

고출력 X-선을 이용한 대형화물 검색시스템의 Data Acquisition System 설계 및 구현

유 선 원, 김 인 수, 김 봉 수, 이 윤
고려대학교 전자 및 정보공학과 의료영상 연구실
전화 : 02-3290-3975 / 핸드폰 : 016-392-4687

Data Acquisition System Design and Implementation of Cargo System Using a Large Output X-ray

Sun-Won Yoo, In Su Kim, Bong Su Kim, Yun Yi
Dept. of Electronics & Information Engineering Science, Korea University
E-mail : youson1@hanmail.net

Abstract

Data Acquisition System of Cargo System using a large output X-ray in harbors is usually composed of Detector, Analog Board, Digital Board, Master Board, Backplane Board and Image Construction System. In this paper we have made an image of material in container-box with Data Acquisition System and studied mainly a configuration method and principle to each part of Data acquisition system.

를 개봉하지 않고, X-선 주사(scanning)만으로 내부화물의 형상과 배치를 쉽게 알 수 있으며, 그 처리속도도 컨테이너 하나 당 수분 이내이므로 항만 등에서 다량의 화물 처리에 적합하다.

본 논문은 항만에서 많이 사용되는 고출력 X-선을 이용한 대형화물 검색시스템의 신호획득 장치(Data Acquisition System)를 직접 설계하여 X-선을 통해 컨테이너 안의 물체를 영상으로 구현해 보았고, 신호획득 장치를 구성하고 있는 각 부분(part)들의 구성방법과 원리를 알아보려고 한다.

I. 서론

공항, 항만 등을 이용하는 수출입 화물은 대부분 철제 컨테이너에 담겨져 취급되어지나, 컨테이너 특성상 그 내부의 화물을 파악하고자 할 때에는 부득이 검사원이 컨테이너를 개봉하고 내부를 검사해야 하므로 검색시간과 인력의 낭비가 초래된다. 우리나라의 경우도 관세청 항만감시국에서는 이러한 검색시스템의 도입을 오래전부터 검토하여 왔으나, 선진제품의 경우 고가의 설치비용을 요구하고 있으며 국내기술은 아직까지 이 분야에 체계적으로 연구가 이루어진 바가 없기 때문에 선진국에 비하면 상당히 낙후되어 있는 것이 현실이다. X-선을 이용한 화물 검색시스템은 대형 컨테이너

II. 시스템 구성

신호획득 장치(Data Acquisition System)는 크게 검출기(detector), Analog Board, Digital Board, Master Board, Backplane Board, 영상구성장치(Image Construction System)로 구성된다. 설계한 시스템의 구성은 그림 1 과 같이 검출기로부터의 신호 검출을 위한 Analog Board, MUX(Multiplex)와 ADC(Analog to Digital Converter)를 제어하고 data를 처리하는 Digital Board, 전체적인 동기화 clock을 공급, 제어하고 처리된 데이터를 영상구성장치로 전송하는 Master Board, 처리된 data를 컴퓨터로 전송하는 영상구성장치로 구분된다.

시스템에 구성된 모든 PLD(Programmable Logic

Device)는 VHDL(Very high speed integrated circuit Hardware Description Language)를 이용한 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현하였다.

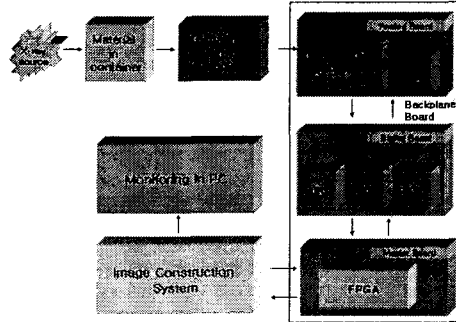


그림 1. Block Diagram of Data Acquisition System

2.1 Detector

검출기는 scintillator와 photodiode로 나누어져 있으며, 들어온 X-선을 빛으로 변환시켜 전기적인 신호로 바꾸어주는 부분으로 high capture efficiency, high absorption efficiency, high conversion efficiency의 조건을 가져야 한다. scintillator는 photodiode의 앞단에 위치하여 들어오는 X-선을 빛으로 바꾸어주며, photodiode는 빛을 전류로 바꾸어주는 역할을 한다.

실험은 한국과학기술원에서 제작한 photodiode를 사용하였다.

2.2 Analog Board

Analog Board의 역할은 검출기를 통해 얻은 미소전류(수 pA ~ 수백 nA)를 증폭시켜 Digital Board로 전송하는 것으로 그림 2와 같이 구성하였다. Dual Switched Integrator를 사용하여 미소전류를 10^7 배로 증폭하였고, 내부적으로 C_{INT} 를 100pF로 구현하였다. Integrator를 동작시키기 위해서는 control signal인 Hold, Reset, Select signal을 넣어줘야 한다.

이 control signal은 84핀 PLD를 통해 넣어주었고, VHDL를 통해 구현하였다. Integrator를 통해 증폭된 신호는 Gain조정이 가능하고, 빠른 settling time(3.5us to 0.01%)과 low offset voltage(1.5mV max)의 특성을 지닌 High-Speed Programmable Gain Instrumentation Amplifier를 통해 Gain을 1로 하여 Digital Board로 전송하도록 하였다.

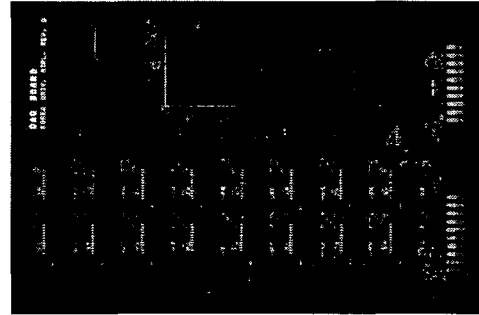


그림 2. Analog Board

2.3 Digital Board

Digital Board는 Analog Board로부터 전송된 Analog signal을 ADC를 통해 Digital signal로 바꾼 후 Master Board로 address와 data를 전송하는 것으로 그림 3과 같이 구성하였다. Clock buffer를 사용하여 clock을 동기화 시켰고, ADC는 internal 2.5V reference, 16bit, 500kHz Sampling rate의 특성을 갖고 있다.

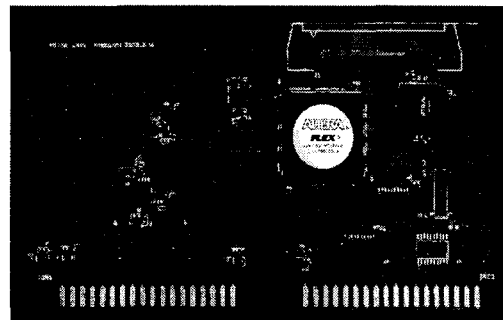


그림 3. Digital Board

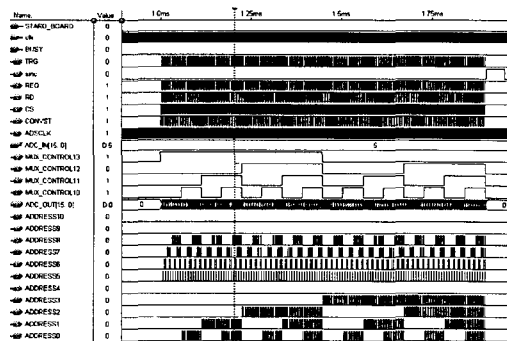


그림 4. Simulation Result

244핀 PLD를 사용하여 MUX와 ADC를 제어하는 signal과 Analog Board를 동기화시키는 clock을 주었는데 결과는 그림 4와 같다.

2.4 Master Board

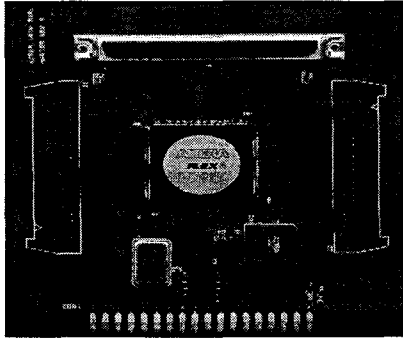


그림 5. Master Board

그림 5와 같이 구성된 Master Board는 각 Board로 들어가는 전체적인 clock을 동기화시키는 clock과 영상 구성장치에 대한 control signal을 제공하고, Digital Board로부터 전송된 data를 영상구성장치로 전송한다. Digital Board에서와 같이 같은 PLD와 clock buffer로 구현하였다.

2.5 Backplane Board

그림 6과 같이 구성된 Backplane Board의 가장 큰 역할은 각 Board로 전원(+15, -15, +5, -5V)을 공급하고, Analog Board에서 Digital Board로의 data 전송, Digital Board에서 Analog Board로의 동기화 clock을 전송하는 것이다. Analog Board가 16개(256 Channel), Digital Board와 Master Board가 각각 1개씩 장착되도록 design했으며, 안정적인 전원 공급을 위해 Art Work시 각 power line은 4mm로 구성했고, 각 signal line은 0.5mm로 via없이 ground pattern사이로 위치시켰다.

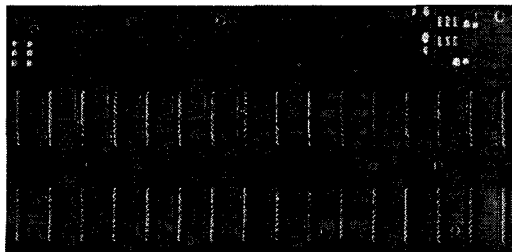


그림 6. Backplane Board

2.6 Image Construction System

Master Board를 통해 나오는 최종 처리된 data는 PCI-7300B(ADLINK Tech. Inc.)를 PC의 Main Board에 장착하여 100핀 SCSI 타입 connector를 통해 PC로 받아서 프로그램을 통해 영상을 구성하였다.

PCI-7300B는 32 digital 입력과 출력 채널로 구성되어 있으며, 최대신호 전송률은 80MB/sec이다.

입/출력은 16DI(Digital Input)/16DO(Digital Output), 32DI/32DO로 사용할 수 있다.

III. 실험 및 결과

신호획득 장치는 256채널의 data를 얻을 수 있도록 구성하였고, 본 논문에서는 16채널만 구성하여 실험하였다. 그림 7과 같이 물체가 들어있는 컨테이너(1m x 1m)를 이송장치에 올려 이동시키면서 투과된 X-선을 detect하여 영상을 구성하였다.

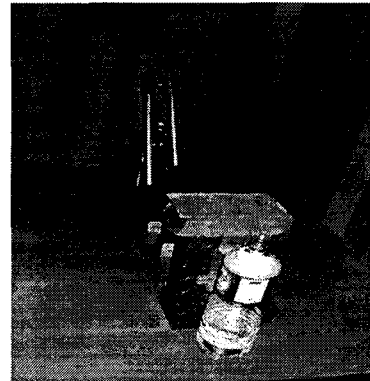


그림 7. Materials in Container-Box

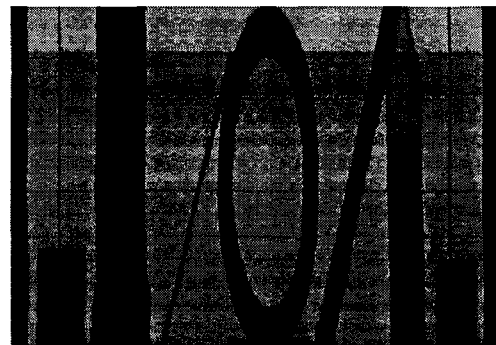


그림 8. Image of materials

실험은 450KeV, 관전류 142mA, 8.33ms(1/120Hz)의 pulse period(pulse width=30us)를 나타내는 X-ray source를 사용하였다. 이송장치의 속도는 1m를 이동하는데 약 15초가 걸렸고, 실험을 통해 얻은 영상은 그림 8과 같다.

그림에서 처음과 끝부분은 컨테이너 박스를 나타내고 있다. 컨테이너 박스의 양쪽 끝부분이 매우 두껍기 때문에 그림처럼 나타났고, 다음으로 페트병, 납벽돌, 스패너, 원형의 강철, 강철밀의 나무토막, 큰 몽키, 나무토막위의 깔대기를 각각 나타내고 있다.

그림의 영상은 image processing을 하지 않고 받은 data를 PC화면에 그대로 뿌린 것이다. 영상이 가로로 많이 압축된 형태인데, 이는 컨테이너 박스의 이동속도가 빨라서 scan time이 짧았고, X-ray pulse가 DC처럼 연속적으로 나오는 것이 아니라 8.33ms마다 한번씩 나오기 때문에 integration time(100ms)이 예상과 달리 늘어나 data를 많이 받지 못했기 때문이다.

Data가 0~65536(saturation point)까지 나오도록 설계하였는데, 이번 실험을 통해서 얻은 가장 높은 값은 5000정도였다. 그만큼 많은 data를 얻지 못했기 때문에 영상의 질은 예상만큼 좋지 못했다.

이를 개선하기 위해서는 photodiode에서 scintillator의 두께를 잘 조절하여 X-ray를 정확히 detect할 수 있도록 해야하였고, X-ray pulse와 integration time을 정확히 맞추어야하며, PGA를 통해 증폭을 더 해야 하겠다. 마지막으로 완벽한 차폐를 통해서 scattering을 막고, image processing을 하면 좀더 깨끗한 영상을 구현할 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 고출력 X-선을 이용한 대형화물 검색 시스템의 신호획득 장치를 설계하여 컨테이너 안의 물체를 영상으로 구현해 보았고, 얻은 영상을 통해 컨테이너 안의 물체를 검증하였으며 설계한 신호획득 장치가 이상없이 동작함을 확인할 수 있었다.

이와 같은 신호획득 장치를 통해 X-선을 이용한 화물검색은 공항에서 개인화물의 검색과 항만에서 컨테이너와 같은 대형화물 운반장비의 검색에 이용될 수 있을 것이다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] Jerald G. Graeme, "Photodiode Amplifiers", McGraw Hill, 1996
- [2] Glenn F. Knoll. "Radiation Detection and

- Measurement", Wiley, 1999
- [3] Adel S. Sedra & Kenneth C. Smith, "Microelectronic Circuits", Oxford, 1998
- [4] Davide. Johnson, "Basic Electric Circuit Analysis", Prentice Hall, 1995
- [5] McCluskey, E. J., "Logic Design Principles with Emphasis on Testable Semicustom Circuits, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.,1986
- [6] Wakerly, J. F., "Digital Design Principles and Practices, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1990.