



## ABSTRACT

본 논문은 전송 오류가 존재하는 환경에서 사용될 수 있는 오류 내성을 갖는 비트스트림을 생성하기 위한 H.26L 부호화 알고리즘을 소개한다. 소개되는 새로운 부호화 알고리즘은 기존의 GOB 단위 forced intra-refreshment 기법이나 multiple decoder simulation 기반 RD 최적화 기법에 비해서 RD 특성 등에서 대단히 우수한 성능을 보인다.

## 1. Introduction

오류 내성을 갖는 비디오 코덱은 기존의 유선망에 비해서 월등히 불확실성이 높은 무선이동통신망을 통해서 영상 서비스를 제공하고자 하는 3세대 이동통신시스템의 등장과 함께 그 필요성이 인식되기 시작하였다. 여기서 비디오 코덱이 오류 내성을 갖는다는 의미는, 비트스트림을 전달하는 과정에서

채널의 불확실성에 의해서 오류가 발생하는 경우에도 복호기 재생 화상의 화질 열화가 최소화될 수 있도록 설계된 부/복호 방법론들이 사용된다는 의미이다. 즉, 지금까지 부호기는 복호기의 상태나 동작에 대해서는 별도의 고려 없이 최고 효율성을 목표로한 부호화를 행하여왔으나, 전송 오류가 발생하는 채널 환경에서 그렇게 하는 경우 복호기에서 재생되는 영상의 화질을 전혀 보장하지 못하기 때문에, 전송 오류가 발생하는 채널 환경에서는 부호화 과정에서부터 전송 오류 문제를 극복하기 위한 특별한 고려들이 추가되어야 함을 의미한다.

고도의 압축 효율을 갖기 위해서 시간축의 예측 부호화 구조를 포함하고 있는 비디오 코덱(H.26L)을 포함하여 모든 표준 코덱이 이에 해당된다)의 경우 비트스트림의 일부분이 손실되거나 변형되면 이론적으로 그 이후부터는 정상적인 복호가 불가능해진다. 이 경우 복호기는 비트스트림의 재전송

을 요구하거나, 아니면 비트스트림에 일반적으로 포함되어 있을 동기 신호를 탐색하여 찾아낸 다음 그 이후부터 복호를 다시 시작해야 한다. 전자는 현재 인터넷의 파일 스트리밍에서 이용되는 방법으로서 엄격한 실시간 서비스가 요구되지 않는 경우에 이용할 수 있는 방법이다. 그러나 이동화상전화 등과 같이 재전송이 사실상 불가능한 경우에는 후자의 방법만이 유일한 방법이다. 후자의 경우, 동기 신호를 찾아내어 새로 복호를 시작할 때까지 복호기가 수행하는 일련의 신호처리 과정을 오류 은닉(error concealment)이라고 부른다. 오류 은닉은 비트스트림의 오류에도 불구하고 복호기가 계속하여 영상을 재생해낼 수 있도록 하지만, 일단 한 번 오류 은닉 과정을 거치고 나면, 동기 신호를 찾아내어 새로 복호를 시작한다고 하여도, 많은 경우 복호기의 상태(프레임 메모리의 내용 등)가 부호기 내에 포함된 가설 복호기의 상태와 일치하지 않기 때문에 그 내용이 일치할 때까지 오류는 계속하여 전파하게 된다. 부호화 과정에서부터 이러한 점들까지 고려하여 비트스트림을 구성해내는 방법론들을 오류 내성을 갖는 비트스트림 구성 기법이라고 부른다.

오류 내성 방법론은 크게 영상 복호기에서의 오류 은닉 기법과 영상 부호기에서의 오류 내성을 갖는 비트스트림의 생성 기법으로 나뉘어 진다[1]. 여기서 영상 복호기에서의 오류 은닉 기법이란 수신된 비트스트림에서 오류가 발생한 것을 검출하는 순간 그 오류가 화질에 미치는 영향을 가급적 국지화하고 최소화하기 위한 기법을 의미한다. 물론 비트스트림의 구성 내용에 따라서 오류 은닉 복호기에서 오류의 영향을 국지화/최소화하는데 큰 성능 차이를 보이기 때문에 부호화할 때부터 이에 대한 고려가 필요하다. 이와 더불어 영상 부호기에서의

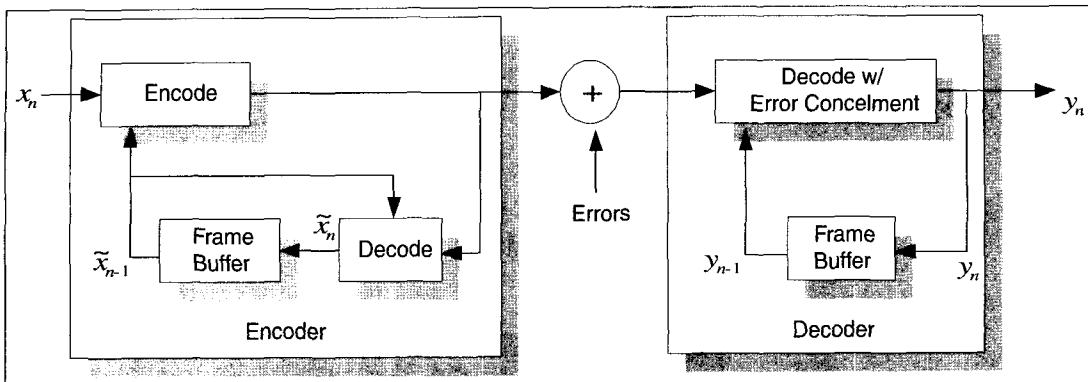
오류 내성을 갖는 비트스트림 생성 기법이란, 가정하는 오류 은닉 복호기가 오류 은닉을 하는 과정에서 오류의 영향이 시공간적으로 전파되어가는 것을 최대한 빨리 차단해낼 수 있도록, 필요한 정보를 비트스트림 중간중간에 적절한 방법으로 포함시켜서 비트스트림을 구성하는 방법론을 의미한다.

오류 은닉 복호기의 오류 영향의 국지화/최소화를 고려한 비트스트림 구성과 관련하여 H.26L에서는 data partitioning과 flexible macroblock organization(FMO)을 두 가지 해결책으로 제시하고 있다[2]. Data partitioning은 MPEG-4 part 2에서 이미 그 효용성이 입증된 바 있으며, FMO은 새롭게 개념이 제시되는 수준에 있다. 오류 은닉 복호기의 오류 전파의 효과적인 차단을 고려한 비트스트림 구성과 관련하여 H.26L에서는 GOB 단위의 forced intra-refreshment 기법과 multiple decoder simulation 기반의 RD optimization 기법이 표준으로 채택되어 있었다. 또 최근에는 multiple decoder simulation을 대체하기 위한 model-based drift noise propagation algorithm과 이를 이용한 RD optimization 기법이 제안되어 또 다른 하나의 표준으로 인정 받았는데, 본 논문은 이 새로운 오류 내성 H.26L 부호기를 소개한다[3][4].

## 2. 오류 내성 RD 최적 부호화

### 2.1 오류 채널 환경에서의 왜곡 모형

전송 오류가 발생하는 채널을 가정하는 경우, 부호기와 복호기의 동작을 <그림 1>과 같이 모형화할 수 있다. 전송 오류가 없는 채널을 가정하는 경우와 비교하여 가장 큰 차이점은 오류 은닉 능력이 있는



(그림 1) 비트스트림 전송 오류가 있는 경우 부/복호기의 동작 모형.

복호기(이후로 “오류 은닉 복호기”라고 부르겠다)가 사용된다는 점이다. 오류 은닉 복호기를 사용하기 때문에 전송되는 비트스트림의 일부분이 손실되거나 변형된다 하여도 복호기는 나름대로 영상을 충실히 재생할 것이라고 가정할 수 있다. 그리고 이제부터 이 논문에서 소개하고자 하는 내용은 이러한 오류 은닉 복호기가 사용될 것이라는 가정하에 부호기에서 행할 최적의

부호화 기법에 관한 내용이다.

이 모형에 기초하여 재생 영상의 왜곡을 분석하여 보자. 먼저 부호기에서 각 프레임은 차례로 다음과 같이 부호화되고 그것이 다음 프레임의 기준영상으로 사용된다:

$$\tilde{x}_n = \begin{cases} [x_n - \tilde{x}_{n-1}(mv) + q_r] + \tilde{x}_{n-1}(mv) & \text{INTER} \\ x_n + q_a & \text{INTRA} \end{cases} \quad (1)$$

여기서  $mv$ 는 추정된 움직임 벡터를 나타낸다. 그리고  $q_r$ 과  $q_a$ 는 각각 INTER 모드와 INTRA 모드로 부호화하는 과정에서 발생하는 양자화 잡음을 나타낸다. 복호기에서의 복호 과정은 기본적으로 부호 과정의 역과정이다. 이 역과정이 정상적으로

수행되는 조건을 정상 조건(normal condition)이라고 하자. 따라서 정상 조건에서 복호된 재생 영상은 다음과 같다:

$$y_n = \begin{cases} [x_n - \tilde{x}_{n-1}(mv) + q_r] + y_{n-1}(mv) & \text{INTER} \\ x_n + q_a & \text{INTRA} \end{cases} \quad (2)$$

그러나 만일 전송 오류가 검출되었다면 복호기는 오류 은닉 모드로 전환되어져야 할 것이다. 예를 들어 단순한 시간축 오류 은닉 기법을 가정하면, 복호화소는 다음과 같이 표현된다:

$$y_n = y_{n-1} \quad (3)$$

복호기가 일단 오류 은닉 모드를 경험하게 되면, 그 재생된 영상(화소)에 왜곡이 발생할 뿐만 아니라, 오류 은닉 모드에서 재생된 영상이 다음 프레임의 INTER 모드 메크로블록의 예측에 이용됨으로 인하여 왜곡은 프레임을 넘어 전파하게 된다. 이 왜곡은 전적으로 부호기와 복호기의 움직임 보상에 이용될 기준 영상들, 즉  $\tilde{x}_{n-1}$  와  $y_{n-1}$ 의 차이에 의해서 발생하는 것이며, 이전의 전송 오류들에 의해

서 발생한다. 우리는 그 차이를 표류 잡음(drift noise)이라고 정의한다:

$$d_{n-1} = y_{n-1} - \tilde{x}_{n-1} \quad (4)$$

만일 양자화 잡음과 표류 잡음이 서로 비상관적이라고 가정한다면, 복호 영상과 원영상의 차이, 즉 재생 영상의 총 왜곡은 다음과 같이 표현될 수 있다:

$$\begin{aligned} D_{total}^n &= E(x_n - y_n)^2 \\ &= E(x_n - \tilde{x}_n + \tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= E(x_n - \tilde{x}_n)^2 + (\tilde{x}_n - y_n)^2 = D_q^n + D_{drift}^n \end{aligned} \quad (5)$$

여기서  $D_q^n$ 과  $D_{drift}^n$ 이 각각 양자화 잡음과 표류 잡음을 나타낸다. 즉,

$$\begin{aligned} D_q^n &= E(x_n - \tilde{x}_n)^2 \\ D_{drift}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

## 2.2 RD-최적화된 부호 모드 결정 방법

최적 모드는 다음과 같이 정의되는 비용함수를 최소화하도록 결정한다.

$$Cost = D_{total}^n + \lambda_m \cdot R \quad (7)$$

여기서  $R$ 은 부호화에 필요한 비트 수를 나타내고, Lagrangian multiplier  $\lambda_m$ 은 영상을 실제로 부호화하기에 앞서 그 부호화 파라미터 (양자화 계급 등)에 따라서 미리 정해져야 하는 상수이다.

## 2.3 표류 잡음의 추정과 간신

채널에서 발생하는 전송 오류는 크게 패킷 손실

과 랜덤 비트 오류가 있을 수 있으나, H.26L은 그 중에서 패킷 손실에 대해서만 고려해왔다. 그 이유는 일반적으로 H.26L 비트스트림을 전송할 때 transport layer에서 랜덤 비트 오류에 대한 충분한 대비를 할 수 있다고 가정하고 있기 때문이며, 멀티미디어 서비스의 플랫폼으로서 TCP/IP 프로토콜을 가상하면 당연한 논리적 귀결이라고 하겠다. 본 논문에서도 이와 같은 논리를 받아드려서 패킷 손실만이 유일한 전송 오류의 원인이라고 가정하여 알고리즘을 개발하였다.

표류 잡음의 원인은 앞에서 언급한 바와 같이 오류 은닉이다. 그리고 오류 은닉은 전송 오류가 발생한 경우에 복호기가 행하는 신호처리 과정이므로, 새로운 표류 잡음이 발생할 확률은 해당 패킷의 손실 확률과 같다. 또 이때 발생하는 표류 잡음의 강도는 영상의 시공간적 활동성에 비례하고, 오류 은닉 기법에 따라서 차이를 보이게 된다.

표류 잡음은 해당 화소가 INTRA 모드로 부호화되어 정상적으로 전달될 때까지 계속하여 다음 프레임으로 전파되고, 또 그 사이에 발생한 모든 표류 잡음들은 누적된다.

이상 두 가지 사실에 기초하여 각 모드 별로 표류 잡음이 어떻게 변화될 것인지를 추론하였다. 먼저 INTER 모드 블록 정보가 정상적으로 전달되는 경우, 복호기는 정상 조건에서 INTER 모드 복호를 진행할 것이다. 이때 재생 영상에 포함되는 표류 잡음은 식(1)과 (2)로부터 다음과 같이 표현할 수 있다:

$$\begin{aligned} D_{drift}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= E([x_n - \tilde{x}_{n-1}(mv) + q_r] + \tilde{x}_{n-1}(mv) \\ &\quad - [x_n - \tilde{x}_{n-1}(mv) + q_r] - y_{n-1}(mv))^2 \\ &= E(\tilde{x}_{n-1}(mv) - y_{n-1}(mv))^2 \\ &= D_{drift}^{n-1}(mv) \end{aligned} \quad (8)$$

즉 움직임 벡터  $mv$ 만큼 보상된 이전 프레임의 표류 잡음을 계승한다.

다음에는 INTRA 모드 블록 정보가 정상 조건에서 복호된다면 재생 영상에 포함될 표류 잡음은 식 (1)과 (2)로부터 또 다음과 같이 표현할 수 있다:

$$\begin{aligned} D_{drift}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= E(x_n + q_a - x_n - q_a)^2 \\ &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

한편 INTER와 INTRA 모드에 상관 없이 현 블록 정보가 손실되어 오류 은닉 기법에 의해서 현 영상이 재생된다면, 재생 영상에 포함되는 표류 잡음은 식 (1)과 (3)로부터 다음과 같이 표현된다:

$$\begin{aligned} D_{drift}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= E(\tilde{x}_n - y_{n-1})^2 \\ &= E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1} + \tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 \\ &= E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2 + D_{drift}^{n-1} \end{aligned} \quad (10)$$

즉, 이전 프레임의 표류 잡음에 새로운 표류 잡음이 합쳐져서 현 프레임의 표류 잡음으로 나타난다.

각 경우의 발생 확률을 이용하여 현 프레임의 표류 잡음의 기대값을 추정해보자. 패킷 손실 확률이  $p$ 일 때, 위 식 (8)과 (10)으로부터 INTER 모드 블록에서의 표류 잡음의 기대치는 다음과 같이 추정될 수 있다

$$\begin{aligned} D_{drift}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= (1-p) \cdot E(\tilde{x}_{n-1}(mv) - y_{n-1}(mv))^2 \\ &\quad + p \cdot \{E(\tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 + E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2\} \\ &= (1-p) \cdot D_{drift}^{n-1}(mv) + p \cdot \{D_{drift}^{n-1} + C_o(QP) \cdot (\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2\} \\ &= (1-p) \cdot D_{drift}^{n-1}(mv) + p \cdot D_{drift}^{n-1} + p \cdot C_o(QP) \cdot (\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2 \end{aligned} \quad (11)$$

여기서  $C_o(QP)$ 는 (복호된) 프레임 차이 신호의 제곱값으로부터 표류 잡음으로 변환하는 변환 상수이다. 이 값은 오류 은닉 기법에 따라서 달라지며, 순수하게 시간축 오류 은닉만을 행하는 경우에는 1이 된다. 본 논문에서 이용한 H.26L의 JM2.0의 경우 선택적으로 공간 오류 은닉을 포함하는 것을 고려하여  $C_o(QP) = 0.5$  정도가 적당하다.

또 식(9)와 (10)으로부터 INTRA 모드 블록에서의 새로운 표류 잡음은 다음과 같이 전개된다:

$$\begin{aligned} D_{drift}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= p \cdot \{E(\tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 + E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2\} \\ &= p \cdot D_{drift}^{n-1} + p \cdot C_o(QP) \cdot (\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2 \end{aligned} \quad (12)$$

식 (11)과 (12)가 결국 본 논문에서 제안하는 표류 잡음 전파 모델의 기본이다.

한편 위의 모델은 패킷 손실이 잘 분산되어 발생하는 경우에는 대체적으로 실제 상황과 잘 일치하지만, 화면의 전환이 일어난 다음 계속하여 정지화면이 유지되는 영상의 경우 화면 전환이 일어나는 프레임에서 전송 오류가 발생하게 되면 그 오류는 오랜 동안 계속하여 전파되어가는 약점이 있다. 그 이유는 다음과 같다. 식(12)에서 계산된 표류 잡음이 프레임을 진행해 감에 따라 식(11)로 갱신되어 가는데, 해당 화소가 정지 화면에 속하므로 움직임 벡터와 복원된 프레임의 차이 신호는 모두 0이 되고, 따라서 표류 잡음은 증가하지 않고 계속 같은 값이 반복하여 사용될 것이다. 일단 최초의 값이 해당 블록의 부호화 모드를 INTRA로 하지 못하는 한 그 이후에는 정지화면이 계속되는 한 계속하여 INTER 모드(정확히는 COPY 모드)로 부호화될 것이다. 따라서 추정된 표류 잡음은 실제 표류 오차를 제대로 모형화하지 못하는 결과를 낳게 된다. 물

론 그 확률은 매우 낮지만 이런 일이 실제로 발생하게 되는 경우에는 재생 영상의 화질은 다른 경우에 비해서 현저히 떨어짐을 확인할 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 연속되는 INTER 모드의 수에 따라 표류 잡음의 추정값을 강제로 키워주도록 모형식 수정하여 사용하였다. 즉, 전파되어지는 표류 잡음에 정지 영역과 움직임 영역을 구분하여 각각  $C_s(p, n - n_0)$  또는  $C_m(p, n - n_0)$ 로 표현되는 확산 상수(diffusion constant)를 곱하여 다음 프레임으로 전파되도록 하였다. 여기서  $n_0$ 는 가장 최근에 INTRA 모드로 부호화된 프레임의 인덱스이고  $n$ 은 현재 프레임의 인덱스이다. 그 결과를 각 모드별로 식 (13)과 (14) 및 (15)에 표류 잡음의 개선과 강조 상수의 개선 방법을 각각 나타내었다.

#### COPY 모드의 경우

$$\begin{aligned} D_{\text{drift}}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= (1-p) \cdot E(\tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 \\ &\quad + p \cdot \{E(\tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 + E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2\} \quad (13) \\ &= C_s(p, n - n_0) \cdot D_{\text{drift}}^{n-1} \end{aligned}$$

여기서  $C_s(p, n - n_0)$ 은 정지 영역에서의 확산 상수를 나타낸다.

#### INTER 모드의 경우,

$$\begin{aligned} D_{\text{drift}}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= (1-p) \cdot E(\tilde{x}_{n-1}(mv) - y_{n-1}(mv))^2 \\ &\quad + p \cdot \{E(\tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 + E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2\} \quad (14) \\ &= \{(1-p) \cdot D_{\text{drift}}^{n-1}(mv) + p \cdot D_{\text{drift}}^{n-1}\} \\ &\quad \cdot C_m(p, n - n_0) + p \cdot C_o(QP) \cdot (\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2 \end{aligned}$$

여기서  $C_m(p, n - n_0)$ 은 움직임 영역에서의 확산 상수를 나타낸다.

#### INTRA 모드의 경우,

$$\begin{aligned} D_{\text{drift}}^n &= E(\tilde{x}_n - y_n)^2 \\ &= p \cdot \{E(\tilde{x}_{n-1} - y_{n-1})^2 + E(\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2\} \quad (15a) \\ &= p \cdot D_{\text{drift}}^{n-1} + p \cdot C_o(QP) \cdot (\tilde{x}_n - \tilde{x}_{n-1})^2 \end{aligned}$$

이와 더불어 최종 INTRA 모드 프레임 인덱스를 개선한다.

$$n_0 = n \quad (15b)$$

### 3. Simulation Results

WCDMA에서의 데이터 전송 오류 환경을 나타내는 두 경우의 비트 오류 패턴을 이용하여 제안하는 오류 내성 부호기의 성능을 분석하였다. 사용된 비트 오류 패턴은 각각 3kmph와 50kmph로 이동하면서 WCDMA 무선전화기를 통해서 64kbps (QCIF 영상)와 128kbps(CIF 영상)로 데이터를 수신하는 경우에 발생하는 비트오류를 나타내는 것으로서 각각 비트 오류 확률은  $5e-4$ 와  $2e-4$ 이다 [5]. H.26L 테스트 모델은 RTP 패킷을 출력하는 옵션이 있으므로 이를 이용함으로써 RTP 패킷 손실이 있는 채널 환경에 대한 실험을 행하였다.

실험은 8 개의 QCIF 영상과 3 개의 CIF 영상에 대해서 수행하였으며, 고전적인 GOB 단위의 forced intra-refreshment 기법과 H.26L 테스트 모델의 다른 한 표준인 multiple decoder simulation 기반의 RD optimization 기법을 비교 대상으로 하여 성능을 비교하였다.

여러 가지 테스트 영상에 대한 실험을 통하여 식 (13)과 식 (14)에서 사용되는 확산 상수는 각각 다음과 같이 결정하였다.

$$C_s(p, n - n_0) = \exp \left\{ p \left[ 1 + \frac{n - n_0}{M} \right] \right\} \quad (16a)$$

$$C_m(p, n - n_0) = \exp \left\{ p \left[ 1 + 4 \cdot \frac{n - n_0}{M} + 4 \cdot \left( \frac{n - n_0}{M} \right)^2 \right] \right\} \quad (16b)$$

$$\text{여기서 } M = \begin{cases} 9 & QCIF \\ 18 & CIF \end{cases}$$

확산 상수를 위와 같이 정한 이유는 표류 잡음의 증가가 마치 Brownian motion에서 파티클의 에너지 확산과 유사한 특성을 보이기 때문이다.

실험은 오류가 발생하는 채널에서의 H.26L 성능 테스트를 위한 공통 조건에 맞추어 행하였는데, 그것은 비트 오류 패턴의 출발점을 서로 달리 하는 10 번의 채널 시뮬레이션을 통해서 10가지의 패킷 손실 패턴에 대한 재생 영상의 PSNR 평균과 최대 및 최소값을 찾는 것이다. 각 영상마다 4 개의 QP 값 (24, 20, 16, 12)에 대하여 constant quality coding 을 행하였다.

다른 방식과의 성능 비교를 위해서, H.26L 부호화 성능 비교를 위한 공통 조건에서 사용되는 BDSNR(동일한 비트율로 부호화하는 경우에 예상되는 PSNR 개선의 정도)과 BDBRS(동일한 PSNR을 얻도록 부호화하는 경우에 예상되는 부호율 저감의 정도)를 계산하였다[6]. <표 1>과 <표 2>는 그 결과를 보여준다. <표 1>과 <표 2>에서 알 수 있는 바와 같이 제안하는 부호화 방식이 기존의 고전적인 GOB 단위의 forced intra-refreshment 기법과 multiple decoder simulation 기반의 RD optimization 기법에 비해서 5e-4비트 오류 확률을 갖는 채널에서는 평균적으로 각각 19.8%와 17.3%의 비트율 저감 효과와 1.25dB과 0.87dB의 화질 개선 효과가 있으며, 비트 오류 확률을 갖는 채널에서는 평균적으로 각각 10.9%와 20.3%의 비트율 저감 효과와 0.86dB과 1.21dB의 화질 개선 효과가 있음을 알 수 있다. 고전적인 GOB 단위

&lt;표 1&gt; GOB 단위 forced intra-refreshment 기법과의 성능 비교

Channel	3kmph		50kmhp	
	BD-SNR	BD-BRS	BD-SNR	BD-BRS
cif	paris	0.41	-8.10	-0.19
	tempete	0.60	-11.55	-0.08
	mobile	0.96	-16.41	-0.74
qcif	foreman	0.08	-1.74	-0.41
	hall monitor	2.12	-30.84	2.37
	news	1.53	-24.01	1.52
	container	3.09	-43.53	3.08
	silent	1.22	-22.49	1.32
<b>overall average</b>		<b>1.25</b>	<b>-19.83</b>	<b>0.86</b>
				<b>-10.86</b>

&lt;표 2&gt; Multiple decoder simulation 기반의 RD optimization 기법과의 성능 비교

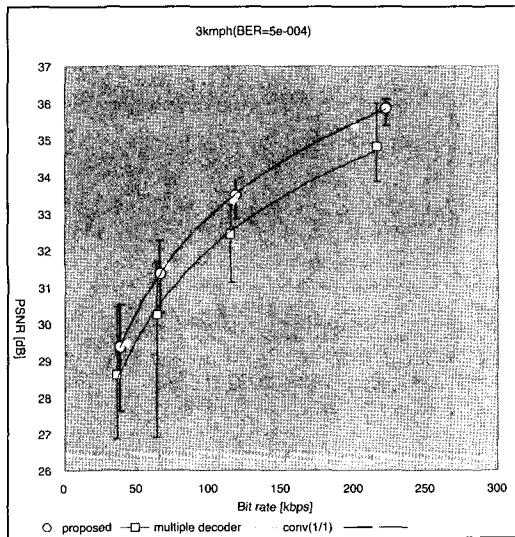
Channel	3kmph		50kmhp	
	BD-SNR	BD-BRS	BD-SNR	BD-BRS
cif	paris	0.33	-6.74	0.44
	tempete	1.78	-34.51	2.88
	mobile	2.07	-42.45	3.05
qcif	foreman	1.30	-26.94	1.23
	hall monitor	0.16	-2.51	0.35
	news	0.54	-10.15	0.67
	container	0.74	-13.72	0.78
	silent	0.07	-1.65	0.30
<b>overall average</b>		<b>0.87</b>	<b>-17.33</b>	<b>1.21</b>
				<b>-20.29</b>

의 forced intra-refreshment 기법에서는 frame마다 1개의 GOB를 강제로 INTRA 모드로 부호화하도록 하였다. 또 multiple decoder simulation 기반의 RD optimization 기법에서는 30개의 decoder를 사용하여도 한 결과이다.

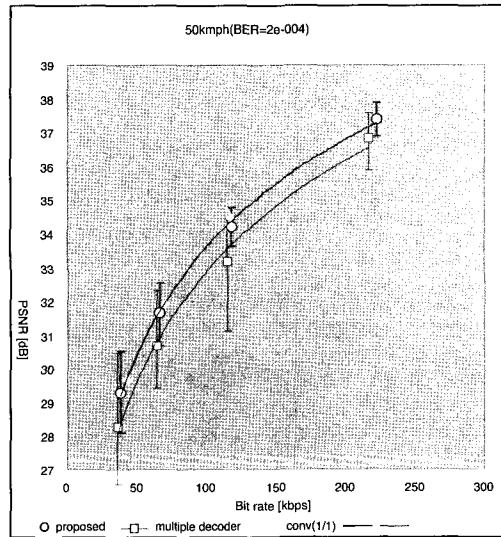
<그림 2>부터 <그림 7>까지는 Foreman, Hall monitor(이상 QCIF) 및 Paris(CIF) 영상에 대한 실험 결과를 보여주고 있다. 그림에서는 각 QP 값에서 10회의 채널 전송 모의실험에 따른 평균 PSNR을 보여 주고 있으며, 막대오차의 상하 꼭지점은 각 경우의 최대 PSNR과 최소 PSNR을 각각 보여준다. 그림이 보여주고 있는 바와 같이 GOB

단위의 forced intra-refreshment 기법과 multiple decoder 기법은 영상의 특성에 따라서 RD 성능이 분명한 차이를 보인다. 즉, 움직임이 많은 QCIF 영

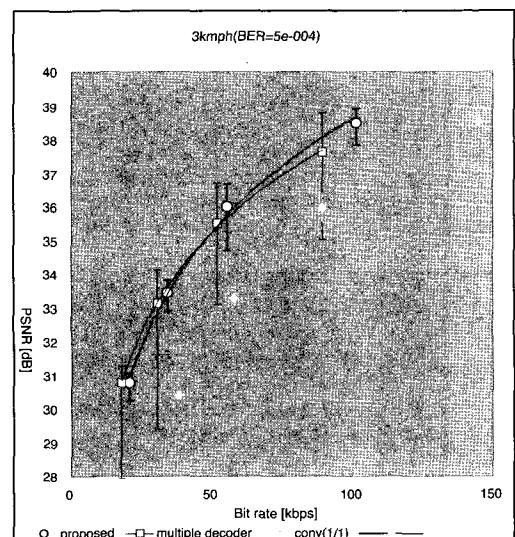
상(Foreman)이나 CIF 영상(Paris)의 경우에는 GOB 단위의 forced intra-refreshment 기법이 multiple decoder 기법에 비해서 우수한 RD 특성



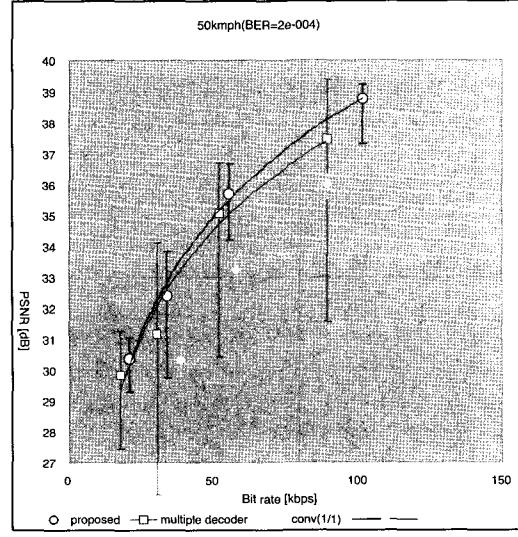
〈그림 2〉 Foreman 영상(QCIF)에 대한 3kmph로 이동하는 WCDMA 채널(비트 오류 확률 5e-04)에서의 RD 성능 비교.



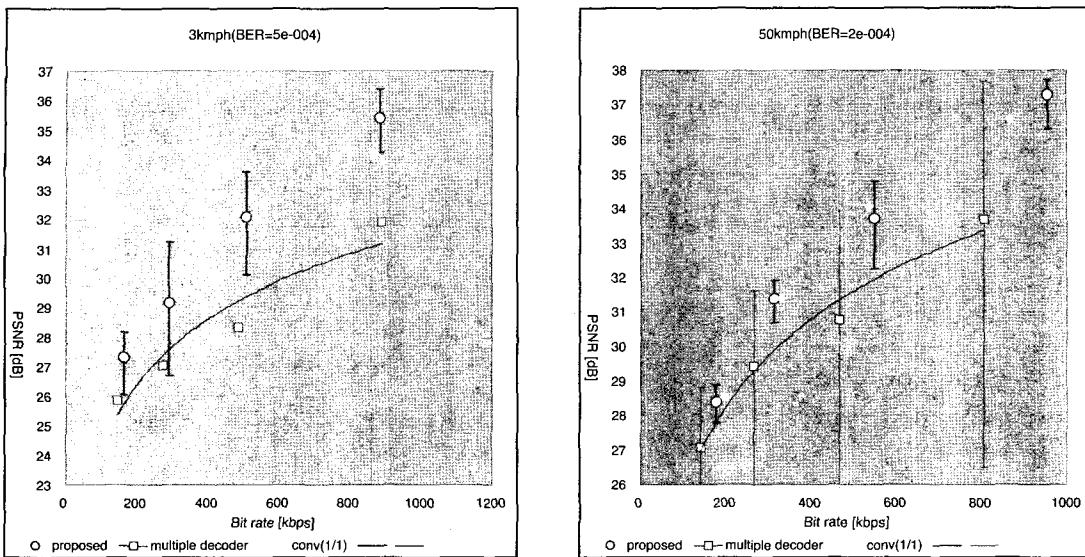
〈그림 3〉 Foreman 영상(QCIF)에 대한 50kmph로 이동하는 WCDMA 채널(비트 오류 확률 2e-04)에서의 RD 성능 비교.



〈그림 4〉 Hall monitor 영상(QCIF)에 대한 3kmph로 이동하는 WCDMA 채널(비트 오류 확률 5e-04)에서의 RD 성능 비교.



〈그림 5〉 Hall monitor 영상(QCIF)에 대한 50kmph로 이동하는 WCDMA 채널(비트 오류 확률 2e-04)에서의 RD 성능 비교.



〈그림 6〉 Paris 영상(CIF)에 대한 3kmph로 이동하는 WCDMA 채널(비트 오류 확률  $5e-04$ )에서의 RD 성능 비교.

〈그림 7〉 Paris 영상(CIF)에 대한 50kmph로 이동하는 WCDMA 채널(비트 오류 확률  $2e-04$ )에서의 RD 성능 비교.

을 보이고, 움직임이 매우 적은 QCIF 영상(Hall monitor)에 대해서는 그 반대로 multiple decoder 기법이 보다 우수한 RD 특성을 보인다. 그러나 그림을 통해서 제안하는 알고리즘은 영상 특성에 상관 없이 항상 가장 우수한 RD 특성을 보여주고 있음을 확인할 수 있다. 이는 제안하는 알고리즘이 두 기법의 장점을 결합한 기법임을 의미한다. 또 막대

오차를 통해서 알 수 있는 바와 같이 제안하는 알고리즘은 multiple decoder simulation 기반의 RD 최적화 기법에서 나타나는 PSNR의 과도한 분산 현상이 나타나지 않는다는 장점이 있음을 확인할 수 있다. 이는 확산 상수를 이용한 확산 모델의 유용성을 증명하는 것이다.

### 참고 문헌

- (1) Y. Wang, et. al., "Error resilient video coding techniques," IEEE Signal Processing Magazine, pp.61-82, July 2000.
- (2) Gisle Bjontegaard, "H.26L Test Model Long Term Number 8 (TML-8) draft 0," June, 2001.
- (3) Chul-Woo Kim et. Al, "High complexity mode decision for error prone channel," ITU-T SG16/Q6 Contribution: VCEG-O43, Nov. 2001.
- (4) Chul-Woo Kim et. al., "High complexity mode decision for error prone channel," ITU-T SG16/Q6 Contribution: JVT-C101, May 2002
- (5) Viktor Varsa, et al., "Common Test Conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2," ITU-T SG16/Q6 Contribution: VCEG-M77, April, 2001.
- (6) Gisle Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," ITU-T SG16/Q6 Contribution: VCEG-M33, April, 2001.

## 필자소개

### 강동우



- 1986년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 공학사
- 1988년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 공학석사
- 1995년 2월 : 동 대학원 박사과정 공학박사
- 1995년 9월~현재 : 국민대학교 공과대학 전자정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 동영상 압축, 컴퓨터 비전 및 영상신호처리 등

### 문지옹



- 1998년 : 국민대학교 전자공학과 공학사
- 2000년 : 국민대학교 대학원 전자공학과 공학석사
- 2002년 : 국민대학교 교육대학원 교육학 석사
- 주관심분야 : 영상신호처리, 동영상 압축 알고리즘 등

### 현기수



- 1997년 2월 : 국민대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 현재 : 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 동영상 압축 알고리즘

### 김철우



- 1987년 3월~1991년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1991년 3월~1993년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1993년 3월~1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1998년 3월~2000년 3월 : LG 전자 DM연구소 선임연구원
- 2000년 3월~2000년 12월 : ACS Technology 책임연구원
- 2001년 1월~현재 : (주)엠큐브웍스 기술이사
- 주관심분야 : H.263 및 H.26L, MPEG-4 비디오 표준화 및 멀티미디어 통신 시스템