

# 블록기반 부호화 비디오에서 인과적 블록 경계정합을 이용한 적응적 오류 검출

정희원 주용수\*, 김태식\*\*, 김남철\*\*\*

## Adaptive Error Detection Using Causal Block Boundary Matching in Block-Coded Video

Yong-Soo Kim\*, Tae-Sik Kim\*\*, and Nam-Chul Kim\*\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 블록기반으로 부호화된 비디오 영상에서 전송 오류로 인하여 발생하는 화질저하를 개선하기 위하여 인과적 블록경계 정합법을 사용하여 효율적으로 복호가능 오류를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법에서는 먼저 현재 블록의 경계들과 인과적 주위블록의 경계들간 부정합 전력을 계산한다. 다음, 이렇게 구한 부정합 전력들 중 하나라도 인과적 주위 블록들의 통계적 특성을 사용하여 적응적으로 구한 역치보다 크면 오류가 있는 것으로 판단한다. 실제로 H.263으로 부호화된 비디오를 가지고  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  BERs에서 16비트 연속적인 비트 에러를 가지는 환경에서 제안한 방법을 적용하였다. 기존의 블록경계정합 오류검출법의 하나인 Zeng의 방법과 비교하면, 에러 검출율의 향상은 최대 20%, 그리고 검출된 오류를 은닉 처리한 결과영상의 PSNR 향상은 최대 3.5dB임을 보여준다.

**Key words** : block-based coding; error detection; block boundary matching; causal neighbor block; error concealment.

### ABSTRACT

In this paper, we propose an effective boundary matching based error detection algorithm using causal neighbor blocks to improve video quality degraded from channel error in block-coded video. The proposed algorithm first calculates boundary mismatch powers between a current block and each of its causal neighbor blocks. It then decides that a current block should be normal if all the mismatch powers are less than an adaptive threshold, which is adaptively determined using the statistics of the two adjacent blocks. In some experiments under the environment of 16bits burst error at bit error rates (BERs) of  $10^{-3} \sim 10^{-4}$ , it is shown that the proposed algorithm yields the improvements of maximum 20% in error detection rate and of maximum 3.5dB in PSNR of concealed frames, compared with Zeng's error detection algorithm.

### I. 서론

IT 관련 기술의 발전과 더불어 기존의 음성, 문자 외에도 다양한 영상을 포함하는 멀티미디어에

대한 수요가 사회, 교육, 문화 등 여러 분야에서 요구되고 있다. 특히 네트워크와 이동통신 환경의 급격한 진전으로 동영상에 대한 요구가 급증하고 있고, 이에 부응하여 이동통신상의 IMT-2000용 단말

\* 퓨전소프트 개발 1그룹(sooya@fusionsoft.co.kr),  
 \*\*\* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부(nckim@ee.knu.ac.kr)  
 논문번호 : 040024-0119, 접수일자 : 2004년 1월 19일  
 ※이 논문은 2002년도 경북대학교특성화사업팀(KNURT) 연구비 및 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업에 의하여 연구되었음.

\*\* 경주대학교 컴퓨터멀티미디어공학부(tskim@giu.ac.kr),

기, 인터넷상의 비디오 폰, 일반 공중 전화망에서의 비디오 폰 등이 개발되고 있다. 특히 동영상은 특성상 데이터 량이 방대하기 때문에, 제한된 대역폭을 가진 전송망을 통한 효과적인 전송을 위해서는 고도의 압축 기술이 필요하다.

이러한 동영상 압축을 위한 표준으로 영상을 블록단위로 나누어 압축 부호화하는 H.263<sup>[1]</sup>이나 MPEG 4<sup>[2]</sup>방식이 널리 이용되고 있다. 이들은 크게 DCT(discrete cosine transformation) 변환 및 양자화로 공간적 중복성(spatial redundancy)을 제거하기 위한 부분과, 움직임 추정 및 보상의 예측 부호화로 시간적 중복성(temporal redundancy)을 제거하기 위한 부분으로 복잡적으로 구성되어 있다. 이러한 부호화기에서는 입력영상을 블록별로 직접 DCT 변환 후 양자화하는 프레임내 모드 (intraframe mode), 또는 입력영상과 움직임 보상된 프레임간 차영상을 블록별 DCT 변환 후 양자화 하는 프레임간 모드 (interframe mode)가 선택적으로 행해진다. 이렇게 만들어진 양자화 신호는 확률적 분포에 따른 효과적인 비트 할당으로 무손실 가변길이 부호화(variable length coding) 되어 전송 된다.

따라서 위와 같은 블록기반 동영상 부호화에 의한 전송 중 발생한 오류는 가변길이 부호화로 인해 자신을 포함하는 부호 비트열을 변형함은 물론 인접 부호 비트열까지 연속적으로 손상시켜 복호 시 송신측과 다른 양자화 신호들을 만들게 된다<sup>[3]</sup>. 결과적으로 한 영역의 오류는 그 자신을 포함한 블록 뿐만 아니라 인접 블록에까지 영향을 줄 수 있다. 게다가 프레임간 모드에서는 인접한 프레임들이 움직임 예측 및 보상 과정을 통해 서로 연관 되어 있기 때문에, 발생한 오류는 새로운 프레임내 모드 직전까지 일련의 연속된 프레임에 지속적으로 영향을 줄 수 있다.  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  BERs의 높은 비트 에러율과 함께 평균 16비트의 연속적인 burst 에러가 존재하는 무선 환경 하에 비디오 영상을 부호화 해 보면 화질저하가 매우 심한 것을 알 수 있다<sup>[4],[5]</sup>.

전송 오류로 인한 이러한 화질 저하를 개선하기 위한 방법으로 흔히 오류정정(error correction), 오류 강인화(error resilience) 그리고 오류은닉(error concealment) 등이 사용되고 있다<sup>[3],[5],[6]</sup>. 이 중 오류은닉은 이미 복호가 수행된 무오류의 이전 정보를 이용하여 현재 부호화 된 영상의 손실된 정보를 보상하는 방법으로, 원 데이터 율을 증대시키지 않고 부·복호화기의 변형도 필요로 하지 않는다. 다만 오류은닉을 위해 우선 전송된 신호에 대해 오류

유무 및 손실된 정보의 위치 파악을 위한 오류검출이 오류은닉에 앞서 수행되어야 한다.

이때 검출되는 오류로는 선택스(syntax) 및 코드 구조(code structure)에 위배되어 복호가 불가능인 오류(non-decodable error)와 복호는 수행되나 원영상의 화소와는 다른 값을 가지는 복호가능 오류(decodable error)로 나눌 수 있다. 이중 복호가능 오류는 블록경계정합기반 오류검출 방법<sup>[7]</sup>, 주파수 영역에서 주위 블록과의 관계를 이용하는 검출 방법<sup>[8]</sup>, 블록기반 역방향 추적(back tracking)을 이용한 검출 방법<sup>[9]</sup> 등으로 검출이 가능하다. 특히 블록경계정합을 이용한 검출 방법은 오류 검출을 위한 부가적인 정보가 필요로 하지 않고 복호기 구현도 간단하다.

이러한 블록경계정합 기반 오류검출 방법으로 블록기반 부호화 방식에 적용하기 위해 제안된 Zeng<sup>[5]</sup>의 방법은 현재 블록 경계와 주위 네 개의 인과적 및 비인과적 블록 경계들 간 부정합(boundary mismatch) 에너지를 이용한다. 구해진 부정합 에너지들 중 어느 하나라도 실험적으로 미리 구한 고정된 역치보다 클 경우 오류블록으로 판단되게 된다. 이때 오류 여부가 판단되지 않은 우측 및 하단 비인과적 블록이 블록 간 부정합 에너지 계산에 이용되는 까닭에, 블록이 연속적으로 손상되었을 때 신뢰할 수 없는 부정합 에너지가 계산 될 수 있다. 또한 블록 경계 간 부정합 에너지가 다양하게 존재하는 영상에 대해, 블록 간 경계에너지가 전반적으로 크게 분포하는 경우 상대적으로 낮은 역치가, 반대의 경우 상대적으로 높은 역치가 오히려 정상블록을 오류블록으로 잘못 판단하게 할 수 있다.

본 논문에서는 블록기반 부호화 비디오 영상에서 전송오류로 인한 화질저하 감소를 시킬 수 있는 효율적인 복호가능 오류 검출 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 먼저 현재 블록의 경계들과 인과적 주위 블록들의 경계간 부정합 전력을 구한다. 이때 두 블록 경계간 부정합 전력은 휘도 및 색차 신호에 대하여 자기 블록 경계 간 화소 값의 절대 차를 이용하여 계산한다. 다음으로 각 현재블록에 대해 대응하는 인과적 주위 블록들의 통계적 특성을 사용하여 역치를 적응적으로 구한다. 이렇게 구한 부정합 전력들 중 하나라도 대응하는 역치보다 크면 오류가 있는 것으로 판단한다. 성능 비교를 위해 실제로 H.263 부호화된 부호화 비디오를 가지고  $10^{-3} \sim 10^{-4}$  BERs에서 16비트 연속적인 비트 에러를

가지는 환경에서 제안한 방법과 Zeng의 방법을 동시에 적용하여 오류검출을 수행하였다. 실험 결과들에 대해 오류 검출율을 기준으로 비교하고, 또 검출된 오류들을 오류은닉방법<sup>[10],[11]</sup>으로 처리한 결과영상에 대해 PSNR을 기준으로 비교하여 제안한 방법의 효율성을 조사하였다.

## II. 기존의 경계정합 기반 오류 검출

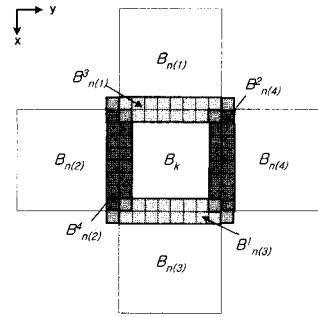
블록기반 동영상 부호화로 전송된 부호화 영상에 대한 오류를 검출을 하는 방법으로, 수신측에서 복호가 수행된 현재 블록과 인접 블록간의 공간적 유사성을 이용하는 Zeng<sup>[7]</sup>의 경계정합 기반 오류검출법을 살펴보기로 한다.

복호화된 휘도 영상에서 오류검출이 수행되는 현재의  $N \times N$  블록에 부여된 블록번호를  $k$ 로, 이 블록의 상, 좌, 하 및 우측 경계를 각각  $B_k^{\ell}$ ,  $\ell = 1, 2, 3, 4$ 로 나타내도록 한다. 그러면 그림 1(a)에서와 같이, 현재 블록  $B_k$ 의  $\ell$ 번째 경계영역  $B_k^{\ell}$ 과 이웃하는 주위블록은  $B_{n(\ell)}$ 로 표시된다. 여기서  $n(\ell)$ 은 영상에서  $B_k^{\ell}$ 과 마주하는 주위블록에 부여된 블록번호를 나타낸다. 따라서  $B_k^{\ell}$ 과 이웃하는 주위블록의 경계부분은  $|\ell - \ell^*| = 2$ 를 만족하는  $\ell^* \in \{1, 2, 3, 4\}$ 에 대하여  $B_{n(\ell^*)}$ 이 된다. 이때 블록  $B_k$ 에 대한 블록 경계간 부정합 에너지  $C_k$ 는 다음과 같이 계산된다.

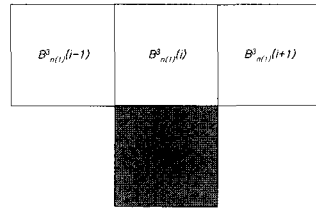
$$C_k = \sum_{\ell=1}^4 \sum_{m=0}^{N-1} \left( \min_{m \in \{-1, 0, 1\}} |B_k^{\ell}(i) - B_{n(\ell^*)}^{\ell^*}(i+m)| \right)^2, \quad |\ell - \ell^*| = 2. \quad (1)$$

이 과정에서는 그림 1(b)의 예가 보여주는 것처럼 현재 블록의 한 경계 화소와 이웃 블록의 세 경계 화소들 사이의 오차 중 최소값이 선택되도록 했는데, 이는 경계에 에지가 존재하여 경계차 에너지가 급격히 증가하여 잘못된 오류검출이 유도되는 것을 막기 위함이다.

이렇게 구해진  $C_k$ 는 실험적 자료를 바탕으로 미리 정의된 역치  $T$ 와 비교된다. 이때 블록 경계간 부정합 에너지가 역치보다 큰 경우가 존재하면 현재 블록  $B_k$ 를 오류블록으로 판단하게 된다. 즉,



(a)



(b)

그림 1. 경계정합기반 오류검출을 위한 주위 블록 및 픽셀의 상대적 배치관계 (a) 블록의 상대적 배치관계 (b)픽셀의 상대적 배치관계.

Fig. 1. Block and pixel configuration for boundary matching error detection (a) Block configuration (b) Pixel configuration

$$B_k = \begin{cases} \text{오류블록, } & C_k > T \\ \text{정상블록, } & C_k \leq T \end{cases} \quad (2)$$

위 계산과정에서 주위블록 중에는 오류 유무가 조사되지 않은 우측 또는 하단의 비인과적 (noncausal block) 블록이 사용되고 또 고정된 역치가 오류 판별에 사용됨을 유의할 필요가 있다. 제시된 방법으로 부정합 에너지를 계산할 때, 만약 오류가 발생한 우측 또는 하단의 비인과적 블록이 계산과정에 사용되게 되면 경우에 따라 신뢰할 수 없는 부정합 에너지 정보를 가지게 되어 잘못된 오류검출이 수행될 가능성이 있다. 뿐만 아니라 실험적 자료를 근거로 미리 정해진 고정된 역치만을 사용하므로, 복잡한 영상에서 대상 블록의 경계에너지가 전반적으로 크게 분포할 경우 상대적으로 낮은 역치가 오히려 정상블록을 오류블록으로 판별하게 하고, 이와 반대로 블록의 경계에너지가 낮게 분포할 경우 상대적으로 높게 설정된 역치로 오류블록이 정상블록으로 판단될 수 있다.

### III. 제안한 경계정합 기반 오류 검출 알고리즘

제안된 방법에서는 복호된 영상의 오류검출을 위해 오류 검출이 수행되어 정상 블록으로 판단되었거나 혹은 오류로 판단되었더라도 이미 은닉 처리된 블록, 즉 인과적 블록 (causal block)만을 검출 과정에 이용하기로 한다.

앞 장에서와 같이  $B_k^\ell$ ,  $\ell = 1, 2, 3, 4$ 는 상, 좌, 하 및 우측 경계를 나타낸다. 제안한 방법으로 블록 경계 간 부정합 전력을 구할 때 그림 2에서와 같이 오류검출이 수행되는 현재 블록  $B_k$ 의 인접하는 상단 및 좌측의 인과적 주위 블록  $B_{n(1)}$ 과  $B_{n(2)}$ 만을 고려하기로 한다. 현재 블록  $B_k$ 의 두 인과적 경계부분  $B_k^\ell$ 과 이에 대응하는 인과적 주위블록의 경계  $B_{n(\ell)}^{\ell^*}$  ( $\ell \in \{1, 2\}$ ,  $\ell^* = \ell + 2$ ) 간의 블록간 경계 부정합 전력  $C_{k,n(\ell)}$ 은 다음으로 정의한다.

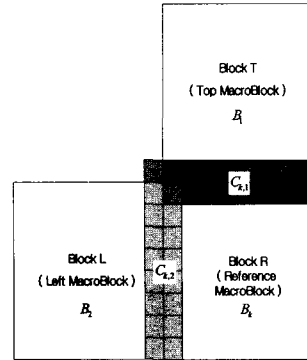
$$C_{k,n(\ell)} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \min_{m \in \{-1, 0, 1\}} |B_k^\ell(i) - B_{n(\ell)}^{\ell^*}(i+m)|, \quad \ell^* = \ell + 2. \quad (3)$$

오류검출이 수행되는 현재 블록에 이웃하는 두 인과적 블록의 인덱스  $n(1)$ ,  $n(2)$ 를 특별히 구분해야 할 필요가 없을 때 단순히  $n$ 으로 표시한다.

블록 경계간 부정합 전력을 기준으로 오류를 판단할 역치를 선택하기 위해서  $C_{k,n}$ 에 대응할 역치  $T_{k,n}$ 을 각 블록의 통계적 특성에 따라 적응적으로 구해보기로 한다. 이를 위해 먼저  $B_k$  및  $B_n$ 의 블록간의 화소 값의 차의 분포  $D_k^\ell(i) (= B_k^\ell(i) - B_{n(\ell)}^{\ell^*}(i+m))$ 가 가우시안 분포를 따르는 것으로 가정한다. 각 경계의 화소값들 간 독립성과 블록내 화소값 간 정재성(stationary)의 가정으로부터 현재 블록  $B_k$ 의 블록경계에 대한 화소값들의 평균과 분산을 각각  $\mu_k$ ,  $\sigma_k$ 라 할 때  $D_k^\ell(\cdot)$ 의 평균과 분산을 다음 식으로 계산한다.

$$E[D_k^\ell(\cdot)] = E[B_k^\ell(\cdot) - B_{n(\ell)}^{\ell^*}(\cdot)] = \mu_k - \mu_n \quad (4)$$

$$VAR[D_k^\ell(\cdot)] = \sigma_k^2 + \sigma_n^2 \quad (5)$$



$C_{k,t}$  : R 블록과 T블록과의 경계정합 오차 에너지

$C_{k,l}$  : R 블록과 L블록과의 경계정합 오차 에너지

그림 2. 블록 경계정합 오차 계산을 위한 블록들의 상관관계  
Fig. 2. Block configuration for calculation of boundary matching variation.

에러함수(error function)

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)}} \int_x^\infty e^{-t^2/2} dt \quad (6)$$

에 대하여  $\alpha/2 = Q(z_{\alpha/2})$ 인  $z_{\alpha/2}$ 를 취할 때  $D_k^\ell(\cdot)$  분포는  $(1-\alpha) \times 100\%$ 의 신뢰도로 다음과 같은 신뢰구간을 가진다.

$$\left| \frac{D_k^\ell(\cdot) - E[D_k^\ell(\cdot)]}{\sqrt{VAR[D_k^\ell(\cdot)]}} \right| \leq z_{\alpha/2} \quad (7)$$

부등식  $|D_k^\ell(\cdot) - E[D_k^\ell(\cdot)]| \leq |D_k^\ell(\cdot) - E[D_k^\ell(\cdot)]|$ 과 식 (4), (5), (7)로부터  $|D_k^\ell(\cdot)|$ 의 범위를 다음과 같이 추정한다.

$$|D_k^\ell(\cdot)| \leq |\mu_k - \mu_n| + z_{\alpha/2} \sqrt{\sigma_k^2 + \sigma_n^2} \quad (8)$$

$D_k^\ell(\cdot)$ , ( $\ell = 1, 2$ )의 분포가 *i.i.d*를 만족한다고 할 때, 위에서 정의한 경계 화소 값의 절대 차들의 평균으로 간주된 블록 경계간 부정합 전력  $C_{k,n(\ell)}$  또한 다음의 부등식을 만족한다.

$$C_{k,n(\ell)} \leq |\mu_k - \mu_{n(\ell)}| + z_{\alpha/2} \sqrt{\sigma_k^2 + \sigma_{n(\ell)}^2}, \quad \ell \in \{1, 2\}. \quad (9)$$

그러나 위 부등식을 사용하기 위해서 원영상에 대한 정확한 정보를 알아야 하나 실제 수신측에서는 복호화된 영상에 대한 정보만 가지고 있다. 따라서 위 부등식은 수신측에서 적용할 수 있게 수정될 필요가 있다. 복호화된 영상에서 관측된 현재 위치블록에는 원래의 통계량을 심각히 변형할 오류가 추가되었을지 모르므로, 원블록의 평균  $\mu_k$ 와 표준편차  $\sigma_k$  대신 이미 검증된 이전 프레임으로부터 움직임 보상된 블록의 평균  $\hat{\mu}_k$ 와 표준편차  $\hat{\sigma}_k$ 를 사용하기로 한다. 또한 비교블록으로 이용되는 상단 및 좌측 원 블록에 대한 통계 정보를 가지고 있지 않으므로, 원 블록의 평균  $\mu_n$ 과 표준편차  $\sigma_n$  대신 관측 영상에서 이미 오류검출 및 은닉 처리된 주변블록의 평균  $\tilde{\mu}_n$ 와 표준편차  $\tilde{\sigma}_n$ 를 사용하기로 한다.

다음으로 부등식 (9)과 위에서 제시된 통계량을 이용하여, 복호화된 영상의 정상블록에 대한 주위블록들 사이의 블록 경계간 부정합 전력  $C_{k,n}$ 의 유효한 상한  $T_{k,n}$ 을 다음과 같이 제안한다.

$$T_{k,n(\ell)} = |\hat{\mu}_k - \tilde{\mu}_{n(\ell)}| + z_{\alpha/2} \sqrt{\hat{\sigma}_k^2 + \tilde{\sigma}_{n(\ell)}^2}, \quad \ell \in \{1, 2\}. \quad (10)$$

그리하여 현재블록과 상단 또는 좌측의 주위 블록 사이에 계산된 블록 경계간 부정합 에너지가 위에서 정의한 통계적인 역치  $T_{k,n}$ 보다 클 경우 현재 블록  $B_k$ 를 오류블록으로 판단하기로 한다. 아울러 위의 판별법으로 오류검출을 한 바 비록 휘도 신호에서 오류가 없는 것으로 결정되더라도 색차부분에서 발생한 복호가능 오류로 인하여 영상의 화질이 저해될 수가 있다. 이러한 색차신호에 대한 오류검출을 위해, 복호된 색차영상을 기준으로 위에서 제기한 방법과 동일하게 색차 블록 경계간 부정합 전력  $C_{k,n}$ 과 대응하는 통계적인 역치  $T_{k,n}$ 을 구하여 적용할 수가 있다. 최종적으로 휘도 및 색차신호 모두에 대하여 각기 구한  $C_{k,n}$ 이  $T_{k,n}$ 보다 작거나 같을 때 현 블록  $B_k$ 이 정상블록으로 판단되고, 그 외의 경우는 오류블록으로 판단되도록 한다. 따라서 현재 블록  $B_k$ 를 휘도신호와 색차신호로 분리하여  $B_{k(i)}$ , ( $i \in \{Y, C_B, C_R\}$ )로 표시할 때, 복호가능 오류검출을 위해 위에서 제기한 방법으로 다음의 판별 공식을 정의하였다.

$$B_k = \begin{cases} \text{정상블록,} & C_{k(i),n(\ell)} \leq T_{k(i),n(\ell)} \\ & (\forall \ell \in \{1,2\}, \forall i \in \{Y, C_B, C_R\}) \\ \text{오류블록,} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

#### IV. 실험 결과

제안한 알고리즘의 성능 실험을 위하여 기존의 H.263 복호기에 그림 3과 같이 오류검출부분과 오류은닉 부분을 추가하였다. 우선 복호 과정에서 입력 비트스트림의 선택스 및 코드구조를 바탕으로 복호불능 오류를 검출하고, 다음으로 복호된 영상에 대해 복호가능 오류를 검출한 후 오류가 검출된 블록에 대해서는 화질개선을 목적으로 오류은닉을 수행하도록 되어있다. 이때 사용되는 오류은닉 방법으로 프레임내 모드 시에는 공간적 보간법[A10]을, 프레임간 모드 시에는 경계정합 은닉법[A11]을 적용한다.

실험환경을 표 1과 같이 설정하였으며, 특히  $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$  BER를 가지는 16비트의 연속적인 전송오류가 있는 무선 환경에서의 통신을 가정하였다. 또 30프레임/초의 Foreman 및 Carphone 영상 150프레임을 대상으로 다양한 유형의 오류블록에 대한 검출 결과 비교를 위해, 초기 전송오류의 발생 위치를 각각 달리하도록 했으며, 이러한 전송오류에 대한 오류검출 실험을 20회 반복해 했다.

오류검출을 수행한 후, 성능평가를 위한 척도로 오류 검출율과 원영상과 오류검출 및 은닉된 복호 영상 간의 PSNR을 구하였다. 오류검출을 수행한 후, 성능평가를 위한 척도로 오류 출율과 원영상과 오류검출 및 은닉된 복호영상 간의 PSNR을 구하였다. 오류 검출율은 복호가능오류를 가진 블록의 개수와 검출과정에서 검출된 블록의 개수 비로 나타내었다. 또한 기존의 방법과 제안된 방법 간 공정한 비교를 위해, 기존의 오류검출 방법에서도 휘도 및 색차신호 모두에 대해 구한 블록간 경계부정합 에너지가 각기 대응하는 고정된 역치보다 작을 때에만 정상블록인 것으로 판단하였다.

표 2는 기존의 방법과 제안된 방법에서 BER에 따른 복호가능 오류블록의 검출율을 나타낸다. 여기서 기존의 방법에 대해 제안된 방법은 역치 적응을 하지 않았을 때 5%~16%, 역치 적응을 하였을 때에는 12%~23%의 개선된 오류 검출율을 보여준다.

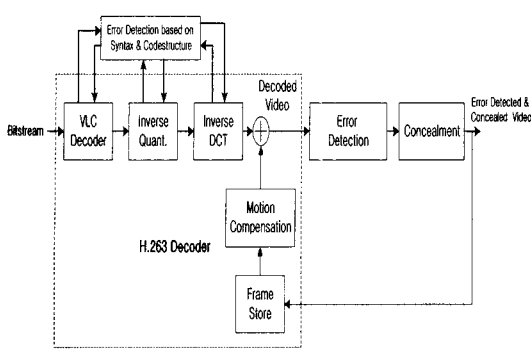


그림 3. 오류검출 및 은닉이 추가된 H.263 복호기 구성도  
 Fig. 3. Modified H.263 decoder structure with error detection and concealment algorithm.

표 1. 실험 환경

Table 1. Experiment conditions.

Coding scheme	H.263(TMN10)
Frame size	QCIF(176×144)
No. of frames	150 frames
Input frame rate	30 frames/sec
Bit-error rate	$10^{-3} \sim 10^{-4}$ BER, 16bits burst error
Development software	MS-Visual C++ 6.0

표 2. 오류 검출률 비교

Table 2. Comparison of error detection rate.

BER	Conventional Method	Proposed method without threshold adaption	Proposed Method
$10^{-4}$	69.1 %	74.1 %	88.9 %
$10^{-3.75}$	83.4 %	88 %	94.9 %
$10^{-3.5}$	74.4 %	90.2 %	97.6 %
$10^{-3.25}$	79.8 %	90.5 %	93 %
$10^{-3}$	82.9 %	88.8 %	95.5 %

그림 4에서는 BER =  $10^{-3.75}$  인 QCIF Foreman 영상에 대하여 기존의 방법 및 제안한 방법을 이용하였을 때 오류 검출 및 은닉한 영상을 보여준다. 그림 4(a)는 복호가능 및 복호불능 오류를 가지는 영상이며, 그림 4(b)에서는 복호불능 오류검출 및

은닉이 수행된 영상이 보여진다. 또한 그림 4(c)는 기존의 방법으로 복호가능 오류가 검출된 뒤 오류 은닉된 영상이며, 그림 4(d)에서는 제안된 방법으로 복호가능 오류가 검출된 후 은닉된 영상이다. 그림 4(d)에 비해 그림 4(c)에서는 오류검출과정에서 검출되지 못한 블록이 여전히 존재함을 알 수 있다. 따라서 제안된 방법이 복호가능 오류를 더 잘 검출하게 됨을 확인 할 수 있다. 또한 주관적 화질 측면에서도 제안된 방법에 의한 오류 검출 및 은닉 처리한 결과 영상이 기존의 방법에 의한 오류검출 및 은닉한 결과 영상보다 더 우수함을 그림에서 쉽게 관찰할 수 있다.

그림 5에서는 QCIF의 Foreman 영상 150프레임에 대하여 기존의 오류검출 방법과 제안된 오류검출 방법에 의해 처리된 결과영상에 대한 PSNR을 비교하였다. 실험 결과, 기존의 방법으로 복호가능 오류검출을 수행하면 검출을 수행하지 않았을 때보다 0.6dB ~ 4dB 가량 개선됨을 알 수 있다. 이에 반하여 제안된 방법으로 수행하면 1.5dB ~ 5dB 가 개선된다. 또  $10^{-3.25} \sim 10^{-4}$  BER에서는 제안한 방법에 따른 PSNR 개선도가 기존의 방법보다 0.4 ~ 1.5dB정도 향상되었지만,  $10^{-3}$  BER에서는 3.5dB 까지 향상됨을 보여준다.

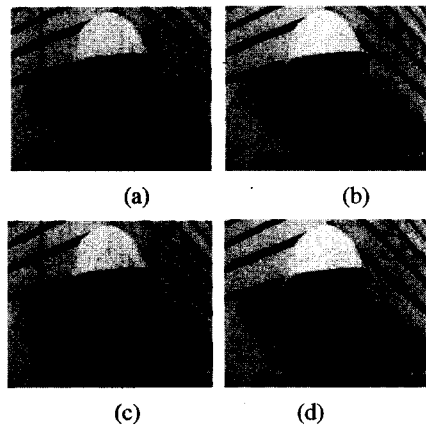


그림 4. 손상된 영상 및 결과 영상(foreman, QCIF): (a) 복호불능 및 복호가능 오류를 가지는 복호영상; (b) 복호불능 오류검출 후 은닉된 영상; (c) 기존의 방법으로 검출 후 은닉된 영상; (d) 제안된 방법으로 검출 후 은닉된 영상  
 Fig. 4. Corrupted and Result frame(foreman, QCIF): (a) Decoded frame with decodable and non-decodable errors; (b) Concealed frame after non-decodable error detection; (c) Concealed frame after conventional error detection; (d) Concealed frame after proposed error detection.

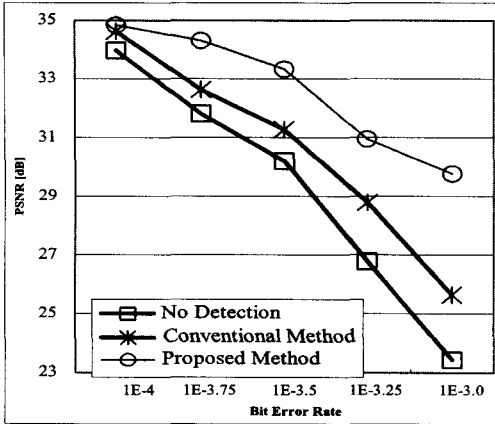


그림 5. 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 BER 따른 PSNR 비교(Foreman QCIF, 150frames)

Fig 5. PSNRs of concealed frames according to BER that are obtained by the conventional method and by the proposed method for QCIF Foreman.

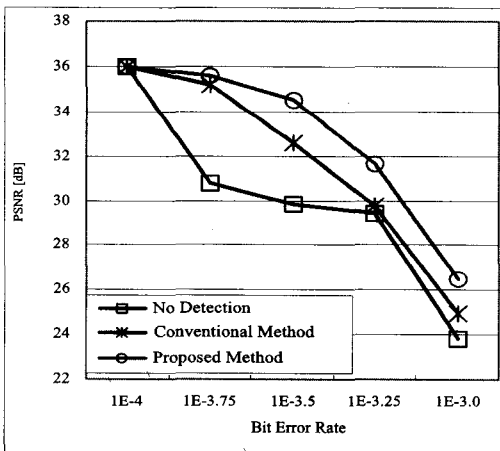


그림 6. 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 BER에 따른 PSNR 비교(Carphone QCIF, 150frames)

Fig 6. PSNRs of concealed frames according to BER that are obtained by the conventional method and by the proposed method for QCIF Carphone.

실험결과로 제안된 방법은 특히 높은 에러율에 대하여 더욱 우수한 성능을 보여준다. QCIF의 Carphone 영상 150 프레임에 대해 기존의 오류검출과 제안된 오류검출방법을 적용했을 때 결과영상에 대한 PSNR을 그림 6에서 나타냈는데 Foreman 영상의 경우와 유사한 실험 결과를 보여준다.

### V. 결론

블록기반으로 부호화된 비디오 전송 시 발생하는

전송오류 중 복호가능 오류를 검출하기 위한 경계정합기반 오류검출 방법을 제안하였다. 제안된 방법에서는 대상 블록과 두 인과적 블록 각각에 대하여 부정합 전력을 구하고, 블록들의 통계적 특성을 이용하여 구해진 역치와 적응적으로 비교하여 블록의 오류유무를 판단한다. 여기서는 복호가능 오류를 검출하기 위해 비교 대상블록으로 인과적 블록만으로 제한시켜 오류검출과정에 잘못된 판단을 방지하고 계산상의 효율성도 기했다. 또한 오류 판단의 기준 역치를 관련 블록들의 통계적 특성을 통해 적응적으로 채택하므로, 대상블록마다 최적으로 대처할 수 있는 효과적인 오류 검출을 유도하였다. 이러한 오류검출 방법을 휘도영상과 색차영상의 대응하는 주변 블록별로 각각 적용하여 이중 경계부정합 전력이 대응하는 역치보다 큰 경우가 한 부분이라도 생기면 조사블록을 오류블록으로 판단하도록 하였다.

결과분석을 위해 제안한 방법을  $10^{-4} \sim 10^{-3}$  BER에서 16비트 연속적인 비트에러를 가지는 무선 환경에 적용하여 기존의 오류검출방법과 비교 실험을 하였다. 실험을 통하여 기존의 Zeng의 방법과 비교하면, 에러 검출율의 향상은 최대 20%, 그리고 검출된 오류를 은닉 처리한 결과영상의 PSNR 향상은 최대 3.5 dB가 되었다. 이러한 오류 검출율과 PSNR의 성능개선을 보여주는 실험으로 제안된 방법의 우월성을 확인할 수가 있었다.

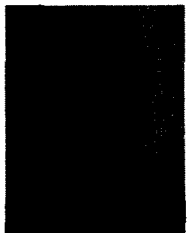
### 참고 문헌

- [1] ITU-T Telecom. Standard Sector of ITU, "Video coding for low bit rate communication," *ITU-T Recommendation H.263*, May. 1996
- [2] IS)-IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-4 Video Verification Model Version 8.0," *MPEG97/N1796*, stockholm, July. 1997.
- [3] E. Khan, H. Gunii, S. Kehmann, and M. Ghanbari, "Errordetection and correction in H.263 coded video over wireless network," *PV2002 International Packetvideo Workshop*, Pittsburgh, PA, Apr. 2002.
- [4] Y. Wang, S. Wenger, J. Wen, and A. K. Katsaggelos, "Error resilient video coding techniques," *IEEE Signal Processing Mag.*, vol. 17, pp 61-82, July 2000.
- [5] Y. Wang and Q. Zhu, "Error control and

concealment for video communication: a review," *Proc. IEEE*, vol. 86, pp.974-997, May 1998.

- [6] A. Kaup, "Error concealment for SNR scalable video coding in wire- less communication," *SPIE Proc. Visual Communications and Image Processing 2000*, vol. 4067, pp.175-186, June 2000.
- [7] W. J. Zeng and Y. F. Huang, "Boundary matching detection for recovering erroneously received VQ indexes over noisy channels," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, pp. 108-113 Feb. 1996.
- [8] W. M. Lam and A. Reibman, "An error concealment algorithm for images subject to channel errors," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 533-542 May 1995.
- [9] W. Chu and J. Leou, "Detection and concealment of transmission error in H.261 images," *IEEE Trans. on Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 8, pp. 74-84, Feb. 1998.
- [10] Y. Wang, Q.-F. Zhu, and L. Shaw, "Maximally smooth image recovery in transform coding," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 41, pp. 1544-1551, May 1993.
- [11] M.-J. Chen, L.-G. Chen, and R.-M. Weng, "Error concealment of lost motion vectors with overlapped motion compensation," *IEEE Trans. Circuits Systems for Video Technology*, vol. 7, pp. 560-563, no. 3, June 1997.

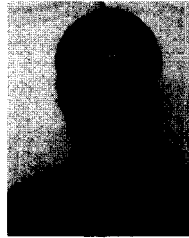
주 응 수 (Yong-Soo Joo) 정회원



2001년 2월: 경북대학교  
전자공학과 학사  
2003년 2월: 경북대학교  
전자공학과 석사  
2003년 2월~2004년 6월:  
비주얼텍 멀티미디어 개발실  
2004년 7월~현재:  
퓨전소프트 개발 1그룹

<관심분야> 영상통신, 영상 및 신호 처리, 이동통신 시스템.

김 태 식 (Tae-Sik Kim) 정회원



1982년 2월: 경북대학교  
수학과 학사  
1984년 2월: 경북대학교  
수학과 석사  
1996년 2월: 경북대학교  
수학과 박사  
2000년 8월~현재 : 경북대  
전자공학과 박사과정

2004년 7월~현재: 경주대학교 컴퓨터멀티미디어 공학부 전임교수

<관심분야> 영상통신, 영상 및 신호 처리, 프랙탈.

김 남 철 (Nam-Chul Kim) 정회원



1978년 2월 : 서울대학교  
공과대학 전자공학과 (공학사)  
1980년 2월: 한국과학기술원  
전기및전자공학과 (공학석사)  
1984년 2월 : 한국과학기술원  
전기및전자공학과 (공학박사)  
1984년 3월~현재: 경북대학교  
전자전기컴퓨터학부 교수

1990년 1월~1994년 12월 : 생산기술연구원 HDTV 신호처리분과위원

1994년 1월~1996년 12월 : 한국통신학회 편집위원

1994년 1월~1996년 12월 : 대한전자공학회 편집위원

1996년 1월~현재 : 한국방송공학회 편집위원, 이사

1997년 1월~1998년 12월 : 한국통신학회 신호처리 연구회 위원장

2002년 8월~2004년 7월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부장 및 BK21정보기술인력양성사업단장

<관심분야> 영상처리, 영상압축, 영상복원, 컴퓨터 비전.