

고속 UHF RFID 태그 검사 장비를 위한 전용 리더

A Specialized Reader for High Speed UHF RFID Tag Inlay Inspection Equipment

배성우* · 박준석* · 성영락* · 오하령†
(Sung Woo Bae · Jun-Seok Park · Yeong Rak Seong · Ha-Ryoung Oh)

Abstract - RFIDs have not become widespread as expected partly due to the cost, size, read range, and reliability problems of tags. The success rate of reading must be improved in order for RFIDs to be widely adopted. Quality control of tags is crucial to meet this requirement. In this study, we designed and implemented a high-performance reader used in inspection equipment that conducts prior inspection of tags. To improve performance of the developed reader, the baseband modem and command processor (CP) were designed using H/W logic and implemented with FPGA. The inspection of small pitch inlays was made possible through the antenna shielding device and H/W command processor function. This equipment enables accurate evaluation of performance and identification of tags satisfying a given read range. By contributing to sort out defective tags, the results can ultimately lead to more stable RFID services.

Key Words : UHF RFID, Inspection, Reader, Inlay, Quality control of tags

1. 서론

RFID는 무선 통신을 이용해 사물의 정보를 인식하는 기술이다[1]. RFID 시스템은 기본적으로 리더와 태그로 구성되고, 그 중 860 ~ 960 MHz 대역의 UHF RFID는 태그는 자체 전원을 가지지 않는 수동형 RFID 기술이다. 리더는 자체 전원을 가지며 리더의 명령을 태그로 전송한다. 태그는 안테나와 IC(Integrated Circuit)로 구성되어있고, 리더로부터 RF 신호를 전송받아 이를 자신의 전원으로 변환하여 사용하고 리더에게 응답 데이터를 전송한다[2][3][4]. UHF RFID 태그는 다양한 종류의 크기와 형태를 가지고 있다. 태그는 인레이(Inlay)라고 불리기도 하며, 이는 기술적으로 산업현장에서 사용하기 위한 라벨로 변환할 준비가 된 태그를 의미한다[5]. 그림 1은 다양한 종류의 태그 인레이와 라벨들이다.

이러한 UHF RFID 기술은 바코드(Barcode) 대체 기술로서 각광받고 있으며, 유통과 물류 관리와 같은 응용분야에 널리 사용될 것으로 전망된다[6][7][8]. 그러나 현재 UHF 대역의 RFID는 태그의 가격, 크기, 인식거리, 신뢰성 등으로 인하여 RFID의 확산에 걸림돌이 되고 있다. 몇몇 문제들은 기술개발에 따라 해결이 기대되지만 당장의 해결책은 아니다. 특히, 사용시점에 생산된 태그를 검사하여 불량품을 걸러냄으로써 태그의 신뢰성을 높이는 것도 UHF RFID 기술의 인식률에 따른 신뢰성 문제에 대한 하나의 해결책이 될 수 있다.



그림 1 태그 인레이와 라벨
Fig. 1 Tag inlay and label

생산시점의 태그는 하나하나의 태그를 인레이 형태로 만들거나 인레이가 라벨로 변환되는 과정에서 불량이 발생하고 이에 따라 태그의 신뢰성이 떨어진다. 그러므로 인레이 상태의 태그뿐만 아니라 변환된 라벨의 검사가 필요하다.

본 논문에서는 인레이와 라벨로 변환된 태그를 검사할 수 있는 전용 리더를 개발하였다. ISO/IEC 18000-6 Type C 프로토콜[9]을 만족하며 고속처리를 위해 리더와 태그의 링크 주파수(LF : Link Frequency)를 최대(R->T: 160KHz, T->R: 640KHz) 속도로 동작할 수 있도록 설계하였다. 그리고 인식거리에 대한 합격 기준점을 태그 응답신호의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 측정, Tx 파워 조절 그리고 인식 시도 회수를 조정 등의 간접적인 방법을 이용해 태그를 구분할 수 있도록 하였다. 다양한 인레이 및 라벨과 검사 속도 조절을 통해 성능을 시험하였고 반복적인 실험을 통해 안정성과 재현성을 확보하였다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서는 UHF RFID 태그 검사 리더를 위한 요구사항을 제시하고 3장에서는 태그 검사 리더의 설계에 대하여 설명하고 4장에서는 리더의 구현과 성능을 평가한다. 마지막으로 5장은 본 논문의 결론이다.

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Kookmin University, Korea

E-mail : hroh@kookmin.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Kookmin University, Korea

Received : November 11, 2013; Accepted : December 25, 2013

2. UHF RFID 태그 검사 장비용 리더 설계

2.1 요구사항

UHF RFID의 태그 검사 리더는 일반적인 RFID 리더의 요구사항과 더불어 검사를 위한 다음과 같은 추가 요구사항을 만족해야 한다.

첫째, 고속검사가 필요하다. 태그의 생산성 증대와 비용을 감안하면 고속검사가 바람직하다. 태그 검사가 늦어지면 늦어질수록 태그의 생산성이 저하될 것이다.

둘째, 태그의 양불 판정이 정확해야 한다. 산업현장에서 사용하는 태그의 인식률을 높이고 신뢰성을 확보하기 위해서는 검사 단계에서 정확한 판정이 요구된다.

셋째, 태그를 읽는 시점의 조정이 가능해야 한다. 인레이의 크기와 진행 위치에 따라 트리거되는 시점과 태그를 읽을 수 있는 시점이 다를 수 있다.

넷째, 검사결과와 실시간 확인이 가능해야 한다. 불량 태그와 불량태그의 발생 시점을 정확히 판단할 수 있어야 한다. 따라서 다양한 인터페이스와 동기화된 고속 명령 전달 로직 등이 필요하다.

다섯째, 인식거리에 대한 합격 기준점(threshold) 설정이 가능해야 한다. 같은 공정에서 생산된 태그일지라도 태그 IC의 불량, 안테나와 IC의 접촉 불량, 안테나의 패턴 등 여러 가지의 불량 요소들에 의해 태그 불량이 발생할 수 있으며 인식거리등 성능 또한 일정하지 않을 수 있다. 따라서 태그의 합격 기준점을 두어 일정한 성능 이상의 태그만 분별할 수 있는 기능이 요구된다.

2.2 ISO/IEC 18000-6 Type C 프로토콜 분석

본 논문의 태그 검사 리더는 ISO/IEC 18000-6 Type C 프로토콜을 기준으로 설계하였다. 리더가 먼저 명령을 전송하고 태그가 그에 따른 응답을 하며, 태그의 응답에 따라 리더가 다음 명령을 전송하거나 통신을 마친다. 리더는 태그와의 통신이 끝날 때까지 리더의 명령 신호와 응답신호 사이에 CW(Continuous Wave)를 방사하여 태그에 동작전원을 공급하고, 태그가 초기화되지 않도록 하며 안정적인 응답이 가능하도록 해야 한다. 그리고 ISO/IEC 18000-6 Type C 프로토콜은 다른 프로토콜에 비해 엄격한 링크 타이밍(Link Timing)이 정해져 있으며 경성 실시간(Hard real Time) 특성을 가진다. 리더와 태그가 이 링크 타이밍을 만족시키지 못할 경우 태그가 초기화되거나 리더의 동작이 정상적으로 수행되지 못한다.

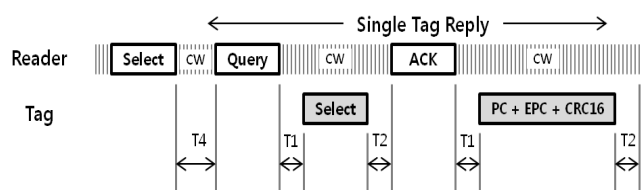


그림 2 단일 태그 동작과 링크 타이밍
Fig. 2 The single tag operation and link timing

표 1 링크 타이밍 파라미터 [9]
Table 1 Link timing parameters [9]

파라미터	최소	보통	최대
T1	$MAX(RT_{cal}, 10 T_{pri}) \times (1 - FT) - 2\mu s$	$MAX(RT_{cal}, 10 T_{pri})$	$MAX(RT_{cal}, 10 T_{pri}) \times (1 + FT) + 2\mu s$
T2	$3T_{pri}$		$20T_{pri}$
T3	$0T_{pri}$		
T4	$2RT_{cal}$		

그림 2와 표 1은 ISO/IEC 18000-6 Type C의 리더와 하나의 태그 간 동작 명령과 링크 타이밍을 나타낸다. 태그 검사 장비용 리더는 한 번에 하나의 태그만을 검사하므로 단일 태그 동작 링크 타이밍을 따른다. 리더가 먼저 Select와 Query 명령을 전송하고 태그는 Query 명령에 대한 응답으로 RN16을 전송한다. RN16을 받은 리더는 ACK 명령을 수행하고 ACK를 받은 태그는 ID를 리더로 전송한다. T4는 리더의 Select 명령과 Query 명령 사이의 시간이다. Select와 Query 명령 사이에는 태그의 응답이 없다. 리더는 Select 명령으로 태그를 초기화 시키고 최소 RTcal의 2배의 시간을 두고 Query 명령을 전송해야 한다. 여기서 RTcal은 리더가 태그로 전송하는 PIE 인코딩 방식의 데이터 0과 1을 구분 짓는 교정 심볼이다. T1은 리더의 명령의 끝에서 태그의 응답이 시작되는 구간의 시간이다. 이 시간 내에 태그의 응답이 없으면 리더는 태그가 반응하지 못하거나 없는 것으로 판단한다. T2는 태그의 응답신호를 받고 리더가 다음 명령을 전송하기까지의 시간이다. 리더는 이 시간 사이에 태그의 응답신호를 분석하고 그에 따른 명령을 준비하고 전송해야 한다. T2의 시간 안에 리더의 명령이 태그로 전송되지 않으면 태그가 초기화되거나 정상적인 동작을 수행하지 않을 수 있다. T2의 최대시간은 $20T_{pri}$ 이고 링크 주파수가 640KHz일 때 $31.25\mu s$ 의 시간이다. T_{pri} 는 태그가 리더로 전송하는 링크 구간으로 $1/\text{링크주파수}(LF : \text{Link Frequency})$ 와 같다. T3는 다중 태그 환경에서 리더의 명령 후에 태그의 응답이 없음을 판별하는 시간이다. 한 번에 하나의 태그만 인식하는 태그 검사 리더는 이 시간을 고려할 필요가 없다[9]. 링크 주파수를 최대로 하고 하나의 태그를 인식하고 ID를 판별하는 데까지의 시간은 약 1.9ms의 시간이 소비된다.

링크타이밍은 링크 주파수에 따라 차이가 있다. 링크 주파수가 높을수록 링크 타이밍은 줄어든다. 즉, 링크 주파수가 높을수록 리더는 짧은 시간 내에 태그의 응답신호를 분석하고 다음 명령을 준비해야 한다. 그리고 아날로그 경로 지연과 신호분석 및 명령 전송을 위한 지연 때문에 실제 리더가 사용할 수 있는 타이밍 여유가 더욱 줄어든다.

본 논문에서는 태그 당 검사시간을 줄여 태그 검사를 고속화하기 위하여 링크 주파수를 최대로 설정하였고 ISO/IEC 18000-6 Type C의 링크 타이밍을 만족하도록 검사장비용 리더를 설계/구현하였다. 또한 충돌 중재 명령과 쓰기에 필요한 명령들을 배제하고 태그 검사에 필요한 명령만을 구현하는 등 태그 검사의 필수 기능만으로 설계를 최적화하였고, 태그를 인식하여 판단하는 동작 수행을 하드웨어로 설계하였다.

2.3 태그 검사 장비용 리더 사양

태그 검사 장비의 성능은 리더 뿐만 아니라 인레이를 움직여주는 PLC(Programmable Logic Controller)와 모터, 인레이의 상태 등에 영향을 받는다. 인레이의 위치와 속도는 PLC를 통해 모터를 제어하여 결정한다. 따라서 태그 검사 장비용 리더는 태그의 읽는 시점을 정확히 판단할 수 있어야 한다. 또한 같은 인레이일지라도 태그의 안테나와 IC의 연결 상태와 보관 상태에 따라 성능의 차이가 있을 수 있으므로 태그의 상태를 점검할 수 있는 기능이 있어야 한다. 표 2에 태그 검사 리더에서 필요한 사양을 정리하였다.

표 2 태그 검사 장비용 리더 사양

Table 2 The Tag inspection reader specifications

파라미터	사양
프로토콜	ISO/IEC 18000-6 Type C
최대 출력	25dBm
감쇠	30dB@0.5dB
변조	ASK
동작 주파수	860 ~ 960 MHz
링크 주파수	R->T : 160KHz, T->R : 640KHz
인터페이스	GPIO, LED, UART
검사 속도	2500Tags/min(=37.5m/min) @ 15mm 3200Tags/min(=80m/min) @ 25mm
기능	- 교정(Calibration) 기능 - 동기화 기능 - RSSI 측정 기능

2.4 동작 시나리오

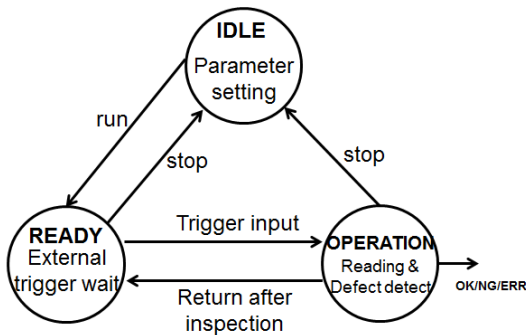


그림 3 최상위 동작 상태도

Fig. 3 Top level operating state diagram

검사장비의 동작은 크게 3개의 상태로 나눌 수 있다. IDLE 상태에서는 PLC로부터 검사에 필요한 정보를 받아서 기능 및 동작방법 등을 설정하고 run 명령을 기다린다. Run 명령이 들어오면 장비는 READY 상태로 천이하고 외부의 마크 센서(Mark sensor)로부터 트리거 신호를 기다린다. 외부로부터 트리거 신호를 받으면 장비는 OPERATION 상태로 천이한다. OPERATION 상태는 정해진 횟수만큼 하나의 태그를 반복적으로 읽고 해당 태그의 불량여부를 판별한다. 판별된 태그 정보는 GPIO를 통해 실시간으로 상위로 전송하고 리더에 판별 정보를 공유 메모리에 저장한 후 다시

READY 상태로 천이하여 트리거 신호를 기다린다. 각각의 상태는 PLC로부터 stop 명령을 받으면 IDLE 상태로 천이한다.

2.5 태그 불량 판정 기준

불량 판정 기준은 정해진 환경에서의 인식거리를 만족하느냐로 볼 수 있다. 요구되는 인식 거리는 RFID 서비스에 따라 다르며, 같은 태그일지라도 부착위치와 운용환경에 따라 그 기준점이 바뀔 수 있다. 그러므로 절대적인 인식거리의 기준은 있을 수 없고, 환경에 따른 상대적인 인식거리에 대한 기준으로 검사를 할 수 있어야 한다. 실제 환경에서 검사하는 것이 불가능하기 때문에 태그 검사 리더는 간접적인 방법으로 기준을 정할 수 있게 하였다.

본 논문에서는 간접적인 방법으로 리더의 출력에 따른 태그의 응답 효율, 태그 안테나 방사패턴에 따른 인식 각도를 감안한 검사를 제한한다. 첫 번째 방법은 리더가 출력을 조정할 수 있는 기능을 가지고 리더의 RSSI 측정 기능을 통하여 태그 응답의 신호 크기를 측정하여 판정 기준에 따라 태그의 불량 여부를 확인한다. 두 번째 방법은 리더의 안테나 위치를 고정된 상태에서 움직이는 하나의 태그를 여러 번 읽어서 인레이의 위치 변동에 따른 태그의 응답신호를 확인하고 시도대비 성공회수를 설정하여 태그의 불량 여부를 확인한다. 태그 검사 리더는 제안된 방법에 따라 태그의 불량 판정 기준을 설정할 수 있다. 추가적으로 태그의 응답 신호유무, RN16, ID 3가지 응답 경우로 나누어 다양한 판정 기준을 정할 수 있다.

2.6 태그 검사 장비용 리더의 구조

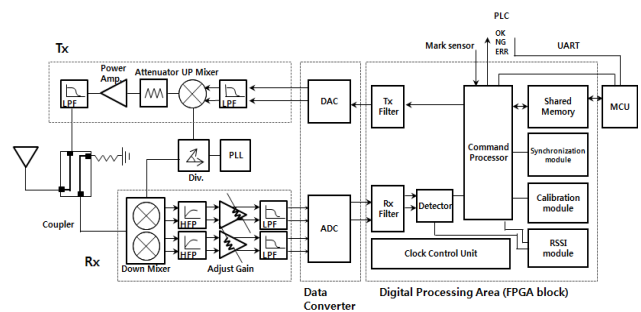


그림 4 리더 블록도

Fig. 4 Reader block diagram

그림 4는 태그 검사 리더의 블록도이다. 리더는 안테나와 안테나 기구, RF 아날로그 회로, 데이터 변환기, 디지털 기저대역 프로세싱 회로, 마이크로프로세서, 외부 인터페이스로 구성되었다.

2.7 RF 아날로그 회로

RF 아날로그회로는 ISO/IEC 18000-6 Type C의 스펙트럼 마스크(Spectrum mask)와 RFID 기술 기준에 맞추어 설계하였다. 안테나는 태그 검사 장비에 적합하도록 단독 안

태나형태와 작은 크기로 설계하였다. Tx의 경우 저주파 통과 필터를 통해 스펙트럼 마스크 규격을 맞추었다. 파워 앰프의 출력은 25dBm으로 설계하고 감쇠기능을 두어 출력을 조절할 수 있도록 하였다. PLL은 860 ~ 960 MHz 대역을 사용하고 각 나라의 규격에 맞출 수 있도록 조절이 가능하다. Rx는 고주파 통과 필터를 통해 직류 성분 오프셋(DC offset)을 제거하고 게인 조절이 가능하도록 설계하였다. 표 3은 RF 아날로그 회로의 특성을 나타낸다.

표 3 태그 검사 장비용 리더의 RF 사양
Table 3 RF specifications for tag inspection reader

파라미터	사양
파워 앰프	25dBm
PLL	860 ~ 960 MHz
감쇠	30dB@0.5dB
스펙트럼 마스크	- 36dBm/100KHz RBW(1GHz 미만) - 30dBm/100KHz RBW(1GHz 초과)

2.8 데이터 컨버터

태그 검사 장비용 리더는 리더의 명령과 태그의 응답 신호를 각각 아날로그와 디지털 신호로 변환해주는 DAC와 ADC가 있다. ADC와 DAC는 20MHz 클럭으로 동작한다. ADC는 RF 신호의 I와 Q, 두 개의 채널 신호를 처리하기 위해 이중 채널 ADC를 선택하였고 각각 12bit 해상도를 가진다. DAC는 하나의 채널을 가지며 8bit 해상도를 가진다.

2.9 디지털 기저대역 프로세싱 회로

그림 4에서와 같이 디지털 프로세싱 회로는 크게 기저대역 모델과 태그 검사 판정기능을 가진 커맨드 프로세서(CP:Command Processor), 마이크로프로세서부로 나뉜다. 기저대역 모델과 커맨드 프로세서는 태그 검사의 고속처리와 경성 실시간 특성을 가진 링크 타이밍을 맞추기 위해 하드웨어로 설계하고 FPGA를 이용하여 구현하였다.

2.9.1 기저대역 모델

기저대역 모델은 신호 잡음과 직류 성분 오프셋을 제거하기 위한 두 가지의 Rx 필터와 스펙트럼 마스크를 맞추기 위한 Tx 필터, 그리고 태그의 응답 신호를 분석하는 디텍터가 있다. 신호 잡음 제거 필터는 태그 응답신호의 잡음 성분을 제거하는 역할을 한다. 링크 주파수 40KHz를 기준으로 컷오프(Cut-off) 주파수 60KHz를 가진 20단 FIR 저주파 통과 필터를 설계하였다. 직류 성분 오프셋 제거 필터는 RF 영역에서 발생하는 Tx 누설 신호와 LO(Local Oscillator)에 의해 발생하는 직류 성분 오프셋을 줄이는 역할을 하며 IIR 고주파 통과 필터를 설계하였다. Tx 필터는 ISO/IEC 18000-6 Type C의 스펙트럼 마스크를 만족시킬 수 있도록 21단 FIR 펄스 성형 필터를 설계하였다. 디텍터는 태그의

FM0 응답신호를 분석하여 NRZ 데이터로 변환하여 CP로 전달한다. 태그 응답신호의 인식률을 높이기 위하여 글리치(Glitch) 제거 알고리즘을 추가하였고 지터(Jitter) 대응을 높이기 위해 프로토콜에서 허용하는 링크 주파수의 범위를 벗어난 신호도 정상 데이터로 인식할 수 있도록 설계하였다.

2.9.2 커맨드 프로세서

커맨드 프로세서는 시퀀서(Sequencer)의 역할을 담당한다. 리더의 명령을 생성하고 태그 응답신호의 정상여부, 기준에 따른 불량 판정등의 리더 동작을 제어한다. 태그를 검사하는 과정을 소프트웨어의 개입 없이 커맨드 프로세서가 단독적으로 수행할 수 있도록 설계하였다. 태그 검사에 필요한 Select, Query, ACK 명령만을 처리하며 태그의 RN16과 ID만을 인식하도록 설계하였다. 커맨드 프로세서는 공유메모리와 GPIO를 통하여 마이크로프로세서와 정보를 주고받는다.

2.9.3 마이크로프로세서

마이크로프로세서는 PLC와 RS232 통신 및 GPIO를 이용해 검사에 필요한 설정정보를 받고 이를 공유메모리를 통해 커맨드 프로세서로 전달한다. 커맨드 프로세서의 검사 기록 정보 또한 마이크로프로세서를 통해 PLC로 전달된다.

2.9.4 동기화, 교정, RSSI 모듈

동기화 모듈과 교정 모듈은 외부로부터 입력받은 시작 신호와 실제 태그 읽기 동작의 동기를 맞추기 위해 설계하였다. 그림 1과 같이 인레이와 라벨의 크기가 다르고 태그의 안테나 특성에 따라 인식되는 위치가 다르기 때문에 읽는 시점의 동기를 맞추는 것이 필요하다. 동기화 모듈은 마크 센서의 트리거신호 대비 최대 500ms의 지연 설정이 가능하도록 설계하였다. 교정 모듈은 한 번의 명령으로 전체 주파수 채널 스캔(scan)이 가능하도록 설계하였다. 그리고 트리거 시점을 기준으로 태그의 위치를 이동하면서 태그의 종류에 따른 최적의 읽기 시점을 파악할 수 있도록 하였다. RSSI 모듈은 ADC를 거쳐 들어온 태그 응답 신호의 크기를 측정한다.

2.10 기존 리더와의 차이

기존 리더와의 차이는 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫째, 외부 IO 인터페이스를 통해 시작시점 인식과 판독결과 실시간 전송이 가능하다. 기존의 검사장비는 일반적으로 범용 리더를 사용하여 태그 검사를 한다. 범용 리더는 UART와 같은 통신 포트를 이용하여 검사의 시작과 판독결과를 전달함으로 고속의 태그 검사가 어렵다. 본 논문의 전용리더는 디지털 영역을 FPGA를 이용하여 하드웨어로 설계하였다. 검사 시작을 외부 IO 인터페이스를 통해 트리거하여 빠른 검사 시작이 가능하고, 판독결과 또한 외부 IO 인터페이스를 통해 실시간으로 전달하여 고속으로 태그 검사가 가능하다. 둘째, 검사에 필요한 명령만 설계하고 판독 시점 조절이

가능하다. 프로토콜의 단일 태그 인식 규칙을 따르고 ID를 읽는 명령까지만 구현하였다. 판독 시점은 응답신호의 유무, 첫 번째 응답(RN16) 인식, ID 인식 3가지로 나누어 선택할 수 있도록 하였다. 셋째, 인식거리에 따른 판독에 대한 간접적인 방법을 제시하고 적용하였다. Tx 출력 조정이 가능하고 응답신호의 크기 확인이 가능하도록 설계하였다. 따라서 Tx 출력 대비 태그의 응답신호 크기를 기준으로 판독이 가능하다. 그리고 하나의 태그에 대해 검사시도를 여러 번 시도가 가능하도록 하여 성공회수에 따른 판독이 가능하다.

3. 구 현

그림 5는 태그 검사 장비용 리더의 외관이다. 기저대역 모델과 CP는 고속처리를 위해 FPGA를 이용하여 하드웨어로 구현하였다. FPGA는 Lattice semiconductor 사의 LatticeXP2를 사용하여 구현하였다. 마이크로프로세서와의 정보 공유를 위해 FPGA 내부의 EBR(Embedded Block Ram)을 공유메모리로 사용하였다. Simplify pro 소프트웨어를 이용해 모델과 CP를 합성하였고 ispLEVER 소프트웨어를 이용해 로직의 P&R(Place & Route)를 진행하였다. 모델과 CP를 합친 전체 로직의 게이트 수는 약 70K 개다.

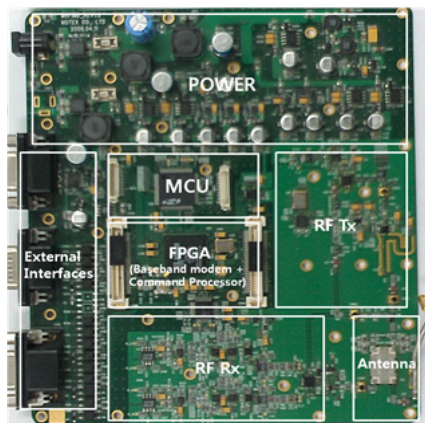


그림 5 태그 검사 전용 리더의 외관
Fig. 5 Tag inspection specialized reader layout

안테나는 차폐기구와 결합한 상태로 주파수 특성을 조정하였다. 일반적으로 인레이와 라벨은 롤(roll)형태이며 태그가 연속적으로 붙어있다. 따라서 차폐기구는 옆 태그와의 간섭을 줄이고 외부 환경의 영향을 줄이도록 개발하였고, 인레이와 라벨의 크기에 따라 차폐 간격과 높낮이 조절이 가능하도록 하였다.

태그 검사 리더의 기능은 구현된 로직의 FPGA 내부 신호를 로직 분석기를 통하여 확인하였다. 그림 6은 로직 분석기를 통해 본 FPGA 내부의 신호파형이다.

외부로부터 트리거가 발생했을 때 리더가 설정된 시도 회수에 따라 명령을 날리고 적절한 태그의 응답이 있음을 확인하였다.

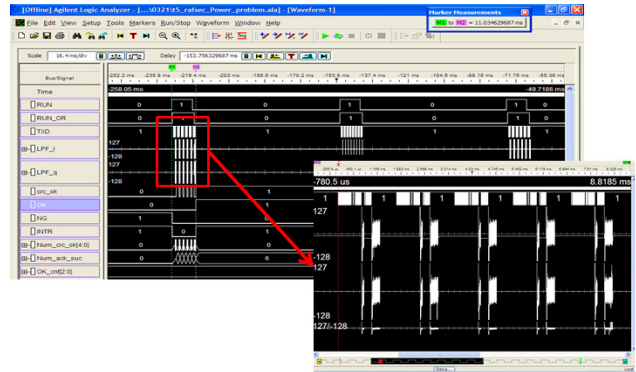


그림 6 로직분석기를 통한 FPGA 내부 신호 파형
Fig. 6 Internal FPGA waveform from logic analyzer

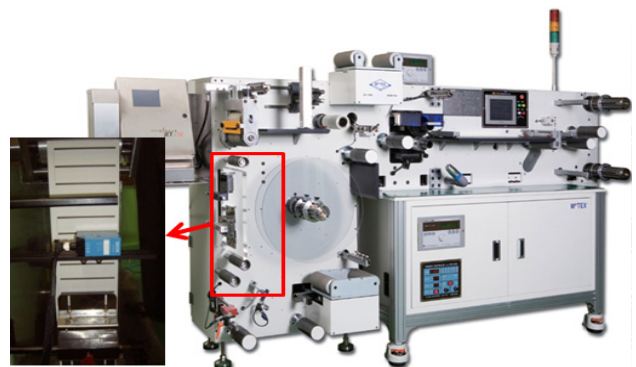


그림 7 태그 검사 장비 외관
Fig. 7 Tag inspection equipment exterior

4. 성능평가

그림 7은 성능 평가를 위해 사용한 태그 검사 장비이다. 장비의 옆면에 세로로 붙어 있는 부분이 마크 센서와 리더의 안테나이다. 리더는 검사 장비 내부에 장착된다. 태그 검사 장비의 성능 실험은 다양한 태그가 사용된 인레이와 라벨을 사용하였다. PLC에서 인레이의 진행 속도를 조절하여 성능을 평가하였고 반복적인 실험을 통해 성능의 안정성과 재현성을 확인하였다. 성능평가에 사용한 설정은 표 4와 같이 진행하였다. 15에서 50mm 사이의 다양한 간격의 인레이를 이용하고 최대 80m/min의 속도로 리더의 성능을 평가하였다. 실험 태그의 수는 1000개이고 판독이 불가능한 불량 태그 10개를 포함하고 있다. 하나의 태그에 대해 시도회수는 6번으로 고정하고, 성공 횟수를 조절하여 합격 여부를 판단하였다. 그리고 같은 인레이를 반복 실험하여 재현성을 검증하고 실험의 신뢰성을 높였다. 표 5는 실험결과이다.

대부분의 태그 간격에서 60m/min의 속도까지는 100%의 양불판정을 보였다. 60m/min이 넘는 속도에서는 97%~98%의 양불판정을 보였다. 잘못 판독된 태그를 확인한 결과 실험에 사용한 태그의 안테나와 태그칩 사이의 접촉이 불안정해져 정상태그가 불량태그로 판독된 진행성 불량인 것을 확인하였다. 60m/min을 넘는 속도에서는 인레이를 움직이는 모터 속도의 증가로 인해 인레이의 인장강도가 높아져 안테나와 태그칩의 접촉상태가 불안정해진 것으로 확인되었다.

표 4 성능 평가 파라미터

Table 4 Performance evaluation parameters

파라미터	특성
태그	TI, Alien, Impinj
태그 수	1000 개(인위적 불량 태그 10개 포함)
태그당 읽기 시도회수	6
태그 간격	15 ~ 50 mm
진행 속도	최대 80m/min
판독 RSSI	최대 크기의 절반

표 5 성능 실험 결과

Table 5 Performance evaluation results

간격 \ 속도	15mm	25mm	50mm
20m/min	100%	100%	100%
40m/min	100%	100%	100%
60m/min	100%	100%	100%
80m/min	97%	98%	98%

그리고 반복적인 실험에 의하여 태그의 진행성 불량률이 증가하여 정확한 측정이 어려웠다. 대부분의 인레이에서 60m/min이 넘는 속도의 경우 진행성 불량률이 발생할 것으로 판단된다. 간격이 50mm 이상은 대부분이 변환 라벨이며 읽기가 가능한 구간은 변환전의 태그 구간만 가능하다. 따라서 50mm 이상 라벨의 검사성능은 그 이하의 인레이와 동일하다.

5. 결론

RFID가 확산되려면 태그의 인식률과 신뢰성 제고가 필수적이다. 리더, 태그의 성능, 태그 부착 방법, 적용환경 등 많은 요소가 RFID 인식률에 영향을 미친다. 또한 태그를 사진에 검사하여 불량 태그를 배제하는 것도 인식률 제고에 기여할 수 있다. 본 논문에서는 인레이 또는 인레이를 라벨을 검사하는 장비에 사용되는 전용의 고성능 리더를 설계하고 구현하였다. 개발한 리더는 성능을 높이기 위해 전용의 기저대역 모듈과 시퀀서를 하드웨어로 설계하고 FPGA를 이용하여 구현하였다. 성능 검증에 필요한 명령만 선택적으로 구현하였으며 각각의 태그를 여러 번 검사하여 결과를 산출하였다. 리더의 Tx 출력 조절, 응답 신호의 RSSI 분석 그리고 시도대비 성공회수 조절 등의 간접적인 방법으로 기준 성능 이상의 태그를 판별할 수 있도록 하였다. 그리고 안테나 차폐기구와 고속의 하드웨어 CP의 기능을 이용하여 작은 간격의 인레이를 검사할 수 있다. 본 장비를 이용하면 태그의 성능을 정확히 측정하고 서비스에 따른 기준 성능 이상의 태그를 선별할 수 있다. 결과적으로 RFID서비스의 태그의 인식률과 신뢰성 제고에 기여함으로써 안정적인 RFID 서비스 구축에 도움이 될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2013-31Z20130012993-B2013-0011)

References

- [1] K. Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication, Wiley, 2010
- [2] P. V. Nikitin and K. V. S. Rao. "Antennas and propagation in UHF RFID systems", in Proc. IEEE Int. Conf. RFID, pp. 277 - 288, 2008
- [3] J. S. Park, J. W. Jung, S. Y. Ahn, H. H. Roh, H. R. Oh, Y. R. Seong, Y. D. Lee and K. Choi, "Extending the interrogation range of a passive UHF RFID system with an external continuous wave transmitter", IEEE transactions on instrumentation and measurement, vol. 59, No. 8, 2010
- [4] G. De Vita and G. Iannaccone. "Design criteria for the RF section of UHF and microwave passive RFID transponders", IEEE Transaction on Microwave Theory Tech., vol. 53, no. 9, pp. 2978 - 2990, 2005
- [5] ZEBRA technologies, <http://www.zebra.com>
- [6] N. C. Wu, M. A. Nystrom, T. R. Lin and H. C. Yu, "Challenges to global RFID adoption", Technovation, 26(12), pp. 1317-1323, 2006
- [7] A. Sabbaghi and G. Vaidyanathan. "Efficiency of RFID in supply chain management: Strategic benefits and challenges", Issues in Information Systems, 8(2), pp. 443-448, 2007
- [8] J. A. Wol, "RFID tags : an intelligent bar code replacement", Whitepaper GSOEE200 (06-01) DP. IBM Global Services, 2001
- [9] Information technology - Radio frequency identification for item management - Part 6(C): Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz, ISO/IEC 18000-6(C) standard document. International Organization for Standardization, 2006

저 자 소 개



배성우 (裵晟佑)

2002년 국민대학교 전자공학과 학사,
2004년 국민대학교 전자공학과 석사,
2004년 3월~현재 국민대학교 전자공학과 박사과정

Tel : 02-910-5063

E-mail : baesungwoo@gmail.com



박준석 (朴准奭)

1987년 국민대학교 전자공학과 학사,
1993년 국민대학교 전자공학과 석사,
1996년 국민대학교 전자공학과 박사,
1997년~1998년 Dept. of EE, UCLA
Post-Doc, 현재 국민대학교 전자공학과
교수

Tel : 02-910-4829

E-mail : jspark@kookmin.ac.kr



성영락 (成榮洛)

1989년 한양대학교 전자공학과 학사,
1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공
학과 석사, 1995년 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 박사, 현재 국민대학교 전
자공학과 교수

Tel : 02-910-4642

E-mail : yeong@kookmin.ac.kr



오하령 (吳夏嶺)

1983년 서울대학교 전자공학과 학사,
1988년 한국과학기술원 전기 및 전자공
학과 석사, 1992년 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 박사, 현재 국민대학교 전
자공학과 교수

Tel : 02-910-4708

E-mail : hroh@kookmin.ac.kr