
모바일 단말기의 DTMF 신호를 이용한 자동 도어락 시스템 구현

Implementation of an Automatic Door Lock System Using DTMF Signal of a Mobile Phone

양두영, 배기원
제주대학교 통신컴퓨터공학부

Doo-Yeong Yang(yeongyd@cheju.ac.kr), Ki-Won Bae(kwbad21@hanmail.net)

요약

본 논문에서는 모바일 단말기의 키 버튼을 누르면 발생하는 DTMF 신호를 이용하여 자동 도어락 시스템을 제안하고 구현한다. 모바일 단말기의 DTMF 신호처리를 위하여 이 시스템은 송신기 모듈과 수신기 모듈로 구성된다. 이어폰 잭으로 연결된 모바일 단말기의 DTMF 신호들은 DTMF 수신기의 입력단자로 들어가서 4비트 형식을 갖는 부호변환기에 의해 이진신호로 부호화된다. 부호화된 출력신호들은 ASK 송신기 모듈로 전송되고 RF신호로 변조되어 자유공간으로 전파된다. 자유공간을 통하여 전달된 RF신호들은 수신기모듈인 ASK 복조기에 의해 복조되고 MCU로 보내진다. MCU에 의해서 처리된 출력신호들은 이미 프로세서 내에 기록된 비밀번호와 비교되고 파워릴레이로 전달된다. 만약 비교된 결과 값이 일치하면 자동 도어락 시스템은 도어를 열게 되고 그 반대의 경우에는 도어를 닫은 상태를 유지한다. 본 논문에서 구현된 자동 도어락 시스템은 무선 환경에서 잘 동작한다.

■ 중심어 : | DTMF 수신기 | ASK 변·복조기 | MCU | 도어락 |

Abstract

In this thesis, an automatic door lock system using a dual tone multiple frequency(DTMF) signal generated as pushing the key button of mobile phone is proposed and implemented. This system consists of a transmitter module and a receiver module for processing the DTMF signal of mobile phone. The DTMF signal of mobile phone connected with ear-phone jack enter into the input terminal of DTMF receiver and those are encoded by a code-converter with 4-bits binary format in the DTMF receiver. The encoded output signals are transmitted to the amplitude shift keying(ASK) modulator of transmitter module and the modulated ASK signals which are converted into radio frequency(RF) signals propagate in a free space. The RF signals passed through a free space are demodulated by the ASK demodulator of receiver module and the demodulated ASK signals are sent to a micro-controller unit(MCU). The output signals processed by the MCU are compared with the secreted identification number which is prerecorded in a microprocessor and are transferred to a power relay. If the result is the same, the automatic door lock system opens a door. In the opposite case, it maintains closing the door. The implemented automatic door lock system operates well in mobile environments.

■ keyword : | DTMF Receiver | ASK Modulator | ASK Demodulator | MCU | Door Lock |

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.
(과제고유번호 : IITA-2005-C1090-0502-0009)

접수번호 : #050802-002
접수일자 : 2005년 08월 02일

심사완료일 : 2005년 10월 20일
교신저자 : 양두영, e-mail : yeongyd@cheju.ac.kr

I. 서 론

모바일 단말기 제조업자들은 단말기 내에 게임, 인터넷, 카메라, 캠코더, GPS 등과 같은 다양한 기능들을 추가하여 기존에 주로 이용되어 왔던 단순한 이동전화로서의 용도에서 벗어나 일상생활의 편의를 도모하는 도구로써 사용될 수 있도록 휴대폰의 기능을 확대해 나가고 있다. 또한 단지 하나의 단말기에 보다 더 편리한 기능들을 부여하고, 보다 더 용이하게 사용할 수 있는 방안에 대한 연구들을 꾸준히 진행해 나가고 있다[1][2]. 이러한 방법들의 일환으로 현재 가정, 사무실 그리고 상가 등에는 방법 및 보안 업체들을 통하여 침입시도의 감지와 침입경보 및 침입방지 활동을 위한 각종 잠금장치들을 설치하고 도난방지를 위한 다각적인 노력을 기울이고 있다. 최근 충격감지센서, 접근감지센서, 온도감지센서, 적외선 감지센서 등과 같은 다양한 센서기술의 발달로 인하여 잠금장치와 연동되는 보안 기능들이 도난방지를 위한 도어락(Door Lock) 시스템에 실용화 되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 열쇠와 더불어 패스워드(Pass Word) 입력시스템이나 마그네틱카드(Magnetic Card) 등을 이용하여 건물이나 집안에 출입할 경우에 발생하는 분실의 우려 및 소지에 따른 불편함과 보안성의 취약점을 해결하기 위하여 휴대폰을 이용한 RF방식의 자동 개폐형 도어락 시스템을 제안한다. 이 시스템을 이동통신망과 연동하면 모바일 단말기로 원격지에서 도어락의 상황을 확인할 수 있고 열거나 닫을 수 있을 뿐만 아니라 침입자 발생시 자동전화를 걸어 주는 등 특징적인 기능을 함으로써 보다 더 출입관리를 안전하게 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 모바일 단말기의 DTMF(Dual Tone Multiple Frequency) 신호를 이용한 자동 개폐형 도어락 시스템을 설계하고 구현한다.

II. 도어락 시스템의 구조

본 논문의 시스템 구조는 [그림 1]에 나타난 블록도와 같이 모바일 단말기에서 발생된 DTMF 신호가 이어폰 잭을 통해 DTMF 수신기로 입력된 후 DTMF 수신기를

통하여 부호화된 이진신호로 변환된다. 이진 부호화된 출력신호는 송신단 마이크로컨트롤러로 제어되는 RF모듈(ASK)로 전송된다. 이렇게 전송된 신호를 RF모듈에서 ASK신호로 변조한 후 TR(1815)를 통해 증폭시켜 자유공간으로 전송된다[3]. RF모듈에서 ASK신호로 변조되어 자유공간으로 송신된 RF신호는 수신단의 ASK모듈에 의해 이진신호로 복조된 다음 수신단 마이크로컨트롤러로 입력된다. 마이크로컨트롤러에 수신된 DTMF의 이진신호와 미리 정해진 비밀번호인 데이터를 비교하여 일치한 경우에 대해서만 출력신호가 나오며, 이 출력신호는 TR(1815)의 스위칭 작용을 통해 Power Relay로 들어가게 된다. Power Relay로 들어온 신호를 통해서 도어락이 제어되고, LCD 화면 또한 제어되게 된다. 도어락 제어와 LCD 화면의 제어는 마이크로컨트롤러를 이용한다.

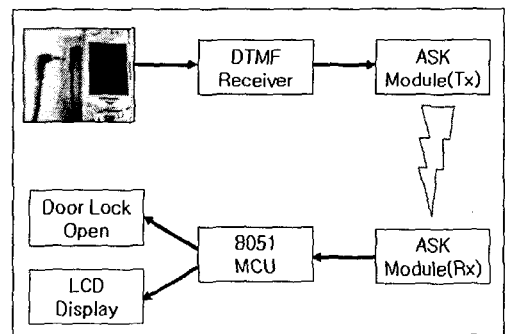


그림 1. 도어락 시스템 블록도

III. DTMF 수신기의 출력 및 무선 전송

DTMF 신호는 4종류의 저주파수(697Hz, 770Hz, 852Hz, 941Hz)와 3종류의 고주파수(1209Hz, 1336Hz, 1477Hz)의 신호를 조합하여 만든 것으로 모두 12종류의 신호로 이루어져 있다[3-5].

모바일 단말기의 키패드(Key Pad)를 누르게 되면 DTMF 신호가 발생되고 이 신호는 이어폰 잭을 통해 [그림 2]의 DTMF 수신기로 입력된다. 이 신호는 DTMF 수신기 내부의 영점 교차 검출기(Zero Crossing Detector)를 통과해 가로, 세로 주파수를 고그룹필터(High Group Filter)와 저그룹필터(Low Group Filter)로

분리해내어 각각의 교점을 구하고 다시 디지털 검출 알고리즘(Digital Detection Algorithm)을 통해서 변조(Modulation)되고 이를 부호 변환기(Code Converter)가 4비트의 이진신호로 출력한다.

DTMF 수신기로부터 출력된 4비트 이진 신호는 [표 1]에서 나타낸 바와 같이 Q1, Q2, Q3, Q4의 형태이다. DTMF 신호를 RF신호로 변조하여 송신하기 위해 RF모듈을 이용하고 이 모듈을 제어하기 위해 마이크로컨트롤러를 이용한다.

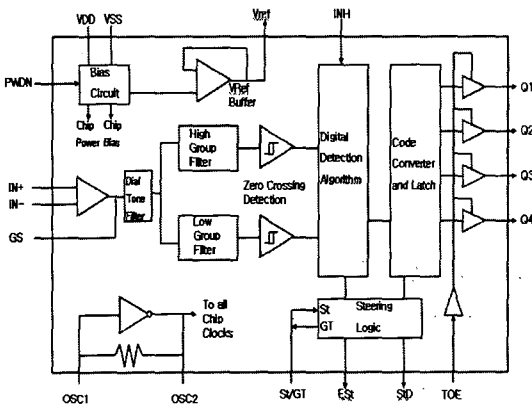


그림 2. DTMF 수신기 내부 블록도

표 1. DTMF신호에 따른 출력(이진)신호

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	*	#
Q4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Q3	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Q2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Q1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

[그림 3]은 RF모듈을 통한 DTMF 출력신호 송신회로를 나타낸다. 이 회로도에서 모바일 단말기의 키보드로부터 발생된 DTMF신호는 스테레오 이어폰 잭을 통해 DTMF 수신기로 입력되어 4비트 이진 신호(Q1, Q2, Q3, Q4)를 출력하게 된다. 여기서 DTMF 수신기의 출력 신호(Q1, Q2, Q3, Q4)는 마이크로컨트롤러의 포트(P1.0, P1.1, P1.2, P1.3)에 입력된다. 이렇게 입력된 신호는 마이크로컨트롤러(AT89c2051)의 P3.3 포트를 통해 RF모듈

의 Data_in 부분으로 들어가 RF 신호로 된 후 자유공간으로 전송하게 된다.

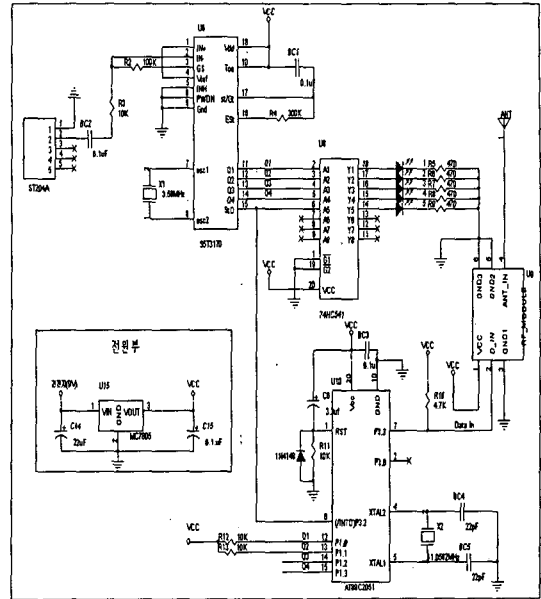


그림 3. RF모듈을 통한 DTMF 신호 송신단 회로도

마이크로컨트롤러에서 동작되는 프로그램을 살펴보면 RF모듈에서 ASK 변조된 RF신호는 프리앰블(preamble), 데이터(data), 그리고 데이터의 끝을 알리는 펄스(pulse)들로 구성되어 있다. 프리앰블은 833μs 기간 동안의 High 논리레벨(H)과 833μs 기간 동안의 Low 논리레벨(L)을 23회 반복하게 된다. 프리앰블 신호를 다 보내고 난 후 전송 data를 보내기 전에 프리앰블 비트보다 1.5배 긴 833μs 기간 동안의 H, 1.66ms 기간 동안의 L의 긴 펄스를 보내게 된다. 수신단에서 이 펄스로 프리앰블의 끝을 판단하게 된다.

전송데이터는 8비트이며 최하위 비트(Least Significant Bit)부터 전송하게 되며 비트가 0이면 833μs 기간 동안의 H, 1.66ms 기간 동안의 L을 보내고, 비트가 1이면 833μs 기간 동안의 H, 833μs 기간 동안의 L을 전송한다. 1 바이트 데이터의 전송이 끝난 후에 다음 데이터를 전송하고, 1.66ms 기간 동안의 H, 1.66ms 기간 동안의 L의 긴 펄스로 1바이트 데이터 전송의 종료를 알린다. 또한, DTMF 수신기에서 출력되는 12종류의 신호가

아닌 경우와 전송 데이터가 없는 경우에 대해서는 계속 프리엠블 신호만 전송하게 된다. 전송하고자 하는 데이터는 DTMF 수신기의 제어신호인 Std신호를 마이크로 컨트롤러(AT89c2051)[6]의 interrupt_0에 연결하고 Std 신호가 falling edge에서 interrupt가 발생할 수 있도록 구성함으로써, 12가지의 DTMF 신호에 대해서만 전송될 수 있도록 [그림 4]와 같이 프로그램을 작성한다.

```

ext_int0(void) interrupt 0
uchar CmdCode,ii;
RFTXD=0; // RF TXD L level
if((KeyScan)!=0x0f)
switch (KeyScan())
case 0x03 : CmdCode = 0xa3; break; // '#' 신호전송
case 0x04 : CmdCode = 0xa4; break; // '*' 전송
case 0x05 : CmdCode = 0xa5; break; // '0' 전송
case 0x06 : CmdCode = 0xa6; break; // '9' 전송
case 0x07 : CmdCode = 0xa7; break; // '8' 전송
case 0x08 : CmdCode = 0xa8; break; // '7' 전송
case 0x09 : CmdCode = 0xa9; break; // '6' 전송
case 0x0a : CmdCode = 0xaa; break; // '5' 전송
case 0x0b : CmdCode = 0xab; break; // '4' 전송
case 0x0c : CmdCode = 0xac; break; // '3' 전송
case 0x0d : CmdCode = 0xad; break; // '2' 전송
case 0x0e : CmdCode = 0xae; break; // '1' 전송
case 0x10 : CmdCode = 0xa0; break;
default : break;
TxMData(0xff); // preamble
TxMData(0xff);
TxMData(0x7f); // + preamble 종료
TxMData(CmdCode); // command
TxMData(~CmdCode);
TxEOP(); // RF packet 끝을 알림
RFTXD=0;
else
for(i=0;i<150;i++)DlyX4us(200);
TxMData(0xff); // delay 150ms정도
TxMData(0xff);
TxMData(0x7f);
RFTXD=1;
DlyX4us(T1VAL);
RFTXD=0;
    
```

그림 4. DTMF 신호제어 알고리즘

IV. 데이터 수신 및 도어락 제어

[그림 5]는 수신단의 회로도를 나타낸다. RF모듈을 통해 수신된 데이터는 TR(1815)에서 증폭되고 마이크로컨트롤러의 P3.2를 통해 입력된다. 수신단 마이크로컨트롤러에서는 수신되는 펄스 마다 길이를 측정해서 일정길이

의 펄스가 8개 이상 연속되면 RF 데이터 패킷으로 인정하여 데이터 샘플링을 시작하게 된다. 만약 프리엠블 체크 중이거나 프리엠블 중에 다른 길이의 펄스가 되면 수신 디코딩 동작을 중지하고 처음 프리엠블 체크부터 다시 시작하게 된다.

송신단에서는 프리엠블로 23개의 '1'인 펄스와 '0'인 펄스를 보내게 된다. 수신단에서는 '1'을 카운트하다가 '0'이 수신되면 앞서 카운트된 '1'의 개수를 확인해서 8개 이상이면 데이터 수신으로 모드를 변경하고 8개 미만이면 데이터가 아닌 것으로 처리해서 프리엠블 검출을 계속한다. 프리엠블이 성공적으로 검출되면 데이터 디코딩을 하고 수신된 '1'과 '0'을 8개씩 모아서 1바이트로 만들어 저장하게 된다. 디코딩 도중 1.66ms 기간 동안의 L, 1.66ms 기간 동안의 H의 긴 펄스가 나오면 디코딩을 끝내고 패킷 분석을 하여 처리를 하고 프리엠블 체크로 돌아간다.

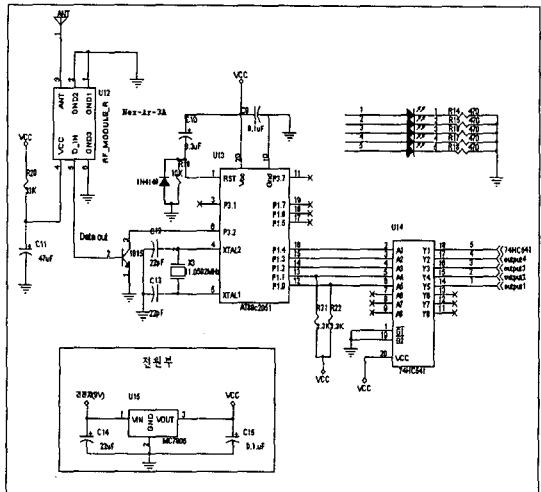


그림 5. RF모듈을 통한 DTMF 신호 수신단 회로도

수신단 프로그램에서는 TIL, TIH 등과 같이 펄스 길이의 하한, 상한을 비교해 일정 범위에 들어오면 맞는 펄스로 인식한다. RF 데이터는 송신 및 수신 과정에서 펄스 길이가 약간씩 변동할 수 있으므로 마진을 준다. RF 패킷을 처리하는 프로그램은 [그림 6]과 같다.

```

void Mode1(void)           // RF 패킷 수신
uchar dbyte;
if (modebit)
    modebit=0;
    RxBuffPtr=0;           // Ptr init
    bcnt = 0;
if (!PlenCnt) return;
dbyte=PlenCnt;
PlenCnt=0;
if (dbyte < T1L) goto M140;
if (dbyte < T1H) ShiftByte(1); return; // bit 1
if (dbyte < T15L) goto M140;
if (dbyte < T15H) ShiftByte(0); return; // bit 0
if (dbyte < T2L || dbyte > T2H) goto M140;
if (RxBuff[0] != ~RxBuff[1]) goto M140;
if ((RxBuff[0] & 0xf0) != 0xa0) goto M140;
if (RxBuff[0] & 0x0f)
    // momentary출력
P1out = ~(RxBuff[0] & 0x0f);
// P1.0,P1.1,P1.2,P1.3 에 대한 출력
P1out |= RxBuff[0] << 4;

else P1out=0;
// clear command 이면 출력 모두 off 시킴
CkHC273(P1out);
M140:
Mode=0;
modebit=1; // 모드 초기화 할 것을 알림
    
```

그림 6. 데이터 수신 및 도어락 제어 알고리즘

도어락의 제어와 LCD제어를 위한 회로도 는 [그림 7] 과 같다. LCD 제어를 위한 메모리 램에서 어드레스 디코딩을 하고 마이크로컨트롤러를 이용하여 도어락을 제어한다. 수신된 DTMF의 이진신호를 비빌번호인 미리 정해진 데이터와 비교하여 일치할 경우에 대해서만 P1.7에서 High 신호가 나오며 이 신호는 TR(1815)의 스위칭 작용을 통해 파워릴레이로 전송된다. 여기서 파워릴레이는 철심에 감겨있는 코일에 전류를 흘릴 때 철심이 전자석이 되는 원리를 이용한 스위치이다.

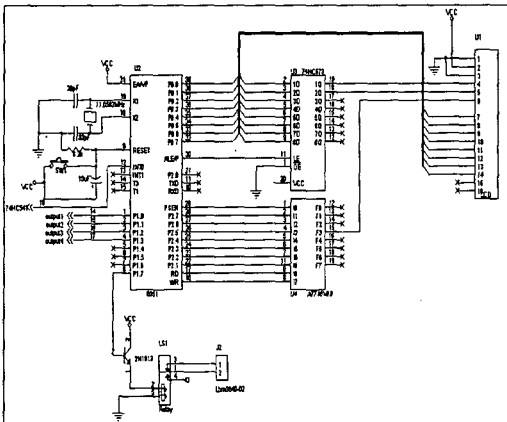
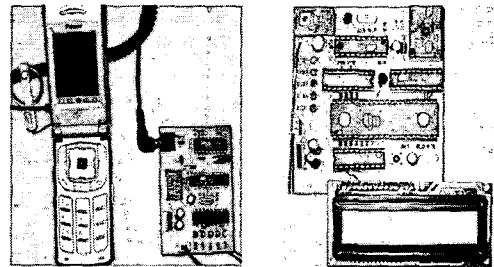


그림 7. 도어락 제어 및 LCD 제어 회로도

파워릴레이는 입력 측과 출력 측이 전기적으로 독립되어 있으므로 낮은 제어전압이나 작은 제어전류를 사용하여 높은 전압이나 큰 전류에서 동작하는 도어락을 제어할 수 있다.

V. 도어락 시스템의 구현

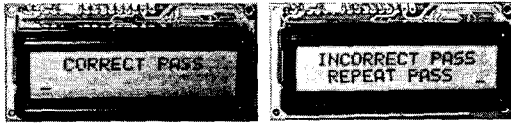
[그림 8]은 실제 구현된 DTMF 송·수신기 회로를 나타낸 것이고 [그림 9]는 DTMF 수신기가 연결된 도어락의 데이터 입력에 따른 LCD 화면을 나타낸 것이다. 모바일 단말기의 DTMF 신호를 이용한 자동 개폐형 도어락 시스템 제작에 사용된 RF모듈로는 Nextronics사의 Nex-At-3A Transmitter를 사용하였고, 허가·신고가 필요 없는 주파수 중 315MHz를 사용하여 무선으로 전송하였다.



(a) 도어락 송신기 (b) 도어락 수신기

그림 8. 구현된 도어락 송·수신기

DTMF 수신기인 S5T3170으로 DTMF 신호를 입력하기 위해 스트레오 이어폰 잭인 ST3170을 사용하였고 출력된 신호를 송신단에서 확인하기 위해 버퍼인 74HC541을 LED에 연결하였다. 수신단에서 LCD 제어를 위한 메모리 램에는 ATF16V8을 이용하여 어드레스 디코딩을 하고 MCU 8051[7]을 이용하여 LCD와 도어락을 제어하였다. MCU로부터 Power Relay로 들어온 제어신호를 통해서 220V의 도어 개폐기가 작동되어 문이 열리게 된다. 이와 동시에 LCD에는 [그림 9]와 같이 "CORRECT PASS"라는 문구가 나타나게 된다.



(a)비밀번호가 일치 (b)비밀번호가 틀리치
그림 9. 데이터 입력에 따른 LCD 화면

그러나 수신된 신호가 저장된 데이터와 일치하지 않는 경우에는 P1.7로 아무런 신호가 나타나지 않고 LCD에 [그림 9]와 같은 "INCORRECT PASS REPEAT PASS" 라는 문구가 나타나게 된다.

VI. 결론

본 논문에서는 모바일 단말기의 DTMF 신호를 이용하여 자동 개폐형 도어락 시스템을 설계하고 구현하였다. DTMF 수신기를 이용하여 부호화된 이진 신호를 RF모듈을 통하여 ASK 변조된 무선신호로 바꾸어 자유공간으로 전송함으로써 도어락을 제어할 수 있도록 구성하였다. 일반전화기의 DTMF 신호보다 모바일 단말기의 DTMF 신호가 미약하기 때문에 수신기에서 신호를 인식하는데 어려움이 따르는 문제점을 해결하기 위해서 DTMF 수신기의 입·출력 핀 내부에 있는 OP-Amp를 이용해 신호를 증폭시키는 방법으로 DTMF 출력 신호를 검파한 후 마이크로프로세서를 이용하여 자동 개폐형 도어락 제어 시스템을 구동할 수 있도록 구현하였다. 또한 모바일 단말기에서 발생된 DTMF 신호를 제어하여 송신하고, 수신단에서 송신된 데이터를 수신하여 도어락과 LCD를 효율적으로 제어하기 위한 알고리즘을 구현하였다.

이 시스템에서 구현된 송수신모듈을 소형화시켜 모바일 단말기에 내장형 전송모듈로 구성하면 모바일 단말기의 휴대성과 편리성을 더욱 도모할 수 있다. 향후에는 단순히 도어락을 제어하는 기능뿐 아니라 부가적으로 설치된 집밖의 CCTV 및 이동통신망과 연동함으로써 타인이 침입하였을 때 화상이미지를 모바일 단말기로 보낼 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

참고 문헌

[1] 하운금, *모바일 콘텐츠 활성화 방안 연구*, 커뮤니케이션북스, 2004.

[2] 정운영, 이준호, 조성훈, 정선화, 황대훈, 박석천, "Mobile IP 기술동향", 한국 멀티미디어 학회지, 제5권, 제3호, pp.48-61, 2001.
[3] 김영집, 진용옥, "DTMF 신호를 이용한 한글문자 전송 시스템의 설계 및 성능분석", 한국통신학회, 제11권, 제1호, pp.98-102, 1992.
[4] Y. S. Kim, Y. Hur, and K. H. Ryoo, "Design of an Improved Digital DTMF Receiver," The Institute of Electronics Engineers of Korea, Joint Technical Conference on Circuit Systems, Computers and Communications, pp.17-22, 1987.
[5] 유근호, 양해원, 김기선, 김갑일, 이수동, "DTMF 디지털 수신기의 시뮬레이션 및 성능 평가", 전자공학회지, 제21권, 제4호, pp.1-6, 1987.
[6] 송봉길, *Keil-C 언어를 이용한 AT89S8252 마이크로컨트롤러*, 성안당, 2004.
[7] 이용석, 이성원, 강형주, 김진석, 박인철, "8051 호환 마이크로컨트롤러의 설계", Proceedings of the IEEE Conference, 대한전자공학회, 추계종합학술대회 논문집, 제23권, 제2호, pp.173-176, 2000.

저자 소개

양 두 영(Doo-Yeong Yang)

정회원



- 1984년 2월 : 제주대학교 통신공학과(공학사)
- 1989년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)
- 1992년 2월 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사)

• 1992년 3월~현재 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 교수
<관심분야> : RF회로 및 RFID, 이동통신, 위성통신

배 기 원(Ki-Won Bae)

준회원



- 2006년 2월 : 제주대학교 통신컴퓨터공학부 통신공학전공(공학사)
- <관심분야> : 이동통신, 디지털통신, 마이크로프로세서 설계