

# 시각 장애인을 위한 정보접근 임베디드 시스템의 구현

준회원 김 시 우\*, 이재균\*, 정회원 이 채 욱\*

## Implementation of Information Access Embedded System for the Blind People

Si-Woo Kim\*, Jae-Kyun Lee\* Associate Members, Chae-Wook Lee\* Regular Member

### 요 약

2차원 바코드는 많은 정보와 데이터를 빠르게 검색할 수 있기 때문에 여러 산업분야에서 유용한 도구로써 인식되고 널리 사용되어지고 있다. 하지만 의 저장 용량은 아직도 제한적이다. 현재 사용되고 있는 바코드 중에서 최대의 용량을 저장 할 수 있는 인 Analog-Digital (AD)코드가 최근 개발되었다. 바코드의 데이터 저장 용량의 한계점을 극복하게 됨에 따라 바코드의 응용 범위를 더욱 확대할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 AD코드와 Text To Speech (TTS)엔진을 이용하여 바코드에 저장된 정보를 음성으로 들려주는 임베디드 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 시각장애인 뿐만 아니라 고령자들이 책 또는 신문의 정보를 손쉽게 획득하는 것을 가능하게 해준다.

**Key Words :** Embedded System, Barcode Reader, 2D Barcode, DSP, TTS

### ABSTRACT

Since a 2-dimensional (2D) bar code can retrieve data and information quickly, it is widely used and recognized as a useful tool for many industrial applications. However, the information capacity of the 2D bar code is still limited. Recently the analog-digital code (AD code), which has the largest storage capacity yet contained in a code, has been developed, thereby expanding the bar code's application range because it overcomes the limitation of data capacity. In this paper, we present the AD code and implement an effective embedded system which can transform text information into voice using the 2D AD code and Text To Speech (TTS). This voice information can also be transmitted to blind people as well as the old by capturing the AD code on paper or in books.

### 1. 서 론

계산 시간을 줄이고 판매와 동시에 재고 기록을 자동적으로 갱신하기 위하여 고안된 바코드가 소매 부문의 응용에서 큰 성과를 이룬 후 산업계 전 분야에 널리 이용되고 있다. 종래의 1차원 바코드는 데이터 저장 용량의 한계점으로 제품 정보나 물류 정보를 모두 표현해서 독립적인 정보 전달 기능을 수행하는

데 어려움이 있었다. 따라서 데이터베이스에 접근하기 위한 데이터 키(Data Key)를 표현하기 위하여 사용되었다. 은 많은 양의 데이터를 저장할 수 있기 때문에 1차원 바코드의 데이터 저장용량의 한계를 극복 하였을 뿐만 아니라 바코드 이미지가 손상되더라도 복원하는 등 여러 기능들을 제공한다<sup>[1]</sup>.

최근 사용되고 있는 바코드 중에서 최대의 용량을 저장 할 수 있는 인 AD코드가 국내에서 개발이

※ 본 연구는 2007학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

\* 대구대학교 정보통신공학과 (siewoo99@daegu.ac.kr, ljk6031@daegu.ac.kr, cwlee@daegu.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-09-411, 접수일자 : 2007년 9월 12일, 최종논문접수일자 : 2008년 2월 4일

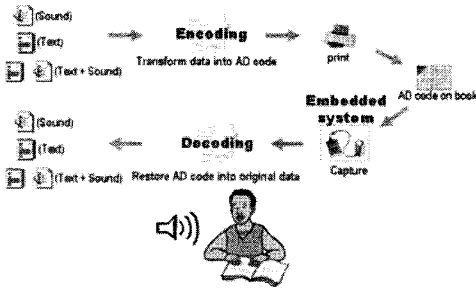


그림 1. 임베디드 시스템 개념도

되었다. AD코드는 책 두 페이지 분량의 정보를 가로 세로 1.5cm 사이즈에 저장이 가능하다. 본 논문에서는 AD를 소개하고 AD코드에 인코딩된 데이터를 음성으로 들려주는 임베디드 시스템을 개발하고자 한다. 시각장애인을 위한 임베디드 시스템 개념도는 그림1과 같다.

텍스트나 사운드와 같은 정보가 인코딩 된 AD 코드가 출판물에 인쇄되면 임베디드 시스템으로 바코드를 캡처하여 바코드에 저장된 정보를 음성으로 들려주는 것이다. 실시간 음성 출력을 위하여 TI사의 DSP chip (TMS320C6711)을 메인 프로세서로 사용하였다<sup>2)</sup>.

II장에서는 기술과 AD 코드에 대하여 소개하고, III장에서는 본 논문에서 구현한 임베디드 시스템에 관해 논한다. IV장에서는 시스템 구현과 성능에 대하여 다루고, V장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대하여 서술한다.

## II. 2차원 바코드 기술

2차원 바코드의 가장 큰 특징이자 장점은 하나의 심볼에 대용량의 데이터를 포함시킬 수 있다는 점과 좁은 영역에 많은 데이터를 고밀도로 표현할 수 있다는 점, 공간 이용률이 매우 높다는 점, 그리고 심볼이 오염되거나 훼손되어 데이터가 손상되더라도 이 오류를 검출하여 복원하는 능력이 탁월한 점이다.

2차원 바코드는 많은 데이터를 수용하기 어려운 기존의 1차원(선형) 바코드를 대신하여 등장하였다. 2차원 바코드의 이점은 다음과 같다<sup>3)</sup>.

### 1) 대용량의 데이터

2차원 바코드는 심볼 당 최소 수십 문자에서 수 천 문자까지 데이터를 포함할 수 있고 여러 심볼들을 연결시켜 하나의 메시지로 읽을 수 있으므로 대용량의 데이터 표현 및 수집이 필요한 분야에

유용하다. 따라서 2차원 바코드는 휴대용 데이터 파일(Portable Data File)이라고 부를 수 있으며 전자 문서 교환(Electronic Data Interchange)에 사용될 수 있다.

### 2) 고밀도의 데이터 표현

고밀도의 데이터 인코딩이 가능하므로 라벨 비용이 적게 들며 IC, PCB, 귀금속과 같은 제품에 부착하여도 미적인 측면에 장애를 주지 않는다.

### 3) 다양한 종류의 데이터 인코딩

2차원 바코드는 숫자, 문자 등 다양한 종류의 데이터 인코딩이 가능하다.

### 4) 오류 검출 및 복원

1차원 바코드는 심볼의 일부분이 오염되거나 훼손되면 데이터를 취할 수가 없지만 2차원 바코드는 오류 검출 및 복원 기능을 제공하므로 일부 데이터가 손상되어도 데이터의 복원이 가능하다. 때문에 정확성을 더욱 증가시킬 수 있다.

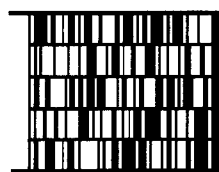
### 5) 데이터 암호화 기능

2차원 바코드는 데이터 암호화 기능을 가지고 있으므로 비밀 및 보안을 요하는 자료의 표현과 저장에 유용하게 이용될 수 있다. 이런 특징들 때문에 자료의 위조나 변조 또는 오용을 방지할 수 있는 확률이 크게 향상되었으며 최근 정부, 법원 등의 자료에 적용하는 사례가 늘고 있다.<sup>4)</sup>

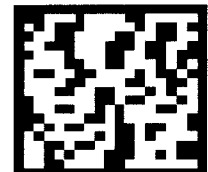
2차원 바코드는 데이터를 구성하는 방법에 따라 크게 적층형(Stacked Type) 코드와 매트릭스형(Matrix Type) 코드로 나뉜다.

적층형 바코드는 종래의 1차원 바코드를 종축(Y방향)으로 누적해 놓은 형태인 점에 비해 매트릭스형 코드는 정방향의 점과 흰 요소들을 모자이크 식으로 배열하는 형태이며 적층형 바코드보다 데이터의 밀도가 높다.

세계적으로 수많은 2차원 바코드가 존재하고 그 사용이 증가하고 있다. 하지만 국제표준으로 채택된 2차원 바코드는 PDF417, Data Matrix, Maxi Code, QR Code 4종류이다.<sup>5)6)7)8)</sup>.



<적층형 코드>



<매트릭스형 코드>

그림 2. 2차원 바코드의 종류

Sections	AD Code	Data matrix	Matrix code	PDF-417	QR-code
Types	Matrix	Matrix	Matrix	Stacked	Matrix
Shape					
Data Types	All types of data	English, Figure Image, ASCII	ASCII	English, Figure Korean, Image ASCII	2509 Figures
Character	250,000 Byte	1,750 Byte	100 Byte	1,500 Byte	3,000 Byte
Data density	520 Byte/cm <sup>2</sup>	20 Byte/cm <sup>2</sup>	15 Byte/cm <sup>2</sup>	50 Byte/cm <sup>2</sup>	40 Byte/cm <sup>2</sup>
Size per 1000bytes	1.4 x 1.4 (cm)	7.1 x 7.1	8.1 x 8.1	4.5 x 4.5	5 x 5
Application Field	Universal Handheld	Physical Distribution	Postal Matter	ID Card	Physical Distribution

그림 3. 국제표준 2차원 바코드와 AD 코드의 비교

국제표준 2차원 바코드는 작은 사이즈에 대용량의 데이터를 표현하기에는 문제점이 있어 물류/우편물 등의 단순 분류와 같은 간단한 데이터를 저장하기 위하여 제한적으로 사용되어지고 있다.

그림 3에서 보는 바와 같이 AD 코드는 데이터 저장용량 및 밀도의 면에서 국제표준 2차원 바코드에 비하여 월등하게 높은 것을 볼 수가 있다. 뿐만 아니라 AD코드는 문자 이미지, mp3 등 모든 종류의 데이터 타입에 대해 인코딩이 가능하다. 그러므로 AD코드는 기능면에서 매우 우수한 2차원 바코드라고 할 수 있다<sup>9)</sup>.

### III. 임베디드 시스템

#### 3.1 시스템 개요

본 논문에서 구현한 임베디드 시스템의 구성도는 그림 4와 같다. 바코드 이미지 캡처 신호가 발생하면 CMOS Image Sensor에 입력된 바코드 이미지는 PDL에 설계된 캡처 회로에 의해 V-sync와 H-sync 동기를 맞추게 된다. 이때 한 프레임의 바코드 이미지는 SRAM에 저장되고 LCD에서 디스플레이 된다. SRAM에 저장된 바코드 이미지는 DSP

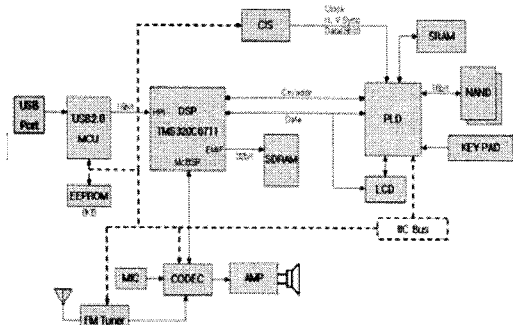


그림 4. 시스템 구성도

의 프로그램 메모리인 SDRAM으로 복사한 다음 디코딩하여 텍스트 파일을 생성한다. 이 때 생성된 텍스트 파일은 LCD에서 디스플레이하고 오디오 코덱, 앰프를 거쳐 스피커로 출력된다.

그림 5는 바코드 이미지 디코딩 및 음성 데이터 출력 알고리즘이다. CMOS Image Sensor로부터 바코드 이미지가 캡처되면 입력된 이미지에 대한 유효성 검증 단계로써 바코드의 시작패턴을 검색한다. 입력된 바코드 이미지의 시작패턴이 검색되면 디코딩 엔진을 통하여 바코드에 저장된 정보를 text 파일로 생성하고, 그렇지 않으면 CMOS Image Sensor는 다시 바코드 이미지를 캡처하게 된다. TTS 엔진은 생성된 text 파일로부터 Pulse Code Modulation (PCM) 신호를 생성한다. 이렇게 생성된 PCM 신호는 스피커를 통하여 음성으로 출력된다.

표 1은 DSP의 4가지 부팅 모드이고 동작 알고리즘은 그림 6과 같다.

시스템을 Stand Alone으로 부팅하기 위하여 전원이 인가되면 DSP는 HPI의 부트 모드를 셋업하고 USB 마이크(CY7C68013)은 EEPROM에 저장된 펌웨어 파일을 읽어온다. DSP의 Host Port Interface (HPI)를 통하여 외부 메모리인 NAND Flash

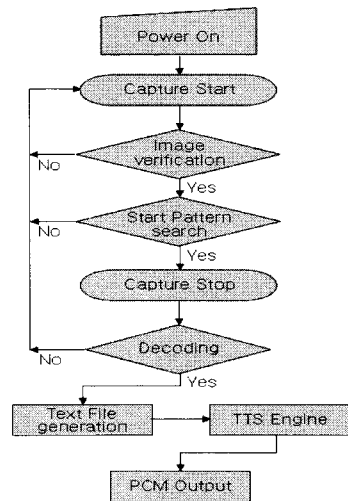


그림 5. 디코딩 및 음성 출력 흐름도

표 1. 시스템 부팅 모드

HD4	HD3	CLOCK
0	0	8-Bit HPI
0	1	8-Bit BOOT
1	0	16-Bit BOOT
1	1	32-Bit BOOT

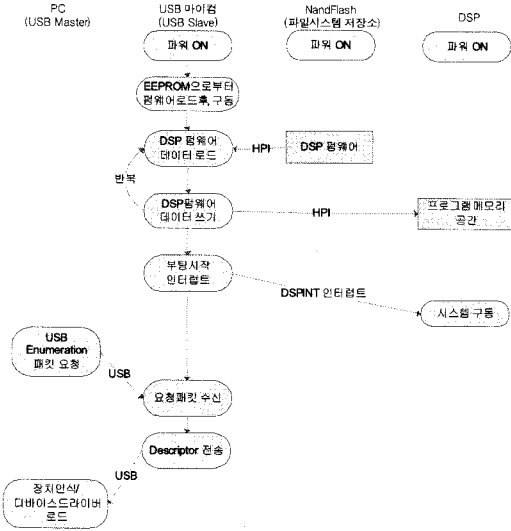


그림 6. 시스템 부팅 알고리즘

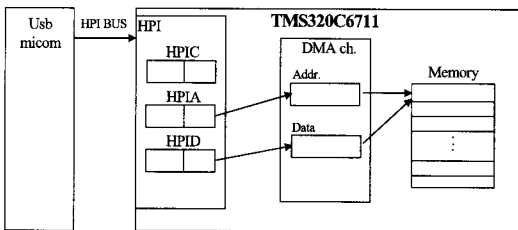


그림 7. USB 마이컴과 DSP의 인터페이스

Memory로부터 부팅에 필요한 시스템 파일과 펌웨어 프로그램을 SDRAM으로 복사하여 부팅을 하도록 구현하였다. 이 때 DSP 칩은 NAND Flash Memory 인터페이스를 지원하지 않기 때문에 PLD에 그 회로를 구성하여 핸들링 하였다.

그림 7은 USB 마이컴과 DSP의 인터페이스를 보여주고 있고, 동작 알고리즘은 그림 8과 같다. PC(Master)와 시스템(Client)과의 인터페이스는 USB2.0 Bulk 통신으로 언제든지 NAND Flash Memory에 데이터를 읽고 쓸 수 있도록 구현하였다. General Programmable Interface (GPIF) waveform을 통한 480Mbps의 USB2.0 High speed를 지원하므로 고속데이터 처리가 가능하다.

### 3.2 시스템 구성

본 논문에서 구현한 시스템의 구성은 다음과 같다.

#### 1) 이미지 캡처

바코드 이미지 캡처를 위하여 1.3M pixel CMOS 이미지 센서를 이용하여 SRAM에

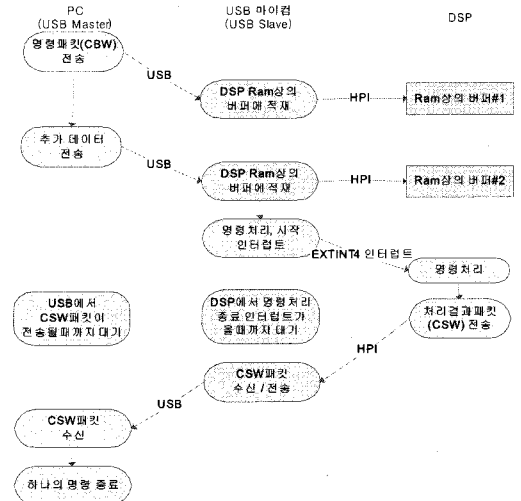


그림 8. USB 2.0 BULK 통신 알고리즘

15FPS (Frame Per Second)의 속도로 바코드 이미지를 저장한다.

#### 2) 키 처리

키 입력은 PLD를 통하여 DSP에서 폴링 (Polling) 기법을 통하여 읽는다.

#### 3) LCD

DSP는 PLD를 통하여 LCD를 컨트롤하고, LCD 데이터는 DSP의 I/O 포트로 직접 출력한다.

#### 4) 오디오 출력

DSP의 시리얼 포트에서 오디오 코덱으로 전송된 디지털 오디오 데이터는 오디오 코덱에 의해 아날로그 오디오 데이터로 변형된 후 스피커에서 출력된다. 오디오 코덱은 I2C 통신으로 제어된다.

#### 5) 마이크 입력

마이크로부터 입력된 아날로그 오디오 데이터는 오디오 코덱을 통하여 디지털 오디오 데이터로 변형되고, 이 때 DSP의 Multi Channel Buffered Serial Port (McBSP)를 통하여 NAND Flash Memory로 저장된다.

#### 6) FM 라디오

FM Radio에서 나오는 아날로그 오디오 데이터는 오디오코덱을 통과하여 스피커로 바로 출력된다. 주파수, 볼륨 등의 설정은 I2C 통신으로 제어한다.

#### 7) 파일 시스템

NAND Flash Memory의 Bad Sector를 위해 파일 시스템을 FAT32로 구현하였다.

#### IV. 구현

본 논문에서는 TMS320C6711 DSP 칩을 이용하여 CMOS Image Sensor에서 캡처된 바코드 이미지를 디코딩하여 음성으로 들려주는 시스템을 구현하였다. 그림 9-1은 DSP, PLD, Memory에 대한 부분이며 그림 9-2는 USB 마이컴, FM Tuner, Codec, CMOS Image Sensor 인터페이스 부분이다.

그림 10은 인쇄된 AD코드 이미지를 CMOS 이미지 센서로 캡처하여 TFT LCD에 디스플레이하는 화면을 보여준다.

입력된 AD코드 이미지는 디코딩되어 text 파일을 생성하고 그림 11과 같이 바코드에 저장된 내용을

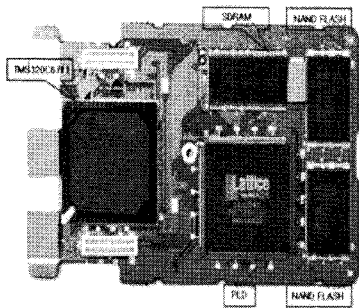


그림 9-1. 임베디드 시스템

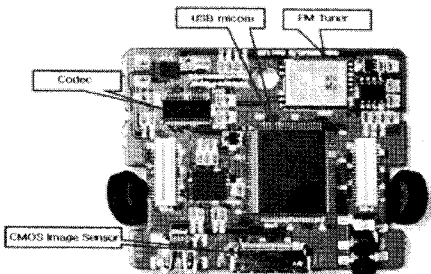


그림 9-2. 임베디드 시스템

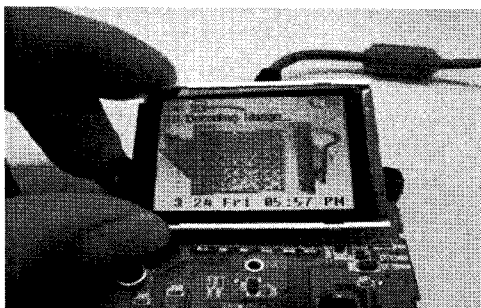


그림 10. 바코드 캡처 화면

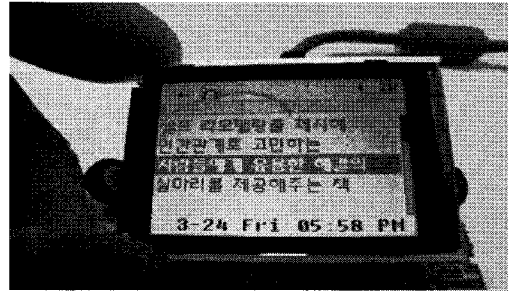


그림 11. 디코딩된 text 데이터

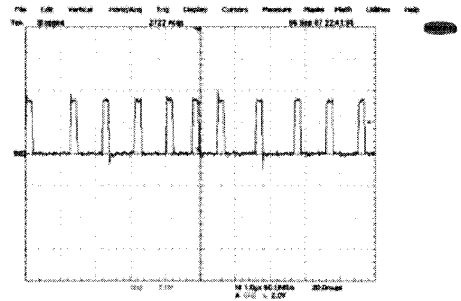


그림 12. PCM Output 신호

을 TFT LCD에서 볼 수 있다. text 파일은 NAND Flash Memory에 저장된다.

그림 12는 TTS엔진으로부터 생성된 PCM 신호를 보여준다. PCM 신호는 음성으로 정보를 전달하기 위해 스피커로 출력된다.

#### V. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 CMOS Image Sensor로부터 입력된 바코드 영상을 디코딩하여 음성으로 들려주는 시스템을 TMS320C6711 DSP 칩을 이용하여 구현하였다. 바코드 이미지가 캡처되면 정확히 판독되어 바코드에 저장된 정보는 실시간 음성으로 출력한다. 이러한 시스템의 구현은 문서, 책, 신문 그리고 인쇄가 가능한 모든 매체에 활용되어 시각장애인 뿐만 아니라 고령자와 문맹인들도 손쉽게 정보를 획득할 수 있도록 할 것이며 점차 출판문화를 대체할 수 있을 것으로 보인다.

향후 연구방향은 ARM 프로세서 기반의 임베디드 시스템을 구현하는 것이다. 현재의 시스템은 최대 출력 시 배터리가 2시간 정도 밖에 사용할 수 없고 시각장애인의 다양한 요구를 충족시키기에는 다소 부족한 점이 있기 때문이다. 하지만 ARM 프로세서 기반의 임베디드 시스템을 구현함에 따라

OS 포팅이 가능하여 다양한 어플리케이션이 용이해 지고 DSP에서 지원하지 않는 인터페이스가 On Chip화 되어있기 때문에 하드웨어의 간소화 및 저 전력의 시스템을 구현할 수 있을 것이다.

**참 고 문 헌**

[1] Johnston, R.B., Alvin Khin Choy Yap, "Electronic data interchange using two dimensional bar code", System Sciences, vol. 4, pp. 83 - 91, Jan. 1998

[2] S. Gnani, B. Penna, M. Rangetto, E. Magli, G. Olmo, " DSP performance comparison between lifting and filter banks for image coding", IEEE CNF, vol. 3, pp. 3144 - 3147, 2002 [2]

Hahn, H. I., Joung, J. K., " Implementation of algorithm to decode two-dimensional bar code PDF-417", IEEE, vol. 2, pp. 1791 - 1794, 2002

[3] Pavlidis, T., Swartz, J., Wang, Y.P., "Information encoding with two-dimensional bar codes", Computer, vol. 25, no. 6, pp. 18 - 28, June. 1992

[4] AD code, <http://www.voiceye.com>

[5] AIM, 1994, "Uniform Symbology Specification: PDF417"

[6] AIM, 1996, "Uniform Symbology Specification: Maxicode"

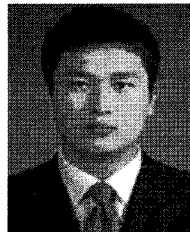
[7] AIM, 1997, "Uniform Symbology Specification: Data Matrix"

[8] AIM, 1997, "Uniform Symbology Specification: QR-Code"

[9] 육성원, "색상 보정이 가능한 대용량 2차원 컬러 바코드 인코딩/디코딩 시스템 및 그 방법", 특허번호 10-0560330-0000, 2006

**김 시 우 (Si-Woo Kim)**

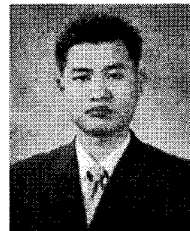
준회원



2006년 2월 대구대학교 정보통신공학부 통신공학과 학사.  
2006년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학과 석사과정  
<관심분야> 임베디드 시스템, 디지털영상처리, 2차원 바코드

**이 재 균 (Jae-Kyun Lee)**

준회원



2004년 2월 대구대학교 정보통신공학부 통신공학과 학사  
2006년 2월 대구대학교 정보통신공학과 석사  
2006년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학과 박사 과정  
<관심분야> 디지털신호처리, 2차원 바코드, ANC

**이 채 욱 (Chae-Wook Lee)**

정회원



1980년 2월 한국항공대학교 통신공학과 학사  
1987년 2월 동경공업대학 전기전자공학과 석사  
1990년 2월 동경공업대학 전기전자공학과 박사  
1990년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수  
<관심분야> 디지털신호처리, 광통신공학, ANC