

다채널 X-선 검출기 신호 획득을 위한 제어 신호 구성

이윤, 김성원, 이선화, 서민석, 이현우, 문선호, *한범수, *김인수
고려대학교 전자및정보공학과, *이비테크(주)
전화 : 02-3290-3975 / 핸드폰 : 011-9885-6531

The control signal construction for multi channel X-ray detector signal acquisition

Yun Yi, Sung Won Kim, Sun Wha Lee, Min Seog Seo, Hyun Woo Lee, Seon Ho Moon,
*Bum Soo Han, *In Soo Kim
Dpt. of Electronics & Information Engineering, Korea University, *EB Tech Co., Ltd.
E-mail : cath@korea.ac.kr

Abstract

The paper is proposed for control signals to operate X-ray detector signal acquisition system. There are control signals and synchronized signals for data acquisition system. X-ray detector signal acquisition system is divided into pre-treatment part which is to amplify acquired dual 16 channel analog input, converter part which is to multiplex, and convert data and transmit part that combine transferred data output and address in order. It also describes detailed control signals.

I. 서론

X-선 검출기 신호 획득 시스템은 어떤 대상을 파괴하지 않고, 내부를 볼 수 있도록 함으로써 의료 진단, 화물 검색, 제품 수율 검사 등을 쉽고 간단하게 할 수 있도록 도와준다. X-선 검출기 신호 획득 시스템은 Integrator amplifier와 PGA(Programmable Gain Amplifier)와 ADC와 MUX 등이 필요하고, 각 소자들을 제대로 작동시키는 제어 신호를 출력시키는 FPGA

가 필요하다. X-선 검출기 신호 획득 시스템이 안정적으로 작동하게 하고, 획득되는 신호의 SNR이 좋게 하고, 최종유저가 쉽게 사용할 수 있도록 필요한 기능이 추가될 수 있도록 제어 신호에 대한 연구는 필수적이다.

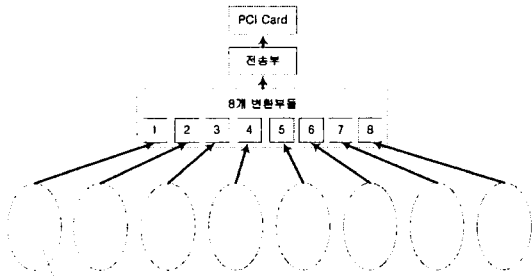
X-선 검출기 신호 획득 시스템은 소신호를 획득하는 획득 부분, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 변환 부분, 디지털 신호를 PCI Card로 전송하는 부분으로 나뉘고, 각각에 대한 제어 신호가 필요하다. 본 논문은 세부분을 전체적으로 작동시키는 것과 동기화시키는 제어신호와, 전송 부분이 획득 부분에 제어신호를 보내 전송 부분에 있는 PGA를 제어하는 것에 대해서 기술되어 있다. 제어신호의 유지보수를 쉽도록 하기 위한 방법에 대해서도 보고자 한다.

II. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템

1. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템의 신호 획득 기본 구조

다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템은 획득부, 변환부, 전송부로 구성된다. 획득부는 X-선 검출기에서

출력되는 전류를 전압으로 적분시킨다. 증폭된 신호는 변환부의 MUX를 통해서 변환부의 ADC로 보내진다. ADC는 컴퓨터가 처리할 수 있도록 Digital 신호로 변환한다. 변환된 신호는 전송부로 넘겨져 FPGA에 의해 다른 변환부에서 온 신호들과 같이 정렬되어서 컴퓨터로 보내진다. 그 신호들은 실시간으로 컴퓨터에서 처리되면서 영상으로 표시되고, 그림파일형태로 저장된다. 지금까지 설명된 X-선 검출기 신호 획득 시스템의 기본구조가 그림1에 표현되어 있다.



16개의 16 channel 검출기 획득부들
그림 1. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템의 기본구조

2. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템의 신호 획득 방법

변환부에서는 이중 적분기를 이용하여 전류신호를 전압신호로 바꾸면서 증폭한다. 획득부에 대한 검출 방식은 아래의 그림2에 표현되어 있고, dual integrator chip을 사용하였다.

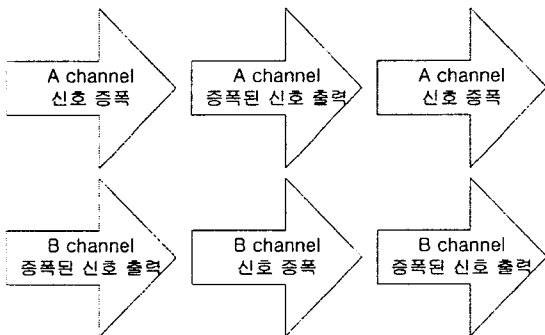


그림 2. 이중 적분기를 이용한 신호 획득 방법

3. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템의 동기화 제어 신호 구조

다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템은 세부부분으

로 나뉘어져 있다. 각각의 부분이 같은 시간의 개념을 가지고 움직일 수 있도록 하는 동기화 신호가 중요하게 된다. 전원이 들어오면 동기화 신호는 전송부에서부터 획득부까지 전송되면서 전송부, 변환부, 획득부의 동작 counter timing을 맞춘다. 또한 획득부의 전원이 먼저 들어있고, 변환부가 나중에 전원이 들어와도 획득부에서 감지하고 다시 동기화 신호를 전송할 수 있도록 하였다. 또한 동기화 신호는 획득부의 PGA가 몇 배만큼 증폭시키는지에 대한 정보가 들어있어 전송부만 다시 프로그래밍하거나, 전송부에 스위치를 설치하여 간단하게 128개의 획득부의 PGA를 제어할 수 있도록 하였다. 동기화 신호의 흐름과 간략한 state diagram은 그림3에 표현되어 있다.

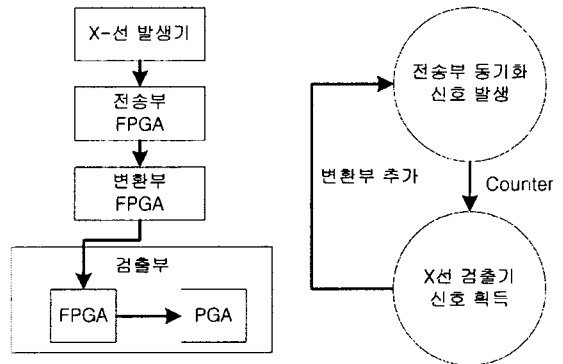


그림 3. 동기화 신호의 흐름과 state diagram

III. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템 제어신호 설계 및 검증

1. 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템의 각 부품에 필요한 제어 신호

제어신호가 필요한 부품은 이중 적분기(dual integrator), PGA(programmable gain amplifier), ADC(analog to digital convert), MUX(multiplex), PCI interface가 있다. 추가적으로 ADC에서 나오는 디지털 신호를 컴퓨터로 전송하는 제어 신호와 동기화 신호가 있다.

2. 제어 신호의 설계

(1) 변환부에서 전송부로 신호를 전송하기 위한 제어 신호 변환부에서 전송부로 신호가 전송되고 있는 동안에 REQ 신호가 올라가고 일정한 기간 뒤에 전송부의 FPGA에 저장된다. REQ 신호가 올라가고 바로 FPGA에 저장하면, glitch에 의해서 엉뚱한 신호들도

발게 된다. 그것에 대한 설명은 그림4에 표시되어 있다. 전송부는 8개의 변환부에서 오는 신호들이 오면 받아서 일정기간 뒤에 이미지 발생장치로 보내주게 된다. 전원이 공급이 되고 일정한 시간이 흐르거나, 변환부의 전원이 늦게 들어 왔을 때, 전송부에서 동기화 신호를 변환부로 보내준다. 획득부의 PGA에 대한 정보가 전송부에 있고, 그 정보를 동기화 신호와 같이 변환부로 보내주고 변환부에서는 획득부에 보내준다.

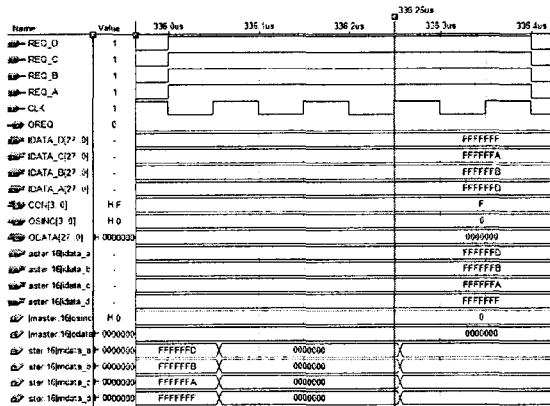


그림 4. REQ에 의한 신호 입력

(2) ADC 제어 신호

ADC가 짧은 시간에 같은 Analog 신호를 읽어서 Digital 신호로 변환해서 출력하는 것을 4번 하도록 했고, 변환부의 FPGA에서 4개의 신호를 평균을 내서 전송부로 보내주도록 했다. noise의 영향을 덜 받도록 했다.

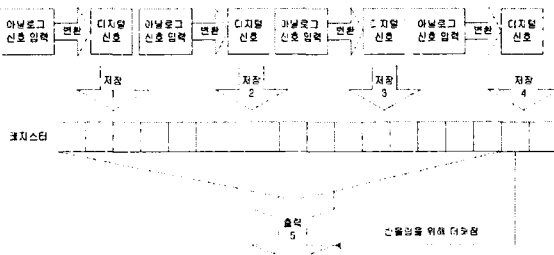


그림 5. ADC 제어 신호 순서도

MUX가 변환부에 있어서, 주소를 변환부에 만들어서 신호와 같이 전송한다. 컴퓨터가 주소로 어느 위치 검출기의 신호인지를 알 수 있다.

(4) 이중 적분기 제어 신호

이중 적분기를 이용하여 한 채널이 적분을 하는 동안 다른 채널은 출력이 되도록 했고, 이것이 반복되도록 했다. 그래서 검출기에서 출력되는 신호를 연속적으로 획득 할 수 있도록 했다. selecting 신호를 이용

하여 16개 이중 적분기들이 차례대로 변환부로 출력될 수 있도록 했다. 동기화 신호를 이용하여, MUX가 그 획득부에 대해서 개방이 시작할 때 첫 번째 dual integrator의 출력 신호를 보내도록 했고, MUX가 그 획득부에 대해서 닫힐 때 쯤에 마지막 dual integrator의 신호가 변환부쪽으로 보내지도록 했다.

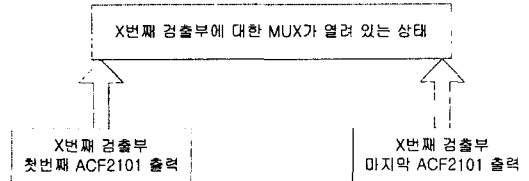


그림 6. 획득부와 변환부의 동기화

(5) 동기화 신호

전송부 FPGA와 변환부 FPGA 사이에는 연결된 선이 몇 개가 있어서, 동기화 신호가 병렬로 전송이 된다. 하지만 변환부 FPGA와 획득부 FPGA 사이에는 연결된 선이 1개 있어서, 동기화 신호가 직렬로 전송이 된다. 획득부 FPGA는 동기화 신호의 길이에 의해 PGA에 대한 정보를 알아차린다. 또한 동기화 신호로 인해서 변환부 FPGA와 획득부 FPGA의 동작 counter를 같이 맞추게 된다.

3. 제어 신호의 검증

PCI interface를 이용하여 LED(light-emitting diode)에서 나오는 빛을 photo diode로 받아 보았다. ADC로 들어가기 직전, MUX를 지난 직후의 신호를 오실로스코프로 측정한 것이 그림7에 나타나 있다. 변환부와 획득부 사이의 동기화는 잘 이루어지고 나타난다. 1개의 변환부는 16개의 획득부의 신호를 전송받는다. 그림7에 표시된 것은 16개의 획득부중에서 1개만 Photo diode를 연결했고, 나머지 15개 획득부 출력 부분을 접지 시켰다.

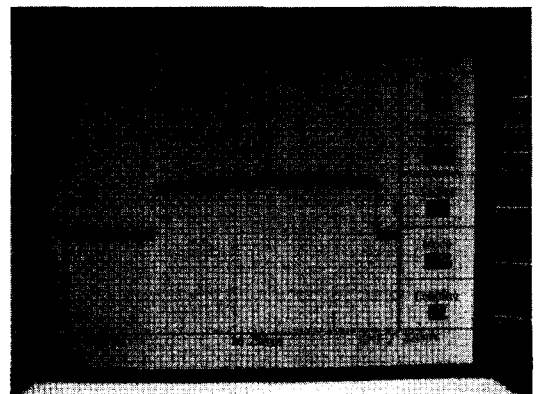


그림 7. Mux를 지난 획득부의 출력

IV. X-선에 의한 이미지 획득

512 channel 획득 시스템은 획득부, 변환부, 전송부 모두 동작 counter timing에 의해 동기화 되는 제어 시스템이다. 이 때문에 시스템의 프로그래밍을 교정하는 것이 까다로웠다. 획득부와 변환부만 동기화가 맞으면 시스템이 제대로 작동될 수 있도록 해서 프로그래밍을 교정하기 쉽게 하여 문제점이 생기면 신속하게 고칠 수 있도록 해서, 완벽한 cargo inspection system을 위한 2048 channel 획득 시스템으로 빠르게 확장하고 있는 중이다. 아래의 그림은 512 channel 획득 시스템을 이용해서 얻은 화물 검색 영상이다.

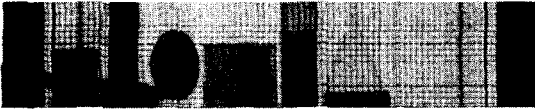


그림 8. 512 channel X선 검출기 신호 획득 시스템의 영상

V. 결론

세관에서 화물 내부를 검사하고, 정밀한 기계 및 반도체 장비들을 검사하는 수요가 늘어나고 있다. 또한 의료 영상 장비들도 다양한 형태로 발전하고 있다. 따라서 X-선으로 어떤 물질의 내부를 파괴하지 않고 볼 수 있도록 하는 기술은 더욱 더 유용해 지고, 그 핵심이 되는 다채널 X-선 검출기 신호 획득 시스템에 대해서는 많은 연구가 필요하다.

Reference

- [1] McCluskey, E. J. Logic Design Principles with Emphasis on Testable Semicustom Circuits, Prentice-hall Englewood Cliffs, N.J., 1986
- [2] Walerly, J. F., Digital Design Principles and Practices, Prentice-hall Englewood Cliffs, N.J., 1990
- [3] Clenn M. Glasford, Digital Electronic Circuits, Prentice-hall, 1998
- [4] Allen Dewey, Analysis and Design of Digital System with VHDL, PWS Publishing Company, 1997

 본 연구는 과학기술부 '개발사업'의 연구비와 이비테크(주)의 도움으로 수행되었으며, 반도체 설계 교육센터(IDECC)의 Altera FPGA tool 지원으로 진행되었습니다.