

RFID 태그 생산 공정 자동화를 위한 부적합품의 자동 검출 및 EPC Code Auto-Writing 알고리즘 개발

정민포*·황건용*·조혁규*·이원열*·정덕길**·안귀임**·박영식**·장시웅**
*영산대학교·**동의대학교

The development of an EPC Code Auto-Writing and Fault Detection Algorithm for Manufacturing Process of a RFID TAG

Min-Po Jung*·Gun-Yong Hwang*·Hyuk-Gyu Cho*·Won-Youl Lee*
Deok-Gil Jung**·Gwi-Im Ahn**·Young-Sik Park**·Si-Woong Jang**

*Young-san University, **Dong-eui University

E-mail : minpo@ysu.ac.kr

요 약

국내의 RFID 태그 생산업체의 대부분은 칩 본딩 작업 후에 태그 불량 검출을 수작업으로 이루어지기 때문에 태그 생산의 시간과 비용을 감소시키기 위한 요구가 산업계에서 요구되어 왔다. 이에 따라 이 논문에서는 칩 본딩 과정 이후에 태그 불량 검출 기능을 수행하는 시스템을 설계 및 개발하여 산업 현장에서 요구되는 RFID 태그 불량 검출 자동화 시스템을 구축할 수 있는 소프트웨어 분야의 기초 기반 기술을 제공한다. 개발된 시스템은 태그 불량 검출 작업을 수작업을 처리하는 방법과 비교하여, 처리속도는 700%이상의 성능 향상과 불량검출에 대한 100% 인식률을 보여준다.

ABSTRAT

The detection process of defective tags in most of Korean domestic RFID manufacturing companies is handled or treated by on-hand processing after the job of chip bonding, so it has been requesting to reduce the time and cost for manufacturing of RFID tags. Therefore, in this paper, we design and implement the system to perform the functionality of detection of defective tags after the process of chip bonding, and so provide the basis of a related software to establish the foundation of a automation system for the detection of defected RFID tags which is requested in the related Korean domestic industrial field. The developed system in this paper shows the enhancement of 700% in processing speed and 100% in detection rate of defective tags, comparing to the method of on-hand processing.

키워드

RFID, 칩 본딩, 태그 불량 검출, Auto-Writing

1. 서 론

RFID에 관련된 산업 분야는 RFID 태그(tag), 리더(reader)기, 솔루션 시장으로 구분된다. 태그 시장은 전체 시장의 약 50%를 차지하고 있지만 국내에서는 리더기와 솔루션 분야의 연구만 활발히 이루어지고 있고 태그 분야의 연구와 개발은 거의 전무한 실정이다. 또한, 국내에서 태그를 생산하고 있는 대부분의 업체들은 수동 방식의 칩 본딩(chip bonding) 작업으로 진행되는 장비를 의

국에서 수입하여 사용하고 있으며, 태그에 칩을 본딩한 이후 최종 생산된 태그의 불량 검출을 수작업으로 하는 실정이다. 이에 따라, 칩 본딩 이후의 태그 불량 검출을 수작업으로 하기 때문에 태그 생산 자체의 생산 시간과 비용을 줄이는 요구가 산업계에서 요구되어 왔다.

이 논문에서는 칩 본딩 과정 이후에 태그 불량 검출 기능을 수행하는 시스템을 설계, 개발하여 산업 현장에서 요구되는 RFID 태그 불량 검출 자동화 시스템을 구축할 수 있는 할 수 있는 소프

트웨어 분야의 기초·기반 기술을 제공하여 RFID 태그 생산성 향상에 기여하고자 한다.

II. RFID 태그 생산 환경

II.1 RFID 태그의 생산 공정 개요

RFID 태그의 생산 공정은 그림 1에 도시된 바와 같다.[1]

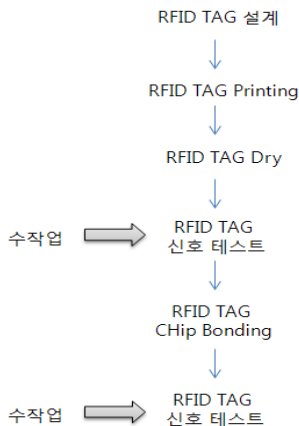


그림 1. RFID 태그 생산 공정

RFID 태그 생산 공정은 RFID 태그를 설계하는 도구를 사용하여 신호 간섭 등의 오류를 보정하는 작업으로부터 시작한다. 설계가 끝난 태그는 RFID 태그 프린팅(printing) 기계를 통하여 프린트 작업을 진행한다. 프린트 된 RFID 태그는 드라이(dry) 과정을 통해 건조시킨다. 다음 공정으로, RFID 태그 신호 테스트를 통해 설계대로 프린트가 되었는지에 관한 신호 테스트를 수작업을 통해 진행한다. RFID 태그에 칩 본딩을 통해 제품을 완성하고 다시 수작업을 통해 신호 테스트 작업을 수행한다.[2]

II.2 RFID 태그의 불량 검출 하드웨어 조건

RFID 태그 중에서 불량품을 검출하기 위하여 RFID 태그 생산 공정에 일반적으로 적용되는 RFID 태그의 하드웨어 조건은 다음과 같다.[3]

- (1) UHF 대역 인식 가능
- (2) EPC Memory 영역 존재 또는
- (3) TID Memory 영역 존재 또는
- (4) USER Memory 영역 존재

III. RFID 태그 불량 검출 시스템 분석

이 논문에서는 태그에 칩을 본딩한 후 불량품을 검출하는 기능을 수행하는 시스템의 설계에

UML[4,5]을 활용한다.

III.1 태그 불량 검출 시스템의 유스케이스 다이어그램

태그 불량 검출을 위한 시스템의 UML 유스케이스 다이어그램(Use Case Diagram)은 그림 2에 도시된 바와 같다.

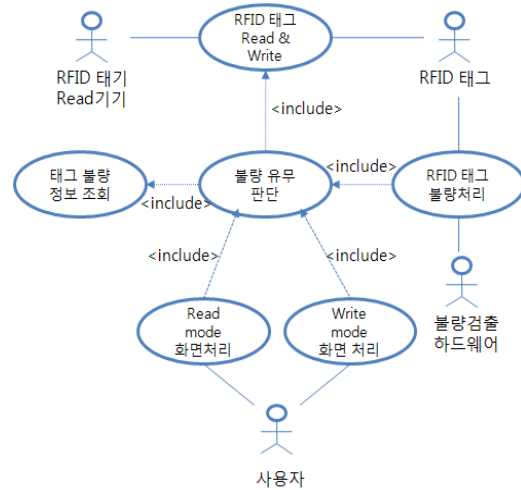


그림 2. 태그 불량 검출 시스템의 유스케이스 다이어그램

(1) 'RFID 태그 Read & Write' 유스케이스

이 유스케이스는 RFID 태그 액터(actor)를 읽거나 쓰는 일반화(generalization) 관계를 유지한다.

(2) '불량 유무 판단' 유스케이스

이 유스케이스는 개발되는 시스템의 핵심 모듈로 태그 정보의 불량 유무에 관한 판단 기능을 수행한다. 또한, '태그 불량 정보 조회', 'RFID 태그 불량처리', 'Read mode 화면처리', 'Write mode 화면 처리' 유스케이스들과 포함(include) 관계를 유지한다.

(3) '태그 불량정보 조회' 및 '태그 불량 처리' 유스케이스

'태그 불량정보 조회' 유스케이스는 RFID 태그 정보에 대한 불량처리 기준을 제공하고, '태그 불량 처리' 유스케이스는 RFID 태그 불량 유무 정보에 따라 실제 하드웨어에서 불량 태그를 처리한다.

(4) 'Read mode 화면처리' 및 'Write mode 화면처리' 유스케이스

'Read mode 화면처리' 유스케이스는 태그에 대해 Read 작업을 시도하는 정보에 대한 화면작업을 처리하며, 'Write mode 화면처리' 유스케이스는 Write 작업을 시도하는 정보에 대한

화면 작업을 처리한다.

III.2 태그 불량 검출 시스템의 행위 다이어그램

RFID 태그의 불량 검출을 위한 시스템의 수행 과정은 그림 3에 도시된 바와 같이 행위 다이어그램(Activity Diagram)[4,5]으로 표현하였다.

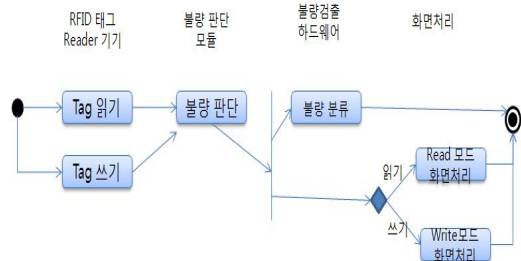


그림 3. 태그 불량 검출 시스템의 행위 다이어그램

(1) '불량 판단' 행위

이 행위의 기능은 'RFID 태그 Reader 기기'를 통하여 읽기, 쓰기 명령을 통하여 생산된 RFID 태그를 인식하여 EPC 영역에 태그 ID를 쓰는 작업을 시도한 뒤, 쓰기 시도의 성공 여부에 따라 RFID 태그의 불량 여부를 판단한다.

(2) 'RFID 태그 Reader 기기' 행위

이 행위의 역할은 생산된 RFID 태그에 정보를 읽고 쓸 수 있는 하드웨어 장비로서 '불량 판단 모듈'에게 RFID 태그의 정보를 전달하는 기능을 수행한다. 사용된 RFID 태그는 실제 칩 본딩된 태그이다.

(3) '불량 분류' 행위

이 행위는 '불량 판단' 행위의 결과에 따라 RFID 태그를 불량품 또는 양품으로 구분하기 위한 하드웨어로 신호를 전달하여 불량품을 판단한다.

(4) 'Read 모드 화면 처리' 및 'Write 모드 화면 처리' 행위

'Read 모드 화면 처리' 행위는 Read 모드의 불량 판단 결과를 화면에 보여주며, 'Write 모드 화면 처리' 행위는 'Write 모드'의 불량 판단 결과를 화면에 보여주는 기능을 수행한다.

III.3 '불량 판단 모듈'의 유스케이스 다이어그램

'불량 판단 모듈'을 구성하는 주요 유스케이스 다이어그램은 그림 4에 도시된 바와 같으며, 'RFID 태그 리더기 송수신', '불량 판단 처리', 'Database 처리', '예외 상황 처리' 행위들로 구성된다.

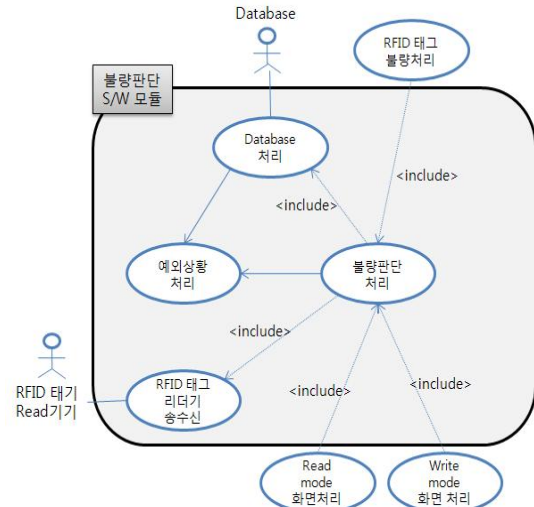


그림 4. '불량 판단 모듈' 유스케이스 다이어그램

(1) 'RFID 태그 리더기 송수신' 유스케이스

이 유스케이스는 '불량 판단 모듈'에서 기본적인 핵심 모듈이다. 이 모듈은 하드웨어로 구성되는 'RFID 태그 Reader 기기'를 제어하는 기능을 갖는다. 기본 기능은 RFID 태그의 관련 메모리 영역(EPC 등)에 관한 정보 처리를 READ 기능과 WRITE 기능으로 구성한다. 이 모듈은 실시간으로 동작해야 하며 불량을 체크하는 기준에 따라 요구 조건이 다소 변경될 수 있지만 최소 10ms 내에 RFID 태그를 읽거나 쓰는 기능을 갖추어야 한다.

(2) '불량 판단 처리' 유스케이스

이 유스케이스는 'RFID 태그 리더기 송수신' 유스케이스로부터 RFID 태그 정보를 입력 값으로 받는다. 입력 받은 태그 정보를 이용하여 RFID 태그가 불량인지의 여부를 판단한다. 불량 판단의 기준은 EPC 영역에 일정한 규칙에 의해 생성된 최종 결정된 ID가 제대로 쓰였는지에 따라 판단된다. 화면 처리를 위해 외부의 'Read 모드 화면처리', 'Write 모드 화면 처리' 유스케이스와 실시간으로 RFID 태그에 대한 가공된 정보를 화면으로 출력한다.

(3) 'Database 처리' 유스케이스

이 유스케이스는 실시간으로 처리되는 RFID 태그 정보와 불량판단에 대한 가공된 정보를 처리한다. 이 유스케이스는 RFID 태그를 관리하기 위한 응용 소프트웨어에 이용된다.

(4) '예외 상황 처리' 유스케이스

이 유스케이스는 각 유스케이스들의 예외 상황을 처리한다.

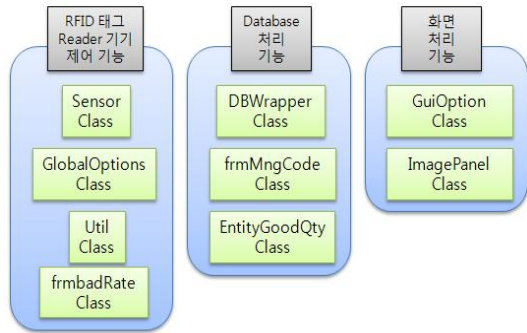


그림 5. 기능별 클래스 분류

IV. RFID 태그 불량 검출 시스템 설계

그림 5에는 기능별로 구현된 클래스들을 분류별로 보여주고 있으며, 'RFID 태그 Reader 기기 제어 기능', 'Database 처리 기능', '화면 처리 기능' 별로 분류되어 있다.

표 1. 태그 검출 클래스 기능 설명

| 클래스 명 | 클래스 기능 설명 |
|-----------------|-------------------------------------|
| Sensor | RFID Reader기로 command를 송,수신 기능 |
| GlobalOptions | RFID Reader기의 환경 설정 기능 |
| util | RFID Reader기의 부가 기능 처리/ 불량 판단 모듈 내포 |
| frmBadRate | RFID Reader기와의 전송 속도 설정 |
| DBWrapperSensor | Database로의 입출력 데이터 처리 |
| frmMngCode | RFID 태그에 분류 코드 지정 |
| EntityGoodQty | 데이터베이스로의 데이터 정의 기능 |
| GuiOption | 설정 옵션을 처리하기 위한 그래픽 화면 처리 |
| ImagePanel | 화면에 이미지 출력 처리 |

RFID Read 기능을 처리하기 위한 클래스들 중에서 Sensor 클래스는 RFID 태그를 실시간으로 Read/Write 할 수 있는 기능을 기본적으로 가진다. 또한 태그 불량 처리 기능을 수행하는 클래스와 연동하여 태그의 불량 여부에 따라 하드웨어 불량에 대한 판단을 할 수 있는 기능을 가진다. 특히, Util 클래스에는 태그의 정상 여부를 판별하는 기능이 구현되어 있다. RFID 태그의 정상 여부에 대한 판단 방법은 Sensor 클래스를 이용하여 특정 테스트 데이터를 Read 혹은 Write 작업을 수천 번 이상 시도하여 태그의 정상여부를 판별한다.

표 1에는 RFID 태그 검출 시스템을 구성하는 각 클래스의 기능에 대하여 기술되어 있다.

V. 태그 불량 검출 시스템 구현

이 논문에서 제안하는 RFID 태그의 불량 판단 프로그램은 JAVA 언어로 구현되었다. JAVA 언어는 태그 불량 판단 시스템에서 요구되는 RFID Reader 기기 제어 기능, Thread 처리 기능, Database 처리 기능, 화면 처리 기능을 실시간으로 처리할 수 있는 기능을 제공한다. 또한 상용화가 되었을 경우에 S/W 비용도 C나 C++에 비해 상대적으로 저렴하다.

V.1 실행 화면

구현된 RFID 태그 검사 프로그램의 실행 화면은 그림 6과 그림 7에 도시된 바와 같다.

- 양품 신호 -

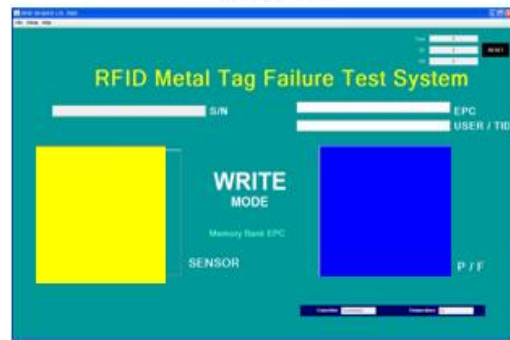


그림 6. RFID Write 테스트에서의 양품 신호

- 취출부에서 불량 Tag 취출

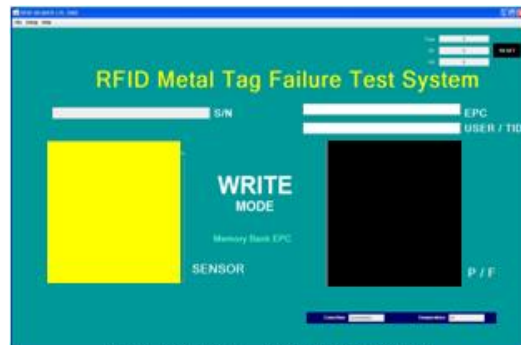


그림 7. RFID Write 테스트에서의 양품 신호

V.2 불량 검출 장비

그림 8에서는 불량 RFID 태그를 분류하는 장비를 보여주고 있다. 이 장비의 하드웨어 구성은 5개의 디지털 입력과 2개의 아날로그 입력을 가지는 Velleman-K8055 인터페이스 보드[6]를 이용하여 구현하였다. RFID Reader기[7]는 Alient Technogy의 ALR-9000 version을 사용하여 테스트하였다.

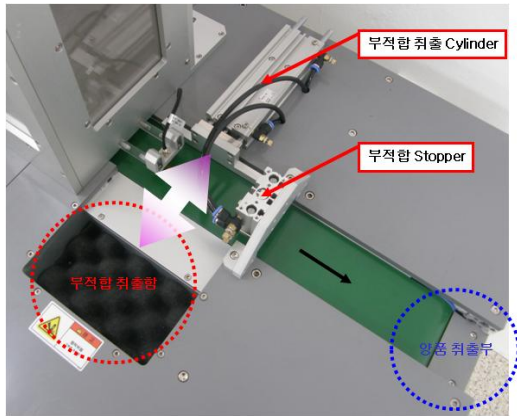


그림 8. 불량 검출 장비

VI. 태그 불량 검출 시스템의 성능 분석

구현된 RFID 태그 검사 프로그램은 RFID 태그 Read기와의 통신 속도 및 처리 속도에 따라 소프트웨어의 성능이 결정된다. 구현된 검사 소프트웨어로 자동화 환경을 구축 뒤, 24시간 정도 지속적으로 작동시켰다. 표 2에는 구현된 검사 소프트웨어에 대한 처리속도, 불량 검색률, 불량 검색 오류에 대한 측정 지표를 열거하고 있다.

표 2. 구현된 소프트웨어 평가지표 측정치

| 비교 항목 | 단위 | 수량 |
|----------|------|-------|
| 처리속도 | ea/m | 7,200 |
| 불량 검색률 | % | 100% |
| 불량 검출 오류 | % | 0% |

표 3에는 표 2에 열거된 지표와 비교하여 RFID 태그 불량 검사 소프트웨어를 사용한 경우와 수작업에 의한 검사 결과를 비교 분석한 내용이 기술되어 있다.

표 3. 수작업 및 소프트웨어 사용시의 비교

| 비교 항목 | 수량 (수작업) | 수량 (소프트웨어) |
|----------|-------------|---------------|
| 처리속도 | 1,000 | 7,200 |
| 불량 검색률 | 90% | 100% |
| 불량 검출 오류 | 10% | 0% |

표 3에서는 이 논문에서 개발한 소프트웨어를 사용한 경우에 비하여 수작업의 경우가 낮은 처리속도, 완벽하지 못한 불량 검색률, 잘못된 불량 검출을 나타내는 수치를 보여주고 있다. 잘못된 불량 검색률의 원인은 작업자의 컨디션에 따라 불량 검출을 위한 태그의 위치 선정 잘못 등으로 발생한다.

VII. 결 론

국내에서 태그를 생산하고 있는 대부분의 업체들이 칩 밴딩 작업 후의 태그 불량 검출을 수작업으로 수행하기 때문에 태그 생산 자체의 생산 시간과 비용을 줄이는 요구가 산업계에서 요구되어 왔다.

본 논문에서는 칩 밴딩 후의 태그 불량 검출 기능을 수행하는 프로그램을 설계 및 개발하여 산업 현장에서 요구되는 RFID 태그 불량 검출 자동화 시스템을 구축할 수 있는 소프트웨어 분야의 기초 기반 기술을 제공하였다.

개발된 프로그램은 수작업에 비해, 처리속도는 700%이상의 성능 향상과 불량검출에 대한 100% 인식률을 보여준다.

논문의 향후 진행 방향은 실제 공장에서의 작동이 실패하는 경우에 대한 연구가 필요하며 이에 따른 소프트웨어 및 하드웨어의 추가 및 변경 설계와 구현을 통해 소프트웨어의/하드웨어 성능을 좀 더 향상시키는 방향으로 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID - Handbook*, John Wiley & Sons, 2000.
- [2] L. Setian, *Practical Communcal Antennas with Wireless Applications*, Prentice Hall, 1998.
- [3] D. Paret, *RFID and Contactless Smart Card Applications*, John Wiley & Sons, 2005.
- [4] J. Warmer and A. Kleppe, *The object constraint language: precise modeling with UML*, Addison-Wesley Longman Publishing Co., 1998.
- [5] 이노우에 타츠키, *다이어그램으로 쉽게 배우는 UML*, 역저자명이 있어야 함, 한빛미디어, 2008.
- [6] Vellmen Inc., *K8055/VM110: USB EXPERIMENT INTERFACE BOARD*, http://www.funnykit.com/bemarket/shop/index.php?page_url=page_goodsdetail&uid=701
- [7] *Alien Reader Protocol with ITR Product Overview*, ALR-9900 Enterprise RFID Reader Family, http://www.alientechnology.com/docs/products/DS_ITR.pdf