

T-DMB용 H.264|AVC 부호기에서의 부호화 모드 결정 기법

*김용태, *유영일, **이승준, *강동욱, *김기두
*국민대학교 전자정보통신공학부, **㈜엠큐브웍스
ytkim@kookmin.ac.kr

Mode Decision Algorithms in the H-264|AVC Encoder Applicable for the T-DMB Service

*Yongtae Kim, *Youngil Yoo, **Seungjun Lee, *Dongwook Kang, *Kidoo Kim
School of Electrical Eng., Kookmin University, **McubeWorks Inc.

요약

T-DMB 서비스의 경우 무시할 수 없는 빈도로 자주 전송 오류가 발생할 가능성이 있으므로, 내부 비디오 코덱인 H.264|AVC는 이 전송 오류에 의한 영향을 극복하기 위한 방안을 갖추도록 설계되어야 한다. 본 논문은 이 경우에 대비하여, 오류 내성이 있는 새로운 부호화 모드 결정 기법을 제안한다. WCDMA 채널을 통한 전송 시뮬레이션을 통하여, 제안하는 부호화 모드 결정 기법을 적용하는 경우 오류 내성을 고려하지 않고 부호화 모드를 결정하는 경우에 비해서 고-복잡도의 경우에는 평균적으로 0.77dB, 저-복잡도의 경우에는 0.35dB의 재생화질 개선 효과가 있음을 보였다. 고-복잡도 부호화 모드 결정 기법의 경우는 H.263에서 제시된 고-복잡도 부호화 모드 결정 기법에 비해서 평균적으로 0.11dB 개선된 값이다.

I. 서론

T-DMB 방송은 Eureka-147 DAB (digital audio broadcasting)를 확장함으로써 지상파를 사용하여 AV 서비스를 제공하고자 TTA에서 표준화 과정이 진행중인 우리 고유의 차세대 방송서비스이다. 이때 사용하는 비디오 신호 압축 규격은 최근 ITU-ISO/IEC 공동 표준으로 채택된 H.264|AVC이다. 오디오 신호와는 달리 비디오 신호의 경우에는 채널에서의 전송 오류에 의해서 복원 신호가 매우 심하게 왜곡된다. 따라서 TTA에서는 비디오 신호의 경우에는 다중화된 비트스트림에 대해서 행하는 기존의 FEC와 별도로 비디오 신호에만 적용되는 채널 오류 정정 부호화 과정을 추가하여 비트오류확률을 DTV 수준인 10^{-8} 이하의 전송 환경을 제공할 것을 제시하고 있다. 그러나 이 목표 비트오류확률은, 이동전화시스템에서 데이터 통신을 위해서 제공하고 있는 비트오류확률이 10^{-4} 수준임을 감안할 때, 과도하게 낮게 책정된 것이다. 차후 이 규격에 대해서는 새롭게 논의되어야 할 것이지만, 본 논문에서는 비트스트림의 전송 오류가 상당한 정도로 발생하리라는 점과 비디오 복호 과정에서 이러한 무시할 수 없는 빈도로 발생하는 전송 오류에 의한 시스템의 오동작이나 화질 열화를 최대한 방지하기 위한 오류 은닉 과정이 사용되리라는 것을 가정한다.

전송 오류가 발생할 수 있는 환경이라면, 부호기 입장에서는 복호기들이 전송 오류에 의해서 훼손된 비트스트림을 받거나 비트스트림의 일부분을 망실하더라도 훼손되지 않은 상태로 수신된 나머지 비트스트림을 사용하여 전송 오류에 의한 영향을 은닉하기에 유리하도록 비트스트림을 구성하는 것이 요구된다. 전송 오류가 있는 환경에서는 일반적으로 원격 수신기의 복호기들이 재생하는 영상은 부호화 과정에서 발생한 양자화 잡음뿐만 아니라 전송 오류의 은닉 과정에서 추가적인 왜곡이 발생하여 송신기에 내재된 국부 복호기에서 재생하는 영상에 비해서 더욱 심하게 열화된 영상이다. 뿐만 아니라 프레임간 예측 부호화 구조에서는 한번 발생한 왜곡은 다음 프레임으로 계속하여 전파되어간다. 따라서 원격

복호기로 하여금 누적된 전송 오류의 영향을 완전하게 차단할 수 있는 기회를 더 많이 제공하도록 프레임이나 GOB, 또는 매크로블록을 인트라-프레임 부호화 모드를 선택하여 부호화함으로써 오류에 대한 내성을 향상시킬 수 있다. 이러한 효과를 인트라 리프레시라고 부른다.

부호화 모드의 선택은 부호화 효율과 직결된 문제로서, 인트라 리프레시를 통한 오류 내성의 추구는 부호화 효율성의 추구와는 서로 배타적인 관계에 있다 [1]. 즉 필요 이상 자주 인트라 모드로 부호화하면, 부호화 효율이 떨어지게 되어 전송 오류의 차단을 통한 end-to-end distortion 개선 효과를 상쇄하게 된다. 따라서 부호기의 입장에서는 부호화 효율성과 오류 내성 사이의 최적의 타협점을 찾는 것이 중요하다.

예측 오차 신호의 SAD(sum absolute differences)를 계산해보고 그 값이 최소가 되는 부호화 모드를 선택하는 저-복잡도 부호화 모드 결정 기법에서 오류 내성을 향상시키는 방법으로는 GOB 또는 매크로블록의 주기적인 인트라 리프레시 기법이 사용되어 왔다 [2]. 그러나 주기적으로 인트라 프레임 부호화를 하는 경우에는 이 두 인트라 리프레시 기법에 의해서 발생하는 오류 내성의 향상 효과는 거의 없어진다.

한편 Wiegand 와 Sullivan 은 전송 오류가 발생하는 환경을 위해서 H.263 부호화에 적용할 수 있는 고-복잡도 모드 결정 기법을 제안하였다[3]. 고-복잡도 모드 결정 기법이란 각 모드에 대해서 부호화 과정을 수행하여 얻게 되는 비트스트림의 길이와 복원영상의 왜곡을 라그랑 상수(Lagrangian multiplier)를 사용하여 하나의 통합 비용함수로 묶어내어 이를 최소화하도록 모드를 결정하는 기법을 의미한다. 그들은 다음과 같은 비용함수 함수를 오류가 없는 경우의 최적 코스트에 더하여 그 값을 최소화하는 부호화 모드를 결정함으로써 효율성과 오류-내성을 동시에 고려한 최적의 부호화 모드 결정 기법이 될 것으로 기대하였다.

$$\Delta J = \begin{cases} p(D_2 - D_q) & \text{INTRA} \\ (1-p)pD_2(v, n-1) + p(D_2 - D_q) & \text{INTER} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 p 는 해당 매크로블록의 전송 오류 확률을, D_q 는 부호화된 해당 매크로블록에 포함된 양자화 잡음을 나타내고, D_2 와 $D_2(v, n-1)$ 는 전송 오류를 은닉하는 과정에서 발생하는 현 프레임에서의 은닉 왜곡과 움직임 벡터 v 만큼 보상된 위치의 이전 프레임 (움직임 보상을 위한 참조 프레임) 화소들의 은닉 왜곡을 각각 나타낸다. 그리고 R 은 해당 매크로블록에 대한 각종 정보를 표현한 비트스트림의 길이를 나타내고 λ_M 는 통합 비용함수를 정의하기 위한 라그랑 상수이다.

D_2 는 부호기에 내재하는 국부 복호기가 정상적으로 재생하는 매크로블록의 화소값과 수신기에 위치한 원격 복호기가 전송 오류가 발생할 때 오류를 은닉하여 구성할 것이라고 가정하는 매크로블록의 화소값 사이의 SSD (sum squared difference)로서 계산된다. 따라서 이 값은 부호화 모드에 상관없이 상수가 된다. 그리고 D_q 는 원영상과 국부 복호기의 재생 영상의 화소값들 사이의 SSD로서 계산된다.

Wiegand가 제안한 통합 비용함수에 포함된 개념은 인터 모드의 경우에 움직임 보상을 참조하려는 이전 프레임의 해당 정보가 왜곡된 정보일 확률만큼 인터 모드의 비용함수에 불이익을 가함으로써 그러한 불이익을 가하지 않는 경우에 비해서 더 많은 매크로블록을 인트라 모드로 부호화하고자 한다. 그러나 이 알고리즘에서는 매 프레임마다 D_2 의 계산이 새롭게 이루어지며, 이전의 은닉 왜곡은 완전히 무시된다. 이에 따라 장면 전환 후의 정지영역에서는 더 이상 은닉 왜곡은 발생하지 않는 것으로 가정하게 되는데, 만일 매우 드물게 발생하지만 장면 전환이 발생하는 프레임에서 해당 매크로블록의 전송 오류가 발생하고 그 다음부터 해당 매크로블록이 오랜 동안 정지 영역에 머무르는 경우, 전혀 엉뚱한 영상이 계속하여 재생되는 현상이 발생하여 화질을 급격히 떨어뜨리는 단점이 있다.

이 문제를 해결하기 위해서 전송 오류에 의해서 발생하는 은닉 왜곡의 프레임간 전파 모델을 사용한 모드 결정 기법이 제안되었다 [4]. 이 기법은 오류를 고려하지 않은 최적의 비용함수에 모드 별로 표류잡음 전력의 추정치를 더하여 그 값을 최소화하도록 부호화 모드를 결정한다. 이때 새롭게 정의되는 왜곡인 표류잡음 전력 D_3 는 부호기에 내재된 국부 복호기와 수신기에 있는 원격 복호기가 재생하는 영상들 사이의 불일치 정도를 나타내는 표류 잡음의 전력으로서 두 재생 영상 화소값들의 SSD에 해당되는 값을 모델을 통해서 추정하는 값이다.

인트라 모드인 경우에 표류 잡음은 이전 프레임의 같은 위치의 표류 잡음을 상속받는데, 상속받을 확률은 매크로블록의 전송 오류확률인 p 이다. 인터 mode의 경우에는 이전 프레임의 같은 위치와 움직임 보상된 위치의 표류 잡음들을 상속받는데 각각을 상속받을 확률은 p 와 $1-p$ 이다. 한편 이 상속받은 표류 잡음에 매 프레임마다 전송 오류 확률로 가중된 D_2 가 더해지는 다음과 같은 표류잡음 전력의 전파 모델을 제안되었다:

$$D_3 = \begin{cases} p[D_2 + D_3(0, n-1)] & \text{INTRA} \\ (1-p)D_3(v, n-1) + p[D_2 + D_3(0, n-1)] & \text{INTER} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 D_2 는 식(1)에서 정의한 은닉 왜곡과 같고, $D_3(v, n-1)$ 은 이전 프레임의 표류 잡음 전력을 움직임 벡터 v 로 움직임 보상하여 가져온 왜곡 성분이다. 이 모델은 식 (1)을 사용하는 경우의 문제점을 상당히

개선하고 있으나, 문제를 완전히 해결한 것은 아니다. 즉, 이 모델의 경우 준정지영역(quasi-stationary area)에서의 시간축상의 화소 변화가 어느 정도인가에 따라서 전송 오류의 차단에 걸리는 시간이 결정된다. 거의 변화가 없는 화소들로만 구성되는 매크로블록이라면 그 시간은 매우 길어져서 전송오류의 차단 효과는 식 (1)의 결과와 같아진다.

은닉 왜곡이나 표류 잡음 전파 모델을 사용한 인트라 리프레시 기법이 갖는 또 다른 한계점은 근본적으로 고-복잡도 모드 결정 기법과 결합해서 사용해야만 한다는 점이다. 이는 은닉 왜곡이나 표류 잡음의 전력을 갱신하고 있기 때문이다.

II. 새로운 표류잡음 전파 모델과 모드 결정 기법

원영상과 원격 복호기의 재생 영상 사이의 차이를 나타내는 end-to-end distortion은 양자화 잡음과 표류잡음의 합이다. 여기서 양자화 잡음은 원영상과 부호기에 내재된 국부 복호기에서 재생한 영상 화소값의 차이를 나타내고, 표류 잡음은 부호기에 내재된 국부 복호기와 수신기에 위치한 원격 복호기가 각각 재생한 영상의 화소값 차이를 나타낸다.

인트라 모드들에서 표류잡음의 전파 모델은 다음과 같다:

$$d_n = \begin{cases} 0 & 1-p \\ (1-p)(d_{n-1} + \hat{f}_{n-1}) + p \cdot P_0 - \hat{f}_n & p \end{cases} \quad (3)$$

여기서 d_n 과 d_{n-1} 이 현 프레임과 이전 프레임의 해당 위치 화소에 포함된 표류 잡음을 나타내고, \hat{f}_n 과 \hat{f}_{n-1} 은 부호기에 내재된 국부 복호기가 재생한 현 프레임과 이전 프레임 영상의 해당 위치 화소값을 나타낸다. p 는 전송오류확률로서 해당 화소가 오류 은닉에 의해서 재구성될 확률을 나타낸다. 그리고 오류 은닉시에 나타나는 P_0 는 화소가 나타낼 수 있는 값의 중간 레벨, 즉 8비트로 화소값을 표현하는 경우에는 128을 나타낸다.

오류 은닉 과정에서 이전 프레임의 화소값을 그대로 가져오는 대신에 P_0 라는 중간 레벨과의 가중합을 사용하여 약간의 레벨 편이를 행함으로써 불확실성을 고려한 오류 은닉을 행하는 효과를 가져온다. 누적된 오류 은닉은 전혀 예상하지 못하는 화소값을 사용하여 현 프레임의 화소를 구성할 것인데, 대체적으로 그 값은 P_0 로 수렴해갈 것이라는 가정이 포함되어 있다.

한편 인터 모드들에서의 표류 잡음 전파 모델은

$$d_n = \begin{cases} d_{n-k}(v) & 1-p \\ (1-p)(d_{n-1} + \hat{f}_{n-1}) + p \cdot P_0 - \hat{f}_n & p \end{cases} \quad (4)$$

여기서 인트라 모드에는 나타나지 않은 $d_{n-k}(v)$ 는 k -번째 이전 프레임으로부터 움직임 벡터 v 만큼 움직임 보상된 화소에 포함된 표류 잡음을 나타낸다. k 와 v 는 해당 매크로블록의 정상적인 복호 과정에서 얻는 레퍼런스 프레임의 인덱스와 움직임 벡터이다.

오류 은닉에 의해서 발생하는 표류 잡음의 전파는 인트라 모드와 동일하지만, 해당 매크로블록의 정보가 정상적으로 전달되어 복호되는 경우에도 표류 잡음은 움직임 보상 과정에서 다음 프레임으로 전파됨을 나타내고 있다.

만일 양자화 잡음과 표류 잡음 사이에 상관성이 존재하지 않고 양자화 잡음의 평균값이 0이라고 가정하면, 2차 모멘트에 기반한 왜곡을 정의하는 경우, 다음과 같은

비용함수 함수를 최소화하는 부호화 모드를 선택하면 end-to-end distortion 이 최소가 된다:

$$J = D_q + D_3 + \lambda_M R \quad (5)$$

여기서 D_q 는 부호화 과정에서 발생한 양자화 잡음의 제곱합을 나타내며, D_3 는 표류 잡음의 2차 모멘트의 합을 나타내며, 본질적으로 식 (2)에서 정의된 값과 동일한 의미를 갖는다. 그러나 D_3 는 식 (2) 대신에 식 (3)과 (4)에서 정의된 전과 모델을 이용하여 구한다.

한편 제안하는 표류 잡음 모델을 사용하면, SAD 기반의 저-복잡도 부호화 모드 결정 기법에서도 활용이 가능하다. 즉 모드별 불이익을 가한 SAD를 비교함에 있어서 인터 모드에 대해서 부가적인 불이익을 더해줌으로써 가능하다:

$$J = SAD + \tilde{D}_3 + \lambda_{rasm} \tilde{R}(v) \quad (6)$$

여기서 $\tilde{R}(v)$ 는 인터 모드 복호에 필요한 움직임 벡터를 사용하여 추정된 해당 매크로블록 정보를 표현하는데 필요한 비트스트림의 길이 추정치이고, 라그랑 상수는 $\lambda_{rasm} = \sqrt{\lambda_M}$. 그리고 \tilde{D}_3 는 D_3 의 SAD에 대응되는 값으로서 식 (3)과 (4)에 정의된 표류 잡음으로부터 다음에 해당되는 값을 매크로블록 단위로 구한다:

$$E[d_{n-k}(i+v)] + \sqrt{E[d_{n-k}^2(i+v)]} - E^2[d_{n-k}(i+v)] \quad (7)$$

III. 모의실험 결과

T-DMB 를 위해 규정된 비디오 부호화 규격은 H.264|AVC Baseline Profile@Level 1.3 이다. Baseline Profile 을 따름으로써, H.264|AVC 의 여러 가지 부호화 도구 중에서 CABAC 이라는 가변길이부호화와 데이터 분할 (Data partitioning), SP/SI 교환 (SP/SI switching slice), B slice types, Weighted Prediction 등을 사용하지 않고 부호화하여야 하며, 비일 주사 형식도 지원하지 않는다. 그리고 Level 1.3 이 의미하는 내용은 30fps 의 CIF (common 인터 mediate format: 352x288) 영상을 최대 규격으로 하여 768 kbps 이하의 비트율로 부호화하는 것이다. 한편 이와는 별도로 T-DMB 에서는 비디오 스트림의 랜덤 액세스를 위해서 2 초 주기의 인터 프레임 (IDR) 코딩을 강제하고 있다 [5].

본 실험에서는 기본적으로 T-DMB 의 규정을 따라 입력 영상을 부호화하였으나, Baseline Profile 규격에 포함된 부호화 도구 중에서 FMO (Flexible macroblock ordering), ASO (Arbitrary slice ordering), RS (Redundant slices) 등의 도구는 사용하지 않았다. 제안하는 매크로블록 부호화 모드 결정 기법과 그것을 위한 은닉 왜곡과 표류 잡음 갱신 모델, 그리고 제안하는 표류 잡음의 1,2차 모멘트 전과 모델을 H.264 JM8.6 에 추가하여 실험에 사용할 부호기를 구성하였다.

실험은 CIF 영상을 그 내용에 따라 프레임율을 6 (Birthday, Childern, Tempete), 7.5 (Coastguad, Foreman, Paris), 10 (Sean, Singer, Weather), 15 (Container, Hall, News), 30 (Akiyo, Mom & Daughter, News2)인 4 개의 그룹으로 분류하여 각각을 각각 4 개의 비트율로 고정비트율 부호화하였다. 각 시퀀스는 8 초간 부호화하였으며, 따라서 중간에 2 초마다 한 번씩 총 3 번의 인터 프레임이 존재한다. 비트스트림을 10 회의 서로 다른 오류를 모의하는 채널을 통과시킨 다음 복호기에서 복원한 10 개의 복호영상 시퀀스들의 평균 PSNR 을 성능 비교의 척도로 하였다. 채널 모델로는 속도 50 km/h 로 이동 수신하는 3GPP/3GPP2 의

비트오류패턴[6]을 사용하였다.

그림 1 은 News 영상에 대하여 4 개의 목표 비트율을 사용하여 고정비트율 부호화한 결과를 보이고 있다. 알고리즘에 상관없이 목표 비트율을 잘 지켜서 부호화하고 있음을 알 수 있다. 그림은 모든 비트율에서 제안하는 부호화 모드 결정 기법을 적용한 경우의 복원화질이 대체로 가장 우수함을 보여준다. 그것은 저-복잡도 모드 결정(그림의 실선들)이나 고-복잡도 모드 결정(그림의 점선들)에 상관없이 공통적인 결과이다. 그림에서 주목할 만한 점은 낮은 비트율로 부호화하는 경우에 주기적인 GOB 리프레시를 행함으로써 오히려 최종 복호된 영상의 평균 PSNR 을 떨어뜨린다는 점이다. 그러나 점차 목표 비트율을 높게 되면 GOB 리프레시에 의한 화질 개선 효과가 서서히 나타나고 있다. 4 개의 목표 비트율에서 향상된 PSNR 증가분들의 평균은 저-복잡도 모드 결정에서는 0.64dB, 고-복잡도 모드 결정에서는 0.34dB 이다 (표 1 참조). 반면에 H.263 의 고-복잡도 모드 결정 기법을 적용한 경우에는 평균 0.02dB 의 손해가 발생함을 보여준다.

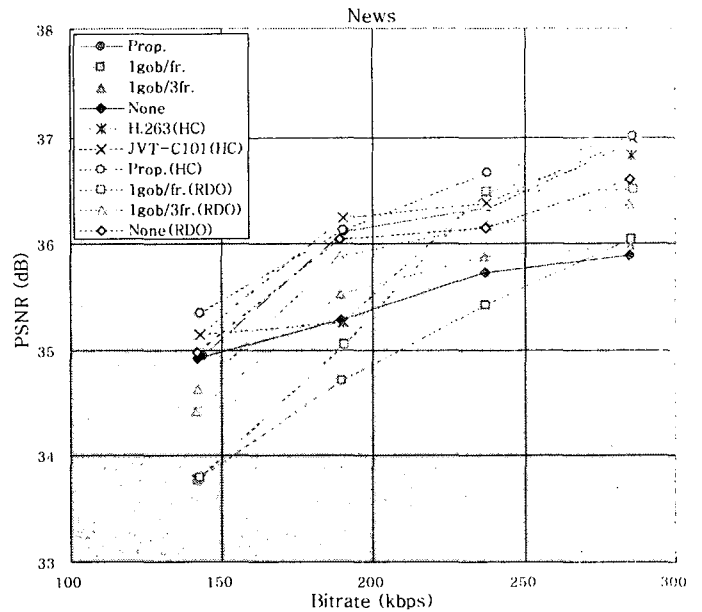


그림 1. News 영상에 대한 모의실험 결과. 4 개의 목표 비트율을 사용하여 고정비트율 부호화한 비트스트림을 전송 오류가 발생하는 채널을 통하여 10 회 모의 전송한 다음 복호기에서 재생한 영상들의 평균 PSNR.

표 1 에 실험결과를 요약하였다. 표 1 에서 나타내고 있는 평균 PSNR 의 개선이란 4 개의 목표비트율에 대한 평균 PSNR 들을 주기적인 인터 프레임 부호화 이외에는 다른 어떤 추가적인 고려를 하지 않고 부호화한 경우(그림 1 의 None 과 None(RDO))에 얻은 복원영상의 평균 PSNR 과의 차이를 나타낸 것이다.

표 1. 오류 내성 부호화 모드 결정 기법을 적용함에 따른 복호기 재생영상의 평균 PSNR 개선 (dB)

Mode decision Error resilient algorithm	Low-complexity			High-complexity				
	Prop.	1GOB /Fr	1GOB /3Fr	H.263	JVT- D108	Prop.	1GOB /Fr	1GOB /3Fr
Akiyo	0.07	-2.04	-0.64	0.14	-0.00	0.12	-1.85	-0.62
Mom & Daughter	0.05	-1.05	-0.31	-0.02	-0.09	0.04	-0.97	-0.30
News2	0.24	-2.73	-0.76	0.20	0.09	0.30	-2.55	-0.65
Container	-0.11	0.11	-0.03	0.04	0.78	0.83	0.32	0.07
Hall Monitor	0.34	-0.24	-0.20	1.00	1.05	1.03	-0.16	-0.16
News	0.64	-0.47	-0.00	-0.02	0.25	0.34	-0.49	-0.18
Sean	0.70	-0.48	-0.12	1.66	1.14	1.60	-0.18	-0.56
Singer	1.06	-0.70	-0.38	1.86	2.10	2.01	-0.18	-0.13
Weather	-0.02	-1.60	-0.58	0.92	1.17	1.23	-1.15	-0.31
Coastguard	0.27	0.09	-0.03	0.29	0.43	0.40	0.14	0.09
Foreman	0.16	-0.10	-0.20	1.60	1.82	1.53	0.08	0.19
Paris	0.37	-0.70	-0.40	0.72	0.76	0.83	-0.73	-0.17
Birthday	0.40	-0.02	0.02	0.94	0.92	1.00	-0.08	-0.07
Children	0.94	0.21	-0.09	1.00	1.16	0.93	-0.11	-0.17
Tempete	0.13	-0.11	-0.14	-0.02	-0.11	-0.09	-0.19	-0.21
Average	0.35	-0.66	-0.26	0.66	0.78	0.77	-0.54	-0.22

표 1 은 제안하는 알고리즘을 사용함으로써 전송 오류를 고려하지 않는 모드 결정 기법과 비교하여 평균적으로 0.77dB 의 화질 개선 효과가 있음을 나타내고 있다. 전체적으로 제안하는 알고리즘은 JVT-C101 에서 제안된 표류잡음 전력 전파 모델에 기반한 모드 결정 기법과 대등한 성능을 보인다. 반면에 H.263 에 제시된 은닉 왜곡을 고려한 모드 결정 기법에 비해서는 평균적으로 0.11dB 더 우수한 화질의 영상을 복원하고 있음을 나타낸다.

표 1 에서 알 수 있는 바와 같이 저-복잡도 모드 결정 기법에서도 오류 내성 향상을 위해 사용되는 GOB 단위의 주기적인 인트라 리프레시가 기대와는 달리 좋은 결과를 나타내지 못한다. 즉, 인트라 리프레시에 의한 오류 내성의 증가는 미미한 대신에 이로 인한 부호화 효율의 과도한 열화에 따라서 최종적으로 얻는 end-to-end distortion 도 상승하게 된 것을 보여주고 있다. 그러나 제안하는 모델 기반의 인트라 리프레시는 평균적으로 약 0.35dB 의 화질 개선 효과가 있음을 나타내고 있다.

IV. 결론

채널 오류에 의한 화질 열화의 시간적인 전파를 차단하기 위한 새로운 인트라 리프레시 기법을 제안하고, 제안하는 방식을 사용함으로써 기존의 기법과 비교할 때 동일한 비트율로 영상을 부호화할 때 원격지의 복호기들이 평균적으로 더 적은 end-to-end distortion 을 포함한 영상을 재생해낼 수 있음을 모의실험을 통하여 보였다. 15 개의 CIF 영상에 적용한 시뮬레이션 결과는 제안하는 기법에 의한 화질 개선 효과는 고-복잡도 부호화 모드 결정 기법에 적용하는 경우에는 0.77dB, 저-복잡도 모드 결정 기법에 적용하는 경우에는 0.35dB 이었다. 따라서 T-DMB 신호를 이동 수신하는 환경에서는 강인한 채널오류정정부호를 사용한다고 하더라도 여전히 높은 빈도의 전송 오류가 발생할 수 있다고 가정할 때, 제안하는 부호화 모드 결정 기법은 T-DMB 용 H.264/AVC 부호기가 반드시 갖추어야 할 도구라고 판단된다.

참고문헌

- [1] Y. Wang, et al., "Error resilient video coding techniques," IEEE Signal Processing Magazine, pp.61-82, July 2000.
- [2] G. Bjontegaard, "H.26L Test Model Long Term Number 8 (TML-8) draft 0," June. 2001.
- [3] S. Wenger, et al., "Test model 11 rev. 2 of Q.15/SG16 (H.263),"Feb. 1999.
- [4] Chul-Woo Kim, et al., "High complexity mode decision for error prone channel," JVT-C101, May 2002.
- [5] 김용한, "지상파 DMB 표준," 2004 년도 한국방송공학회 디지털 방송기술 워크샵, 서울, 2004 년 10 월.
- [6] Viktor Varsa, et al., "Common Test Conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2," ITU-T SG16/Q6 Contribution: VCEG-M77, April, 2001.