
Array 검출 Module 신호처리 System의 Digital Signal Processing Board 개발

박지오* · 성소영** · 김영길***

*아주대학교

Development of Digital Signal Processing Board for Detection Array Module Signal Processing System

Ge-O Park* · So-Young Sung** · Young-kil Kim***

*Ajou University

E-mail : parkgeo@ajou.ac.kr

요 약

전 세계적으로 해운물류 안전 보안체계가 강화됨에 따라 국가물류보안 체계 구축을 위한 해운물류 안전 보안 핵심기술 개발이 이루어지고 있다. 또한 미국에서 2018년 시행예정인 컨테이너 사전 100% 전수검사에 대응하기 위한 컨테이너 검색기의 핵심구성 요소인 Array 검출 System의 국산화 개발이 필요하다.

본 논문에서는 현재 해외제품을 대체할 Array 검출 system 중 자체 개발한 Digital Signal Processing Board에 대한 연구를 제안하고자 한다.

ABSTRACT

Shipping and logistics safety, security system is strengthening worldwide, the development of shipping and logistics safety security core technology for national security logistics system construction has been carried out. In addition, it is necessary to localize the Array Detection System, which is a core component of the container search machine, to cope with the 100% pre-inspection of the container scheduled for 2018 in the United States.

In this paper, we propose a study on a self-developed Digital Signal Processing Board among the array detection systems that replace foreign products.

키워드

array, signal processing, detection board, digital

I. 서 론

전 세계적으로 방사선 노출 위험에 대한 경각심이 높아지며 국가물류보안 체계에 대한 방사선 검출 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 항만에서 수입 컨테이너 화물을 검색할 때 X선을 필요한 3차원 컨테이너 검색대 형태의 대규모의 검색이 이루어지고 있다. 또한 미국에서 2018년 시행예정인 컨테이너 사전 100% 전수검사에 대응하기 위해 현재 광양항에 컨테이너 검색기 Test

Bad내에 구축되어 있는 Varian Medical System사의 CIS9 대체하는 검출 System의 국산화 개발이 필요하다.

Array 검출 System은 국내에서 연구개발이 꾸준히 진행되고 있으며, 앞으로 Varian Medical System사의 CIS9 및 타사검출기보다 간소화, 고성능 그리고 안정적이어야 한다. 현재 Array 검출 System의 X-Ray Detector Digital Signal Processing Board가 개발되었다. 이 Board에는 M4 MCU와 FPGA, 그리고 8ch ADC가 4개가 붙어있

고 ADC Buffer 32ch이 있다. 또한 Photodiode Amplifier 32CH와 연결 하여 X-ray를 통해 들어온 신호를 받을 수 있게 제작하였다. 12V전압으로 센서의 작동 전압을 만들어주는 High Voltage 부분과 Signal Processing Board의 전원을 주는 전원공급부분이 합쳐진 Board가 개발되어있고 ID생성부도 같이 붙어있다.

본 연구에서는 현재 해외제품을 대체할 Array 검출 system 중 자체 개발한 Digital Signal Processing Board에 대한 연구를 진행하였다. Array 검출 System의 모든 Digital 처리가 가능한 최적의 M4 MCU를 사용했고 성능이 우수한 ADC 칩과 가성비 좋은 부품들로 X-Ray Detector Digital Signal Processing Board를 개발하였다.



그림 2. Test Board 앞면

II . Digital Signal Processing Prototype Board

2.1. Detector signal processing Test Board

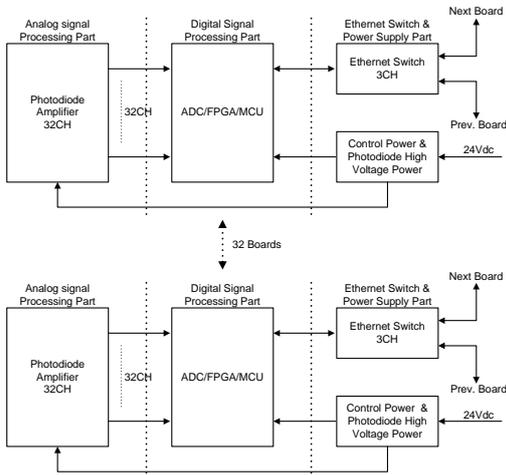


그림 1. System Block Diagram

그림1은 Array 검출 System의 전체적인 System Block Diagram이다. 이 System 블록도에서 개발된 Digital Processing Test Board로 개발된 부분은 Digital Signal Processing Part에서 MCU부분과 그림1에 3번째 part인 Ethernet Switch부분이다. 32ch Photodiode에서 각각의 신호를 받으면 Amplifier를 통해서 들어온 신호가 ADC되고 ADC된 data들을 MCU가 받아서 Ethernet으로 중앙 pc에 전송해주는 방식이다. 이 처리방법을 총 32개, 1024개 채널에서 Real Time으로 중앙pc에 전송된다.

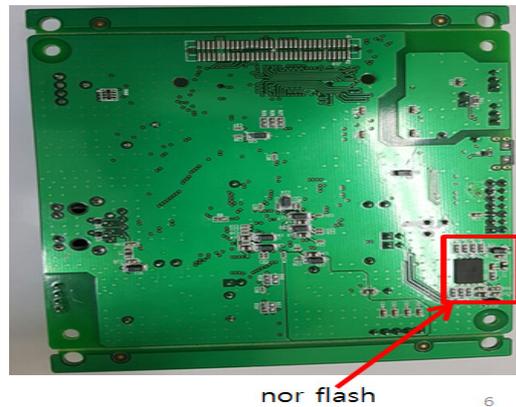


그림 3. Test Board 뒷면 및 설명

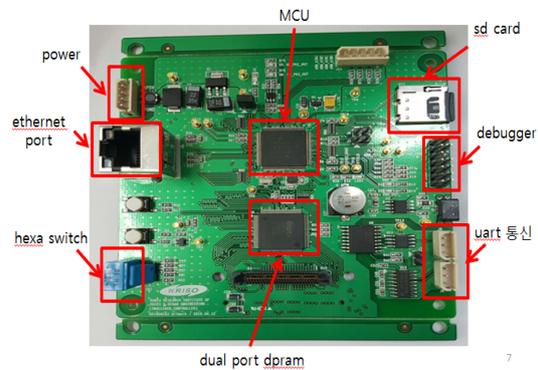


그림 4. Test Board 기능 설명

위에 그림들은 Array Detector 구동드라이버 개발을 진행 한 Detector signal processing Test Board이다. 그림2와 3을 보면 Test Board는 크게 NOR Flash, Ethernet Port, Hexa Switch, Dual Port DPRAM, SD card, UART, M4 MCU로 구성되어 있다. Array 검출 System에서 M4 MCU를 사용한 이유는 여러 가지 기능들이 구현이 가능하지만 크게 Ethernet을 사용할 수 있는 최소의 MCU이기 때문이다. 이 Prototype Board를 가지고 Array Detector 구동 Driver를 개발하였다.

2.2. ADC Chip 성능 Test

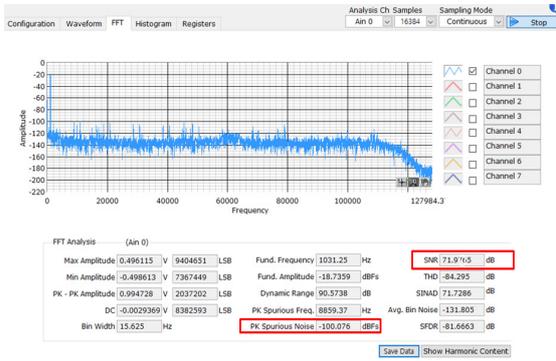


그림 5. ADC Chip 성능 test 결과 화면

그림5는 통합 Digital Signal Processing Board에 들어갈 ADC Chip을 선정하여 test한 결과화면이다. 1V P-P의 sin파를 집어넣어서 test를 진행하였다. 그림6에서 빨간 네모칸을 보면 PK Spurious Noise와 SNR이 표시되어 있는데 PK Spurious Noise가 -100dB, SNR이 71dB이 나온 것을 보아 ADC Chip의 성능이 우수한 것을 확인 할 수 있다.

III. X-Ray Detector Digital Signal Processing Board 개발

3.1. Functional Block Diagram

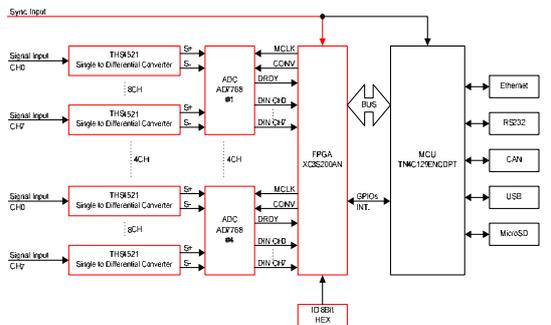


그림 6. Functional Block Diagram

Array 검출 System의 Functional Block Diagram이다. 빨간색으로 칠해진 부분들이 Test Board에서 추가로 개발되어 X-Ray Detector Digital Signal Processing Board로 완성되었다. 이 통합 Signal Processing Board에는 그림6의 왼쪽부분에 표시되어 있는 FPGA와 ADC, Converter, Amplifier등이 붙어있다.

3.2. X-Ray Detector Digital Signal Processing Board



그림 7. 개발된 통합 Digital Signal Processing Board

그림7의 통합 Digital Signal Processing Board를 좀 더 세부적으로 나누자면 Analog Signal Processing Board부분과 Digital Signal Processing Board으로 나누어진다.

Digital Signal Processing Board는 Analog Signal Processing Board로부터 입력되는 Signal를 ADC 변환하여 32ch의 data를 모아서 Ethernet을 통하여 상위 sever로 전송하도록 설계하였으며, 자세한 블록도를 그림6에 표시하였다.

Analog Signal Processing Board의 출력 Signal은 먼저 동상입력전압(common mode voltage)를 제거하기 위하여 차동 증폭기로 변환된 후 ADC로 입력되도록 하였다.

ADC는 최대 256kbps/24bit의 분해능을 갖는 소자를 사용하였으며, 내부에 Anti aliasing filter 및 decimation filter는 내장하여 전기적 잡음을 최대한 억제할 수 있도록 설계하였다.

FPGA는 ADC를 제어하여 data를 내부 memory에 저장하는 역할을 수행하며 32개 Board의 동시 Sampling을 위해서 X-RAY발생기의 동기 Signal를 입력받도록 설계하였다.

상위 제어기와의 data 교환을 위한 MICOM은 TI사의 CORTEX M4 Processor인 TM4C129를 사용하여 설계하였으며 TI-RTOS를 기반으로 TCP/IP Protocol을 탑재하여 동작하도록 제작하였다. FPGA와 MICOM은 GPIO신호를 이용하여 Interrupt를 주고받을 수 있도록 설계되었으며, FPGA내에서 data가 준비되면 MICOM에 Interrupt를 요청하고 MICOM은 Memory Bus를 통해서 FPGA내의 ADC data를 읽어가는 구조로 설계하였다. MICOM은 ADC의 data를 일정시간동안 Memory에 저장한 후 일정 시간 단위로 ADC data를 Ethernet Port를 통해서 이미지 처리 서버로 data를 넘겨주

도록 설계되었다. MICOM의 여러 주변장치를 제어하기 위한 Port로 RS232, CAN, USB 및 SDCARD를 Interface를 갖도록 설계되었는데 ADC의 data를 보정하기 위한 offset 및 Calibration data를 SDCARD에 저장할 수 있도록 설계하였다.

3.3. 고전압 및 전원 공급 보드



그림 8. 전원공급보드

Photodiode는 -100V의 Bias 전압을 공급하여야 하며, 고전압 발생부와 Analog/Digital Signal Processing Board의 제어 전원을 공급하기 위한 전원 공급 보드를 제작하였다.

광양향에 설치된 Array Detector의 전원입력 사양과 같은 Connector 및 크기를 갖도록 제작하여 시험 시 설치된 Array Detector를 교체하여 시험할 수 있도록 제작하였다.

고전압 공급부는 Digital Signal Processing Board의 DAC의 제어 전압에 의해서 --55V~135V까지 제어가 가능하도록 설계하였다

IV. 결론

본 연구는 현재 해외제품을 대체할 Array 검출 system 중 자체 개발한 Digital Signal Processing Board에 개발에 대한 연구를 제안하고자 한다.

이러한 Array 검출 System을 개발하면서 타사제품들보다 좀 더 자세한 컨테이너 내부 영상을 획득할 수 있도록 개발할 수 있으며 방사능 물질 뿐만 아니라 위협이 되는 물질들도 탐색되게 개발될 것이다. 현재 검출 Module은 외국제품으로 되어있지만 국산화를 통해 국내에 맞게 최적화시키고 Analog회로와 Digital System을 통합 System으로 자체 개발함으로써 처리속도를 증가 시켜 좀 더 정확한 검출이 가능하도록 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] 박상태 이영석 공역, “방사선 측정기술”, 도서출판 보성, 153~157쪽, 2001
- [2] 전동환 성원호 공역. “(RTOS를 이용한) 실시간 임베디드 시스템 디자인”, 도서출판 의왕, 102~140쪽, 2004
- [3] 문병표, “병렬 디지털신호처리시스템의 설계와 성능분석”, 한국정보과학회 학술발표논문집, 724~726, 1998.10
- [4] 송태훈, “FPGA 설계 이론 및 실습”, 홍릉과학, 25~50쪽, 2006