

---

# SAW ID 리더 플랫폼 구현에 관한 연구

유호준\* · 김영길\*

## A Study on the Implementation of SAW ID Reader Platform

Ho-jun Yu\* · Young-kil Kim\*

### 요 약

SAW Device는 필터이외에도 각종 물리 센서나 화학센서 혹은 ID Tag로 다양한 분야로 활용범위가 확대됨에 따라 다양한 SAW Device를 사용하기 위한 플랫폼이 요구된다. 현재 SAW ID나 Sensor는 많은 발전을 해왔지만 SAW Sensor를 활용 할 수 있는 플랫폼의 발전은 미흡하기 때문에 본 논문에서는 ID Tag 나 Sensor를 비롯한 여러 SAW Device를 보다 편리 하게 활용할 수 있는 플랫폼에 대하여 연구 하였다. 본 논문에서 제안하는 플랫폼은 SAW Device를 인식 할 수 있는 RF 모듈과 SAW Device의 응답신호를 처리 할 수 있도록 고성능 프로세서를 이용한 메인 모듈로 구성하였다. 메인 모듈에서는 고성능 프로세서를 이용함으로써 GUI 환경 기반의 플랫폼을 구현하여 사용자들이 SAW Device에서 수집된 정보를 보다 편리하고 알아보기 쉽게 사용할 수 있도록 설계하였다. 본 논문에서 사용한 플랫폼은 ARM9 코어의 프로세서를 기반의 플랫폼으로 Windows Embedded CE 6.0 OS를 사용하여 사용자에게 더욱 편리한 인터페이스를 제공할 수 있도록 하고, 개발자들에게는 센서를 활용한 다양한 어플리케이션을 보다 쉽게 적용할 수 있도록 하였다.

### ABSTRACT

As the practical range of SAW Device extended into various fields including physical sensor, chemical sensor and ID Tag, the platform for various SAW Devices is required more than ever. While SAW ID or Sensors advanced remarkably, the development of platform which applies to SAW Sensor left much to be desired. Therefore this paper represents the SAW platform in order to use SAW ID such as ID Tag or Sensors more conveniently.

The SAW platform consists of a RF module which can recognize SAW ID and a main module which has a high performance processor in order to process the response signal of SAW ID. The main module which has a high performance processor is designed by GUI environmental type to ensure that users are able to use the platform more easily.

In this paper, the SAW platform, which is based on ARM9 core processor, used Windows Embedded CE 6.0 OS which brings friendly interface to users. Also the developers can make less effort to design various applications with sensors.

### 키워드

SAW, Surface Acoustic Wave, SAW ID, SAW Sensor, RFID

### I. 서 론

본 논문은 SAW(Surface Acoustic Wave) ID 리더 플랫폼

에 대하여 연구하도록 한다. 최근 사회전반에 걸쳐 편의성이 강조되고 있는 시점에 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 우리 사회에서 2003년을 기점으로 활발히 연구 중에

있으며, 인간 사회에 깊은 곳까지 적용하려는 다양한 노력들이 대두 되고 있다. 유통물류 시스템, U-Health Care, Home Automation 등 다양한 분야를 예로 들 수 있다. 본 논문에서는 현재 점차 새로이 부각되고 있는 SAW ID를 활용할 수 있는 리더 플랫폼에 대하여 연구를 진행하고 그에 맞는 플랫폼 모델을 제안하도록 한다. SAW ID는 Passive한 소자로서 자체 전력을 필요로 하지 않고 표면에 반사판(Reflector)을 만들고 여러 센서들을 집합 시켜 하나의 ID를 가지고 다양한 센서 정보들을 수집할 수 있는 강점을 가진다. 이러한 강점은 유비쿼터스 환경에서 SAW ID가 다양한 분야로 적용이 가능하며, 다양한 분야의 시스템들을 좀 더 빨리 유비쿼터스화 시킬 수 있다고 본다. 그러나 SAW ID Reader는 RFID Reader와 달리 현존하는 플랫폼이 거의 없다. 이에 SAW ID Reader에 대한 요구가 점차 증가함에 따라 SAW ID Reader 플랫폼 모델 수립이 필요한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 요구를 만족시키고자 SAW ID Reader 플랫폼에 대한 연구를 진행하며 그를 통해 얻어지는 결과를 토대로 선행 모델을 제안하도록 한다.

## II. SAW ID 개념

### 2.1 SAW Device

SAW(Surface Acoustic Wave)는 탄성체 기판(substrate)의 표면을 따라 전파되는 음향파이다. 이러한 종류의 wave는 주로 SAW Device에서 사용된다. 압전 물질(Piezoelectric Material)을 이용하여 전기에너지(Electric Energy)는 기계적 에너지(Mechanical Energy)로 변환되는데 SAW Device는 이러한 에너지의 변환을 기반으로 한 것으로 filter, Oscillator, Transformer 등에 이용된다. SAW를 이용하는 전자부품 들은 특정한 물질(Quartz, Lithium Niobate, Lithium Tantalate, Lanthanum Gallium Silicate, 등)의 압전 효과(Piezoelectric Effect)를 이용하여 전기적 신호를 음향파로 음향파를 전기적 신호로 바꿔주는 IDT(Interdigital Transducer)를 한 개 이상 사용 한다. <그림 1>은 일반적인 SAW ID의 구조이다.

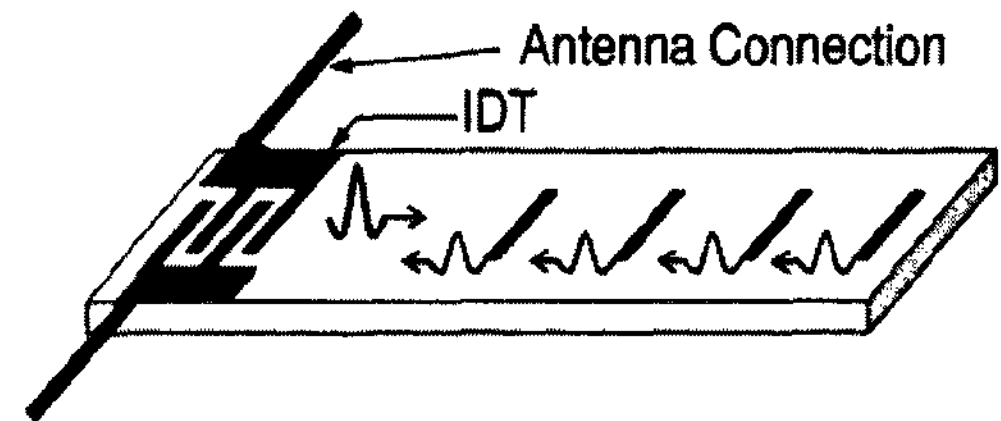


그림 1. 일반적인 SAW ID의 구조[1]  
Fig. 1 Schematic Picture of a Typical SAW ID Design.

SAW Sensor 분야는 지난 20년 전부터 연구가 되어 왔으며 SAW의 응용 분야에서 매우 활용성이 높은 분야이다. SAW Sensor는 화학, 광학, 온도, 압력, 가속, 토크 센서 등 센서의 많은 분야에 활용된다. SAW ID를 이용하여 ID를 가진 센싱 정보를 갖는 RFID도 구현이 가능하다. 하지만 SAW sensor의 경우 아직은 상업적으로 사용하기에는 개발상태가 미흡하기 때문에 SAW를 이용한 터치스크린 이외에는 상용화된 것들은 거의 없다.

### 2.2 IDT(Interdigital Transducer)

압전기판 상에서 표면탄성파를 가장 효율적이고 보편적으로 발생 또는 검출 하는 방법으로는 IDT를 만드는 것이다. IDT는 압전 기판에 서로 맞물리게 배열된 금속 전극으로 SAW Device의 핵심이며, electrical circuit 과 acoustic delay line간의 인터페이스 역할을 한다. 즉 RF Signal 을 acoustic wave로 변환하고, acoustic wave 를 RF Signal로 변환 하여 준다.

### 2.3 SAW ID

<그림 2>는 SAW ID의 동작을 나타낸 개념도이다. SAW ID의 동작은 우선 SAW ID 리더기에서 RF Signal를 방출한다. 리더기에서 방출된 RF Signal은 SAW ID 표면의 IDT에 의해 Surface Acoustic Wave로 변환 되어 진다. 변환된 음향파는 SAW ID의 표면을 따라 진행되어 Reflector에 의해 되돌아오게 된다. 되돌아온 음향파는 IDT에 의하여 다시 RF신호로 변환되어 SAW ID리더기로 보내진다.

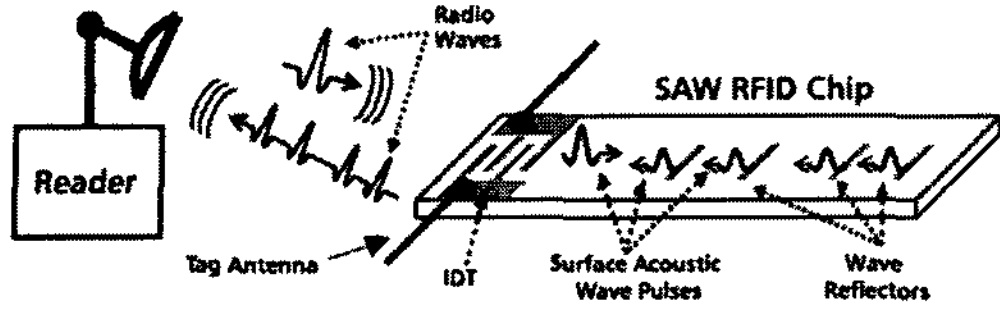


그림 2. SAW ID의 동작 개념도  
Fig. 2 SAW ID Working Sequence

### III. SAW ID 리더 기술

SAW Sensor의 RF 측정방식은 RADAR시스템과 VNWA(Vector Network Analyzer)와 비슷하다. SAW Sensor의 응답을 측정하기 위한 방법으로는 RADAR시스템과 비슷한 TDS(Time Domain Sampling) 방식과 VNWA방식과 비슷한 FDS(Frequency Domain Sampling) 방식으로 나눌 수 있다.[2]

#### 3.1 TDS(Time Domain Sampling) 방식

<그림 3>은 TDS 시스템의 개념을 나타낸 그림이다. TDS 방식에서는 시간의 분해능이 SAW Sensor의 대역폭을 충분히 커버 할 수 있어야 한다.  $B_{sensor}$ 를 커버하기 위해서는 리더기의에서 송신하는 RF Request 신호의 폭  $T_{signal,TDS}$ 은  $T_{signal,TDS} \leq \frac{1}{2 \cdot B_{sensor}}$ 가 되어야 한다. 센서의 응답신호인  $r(t)$ 는 Request Signal에 사용한 Stable Oscillator를 기준으로 하여 위상 동기 복조를 하게 된다. 베이스 밴드 신호를 샘플링 하기 위해서는 최소한 Sensor의 대역폭 보다 2배 이상의 속도로 샘플링 하여야 한다. 응답신호인  $r(t)$ (Burst Response)의 값은 Request 신호인  $s(t)$ (a Burst)에 의해 나타나게 된다. 샘플링 되는 값은 I값과 Q값으로 나오게 되는데 이 신호의 위상차와 진폭의 차이를 이용하여 Sensor의 값을 구할 수 있다. TDS 방식은 적은 에너지로 빠르게 Sensor의 정보를 읽어 올 수 있는 장점을 갖고 있지만 송신부에서는 빠른 속도의 RF Switch를 필요로 하고 수신부에서는 빠른 속도로 데이터를 받아갈 수 있는 장치가 필요하다.[2]

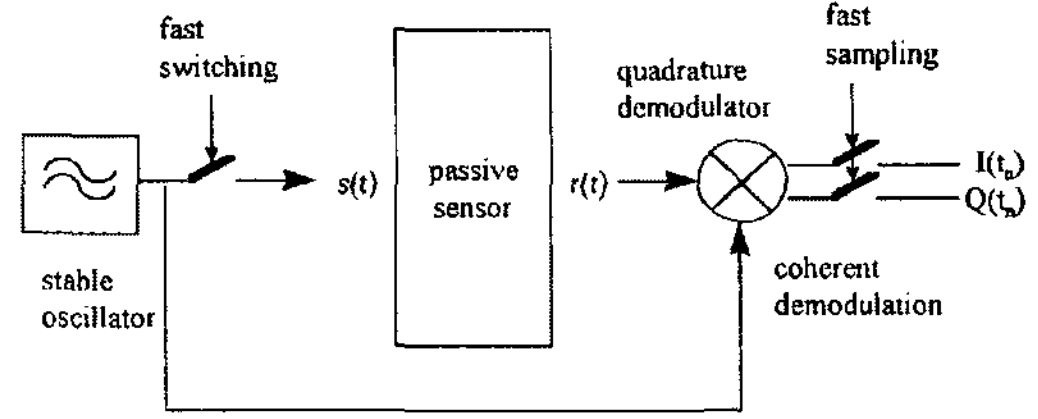


그림 3. TDS 방식의 리더의 구조  
Fig. 3 Operating principle of TDS transmitter and receiver

#### 3.2 FDS(Frequency Domain Sampling) 방식

<그림 4>는 FDS 시스템의 개념을 나타낸 그림이다. FDS 시스템은 전체 대역  $B$ 에서 주파수를 여러 단계로 나누어 측정 하는 방식이다. 센서의 응답을  $M$ 개의 주파수를 이용하여 측정한다. 높은 분해능을 갖기 위해서는 한 스텝의 대역폭  $B_{res}$ 이 작아야하고, 보다 긴 폭의 송신 신호를 필요로 한다. 한 주파수 대역에서 사용하는 Request 신호의 폭  $T_{signal,FDS}$ 은  $T_{signal,FDS} \geq \frac{1}{2 \cdot B_{res}}$ 가 되어야 한다.  $B_{res} = \frac{B}{M}$ 이다. 이 시스템에서 시간 축에서  $M$ -point의 정보를 얻기 위해서는  $M$ 개의 주파수에서의 응답을 측정해야 하기 때문에 센서의 응답을 측정하기 위해서는 TDS에서 측정할 때 걸리는 시간보다 최소한  $M$ 배 이상의 시간을 필요로 하게 된다. FDS에서 각각의 주파수에서 샘플링 된 값을 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)알고리즘을 이용하여 Sensor의 값을 구할 수 있다. 이 방식은 TDS보다 느린 샘플링 속도와 RF switch 속도를 사용 하지만 보다 많은 에너지를 소비하게 되고 측정 시간이 길어지게 된다.[2]

### IV. 제안한 SAW ID리더 플랫폼

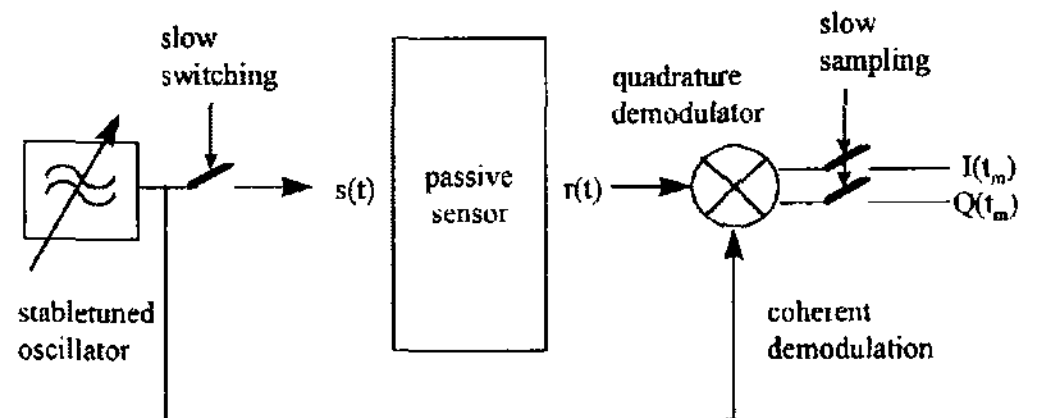


그림 4. FDS 방식의 리더의 구조  
Fig. 4 Operating principle of FDS transmitter and receiver

4.1 시스템 개요

SAW ID 리더 플랫폼은 RF블록과 RF블록에서 들어온 A/D 데이터를 처리하는 메인 블록으로 구성된다. 메인 블록에서는 RF블록에서 들어온 A/D 데이터를 처리할 수 있도록 고성능 CPU를 사용 하였다. RF블록은 TDS 방식으로 구현 하였다. SAW ID의 Reflector에 대한 반응이 5usec이내의 매우 짧은 시간동안 나타나기 때문에 아주 짧은 Impulse를 송신 할 수 있는 제어 신호와 수십Mhz의 샘플링 속도를 갖는 A/D Converter를 필요로 한다. 수십 Mhz의 속도를 갖는 A/D Converter의 Data를 받기 위해서는 그에 맞는 속도를 수용 할 수 있는 속도의 버스를 갖고 있는 CPU를 사용 하거나 CPLD나 FPGA등을 이용하여 버퍼를 구현하여 사용하여야 한다. 본 논문에서는 CPU의 DMA를 사용하여 A/D Converter와 CPU를 직접 연결 하였다. <그림 5>는 본 논문에서 제안하는 SAW ID 리더 플랫폼의 블록도이다.

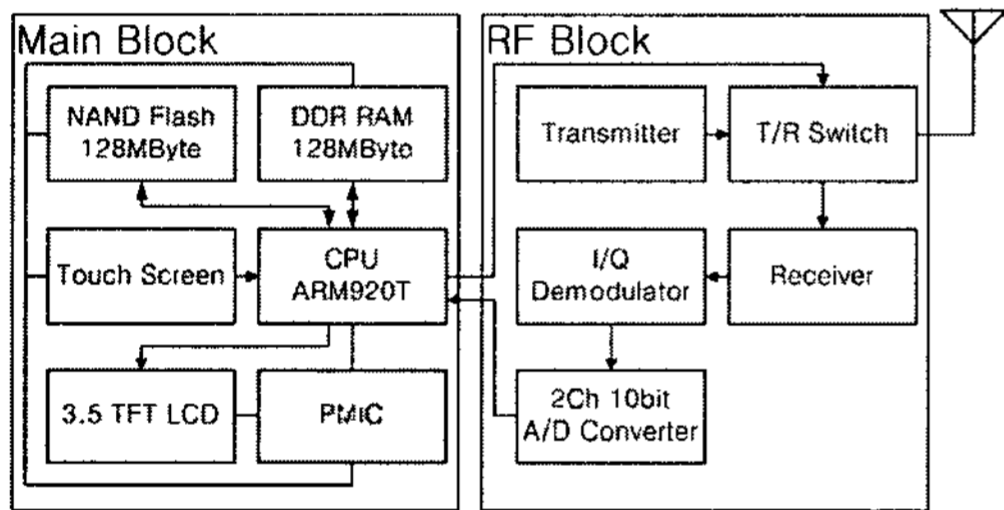


그림 5. SAW ID 리더 플랫폼의 전체 블록도  
Fig. 5 Whole Block Diagram of SAW ID Reader Platform

4.2 RF Module의 구현

<그림 6>은 RF블록의 구조를 나타낸 그림이다. 본 논문에서 제안하는 리더 방식은 TDS(Time Domain Sampling) 방식으로 SAW ID의 Reflector 간의 시간차의 반 보다 작은 T/R Ctrl신호를 이용하여  $f_{SAW}$ 의 신호를 T/R 신호가 High일 동안에 SAW ID로 전파를 전달하게 된다. Burst 신호가 RF 스위치의 Isolation 특성을 좋게 하기 위하여 2개의 스위치를 연결 하여 구성 하였다.

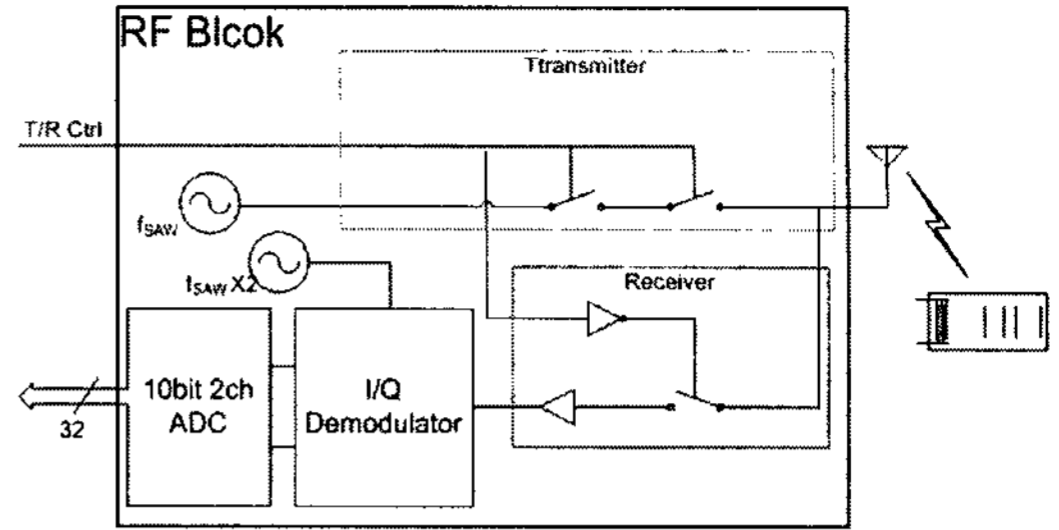


그림 6. RF Module의 블록도  
Fig. 6 Block Diagram of RF Module

V. 실험 및 결과

<그림 7>은 본 실험에서 사용한 SAW ID이다. 이 SAW ID는 3개의 고정된 Reflector와 Gas Sensor로 구성되어 있다.

본 실험에서는 우선 SAW Sensor의 특성을 파악하기 위해 Network Analyzer를 이용하여 SAW ID의 RF 특성을 확인하였다. <그림 8>은 Network Analyzer의 Transform 기능을 이용하여 SAW ID의 Reflector의 반응을 시간 축으로 측정 한 것이다. 측정 시 Network Analyzer의 설정 값은 다음과 같이 측정 하였다.

- Center Frequency : 470Mhz
- Span : 50Mhz
- Number Of Point : 1601
- Start Time: 0 usec, Stop Time 3.5usec

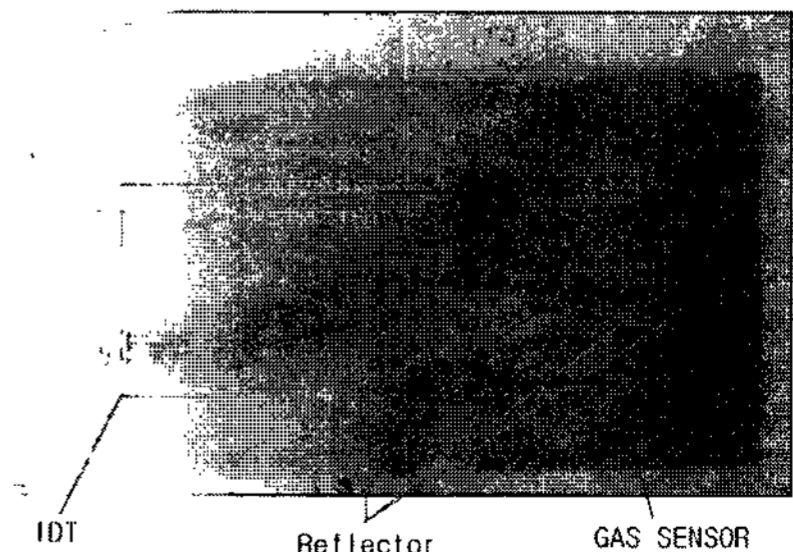


그림 7. 실험에 사용한 SAW ID  
Fig. 7 SAW ID using experiment

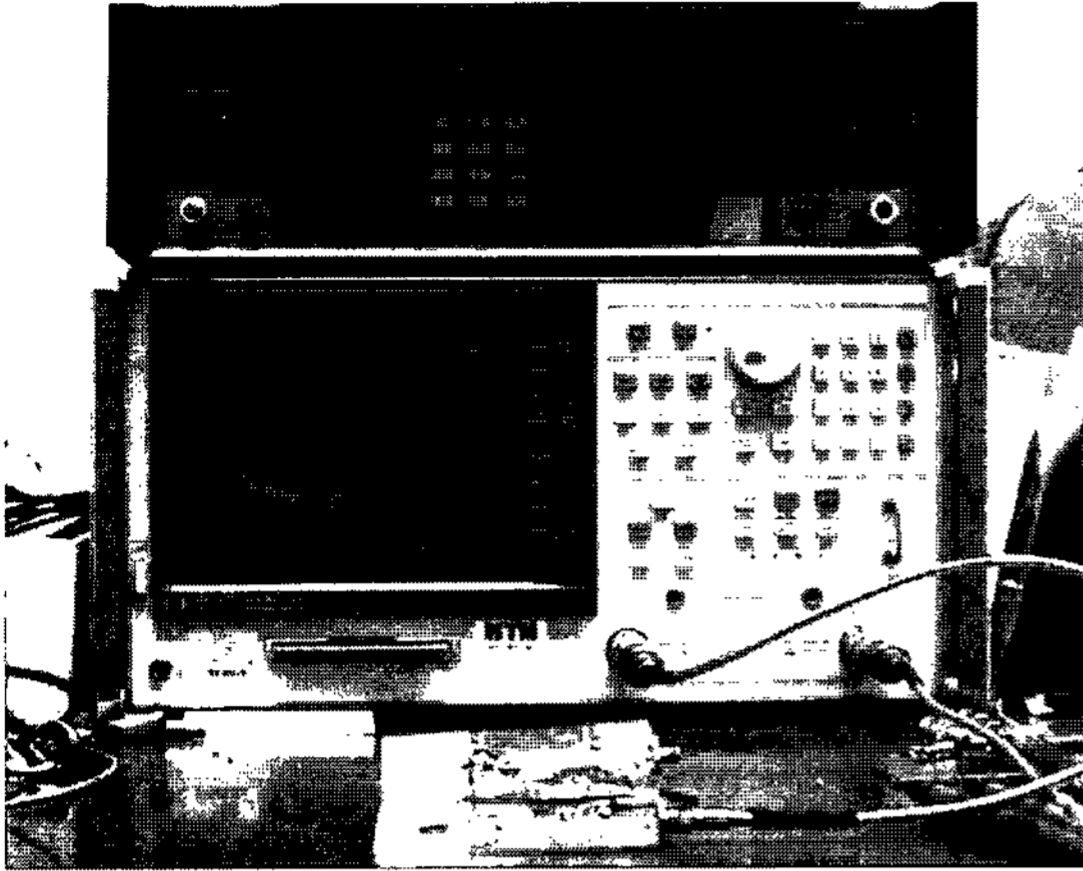


그림 8. Network Analyzer를 이용한 SAW ID의 특성 확인  
Fig. 8 Response of SAW ID on Network Analyzer

<그림 9>는 본 논문에서 제안한 SAW ID 리더 플랫폼의 실험 환경이다. SAW ID의 반응 주파수가 정확하게 정해지지 않은 상황이므로 VCO가 없는 관계로 주파수의 특성을 정확하게 파악하기 위해 Signal Generator를 이용하여 실험 하였다. Network Analyzer의 측정 방식은 FDS 방식이므로 본 논문에서 제안하는 방식과는 다르게 측정된다. 본 논문에서는 TDS 방식으로 측정되는 결과를 오실로스코프를 이용하여 확인을 할 수 있다.

<그림 10>은 제안한 SAW ID 리더 플랫폼의 RF Block의 사진이다. RF Block에서는 <그림 9>에서 보이는 것과 같이 VCO를 사용하지 않고 Signal Generator에 연결하여 사용하였고 본 실험에서 사용한 I/Q Demodulator가 동기주파수를 2배의 클럭을 사용하기 때문에 Signal Generator를 2개를 연결하도록 구성하였다. 동기 주파수

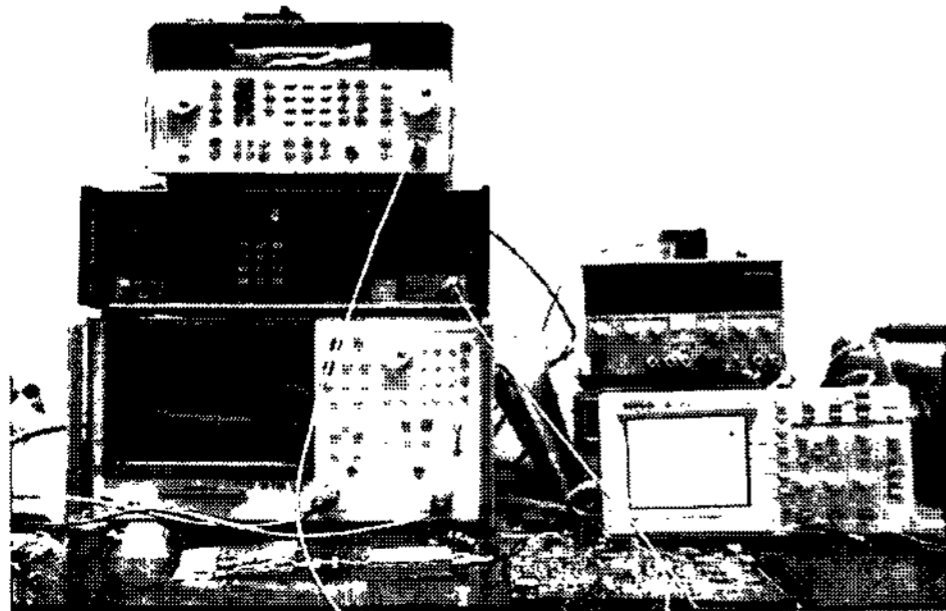


그림 9. 제안한 SAW ID 리더 플랫폼의 실험 환경  
Fig. 9 Environment of SAW ID Reader Platform

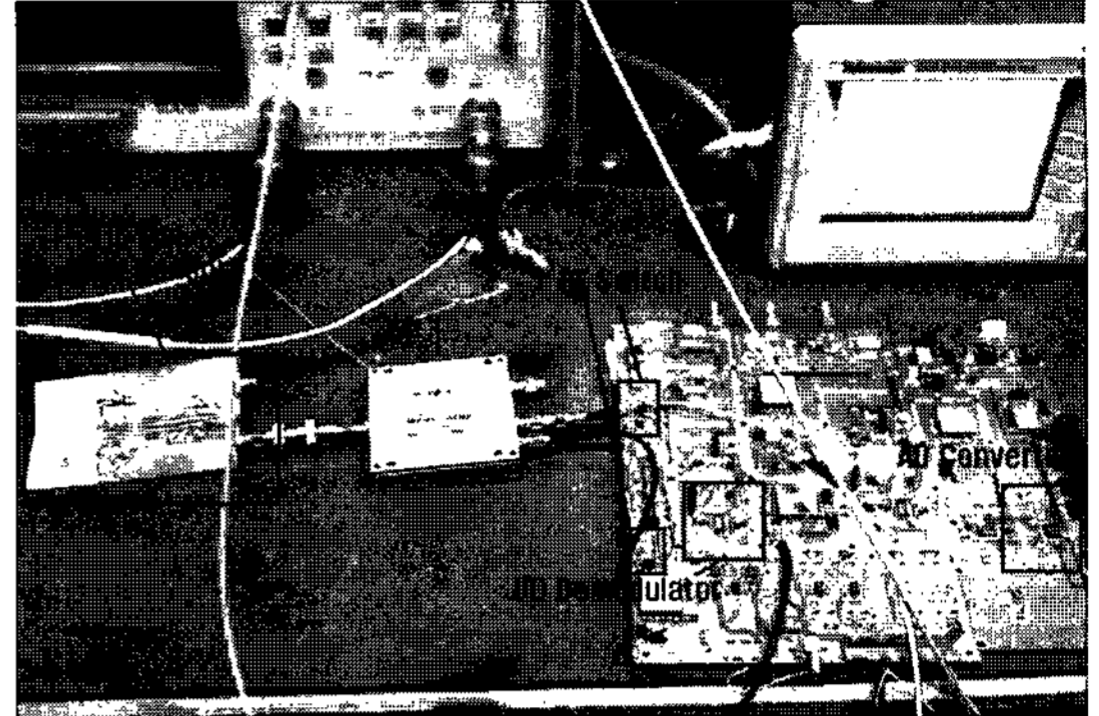


그림 10. 구현한 플랫폼의 RF Block  
Fig. 10 RF Block of Implemented Platform

는 940Mhz를 인가하였고 SAW ID에 전달하는 Burst 신호의 주파수는 470Mhz에 10dBm의 출력을 인가하였다.

<그림 11>은 Network Analyzer와 구현한 SAW Sensor 리더의 결과를 같은 시간 간격으로 맞추어 비교한 사진이다. <그림 11>의 위의 사진은 Network Analyzer에서 0~3.5usec의 시간을 측정 한 것으로 1.1usec 부근에서 첫 번째 Reflector의 반응을 확인 할 수 있고 2.9usec, 3.1usec의 위치에서 각각 2번째 3번째 reflector의 반응을 확인 할 수 있었다. 1.8usec 위치에 있는 반응은 가스센서에 의

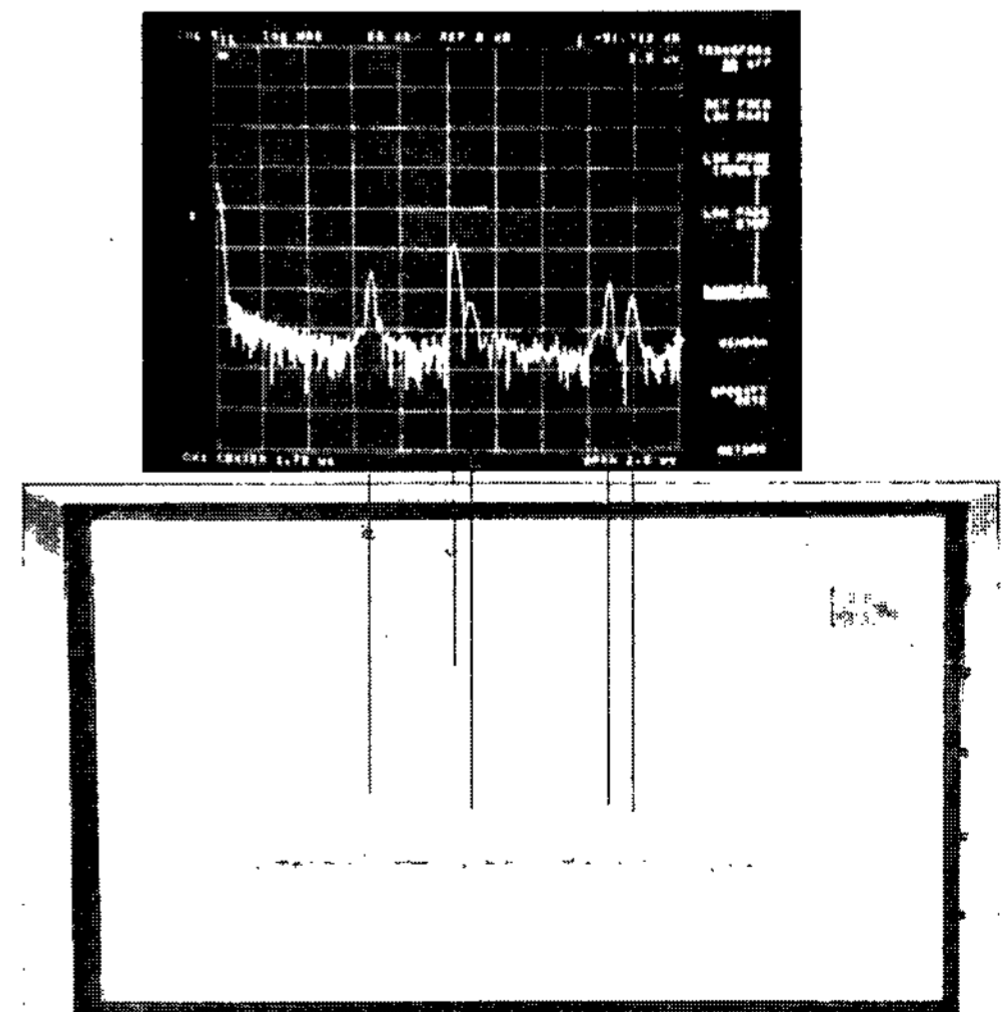


그림 11. Network Analyzer와 구현한 리더기의 결과 비교  
Fig. 11 Consequence between Network Analyzer and Implemented Reader

한 반응으로 가스의 농도에 따라 위상의 변화가 나타나게 된다. <그림 11>의 아래 사진은 RF Block의 I값을 측정된 값으로 TDS에서 100nsec의 Burst신호에 대한 응답이 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 위의 2가지의 측정결과를 비교하여 Network Analyzer에서 측정된 결과와 거의 제안한 SAW Sensor 리더의 측정결과가 비슷하게 나온 것을 확인 할 수 있었다.

## VI. 결론

본 논문에서는 TDS방식의 SAW ID 리더 플랫폼을 구현에 대하여 연구 해보았다. 이번 연구에서는 한 개의 SAW Sensor를 이용하여 ID와 센서 데이터를 획득 할 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 현재 RFID의 요구사항은 날로 발전하여 동시에 많은 태그를 빠르게 리드 할 수 있는 기술을 요구한다. 이러한 RFID의 시장을 대체하기 위해서는 Anti-collision 알고리즘을 적용하여 여러 개의 SAW Sensor를 리드 할 수 있는 리더기의 구현이 필요하다. 그리고 SAW Sensor 혹은 SAW ID가 활성화 되기 위해서는 현재 SAW ID의 약점인 적은 ID의 bit수가 64bit 혹은 128bit 정도의 ID를 갖게 된다면 현재 RFID의 시장에서 굉장히 큰 효과를 볼 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] C. S. Hartmann, "A global SAW ID tag with large data capacity," in Proc. IEEE Ultrason. Symp., vol. 1, pp. 65~69, Oct. 2002.
- [2] A. Pohl, "A review of wireless SAW sensors," IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr., vol. 47, no. 2, pp. 317~332, Mar. 2000.
- [3] F. Schmidt and G. Scholl, "Wireless SAW identification and sensor systems," in Advances in Surface Acoustic Wave Technology, Systems and Applications. vol.2, London, River Edge: World Scientific Publ., pp. 277~325, 2001.
- [4] R. Peter and C. S. Hartmann, "Passive long range and high temperature ID systems based on SAW technology," in Proc. Sensor Conf. 2003, Nuremberg, Germany, vol. 1, pp. 335~340, May. 2003.
- [5] C. Hartmann, "Anti-Collision Methods for Global SAW RFID Tag Systems", 2004 IEEE Ultrasonics Symposium, pp. 805~808, 2004

## 저자소개



유 호 준 (Ho-jun Yu)

호서대 전자공학과 학사  
현 아주대 전자공학과 석사

※ 관심분야 : RFID Platform, Embedded system



김 영 길 (Young-kil Kim)

고려대 전자공학과 학사  
한국과학기술원 석사  
ENST(프랑스) 박사  
아주대 전자공학과 교수(현재)

※ 관심분야 : RFID Platform, Embedded system, 초음파 의료기기, Mobile 의료정보 시스템