DBpia

論　文

MPEG-2 비디오 알고리즘을 이용한 비디오 데이타 압축

正會員 南 在 烈* 正會員 李 暎 善* 正會員 李 賢 柱*
正會員 金 在 坤* 正會員 李 相 美* 正會員 安 致 得*

Video Data Compression using the MPEG-2 Video Algorithm

Jae Yeal Nam*, Young Sun Lee*, Hyun Ju Lee*, Jae Gon Kim*,
Sang Mi Lee*, Chie Teuk Ahn* *Regular Members*

要 約

ISO(International Organization for Standardization)는 디지탈 저장매체용의 비디오 및 관련 오디오 표준 개발을 시작 했는데, 그러한 표준화 노력은 MPEG(Moving Picture Experts Group)이라 명명되었으며 현재 ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11이 공식 명칭이다. 현재 MPEG은 비디오 및 관련 오디오를 10Mbps급으로 압축할 수 있는 알고리즘들을 연구하고 있다. 본 논문에서는 MPEG-2 비디오 Test Model 2(TM2)를 이용한 비디오 압축 시뮬레이터 구현에 관하여 논하였고, MPEG 비디오 테스트 시퀀스를 이용한 시뮬레이션 결과를 통해 성능을 분석하였다. 또한 구현된 시뮬레이터를 HDTV 시퀀스 압축에도 적용하였다. 그리고 그 결과를 도표에 나타내었으며, 구현된 비디오 압축 시뮬레이터의 부호화 효율을 개선시킬 수 있는 방법들을 제안하였다.

ABSTRACT

The International Organization for Standardization(ISO) has undertaken an effort to develop a standard for video and associated audio on digital storage media. This effort is known by the name of the expert group that started it : MPEG-Moving Picture Experts Group is currently part of the ISO-IEC/JTC1/SC2/WG11. The premise of MPEG-2 is that a video signal and its associated audio can be compressed to a bit rate of about 10Mbits/s with an acceptable quality. In this paper, the implementation of a video compression simulator based on MPEG-2 Video Test Model 2(TM2) is described and analyzed according to the simulation results. The implemented simulator is also applied to code HDTV sequences at the several bit rates. Some computer simulation results using the MPEG and the HDTV test sequences are given. In addition, some techniques which can improve the coding efficiency of the implemented video compression simulator are also suggested.

I. 서 론

오늘날 디지탈 전송은 전기통신에서 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 이중에서 디지탈 비디오는 화상회의, 화상전화등 전기통신 분야 응용뿐만 아니라 많

*韓國電子通信硏究所
ETRI
論文番號 : 93-110

www.dbpia.co.kr

은 응용분야에서 이용되고 있다. 컴퓨터 업계, 전기통신 업계 및 가전업계들도 점진적으로 디지탈 비디오 압축 등과 같은 많은 기술들을 공유하기 위해서 많은 연구를 진행하고 있다. 정보처리 업계의 다른 응용부분 사이의 기술공유 관점에서 ISO(International Organization for Standardization)는 디지탈 저장매체(digital storage media, DSM)용의 비디오 및 관련 오디오 표준 개발을 시작했다. 여기서 디지탈 저장매체 개념은 CD-ROM, DAT와 같은 일반적인 저장장치들뿐만 아니라 ISDN 및 LAN과 같은 전기통신 채널들도 포함한다. 그러한 표준화 노력은 MPEG(Moving Picture Experts Group)이라 명명되었으며, 현재 ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11이 공식 명칭이다. MPEG 활동은 MPEG-비디오, MPEG-오디오 및 MPEG-시스템으로 구성되어 있다. MPEG-비디오는 디지탈 비디오 신호 압축을, MPEG-오디오는 디지탈 오디오 신호 압축을 그리고 MPEG-시스템은 압축된 다단 오디오 및 비디오 비트스트림의 동기 및 다중화 문제를 다루고 있다[1],[2].

MPEG 비디오 알고리즘은 시간중복성(temporal redundancy)을 줄이기 위해 블럭단위의 움직임 추정/보상(motion estimation/compensation)을 이용한 예측 부호화 방식과 공간중복성(spatial redundancy)을 줄이기 위해 Discrete Cosine Transofrm (DCT)을 이용한 변환 부호화 방식의 혼합방식이다. MPEG-비디오는 1.5Mbps급의 MPEG-1 Committee Draft(CD)가 완성되고[2], 10Mbps급 MPEG-2 CD 완성을 위해서 MPEG-2급의 요구사항(requirement)들의 수렴이 어느 정도 이루어져서 본격적인 MPEG-2 표준 완성을 위해서 노력하고 있다[3]. MPEG-1의 Simulation Model 3(SM3)[4]처럼 압축 알고리즘들의 객관적인 비교분석을 위해서, MPEG-2 비디오 연구에서도 Test Model(TM)이란 시뮬레이션 알고리즘이 등장하게 되었다. 이 TM은 SM3를 기본골격으로 하며, MPEG-1과의 호환성(compatibility)도 고려하고 있으나, SM3와는 달리 격행주사(interlaced scanning) 기법이 들어간 프레임/필드 신호 포맷을 고려한 알고리즘이다[5].

HDTV는 광통신, 위성통신, 반도체, 디지탈 신호처리등 첨단 전자기술의 총체적 결합체로서 향후 막대한 세계시장 형성이 예상되며, 반도체, 컴퓨터, 통신등 관련분야에 대한 기술적 파급효과와 넓은 응용분야로 인해 현재 선진 각국에서는 이의 개발 및 자체 표준규격 결정에 박차를 가하고 있다. 현재의 진행 방향은 미국, 유럽, 일본등이 각각 특수한 방송환경하에 있기 때문에 나타나는 지역적인 방식 분화현상과 기존 TV방식이 갖는 화면비와 화질의 개선 방향에 따른 기술적인 방식분화현상으로 나타난다. 즉, 미국의 기존 NTSC TV 시스템과의 양립성을 최대요건으로 한 지상방송 형태의 전 디지탈 HDTV 방식, HDTV 개발의 선두주자로서 실용화 단계에 접어들고 있는 일본의 위성전송 방식인 MUSE방식, 그리고 유럽의 기존 TV방식인 PAL과 SECAM 방식의 통합을 위한 MAC 위성 방식 및 이에 연계한 HD-MAC 방식 등으로 분화된 상태이다. 미국 FCC에서 성능 평가실험이 진행중인 4가지 전 디지탈 방식중에 하나인 ADTV 방식은 MPEG++라는 비디오 압축 알고리즘을 이용하고 있는데, 이는 MPEG 비디오 알고리즘을 기본으로 하고 있다[6].

본 논문에서는 MPEG-2 TM2를 기본으로 한 비디오 압축 시뮬레이터 구성 및 구현 방법을 기술하고, 각 부분의 성능을 비교 분석하였다. MPEG 비디오 테스터 시퀀스를 이용한 실험결과를 도표에 나타냈다. 또한 개발된 비디오 압축 시뮬레이터를 HDTV 비디오 압축에도 이용하였으며, HDTV 테스터 시퀀스를 이용한 실험 결과를 분석하고 도표에 나타냈다. 또한 구현된 비디오 압축 시뮬레이터의 부호화 성능을 개선시킬 수 있는 방법들을 제안하였다.

II. 비디오 압축 시뮬레이터

본 논문에서 구현된 비디오 압축 시뮬레이터는 CCIR 601 4:2:2 포맷의 입력 비디오를 4:2:0 포맷으로 변환한 후, 움직임 추정/보상, 변환 부호화, 양자화 및 가변길이 부호화 등의 디지탈 비디오 압축 알고리즘들을 이용하여 10Mbps급으로의 대역압축을 목적으로 개발되었다. 구현된 시뮬레이터의 기능 블럭도는 그림 1과 같다.

2.1 전/후 처리

구현된 시뮬레이터는 CCIR 601 4:2:0의 격행주사된 영상 포맷을 입력 영상포맷으로 채택했다. 따라서 CCIR 601 4:2:2 영상포맷으로부터 4:2:0의 입력 영상포맷을 얻기 위해서는 전처리가 필요하며, 4:2:0 해상도의 부호화된 비디오를 디스플레이 하기 위해서는 CCIR 601 4:2:2 포맷으로의 변환을 위한

www.dbpia.co.kr

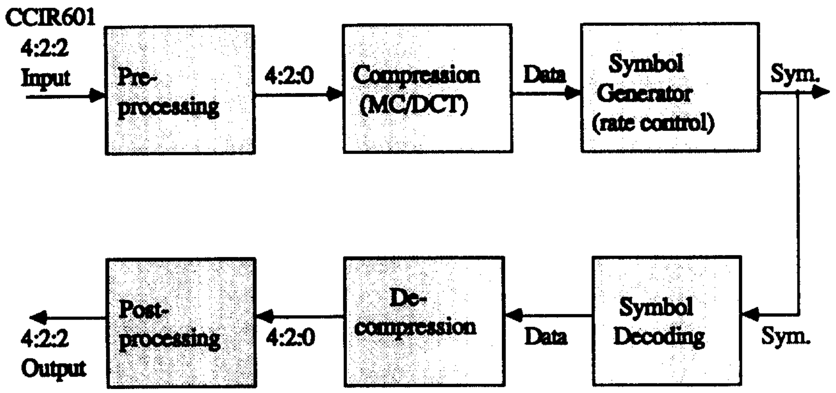


그림 1. 비디오 압축 시뮬레이터 블럭도
Fig. 1. Block diagram of video compression simulator

후처리가 필요하다. 본 비디오 압축 시뮬레이터는 [5]에서 이용한 부표본화 및 보간화 필터를 이용하였다. 그림 2에서처럼 우선 전처리에서는 휘도신호(Y)는 그대로 두고 색도 신호(Cr, Cb)에 대해서 수직 방향으로 2:1 부표본화(subsampling)를 수행한다. 이때 겹침(aliasing)을 방지하기 위하여 저역 통과 필터링(low pass filtering)을 하는데, 홀수, 짝수 필터에 대해서 그림 2에서 처럼 각각 다른 추림필터(decimation filter)를 사용한다. 후처리는 전처리 대응하여 색도 신호의 수직 방향보간을 하게 되는데 전처리에서와 같이 부표본화된 각 필드로 부터 각각 저역통과 필터링을 한 다음 1:2로 표본늘림(upsampling)을 한다. 홀수 필터에서는 부표본화된 화소는 그대로 사용하고 그들 화소들로 부터 수직방향으로 선형 보간하고, 짝수필터에서는 부표본화된 화소들과 보간될 화소사이의 수직방향으로의 위치를 고려하여 보간한다[5].

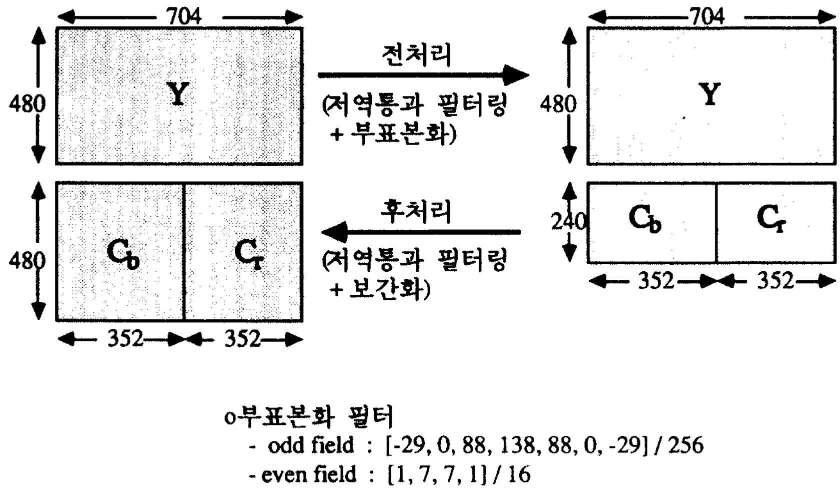


그림 2. 유효 영상 포맷
Fig. 2. Active picture format

www.dbpia.co.kr

2.2 비디오 데이타 계층 구조

디지탈 저장 매체 응용에서 비디오 데이타의 랜덤 엑세스(random access)를 가능케 하기 위해, MPEG에서는 GOP(Group of Pictures) 구조를 채택하고 있다. 본 시뮬레이터에서는 GOP의 크기를 15 프레임으로 정하였고, 매 GOP의 첫 프레임은 intra모드(I-모드), 매 3프레임마다 predicted모드(P 모드), 그리고 나머지 프레임은 interpolated모드(B-모드) 처리를 한다. 즉 GOP 구조는 "IBBPBBP‥" 형태를 갖는다(그림3). 본 시뮬레이터에서는 매 프레임당 30 Macro Block Slices(MBS), 각각의 slice는 44 Macroblock(MB), 그리고 각각의 MB들은 4개의 휘도(Y)블럭, 각각 한 개씩의 색도(U, V) 블럭들을 갖도록 했다. 데이타 구조의 최하위 구조인 블럭들은 8×8 화소로 구성되어 있는데, 뒷 단의 DCT를 이용한 변환 부호화의 기본단위로 이용된다(그림4)[5],[7].

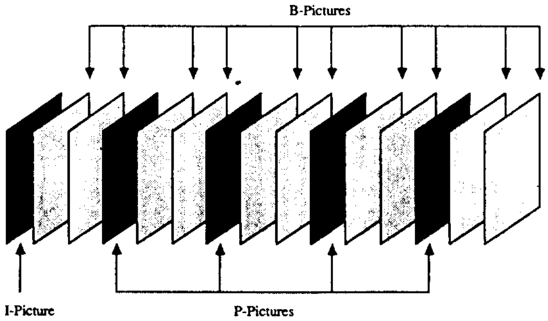


그림 3. GOP(Group of Pictures) 구조 (N=15, M=3)
Fig. 3. Group of pictures (N=15, M=3)

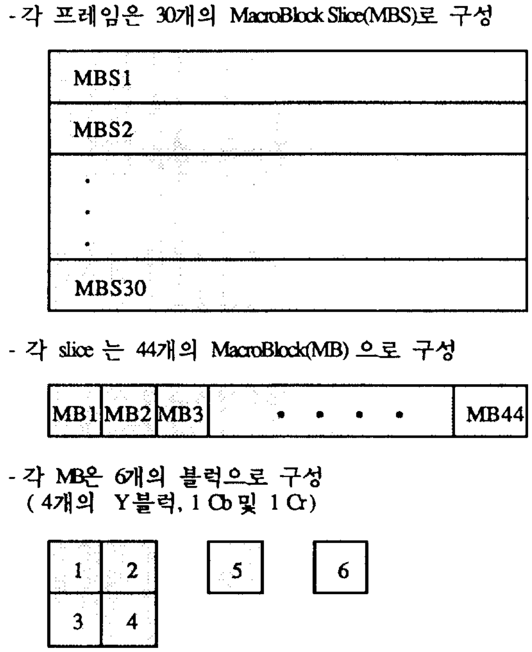


그림 4. 비디오 데이타 계층구조
Fig. 4. Layered structure of video data

2.3 움직임 예측 및 보상

2.3.1 움직임 예측

그림3은 GOP 구조를 보인 것이다. 각 영상은 프레임 단위로 구성되어 있다. 예측 모드는 순방향 예측(forward prediction), 역방향 예측(backward prediction), 그리고 두 예측 결과의 평균 형태인 양방향 예측(bidirectional prediction) 모드가 존재한다. 저지연(low delay)처리시는 역방향 예측 모드를 사용하지 않는다. 영상이 프레임 구조(frame-structure)를 갖고 있기 때문에 움직임 추정 및 보상을 프레임 또는 필드, 또는 필드/프레임 적응적으로 수행할 수가 있다. 본 시뮬레이터에서는 적응적 필드/프레임 방법을 사용하고 있다. 움직임 벡터(motion vector)는 MB 당 1개의 프레임 움직임 벡터나 2개의 필드 움직임 벡터가 사용된다. 양방향 예측 모드일 경우에는 이의 두배가 사용된다. 움직임 추정은 2단계로 이루어지는데, 이전의 원 영상을 기준으로 전체탐색(full search)을 수행하여 정수 화소 정밀도(integer pixel accuracy)의 움직임 벡터를 구하고, 이 움직임 벡터가 지시하는 위치를 중심으로 하여 주변 8개 화소를 이전에 처리된 영상(decoded image)에서 조사하여 반화소 정밀도(half pixel accuracy)의 움직임 벡터를 얻는다.

그림5는 세로 방향 반 화소 위치 값의보간(interpolation)을 보여주고 있다. 프레임 움직임 보상의 경우는 반 화소 위치의 홀수 필드와 짝수 필드로부터 보간되고, 필드 움직임 보상의 경우는 전체탐색으로부터 구해진 세로 방향 움직임 벡터가 짝수 또는 홀수냐에 따라 같은 필드 내의 화소 값으로 부터 보간되거나 다른 필드 내의 화소 값을 이용하여 구해진다. 각 MB은 MB의 성질에 따라 I-프레임의 경우는 2가지, P-프레임의 경우는 7가지, B-프리임의 경우는 11가지의 모드로 나뉜다. 본 시뮬레이터에서는 호환 예측(compatible prediction)에 대한 구현은 이루어지지 않았다[8].

www.dbpia.co.kr

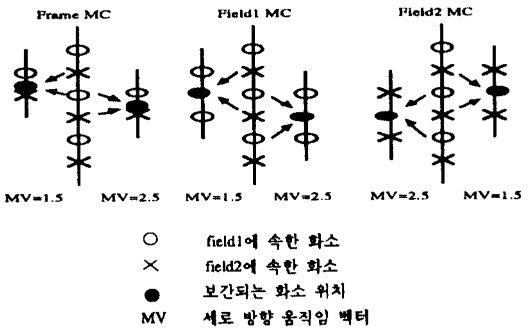


그림 5. 세로 방향 1/2 화소 위치 값의 보간
Fig. 5. Interpolation of half pixel position value in the vertical direction

2.3.2 저지연 모드

전체 영상 처리 및 전송 시스템에 걸쳐 발생되는 시간 지연은 크게 부호화 지연(encoder delay), 전송지연(transmission delay)으로 나뉜다. 그림6에 보인 바와 같이 부호화 지연은 전처리와 부호화 과정에서 발생되는 지연을 포함하고, 복호화지연은 복호화와 후처리 과정에서 발생되는 시간지연이다. 전송 지연은 전송 매체에 크게 의존하는데, 광섬유를 통한 전송의 경우는 30 msec, 위성 전송시는 260 msec 정도로 알려져 있다. 본 연구에서는 부호화 알고리즘의 성능 분석을 위해 부호화/복호화 지연만을 고려한다. 2Mbps 이상의 통신에서는 부호화/복호화 지연을 150 msec 이하로 요구하고 있으며 이는 30 Hz 프레임 처리시 4.5 프레임 지연에 해당한다. 부호화/복호화 지연의 주된 이유는 버퍼링과 B-모드 처리를 위한 프레임 재배열시간이다. 프레임 지연을 그림7에 나타내었다. M=3인 경우, B 프레임 처리를 위한 프레임 재배열로 3프레임의 지연이 발생한다. 영상이 입력된 후 디스플레이 될때까지의 전체 지연시간이 M=3 (IBBPBBPBB----)인 경우는 250 msec인데반해 M=1(IPPP---)인 경우는 100 msec로, 비디오 통신에서 요구되어지는 150 msec보다 짧음을 알 수 있다 [9].

2.4 변환 및 양자화

모드선택 및 움직임 보상은 MB 구조를 기본으로 수행되나, 변환과 양자화는 8×8 블럭은 기본으로하여 수행된다. 또한, 격행(interlaced) 비디오 신호를 통계적 특성을 이용하여 압축률을 더욱 높이기 위하여 MPEG-2에서는 적응 필드/프레임 DCT 부호화를 수행하는데, 필드/프레임 DCT 부호화 결정은 매 MB 단위로 결정한다. 블럭 변화는 2-D DCT에 의해서 변환된다. DCT변환된 계수들은 기본적으로 intra와 non-intra로 구분되어 [5]에서처럼 양자화된다[10].

2.5 전송율 및 양자화 조절[9]

양자화된 심볼을 가변길이 부호화(Variable Length Coding, VLC)하는 경우, 발생하는 비트수는 입력영상에 따라 불규칙하게 변하기 때문에, 일정한 전송율을 유지하기 위한 버퍼 제어가 필요하다. 일반적

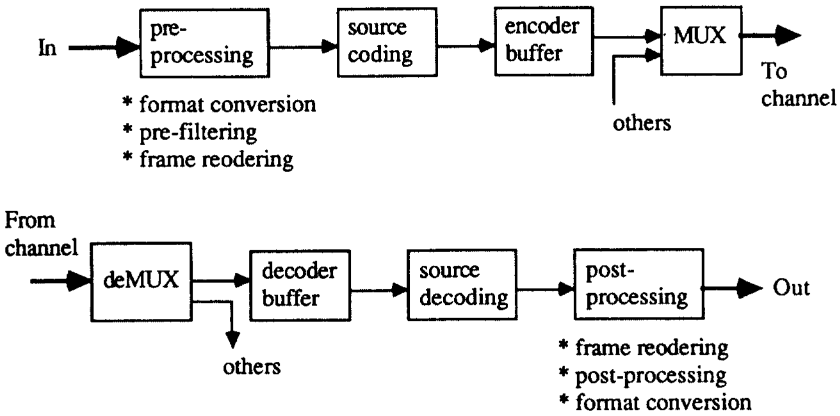


그림 6. 부호화/복호화 시간 지연
Fig. 6. Time delay for encoding/decoding

www.dbpia.co.kr

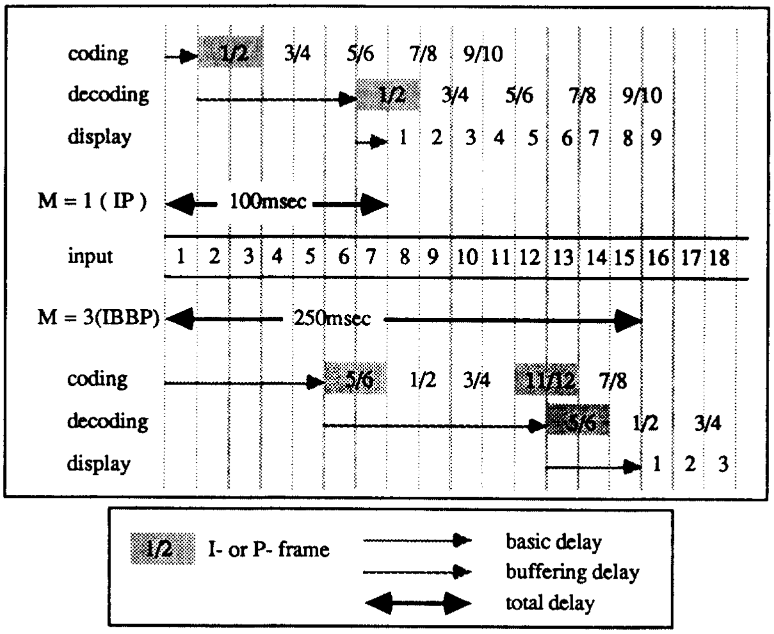


그림 7. 부호화/복호화 지연정의
Fig. 7. Definition of encoding/decoding delay

으로 버퍼 제어는 데이타의 결핍(underflow) 및 넘침(overflow)을 방지하기 위하여, 이 버퍼의 충만도를 피드백하여 현재 부호화되고 있는 영상의 양자화 간격을 조절하는 것이다. 본 비디오 압축 시뮬레이터에서는 [5]에서처럼 피드백되는 버퍼의 충만도 정보뿐만아니라, 처리될 MB의 복잡도를 함께 고려한 버퍼 조절 방법을 이용하고있다. 이때 양자화기 변수(mquant)는 부호화 전에 미리 산정된 그 프레임에서 사용될 수 있는 비트수, 가상(virtual) 버퍼의 충만도 및 영상의 복잡도에 따라 결정된다. 본 시뮬레이터에서의 전송율 조정 방법은 TM2에서 처럼, 크게3가지 단계-목표 비트 할당, 버퍼 충만도에 의한 기준 양자화 파라메타의 결정, 프레임의 공간 활동성을 이용한 적응 양자화 파라메터의 결정-로 나누어진다[10].

Ⅲ. 시뮬레이션 및 결과

3.1 시뮬레이터 성능 및 분석

본 비디오 압축 시뮬레이터는 C-언어를 이용하여 UNIX 시스템에서 구현되었다[7]. 테스터 시퀸스는 MPEG 비디오 테스터 시퀸스인 "football", "flower garden", "bicycle", 및 "mobile and calender" 영상을 이용하였다. 구현된 시뮬레이터의 전체적인 흐름도는 그림 8과 같다[7]. 성능 평가의 기준은 PSNR을 사용하여 유효 화소 영역(active pixel area)내에서 구하였다. PSNR은 크게 네가지 종류로 구하였는데 Tpsnr은 Y, U, 및 V 성분의 합에 해당하는 PSNR이며 Ypsnr, Upsnr, Vpsnr은 Y, U, 및 V 각각에 해당하는 성분이다. 이들은 식(1)과 같이 정의된다.

$$Tpsnr = 10 \times \log\left(\frac{255^2}{Error_Y + Error_U + Error_V}\right)$$

$$Ypsnr = 10 \times \log\left(\frac{255^2}{Error_Y}\right),$$

$$Error_Y = \sum_{i=1}^{704}\sum_{j=1}^{480}(Y_{ij} - \tilde{Y}_{ij})^2,$$

Y_{ij} : (i,j)위치의 Y 원영상의 값
$\tilde{Y}_{ij}$: (i,j)위치의 복호화된 Y 영상의 값

$$Upsnr = 10 \times \log\left(\frac{255^2}{Error_U}\right),$$

$$Error_U = \sum_{i=1}^{352}\sum_{j=1}^{480}(U_{ij} - \tilde{U}_{ij})^2,$$

www.dbpia.co.kr

U_{ij} : (i,j)위치의 U 원영상의 값
$\widetilde{U}_{ij}$: (i,j)위치의 복호화된 U 영상의 값

$$Vpsnr = 10 \times \log\left(\frac{255^2}{Error_V}\right),$$

$$Error_V = \sum_{i=1}^{352}\sum_{j=1}^{480}(V_{ij} - \widetilde{V}_{ij})^2,$$

V_{ij} : (i,j)위치의 V 원영상의 값
$\widetilde{V}_{ij}$: (i,j)위치의 복호화된 V 영상의 값

(1)

그림9는 TM2 전/후처리 필터링 시뮬레이션 결과로 전/후처리한 영상과 원영상과의 오차에 대한 성능을 나타낸다. 그 결과를 보면, 색 복잡도가 높은 "flower garden" 시퀀스가 상대적으로 색 복잡도가 낮은 "football" 시퀀스의 PSNR 값보다 훨씬 낮음을 알 수 있다. 그러므로 복잡한 칼라 영상을 본 시뮬레이터를 사용하여 처리하는 경우, 색 선명도(color sharpness)를 향상시키기 위한 새로운 전처리 필터의 설계가 이루어져야 한다. MPEG-2 TM2에서는 이러한 전후처리에 의한 색상정보의 열화를 방지하기 위

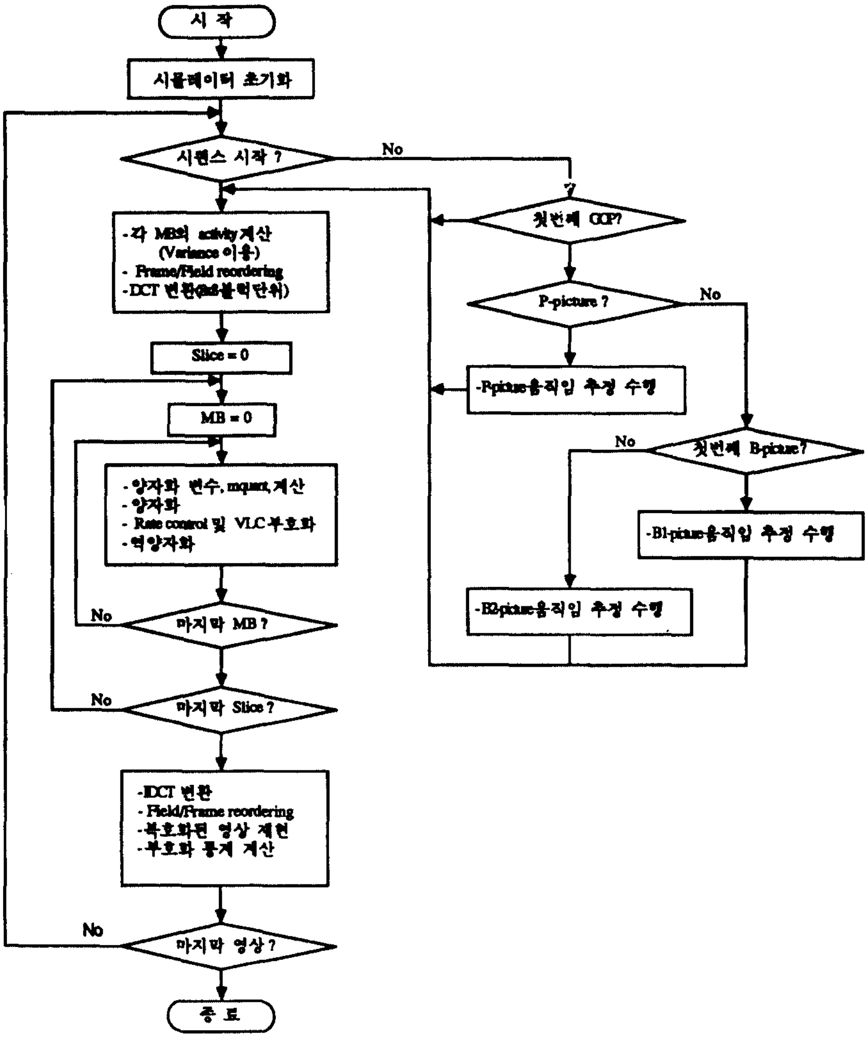
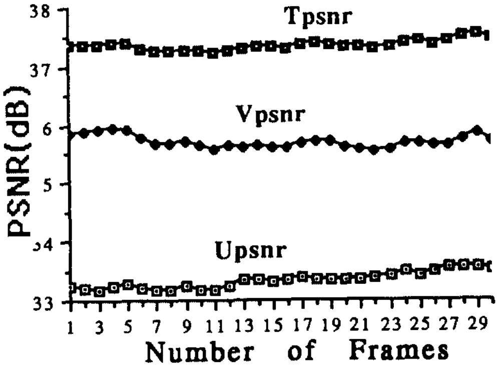


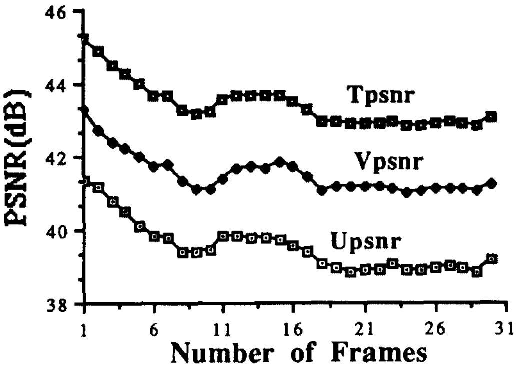
그림 8. 비디오 압축 시뮬레이터 흐름도
Fig. 8. Flowgraph of the video compression simulator

www.dbpia.co.kr

하여 전처리를 거치지 않고 그대로 사용하는, 즉, 4:2:0 대신 4:2:2 포맷 사용에 대한 실험을 수행하였다[11]. 표1은 입력영상으로 4:2:0와 4:2:2 포맷을 모두 사용하여 시뮬레이션한 결과로 비트율을 4, 7, 9, 12Mbps로 변화시키면서 148프레임을 처리하여 구한 PSNR들의 평균값을 나타낸다.



(a)flower garden



(b)football

그림 9. 비디오 압축 시뮬레이터 전/후 처리 성능
Fig. 9. Performance of pre/post processing of the simuator

표1의 결과를 보면, 4Mbps에서는 4:2:0 포맷의 결과가 영상의 종류에 관계없이 4:2:2에 비해 우수함을 볼 수 있는데, 이것은 상대적으로 낮은 비트율에서는 휘도 신호를 얼마나 정확히 부호화하느냐에 따라 그 성능이 결정된다는 것을 보여주는 것이다. 주관적인 화질은 더욱 차이를 보여 4:2:2로 처리된 영상은 "shimmer" 현상이라고 하여 화면 전체가 반짝거리는 현상을 4:2:0로 처리된 영상에 비해 많이 느낄 수 있다. 그러나 비트율이 높아질수록 이러한 현상은 점차 사라지며 7Mbps 이상의 비트율하에서는 4:2:2 포맷으로 처리한 영상이 객관적인 성능이 4:2:0보다 더 나은 결과를 가진다. 이때 주관적인 화질은 4:2:2의 휘도 신호 값이 4:2:0의 휘도 신호에 비해 떨어짐에도 불구하고 상당히 좋은 영상이라 느껴진다. 비트율 뿐만 아니라 개별 영상의 특성 즉 영상의 세밀한 정도, 색상의 복잡도에 따라서 4:2:0와 4:2:2의 성능은 달라지는데 영상이 복잡할수록 휘도 신호는 4:2:0 포맷이 4:2:2 포맷에 비해 우수하며, 칼라의 복잡도가 높을수록 색도 신호는 4:2:2 포맷의 결과가 4:2:0에 비해 우수하다.

앞으로 더 많은 시험 영상을 이용한 실험 결과를 보아야하겠지만 현재의 시험 결과를 종합해 보면, 입력 영상이 CCIR601의 크기를 가진다면 7~8Mbps이하의 비트율을 가지는 서비스에 적용할 경우에는 4:2:0 포맷이, 그 이상의 비트율을 가지는 경우는 4:2:2 포맷이 바람직하리라 생각된다. 현재까지 구현된 시뮬레이터는 각 기능블럭을 최적화시킨 것이 아니므로 각각의 포맷에 대한 성능 개선의 가능성은 다양한데, 예를 들어 4:2:2 포맷의 경우 양자화 처리 블럭에서 Y성분을 부호화하는 방법을 U, V성분을 부호화하는 것보다 더 세밀하게 하는 방법등을 도입한다면 저비트율하에서도 4:2:2의 휘도 신호의 성능을 4:2:0의 휘도 신호의 성능에 근접하게 개선시킬 수 있으리라 생각된다.

표 1. 4:2:0-4:2:2 포맷에서 비트율의 변화에 따른 성능 비교(148프레임)

(a)Flower Garden

비트율, PSNR \ 입력포맷		4:2:0 포맷	4:2:2 포맷
4Mbps	Tpsnr	29.452	29.293
	Ypsnr	28.545	27.667
	Upsnr	29.719	31.299
	Vpsnr	31.752	32.690
7Mbps	Tpsnr	31.686	31.875
	Ypsnr	31.782	30.653
	Upsnr	30.795	33.157
	Vpsnr	32.629	34.105
9Mbps	Tpsnr	32.552	33.058
	Ypsnr	33.205	32.026
	Upsnr	31.206	34.073
	Vpsnr	32.996	34.834
12Mbps	Tpsnr	33.462	34.456
	Ypsnr	34.884	33.621
	Upsnr	31.607	35.252
	Vpsnr	33.420	35.802

www.dbpia.co.kr

(b)Football

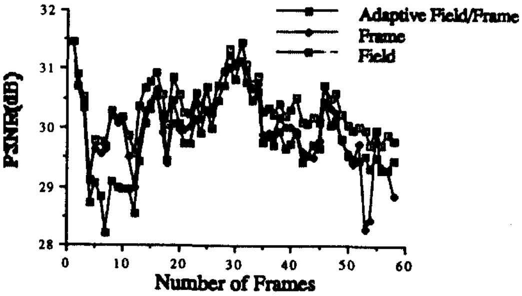
비트율, PSNR / 입력포맷		4:2:0 포맷	4:2:2 포맷
4Mbps	Tpsnr	32.095	32.086
	Ypsnr	30.529	30.192
	Upsnr	33.907	30.985
	Vpsnr	35.384	36.216
7Mbps	Tpsnr	34.410	34.585
	Ypsnr	33.363	32.977
	Upsnr	35.237	36.725
	Vpsnr	36.486	37.708
9Mbps	Tpsnr	35.413	35.688
	Ypsnr	34.657	34.227
	Upsnr	35.789	37.495
	Vpsnr	37.011	38.410
12Mbps	Tpsnr	36.488	36.940
	Ypsnr	36.114	35.657
	Upsnr	36.353	38.366
	Vpsnr	37.602	39.254

다음은 비디오 압축 성능에 영향을 미치는 요인들 중 움직임 추정 및 보상의 영향을 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해서 살펴보았다. 본 시뮬레이션은 크게 세 부분으로 이루어지는데, 먼저 움직임 추정 및 보상 방법에 따라서 적응적 필드/프레임, 프레임, 필드 예측 및 보상을 할 때의 결과를 비교하고, 두번째 부분에서 적응적 필드/프레임 예측시 움직임 벡터의 정밀도가 부호화 성능에 미치는 영향을 살펴보았다. 마지막 부분에서는 적응적 필드/프레임 예측시 반 화소 정밀도의 움직임 벡터 추정에 기준영상으로 원영상을 사용한 경우와 복호화된 영상을 사용한 경우의 시뮬레이션 결과에 나타나는 차이를 살펴보았다. 그림 10~12는 CCIR601 4:2:0 형식 영상인 flower garden과 football 각 58 프레임씩을 4Mbps급으로 처리한 결과이다. PSNR 값은 4:2:0 형식을 4:2:2 형식으로 후처리한 후 구하였다.

먼저 그림10에 보인 적응적 필드/프레임, 프레임, 필드 예측 및 보상 방법의 결과를 비교해 보면, 두 영상 모두에서 적응적 필드/프레임 예측 방법이 가장 우수함을 보였다. 프레임 예측과 필드 예측의 경우 대체로 프레임 예측이 우수한데 그 이유 중의 하나는 필드예측에 비해 프레임 예측의 경우 움직임 벡터에 할당되는 비트가 적으므로 DCT 계수에 대한 부호화에 다소 이득이 있다는 점이다. 그러나 단정적으로 결론짓기는 어렵고 영상의 움직임 특성에 가장 크게 의존한다고 본다. Flower garden의 경우, 프레임 예측과 필드 예측간의 차이 기복이 심한 반면, football의 경우 거의 일정한 차를 보이고 있다.

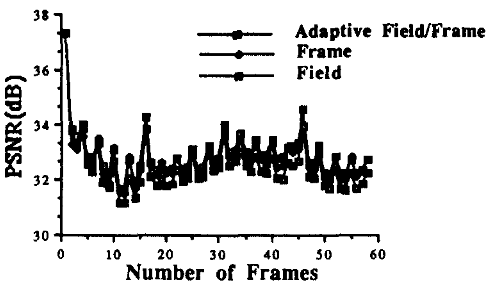
다음으로 적응적 필드/프레임 예측방법을 사용하여 반 화소 개선(half-pixel refinement)의 영향을 검토하면, 그림 11에 나타난 것과 같이 PSNR면에서 반 화소 정밀도의 움직임 벡터를 갖는 경우가 평균 1dB 이상 높은 결과를 보이고 있다. 두 결과의 차는 flower garden의 경우가 football 보다 불규칙적인데, 그 이유 중의 하나는 움직임의 크기는 football 영상이 클지라도 움직임 영역이 flower garden은 전체적인데 비해 football은 국부적이라는 점을 들 수 있다.

그림 12는 반 화소 정밀도의 움직임 벡터 추정시 기준영상(reference image)의 영향을 보인 것이다. 원영상을 기준영상으로 사용한 경우와 복호화된 영상을 기준영상으로 사용한 경우, 결과의 좋고 나쁨을 가리기가 매우 힘들다. 이런 결과의 이유는 전체적 화질은 이미 정수 화소 정밀도의 움직임 벡터 추정에 의해 거의 결정되기 때문이다. 원영상을 기준영상으로 사용할 경우, 실제 움직임을 고려하기 때문에 주관적 화질 면에서 이익을 줄 수 있다. 복호화된 영상을 기준영상으로 사용할 경우, 예측 오차를 최소화하는 방향으로 움직임 벡터를 찾아간다. TM2의 경우 정수 화소 정밀도 움직임 벡터 추정시는 원영상을 기준영상으로 사용하고, 반 화소 정밀도의 움직임 벡터 추정시는 복호화된 영상을 기준영상으로 사용하고 있으므로, 두 경우가 주는 잇점을 최대로 살리려고 하고 있다. 구현된 비디오 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션 결과의 주관적 화질 비교시 모든 경우에 대해서 차이를 느낄 수 없었다.



(a)flower garden

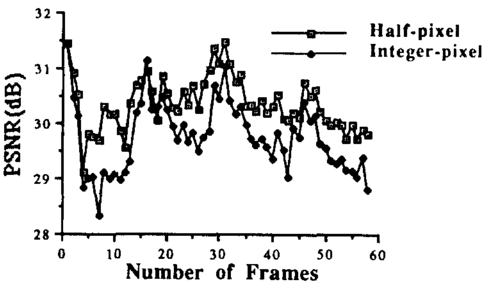
www.dbpia.co.kr



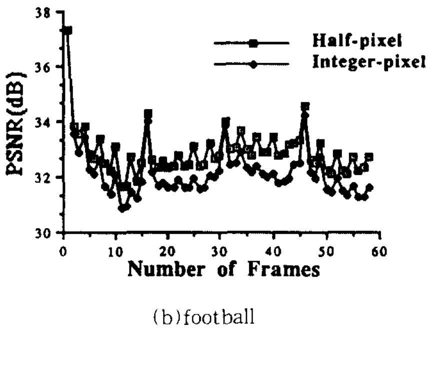
(b)football

그림 10. 움직임 추정 모드에 따른 성능

Fig. 10. Performance of different estimation methods



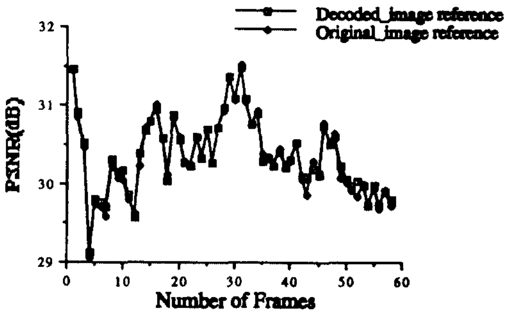
(a)flower garden



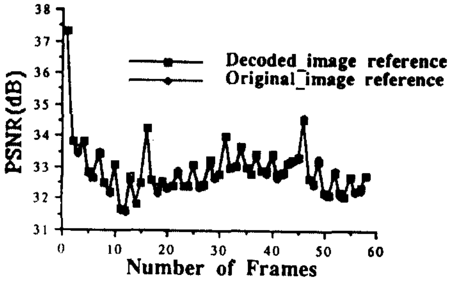
(b)football

그림 11. 화소 정확도에 따른 시뮬레이터 성능

Fig. 11. Performance of the simulator according to the pixel refinement accuracy



(a)flower garden



(b)football

그림 12. 기준 영상에 따른 시뮬레이션 결과

Fig. 12. Simulation results of the simulator according to the refinement images

3.2 MPEG-2 저지연 모드에 대한 시뮬레이션 결과 및 분석

본문의 2.3.2에서 설명한 것과 같이 B프레임을 사용하지 않고 "IPP..." 구조의 시뮬레이션을 수행하고 결과를 나타내었다. 입력영상으로는 3.1과 같이 CCIR601 4:2:0 포맷을 사용하였고 비트율은 4Mbps를 사용하였다. 움직임 보상 방법은 적응적 필드/프레임, 움직임 추정 범위는 영상에 관계없이 +/−15.5[화소/프레임]을 사용하였고 반 화소 개선은 복호화된 영상에서 행하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 13에 나타나 있는데 IBBP모드에 비하여 상당한 PSNR의 저하를 볼 수 있다. 이러한 이유는 IPP 모드는 저지연의 이득이 있는 반면, 한 GOP내 P-프레임에 할당되는 비트수가 증가함으로써 I-프레임에 할당되는 비트 수가 적어져 I-프레임의 화질 저하를 초래하여 I-프레임을 기준으로 움직임 보상을 하는 P-프레임의

www.dbpia.co.kr

화질 저하를 가져오기 때문이다. 또한, P-프레임에 대해서도 예측성능을 보완해 줄 만한 충분한 비트가 각 P-프레임에 공급되지 못함으로써 새로운 프레임이 intra 처리 될 때까지 계속적인 화질 저하가 발생한다. 화질 저하의 정도는 영상에 따라 상당한 차이가 있는데 football의 경우는 IBBP 모드와 IPP 모드의 PSNR 차이가 크지 않음에도 불구하고 IPP 모드에서 시각적으로 느껴지는 인조잡상(artifact)이 현격히 증가함을 확인할 수 있었다.

그리하여 본 논문에서는 MPEG-2의 IPP 저지연 모드를 방송등에 사용시 성능을 향상시키는 방안을 간단히 언급하고자 한다. 앞에서 살펴본 바와 같이 부호화/복호화 시간 지연의 큰 비중을 차지하는 것 중의 하나가 버퍼 지연인데, 이것은 전적으로 I-프레임 처리시 발생한다. 그리하여 일정한 화질을 유지한 채 이러한 버퍼 지연을 낮추는 방법으로 intra slice 개념이 도입된다. Intra slice는 하나의 프레임이 전체로써 intra로 처리되는 것이 아니라 몇개의 슬라이스만이 intra로 처리된다. 그리하여 하나의 GOP내의 모든 프레임이 intra slice를 가지며 이들이 모여 하나의 intra 프레임을 구성한다. 이러한 intra slice 개념의 도입은 intra로 처리하는 부분을 연속되는 영상들로 분산하여 intra 프레임으로 인한 버퍼 지연을 감소시킬 수 있다. 그러나 랜덤 억세스가 불가능하고 한 프레임 내에서 inter부분과 intra부분 사이의 화질 차가 현격하며 장면변화(scene change) 발생시는 저지연의 잇점이 사실상 없어진다는 단점을 갖고 있어 문제로 지적되고 있다.

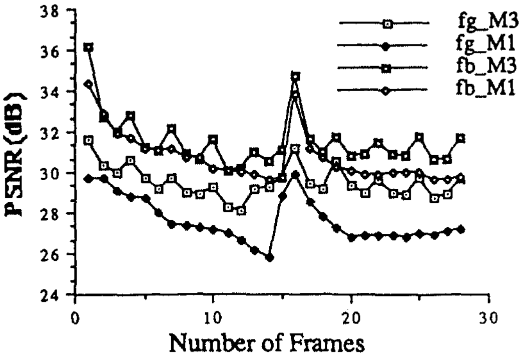


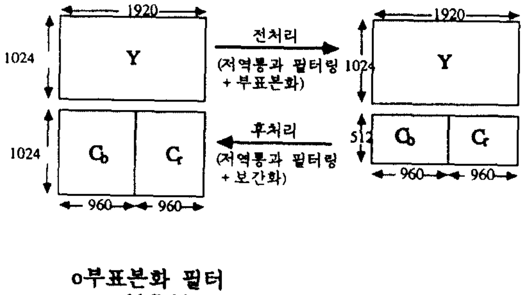
그림 13. MPEG-II 저지연 모드 시뮬레이션 결과
(fg : flower garden, fb : football

Fig. 13. Simulation Results of MPEG-II low delay mode
(fg : flower garden, fb : football)

그 밖에 intra 프레임 처리를 하면서 발생되는 비트수를 줄이는 방법으로 I-프레임의 두 필드간의 움직임을 보상하는 방법이 있다. 이 방법은 많은 비트수를 줄일 수 있고, 또 프레임 부호화 성능을 높일 수 있다는 장점이 있다. 또한 버퍼 컨트롤을 통하여 이 문제를 일부 해결할 수도 있다. MPEG-2에서는 각 프레임마다 목표비트(target bit)를 정해 놓고 MB 단위로 버퍼 컨트롤을 하고 있다. IPP 모드에서의 목표비트 설정은 화질 균일화의 중요한 요인이 된다. 초기치의 조정과 버퍼 충만도에 따른 양자화 파라메타값의 적응적인 할당으로 더 나은 성능을 이룰 수 있을 것이라 기대한다.

Ⅳ. HDTV 비디오 데이타 압축

본절에서는 구현된 비디오 압축 시뮬레이터를 이용한 HDTV 비디오 압축에 관해서 기술하고, 그 실험 결과를 도표에 나타냈다. 본 실험의 목적은 구현된 비디오 압축 시뮬레이터를 단순히 해상도 및 데이타율을 HDTV급으로 확장했을때 어느정도의 화질 및 부호화 성능을 얻을 수 있는지를 알아보고, 객관적 및 주관적 화질 평가를 통해서 HDTV급 비디오 압축 시뮬레이터로 개선 시킬 수 있는 방안을 찾고자 함에 있다[12]. 본 시뮬레이션에서는 4:2:0의 격행주사된 영상포맷을 입력 영상 포맷으로 채택했다. 사용된 4:2:0 포맷의 해상도는 휘도신호 1920×1024, 각각의 색도신호 960×512이다. 그림 14은 사용된 HDTV 입력 영상포맷을 나타내고 있다. 부호화에 이



o부표본화 필터
- odd field : [-29, 0, 88, 138, 88, 0, -29] / 256
- even field : [1, 7, 7, 1] / 16

그림 14. HDTV 유효 영상 포맷

Fig. 14. HDTV active picture format

www.dbpia.co.kr

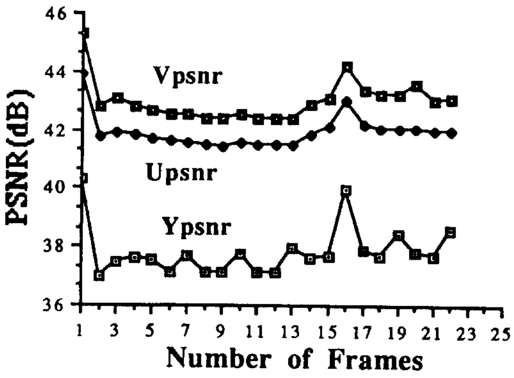


그림 15. "fashion show" 시퀀스에 대한 시뮬레이션 결과 (adaptive field/frame MC, search range : +/−15, bit rate : 35Mbps)

Fig. 15. Simulation Results og "fashion show" sequence (adaptive field/frame MC, search range : +/−15, bit rate : 35Mbps)

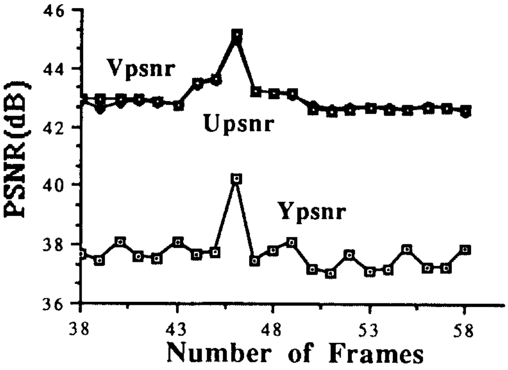


그림 16. "locomotive" 시퀀스에 대한 시뮬레이션 결과 (adaptive field/frame MC, search range : +/−15, bit rate : 35Mbps)

Fig. 16. Simulation Results og "locomotive" sequence (adaptive field/frame MC, search range : +/−15, bit rate : 35Mbps)

용된 비디오 데이타 구조, 움직임 추정 및 보상, 변환 및 양자화, 전송율 및 양자화 조절등은 동일한 방법들을 이용하였다. 이를 이용하여 HDTV 시퀀스인 "fashion show" 및 "locomotive"를 25 및 35Mbps로 부호화하였는데 35Mbps로 부호화한 결과를 그림 15~16에 각각 나타내었다. 25Mbps에서도 전체적으로 상당히 좋은 화질을 보여 주었으나 복잡한 부분(very detailed part)에서 약간의 부호화 인조잡상을 볼 수 있었다. 그러나 35Mbps로 부호화된 영상에서는 부호화 인조잡상을 거의 볼 수 없었다. 다만 색상의 선명도가 원영상에 비해 다소 떨어짐을 확인할 수 있었다. 특히 HDTV는 고선명도의 화질을 요구하므로 우수한 색상의 선명도를 위하여 4:2:2 입력포맷을 수용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 알고리즘을 기본으로 한 비디오 압축 시뮬레이터의 구현 및 이를 이용한 비디오 데이타 압축에 관해서 기술하였다. 기본적인 알고리즘은 적응 필드/프레임 움직임 추정/보상을 이용한 변환 부호화 알고리즘이다. 본 시뮬레이터는 B-모드를 갖는 GOP 구조를 갖고 있는데 이는 영상의 화질 향상 면에서는 이점이 있지만, 부호화 및 복호화 과정에서 지연 문제를 야기시킨다. 그리하여 본 논문에서는 저지연 부호화 알고리즘 개발을 위해 MPEG-2 저지연 모드의 이용 방안을 살펴 보았다.

향후 본 시뮬레이터의 성능을 개선시키기 위해서는 인간 시각 특성(human visual system)을 더욱 적응적으로 이용한 양자화기의 개발, 버퍼 충만도 뿐만 아니라 입력 영상의 특성을 잘 반영할 수 있는 척도(measure)개발 및 이를 이용한 버퍼조절, 실시간 처리에 중요한 변수인 지연을 줄이면서도 예측을 정확히 할 수 있는 저지연 예측모드 개발 그리고 실제 비디오 신호에서 빠른 움직임을 정확히 찾으면서도 계산복잡도(computational complexity)를 줄일 수 있는 움직임 추정/보상 및 추정범위(search range)에 대한 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

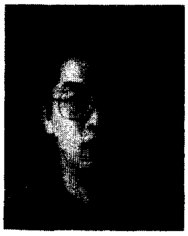
참 고 문 헌

1. D. Le Gall, "MPEG : A video compression standard for multimedia applications," Communications of the ACM, Vol.34, No.4, pp.47-58, April 1991.
2. Coding of moving pictures and associated audio Committee Draft of Standard ISO 11172 : ISO/MPEG 90/179, Dec. 1990.
3. MPEG proposal package description. Document ISO/WG8/MPEG/89-128, July 1989.

www.dbpia.co.kr

4. "MPEG video simulation model three(SM3)," ISO/IEC/JTC1 SC2/WG11 MPEG 90/041July 1990.
5. "Preliminary working draft of test model 0," ISO/IEC/JTC1 SC2/WG11 MPEG 92/086, March 1992.
6. 남재열, "HDTV 기술조사분석," 한국전자통신연구소, 기술문서 HD000-100-141, 1991.
7. 남재열 외 7명, "MPEG-II test model 시뮬레이터 구현," '92통신학회 하계논문발표대회, pp.461-464, 7월, 1992.
8. 이현주 외 7명, "움직임 추정 및 보상을 이용한 MPEG-2 비데오 압축:TM0의 예측성능 분석," '92통신학회 하계논문 발표대회, pp.495-497, 7월, 1992.
9. 이상미 외 5명, "저지연 부호화 기법의 비교분석," '92 신호처리 합동학술대회, pp.401-405, 9월, 1992.
10. 이영선 외 3명, "MPEG 영상 압축의 전송율 조정 방법에 대한 비교," '92통신학회 하계논문발표대회, pp.513-516, 7월, 1992.
11. 이영선 외 4명, "고선명TV 입력 영상의 형태에 따른 영상압축 성능비교," 한국전자통신연구소, 기술문서 TM93-1420-5, 3월, 1993.
12. 남재열 외 7명, "MPEG-II 알고리즘을 이용한 HDTV 비데오 압축," '92신호처리 합동학술대회, pp.681-684, 9월, 1992.

이 연구는 92년도 체신부 한국통신이 출연한 과제 연구결과임



南 在 烈(Jae Yeal Nam) 正會員
1960年 8月 12日生
1983年 2月 : 경북대학교 공대 전자공학과
1985年 2月 : 경북대학교 대학원 전자공학과
1991年 8月 : 텍사스주립대 전기공학과(공학박사)
1985年 5月 ~ 1987年 8月 : 한국전자통신연구소 선임연구원
1991年 9月 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 광대역통신연구부 영상통신연구실, 선임연구원

李 暎 善(Young Sun Lee) 정회원
1966年 9月 1日生
• 경북대학교 전자공학과(학사)
• 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)
1991年 3月 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 연구원
※주관심분야 : 고선명 TV Codec 방식 연구

李 賢 柱(Hyun Ju Lee) 정회원
1966年 11月 8日生
1990年 2月 : 중앙대학교 전자공학과
1992年 2月 : 중앙대학교 대학원 전자공학과(석사)
1992年 1月 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 영상통신연구실, 연구원
※주관심분야 : 영상 신호 코딩 및 디지틀 신호처리

金 在 坤(Jae Gon Kim) 정회원
1967年 7月 26日生
1990年 2月 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
1992年 2月 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과
1992年 3月 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 영상통신연구실

www.dbpia.co.kr

李 相 美(Sang Mi Lee) 正會員
1960年 9月 25日生
1983年 2月 : 경북대학교 공대 전자공학과(학사)
1985年 2月 : 경북대학교 대학원 전자공학과(석사)
1990年 2月 : 경북대학교 대학원 전자공학과(박사)
1983年 5月 ~ 1986年 8月 : 경북대학교 공대 조교
1986年 9月 ~ 1991年 3月 : 경북대학교 공대 시간강사
1991年 3月 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 선임연구원
※주관심분야 : 영상신호처리, 디지탈신호처리, 고선명 TV 연구

安 致 得(Chie Teuk Ahn) 정회원
1956年 8月 15日生
1980年 2月 : 서울대학교 공대 전자공학과(학사)
1982年 2月 : 서울대학교 공대 전자공학과(석사)
1991年 8月 : 미국 University of Florida 전기공학과(박사)
1982年 12月 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 영상통신연구실장, 선임연구원

www.dbpia.co.kr