

데이터 분할방식 적용에 따른 DMB 비디오 스트림의 오류내성부호화

백선희, 나남웅, 홍성훈, 이봉호*, 함영권*
전남대학교 전자공학과, *한국전자통신연구원 무선방송연구소

Error resilience video coding of DMB video stream using Data partitioning method.

Sun-Hye Baek, Nam-Woong Na, Sung-Hoon Hong, Bong Ho Lee*, Young Kwon Ham*
Dept. Electronic Engineering, Chonnam National University
*ETRI Radio & Broadcasting Lab.
E-mail: letus@vip.chonnam.ac.kr

Abstract

Terrestrial DMB(Digital Multimedia Broadcasting) system is the standard that offers multimedia broadcasting services at mobile environment and is based on Eureka-147 DAB(Digital Audio Broadcasting) for transmission method. Also DMB provides the error protection method of convolution coding. In this paper, we study on the effective error resilience coding of MPEG-4 video stream over DMB system. To accomplish error resilience, we first partition one data into several data using the data partitioning, and we control the coding rate of the convolution coding according to the importance of the partitioned data. In this algorithm, we suggest and analyze the efficient rate control algorithm considering convolution code rate.

I. 서론

디지털 멀티미디어 방송(Digital Multimedia Broadcasting : DMB)은 차량 또는 보행으로 이동 중인 사용자에게 다양한 오디오, 비디오, 데이터 등의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 방송시스템을 의미하는데, 세계 최초로 국내에서 서비스 표준을 유럽의 DAB 표준인 Eureka-147 시스템[1]을 근간으로 추진하였다. 가장 중요한 DMB 서비스 중 하나는 이동 TV 서비스라 할 수 있는데, 이 경우 이동환경에서 발생할 수 있는 전송오류를 고려해야 한다. 이를 위해 DMB 표준에는 전송오류 보호 방안으로 Eureka-147 DAB 시스템규격의 길쌈부호화(Convolutional coding) 방식을 사용하며 이 방식은 MPEG의 데이터분할방식과 함께 적용하기에 용이하다. 따라서 본 논문에서는 추가적인 오류제어 방식으로 MPEG-4 비디오 압축표준의 데이터 분할방식을 사용하여 압축하였고, 그렇게 분할된 비트스트림을 중요도에 따라 DMB 길쌈부호화의 부호화율을 조정하여 오류내성을 강화하고자 하였다. 이때 길쌈부호

화에 의해 추가되는 비트수는 비트율 제어의 목표비트량(target bits)을 조절함으로써 전송되는 전송데이터율(transmission bitrate)은 항상 일정한 값을 유지하도록 하였다.

II. Eureka-147 DAB 시스템

지상파 DMB 표준에 전송시스템으로 사용되는 Eureka-147 시스템은 여러 멀티미디어 데이터들을 전송할 수 있도록 설계되었다. 전송된 데이터신호는 서비스요소(Service Component)로 함께 그룹화되어 서비스를 형성한다. Eureka-147의 전송프레임은 실제 서비스요소 데이터가 포함되는 MSC(Main Service Channel), MSC의 구조를 설명하는 제어정보를 운반하는 FIC(Fast Information Channel), 동기를 맞춰주는 SC(Synchronization Channel)의 세 가지 채널로 구성된다. 그 중 MSC는 시간 축 인터리빙(Interleaving) 되는 데이터 채널로, 멀티미디어 데이터를 운반하는 CIF

(Common Interleaved Frame)들로 구성되어 있다. 하나의 CIF는 55296 비트로 24ms마다 생성되며, 여러 개의 서브채널(Subchnnel)들로 나뉜다. 서비스요소를 운반하는 각 서브채널은 1/4의 부호화율을 갖는 모부호에 의해 길쌈부호화됨으로 데이터의 중요도에 따라 오류보호가 이루어진다. 즉 유효데이터와 모부호의 비가 1:4인 상승부호화를 사용하여 모부호를 만든 후, 이 모부호의 일부를 평्यू어드 인덱스(Punctured index)에 의해 숨어내는 방법으로 부호화율을 가변할 수 있다.

DAB 시스템은 UEP(Unequal Error Protection)와 EEP(Equal Error Protection)의 두 종류의 보호방법이 사용하는데, UEP는 오디오 데이터에 사용되고 비디오 데이터의 경우는 일반 데이터의 오류 제어에 사용되는 방법인 EEP가 사용된다. EEP는 UEP와는 달리 같은 비트스트림에 대해서 같은 오류보호가 적용되는데 서브채널별에 대해서는 다른 부호화율을 갖는다. 부호화율에 따른 EEP 보호레벨은 표 1과 같다.

표 1. 부호율에 따른 EEP 부호화율

Data Rate	Protection level	1-A	2-A	3-A	4-A
8n kbit/s	Coding Rate	1/4	3/8	1/2	3/4
Data Rate	Protection level	1-B	2-B	3-B	4-B
32n kbit/s	Coding Rate	4/9	4/7	4/6	4/5

III. 효율적인 오류내성 부호화 방안

3.1 MPEG-4 오류내성 부호화 방안

중요한 DMB 서비스 중 하나는 이동 TV 서비스라 할 수 있는데, 이 경우 이동환경에서 발생할 수 있는 전송오류를 고려해야 한다. 이런 전송오류에 강인하게 하기 위해 사용할 수 있는 비디오 오류내성 부호화 방안은 DMB 복호화 시스템에 별도의 처리 없이도 적용이 가능하다. 특히 중요도가 높은 헤더 정보와 움직임 정보를 중요도가 낮은 텍스춰(Texture) 정보와 분리시키는 방법인 데이터분할 방식의 경우 DMB 시스템의 전송오류보호방안인 길쌈부호화와 함께 사용하기에 적합한 방식이다. 즉, 길쌈부호화는 데이터에 따라 부호율을 달리하는 방식으로 데이터분할방식과 함께 사용함으로써 얻는 오류내성측면의 효율이 크다는 것은 이미 논문[2]을 통해 증명된 바가 있다. 그럼에도 불구하고, 현행 DMB 표준에서는 이들 상당 수 방법들에 대해 사용을 제한하고 있다. 따라서 본 논문에서는 DAB 시스템과 MPEG-4의 part 2 비디오 압축표준을 이용하여 길쌈부호화방식에 데이터분할 방식의 적용의 효율성을 실험을 통해 알아본다.

3.2 제안한 데이터분할방식에 의한 부호화방안

본 논문에서 수행한 데이터분할에 의한 오류내성부호화 방식은 MPEG-4 데이터분할 비디오 압축기능을 이용하여 헤더, DC계수, 움직임정보와 같이 화질에 큰 영향을 미치는 중요 데이터로 구성된 비트열 P1 (Partition 1)과 텍스춰 정보로 구성된 비트열 P2 (Partition 2)로 그림 1과 같이 분리한 후, 각각 DAB 시스템의 서비스요소로 입력한다. 이때 P1과 P2에 적용되는 길쌈부호율을 달리하여 전송프레임을 구성한다.

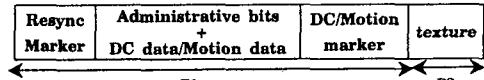


그림 1. 데이터 분할방식이 적용된 비디오 패킷 구조

이와 같이 만들어진 DAB 전송프레임을 여러 환경의 전송채널을 통한 후 다시 복호화 과정을 거쳐 영상이 복원되게 한다. 이때 압축 분할된 데이터 P1과 P2에 대한 DAB 시스템의 전송률은 적용되는 길쌈부호율에 따라 변화되는데, 비디오 압축부호화 시 중요하지 않은 데이터(P2)에 할당되는 비트량을 조절하여 DAB 시스템의 전체 출력 전송률(transmission rate)이 오류보호기법의 사용 여부와 보호레벨에 관계없이 일정하도록 제어하였다.

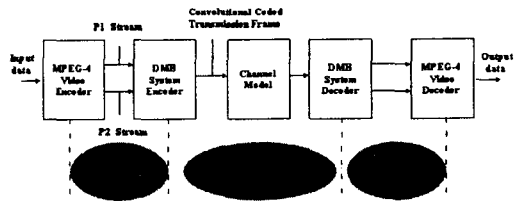


그림 2. 제안한 데이터분할에 의한 부호화방안의 구성도

즉, 그림 2에서와 같이 분할된 데이터 P1과 P2의 발생 비트량을 각 분할 데이터에 적용되는 길쌈부호율인 CR^{P1} 과 CR^{P2} 에 따라 제어함으로써 DAB 시스템의 출력 전송률을 일정하게 유지한다. 분할된 데이터에 대한 비트율 제어는 DAB가 방송 시스템임을 고려하여 TM5(Test Model 5)[3]의 비트율 제어방식을 데이터분할 압축부호화에 적합하도록 변형하여 적용하였다.

◆ 제안된 비트율 제어 방식

본 논문에서 적용한 비트율 제어방식은 기본적으로 TM5의 비트율 제어방식과 같이 비트할당, 비트율 제어, 적응적 양자화의 3단계를 사용한다. 이때 비트율 제어기의 입력 변수인 비디오 부호기의 출력 비트율을 식

(1)과 같이 계산되는 DAB 시스템 부호기의 전체 전송률(B^T)로 함으로써 적용되는 길쌈부호율에 무관하게 전체 전송률이 일정하도록 제어하였다.

$$B^T = B^{P1}/CR^{P1} + B^{P2}/CR^{P2} \quad (1)$$

여기서 B^{P1} 와 B^{P2} 는 분할된 데이터 P1과 P2에 대한 비디오 압축부호기의 발생 비트율이고, CR^{P1} 와 CR^{P2} 은 P1과 P2에 적용되는 길쌈부호율이다.

1 단계 : 비트할당

비트할당은 현재 부호화될 영상 프레임에 부호화하기 전에 이미 부호화된 이전 프레임들의 통계적 특성을 바탕으로 현재 프레임에서 발생할 비트량을 예측하는 과정이다. 이 단계에서는 한 GOP (Group Of Picture) 내에 있는 I, P, 그리고 B 픽처에 대해 발생 비트율과 각 픽처의 부호화 형식(picture coding type)에 따른 비트량 발생 특성을 고려하여 각 픽처의 목표 비트량을 할당한다.

먼저 부호화 형식이 k (k 는 I, P, B 픽처 형식 중 하나)인 영상 프레임에 대한 복잡도 X_k 는 다음과 같이 정의된다.

$$X_k = S_k \times Q_k, \quad k \in \{I, P, B\} \quad (2)$$

여기서 Q_k 와 S_k 는 각각 부호화 형식이 k 인 바로 이전에 부호화된 프레임에 적용된 평균 QP(Quantization Parameter)값과 분할된 데이터에 적용되는 길쌈부호율을 고려한 발생 비트량이다. 즉, P1과 P2에 대한 DAB 출력 비트율은 각 분할 데이터에 적용되는 길쌈부호율에 따라 변화하지만 DAB 시스템의 전체 출력 비트율은 항상 일정하게 유지되어야 한다. 이점을 고려하여 복잡도 산출에 적용되는 발생 비트량(S_k)은 식(3)과 같이 현재 프레임과 동일한 부호화 형식으로 압축된 이전 프레임의 분할 데이터 P1과 P2로부터 실제 발생한 비트량을 해당 길쌈부호율에 따라 가중합함으로써 DAB 시스템의 전체 전송률이 일정하도록 제어한다.

$$S_k = S_k^{P1}/CR^{P1} + S_k^{P2}/CR^{P2}, \quad k \in \{I, P, B\} \quad (3)$$

여기서 S_k^{P1} 와 S_k^{P2} 는 k 인 부호화 형식으로 압축된 이전 프레임의 분할 데이터 P1과 P2에 대한 실제 발생 비트량이다.

식(1)로부터 구해진 복잡도를 이용하여 현재 부호화할 프레임에 할당할 목표 비트량 T_k 를 다음과 같이 구한다.

$$T_k = \frac{X_k / K_k}{\sum_{i \in \{I, P, B\}} X_i / K_i} \times R \quad (4)$$

여기서 K_i 는 부호화 형식에 따른 상수 값으로 $K_P = 1.0$ 이고 $K_B = 1.4$ 이며, N_i 는 현재 GOP에서 아직 부호화되지 않은 부호화 형식이 $i \in \{I, P, B\}$ 인 프레임의 수이다.

그리고 R 은 현재 부호화되는 프레임이 속한 GOP 전체에 할당된 비트량 중 잔여 비트량을 나타내는 값으로, 매 프레임이 부호화된 후에 식(5)에 의해 갱신되고, GOP의 첫 번째 프레임이 부호화되기 전에 식(6)에 의해 갱신된다.

$$R = R - S_k \quad (5)$$

$$R = (B^T * N_{GOP} / picture_rate) + R \quad (6)$$

여기서 B^T 와 S_k 는 각각 식(1)에서 구한 전체 전송률과 식(3)에서 구한 발생 비트량이고, N_{GOP} 는 GOP에 포함되는 프레임 수이다.

2 단계 : 비트율 제어

비트율 제어 단계에서는 부호화 형태에 따른 별개의 가상 버퍼를 설정하고, 각 가상 버퍼의 충만도에 따라 양자화 파라미터 QP를 조절함으로써 비트할당 단계에서 구한 목표 비트량에 가까운 실제 비트량을 발생시킨다. j 번째 MB(MacroBlock : 매크로블록)을 부호화할 때 부호화 형태 $k \in \{I, P, B\}$ 에 대한 가상버퍼 충만도 d_j^k 는 식(7)과 같이 ($j-1$)번째 MB까지 길쌈부호율을 고려한 실제 발생 비트량과 MB 단위로 균등 배분한 목표 비트량의 누적값의 차로 나타낸다.

$$d_j^k = d_0^k + B_{j-1} - \frac{T_k \times (j-1)}{MB_cnt} \quad (7)$$

여기서 d_0^k 는 각 부호화 형식에 대한 초기 가상버퍼의 충만도이고, MB_cnt 는 한 프레임에 포함되는 MB의 수이다. 그리고 B_{j-1} 는 ($j-1$)번째 MB까지 길쌈부호율을 고려한 실제 발생 비트량으로 식(8)과 같다.

$$B_{j-1} = B_{j-1}^{P1}/CR^{P1} + B_{j-1}^{P2}/CR^{P2} \quad (8)$$

여기서 B_{j-1}^{P1} 과 B_{j-1}^{P2} 는 ($j-1$)번째 MB까지 분할된 데이터 P1과 P2로부터 실제로 발생한 비트량이다. 이렇게 가상버퍼의 충만도 d_j^k 를 이용하여 j 번째 MB에 적용할 양자화 파라미터는 식(9)와 같다.

$$Q_j = d_j^k \times 31/r \quad (9)$$

여기서 r 은 반응매개변수로 $2 * B^T / picture_rate$ 인데, 이 값이 작을수록 가상버퍼의 충만도에 따른 양자화 파라미터 QP의 변화가 민감하게 반응한다. 결국 버퍼 충만도가 크면 QP값을 크게하고, 버퍼 충만도가 작으면 QP값을 작게하여 발생 비트량을 조절한다.

3 단계 : 적응적 양자화

적응적 양자화는 인간의 시각 특성을 고려하여 시각적으로 왜곡이 잘 감지되지 않는 복잡한 MB에 대하여 QP를 증가시키고, 상대적으로 잘 감지되는 MB에 대하여 QP를 감소시킨다. 적응 양자화를 위해서 식(10)의 정규화된 활성도 N_{act_i} 를 Q_i 에 곱하여 최종의 적응

적 양자화 파라미터를 얻는다.

$$N_{act_j} = \frac{2 \cdot act_j + avg_act}{act_j + 2 \cdot avg_act} \quad (10)$$

여기서 act_j 는 j 번째 MB의 휘도신호에 대한 분산값이고, avg_act 는 이전 프레임의 평균휘도 분산값이다.

IV. 실험 및 구현

본 논문에서는 DMB를 통해 전송되는 MPEG-4 비디오 스트림의 효율적인 오류내성 부호화 방안에 대한 연구를 하였다. 먼저 CIF 규격의 'akiyo'와 'stefan' 영상 시퀀스 120프레임을 각각 384Kbps와 768Kbps로 3장에서 제안한 식에 의해 부호화하였다. 이때 데이터분할방식을 적용하지 않는 경우는 전체적으로 1/2의 길쌈부호화를 사용하였고, 데이터분할방식을 적용한 경우는 분할된 데이터에 대해 P2에는 모든 실험에 동일하게 1/2를, P1에는 1/4와 3/8의 두 경우를 적용하였다.

그림 3은 가우시안 잡음이 첨가된 채널 전송시 SNR에 따른 BER 값을 구한 것이다. 전송된 데이터에 대해 동일한 BER을 얻기 위해서는 전송오류에 대한 보호를 강하게 걸어줄수록 요구되는 SNR 값이 줄어든다는 사실을 알 수 있다.

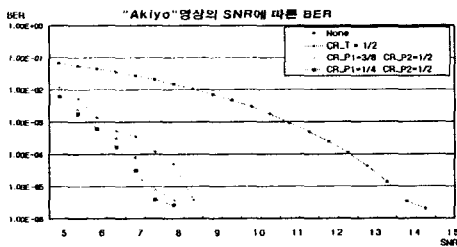


그림 3. 실험된 결과에 의한 SNR vs BER

그림 4는 SNR이 7.5dB일때의 'akiyo' 영상 120프레임에 대한 PSNR값이고, 그림 5는 실험에 따른 'akiyo', 'stefan' 복원영상이다. 여기에서 오류보호가 안된 데이터의 경우에는 심한 헤더손상에 의해 복원이 PSNR 값을 구할 수가 없었다. 또한 전송오류보호를 강하게 해준 실험일수록 헤더가 강하게 보호되므로 헤더손상에 의한 급격한 화질 열화가 일어나지 않았다. 또 SNR이 7.5dB일때 평균 PSNR를 나타내는 표 2에서 나타난 바와 같이 PSNR이 낮은 부분이 있더라도 평균값이 가장 높은 것으로 보아 전체적으로 안정적이라는 사실을 알 수 있다.

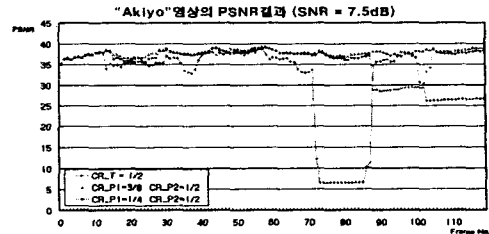


그림 4. 실험결과에 따른 복원영상의 PSNR

표 2. SNR 75dB에서의 평균 PSNR

		None	CC	DP+CC	DP+CC
평균	akiyo	7.3984	31.0430	36.5442	37.4107
PSNR	stefan	-	20.3445	25.2086	25.2352



그림 5. 실험결과에 따른 복원된 'akiyo', 'stefan' 영상

V. 결론

본 논문에서는 MPEG-4 비디오 스트림을 DMB를 통해 전송할 때 효율적인 오류내성 부호화 방안으로 데이터분할방식에 의해 분할된 데이터의 중요도에 따라 DMB의 길쌈부호화에서 부호율을 조절하는 방안을 제시하였고, 실험을 통하여 성능을 평가하였다. 제안된 오류내성부호화 방식은 비디오 압축시 중요하지 않는 데이터에 할당되는 비트량을 줄임으로서 추가되는 비트량 없이 오류 환경에서 중요한 데이터를 보호해주었고, 그로인해 급격한 화질의 열화를 방지해 주었다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] ETSI EN300 401 V1.3.3(2001-05), "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers," ETSI, May 2001.
- [2] Martini, M.G. "Proportional unequal error protection for MPEG-4 video transmission," IEEE International Conference on Communications, 2001.
- [3] Document ISO-IEC/JTC/SC29/WG11,"Test Model 5," Draft, Apr. 1993.