

논문 2009-46TC-11-2

UHF 대역의 RFID 태그 에뮬레이터 구현

(Implementation of UHF RFID Tag Emulator)

박 경 창*, 김 한 벼 리*, 이 상 진*, 김 승 열*, 박 래 현**, 김 용 대***, 유 영 갑****

(Kyung-Chang Park, Hanbyeri Kim, Sang-Jin Lee, Seungyoul Kim, Raehyeon Park,
Yongdae Kim, and Younggap You)

요 약

본 논문은 UHF 대역 RFID 시스템의 태그 에뮬레이터를 제안한다. 태그 에뮬레이터는 18000-6C와 EPC global class 1 generation 2 표준을 지원한다. 리더로부터의 송신신호는 PIE 부호화 방식과 ASK 변조방식을 사용하였으며, 태그로부터의 송신신호는 FM0 부호화 방식과 ASK 변조방식을 사용하였다. 송·수신 신호 전달에 대한 처리는 상용 송·수신 칩을 사용한다. 태그 에뮬레이터의 전체 제어와 신호 해석 및 처리는 ARM7 프로세서가 담당한다. 태그 에뮬레이터의 기능 검증은 구현된 C++ 기반의 어플리케이션을 통해 하였다. 프로토콜에 따른 각 파라미터 값은 어플리케이션에서 사용자가 지정하여 검증할 수 있다. 본 논문에서 제안된 태그 에뮬레이터는 여러 가지 설계가능성을 실제적인 환경에서 쉽고 빠르게 평가할 수 있도록 한다.

Abstract

This paper presents a tag emulator for a UHF band RFID system. The tag emulator supports the 1800-6C and EPC global class 1 generation 2 standards. The transmitted signal from a reader is generated using the PIE coding and ASK modulation methods. Signals of a tag are from the FM0 coding and ASK modulation methods. The ARM7 processor carries out the overall control of the system and signal analysis of incoming data. The verification of the tag emulator employs the application platform implemented in C++. Users can define parameter values for protocol during the application run. The tag emulator presented in this paper allows evaluating various design alternatives of the target RFID system in real applications.

Keywords : RFID, UHF, 태그, 에뮬레이터

I. 서 론

RFID(Radio frequency identification)기술은 자동인식기술의 하나로 각 주파수 대역별 RF신호를 이용하여 객체들을 식별하는 비 접촉 무선 인식기술이다. 소형

저전력 환경 중에서 활용 가능성이 가장 높은 것으로 예상되는 것이 RFID로 이는 향후 바코드를 대체하여 사물 인식의 핵심이 될 것으로 예측되고 있다. RFID 기술은 바코드 같은 선행 기술들의 많은 장점을 가지고 있다^[1]. RFID 시스템은 무선으로 인식할 수 있어 원거리 인식이 가능하고 많은 양의 정보를 담을 수 있다. 또한 상품 관리의 네트워크화 및 지능화를 통해 다양한 산업에 적용될 것으로 전망된다^[2].

UHF(860~960MHz) 대역의 RFID 기술은 전 세계적으로 유통, 물류 등의 용도에 가장 적합한 대역으로 인식되고 있다. 국내에서는 고속도로 전자요금 징수 시스템용으로 활발한 개발이 이루어지고 있다^[3]. 또한 RFID 관련 매출액은 UHF대역에서 증가 추세가 두드러져 향

* 학생회원, 충북대학교 정보통신공학과
(Dept. of Information & Communication
Engineering, Chungbuk National University)

** 정회원, 이타칩스
(ETA CHIPS)

*** 정회원, (주) 임베디드 솔루션
(Embedded Solution)

**** 정회원, 충북대학교 정보통신공학과
(Dept. of Information & Communication
Engineering, Chungbuk National University)

접수일자: 2009년8월19일, 수정완료일: 2009년11월10일

후 전망을 밝게 하고 있다^{4~5)}. RFID 태그는 RFID 시스템에서 적용 가능한 회로를 포함하고 있다. RFID에 적용 가능한 회로를 실제로 탑재하기 위해서는 RFID 표준 문서에 정의된 명령, 타이밍과 맞게 동작하여야 한다. 새로운 회로의 개발은 검증이 보증되어야 실제 태그에 적용가능하다. 따라서 회로가 RFID 태그 내에서 어떻게 동작하는 지를 확인하기 위하여 보드를 제작하고 이를 검증할 필요가 있다. RFID 태그 회로 검증은 많은 테스트와 회로 수정이 필요하다. 태그 에뮬레이터에 관한 연구^{6~7)}들은 RFID 태그 회로의 기술 발달을 가속화 시키고 있다. 태그 에뮬레이터는 RFID 시스템에서 태그 동작에 대한 적용 가능한 회로 테스트와 수정을 손쉽게 진행할 수 있다. 따라서 태그 에뮬레이터 연구는 RFID 태그 회로 개발의 시간과 노력을 단축할 수 있다.

본 논문에서는 ISO-18000-6C형 표준규격과 EPC Class 1 Gen2 표준방식을 만족하는 UHF 대역 RFID 태그 에뮬레이터를 구현하였다. 본 논문의 구성은 II장에서 RFID 시스템의 리더의 동작, 태그상태, 통신부의 송/수신 과정을 기술하였다. III장에서는 UHF 대역 RFID 태그 에뮬레이터 구현에 대해 설명하였고, IV장에서 태그 에뮬레이터의 구현 결과를 나타내었다. 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. UHF 대역 RFID 시스템

본 장에서는 UHF 대역 RFID 시스템의 리더와 태그 간의 송수신 표준에 대해 기술한다. 리더와 태그간의 전체 동작 상태, 태그 상태를 설명하고, RF 통신부 송/수신 과정에 대해 기술한다.

1. 리더와 태그간의 동작

리더는 태그와 통신하기 위해서 3가지 단계를 거친다. 3가지 단계는 select, inventory, access이다. 태그는 다중 접속 및 메모리 접근을 위해서 ready, arbitrate, reply, acknowledged, open, secured, killed의 상태를 갖는다⁸⁾.

리더의 인식 범위 내의 태그는 일정 전력을 공급 받고 ready 상태가 된다. 또한 리더는 태그 인식을 위해 select와 inventory 동작을 진행한다. 리더는 select 동작에서 태그 메모리 값을 이용해 태그 선별하고 인식하기 위한 준비를 하며, 태그는 ready 상태가 된다. 리더는 inventory 동작에서 실제 태그들과 일대일 통신을

위한 충돌 방지 알고리즘을 실행한다. 이때 사용되는 명령어 query는 4비트 Q 값을 전송하는 역할을 한다. 동시에 query는 태그들이 가지고 있는 난수 발생기에서 난수를 재생성하고 동시에 2^{Q-1} 이내 범위에서 발생된 난수 값을 슬롯 카운터에 저장한다. 슬롯 카운터는 태그마다 하나씩 가지고 있으며 응답 순서를 저장하는 곳이다.

query-repeat는 2비트의 명령어 구분 비트와 세션 정보 2비트를 전송하며 태그들이 query-repeat 명령을 받으면 슬롯 카운터의 값을 1씩 감소시킨다. query-adjust는 태그들이 갖고 있는 Q 값에서 1 증가/감소하거나 현재 Q 값을 유지하여 Q 값에 해당되는 난수를 슬롯 카운터에 새롭게 저장한다. 리더는 인식 범위 내에 있는 태그의 정확한 수를 파악할 수 없으므로 Q 범위가 인식 될 태그의 수와 큰 차를 보이는 상태에서 query-adjust 명령을 사용해 태그 간의 충돌을 피하고, query-repeat 전송횟수를 감소시켜 빠른 인식을 가능하게 한다.

태그는 query, query-repeat, query-adjust 명령어를 받으면 arbitrate 상태가 되어 슬롯 카운터가 0이 될 때까지 리더에 응답 대기한다. 태그의 슬롯 카운터가 0이 되면 reply상태가 되고 리더와의 통신 요청을 위해 RN_16 이라는 16비트 난수를 전송한다. RN_16을 전송받은 리더는 RN_16을 포함한 ACK를 태그에 전송한다. 태그가 보낸 RN_16과 ACK의 RN_16이 같다면 acknowledge 상태가 되며 태그는 EPC 코드를 전송한다.

리더의 access 동작은 inventory 동작을 거친 태그와 일대일 통신을 하기 위한 단계이다. Access 동작단계는 태그 메모리의 추가 정보를 읽거나 제동되는 메모리 공간에 쓰기 명령을 사용할 수 있으며, 해당 태그 암호 입력을 통해 태그를 영구적으로 kill 할 수 있다⁹⁾.

2. 태그 상태

태그 에뮬레이터는 리더의 명령어로부터 태그가 어떤 상태로 전화 및 유지에 관하여 아는 것이 중요하다. ISO/IEC 18000-6C 표준문서는 7가지 태그 상태를 정의하고 있다⁵⁾. 7가지 상태는 ready, arbitrate, reply, acknowledged, open, secured, killed 가 있다. 표 1은 각 태그 상태에 대한 기술이다.

표 1. 태그 상태
Table 1. States of tags.

태그 상태	상태 기술
Ready	태그에 전원이 인가 후 초기 상태
Arbitrate	다수 태그 인식을 위한 중재 단계 (리더의 요청에 한 개 이상의 태그 응답이 존재할 경우)
Reply	Arbitrate 상태 후 조건을 만족한 태그들의 응답단계
Acknowledged	태그의 인식 후 태그 내부 정보에 대한 리더가 읽거나 쓸 수 있는 태그 상태
Open	태그 내부 정보의 읽기/쓰기가 가능한 상태 (secured 상태보다 읽기/쓰기 동작에 있어서 제한적인 상태)
Secured	태그 내부 정보의 읽기/쓰기가 가능한 상태 (open 상태보다 읽기/쓰기 동작이 자유로운 상태)
Killed	태그를 영구적으로 사용할 수 없는 상태

3. RF 통신부 송/수신 과정

RF 통신부 송/수신 과정은 다음과 같다. RF 통신 블록과 안테나 사이에는 balun(balance - unbalance)이 연결되어 있다. Balun은 balanced 신호를 unbalanced 신호로 변환해주는 회로 및 구조물을 통칭한다. balanced 신호는 두 개의 선로의 조합을 통해 전송선에서, 두 도체선로가 보내는 sine파형이 서로 180도 차이가 나는 경우를 말한다.

unbalanced 신호는 두 개의 선로의 조합을 통해 신호를 전송선상에서, 금속선로 한 가닥은 접지, 나머지만 가닥을 신호 선으로 이용하는 방식이다. 그림 1은 RF통신부에서의 balun 소자의 위치와 역할을 나타낸 그림이다.

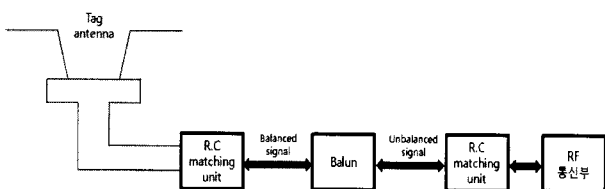


그림 1. Balun의 balanced/unbalanced 신호
Fig. 1. Balanced/unbalanced signal of balun.

RF 통신부의 수신단은 안테나로 수신된 신호가 balun소자를 통과한 후 BSF(Band Select Filter), LNA (Low Noise Amplifier), IF(Image Frequency) filter, mixer, channel select filter, IF amp, IF down mixer 순서를 거쳐 기저대역 신호로 복조된다. RF 통신부의 송신 신호처리는 수신 신호처리에서의 LNA 이후 처리의 역순과 거의 유사하다.

III. RFID 태그 에뮬레이터 구현

본장에서는 UHF 대역 태그 에뮬레이터 구현에 대해 기술한다. 제안하는 RFID 태그 에뮬레이터의 구성은 크게 안테나부, 메인 제어부, 메인 제어부 부분으로 나누어진다. 첫 번째로 리더로부터의 전자기파를 태그 에뮬레이터의 RF 통신부로 전달하고, RF 통신부로부터의 신호를 리더로 전달해주는 안테나부, 두 번째로 안테나와 데이터 처리를 담당하는 메인 제어부 사이에서 데이터 전달을 담당하는 RF 통신부, 세 번째로 태그 에뮬레이터의 송/수신 데이터들의 해석 및 처리를 담당하는 메인 제어부로 구성되어 있다. 그림 2는 RFID 태그 에뮬레이터 구성도이다.

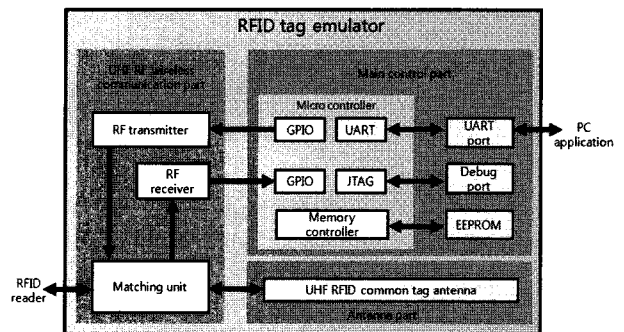


그림 2. RFID 태그 에뮬레이터 시스템 구성
Fig. 2. RFID tag emulator system architecture.

1. 안테나

본 논문에서 쓰인 안테나는 상용 태그에서 사용되는 다이폴 안테나이다. 다이폴 안테나는 UHF 대역을 지원한다. 안테나와 RF 부분과의 임피던스 매칭 후 사용하였다. 다이폴 안테나는 두 개의 서로 극이 다른 도선을 구부려서 전체 길이를 $\lambda/2$ 가 되게 만든다.

구현한 UHF 대역의 RFID 태그에뮬레이터는 후방산란 방식(Backscatter)을 사용하지 않는 능동형이다. 그림 3에 구현된 태그 에뮬레이터의 안테나를 도시하였다.



그림 3. UHF RFID 태그 안테나
Fig. 3. UHF RFID tag antenna.

2. RF 통신부

RF 통신부는 태그 에뮬레이터의 안테나부와 메인 제어부 사이에 위치한다. RF 통신부는 RF 신호의 송/수신을 담당하고 80%이상 송/수신 신호의 modulation depth를 처리한다. RF 통신부는 ISO 18000-6C, EPC global class1 Gen2 규격을 지원한다.

RF 통신부는 Melexis사의 TH7122 송/수신칩을 사용하여 구현하였다. RF 통신부의 수신단은 리더로부터 RF 신호의 수신을 담당한다. 수신단은 수신 받은 신호를 DSB-ASK 복조 방식으로 사용한다. RF 통신부의 송신단은 메인 제어부로부터 리더로의 응답에 대한 신호 송신을 담당한다. 송신단은 송신할 신호에 대한 변조 방식으로 ASK 변조 방식을 사용하였다.

3. 메인 제어부

메인 제어부는 리더로부터의 수신된 명령어 데이터를 해석하고 응답을 처리한다. 제안하는 태그 에뮬레이터는 제어 회로로 많이 사용되는 ARM-7 프로세서를 이용하여 명령 처리를 수행한다. 메인 제어부는 마이크로프로세서, EEPROM, 시스템 모니터링과 디버깅을 위한 외부 포트 구성되어 있다. 다음의 표는 메인 제어부를 구성하는 각 부분들의 특징들이다.

표 2. 메인 제어부 구성요소들의 특징
Table 2. Features of main control part components.

	마이크로 프로세서	외부 포트	EEPROM
특 징	전체 동작 제어	RS-232C 규격 제공 (모니터 프로그램과 통신하기 위한 포트)	RFID 태그의 내부 정보가 저장
	RFID 명령 해석 수신 명령 생성		
	FM0, Miller subcarrier baseband 코딩	JTAG 규격 지원 (마이크로 프로세서의 디버깅을 위한 포트)	
	외부 인터페이스 Memory, GPIO, UART, JTAG 등 지원		

IV. 실험 결과

본 장에서는 구현된 태그 에뮬레이터를 시뮬레이션 하고 그 결과를 나타낸다. 그림 4는 실제 구현한 UHF 태그 에뮬레이터를 나타낸 것이다. 제안된 태그 에뮬레이터는 리더로부터의 명령어를 수신하여 해석하고 유효한 명령일 경우 해당하는 응답 정보를 송신한다.

태그 에뮬레이터와 상용 리더인 헵팩스사의 HRID-m900을 이용하여 태그와 리더간의 프로토콜 수행 시뮬레이션을 진행하였다. 태그와의 일대일 통신을 위해 select 동작과 inventory 동작을 실행하여 tag의 ID값을 받고 그 ID값을 이용하여 원하는 태그를 선택한다. 선택한 태그와의 access password를 이용하여 태그 정보에 대한 읽기 과정을 수행하였다. 그림 5는 태그 에뮬레이터와 리더간의 프로토콜 시뮬레이션에 사용된 모니터링 프로그램이다.

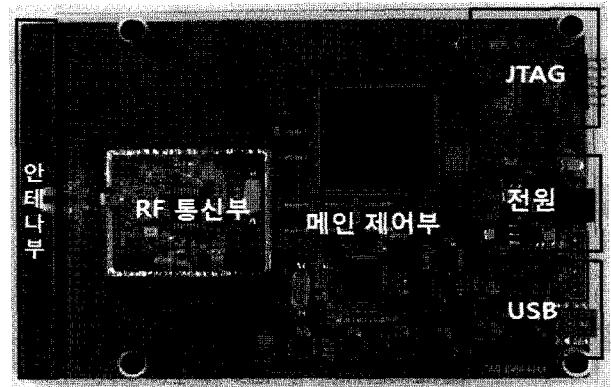


그림 4. UHF 태그 에뮬레이터
Fig. 4. UHF tag emulator.

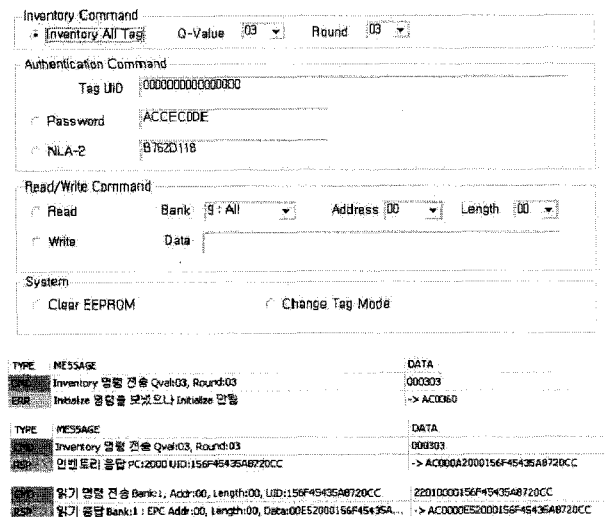


그림 5. 리더 모니터링 프로그램
Fig. 5. Reader monitoring program.

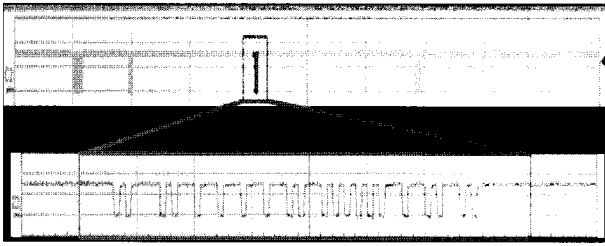


그림 6. ACK 명령어에 대한 리더의 송신 파형

Fig. 6. Transmission waveform of the reader for an ACK command.

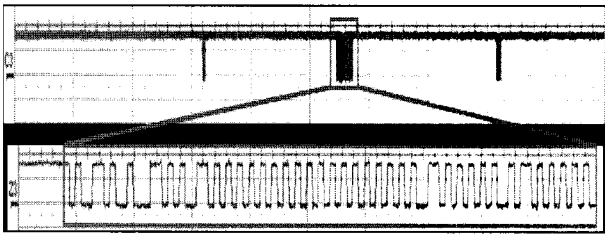


그림 7. ACK 명령어에 대한 태그 에뮬레이터의 송신 파형

Fig. 7. Transmission waveform of the tag emulator for an ACK command.

그림 6은 태그의 공개 정보를 나타내주는 ACK 명령어에 대한 리더의 송신 파형이다. 상단 파형은 리더의 송신 파형을 나타내고 하단 파형은 상단 파형의 사각형 표시 부분에 대한 확대 파형이다. 그림 7은 ACK 명령어에 대한 태그 에뮬레이터의 송신 파형이다. 상단 파형은 태그 에뮬레이터의 송신 파형을 나타내고 하단 파형은 상단 파형의 확대 파형이다.

V. 결 론

본 논문은 UHF 대역 RFID 시스템의 태그 에뮬레이터를 제안하였다. 태그 에뮬레이터는 상용화 된 태그와 같이 UHF 대역에서 18000-6C와 EPC global class1 generation2 표준들을 지원한다. RFID 시스템의 태그에 적용 가능한 회로 탑재를 위해서 RFID 표준 문서에 정의된 명령, 타이밍과 맞게 동작하여야 한다. 따라서 회로가 RFID시스템의 태그 내에서 동작 확인을 위한 보드를 제작하고 검증할 필요가 있다. 본 논문에서는 실제적인 환경에서 다양한 회로를 적용 할 수 있는 UHF 태그 에뮬레이터를 제안하였다.

태그 에뮬레이터의 통신기능과 프로토콜 수행에 관한 검증은 C++ 기반의 어플리케이션으로 실시하였다. 프로토콜에 따른 각각의 파라미터 값은 어플리케이션에서 사용자가 지정하여 검증할 수 있다.

본 논문에서 제안된 태그 에뮬레이터를 통해 여러 가지 회로 기술을 실제적인 환경에서 쉽고 빠르게 적용하고 실험할 수 있다. 태그 에뮬레이터는 상용화 제품 이전의 시험단계에서 제품의 검증 기간을 줄여 제품 개발의 가속화를 가능하게 한다.

참 고 문 헌

- [1] R. Want, K. P. Fishkin, A. Gujar, and B. L. Harrison, "Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags," *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing System A Pittsburgh*, pp. 370-377, Pennsylvania, United States, April 1999.
- [2] 우철중, 차상록, 김학운, 최호용, "수동형 UHF 태그 IC의 제어부 설계," *전자공학회 논문지*, 제 45 권 SD편, 9호, 41-49쪽, 2008년 9월
- [3] 임승욱, RFID 산업동향 보고서, 전자부품연구원 전자정보센터, 2007.01.
- [4] 오세근, 최근 RFID산업 트렌드 및 전망 보고서, 전자부품연구원 전자정보센터, 2006.09.
- [5] 홍순우, RFID·USN 시장 성장률 큰 폭 상승 전망, 팍넷, 2008.04.
- [6] V. Derbek, A. Janek, C. Steger, J. Preishuber-Pflugl, and M. Pistauer. "Behavioral Model for System Level Design Automation: Passive UHF Transponder Case Study," *In IEEE ICST2005*, pp. 7-10, Palmerston, Newzealand, 21-23, November 2005.
- [7] R. Beuran, J. Nakata, T. Okada, T. Kawakami, K.-i. Chinen, Y. Tan, and Y. Shinoda, "Emulation System for Active Tag Applications," *In ISSNIP 2008*, Sydney, Australia, pp. 1-6, 15-18, December 2008.
- [8] ISO-IEC_CD 18000-6C, "Radio-Frequency Identification for Item Management - Part 6C: Parameters for Air Interface Communications at 860 MHz to 960 MHz," ANSI, January 2005.
- [9] J. Lee, H. Kwon and B. Lee, "Design Consideration of UHF RFID Tag for Increased Reading Range," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, pp. 1588 - 1591, San Francisco, United States, December 2006.

— 저 자 소 개 —



박 경 창(학생회원)
 2008년 충북대학교
 전자공학과 공학사.
 2008년 3월~현재 충북대학교
 정보통신공학과 석사과정.
 <주관심분야 : RFID 시스템, 디지
 털 시스템 설계, 암호학>



김한버리(학생회원)
 2008년 충북대학교
 전자공학과 공학사.
 2008년 3월~현재 충북대학교
 정보통신공학과 석사 과정.
 <주관심분야 : RFID 시스템, 디지
 털 시스템 설계, 암호학>



이 상 진(학생회원)
 2008년 충북대학교
 화학 공학과 공학사.
 2008년 3월~현재 충북대학교
 정보통신공학과 석사 과정
 <주관심분야 : RFID 시스템, 디지
 털 시스템 설계, 암호학>



김 승 열(학생회원)
 2002년 충북대학교
 정보통신공학과 공학사.
 2004년 충북대학교
 정보통신공학과 공학석사.
 2005년 3월~현재 충북대학교
 정보통신공학과 박사 과정
 <주관심분야 : 디지털 시스템 설계, ASIC 설계,
 암호학>



박 래 현(정회원)
 2007년 충북대학교
 정보통신공학과 공학사.
 2009년 충북대학교 정보통신
 공학과 공학석사.
 2009년~현재 이타칩스 연구원.

<주관심분야 : RFID 시스템, ASIC 설계>



김 용 대(정회원)
 1990년 충북대학교
 정보통신공학과 공학사.
 1993년 충북대학교
 컴퓨터공학과 공학석사.
 2007년 충북대학교
 정보통신공학과 공학박사.
 1989년~1998년 신흥기술연구소 팀장.
 2007년~현재 (주)임베디드솔루션 연구소장.
 <주관심분야 : Computer arithmetic, ASIC 설계,
 암호시스템, 임베디드시스템>



유 영 갑(정회원)
 1975년 서강대학교 전자공학과 공학사.
 1975년~1979년 국방과학연구소 연구원
 1981년 Univ. of Michigan, Ann Arbor 전기전산학과 공학석사.
 1986년 Univ. of Michigan, Ann Arbor 전기전산학과 공학 박사.
 1986년~1988년 금성반도체(주) 책임 연구원
 1993년~1994년 아리조나 대학교 객원 교수

2000년~2001년 오레곤 주립대학교 교환교수
 2007년~2008년 일리노이 주립대학교 객원연구원
 1988년~현재 충북대학교 정보통신공학과 교수
 <주관심분야 : VLSI 설계 및 Test, 고속 인쇄회로설계, 암호학>