

# AVC 잉여슬라이스를 이용한 DMB 비디오 스트림의 오류내성부호화

홍성훈, 백선희, 나남웅,  
전남대학교 전자정보통신공학과  
e-mail:hsh@chonnam.ac.kr

## Error resilience video coding of DMB video stream using AVC redundant slice

Sung-Hoon Hong, Sun-Hye Baek, Nam-Woong Na,  
Dept. Electronic Engineering, Chonnam National University

### 요 약

In the case of terrestrial DMB(Digital Multimedia Broadcasting) system that offers mobile multimedia broadcasting services, transmission error must be considered. Although DMB transmission system provides the error protection functions of convolution coding and Reed-Solomon (204,188,t=8) coding, additional error resilience video coding methods are needed to satisfy the requirement of BER lower than  $10^{-8}$ . In this thesis, we propose and evaluate effective error resilience coding schemes using the MPEG-4 redundant slice for MPEG-4 video services in the DMB environment. In this scheme, we analyze the drift error caused by transmission error based on the random noise concept and the redundant slice selection algorithm that selects the most influential slice in the view of the drift error increment.<sup>1)</sup>

### 1. 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. 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 시스템 규격에서 제공하는 길쌈부호화(Convolutional coding) 방식에 추가적으로 RS(Reed-Solomon) 부호화 (204,188,t=8) 방식을 함께 사용한다. 그러나 DMB 표준에서의 멀티미디어 서비스는  $10^{-8}$  정도의 비트오류율(BER)을 만족해야 하며, 이를 위해서는 현행 DMB 표준의 전송오류 보호방안에 추가적인 비디오 오류내성 부호화방식의 적용이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 MPEG-4 비디오 압축 부호화의 오

류내성부호화 방식 중 잉여슬라이스(Redundant slice) 방식을 이용하여 DMB 시스템을 통해 MPEG-4 비디오 스트림을 전송하는 경우에 효율적으로 오류를 제어하는 방안에 대해 연구하였다.

### 2. DMB 시스템 개요

지상파 DMB 시스템의 표준은 전송 시스템으로 Eureka-147 DAB 방식을 적용하고, 미디어 데이터들의 다중화 및 동기화를 위한 규격으로 MPEG-2 TS (Transport Stream)와 MPEG-4 시스템을 이용한다. 멀티미디어 서비스 규격은 비디오 압축 부호화 규격으로 MPEG-4 AVC(Advanced Video Coding)를, 오디오 압축 부호화 규격으로 MPEG-4 ER-BSAC(Error Resilience Bit Sliced Arithmetic Coding)을, 그리고 데이터 규격으로 MPEG-4 시스템의 OD-BIFS(Object Description-Binary Format for Scene)를 사용한다.

DMB 멀티미디어 서비스의 비디오 압축표준으로 사용되는 AVC는 MPEG-4 Part 10 혹은 H.264로 불리는 동영상 압축 방식으로, 국제표준화기구(ISO) 산하 동영상전문가그룹(MPEG)과 국제전기통신연합의 전기통신 표준화 부

\* 본 연구는 정보통신부의 정보통신기초기술연구지원사업으로 수행한 연구결과입니다

문(ITU-T)이 공동 작업반(JVT)을 구성해 2002년 3월 국제표준 최종안으로 채택하고, 2003년 말 최종확정 예정인 차세대 동영상 압축규격이다.

AVC는 기존의 MPEG-4 Part 2 보다 압축효율이 2배에서 3배가량 높을 뿐만 아니라 화질면에서도 더 나은 성능을 보이며, 또한 국내에서 개발한 기술이 다수 포함되었다는 장점이 있다. AVC Profile는 Baseline, Main, Extended의 세 종류가 있는데, 국내 지상파 DMB 표준에서는 Baseline profile을 사용하며 level에 대해서는 Level 1.3의 조건을 만족한다.

### 3. 잉여슬라이스를 이용한 오류내성 부호화 방안

#### 3.1 AVC의 잉여슬라이스

DMB 표준의 비디오 압축부호화 방식인 AVC[3] 표준에서는 오류내성부호화 방안 중 하나로 잉여슬라이스(Redundant slice) 기법을 제공한다. 잉여슬라이스 기법은 전송오류에 대한 내성을 향상시키기 위해 같은 내용의 슬라이스를 중복해서 보내는 방법이다. 이때 하나의 프레임에 대해 같은 프레임 번호를 갖는 최대 127개의 잉여프레임을 전송할 수 있고, 각 잉여프레임 내에 하나 이상의 잉여슬라이스가 포함될 수 있다. 또한 잉여슬라이스 기법은 DMB profile인 AVC baseline profile 규격에서 지원해주며, 잉여슬라이스의 사용에 따르는 부가적인 처리는 AVC baseline 규격의 복호기에서 해준다. 그러므로 DMB 시스템의 복호기는 전혀 영향을 받지 않아 DMB 시스템에 적용이 용이하다. 그러나 DMB 시스템의 중요한 서비스는 이동 서비스로 전송오류를 고려해야 함에도 불구하고 DMB 표준에서는 잉여슬라이스 기법을 포함한 대부분의 비디오 오류내성부호화 방식을 제한하고 있다. 따라서 본 논문에서는 DMB의 전송 시스템인 DAB 시스템을 기반으로 DMB 시스템에 적용이 용이한 잉여슬라이스 기법을 이용하여 효율적인 오류내성부호화 방안을 제안한다.

#### 3.2 제안 방안

본 논문에서 잉여슬라이스를 이용하여 오류내성부호화를 하기 위해 먼저 전송 오류가 있는 채널을 포함한 부호기/복호기 모델의 개략도[4]를 그림 1과 같이 가정하였다. 이때 복호기가 현재 복호화되는 슬라이스에 오류가 발생한 경우 동일한 위치에 있는 이전 프레임의 영상으로 대체하는 간단한 오류은닉 능력이 있다고 가정한다(이러한 복호기를 이하 오류은닉 복호기라 명함). 이와 같이 오류은닉 복호기를 사용하므로 전송오류로 인해 비트열의 일부가 손실되거나 변형되더라도 복호기는 나름대로 영상을 재생할 수 있다.

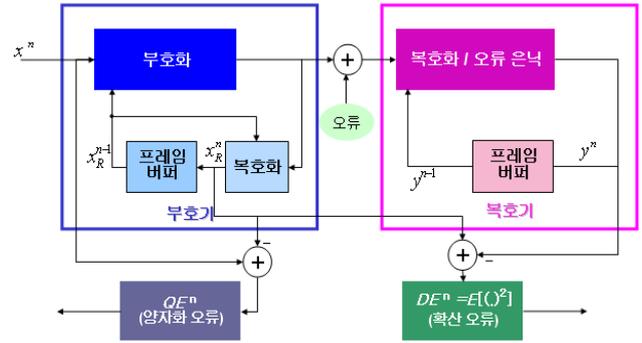


그림 1. 전송 오류가 있는 경우 부호기/복호기 모델

여기서 n번째 영상( $x^n$ )을 AVC 압축 비디오 부호화기를 적용하여 시공간적 예측과 양자화를 통해 비디오 데이터를 감축하여 전송하고, 다음 프레임의 부호화에 참조영상으로 사용하기 위해 복호화를 거친 후 저장하게 된다. 이때 저장을 위해 복원된 영상( $x_R^n$ )과 원영상( $x^n$ ) 사이에 양자화의 적용에 의해 차이가 생기게 되는데 이를 양자화 잡음에 의한 오류라고 하며 화질 저하의 원인이 된다. 오류가 있는 채널을 통해 전송할 경우 화질 저하의 다른 하나의 원인은 부호기의 복원영상( $x_R^n$ )과 복호기에 의한 복원영상( $y^n$ )의 차이에 의한 확산오류이다. 이는 복호기에서 참조를 위해 영상을 저장하고, 저장된 참조 영상을 이용하여 움직임 보상되는 과정에서 참조영상이 오류를 포함하거나 혹은 은닉하였더라도 오차가 남아있다면 그에 해당하는 확산오류가 이웃한 프레임으로 전파되게 되고, 이는 Intra 모드로 복호화되기 전까지는 계속적으로 존재하게 되므로 화질 저하의 큰 원인이 된다.

그림 1에서 양자화오류와 전송 오류에 기인하여 n 번째 복원영상이 갖는 총 잡음의 양  $TE^n$ 는 부호기에 입력되는 원영상( $x^n$ )과 복호기에서 복원되는 영상( $y^n$ )의 차와 같고, 양자화오류( $QE^n$ )와 확산오류( $DE^n$ )가 서로 비상관(uncorrelated)이라면 식(1)과 같이 양자화 오류와 확산오류의 합으로 나타나게 된다.

$$TE^n = E(x^n - y^n)^2 = E(x^n - x_R^n + x_R^n - y^n)^2 = E(x^n - x_R^n)^2 + E(x_R^n - y^n)^2 = QE^n + DE^n \quad (1)$$

여기서 E[.]은 기대값을 구하는 연산이고, 양자화오류와 확산오류는 각각  $QE^n = E(x^n - x_R^n)^2$ 와  $DE^n = E(x_R^n - y^n)^2$ 이다.

위에서 설명했듯이 채널오류에 기인한 화질 저하의 가장 큰 원인은 확산오류( $DE^n$ )인데, 식(1)로부터 부호화 모드가 Intra, Inter 그리고 skip 모드일 때 현재 복호화되는 영상이 전송오류가 없는 정상수신인 경우 재생영상에 포함될 확산오류( $DE_c^n$ )는 다음과 같다. 우선 Intra 모드인 경우는 복호기에서 복원된 영상과 부호기에서 복원된 영상이 같으므로 식(2)와 같다.

$$DE_c^n = E(x_R^n - y^n)^2 = E(x_R^n - x_R^n)^2 = 0 \quad (2)$$

한편 Inter 모드인 경우는 식(3)에 나타난 바와 같이

n-1번째 프레임의 확산오류( $DE^{n-1}$ )를 전송된 움직임 벡터  $mv$ 를 이용하여 움직임 보상한 것과 같다.

$$\begin{aligned}
 DE_C^n &= E(x_R^n - y^n)^2 \\
 &= E([x^n - x_R^{n-1}(mv) + q] \\
 &\quad + x_R^{n-1}(mv) - [x^n - x_R^{n-1}(mv) + q] - y^{n-1}(mv))^2 \\
 &= E(x_R^{n-1}(mv) - y^{n-1}(mv))^2 \\
 &= DE^{n-1}(mv)
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서  $x_R^{n-1}(mv)$ 와  $y^{n-1}(mv)$ 는 각각 부호기와 복호기에서 움직임 벡터( $mv$ )를 이용하여 n-1 번째 복원된 영상을 움직임 보상한 영상이고,  $DE^{n-1}(mv)$ 는 움직임 벡터( $mv$ )를 이용해 n-1 번째 영상의 확산오류를 움직임 보상한 것이다. 그리고 Skip 모드일 때는 식(4)와 같이 부호기/복호기에서 복원된 영상에 대해 이전영상을 그대로 사용하므로  $x_R^n = x_R^{n-1}$ 과  $y^n = y^{n-1}$ 이 성립한다.

$$DE_C^n = E(x_R^n - y^n)^2 = E(x_R^{n-1} - y^{n-1})^2 = DE^{n-1} \tag{4}$$

따라서 정상수신에 대한 확산오류를 정리하면 식(5)와 같다.

$$DE_C^n = E(x_R^n - y^n)^2 = \begin{cases} 0 & \text{for Intra} \\ DE^{n-1}(mv) & \text{for Inter} \\ DE^{n-1} & \text{for Skip} \end{cases} \tag{5}$$

한편 현재 복호화되는 영상에 전송오류가 발생한 오류수신일 경우에는 Inter, Intra 모드에 상관없이 현재 정보가 손실되고, 만약 손실된 정보를 이전 프레임의 동일위치 값으로 대체하는 오류은닉 복호기에 의해 현재 영상이 재생된다면  $y^n = y^{n-1}$ 이 성립된다. 따라서 오류수신일 경우에는 Inter, Intra 모드에 상관없이 복호기에서 복원되는 n번째 영상 프레임의 확산오류( $DE_e^n$ )는 식(6)과 같이 n-1 번째 프레임의 확산오류  $DE^{n-1}$ 에 새롭게 전송오류에 의해 발생한 오류인  $E(x_R^n - x_R^{n-1})^2$  값이 더해진 것을 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 DE_e^n &= E(x_R^n - y^n)^2 = E(x_R^n - y^{n-1})^2 \\
 &= E(x_R^n - x_R^{n-1} + x_R^{n-1} - y^{n-1})^2 = E(x_R^n - x_R^{n-1})^2 + DE^{n-1}
 \end{aligned} \tag{6}$$

한편 Skip 모드일 때는 전송오류와 상관없이 현재영상에 대해 이전영상을 그대로 사용하므로 오류수신일지라도 식(4)와 동일하다. 따라서 오류수신에 대한 확산오류를 정리하면 식(7)과 같다.

$$DE_e^n = E(x_R^n - y^n)^2 = \begin{cases} E(x_R^n - x_R^{n-1})^2 + DE^{n-1} & \text{for Intra, Inter} \\ DE^{n-1} & \text{for Skip} \end{cases} \tag{7}$$

그림 2는 본 논문에서 제안하는 잉여슬라이스 생성 방안을 나타낸 것으로, 현재 프레임에 포함된 슬라이스 중 전송오류가 발생할 경우 확산오류 증가량이 큰 슬라이스에 대해 잉여슬라이스를 적용하면 확산오류가 적게 증가한다는 사실에 근거한다.

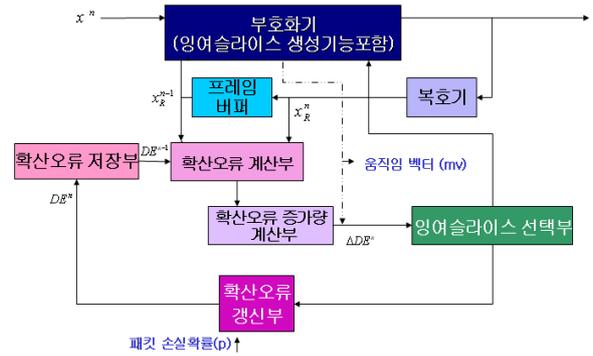


그림 2. 잉여슬라이스 선택에 대한 방안도

먼저 확산오류 계산부에서는 그림 1에서 설명한 바와 같이 식(5)와 식(7)을 이용하여 현재 프레임에 포함된 슬라이스에 대한 확산오류를 추정하고, 확산오류 증가량 계산부에서는 오류수신에 대한 확산오류( $DE_e^n$ )에서 정상수신에 대한 확산오류( $DE_C^n$ )를 뺄으로써 전송오류에 의한 확산오류의 증가량( $\Delta DE^n$ )을 식(8)과 같이 계산한다.

$$\Delta DE^n = DE_e^n - DE_C^n = \begin{cases} E(x_R^n - x_R^{n-1})^2 + DE^{n-1} & \text{for Intra} \\ E(x_R^n - x_R^{n-1})^2 + DE^{n-1} - DE^{n-1}(mv) & \text{for Inter} \\ 0 & \text{for Skip} \end{cases} \tag{8}$$

잉여슬라이스 선택부는 식(8)에 의해 구한 확산오류 증가량( $\Delta DE^n$ )이 큰 슬라이스부터 선택하는데, 이때 잉여슬라이스는 참조영상으로 사용되는 프레임에 대해서만 적용한다. 왜냐하면 참조영상으로 사용되지 않는 프레임에 전송오류가 생기더라도 확산오류가 다음 프레임으로 전파되지 않기 때문이다. 만일 한 프레임마다 하나의 잉여슬라이스만이 추가로 전송된다면 선택되는 슬라이스의 번호는 식(9)와 같이 구할 수 있다.

$$slice\_num = \arg \max_i (\Delta DE^n[i]) \tag{9}$$

여기서  $\Delta DE^n[i]$ 는  $i$ 번째 슬라이스에 대한 확산오류 증가량을 의미한다.

한편 다음 프레임의 확산오류를 추정하기 위해 현재 프레임의 확산오류를 갱신하고 저장하여야 하는데, 전송오류에 의한 패킷 손실확률이  $p$ 라고 하면 갱신된 확산오류는 잉여슬라이스가 적용되지 않는 슬라이스는 식(10)과 같이 식(7)의 오류수신에 대한 확산오류( $DE_e^n$ )에 패킷손실 확률  $p$ 를 곱한 값과 식(5)의 정상수신에 대한 확산오류( $DE_C^n$ )에 패킷손실이 없을 확률  $(1-p)$ 를 곱한 값을 더한 값이 된다.

$$\begin{aligned}
 DE^n &= p \cdot DE_e^n + (1-p) \cdot DE_C^n \\
 &= \begin{cases} p \cdot \{DE^{n-1} + E[(x^n - x_R^{n-1})^2]\} & \text{for Intra} \\ (1-p) \cdot DE^{n-1}(MV) + p \cdot \{DE^{n-1} + E[(x^n - x_R^{n-1})^2]\} & \text{for Inter} \\ p \cdot DE^{n-1} & \text{for Skip} \end{cases}
 \end{aligned} \tag{10}$$

만면 잉여슬라이스를 적용하는 슬라이스의 경우에는 동일한 슬라이스가 반복해서 전송되므로 패킷 손실확률이

$p$ 에서  $p/2$ 로 줄어들게 되어 갱신된 확산오류는 식(11)과 같다.

$$DE^n = \frac{p}{2} \cdot DE_c^n + (1 - \frac{p}{2}) \cdot DE_s^n$$

$$= \begin{cases} \frac{p}{2} \cdot \{DE^{n-1} + E[(x^n - x_r^{n-1})^2]\} & \text{for Intra} \\ (1 - \frac{p}{2}) \cdot DE^{n-1} (MV) + \frac{p}{2} \cdot \{DE^{n-1} + E[(x^n - x_r^{n-1})^2]\} & \text{for Inter} \\ \frac{p}{2} \cdot DE^{n-1} & \text{for Skip} \end{cases} \quad (11)$$

식(11)로부터 잉여슬라이스가 적용되는 슬라이스에 대한 갱신된 확산오류는 그 값이 대체적으로 절반으로 줄었음을 알 수 있다.

#### 4. 실험

본 논문에서는 AVC의 잉여슬라이스 기법을 이용하여 DMB 비디오 스트림의 오류내성 부호화 방안에 대해 연구하였다. 먼저 CIF 규격의 'akiyo' 영상 시퀀스 120 프레임의 제안된 방안에 따라 잉여슬라이스를 적용하여 부호화한 후 전송오류를 포함하는 채널환경을 통해 전송하였다.

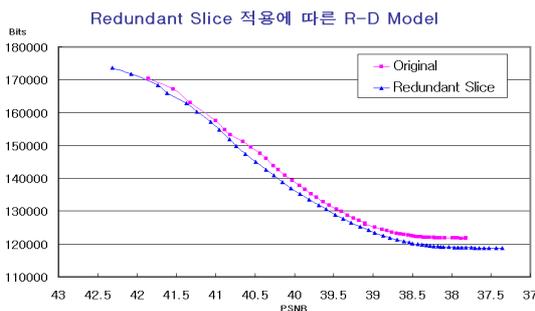


그림 3. Redundant Slice 적용에 따른 R-D 모델 ( $p=10^{-4}$ )



그림 4. 복원된 'akiyo' 결과영상( $p=10^{-4}$ ) (87th~89th)

그림 3은 패킷 손실 확률  $p=10^{-4}$ 의 채널 환경에 대해 잉여슬라이스 적용에 따른 실험 결과인 RD(Rate-Distortion) 모델을 보여주는데, 여기서 Distortion은 RSNR 값을 이용하여 나타냈다. 잉여슬라이스를 적용한 경우에 같은 비트량에 대해 성능이 향상됨을

그래프를 통해 알 수 있다.

그림 4는 잉여슬라이스 기법 적용에 따른 결과영상이다. 잉여슬라이스가 적용되지 않는 경우는 전송오류를 포함하는 슬라이스를 그대로 참조함으로 확산오류가 누적되어 감을 볼 수 있고, 반면에 잉여슬라이스를 사용한 경우는 전송오류를 포함하는 슬라이스에 대해서는 추가로 전송된 잉여슬라이스를 대신 참조함으로 확산오류가 발생하지 않음을 알 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 오류내성부호화 방안으로 잉여슬라이스를 적용하는 방안을 제시하였고, 실험을 통해 그 성능을 알아보았다. 전송오류를 포함하는 압축된 동영상 데이터에 대해 복호기에서 은닉되지 않는 오류가 있거나 혹은 은닉되었다 하더라도 원래의 데이터와 오차에 의해 발생하는 확산오류를 잉여슬라이스의 추가 전송으로 인해 최소화할 수 있다는 것을 보였다. 또한 확산오류 증가에 큰 영향을 미치는 데이터에 대해 채널의 패킷손실 확률을 줄여 화질 열화를 최소화할 수 있으며, 특히 오류가 있는 데이터 대신 오류가 없는 여분의 데이터를 참조함으로써 화질 열화를 방지할 수 있는 효과가 있다.

#### 참고문헌

- [1] 정보통신단체 표준안, "초단파 디지털라디오방송 비디오 송수신 정합표준,"
- [2] 정보통신단체 표준안, "초단파 디지털라디오방송 송수신 정합표준,"
- [3] JVT, "Draft Text of Final International Standard for Advanced Video Coding," March 2003.
- [4] 강동욱, "오류내성을 갖는 H.26L 부호기," 방송공학회지 제 7권.