

압축 영상의 강건한 전송을 위한 효과적인 에러 내성 엔트로피 부호화

조성환^{1*}, 김응성², 김정식³

The Efficient Error Resilient Entropy Coding for Robust Transmission of Compressed Images

Seong-Hwan Cho^{1*}, Eung-Sung Kim² and Jeong-Sig Kim³

요약 많은 영상과 비디오 압축 알고리즘들은 입력 영상을 블록으로 나눈 후, 각 블록 데이터로부터 가변 길이 부호 스트림을 생성한다. 가변 길이 부호를 에러 발생 환경 채널에 연속적으로 전송할 경우, 해당 부호화기들은 채널 에러에 많은 영향을 받는다. 따라서 대부분의 영상과 비디오 기법에서는 채널 에러에 대하여 비트 스트림을 보호하기 위한 방법으로 디코딩의 시작 위치를 지시하기 위한 재동기(resynchronization) 마커로 여분의 제어 비트들을 추가한다. 이런 여분의 추가 정보를 감소시키기 위한 기법으로 에러 내성 엔트로피부호화(EREC)가 널리 알려져 있다. 본 논문에서는 추가되는 여분의 제어 비트를 감소하기 위해 가변 길이 부호들을 고정 길이 부호의 형태로 인코딩 하는 에러 내성 엔트로피 코드(EREC : Error Resilient Entropy Code)의 성능을 향상시켜 전송 에러 발생에서 전송되는 압축 영상의 화질을 크게 개선할 수 있는 기법을 제안한다. 기존의 EREC와 제안 기법을 비교하였을 때, 동일한 비트 에러율(BER)에서 제안 기법이 객관적 화질뿐만 아니라 주관적으로도 향상된 화질의 결과 영상을 얻을 수 있었다.

Abstract Many image and video compression algorithms work by splitting the input image into blocks and producing variable-length coded bits for each block data. If variable-length coded data are transmitted consecutively, then the resulting coder is highly sensitive to channel errors. Therefore, most image and video techniques for providing some protection to the stream against channel errors usually involve adding a controlled amount of redundancy back into the stream. Such redundancy might take the form of resynchronization markers, which enable the decoder to restart the decoding process from the known state, in the event of transmission errors. The Error Resilient Entropy Code (EREC) is a well known method which can regain synchronization without any redundant information to convert from variable-length code to fixed-length code. This paper proposes an enhancement to EREC, which greatly improves its transmission ability for the compressed image quality without any redundant bits in the event of errors. The simulation result shows that the both objective and subjective quality of transmitted image is enhanced compared with the existing EREC at the same BER(Bit Error Rate).

Key Words : 에러 내성 엔트로피 부호화(Error Resilient Entropy Code:EREC), 채널 에러(channel error), 영상 압축(image compression)

1. 서론

최근에는 에러 발생 환경 네트워크 채널을 통한 압축

영상이나 비디오 전송에 대한 요구가 증가 되고 있지만, 무선(wireless), 이동(mobile) 그리고 인터넷 통신과 같은 에러 발생 채널을 통한 압축 영상과 비디오를 전송함에 있어서 심각한 두 가지 문제점이 발생한다. 첫 번째가 무선과 이동 채널의 제한된 용량(limited capacity)이다. 이를 해결하기 위해 소스 코딩 기법에서는 신호의 요구 용량을 감소시킨다. 두 번째는 많은 채널의 가변성으로 인

¹금강대학교 교양학부 컴퓨터전공

²경기공업대학 컴퓨터 정보시스템과

³성균관대학교 정보통신공학부

*교신저자: 조성환(shcho@ggu.ac.kr)

한 신호의 페이딩(fading)과 간섭(interference)의 영향으로 인한 에러의 발생이다. 왜냐하면 많은 소스 코딩 기법은 에러가 발생하지 않는 채널(error-free channel)을 고려하여 설계가 되었기 때문에 압축된 데이터에 에러가 발생하게 되면 영상의 화질은 심각한 영향을 받는다.

JPEG, MPEG 시리즈, H.261 그리고 H.263과 같은 많은 영상과 비디오 표준 압축 알고리즘은 입력 영상을 고정 8×8 블록으로 나누고 각 블록들은 DCT, 양자화, 지그재그 스캔(zig-zag scan), 줄길이(run-length)와 허프만 부호(Huffman code)를 사용한 가변 길이 부호(Variable-Length Code)를 생성한다. 일반적으로 디지털 압축 영상의 전송 비트 스트림 내에 작은 에러라도 발생하면 그 복원 영상의 화질은 치명적인 영향을 받게 된다. 따라서 forward error correction(FEC)[1,2], automatic repeat request(ARQ)[3], layered coding[4,5], error detection and correction[6], error concealment[5,7], error resilient coding[8,9]과 같은 많은 에러 조정 기법(error handling technique)이 제안되었다.

FEC와 같은 기존의 error detection과 correction 기법은 높은 압축 디지털 비디오 특성에 적합하지 않다. 또한 ARQ 기법은 수신 측에 도달 되지 않거나 에러 발생된 부분을 재전송한다. 하지만 이 기법은 수신 측이 손실된 데이터를 송신 측에 알리기 위한 back channel이 형성되지 않은 브로드캐스트(broadcast) 비디오에는 적합하지 않고, 재전송으로 인한 디스플레이 시간이 길어진다는 단점이 있다. Error resilient coding 기법은 공간적 에러 전파의 영향에 적으며 채널 코딩(channel coding)에 의한 중복성(redundancy)이 감소된다. EREC(Error Resilient Entropy Coding) 알고리즘의 목적은 블록 기반 영상 압축 알고리즘의 결과로 발생하는 부호 데이터 비트의 에러 내성(error-resilient)의 제공이다. EREC는 전송 에러의 공간적 전파에 대해 추가적인 오버헤더 정보 없이 에러에 대한 복원 영상 화질을 개선하였다.

기존의 EREC 기법은 가변 길이 블록 비트들을 동일 크기의 고정 슬롯으로 할당한다. 그리고 나서 미리 정의된 연속적인 오프셋 값(offset value)을 이용하여 고정 슬롯의 크기를 초과하는 블록 비트들을 여분이 있는 이웃 다른 슬롯으로 재할당하는 기법이다. 따라서 슬롯의 길이를 초과하는 블록들의 비트들을 여분의 비어 있는 다른 슬롯에 전부 채울 때까지 반복 수행한다. 그 결과 블록의 비트들을 다른 슬롯으로 옮기기 위해 비어 있는 슬롯을 찾는 반복 단계의 횟수가 EREC 인코딩 성능인 속도를 결정한다. 또한 기존의 EREC는 고정된 오프셋 값을 사용함으로써 영상 신호의 특성을 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다. 또한 전송 에러는 일반적으로 임의의 에러

가 발생하면 연속적으로 집중 발생하는 특성(burst characteristic)을 가지고 있다. 만일 여러 슬롯에 흩어져 있는 블록 비트들의 일부에서 전송 에러가 발생할 경우, 여러 슬롯에 흩어져 있는 비트들의 영향으로 해당 다른 슬롯의 비트들도 영향을 받게 된다.

이러한 기존 EREC의 단점을 개선하고자 본 논문에서는 영상 내의 이웃 가변 길이 비트 블록들의 상관관계를 이용한 가변 길이 부호 블록의 확률적 특성에 의한 초기 오프셋 값을 선택하여 기존 EREC 성능을 개선하는 알고리즘을 제안한다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 전송에 필요한 블록 동기 마커(block synchronization marker)와 같은 추가적인 오버헤더 정보가 필요 없는 기존 EREC 방법의 장점과 더불어 영상 신호들이 가지는 특성에 적합한 초기 오프셋 값의 설정으로 무선이나 이동 통신과 같은 에러 발생 네트워크 환경에서 전송되는 압축 영상의 에러 발생에 대한 복원 화질을 효과적으로 개선하였다. 시뮬레이션 결과로서 에러 발생에 대한 내성으로 기존의 EREC와 비교 하였을 때 처리 성능인 속도 뿐만 아니라 화질 또한 주관적으로나 객관적으로 개선됨을 알 수 있었다.

2. EREC(Error Resilient Entropy Code)

EREC 기법은 입력 영상을 블록으로 나누고, 해당 데이터를 가변 길이 부호화하는 JPEG과 같은 블록 코딩 기법에 적합한 기술 중의 하나이다. 각 블록의 가변 길이 부호는 채널 에러가 없는 경우에는 이전 블록이나 다음 블록으로부터 어떤 참조 정보 없이도 해당 블록을 디코딩할 수 있는 접두(prefix) 코드이어야 한다. EREC는 또한 각 가변 길이 블록 내의 정보에 발생한 채널 에러는 현재와 다음 데이터에만 영향을 주는 것으로 가정한다. 이런 가정은 허프만 코드나 산술(arithmetic) 코드와 같은 대부분의 엔트로피 기반 소스 코딩에 부합되는 사실이다.

EREC의 특징으로는 여분의 재동기 마커와 같은 추가적인 오버헤드의 삽입 없이 각 블록의 시작 위치에서 재동기를 허용한다. 현재 블록에서 발생한 가변 길이 비트들을 미리 정의된 고정 길이 슬롯에 맞게 비트를 재할당함으로써 재동기를 가능하게 하는 기법이다. EREC의 기본 동작은 M 개의 길이 b_i 를 가지는 가변 길이 블록 데이터를 고정 길이 S 를 가지는 M 개의 슬롯에 재할당한다. 따라서 디코더는 각 블록의 시작점을 독립적으로 찾을 수 있으므로 디코딩이 가능하다. 인코더는 먼저 가변 길이 블록에서 얻어진 전체 데이터 비트 길이 L 을 계산한

다. 그리고 L 값은 보호된 헤더 정보에 포함되어 코드화한다. M 슬롯들의 전체 비트 길이 L 은 수식 (1)과 같다.

$$L = \sum_{i=1}^M S_i \geq \sum_{i=1}^M b_i \quad (1)$$

여기서 b_i 는 각 블록의 가변 길이 비트의 수이고 S 는 가변 길이 비트를 재할당하기 위한 슬롯의 길이이다. 영상 M 개의 블록에서 얻어지는 가변 길이 비트들의 합은 고정 슬롯의 길이 합인 L 을 초과할 수 없다. 고정 슬롯 길이 S 는 수식 (2)와 같이 영상 M 개 블록들의 가변 길이 코드 비트들의 평균값으로 결정된다.

$$S = \left\lceil \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^M b_i \right) \right\rceil \quad (2)$$

여기서 $\lceil \cdot \rceil$ 는 정수 값을 만들기 위한 ceiling 함수이다.

다음 단계는 인코더는 L 값을 이용하여 고정 길이 S 를 가지는 M 개의 슬롯으로 적절히 나눈다. 그리고 M -단계 (stage) 알고리즘이 가변 길이 블록들의 비트를 고정 길이 슬롯의 각각에 할당하기 위해 사용된다. 각 단계를 k 라 할 때, 슬롯에 채워지지 않고 남은 데이터 비트를 가지는 i 번째 블록은 자신이 가지는 남은 데이터의 일부나 전부를 채우기 위한 슬롯 $j = i + \Phi_k \pmod{M}$ 을 찾는다. Φ 는 오프셋 값들이다.

그림 1에서 6개의 블록들을 가지는 알고리즘의 예를 보여준다. 슬롯 길이 9 값은 수식 (2)에서 얻어지고, 오프셋 값들은 0, 1, 2, 3, 4, 5이다.

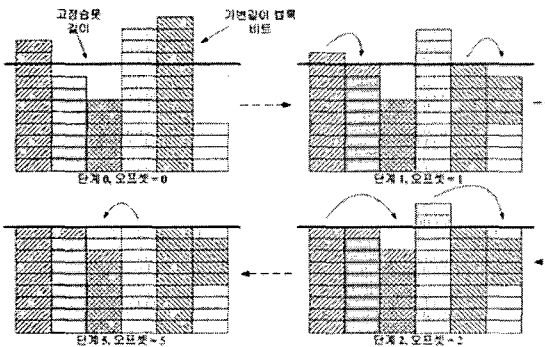


그림 1. EREC 알고리즘

단계 0은 전체 가변 길이 블록들을 각 슬롯 전체에 할당하는 초기 단계이다. 오프셋 1 값을 가지는 단계 1에서는 블록 2, 3, 6은 자신의 슬롯 2, 3, 6에 완전하게 코드화

되고 여분의 공간을 가지고 있다. 따라서 슬롯 1, 5에 할당된 블록의 남은 비트들을 오프셋 값을 참조하여 남은 비트를 재할당할 수 있는 슬롯 2, 6을 찾아서 슬롯 1은 슬롯 2에 남은 비트 일부를, 슬롯 5는 슬롯 6에 남은 비트를 재할당 한다. 오프셋 2 값을 가지는 단계 2에서는 슬롯 1에 남은 여분의 비트를 슬롯 3에 재 할당하고, 슬롯 4의 남은 비트 일부는 슬롯 5에 재할당 코드화된다. 따라서 M 번째 단계의 끝은 모든 남은 슬롯의 비트 데이터가 다른 비어 있는 슬롯에 재할당 될 때까지 반복한다. 디코더는 역 과정으로 슬롯에 데이터가 완전히 가변 길이 블록 데이터로 할당 될 때까지 반복 역과정을 실행하는 기법이다.

3. 제안 EREC 기법

대부분의 영상 코딩 방법에는 소스 영상을 8×8 블록으로 나누고 DCT(Discrete Cosine Transform)를 적용한다. 그 후에 인간 시각 특성이 반영된 양자화와 지그재그 스캔 그리고 줄길이 부호화 및 허프만 부호화가 결합된 가변 길이 부호화를 한다. 따라서 생성된 가변 길이 부호 스트림을 EREC 알고리즘에 적용을 하고 전송을 하게 된다.

기존의 EREC 기법은 2장에서 언급한 바와 같이 각 슬롯에서 정해진 오프셋 값을 이용하여 영상의 가변 길이 비트 블록을 슬롯에 할당한다. 따라서 EREC의 복잡도 (complexity)는 오프셋 값의 크기에 의존한다. 또한 EREC의 처리 속도 역시 비어 있는 슬롯을 찾고 비트를 할당하기 위한 연속된 오프셋 값들에 의한 탐색 효율성에 크게 의존한다. 따라서 본 논문에서는 영상 내의 이웃 가변 길이 블록의 상관관계와 가변 길이 블록의 확률적 특성에 의한 초기 오프셋을 선택하여 EREC의 성능을 향상시키는 방법을 제안한다. 이런 특성들은 만일 변환된 블록의 코드 길이가 크다면, 이웃 블록의 길이도 크기 때문에 비어 있는 슬롯을 찾는 탐색 단계를 줄일 뿐만 아니라 이동되어 흩어지는 비트를 줄임으로서 영상의 화질을 개선할 수 있다.

제안한 방법은 기존의 EREC 기법과 유사하지만, 초기 오프셋의 선택 방법과 탐색의 방향에 큰 차이를 가지고 있다. 먼저 M 개 슬롯들의 전체 길이 L 과 M 개 블록들의 평균 가변 길이 비트의 수인 슬롯 길이는 수식 (1)과 (2)에 의해 각각 결정한다. 슬롯 길이 S 를 가지는 N 슬롯에 할당되는 i 번째 블록 데이터를 $d_i (i=1, 2, \dots, M)$ 라고 가정한다. 여기서 N 은 허프만 인코더에 의한 출력 심법

블록의 전체 개수다. 그리고 $l(d_i)$ 는 슬롯에 할당되는 블록 d_i 의 비트 수라 하고, $l(m_i^n)$ 은 n 단계에서 m_i 슬롯 내에 있는 비트 수를 의미한다고 할 때, 이웃 블록 데이터의 상관관계를 지시 함수 I(indicator function) 즉, 연속된 슬롯의 구간으로 나타내었다. 이 구간 내 모든 슬롯은 S보다 크거나(1), 작은(0) 값을 갖는다. 이 구간 I 내의 슬롯들로 구성되는 집합을 아래와 같이 정의한다.

[정의 1] 만일 $I(l(m_j) \geq S) = 1, j = i, i+1, \dots, k$ 라 할 때, $I(l(m_{i-1}) < S) = 0$ 이고 $I(l(m_{k+1}) < S) = 0$ 이면 집합 $F = \{m_i, m_{i+1}, \dots, m_k\}$ 를 풀 클러스터(full cluster)라 한다.

[정의 2] 만일 $I(l(m_j) < S) = 0, j = i, i+1, \dots, k$ 라 할 때, $I(l(m_{i-1}) \geq S) = 1$ 이고 $I(l(m_{k+1}) \geq S) = 1$ 이면 집합 $E = \{m_i, m_{i+1}, \dots, m_k\}$ 를 부분 풀 클러스터(partial full cluster)라 한다.

풀 클러스터 블록 m_i 가 부분 풀 클러스터 슬롯 m_j 를 찾아서 자신의 남은 비트를 채울 수 있는 확률은 풀 클러스터들의 집합 개수를 건너뛰므로써 높아질 수 있다. 왜냐하면 슬롯의 고정 길이 S를 초과하는 블록들이나 초과하지 않은 블록들은 영상에서 이웃 블록들 간의 높은 상관관계로 인하여 연속적으로 모여 있을 확률이 높기 때문이다. 따라서 풀 클러스터 블록은 풀 클러스터들의 연속적인 슬롯들을 건너뛰고 난 후에 존재하는 부분 풀 클러스터에 자신의 남은 비트를 할당할 수 있는 확률이 높아진다.

만약 F_1, F_2, \dots, F_m 을 m 개의 full 클러스터, E_1, E_2, \dots, E_r 을 r 개의 partial full 클러스터라 하면, 이들 클러스터의 평균 길이는 아래의 수식과 같을 것이다.

$$L_f = \left\lceil \frac{1}{m} [C(F_1) + C(F_2) + \dots + C(F_m)] \right\rceil \quad (3)$$

$$L_e = \left\lceil \frac{1}{r} [C(E_1) + C(E_2) + \dots + C(E_m)] \right\rceil \quad (4)$$

여기서 C는 집합의 개수를 나타내며, $\lceil \cdot \rceil$ 는 ceiling 함수이다. 따라서 각 full 클러스터 블록의 남은 데이터 비트는 클러스터들의 평균인 $\lceil (L_f + L_e) / 2 \rceil$ 만큼 이동하면 비어있는 슬롯을 찾을 확률이 높을 것이다. 따라서 본

논문에서 제안하는 초기 오프셋은 슬롯의 길이보다 연속적으로 큰 블록 데이터와 작은 데이터의 평균값을 초기 오프셋 값 (Φ_1)으로 선택한다.

$$\Phi_1 = \left\lfloor \frac{L_f + L_e}{2} \right\rfloor \quad (5)$$

초기 오프셋을 결정한 후, 초기 오프셋의 인수 $1, x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ 과 슬롯 인수 $1, y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ 을 구한다. 만약 $x_i (i=1, 2, \dots, m) \neq y_j (j=1, 2, \dots, n)$ 인 경우는, 식 (5)에서 구해진 초기 오프셋 값을 이용하여 슬롯을 탐색하고 남은 비트를 할당하기 위한 오프셋 시퀀스 값들을 수식 (6)과 같이 결정한다.

$$\Phi_n = \begin{cases} n\Phi_1, & n = \text{홀수} \\ -n\Phi_1, & n = \text{짝수} \end{cases} \quad (6)$$

여기서 $n=1, 2, 3, \dots$ 으로 반복 탐색 단계의 횟수이다. 또한 n 이 홀수 인 경우는 전방향(forward direction)이고, n 이 짝수인 경우의 '-'는 후방향(backward direction)으로 비어 있는 슬롯을 찾는 양방향(bi-direction) 탐색을 사용하였다. 이렇게 함으로써 기존의 EREC의 전방향 탐색만을 시도하는 것보다 탐색 횟수를 줄일 수 있었다. 그러나 초기 오프셋의 인수와 슬롯의 인수를 구하였을 때, $x_i (i=1, 2, \dots, m) = y_j (j=1, 2, \dots, n)$ 인 경우는 오프셋 시퀀스 값들인 수식 (6)이 초기 오프셋 (Φ_1)의 곱으로 증가하기 때문에 오프셋 값들이 어느 정도의 반복 단계 후에 이전 오프셋 값들과 같은 값을 가질 수 있는데 이는 이전에 검색했던 슬롯을 다시 검색하는 것과 같다. 따라서 수식 (5)에 의한 초기 오프셋 값으로 전체 슬롯을 검색할 수 없기 때문에 다음과 같은 추가적인 방법이 필요하다.

- ① 오프셋으로 결정된 수의 인수와 슬롯 수의 인수 중 1을 제외한 같은 인수가 있을 경우에는 전체 슬롯을 탐색하지 못하고 검색된 슬롯을 반복 검색하게 된다.
- ② 초기 오프셋을 1씩 증가하면서, 전체를 검색할 수 있는 오프셋을 찾아 수식 (6)에 적용할 새로운 초기 오프셋 값으로 결정한다.

제한한 초기 오프셋 값은 기존 EREC의 초기 오프셋 값보다 영상에 적응적으로 적용된다. 기존 EREC의 오프셋 값은 모든 영상에 동일한 초기 오프셋 값이 적용되었지만, 제한한 EREC의 초기 오프셋 값은 특성이 다른 영상에서 얻어지는 가변 길이 부호 블록들의 상태를 고려

하여 결정할 수 있는 이점이 있다. 이런 이유로 인하여 제안한 기법은 무선이나 인터넷 통신과 같은 여러 발생 환경 채널에서의 복원 영상 화질을 향상시킬 수 있다.

4. 실험 결과

제안한 EREC 기법과 기존 EREC 기법의 효율성을 비교하기 위하여 JPEG 표준 압축 영상 알고리즘에 적용을 한 후, 얻어지는 가변 길이 부호 스트림을 EREC 알고리즘에 적용하여 비트들을 슬롯에 재할당하였다. 그러나 JPEG 알고리즘에서 DCT에서의 얻어지는 DC 값은 DPCM(Differential Pulse Code Modulation) 대신에 8비트 코드를 사용하였다. 왜냐하면 DC 값은 중요한 계수이고, 에러 전파에 강건하게 하기 위해서이다.

그림 2는 실험에 사용된 8비트 그레이 레벨을 가지는 256×256 크기의 Lenna 원영상이다.



그림 2. 원본 Lenna 영상 (256×256 크기)

그림 3(a)와 (b)는 0.9176bpp, 0.03% BER(Bit Error Rate) 환경에서의 기존 EREC와 제안 EREC의 복원 영상 화질을 비교한 영상이다. 기존 EREC의 복원 영상인 그림 3(a)는 22.3935dB이며, 제안 EREC의 복원 영상인 그림 3(b)는 25.4155dB이다. 따라서 제안한 EREC 기법이 주관적으로나 객관적으로 기존 EREC보다 향상된 복원 영상의 화질을 보여 준다.



(a) 기존 EREC (b) 제안 EREC

그림 3. 복원 영상의 화질 비교

그림 4는 0.9176bpp에서의 BER 대 PSNR에 대한 그래프를 보여 주고 있다. 그림 4의 결과로서, 임의의 에러(random error)에 대하여 제안 EREC 기법이 기존 EREC 기법보다 약 0.3~3.0dB정도 복원 영상 화질이 개선되었다. 왜냐하면 제안 방법이 적절한 초기 오프셋 값의 설정으로 인하여 많이 비어 있는 슬롯을 찾고 여분의 많이 남은 슬롯의 비트를 찾아진 슬롯에 채움으로써, 남은 여분의 비트들이 다른 비어 있는 여러 슬롯에 흩어져 받을 수 있는 에러의 영향을 줄였기 때문이다. 이런 특성으로 임의의 에러에 대하여 기존 EREC 기법보다 복원 영상의 화질에 대한 에러 영향을 감소할 수 있었다.

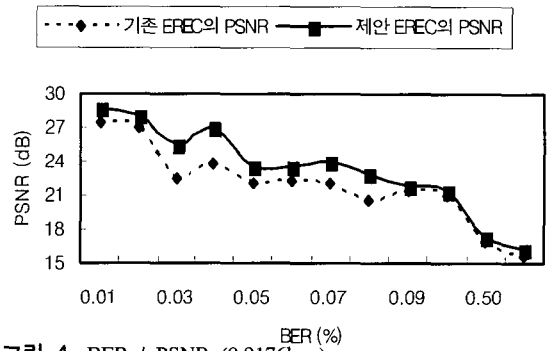


그림 4. BER / PSNR (0.9176bpp)

표 1은 여러 종류 영상의 bpp에 대하여 기존 EREC와 제안 EREC 기법의 탐색 횟수 비교이다. 즉, 비어 있는 슬롯을 찾고 남은 여분 비트들이 이동되어 슬롯에 할당하는 EREC 성능을 나타낸 것이다. 제안된 방법이 이웃 블록과의 상관관계에 의한 초기 오프셋 값 선택과 양방향 탐색의 결과로 표 1에서 나타나는 바와 같이 제안 EREC 기법이 기존 방법보다 반복 탐색의 횟수가 크게 감소하였다. 따라서 제안 EREC 기법이 처리 속도 성능 면에서도 기존 EREC 방법보다 효과적임을 알 수 있다.

표 1. 여러 영상에 대한 탐색 횟수 비교

영상 종류	bpp	기존 EREC의 탐색 횟수	제안 EREC의 탐색 횟수
Lenna	0.9176	960	518
Boat	1.0112	960	515
Baboon	1.6607	1005	220
Tiffany	0.7319	1013	283
Bridge	1.5847	943	303

5. 결론

제안 기법은 추가적인 중복성(redundancy)과 영상의 왜곡 발생 없이 EREC 기법에서 중요한 에러에 대한 복원 영상 화질을 개선하였다. 그리고 이웃 가변 길이 블록들의 상관관계와 가변 길이 블록들의 확률적 특성을 이용한 초기 오프셋 값 설정으로 여러 영상들의 특성에 적절히 적용되도록 설계되었다. 이로 인해 기존 EREC 기법보다 효과적인 EREC 처리 성능뿐만 아니라 에러에 대한 압축 영상의 강건한 전송으로 복원 영상의 화질을 개선할 수 있었다.

기존의 EREC 알고리즘은 일반적으로 블록 기반 영상 압축에 적용되도록 설계되었다. 따라서 본 논문에서 제안하고 있는 방법도 EREC 기반 알고리즘의 성능 향상을 제시하고 있으므로 DCT 기반의 블록 영상 압축에서 실험을 하였다. 하지만 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 블록 기반이 아닌 전체 영상 변환을 기반으로 하는 웨이브렛 영상 압축 알고리즘에 적용하기에는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해서는 알고리즘의 수정이나 웨이브렛 변환의 형식을 블록 기반 형식으로 재구성해야 할 것이다.

참고문헌

[1] Hiroshi Ohta and Touhiro Kitami, "A cell loss recovery method using FEC in ATM network," *IEEE Journal on Selected Areas in Communi.*, vol. 9, no. 9, pp. 1471-1483, Dec., 1991.

[2] Shaw-Min Lei, "Forward error correction codes for MPEG2 over ATM," *IEEE Transactions on Circuit and System for Video Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 200-203, Apr., 1994.

[3] Masoud Khansari, Ahmad Jalali, Eric Dubois, Paul Mermelstein, "Low Bit-Rate Video Transmission over Fading Channels for Wireless Microcellular Systems," *IEEE Transaction on Circuit and System for Video Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 1-11, Feb., 1996.

[4] M. Ghanbari, "An adapted H.261 two layer video codec for ATM networks," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 40, pp. 1481-1490, Sept., 1992.

[5] L. H. Kieu and K. N. Ngan, "Cell-loss concealment techniques for layered video codecs in an ATM network," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 3, pp. 666-677, Sept. 1994.

[6] Yi-Huang Han, Jin-Jang Leou, "Detection and correction of transmission errors in JPEG images," *IEEE Transaction on Circuit and System for Video Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 221-231, Apr., 1998.

[7] Yao Wang and Qin-Fan Zhu, "Error control and concealment for video communication: A Review," *Proc. Of the IEEE*, vol. 86, no. 5, May, 1998.

[8] T. Cheng and N. G. Kingsbury, "THE ERPC: An efficient error-resilient technique for encoding positional information on sparse data," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 40, pp. 140-148, Jan., 1992.

[9] D. W. Redamill and N. G. Kingsbury, "THE EREC: An Error resilient technique for coding variable-length blocks of data," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 5, pp. 565-574, Apr., 1996.

조성환(Seong-Hwan Cho)

[정회원]



- 1980년 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1982년 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1991년 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1982년~1985년 해군사관학교 전기 및 전자공학과 전임강사

- 1997년 미국 Columbia 대학 CATT Visiting Scholar
- 1985년~2002년 동서대학교 컴퓨터공학과 부교수
- 2002년~현재 금강대학교 교양학부 컴퓨터전공 부교수

<관심분야>

영상처리, 신경회로망, 패턴인식, DRM 등

김응성(Eung-Sung Kim)

[정회원]



- 1989년 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1992년 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1998년 성균관대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1995년 ~ 2000년 성균관대학교 과학기술연구소 연구전담요원
- 2000년 ~ 현재 경기공업대학 컴퓨터정보시스템과 조교수

<관심분야>

영상처리, 영상통신, 신경회로망 등

김정식(Jeong-Sig Kim)

[정회원]



- 1997년 경일대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2000년 성균관대학교 대학원 정보통신공학부(공학석사)
- 2000년 ~ 현재 성균관대학교 대학원 정보통신공학부 박사과정

<관심분야>

영상신호처리, 영상통신, 에러내성부호화, 워터마크 등