

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.6.263>

JIIBC 2013-6-34

실시간 3D 영상 카메라의 영상 동기화 방법에 관한 연구

A Study of Video Synchronization Method for Live 3D Stereoscopic Camera

한병완*, 임성준**

Byung-Wan Han, Sung-jun Lim

요 약 3D 영상을 만들기 위해서는 왼쪽과 오른쪽 두 대의 카메라로부터 입력되는 영상을 합쳐서 입체 영상을 만들어 내는 과정을 거치게 된다. 이 경우 두 대의 카메라로부터 입력되는 영상의 동기를 맞추는 것은 매우 중요하다. 본 논문서는 두 대의 카메라로부터 입력되는 영상의 동기를 맞추는 방법을 제시하였다. 또한 본 논문에서 제시한 알고리즘을 구현하기 위한 시스템을 소프트웨어를 이용하여 구현함으로써 다양한 영상 포맷을 쉽게 지원할 수 있도록 하였으며, 향후 여러 대의 카메라를 이용한 무안경 방식을 지원하는 시스템에도 적용할 수 있도록 하였다.

Abstract A stereoscopic image is made via 3 dimensional image processing for combining two images from left and right camera. In this case, it is very important to synchronize input images from two cameras. The synchronization method for two camera input images is proposed in this paper. A software system is used to support various video format. And it will be used in the system for glassesless stereoscopic images using several cameras.

Key Words : Stereoscopic, Synchronization, camera

1. 서 론

최근 들어 디스플레이 시장은 고해상도와 함께 3D 디스플레이 지원에 관심이 집중되고 있다. 특히 3D 분야는 2009년 영화 아바타의 성공과 함께 급속도로 성장하여 영화뿐만 아니라 방송과 애니메이션 등 다양한 분야로 확대되고 있다.^[1] 이에 국내 3D 영상 업체 콘텐츠 산업은 연간 24% 이상의 성장률과 함께 2017년까지 3조 7천억 규모로 성장할 것으로 전망되고 있다.^[2]

이러한 추세에 발맞추어 3D 콘텐츠의 형태 또한 변화하고 있다. 지금까지의 3D 콘텐츠는 영화나 DVD를 기반으로 한 소장용 콘텐츠에서 방송 및 통신을 위한 유통형

콘텐츠로 변화하고 있다. 이에 3D 콘텐츠의 원활한 유통을 위한 공통의 표준규격을 제공하는 파일 포맷 기술의 중요성이 대두되고 있다.^[3]

3D 파일 포맷을 지원하는 영상 데이터를 만들기 위해서는 일반적으로 3D 양안 카메라를 사용한다. 양안 카메라의 경우 가격이 고가인데다 새로운 3D 포맷이 나온 경우 대응이 쉽지 않다는 문제점을 가지고 있다. 그러나 소프트웨어를 이용하여 3D 카메라를 구현하는 경우 양안 카메라가 아닌 일반 카메라를 이용하여 구현할 수 있는 장점이 있을 뿐만 아니라 새로운 포맷에도 쉽게 대응할 수 있다는 장점을 갖는다.

일반 카메라를 이용하여 3D 콘텐츠를 생성하기 위해

*정회원, 동원대학교 컴퓨터영상디자인과

**정회원, 동원대학교 스마트IT콘텐츠과

접수일자 2013년 11월 7일, 수정완료 2013년 12월 7일

게재확정일자 2013년 12월 13일

Received: 7 November, 2013 / Revised: 7 December, 2013

Accepted: 13 December, 2013

*Corresponding Author: sjlim@tw.ac.kr

Division of Smart IT Contents, Tongwon University, Korea

서는 2대의 카메라로부터 입력되는 영상의 동기가 매우 중요하다. 그러나 일반 카메라의 경우 외부 동기 신호를 입력받을 수 없기 때문에 3D 콘텐츠를 생성하기 매우 힘든 문제를 안고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 외부 동기 신호 없이 하나의 쓰레드를 이용하여 프로그램으로 구현하는 방법에 대하여 연구하였다.

II. 본 론

1. 스테레오 영상 데이터 생성 시스템 개요

일반적으로 스테레오 영상을 생성하기 위해 사용하는 양안 카메라는 스테레오 영상 포맷 변환기를 하드웨어를 이용하여 구현한다. 하드웨어를 이용하여 스테레오 영상 포맷 변환기를 구현하기 위해서는 FPGA를 주로 사용한다. 입력된 두 개의 카메라 영상으로부터 스테레오 영상 데이터를 만들기 위해 구현한 FPGA의 블록도는 그림 1과 같다.

I2C 통신부는 3D 변환 모드를 설정하기 위하여 프로세서와 I2C 통신을 하여 Side by Side, Top and Bottom, Left only, Right only 중 하나의 모드를 설정한다. 메모리 제어부와 3D 변환기에서는 I2C 통신부를 통하여 입력된 3D 포맷에 따라서 오른쪽 카메라를 위한 메모리 2개와 왼쪽 카메라를 위한 메모리 2개를 제어하여 원하는 데이터 포맷으로 변환한다. 4:2:2 => 4:4:4 포맷 변환기에서는 4:2:2 형태로 입력된 영상 데이터를 4:4:4 형태의 영상 데이터로 변환해주는 역할을 해주며, 동기신호 발생기에서 각종 동기 신호를 만들어 준다.^{[4],[5]}

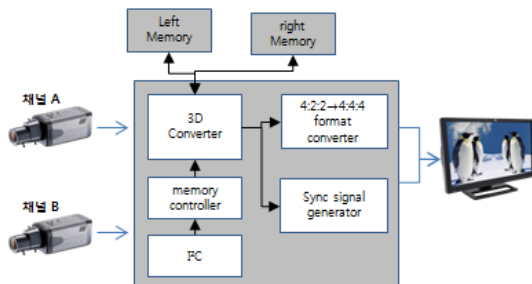


그림 1. 스테레오 포맷 변환기의 H/W 구성도
Fig. 1. H/W Block Diagram of Stereo Format Converter

그러나 하드웨어로 구현하는 경우에는 다양한 데이터

포맷을 지원하기 힘들뿐만 아니라 무안경 방식을 지원하기 위하여 여러 대의 카메라를 사용하는 경우에는 사용하는 카메라 대수에 맞게 새롭게 설계해야 하는 문제가 발생한다. 따라서 다양한 방식의 스테레오 영상 데이터 포맷을 지원하기 위해서는 프로그램으로 구현하는 것이 필수적이라고 할 수 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 네트워크로 연결된 성능과 사양이 동일한 두 대의 IP 카메라로부터 영상을 입력 받아 실시간으로 화면에 출력함과 동시에 스테레오 영상 편집을 위하여 두 개의 서로 다른 동영상 파일로 저장하고, 저장된 동영상 파일들을 재생하는 기능을 갖춘 프로그램을 개발하였다. 이 때 영상은 각 카메라에서 H.264 포맷으로 압축한 후 네트워크를 통해 전송되며, 수신된 영상은 AVI 파일 포맷의 동영상으로 다시 녹화된다.

두 대의 카메라로부터 입력되는 영상 신호를 이용하여 스테레오 영상을 만들기 위해서는 프로그램은 두 개의 채널에서 재생되는 영상이 Live view에서나 Playback 모두에서 시간적 동기화가 중요하다. 일반적으로 스테레오 영상을 만들어 주는 양안 카메라의 경우는 외부 동기를 사용하지만 본 논문에서는 다양한 영상 포맷을 지원하기 위하여 프로그램으로 구현하였기 때문에 외부 동기 신호 없이 동기화를 시키는 방법에 대해서 제시하고자 한다.

2. 스테레오 영상 데이터 포맷

스테레오 영상을 만들기 위한 데이터 포맷에는 Side by Side, Top and Bottom, Vertical Line Interleaved, Frame Sequential, Frame Packing 등의 타입이 존재한다. 이중 가장 많이 사용되는 포맷은 Side by Side 포맷으로 하나의 프레임 영상에 왼쪽과 오른쪽을 나누어 프레임의 왼쪽은 왼쪽 카메라로부터 입력되는 영상을 프레임의 오른쪽은 오른쪽 카메라로부터 입력되는 영상을 배치시키는 영상 포맷이다. 구현이 비교적 간단한 장점은 있으나 Side by Side 방식은 한 라인에 왼쪽 카메라의 한 라인과 오른쪽 카메라의 한 라인 데이터를 보내야 하기 때문에 일반적으로 샘플링 방식을 사용하여 데이터를 반으로 줄여서 전송한다. 따라서 수평 해상도가 낮아지는 단점을 가지고 있다. Top and Bottom 방식은 프레임을 구성할 때 왼쪽 카메라로부터 입력되는 영상은 하나의 프레임에서 위쪽 반을 차지하고 오른쪽 카메라로부터 입력되는 영상은 아래쪽 반을 차지하게 된다. Top and

Bottom 방식은 수평 해상도의 저하는 사람의 눈에 민감하게 반응하기 때문에 상대적으로 덜 민감한 수직 해상도를 반으로 줄여서 전송하는 방식이다.^[5]

Vertical Interleaved 방식은 하나의 프레임에 수직방향으로 왼쪽 카메라 영상과 오른쪽 카메라 영상을 하나의 라인마다 번갈아 위치시키는 방식으로 모든 수직라인마다 불연속성이 존재하여 압축효율이 낮은 단점이 있다. 그러나 모바일 디스플레이 장치에서 많이 사용하는 Parallax Barrier 디스플레이 방식에 별도의 영상 변환 없이 직접 출력될 수 있다는 장점이 있다. Frame Sequential 방식은 왼쪽 영상 프레임과 오른쪽 영상 프레임을 번갈아 하나의 스트림으로 구성하는 방식으로 Full HD 해상도의 콘텐츠를 자연스럽게 재생할 수 있다는 장점이 있다.^[6] Frame Packing 방식은 매 프레임마다 왼쪽과 오른쪽 카메라로부터 입력된 영상을 하나로 묶어 한 프레임으로 구성하는 방식으로 세로 해상도가 2배가 되므로 화질이 손실이 발생하지 않아 블루레이 3D에 많이 사용되는 방식이다.

그림 2에 앞에서 설명한 다섯 가지 방식의 스테레오 영상 포맷을 나타내었다.

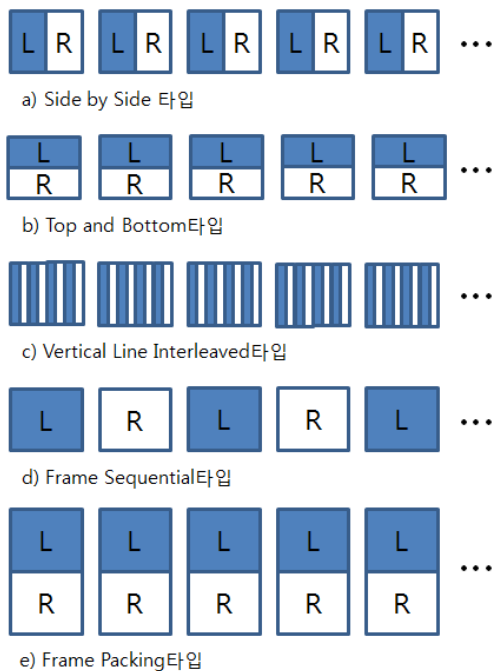


그림 2. 스테레오 영상 포맷
Fig. 2. Stereo Video Data Format

3. 3D 디스플레이 방식

영상의 깊이를 주는 입체시의 요인으로 디스플레이를 구분하면 표 1과 같이 스테레오스코픽 디스플레이, 3D 디스플레이로 분류할 수 있다.^[7]

Stereoscopic 디스플레이 방식으로는 안경 방식이 많이 사용되고 있으나 최근 무안경 방식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 무안경 방식은 기존의 양안식 비디오의 시점을 확장하기 위해 다수의 양안식 비디오를 연속적으로 배치한 형태로 구성한다. 기존의 양안식 비디오가 두 시점을 획득하여 하나의 시점에 대한 입체 영상을 제공하는 반면, 다시점 비디오는 다수의 카메라를 통해 획득한 영상을 이용하여 여러 다른 시점에서 3차원 입체 영상을 제공할 수 있다. 즉, 입체감 있는 영상을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 시청하는 시점의 자유도를 증가시켜 사용자는 원하는 시점에 대한 입체 영상을 제공받을 수 있다.^[8]

표 1. 3D 디스플레이의 분류
Table 1. Classification of 3D Display

분류		원리	디스플레이 방식
스테레오스코픽 디스플레이	2차원 영상 2장	양안시차	HMD
			안경방식 : 애너글리프, 편광, 셔터 무안경방식 : 패럴랙스배리어, 렌티클러
3D 디스플레이	2차원 영상 다수	운동시차와 물체간의 위치 관계 + 양안시차	다안식 : 다안식, 패럴랙스배리어, 렌티클러, IP
	공간상 형성	초점조절, 운동시차와 물체간의 위치 관계, 증첩효과, 시야의 크기, 폭주, 양안시차	체적형 : 스위프트체적, 정적체적 홀로그래피

4. 동기화 가능한 스테레오 영상 시스템

Live는 두 대의 서로 다른 네트워크 카메라로부터 H.264 영상을 받아 화면에 출력하고, 동시에 AVI 파일로 저장하는 구조로 되어 있으며, 하나의 카메라 영상이 화면에 출력되면서 AVI 파일로 저장되기까지의 과정을 살펴보면 그림 3과 같다.

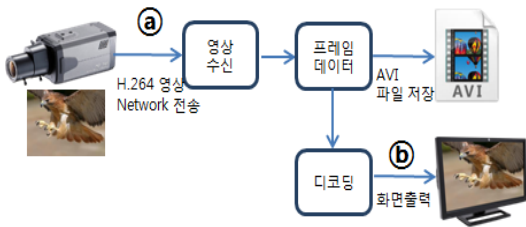


그림 3. IP 카메라 시스템
Fig. 3. IP Camera System

그림 3에서 두 채널 간 동기에 가장 많은 영향을 미치는 구간은 ㉠과 ㉡ 구간이지만, ㉠ 구간에서의 시간 지연은 두 채널 모두에 동일한 조건이라고 가정할 수 있으며, 따라서 실제 화면 출력 시 발생하는 동기 문제에 가장 영향을 미치는 구간은 ㉡ 구간이라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 이 ㉡ 구간에서의 동기화 문제를 최소화하기 위하여 그림 4와 같이 하나의 쓰레드 (Thread C)로 두 채널을 디코딩 및 출력하고 AVI 파일로 저장하는 방식으로 구현하였다. 즉 라이브 모드를 처리하기 위하여 각각의 채널에 대해 동일한 쓰레드를 2개 사용한 것을 영상 수신과 버퍼링을 위한 쓰레드 2개와 버퍼링된 이미지로부터 원하는 스테레오 데이터 포맷의 프레임 데이터를 생성하는 부분과 이를 디코딩하여 출력하는 부분을 하나의 쓰레드에서 지원함으로써 두 채널 간에 발생할 가능성이 있는 시간 지연을 최소화 시켰다.

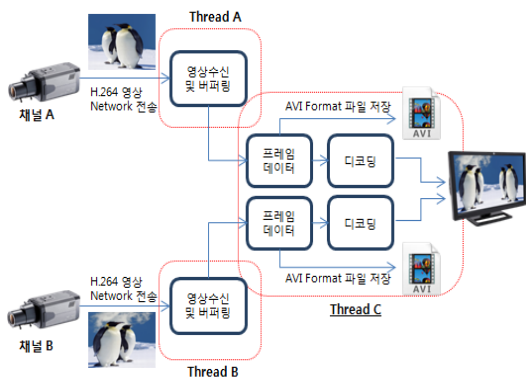


그림 4. 제안된 Live 모드 동작
Fig. 4. Proposed Operation of Live Mode

두 개의 AVI 포맷 동영상을 동시 재생할 때에는 두 부분에서 동기화 문제와 관련하여 고려할 필요가 있다. 첫

째는 두 영상에서 재생되는 첫 번째 I 프레임부터 녹화시점을 기준으로 볼 때 시간 차이가 있을 수 있다. Frame Rate나 GOP(Group of Picture, 이하 GOP)와 같은 영상의 속성 값에 따라서 정도의 차이는 있겠지만 오차가 발생하게 된다. 이것은 그림 5와 같이 영상 녹화 시점에 두 채널의 I 프레임이 도착하는 시점이 차이가 나는 상태에서 AVI 파일은 일반적으로 I 프레임부터 저장할 뿐만 아니라 재생 시에도 I 프레임부터 재생함으로써 발생하는 오차이다.

그림 5는 GOP가 10인 것으로 가정한 예로써, 채널 A의 경우에는 시간 t_1 의 I 프레임부터 AVI 파일에 저장이 되고 이전의 모든 P 프레임은 버리게 된다. 반면에 채널 B의 경우에는 시간 t_0 의 I 프레임부터 AVI 파일에 저장이 된다. 따라서 생성된 두 영상에 대한 AVI 파일들을 동시에 재생하는 경우, 채널 A는 t_1 시점에 기록된 영상부터, 채널 B는 t_0 시점에 기록된 영상부터 출력되므로 결과적으로 두 출력 영상 사이에는 ΔT 시간만큼의 차이가 나타난다.

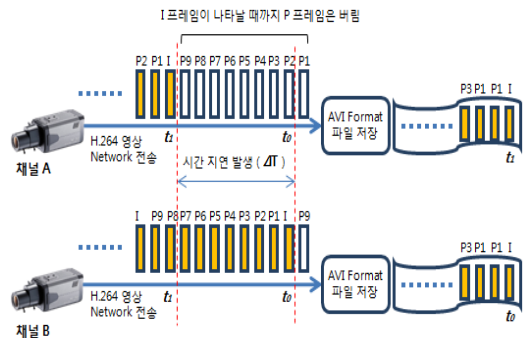


그림 5. 오차 발생 원인
Fig. 5. Error Occurrence Cause

이러한 AVI 파일 생성 시 I 프레임간 시간 차이로 인해 발생하는 시간오차 문제를 방지하기 위해서 다양한 방법이 가능하겠지만, 본 논문에서는 구현 상의 편의를 위하여 AVI 파일 생성 시 특정 시점에서 양쪽 채널의 각 프레임에 동기를 맞추기 위한 표시(가칭 Synch-Mark)를 하여 저장하고, 나중에 재생 시에는 이 Synch-Mark 가 표시된 프레임(Synch-Frame)이 양쪽 채널에서 모두 나타나는 시점부터 화면 출력을 하도록 하였다. 이것을 그림으로 나타내면 그림 6과 같다.

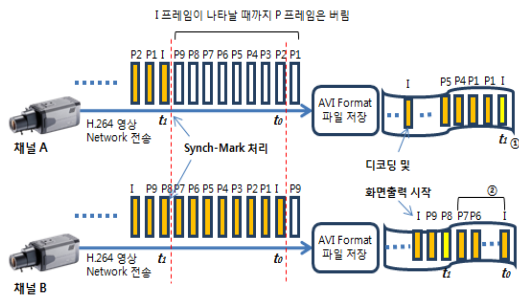


그림 6. 제안된 저장 모드 동작
Fig. 6. Proposed Operation of Recording Mode

먼저 AVI 레코딩을 시작한 후에 양쪽 채널 모두에서 I 프레임이 나타난 시점에 각 채널의 프레임에 Synch-Mark를 처리하여 해당 프레임을 Synch-Frame으로 만든다. Synch-Mark는 프레임의 H.264 데이터 영역의 특정한 부분의 일정 영역의 값을 특정한 값으로 채우는 식으로 처리한다. 재생 시에는 ①채널 A는 첫 번째 프레임이 Synch-Frame이므로 채널 B의 Synch-Frame이 나타날 때까지 기다린다. ②채널 B에서는 Synch-Frame이 나타날 때까지 이전의 모든 프레임들을 버린다. ③양쪽 채널 모두에서 Synch-Frame이 나타났으므로 양 채널에 대한 디코딩 및 재생 작업을 시작한다. 두 번째는 앞서 이야기된 Live 재생에서와 같은 이유로 디코딩과 화면 출력과정에서 발생할 수 있는 시간 차 문제가 동일하게 존재한다. 이 문제에 대한 해결 방법 역시 Live 재생 시와 동일하게 다음 그림과 같이 하나의 Thread에서 두 채널 영상을 동시에 Decoding하고 출력하도록 구현하여 오차 발생을 최소화 한다.

III. 실험 및 결과

본 연구에서는 스테레오스코픽 카메라를 구현하기 위하여 양안 카메라를 사용하지 않고 일반 IP 카메라 2대를 사용하여 소프트웨어로 구현하였다. 실험에 사용한 카메라와 컴퓨터의 사양은 표 2와 같다. I 프레임에 Synch-Mark를 심은 결과 2대의 카메라 간의 지연이 1 프레임 이내로 나타나는 것을 볼 수 있었다. 실험에 대한 결과를 표 3에 나타내었다. 본 논문에서 제시한 소프트웨어 방식을 상할 경우 현재 많은 연구가 수행중인 무안경 방식의 스테레오스코픽 디스플레이에도 적용하기가 수

월할 것으로 기대된다. 본 연구에서 구현한 시스템을 그림 7에 나타내었다.

표 2. 실험에 사용된 카메라와 PC 사양
Table 2. Specification of Camera and Computer

구분	항목	사양
카메라	해상도	1920x1080
	프레임 Rate	30fps
	압축	H.264/MJPEG
	센서	1/2.8" CMOS
	전송 프로토콜	HTTP/RTP/RTSP
컴퓨터	CPU	Intel Core(TM)2 Duo CPU E8400 @ 3.00GHz
	메모리	2.00GByte
	O/S	Window 7 Enterprise K

표 3. 실험 결과
Table 3. Result of Experiment

모드	시간 지연
Side by Side	≤ 1/30 초
Top and Bottom	≤ 1/30 초
Vertical Line Interleaved	≤ 1/30 초
Frame Packing	≤ 1/30 초
Frame Sequential	≤ 1/30 초



그림 7. 구현된 시스템
Fig. 7. Realized System

IV. 결론

본 논문에서 일반 카메라를 이용하여 스테레오 영상

을 획득하기 위한 알고리즘에 대하여 논하였다. 일반 카메라를 사용할 경우 두 대의 카메라로부터 입력되는 영상의 동기 불일치 문제로 스테레오 영상을 생성하기 힘든 문제가 있으나 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하면 이러한 동기 문제를 해결할 수 있었다. 또한 본 논문에서 스테레오 영상 포맷을 획득하기 위한 시스템으로 기존의 하드웨어 방식을 사용하지 않고 소프트웨어를 이용하여 구현함으로써 향후 여러 대의 카메라를 이용한 무안경 방식의 스테레오 카메라 구현 하는 경우 본 논문에서 제안한 방식을 사용할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 스테레오 영상을 이용한 다양한 알고리즘 개발에도 본 논문에서 제시한 알고리즘이 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society : Chan-bok Lee,, "A Study on the Ways to Embrace Stereoscopic 3D Cinema in Korea", v.11, no. 6, p1969~p1977, 2010
- [2] Moving Image Technology Association of Korea : Lee Min-ah, Suh Seung-hyun, "A Study of 3D Stereoscopic Production for Live-Action Images", Image-Technology Research, p85~p103, Nov, 2010
- [3] The Institute of Electronics Engineers of Korea : Lee Jang-won, Kim Kyu-hyun, "The Application File Format for 3D Video Service", Vol. 37, p951~p959, Aug, 2010
- [4] Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society : Byung-Wan Han, Sung-Jun Lim, "Development of HD Resolution Stereoscopic Camera and Apparatus for Recognizing Depth of Object", v.14, no.1, p351~p357, 2013
- [5] Journal of KIIT : Hi-Seok Kim, Sea-Ho Kim, "FPGA Implementation of Stereoscopic Image Processing Architecture Base on the Gray-Scale Projection Algorithm", v.11, no.9, p31~p37, 2013
- [6] The Korean Society of Broadcast Engineers : Lee Jang-won, Kim Kyu-hyun, Seo Duck-young, Park Kwang-hyun, "A Scheme of File Format Technology for 3D Stereoscopic Image Service", Vol 15, No 1, p90~p99, Mar. 2010
- [7] Semiconductor Insight, Lee Seung-Hun, p6~p10, Mar. - Apr. 2010
- [8] Broadcasting & Technology, Ho Yo-sung, Oh Gwan-jung, p130~p135, Vol 173, 2010

저자 소개

한 병 완(정회원)



- 1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 정보대학원 (정보학박사)
- 1987년 1월~1998년 2월 : LG전자 멀티미디어연구소
- 1998년 3월~현재 : 동원대학 컴퓨터애니메이션과 부교수

임 성 준(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 : 동원대학교 인터넷정보과 부교수