

비디오 스트림에서 DCT 계수를 이용한 오류 검출 기법

박서림⁰ 이승원 정기동

부산대학교 전자계산학과

{slpark⁰, bluecity, kdchung}@melon.cs.pusan.ac.kr

DCT Coefficients-Based Error Detection Technique in Video Streams

Seo-Lim Park⁰ Seung-Won Lee Ki-Dong Chung
Dept. of Computer Science, Busan National University

요 약

무선 채널에서 신뢰성 있는 실시간 동영상 서비스를 하기 위해서는 비디오 스트림 내에서 오류가 발생한 블록의 위치를 알아야 정확한 오류 복구가 가능하다. 이전의 오류 검출 연구들은 대부분 픽셀 단위로 비교하므로 계산량이 많은 문제점이 있다. 본 논문에서는 실시간 서비스를 고려하여 계산량이 적은 블록 단위의 오류 검출 기법을 제안한다. 블록 내의 DCT 계수를 이용하여 오류를 검출한다. DC 계수를 이용해 1차 임계치를 비교한 후 AC 계수를 이용해 에지를 검출한다. 에지가 존재하는 블록에 대해 2차 임계치를 비교하여 오류 여부를 판단한다. DCT 계수 정보를 직접 이용할 수 없는 P, B 프레임에서 DCT 계수를 추정할 수 있는 방법도 함께 제안한다. 제안한 오류 검출 기법을 실제 구현하여 성능을 측정한다.

1. 서론

초 저속 통신망(아날로그 전화망, 무선망)을 이용한 멀티미디어 서비스에서 동영상 정보를 압축하기 위한 표준으로 H.263[1]이 널리 이용되고 있다. 무선망에서는 채널 특성상 페이딩과 같은 현상으로 동영상 정보를 전송할 때 오류가 많이 발생하게 된다. 무선 채널에서 발생 가능한 오류에는 random bit 오류와 burst bit 오류가 있는데, 이러한 bit 오류는 H.263과 같은 높은 압축율(1:100, 1:200)을 가지는 비디오 스트림에서 그 영향이 더욱 심각하다. bit 오류로 인해 동기화가 제대로 이루어지지 않아 여러 프레임에 걸쳐 오류의 전파가 발생하기 때문이다. 따라서, 비디오 전송 시 발생하는 오류를 복구하기 위해서는 오류가 발생한 정확한 블록의 위치를 알아야 한다. 무선채널에서 실시간 멀티미디어 서비스를 위해서는 오류를 검출하고 복구하는데 많은 시간을 소비해서는 안 된다. 이전의 블록 단위의 오류 검출을 위한 연구들은 대부분 픽셀 단위로 블록 내에서의 오류 여부를 계산하므로 많은 계산량이 필요한 문제점이 있었다. 본 논문에서는 DCT 계수를 이용한 계산량이 적은 8X8 블록 단위의 오류 검출 기법을 제안하고 실제 구현을 통해 성능을 측정한다.

2장에서는 블록 단위의 오류 검출 기법에 관한 관련연구를 살펴보고, 3장에서는 DCT 변환과 에지 검출과 에지 방향을 알아내기 위한 식을 설명한다. 4장에서는 P, B 프레임에서 DCT 계수를 추정하기 위한 방법을 살펴보고 5장에서는 DCT 계수를 이용한 오류 검출 기법을 제안하고 6장에서는 제안한 기법의 성능을 평가하며 7장에서는 결론 및 향후 연구과제를 제시한다.

본 연구는 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원 사업으로 수행되었음

2. 관련연구

비디오 스트림을 디코딩하는 과정에서 동기화가 이루어지지 않거나 잘못된 코드가 발견되면 해당 GOB(Group of Blocks)는 오류가 있다고 판단하여 오류가 있는 블록의 위치를 찾게 된다. 오류가 있는 블록의 위치를 찾기 위한 몇몇 연구들이 제안되었다.

[2], [3]에서는 인접 블록들과 4개의 파라미터 값을 비교해 어느 한 개의 값이라도 정해진 임계치를 초과하면 오류를 검출하는데, 각 블록간의 모든 픽셀에 대해 계산하므로 계산량이 많다. [4]에서는 인접한 4개의 block들과 boundary 벡터를 비교하는데, 계산하기 위한 픽셀 수를 줄이긴 하였으나 boundary 벡터를 구하는데 계산량이 많이 드는 문제점이 있다. [5]에서는 각 블록들의 scan line의 끝에 동기화 코드를 삽입해 정해진 디코딩 블록 수와 비교하여 오류를 검출한다. 디코딩 블록 수가 정해진 수보다 적을 때는 오류가 있는 블록을 2개로 나누고 그렇지 않을 때는 인접한 블록과 함께 merge하게 되는데, 여러 개의 블록에 오류가 존재할 때는 검출, 분할, 합하는 과정을 반복하게 된다. 그 외 [6]에서 여러 오류 검출 기법에 대해 간략히 설명하고 있다. 이러한 기존의 연구들은 블록 단위로 오류를 검출하기 위해 픽셀 단위로 비교, 계산하므로 계산량이 많은 문제점이 있다.

3. DCT 변환과 에지 검출

DCT 변환은 한 프레임 내에서 공간적인 중복성을 제거하기 위한 식으로 비디오 압축에서 많이 사용하고 있다. 변환 후 만들어지는 각 DCT 계수는 블록 내의 모든 픽셀 값의 선형 조합이다. 8 X 8 블록에 대해 DCT 변환을 하면 1개의 DC 계수와 63개의 AC 계수를 만들어내게 되는데, DC 계수는 블록의 전체적인 에너지 분포를 나타내며 AC 계수는 특정 방향과 특정 비율로 gray

level 값의 변화를 나타낸다. 다음은 DCT 변환 식을 나타낸다.

$$F_{uv} = \frac{Cu Cv}{4} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 \cos \frac{(2i+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{16} f(i, j)$$

$$Cu, Cv = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } u, v = 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{수식 1})$$

F_{uv} 는 2차원 8x8 DCT 계수를 나타내며, u, v 는 2차원 8x8 블록에서 계수의 위치를 나타낸다. $f(i, j)$ 는 DCT 변환하기 전 8x8 블록내의 픽셀 값이며, i, j 는 블록 내에서 픽셀의 위치이다.

인접한 블록간의 DCT 계수변화는 크지 않으나 예지가 존재하는 블록은 계수의 변화가 크므로 정확한 오류 검출을 위해서는 에지를 검출하기 위한 방법이 필요하다. [7]에서는 AC 계수를 이용해 에지의 검출과 에지 방향을 알아내기 위한 연구를 하였다. 에지 검출을 위한 기존의 연구에서는 디코딩 과정에서 Entropy decoding → Dequantization → IDCT 과정을 거쳐 에지 검출 필터를 거쳐 에지 정보를 추출해냈다. 하지만 디코딩 연산 중 40% 이상이 IDCT 과정에서 발생하므로 본 논문에서는 에지 검출을 위한 계산 시간을 줄이기 위해 IDCT 과정을 거치기 전에 AC 계수를 이용해 에지 정보를 추출하도록 하였다. 특정 블록 내에서 에지의 존재여부를 판단하기 위해 다음의 식을 사용한다. 실제 에지 검출을 위해 사용하는 AC 계수는 처음 5개($F_{01}, F_{10}, F_{11}, F_{02}, F_{20}$)이다.

$$A = \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 |F_{uv}| \quad (u, v) \neq (0, 0) \quad (\text{수식 2})$$

또한, 에지의 방향을 알기 위해 아래의 식을 사용한다.

$$\tan \theta = \left(\sum_{v=1}^7 F_{0v} \right) / \left(\sum_{u=1}^7 F_{u0} \right) \quad (\text{수식 3})$$

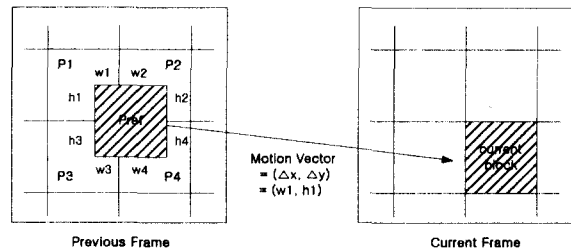
4. DCT 계수 추정

H.263에서 INTRA mode로 인코딩하게 되는 I 프레임에 대해서 DCT 변환을 수행하게 되는데 각 블록 내에 INTRADC(8 bit)라는 자료구조에 DCT DC 계수를 저장하고 나머지 AC 계수들도 블록 레벨에서 저장하고 있기 때문에, 이 값을 직접 비교 가능하다. 그러나, INTER mode로 인코딩하게 되는 P 프레임이나 B 프레임에 대해서는 Motion compensation, Motion Estimation을 함으로써 참조하는 프레임과의 차이를 DCT 변환하여 저장하게 되므로 해당 블록의 DCT 계수를 바로 이용할 수 없다. 따라서, I 프레임을 제외한 나머지 프레임들의 DCT 계수를 구하기 위한 방법이 필요하다. [8]에서 DCT 계수를 구하기 위한 식을 제시하고 있으나 P나 B 프레임의 얻어지는 비디오 질에 비해 요구되는 계산량이 많으므로 본 논문에서는 DCT 계수를 추정하기 위한 방법을 제안한다.

그림 1에서는 참조하는 블록과 움직임 벡터, 현재 블록의 관계를 나타낸다. 현재 블록은 이전의 재구성된 블록을 참조하므로 참조 블록의 DCT 계수를 구해야 한다. 먼저 DC 계수는 참조 블록의 4개의 이웃 블록들(P_1, P_2, P_3, P_4)이 참조 블록에 겹쳐진 비율만큼의 DC 계수를 더해줌으로 참조 블록의 DC 계수를 구한다. 아래는 참조 블록의 DC 계수를 구하기 위한 식이다. 4개의 이웃 블록의 DC 계수와 움직임 벡터를 이용한다.

$$DC(Pr ef) = \sum_{i=1}^4 \frac{hiwi}{64} DCT(P_i)_{00} \quad (\text{수식 4})$$

AC 계수들은 참조 블록에 겹쳐진 이웃 블록에 해당하는 AC 계수들을 이용한다. 참조 블록의 정확한 DCT 계수를 구한 것이 아니라 추정한 값이므로 약간의 오차가 존재하게 되나 P, B 프레임 비디오 질적인 면에서 이런 약간의 오차는 무시 가능하다. 실제 P, B 프레임에서의 오류 영향보다 I 프레임에서의 오류 영향이 더 심각하다.



[그림 1] 참조 블록, 움직임 벡터, 현재 블록의 관계

5. 오류 검출 기법

본 논문에서는 2단계에 걸쳐 오류가 발생한 블록의 위치를 찾는다. VLC 레벨 오류 검출과 블록 레벨 오류 검출이 그것이다.

VLC 레벨에서는 비디오 스트림을 디코딩하는 과정에서 오류 조건을 만족하게 되면 현재 디코딩 중인 GOB (또는 슬라이스)를 오류가 존재하는 GOB로 표시한다. 블록 레벨에서 검사하게 되는 블록의 범위를 정하기 위해 동기화 코드를 찾는다. 표시된 GOB 내에서 동기화 코드를 찾아 블록 레벨에서 검사하게 되는 블록의 수를 줄이도록 한다. 검사하게 될 블록들의 범위가 정해지면 다음 단계인 블록 레벨 과정으로 넘어가게 된다. VLC 레벨에서의 오류 조건은 다음과 같다. 즉, VLC 코드 테이블에 존재하지 않는 코드가 발견, 하나의 GOB 내에서 디코딩한 매크로블록 개수가 맞지 않음, 하나의 GOB 내에서 디코딩한 블록 개수가 맞지 않음, 하나의 블록 내에서 디코딩한 DCT 계수 개수가 64를 초과, 디코딩한 움직임 벡터, quantizer step 크기, DCT 계수가 미리 정의된 범위를 초과 등이 그것이다. VLC 레벨만을 거쳐 오류 검출을 하게 되면 오류가 검출되는 시점은 실제 오류가 발생한 블록의 위치보다 시간상 뒤에 발생하게 된다. 그러므로 오류가 발생한 블록의 정확한 위치를 알아내야 한다. 그러므로 본 논문에서는 블록 레벨의 검출 단계에서 실제 오류가 발생한 블록의 위치를 찾게된다.

블록 레벨에서는 각 블록에 대해 인접한 4개(상, 하, 좌, 우)의 블록들과 DC 계수를 비교한다. DC 계수 변화량이 1차 임계치보다 크다면 이웃 블록들에 대해 에지 존재여부를 검사한다. 인접한 블록 간의 DC 계수 변화는 크지 않으나 에지가 존재할 때는 변화가 클 수 있기 때문이다. 인접한 8개 블록에 대해 3장에서 설명했던 방법을 통해 에지 여부를 조사한다. 에지가 존재한다면 에지 방향에 따라 블록 간의 DC 계수 변화량을 다시 비교한다. 변화량이 2차 임계치보다 크다면 오류가 발생한 블록으로 판단한다.

본 논문에서 제안하는 오류 검출 기법은 각 블록에 대해 픽셀단위로 비교하지 않으므로 이전 연구들에 비해 훨씬 계산량을 줄였다. 즉, 무선 채널에서 신뢰성 있는 실시간 멀티미디어 서비스를 하기 위한 오류 검출 기법으로 효과적이다.

6. 성능 평가

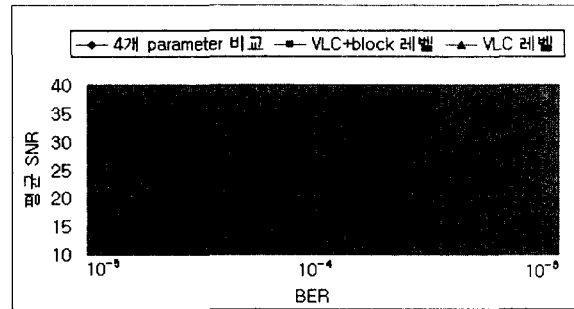
본 논문에서 제안한 오류 검출 기법의 성능 평가를 위해 사용하는 비디오 스트림은 H.263 데이터 포맷인 'Claire' QCIF 스트림이며 20 kbps 로 코딩되었으며 평균 SNR(signal-to-noise-ratio)은 38 dB이다. 성능 평가에서 사용되는 SNR은 비디오 스트림의 Y 구성요소에 대해 측정된 것이다. 오류 검출을 한 후 오류 블록은 이전 프레임의 해당 블록으로 대체한다. 대체한 후 전체 비디오 스트림의 평균 SNR을 비교한 것이다. 오류 검출을 하지 않을 때와 VLC 레벨의 오류 검출만으로 오류 블록을 대체한 기법과 제안한 2단계 오류 검출로 오류 블록을 대체한 기법을 성능 비교한다. 또한 [2]에서 제안했던 4개의 파라미터를 비교하여 오류를 검출하는 방법과 성능을 비교하였다. 1차 임계치는 150, 2차 임계치는 50으로 성능을 측정하였다.

그림 1은 BER(bit-error-ratio)를 10^{-3} ~ 10^{-5} 까지 변화시키면서 평균 SNR을 비교한 것이다. 그림 2에서는 10^{-4} BER에 대해 프레임 개수를 75개까지 늘려가며 SNR을 비교한 것이다. 제안한 기법이 계산량이 적음과 동시에 오류 블록의 검출에 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

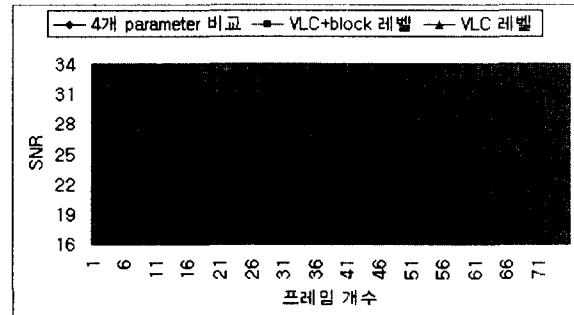
7. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 무선 채널에서 신뢰성 있는 동영상 정보를 전송하기 위해 H.263 비디오 스트림에서 오류가 발생한 블록의 위치를 찾기 위한 2단계 오류 검출 기법을 제안했다. 실시간성을 고려하여 계산량이 적도록 DCT 계수(DC 계수, AC 계수)를 이용한 오류 검출 기법이다. 오류와 에지를 구별하기 위해 에지 검출 방법도 설명하였으며 DCT 계수를 직접 이용할 수 없는 P, B 프레임에서 계수를 추정하기 위한 기법도 제안하였다. 성능 평가를 통해 본 논문에서 제안한 기법이 효과적으로 bit 오류에 대처할 수 있음을 보였다.

본 논문에서 사용한 비디오 스트림은 장면 변화가 비교적 적은 스트림이었으므로 향후 장면 변화가 큰 멀티미디어 서비스를 위해서는 좀 더 정확한 에지 검출방법과 계수 추정에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한, 비트 오류 패턴에 따른 성능 평가도 해야할 것이다.



[그림 1] BER에 따른 SNR 비교



[그림 2] 프레임 개수에 따른 SNR 비교

8. 참고문헌

- [1] Draft ITU-T Recommendation H.263 Version 2, Video Coding for Low Bit Rate Communication, Jan, 1998.
- [2] Wen-Jeng Chu and Jin-Jang Leou, "Detection and concealment of transmission errors in H.261 images", Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Vol. 8, Page(s): 74 -84, Feb. 1998.
- [3] Han-Chiang Shyu and Jin-Jang Leou, "Detection and concealment of transmission errors in MPEG-2 images-a genetic algorithm approach", Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Vol. 9, Page(s): 937 -948 Sept. 1999.
- [4] Jong Wook Park, Jong Won Kim and Sang Uk Lee, "DCT coefficients recovery-based error concealment technique and its application to the MPEG-2 bit stream error", Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Vol. 7, Page(s): 845 -854, Dec. 1997.
- [5] Wai-Man Lam and Reibman, A.R. "An error concealment algorithm for images subject to channel errors", Image Processing, IEEE Transactions on, Vol.4, Page(s): 533 -542, May 1995.
- [6] Yao Wang and Qin-Fan Zhu, "Error control and concealment for video communication: a review", Proceedings of the IEEE, Vol.86, Page(s): 974 -997, May 1998.
- [7] B. Shen and I. K. Sethi, "Direct feature extraction from compressed images", SPIE vol. 2670, Storage & Retrieval for Image and Video Databases IV, 1996.
- [8] Shih-Fu Chang and Messerschmitt, D.G. "Manipulation and compositing of MC-DCT compressed video", Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, Vol.13, Page(s): 1 -11, Jan. 1995.