

무선 네트워크를 위한 DCT 기반의 오류 은닉 기법

양 승 준, 박 성 찬, 이 귀 상
전남대학교 전산학과
전화 : 062-530-0147 / 핸드폰 : 018-206-6016

The Error Concealment Scheme Using DCT Based Image Coding for Mobile Network

Seung-Jun Yang, Sung-Chan Park, Guee-Sang Lee
Dept. of Computer Science, Chonnam National University
E-mail : sjyang@cs.chonnam.ac.kr

Abstract

The wireless network has bursty and high error rates. Due to the quite limited bandwidth in wireless networks, images are usually transmitted as a compressed version with VLC(variable length coding). Loss of coded data can affect a decoded image to a large extent, making concealment of errors caused by data loss an important issue. This paper presents a error concealment technique for DCT(Discrete Cosine Transform) based image coding. First, a method to estimate the missing DC coefficients of a JPEG coded image which is required for decoding the compressed image, is suggested and evaluated. Second, the missing data is interpolated by exploiting the probability of being nonzero and the correlation between adjacent blocks. In addition, since the these technique is computational efficient, it conserves system resources and power consumption, which are restrictive in mobile computers.

I. 서론

무선 채널은 제한적인 대역폭을 가지며, 전송 중
본 연구는 정보통신부 2000년 대학기초 연구사업지원(071-02)
에 의하여 수행되었음.

에러가 광범위하고 높은 비율로 발생한다. 특히, DCT(Discrete Cosine Transform)기법과 가변길이코딩(Variable Length Coding) 기법을 사용하여 압축된 이미지를 전송하는 경우, 에러 발생 시 화질에 심각한 영향을 주게 된다. 이러한 에러에 대응하기 위해 기존의 유선 채널 기반의 연구에서는 Layered coding, FEC(Forward Error Correction), ARQ(Automatic Retransmission Query Protocols)등과 같은 기법들이 연구되어 왔다[3]. 그러나 FEC의 사용은 전송 오버헤드가 늘어나 대역폭의 효율이 떨어지게 되며, ARQ의 경우에는 실시간 응용에서 재전송된 패킷은 무의미하다. 따라서 불규칙하고 광범위한 에러가 발생하는 무선환경에서 위와 같은 기법을 적용하기에는 적합하지 않다. 이에 무선채널에서 이미지 전송에 따른 전송상의 에러의 전파를 최소화하고, 발생된 에러에 대하여 간단하며 효과적으로 복구할 수 있는 기법이 요구된다.

본 논문에서는 디코더측면에서의 에러 복구 기법을 제시한다. 현재까지 이 분야의 연구에서는 주로 8x8 블록의 DC 계수가 비차분적으로 코드화되었다는 가정하에 연구되어왔다. 그런 까닭에 블록에러의 전파가 손실된 블록 내에 국한되어 다루어졌다[1]. 그러나 실제로 전송 중 DC 값은 차분값이 압축되어 전송되고, 이 경우 에러는 재동기화가 이루어지기 전까지 다음 블록에 연속적으로 전파되어 영상 화질에 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 에러의 전파를 최소화하기 위한 기법이 필요하다.

제시된 기법은 DCT 영역 내에서 차분화되어 전송된 DC 계수를 복원하며, AC 계수의 경우 DCT 영역 내에서의 발생빈도에 따라 발생율이 높은 위치의 값만을 인접블록으로부터 복원하게 된다. 이와 같은 손실을 복원하는 과정은 무선네트워크에서의 터미널을 위해 연산과정을 최소화하여 낮은 전력소모를 유지하면서 영상을 시각적으로 크게 거슬리지 않는 범위내에 복원하여 상대적으로 낮은 성능의 무선 터미널에 적합하게 구현하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해 언급하고 3장에서는 제안된 기법을 기술한다. 4장과 5장에서는 각각 실험된 결과를 제시하고 결론을 기술한다.

II. 관련 연구

압축영상 전송시 채널에러에 따른 영상의 화질열화를 방지하기 위한 대책으로 다음 3가지 방법이 있다.

- 1) 순방향 에러 은닉기법(Forward Error Concealment)
- 2) 후처리 에러 은닉기법 (Error Concealment by Postprocessing)
- 3) 상호 에러 은닉기법 (Interactive Error Concealment)

첫 번째 방법은 주로 보호화기에서 에러검출 및 정정을 위한 용장비트(redundancy) 삽입하거나 부호화기를 채널에러에 강하게 변형하는 방법으로 이 경우 부가 비트로 인한 전체 비트율이 늘어나며 에러가 용장을 초과할 경우 더 이상 에러를 제어할 수가 없는 단점이 있고 기존의 인코더를 변형함으로 표준화된 데이터와 호환성의 문제가 있다. 두 번째 방법은 수신단에서 손상된 데이터를 주변데이터와의 상관성을 이용하여 에러의 영향을 은닉하는 방법으로 수신단에 에러복원을 위한 계산이 집중된다. 세 번째 방법은 전송 에러 복구를 위해 디코더에서 에러 발생을 감지할 때마다 인코더에게 손실된 블록의 정보를 전송하면 부호화기에서 해당 블록을 재부호화하여 전송해 주는 방법이다. 이 중 두 번째 방법의 경우 잃어버린 값을 추정하기 위해 부호화기를 변경할 필요가 없고 전체 비트율을 증가 시키지 않는 장점이 있다.

손실된 값을 복원하기 위한 기존의 방법들을 분류하면 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 1) Linear Interpolation
- 2) Smoothness Measure
- 3) Projection Onto Convex Set

첫 번째 방법의 경우는 속도는 빠르나 복원 영상이 뚜렷하지 못하다는 단점이 있고, 두 번째와 세 번째 방법의 경우 복원 영상이 만족스러우나 처리 시간이 오래 걸리고 메모리 요구량이 많은 단점이 있다[6]. 따라서 2)와 3)의 방법은 실시간 서비스에서 문제가 된다. 인간의 시각 특성상 어느 정도의 화질 열화는 감지가 어렵기 때문에 이를 고려한다면 적당한 화질에 계산량과 메모리 요구량이 적은 1)의 알고리즘이 실용적인 것이다.

본 논문에서는 Shahram의 알고리즘을 기본으로 하여 실험하였지만 DC 계수를 구하는 과정에서 후처리 과정을 생략하고 AC 계수를 구하는 과정에서는 기존의 방법과는 다른 DCT 계수 위치의 발생확률과 특성을 이용하여 더욱 간략한 과정으로 계산이 이루어지게 된다. 이러한 과정은 Shahram의 알고리즘에 비해 화질의 차이가 크지 않고 계산량은 훨씬 줄어들게 된다. 제안된 방법의 실험 결과는 Shahram의 알고리즘과 Wai-man's의 방법을 이용한 복원과 비교하기로 한다.

III. 제안된 방법

일반적으로 명암에 대한 DCT계수값 중에서 DC 성분과 AC 저주파 성분 계수의 값이 매우 크기 때문에, 이 값들은 고주파 AC계수 값들 보다 양자화 과정에서 정보량의 손실이 더욱 크다[5]. 또한 블록화 현상은 주로 블록 내에 있는 화소의 DC값에 오류가 생겨서 발생한다. 따라서 블록간의 평균적인 값의 분포를 보상하기 위해서는 고주파 AC계수보다는 DC성분과 AC저주파 성분의 보상이 DCT 계수값 전체를 보상하는 것보다 계산량과 시각적인 측면에서 더욱 효과적이다.

1. DC 계수의 복원

손실된 DC 계수를 복원하기 위해서는 식(2)을 이용하여 인접한 블록의 DC 값을 이용하여 손실된 블록의 DC 값을 추정하게 된다.

| | | |
|----|----|----|
| d1 | d2 | d3 |
| d4 | d | |
| | | |

그림 2. 인접한 블록의 DC

$$d = w_1d_1 + w_2d_2 + w_3d_3 + w_4d_4 \quad \text{식 (2)}$$

각 블록의 가중치는 $w_1 = 0.1$, $w_2 = 0.4$, $w_3 = 0.1$,

$w_4 = 0.4$ 로 한다.

2. AC 계수의 복원

AC 계수는 지그재그 스캔을 거치고 나면 그림 (3)와 같은 발생확률을 가지게 된다[4]. 이러한 발생확률을 근거로 AC 복원을 위한 경계를 결정한다. 경계의 부의 값은 통계적으로 지그재그 스캔 후 거의 0으로 채워지는 부분의 경우로 이 영역의 연산은 수행하지 않게 하여 불필요한 계산량을 줄이도록 한다.

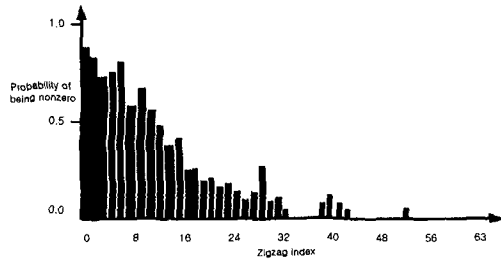


그림 3. 지그재그 순서 AC 계수의 nonzero 확률

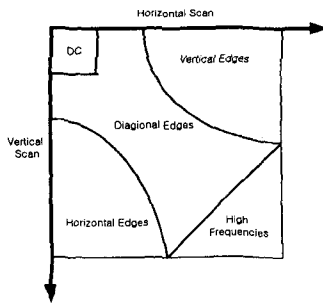


그림 4. DCT영역의 구조

AC 계수의 복원시 고주파 영역보다는 저주파 영역이 인간의 시각에 민감한 부분이므로 저주파 영역과 고주파 영역을 구분하여 블록의 참조를 다르게 하는 것이 계산량과 시각에 효과적이다.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 1 | 5 | 6 | 14 | 15 | 27 | 28 |
| 2 | 4 | 13 | 16 | 26 | 29 | 42 | |
| 3 | 8 | 12 | 17 | 25 | 30 | 41 | 43 |
| 9 | 11 | 18 | 31 | 40 | 44 | 53 | |
| 10 | 9 | 23 | 32 | 39 | 45 | 52 | 54 |
| 20 | 22 | 33 | 38 | 46 | 51 | 55 | 60 |
| 21 | 34 | 37 | 47 | 50 | 56 | 59 | 61 |
| 35 | 36 | 48 | 49 | 57 | 58 | 62 | 63 |

그림 5. 제안된 경계 영역

AC값의 복원은 제안된 경계면내의 AC 저주파와 AC 고주파영역내의 위치만을 선택하고 그림 (4)의 주파수 특성에 따라 인접블록을 선택하여 이루어진다[2].

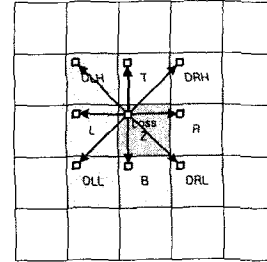


그림 6. 공간적으로 인접한 블록

$$Z_L = Z_L + W_T \times Z_T + W_B \times Z_B + W_L \times Z_L + W_R \times Z_R + W_{DRH} \times Z_{DRH} + W_{DLR} \times Z_{DLR} + W_{DRL} \times Z_{DRL} + W_{DLL} \times Z_{DLL}$$

각각의 가중치는 AC저주파의 경우, 인접블록의 전체를 이용하고 AC 고주파의 경우는 직각의 인접한 블록만을 이용한다. 즉, AC저주파의 경우는 $W_T, W_B, W_R, W_L, W_{DRH}, W_{DRL}, W_{DLH}, W_{DLL} = \frac{1}{8}$ 이고 AC 고주파의 경우는 $W_T, W_B, W_R, W_L = \frac{1}{4}$ 을 할당하고, 수직 성분영역 V와 수평 성분영역 H는 상·하블럭과 좌·우블럭만을 이용한다.

IV. 실험결과

실험은 256x256 크기의 Lena, Airfield 그리고 H_G 이미지를 이용하여 실험하였다. 각 이미지의 재능기 간격을 16~20 사이의 값을 주었고 에러율은 10%~20%에서 무작위로 발생하여 여러 이미지를 생성하여 실험하였다. 그림 (7)과 (8)은 Lena와 Airfield의 원래의 이미지이고, 그림(9)은 에러율을 20%로 무작위 발생시켜 생성된 에러 영상이다. 그림 (10)은 제안된 방법으로 복원된 이미지를 나타낸다. 표 (1)은 여러 영상의 실험결과 얻어진 PSNR값을 보여준다. 실험결과를 살펴보면 화면의 복잡도가 높은 영상에서는 기존의 방식에 비해 화질이 뒤떨어지지 않았으며, 비교적 단순한 영상, 색차의 대비가 뚜렷한 영상에서는 에러율에 따라 블러킹 현상이 발생되었다. 이러한 현상은 DC 계수의 후처리를 생략한 때문이다. 제안된 방식은 기존의 방법에 비해 PSNR값이 높지는 않으나 계산량이

많이 줄어들었고 전반적인 화질은 시각적으로 큰 무리가 없음을 알수 있다.

| | Lena | Airfield | H_G |
|--------|-------|----------|-------|
| 손상된 영상 | 14.79 | 11.84 | 12.01 |
| 제안된 방법 | 22.24 | 20.14 | 21.83 |

표 1. 제안된 방법의 실험값

| | Shahram | Wai-man's | Proposed |
|-----------|-------------|-----------|----------|
| Lena PANR | 26.66/34.85 | 28.76 | 22.24 |

표 2. 기존 알고리즘과의 비교



그림 7. 레나 원 이미지



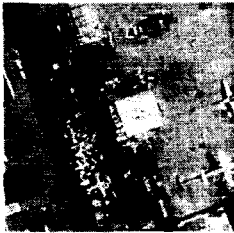
그림 8. Airfield 원 이미지



그림 9. 손실이미지[20%]



그림 10. 제안된 방법으로 복원된 이미지



V. 결론 및 향후 연구과제

현재 대부분의 연구에서는 주로 8x8 블록의 DC 계수가 비차분적으로 코드화되었다는 가정 하에 연구되어왔다. 그러나 실제로는 차분화된 DC 계수가 전송이 되어지고 이러한 값의 손실은 인접한 다음 블록까지 전파되게 된다. 이 논문에서는 이러한 차분화된 DC 계수를 시각적인 거슬림이 없이 간단하게 복원하고, AC 계수의 복원 경우는 DCT 계수의 발생확률을 이용하여 발생확률의 빈도에 따라 해당위치만을 선택하여 주파수 특성에 따라 복원함으로써 최소한의 계산으로 효과적인 화질을 생성하였다. 이와 같은 손실을 복원하는 과정은 무선네트워크에서의 터미널을 위해 연산과정을 최소화하여 낮은 전력소모를 유지하면서 영상을 시각적으로 크게 거슬리지 않는 범위내에 복원함으로써 상대적으로 낮은 성능의 무선 터미널에 적합할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Shahram Shirani, Faouzi Kossentini and Rabob Ward "Packet Loss Concealment in Baseline JPEG Coded Images" IEEE Symposium on Advances in Digital Filtering and Signal Processing, p16-19, 1998
- [2] Hemami, S.S., Meng. T.H.-Y. "Transform Coded Image Reconstruction Exploiting Interblock Correlation" Image Processing, IEEE Transactions on Vol. 47, p1023 -1027, 1995
- [3] I. Dalgic and F. Robagi "Characterization of quality and traffic for various video encoding schemes and various encoder control schemes" Standford Technical Report CSL-TR-96-701, 1997
- [4] Borko Furht, Stephen W.Smoliar, HongJinang Zhang "Video and Image Processing in Multimedia Syatem" Kluwer Academic, 1995
- [5] Khalid Sayood "Introduction to Data Compression " Morgan Kaufmann, 1996
- [6] Se-Yoon Jeong "An Error Concealment Algorithm Using DCT Transform Domain Information" Speech and Image Technologies for Computing and Telecommunications, Proceedings of IEEE, Vol. 2, p.557 -560 1997