

# SAW RFID Tag 기술 철도교통 적용방안

## Study on SAW RFID Tag for Railway System

박성수<sup>\*†</sup>, 이재호<sup>\*</sup>, 김혜윤<sup>\*</sup>

Sungsoo Park<sup>\*†</sup>, Jae-Ho Lee<sup>\*†</sup>, Hye Yun Kim<sup>\*</sup>

**Abstract** Recently, SAW (Surface Acoustic Wave) RFID tag has attracted great attention as one of the most promising alternatives to overcome the limitations of the price of conventional RFID chips. The SAW RFID tag can be a promising solution for constructing low-cost train control system. In this paper, we describe the basic structure of SAW device and introduce the fundamental principle of SAW RFID tag. We then introduce the advantages of the SAW RFID tag compared with the integrated circuit-based conventional RFID tag. We briefly introduce the application of SAW RFID tag. Finally, we discuss the points to be considered in order to apply SAW RFID tag to railway system.

**Keywords** : RFID, Tag, Surface Acoustic Wave, Railway System, Sensor

**초 록** 최근 RFID 칩의 가격한계를 극복하기 위한 대안 중 하나로 표면탄성파를 이용한 SAW(Surface Acoustic Wave) RFID 태그가 주목 받고 있다. SAW RFID 태그 기술을 철도교통 용도로 활용할 경우 저비용의 열차제어시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 SAW Device의 기본적인 구조를 설명하고, SAW RFID 태그의 구조 및 작동 원리를 소개한다. 기존의 집적회로 기반의 RFID 태그와 비교하여 SAW RFID 태그가 갖는 장점을 소개하고, 국내외 SAW RFID 태그 적용 현황을 소개한다. 마지막으로, SAW RFID 태그를 철도교통 용도로 적용하기 위하여 고려해야 할 점들을 논한다.

**주요어** : 전파식별, 태그, 표면탄성파, 철도교통, 센서

## 1. 서 론

최근 RFID 칩의 가격한계를 극복하기 위한 대안 중 하나로 표면탄성파를 이용한 SAW (Surface Acoustic Wave) RFID 태그가 주목 받고 있다. 1885년 Lord Rayleigh가 고체표면에서 표면탄성파를 처음으로 발견한 이후 본격적으로 연구되기 시작한 SAW 소자는 모바일 통신 및 소형 전자기기 등의 다양한 분야에서 광범위하게 사용되고 있으며, 최근에는 RFID로 적용 분야가 확대되고 있다. SAW RFID 태그의 경우 응답 속도가 빠르고, 가격이 싸며, DC전원을 요구하지 않는 장점이 있다. 본 연구에서는 SAW RFID 태그의 구조 및 작동 원리를 소개하고, 기존의 집적회로 기반의 RFID 태그와 비교하여 SAW RFID 태그가 갖는 장점을 소개한다. 그리고 SAW RFID 태그 기술을 철도교통 분야에서 적용하기 위한 방안을 제시한다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부 (sspark@krrri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

## 2. 본 론

### 2.1 SAW RFID의 구조 및 작동 원리

SAW RFID 태그는 Fig. 1과 같이 압전성이 있는 기판(piezoelectric substrate) 상에 입출력을 담당하는 1개의 IDT(Inter Digital Transducer)와 IDT에서 전파되는 표면탄성파를 반사시키는 다수의 반사판(wave reflectors)으로 구성된다. IDT는 압전 기판에 배열된 금속전극으로 리더(Reader)에서 방사된 전기적 신호(radio wave)를 기계적 신호인 표면탄성파로 바꿔주고, 반사판은 표면탄성파를 정해진 시간지연과 위상 차이를 갖고 반사시켜 다시 IDT로 보내주는 역할을 한다. SAW RFID 설계 시 IDT와 반사판의 거리에 따라 반사 신호의 시간지연과 위상이 변하는 원리를 이용하여 원하는 데이터 정보(ID)를 넣을 수 있다. 이때 IDT와 반사판의 간격은 IDT에 인가되는 입력 임펄스 (impulse) 신호의 폭에 의해서 결정되며, 수MHz~수GHz대의 광대역성을 갖는 장점이 있어 다양한 분야에 응용이 가능하다.

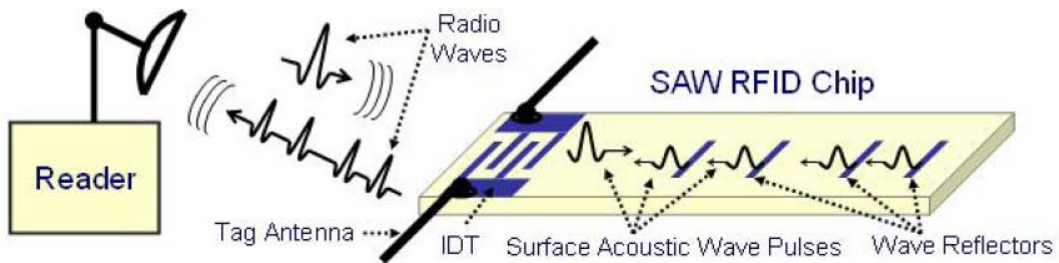


Fig. 1 Fundamental Principle of SAW RFID Tag [1]

### 2.2 SAW RFID의 특징

SAW RFID는 집적회로 기반의 기존 RFID와 비교하여 다음과 같은 장점을 갖는다.

1. **저전력:** SAW RFID 태그는 외부 전원 공급 없이도 수동형으로 동작할 수 있다. 집적회로 기반의 RFID 태그의 경우 태그를 구성하는 칩을 구동하기 위하여 리더로부터 무선으로 전력을 수신하고, 이를 다시 DC로 정류하는 과정이 필요하다. 집적회로 기반의 RFID 태그를 동작시키기 위해서는 최소 0.1V 정도의 전압이 필요하지만 SAW RFID 태그는 이보다 1/100 정도로 낮은 전압으로도 동작가능하며, 이는 SAW RFID가 집적회로 기반의 RFID보다 훨씬 긴 인식거리를 확보할 수 있음을 의미한다.
2. **내열성:** 표면탄성파를 생성하기 위해 사용되는  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$  등의 압전물질은 열에 대한 강한 내구성이 있으며, 특히  $\text{LiNbO}_3$ 는  $400^\circ\text{C}$  이상에서도 안정적으로 동작할 수 있는 내열성을 갖고 있다.
3. **고속인식:** SAW RFID 태그는 고속으로 이동하는 물체를 인식할 수 있다. 리더가 1개의 SAW RFID 태그를 인식하는데 수 usec 정도밖에 걸리지 않으므로, 고속으로 이동하는 물체를 초당 수십만 번 이상 인식할 수 있다. 실제로, 1990년대 초반 Siemens에 의해 만들

어진 SOFIS SAW RFID 의 경우 최대 350km/h으로 이동하는 열차를 인식할 수 있는 것으로 알려졌다.

4. **SAW 센서와 RFID의 융합:** SAW RFID는 전파식별(identification)과 센싱(sensing)을 동시에 수행할 수 있다. 표면탄성파의 위상속도(phase velocity)가 온도, 압력, 토크, 습도, 진동 등의 외부 환경에 민감한 특성을 활용하여 온도센서, 압력센서, 토크센서, 습도센서, 진동센서 등과 결합된 RFID 태그를 만들 수 있다.

## 2.3 국내외 SAW RFID 적용 현황

SAW RFID 태그는 미국 캘리포니아나 노르웨이 오슬로의 차량요금징수, 독일 뮌헨 지하철 차량관리, 기타유럽국가의 철도차량확인 및 차량 브레이크 온도감지, 고전압 변압기 증폭전압 온도 감지 등에 사용되며 발전되어 왔으며, 2000년대 이후 태그의 소형화, 인식거리의 증가, 데이터 용량의 증가, 예러검출 코딩기술 개발, 충돌방지 알고리즘 개발, 태그소자 개발 등의 기술 발전에 따라 적용 범위가 확대되어 왔다[2]. 최근 NASA에서는 SAW RFID 태그를 유니폼이나 쓰레기봉투 식별 및 우주센터나 우주정거장의 자산관리에까지 적용하는 시험을 수행하였다[3,4]. 국내의 경우 연구소 및 대학을 중심으로 SAW RFID 태그 제작 및 특성 개선 연구가 진행되어왔다[5,6,7].

## 2.4 SAW RFID 태그 철도교통 적용 방안

### 2.4.1 철도교통 위치검지기술

무선통신기반 열차제어시스템에서는 열차의 운행밀도 및 운행속도 개선을 위해 이동폐색 방식을 적용하고 있으며, 이를 위해 기존의 궤도회로 방식을 대신하여 위성항법 시스템, 관성항법장치, RFID 등의 위치검지기술을 철도 교통 분야에 접목하는 연구가 진행 중이다[8]. 하지만 위성항법장치의 경우 터널 등의 GPS 수신불가 구간에서 오동작 가능성이 있으며, 관성항법장치의 경우 운영시간에 따라 오차가 누적되므로 절대위치보정이 필요하다. 이에 따라 터널, 지하구간 등의 선로 환경에서 안정적이고 정확한 선로상의 기준위치를 확인하기 위하여 발리스(Balise) 등의 RFID 기술이 적용되고 있다.

### 2.4.2 SAW RFID 태그의 철도교통 위치검지 적용 방안

400km/h 이상의 고속철도 운행 환경에서 정확한 기준위치 정보를 안정적으로 획득하기 위하여 저전력으로 고속인식이 가능한 SAW RFID 태그를 Fig. 2와 같은 방식으로 적용하는 방안을 검토하였다. 이때 고속으로 이동하는 차상에 설치된 리더가 지상에 설치되어 있는 SAW RFID 태그를 고속으로 인식하여 기준위치 정보를 획득하기 위해서는 일정 간격으로 다수의 SAW RFID 태그를 설치하여야 한다.

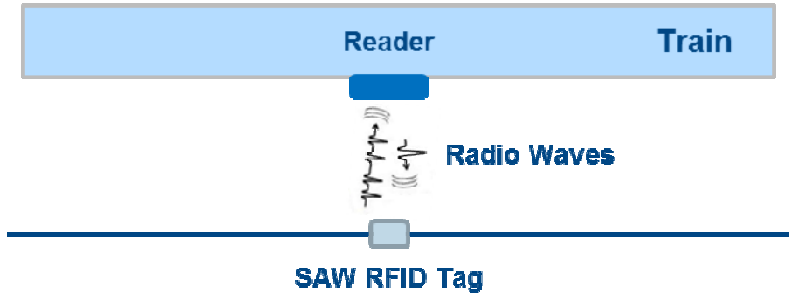


Fig. 2 Operation of SAW RFID Tag for Train Position Detection

### 2.4.3 철도교통 위치검지용 SAW RFID 태그 개발을 위한 필요기술

일반적으로 SAW RFID 태그는 제작 시 반사판 스트립 간격이 결정되므로 고정된 데이터 정보 (ID)만 넣을 수 있는 read-only 방식으로 동작한다. 또한 IDT와 반사판 사이의 거리에 따라 반사 신호의 위상이 바뀌는 현상을 이용하는 Pulse Position Encoding 방식의 특성상 태그의 데이터 용량이 제한되며, 이에 따라 대부분의 상용 SAW RFID 시스템의 경우 32bit의 데이터를 담을 수 있다.

Table 1 Debris layers on top of the Balise and its Classes [9]

| Material       | Description                                | Layer on top of Balise [mm] |         |
|----------------|--|-----------------------------|---------|
|                |  | Class B                     | Class A |
| Water          | Clear                                      | 100                         | 200     |
|                | 0.1% NaCl (weight)                         | 10                          | 100     |
| Snow           | Fresh, 0°C                                 | 300                         | 300     |
|                | Wet, 20% water                             | 300                         | 300     |
| Ice            | Non porous                                 | 100                         | 100     |
| Ballast        | Stone                                      | 100                         | 100     |
| Sand           | Dry  | 20                          | 20      |
|                | Wet  | 20                          | 20      |
| Mud            | Without salt water                         | 50                          | 50      |
|                | With salt water, 0.5% NaCl (Weight)        | 10                          | 50      |
| Iron Ore       | Hematite(Fe <sub>3</sub> O <sub>3</sub> )  | 20                          | 20      |
|                | Magnetite(Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) | 2                           | 20      |
| Iron dust      | Braking dust                               | 10                          | 10      |
| Coal dust      | 8% sulphur                                 | 10                          | 10      |
| Oil and Grease |  | 50                          | 50      |

철도교통 위치검지 용도로 SAW RFID 태그를 활용하기 위해서는 태그의 데이터 용량을 증가시켜야 하며, 이를 위해서는 하나의 반사판으로 보다 많은 수의 bit를 표현하는 기술 및 반사판의 위상신호를 정밀하게 디코딩할 수 있는 수신기의 개발이 필요하다. 또한 다수의 태그간 충돌(collision)을 방지하기 위한 간섭 저감 기술 및 태그 인식거리를 늘리기 위해 SAW 소자의 에너지 손실을 최소화하는 기술의 개발이 필요하다. 또한 Table 1과 같이 물, 얼음, 눈, 금속 등의 선로환경에 대응하여 SAW RFID 태그의 내환경성을 강화하기 위한 기술 개발이 필요하다[9].

### 3. 결론

400km/h 이상의 고속철도 운행 환경에서 안정적으로 응답이 가능한 RFID를 개발하기 위해서는 저전력, 고속인식, 내열성 등의 장점을 갖는 SAW RFID 태그 기술의 적용이 필요하다. 본 논문에서는 SAW RFID 태그를 철도교통 위치검지 용도로 적용하기 위한 방안을 제시하고, 이를 위해 기술적으로 해결해야 할 문제들을 설명하였다. 철도교통 환경에 적합한 SAW RFID 기술을 확보하기 위해서 태그 데이터 용량, 간섭, 인식거리, 내환경성 등의 문제를 극복하기 위한 추가 연구개발이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] RF SAW, Inc. (<http://www.rfsaw.com/>)
- [2] 박종만, 박세환, 박수일, 신동필, (2008) SAW RFID 태그개발을 위한 기술정보 분석, 한국IT 서비스학회 2008년도 추계학술대회, pp. 258-261.
- [3] Brown, P., Hartmann, et al, (2007) Asset Tracking on the International Space Station Using Global SAW Tag RFID Technology, 2007 IEEE Ultrasonics Symposium, New York, 28-31 Oct. 2007:72 – 75.
- [4] RFID journal, (2008) NASA to Launch RFID Test to Track Crewmember Supplies",NEWS,2008.08.
- [5] 박주용, 김재권, 김경환, 여준호, 범진욱 (2006) SAW device를 이용한 900MHz 대역 수동형 RFID system의 인식거리 향상 연구, 대한전자공학회, 대한전자공학회학술대회, 2006.6, pp.381-382.
- [6] 이기근, 오해관, 양상식 (2007) 표면탄성파(SAW)를 이용한 무선 RFID 태그, 압력/온도/습도 집적센서의 개발, 대한전기학회, 대한전기학회 학술대회논문집, 2007.11, pp.65-65.
- [7] 김재권, 박주용, 범진욱 (2008) 수동형 RFID 시스템 적용을 위한 SAW ID 태그 및 수신 시스템 구현, 대한전자공학회, 전자공학회논문지-SD 45(4), 2008.4, pp.64-71.
- [8] 신경호, 신덕호, 송용수, 이재호, (2011) 철도차량용 열차정밀측위장치 성능평가 방안 연구, 한국철도학회, 한국철도학회 학술발표대회논문집, 2011.5, pp.671-679.
- [9] UNISIG (2012) ERTMS/ETCS FFFIS for Eurobalise SUBSET-036 v3.0.0, Feb. 24 2012.