RTP/IP 기반의 네트워크 전송 환경에서 라그랑제 보간법을 이용한 에러 은닉 기법

Error Concealment Algorithm Using Lagrange Interpolation For H.264/AVC

정 학 재 , 안 도 랑, 이 동 욱
Hak Jae Jung * , Do Rang Ahn * * , Dong Wook Lee * * *

Abstract - In this paper, we propose an efficient motion vector recovery algorithm for the new coding standard H.264, which makes use of the Lagrange interpolation formula. In H.264/AVC, a 16 ×16 macroblock can be divided into different block shapes for motion estimation, and each block has its own motion vector. In the natural video the motion vector is likely to move in the same direction, hence the neighboring motion vectors are correlative. Because the motion vector in H.264 covers smaller area than previous coding standards, the correlation between neighboring motion vectors increases. We can use the Lagrange interpolation formula to constitute a polynomial that describes the motion tendency of motion vectors, and use this polynomial to recover the lost motion vector. The simulation result shows that our algorithm can efficiently improve the visual quality of the corrupted video.

Key words: H.264/AVC, 라그랑제 보간법, 움직임 벡터, 매크로블록

1. 서 론

일반적으로 디지털 TV, 인터넷 스트리밍 비디오, DVD 비디오에서, 비디오 압축은 방송과 미디어의 필수적인 요소이다. 디지털 TV와 DVD 비디오의 성공은 지난 10년 동안 MPEG-2 표준에 근거한다. 이 기술은 효과적이지만 현재는 더 효율적이고 효과적인 MPEG-2 비디오 압축 기술의 대체가 필요하게 되었다. 어떤 기술이 MPEG-2를 대체할 수 있는지에 대해서 논의 되어지고 있으며, MPEG-4와 H.264로 알려진 국제 표준이 대두 되고 있다.

H.264는 ITU-T의 가장 최근의 비디오 압축 표준안이다 [1]. 다양한 디지털 통신망의 보급과 멀티미디어 콘텐츠 서비스의 확산으로 서로 다른 특성을 갖는 네트워크 간의 데이터 교환이 빈번히 발생함에 따라, 서로 다른 특성을 갖는 네트워크 환경에서 전송되어야 하는 데이터는 각 네트워크들의 서로 다른 특성을 만족해야 한다. H.264는 이러한 요구사항을 만족하기 위해 NAL Unit이라 불리는 데이터 형식을 정의 하여 네트워크 특성과 관계없이 데이터를 생성, 전송할 수 있도록 하였다.

이러한 다양한 네트워크 환경에서의 영상 전송은 네트워크 상 에서의 에러가 항상 존재 하게 된다. 따라서 이러한 에러의 영향을 최소화 시키는 작업이 필요하며, H.264는 이전 국제 표준의 부호화 기법보다 향상된 기술로 인하여 에러로 인해 손상된 영상의 복원이 가능하게 된다. 본 논문에서는 이러한 손상된 영상을 라그랑제 보간법을 사용한 에러 은닉 기법을 소개하고. 참조 블록과 손상된 블록 간에 차별적으로 가중치를 적용함으로써 더 향상된 복원 영상을 얻을 수 있음을 보인다.

저자 소개
* 鄭學載 : 東國大學敎 電氣工學科 碩士課程
* * 安禱郎 : 東國大學敎 電氣工學科 博士課程
* * * 李東旭 : 東國大學敎 電氣工學科 敎授 · 工博

2. H.264 서브 매크로블록

기존의 동영상 압축 방식 중 가장 최신의 방식인 H.263과 MPEG-4 Part2는 16 ×16또는 8 ×8블록 단위의 움직임 보상을
사용하였다. 하지만, 앞에서 기술한 두 가지 형태의 블록크기

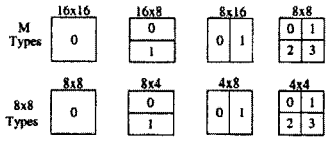


그림 1. H.264에서 매크로블록의 분할

로서는 보다 작은 블록 크기의 움직임을 효과적으로 표현하는 것이 어려우므로, H.264에서는 16 ×16, 16 ×8, 8 ×16, 8 ×8, 8 ×4, 4 ×8, 4 ×4의 블록 단위의 움직임 보상 방식을 수행한다. 그러므로, 종전의 방식보다 좀 더 다양한 형태의 블록 단위 움직임 보상이 가능하게 되었으며 특히 8 ×8이하의 움직임 보상을 통하여 다양하고 복잡한 움직임 영역을 충분히 표현할 수 있게 되었다.

3. 라그랑제 보간법을 이용한 에러 은닉

3.1 에러 은닉 기법

네트워크를 통한 동영상 전송시 실제적으로 사용되는 네트워크에서는 에러가 항상 존재하기 때문에, 데이터의 전송시 에러의 영향을 최소화 시키는 작업이 필요하다. 또한 동영상 정보는 본질적으로 데이터의 정보량이 방대하기 때문에 직접 채널을 통한 전송의 어려움이 있다. 따라서 동영상 데이터의 효과적인 전송과 효율적인 압축을 위해서 움직임

보상 예측(motion compensated prediction), 이산 코사인 변환(DCT: discrete cosine transform), 가변장 부호화(VCL : variable length coding) 기법 등을 핵심 기술로 사용하고 있다. 하지만 이러한 기법들의 사용은 데이터의 압축에는 효과적이나 에러의 발생 시 복호된 영상의 화질에 치명적인 손상을 가져올 수 있다. 따라서 에러의 영향을 최소화 시키는 에러 강인화 부호화(error resilient coding) 작업이 필요하다 [2].

에러에 강인한 데이터의 획득을 위해서 많은 기법들이 제안 되어졌다. 특히 에러 강인화 기법 중 수신단 에서의 에러 강인화 기법을 에러 은닉(EC: error concealment)이라 한다.

에러 은닉은 은닉하는 방법에 따라서 공간적 은닉(spatial concealment)과 시간적 은닉(temporal concealment)의 두 가지로 구분된다. 공간적 은닉은 에러가 발생한 프레임의 주변 화소의 정보를 이용하여, 상호 보간을 통하여 에러의 영향을 최소로 하는 것이다. 시간적 은닉은 에러가 발생한 블록을 복원하기 위해서 손실된 움직임 정보를 추정한 후, 이전 프레임에서 현재 프레임의 블록을 대체한다.

본 논문에서는 손상된 운동 벡터를 복원하기 위하여 시, 공간적 은닉 방법인 라그랑제 보간 함수를 이용하였다. 영상에서 작은 지역에서의 이동은 같은 방향으로 이동하려고 한다. 그러므로 이웃하는 블록들의 운동 벡터들은 서로 상관성이 있게 된다. H.264에서, 이전 부호화 표준보다 더 많은 운동 벡터들을 포함하기 때문에 이웃하는 운동 벡터들 사이의 상관성은 증가하게 된다. 이러한 상관성에 근거하여, 손상된 운동 벡터들은 이것의 이웃하는 운동 벡터들과 비슷한 운동 경향을 가진다고 가정한다. 그러면 라그랑제 보간 함수를 사용하여 이러한 이웃하는 운동 벡터들의 이동 경향을 알 수 있고, 손상된 운동 벡터를 복원하기 위해 이 다항식을 사용하고, 후보 블록과 손상된 블록간의 거리에 차라 차등적인 가중치를 부여함으로써 좀 더 향상된 영상을 얻을 수 있다.

3.2 라그랑제 보간법

실변수 x의 함수 $f(x)$의 모양은 미지이나, 어떤 간격을 가지는 2개 이상인 변수의 값 x_i $(i=0,\cdots,n)$에 대한 함수 값 $f(x_i)$가 알려져 있을 경우, 그 사이의 임의의 x에 대한 함수 값을 추정하는 것을 보간법(interpolation)이라 한다.

$n+1$개의 n차 Lagrange 다항식 $L_i(x)$, $i=0,\cdots,n$은 다음과 같이 정의한다.

$$L_i(x)=\prod_{k=0,k\neq i}^{n}\frac{(x-x_k)}{(x_i-x_k)} \qquad (1)$$

n차 다항식 $L_i(x)$들과 식을 이용하면 $n+1$개의 다른 점 $(x_i,f(x_i)),(0\le i\le n)$ 을 지나는 n차 이하의 유일한 다항식 $I(x)$은 다음 식과 같이 유도된다.

$$I_n(x)=\sum_{i=0}^{n}f(x_i)L_i \qquad (2)$$

위에서 n차 다항식 $L_i(x)$들의 1차 결합으로 된 다항식 $P_n(x)$는 n차 이하의 다항식이 되면 식에 의해 각 점 $x_0,x_1,\cdots,x_n$에서,

$$I_n(x_k)=\sum_{i=0}^{n}f(x_i)L_i(x_k)=f(x_k),\ k=0,\cdots \qquad (3)$$

이므로, 위 식의 $I_n(x)$는 $n+1$ 개의 다른 점 $(x_i,f(x_i)),(0\le i\le n)$을 지나는 보간 다항식임을 알 수 있고, 이 때 다항식 $I_n(x)$를 n차 Lagrange 보간 다항식 (n-th Lagrange interpolating polynomial) 이라고 한다.

3.3 라그랑제 보간법을 이용한 에러 은닉 기법

손실된 매크로 블록은 $F_{i,j}$로 표현된다. i와 j는 매크로 블록의 공간적인 위치로 정의한다. 다른 팩켓들로 이웃하는 매크로 블록을 싸는 인터리빙 기술에 근거하여 네 개의 이웃하는 매크로 블록은 정확하게 복호화 된다고 가정할 수 있다. 손실된 매크로 블록에 대응하는 위치와 그것의 이웃하는 매크로 블록을 그림2에서 볼 수 있다.

$M_{i0},\cdots,M_{i8}$는 이웃하는 4×4 블록을 차지하는 이웃하는 운동 벡터들로 정의한다. $V_0,\cdots,V_3$는 복원되기 원하는 운동 벡터를 나타내고, 각각은 4×4 크기의 블록이다. 간략화 하기 위해, $V_0,\cdots,V_3$를 복원하기 위한 수평 방향의 이웃하는 운동 벡터들을 사용한다. 매크로 블록 $F_{i,j}$의 다른 운동 벡터들은 같은 방법으로 복원 된다[3].

H.264에서 16×16 매크로 블록은 운동 추정을 위해 다른 블록 모양으로 나누어 질 수 있다. 이웃하는 운동 벡터들의 상관관계에 근거하여 라그랑제 보간 함수는 손실된 매크로 블록에서 운동 벡터를 추정하는데 사용할 수 있다. 다항식을 구성하기 위해 손실된 매크로 블록에서 수평 방향의 참조 프레임을 세운다. 손실된 매크로 블록의 중앙은 참조 프레임의 기원이고 4×4 블록의 크기는 1이다. 그러면 손실된 매크로 블록에서 각 블록의 중앙은 좌표에 대응된다. 그러면 다음과 같은 표.1을 만들 수 있다.

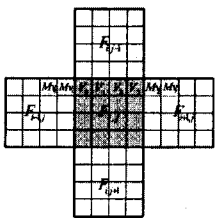


그림 2. 손상된 매크로블록과 그 이웃 블록

y_i	MV_0	MV_1	V_0	V_1	V_2	V_3	MV_2	MV_3
x_i	-3.5	-2.5	-1.5	-0.5	0.5	1.5	2.5	3.5
					0			

표 1. 각 움직임 벡터에 대응하는 좌표

라그랑제 보간 함수에 근거하여, 다항식을 구성하기 위한 이웃하는 운동 벡터들을 이용하여 식(4)를 구한 후 식(5)의 다항식을 얻을 수 있다.

$$L_0(x)=-\frac{(x+2.5)(x-2.5)(x-3.5)}{42} \quad (4)$$

$$L_1(x)=\frac{(x+3.5)(x-2.5)(x-3.5)}{30}$$

$$L_2(x)=-\frac{(x+3.5)(x+2.5)(x-2.5)}{42}$$

$$L_3(x)=\frac{(x+3.5)(x+2.5)(x-2.5)}{42}$$

$$I(x)=M_{i0}L_0+M_{i1}L_1+M_{i2}L_2+M_{i3}L_3 \quad (5)$$

위의 식을 이용하여 수평 방향의 $V_0,\cdots,V_3$을 각각 복원할 수 있다. 같은 복원 방법으로, 수직 방향으로 이웃하는 움직임 벡터들에 의해 예상되는 다른 복원된 움직임 벡터들을 얻을 수 있다. 본 논문에서는 높은 신뢰도를 위해서 후보 블록들과 손상된 블록들 간의 거리에 따라 차등적으로 가중치를 적용하는 적응적 가중법(adaptive weight)을 제안한다. 손상된 매크로 블록과 그것의 후보 블록은 영상의 특성상 높은 상관관계를 가진다. 이러한 상관관계는 후보 블록과 손상된 매크로 블록 간의 거리에 따라 변한다. 따라서 다음과 같은 제곱 거리의 합(SSD: sum of squared distances)의 이용을 제안한다[4]. σ_h^2과 σ_e^2을 각각 후보 블록과 손상된 블록간의 수평, 수직 방향의 SSD라 가정한다면, 최적의 가중치 계수는 다음과 같다.

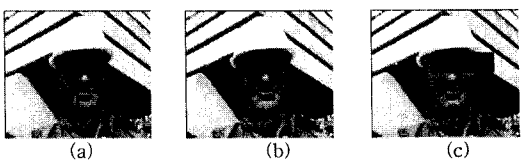
$$w=\frac{\sigma_h^2}{\sigma_h^2+\sigma_e^2} \quad (5)$$

즉, 손상된 블록 $V_i^{rec}(i=1,\cdots,15)$는 다음 식으로 구해진다.

$$V_i^{rec}=wV_i^h+(1-w)V_i^e \quad (6)$$

4. 모의실험

제안 방법의 성능 평가를 위해 TML9.0을 사용하였고, Foreman(QCIF format) 영상을 이용하였다[5]. 프레임 구조는 IPPPP...이며 QP는 16으로 고정된 비트율로 부호화 했다. RTP/IP를 기반으로 하는 스트리밍 비디오와 화상 통신을 위한 3GPP/3GPP2 전송 환경에서 이루어졌다. 3%, 5%, 10%,의 평균 패캣 손실을 가지는 4개의 에러 패턴을 사용하였다[6]. 제안된 알고리즘은 temporal replacement와 비교 분석 되어졌다.



(a) (b) (c)

그림 3. (a)원 영상, (b)복원된 영상 (c)손상된 영상

에러은닉 방법	PSNR		
	5%	10%	15%
temporal replacement	31.81	29.41	27.69
라그랑제 보간법	32.80	30.39	29.88

표 2. 모의실험의 PSNR 값

그림(a)와 그림(c)는 각각 foreman의 원 영상과 손상된 영상을 나타내고 있고, 그림(b)는 손상된 영상을 적응적 가중법을 적용한 라그랑제 보간법을 사용하여 복원한 영상을 보여준다. 복원된 영상과 원 영상의 시각적인 차이는 큰 차이가 없다.

표.2는 Foreman에서 각각의 채널 에러에 대한 PSNR 값을
나타내고 있다. 라그랑제 보간법에 의한 에러 은닉 방법이 temporal replacement에 의한 에러 은닉 보다 성능이 좋음을 보여준다.

5. 결 론

본 논문에서는 H.264의 특징과 라그랑제 보간법을 이용한 손상된 영상의 에러 은닉 방법을 설명하고 모의실험 하였다. 모의실험 결과는 라그랑제 보간법이 손상된 영상을 우수하게 복원 되었다는 것을 보여주고 있다.

앞으로 움직임이 큰 손상된 영상에서의 분석이 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

[1] A.Tamhankar and K.R.Rao, "An overview of H.264/MPEG-4 Part 10," EC-VIP-MC 2003, 4th EURASIP Conference focused on Video/Image Processing and Multimedia Communications, 2-5 July 2003, Zagreb, Croatia

[2] Y.Wang and Q.F.Zhu, "Error control and concealment for video communication: a review,"in int. conf. Image Processing, vol.2, May 1998, pp.974-997

[3] Jinghong Zheng and Lap-Pui Chau, "A motion vector recovery algorithm for digital video using lagrange interpolation," IEEE transactions on broadcasting, Vol. 49, No. 4, December 2003

[4] 박영오, 김창수, 이상욱, "H.26L을 위한 다차원 에러 은닉 기법," 한국통신학회논문지 Vol. 28, No. 11C, 11-2003

[5] JVT ftp website ftp://ftp.imtc-file.org/jvt-experts

[6] Viktor Varsa, Marta Karczewicz, Goran Roth, Rickard Sjoberg, Tomas Stockhammer and Gunther Lieblblock, "Common test conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2," ITU-Document VCEG-N80, Santa Barbara, CA, USA, Sept., 2001