐를 위해서는 수학적 계산량을 줄이기 위해, 시간적 대체(temporal replacement) 알고리즘을 사용하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 단락 II에서는 3G-324M 프로토콜에 대해 간략히 소개하고, MPEG-4 비디오 부호화 과정과 데이터 전송 시스템에 대해 설명한다. 단락 III에서는 미검출 오류로 인한 화질 저하와 전파 영향을 확인하고 오류복원 기법들의 특징에 대해 다룬다. 그리고 오류은폐 능력을 높이기 위한 새로운 오류검출 알고리즘을 제안한다. 단락 IV는 시뮬레이션 환경과 시뮬레이션 결과를 다룬다. 마지막

으로 단락 V에서 최종 결론을 도출한다.

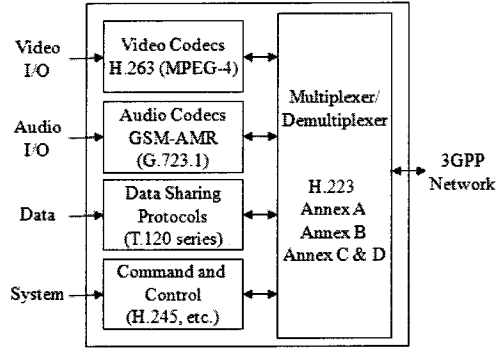


그림 1. 3G-324M 시스템의 블록 다이어그램

II. 화상통신 시스템

모바일 매체를 통해 화상통신을 하기 위해서는 다양한 통신망에 대한 표준, 압축 표준 등을 따르며 생성된 데이터들이 정상적인 송수신과정을 통해 이루어진다. 이 절에서는 화상통신에 기반이 되는 3G-324M 프로토콜과 MPEG-4 동영상 압축개념에 대해 살펴본다.

1. 화상통화를 위한 3G-324M 프로토콜

3G-324M은 H.324 프로토콜 표준[2]에서 파생되었다. ITU-T H.324 권고안은 H.223 권고안에 따라 정의된 멀티플렉서와 V.34 모뎀, H.245에 따른 세션 제어 및 인식 시스템, 음성과 영상 부호기, 선택적인 데이터 프로토콜 등으로 구성된다. 이 권고안은 부가 조건들을 통해 오류가 발생될 수 있는 이동식 네트워크에도 적용할 수 있도록 확장되었다. H.324의 부기 C와 H.223의 부기 A, B, C, D는 오류 복원에 대한 내용을 다루고 있다. 이러한 부기들을 만족시키는 H.324를 H.324M 이라고 부른다[3].

[그림 1]은 3G-324M 시스템의 블록 다이어그램을 보여준다. 3GPP 3G-324M의 핵심은 H.324M에 기반한 화상통화 서비스의 지원이다. [그림 1]에서처럼, 3G-324M 단말은 특정한 오디오와 비디오 코덱을 사용해야 한다. 괄호 안의 코덱은 선택적으로 단말기의 성능에

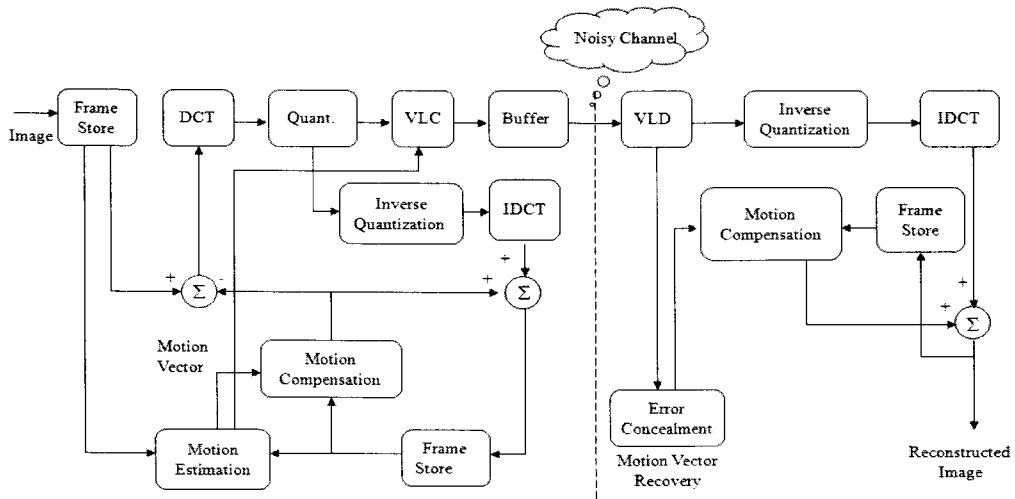


그림 2. MPEG-4 부호화 및 복호화의 블록다이어그램

따라 지원할 수 있는 코덱이다. 이런 화상통화 서비스는 비디오 압축 기술의 발전으로 인해 저 전송률로도 실시간 비디오 데이터 전송이 가능해졌기 때문에 가능하다. 3G-324M을 통한 화상통화를 이용하는 사용자들이 느끼는 서비스의 질은 호 설정 시간, 오디오-비디오 동기화, 지연 정도, 화질 등의 요소에 영향을 받는다. 특히 영상 압축 알고리즘과 깊은 연관성이 있는 것은 화질이다.

2. MPEG-4 동영상 압축 및 오류강인 부호화

ISO/IEC에서 제정한 영상 압축 표준인 MPEG-4[4]는 멀티미디어에서의 영상과 음성 부호화를 목적으로 만들어졌다. MPEG-4 동영상 압축표준은 이산시간 코사인 변환(DCT, discrete cosine transform)과 움직임 예측(ME, motion estimation)으로 이루어진 혼성 구조(hybrid structure)를 사용하며 코딩 모드에는 인트라 모드와 인터 모드가 있다. 인트라 모드에서는 입력 영상을 8x8 화소로 이루어진 블록단위로 나누고 2차원 DCT 변환을 거친 후 양자화 되어 공간적 중복성이 제거된다. 양자화된 DCT 계수들은 가변장길이부호화(VLC, variable length coding)를 통해 통계적 중복성이 제거되어 전송된다. 연속해서 입력되는 영상들을 부호화하는 인터 모드에서는 ME와 움직임 보상(MC,

motion compensation)을 이용하여 시간적 중복성을 제거한다. 시간적 중복성이 제거된 차분영상 정보는 인트라 모드와 유사한 부호화 과정을 거쳐 전송되며, ME/MC를 통해 발생된 움직임 정보도 가변장길이부호화되어 전송된다.

만약 복호기가 정상적인 움직임 벡터와 차분 영상을 받았다면 정상적인 출력 영상을 얻을 수 있지만, 복호기가 손상된 비트스트림을 받는다면 문제가 발생한다. 따라서 이런 불필요하지만 어쩔 수 없이 발생하게 되는 전송오류에 대비한 화질 개선노력이 필요하다. MPEG-4 동영상 압축표준[4]은 전송오류가 발생할 것을 대비한 재동기화, 데이터 분할, RVLC (Reversible Variable Length Coding) 등의 오류강인 부호화 알고리즘이 일부 적용되었다.

재동기화는 복호기가 오류가 발생한 지점부터 다음 재동기화 표시기가 있는 곳까지의 데이터를 무시하고 재동기화 표시기가 있는 곳부터 다시 데이터를 처리할 수 있게 해준다. 데이터 분할은 재동기화 표시기 사이에 존재하는 압축데이터의 중요도에 따라 나누어서 전송한다. 이렇게 하면 복호기는 오류가 발생한 논리 단위만 버리지만 하면 되므로 데이터의 손실을 적게하는 효과가 있다. 또한 이런 과정을 통해 버려질 데이터로 결정된 부분에서도 복원가능한 부분은 복원하고자

RVLC를 사용한다. 이런 부분은 DCT 계수를 부호화한 부분에 해당하는데, 순방향과 역방향으로 복호화하여 복호가 되는 부분은 최대한 사용하고 복호가 되지 않는 최종 손상 부분만 버리게 된다.

III. 오류 복원 영상 코딩

압축된 동영상데이터는 음성, 데이터 등과 멀티플렉싱된 후, 채널오류에 강인한 채널코딩되어 송수신된다. 3G-324M과 같은 모바일 화상통신의 경우에는 프로토콜 상에서도 재전송 요구 등 오류에 대비하는 방법이 있다. 하지만 실시간 응용이기 때문에 프로토콜단에서 검출되는 오류를 포함한 동영상 압축 데이터는 어떠한 처리도 없이 동영상 복호기로 입력된다. 따라서 동영상 복호기 자체의 오류처리 기법이 필요하다. 이런 오류처리를 하기위해 선행되어야 할 것은 정확한 위치에서의 오류검출이다. 또한 오류검출 후, 시각적으로 거슬리는 현상을 최대한 줄이는 노력이 필요한데 이런 기법을 오류은폐기법이라고 한다.



그림 3. 불완전한 오류검출 및 오류 전파

1. 오류전파의 영향

동영상 복호기의 특성상 오류가 있음에도 검출하지 못하고 복호화가 진행될 수 있다. [그림 3]은 매크로블록 오류가 검출되지 않아 복호기에서 재구성된 화면에 오류가 발생하고, 이로 인해 오류가 전파된 것을 보여준다. 왼쪽 그림에서 한 개의 매크로블록 오류와 한 개의 블록 오류를 확인할 수 있다. 그러나 오류검출기가 오류를 제대로 판별해 내지 못했기 때문에, 복호기는 오류에 대해 아무런 조치를 취할 수 없었다. 따라서 시

간적 예측구조의 영향으로, 연속하여 복호되는 화면들로 계속 퍼져나가 7초 뒤의 화면은 사물을 분간할 수조차 없게 되었다. 이런 오류의 전파를 막기 위해 주기적으로 인트라 프레임을 삽입하면 오류 확산을 막을 수 있지만, 화상통화 환경에서는 인트라프레임이 많은 비트를 생성시키기 때문에 이 방식을 사용하기 어렵다. 따라서 발생한 오류에 대해 정확한 판단으로 검출하고 적당히 은폐시키는 방법이 필요하다.

2. 오류검출 알고리즘

오류 복원 알고리즘의 효율은 오류검출을 얼마나 성공적으로 해내느냐에 좌우된다. 가장 널리 알려진 오류검출 알고리즘은 구문 기반 방식인데, 이는 복호과정에서 구문 규칙에 위배되는 부분을 찾아내는 것이다. 예를 들면 가변장길이부호화 표에 나오지 않는 코드워드가 발견될 경우, 혹은 하나의 블록에서 DCT 계수의 개수가 64개를 넘어가는 경우, 양자화 계수가 명시된 범위를 벗어난 경우 등은 오류가 발생했다고 판별하는 것이다. 그러나 이런 구문 기반 알고리즘의 오류검출률은 40~60% 정도로 알려져 있다[10]. 또한 임의의 오류 패턴에 대해서는 복호과정을 끝마치지 못하고 시스템이 정지하는 경우도 발생한다. 이런 경우 각종 예외처리 등을 통해 복호과정을 끝까지 마무리 할 수 있도록 하는 것도 중요하다.

따라서 오류검출율을 높이기 위해, 우리는 양자화를 거친 인트라 매크로블록에 대해서 데이터 숨김 기법을 적용하는 방법을 제안한다. 인트라 매크로블록 데이터 숨김 기법이란 양자화된 DCT 계수값을 약간 변화를 주는 방법이다. DC계수는 크기값을 모두 짝수로 바꾸고 AC계수는 발생 계수 개수를 짝수개로 만들어 주는 것을 말한다. 단, AC 계수가 1개일 경우는 그대로 보존한다. 이렇게 하면 복호할 때 가변장길이부호화 때문에 오류이면서도 오류라고 인식되지 않고 넘어가는 오류를 검출할 수 있다. 인트라 매크로블록의 DCT 계수값들은 ME/MC 후 차분치에 대한 DCT 계수값들이기 때문에, AC 계수값들은 대부분 작다. 때론 AC 계수들이 발생하지 않을 경우도 발생한다. 따라서 인트라 매크로블록의 경우는 DC값만 짝수로 바꿔준다.

복호기에서는 DCT계수값들을 해석하여 이렇게 DC 계수들이 짝수가 아니거나 인트라 매크로블록의 AC계수의 개수가 홀수개로 인식된다면 오류라고 선언할 수 있다. 이렇게 하면 부호화된 비트열 중에서 많은 부분을 차지하고 있는 DCT계수들로부터 오류를 검출할 수 있으므로 검출을 향상을 기대할 수 있게 된다. 제안된 알고리즘을 적용하면 블록의 전체 밝기 값인 DCT계수의 값에 일종의 오류가 생기기 때문에 화질에 영향이 있지만, 저비트율인 경우 별 차이가 없으며 비트를 차원에서의 변화는 거의 없다. 따라서 제안하는 데이터 숨김은 3G-324M에서와 같이 저 전송률 화상통화 환경에서 사용할 수 있는 좋은 방식이라 할 수 있다.

3. 오류은폐 알고리즘

오류은폐란 전송오류에 의해 손실된 정보를 은폐하는 것을 말한다. 부호화를 거친 매크로블록이 가질 수 있는 데이터의 종류는 크게 두 가지가 있다. 한 가지는 픽셀의 밝기와 색상 정보, 그리고 DCT 계수 등을 포함하는 텍스처 정보이고, 다른 하나는 MV로 이루어진 움직임 정보이다.

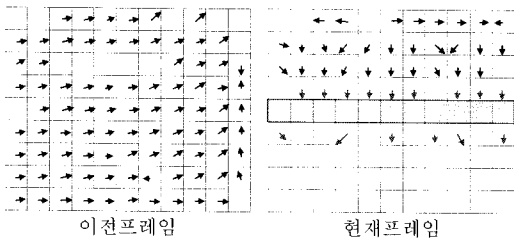


그림 4. 움직임 벡터 방향 분석

텍스처 정보를 복원하기위해 제안된 모든 방식들은 영상 신호의 픽셀 간 연관성을 이용한 것이다. 쉬운 예로 픽셀 보간법을 들 수 있는데, 손상된 블록의 픽셀 값들은 그 블록 주위에 있는 손상되지 않은 블록의 픽셀 값들을 가지고 보간함으로써 원 블록이 가지는 값과 비슷한 값으로 복원할 수 있다[6-8]. 하지만 오류가 발생하면 매크로블록이 연속적으로 손상되기 때문에 보간법에 이용할 수 있는 데이터는 위 아래의 화소값들로서 전체 매크로블록을 처리하기에는 미흡하다. 또 다른 간

단하면서도 매우 효과적인 복원방법 중 하나는 이전화면에서 특정 위치에 있는 블록값을 복사해 오는 것이다. 즉, 손상된 MV값을 복원하고, 이 예측된 MV를 가지고 MC를 수행함으로써 오염된 매크로블록 데이터를 대체하는 것이다[9-13].

본 논문에서는 손상된 MV값을 복원하고 움직임 예측하는 방법으로, 수직으로 이웃한 매크로블록들이 가지는 MV를 이용하였다. 오류가 발견된 매크로블록의 MV는 바로 위쪽과 아래쪽에 위치한 매크로블록이 가지는 MV값을 평균하여 얻을 수 있다[11]. [그림 4]에서 화살표의 크기와 방향은 각 매크로블록들이 갖는 MV의 크기와 방향을 의미한다. 이 분석으로부터 알 수 있는 것은 영상객체들의 움직임이 대부분 비슷한 방향으로 움직인다는 것이다. 따라서 수직으로 이웃한 매크로블록의 MV를 평균하는 것은 효과적인 예측 방식이라고 할 수 있다. 하지만 만약 이웃한 두 매크로블록 중에 하나라도 MV 정보가 없다면 성능이 좋지 못하다. 결과적으로 재구성한 영상의 화질은 만족스럽지 못할 것이고 이러한 화질 열화는 다음 화면으로 계속 전파될 것이다. 따라서 이 문제를 해결할 효과적인 방법이 추가되어야 하는데, 바로 충분한 양의 인트라 매크로블록을 삽입하는 것이다. 이를 인트라 매크로블록 갱신 알고리즘 이라고 한다.

4. 거미줄 형태의 인트라 매크로블록 갱신

III장 1절에서 오류검출이 되지 않은 경우의 시간적 오류 전파의 영향을 살펴보았다. 시간적 오류 전파를 막는 좋은 방법은 인트라로 부호화된 화면이나 매크로블록을 주기적으로 삽입하는 것이다. 하지만 3G-324M 터미널같이 실시간 전송을 목적으로 하는 경우에는 인트라로 부호화된 화면을 주기적으로 삽입하는 것은 문제가 된다. 시간 지연이 길어지고 비트율이 증가하기 때문이다. 따라서 화면전체를 인트라로 부호화하는 것이 아니라 적절한 양의 인트라 매크로블록을 삽입해주는 것이 더 효과적이다. 이때 오류 복원을 위해 인트라 매크로블록을 사용할 경우 과연 몇 개 까지 삽입하는 것이 적절한지, 그리고 어느 위치에 삽입해야 효과적인지 등의 문제를 고려해야 한다.

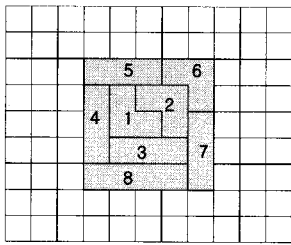


그림 5. 거미줄 형태의 인트라 매크로블록 갱신

갱신할 인트라 매크로블록의 개수는 전적으로 비트율에 따라 결정된다. 본 논문에서는 저비트율 부호화를 목표로 하고 있으므로 많은 비트를 발생시키는 인트라 매크로블록을 충분히 삽입할 수 없다. 따라서 프레임율을 고려할 때 1초에 화면에서 중요한 부분만이라도 갱신될 수 있는 수를 고려하였다. 또 한 가지 고려사항인 인트라 매크로블록의 공간적 위치에 대하여는 몇 가지 다른 방식들이 제안되었다. 무작위로 배치하는 방식도 알려졌고 MV를 분석하여 특별히 움직임이 많은 위치에 삽입하는 방식이 효과적임이 입증되었다. 현재 알려진 가장 좋은 방법은 손실 고려 비트율-왜곡 최적화 방식(Loss-aware rate distortion optimization schemes)

이다[14]. 그러나 이 방식은 부호기와 복호기가 반드시 서로 통신이 가능해야 하며, 그 방식도 외부 수단에 의해 정의되어야 하는 단점이 있다. 또한 비트율-왜곡 최적화 방식은 모든 경우를 부호화해보고 최적의 것은 선택하는 것이기 때문에 실시간 응용에는 적합하지 않은 단점이 있다.

본 논문에서는 간단한 인트라 매크로블록 갱신 방식을 제안한다. 일반적으로 사람들은 영상의 중심 부분에 초점을 맞추는데, 시각적으로 가장 중요한 정보는 화면의 중앙에 위치하도록 영상을 포착하기 때문이다. 따라서 이 특성을 이용해 화면 중심 부분을 빠르게 갱신하면 오류 전파에 따른 영향을 줄일 수 있다. 우리가 제안하는 방식은 [그림 5]에서처럼, 한 프레임마다 화면 중심에서부터 거미줄 형태로 서너 개의 매크로블록을 인트라 모드로 갱신하는 것이다. 결과적으로 초당 7.5 프레임으로 부호화될 경우, 영상의 중요부분인 중심 부분은 초당 1회의 갱신된 영상을 얻게 된다. 이 외의 부분에 위치한 매크로블록들은 비트율 제어 알고리즘에 의해 인트라 모드나 인트라 모드로 부호화 방식이 결정된다.

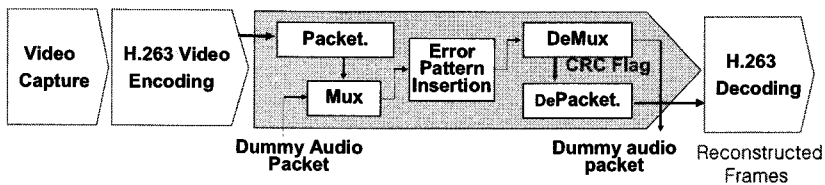


그림 6. WCDMA 망의 채널 오류 모델링

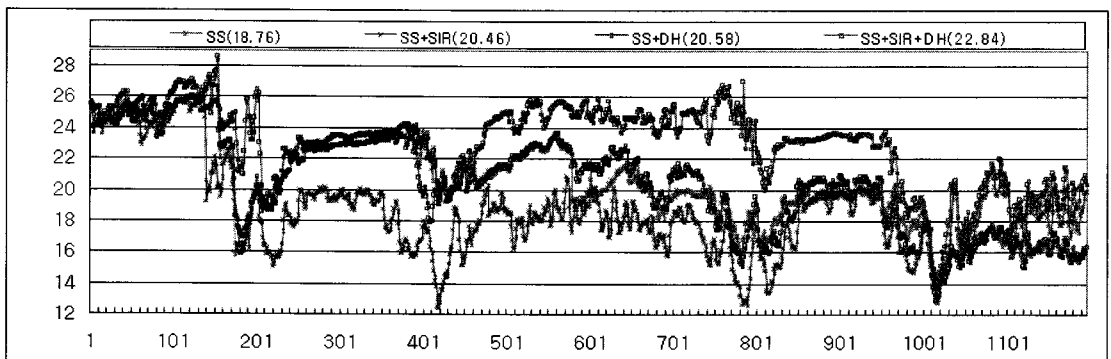


그림 7. PSNR 비교

IV. 시뮬레이션 결과

WCDMA 같은 3세대 무선 화상통신 방식에서는 H.263 베이스라인 코덱이나 MPEG-4 심플 프로파일들이 사용된다. 오류검출과 복원 알고리즘의 성능을 시험해 보기 위해 우리는 300 프레임으로 이루어진 QCIF foreman 실험 영상을 2회 왕복하며 부호화하여 총 1200장의 부호화 영상을 얻었다. 출력 비트율은 실제 화상통신 전화처럼 43 kbps로 제한하였고 초당 7.5 frame/sec에 맞추었다.

전송오류를 시뮬레이션 하기 위해 [그림 6]과 같은 모바일 시뮬레이션 툴을 이용하였다[15]. 이는 3G-324M의 회선 교환망 구조에 적합하게 모델링된 실험 환경을 제공한다. 3G-324M 터미널을 통한 멀티미디어 데이터의 전송과정을 보면, 먼저 부호화된 영상과 소리 데이터가 H.223 레벨 2에 의해 다중화 된다. 이때 비디오 부호화 과정에서 오류검출을 돕기 위해 데이터 숨김을 이용하였고, 거미줄 형태의 인트라 매크로블록을 규칙적으로 삽입하였다. 다음으로 이 다중화된 비트열에 특정한 패턴을 따르는 비트 오류를 삽입시킨다. 이제 수신기 역할을 하는 끝단에서는 수신된 비트열을 역다중화시키고, 영상 데이터만 비디오 복호기로 보낸다. 복호기에서는 단락 III에서 설명했듯이 구문 및 의미 오류를 판별하고, 데이터 숨김과정에서 적용된 알고리즘에 의해 오류를 검출한다.

[그림 7]은 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 비교 결과이다. SS는 문법과 구문법에 기반한 오류검출 후 오류은폐 기법을 적용한 결과이다. 오류은폐 기법은 손상된 매크로블록의 위와 아래의 움직임벡터를 이용하여 평균을 구하고 움직임 예측하는 방법으로, 비교된 모든 방법에 동일하게 적용하였다. SS+SIR은 SS에 거미줄 인트라 매크로블록 갱신이 추가된 결과이고 SS+DH는 SS에 데이터 숨김 기법이 추가된 결과이고 SS+DH+SIR은 두 방법이 동시에 적용된 결과이다. 팔호안의 수는 오류검출 후 동일한 은폐기법이 적용되어 복원된 1200장의 평균 PSNR이다. 이 결과는 우리가 제안한 방식이 비트율은 거의 증가시키지 않으면서 기존 방식보다 더 좋은 화질을 제공한다는 것을 의미한다.

V. 결론

본 논문에서 우리는 회선 교환망에 기반을 둔 3세대 이동식 화상통화를 위한 오류 복원 코딩 기법을 제안하였다. 먼저, 인트라 매크로블록 데이터 숨김을 이용하여 오류검출률을 높였다. 그리고 오류가 검출된 매크로블록 데이터를 복원하기 위해 시간적 예측을 이용한 오류 복원 기법을 적용하였다. 동시에 특정한 영역에 인트라 매크로블록을 삽입하였는데 이렇게 함으로 오류 전파에 따른 영향으로부터 영상을 보호할 수 있었다. 시뮬레이션 결과를 보면 제안된 알고리즘이 기존의 문법과 구문법에 기반한 오류검출 후 은폐기법을 적용한 방식보다 평균적으로 더 좋은 결과를 산출함을 알 수 있다.

참고 문헌

- [1] 3GPP TS 26.110, Codecs for Circuit-Switched Multimedia Telephony Service (General Description).
- [2] ITU-T Recommendation H.324: Terminal for Low Bitrate Multimedia Communication.
- [3] 3GPP TS 26.111, Codecs for Circuit-Switched Multimedia Telephony Service (Modifications to M.324).
- [4] ISO/IEC 14496-2: Information Technology Coding of Audio Visual Objects Part2: Visual.
- [5] Y. Wang, S. Wenger, J. Wen, and A.K. Katsaggelos, "Error resilient video coding techniques," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.17, No.4, pp.61-82, July 2000.
- [6] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment techniques for digital TV," *IEEE Trans. Broadcasting*, Vol.48, No.4, pp.299-306, Dec. 2002.
- [7] M. Ghanbari and V. Seferidis, "Cell-loss concealment in ATM video codecs," *IEEE Trans. Circuits Systems for Video Technology*,

- Vol.3, No.3, pp.238-247, June 1993.
- [8] W. Kwok and H. Sun, "Multi-directional interpolation for spatial error concealment," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol.39, No.3, pp.455-460, Aug. 1993.
- [9] S. Aign and K. Fazel, "Temporal and spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codecs," IEEE International Conference on Communication, Vol.3, pp.1778-1783, June 1995.
- [10] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment based on directional interpolation," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol.43, No.3, pp.295-302, Aug. 1997.
- [11] G. Cte, S. Shirani, and F. Kossentini, "Optimal mode selection and synchronization for robust video communications over error-prone networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.18, No.6, pp.952-965, June 2000.
- [12] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error concealment based on motion vector recovery using optical flow fields," IEICE Trans. Communications, Vol.E86-B, No.4, pp.1383-1390, Apr. 2003.
- [13] H. Sun, K. Challapali, and J. Zdepski, "Error concealment in digital simulcast AD-HDTV decoder," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol.38, No.3, pp.108-116, Aug. 1992.
- [14] M. Chen, Y. He, and R. L. Lagendijk, "Error detection by fragile watermarking," Proceedings of Picture Coding Symposium 2001, pp.287-290, Apr. 2001.
- [15] ITU - T, SG 16, Video Coding Experts Group (Question 15), Mobile Mux Simulation Tools, Q15-I-53.doc

저자 소개

서재원(Jae-Won Suh)

정회원



- 1995년 2월 : 충북대학교 전자공학과(공학사)
 - 1997년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과(공학석사)
 - 2003년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과(공학박사)
 - 2003년 4월 ~ 2004년 8월 : LG전자기술원 MM연선 임연구원
 - 2004년 9월 ~ 2006년 8월 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 전임강사
 - 2006년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수
- <관심분야> : 디지털 영상신호처리, 동영상 표준화, 생체신호처리