

## DVR을 위한 효율적인 웨이블릿 압축 및 복원 시스템

김웅\*, 정갑천\*\*, 노명진\*, 문형진\*, 박성모\*, 김영민\*\*

\*전남대학교 컴퓨터공학과 \*\*전남대학교 전자공학과

전화 : (062) 530-1798 / 팩스 : (062) 530-1809

### Efficient Wavelet Compression and Decompression System for DVR

Woong-Kim\*, Gab-Cheon Jung\*\*, Myoung-Jin Ro\*, Hyoung-Jin Mun\*,  
Seong-Mo Park\*, Young-Min Kim\*\*

\*Dept. of Computer Eng., Chonnam National Univ.,

\*\*Dept. of Electronics Eng., Chonnam National Univ.

E-mail : woong@cep03w.chonnam.ac.kr

#### Abstract

In this paper, we describe implementation of efficient wavelet image compression and decompression system for DVR(Digital Video Recorder).

We used various methods to remove time redundancy, spatial redundancy and statistical redundancy of video camera inputs.

Motion detection, wavelet transform, RLC(Run Length Coding) and huffman coding techniques are combined for efficient compression / decompression.

#### I. 서론

아날로그 비디오 녹화방식은 신호처리가 단순하여 저장할 데이터의 양이 많고 충실도가 많이 떨어진다는 점에 비해 반면, 디지털 비디오 녹화방식은 신호처리가 복잡하며 시스템의 가격이 높고 처리할 데이터 양이 아날로그에 비해 매우 많지만, 원 데이터를 무한히 복사하여도 동일성을 유지한다는 점에 이점이 있다. 차세대 비디오 안전시스템으로 주목받고 있는 DVR(Digital Video Recorder)은 기존 아날로그 방식과는 달리 디지털 영상 압축 방식을 적용함으로써 화질과 성능 개선 외에도 녹화태이프의 주기적 교환, 보관이 가능해 유지보수비가 들지 않으며, 신속한 검색이 가능하고 원거리에서도 전화선 혹은 인터넷을 이용해 영상을 실시간으로 전송받

아 상황을 파악해 능동적으로 대처할 수 있는 시스템이다.

현재 상용화되어지고 있는 DVR의 영상 압축 알고리즘은 Motion-JPEG 방식과 하이브리드 MPEG/Wavelet 방식 등을 많이 사용하고 있다. Motion-JPEG의 경우 압축률은 JPEG과 동일하나 MPEG에서와 같이 시간적 중복성을 제거하지 않기 때문에 빠른 압축속도를 나타낸다. 하이브리드 MPEG/Wavelet의 경우 MPEG과 JPEG의 장점과 웨이블릿 변환이라는 차세대 영상압축 기술을 접합해 높은 압축률로 실시간에서 더욱 많은 프레임의 처리함으로써 고화질의 영상을 더 오랜 시간 저장할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 시스템에서는 고압축에서도 화질의 열화가 없는 웨이블릿 변환[1]을 압축알고리즘으로 적용하였다.

구현한 영상정보압축의 방법은 영상의 시간적 상관관계를 이용하여 정보를 압축하는 방법으로, 원영상과 다음 영상간의 차를 이용하여 에러 영상을 구하고, 공간적 상관관계를 이용한 웨이블릿 변환 및 엔트로피 부호화를 통하여 압축률과 처리 속도를 높이고, 메모리 사용량을 최소화할 수 있다. 즉, 웨이블릿 변환 이전에 미리 시간에 따른 중복성을 제거하여 그 차 영상만을 웨이블릿 변환함으로써 처리할 데이터 양을 줄이고, 처리 속도를 높여 속도 이득과 압축 효율성을 높였으며, 차영상을 이용하는 부분에서는 움직임이 있는 영역을 Bounding Box로 규정하고, 이 영역 내에서만 MPEG 방식[2]에 따른 움직임 보상을 수행하도록 하였다.

본 논문은 학국과학재단지정 전남대학교 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터의 연구비에 의해 연구되었음

## II. 압축 및 복원 시스템의 구성

DVR 시스템의 압축을 위한 부호화 부는 그림1과 같다.

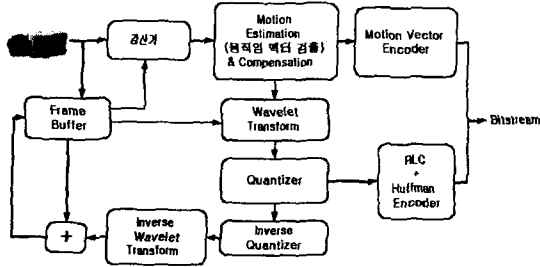


그림 1. DVR 시스템의 부호화 부

부호화 과정에서는, 첫 번째 프레임은 전체를 encoding (wavelet transform → scalar quantization → run-length encoding → huffman encoding)한다. 그리고 다음에 입력되는 프레임들은 이전 프레임과의 차 영상을 구하고, "0"이 아닌 블록들의 boundary를 추적함으로써 움직임 영역을 구하고, 움직임 영역 내에서 이전 프레임과의 움직임 벡터와 움직임 벡터 에러를 구한다. 여기에서 움직임 벡터는 바로 entropy encoding하고, 움직임 보상 에러는 웨이블릿 변환과 양자화를 수행한 후 entropy encoding한다. 부호화된 데이터들은 비트스트림으로 storage device에 저장하게 된다.

DVR 시스템의 복원을 위한 복호화 부는 그림2와 같다

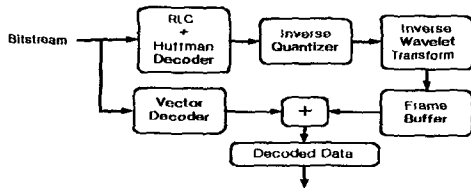


그림 2. DVR 시스템의 복호화 부

복호화 과정에서는 첫 번째 프레임은 전체를 decoding (huffman decoding → run-length decoding → dequantization → inverse wavelet transform)한다. 입력되는 비트스트림에서 헤더 정보를 알아낸다. 그 후, 움직임 보상 에러들을 같은 방법으로 복호화하고, 움직임 벡터는 entropy decoding하여 가산기의 입력으로 보내지며, 가산기에서 이전 프레임과 벡터 적용 에러 값을 이용하여 복원된 하나의 프레임을 만들어 내고, 이러한 프레임 시퀀스를 재생하게 된다.

시스템의 블록별 구성요소들을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 프레임 버퍼

움직임 보상을 위한 참조 프레임을 저장하는 임시 버퍼이다. 보통은 기준 프레임과 움직임 예측을 통해 얻어진 예측 프레임을 다음 참조 프레임으로 사용하기 위해 저장하는 공간으로 사용된다.

영상처리 과정에 따라 프레임을 그림3과 같이 분류할 수 있다.

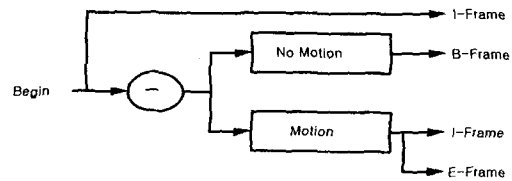


그림 3. 프레임의 분류

이러한 프레임의 분류와 프레임의 처리과정을 기술해 보면 다음과 같다.

1) I-Frame(Intra-Frame) : 연속된 영상의 상관성을 도출하기 위한 기준 프레임을 말한다. 기준프레임의 선언 시기는 화면의 전체적 전이가 일어나 이전의 영상에서 예측이 불가능할 때, 계속적인 예측에 따른 누적된 오류가 커졌을 때, 시스템이 다시 시작했을 때 등의 3가지로 분류된다.

I-Frame의 경우 영상을 프레임 버퍼에 저장한 후 웨이블릿 변환하여, 변환된 데이터는 I-Frame 양자화 테이블을 이용하여 순차적으로 양자화되고, 양자화된 값은 RLC와 허프만 코딩을 통해 부호화하여 비트스트림 형태로 저장한다.

2) B-Frame(Background Frame) : 이전 영상에 대한 오류가 전혀 없는 프레임을 말한다. 배경 프레임은 움직임이 전혀 없기 때문에 영상에 대한 어떠한 정보도 보내지 않고, 다만 기준 프레임과 동일하다는 정보만 보내게 된다.

B-Frame의 경우 이전 영상과 동일한 영상이므로 비트스트림의 프레임 타입을 B\_Frame으로 설정한다.

3) E-Frame(Estimation Frame) : 기존 영상에 대한 움직임이 일어난 프레임을 말한다. 움직임이 화면 전체가 아니라 부분적으로 발생한 경우에 해당하며, 이 움직임 부분을 검출하여 움직임 예측을 하게 되는 프레임이다.

E-Frame의 경우 차영상을 이용하여 16×16(pixel)단위로 움직임 벡터를 구한다. 구해진 움직임 벡터는 벡터 부호화를 통해 비트스트림으로 내보낸다. 또한, 이전 프레임에서 현재프레임을 프레임 움직임 벡터만큼 보상한 값을 뺀 프레임을 웨이블릿 변환하여, 변환된 데이터는

각 하위블록별로 E-Frame 양자화 테이블을 이용하여 순차적으로 양자화하고, 양자화된 값은 RLC 와 허프만 코딩을 통해 부호화하여 비트스트림 형태로 출력한다

2. 감산기

입력된 영상을 I-Frame, B-Frame, E-Frame으로 분류하기 위한 블록이다.

프레임 F1(그림4)과 프레임 F2(그림5)의 절대 차(Absolute Error)를 계산(F2-F1)하여 F2-F1을 block 별로 나눈다(그림6).

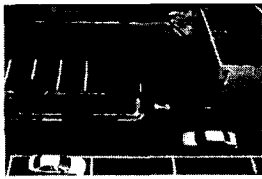


그림 4. 프레임 F1

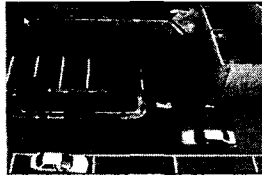


그림 5. 프레임 F2

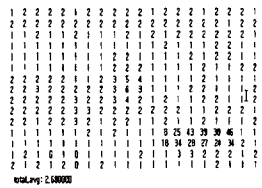


그림 6. F2 - F1

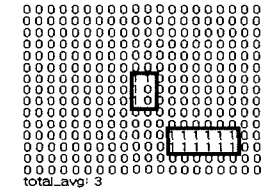


그림 7. 바운딩 박스

이때 블록별로 'Zero Block' 혹은 'Non Zero Block'으로 나타낸다. 여기에서 'Zero Block'은 16×16 pixel 모두가 '0'인 블록을 말한다. 차영상의 이진화 과정에서 필요로하는 임계값의 결정은 프레임 내 전체 Y(Luminance)값의 평균값을 이용하였다. 'Zero Block'으로 둘러싸인 바운딩 박스(그림7)를 구한다. 바운딩 박스가 검출되지 않으면, 그 프레임은 B-Frame으로 설정된다.

바운딩 박스가 검출되면, 그 프레임은 움직임이 있다고 판단하고 움직임이 화면 전반에 걸쳐서 나타나는지, 지역적으로 나타나는지를 판단하여 움직임의 성질을 구별한다. 또한, 화면전이 판단 블록을 설정하여, 그 블록 내에 움직임이 기준값을 초과하면, 그 프레임은 화면 전이 프레임으로 판단하여 새로운 기준프레임으로 등록한다. 움직임이 있다고 판단되었으나 전이 프레임이 아닌 경우는, E-Frame으로 판단하여 움직임 영역을 추출하기 위한 다음 단계로 넘어간다.

3. Motion Estimation

전 영상과 현 영상의 시간차에 따른 영상의 중복성을

최대함으로 줄이기 위한 블록이다. E-Frame으로 판단된 프레임에 한해서 수행되며, 시간차에 따른 움직임 정보만을 추출함으로써 정보량을 줄인다.

움직임 영역의 위치 정보와 차 영상 데이터를 입력으로 받아들이며, 움직임 영역에 속한 데이터들에 대해서만 움직임 예측을 실시한다. 움직임 예측은 16×16의 서브블록으로 분할하여 이루어지며, 움직임 탐색 영역(-16~+16)에 대해 수행한다. 움직임 예측은 1pixel 또는 0.5pixel 단위로 수행되며, 절대 차의 평균(MAE : Mean Absolute Error)이 가장 적은 위치를 움직임 벡터 가능 위치로 지정한다.

입력 영상의 움직임 정도에 따라 바운딩 박스의 크기가 많이 달라질 경우 서브블록 크기를 8×8 또는, 4×4로 조절하는 방법을 구현하고 있다.

4. Vector Coding

움직임 보상을 위한 벡터값의 부호화를 위한 블록에서는 벡터값의 통계적 중복성을 제거하기 위해 허프만 코딩 기법을 사용하여 전체 평균 코드길이를 줄인다.[3]

이 시스템에서는 많은 실험을 통해 일반적인 입력 영상에 적합한 허프만 테이블을 미리 구하여, 움직임 벡터값의 비트스트림을 저장할 때 허프만 테이블을 참조하도록 하였다.

벡터 복호화 블록은 해당하는 비트스트림과 서브 블록별 코드 길이를 입력으로 받아들여 원래의 벡터 값을 복원한다. 복원된 벡터값을 사용하여 프레임 버퍼에 들어있는 참조 프레임에 움직임 보상을 해주고, 여기에 벡터 적용 에러 값을 더하여, 원하는 영상을 만들어 낸다.

5. Wavelet Transform

보다 효율적인 압축을 위해서 카메라에서 입력되어진 화상중 기준프레임인 I-Frame과 차영상, motion vector를 적용한 error값들은 영상의 픽셀들간의 상관도를 최소화하기 위해 공간영역의 픽셀값들을 주파수 영역으로 변환시켜주는 웨이블릿 변환이 필요하다. 웨이블릿 변환의 경우 기존 DCT 방법의 블로킹 현상을 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다.

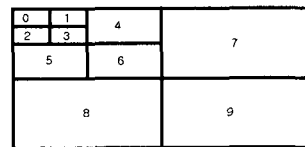


그림 8. Y 값에 대한 Mallet Block

본 시스템에서 적용된 웨이블릿은 JPEG2000[4] 에서 표준으로 채택된 Daubechies 9/7을 사용하였고, 그림8의 Mallet Block 에 따라 서브밴드별로 코딩하였다. wavelet 변환에 대한 decomposition level은 3으로

하였고, RGB color 공간을 YCbCr color 공간으로 변환하여 각각의 성분에 대해서 wavelet 변환을 수행하였다.

### 6. Scalar Quantization

이 부분에서는 인간의 시각 시스템의 응답 특성을 바탕으로 웨이블릿 변환된 영상에 대한 양자화를 수행한다. 일반적으로 인간의 시각은 낮은 주파수 성분에 비해 높은 주파수 성분에 민감하지 못한 특성을 이용하여, 웨이블릿 변환된 데이터의 평균값이나 분산 등을 통해 최적화된 양자화 테이블을 생성하여 양자화를 수행한다.

양자화 테이블은 웨이블릿 변환된 서브밴드별로 서로 다른 값을 가지며 Y, Cb, Cr에 대해서도 서로 다른 값을 가지고 있다.

양자화 테이블은 DVR 시스템의 압축효율과 화질을 결정하는 중요한 요인이 되므로 응용분야에 맞추어 최적화하기 위한 연구가 필요한 분야이다.

## III. 실험 장치의 구성

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위한 실험에 사용된 PC는 펜티엄III 667MHz 이고, 영상 입력은 SCC-345 Digital Color Camera를 통하여 실험 영상을 입력 받았다. 실험장치의 구성도는 그림9와 같다.

시스템 구성의 초기 단계에서 영상 처리 소프트웨어 개발 도구인 Hello-Vision2000[5]을 사용하여 설계 및 시뮬레이션을 수행하였으며 전체 시스템은 C프로그램을 통해 구현하였다. 현재는 320×240 입력 영상을 처리하고 있으며, 앞으로 640×480 입력 영상을 처리하도록 확장시킬 계획이다.

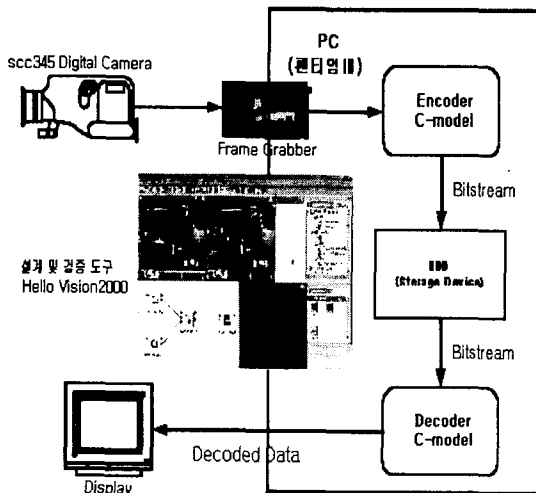


그림 9. 실험 장치의 구성도

## IV. 결론

DVR 시스템에서의 영상 정보 압축은 압축 효율의 극대화가 최대 관건이 된다.

본 논문에서는 웨이블릿 변환 이전에 미리 시간에 따른 중복성을 제거하여 그 차 영상만을 웨이블릿 변환함으로써 다중 해상도를 사용하여 압축 효율성을 높이고자 하였다. 또한, 움직임 보상기법을 적용함으로써 저장해야 할 데이터를 최소화하여 동화상의 압축률을 높이고자 하였다. 더 나아가서 압축 효율을 좌우하는 중요한 요인으로는 입력 영상의 상태에 따른 양자화 테이블의 최적화와 양자화된 데이터를 비트스트림으로 저장하기 위한 허프만 테이블의 최적화가 필수적이므로 이에 대한 연구가 진행중이다. 또한, DVR 시스템과 같이 실시간으로 영상을 입력받아 처리해야 하는 시스템에서는 소프트웨어로 처리하는데 한계가 있으므로 실시간 처리를 위해서는 하드웨어로 처리해야 할 부분이 많으므로 이에 따른 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] Martin Vetterli, "Wavelets and Subband Coding", Prentice Hall 1996.
- [2] ISO/IEC 13818-1/2/3 : Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio, International Standard, 1995.
- [3] Gilbert Held and Thomas R. Marshall, Data And IMAGE COMPRESSION Tools and Techniques Fourth Edition, JOHN WILEY & SONS LTD, 1996.
- [4] ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1, ISO/IEC FCD 15444-1: Information technology? JPEG2000 image coding system[WG 1N 1646], International Standard, 2000.
- [5] [http://www.mg.co.kr/prod\\_01.html#1](http://www.mg.co.kr/prod_01.html#1)