

# MPEG-4 FGS 비디오를 위한 사각영역 기반의 선택적 향상기법

정희원 서광덕\*, 신창호\*\*, 김재균\*\*\*

## Rectangular Region-based Selective Enhancement (RSE) for MPEG-4 FGS Video

Kwang-Deok Seo\*, Chang-Ho Shin\*\*,  
Jae-Kyoon Kim\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 MPEG-4 FGS (fine granular scalability) 영상부호화 기법 중에서, 수신측의 주관적 화질을 향상시키기 위한 기법인 선택적 향상 (SE: selective enhancement) 기법이 갖는 추가 비트율의 증가 문제를 효과적으로 해결하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 RSE기법은 기존의 FGS SE기법의 향상계층에서 발생하는 비트량 증가 문제를 효과적으로 해결하기 위해서 다음과 같은 새로운 알고리즘에 기반 한다. 첫째, 매크로블록 기준으로 선택하는 기존의 SE기법을 사각영역 (rectangular region) 기준으로 선택하는 SE기법 (RSE)으로 변경한다. 이렇게 함으로써 SE기법의 적용대상의 표현이 화면별로 간편하게 서술되어 비트율을 줄일 수 있다. 둘째, 비트평면 (bit-plane)부호화의 대상을 제한하는 제한형 비트평면 주사 (CBS: constrained bit-plane scanning) 기법을 적용한다. 이렇게 함으로써 SE기법에서 발생하는 비트평면의 개수 증가 및 ALL-ZERO 심볼의 증가로 인한 비트율 증가 문제를 해결할 수 있다. 모의실험을 통해, 기존의 표준 SE기법에 비해 제안된 RSE기법의 부호화 효율과 수신측 영상의 화질이 향상됨을 확인한다.

### ABSTRACT

In MPEG-4 FGS (fine granular scalability) video, SE (selective enhancement) function is adopted to enhance the subject quality of the region of interest (ROI). However, it has the problem of excessive bit-rate increase in the enhancement layer. We present a new rectangular region-based SE (RSE) algorithm to significantly reduce the overhead bits resulting from the standard SE. The proposed RSE is based on two new algorithms. The first is to apply the SE function to a rectangular region. By doing so, we can reduce the required bits for describing the selectively enhanced region. The second is to use constrained bit-plane scanning (CBS) to encode bit-planes of the enhancement layer. By using CBS, we can efficiently encode the ALL-ZERO symbols that are generated by applying the SE. It is shown by simulation that the proposed RSE can provide a good visual quality for the selected rectangular region with significantly reduced overhead bits.

\* 서남대학교 컴퓨터 정보통신학과 조교수 정보통신 시스템 연구실(stkwon@tiger.seonam.ac.kr)  
논문번호 : 020470-1029, 접수일자 : 2002년 10월 29일

## I. 서론

1990년대에 일반인들에게 서서히 알려진 인터넷은 최근에는 그 발전속도가 더욱 가속화되고 있다. 백본망은 수십 기가비트의 대역폭을 갖게 되었으며 가입자 망 또한 수 메가 비트를 지원할 수 있게 이르렀다. 그에 따라 인터넷의 초기에는 주로 텍스트와 정지 영상이 인터넷 트래픽의 대부분을 차지하였으나, 현재에는 음악이나, 동영상과 같은 실시간 멀티미디어 정보가 급격히 늘어나고 있으며, 이러한 추세는 더욱 가속화될 것으로 예측된다. 또한 IMT-2000과 같은 3세대 무선 통신 서비스와 앞으로 다가올 4세대 무선 통신 서비스는 동영상 전송을 핵심 서비스로 목표하고 있다. 특히, 실시간 멀티미디어 정보들 중, 실시간 동영상 전송 분야는 그 응용이 화상 회의, 원격 강의, 원격 진료, VoD (video on demand) 등과 같이 다양하고 유용하여 향후 큰 시장을 형성할 것으로 보이며 이에 따라 관련 연구 또한 매우 활발한 실정이다. 그러나, 동영상 정보는 기본적으로 압축을 하여도 정보량이 큰 반면, 현재의 인터넷은 가입자 망이 다양하고, 망의 대역폭이 시간에 따라 민감하게 변하며, 인터넷에 사용되는 프로토콜은 실시간 멀티미디어 정보 전달의 신뢰성을 보장해 주지 못해 실시간 동영상 서비스가 힘들다.

인터넷 망이 실시간 동영상 서비스의 QoS (quality of service)를 보장해 줄 수 없기 때문에 영상 부호화 관점에서 이를 개선하기 위해 많은 연구들이 진행 되어 왔다<sup>[1-8]</sup>. 이들 중 대표적인 부호화 기법이 계층부호화 (layered coding) 와 부호변환기법 (transcoding)이다<sup>[6-8]</sup>. 먼저 계층부호화는 부호화된 원래의 단일 스트림을 영상 정보의 중요도를 기준으로 차별화된 화질과 전송 우선 순위를 갖는 계층화된 스트림 구조로 만드는 방법이다. 수신측은 주어진 대역폭에서 가능한 많은 계층의 스트림을 수신함으로써 망의 대역폭의 변화에 어느 정도 유연한 화질을 얻을 수 있다. 그러나, 계층 부호화는 1개 계층으로 부호화 할 때보다 오버헤드 비트량이 많이 필요하고, 계층을 무한히 많이 만들 수 없으므로 망의 대역폭에 대한 유연성에 한계가 있다는 단점이 있다. 둘째로, 부호변환기법의 경우는 스트리밍 서버와 수신측 사이에 부호변환기

(transcoder)를 두어 압축된 스트림의 비트율을 사용자에게 할당된 대역폭에 맞추어 주는 방법으로, 무한대 계층을 갖는 계층부호화 기법의 하나로 볼 수 있다. 이 방법은 임의의 대역폭에 스트림의 비트율을 맞추어 줄 수 있다는 장점이 있으나, 스트리밍 서비스를 위해서는 고성능의 실시간 부호변환기가 요구된다는 제한이 따르며, 많은 사용자가 동시에 다양한 대역폭으로 서비스를 요구할 때, 실시간으로 스트림의 비트율을 각 사용자의 대역폭에 맞추어 서비스 하는 것은 현실적으로 어렵다.

이러한 기존의 스트리밍을 위한 부호화 기법들의 한계를 극복하기 위해 최근에 MPEG-4에서 제안된 기법이 FGS (fine granular scalability)이다<sup>[9]</sup>. FGS는 스트림의 비트율을 망의 가용한 대역폭에 간단하고 유연하게 맞추는 것을 목표로 만들어졌다. 이렇게 함으로써 스트리밍 서비스를 이용하는 많은 수신측에 각각의 가용 대역폭을 최대한 이용하여 전송화질을 극대화 할 수 있다.

FGS는 스트리밍 서비스에서 전송화질의 극대화를 목표로 하므로 FGS 표준에서는 복호된 영상의 주관적 화질 향상을 위해서 특정 중요영역 (ROI: region of interest)의 화질을 개선시킬 수 있는 선택적 향상 (SE: selective enhancement)기법을 제공한다<sup>[9,10]</sup>. 그런데, MPEG-4 FGS의 SE기법에는 치명적인 문제점이 존재한다. SE기법을 사용하면 부호화된 스트림의 비트율이 크게 증가하게 된다. 즉, SE기법을 적용함으로써 결과적으로 비트평면의 개수가 증가하게 되고, 따라서 인위적인 ALL-ZERO 심볼의 수가 크게 증가함을 알 수 있다. 이 ALL-ZERO 심볼들의 증가로 인하여 많은 비트량이 추가로 발생하게 되는 문제점이 있다. 이는 스트리밍 서비스를 위한 서버에 더 큰 저장 공간을 요구하게 되고, 비트율 대 화질의 성능을 떨어뜨리게 된다. 본 논문에서는 이러한 MPEG-4 FGS SE기법의 단점을 극복하기 위해 다음의 두 가지 알고리즘에 기반한 사각영역 기반의 선택적 향상 (RSE: rectangular region-based selective enhancement)기법을 제안한다. 첫째, 매크로블록 기준으로 선택하는 기존의 SE기법을 사각영역 (rectangular region) 기준으로 선택하는 SE기법 (RSE)으로 변경한다. 이렇게 함으로써 SE기법의 적용대상의 표현이 화면별로 간편하게 서술될 수 있는 장점이 있다. 둘째, 비트평면 부호화의 대상을

제한하는 제한형 비트평면 주사 (CBS: constrained bit-plane scanning) 기법을 적용한다. 이렇게 함으로써 SE기법에서 발생하는 비트평면의 개수 증가 및 ALL-ZERO 심볼의 증가로 인한 비트율 증가 문제를 해결할 수 있다. 즉, SE기법이 적용되는 영역의 위치 정보와 영역별 비트평면의 상향 정보로부터 비트평면의 주사구역을 자동적으로 제한하는 기법이 제안된다.

## II. MPEG-4 FGS의 기본 원리와 SE기법의 문제점

FGS 부호화에서는 비트스트림을 기본 계층 (base layer)과 향상 계층 (enhancement layer)으로 나누어 부호화한다. 기본 계층은 MPEG-4의 단순 프로파일 (simple profile)로 부호화 되며, 향상 계층은 비트평면 부호화(bit-plane coding)에 의해 부호화 된다<sup>[10]</sup>.

일반적인 동영상 부호화에서는 양자화된 DCT (discrete cosine transform) 계수들의 값에 대해 가변길이 부호화 (variable length coding)가 적용되는 것에 반해서, 비트평면 부호화에서는 양자화된 각각의 DCT 계수를 십진수가 아닌 이진수로 표현해서 각 비트평면 별로 연속길이 부호화 (run length coding)가 적용된다.

그림 1은 FGS 부호화를 위한 부호기의 기본 구조를 보여준다. 향상 계층의 입력으로는 원 영상 신호와 기본 계층에서 재생된 영상 신호의 차이신호 (residual signal)가 들어가게 되고, 이 차이 신호는 블록 별로 DCT된다. 현재의 화면 전체에 대한 DCT 계수  $c(i, j, k)$  중에서 절대치가 가장 큰 계수로부터 현재 화면을 비트평면 부호화 하기 위해 필요한 총 비트평면의 개수  $N$  을 정하게 된다. 이것은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$N = \left\lceil \log_2 \left\{ \max_{i,j,k} \left( |c(i, j, k)| \right) \right\} \right\rceil + 1 \quad (1)$$

여기서  $c(i, j, k)$  는  $k$ 번째 매크로블록 (macroblock)의  $j$ 번째 블록에 대한 DCT 변환에서  $i$  번째 계수(coefficient) 값을 의미하고, 연산자  $\lfloor x \rfloor$  는  $x$  보다 작은 가장 큰 정수를 의미한다.

비트평면 부호화에 필요한 비트평면의 개수  $N$ 이

결정되면, 화면내에서  $N$ 개의 비트평면별 비트스트림이 만들어 지게 된다. 각 비트평면별로 만들어진 비트스트림의 비트평면 ID는 32비트 길이의 fgs\_bp\_start\_code 신텍스에 내장된 5비트 길이의 fgs\_vop\_bp\_id에 의해 구분된다.

비트평면별 비트평면 부호화 과정은 다음과 같다. 각각의 DCT 블록에서 64개 계수의 절대값을 지그재그 (zigzag) 순서로 배열한 후, 각 계수를 이진수로 나타낸다. 각 계수의 이진수 표현에서 동일한 위치 즉 동일한 비중을 갖는 비트들이 하나의 비트평면을 구성하게 된다. 각 비트평면별로 (RUN, EOP)의 조합으로 이루어진 2차원 심볼들이 만들어 지고 각 심볼에 대해 가변길이부호 (variable length code) 테이블에 기반한 가변길이부호화가 적용이 된다. 화면 전체적으로는 최상위 비트평면 (MSB: most significant bit-plane) 부터 하위 비트평면까지 차례로 블록별 연속길이 부호화를 통해서 출력 비트스트림이 만들어 진다. 그림 2는 MPEG-4 FGS 기법에서 각 매크로블록 별로 생성된 비트평면 구성의 한 예를 보여준다. 이 예에서는 비트평면의 개수의 결정에 관련된 매크로블록이 2 번째 매크로블록이며,  $N$ 의 값은 4가 된다. 그림 2에서 점으로 채워진 사각형은 비트평면 부호화를 적용할 때 매크로블록별로 발생하는 ALL-ZERO 심볼을 나타낸다.

본 논문에서 사용한 ALL-ZERO 심볼에 대한 정의는 다음과 같다. FGS VOP 비트평면을 구성하는 FGS 매크로블록들은 각각 4개의 휘도성분 (luminance component) FGS 블록과 2개의 색도성분 (chrominance component) FGS 블록으로 구성이 된다. 그리고, 각 FGS 블록들은 64개의 원소로 이루어 진다. ALL-ZERO 심볼은 FGS 매크로블록에 포함된 6개의 각 FGS 블록을 구성하는 64개의 원소가 모두 0인 경우를 의미한다. 표준에서 이러한 ALL-ZERO 심볼을 부호화 하는 방법은 크게 두 가지로 나뉘어 진다. 먼저 상위 2개의 MSB 비트평면의 경우는 ALL-ZERO 비트평면이 발생할 확률이 상대적으로 높기 때문에 FGS\_CBP라는 신텍스를 이용한다. 이 CBP는 우리가 기존에 MPEG-1, MPEG-2, H.263, MPEG-4 baseline 등에서 사용하던 CBP와 개념이 매우 유사하다. 즉 ALL-ZERO 심볼의 경우 6개의FSG 블록을 구성하는 원소들의 값이 모두 0이므로 FGS\_CBP는

"111111"로 표현되며 이를 부호화 하기 위한 VLC 코드는 "1" 로서 1비트가 소요된다. 그 외 상위 2개의 MSB 비트평면보다 낮은 레벨의 비트평면에서 발생한 ALL-ZERO 심볼은 각 FGS 블록마다 VLC 테이블에 나와 있는 ALL-ZERO 코드를 사용한다. ALL-ZERO 코드는 현재의 비트평면 레벨과 상향 계층의 수 (level of shift-up)에 따라 다른데 최소 4 비트에서 최대 16비트까지 할당이 된다. 따라서 하나의 ALL-ZERO 심볼은 원소가 모두 0인 여섯 개의 FGS 블록으로 구성되므로 4~16비트의 6배에 해당하는 비트량이 부호화에 필요하다<sup>[9]</sup>.

MPEG-4 FGS 부호화 기법에서 특정한 중요 부분의 주관적 화질을 향상시키기 위해 이용할 수 있는 선택적 향상 (SE) 기법은 전송 채널의 대역폭이 저하될 경우를 대비해서 향상 계층의 비트평면 부호화 순서를 매크로블록 단위로 선택적으로 높이는 기법이다. FGS 스트리밍 서비스에서 전송대역폭이 감소한 경우에도 화면의 특정한 중요 영역에서 재생 영상의 화질이 향상되려면 그 부분의 정보가 비트스트림의 전송 순서상 앞쪽에 위치해야 한다. 계층적인 비트평면 부호화에서 특정 영역이 우선적으로 부호화되기 위해서는 이 영역의 비트평면의 높이를 일정한 값만큼 상향 (shift-up)시켜야 한다. SE기법은 이러한 원리를 이용하여 전송 채널의 대역폭이 낮아진 경우에도 선택된 영역의 수신측 화질을 향상시켜 주는 기법이다.

현재 표준으로 채택된 SE기법은 매크로블록 단위로 선택적 향상을 시킬지 여부를 결정하며, 각 매크로블록마다 0~4 계층 만큼 선택적으로 상향 (shift-up) 시킬 수 있도록 되어 있다<sup>[9]</sup>. 표준 SE기법은 매크로블록 단위로 중요영역을 설정할 수 있으므로 중요영역을 임의의 원하는 형상으로 지정할 수 있지만, 각 매크로블록 마다 상향 시킬 지의 여부와 상향 계층의 수를 지정해야 하므로 많은 비트량을 소모하게 되는 문제점이 있다.

그림 3은 그림 2의 비트평면도를 갖는 화면에 SE기법을 적용했을 때의 매크로블록별로 변화된 비트평면의 구성도를 보여준다. 이 그림에서 SE기법이 적용된 매크로블록은 MB2, MB3, MB6이다. 여기서 MB2, MB3의 비트평면은 각각 3계층이 상향되었고, MB6의 비트평면은 2계층이 상향된 경우를 보여주고 있다. 그림 3에서 SE기법을 적용함으로써, 결과적으로 비트평면의 개수가 증가하게 되

고, 따라서 인위적인 ALL-ZERO 심볼이 크게 증가함을 알 수 있다. 이렇게 증가된 ALL-ZERO 심볼들이 모두 비트평면 부호화에 포함되기 때문에, 많은 비트량이 추가로 발생하게 되는 문제점이 있다. 즉, FGS의 SE기법에서는 향상계층의 비트평면 부호화에 과도한 비트량이 소요되는 문제점이 있다. 이러한 SE기법의 적용으로 인한 과도한 추가적 비트량에 관한 실험 결과는 IV절의 "실험 및 성능 평가"에서 확인할 수 있다.

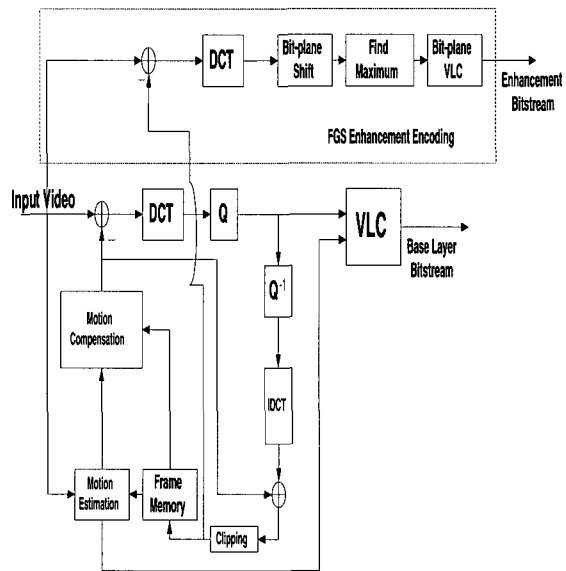


그림 1. 표준 MPEG-4 FGS 부호기의 구조도

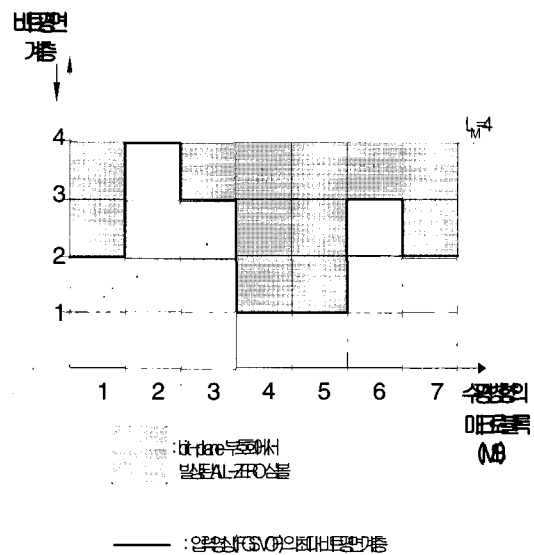


그림 2. FGS 향상계층의 비트평면구조 예시도

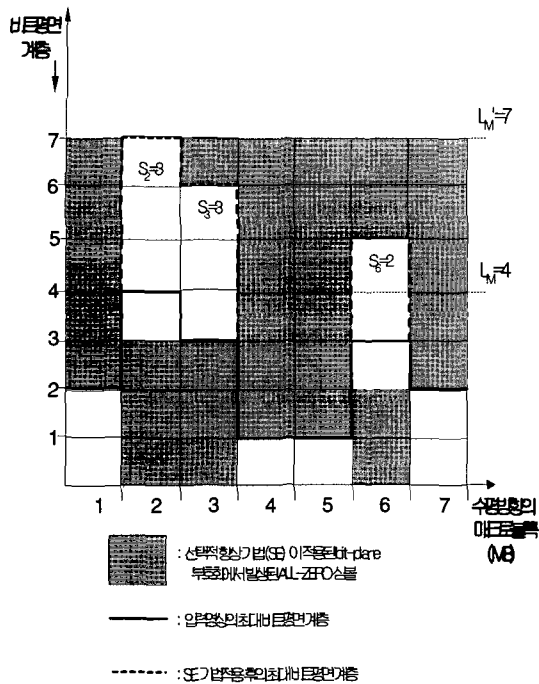


그림 3. SE 기법 적용후의 FGS 비트평면 구조도

### III. 제안된 사각영역 기반의 SE (RSE) 기법

본 논문에서는 기존의 FGS-SE기법의 향상계층에서 발생하는 비트량 증가 문제를 해소하기 위해서 기본적으로 두 가지의 새로운 알고리즘을 제시한다.

첫째는, 매크로블록 기준으로 선택하는 기존의 SE기법을 사각영역 (rectangular region) 기준으로 선택하는 RSE기법으로 변경하는 기법이다. 이렇게 함으로써 SE기법의 적용대상의 표현이 화면별로 간편하게 서술될 수 있는 장점이 있다. 그러나 제한된 전송대역폭에서 주관적 화질 개선을 위한 사각영역들을 미리 찾아야 하는 과제가 발생한다. 여기에는 여러 가지 방법이 있을 수 있고, 기존의 영상 분할 (segmentation) 방법 등을 적용할 수도 있다<sup>[11-12]</sup>. 본 논문에서 의미하는 사각 영역은 매크로블록들로 구성된 영역이며 중요영역을 사각영역으로 설정하므로 임의의 형상 (shape) 으로 중요영역을 지정하는 것은 불가능하다. 그러나, 사각영역이 중요영역을 내부에 포함시키기 때문에 중요영역의 화질을 향상시키는 SE 기법의 본연의 목적을 실현할

에는 문제가 없다.

둘째는, 비트평면 부호화의 대상을 제한하는 제한형 비트평면 주사 (CBS) 기법을 적용하는 것이다. 이렇게 함으로써 SE기법에서 발생하는 비트평면의 개수 증가 및 ALL-ZERO 심볼의 증가로 인한 비트율 증가 문제를 해소할 수 있다. 선택적 향상이 적용되는 영역의 위치 정보와 영역별 비트평면의 상향 정보로부터 비트평면의 주사구역을 자동적으로 제한하는 기법이 제안된다.

본 논문에서 제안되는 방법은 선택적 향상 기법의 적용 시 MPEG-4 FGS 부호기와 복호기의 향상계층 (enhancement layer) 비트스트림을 새로운 방법으로 부호화 및 복호화 하는 과정을 제안하는 것이다. 이 부호화 과정은 기본적으로 6단계로 구성되어 있다. 다음의 절들에서는 제안된 방법의 구성 및 원리 설명에 필요한 용어 설명, 부호화 및 복호화의 과정, 적용 사례, 그리고 구현방법이 차례대로 기술 된다.

#### 1. RSE 기법에서 사용 및 정의된 용어 설명

그림 4는 제안된 RSE기법을 설명하기 위한 비트평면도이며, 그림 3의 조건과 동일한 선택적 향상이 적용되었다. 그림 4의 비트평면도에는 RSE 기법에 의해 특정한 사각영역의 비트평면의 높이가 일정하게 상향되며, 제한형 비트평면 주사 (CBS)로 인하여 비트평면 부호화에서 제외되는 ALL-ZERO 심볼 영역들이 표시되어 있다. 또한 RSE기법에서 사용 및 정의된 용어들도 표시되었다. 그림 4에서는 2개의 사각영역 R1, R2가 중요영역으로 선택되었고, 사각영역 R1은 2번, 3번 매크로블록으로 구성되었고, 사각영역 R2는 6번 매크로블록으로 구성되어 있다. 여기에서 정의된 기호는 다음과 같다.

I : SE가 적용될 사각영역의 개수(2)

(number of rectangular regions for selective enhancement)

$$R_i : i \text{ 번째 사각영역 (i-th rectangular region), } i=1, 2, \dots, I \\ = \{(x_i, y_i), (x'_i, y'_i)\} \quad (3)$$

여기서  $(x_i, y_i)$  와  $(x'_i, y'_i)$ 는 각각 영역  $R_i$  를 정의하는 수평 및 수직 방향 위치의 최소치와 최대치를 의미한다.

$$S_i : R_i \text{ 에 적용되는 상향(shift-up) 계층 수} \quad (4)$$

(magnitude of shift-up in region  $R_i$ )  
 $L_i$  :  $R_i$  에서 SE를 적용하기 전의 비트평면 최대 높이 (5)  
 (fgs\_region\_max\_level of  $R_i$  before SE)  
 $LM$ : FGS VOP에서 SE를 적용하기 전의 비트평면 최대높이 (6)  
 (fgs\_vop\_max\_level before SE)  
 $L_M'$  : FGS VOP에서 SE를 적용한 후의 비트평면 최대높이 (7)  
 (fgs\_vop\_max\_level after SE)  
 $D_i$  :  $R_i$  의 SE 거리 (SE\_level\_distance from LM for  $R_i$ )  
 =  $(L_i+S_i) - LM$  (8)

a) I  
 b)  $R_i$   
 c)  $S_i$   
 2) 2단계: 사각영역별 비트평면 제어 파라미터 결정 단계. 1)로 부터 얻어진 정보로부터, CBS 주사를 위해 필요한 다음과 같은 값들을 정한다.  
 a)  $L_i$   
 b)  $LM$   
 c)  $D_i$   
 3) 3단계 : 각 화면별로 RSE 기법에 의한 부호화 제어 정보를 비트스트림의 화면 객체 (VOP: video object plane) 헤더 부분에 서술하는 단계. 다음과 같은 정보들이 FGS의 VOP 헤더에 추가적으로 기록된다.

a) I, LM  
 b) 각  $R_i$  ( $i=1, 2, \dots, I$ )에 대하여,  $\{i, S_i, D_i\}$ ,  $\{(x_i, y_i), (x_i, y_i)\}$ 에 관한 정보. 여기서  $x_i = x'i - x_i$ ,  $y_i = y'i - y_i$  을 의미한다.

4) 4단계 : 제한형 비트평면 주사 (CBS)를 위한 비트평면 상한 및 하한 경계선을 계산하는 단계.

a) 상한 경계선 LT,  
 $LT = \begin{cases} L_M, & \text{for macroblock} \notin \{R_i\} \\ \max\{L_M, (L_M + D_i)\} & \text{for macroblock} \in \{R_i\} \end{cases}$  (9)

b) 하한 경계선 LB,  
 $LB = \begin{cases} 0, & \text{for macroblock } s \notin \{R_i\} \\ S_i, & \text{for macroblock } s \in \{R_i\} \end{cases}$  (10)

5) 5단계 : 제한형 비트평면에 대한 비트평면 부호화 단계. LT 이상에 존재하는 모든 ALL-ZERO 심볼과 LB 이하에 존재하는 모든 ALL-ZERO 심볼들은 비트평면 부호화에서 제외된다. 이러한 제외된 ALL-ZERO 심볼들에 관한 정보는 복호기 측에서 위의 3)단계에 기술된 정보를 통해 완벽한 복원이 가능하다.

6) 6단계: 일반적인 FGS 부호화 과정으로 되돌아 간다.

3. 복호화 과정

복호화 과정은 기본적으로 위에 기술된 부호화

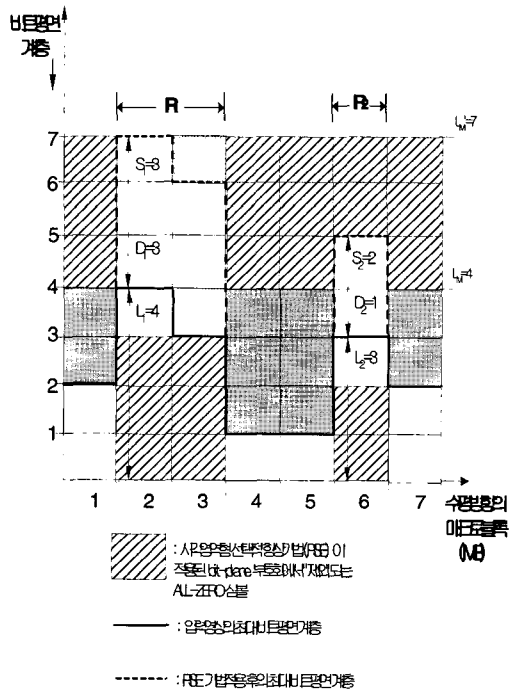


그림 4. RSE 기법 적용후의 FGS 비트평면 구조도

2. 부호화 과정

1) 1단계: 화면별로 SE기법이 적용 될 사각영역들의 선정 및 사각영역별 비트평면의 향상크기 (계층 수) 결정 단계. 다음의 값들이 각 FGS VOP에 대한 전처리 (preprocessing) 과정을 통해 얻어진다.

과정의 역순을 따른다.

1) 1단계: 다음의 정보들이 FGS VOP 헤더 정보로부터 얻어진다.

- a) I, LM
- b)  $\{R_i, S_i, D_i\}, i=1, 2, \dots, I$

2) 2단계: 1)에서 얻어진 정보를 이용하여 비트평면의 상한 및 하한 경계선 정보인 LT 와 LB를 식 (9)과 식 (10)을 통해 각각 구한다.

3) 3단계: 2)로부터 얻어진 경계 정보를 이용하여 부호화 과정에서 제외된 ALL-ZERO 심볼들에 관한 정보를 복원한다.

4) 4단계: 각  $R_i$  에 대한 비트평면의 크기를  $S_i$  만큼 낮춘다 (bit-plane shift-down).

5) 일반적인 FGS 복호화 과정으로 되돌아 간다.

4. 제안된 RSE기법의 적용 예

그림 4는 제안된 RSE 기법이 적용되었을 경우에 비트평면 부호화에서 제외되는 (eliminated) 비트평면 영역을 표시하고 있다. 여기에서는 전처리 과정에서 2개의 사각영역 R1, R2가 선택되었고, 각 영역의 비트평면이 3계층, 2계층씩 선택적 향상 된 경우이다. 앞에서 설명된 부호화 과정별 처리 결과는 아래와 같다.

- 1) 1단계:
  - a)  $I = 2$
  - b)  $R1 = (2, 3), R2 = (6, 6)$
  - c)  $S1 = 3, S2 = 2$
- 2) 2단계:
  - a)  $L1 = 4, L2 = 3$
  - b)  $LM = 4$
  - c)  $D1 = (L1+S1) - LM = 3, D2 = (L2+S2) - LM = 1$
- 3) 3단계:
  - a)  $I = 2$
  - b)  $LM = 4$
  - c)  $(1, S1, D1) = (1, 3, 3), (x1, x1) = (2, 1), (2, S2, D2) = (2, 2, 1), (x2, x2) = (6, 0)$
- 4) 4단계:
  - $LT(j) = (4, 7, 7, 4, 4, 5, 4)$
  - $LB(j) = (0, 3, 3, 0, 0, 2, 0)$

여기서 j는 각 매크로블록의 위치 순서를 나타낸다.
- 5) 5단계: 그림 4에서 사선으로 표시된 ALL-ZERO 심볼 블록들을 제외하고 비트평면 부호화기법을 적용한다.

6) 6단계: 일반적인 FGS 부호화 과정으로 되돌아 간다.

5. 제안된 RSE 기법의 구현 및 적용 방법

제안된 기법을 수행하기 위해서는 기존의 MPEG-4 FGS 부호화 시스템에서 RSE기법의 부호화 기능과 복호화 기능이 추가로 구현되어야 한다. 따라서, RSE기법에서 정의된 새로운 제어 파라미터 값에 관한 부호가 FGS 비트스트림에 포함되어 있어야 한다. 이를 위해서는 부호화된 비트스트림의 구조를 정의하는 MPEG-4 FGS 비트스트림 구문 (bitstream syntax) 에서 일부가 수정 되어야 한다.

1) FGS VOP 헤더 구문 (header syntax) 확장

RSE 기법은 각 화면별로 사각영역 (rectangular region) 단위로 적용되므로 FGS VOP 헤더 부분을 정의하는 구문에서 새로운 내용이 추가되어야 한다. 이것은 표 1에서 굵은 글자로 표시된 구문들이다. 이 추가된 구문들의 의미는 2절의 부호화 과정에서 제 3단계에 해당되는 것이다.

표 1. FGS VOP 헤더 구문에서 추가 되는 부분

	No. of bits	Mnemonic	Remarks
FGS VideoObjectPlain( ) {			
⋮			
<b>fgs_vop_selective_enhancement_enable</b>	1	bslbf	
if (fgs_vop_selective_enhancement_enable) {			
<b>number_of_selective_enhancement_region</b>	3	uimsbf	I
<b>Fgs_vop_max_level before SE</b>	5	uimsbf	LM
For(i=0;i<number_of_selective_enhancement_region; i++) {			

selective_enhancement_region_index	3	uimsbf	i
shift_magnitude_in_region	3	uimsbf	Si
selective_enhancement_level_diff	3	bslbf	Di
mb_start_x_selective_enhancement	1~7	vlclbf	xi
mb_start_y_selective_enhancement	1~7	vlclbf	yi
mb_x_increment_selective_enhancement	1~7	vlclbf	xi
mb_y_increment_selective_enhancement	1~7	vlclbf	yi
}			
}			
If ( fgs_vop_coding_type!="I")			
{			
⋮			

위 구문에서 추가된 각 구문 요소의 의미는 비교 (Remarks)란에 표시한 바와 같이 2절에서 정의된 각 파라미터 값을 의미한다. 여기서 구문 요소의 표현은 MPEG 표준에서 사용되는 C-언어의 표현방식을 따른다. 한편, W. Li는 FGS VOP 구문 단위의 SE기법을 제안한 바 있다[13]. Li의 기법은 동영상에서 화면의 물체의 위치가 갑자기 변하지 않는다는 특성과 스트리밍을 위한 응용에서는 정확한 중요위치를 찾을 필요가 없다는 것을 이용하여, 선택적 향상기법의 영역과 향상시키는 계층의 수를 여러 화면에서 일정하게 한다는 가정을 하였고, 이 가정을 바탕으로 선택적 향상기법을 위한 구문을 제안했다. 그러나, Li의 방식은 사각영역 기반의 SE기법이 아니며 간소화된 구문을 적용함으로써 얻는 비트율 이득은 그리 크지 못하여 전체 비트스트림에서의 비트율 감축 효과는 미미하다.

2) 매크로블록 헤더 구문 (macroblock level syntax) 축소

제안된 RSE기법은 각 화면에서 사각영역단위로 적용이 되기 때문에, 기존의 SE기법에서 사용된 매크로블록 별 SE관련 구문은 불필요하게 된다. 따라

서 FGS 매크로블록 헤더의 SE관련 구문을 제거한다. RSE 기법의 적용을 위해 FGS 매크로블록 헤더에서 제거되는 구문 요소는 표 2에서 희미한 글자로 표시된 구문들이다.

표 2. FGS 매크로블록 구문에서 제외 되는 부분

	No. of bits	Mnemonic
fgs_macroblock() {		
if ( fgs_vop_bp_id < 2 )		
fgs_cbp	1-9	vlclbf
If ( fgs_vop_selective_enhancement_enable==1 ) {		
if ( !mb_shift_factor_received && none_zero_macroblock )		
fgs_shifted_bit_planes	1-5	vlclbf
}		
if ( interlaced==1 ) {		
if ( !dct_type_received && non_zero_macroblock )		
dct_type	1	bslbf
}		
for ( i=0; i<6; i++ ) {		
if ( start_decode==1 )		
fgs_block()		
}		
}		

#### IV. 실험 및 성능 평가

제안된 사각영역 기반형 SE기법 (RSE)과 기존의 매크로블록 기반형 SE기법의 성능을 몇 가지 시험영상에 대해서 모의실험을 통해 비교 한다. RSE 기법에 의한 추가 비트율 감축에 대한 모의 실험을 통해 RSE기법이 선택적 향상 기법의 적용으로 인한 추가 비트율을 효과적으로 감축시킴을 보이고 감축된 비트율에 의해 비트율 대 화질 성능 또한 기존의 SE기법에 비해 향상됨을 검증한다.

실험은 QCIF와 CIF 크기의 Akiyo영상과 Foreman영상을 대상으로 하였으며, 기본 계층의



부호화는 양자화 값을 QP=28로 하였다. 선택적 향상 계층의 수(level of shift-up)는 2와 4로 정하였다. 화면 중앙에 위치한 1개의 사각영역이 선택되었으며, 사각영역의 크기는 Foreman의 경우 QCIF, CIF에 대해서 각각 7x6, 14x12 매크로블록이 선택되었고, Akiyo의 경우 QCIF, CIF에 대해서 각각 5x5, 10x10 매크로블록임이 선택되었다.

표 3과 표 4는 테스트 영상 100 프레임을 선택적 향상기법을 적용하지 않고 FGS 부호화했을 때 향상계층의 총 비트율에 대한 기존의 SE기법과 W. Li가 제안한 방식[13], 그리고 RSE기법으로 부호화했을 때, 발생하는 추가 비트율의 비율을 나타낸다. Akiyo영상과 Foreman영상에 대한 모든 실험 결과에서 제안된 기법은 선택적 기법을 적용하더라도 추가 비트율이 거의 발생하지 않았다. 하지만, 기존의 SE기법은 선택적 향상 영역이 넓을수록 그리고 선택적 향상 계층이 높을수록 추가 비트율은 크게 증가하였다. 또한 예상대로 W. Li의 기법 역시 구문에 의한 비트율 감축만을 고려하므로 향상 계층의 전체 비트스트림에서의 비트율 감축 효과는 미미한 것을 확인할 수 있다. 표 3과 표 4의 결과에서 SE기법의 경우 선택적 향상 영역이 넓을수록 추가 비트율이 증가하는 것은 부호화에 의한 추가 비트율의 원인인 ALL-ZERO 심블중 선택적 향상이 된 블록의 하위 비트평면에서 발생한 ALL-ZERO 심블의 영향이 더 크다는 것을 의미한다. 왜냐하면, 선택적 향상 영역이 넓어지면, 선택적 향상이 되지 않은 영역이 좁아져서 선택적 향상이 되지 않은 영역에서 추가로 발생하는 ALL-ZERO 심블들은 줄어 들지만 선택적 향상 영역의 하위 평면에서 추가로 발생한 ALL-ZERO 심블들은 늘어나기 때문이다.

표 3. Akiyo 영상에 대한 향상계층에서 선택적 향상기법의 추가 비트율 비교

영상의 크기	선택적 향상 계층의 수	SE기법 (%)	W. Li의 기법 (%)	RSE 기법 (%)
QCIF	2	6.07	6.06	0.34
	4	12.23	12.21	0.40
CIF	2	5.94	5.93	0.42
	4	11.89	11.87	0.44

표 4. Foreman 영상에 대한 향상계층에서 선택적 향상기법의 추가 비트율 비교

영상의 크기	선택적 향상 계층의 수	SE기법 (%)	W. Li의 기법 (%)	RSE 기법 (%)
QCIF	2	7.65	7.64	0.22
	4	15.36	15.34	0.28
CIF	2	6.38	6.37	0.22
	4	12.79	12.77	0.23

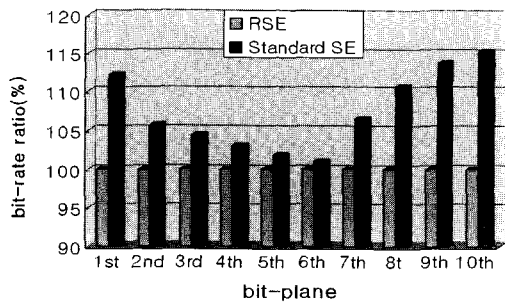
그림 5는 QCIF의 Foreman과 Akiyo 영상의 한 화면에 대해 선택적 향상 계층의 수를 4로 정하고, 제안된 RSE기법과 기존의 SE기법을 적용하였을 때, 각 비트평면별 발생한 비트량의 비율을 비교한다. 그림의 가로축은 비트평면의 수를 의미하고, 세로축은 해당 비트평면까지 부호화하는데 필요한 비트율을 나타낸다. 두 기법의 성능의 차이를 편리하게 비교하기 위해 제안된 기법을 사용했을 때의 비트율을 100으로 하고 기존의 기법을 사용했을 때의 비트율은 제안된 기법에 대한 상대적인 값을 사용하였다. 즉, 이 실험의 결과는 같은 화질을 얻기 위해 필요한 비트율의 비율로 이해할 수 있다. 같은 비트평면까지 부호화를 했다는 것은 화질이 같다는 것을 의미하기 때문이다. 그림 5의 경우, 8번째 비트평면까지 부호화하는데 기존의 기법은 제안 기법에 비해 10%가 넘는 비트율이 추가로 필요함을 알 수 있다.

그림에서 볼 수 있듯이, 제안된 기법은 향상 비트율 대 화질 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다. 비트평면에 대한 추가 비트율의 비율은 테스트 영상에 관계 없이 모두 비슷한 형태로 변화함을 보여주었다. 1~4번째 비트평면에서는 제안된 기법과 기존의 기법의 비트율의 차이가 크다가 5~6번째 비트평면까지는 두 기법의 비트율은 서로 비슷해지고, 다시 7~10번째 비트평면에 이르면서 두 방식의 비트율의 차이가 다시 급격히 커진다.

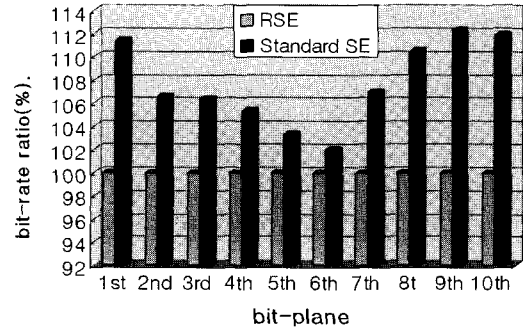
이렇게 비트율 차이의 패턴이 비트평면이 증가함에 따라 변하는 이유는 선택적 향상기법의 적용에 의한 추가 비트율의 크기에서 원인을 찾을 수 있다. 먼저 1번째 비트평면까지 부호화하려면 다른 비트평면보다 많은 구문에 의한 추가 비트율이 필요하다. 제안된 기법은 기존의 기법보다 구문에 의한 추가 비트율을 감축시켰기 때문에 두 기법의 비트율의 차

이가 크다. 2~4번째 비트평면의 경우 실험에서 4계층을 선택적 향상시켰으므로 1~4번째 비트평면에서는 선택적 향상이 되지 않은 영역에 ALL-ZERO 심볼이 발생하게 되어 두 기법의 성능차이가 크을 알 수 있다. 5번째와 6번째 비트평면까지 부호화하는데 필요한 비트율의 경우 기존의 기법과 제안된 기법에 있어서 서로 비슷해지는데 이것은 4계층을 선택적 향상을 시켰기 때문에 5번째와 6번째에서는 선택적 향상에 의해 추가로 발생한 ALL-ZERO 심볼이 없다. 따라서 부호화해야 정보의 양이 두 기법 모두에 게 비슷하다. FGS에서는 하위 비트평면으로 갈수록 부호화에 많은 비트량이 요구된다. 그림에서 비트율의 차이가 줄어들게 나타난 것은 해당 비트평면까지의 누적 비트율이기 때문이다. 7~10번째 비트평면으로 증가하면서 비트율의 차이가 급격히 증가하는 것은 선택적 향상이 된 영역에서 7~10번째 비트평면에 ALL-ZERO 심볼이 많이 발생하였기 때문이다.

한편, Akiyo 영상과 Foreman영상의 경우 비트율 차이의 변화가 조금 다른데 그것은 선택적 향상을 시킨 영역의 넓이가 다르기 때문이다. Foreman영상이 Akiyo영상보다 선택적 향상 영역이 넓기 때문에, 1~4번째 비트평면에서의 ALL-ZERO 심볼은 Akiyo영상이 Foreman영상보다 많고 7~10번째 비트평면에서의 ALL-ZERO 심볼은 Foreman영상이 Akiyo영상보다 많다. 그러므로, 1~6번째 비트평면에서는 Akiyo영상에 대한 SE기법과 RSE기법의 비트율 차이가 Foreman영상에 대한 차이보다 크고 7~10번째의 비트평면에서는 Foreman영상에 대한 두 기법의 성능 차이가 Akiyo영상에 대한 차이보다 크게 된다. 이상의 모의 실험 결과로 제안된 RSE기법은 특히 저비트율과 고비트율에서 기존의 SE기법에 비해 많은 비트율을 절약할 수 있다는 것을 알 수 있다.



(a) Foreman



(b) Akiyo

그림 5. RSE 기법과 표준 SE기법으로 부호화를 했을 때, 각 비트평면별 발생한 비트량의 비율 비교

다음 실험은 Akiyo QCIF영상과Foreman CIF영상에 대해서 선택적 향상을 하지 않았을 때, 기존의 SE기법으로 선택적 향상을 했을 때, 그리고 제안된 RSE기법으로 선택적 향상을 했을 때의 세가지 경우에 대해 비트율 대 화질 성능을 비교한다. 실험 조건은 앞의 실험과 같다. 선택적 향상에 의한 중요영역의 화질 변화를 비교하기 위해 화면 전체, 선택적 향상이 된 사각영역, 선택적 향상이 되지 않은 비중요영역의 세 가지 경우에 대한 화질의 변화를 비교한다. 그림 6~8은 Akiyo영상의 I-화면에 대한 결과이고, 그림 9~11은 Foreman영상의 I-화면에 대한 결과이다. 그리고, P-화면에 대한 제안된 RSE의 성능을 분석하기 위해 그림 12~14는 Foreman영상의 P-화면에 대한 결과를 보인다. Akiyo 영상과 Foreman영상에서 세 가지 부호화 방식의 상대적 성능의 패턴은 비슷하게 나왔다. 우선, 두 영상의 중요영역과 비중요영역에 대한 결과를 보면 선택적 향상을 했을 때와 하지 않았을 때의 차이를 잘 알 수 있다. 중요영역의 경우, 선택적 향상을 했을 때 가 더 나은 성능을 보여 주고, 비중요영역의 경우, 선택적 향상을 하지 않은 경우가 더 나은 성능을 보여 준다. 특히, 중요영역의 경우에는 선택적 향상을 통해 비중요영역에 비해 비트스트림의 앞쪽에 위치하기 때문에 최대 화질에 빠르게 도달하는 것을 볼 수 있고, 비중요영역의 경우, 중요영역보다 상대적으로 비트스트림에서 뒤쪽에 위치하기 때문에 저비트율에서는 화질 향상이 없음을 알 수 있다. 전체 화면에서의 경우, 선택적 향상을 하지 않았을

때 성능이 좋게 나왔으나, 선택적 향상을 했을 때는 그림에서 볼 수 있듯이, 중요영역의 화질이 더 뛰어나기 때문에 주관적 화질은 선택적 향상기법을 적용했을 때가 더 뛰어나다.

두 영상 모두에 대해 선택적 향상기법을 적용했을 때, 제안된 기법이 기존의 기법보다 화면 전체, 중요영역, 비중요영역 세가지 경우에서 모든 비트율에 대해 더 나은 성능을 보여 줌을 알 수 있다. 그림 6~8의 Akiyo 영상에 대한 결과를 분석해 보자. 그림 6의 화면전체 화질에 대한 두 기법의 PSNR 성능차이는 약 30 Kbits 이상의 비트율에서 커진다. 이것은 저 비트율에서의 성능차이는 상위 비트평면에 존재하는 비중요영역에서 발생한 ALL-ZERO 심볼을 부호화하지 않는 데서 오는 효과이기 때문에 성능차이가 크지 않지만, 고 비트율에서는 중요영역의 하위 비트평면에서 발생한 ALL-ZERO 심볼을 부호화하지 않는 데서 오는 비트율 감축 효과가 크기 때문에 성능차이가 크게 나기 때문이다. 그림 7의 중요영역에서 두 기법의 성능차이는 대략 0.5~1 dB 정도이고, 20~40 Kbits 대에서 최대 약 1.2dB였다. 대략 70 Kbits 이상에서는 SE기법과 PSNR성능 차가 없어지는데, 이는 이 시점에서 중요영역의 유효 정보를 갖는 비트평면들이 이미 모두 전송이 완료되었기 때문이다. 따라서 70 Kbps 이상의 비트율이 할당되더라도 중요영역에서는 유효정보의 전송 없이, ALL-ZERO 심볼만이 전송이 되어, 두 기법의 PSNR 차이가 없어지게 된다. 그러나 그림 6과 그림 8에서는 70 Kbps 이상에서 두 기법의 PSNR 차이가 두드러지게 나타난다. 이는 중요영역의 하위 비트평면에서 발생한 ALL-ZERO 심볼들을 CBS 주사 기법에 의해 부호화 하지 않음으로 인해 얻는 비트량 감소 효과가 매우 크기 때문이다.

그림 9~14에 나타난 Foreman 영상에 대한 실험 결과도 Akiyo의 경우와 마찬가지로 해석이 가능하다.

결론적으로, 제안된 방법에 의해 전체화면, 중요영역, 비중요영역 모두에서 PSNR 이득을 얻을 수 있지만, 특히 고 비트율에서는 전체화면과 비중요영역에서 더 큰 이득을 얻을 수 있다. 이는 중요영역의 하위 비트평면에서 발생한 ALL-ZERO 심볼들을 CBS 주사기법에 의해 효율적으로 부호화 해서 절약한 비트량을 비중요영역에 할당할 수 있었기 때문이다.

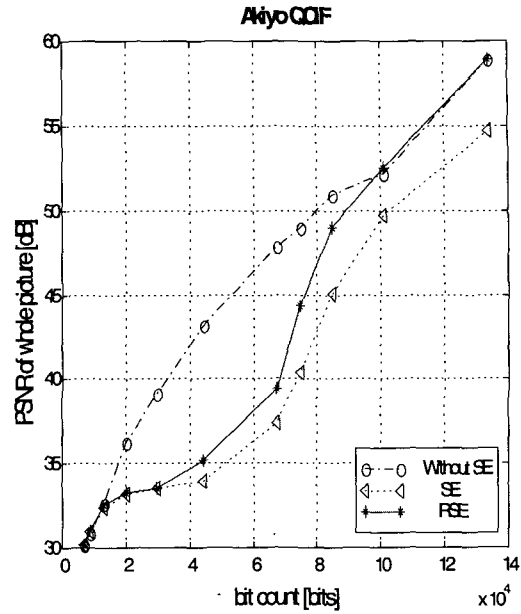


그림 6. Akiyo QCIF영상 1번째 화면(I-화면)에서 화면 전체의 비트율 대 화질 성능 비교

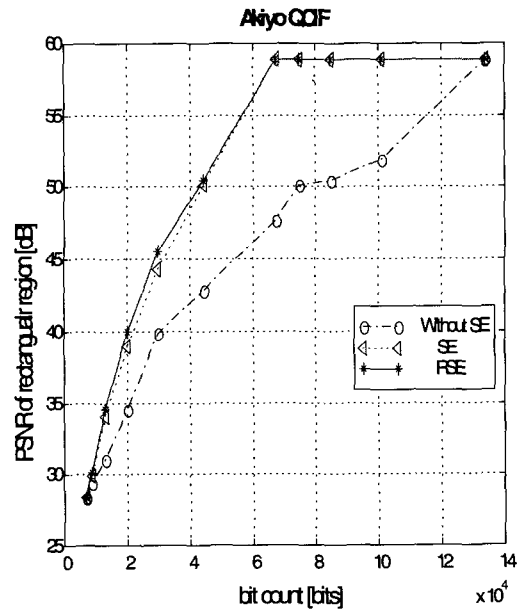


그림 7. Akiyo QCIF영상 1번째 화면(I-화면)에서 중요영역의 PSNR 성능 비교

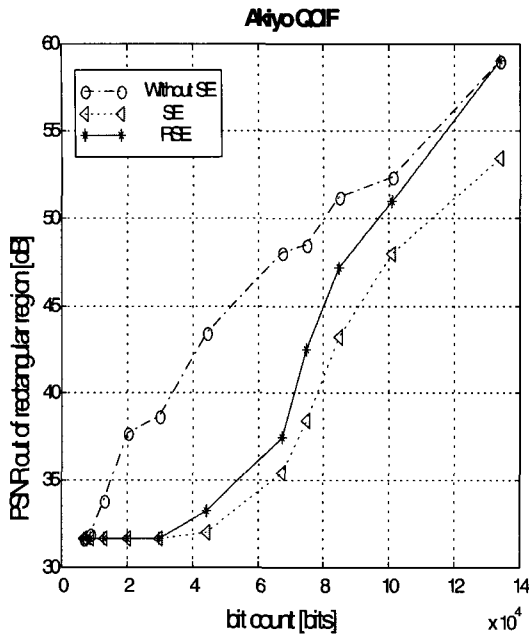


그림 8. Akiyo QCIF 영상 1번째 화면(I-화면)에서 비중요영역의 PSNR 성능 비교

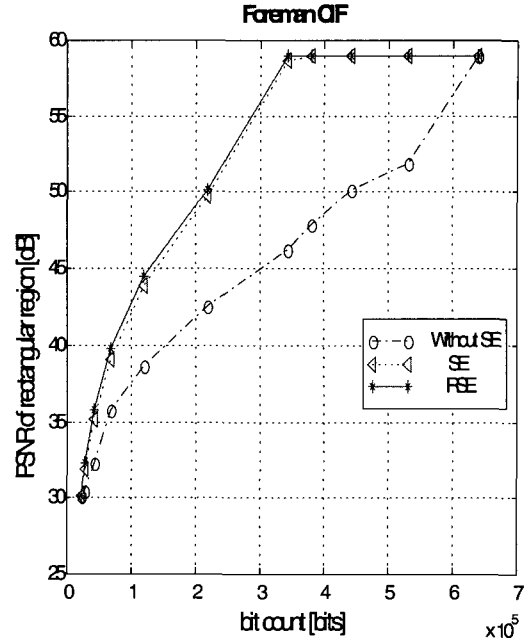


그림 10. Foreman CIF 영상 1번째 화면(I-화면)에서 중요영역의 PSNR 성능 비교

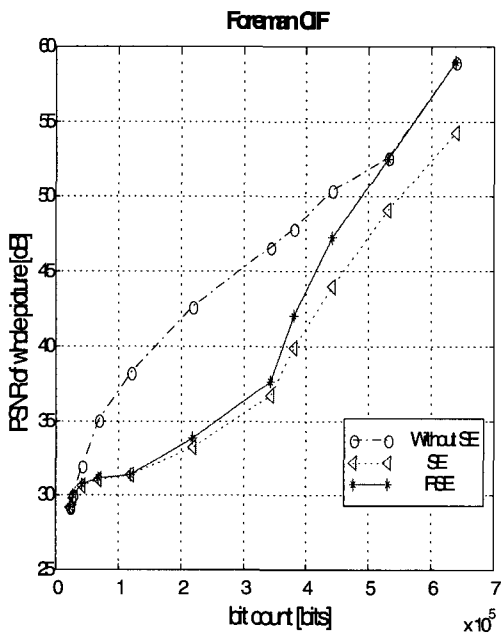


그림 9. Foreman CIF 영상 1번째 화면(I-화면)에서 화면 전체의 PSNR 성능 비교

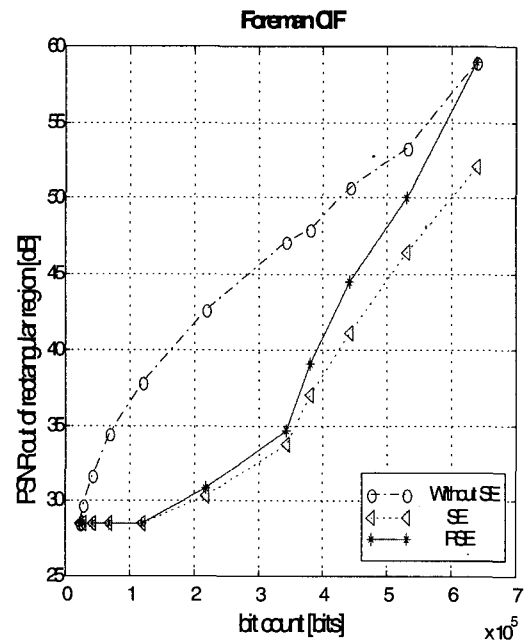


그림 11. Foreman CIF 영상 1번째 화면(I-화면)에서 비중요영역의 PSNR 성능 비교

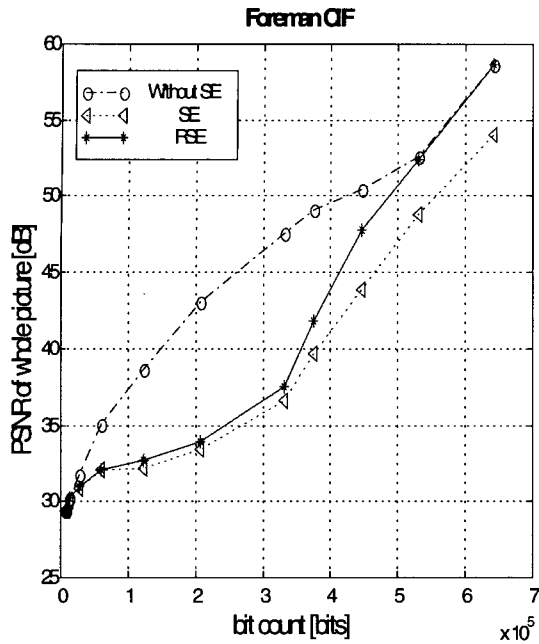


그림 12. Foreman CIF 영상 3번째 화면(P-화면)에서 화면 전체의 PSNR 성능 비교

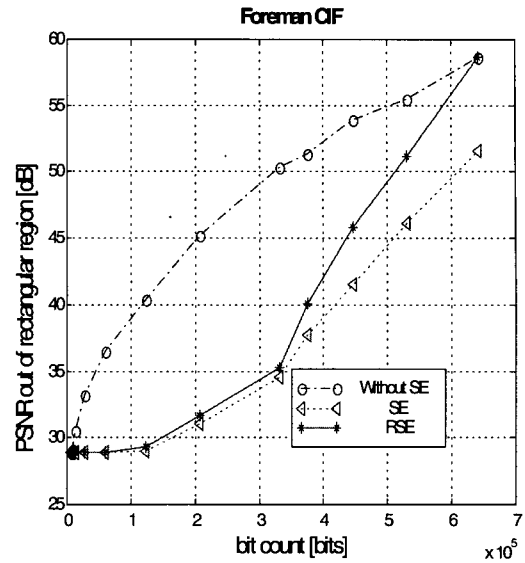


그림 14. Foreman CIF 영상 3번째 화면(P-화면)에서 비중요영역의 PSNR 성능 비교

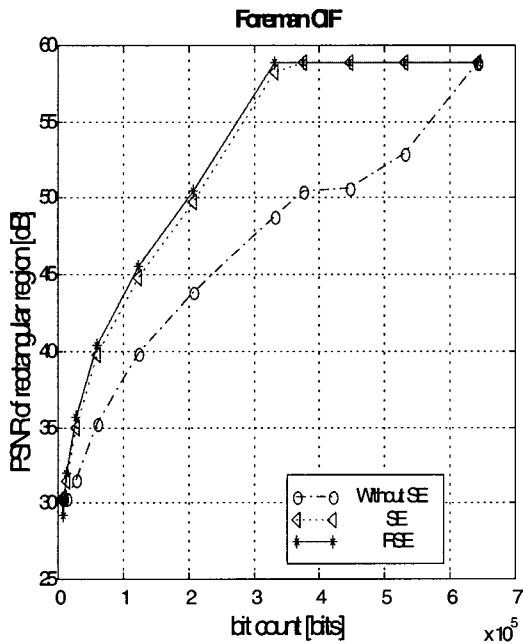


그림 13. Foreman CIF 영상 3번째 화면(P-화면)에서 중요영역의 PSNR 성능 비교

### V. 결론

본 논문에서는 MPEG-4 FGS 부호화의 주관적 화질 향상 기법인 선택적 향상 기법 (SE)의 단점인 ALL-ZERO 심볼의 발생에 의한 비트율 증가 문제를 사각영역 기반의 RSE기법을 적용함으로써 해결하였다. RSE기법은 다음의 두 가지 알고리즘에 기반한다. 첫째, FGS 향상계층의 선택적 향상기능을 사각영역 기준으로 적용함으로써, 기존의 매크로블럭 기반의 SE기법에 비해서 향상기능 서술 (description)에 필요한 비트량을 감소시킨다. 둘째, 제한적 비트평면주사 (CBS)를 이용한 단축형 비트 평면 부호화 (SBC: shortened bit-plane coding)를 통해서, 동일한 전송률에서 수신 영상의 화질개선 효과와 동일계층의 비트평면 전송에서 소요전송률의 감소효과가 있다. 제안된 RSE방법으로 MPEG-4 FGS 기술에 기반한 인터넷 비디오 스트리밍 서비스 등에서 선택적 향상 기법의 실현성이 높고 화질을 향상시킬 수 있다.

### 참고 문헌

[1] W. Li, "Fine granularity scalability in MPEG-4 for streaming video," in Proc.

IEEE ISCAS, May 2000.

[2] M. van der Schaar, Y. T. Lin, "Content-based selective enhancement for streaming video," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing (ICIP), Greece, Oct. 2001.

[3] M. van der Schaar, Y. Chen, "Adaptive quantization modes for fine-granular scalability," Contribution Document to 48th MPEG Meeting, M4938, July 1999.

[4] 서광덕, 신창호, 김재균, "FGS (fine granularity scalability) 부호화를 이용한 비디오 스트리밍 기법 연구," 한국과학기술원 Technical Report (LG전자 위탁), Aug. 2001.

[5] C. H. Shin, K. D. Seo, J. K. Kim, "Rectangular region-based selective enhancement for MPEG-4 fine granular scalability," in Proc. Int. Packet Video Workshop, Pittsburgh, USA, Apr. 2002.

[6] M. Ghanbari, "Two-layer coding of video signals for VBR networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, pp. 771-781, June 1989.

[7] K. D. Seo, S. H. Lee, J. K. Kim, and J. S. Koh, "Rate control algorithm for fast bit-rate conversion transcoding," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 46, No. 4, pp. 1128-1136, Nov. 2000.

[8] N. Bjork and C. Christopoulos, "Transcoder architectures for video coding," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 44, No. 1, pp. 88-98, Feb. 1999.

[9] ISO/IEC 14496-2 MPEG-4 Video FGS Verification Model (VM) V. 18.0, N3908, Pisa, Jan. 2001.

[10] W. Li, "Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 11, pp. 301-317, Mar. 2001.

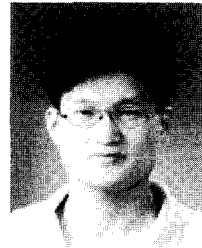
[11] 최재각, 이시웅, 조순재, 김성대, "결합 유사성 척도를 이용한 시공간 영상 분할," 한국통신학회논문지, 제 22권 제 6호, pp. 1195-1209, June 1997.

[12] F. Marquess, J. Llarch, "Tracking of generic objects for video object generation," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing (ICIP), USA, Sep. 1998.

[13] W. Li, H. Jiang, "Experiment results on syntax improvement of selective enhancement," Contribution Document to 51st MPEG Meeting, M5812, Mar. 2000.

서 광 덕(Kwang-Deok Seo)

정회원



1996년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사  
1998년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사  
2001년 2월: 제 7회 삼성 휴먼 테크 논문대상 장려상 수상  
2002년 2월: 제 8회 삼성 휴먼

테크 논문대상 은상 수상

2002년 8월: 한국과학기술원 전자전산학과 공학박사

2003~2004년 : 세계 인명 사전, Marquis Who's Who in Science and Engineering (7th Edition)에 등재

2002년 8월 ~ 현재: LG전자 CDMA 단말연구소 선임연구원

<주관심분야> 영상통신, 영상 부호화, 영상통신 시스템, 3GPP/3GPP2 표준화

신 창 호(Chang-Ho Shin)

정회원



2000년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사  
2002년 2월: 한국과학기술원 전자전산학과 공학석사  
2002년 3월 ~ 현재: LG전자 차세대 단말연구소 주임연구원

<주관심분야> 영상통신, 영상 부호화, 영상통신 시스템

김 재 균 (Jae-kyoon Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제 25권 제 7A호 참조  
현재: 한국과학기술원 전자전산학과 교수