
강인한 비디오 워터마킹을 적용한 실시간 DVR 시스템의 설계 구현

류광렬* · 김자환**

System Design and Realization for Real Time DVR System with Robust Video Watermarking

Kwang Ryol Ryu* · Ja Hwan Kim**

요 약

본 논문은 콘텐츠 보안을 위해 강인한 비디오 워터 마킹 알고리즘과 실시간 처리속도를 적용한 DVR 시스템 설계 구현에 관한 연구이다. 강인한 비디오 워터마킹은 프레임내 공간영역삽입과 프레임간 삽입방법을 동시에 적용하고 영상 및 알고리즘을 실시간으로 처리하기 위해 64비트 4개의 전용DSP 프로세서 사용과 어셈블리 및 소프트 파이프라인 코드를 적용한다. 실험 결과 D1 영상에서 프레임 당 처리 시간이 움직임 60% 영상의 경우 약 2.5ms 소요되었다.

ABSTRACT

A system design and realization for real time DVR system with robust video watermarking algorithm for contents security is presented in this paper. The robust video watermarking is used the intraframe space region and interframe insertion simultaneously, and to be processed at real time on image data and algorithm is used the 64bits special purpose quad DSP processor with assembly and soft pipeline codes. The experimental result shows that the processing time takes about 2.5ms in the D1 image per frame for 60% moving image.

키워드

Watermarking, Robust Video Watermarking, DSP, DSP processor, Real Time DVR system

I. 서 론

최근 보안 시스템에 DVR 시스템을 이용하여 구축함에 따라 생성된 디지털 데이터들은 아날로그 데이터와 달리 여러 번의 복사를 통하여도 데이터의 품질이 손상되지 않으며, 네트워크 기술의 발달로 빠른 시간에 전파되고, 이 데이터를 누구 나 가공할 수 있는 보안상의 중요한 문제로 대두되었다. 이러한 디지털 데이터를 보호하기 위한

목적으로 부호화하는 보안 기술이 필요하게 되었다. 보안 기술 중에 워터 마킹 기술을 이용하여 디지털 데이터를 보호할 수 있는 연구가 진향이 되었다. 디지털 워터 마킹 기술은 NEC 연구소에서 처음 적용한 기술로서 멀티미디어 데이터 안에 특정한 코드 값을 은폐시키는 방식으로 디지털 데이터를 효과적으로 보호 할 수 있도록 한 것이다. 현재, 대부분의 영상과 오디오 등의 모든 디지털 데이터에 워터 마킹을 적용하고 있다.[1-9] 본 연구에서는 콘

* 목원대학교 IT공학과 정교수
** 목원대학교 IT공학과 박사과정

텐츠의 보안을 위해 이미지 데이터의 회전, 크기 변환, 이동 등, 강인한 비디오 워터 마킹 알고리즘을 적용하고 실시간 처리속도 위해 64비트 4개의 멀티미디어 DSP프로세서를 사용하여 DVR 시스템을 설계 구현한다.

II. 시스템 설계 구현

2.1. 시스템 구성

일반적으로 DVR 시스템 구성은 그림 1과 같이 비디오 신호를 받아서 알고리즘을 수행하는 신호 처리 모듈과 압축된 데이터를 저장, 또는 통신 인터페이스를 통하여 데이터를 전송하는 호스트 프로세서 모듈로 구성이 된다.

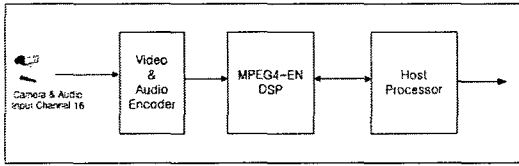


그림 1. DVR 인코더 블록
Fig 1. DVR encoder block

2.1.1. 비디오신호처리 모듈

비디오신호처리 모듈의 구성은 카메라와 마이크로부터 생성된 아날로그 신호를 비디오와 오디오 전용 디코더에 입력을 한다. 비디오/오디오 전용 디코더는 입력된 데이터를 샘플링 하여 디지털 데이터화 한다. 생성된 디지털 데이터를 DSP 프로세서에 입력을 하고, DSP 프로세서는 입력된 디지털 데이터를 영상과 오디오에 대한 전처리 과정을 수행한 후, 영상과 오디오 데이터를 압축 알고리즘과 강인한 비디오 워터마킹 알고리즘을 적용하여 데이터를 압축한다. 압축 알고리즘에 의해 생성된 스트림 데이터를 저장 매체나 네트워크 상으로 전송하기 위해 데이터를 호스트 프로세서에 전송한다. 그림 2는 본 논문에서 구성하고자 하는 신호 처리 모듈 블록 구성이다. 입력 신호로 16채널의 CCD 카메라와 마이크로 구성이 되고, 각각의 신호들의 동기화 신호들을 제어할 수 있도록 FPGA를 사용한다. 16채널의 영상과 오디오를 입력을 받아 알고리즘을 구현하기 위하여 4개의 DSP 프로세서로 구성하여 각각 하나의 DSP 프로세서에서 4채널의 영상과 오디오를 입력을 받아 알고리즘을 수행할 수 있도록 구성한다.

DSP 프로세서는 64비트를 연산하는 프로세서이며 영상 처리에 적합하도록 설계된 전용 프로세서이다. 영상과 오디오 처리 알고리즘은 DSP 프로세서에서 처리가 되며, D1 크기의 영상을 1초당 30 프레임용 MPEG4 알고리즘과 비디오 워터 마킹 알고리즘 연산을 수행해야 하므로 C 언어로만 프로그램을 구현하여 완전한 성능을 낼 수 없다. 따라서 MPEG4 알고리즘과 비디오 워터 마킹 알고리즘에서 연산량이 많은 루틴들을 프로세서에 적합한 구조로 어셈블리 코드 변환하고 소프트웨어 파이프라인 형태의 코드를 구현 하였다.

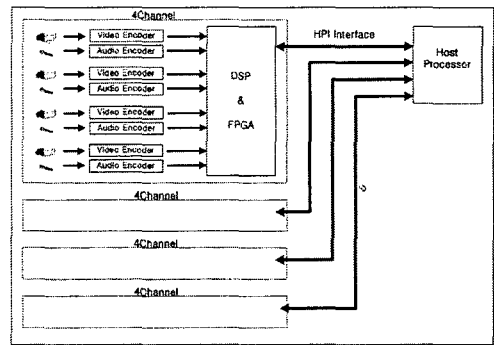


그림 2. 신호 처리 모듈 블록
Fig 2. Signal processing module block

2.1.2. 호스트 프로세서 모듈

그림 3은 호스트 프로세서 모듈 블록으로 신호 처리 프로세서 블록으로부터 전송되는 영상 압축 스트림 데이터를 저장 매체인 하드디스크나 상위 네트워크로 데이터를 전송하는 기능을 수행하고, 저장된 영상 압축 스트림 데이터를 복원하기 위해 신호 처리 모듈로 데이터를 전송하는 기능을 수행한다. 신호 처리 모듈간의 인터페이스는 PCI 버스를 사용한다.

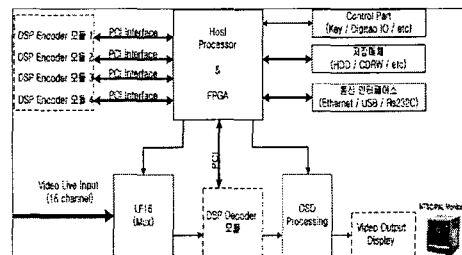
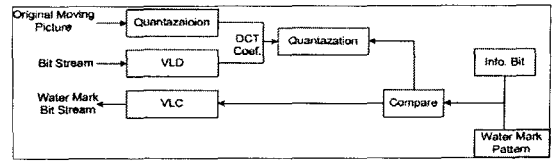


그림 3. 호스트 프로세서 모듈 블록
Fig 3. Host processor module block

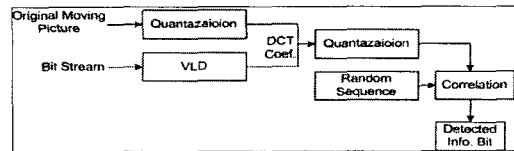
2.2. 비디오 워터 마킹

비디오 워터 마킹은 디지털화된 데이터에 워터 마크를 삽입하는 것으로 공간 영역에서 정지 영상의 알고리즘을 확정하여 사용하는 방법으로 동영상을 압축하는 과정에서 워터 마크를 삽입하는 방법, 이미 압축되어 있는 영상 압축 스트림에 워터 마크를 삽입하는 방법이 있다. 먼저, 첫 번째 방법인 공간영역에서 워터 마크를 삽입하여 워터 마크가 삽입된 영상을 생성한 다음 이를 압축 알고리즘인 인코더에 입력하여 압축 스트림을 만들어 내는 방법이다. 이러한 방법은 원 영상 데이터에 간단하고 다양한 방법으로 워터 마크를 삽입할 수 있는 장점이 있다. 그러나 원 영상을 압축했을 때보다 스트림의 사이즈가 증가 할 수도 있고, 복원하였을 경우, 워터 마크의 손실을 가져 올 수 있는 단점이 있다. 또한, 일반적인 필터링이나 신호의 변형에 워터 마크가 쉽게 제거되거나 변형이 될 수 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 주파수 영역에서 삽입하는 방법을 사용한다. 주파수 영역에서 워터 마크를 삽입하는 방법은 주파수 공간으로 영상 데이터를 변환하여 주파수 영역들 중에서 시각적으로 덜 민감한 성분에 워터 마크를 삽입하는 방법이다. 이 방법은 여러 가지의 후처리 과정을 통하여 공간 영역에서 발생하는 단점을 보완해 준다. 이 방법은 주로 DCT 계수에 워터 마크를 삽입하는 방법으로 DCT를 사용하는 JPEG 압축 알고리즘과 많은 영상 압축 알고리즘에서 사용된다. 또한 압축에 강한 워터 마크를 삽입할 수 있어 가장 많이 사용되고 있는 방법이다. 대표적으로 Langelar가 제안한 DEW(Differential Energy Watermarking) 알고리즘이 있다. 두 번째로 압축한 후에 워터 마크를 삽입하는 방법은 압축 과정을 이용하여 워터 마크를 삽입하는 방법이다. 일반적으로 MPEG 압축 후에 워터 마크를 사용하는 방법은 매크로 블록 단위로 DCT 변환을 한 후에 워터 마크를 삽입하는데 MPEG은 I, B, P 프레임으로 스트림 데이터가 구성이 된다. 여기서 데이터 손실이 가장 적은 I 프레임만을 이용하거나 B, P 프레임에 데이터 손실이 적은 인트라 블록에만 워터 마크를 삽입한다. 또한 FFT를 사용하는 방법이 있다. FFT는 기하학적인 공격에 강인하기 때문에 많이 사용이 되나 실시간 처리에는 처리 시간이 많이 걸리므로 DVR 시스템에 적용하는 데는 문제점을 가지고 있다.

본 연구는 위에서 언급된 단점을 보완하기 위해 해당 프레임 내에 공간 영역에서 워터 마크를 삽입하는 방법과 동영상에 기하학적인 공격이 가해졌을 경우에도 정보를



(a) 워터 마크 삽입
(a) Watermarking insertion



(b) 워터 마크 추출
(b) Watermarking extraction

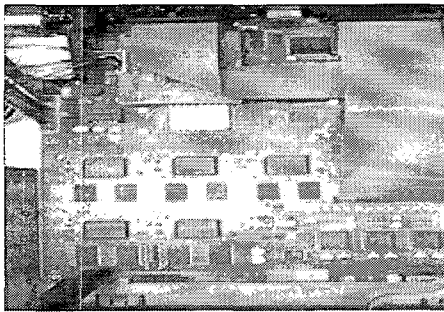
그림 4. 워터 마크 삽입과 추출 과정
Fig 4. Watermarking insertion and extraction

추출 할 수 있도록 프레임 간에 정보를 이용하여 워터 마크를 삽입하는 방법으로 구성한다. 전자인 프레임 내 공간 영역에서 워터 마크를 삽입하였을 경우, 각 프레임마다 각각의 정보를 삽입하고 추출이 용이하다. 후자인 프레임 간에의 정보를 이용하여 워터 마크를 삽입하는 방법은 기하학적 공격에도 변화가 없는 프레임 값 정보를 가지고 여러 프레임에 대하여 하나의 정보를 삽입하는 방법이다. 또한, 이러한 방법은 복잡도가 매우 낮아 실시간 DVR 시스템에 워터 마크를 삽입하고 추출하는데 용이하다. 그림 4는 본 논문에 적용한 워터 마크 삽입과 추출하는 블록도이다. 워터 마크를 삽입하는 과정은 먼저 원 영상을 DCT하여 DC 계수를 구하고, 비트 스트림의 경우, 가변 부호화(VLD)하여 DC 계수를 구한다. 구해진 DC 계수를 양자화하고 삽입하고자하는 워터 마크와 비교하고 양자화된 DC 계수를 해당 워터 마크 비트와 동일하게 변경함으로써 간단하게 워터 마크를 삽입한다. 추출하는 과정도 삽입하는 과정과 비슷하다. 먼저 비트 스트림으로부터 가변 부호화를 통하여 얻은 DC 계수와 원 영상을 양자화하여 DC 계수를 구한다. 구해진 DC 계수를 삽입 과정에서 사용하였던 것과 동일한 양자화 크기로 양자화하고 상관성을 계산 하여 워터 마크를 추출한다.

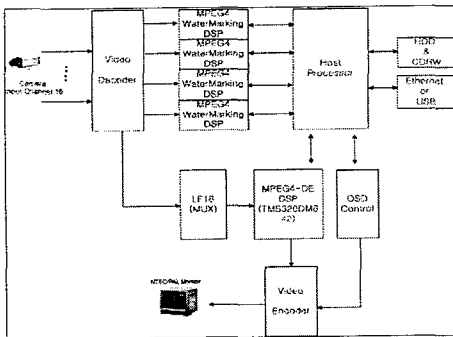
III. 실험 및 고찰

그림 5는 16 채널 DVR 시스템을 설계 구현된 보드 사

진과 블록도 이다. 이 시스템에 MPEG4 압축 알고리즘과 비디오 워터 마킹 알고리즘을 구현하였다. 실험은 초당 30프레임의 DI(720 x 480) 크기의 움직임이 없는 동영상과 60%의 움직임이 있는 동영상 사용하였다. 인코더 부분 실험은 영상 압축 알고리즘인 MPEG4 인코더와 비디오 워터 마크를 삽입하기 위한 워터 마킹 알고리즘을 적용하였고 디코더 부분 실험은 영상 복원 알고리즘인 MPEG4 디코더와 비디오 워터 마크를 추출하는 워터 마킹 알고리즘을 적용하였다. 일반적으로 DVR에서는 움직임이 40%를 넘지 않는다. 그러나 시스템의 신뢰성부분까지 고려해 60%의 움직임까지 실험하므로 실험은 움직임이 없는 동영상으로 먼저 검증하고 그다음 60%의 움직임을 갖는 동영상으로 실험한다. 실험 영상은 그림 6과 같이 움직임이 없는 영상과 60%의 움직임을 갖는 동영상을 사용하였다. 60%의 움직임을 갖는 동영상은 움직임이 없는 동영상으로 만들었다. 또한 워터 마크 삽입과 추출을



(a) 16 채널 DVR 시스템 사진
(a) 16 channel DVR system photograph



(b) 16 채널 DVR 시스템 블록
(b) 16 channel DVR system block

그림 5. 16 채널 DVR 시스템
Fig 5. 16 channel DVR system

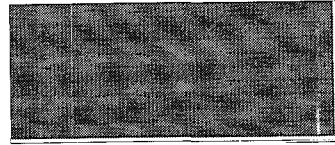


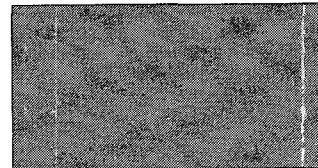
그림 6. 움직임이 없는 동영상
Fig 6. Firm and moving image



(a) 원 영상
(a) Original image



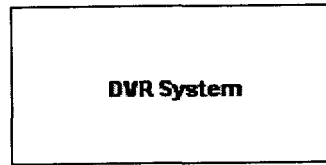
(b) 워터마킹 영상
(b) watermarking image



(c) 합성 영상
(c) Composited image



(d) 복원 영상
(d) Reconstructed image



(e) 추출된 영상
(e) Extracted image

그림 6. 움직임이 없는 동영상
Fig 6. Firm object moving image

검증하기 위해 그림 7과 같은 정지 영상을 사용하였다. 실험 결과, 위의 실험 동영상에 DVR 시스템에 적용하여 실험 결과는 표1과 같이 한 프레임에 MPEG4로 압축했을 때의 소요 시간과 비디오 워터 마크를 삽입하는데 소요되는 시간, 영상을 복원하고 비디오 워터 마크를 추출하는데 소요된 시간을 측정하는 것이다.

기존 시스템은 워터마킹 알고리즘을 적용하지 않고 MPEG4만 적용하고 60%의 움직임이 있는 동영상을 구현하였을 경우, 초당 22프레임 처리하고 프레임 당 45ms 소요된다. 그러나 설계 구현 시스템은 16채널 비디오/오디오, MPEG4 알고리즘, 워터마킹 알고리즘을 적용한 결과 50%움직임의 동영상의 경우 2.0ms 이하의 처리속도로 실시간 처리가 가능하고 표1에서와 같이 60% 움직임을 갖는 동영상의 경우 비디오 워터 마크를 삽입/추출하는데 걸리는 시간은 총 2.5ms 소요되었다. 결과적으로 DVR 시스템에서 처리 시간이 초당 30프레임의 경우 한 프레임 당 처리 시간이 26ms 이내에 처리가 되어야 하는데 움직임이 많은 영상에서 워터 마킹 알고리즘 삽입 추출 처리 시간이 2.0ms에서 0.5ms 초과 소요 되었다.

IV. 결론

본 연구는 콘텐츠 보안을 위해 이미지 데이터의 회전, 크기 변환, 이동 등, 강인한 비디오 워터 마킹 알고리즘과 실시간 처리속도를 적용한 DVR시스템 설계 구현이다. 강인한 비디오 워터마킹은 프레임내 공간영역삽입과 프레임간 삽입방법을 동시에 적용하고 영상 및 알고리즘을 실시간으로 처리하기 위해 64비트 4개의 전용DSP 프로세서 사용과 어셈블리 및 소프트웨어 코드를 적용하였다. 실험 결과 설계 구현된 DVR 시스템에서 초당 30 프레임 움직임이 50%의 경우 2.0ms 이하로 실시간처리가 가능하고 신뢰성을 위해 60%를 갖는 영상에서 강인한 비디오 워터 마크 삽입/추출하는데 2.5ms가 소요 되었다. 따라서 초당 30프레임에 입력 출력시간 각각 3.5ms, 처리시간 26ms로 총 33ms 소요된다. 이 결과는 처리속도만 고려하면 기존의 시스템에 비해 2.5배 정도 빠르다. 앞으로 비디오 워터마킹 DVR시스템의 보다 신뢰성 향상과 고효상도 및 처리속도 고속화를 위한 연구가 필요하다.

표1. 실험 결과
Table 1. Experimental results

처리시간	움직임이 없는 영상	60% 움직임이 있는 영상
인코더		
전 처리 시간	1.5ms	1.5ms
MPEG4 압축 처리 시간	13.3ms	23.6ms
비디오 워터마크 삽입 시간	0.7ms	1.0ms
후 처리 시간	0.4ms	0.4ms
프레임 당 총 처리 시간	17ms	26.5ms
디코더		
전 처리 시간	0.4ms	0.4ms
MPEG4 복원 처리 시간	5.0ms	8.1ms
비디오 워터마크 추출 시간	1.0ms	1.5ms
후 처리 시간	0.6ms	0.6ms
프레임 당 총 처리 시간	7.0ms	10.6ms

참고문헌

- [1] Hartung F. and B. Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video", Signal Processing, vol. 66, no. 3 (Special issue on Watermarking), pp. 283-301, May, 1998.
- [2] Lintian Qiao and Klara Nahrstedt, "Watermarking Methods For MPEG Encoded Video: Towards Resolving Rightful Ownership", IEEE IC on Multimedia Computing and Systems, Austin, Tx., pp.276-285, June 1998.
- [3] Wu T.L. and S.F. Wu, "Selective Encryption and Watermarking of MPEG Video", in proceeding of International conference on Image Science, Systems, and Technology, June, 1997.
- [4] M.D.Swanson, M. Kobayashi and A. H. Tewfik, "Multimedia Data-Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of the IEEE, Vol. 86, No.6, pp.1064-1087, 1998
- [5] Texas Instrumnets, "TMS320C6000 CPU and Instruction Set Reference Guide", 2003

- [6] Ja-Hwan Kim, Kwang-Ryol Ryu, "A Realization for the Digital Video Recorder System Using the DSP Processor", KIMICS, 2004
- [7] Ja-Hwan Kim, Kwang-Ryol Ryu, "A Realization for Real Time DVR System with Video Watermarking", KIIT. 2005
- [8] Ja-Hwan Kim, Kwang-Ryol Ryu, "Real-time DVR System Using Video Watermarking", KIIT. 2005
- [9] Ja-Hwan Kim, Kwang-Ryol Ryu, "A Study on the DVR System Realization with Watermarking and MPEG-4 for Realtime Processing Speed Improvement", KIMICS, 2005

저자소개

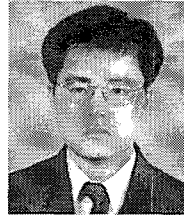
류 광 렬(Kwang Ryol Ryu)



1975년 광운대학교 공학사
1980년 경희대학교 공학석사
1988년 경희대학교 공학박사
1996년 University of Pittsburgh 초빙
교수

현재 목원대학교 IT공학부 정교수
University of Pittsburgh Medical Center 초빙교수
※ 관심분야: DSP(음성, 영상, 비디오, 생체)

김 자 환(Ja Hwan Kim)



1995년 목원대학교 공학사
1998년 목원대학교 공학석사
현재 목원대학교 IT공학과 박사과정

※ 관심분야: 영상 및 비디오 통신