

인터넷 동영상 전송을 위한 패킷손실에 강인한 패킷화 및 동영상부호화 기법

정회원 유 국 열*

A Packet-Loss Resilient Packetization and Associated Video Coding Methods for the Internet Video Transmission

Kook-yeol Yoo* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 인터넷을 통해서 압축된 동영상을 패킷 손실에 강인하게 전송하기 위한 부호화 방식을 제안하고, 이를 위한 패킷화 방식 및 복호화 방식을 제안하였다. 제안 방식은 입력 영상을 효과적으로 재구성하여 부호화 및 패킷화를 수행하여, 한 개의 영상에 해당하는 일부 패킷이 네트워크에서 유실되었을 경우에 올바르게 수신된 패킷 내에 있는 영상 데이터를 통해서 복호화단에서 효율적으로 오류를 은닉하는 방식을 제시하였다. 제안 방식을 통해서 다양한 패킷 손실율에 대해서 제안 방식의 효율성을 검증하였다. 제안 방식은 인터넷에만 국한되지 않고, 다양한 형태의 패킷망에서 효과적인 동영상 전송 기법으로 사용될 수 있다.

Key Words : video transmission, packetization, packet loss, error concealment, image reorganization

ABSTRACT

In this paper we propose a video coding method and associated packetization and decoding methods for error resilient transmission over the Internet. The proposed method re-organizes the input image into several mutually similar subimages. For this case, if the one of the subimage is lost in the network, the lost one is recovered by the proposed error concealment method which uses the correctly received other subimages. The performance of the proposed method is confirmed by the empirical results. The proposed method is not limited to the Internet communications but is applicable to the other packet-based networks.

I. 서론

인터넷의 광범위한 보급 및 광대역화로 인해 인터넷을 통한 동영상의 전송에 대한 관심이 높아지고 있다. 인터넷을 통한 영상 신호의 전송문제는 ISDN(Integrated Service Digital Network)과 같이 보장된 대역폭을 가진 영상신호의 전송문제와는 확연히 구별된다. 인터넷의 경우 이용 가능한 대역폭이 가변적이기 때문에 망폭주(network congestion)

에 의해서 전송된 패킷(packet)의 손실 및 지연이 발생하게 된다^{1, 2}. 또한 실시간 동영상 통신(real time video communications)의 경우에는 통상적으로 종단간 지연(end-to-end delay)이 150msec 이상인 경우에는 올바르게 수신된 패킷도 손실과 동일하게 간주된다. 이런 다양한 원인 및 응용에 따라 손실된 패킷에 의한 재생화질의 손상은 피할 수 없는 문제이다.

대부분의 표준 동영상 압축 기법들은 시간축 방

* 영남대학교 전자정보공학부 (kyoo@yu.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-09-374, 접수일자 : 2005년 9월 15일

※본 연구는 2003년도 학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-03-D00273)

향으로 이동 보상 (motion compensation)에 기반을 둔 DPCM (Differential Pulse Coded Modulation) 방식을 채택하고 있다. 이동 보상 기법은 이전에 복호화된 영상을 기반으로 해서 예측하기 때문에 특정 부분에서 손실은 다음 영상들에 오류가 전파되는 문제점을 가지고 있다. 이런 시간 방향의 오류 전파 현상을 막기 위해서 MDC(Multiple Description Coding)기법이 연구되어 왔다³⁾. MDC 기법의 기본적인 개념은 한 개의 영상에 대해서 복수개의 기술(description)을 만들고, 이들을 독립적으로 부호화 및 전송을 수행한다. 이때 각 기술들은 부호화하는 영상의 독립적인 정보들과 각 기술들간의 상관성을 가지고 있다. 그래서 한 개의 영상에 대해서 일부의 기술이 네트워크를 통해서 전송과정에서 손실이 되어도 다른 기술들을 이용해서 영상을 복원할 수 있는 장점을 가진다.

현재 MDC 기법은 효과적인 기술 방법들에 대한 연구가 폭넓게 진행되고 있으나, 주로 정지영상의 효과적인 전송에 대한 연구에 집중되고 있고, 실제 전송시에 패킷화(packetization) 과정에 대한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 인터넷을 통한 동영상 전송 응용에 MDC 기법을 적용하고자 한다. 동영상에 대한 MDC 기법으로는 Michael Gallant에 의해 제시된 기법이 대표적인 방식이다^{4, 5)}. 이 기법은 각 영상별로 1:2 상향표본화 (up-sampling)을 수행하고, 다시 2:1 부표본화 (sub-sampling)을 통해서 두 개의 영상을 만든다. 이들 두 영상들을 독립적으로 H.263 부호기⁶⁾를 통해서 압축을 수행하고, 각각의 압축된 동영상 비트스트림을 RFC2429/RTP/UDP/IP의 프로토콜 형식으로 전송을 수행한다^{7, 8)}. 그러나 이 방식은 송신단에서 독립된 두 개의 부호화기 및 전송부가 필요하고, 수신단에서 독립된 두 개의 복호기 및 수신부가 필요하다. 또한 수신단에서는 한 복호기에서 패킷 손실이 발생시에 다른 복호기의 정보를 이용해서 오류를 은닉 과정이 필요해서 두 개의 복호기간의 상호 연동된 동작이 요구된다. 그래서 기존의 단일 비트스트림만을 전송하

는 방식들에 비해서 복잡도가 두 배 이상이 필요한 단점이 있다.

본 논문에서는 이런 복잡도를 줄이기 위해서 한 개의 원영상을 짝수번째 줄들을 모아서 수직방향으로 크기가 반인 부영상(sub-image)을 만들고, 홀수번째의 줄들을 모아서 나머지 반 크기의 부 영상(sub-image)을 만들어서 이들을 합쳐서 한 개의 영상으로 만들어서 부호화를 수행하는 방식을 제안한다. 현재 영상을 부호화시에는 각 부영상들간의 부호화 정보를 참조하지 않고, 독립적으로 수행하고 각 부영상들을 독립적으로 패킷화하는 방식을 제안한다. 제안 방식은 송수신단에서 각각 한 개의 동영상 부호기 및 복호기만을 사용하므로, 복잡도를 크게 줄일 수 있는 장점을 가진다. 또한 본 논문에서는 압축된 각 부영상들을 효율적으로 전송하기 위해 RFC2429 패킷화 방식을 제안 부호화 기법에 적합하게 변형된 패킷화 방식을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 인터넷 동영상 전송 시스템의 전체적인 구조 및 관련 패킷화 방식들에 대해서 설명한다. III 장에서는 제안 방식에 대해서 기술한다. 제안 방식에 대한 성능평가와 결론은 IV 장 및 V장에서 서술한다.

II. 기존의 인터넷 동영상 전송 시스템

본 장에서는 인터넷 동영상 전송 시스템에 대한 개괄적인 설명을 하고, H.263 및 MPEG-4⁹⁾ 동영상 전송에 널리 이용되는 RFC2429 패킷화 방식에 대해서 설명한다. 또한 수신단에서 일부 패킷이 손실된 경우에 복호기에서 화질을 복원하기 위한 오류 은닉 기법에 대해서 간략하게 설명한다. 그리고 마지막으로 RFC2429 방식을 분석을 통해서 단점을 지적하고 제안 방식의 필요성을 유도한다.

2.1 인터넷 동영상 전송 시스템

그림 1에 전형적 인터넷 동영상 전송 시스템을 나타내었다. 부호화하지 않은 원영상은 영상부호기

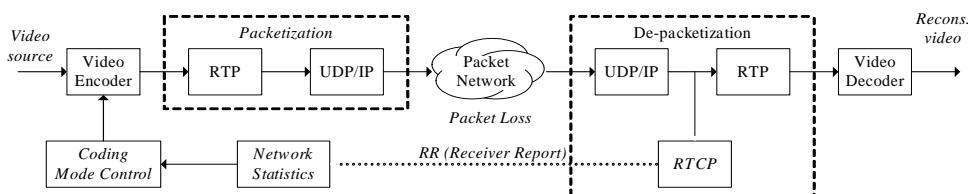


그림 1. 기존의 인터넷 동영상 전송 시스템

(video encoder)를 통해서 압축된 비트열로 변환된다. 이 비트열은 고정길이 또는 가변길이를 분할시키고, 음성 또는 오디오 데이터등과 같은 다른 데이터들과 다중화(multiplexing)을 시킨다. 다중화된 데이터들은 패킷단위로 묶여져서 RTP(Real-time Transport Protocol)에 따라 패킷순서와 같은 부가정보들이 추가된 후에 UDP/IP 프로토콜을 이용해서 전송이 된다. 또한 비디오 데이터를 포함하지는 않으나 수신단에서는 패킷들의 손실율등과 같은 부가정보를 RTCP(Real-time Transport Control Protocol) RR (Receiver Report)등의 정보를 송신측으로 전송한다. 이런 RR정보를 바탕으로 부호기에서는 네트워크의 상태에 맞게 부호화 파라미터를 조정해서 안정적인 통신이 되도록 한다^{17, 101}.

2.2 실시간 동영상 전송을 위한 기존의 오류 은닉 기법들

전송시에 패킷 손실이 발생한 경우에 복호기에서 화질의 복원을 위한 오류 은닉(error concealment)은 필수적인 과정이다. 상당수의 오류 은닉 기법들은 정지영상에 주안점을 두거나, 실시간성이 강조되는 동영상 정보에 대해서 과도한 계산량을 요구하는 방식들이 많다. 그러나 H.263의 표준화 과정에서 제시된 TCON(Telenor CONcealment) 방식이나 MPEG-4 Visual 부분에 대한 표준화 과정에서 비교를 위해서 사용된 방식은 매우 간단한 오류 은닉 기법을 사용하고 있다. MPEG-4 표준화 과정에서는 동영상 데이터 중에 일부가 손실된 경우에는 이전 영상의 같은 위치의 영상으로 손실된 부분을 대체하는 방식이 사용되었다. 이와 달리 H.263의 표준화 과정에서 성능평가를 위한 TMN10 (Test Model, Near Term, Version 10)에 기술된 TCON방식¹¹¹은 현재 MB (MacroBlock)이 손실된 경우에는 상위에 위치하는 MB의 이동벡터와 이전 영상을 이용해서 이동보상을 통해서 손실된 영역을 복원한다. 또한 현재 영상에 해당하는 패킷들이 모두 유실된 경우에는 이전 영상을 반복해서 재생한다. 이런 오류 은닉 기법은 낮은 복잡도가 안정적인 성능으로 인해 실제적인 동영상 전송 시스템에서 사용 가능한 기법으로 알려져 있다.

2.3 동영상 전송을 위한 기존의 패킷화 방법들

인터넷을 통해서 동영상을 전송하기 위해서는 패킷화 과정은 필수불가결하다. 특히 패킷화는 전송하려고 하는 압축된 비트열을 결정하는 과정이다. 특

히 패킷내의 들어가는 비트열의 성분에 따라서 동일한 패킷 손실율인 경우에도 수신측의 화질은 매우 달라지게 된다. 특히 대부분의 동영상 부호화는 VLC (Variable Length Codeword)로 부호화되어 있으므로, 동기부호(synchronization code 또는 re-synchronization marker)에서 다음 동기부호 직전의 비트까지로 패킷화를 수행한다. 또한 패킷의 길이가 경로 MTU(Maximum Transmission Unit)보다 큰 경우에는 패킷손실율이 급격히 증가하므로, 패킷의 길이는 경로 MTU 이하로 잡는다¹⁵¹. 또한 네트워크의 이용가능한 대역폭(available bandwidth)보다 동영상의 비트율이 높은 경우에는 망의 폭주(congestion)으로 인해서 패킷손실율이 급격히 증가하므로, 네트워크의 상황에 따라서 전송율을 조절하고, 이를 패킷화에 반영하는 방법들이 널리 사용되었다¹⁶¹. 특히 스트리밍 응용(streaming application)의 경우에는 이런 전송율의 문제는 가변형 부호기(scalable video codec)를 통해서 패킷에 담길 내용을 결정하는 방식이 사용되고 있다¹⁷¹.

2.4 H.263 비트열 전송을 위한 기존의 패킷화 방법들

IETF RFC2429방식은 기존의 실시간 데이터의 전송을 위한 RTP 프로토콜을 H.263 부호화된 비트열을 인터넷을 통해서 신뢰성있게 전송하기 위한 보조 프로토콜이다⁸¹. H.263 부호기로 압축된 비트열은 VLC(Variable Length Codeword)로 구성되어 있고, 이 비트열을 복호화하기 위한 최소의 VLC 복호화 재동기 단위(resynchronization unit)는 GOB (Group of Block)이다⁶¹. 기본적으로 RFC2429방식은 GOB단위의 복호화를 수행한다. 그리고 한 개의 영상데이터가 복수개의 패킷들로 나뉘어 전송시에는 GOB단위로 패킷화를 수행하게 된다. 영상내의 일부의 GOB들로 패킷화를 수행하면 첫 번째 패킷을 제외하고 나머지 패킷들은 picture header정보를 포함하고 있지 않기 때문에, 첫 번째 패킷이 손실된 경우에 TR(Temporal Reference)정도가 없기때문에, 나머지 패킷들이 어느 영상에 해당하는지를 알 수가 없고 또한 사용된 부호화 방식들에 대한 정보들이 없기 때문에 올바르게 수신이 되어서 복호화를 할 수 없는 단점이 있다. 여기에서 부호화 방식에 대한 정보들은 현재 영상이 화면내 부호화(intra-frame coding) 또는 화면간 부호화(interframe coding)중에 어느 방식으로 압축이 되었는가, 입력 영상의 형식 및 다양한 Annex 부호화 기법들의 사용

여부등을 나타내는 정보들을 의미한다. 그러므로 RFC2429 방식은 첫번째 패킷을 제외한 다른 패킷들에는 picture header를 추가로 넣어준다(redundant picture header information). 또한 오류 은닉을 용이하게 하기 위해서 각 패킷들은 그림 2와 같이 홀수 또는 짝수번째 GOB별로 패킷화를 수행한다. 이해를 용이하게 하기 위해서 그림 3에 QCIF(Quarter CIF; 176 pixels per lines and 144 lines per picture)의 영상에 대한 예를 보였다. 그림 3-(a)는 두번째 패킷이 손실된 경우를 의미하고, 그림 3-(b)는 공간 방향의 오류 은닉(spatial error concealment)을 수행한 결과를 보여준다.

Packet Header	GOB0	GOB2	...	GOB2n-4	GOB2n-2
Packet Header	GOB1	GOB3	...	GOB2n-3	GOB2n-1

그림 2. RFC2429기반의 패킷들의 구성

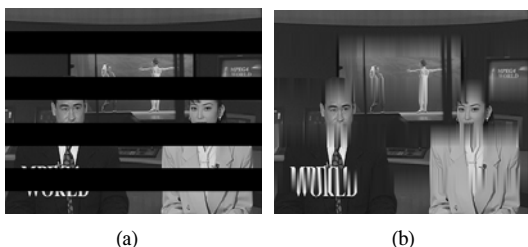


그림 3. RFC2429 기반의 패킷화에 대한 공간 방향의 오류 은닉 결과; (a) 첫번째 패킷만으로 복호화된 경우; (b) 공간오류 은닉을 통한 두 번째 패킷의 복원

Packet Header	GOB0	GOB1	...	GOBn-1	GOBn
Packet Header	GOBn+1	GOBn+2	...	GOB2n-2	GOB2n-1

그림 4. GOB들을 순차적으로 패킷들의 구성한 경우

수신단에서는 손실된 패킷들에 대한 정보는 올바르게 수신된 패킷들에 있는 정보들로 복원이 되고, 올바르게 수신된 정보와 유실된 정보간의 상관성이 얼마나 높은가에 의해서 공간방향의 오류 은닉의 성능이 결정된다. 화소간격에 따른 상관성을 알아보기 위해서 ‘News’ 영상에 대해서 다음과 같이 정의된 상관계수(correlation coefficient)를 구하였다.

식(1)에서 $I_n(x, y)$ 는 n-번째 영상내의 (x, y)위치

$$\rho_{r(d)} = \frac{E(I_n(x, y) - E I_n(x, y))(I_n(x, y+d) - E I_n(x, y+d))}{\sqrt{E(I_n(x, y) - E I_n(x, y))^2} \sqrt{E(I_n(x, y+d) - E I_n(x, y+d))^2}} \quad (1)$$

의 휘도 성분은 화소값을 의미하고, 는 수직방향으로 d 화소 간격의 화소들 사이의 상관계수를 의미한다. 그림 5에서 알 수 있듯이 휘도 신호 기준으로 화소간의 거리가 16 화소인 경우에 상관계수값은 0.482로 매우 낮음을 알 수 있다. 이는 그림 3의 오류 은닉 결과에서 쉽게 확인 할 수 있다. 그림 3의 예는 각 패킷내에 있는 화소들간의 상관도에 따라서 공간 방향의 오류 은닉의 성능이 결정됨을 시사한다. 일반적으로 동영상 신호의 오류 은닉은 시간 방향의 오류 은닉(temporal error concealment)에 의해서 이루어지나, 영상의 일부는 새로운 물체, 드러나는 물체(uncovered background) 및 3차원 움직임등과 같이 시간 방향의 오류 은닉이 비효과적인 부분이 있으므로, 공간방향의 오류 은닉의 성능을 높이도록 설계하는 것이 필요하다. 그리고 이를 위해서는 각 패킷내에 존재하는 화소들이 다른 패킷내에 있는 화소들과 상관성이 높아야 함을 알 수 있다.

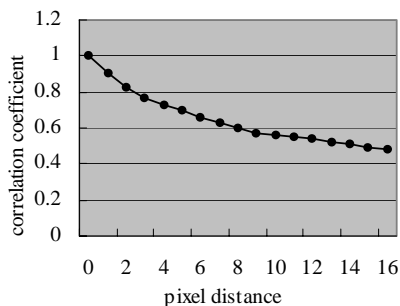


그림 5. News영상의 수직방향의 휘도 성분의 화소값 상관도

III. 제안 영상 재구성 기반 부호화 기법 및 패킷화 기법

본 장에서는 영상의 공간내의 화소값의 위치를 재조정해서 변형된 입력 영상을 만들고 이를 위한 부호화 및 복호화 기법을 제안한다. 또한 부호화된 비트열의 전송을 위한 패킷화 방식을 제안하고자 한다.

3.1 영상 재구성 방법

대부분의 동영상 압축 표준들은 MB(Macro-Block)단위로 부호화를 수행한다. MB은 16x16 크기의 휘도 블록과 공간상에 같은 위치에 해당하는 두 개의 8x8 색차 블록으로 구성된다. 이때 색차

성분은 가로 및 세로 방향으로 2:1로 부표분화된 신호를 널리 사용하므로, MB내의 색차 블록의 크기는 가로 및 세로 방향으로 휘도 블록에 비해서 반이다. 이런 종류의 입력 영상을 통상적으로 4:2:0형식이라고 부른다. 본 논문에서는 이런 입력 영상을 위치를 휘도 성분의 경우에 다음과 같이 재조정한다.

$$R_n(x, y) = \begin{cases} I_n(x, 2y) & \text{for } y \leq H/2 \\ I_n(x, 2(y - H/2) + 1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기에서 $I_n(x, y)$ 는 n-번째 영상내의 (x, y)위치의 휘도 성분의 화소값을 의미하고, $R_n(x, y)$ 는 재구성된 영상을 의미하고, 영상의 가로 및 세로 방향의 화소수들은 각각 W 및 H이고, x와 y는 및 의 범위에 존재한다. 그림 7에 재구성된 휘도 영분의 영상을 예시하였다. 색차 신호의 경우에도 식 (2)과 동일한 규칙으로 재구성을 한다.



(a) 입력 원영상 (b) 재구성된 입력 영상
 그림 6. 입력 영상 재구성 방법의 예시

3.2 제안 동영상 부호화 기법

화면내 부호화(intraframe coding)의 경우에는 그림 6-(b)와 같이 재구성한 경우에는 압축률의 저하가 높을 수 있다. 일반적으로 인터넷 동영상의 경우에는 상당한 수준의 패킷 손실이 있으므로, 화면내 부호화를 주기적으로 사용한다. 그러므로 그림 6-(b)의 형태로 부호화하는 것은 화면내 부호화된 영상의 화질 저하는 이후의 화면간 부호화(interframe coding) 모드로 부호화된 영상의 예측이 효율이 떨어지는 단점을 가진다. 그러므로, 본 논문에서는 화면내 부호화를 하는 경우에는 그림 6-(a)의 형태로 부호화를 수행하고, 화면간 부호화를 수행하는 경우에는 그림 6-(b)의 형태로 부호화하는 방식을 도입한다. 이런 재구성을 하지 않고 화면내 부호화를 수행하는 모드를 일반 I-picture 모드로 부르기로 한다. 화면간 부호화시에 재구성된 입력 영상에서 윗 부분에 해당하는 부영상(이하 상위 부영상)과 아랫 부분의 부영상(이하 하위 부영상)들의 경계면에서 부호화시에 서로 부호화 파라미터를 이용하지 않도

록 하였다. 이는 상위 부영상과 하위 부영상을 독립된 패킷으로 전송을 수행하고, 이 중 한 패킷이 손실된 경우에 다른 패킷내에 있는 부영상으로 오류가 전파되는 것을 피하기 위해서 이다. 예를 들면, 이동 벡터의 부호화시에 상위에 위치는 MB들의 이동 벡터를 이용해서 개방형 개방 루프형 DPCM(open-loop DPCM)을 수행하는데 만일 상위 부영상이 손실시에는 하위 부영상의 가장 윗부분에 있는 MB의 이동 벡터를 올바르게 복원할 수 없기 때문이다.

3.3 제안 패킷화 방법

패킷화 과정은 실제 전송되는 영상 데이터를 담고 있기 때문에 패킷손실이 있는 네트워크를 통해서 전송할 경우에는 패킷화 방법에 따라서 복호기에서 복원 영상의 화질이 크게 좌우 된다. 그래서 패킷화 방법은 부호화 방법에 적합하게 설계되어야 한다. 본 논문에서 입력 영상을 재구성해서 그림 6-(b)와 같이 두 개의 부영상으로 구성된 후에 독립적으로 부호화 파라미터들을 부호화하기 때문에 이들을 서로 독립된 패킷에 담아서 전송한다. 첫번째 부영상에 해당하는 패킷이 유실된 경우에 두 번째 패킷내의 데이터를 올바르게 복호화하기 위해서 RFC2429와 같이 중복된 picture header를 두 번째 패킷에 담아서 전송한다. 그래서 전반적으로 RFC 2429의 패킷화 방식을 따른다. 그러나 패킷의 내용을 결정시에는 각각의 패킷에 서로 다른 부영상에 해당하는 데이터가 전송되기 위해서 그림 2와 달리 그림 4의 순차적 패킷화 방식을 사용한다. 그래서 본 논문에서는 수정된 RFC2429/RTP/UDP/IP 형식으로 전송을 수행한다.

그림 7과 같이 영상을 분할한 경우에도 한 개 영상당 패킷의 수는 2개 이상의 복수개로 패킷화 과정을 수행할 수 있다. 그림 7은 한 영상을 네 개의 패킷으로 패킷화 과정을 하는 상황을 보여준다. 그림 7에서 네트워크에서 패킷 1이 유실되었고, 패킷 3이 올바르게 수신된 경우에는 패킷 3을 이용해서 패킷 1에 해당하는 부분을 보간을 통해서 오류 은닉을 수행할 수 있다. 이런 관계는 패킷 2와 4의 관계에서도 적용이 된다. 좀 더 정확한 오류 은닉의 문제를 생각해 보면, 패킷 1이 유실된 경우에 패킷 1에 해당하는 영상중에서 마지막 줄에 해당하는 화소들의 복원의 문제는 패킷 2의 첫번째 줄, 패킷 3의 마지막 줄 및 패킷 4의 첫번째 줄에 해당하는 화소들을 활용해서 복원 할 수 있다. 그러나 이들

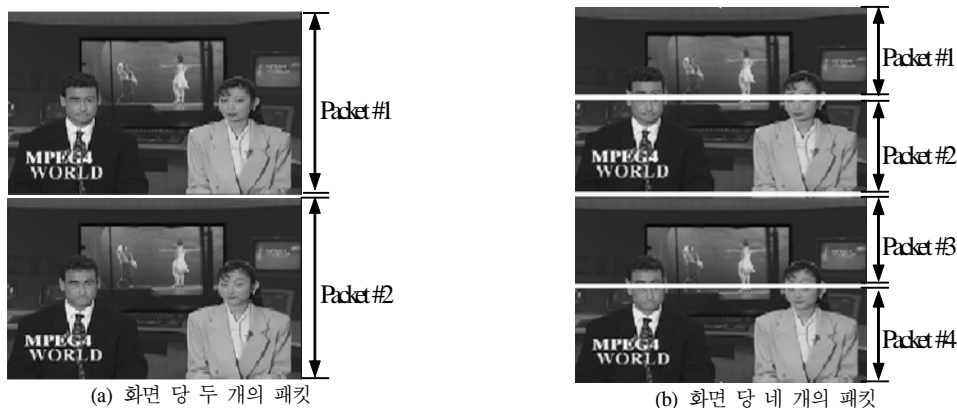


그림 7. 각 패킷들에 해당하는 영상 데이터 도시

부분의 정밀한 복원은 사용되는 복잡도에 비해서 얻어지는 복원 효과는 그렇게 크지 않다. 그림 7에서 예시한 패킷화 과정은 제안한 영상 분할 기법의 패킷화 과정에서 패킷의 개수를 제한 하지 않음을 보여준다.

3.4 제안 복호화 방법 및 오류 은닉 기법

유실된 부영상은 올바르게 수신된 부영상을 이용해서 화질의 복원을 위해서 복호기에서 오류은닉을 수행한다. 제안 방식에서는 유실된 부영상내의 각 화소들은 올바르게 수신된 영상내의 화소들과는 한 화소 간격을 가진다. 다른 관점에서 보면 제안방식에서 유실된 화소값을 복원하는 일은 상향 표본화(up-sampling) 문제로 볼 수 있다. 상향 표본화 필터의 경우 MPEG 표준화 과정에서 사용된 [-12, 140, 140, -12]/256의 필터계수를 가지는 상향 표본화 필터들이 MPEG-1을 비롯하여 이후의 표준들에서 널리 사용이 되었다^[12]. 그러나 강한 필터링을 반복적으로 사용될 경우에는 필터링에 의한 영상신호의 대역폭이 감소해서 프레임이 진행됨에 따라서 고주파성분의 손실이 발생할 수 있으므로, 조심하게 사용해야 한다. 그래서 본 논문에서 MPEG 4-tap 필터와 상하 화소들의 평균치를 사용하는 평균치 필터를 모의 실험을 통해서 비교를 한다.

IV. 모의 실험

본 논문에 사용한 실험 조건은 ITU-T H.263의 표준화 과정에서 패킷 손실 환경에서의 공통 실험 조건에 따라서 수행되었다^[13]. 실험에 사용된 실험 영상은 CIF(Common Intermediate Format; 352 pixels / line x 288 lines per picture, 4:2:0 color

format) 영상 규격을 사용하였고, 시간 방향의 해상도는 10Hz(10 pictures per second)이다. 동영상 부호화기는 H.263 baseline 부호기를 사용하였고, 매 10 영상당 1개의 화면내 부호기를 사용하였다. 실험에 사용한 영상은 'News' 및 'Foreman' 영상들을 사용하였다. 인터넷 패킷 손실은 ITU-T H.263 표준화에 사용한 패킷 손실 패턴을 사용하였고, 패킷 손실율은 3%, 5%, 10% 및 20%들이다^[14]. 기본적인 전송 프로토콜로는 RFC2429/RTP/UDP/IP를 사용하였다. 실험에 사용된 영상 압축 기법은 ITU-T H.263 baseline codec을 사용하였다. 패킷화는 영상당 두 개의 패킷으로 고정해서 수행하였다. 성능 평가에 사용한 기법들은 표 1에 정리하였다. 전체적인 부호화 비트율은 방식들에 대해서 공히 128kbps 및 384kbps를 사용하였다. 그리고 성능 평가를 위한 평가함수로 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)를 사용하였다.

표 2에 전체 실험에 대한 데이터를 요약해서 나타내었다. 표 2에 따르자면 전반적으로 제안방식들이 기존의 방식에 비해서 모든 경우에 대해서 좋은 성능을 나타냄을 보여준다. 제안 방식 중에 PVC1과 PVC2를 비교하여 보면, 'News' 영상의 경우에는 공히 MPEG 필터를 사용한 경우가 평균적으로 비트율이 128kbps 및 384kbps에 대해서 각각 0.34dB 및 0.50dB정도 좋은 성능을 보여준다. 그러나, 'Foreman'의 경우에는 대각선 방향의 무늬가 배경부분에 많이 있는 영상에서는 평균치 필터를 사용한 경우가 MPEG 필터를 사용한 경우보다 약간 성능이 우수함을 확인 할 수 있다. 그리고 일반 I-picture는 'News' 영상의 경우에 매우 효과적인 성능을 보임을 알 수 있다. 그러나, 'Foreman' 영상의 경우에는 일반 I-picture를 사용하는 것이 단순한

표 1. 성능 평가에 사용한 방법들의 요약

분류	방식	동영상부호화	패킷화	오류은닉
기존방식	CONV	H.263	RFC-2429	TCON ^[11]
제안방식	PVC1	H.263+영상재구성	Modified RFC-2429	평균치필터
	PVC2	H.263+영상재구성	Modified RFC-2429	MPEG 필터
	PVC3	H.263+영상재구성+일반 I-picture	Modified RFC-2429	평균치 필터
	PVC4	H.263+영상재구성+일반 I-picture	Modified RFC-2429	MPEG-필터

표 2. 패킷 손실율(PLR; Packet Loss Rate)에 따른 각 방식들에 대한 PSNR 성능 비교

전송율		128kbps					384kbps				
실험영상	PLR	CONV	PVC1	PVC2	PVC3	PVC4	CONV	PVC1	PVC2	PVC3	PVC4
News	3%	31.49	30.25	30.48	30.86	31.12	33.77	32.07	32.42	32.74	33.11
	5%	29.89	29.39	29.64	30.11	30.42	30.51	31.29	31.74	31.63	32.13
	10%	28.72	28.66	29.05	28.60	28.99	27.85	30.19	30.70	29.53	29.99
	20%	24.30	26.87	27.36	27.02	27.56	26.71	28.10	28.78	27.95	28.63
	평균	28.60	28.79	29.13	29.15	29.52	29.71	30.41	30.91	30.46	30.97
Foreman	3%	28.25	27.50	27.40	27.88	27.82	31.17	30.82	30.76	31.09	31.03
	5%	25.57	26.51	26.35	26.75	26.56	28.23	29.35	29.16	29.43	29.21
	10%	23.88	26.13	26.01	25.69	25.56	26.77	28.83	28.62	28.25	28.21
	20%	20.50	23.87	23.66	23.12	22.93	23.36	26.65	26.37	24.79	24.56
	평균	24.55	26.00	25.86	25.86	25.72	27.38	28.91	28.73	28.39	28.25



(a) 이전 영상



(b) 현재 영상

그림 8. 일반 I-picture 모드로 부호화된 영상에서 손실된 상위 부분의 오류 은닉 결과

필터를 사용하는 경우보다 성능이 더 낮음을 알 수 있다. 이런 일반 I-picture 부분에서 성능이 저하된 이유는 그림 8이 잘 설명해준다. 그림은 두 장의 연속적으로 복원된 영상을 보여준다. 그림에서 오른쪽 부분은 일반 I-picture로 부호화 되었고, 상위 부분

이 유실된 경우이다. 이 경우에 상위 부분은 이전 영상에서 같은 부위를 사용해서 복원이 되었다. 그래서 영상의 반을 경계로 서로 상이한 부분의 영상이 들어가게 되어서 오류의 전파되는 효과가 매우 크게 된다. 그러나, 일반 I-picture를 사용하지 않는 경우에는 그림 6-(b)와 같은 형태의 영상이 되게 되고, 하위 부분을 이용해서 상위 부분을 오류 은닉을 하기 때문에 상대적으로 오류 은닉의 성능이 좋게 된다. ‘News’ 영상의 경우에는 상당 부분의 영상이 정지되어 있는 형태이므로, ‘Foreman’과 같이 전역 이동이 있는 경우에 비해서 일반 I-picture에서의 낮은 오류 은닉 효과가 상대적으로 작기 때문이다.

이상의 결과에서 종합해 보면, 전반적으로 제안 방식은 기존의 방식에 비해서 다양한 패킷 손실율에 대해서 1.0-1.5dB 정도의 성능개선 효과가 있음을 확인 할 수 있었다. 그리고 제안 방식들에서 영상의 공간 방향의 특성과 이동 특성에 따라서 공간 오류 은닉에 사용하는 필터의 선택과 일반 I-picture의 선택을 적응적으로 사용시에는 매우 높은 성능 개선을 추가적으로 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 논문에서는 인터넷을 통해서 압축된 동영상을 패킷 손실에 강인하게 전송하기 위한 부호화 방식

을 제안하고, 이를 위한 패킷화 방식 및 복호화 방식을 제안하였다. 제안 방식은 입력 영상을 효과적으로 재구성하여 부호화 및 패킷화를 수행하여, 한 개의 영상에 해당하는 일부 패킷이 네트워크에서 유실되었을 경우에 올바르게 수신된 패킷내에 있는 영상 데이터를 통해서 복호화단에서 효율적으로 오류를 은닉하는 방식을 제시하였다. 제안 방식을 통해서 다양한 패킷 손실율에 대해서 제안 방식의 효율성을 검증하였다. 제안 방식은 인터넷에만 국한되지 않고, 다양한 형태의 패킷망에서 효과적인 동영상 전송 기법으로 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] B. A. Forouzan, TCP/IP protocol suite, McGraw Hill 2000

[2] J. Davidson and J. Peters, Voice over IP fundamentals, Cisco press 2000

[3] El Gamal and T. Cover, "Achieval rates for multiple descriptions," IEEE Trans. Information Tehory, vol. 28, pp. 851-857, 1982

[4] Shahram Shirani, Michael Gallant, and Faouzi Kossentini, "Multiple description coding using pre- and post-processing," in Proc. of IEEE Information Technol. Coding and computation, pp. 35-39, 2001

[5] Michael Gallant, Shahram Shirani, and Faouzi Kossentini, "Standard-compliant multiple description video coding," in Proc. of IEEE ICIP vol. 1, 946-949, 2001,

[6] ITU-T Recommendation H.263, Video coding for low bitrate communications, ITU-T 1995

[7] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, "RTP: A transport protocol for real-time applications," IETF RFC1889, 1996 [Online] Available from <http://www.ietf.org>

[8] C. Borman, et. al., "RTP payload format for the 1998 version of ITU-T Rec. H.263 video(H.263+)", IETF RFC2429, Oct. 1998. [Online]. Available from <http://www.ietf.org>

[9] Generic coding of audio-Visual Objects: (MPEG-4 Video) - Final Draft International Standard, ISO/IEC FDIS 14496-2, Doc. N2502, 1999

[10] D. Wu et al., "On end-to-end architecture for transporting MPEG-4 video over the

Internet," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 10, pp. 923-941, Sept. 2000.

[11] Thomas R. Gardos, "Video codec Test Model, Near-Term, Version 10 (TMN10) Draft 1," ITU-T VCEG Doc. # Q15-D-65d1, 1998

[12] Barry G. Haskell, Aual Puri, and Arun N. Netravali, Digital video: an introduction to MPEG-2, Int'l Thomson Publishing (ITP), New York, 1997.

[13] Max Luttrell, Stephan Wenger, and Michael Gallant, "New versions of packet loss environment and pseudomux tools," ITU-T VCEG Doc. # Q15-I-09, 1999

[14] Stephan Wenger, "Proposed error patterns for Internet experiments," ITU-T VCEG Doc. # Q15-I-16, 1999

[15] Thomas R. Huitika and Peter F. Driessen, "Datagram loss model for non-interactive real-time streaming video," in Proc. IEEE Pacific Rim Conference, vol. 2, pp. 28-30, Aug. 2003.

[16] Z.G. Li, C. Zhu, N. Ling, X.K. Yang, G. N. Feng, S. Wu, and F. Pan, "A unified architecture for real-time video coding systems," IEEE Trans. on Circ. And System for Video Technol., vol. 13, no. 6, pp. 472-487, June 2003.

[17] Hua Cai, Guobin Shen, Shipeng Li, and Bing Zeng, "A now low-complexity packetization method for fine-granularity scalable (FGS) video streaming, in Prof. IEEE ICSP, vol. 3, pp. 15-18, Dec. 2003.

유 국 열 (Kook-Yeol Yoo)

정회원



1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
 1993년 2월 한국과학기술원 전기및전자학과 석사
 1998년 8월 한국과학기술원 전기및전자학과 박사
 1998년 8월~2001년 3월 삼성전

자 중앙연구소 책임연구원
 2001년 4월~현재 영남대학교 전자정보공학부 조교수
 <관심분야> 멀티미디어통신, 영상압축, 영상처리