

RFID 시스템의 신뢰성 향상에 관한 연구

함정기*, 이청진**, 권오홍***

요약

RFID는 각종 서비스 산업은 물론 물류, 산업 현장, 제조 공장과 물품의 흐름이 있는 곳이면 어디에
서나 적용이 가능하여 사회 여러 분야로부터 큰 관심을 받고 있다. 하지만 현재 900Mhz 대역의 RFID에
서 사용하는 ISO/IEC 18000-6의 프로토콜에서는 에러검출을 위한 CRC16만을 사용하여, 에러정정능력을
갖추지 못해 그 신뢰성이 떨어질 것으로 여겨진다.

본 논문에서는 이러한 RFID 시스템의 신뢰성 향상을 위해 Reader에서 Tag로의 명령어 및 데이터
전송 시에 콘벌루션 부호를 적용하여 시스템의 신뢰성 향상을 목적으로 하며, 이러한 방식을 적용했
을 때와 적용하지 않았을 때의 에러율을 측정 비교하였다.

A Study on the Reliability Improvement of RFID System

Jung-Ki Ham*, Cheong-jin Lee**, Oh-Heung Kwon***

Abstract

In recent years, RFID is widely used in industrial applications including factory, material flow,
logistics and defense areas. In this paper, The convolutional encoding and viterbi decoding is also
implemented to improve the system performance. in an FPGA chip. The used convolution code is
constraint length K=3 and rate R=1/2. The length of command frame and response frame is total of
48bits consisting of SOF 8 bits, command 16 bits, CRC 16 bit, and EOF 8 bits. And also the frame
error rates are measured under the channel of line-of-sight and non line-of-sight, respectively. The
performances are analyzed with FSK modulation only and FSK modulation added with convolutional
encoding. These two measured results are compared with that of a RFID system with ASK
modulation.

Keywords : RFID, CRC 16, Convolutional encoding

1. 서론

RFID란 사물에 부착된 전자태그로부터 무선
주파수를 이용하여 정보를 송·수신하고 이와 관
련된 서비스를 제공하는 기술을 말한다. RFID는
기존의 바코드와 기본적으로는 비슷한 역할을
하지만 바코드에 비해 보다 많은 정보를 저장할
수 있으며, 부착이 용이하고 장거리 정보 송·수

신이 가능하다는 등의 장점을 지닌다. 또한 앞으
로 센서 기술과 소형화 기술 등이 더욱 발전하
면 정보를 능동적으로 획득하고 처리 하는 능력
까지 갖추게 되고 기존의 기술과 결합해 통합
응용됨으로써 각종 서비스 산업은 물론 물류, 산
업 현장, 제조 공장과 물품의 관리 및 유통 등
어디에서나 적용 가능하여 사회 여러분야로부터
큰 관심을 받고 있다.

본 논문에서는 ISO/IEC18000-6에서 제안하고
있는 Type A와 Type B중에서 Type A의 FM0
와 펄스 간격 부호화(PIE)를 VHDL로 구현하여
기본적인 통신 프로토콜을 구성하고 리더기에서
태그로의 명령어 전송 시 명령에 CRC16만을 추
가하여 에러검출만 가능했던 시스템을 보완하여
시스템의 오류정정 능력을 높이기 위해 리더기
에서 태그로의 명령 전송 시 콘벌루션 방식을
적용하여 기존의 방식과 성능을 비교해 보고자

※ 제일저자(First Author) : 함정기
접수일:2006년08월12일, 심사완료:2006년09월15일

* 관동대학교 전자통신공학과
hjk@bell-korea.net

** 관동대학교 전자통신공학과

*** 관동대학교 전자통신공학과

▣ 본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업
(RT05-01-02) 지원으로 수행되었습니다.

한다.

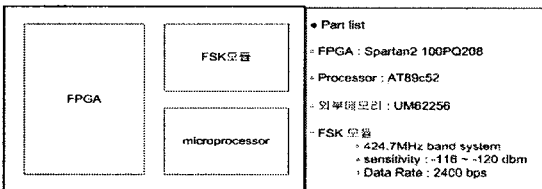
2. 시스템 설계

2.1 구성회로

본 논문에서 시험을 위해 제작한 시스템의 기본 구성도는 (그림 1)과 같이 리더기는 크게 마이크로 프로세서부와 FPGA부 그리고 FSK 모듈부로 나누어지고, 태그는 FPGA부 그리고 FSK 모듈부로 나누어진다.

마이크로 프로세서는 데이터 프레임을 구성하며 전체 시스템의 I/O를 담당한다. FPGA부는 충돌방지 알고리즘 및 데이터 코딩 등을 수행한다. 그리고 FSK 모듈부는 데이터를 FSK변조하여 전송하는 기능을 수행한다.

시스템 구성시 RF 모듈은 현재 900MHz 대역의 상용화된 RF 모듈이 없으므로 400MHz 대역 상용 RF모듈로 대체하여 실험 하였다.

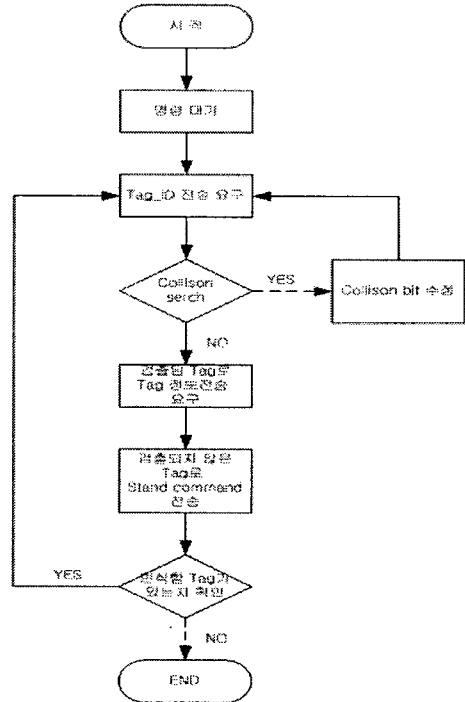


(그림 1) 시스템 블록도

2.2 프로그램 플로우 차트

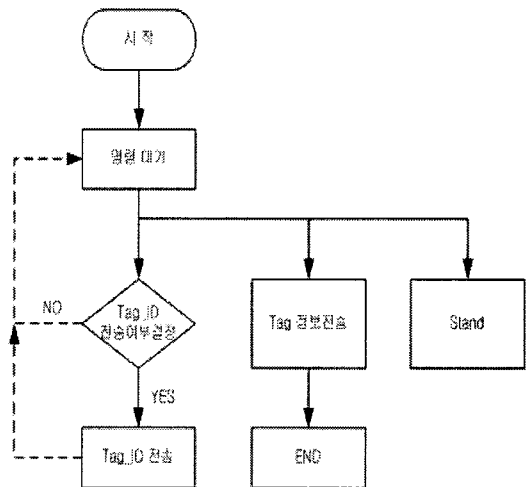
2.2.1 리더기 플로우 차트

- ① 명령대기 Reader의 Input port를 감시하며, user의 시작명령을 감시한다.
- ② Tag_ID 전송요구 슬롯 알고리즘에 근거하여 각각의 태그는 랜덤한 슬롯에 태그 자신의 ID를 전송한다.
- ③ Collision Search 수신된 값에 충돌 여부를 판단한다.
- ④ Tag 정보 전송요구 충돌 없이 인식된 Tag에게 Tag 정보를 전송할 것을 명령한다.
- ⑤ Stand Command 전송 충돌없이 인식된 Tag와의 통신을 위하여 인식된 Tag를 제외한 모든 Tag에 Stand 명령을 전송한다.



(그림 2) Reader 플로우 차트

2.2.2 Tag 플로우 차트



(그림 3) Tag 플로우 차트

- ① 명령대기 Reader의 명령을 기다리며 Reader에서 전송되는 명령을 판단하여 동작방법을 결정한다.
- ② Tag_ID 전송여부결정 리더기에서 전송요구

한 Tag_ID와 자신의 Tag_ID를 비교하여 자신의 Tag_ID를 전송할지를 결정한다.

- ③ Tag 정보전송 리더기가 Tag_ID를 충돌없이 인식한 후 인식된 Tag에게 Tag의 정보전송을 요구하는 명령을 받았을 경우 Tag가 갖고 있는 Tag 정보를 리더기에 전송한다.
- ④ Stand 리더기가 Tag_ID를 충돌없이 인식한 후 인식된 Tag와의 통신을 위해 아직 인식되지 않은 Tag에 Stand Command를 전송하면 이 명령을 수신한 Tag들은 잠시 동작을 멈추고 대기한다.
- ⑤ END 리더기에 자신의 정보를 전송한 후 리더기의 전송완료 메시지를 수신한 후 모든 동작을 완료한다.

2.3 DATA 프레임 구조

2.3.1 리더기 명령어 프레임 구조

(1) 명령어 형식

SOF	Command	CRC	EOF
8bit	8bit	16bit	8bit

- ① Tag_ID 전송요구 명령
- ② 인식된 태그의 정보전송 요구 명령
- ③ Stand 명령
- ④ 태그의 동작 완료 명령
- ⑤ Reset 명령

2.3.2 태그 응답 프레임 구조

(1) 기본적인 응답 프레임

SOF	Tag_ID	CRC	EOF
8bit	8bit	16bit	8bit

(2) 정보전송시 응답 프레임

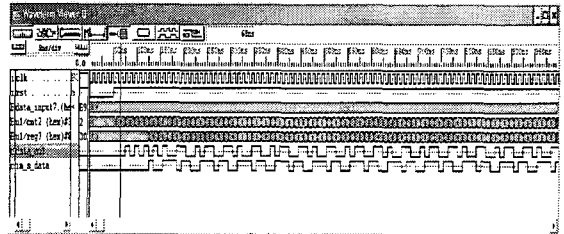
SOF	Data	CRC	EOF
8bit	16bit	16bit	8bit

3. 실험 및 결과

3.1 펄스 간격 부호화 (PIE)

(그림 4)는 펄스 간격 부호화(PIE)의 타이밍 시뮬레이션 결과파형이다. (그림 4)의 data_out_1

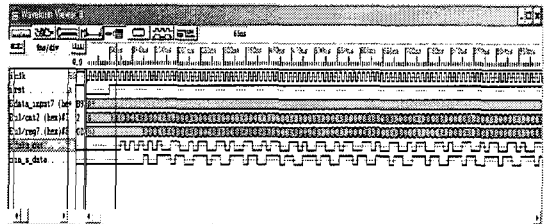
은 입력 데이터이며 data_out 항목이 그 결과이다.



(그림 4) FM0(Bi-Phase Space)의 시뮬레이션 결과

3.2 FM0(Bi-Phase Space) 부호화

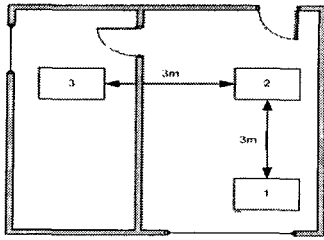
(그림 5)는 FM0의 타이밍 시뮬레이션 결과파형이다. in_s_data은 입력 데이터이고 data_out 항목이 FM0 부호화 된 결과파형이다.



(그림 5) FM0(Bi-Phase Space)의 시뮬레이션 결과

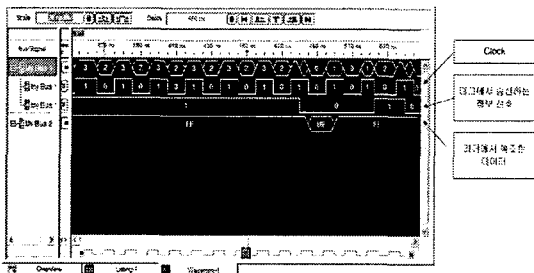
3.3 ID 인식 테스트

실험은 전송속도 2400bps로 진행하였으며, 리더기 1대와 태그 2대를 사용하여 시스템 동작을 확인하였다. 또한 실험 장소는 리더기와 태그를 동일한 장소에서 가시(line of sight) 상태로 시스템간 거리를 3m로 했을 경우와, 리더기와 태그를 각각 서로 막힌 다른 장소에 두었을 경우에 관해 측정하였다. 측정한 장소는 (그림 6)과 같은 구조이다. (그림 6)에서 2 위치는 리더기 위치이고 1, 3은 각각의 태그의 위치이다.



(그림 6) 측정 장소 구조도

리더기에서 태그로 Tag_ID 전송요청을 했을 때 태그는 자신의 Tag_ID를 리더기로 전송하며 리더기는 정보신호를 복조하여 원하는 데이터를 수신하게 된다. 아래 (그림 7)은 태그에서 송신한 신호(Tag_ID)를 복조하여 검파한 신호이다.



(그림 7) 리더기에서 복조된 데이터

(그림 7)에서 설명과 같이 위의 신호는 클릭 중간 신호는 태그에서 리더로 보내는 정보신호를 나타내고, 리더에서는 입력신호를 감시하다가 신호가 검출되어질 때만 데이터를 표시하게 된다. 위의 그림에서 "B9"이 태그가 지닌 데이터로써 복조된 것을 알 수 있다.

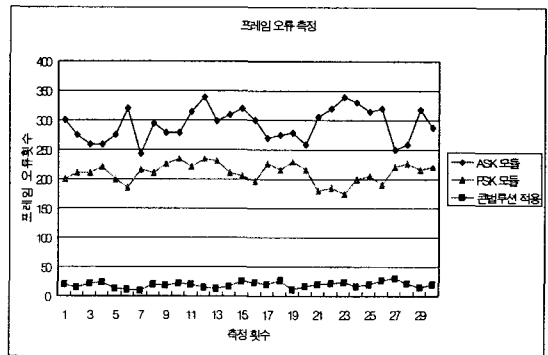
3.4 시스템 성능 평가

본 논문에서 실험은 위와 같이 ISO/IEC18000-6의 Type A를 적용하여 구현하였으며 상용화된 RF모듈을 이용하여 ASK모듈을 사용한 시스템의 경우와 FSK모듈을 사용한 시스템 경우, 그리고 콘벌루션 코딩을 적용한 방식의 성능을 비가시 채널과 가시 채널 상태에서 2000개의 프레임을 30번씩 전송하여 그 오류율을 측정하였다.

비가시 채널인 장소 1에서 측정시, ASK모듈의 평균 프레임 오류율은 294.5개로서 14.7%이

고, FSK모듈의 평균 프레임 오류율은 212.6개로서 10.6%이며, FSK모듈에 콘벌루션 부호까지 적용한 평균 프레임 오류율은 20.3개로서 1%였다. 또한 각각의 오류율 평균으로부터 표준편차(Sample Standard Deviation) 및 동일한 방법으로 얻은 데이터들이 서로 일치하는 정도를 가리키는 정밀도를 나타내는 성능계수인 상대 표준편차(Relative Standard Deviation)를 구하였다.

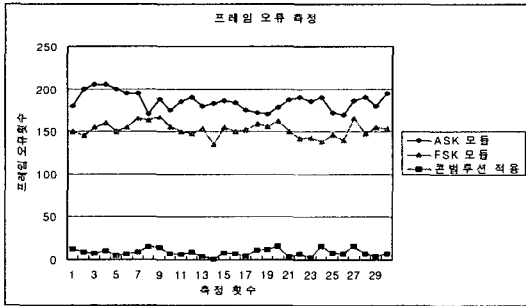
ASK모듈의 표준편차는 28.83%이고, 상대 표준편차는 9.8%이며, FSK모듈의 표준편차는 17.96%이고, 상대 표준편차는 8.4%였다. FSK모듈 사용하고 콘벌루션 부호를 적용하였을 경우 표준편차는 3.8%이고, 상대 표준편차는 19%였다. 평균 프레임 오류율 결과로 볼 때 FSK모듈에 콘벌루션 부호를 적용하여 실험한 결과 평균 프레임 오류율이 평균 20.3개로 오류율이 급격히 감소한 것을 알 수 있다.



(그림 8) 장소 1에서의 측정 결과

가시 채널인 장소 3에서 측정시, ASK모듈의 평균 프레임 오류율은 185.7개로서 9.3%이고, FSK모듈의 평균 프레임 오류율은 151.6개로서 7.6%이며, FSK모듈에 콘벌루션 부호까지 적용한 평균 프레임 오류율은 9.6개로서 0.5%였다. 또한 각각의 오류율 평균으로부터 표준편차 및 상대 표준편차를 보면, ASK모듈의 표준편차는 11.1%이고, 상대 표준편차는 5.9%이며, FSK모듈의 표준편차는 8.9%이고, 상대 표준편차는 5.8%였다. FSK모듈 사용하고 콘벌루션 부호를 적용하였을 경우 표준편차는 4.8%이고, 상대 표준편차는 50%였다. 평균 프레임 오류율 결과로 볼 때 FSK모듈에 콘벌루션 부호를 적용하여 실

험한 결과 평균 프레임 오류율이 평균 9.6개로 오류율이 급격히 감소한 것을 알 수 있다.



(그림 9) 장소 3에서의 측정 결과

비가시 채널(장소 1)과 가시 채널 상태(장소 3)에서의 실험 결과 가시 채널 상태에서 평균 프레임 오류율이 낮음을 알 수 있으며, 표준편차와 상대 표준편차 값 역시 낮았다. 이는 비가시 채널 상태보다 가시 채널 상태에서 실험을 반복해 서 했을 경우 프레임 오류율 값의 등락폭이 적음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 현재 900MHz 대역의 RFID에서 사용하는 ISO/IEC 18000-6의 규격 중 Type A의 기능을 구현하였고, 그 성능을 측정하였다. ISO/IEC18000-6에 A Type은 데이터 인코딩 방식으로 펄스 간격 부호화 PIE 방식을 사용하며, 충돌 중재(Collision Arbitration) 방식으로는 슬롯 알로하 방식을 사용한다.

기본 프레임은 크게 명령어(Command) 프레임과 응답(Response) 프레임으로 나뉘며 명령어 프레임은 SOF 8비트, 명령 16비트, CRC 16비트, EOF 8비트로 총 48비트로 구현하였다. 응답 프레임 역시 기본 구조는 같게 하였으며 총 48비트로 구현하였다.

무선 전송 시 성능을 개선하기 위하여 관독기에서 태그로의 명령어 데이터 전송 시에 콘볼루션 부호를 적용하였고, 콘볼루션 부호는 구속장 $k=3$ 이며, 부호화율 = $1/2$ 인 부호를 사용하였으며, 또한 비터비 알고리즘을 구현하여 전송된 데이터가 정확하게 복구되는 것을 확인하였다.

리더측의 마이크로 프로세서는 데이터의 입출력 및 모니터링을 담당하며 데이터 부호화 및 콘볼루션 부호화는 Xilinx사의 FPGA 디자인 툴인 Foundation3.1을 사용하여 구현하였으며, Xilinx사의 Spartan2칩에 형식 A형의 부호화 및 콘볼루션 부호등의 프로토콜을 구현하였다.

ISO/IEC18000-6 Type A의 기저대역 시스템을 구현하고 콘볼루션 부호를 적용한 후 FSK 모듈을 사용하여 프레임 오류율을 측정하였다. 채널 조건으로는 가시(line-of-sight) 채널과 비가시(non line-of-sight) 채널에서 프레임 오류율을 측정하였으며, 측정 결과 기존 논문에서 발표되었던 ASK모듈을 사용한 방식에 비하여 성능이 크게 향상됨을 보였다.

매 2,000개의 프레임을 30회씩 반복하여 전송한 결과 기존의 ASK모듈을 사용한 시스템의 평균 프레임 오류율은 11.5%였고, 본 논문에서 콘볼루션 부호를 적용하지 않고 FSK 모듈만 사용한 경우는 8.5%, 콘볼루션 부호까지 적용한 경우는 0.75%였다. 따라서, RFID 시스템에 콘볼루션 부호를 적용할 경우 채널 환경이 열악한 장소나 오류를 최소화 시켜야 하는 환경에서 매우 효과적일 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] RFID HANDBOOK, Klaus Finkenzeller 저, 이근호, 강병권 역, 영진닷컴
- [2] ISO/IEC 18000-6
- [3] Digital communications, Bernard Sklar, Prentice Hall.
- [4] Avatar Singh & W.A.Triebel, 16bit and 32bit Microprocessor, Prentice Hall.
- [5] 8051 마이크로 컨트롤러, Mackenzie 저, 이상구 역, 도서출판 그린.
- [6] 통신시스템, 이병수, 염홍렬, 신화
- [7] CDMA SYSTEMS ENGINEERING HANDBOOK, J hong Sam Lee, Leonard E. Miller, Artech House.
- [9] CDMA RF SYSTEM ENGINEERING, Samuel C. Yang, Artech House.
- [10] CDMA 이동통신 공학 Samuel C. Yang 저, 김남수 역, 대영사.

함 정 기



1994년 : 중앙대학교정보산업대학원
정보통신학과 2년수료

2005년 : 관동대학교 전자통신공학
학사

2007년 : 관동대학교 전자통신공학
석사 졸업 예정

1989년~현재: 벨코리아(주)대표이사 재임중

이 청 진



2003년 : 관동대학교 전자통신공학
학사

2007년 : 관동대학교 전자통신공학
석사

현 재 : 관동대학교 전자통신공학
박사 재학중

권 오 흥



1985년 : 숭실대학교 전자공학과

1989년 : 일본 사이다마 대학원 전
자공학 석사

1997년 : 재경평성 대학원 정보학
박사

1998년~현 재:관동대학교 정보통신공학과 교수