

블록 코딩 영상에서 손실 블록의 재구성 기법

유경중*, 이부권*

요약

본 논문에서는 블록 코딩된 영상을 전송할 때 손실 블록을 재구성하는 기법을 제안한다. JPEG 영상이 무선 통신 상에서 전송될 때, 오류는 영상 전체 블록에 영향을 미칠 수 있다. 이는 JPEG 영상에서 dc 계수를 차분 코딩하기 때문이다. 이에 본 논문은 손실 블록과 인근 블록 사이의 상관성을 이용하여 손실 정보를 재구성한다. 제안된 기법의 성능 평가를 위해 의도적인 블록 오류를 추가하여 실험한 결과, 객관적으로나 주관적으로 모두 좋은 결과를 얻었다.

Reconstruction Scheme of Lost Blocks in Block Coded Images

Kyeong-Jong Yoo*, Bu-Kwon Lee*

Abstract

In this paper, the reconstruction scheme of lost blocks in the transmission of block coded image is proposed. Due to differential coding of dc coefficient in JPEG image, when JPEG images are transmitted over wireless communications, the effect of errors can destroy entire blocks of the image. Therefore, we aim to reconstruct the lost information using correlation between the lost block and its neighbor blocks. In order to evaluate the performance of this scheme, we inserted some intentional block errors into the test images. And we obtained good results objectively and subjectively by experiments.

Key words : block coded image, error recovery

1. 서론

최근 데이터의 크기와 전송율을 낮추기 위해 다양한 정지 영상(still image)과 동영상의 코딩 방법들이 개발되어 왔다. 그 중에서도 블록 기반 코딩 방법은 압축율이 높고, 고품질을 지원하기 때문에 실용적이고 그 성능이 검증되어 디지털 사진, 영화 등의 코딩과 같이 다양한 분야에 사용되고 있다. 이러한 블록 코딩 방법은 현재 JPEG(Joint Photograph Experts Group), MPEG(Motion Picture Experts Group) 등에서 기본 압축 방법으로 사용되고 있다.

일반적으로 블록 코딩된 영상들을 전송하게 되면 영상의 일부분이 손상을 입는 현상이 발생하게 된다. 이는 블록 코딩 영상에서는 DC 계수(Direct Current coefficient)를 코딩할 때 차분 코딩(differential coding)을 하기 때문이다. 따라서 블록 내에서 DC 계수를 분실하는 경우 그 라인에 있는 다른 블록에 영향을 미칠

수 있다.

본 연구에서는 이러한 블록 기반 영상에서 인근 블록의 유사성을 이용하여 손실 블록을 재구성하는 기법을 제안한다. 다른 기법에 비해 탐색 범위가 넓지 않아 계산 복잡도가 작고, 또한 인계치를 이용하여 탐색 범위를 더 줄일 수 있으며, 블록화 현상 감소 기법과 결합하여 화질을 조금 더 개선할 수 있다.

2. 관련 연구

2.1 간단한 계수 추정 기법

DCT를 이용하는 블록 기반 압축 영상에서 손실 블록을 복구하기 위한 몇 가지 간단한 오류 은닉 기법으로 영 대입 기법(zero substitution), 평균 대입(mean substitution) 기법, 평균 예측(mean prediction) 기법 등이 있다[1]. 평균 대입 기법은 DC 계수의 추정값으로 손상되지 않은 블록 외부 경계 샘플의 평균값을 사용하

* 제일저자(First Author) : 유경중

접수일 : 2005년 4월 13일, 완료일 : 2005년 5월 1일

* 경상대학교 컴퓨터학과 겸사

icarus30@empal.com

** 경상대학교 컴퓨터학과 교수

고 AC 계수는 0으로 사용하는 기법이다. 평균 예측 기법은 DC 계수는 평균 대입 기법과 같이 사용하고 첫 5개의 AC 계수는 JPEG 표준에 있는 2차원 다항식을 이용하여 예측하는 방법이다. 이 방법들은 많은 블록들을 쉽게 복구할 수 있으나, 에지 영역, 텍스처 영역, 복잡한 영역의 경우 복구가 힘들다는 단점이 있다.

2.2 Shahram Shirani의 연구

Shahram Shirani의 연구[2]는 손실 블록이 발생하게 되면 먼저 DC 계수를 추정한다. DC 계수를 추정하기 위해서는 인근 블록의 DC 계수에 적절한 가중치를 곱하고 이를 더한다. DC 계수 추정은 줄무늬 현상을 발생시킬 수 있는데, 이를 제거하기 위해서는 레벨 쉬프트(level shift)를 시킨다. 이를 위해 (그림 1)에서 보이는 것과 같이 손실 블록 i 와 $i+1$ 사이를 연결하는 위쪽 줄의 픽셀 평균치 $l_{i,i+1}$ 와 그 위쪽 줄의 픽셀 평균치인 $m_{i,i+1}$ 의 차이 Δ_i 를 계산하여 그 값이 임계치 T 보다 큰 경우에 Δ_i 를 감하게 된다.

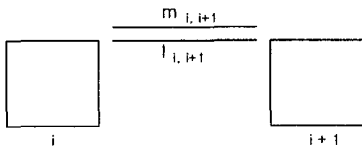


그림 1. 줄무늬 제거 처리

이 연구는 에지 부분의 손실을 복구하기 위해서 대각 행렬을 이용한다. 그리고 다양한 방향의 에지를 복구할 수 있지만 에지가 아닌 복잡한 영역에 대한 복구가 어렵고, 대각 에지 복구 기법에 있어서도 복잡도가 높다.

2.3 BNM 기법

BNM 기법[3]은 영상 내의 블록 유사성을 이용하여 손실 블록을 복구한다. 이 기법은 탐색 범위가 넓고 정합 함수에 기인하여 계산이 복잡하고, p-order 정합 함수에 의해 나온 변환 도메인 블록과 범위 블록 사이의 식 (1)에 있는 MSE(Mean Squared Error)를 이용하여 일치 결과를 평가하는 기준으로 사용한다.

$$MSE_M = \frac{1}{n_M} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} (1 - f_{k+m, l+n}) \cdot (v(x_{i+m, j+n}) - x_{k+m, l+n})^2 \quad (1)$$

N 은 블록의 크기이고, M 은 정합 블록을 가리킨다. 그리고 $v(z) = a_0 + a_1 z + \dots + a_p z^p$ (p -order mat ching, $p \geq 1$) 이다. $f_{i,j}$ 는 손실 화소이면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 가진다.

2.4 Shantanu D. Rane의 연구

Shantanu D. Rane의 연구[4]는 무선 통신 상에서 영상을 전송했을 때 손실된 블록을 복구하는 방법으로, (그림 2)와 같이 인근 블록을 조사하여 현재 손실 블록이 어떤 종류의 블록인지를 추정하여 복구 방법을 달리 한다.

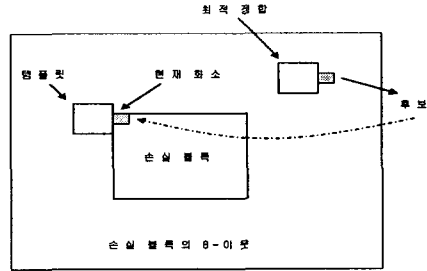


그림 2. 텍스처 합성

이 연구는 연속된 블록 오류에 대한 복구 기법에 대한 복구 방법도 있지만, 복구가 잘되는 영역을 임의 손실하여 전송하고, 이를 수신 측에서 인근 정보를 이용하여 압축율을 높이는 데에 있으며, 실험 목적이나 방법이 본 연구와 다르다.

3. 손실 블록 재구성

3.1 손실 블록의 유형과 탐색 범위

손실 블록에 에지 정보나 복잡한 부분과 같은 구조물을 담고 있는 경우, 계수 추정을 이용하는 기존의 방법으로는 원래의 영상과 유사하게 복구하는 것은 어렵다. 따라서 제안 기법에서는 손실 블록 주변을 탐색 범위 40×40 으로 설정하여 가장 유사한 블록을 찾는 방법을 사용하였다.

탐색 범위는 너무 넓게 설정하면 적절한 대체 블록을 찾을 가능성은 높아지지만 계산량이 증가하고, 어떤 경우에는 찾은 대체 블록이 원래의 것과 유사하지 않을 수도 있다.

다음은 손실 블록이 영상의 어느 위치에 있는가에 따라 탐색의 범위를 다르게 한 것으로, 그 유형을 3가지로 나눌 수 있다.

- 1) 탐색 범위 한 가운데에 복구하고자 하는 손실 블록이 하나만 있는 경우
- 2) 영상의 경계에 탐색 범위가 오버레이된 경우
- 3) 탐색 범위 내에 다른 손실 블록이 있는 경우

1)의 경우에는 탐색 범위 내에서 쉽게 찾을 수 있고, 2)의 경우에는 영상의 안쪽으로 탐색 범위를 옮긴다. 3)의 경우에는 정합 후보 블록이 다른 손실 블록과 겹치는 경우 다음 블록을 찾도록 한다.

3.2 대체 블록의 탐색

대체 블록을 선택할 때는 손실 블록의 바깥 4개의 경계를 이용하여 탐색 범위 내에서 가장 유사한 블록을 선택한다. 탐색 범위 40×40내의 탐색 윈도우 크기를 8×8로 설정하여 손실 블록의 바깥 4개의 경계와 탐색 윈도우 내의 블록의 안쪽 4개의 경계와의 유사도를 측정하여 후보 블록 중에서 가장 유사한 블록을 대체 블록으로 선택한다. 만약 같은 값을 가지게 된다면 가장 가까운 블록을 대체 블록으로 선택한다. 식 (2)에서 손실 블록의 바깥 경계 d_c 와 대체 후보 블록의 안쪽 경계 d_a 의 각각의 경계선 오류의 값 E_T, E_B, E_L, E_R 을 구할 수 있다(T, B, L, R은 각각 상단, 하단, 왼쪽, 오른쪽을 나타냄).

$$\begin{aligned} E_T &= \|d_a - d_c\|^2, E_B = \|d_b - d_c\|^2 \\ E_L &= \|d_a - d_c\|^2, E_R = \|d_a - d_c\|^2 \end{aligned} \quad (2)$$

그리고 식 (3)에 의해 이들 전체 경계선 오류가 최소화되는 후보 블록들을 찾은 다음, 이들 중에서 가장 작은 값을 가지는 후보 블록을 대체 블록으로 지정할 수 있다.

$$E^2 = E_T^2 + E_B^2 + E_L^2 + E_R^2 \quad (3)$$

탐색할 때 고려되는 손실 블록의 바깥 4개의 경계는 모두 존재하지 않을 수 있다. 손실 블록이 영상 경계에 있거나 손실 블록 인근에 다른 손실 블록이 있는 경우에는 더 적은 수의 바깥 경계를 이용해야 한다. 이는 오류율이 높은 경우에 발생할 수 있고, 식 (3)을 계산할 때에 해당되지 않는 경계는 고려하지 않는다.

적절한 대체 블록을 선택하기 위해서는 다음과 같은 두 가지 탐색 전략을 사용한다.

- 1) 탐색 범위 처음부터 시작하여 마지막까지 탐색 윈도우를 옮기면서 E가 최소화되는 블록을 선택한다.
- 2) 손실 블록 주변의 30×30에서부터 시작하여 임계치 이하의 것 중 가장 작은 값을 선택한다. 조건에 맞는 것이 없다면 1)과 같이 찾지만 2)의 영역과 중복되는 부분은 찾지 않는다.

복구는 기본적으로 처음부터 끝까지 순차적으로 하고, 기본 단계는 다음 절차와 같다. 만약 현재 단계에서 이전 단계의 경우를 만난다면 마찬가지로 복구를 한다.

- 단계 1. 손실 블록이 다른 손실 블록과의 거리가 최소 1블록인 경우 (4 경계가 모두 있음)
- 단계 2. 손실 블록의 대각선 방향에 있는 손실 블록 (4 경계가 모두 있음)
- 단계 3. 경계가 3개인 것과 남아 있는 모든 것
- 단계 4. 블록화 현상 감소 알고리즘 적용

4. 실험 및 평가

이 장에서는 실험 환경 및 제안 기법에 대한 실험 결과를 보인다. 실험 결과는 객관적 평가를 위해 PSNR을 사용하고, 주관적 평가를 위해 특정 영역에 대한 복구된 영상을 확대하여 비교한다.

4.1 실험 환경

제안 기법의 성능을 실험하기 위해 네트워크 상의 영상 전송을 시뮬레이션하여 실험 영상에 다양한 손실율을 적용하였다. 그리고 IJG[5]에서 배포하는 IJG JPEG 소스 프로그램 버전 6을 사용하여, 실험 영상을 원하는 비트율의 JPEG 영상으로 변환하였다.

본 논문에서 사용된 실험 영상은 Barbara, Couple, Goldhill, Lena, Mandrill, Peppers를 이용하였다. 영상의 크기는 512×512인 것을 사용하였고, 실험의 단순화를 위해 그레이 스케일(gray scale) 영상을 이용하였다.

4.2 실험 과정

제안된 기법의 실험을 위하여 시뮬레이션하여 손실율을 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10.0%, 12.5%, 15.0%로 지정하였다. 그림 3은 Lena 영상을 15.0% 임의 손실을 한 것이다.



그림 3. Lena(15.0%)

그림 4에서 그림 7은 3장에서 제안한 방법으로 그림 3을 단계적으로 복구하는 모습을 보여주고 있다. 그림 4는 인접한 손실 블록이 없는, 고립된 손실 블록을 복구한 영상이다. 그림 5는 네 개의 경계가 모두 존재하고, 대각선 방향에 인접 블록이 있는 경우를 복구한 것이다. 그림 6은 3개의 경계가 있는 것부터 시작하여 계속 반복하여 최종적으로 모두 복구를 한 것이다. [6]에서 제안한 블록화 현상 감소 알고리즘을 같이 적용한 것은 그림 7이다.



그림 4. 단계 1 후



그림 5. 단계 2 후



그림 6. 재구성 영상



그림 7. 재구성 기법 + 블록화 현상 제거

표 3은 제안한 손실 블록 재구성 알고리즘을 먼저 적용하고, 인근의 다른 블록과 비교하여 블록화 현상이 발생 한 경우 [6]에서 블록화 현상 감소 알고리즘을 같이 적용한 결과이다.

제안한 블록화 현상 감소 알고리즘을 적용하기 전인 표 2에 비해 0.3~1.4 dB 정도 개선할 수 있었다.

표 3. [6]에서 제안한 블록화 현상 감소 기법을 같이 적용한 경우의 결과

손실율 영상	제안 알고리즘 (대체 블록 + 블록화 현상 감소)					
	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
Barbara	41.1	39.8	38.3	37.7	35.6	33.5
Couple	40.2	38.9	38.2	36.1	34.2	32.0
Goldhill	41.0	38.3	37.3	36.1	34.5	32.2
Lena	40.3	37.5	36.2	35.7	34.2	32.5
Mandrill	39.7	36.4	33.8	31.9	30.5	29.5
Peppers	41.5	39.2	37.1	36.2	34.1	32.3

4.3 객관적 평가

일반적으로 영상에서 객관적인 성능 평가를 위해서 주로 PSNR이 사용된다.

표 1은 실험 영상에서 2.5%~15.0% 손실을 한 영상의 PSNR을 나타낸 것이다.

표 1. 다양한 손실율을 적용했을 때의 PSNR

손실율 영상	손실된 영상(dB)					
	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
Barbara	22.8	19.4	17.7	16.4	15.3	14.6
Couple	21.9	19.0	17.2	16.3	15.3	14.3
Goldhill	22.6	19.4	18.0	16.4	15.7	15.2
Lena	21.6	18.8	17.1	15.7	15.0	14.2
Mandrill	21.6	18.7	16.8	15.9	14.8	14.3
Peppers	22.2	19.0	17.6	16.0	15.3	14.3

표 2는 지정된 탐색 범위 내에서 적절한 대체 블록을 탐색하여 채우는 제안 알고리즘을 적용한 결과이다.

표 2. 다양한 손실율에서의 제안 알고리즘 결과

손실율 영상	제안 알고리즘(dB)					
	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
Barbara	40.6	37.9	37.1	36.5	34.3	32.2
Couple	39.7	38.1	37.3	35.6	33.3	31.5
Goldhill	40.7	37.8	36.8	35.4	34.1	31.6
Lena	39.5	36.9	35.6	35.1	33.7	31.8
Mandrill	38.3	35.3	33.1	31.2	29.7	28.3
Peppers	41.2	38.4	36.7	35.3	33.8	31.9

표 4는 최종적으로 DC 은닉 기법, direct BNM, 1-order BNM, 그리고 제안 알고리즘에 대한 비교 결과이다. 대체 블록을 탐색하여 채우는 제안 알고리즘의 경우에는 1-order BNM이 더 나은 결과를 보여주었으나, 제안한 블록화 현상 감소 기법을 같이 적용한 경우에는 제안 기법이 더 나은 결과를 보여주었다. 2.5%의 손실율의 영상인 경우에는 1-order BNM 기법이 더 좋았는데, 이는 1-order BNM에서 사용된 손실 영상에 존재하는 손실 블록은 모두 고립되었으나, 본 논문에서 사용된 손실 영상은 인접한 손실 블록도 존재하기 때문인 것으로 판단된다.

direct BNM의 경우와 비교하면 손실율이 낮은 경우에는 direct BNM이 결과가 더 좋았으나 손실율이 높은 경우에는 제안 알고리즘이 더 좋은 결과를 보였다.

표 4. 다른 방법과 제안 방법의 비교

손실율 재구성 기법	Barbara 영상 - 다른 재구성 기법과의 비교					
	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
손실 영상	22.8	19.4	17.7	16.4	15.3	14.6
DC 은닉 기법	36.6	32.9	32.4	30.0	29.2	28.0
direct BNM	41.1	39.0	36.3	35.7	33.6	32.3
1-order BNM	41.8	39.6	37.6	37.1	35.0	33.2
제안알고리즘	40.6	37.9	37.1	36.5	34.3	32.2
제안알고리즘+블록화현상감소	41.1	39.8	38.3	37.7	35.6	33.5

4.4 주관적 평가

영상을 재구성한 후 그 성능을 평가하는 데에는 객관적 측도인 PSNR 뿐만 아니라 인간의 인지 능력을

이용한 주관적 측도도 사용된다.

그림 8에서 그림 10까지는 lena 영상의 모자 부분을 확대한 것으로 에지 영역에 대한 복구 결과를 보여준다. 차례대로 손실 영상, 복구 영상, 원래의 영상을 보여주고 있다.

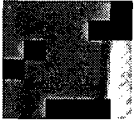


그림 8. 에지
부분(손실)



그림 9.
에지(재구성)

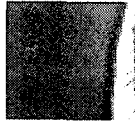


그림 10.
에지(원래)

그림 11에서 그림 13은 Barbara 영상의 일부분으로, 각각 순서대로 손실 영상, 복구 영상, 원래의 영상이다. 이는 텍스처 영역을 확대한 것으로 원래의 영상과 큰 차이가 나지 않은 것을 볼 수 있다.

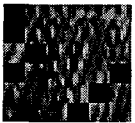


그림 11.
텍스처(손실)



그림 12.
텍스처(재구
성)

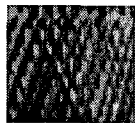


그림 13.
텍스처(원래)

그림 14에서 그림 16까지는 Mandrill 영상의 수염 부분을 확대한 것으로 복잡한 영역에 대한 복구를 확인하기 위한 것이다. 원래의 영상과 약간의 차이는 있지만 거의 차이가 나지 않은 것을 확인할 수 있다.

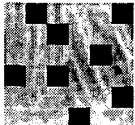


그림 14.
복잡영역(손
실)

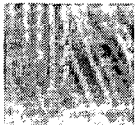


그림 15.
복잡영역(재
구성)

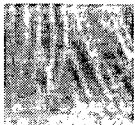


그림 16.
복잡영역(원
래)

그림 17에서 그림 19까지는 어떤 물체에 대한 복구 결과를 알기 위해서 Couple 영상의 남자 머리 부분을 확대한 것으로, 남자 머리 왼쪽 부분은 블록화 현상 감소 알고리즘이 적용되었다.



그림 17.
물체(손실)



그림 18.
물체(재구성)



그림 19.
물체(원래)

5. 결 론

본 논문에서는 오류가 발생하기 쉬운 네트워크 상에서 블록 기반 영상을 전송할 때 발생하는 손실을 최소화시킬 수 있는 복구 기법을 제안하였다.

손실 블록 복구를 위해 탐색한 대체 블록의 대부분은 비교적 손실 블록에서 멀리 떨어지지 않은 곳에서 찾을 수 있으며, 이 때문에 계산 복잡도를 줄이기 위해 기본 탐색 범위 내에서 찾는 방법, 손실 블록의 인근에서만 찾는 방법, 이 두 가지 탐색 전략 중에서 하나를 선택할 수 있었다.

기존 연구의 대부분이 인근 화소만을 이용한 것에 비해, 본 연구는 멀리 있는 영역으로부터 복구가 가능하였다. 대부분 복구가 잘되는 영역은 인근 영역과 유사한 곳이었고, 인근에 손실 블록이 거의 없을 때였다. 하지만 그렇지 않은 경우에도 제안한 블록화 현상 감소 알고리즘을 적용하게 되면 원래의 영상과 유사하게 복구할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Yi-Huang Han and Jin-Jang Leou, "Detection and correction of transmission errors, in JPEG images", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 8, no. 2, 1998.
- [2] Shahram Shirani, Faouzi Kossentini, and Rabab Ward, "Reconstruction of baseline JPEG coded images in error prone environments", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 9, no. 7, 2000.
- [3] Zhou Wang, Yinglin Yu, and David Zhang, "Best Neighborhood Matching: An information loss restoration technique for block-based image coding systems", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, no. 7, 1998.
- [4] Shantanu D. Rane, Guillermo Sapiro, and Marcelo Bertalmio, "Structure and texture filling-in of missing image blocks in wireless transmission and compression applications", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 12, no. 3, 2003.
- [5] Independent JPEG Group [Online], Available: <http://www.ijg.org/>
- [6] 유경종, 서영건, 이부권, "블록 기반 이미지 코딩 시스템에서 블록화 현상 감소 기법", 디지털컨텐츠학회 논문지, 제5권, 제1호, pp 48-53, 2004.

유 경 중



1998. 경상대학교 컴퓨터과학과 학사
2000. 경상대학교 컴퓨터과학과 석사
2000. 경상대학교 컴퓨터과학과 박사

관심분야: MPEG4, JPEG2000

이 부 권



1972. 경상대학교 농경제학과 학사
1978. 미시건주립대학 대학원 시스템
공학전공 석사
2001. 경남대학교 대학원 컴퓨터
공학과 박사

1980년-현재 경상대학교 컴퓨터과학과 교수
관심분야: 시뮬레이션, 멀티미디어통신