

H.264 코덱을 사용한 고성능 DVR 시스템 개발에 관한 연구

이일주¹, 임성준^{1*}, 채현석¹

A research for design of high efficiency DVR system using H.264 codec

Il-Joo Lee¹, Sung-Jun Lim^{1*} and Hyun-Suk Chae¹

요 약 DVR 시스템은 비디오 데이터를 저장/재생해야 하기 때문에 대용량의 비디오 데이터를 압축하는 것이 매우 중요하다. 압축 방법으로 기존의 MPEG-4 압축을 사용하는 고성능 DVR 제품군은 국내외 적으로 다수가 있으나, 성능은 대부분 입력 영상에 비해서, 열화된 영상 크기인 CIF(D1/4)크기를 압축하는 DVR이 대다수이다. 본 논문에서는 DSP를 이용하여 M-JPEG과 H.264 코덱을 구현하였다. M-JPEG은 다채널 모니터링을 위한 네트워크 전송용으로 사용하였으며, H.264는 Baseline Profile을 지원하여 기존의 MPEG-4 압축에 비해 2~4배 압축률 상승시켰다. 그 결과 가로 720픽셀, 세로 480픽셀의 고해상도를 지원할 수 있게 되었다.

Abstract It is very important for a DVR system to compress mass video data because they should be able to store/playback of video data. There are several high efficient DVR products using ordinary MPEG-4 compression for data compression. But most of them support only CIF(D1/4) image, which means degraded image quality in comparison with input image source. In this paper, M-JPEG and H.264 Codec are realized using DSP. To multiple channels system M-JPEG is used for data transmission through network, and Data compression rate is improved as about 4 times as ordinary MPEG-4 compression by supporting Baseline Profile of H.264. As a result, high resolution with the width 720 pixels and the height 480 pixels can be supported.

Key Words : H.264, DVR, data compression

1. 서론

최근 들어 초고속 인터넷 보급의 확대에 의해 멀티미디어 데이터 시스템에 대한 관심과 응용이 증가하고 있다. 멀티미디어 데이터 시스템이란 비디오, 오디오, 텍스트 등 다양한 데이터를 처리하는 시스템으로 비디오, 오디오 등의 많은 양의 데이터의 처리를 필요로 하며 실시간 정보처리가 매우 중시된다. 비디오 데이터에서 실시간 정보처리란 1초에 가로 640픽셀, 세로 480 픽셀의 이미지를 30장 처리하는 것을 의미한다.

실시간 멀티미디어 데이터 처리의 중요한 응용 분야인 네트워크 카메라를 이용한 실시간 영상 감시 시스템에 관한 연구는 보안에 대한 관심이 급증하면서 활발히 이루어지고 있다.

실시간 영상 감시 시스템이란 여러 대의 카메라로부터 실시간으로 입력 받은 영상 신호를 실시간으로 감시 시스템에서 저장, 검색 및 재생이 가능한 시스템을 의미한다¹⁾. 이 경우 시스템이 설치되어 있는 장소뿐만 아니라 원격지에서도 저장된 영상을 확인할 수 있어야 한다.

아날로그 방식과 디지털 방식의 혼합된 기술이 주류를 이루고 있던 영상 감시 시스템 분야는 네트워크 카메라의 등장과 함께 디지털 방식에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 연구 결과를 바탕으로 제품이 출시되고 있다.

아날로그 방식을 사용하는 경우에는 카메라와 디지털 비디오 레코더(Digital Video Recorder, 이하 DVR) 간을 동축 케이블을 사용하여 연결하기 때문에 설치비가 많이 드는 문제가 있다. 또한 여러 대의 카메라로부터 입력되

¹동원대학 모바일인터넷과
접수일 2008년 11월 18일

수정일 2009년 1월 7일

*교신저자: 임성준 (sjlim@tongwon.ac.kr)
계재일 2009년 1월 16일

는 영상 신호를 하나의 DVR에 저장하기 위하여 DVR 상에서 압축을 한 후, 저장하기 때문에 실시간 동작이 어려워지는 문제를 안고 있다^[2].

이에 최근에는 디지털 동영상 처리 기술을 보안 감시 분야에 적용하고 있다. 이러한 디지털 시스템은 녹화 테이프의 주기적 교환, 보관이 가능해 유지보수비가 들지 않으며 사건 발생 시 신속한 검색이 가능하며 원거리에 서도 전화선 혹은 인터넷을 이용해 영상을 실시간으로 전송받아 상황을 파악할 수 있는 등 기존의 아날로그 시스템에 비해 많은 부가기능과 장점을 지니고 있어 기존의 아날로그 시스템을 대체하고 있다. 시스템전체가 디지털화된 영상감시시스템은 기존 영상감시시스템에 비하여 각 카메라에서 데이터의 압축을 할 수 있으므로 실시간 동작이 가능하고 디지털 방식의 전송 및 저장을 통하여 영상감시시스템의 화질 성능을 우수하게 할 수 있다^[3].

원래의 영상신호를 인간의 눈으로 감지하지 못하는 수준으로 데이터의 크기를 감소시키는 것이 영상압축의 목적이며, 다양한 방식의 국제표준의 영상압축이 제안되어 있다^{[4][5][6]}. DVR에서 사용되어지는 영상 압축 방식으로는 정지영상 압축 방식인 JPEG, Wavelet, JPEG-2000 등의 표준과 동영상 압축 방식인 MPEG-2, MPEG-4 Part2가 있었으며, 2003년 표준화된 H.264/MPEG-4 Part 10 AVC 압축 방식이 있다. 정지영상 압축 기술은 화질에 비해 압축 효율이 떨어지기 때문에 많은 저장장치 공간을 필요로 하는데 반해 동영상이 갖지 못하는 정지화면에서의 화질의 우수성 때문에 고기능 DVR에서는 중요한 시간구간이나, 이벤트가 발생 시에는 정지영상압축 방식을 제공하고 있다. 동영상 압축 방식은 정지영상 압축 방식에 비해 압축 효율은 좋으나, 재생 시 연산량이 정지영상 압축방식에 비해 연산량이 많이 필요하기 때문에, 동시에 많은 채널을 실시간 녹화 또는 재생 시 성능에 제한을 가져오게 된다.

영상감시시스템을 지원하기 위해서, 동영상 압축 코덱을 사용하는 DVR은 저장되고 있는 영상을 그대로 전송하거나, 네트워크 전송을 위하여 추가로 압축 시스템을 장착하고 있다. 네트워크 감시 시스템을 지원하기 위해 저장되고 있는 영상을 그대로 전송한다면, 소규모의 네트워크 감시시스템은 적용가능하다. 그러나 동영상 압축 기술이 갖는 특징인 프레임 간 연속성 때문에, 동시 32채널 이상의 대규모의 네트워크 감시 시스템에서는 선택적으로 전송데이터를 재생 할 수 없고, 모든 데이터를 재생해야 한다. 이는 다채널 네트워크 감시 시스템의 부하가 채널수에 따라 늘어나게 되어 채널수가 증가되면 정상적으로 서비스가 불가능하다. 그리고 네트워크 전송을 위한 추가 압축 시스템 장착은 주 압축 시스템에 비해 성능이

떨어지고 기능이 제한적이다. 따라서 DVR 입력 영상을 H.264 압축과 동시에 M-JPEG으로 압축하는 듀얼 코덱의 구현은 필수적이다.

PC 기반의 DVR 제품들은 Windows 시스템의 특성으로 인해 DVR 시스템이 불안정한 단점을 가지고 있으므로 시스템을 안정화하기 위해서 본 논문에서는 임베디드 리눅스 RTOS 기반의 하드웨어 플랫폼 상에서 DVR 입력 영상을 H.264 압축과 동시에 M-JPEG으로 압축하는 듀얼 코덱을 구현하는 방법에 대하여 연구하였다.

2. 본론

2.1 연구 개발 시스템 사양

본 연구에서 개발한 H.264 코덱을 사용한 고성능 16채널 DVR은 다음과 같은 사양을 갖는다.

- H.264 코덱

1. 16 채널의 D1 입력 영상의 채널별 실시간 녹화 (총 480 프레임/초)
2. 입력영상 D1, Half D1 및 CIF 영상크기 녹화 지원
3. M-JPEG 듀얼 코덱 지원

- 16채널 DVR 시스템

1. 임베디드 리눅스 RTOS 기반의 하드웨어 플랫폼
2. 영상제어 칩 개발 : 영상 화면분할 등
3. Giga/100M 이더넷 인터페이스 지원
4. 센서 입력 및 릴레이 출력 지원

2.2 H.264 코덱 구현

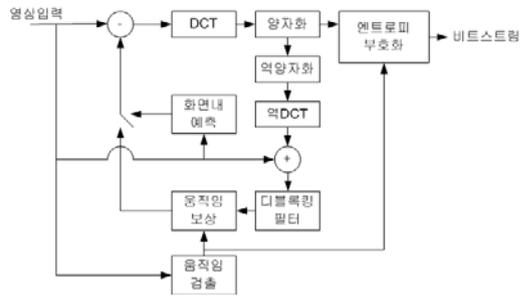
본 연구에서는 SPI 사의 DSP인 SP160을 사용하였다. SP160은 영상처리에 적합하도록 특화되어 개발된 DSP로 2개의 MIPS CPU와 16개의 Lane을 갖는 DPU(Data Parallel Unit)로 구성되어 있으며, 최대 성능은 160 GOPS이다. 하나의 MIPS는 시스템을 관장하는 시스템 MIPS이며, 또 다른 MIPS는 DPU를 관장하고 DPU와 연동되는 역할을 하는 DSP MIPS로 250 MHz로 동작한다.

H.264는 세가지 프로파일로 나뉘어 진다. 기본적인 압축 기술 요소를 가지며 실시간 처리가 용이한 베이스라인 프로파일, 양방향 예측과 가중치 예측 등이 적용되고 방송, 저장 미디어에 적합한 메인 프로파일, 데이터 분할 기법이 적용되어 IP 스트리밍에 적합한 확장 프로파일인 그것이다. 이 중 베이스라인 프로파일은 무선 모바일, 영상 전화, DMB 등에 적용되는 기술로, 실시간 압축이 중

요한 DVR 시스템에도 적합한 프로파일이므로, 본 과제에서도 베이스라인 프로파일을 지원하는 H.264 코덱을 개발하였다. [그림 1]은 구현한 H.264 인코더의 블록 다이어그램이다.

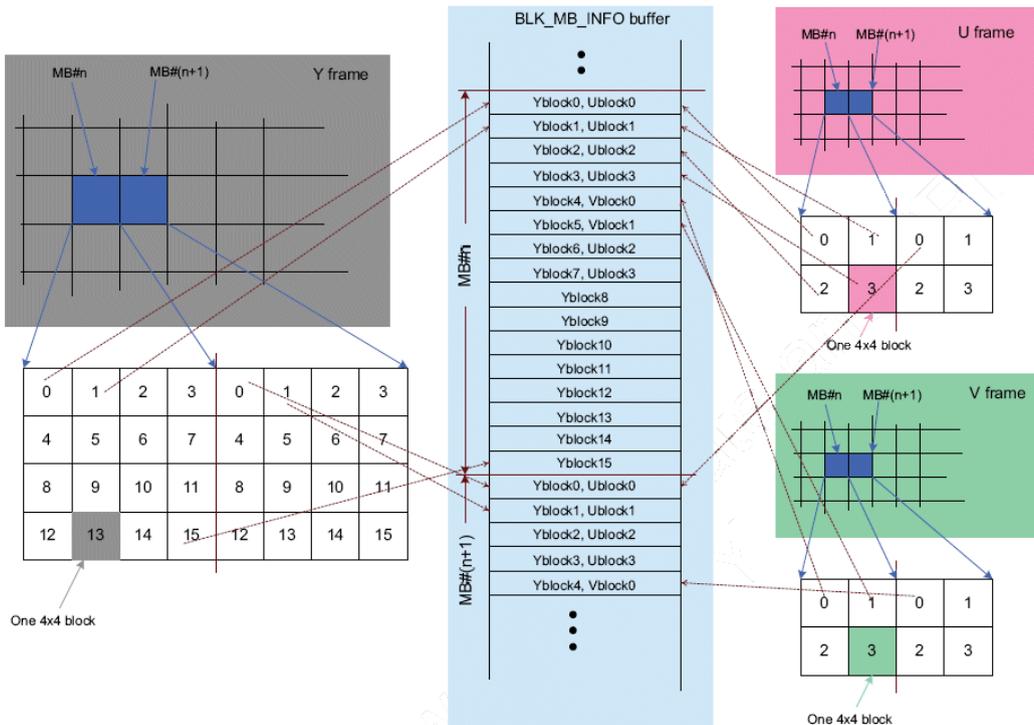
화면 내 예측은 휘도신호 성분에 대해서는 4x4 블록 단위로 예측모드 0~9까지 총 9가지 방향을 예측하며, 색신호 성분에 대해서는 8x8 블록에 대해 4가지 예측모드로 예측한다. 움직임 검출은 LRF(Low Resolution Full Search) 알고리즘을 이용하여 구현하였다. 즉, 원 영상의 해상도를 1/4로 decimation 하여 Full Search를 수행한 후 가장 근접한 블록을 찾아 그 블록 주위에 대해 1/2로 decimation된 영상에 대해 Full Search를 수행한다. 그렇게 최종적으로 1/4 픽셀 단위까지 움직임을 검출한다. 또한 실시간 압축을 위하여 복수 참조 픽처는 사용하지 않고 바로 이전 프레임을 참조하여 움직임을 검출한다.

H.264에서의 DCT는 정수 DCT를 사용한다. 이러한 정수 DCT는 정수 연산을 사용하기 때문에 역DCT를 할 때 오차를 없앨 수 있어 더 정확하고 구현이 용이한 장점이 있다. 양자화는 총 52 단계의 양자화 파라미터를 가지고 있다.



[그림 1] H.264 인코더 블록 다이어그램

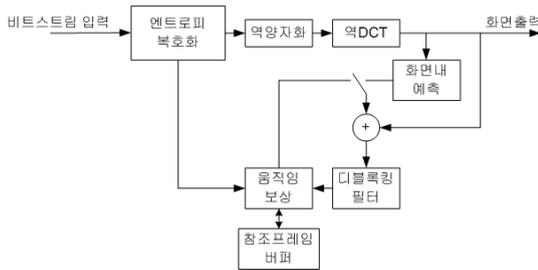
다블록킹 필터는 DCT 블록 간의 왜곡을 줄이는 필터로, 화질에 미치는 영향이 크며 많은 연산량을 요구하는 블록이다. 이를 효율적으로 구현하기 위해 매크로블록 처리 순서를 위에서 아래 방향, 좌에서 우측 방향으로 처리함으로써 SP160 DSP 내에서의 병렬 처리 효율을 높였다. 엔트로피 부호화는 CAVLC (Context Adaptive Variable Length Coding)을 이용하였다. DSP 상에서 병렬 처리 효율성을 높이기 위해 버퍼에 데이터를 [그림 2]와 같이 정렬시켰다. 각각의 매크로블록(MB)은 16개의 Y 블록과 4개씩의 U, V 블록으로 나뉘는데, 이를 [그림 2]



[그림 2] 데이터 버퍼 매핑

와 같이 정렬하여 각 레인에서 하나의 매크로블록을 처리하여 동시에 16개의 매크로블록 처리가 가능하도록 하였다.

[그림 3]은 구현한 H.264 디코더 알고리즘에 대한 블록도이다. 디코더는 기본적으로 인코더와 유사하기 때문에 인코더에서 작성한 소스 코드를 많이 이용하여 구현하였다. 그런데 엔트로피(CAVLC) 복호화 블록은 데이터의 병렬성을 이용할 수 없는 부분이기 때문에 DPU를 사용하지 않고 DSP MIPS 상에서 돌아가도록 구현하였다. 그로 인해 엔트로피 복호화 블록의 성능이 디코더 전체 성능을 좌우한다. 그로 인해 디코더의 성능도 D1 영상에 대해 초당 최대 240장까지 지원된다.



[그림 3] H.264 디코더 블록 다이어그램

M-JPEG의 경우에는 상대적으로 연산량이 많지 않고, 현재 프레임만으로 연산이 되기 때문에 비교적 구현이 용이하였다. 구현한 M-JPEG 코덱은 초당 프레임 수와 QCIF, CIF, Half D1, D1 등 다양한 해상도의 설정이 가능하도록 구현하였다. M-JPEG 코덱은 H.264 코덱과 동시에 실행되도록 구현하여 듀얼 코덱이 지원되도록 하였으며, M-JPEG은 네트워크 전송 또는 크기가 작은 분할 화면을 표시하기 위한 용도이기 때문에 주로 CIF급 영상을 압축하게 된다. M-JPEG만을 구동하였을 경우 D1 영상에 대해 최대 730 fps까지, CIF 영상에 대해서는 1170 fps까지 처리 가능하다.

3. 실험 결과 및 토의

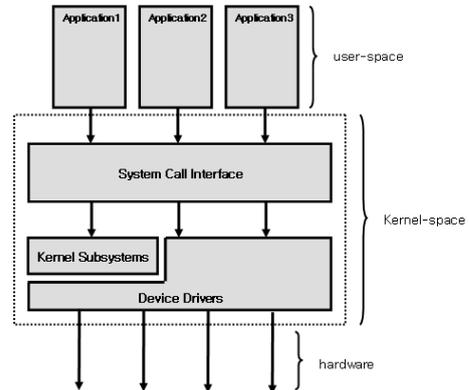
3.1 개발한 DVR 시스템

개발한 DVR 시스템은 고성능 SP160 DSP 2개를 장착함으로써, 동시에 전채널 Full D1 영상을 초당 30장씩 실시간 인코딩이 가능하다. 또한 다채널 네트워크 모니터링을 위한 M-JPEG 인코딩을 지원한다. 2개의 Hot Swap SATA HDD와 DVD-RW가 제공되고, Gigabit Ethernet을

통하여 대용량 스토리지인 NVS04 모델을 지원한다. 다음은 구현된 H.264 고성능 DVR 시스템의 특징이다.

- **고효율 압축 방식** : MPEG-4 보다 우수한 성능을 갖는 H.264 압축 방식을 채택하여, 기존 방식보다 좋은 화질로 장시간 저장이 가능하다.
- **전채널 DVD급 해상도 지원** : 전채널 D1 720* 480을 실시간 녹화함으로써 우수한 녹화 화질을 제공한다.
- **전 채널 실시간 녹화** : 라이브 영상과 동일한 프레임 레이트로 전 채널 실시간 녹화함으로써 영상 감시기능을 향상시킨다.
- **다양한 영상 녹화 모드** : 채널별로 다양한 해상도 및 프레임 레이트를 능동적으로 운영 할 수 있다.
- **통합 관리 솔루션 프로그램 지원** : 통합관리 솔루션과의 연동으로 네트워크 상에서 뛰어난 설정, 감시, 검색 기능을 제공할 수 있다.

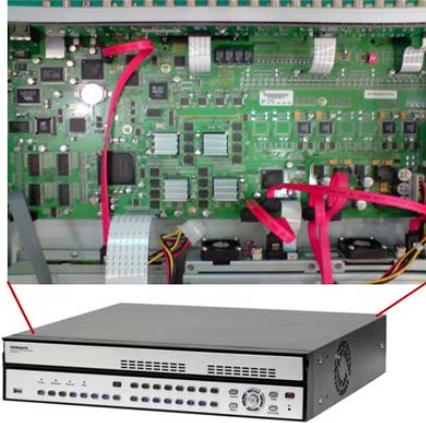
개발한 시스템은 임베디드 리눅스 RTOS 기반으로 운영된다. 리눅스는 운영 체제로, 사용자가 자신의 컴퓨터와 상호작용을 하도록 하며 또, 다른 프로그램을 실행시키는 일련의 프로그램이다. 리눅스의 구조를 그림으로 표현하면 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 리눅스의 구조

리눅스 사용자는 소프트웨어 선택에 있어서 상당한 자유를 갖고 있다. 예를 들어, 리눅스 사용자는 12개의 다른 커맨드 라인 셸과 다수의 그래픽 데스크 탑을 선택할 수 있다. 또한 여타 운영체계에 비해 리눅스는 시스템이 중지 되는 경우가 적으며, 동시에 하나 이상의 프로그램을 실행할 수 있는 성능이 월등하고, 보안성이 매우 강하다. 따라서 DVR과 같이 안정성과 보안성이 중시되는 시

으로 구성하여 출력해 주는 Splitter 기능과 스폿 모니터링을 위한 1 채널 비디오 출력, 그리고 Splitter 및 스폿 영상 출력에 메뉴, 영상 정보 등을 표시하는 풀 칼라 OSD 등이다.



[그림 6] 개발한 고성능 DVR 시스템

[그림 6]은 개발한 고성능 DVR 시스템이다.

3.2 개발한 DVR 시스템

기존 DVR 제품과 본 논문에서 개발한 H.264 DVR의 화질을 비교해 보았다. 비교에 사용한 기존 DVR 제품은 정지영상 기반인 Wavelet 압축 방식을 이용하는 제품과 MPEG-4 Part2를 이용하는 제품이다. [그림 7]은 동일한

장면의 DVD 영상을 입력받아 동일한 bps로 각각의 압축 방식으로 압축한 영상이다. 확대하여 본 영상의 화질을 보면 H.264로 압축한 영상의 화질이 훨씬 우수함을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 16채널을 동시에 실시간 고화질 녹화/재생을 위하여 고성능 H.264 DVR 시스템을 개발하였다. 이를 위해 1개의 DSP내에 16개의 병렬처리가 가능하며 2개의 MIPS 프로세서를 내장한 SPI사의 고성능 DSP인 SP160 기반으로 H.264 코덱을 개발하였다. SP160 DSP를 효율적으로 활용하기 위해 H.264 알고리즘을 DSP 구조에 맞게 변경, 코딩하였고, D1 영상을 동시에 240 fps를 압축할 수 있는 성능을 갖게 하였다. 또한 입력영상을 H.264로 압축하는 동시에 M-JPEG으로 압축하는 듀얼 코덱을 구현하였다. 이를 통해 네트워크 동시 모니터링이 4채널 이하인 경우에는 H.264 압축 데이터를 전송하고, 네트워크 동시 모니터링이 4채널 이상인 대규모 모니터링 경우에는 M-JPEG 데이터를 전송함으로써, 네트워크 서버가 선택적으로 필요한 정지영상 데이터만을 재생하여 부하를 줄여 대규모 다채널 모니터링 시스템을 구축하였다. 또한 단 2개의 DSP를 사용하여 고성능의 시스템을 소형화, 저가격화 하였다.

또한 개발한 DVR은 임베디드 리눅스 OS를 적용하여 시스템을 안정화 하였고, DVR의 저장 효율을 높이기 위



[그림 7] 화질 비교

한 입력 영상크기를 사용자가 지정한 영상크기별로 저장할 수 있는 입력영상 제어장치, 출력 영상의 다양한 화면 구성하는 화면분할 장치, 메뉴 화면을 구성하는 OSD 장치, 아날로그 영상 출력을 포함하는 FPGA를 개발하여 자사의 고유 기능들을 내장하고 제품 가격 경쟁력을 갖도록 개발하였다.

본 연구를 통해 개발된 16채널 고성능 H.264 DVR은 16채널의 D1 영상을 모든 채널을 풀 프레임 레이트로 압축, 저장이 가능하여 기존 DVR 시스템에 비해 그 성능이 우수하다. 고성능 DSP를 이용하여 성능이 우수한 H.264 코덱을 개발하였고, 이러한 DSP 기반의 H.264 코덱은 향후 단일 DSP를 이용한 저가형 DVR 개발, 네트워크 영상을 받아 디스플레이할 수 있는 디코더 박스형 제품, IP 카메라 제품 등 다양한 제품 개발에 활용될 수 있다. 또한 Full HD (1920x1080p)고해상도를 적용한 DVR, IP 카메라 등의 제품 개발에도 활용할 수 있어 활용도가 다양하다.

또한 안정적이며 성능이 우수한 임베디드 리눅스 기반의 하드웨어 플랫폼은 향후 다양한 임베디드 시스템 개발에 활용할 수 있으며, 다양한 제품군을 개발하기에 용이하다. 향후 연구로는 본 논문에서 연구된 내용을 바탕으로 움직임 검출을 이용한 특정 화면만을 자동으로 감지하여 고 해상도로 저장하는 시스템에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] M. Valera, S.A. Velastin, "Intelligent distributed surveillance systems : a review" IEE Proceeding, Visual Image Signal Process, 2005, Vol. 152, No. 2, pp 192-204

[2] 임성준(2007), "디코딩 최적화 알고리즘과 워터마킹을 적용한 실시간 영상 감시 시스템의 설계" 연세대학교 정보대학원 박사학위논문.

[3] Ping Lai Lo, B., Sun, J., and Velastin,S.A."Fusing visual and audio information in a distributed intelligent surveillance system for public transport systems",Acta Automatica Sinica, 2003, 29, (3), pp. 393-407

[4] ISO/IEC JTC1/SC 29/WG11 N3904, Coding of audiovisual objects Part 2: visual, FDAM 4: Streaming video profile, Jan. 2001

[5] ISO/IEC 14496-2:1999/Amd. 1:2000 (E), Coding of audiovisual objects Part 2: visual, AMD 1: Visual extensions, Jan. 2001

[6] ISO/IEC JTC1/SC 29/WG11 M4698, Report of the ad hoc group on MPEG-4 video verification tests, Jul. 1999, Zhixiong Wu, Broadband Media Company, R & D Div.

이 일 주(II-Joo Lee)

[정회원]



- 1988년 2월 : 아주대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1994년 8월 : 한양대학교 전자계산학과 (공학석사)
- 2002년 8월 : 아주대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1989년 9월 ~ 1998년 1월 : 현대미디어시스템/현대정보기술 책임
- 1998년 3월 ~ 현재 동원대학 모바일인터넷과 부교수

<관심분야>
정보검색, 모바일 프로그램

임 성 준(Sung-Jun Lim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
 - 1991년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학석사)
 - 2007년 2월 : 연세대학교 정보대학원 (정보학박사)
 - 1991년 1월 ~ 1999년 2월 : LG전자 멀티미디어연구소 선임
 - 1999년 3월 ~ 현재 동원대학 모바일인터넷과 부교수
- <관심분야> : 멀티미디어 시스템, 웹 프로그램

채 현 석(Hyun-Suk Chae)

[종신회원]



- 1987년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1990년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 한양대학교 전자전기제어계측공학과 (공학박사)
- 1990년 1월 ~ 1999년 2월 : LG정보통신 중앙연구소 선임연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 동원대학 모바일인터넷과 부교수

<관심분야>
인터넷 프로토콜, 네트워크