지진가속도 계측기의 실시간 자료 전송 Kit 개발

Development of a Kit for Realtime transmission of data acquired by Earthquake accelerometers

Jeongpil Heo^{a,*}, Kiseog Kim^{b,1}, Inseub Lim^{c,2}, Jocheol Jin^{d,3}

^a HEESONG GEOTEK Engineering Co., Ltd. 6F Royal Bldg. 550-3, Noeun-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-325, Republic of Korea

^b HEESONG GEOTEK Engineering Co., Ltd. A-B210, Woolim Lions Valley 2 Cha, 146-8, Sangdaewon 1-dong, Jungwon-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do 462-807, Republic of Korea

^c KIGAM, 124, Gwahak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Republic of Korea

^d KITECH, 89, Yangdaegiro-gil, Ipjang-myeon, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do 331-822, Republic of Korea

ABSTRACT

KISStool is developed and established by KIGAM, in order to link and share the earthquake data easily with institutes related, this study includes the development of a KISStool program format and protocol supporting Kit. The Kit has functions such as transforming and sending a seismic data. The functions of the kit are implemented in modules, which are running on the realtime basis. The firmware is embedded into the Kit, which transforms the seismic data into the formats, miniSEED and QSCD20. These data are sent to KISStool program. We have confirmed the results of the data transforming, transmissions and storage functions are conducted normally, the speed of transmission shows same level when comparing with a standard system. We expect that the firmware developed in this study will have high usability not only for linking with KISStool program through being embedded into incompatible digitizers, but also for improving performance of older ones.

KEYWORDS

KISStool
KIGAM
Kit
miniSEED
QSCD20
firmware

한국지질자원연구원(Korea Institute of Geoscience And Mineral Resources)은 지진 데이터 연계 및 공유가 용이하도록 KISStool 프로그램을 개발하였다. 본 연구에서는 KISStool 프로그램에서 요구하는 자료형식과 프로토콜을 지원하는 Kit 개발을 수행하였다. 연구 개발한 Kit는 지진 데이터 변환과 전송 등의 기능을 수행하고 각 기능들은 모듈 단위에서 실시간 기반으로 실행된다. Kit에 내장된 펌웨어는 지진 데이터를 miniSEED와 QSCD20 포맷으로 변환하고 변환된 데이터는 KISStool 프로그램으로 전송된다. 본 연구에서 개발한 Kit를 시험해 본 결과, 지진 데이터 변환과 전송 및 저장기능을 정상적으로 수행하였으며, 전송속도는 기준시스템과 비교하여 동등한 수준이었다. 본 연구에서 개발한 펌웨어는 KISStool 프로그램과 호환되지 않는 지진기록계에 내장하여 향후 KISStool 프로그램 연계에 활용 할 수 있을 뿐만 아니라 구형장비의 성능 개선에도 충분히 그 활용도가 높을 것으로 기대된다..

KISStool
한국지질자원연구원
Kit
miniSEED
QSCD20
펌웨어

© 2014 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-042-488-2374. Fax. 82-042-488-2375.
Email. heojeongpil@hsggeo.co.kr

1 Tel. 82-02-576-3801. Email. kskim@hsggeo.co.kr

2 Tel. 82-042-868-3350. Email. limlhj@kigam.re.kr

3 Tel. 82-041-589-8585. Email. jinjoch@hsggeo.co.kr

ARTICLE HISTORY

Received Jun. 02, 2014

Revised Jun. 03, 2014

Accepted Jun. 27, 2014

1. 서론

재해로부터의 안전성 확보는 인간의 삶에서 끊임없이 대두되는 화두 중의 하나이다. 자연재해는 인간의 나약함과 부족함을 깨닫게 하는 불가항력적 요소를 지니고 있다. 그 중 지진재해는 특히 예측이 불가능하다. 중규모(5.0) 이상의 지진이 내륙이나 근해, 또는 도심 안에서 발생한다면 그 피해 규모는 더욱 예측하기 어렵다. 지진과 지진해일 등은 전 세계적으로 심각한 피해를 일으키는 인류 대재앙이 되고 있다.

지진재해로부터 국민들의 소중한 생명과 재산을 지키기 위해서 지진발생 상황을 국민들에게 신속 정확하게 전달해야 한다. 정부는 지진조기경보시스템과 통합모니터링시스템을 통하여 지진정보를 신속 정확하게 제공하기 위해 노력하고 있다. 지진관측망운영협의회에서의 협의를 바탕으로 각 기관은 지진 데이터를 실시간 공유하기 위한 체계 구축을 추진하였다. 2001년 3월부터 KISS(Korea Integrated Seismic System)로 명명하여 시험운동을 시작하였고 현재까지 활용하고 있다. 이후 지진관측소의 대폭적인 확충과 지진계 설치 기관의 증가 등 객관적 환경변화를 수용하면서 KISS 기능 확대와 KISS와의 연계를 위해 KISStool(Korea Integrated Seismic System tool, 한국지질자원연구원) 프로그램이 개발되었다(KISStool Protocol Description. (2012). KIGAM).

지진이 발생하게 되면 지진가속도센서에서 지진동을 감지하고 지진기록계에서 지진 데이터를 처리한 후 KISStool 프로그램을 통하여 지진조기경보시스템과 통합모니터링시스템으로 지진 데이터를 전송하고 있다.

Fig. 1. Flow diagram for the configuration of the seismic acceleration instrument

KISStool 프로그램으로 연계되고 있는 지진가속도 계측시스템은 대부분 외산 지진기록계를 사용하고 있어 시스템 구축에 외산장비 의존도가 높은 문제점을 안고 있다. 이에 따라 지진계 국산화를 위한 많은 연구와 개발이 진행되고 있으나 국내에서는 KISStool 프로그램과 연계 가능한 지진기록계가 개발되지 않은 상황이다.

본 연구는 지진기록계 국산화의 일환으로, KISStool 프로그램과 연계 가능한 Kit(실시간 지진자료 전송 펌웨어 탑재 Hardware) 개발을 위해 추진되었다. 본 연구로 KISStool 프로그램 연계에 필요한 기능을 가진 Kit 개발에 성공하였다.

Fig. 2. Flow diagram for the configuration of instrumentation in this study

2. 지진기록계와 지진감시 시스템

영국 Guralp사는 상용 지진기록계 중 지진 자료 생산계 CMG-DM24와 지진 자료 전송계 CMG-EAM 모델을 공급하고 있다. 본 연구에서는 Guralp사의 지진 자료 전송계 CMG-EAM을 대체하는 Kit를 만들었다. 지진 자료 전송계 CMG-EAM을 사용하는 경우에는 UDP 방식으로 지진 자료 전송계 CMG-EAM의 최종 지진 Data만을 수신할 수 있었으나 본 연구에 의해 시리얼 통신(RS232) 방식으로 지진 자료 생산계 CMG-DM24의 자료를 직접 수신하여 지진 자료를 여러 가지 목적으로 변환하고 전송할 수 있게 되었다.

연구 개발한 지진 자료 전송계 모듈은 Fig. 3에 나타난 여러 기능을 수행하는 모듈들로 구성된다. 각 모듈들은 시리얼 통신으로 수신한 지진 데이터를 miniSEED와 QSCD20 Format 데이터로 변환하고 전송하는 역할을 한다.

Fig. 3. The configuration of Seismic data transmission modules and data flow

3. 각종 모듈 개발을 통한 지진 데이터 포맷 변환 및 전송 기능 구현

본 연구에서는 시리얼 통신으로 지진 원시 데이터(Raw Data)를 수신하여 저장한다. 저장된 데이터는 C 프로그래밍 언어를 통해 KISStool 프로그램과 호환되는 포맷(miniSEED, QSCD20)으로 변환되며, 변환된 지진 데이터는 UDP 방식을 통해 특정 IP로 전송되도록 기능 개발을 하였다. 또한, Data Archiver 모듈, miniSEED Formatter 모듈, SEEDLink 전송 모듈, QSCD20 변환 모듈들을 설계하고 통합 구현하여 연구 개발한 Kit에 성공적으로 적용하였다.

4. Kit 제작

연구 개발한 Kit는 하드웨어 ODROID-U3와 펌웨어 모듈들로 구현된다. Kit는 높은 이식성(분리, 결합 및 내장)과 부가적인 기능들(조기경보 상수 적용, 멀티 지진 포맷 변환, 기타 알고리즘 적용 등)을 추가할 수 있는 형태로 개발하였다. 성능 면에서 기존 지진 자료 전송계의 성능과 동등 또는 그 이상을 목표로 하였다.

4.1 지진 자료 전송계 Kit의 Hardware 구성

본 연구의 궁극적 목적은 지진기록계의 자료 전송계 기능(지진 데이터 포맷 변환, 저장, 전송)을 가지는 Kit 개발이다. Kit 개발 과정에서 지진 자료 전송계의 모듈을 탑재하고 기동하기 위한 하드웨어 장비는 Fig. 4를 사용하였다.(Hardkernel co., Ltd. <http://hardkernel.com>).

Fig. 4. ODROID-U3

4.2 지진 자료 전송계 Kit의 Hardware 사양

Table 1은 (주)하드커널에서 제공하는 하드웨어 장비 ODROID-U3의 사양이다(Hardkernel co., Ltd. <http://hardkernel.com>).

Table 1. Specifications of ODROID-U3

항목	세부 기능
Processor	Samsung Exynos4412 Prime Cortex-A9 Quad Core 1.7Ghz with 1MB L2 cache
Memory	2048MB(2GB) LP-DDR2 880Mega data rate
LAN	10/100Mbps Ethernet with RJ-45 Jack (Auto-MDIX support)
USB 2.0 Host	High speed standard A type connector x 3 ports
USB 2.0 Device	ADB/Mass storage(Micro USB)
Storage(Optional)	MicroSD Card Slot, eMMC module socket
Power(Optional)	5V 2A Power
System Software	Linux: Xubuntu 13.10 or latest version
PCB Size	83 x 48 mm

본 연구에 사용한 Kit의 Hardware 장비는 KISStool 프로그램이 요구하는 지진 데이터 변환, 저장 및 전송 기능을 수행하는데 필요한 성능을 만족한다.

4.3 지진 자료 전송계 Kit의 내장 Firmware

지진가속도센서(CMG-5T)의 신호는 지진기록계(CMG-DM24)로 전달되고, 지진기록계는 시리얼 통신을 통해 연구 개발한 Kit의 내장 펌웨어로 지진 데이터를 전달한다. Kit에 내장된 지진 자료 전송계 펌웨어는 지진 데이터를 KISStool 프로그램과 호환 가능한 지진 데이터 포맷(miniSEED, QSCD20)으로 변환하여 KISStool 프로그램이 설치된 서버로 지진 데이터를 전송한다. Fig. 5에 펌웨어 구현 내용을 표시하였다.

Fig. 5. Structure of modules in the seismic data transmission kit

5. 테스트 진행 및 결과 분석

5.1 테스트 구축 장비

Table 2의 목록으로 테스트 진행을 위한 지진계측 모니터링 시스템 환경을 구축하였다.

Table 2. Equipments and software for the test environments

항목	명칭	비고
지진가속도센서	CMG-5T	Guralp사
지진기록계	CMG-DM24	Guralp사
기준 지진 자료 전송계	CMG-EAM	Guralp사
연구 개발 지진 자료 전송계	ODROID-U3	Embedded System/(주)하드커널
지진 데이터 수신 서버	Linux 계열 PC	CentOS 5.7/데스크탑
Software	KISStool	KIGAM
	Serial 처리 Firmware	(주)희송지오테크

5.2 테스트 진행 방법

(1) Fig. 6(a) 상단부는 지진기록계(CMG-DM24)에서 지진 자료 전송계(CMG-EAM)를 통해 KISStool 프로그램이 설치된 지진감시 서버로 지진 데이터가 전송되도록 만든 기준 시스템이다.

(2) Fig. 6(a) 하단부는 지진기록계(CMG-DM24)에서 연구 개발한 Kit에 내장된 펌웨어를 통해 KISStool 프로그램이 설치된 지진감시 서버로 지진 데이터가 전송되도록 만든 비교 시스템이다.

(3) 지진가속도센서 신호가 위의 시스템 환경(1)과 (2)를 동시에 통과하도록 설정하고, KISStool 프로그램이 설치된 서버에서 miniSEED와 QSCD20 포맷의 지진 데이터가 정상 수신되는지 여부를 확인한다.

(5) KISStool 프로그램이 설치된 서버에 지진 데이터가 정상 저장되는지 여부를 시스템 환경(1)과 (2)의 지진 데이터

비교를 통하여 확인한다.

Fig. 6. Configuration for the comparison test

5.3 지진 데이터 결과 분석

5.3.1 miniSEED Format 지진 데이터 수신 결과 분석

Table 3은 상용 지진 자료 전송계(CMG-DCM)와 연구 개발 지진 자료 전송계(ODROID-U3)가 KISStool 프로그램에서 miniSEED 지진 데이터를 수신할 때 사용한 지진 자료 전송계 설정 비교 정보이다.

Table 3. Channel informations for KISStool program

항목	코드명	성분	비고
기존 지진 자료 전송계 (CMG-EAM)	DJEAM	HGZ	Up-Down 성분
		HGN	North-South 성분
		HGE	East-West 성분
연구 개발 지진 자료 전송계 (ODROID-U3)	DJHSG	HGZ	Up-Down 성분
		HGN	North-South 성분
		HGE	East-West 성분

Fig. 7(a)와 (b) 상단에서 DJEAM으로 시작하는 3개 파형 HGE DJ 00, HGN DJ 00, HGZ DJ 00은 Guralp사의 지진 자료 전송계 CMG-EAM에서 전송한 파형을 나타내고 있다.

Fig. 7(a)와 (b) 하단에서 DJHSG로 시작하는 3개 파형 HGE DJ 00, HGN DJ 00, HGZ DJ 00은 연구 개발한 펌웨어가 내장된 Kit에서 전송한 파형을 나타내고 있다.

East-West(HGE), North-South(HGN), Up-Down(HGZ) 성분별로 서로 동일한 파형을 그리고 있음이 확인된다.

(a) Event detection waveform(7:44:47-7:54:47)

(b) Event detection waveform(7:52:45-8:02:45)

Fig.7. The reception result of miniSEED data

5.3.2 QSCD20 Format 지진 데이터 수신 결과 분석

Fig. 8는 Guralp사의 지진 자료 전송계 CMG-EAM과 연구 개발한 Kit에서 생산한 QSCD20 지진 데이터가 KISStool 프로그램에서 동일하게 수신되고 있음을 보여준다. WatchDog 프로그램 상에서 마지막 수신 QSCD20 TIME (2014/05/28 17:18:58)이 서로 동일하다. 또한, 실시간으로 수신된 지진 데이터를 막대그래프 파형으로 보여주는 Fortress 프로그램의 QSCD20 지진 데이터 값도 Fig. 8(c)에서 볼 수 있듯이 0.003으로 양측 모두 동일한 값을 나타내고 있다.

(a) The status of receiving data

GPS 상태				DATA 상태	
	LOCKING	STATUS	TIME	마지막 수신 QSCD TIME	
CMG-EAM	YES	3D	2014/05/28 17:18:44	2014/05/28 17:18:58	
ODROID	NV	NV	0000/00/00 00:00:00	2014/05/28 17:18:58	

(b) WatchDog

(c) Fortress

Fig. 8. The result of reception of QSCD20 data

5.3.3 QSCD20 Format 지진 데이터 수신 지연 결과 분석

Fig. 9(a)와 (c)는 Windows System에서 (주)희송지오택의 RSMMS(Realtime Strong Motion Monitoring System) 프로그램을 사용하여 QSCD20 지진 데이터를 실시간으로 수신한 시각 정보이다. Fig. 9(b), (d)는 Windows System에서 Internet과 동기화된 현재 시각이다. Fig. 9(a)와 (b), Fig. 9(c)와 (d)의 QSCD20 지진 데이터의 수신 시간을 각각 비교하면 지진 데이터 수신 시각의 차이(지연 시간)는 3초로 동등한 수준인 것으로 확인된다.

Fig.9. Comparison for reception time of QSCD20

5.3.4 지진 원시 데이터 저장 결과 분석

Fig. 10은 지진 자료 전송계(CMG-EAM)와 연구 개발한 Kit가 전송한 지진 원시 데이터를 KISStool 프로그램이 수신하여 파일 형태로 정상 저장한 목록을 확인할 수 있다.

Fig. 10. Comparison for the storage status of seismic data

5.3.5 QSCD20 지진 데이터 수신 시간 결과 분석

Fig. 11에서 KISStool의 Tardyboy 프로그램으로 QSCD20 지진 데이터가 3초 이내 수신되고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 11. Comparison for the reception delay with Tardyboy program in KISStool

6. 결 론

본 연구에서는 지진기록계에서 생산된 지진 데이터를 KISStool 프로그램과 호환 가능한 지진 데이터 포맷으로 변환, 저장, 전송하는 Kit를 개발하였다. 개발 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) KISStool 프로그램과의 성공적인 연계를 위해 지진 데이터를 miniSEED와 QSCD20 포맷으로 변환하고 KISStool 프로그램이 설치된 서버로 전송하는 펌웨어를 개발하였다.

(2) 개발한 펌웨어의 성능을 시험하기 위해 펌웨어를 하드웨어(ODROID-U3)에 내장하여 Kit로 만들었다.

(3) 연구 개발한 Kit에서 지진 데이터 서버로 전송한 miniSEED 포맷의 지진 데이터가 끊김 및 데이터 지연현상 없이 연속 파형으로 나타나는 것을 확인하였다.

(4) 연구 개발한 Kit과 기준시스템인 CMG-EAM의 QSCD20 지진 데이터 전송 속도는 3초 이내로서 동일한 수준이며, miniSEED와 QSCD20 지진 데이터 처리 측면에서 동등한 수준의 성능을 보이는 것을 확인하였다.

(5) 연구 개발한 Kit는 KISStool 프로그램과 호환되지 않는 지진기록계에 내장하여 사용하거나 기존 장비와 함께 사용하여 KISStool 프로그램으로 자료전송을 가능하게 한다. 이는 KISStool 프로그램과 연계되도록 하는 Kit 역할을 충분히 할 것으로 기대된다.

(6) 향후, 연구에서는 Web Interface를 통한 사용자 편의성 제공 및 Kit 제어기능을 향상시키고 지진조기경보 상수 등과 같은 다양한 지진 알고리즘을 적용할 수 있는 기능을 갖추도록 개발하고자 한다.

(7) 향후, 연구 개발한 Kit를 기반으로 최신 기능을 포함하는 다기능 펌웨어(Multi-function Firmware)로 개선하여 구형 지진장비나 필수 기능이 부족한 지진장비에 연계함으로써 지진장비의 효용성을 증대시키고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2013년 7월 1일 ~ 2014년 6월 30일까지 진행하는 한국지질자원연구원의 재원으로 수행된 연구(지진가속도 계측기의 실시간 자료전송 관련 펌웨어 개발) 결과이며 이에 감사드립니다.

References

KISStool Protocol Description. (2012). KIGAM

Kim, Sung Kyung, Lee, Jung Mo, and Kim, Jun Kyung. (2001). "Maximum Probable Earthquakes in the Korean Peninsula." Journal of the Geological Society of Korea, Vol.37, No.1, pp.107-114.

Introduction and Data format for QSCD20. (2014). KIGAM(<http://quake.kigam.re.kr>)

CMG-DM24 Operator's guide, Guralp System Ltd. (<http://www.guralp.com/documents/MAN-D24-0004.pdf>)

the Incorporated Research Institutions for Seismology(IRIS). (2012). "SEED Reference Manual." International Federation of Digital Seismograph Networks Incorporated Research Institutions for Seismology United States Geological Survey. (<http://www.iris.edu/dms/nodes/dmc/data/formats>)

Earthworm documentation(<http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/>)

Hardkernel co., Ltd. (http://hardkernel.com/main/products/prdt_info.php)

National Emergency Management Agency Notice(<http://www.moleg.go.kr>)