
FPGA를 이용한 SAW Device Reader Platform 구현

정용현* · 손영태** · 김영길**

SAW Device Reader Platform Using FPGA Implementation

Yong-hyun Jeong* · Young-tae Son** · Young-kil Kim**

요 약

SAW Device 라는 Passive 소자는 ID Tag 나 소형센서들을 대체할 수 있는 MEMS 기술의 초소형 Device 다. 이 SAW Device 를 이용하면 독립된 공간이나 전원이 필요한 센서 제어 등을 대신할 수 있을 것이다. 이렇게 활용범위가 확대됨에 따라 다양한 SAW Device 를 사용하기 위한 플랫폼이 요구된다. 하지만 현재 SAW Sensor 는 많은 발전을 해왔지만 SAW Sensor 를 활용할 수 있는 플랫폼의 발전은 미흡하기 때문에 본 논문에서는 이러한 SAW Device 의 측정이 가능한 SAW Reader 를 FPGA 를 이용하여 좀 더 간단하고 효율적인 Reader platform 을 구현해 보고자 한다.

ABSTRACT

The Passive Device called SAW Device of the ID Tag or a small sensor that can replace all of MEMS technology Micro Device. When using SAW Device will be able to replace that sensor control the power needed or separate space. Enlarge the scope of this advantage to use as a platform for various SAW Device is required. However, the current SAW Sensor development has many, but SAW Sensor that can leverage the platform's development is sketchy. Therefore, this paper implements SAW Reader can be measured in SAW Device Using an FPGA more simple and efficient Reader platform.

키워드

SAW, ID Reader, RF Tag, FPGA

Key word

SAW, ID Reader, RF Tag, FPGA

* 아주대학교 (Ajou.jyh@gmail.com)

** 아주대학교

접수일자 : 2010. 06. 15

심사완료일자 : 2010. 07. 13

I. 서 론

SAW Device는 필터이외에도 각종 물리 센서나 화학 센서 혹은 ID Tag로 다양한 분야로 활용범위가 확대됨에 따라 다양한 SAW Device를 사용하기 위한 플랫폼이 요구된다. 하지만 현재 SAW Sensor는 많은 발전을 해왔지만 온도나 압력용 SAW Sensor의 저전력, 고속 신호처리를 위해서는 TDS 방식을 이용한 리더기 플랫폼이 필요하다. 그런데 이러한 리더기를 활용하기 위해서는 SAW Sensor의 표준 응답신호와 변화되는 reflector들의 응답시간과의 짧은 시간차를 측정하는 고속의 타이머를 필요하게 된다. 이러한 고속 타이머를 구현하기 위해서는 고속의 전용 타이머가 필요하기 때문에 일반적인 프로세서의 타이머를 사용할 수가 없다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하는 고속의 타이머를 설계하고 SAW Reader를 이용하여 ID Tag를 읽기 위한 연구를하고자 한다.

II. 관련 연구

SAW(Surface Acoustic Wave)는 탄성체 기판(substrate)의 표면을 따라 전파되는 탄성파이다. 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 ID(Identifier), Sensor 등에 이용된다. 압전 효과(piezoelectric effect)를 이용하여 전기적 신호를 음향파로 음향파를 전기적 신호로 바꿔주는 IDT(Interdigital transducer)를 한 개 이상 사용한다.

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 사용하기에 제한이 많기 때문에 SAW를 이용한 터치스크린 이외에는 상용화된 것들은 거의 없다.

SAW Device에는 IDT라는 장치가 있는데 IDT는 압전 기판에 서로 맞물리게 배열된 금속 전극으로 SAW Device의 핵심이며, electrical circuit과 acoustic delay line간의 인터페이스 역할을 한다. 즉 RF Signal을 acoustic wave로 변환하고, acoustic wave를 RF Signal로 변환하여 준다.

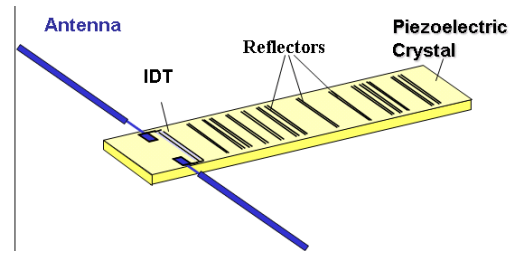


그림 1. SAW Device 구조.
Picture 1. Structure of the SAW Device.

SAW 측정 방식에는 TDS 방식과 FDS 방식이 있다. TDS 방식에서는 시간의 분해능이 SAW Sensor의 대역폭을 충분히 커버할 수 있어야 한다. 응답신호인 $r(t)$ 는 request signal에 사용한 stable oscillator를 기준으로 하여 위상 동기 복조를 하게 된다. 베이스 밴드 신호를 샘플링 하기 위해서는 최소한 sensor의 대역폭보다 2배 이상의 속도로 샘플링 하여야 한다.

TDS 방식은 적은 에너지로 빠르게 sensor의 정보를 읽어올 수 있는 장점을 갖고 있지만 송신부에서는 빠른 속도의 RF switch를 필요로 하고 수신부에서는 빠른 속도로 데이터를 받아갈 수 있는 장치가 필요하다.

FDS 시스템은 전체 대역 B 에서 주파수를 여러 단계로 나누어 측정하는 방식이다. 센서의 응답을 M 개의 주파수를 이용하여 측정한다. 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 샘플링된 값을 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 이용하여 Sensor의 값을 구할 수 있다. 이 방식은 TDS보다 느린 샘플링 속도와 RF switch 속도를 사용하지만 보다 많은 에너지를 소비하게 되고 측정 시간이 길어지게 된다.

III. 시스템 구현 및 실험

3.1 SAW Reader Platform

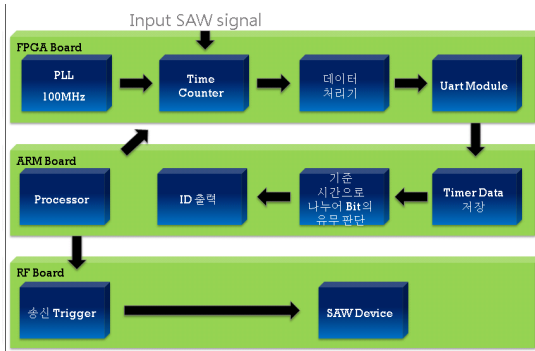


그림 2. 전체 시스템.
Picture 2. System Block Diagram.

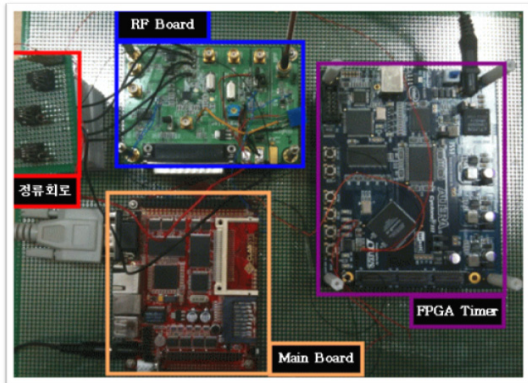


그림 3. 구현한 시스템.
Picture 3. Designed System.

SAW Reader Platform 은 크게 ARM 보드와 RF 보드, FPGA Timer 보드로 분류된다.

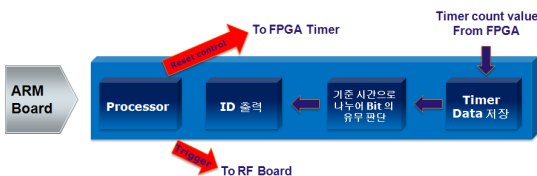


그림 4. ARM Board 부분.
Picture 4. Part of ARM Board.

ARM Board 는 Platform 전체를 control 하는 역할을 한다. 우선 각각의 Board를 초기화를 수행을 한다. 초기화를 수행을 한 이후, ARM Board 에서 RF Board 로 Trigger 신호를 전송을 한다. 전송을 한 이후 FPGA Board 로 부터 전송이 되어진 Counting Data 가 입력이 되면, 이 Data 를 분석을 하여서 이를 정보로 바꾸어 출력을 수행 한다.

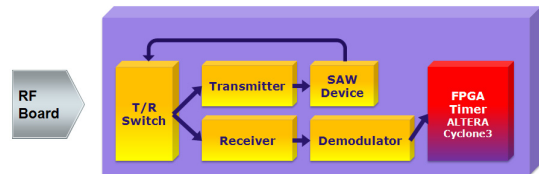


그림 5. RF Board 부분.
Picture 5. Part of RF Board.

RF Board는 SAW Sensor로 신호를 입력을 하고 다시 Reflector 신호를 출력을 받는 역할을 한다.

ARM Board로 Trigger 신호를 입력 받는다. 이때, RF Switch는 송신 Mode로 되고, SAW Sensor에 신호를 전송을 한다. 신호를 전송을 함과

동시에 RF Switch 는 수신 Mode 로 전환이 되고 SAW Sensor 로 부터 Reflector 을 기다린다.

Reflector 가 수신이 되면, 이를 IQ Demodulation 을 수행한다. 이 신호는 엄청난 노이즈를 포함이 되어 있기 때문에 정밀한 정류회로를 통하여서 정류를 한다. 그런 이후 Analog to Digital Converter 을 하여서 FPGA Board로 전송을 해 준다.

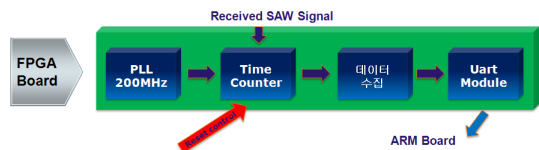


그림 6. FPGA Board 부분.
Picture 6. Part of FPGA Board.

FPGA Board 는 RF Board 를 통하여서 입력 되는 신호를 입력 받아서 Data화 하여서 ARM Board 로 전송을 하는 역할을 한다. Digital 화 된 신호가 FPGA Board 로 입력이 되고 이렇게 입력이 된 신호는 고속의 두 개의 Counter 을 통하여서 Reflector 의 간격이 측정이 된다. 이

렇게 측정이 된 Reflector의 간격을 Data Logger에 저장해 두고 한번에 16개의 counting Data를 ARM Board에 전송을 해 준다.



그림 7. RF 단에서 출력되는 Analog 신호.
Picture 7. Analog Signal at RF Stage.

위 그림에서의 Analog 신호는 RF board의 IQ Demodulator에서 출력되는 신호이다. 위신호는 I(+), I(-), Q(+), Q(-) 신호로 구성되어 있으므로 신호들을 정류하고 합하여 하나의 신호로 만들면 digital 신호로 변환된다.

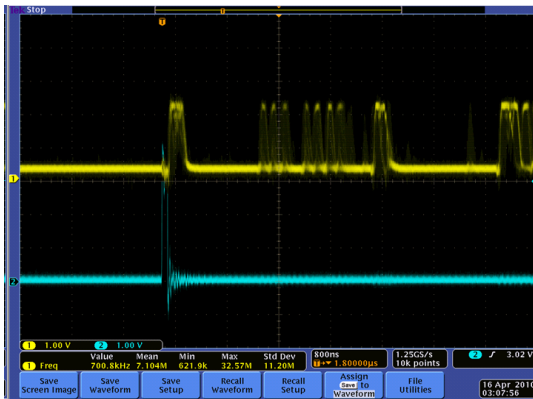


그림 8. 변환된 Digital 신호.
Picture 8. Converted Digital Signal.

이 변환된 신호들은 Timer로 설계된 FPGA로 입력된다. FPGA에서는 이 신호의 Rising Edge를 기준으로 각 펄스의 간격을 측정하고 측정된 간격들을 자료 처리보

드인 ARM9 보드로 전송하게 된다. ARM9 보드에서는 이 간격들을 분석하여 ID를 구분하고 LCD에 Display하거나 PC로 전송하여 저장한다.

3.2 FPGA Simulation 및 테스트

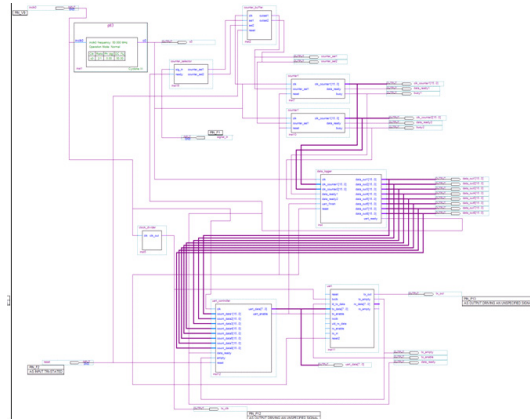


그림 9. FPGA 설계도.
Picture 9. FPGA Designs.

FPGA로 구현한 타이머의 성능을 시험하기 위하여 아래와 같이 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에서는 기준타이머를 264MHz로 동작시켰고 따라서 타이머의 분해능 시간은 3.78ns 정도가 된다. 시뮬레이션 그림에서 보듯이 첫 번째 Reflector 간격의 시간은 3.7us를 주고 2번째와 3번째는 각각 2.05us를 주었다. 그리고 시뮬레이션 결과는 타이머의 카운트 값이므로 일반 상수로 출력된다. 이 값들을 역으로 계산해 보면 아래와 같다.

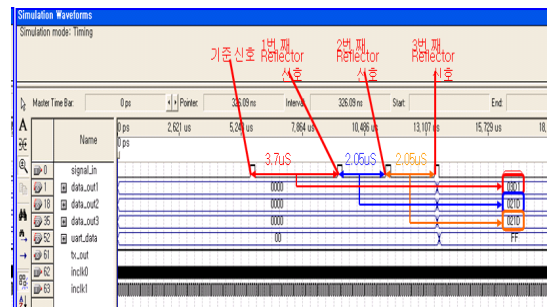


그림 10. 시뮬레이션 화면.
Picture 10. Simulation Screen.

- $3700/3.78 \approx 978 = h03D2$ Simulation 값:h03d1
- $2050/3.78 \approx 542 = h021E$ Simulation 값:h021D
- $2050/3.78 \approx 542 = h021E$ Simulation 값:h021D

표 1. 값 비교.
Table 1. Comparison Value.

	실제 시간	측정된 시간
1st 간격	0x3D2	0x3D1
2nd 간격	0x21E	0x21D
3rd 간격	0x21E	0x21D

위 결과에서 보듯이 실제 입력시간간격과 측정된 시간간격의 오차는 1개의 카운트 값 정도로 매우 작다. 실제 펄스를 FPGA 에 입력하여 측정할 결과이다.

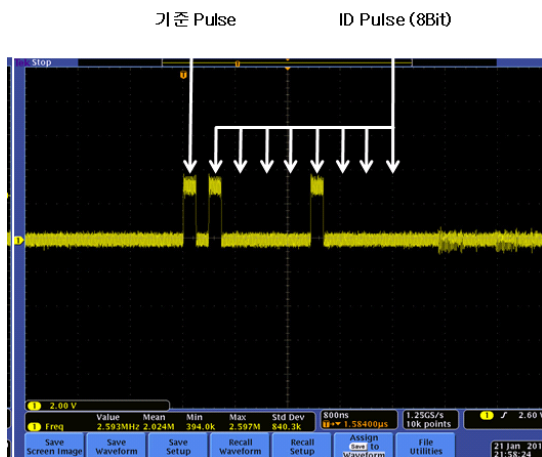


그림 11. 입력된 펄스.
Picture 11. Input Pulse.

ID Data = 1 0 0 0 1 0 0 0(Binary) 88(HEX) 136(DECIMAL)

그림 12. 측정된 결과 화면.
Picture 12. Measured Results Screen.

실제로 펄스를 입력하였을 때에도 입력된 ID 가 제대로 출력이 되는 모습을 볼 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 TDS 방식을 이용하여 SAW Sensor로부터 나온 신호를 고속 비교기와 Timer Platform 을 이용하여 측정하는 방법을 제안해 보았고 가능성을 실험을 통해서 확인해 보았다. 실험에서 Timer Platform 으로 Altera 사의 Cyclon I 을 사용하여 한계 내부 클럭이 405MHz 였지만 지금 나와있는 CyclonIII 를 사용한다면 한계 내부클럭이 1GHz 로 되면서 ns 단위로 Sampling 이 가능하게 되어 SAW Sensor 의 신호를 TDS(Time Domain Sampling)방식으로 충분히 가능하게 된다. 물론 DSP 를 이용하여서도 고속으로 신호를 처리 할 수 있지만 본 논문에서는 FPGA 를 사용하여 측정하여 보았다. 기술의 발전에 의해서 점점 더 빠르게 측정 할 수 있는 Processor 들이 나올 것이고 SAW Sensor 의 상용화에 한 발 더 다가갈 것이다. RF 분야에서도 리더기 간의 상호 간섭을 방지하기 위한 anti-collision 에 대한 연구도 이루어지고 있다. SAW 센서가 상용화 된다면 기존에 사용되는 센서들을 대신하게 될 것이고, 자체 전원 공급이 아닌 무선으로 전원을 공급하는 방식이므로 반영구적이라고 할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 TDS(Time Domain Sampling)의 방식에서의 난점이 빠른 신호처리를 기술의 발전에 의해서 가능하게 되었고 방법을 제안해 보았다. 향후 과제로는 실제 SAW Sensor 의 신호를 측정해 보고 고성능의 FPGA 를 이용하여 직접 측정해보고 이로 인해 생기는 문제점들을 파악해 보아야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 유효준, "ARM11 기반의 SAW Sensor 리더 플랫폼에 관한 연구", 아주대 석사 논문, 2008. 2
- [2] C. S. Hartmann, "A global SAW ID tag with large data capacity", in Proc. IEEE Ultrason. Symp., vol. 1, Oct. 2002, pp. 65~69
- [3] C. Hartmann, "Anti-Collision Methods for Global SAW RFID Tag Systems", 2004 IEEE Ultrasonics Symposium, pp. 805-808
- [4] A. Phol, "A review of wireless SAW sensor", IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr., vol. 47, no. 2, pp.317 ~ 332, Mar. 2000

- [5] Leonhard Reindl, "Theory and Application of Passive SAW Radio Transponders as Sensors", IEEE Transaction on Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 45, no. 5, September 1998
- [6] Leonhard M. Reindl, "Wireless Measurement of Temperature Using Surface Acoustic Sensor", IEEE Transaction on Ultrasonic, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 51, no. 11, November 2004

저자소개



정용현 (Yong-hyun Jeong)

2009 : 아주대학교 학사
2011 예정 : 아주대학교 석사과정

※ 관심분야 : 회로해석 및 설계, 의료기기, 센서공학, Embedded System



손영태 (Young-tae Son)

2008 : 아주대학교 학사
2010 : 아주대학교 석사

※ 관심분야 : 회로해석 및 설계, 센서공학, Hardware Platform Design



김영길 (Young-kil Kim)

1978 : 고려대학교 전자공학과
1970 : 한국과학원 산업전자공학과
1984 : ENST(France)
1984 ~ 현재 : 아주대학교

※ 관심분야 : 마이크로파공학, 의료공학, Embedded System