DBpia

패킷 손실이 발생하는 네트워크 환경에서의 H.264의 FMO 성능분석과 비교에 관한 연구

준회원 김 원 정*, 정회원 임 창 훈**, 종신회원 임 혜 숙***

H.264 FMO Performance Evaluation and Comparison over Packet-Lossy Networks

Wonjung Kim* *Associate Member*, Changhoon Yim**, *Regular Members*
Hyesook Lim*** *Lifelong Member*

요 약

H.264는 현재 IP를 기반으로 하는 유무선 네트워크분야에서 많은 관심을 받고 있는 표준으로서 기존에 제정된 비디오 표준들보다 향상된 에러 복구 기술들을 포함하고 있다. 본 논문에서는 기존의 비디오 표준에서 사용되어 오던 raster scan 방식과 H.264의 에러 복구 기술들 중 하나인 FMO (flexible macroblock ordering) 방식에 에러 은닉 기술을 적용하여 에러 은닉의 성능이 정확히 온 인접한 매크로블락 수에 따라 좌우됨을 분석하고, 다양한 패킷 손실율에서의 성능을 보인다. 시뮬레이션 결과, FMO 방식이 raster scan 방식에 비해 손실없이 오는 인접한 매크로블락 수가 많아 에러 은닉에 의한 PSNR 성능이 1~9dB 정도 향상되고, 특히 인트라 프레임 간격이 길고 패킷 손실율이 높은 경우에 FMO 방식에 의한 PSNR 성능 향상이 더 크다.

Key Words : H.264, flexible macroblock ordering, raster scan, dispersed mode, interleaved mode, packet loss, error concealment

ABSTRACT

H.264 is the most recent video coding standard, containing improved error resilience tools than previous video compression schemes. This paper shows an analysis of the dependency of error concealment (EC) performance on the expected number of correctly received neighboring macroblock(MB)s for a lost MB, applying error concealment schemes to the raster scan mode that is used in the previous video coding standard and the flexible macroblock ordering (FMO) which is one of error-resilience tools in H.264. We also present simulation results and performance evaluation with various packet loss rates. Simulation results show that the FMO mode provides better EC performances of 1~9dB PSNR improvements compared to the raster scan mode because of larger expected number of correctly received neighboring MBs. The PSNR improvement by FMO mode becomes higher as the intra-frame period is larger and the packet loss rate is higher.

※ This research was partially supported by the MIC(Ministry of Information and Communication), Korea, under the Chung-Ang University HNRC-ITRC(Home Network Research Center) support program supervised by the IITA(Institute of Information Technology Assessment).

* 넥스원퓨처 시스템연구소,
** 건국대학교 정보통신대학 인터넷미디어공학부(교신저자) (cyim@konkuk.ac.kr),
*** 이화여자대학교 공과대학 정보통신학과 (hlim@ewha.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-10-415, 접수일자 : 2005년 10월 15일, 최종논문접수일자 : 2006년 4월 13일

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

최근에 대역폭이 커지고 인터넷 접근 기술이 발달하면서 IP 상의 멀티미디어 전송량이 증가하고 있고 다양한 응용분야로 넓혀지고 있는 추세이다. 이로 인해 비디오 코딩 연구가 활발히 진행되어 많은 비디오 표준들이 제정되었고 이 중 가장 최근에 발표된 H.264/AVC는 현재 유무선의 응용분야에서 각광받고 있는 비디오 표준으로서, VCL(Video Coding Layer)와 NAL(Network Abstraction Layer)로 구성되어 기존의 비디오 표준들에 비해 높은 코딩 효율과 다양한 네트워크 환경에서의 전송을 위한 적응성을 가진다[1, 2]. 뿐만 아니라 Parameter set, FMO, Redundant picture 같은 여러 에러 복구 기술들을 포함하고 있고, 세가지의 다른 profile을 지원해 실시간 화상 서비스, 텔레비전 방송, 인터넷 스트리밍 등 딜레이 특성과 서비스 측면에서 다양한 응용분야에서 적용이 가능하다.

주요 응용분야 중 첫 번째로 실시간으로 양방향 통신이 가능한 화상전화, 화상회의 등의 화상 서비스를 들 수 있는데, 복잡도가 낮은 인코딩과 디코딩, 낮은 딜레이, 에러 복구 기술이 요구된다. 두번째로 미리 코딩되어 있는 비디오 스트림은 가장 높은 코딩 효율을 이룰 수 있고, 딜레이나 에러 복구, 인코딩의 복잡도 면에서 덜 제한적인 특징이 있다. 마지막으로 IP를 기반으로 하는 스트리밍이 있는데, 딜레이에 대한 제한은 쌍방향 실시간 서비스에 비해 느슨하나, 불안정한 네트워크 특성상 에러 복구 기술이 필요하다[3].

이렇듯 인터넷 환경은 현재 최선의 서비스(best-effort service)에 기반을 두고 있으므로 혼잡 현상이 일어나 패킷이 손실되는 경우가 발생하게되고, 이러한 현상은 패킷을 재전송하거나 FEC 등 에러 컨트롤로 해결할 수 있으나 딜레이 측면에서 크기 때문에 적절하지 않다. 특히 양방향 비디오 전송이나 실시간 스트리밍 경우에는 제시간에 전송하는 것이 매우 중요하므로 에러 복구와 에러 은닉 (error concealment) 기술이 중요한 이슈로 대두되고 있다.

본 논문은 인터넷 상으로 H.264/AVC를 전송하는 데 초점을 맞추어 H.264/AVC의 에러 복구 기술과 효과적인 에러 은닉 방법과 같이 쓰이게 되면 패킷이 손실되었을 경우 성능이 뛰어난 점에 착안하여 H.264의 에러 복구 기술들 중 FMO 방식과 현재 H.264에서 채택하고 있는 에러 은닉을 적용하여 1, 5, 10, 20의 인트라 프레임 간격과 0%, 3%, 5%, 10%, 20%의 여러 패킷 손실율에서의 성능을 비교하고 분석한다.

Ⅱ. 패킷이 손실되는 네트워크 상에서의 H.264

인터넷 상으로 비디오를 전송할 시 네트워크 계층에서는 IP, 전송 계층에서는 UDP, 응용 계층에서는 RTP를 사용한다. UDP는 패킷 손실이 일어날 경우 디코딩된 화질에 열화가 발생하고, 최악의 경우 비디오 화면을 알아볼 수 없는 경우가 생기므로 에러 컨트롤이 필요하게 되고, 이 기능은 응용 계층인 RTP에서 담당한다. RTP는 sequence number와 timestamp를 두어 패킷이 손실되거나 중복되는 것을 알리고 영상이 재생되는 시간을 맞춰준다. 여기에 응용 계층 컨트롤 프로토콜인 RTCP를 적용해 보내는 쪽으로 네트워크 상황에 관한 피드백 정보를 준다[3].

H.264는 코딩된 비디오 데이터를 전송하기에 앞서 NAL unit(NALU)으로 매핑시켜 패킷을 기반으로 하는 인터넷, 비트스트림 형태로 전송하는 망, 파일 형태 등 다양한 네트워크와 친화성을 가진다[4]. 특히 패킷 형태로 전송하는 IP 네트워크를 고려해 두어 NALU를 하나의 RTP 패킷의 payload로 집어넣어 RTP/IP 상으로 쉽게 전송하게 하였다. 또한 MTU보다 큰 NALU를 잘라 여러 RTP 패킷들로 전송하거나 크기가 작은 NALU들을 합쳐서 하나의 RTP 패킷으로 보낼 수 있다.

Ⅲ. H.264에서 사용되는 FMO

FMO(flexible macroblock ordering)는 슬라이스에 매크로블락을 유연하게 할당하는 방법으로, 슬라이스 그룹 개념을 도입해 매크로블락마다슬라이스 그룹을 지정한다. 슬라이스 그룹 안의 매크로블락은 raster scan 순서로 코딩되고 각각의 슬라이스 그룹 안에 여러 개의 슬라이스로 나누어 질 수 있다.

매크로블락이 슬라이스 그룹으로 할당되는 방법은 여러 종류가 있는데 그 중 raster scan, interleaved, dispersed, foreground를 들 수 있다. Raster scan 방식은 그룹을 위의 왼쪽부터 raster scan의 순서대로 할당하는 방식으로, 기존의 비디오 표준들에서 사용한 방법과 같고, interleaved 방식은 한 줄의 매크로블락들을 하나의 그룹으로 교대로 할당하는 방식이다. Foreground 방식은 마지막 그룹을 제외한 모든 그룹들을 사각형 영역으로 할당하고 마

www.dbpia.co.kr

지막 그룹은 어느 그룹에도 속하지 않은 매크로블락들을 포함하게 되는데, region-of-interest 응용에 쓰인다. Dispersed 방식은 그룹들을 흩어지게 할당하는 방식으로, 예를 들어 슬라이스 그룹을 두 개로 해서 체커보드 타입으로 코딩을 한다면 어느 한 그룹에 속하는 패킷이 전송하다가 없어졌을 경우 효과적으로 에러 은닉을 적용시킬 수 있다. 그림 1은 앞의 4가지 방식을 보여주고 있다.

패킷 손실이 없는 경우에는 raster scan 방식은 2차원 공간적으로(spatially) 인접한 매크로블락들끼리 코딩되므로 움직임을 예측해서 보상하는 측면에서 가장 좋고, interleaved 방식은 한 줄씩 교대로, dispersed 방식은 흩어지게 코딩이 되므로 코딩 측면에서 복잡하고 bit rate측면에서도 bit rate가 증가해 효율이 떨어지게 될 것이다. 반면에 패킷 손실이 점점 증가하게 되면 raster scan 방식은 공간적으로 인접한 매크로블락들이 여러 개가 없어지고, interleaved, dispersed 방식은 손실이 일어나도 주변에 인접한 매크로블락들이 raster scan 방식보다 많이 남아있게 되므로 에러 복구나 은닉 면에서 성능이 더 좋을 것이다.

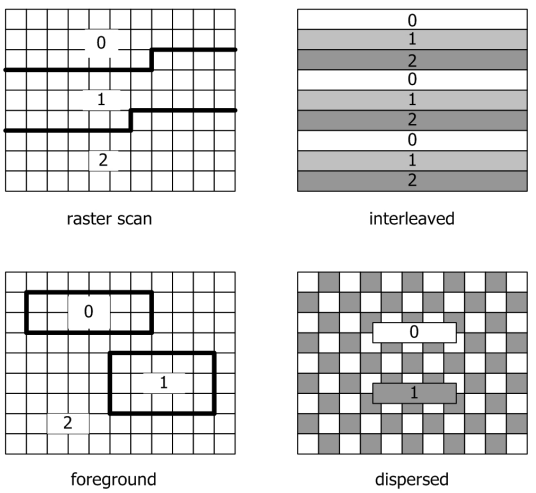

그림 1. FMO의 종류

Ⅳ. H.264에서의 에러 은닉

패킷 손실이 일어났을 때 우리 눈에 적당한 화질로 인식하게 위한 목적으로 디코더 쪽에서 잃어버린 데이터를 은닉하는데, 이 기술을 에러 은닉(error concealment)이라 하고, 패킷 손실에 대응하는 방법으로 쓰이고 있다. 에러 은닉은 인트라 프레임과 인터 프레임에 따라 두 가지 경우로 나누어질 수 있다.

인트라 프레임 (intra-frame) 경우에는 이전의 프레임들과 다르게 독립적으로 코딩이 되기 때문에 없어진 부분은 2차원 공간적으로(spatially)하게 은닉을 해야 한다. 두 픽셀간의 거리에 반비례하게 웨이트를 계산해 평균을 내는 가중 평균 방식을 기반으로 수행된다[5]. 매크로블락의 수직좌표를 x, 수평좌표를 y, 매크로블락 $(0 \le i < 16, 0 \le j < 16)$을 구성하는 픽셀의 수직좌표를 i, 수평좌표를 j, 복원하려는 매크로블락, 위쪽, 아래쪽, 왼쪽, 오른쪽에 위치한 매크로블락은 식 (1)과 같이 표현할 수 있고, 가중 평균 방식은 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} mb_c &= mb(x,y) \\ mb_T &= mb(x-1,y) \\ mb_B &= mb(x+1,y) \\ mb_L &= mb(x,y-1) \\ mb_R &= mb(x,y+1) \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} mb_c(i,j) = ((16-i)mb_T(15,i) + (16-j)mb_L(i,15) \\ + (i+1)mb_B(0,j) + (j+1)mb_R(i,0)) \\ /((16-i)+(16-j)+(i+1)+(j+1)) \end{aligned} \tag{2}$$

이 방식은 정확히 받은 이웃하는 매크로블락이 2개 이상 있으면 이 매크로블락들만 가지고 수행되고, 2개 미만인 경우는 이미 은닉한 이웃하는 매크로블락들도 이용하여 에러은닉을 수행한다. 따라서 정확하게 받아진 이웃하는 매크로블락의 개수에 따라 에러 은닉 성능이 좌우가 될 것임을 추정할 수 있다.

인터 프레임(inter-frame) 경우에는 이전의 프레임을 가지고 코딩되므로 이웃하는 매크로블락들의 움직임 정보를 보고 없어진 매크로블락들의 움직임 벡터를 추측하여 에러 은닉을 한다[5]. 정확히 받은 슬라이스들의 평균 움직임 벡터가 어느 일정값보다 작으면 기준 프레임의 해당하는 위치에 있는 값으로 대체되고, 크거나 같으면 BMA(Boundary Matching Algorithm)을 기반으로 이루어지고 이는 인접한 화소들 간에 큰 상관성을 가지는 자연영상의 특징을 이용한 알고리즘으로서 에러가 발생한 매크로블락의 인접화소들과 주변 매크로블락의 움직임 벡터로부터 추정된 블록의 가장자리 화소들 간의 차이값을 최소로 하는 움직임벡터를 선정함으로써 에러를 은닉한다[6]. 이웃하는 매크로블락들의 움직임 벡터들 중 매크로블락들 간의 경계 부분 왜곡(side match dis-

www.dbpia.co.kr

tortion)이 가장 작은 것을 선택함으로써 매끄럽게 복원이 되는 것이다.

이 방식은 정확히 받은 인접한 매크로블락이 존재하면 이 매크로블락들만 가지고 수행되고, 하나도 없으면 에러 은닉으로 복원된 매크로블락들로 수행되므로 에러 은닉 성능은 정확히 받은 인접한 매크로블락 개수와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

Ⅴ. FMO 분석과 비교

IV장에서 설명하였듯이 인트라 프레임과 인터 프레임 경우에 따른 에러 은닉의 성능은 손실된 매크로블락에서 인접한 매크로블락이 손실없이 정확히 온 개수가 몇 개 인지에 따라 좌우됨을 알 수 있다. 이번 장은 raster scan 방식과 FMO 방식에서 손실된 매크로블락에 인접한 매크로블락의 개수와 이웃하는 매크로블락들이 손실없이 정확히 오는 기대값을 분석하고 비교한다.

여기에서 $n(x,y)$는 정확히 받은 인접한 매크로블락의 개수, x는 수직방향, y는 수평방향, 하나의 프레임은 x방향으로 K개, y방향으로 L개의 매크로블락들로 나타낸다. 하나의 프레임 당 S_0, S_1 인 슬라이스 그룹 두 개로 구성되고, 하나의 슬라이스 그룹이 하나의 패킷으로 인코딩됨을 가정한다. 그리고 p_l은 패킷이 손실되는 확률을, $E[n]$은 정확히 받은 인접한 매크로블락 수의 기대값을 나타내고, S_0와 S_1중 S_0가 손실되었다고 가정한다.

먼저 raster scan인 경우일 때는 새로운 슬라이스는 행(row)의 첫 번째 매크로블락에서 시작한다고 가정한다. 위의 슬라이스 그룹 S0가 끝나는 지점이 (x0, L-1)이고 x와 y의 범위가 $0 \le x \le x_0$이면,

$$n(x,y)=\begin{cases}1, & x=x_0\\ 0, & x\neq x_0\end{cases} \tag{3}$$

x와 y의 범위가 $x_0 < x < K$ 일 때,

$$n(x,y)=\begin{cases}1, & x=x_0+1\\ 0, & x\neq x_0+1\end{cases} \tag{4}$$

가 되고, 손실된 매크로블락에 인접하며 손실없이 오는 매크로블락 개수의 기대값은 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$E[n]=\frac{1-p_l}{x_0+1}\sum_{x=0}^{x_0} n(x,y) \tag{5}$$

두 번째로 FMO 방식 중 interleaved 방식인 경우에는

$$n(x,y)=\begin{cases}1, & x=0\\ 2, & x\neq 0\end{cases} \tag{3}$$

가 되고, 손실되는 매크로블락에 인접하며 손실없이 오는 매크로블락 개수의 기대값은 식 (7)과 같다.

$$E[n]=\frac{2(1-p_l)}{K}\sum_{x=0}^{K/2} n(x,y) \tag{7}$$

마지막으로 FMO 방식 중 dispersed인 경우 K와 L을 짝수라고 가정한다면,

$$\begin{aligned}&n(x,y)=2: x=0, y=0 \; or \; x=K-1, y=L-1\\ &n(x,y)=3: x=0, y\neq 0 \; or \; x=K-1, y\neq L-1\\ &n(x,y)=4: 0<x<K-1, 0<y<L-1\end{aligned} \tag{8}$$

가 되고, 손실되는 매크로블락에 인접하며 손실없이 오는 매크로블락 개수의 기대값은 식 (9)와 같다.

$$E[n]=\frac{2(1-p_l)}{K}\sum_{x=0}^{K/2} n(x,y) \tag{9}$$

위의 결과에서 보면 알 수 있듯이 FMO 방식이 raster scan 방식보다 손실없이 오는, 즉 정확히 받은 인접한 매크로블락 개수의 기대값이 더 크고, FMO 방식 중에서도 interleaved 방식보다 dispersed 방식이 정확히 받은 인접한 매크로블락 개수의 기대값이 더 큰 것을 알 수 있다. 이는 정확히 받게 기대되는 인접한 매크로블락 수는 raster scan 방식에 비해 FMO 방식이 더 크고, 그 중 dispersed 방식인 경우가 정확히 받은 인접한 매크로블락 수가 확률적으로 가장 크게 될 것임을 알 수 있다. 따라서 FMO 방식일 때의 에러 은닉 성능이 raster scan 방식보다 더 좋고, dispersed 방식일 때의 에러 은닉 성능이 가장 좋을 것임을 추정할 수 있다.

Ⅵ. 시뮬레이션 결과 및 성능 비교

본 논문은 Foreman과 Mobile CIF 영상에 대해 H.264 JM9.3버전[7] 코드를 사용하여 출력 파일 형태를 RTP 패킷 모드로 하여 시뮬레이션을 하였다. 여기에 RTP 패킷으로 구성된 비트스트림에서 임의의 패킷을 버리는 C 코드[8],[9]를수정하여 패킷 손실율이 0%, 5%, 10%, 20%인 4가지 경우로 실험하

www.dbpia.co.kr

였다. Raster scan 방식과 FMO 방식 중 interleaved, dispersed 방식인 총 3가지 경우에 대해 슬라이스 그룹을 2개로 설정해서 시뮬레이션을 수행하였는데, 자연 영상을 물체(object)별로 분할해서 관심 영역별로 코딩하는 foreground 방식은 일반적으로 매우 어려운 영상분할을 필요로 하므로 시뮬레이션 대상에서 제외하였다.

그림 2를 보면 손실율이 0%일 때 raster scan, interleaved, dispersed 순으로 성능이 좋으나 손실율이 증가할수록 interleaved, dispersed가 raster scan와의 성능 차이가 점점 커져 20%일 때는 3~4dB정도 좋음을 나타내고 있다.

그림 3은 패킷 손실율뿐만 아니라 인트라 프레임 간격도 성능에 영향을 미치고 있음을 보여주고 있는데, 손실이 증가함에 따라 raster scan의 성능이 급격히 저하되어 FMO와의 성능 차이가 인트라 프레임 간격이 1인 경우에 비해 더 커졌음을 알 수 있다. 손실율이 20%일 때 interleaved, dispersed는 raster scan보다 각각 9dB, 10dB 더 큰 성능을 보이고 있고, dispersed가 interleaved보다 성능이 조금 더 나은 것을 알 수 있다. 이는 패킷이 없어져 에러가 나면 intra prediction을 수행할 때 그 다음 프레임에 에러가 계속 누적되기 때문이다. 인트라 프레

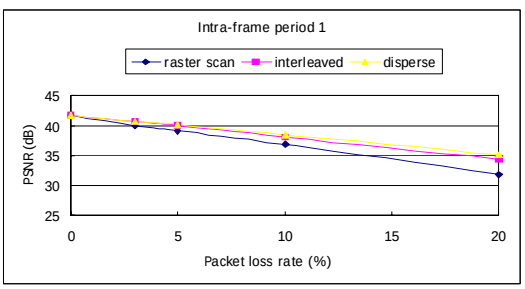

그림 2. 인트라 프레임 간격이 1일 때 패킷 손실율에 따른 PSNR 성능 (Foreman 영상)

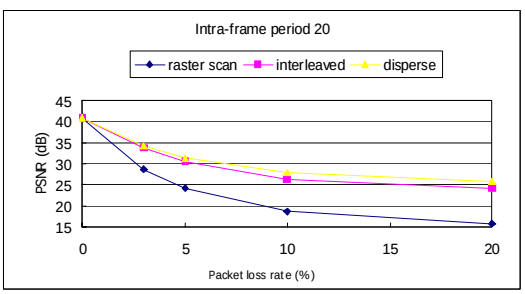

그림 3. 인트라 프레임 간격이 20일 때 packet loss rate에 따른 PSNR 성능 (Foreman 영상)

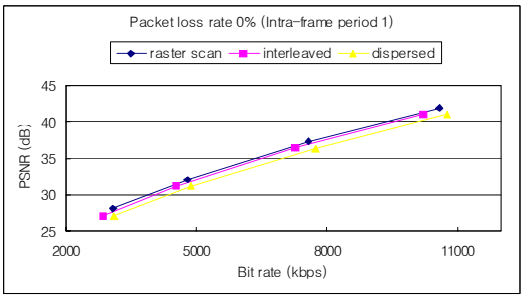

그림 4. 인트라 프레임 간격이 1, 패킷 손실율이 0% 일 때 bit rate에 따른 PSNR 성능 (Mobile 영상)

임 간격이 길고 손실율이 커질수록 raster scan은 성능이 현저히 떨어지게 되는 것에 비해 FMO는 에러 은닉과 결합해 나은 PSNR 성능을 보이고 있다.

그림 4는 인트라 프레임 간격이 1이고 패킷 손실율이 0%일 때 bit rate에 따른 PSNR 성능을 나타낸 것으로, 패킷 손실이 없을 때 raster scan의 성능이 가장 좋고 interleaved, dispersed 순으로 성능이 떨어지고 있다. 이는 인트라 프레임 방식이 같은 슬라이스 그룹 또는 슬라이스 내에서 코딩되기 때문에 raster scan은 2차원 공간적으로 연관된 매크로블락들을 가지고 예측이 이루어져 성능이 가장 좋고, dispersed는 세 가지 방법 중에서 슬라이스 그룹에 있는 매크로블락들이 2차원 공간적으로 연관되어 있지 않고 제일 멀리 떨어져 있기 때문에 그만큼 성능이 떨어지게 되는 것이다.

반면에 그림 5와 같이 패킷 손실율이 20%인 경우가 되면 interleaved, dispersed가 raster scan보다 약간 성능이 더 좋아지게 되고, 인트라 프레임 간격이 20으로 커지면서 raster scan은 에러 전달로 인해 에러 은닉 성능이 나빠져 그림 6에서 알 수 있듯이 interleaved, dispersed와raster scan간의 성능차이가 더욱 커지고, dispersed가 interleaved보다 1~2dB정도 조금 더 높음을 보여주고 있다.

마지막으로 그림 7은 인트라 프레임 간격이 10이고 인트라 프레임에서 하나의 슬라이스 그룹이 없어져 절반이 손실되었을경우 은닉을 적용한 경우와 은닉을 적용하지 않은 경우를 비교한 것이다. 에러 은닉을 적용하지 않은 경우는 raster scan, interleaved, dispersed 성능 차이가 조금 있지만 전체적으로 낮다. 반면에 에러 은닉을 적용했을 때 raster scan의 성능 차이는 조금 증가한 반면, interleaved, dispersed는 에러 은닉과 함께 성능 효과가 훨씬 커짐을 보이고 있다. Raster scan보다 FMO가 에러 은닉과 함께 수행되었을 때 PSNR 성능이 더 좋아

www.dbpia.co.kr

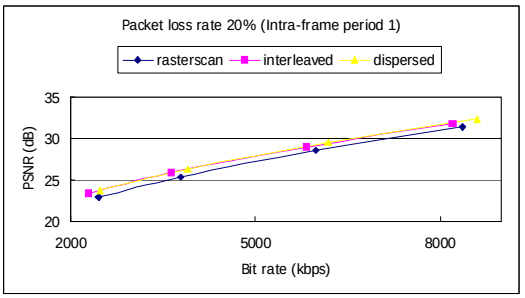

그림 5. 인트라 프레임 간격이 1, 패킷 손실율이 20% 일 때 bit rate에 따른 PSNR 성능 (Mobile 영상)

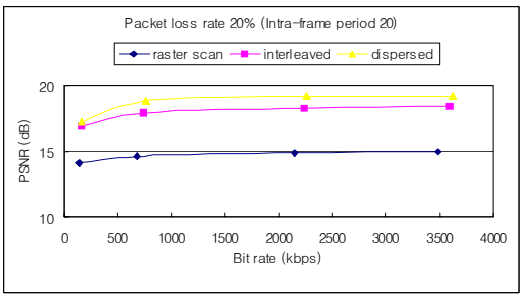

그림 6. 인트라 프레임 간격이 20, 패킷 손실율이 20%일 때 bit rate에 따른 PSNR 성능 (Mobile 영상)

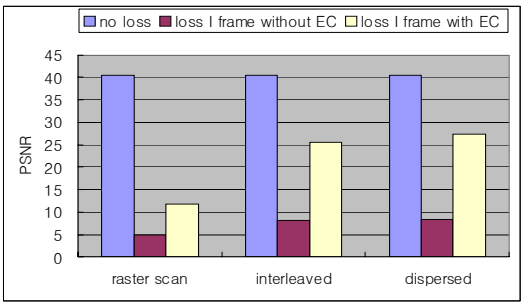

그림 7. 인트라 프레임 간격이 10일 때 에러 은닉의 유무에 따른 PSNR 성능 (Foreman 영상)

지고 이는 인트라 프레임 간격이 길고 패킷 손실율이 높은 상황일수록 에러 은닉이 더욱 중요해지고 PSNR 성능을 좌우하게 됨을 의미한다.

Ⅶ. 결 론

인터넷 상으로 비디오 전송양이 급속하게 증가하면서 에러 복구와 에러 은닉은 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 그리하여 본 논문은 패킷 손실율을 달리해서 에러 은닉을 적용한 FMO 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 결과를 보면, 손실이 일어나지 않는 경우는 에러 은닉이 필요없기 때문에 raster scan이 FMO보다 최대 2dB 성능이 좋고, 패킷 손실율이 증가하게 되면 FMO방식으로 코딩을 하는 것이 성능이 좋다. 인트라 프레임 간격이 길고 패킷손실율이 높은 경우, 특히 인트라 프레임 간격이 20이고 패킷 손실율이 20%일 때 dispersed FMO을 적용하는 것이 PSNR 성능이 2dB~9dB 좋고, 에러은닉을 적용하지 않았을 때에 비해 에러 은닉을 적용했을 때가 최대 18dB 성능이 향상되어 FMO 성능의 효과가 큰 것을 알 수 있다. 이는 에러 은닉이 패킷 손실이 많이 일어나는 인터넷 환경에서 에러 복구와 함께 필수 요소임을 알 수 있다. 따라서 향후에는 효율적이고 개선된 에러 은닉 방법과 채널 상황을 고려해서 디코더 쪽에서 일어나는 왜곡을 예측해 인코더의 코딩 파라미터를 선택하는 방법 등의 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

〔1〕 T. Wiegand, G. Sullivan, J. Bjntegaard, G. A. Luthra, “Overview of the H.264/AVC video coding standard,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, vol.13, no.7, pp. 560-576, July 2003.

〔2〕 S. Wenger, “H.264/AVC over IP,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. Vol. 13, no.7, pp. 645-656, July 2003.

〔3〕 T. Sockhammer, M. M. Hannuksela, T. Wiegand, “H.264/AVC in wireless environments,” IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, vol.13, no.7, pp. 657-673, July 2003.

〔4〕 T. Sockhammer, T. Wiegand, T. Oelbaum, F. Obermeier, “Video coding and transport layer techniques for H.264/AVC-based transmission over paket-lossy networks,” Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, 2003.

〔5〕 Y.-K. Wang, M. M. Hannuksela, V. Varsa, A. Hourunranta, M. Gabbouj, “The error concealment feature in the H.26L test model,” Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, pp. 729-733, 2002.

〔6〕 김동형, 정제창 “H.264에서의 시방향 에러 은닉 기법,” 한국통신학회 논문지, Vol. 30, No.2C, pp. 49-58, 2005.

〔7〕 H.264/AVC software coordination. http://bs.

www.dbpia.co.kr

hhi.de/suehring/
〔8〕 S. Wenger, "Common conditions for wire-line, low delay IP/UDP/RTP packet loss resilient testing," ITU-T SG16 Doc. VCEG-N79r1, 2001.
〔9〕 M. Luttrell, S. Wenger, M. Gallant, "New versions of packet loss environment and pseudomux tools," http://www.stewe.org/contrib.htm, Q15-I-09.zip, 1999.

김 원 정 (Wonjung Kim) 준회원

2003년 2월 이화여자대학교 정보통신학과 학사
2006년 2월 이화여자대학교 정보통신학과 석사
2006년 3월~현재 넥스원퓨처 시스템연구소 연구원

<관심분야> Router나 switch 등의 Network 관련 SoC 설계, 멀티미디어 네트워크

임 창 훈 (Changhon Yim) 정회원

1986년 2월 서울대학교 제어계측공학과 학사
1988년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1996년 12월 The University of Texas at Austin, Electrical and Computer Engineering 박사
1988년 3월~1991년 6월 한국방송공사 기술연구소, 연구원
1996년 12월~1999년 3월 Sarnoff Corporation, 연구원
1999년 3월~2000년 7월 Lucent Technologies, Bell Labs, 연구원
2000년 8월~2002년 3월 KLA Tencor Corporation, Sr. Software Engineer
2002년 5월~2003년 8월 삼성전자 디지털미디어연구소, 수석연구원
2003년 9월~현재 건국대학교 인터넷미디어공학부, 조교수
<관심분야> 멀티미디어 통신, 멀티미디어 네트워크,비디오/영상 압축

임 혜 숙 (Hyesook Lim) 종신회원

1986년 2월 서울대학교 제어계측공학과 학사
1991년 2월 서울 대학교 제어계측공학과 석사
1996년 12월 The University of Texas at Austin, Electrical and Computer Engineering 박사
1986년 8월~1989년 2월 삼성 휴렛 팩커드 연구원
1996년 11월~2000년 7월 Lucent Technologies, Member of Technical Staff
2000년 7월~2002년 2월 Cisco Systems, Hardware Engineer
2002년 3월~현재 이화여자대학교 정보통신학과, 조교수
<관심분야> Router나 switch 등의 Network 관련 SoC 설계, 통신 관련 SoC 설계

www.dbpia.co.kr