

클러스터를 이용한 손실된 움직임 벡터 복원 방법

손 남 례, 이 귀 상
전남대학교 전산학과
전화 : 062-530-0147

Recovery Method of missing Motion Vector using Cluster

NamRye Son, GueeSang Lee
Dept. of Computer Science, Chonnam National University
E-mail : nrson@chonnam.ac.kr

Abstract

In transmitting compressed video bit-stream over Internet, packet loss causes error propagation in both spatial and temporal domain, which in turn leads to severe degradation in image quality. In this paper, a new approach for the recovery of lost or erroneous Motion Vector(MV)s by clustering the movements of neighboring blocks by their homogeneity is proposed. MVs of neighboring blocks are clustered according to ALA(Average Linkage Algorithm) clustering and a representative value for each cluster is determined to obtain the candidate MV set. By computing the distortion of the candidates, a MV with the minimum distortion is selected. Experimental results show that the proposed algorithm exhibits better performance in many cases than existing methods.

I. 서론

최근 들어 통신 기술의 진보로 인해 이동 통신 분야에서 놀랄만한 성장이 이루어지고 있다. 이러한 급속한 성장으로 사용자들은 오디오, 비디오, 텍스트, 그래픽 등 같은 멀티미디어 정보를 무선망을 통해서 신뢰성 있게 전송할 수 있는 수준까지를 요구하고 있다.

이동 통신 망 환경에서 동영상 통신을 할 경우 동영상 데이터는 음성 데이터에 비해 상대적으로 넓은 대역폭을 필요로 한다. 따라서 제한적인 대역폭을 가진 채널을 통한 전송을 위해서 다양한 압축 기법이 제안되었고 계속 연구되고 있다. H.26x[1,2], MPEG-1,2,4,7[3]와 같이 제안된 대부분의 블록 기반 동영상 부호화 기법은 현재 입력 영상과 복호화된 이전 영상간의 차이 성분을 부호화하는 예측 부호화(Predictive Coding) 기법을 기본으로 하고 있다. 또한 압축율을 높이기 위해 가변 길이 부호화(Variable Length Coding)를 채택하고 있다. 이러한 기술들을 통하여 방대한 분량의 본래 데이터를 전송에 용이한 저 용량의 데이터로 압축하므로 에러의 발생은 치명적인 결과를 초래할 수 있다. 따라서 에러에 강인한 부호화(Error Resilient Coding) 기법이 에러가 존재하는 채널을 통한 동영상 전송에서 주요한 기술로 대두되고 있다. 특히 복호기에서 이루어지는 에러 강인한 부호화 기법을 에러 은닉(Error Concealment) 기법이라 한다. 에러 은닉 기법의 종류는 인트라(Intra) 프레임에서 사용하는 공간적 은닉(Spatial Concealment) 방법[4]이 있고, 인터(Inter) 프레임에서 사용하는 시간적 은닉(Temporal Concealment) 방법[5]이 있다. 공간적 은닉 방법은 에러가 발생한 주변에 있는 정보를 이용하여 에러의 영향을 줄이는 방법이다. 시간적 은닉 방법은 에러의 의해 손실된 움직임 벡터(Motion Vector) 정보를 이전 프레임에서 추정하여 현재 프레임에 보상하는 방법이다.

본 논문에서는 손실된 블록의 움직임 벡터는 인접한

블록들의 움직임 벡터간의 높은 상관성을 고려하여, 시공간적 오류 은닉(Temporal-Spatial Error Concealment) 방법을 제안한다. 특히 움직임이 있는 객체 경계 측면에서 고려할 때, 클러스터 알고리즘의 대표인 ALA (Average Linkage Algorithm)[6] 사용하여 손실된 움직임 벡터에 인접한 움직임 벡터간의 거리를 고려하여 손실된 움직임 벡터의 후보벡터를 생성한 후, 블록경계정합알고리즘(BMA: Block Matching Algorithm)[7]와 같이 인접한 블록의 경계에 위치한 화소 값들과 후보 움직임 벡터의 경계에 위치한 화소 값들이 가장 잘 일치하는 방향으로 복원하는 블록경계정합알고리즘을 사용하여 왜곡 값이 가장 적은 후보 움직임 벡터를 손실된 움직임 벡터로 복원한다.

본 논문의 구성은 2장은 기존 에러은닉 방법에 대해 설명하고, 3장은 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설명하고, 4장에서는 제안한 알고리즘의 실험 결과를 제시하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 기존 연구

2.1 방향성을 고려하지 않은 BMA방법

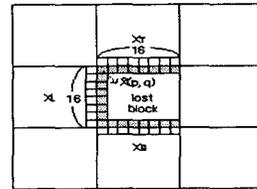
블록경계정합방식(BMA)은 손실 블록의 주변에 바르게 복호 되어 있는 블록과 블록경계선간의 유사성을 고려하여 가장 유사한 블록경계선을 갖는 블록으로 손실 블록을 대체한다는 개념에서 시작된 알고리즘이다 [7]. 이러한 개념은 연속도 측정식이라는 척도를 통해 설명될 수 있다. 즉 영상의 좌측상단을 기준으로 $N \times N$ 크기의 블록 X 상의 화소의 위치 (p, q) 를 [그림 1]와 같이 표시하고, 블록 X 의 가변장 부호화된 데이터에 에러 발생시 X 를 포함한 같은 GOB(슬라이스)내의 이후 블록이 모두 손실되었다고 볼 때, 최소화되는 에러 비용 함수(Error Cost Function)는 (식1)와 같다.

$$\begin{aligned}
 dL &= \sum_{i=0}^{N-1} [\tilde{X}(p, i) - X_L(p-1, i)]^2 \\
 dT &= \sum_{i=0}^{N-1} [\tilde{X}(i, q) - X_T(i, q-1)]^2 \\
 dB &= \sum_{i=0}^{N-1} [\tilde{X}(i, q+N-1) - X_B(i, q+N)]^2 \\
 dS &= dL + dT + dB
 \end{aligned} \tag{식1}$$

본 논문에서는 H.261, H.263, MPEG에서와 같이 차분 부호화 방식(Difference Coding)과 가변장 부호화 방식을 사용함으로써 인해 블록에러가 생길 때 해당블록의 오른쪽, 즉 연속되는 블록까지 복호가 불가능해지는 최악의 상황을 고려하기 때문에 오른쪽 블록의 에

러 비용 함수는 제외시킨다. 에러 비용 함수를 적용하여 움직임 벡터를 추정하는 후보벡터군(Candidate Set)는 다음과 같다.

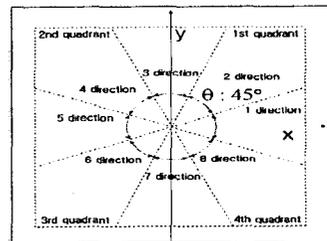
- i) 이전 프레임에서 같은 위치의 블록이 갖고 있는 움직임 벡터
- ii) 에러 영향을 받지 않아 복원이 가능한 주변 (위,아래,옆) 움직임 벡터
- iii) 주변의 사용가능한 움직임벡터들의 중간값
- iv) 주변의 사용가능한 움직임벡터들의 평균값
- v) 제로 움직임 벡터



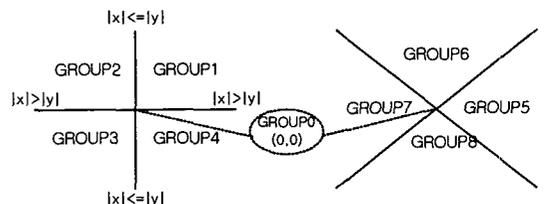
[그림 1] 블록경계정합 알고리즘

2.2 방향성을 고려한 방법

방향성을 고려하지 않은 BMA방법과 달리, [9][10]은 손실블럭에 인접한 블럭들의 움직임 방향을 고려하였다. [9]는 손실블럭에 인접한 각각 블럭에 대하여 움직임 방향과 크기를 고려하여 인접한 블럭들의 기울기에 따라, [그림 2]와 같이 8가지 방향 중 하나를 설정하여 클러스터 한다.



[그림 2] 블록의 기울기에 따라 8가지 클러스터



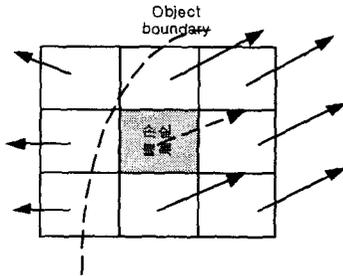
[그림 3] 인접한 블록의 9가지 클러스터 방법

[9]은 움직임 벡터 V 의 수평과 수직 요소인 V_x, V_y 를 각각 고찰하여 4개의 그룹을 형성하고 음

적임이 거의 없는 배경 같은 경우는 움직임 벡터가 0인 경우를 추가해 5개의 그룹으로 나눈다. 또한 중심선 주위에 움직임 벡터가 있을 경우 다른 클러스터로 분류되어 잘못된 움직임 예측이 된다. 그래서 45°를 기준선으로 그룹4개를 추가해 9개의 그룹을 형성한다. 9개의 그룹을 기준으로 검색 트리를 이용해 각각 이웃하는 움직임의 방향을 검색하여 클러스터한다.

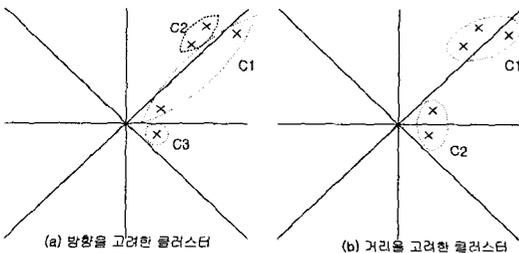
3. 제안 알고리즘

[그림4]와 같이 움직임 객체 경계로 보면 객체 움직임은 오른쪽, 배경은 왼쪽으로 움직인다. 손실블록의 움직임은 인접블록들의 움직임과 깊은 상관성이 있는 것을 고려해 볼 때 인접블록들의 움직임 벡터의 크기가 거의 일정하다고 볼 수 있다.



[그림4] 객체 경계에 있는 움직임 벡터

[8][9]에서, 손실블록에 인접한 블록들간의 방향성을 고려하여 후보벡터군을 생성하였다. [그림 5(a)]와 같이 방향성만 고려하여 인접한 블록들을 클러스터하였다. 그러나 [그림 5(a)]의 클러스터된 C1을 보면 알 수 있듯이 방향은 같지만 거리가 멀어 같은 클러스터로 보기가 힘들다. 또한 C1과 C2는 일정하게 정해진 기울기 각도에 따라 클러스터를 구분하였다. 본 논문에서는 [그림 5(b)]와 같이 인접한 블록들의 방향성과 관계없이 인접한 블록들간의 거리에 의하여 클러스터한다.



[그림 5] 방향 및 거리를 고려한 클러스터

손실블록에 인접한 후보벡터들의 거리를 구하기 위하여 클러스터링의 대표적인 ALA를 적용하였다. 본

논문에서 제안한 알고리즘 순서는 첫째, 손실블록에 인접한 주변블록들간에 ALA를 이용하여 거리를 구한다. 둘째, 주변블록의 거리에 따라 동일한 움직임 객체로 고려하여 클러스터 한다. 셋째, 동일한 움직임 객체로 분류된 즉 클러스터된 후보벡터군에서 왜곡추정의 대표적인 척도 방법인 (식1)을 이용하여 최적의 후보 벡터를 구한다.

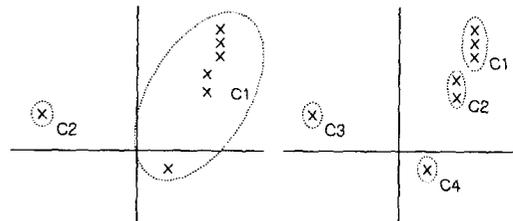
Step 1 : 움직임벡터간의 거리 구하기

손실블록에 인접한 블록의 움직임 벡터들간의 거리는 ALA를 사용한다. ALA은 Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Average(UPGMA) 라고 불리우며 가장 널리 사용되는 Hierarchical Clustering Algorithm 중 하나이다. 서로 다른 cluster 에 속한 두 점 사이의 평균 거리를 두 cluster 간의 거리(d)로 정의함으로써 (식2)를 수행한다. 만일 cluster C_i 가 n_i 개의 멤버가 있고, cluster C_j 가 n_j 개의 멤버를 가질 경우 두 cluster 간의 거리는 다음과 같다.

$$D_{AL}(V_x, V_y) = \frac{1}{n_x n_y} \sum_{a \in V_x, b \in V_y} d(a, b) \quad (\text{식2})$$

Step 2 : 후보벡터 클러스터 생성

(식2)을 이용해 거리를 구하고 최소가 되는 두 블록간의 평균값을 구해 클러스터 하는 과정을 반복함으로써 ALA를 수행하면 [그림 5(b)]와 [그림 6(a)]같이 최종적으로 두개의 클러스터가 생성된다. 그러나 [그림 6(a)]와 같이 클러스터된 움직임 벡터들이 손실블록에 영향을 주지 않을 경우가 있다. 이때는 움직임 벡터간의 거리가 일정한 임계값(5) 이상인 경우 C3, C4처럼 하나의 클러스터로 간주한다.



(a) ALA를 적용한 클러스터 결과 (b) ALA를 수정한 클러스터 결과

[그림 6] 수정한 ALA 클러스터 결과

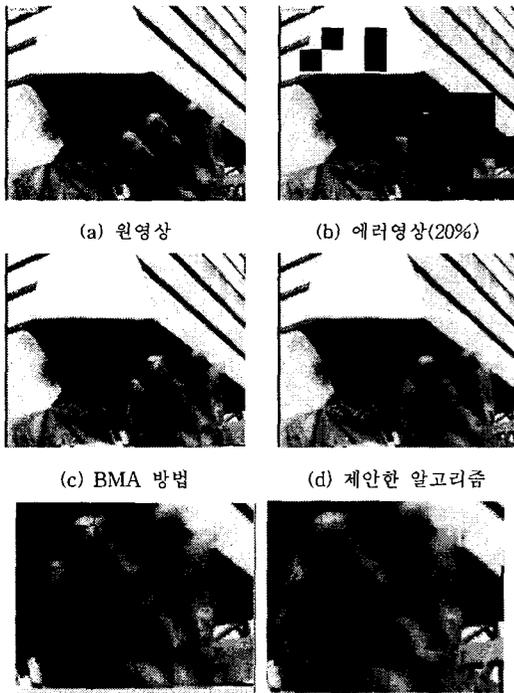
Step 3 : 손실블록에 대한 최적 후보벡터 선택

Step 2에서 후보벡터 클러스터군 중에서 중앙값을 클러스터에서 대표 후보벡터로 선정한다. 기존 BMA는 손실블록의 거리 및 주변블록간의 상관 관계없이 8개 까지 후보벡터군을 선택하여 손실블록을 복원 하지만,

본 논문에서 제안한 알고리즘 후보벡터군은 영상에 따라 다르지만 기존 BMA의 후보벡터군보다 2/3배 감소하였다.

4. 실험결과

실험은 각 176×144 pixels/lines의 Suzie, Carphone, Foreman 그리고 Mother&Daughter 영상을 실험하였다. 그리고 실제 이동 통신 채널 상에서의 전송효과를 재현하기 위해 블록 손실율(BER:Block Error Rate)은 5%~20%정도 임의적으로 주었으며, 디코더에서 손실 블록의 위치를 알고 있다는 것으로 가정하였다. 또한 손실 블록의 위치를 임의적으로 주었지만, 이동 통신 채널상 특징으로 MB 단위의 에러 발생과 GOB단위로 손실이 발생할 수 있으므로 적절하게 에러를 주었다. [그림 7]은 20% 블록 손실율을 가진 255번째 Foreman 영상을 복원한 영상으로서 (a),(b)는 각각 원 영상 및 에러 영상이다. (c),(d)는 각각 BMA방법과 본 논문에서 제안한 방법을 적용한 복원 영상이다. 마지막으로 (e),(f)는 각각 (c),(d)에 대한 확대 영상이다.



[그림 7] Foreman(#255)영상에 대한 복원 영상 비교

5. 결론

최근 통신 기술의 발전으로 인해 이동 통신 채널을 이용한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 방법이 활

발히 연구되고 있다. 이동 통신에서 제공하는 가장 핵심 서비스는 영상 통신이다. 그러나 채널상 오류로 인하여 수신측의 영상 화질은 치명적으로 큰 영향을 미친다. 이러한 채널상의 오류로 인한 화질 열화를 막기 위하여 다양한 기법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 손실된 블록의 움직임 벡터는 인접한 블록들의 움직임 벡터간의 높은 상관성을 고려하여, 시공간적 오류는닉방법을 제안한다. 이때 손실된 움직임 벡터의 최적해는 클러스터링 알고리즘인 ALA을 이용하여 손실된 블록에 인접한 블록들의 움직임 벡터들 간의 거리에 의해 클러스터를 생성한 후, 클러스터된 벡터들 중에서 후보벡터를 생성하여 손실된 블록의 움직임 벡터로 복원한다.

참고논문

- [1] "Video Codec for Audiovisual Service at p×64kbps", ITU-T Recommendation H.261, 1993.
- [2] ITU-T Recommendation H.263 Version 2, ITU-T SG-16, Video Coding for Low Bitrate Communication, Sept. 1997.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 "Coding of Moving Pictures and Audio", March, 2000.
- [4] S Aign, K Fazel, "Temporal and Spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 Video Codex", Proc. of Globecom'95, 1995, pp.1778~1783.
- [5] W-J Chu, J-J Leou, "Detection and Concealment of Transmission Errors in H.261 Images", IEEE Trans Circuits System Video Technol 8(1):248~258, 1998
- [6] Earl Gose, Richard Jonsonbaugh, and Steve Jost, "Pattern Recognition and Image Analysis", Prentice Hall, 1996.
- [7] Y.Wang, Qin-Fan Shu and Leonard Shaw, Maximally Smoothness Image Recovery in Transform Coding, IEEE Trans. Commn., Vol.41, pp.1544-1551, Oct. 1993.
- [8] SungChan Park, NamRey Son, JungHyun Kim and GueeSang Lee "Recovery of Motion Vectors by Detecting Homogeneous Movements for H.263 Video Communications", IEEE ICME2001, Tokyo, Japan, pp33-36, 2001.
- [9] S. Ghanbari and M. Z. Bober "A Cluster based method for the recovery of the lost motion vectors in video coding" 2002 IEEE.