

DMB를 통한 MPEG-4 비디오 스트림의 효율적인 오류 내성부호화 방안

백선혜, 남남웅, 홍성훈, 이봉호*, 함영권*
전남대학교 전자공학과, *한국전자통신연구원 무선방송연구소

An effective error resilience coding of MPEG-4 video stream using DMB system

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

Abstract

Terrestrial DMB(Digital Multimedia Broadcasting) system that is now under standardization in Korea 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. In our algorithm, the first, we partition the MPEG-4 data using the MPEG-4 data partitioning method, and then controls the convolution coding rate according to the importance of the partitioned data. From our simulation result, we show that our algorithm is proper for terrestrial DMB services.

I. 서론

최근 모든 산업에 디지털화가 적용되면서 아날로그 오디오방송을 디지털로 대체하는 새로운 표준을 DAB(Digital Audio Broadcasting)라고 하며, 이 DAB를 기반으로 디지털오디오방송은 물론 동영상과 같이 다양한 멀티미디어 데이터 서비스를 제공할 수 있는 서비스를 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)라고 한다. 현재 국내에서 지상파 DMB에 대한 표준화가

유럽의 DAB 표준인 Eureka-147 시스템[1]을 근간으로 진행 중에 있으며, 동영상 압축표준으로는 MPEG-4[2]를 고려하고 있다.

채널을 통해 데이터나 동영상 서비스를 제공하는 경우에 서비스의 종류에 따라 요구하는 비트에러율(BER)이 다르다. 즉, Eureka-147 방식을 사용하여 오디오 서비스를 하는 경우 요구되는 BER이 10^{-4} 인데 비해 데이터 서비스나 동영상 서비스의 경우에는 10^{-10} 정도가 요구되므로 DMB를 통해 동영상 서비스를 제공할 경우 추가적인 오류제어가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 추가적인 오류제어 방식으로 MPEG-4 비디오 압축표준의 데이터 분할 방식을 사용하여 압축하였고, 그렇게 분할된 비트스트림을 중요도에 따라 DMB 길쌈부호화의 부호화율을 조정하여 오류내성을 강화하고자 하였다. 이때 길쌈부호화에 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. 그림 1은 멀티미디어 데이터들을 전송하

는 Eureka-147의 전체 전송시스템을 나타낸 것으로, DAB 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.

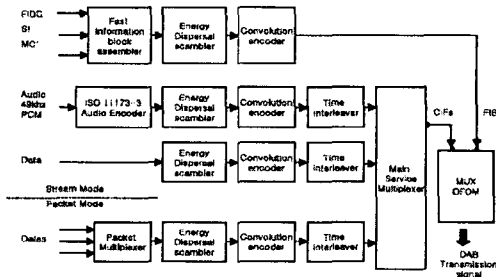


그림 1. DAB의 개념적인 전체 전송 시스템

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 길쌈 부호화됨으로 데이터의 중요도에 따라 오류보호가 이루어진다. 즉 유효데이터와 모부호의 비가 1:4인 상승부호화를 사용하여 모부호를 만든 후, 이 모부호의 일부를 평추어드 인덱스(Punctured index)에 의해 숨어내는 방법으로 부호화율을 가변할 수 있다.

Eureka-147 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. 부호화율에 따른 EEP 보호레벨은 표 1과 같다.

표1. 보호율에 따른 EEP 부호화율

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

III. 효율적인 오류내성 부호화 방안

3.1 MPEG-4 오류내성 부호화 방안

표준화가 진행 중인 DMB 시스템을 통해 MPEG-4 simple profile을 전송하고자 하는데, MPEG-4 simple

profile의 오류내성기법으로는 데이터분할방식, 재동기방식, 양방향 가변길이 부호화방식, INTRA 회복 방식, 오류은닉방법, CRC기법 등이 있다. 그 중 데이터분할방식은 중요도가 높은 헤더 정보와 움직임 정보를 중요도가 낮은 텍스춰(Texture) 정보와 분리시키는 방법으로 그림 2와 같은 구조를 갖는다. 즉 표시자(Marker)를 이용하여, 텍스춰 정보에 오류가 생겼을 경우에 움직임 정보에 오류가 전파되는 것을 막음으로써 오류내성에 강하게 하는 방법으로 중요한 데이터와 그렇지 않는 데이터를 분리하기 때문에 중요도에 따라 발생 비트량을 달리하는 DMB의 길쌈 부호화와 함께 사용하기 용이하다.

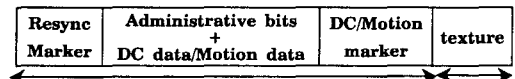


그림 2. 데이터 분할방식이 적용된 비디오 패킷 구조

3.2 제안한 데이터분할방식에 의한 부호화방안

본 논문에서 제안한 방안의 구성도는 다음 그림 3과 같다. 데이터분할을 이용하여 MPEG-4 비디오 압축을 한 후 그림 2와 같이 헤더와 DC/움직임 데이터로 구성된 P1(Partition 1)과 텍스춰 정보로 구성된 P2를 2개의 비트스트림으로 분리하여 DMB 시스템의 각각 서비스요소로 입력하고, P1과 P2에 적용되는 부호화율을 달리하여 전송프레임을 구성한다. 이와 같이 만들어진 DMB 전송프레임을 여러 환경의 채널을 통한 후 다시 복호화 과정을 거쳐 영상이 복원되게 한다.

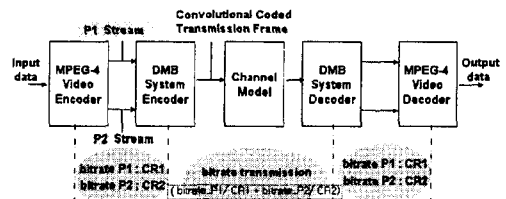


그림 3. 제안한 데이터분할에 의한 부호화방안의 구성도

이때 DMB 시스템 복호기의 출력인 전송데이터율은 P1과 P2에 적용되는 길쌈부호율에 따라 변화되는데, 비디오 압축 부호화시 중요하지 않는 데이터(P2)에 할당되는 비트량을 조절하여 전송데이터율이 오류보호기법의 사용 여부와 보호레벨에 관계없이 일정하게 제어하였다. 즉 그림 3에서와 같이 전송데이터율(bitrate transmission)은 P1의 비트율(bitrate P1)과 P2의 비트율(bitrate P2)을 각각 P1과 P2에 해당하는 길쌈부호율인 CR1과 CR2에 따라 변화시켜주어 일정하게 한다는 것이다. 비트율 제어를 위해 사용된 기본 방식은 DMB가 방송시스템임을 고려하여 TM5(Test Model 5)[3]방

식을 데이터분할에 적용할 수 있도록 변형하여 적용하였다.

◆ 비트율 제어 방식

본 논문에서 적용한 비트율 제어방식은 기본적으로 TM5의 비트율 제어방식과 같이 비트할당, 전송율 제어, 적응적 양자화의 3단계를 사용한다. 이때 비트율 제어기의 입력 변수인 비디오 부호기의 출력비트율 값은 DMB 시스템 부호기의 전송데이터율($bitrate^{Trans}$)로 함으로써 DMB 시스템에서 적용하는 길쌈부호화에 무관하게 전송데이터율이 일정하도록 제어하였고, 전송데이터율은 식 (1)로 나타낸다.

$$bitrate^{Trans} = bitrate^{P1}/CR^{P1} + bitrate^{P2}/CR^{P2} \quad (1)$$

여기서 $bitrate^{P1}$ 와 $bitrate^{P2}$ 는 분할된 데이터 P1과 P2에서 각각 발생하는 비트수이고, CR^{P1} 와 CR^{P2} 은 P1과 P2에 적용되는 길쌈부호율이다.

1 단계 : 비트 할당

비트할당은 프레임을 부호화하기 전에 이전프레임 복잡도를 바탕으로 현재 프레임에서 발생될 비트량을 사전에 예측하는 과정으로 복잡도 X_k' 는 식 (2)와 같다.

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

여기서 Q_k 는 평균양자화의 간격크기이고 S_k' 는 현재 프레임과 동일한 부호화 방식을 갖는 이전 프레임의 비트발생량으로 식 (3)과 같다.

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

실제 발생한 비트량이 전송 중에 적용되는 길쌈부호화에 의해 증가되는데 그러면 증가된 값에 의해 전송데이터율은 변하게 된다. 그러나 전송데이터율은 일정해야 한다. 이점을 고려하여 식 (3)과 같이 증가된 비트수에 대해 적용되는 길쌈부호율을 이용해 발생한 비트량(S_k')을 증가시킴으로써 앞으로 발생할 비트수를 줄여서 전송데이터율을 일정하게 할 수 있다. 식 (3)에서 S_k^{P1} 와 S_k^{P2} 는 분할된 데이터 P1과 P2의 이전프레임의 비트발생량이다.

현재 부호화할 k 번째 프레임의 부호화 방식이 $k \in \{I, P, B\}$ 일 때 이 영상에 할당되는 목표비트량 T_k 은 다음 식 (4)와 같다.

$$T_k' = \frac{X_k' / K_q}{\sum_{q \in \{I, P, B\}} X_q' / K_q} \times R' \quad , \quad k \in \{I, P, B\} \quad (4)$$

여기에서 X_k' , X_q' 는 식 (3)을 이용해 식 (2)에서 구한 복잡도이고, $q \in \{I, P, B\}$ 에 따른 K_q 는 상수값이며 N_q 는 남은 프레임수이다. 또 R' 는 현재 사용할 수 있는 비트량을 나타내는 값으로 초기값은 전송데이터율을 픽처율로 나

눠 구한 픽처당 비트수에 총 프레임수를 곱해 구해진다. 그런 다음 식 (5)와 같이 k 프레임이 부호화 될 때 마다 발생하는 비트량을 빼주는 것에 의해서 남은 비트량을 구한다.

$$R' = R' - S_k', \quad k \in \{I, P, B\} \quad (5)$$

2 단계 : 전송율 제어

전송율 제어 단계에서는 각 프레임의 부호화 형태마다 별개의 가상 버퍼를 설정하고, 각 가상 버퍼의 충만도를 고려하여 양자화기 계단 크기를 조절하는 단계로, j 번째 대블록을 부호화 할 때 프레임의 가상버퍼 충만도 d_j^k 는 식 (6)과 같다.

$$d_j^k = d_0^k + B_{j-1}' \frac{T_k'(j-1)}{MB_cnt}, \quad k \in \{I, P, B\} \quad (6)$$

여기서 d_0^k 는 $k \in \{I, P, B\}$ 에 대한 초기 가상버퍼 충만도이고 $T_k'(j-1)/MB_cnt$ 는 대블록 단위로 할당한 목표비트량의 누적치이다. 그리고 B_{j-1}' 는 (j-1)번째 대블록까지 실제로 발생한 비트의 누적치로 길쌈부호화에 의해 추가될 비트량을 미리 고려하면 식 (7)과 같다.

$$B_{j-1}' = B_{j-1}^{P1}/CR^{P1} + B_{j-1}^{P2}/CR^{P2}, \quad k \in \{I, P, B\} \quad (7)$$

여기서 B_{j-1}^{P1} 과 B_{j-1}^{P2} 는 P1과 P2의 (j-1)번째 대블록까지 실제로 발생한 비트의 누적치이다.

이렇게 구한 d_j^k 값을 이용하여 구한 양자화 간격크기 Q_j 는 식 (8)과 같다. 여기서 r 은 반응 매개 변수이다.

$$Q_j = d_j^k \times 31/r \quad (8)$$

3 단계 : 적응적 양자화

적용적 양자화는 인간의 시각 특성을 고려하여 대블록에서 양자화 간격을 조절하는 단계로, 식 (9)의 정규화된 복잡도 N_act_j 를 Q_j 에 곱하여 최종의 적응적 양자화 간격 크기를 얻는다.

$$N_act_j = \frac{2 * act_j + avg_act}{act_j + 2 * avg_act} \quad (9)$$

여기서 act_j 는 j 번째 대블록의 휘도 분산값이고, avg_act 는 이전프레임의 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 640Kbps로 3장에서 제안한 식에 의해 부호화하였다. 이때 데이터분할방식을 적용하지 않는 경우는 전체적으로 1/2의 길쌈부

호화율을 사용하였고, 데이터분할방식을 적용한 경우는 분할된 데이터에 대해 P2에는 모든 실험에 동일하게 1/2를, P1에는 1/4와 3/8의 두경우를 적용하였다.

그림 4는 가우시안 잡음이 첨가된 채널 전송시 SNR에 따른 BER 값을 구한 것이다. 전송된 데이터에 대해 10^{-4} 의 BER 값을 얻기 위해서 오류내성 부호화가 적용되지 않는 경우엔 12.5dB 정도가 필요하고, 데이터 분할없이 길쌈부호의 1/2 부호화율만을 적용한 경우는 7.5dB정도이고, 데이터분할 방식과 함께 길쌈부호의 P1 부호화율을 3/8을 이용한 경우는 6.8dB정도가, P1 부호화율이 1/4인 경우는 6.4dB정도가 요구된다는 것을 알 수 있다.

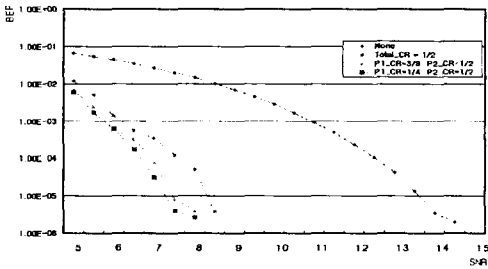


그림 4. 실험된 결과에 의한 SNR vs BER

그림 5는 SNR이 7.5dB일때의 'akiyo' 영상 120 프레임에 대한 평균 PSNR값이다. 여기에서 오류보호가 안된 데이터의 경우에는 심한 헤더손상에 의해 3번째 프레임까지만 복원되어서 PSNR 값을 구할 수가 없었다. 비록 데이터분할과 길쌈부호화를 함께 적용한 경우가 다른 두 경우에 비해 실제 발생비트량이 적으므로 부분적으로 보면 PSNR 값이 다소 낮은 부분이 있더라도, 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.

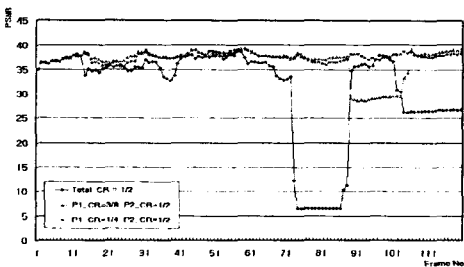


그림5. 실험결과에 따른 복원영상의 PSNR

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 5에 따른 영상결과로 화질열화특성이 잘 나타나 있는 88번째 프레임을 그림 6에서 보이며, 오류보호가 안된 데이터의 경우에는 3번째 프레임까지만 복원되었으므로 3번째 프레임을 보였다.

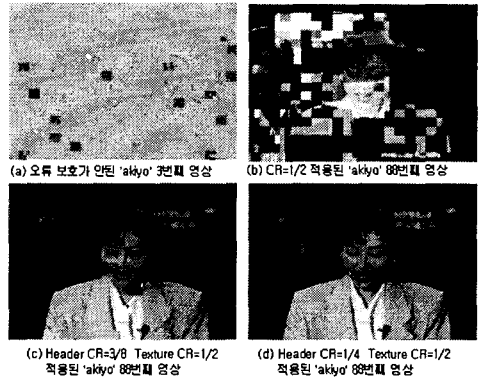


그림 6. 실험결과에 따른 복원된 'akiyo' 영상

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. 이 연구를 기반으로 추후에는 이 논문에서 제시한 방안엔 RS(Reed-Solomon) 코드를 추가하는 방안 에 대해 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] ETSI EN 300 401 V1.3.3(2001-05), "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers," ESTI, May 2001.
- [2] ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11, "MPEG-4 Video VM version 18.0," ISO/IEC 14496-2, Jan. 2001.
- [3] Document ISO-IEC/JTC/SC29/WG11, "Test Model 5," Draft, Apr. 1993.