
SNMP를 이용한 장비 모니터링에 관한 연구

박미정* · 이동훈* · 이정환**

*동명대학교 · **기초과학연구원

Study on Device Monitoring using SNMP

Mi Jeong Park* · Dong Hoon Lee* · Jeong Han Lee**

*Tongmyong University · **Institute for Basic Science

E-mail : mijoy0909@ibs.re.kr

요 약

한국의 기초과학연구원(IBS) 산하 중이온가속기구축사업단(RISP)은 희귀동위원소가속기시설을 구축하고 있다. 가속기 제어 시스템에 사용하게 될 다양한 장비와 모든 장치들은 이더넷 환경을 통해 연결되기 때문에 통합된 네트워크 기반의 제어 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 하지만 시설의 복잡성으로 인해 네트워크 보안과 장비 응답속도를 충족시켜줄 최적화된 장비 설치 위치를 선정하는 것이 어렵다. 각 장비의 역할에 맞게 최적화된 위치를 찾아내며, 가속기 제어시스템에 사용될 실시간 분산 제어 시스템인 EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System) 통합을 위한 초기 연구단계인 본 연구는 이상적인 네트워크 환경에서 네트워크 기반 장비들을 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용한 장비 모니터링에 관한 연구이다. 덧붙여, SNMP와 입자가속기, 천체 망원경 그리고 큰 과학 실험에서 사용되는 실시간 분산 제어 시스템인 EPICS[1]의 통합 계획을 논한다.

ABSTRACT

The Rare Isotope Science Project (RISP) at the Institute for Basic Science (IBS) constructs the rare isotope accelerator facility in South Korea. Since the accelerator control system uses various Ethernet-based devices and equipment, it is essential to build a unified Network-based control system. Because of the complexity of the accelerator facility, it will be a challenge to install a device in a proper location where the device could react quickly and exactly with respect to network security. In this report, we will present early study on Simple Network Management Protocol (SNMP) that tests various Ethernet-based devices out on an ideal network configuration in order to find an optimal location for each Ethernet-based device. Moreover, we will discuss future plan to integrate SNMP into Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) that is distributed soft real-time control systems for scientific instruments such as a particle accelerators, telescopes and other large scientific experiments.

키워드

SNMP EPICS

1. 서 론

한국의 기초과학연구원(IBS) 산하 중이온가속기 구축사업(RISP)은 빔에너지 200MeV/u, 빔출력 400KW급 희귀동위원소가속기시설을 구축하고 있다[2].

사용자가 원하는 빔을 사용자가 원하는 장소로

효율적으로 보낼 수 있도록 가속기 제어 시스템은 가속기를 구성하는 모든 요소를 감시하며 제어하는 장치 조직망이다. 가속기 제어 시스템에서 가속기의 다양한 장비와 장치들은 이더넷 환경을 통해 연결되기 때문에 통합된 네트워크 기반의 제어 시스템 구축을 필요로 하고, 복잡한 가속기 시설에서 네트워크 보안과 장비 응답속도를 충족

시켜줄 최적화된 장비 설치 위치를 선정하는 것은 어려운 일이다.

본 연구는 이상적인 네트워크 환경에서 SNMP (Simple Network Monitoring Protocol)를 이용한 네트워크 기반 장비 모니터링에 대해 논한다. 또한, 가속기 제어시스템에 사용될 실시간 분산 제어 시스템인 EPICS(Experimental Physics and Industrial Control System)와 SNMP의 통합 계획을 논한다.

II. SNMP를 이용한 장비 모니터링 연구

SNMP는 IP 네트워크에서 장치를 관리하기 위한 표준 통신 규약이다. SNMP는 Manager와 Agent로 구성되어 있고, 관계는 그림 1과 같다.

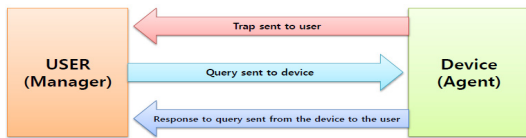


그림 1. Manager와 Agent의 관계

Manager는 Agent에게 필요한 장비의 정보를 요청하거나 정보를 변경하고, Agent는 요청에 대한 정보제공과 장비에 영향을 미치거나 발생한 Event를 알리기 위해 Trap 메시지를 보낸다[3].

SNMP는 세 가지 버전이 있고, 각각의 버전은 속도와 인증, 암호화에 따른 차이가 있다. v1과 v2c는 community string을 통한 인증을 하지만 암호화를 하지 않아 속도는 빠르지만 보안에 취약하고, v3는 인증과 암호화로 보안이 강력한 대신 속도가 느린 단점이 있다.

```
<name> OBJECT-TYPE
SYNTAX <datatype>
ACCESS <either read-only, read-write, write-only, or not-accessible>
STATUS <either mandatory, optional, or obsolete>
DESCRIPTION
    "Textual description describing this particular managed object."
 ::= { <unique OID that defines this object> }
```

그림 2. MIB 파일의 포맷의 한 예

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

그림 3. MIB파일에서 읽은 장비의 정보 (위: SNMPv1, 아래: SNMPv3)

SNMP를 사용하기 위해서는 장비제조업체에서 제공하는 MIB(Management Information Base) 파일이 필요하다. 이는 장비에 대한 정보 값 OID(Object Identifiers)를 계층구조로 모아놓은 것으로 관리자가 요청하는 정보에 대해 Agent가 제공하는 정보이기도 하다. 간단한 예로 그림 2를 참조

하면 MIB파일은 일정한 포맷을 가지고 있으며, Access등급에 따라 데이터를 읽고, 쓸 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 SNMPv1과 v3를 이용하여 특정 IP를 가진 네트워크 장비의 정보를 모두 읽어오는 snmpwalk 명령어를 실행한 결과이다. SNMPv1과 v3 명령어 길이의 차이는 v1은 community string을 통해 사용자 인증을 하지만 v3는 noAuthNoPriv, authNoPriv, authPriv의 세 종류의 보안 레벨에 따라 username, 암호화 알고리즘인 MD5, SHA로 사용자 인증을 하며, DES, AES 알고리즘을 통해 사용자가 지정한 패스워드 또한 암호화하기 때문이다.

본 연구에 사용된 장비들과 각 장비들이 지원되는 SNMP 버전을 표 1에 요약해 두었다. 여기서 한 가지 특이한 사항은 일반적인 네트워크 장비 범주에 포함되는 장비제조업체들은 SNMP 모든 버전을 지원하나, 그 외 장비들은 특정 버전들만 지원한다는 점이다. 그리고 본 연구에 사용된 시스템 및 소프트웨어는 Debian Linux 7 Wheezy와 NET-SNMP v5.4.3이며, 모니터링 및 제어에 사용되는 환경은 GNU Bash script를 통해 CLI(Command-line Interface)로 사용자 인터페이스를 구성하였다.

표 1. 모니터링에 사용된 장비와 SNMP 버전 (R: Read, W: Write / *: 연구에 사용된 버전)

장비명	지원되는 SNMP 버전
프린터(Xerox, Kyocera)	v1* (R)
WIENER VME CRATE	v1/2c* (R/W)
ELMA VME CRATE	v3* (R)
APC PDU 7921	v1/2c/3* (R/W)

III. 장비 모니터링 결과

가속기 제어 시스템에 사용되는 장비 모니터링에 앞서 이더넷 기반의 프린터의 상태를 모니터링 했다. SNMP 서버 설정은 프린터 디폴트 값을 사용하였다. 그림 4는 SNMPv1(Read)로 테스트한 그 결과이다. 테스트 결과로 프린터의 상태, 용지의 종류와 양, 잉크의 잔여량을 알 수 있다.

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213-MIB::sysUpTime.O = Timeticks: (104141050) 16 days, 16:29:30.50
RFC1213-MIB::sysContact.O = STRING: "Jeong Han Lee, jhlee@lbc.re.kr"
RFC1213-MIB::sysName.O = STRING: "ctrlps2"
```

```
mijoy0909@mjpark: ~
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mjpark:~$ snmpwalk -v 3 -c public 10.1.5.142
RFC1213-MIB::sysDescrFD.O = STRING: "PC Web/SNMP Management Card (MIB:v3.9.2 PF:v3.7.4 PN:apc_hw02_00s_374.bin AF:v3.7.4 AN:apc_hw02_r pdu_374.bin MN:AP7921 H:1B2 SN: ZA1314016022 MD:04/06/2013) "
RFC1213-MIB::sysObjectID.O = OID: PowerNet-MIB::masterSwitchPDU
RFC1213
```

본 연구를 시작하기 전에 VMEbus crate를 제조하는 회사들은 SNMPv3를 지원하지 않았으나, 업체 미팅을 통해 ELMA와 WIENER 제조사가 SNMPv3 지원을 보장하였으며, 이번 연구에서 VMEbus crate의 SNMPv3(Read) 테스트는 ELMA사의 개발 버전을 사용하였다. WIENER사는 현재 SNMPv3 지원모듈을 개발 중이다. 가속기 시설의 특성상 즉각적인 접근이 불가능한 지역이 존재함에 따라 원격으로 장비를 제어할 수 있는 시스템이 필요하며, 다른 장비와는 다르게 VMEbus crate들은 일반적인 모니터링(Read)뿐만 아니라 제어(Write)도 가능해야만 한다. SNMPv3는 특히 읽기/쓰기의 속도가 다른 버전과 비교해 느리기 때문에 계획된 시간 내에 장비를 제어하기 위해서는 장비들의 설치 위치를 선정하는 것이 중요하다.

이러한 이유로 아직 완성되지 않은 개발버전을 앞당겨 테스트를 진행하였으며, 향후 제조사의 모듈 개발이 완료되는 시점에 더 엄밀한 테스트를 시행할 계획이다.



그림 5. VME CRATE (위 : WIENER, 아래 : ELMA)

```
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mpark:~/users/mijoy0909$ ./wiener_test2.sh
*****
*          OPTIONS          *
*****
[1] Status
[2] Main Switch ON/OFF
[3] Change Fan Speed (1200-3600 RPM)
[4] Exit
[0] Help
-> Please enter your choice : 2

- Main Switch : ON
- Fan Speed : 3600 RPM
- Temperature Sensors1 : 27 deg C
- Temperature Sensors2 : 30 deg C

- Voltage
=====
Name      Value      State
-----
U0        3.33 V     On
U1        5.01 V     On
U2       12.23 V     On
U3       12.30 V     On
=====

Enter Fan Speed (0-3600 RPM) :
3600
INTEGER: 3600 RPM

- Main Switch : ON
- Fan Speed : 3600 RPM
- Temperature Sensors1 : 27 deg C
- Temperature Sensors2 : 30 deg C
```

그림 6. WIENER VME Crate 모니터링 결과 (crate상태(R), Fan 스피드 변경(R/W), SNMPv2c)

그림 5는 이번 연구에 사용된 WIENER, ELMA사의 VME Crate이며, 개별 실험 결과는 그림 6, 7에서 살펴볼 수 있다. WIENER Crate는 SNMPv2c(Read/Write)를 실험하였고, VME Crate의 상태, 팬 스피드, 온도 등에 대한 상태 모니터링뿐만 아니라 메인 스위치의 동작과 팬 스피드를 제어할 수 있다.

ELMA Crate는 위에서 언급했듯이 SNMPv3(Read)를 이용하여 테스트하였고, Crate 상태, 온도 등의 상태를 알 수 있다.

```
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mpark:~/users/mijoy0909$ ./elma_test1.sh

- Voltage
=====
#      Name      Value      State
-----
1      "+3.3V"     3.310 V     OK
2      "+5V"       4.980 V     OK
3      "+12V"      12.030 V     OK
4      "-12V"      12.090 V     OK
=====

- Temp
=====
#      Name      Value      State
-----
1      "Temp 1"    34 deg C     OK
2      "Temp 2"    28 deg C     OK
3      "Temp 3"    27 deg C     OK
=====

- Fan
=====
#      Name      Value      State
-----
1      "Fan 1"     2700 RPM     OK
2      "Fan 2"     2700 RPM     OK
3      "Fan 3"     2700 RPM     OK
4      "Fan 4"     3100 RPM     OK
5      "Fan 5"     2700 RPM     OK
6      "Fan 6"     2800 RPM     OK
=====

mijoy0909@mpark:~/users/mijoy0909$ █
```

그림 7. ELMA VME Crate 모니터링 결과 (crate상태(R), SNMPv3)

다양한 버전별 SNMP 서버설정 및 환경설정의 경험을 축적하고자 APC PDU 7921(그림 8)을 추가로 선택하였으며, 그림 9는 모니터링 결과를 나타낸다. 이러한 결과를 통해 장비의 상태, 사용전력, 부하된 전류량 등을 모니터링 할 수 있었으며, 장비에서 지원하는 다양한 상황으로 각 power outlet을 제어 할 수 있었다.



그림 8. APC PDU

```
File Edit View Search Terminal Help
mijoy0909@mpark:~/users/mijoy0909$ ./powernet_test8.sh
*****
*          OPTIONS          *
*****
[1] Status
[2] ON
[3] OFF
[4] Reboot
[5] On with delay
[6] Off with delay
[7] Reboot with delay
[8] Exit
[0] Help
-> Please enter your choice : 1

[1] PDU STATUS
[2] OUTLET STATUS
[3] Back
[4] Exit
[0] Help
-> Select option: 1

Mon Apr 28 19:11:38 KST 2014

System Time           , "19:01:02"
PowerNet Status       , apply power immediately.
Overload Alarm Threshold , 16 Amps
Near Overload Warning Threshold , 12 Amps
Line-to-Line Voltage  , 1000
PowerWatts             , 220
PowerFactor            , 220 Volts
Load Status           , 1.0 Amps
Alarm                  , allAvailablePowerSuppliesOK

[1] PDU STATUS
[2] OUTLET STATUS
[3] Back
[4] Exit
[0] Help
-> Select option: 2

#      Name      Status      Control Outlet Command
-----
1      "Outlet 1"   On          immediateOn
2      "Outlet 2"   On          immediateOn
3      "Outlet 3"   On          immediateOn
4      "Outlet 4"   On          immediateOn
5      "Outlet 5"   On          immediateOn
6      "Outlet 6"   On          immediateOn
7      "Outlet 7"   On          immediateOn
8      "Outlet 8"   On          immediateOn
=====
```

그림 9. APC PDU 모니터링 결과 (PDU상태(R), 환경설정(R/W), SNMPv3)

앞서 SNMPv3는 보안 레벨에 따른 인증과 암호화로 인해 v1, v2c에 비해 속도차이가 있음을 언급했다.

향후 속도 테스트 진행에 앞서 응답속도의 중요도로 인해 SNMP의 모든 버전(v1/2c/3)을 지원하는 장비인 APC PDU 7921을 사용하여 모니터링 및 제어를 하는데 있어서의 속도 테스트를 진행하였다. 테스트를 위한 Bash Script를 구동하기 위한 Debian Linux 서버를 APC PDU 7921과 동일한 스위치에 1m 길이의 Ethernet CAT5 케이블에 연결한 후, v1, v2c는 Read 명령어를 v3는 Read/Write 명령어를 각 1000번 발생시켜 CPU의 응답속도를 측정하였고, 결과는 표 2와 같다. 실험 결과 SNMPv1과 v2c간의 속도차이는 간단한 실험을 통해 서로 비교할 수 없는 오차 범위에 있는 것을 알 수 있고, 실험에서 암호화 및 복호화에 걸리는 시간, 케이블 딜레이, 하드웨어 자체의 속도 및 사용된 Linux OS에 대한 응답속도 차이의 조건이 동일하다는 가정 하에 v3는 타 버전과 비교하여 4배 이상의 속도 차이를 보이고 있다.

표 2. SNMP 버전에 따른 응답시간(wall-clock time)의 차이 (단위: 초)

	v1(R)	v2c(R)	v3(R)	v3(W)
Sample Mean	0.10045	0.10057	0.48998	0.45153
Sample Deviation	0.00409	0.00452	0.01003	0.01030

IV. SNMP와 EPICS의 통합 계획

기본적인 장비 모니터링 및 제어는 SNMP 세 가지 다른 버전을 모두 사용하여 가능성을 확인하였으며, 이상적인 네트워크 구성을 통한 세 버전 간의 속도 차이를 비교해 보았다. 이러한 결과를 바탕으로 실제 가속기 제어 네트워크에 사용하게 될 네트워크 장비와 다양한 Ethernet케이블 길이의 차이에 대한 구체적인 연구를 수행할 계획이다. 또한 VMEbus crates의 제조회사들의 SNMPv3 지원모듈 개발이 완료되면, Crate들의 응답시간에 대한 연구를 수행할 계획이다. 이러한 연구와 병행하여, SNMP와 EPICS와의 통합을 위한 연구도 계획되어 있다. SNMP 자체로 구성된 통합 시스템을 구축할 수도 있으나, 가속기 제어의 기본 Framework이 되는 EPICS와의 통합은 중이온 가속기 중앙 제어 시스템의 일관성, 유지관리의 용이성 및 기술/경험 축적의 관점에서 중요하다. 현재 타 가속기 사이트에서 개발된 EPICS용 SNMP device driver[4]를 사용하여 중이온 가속기에 최적화된 환경을 개발할 계획이다.

V. 결 론

본 연구에서는 SNMP의 개념과 MIB파일의 구조를 이해하고, 버전별 차이와 한 장비의 Read와 Write를 포함한 속도 비교 테스트를 하였으며, 다섯 가지 다른 제조업체의 하드웨어로 네트워크 기반의 장비 모니터링을 연구하며 SNMP의 기능과 유용성을 SNMP와 EPICS 통합에 앞서 확인하였다.

차후 다양한 조건의 네트워크 환경에서 SNMP 버전별 응답속도에 관한 연구를 수행하고, SNMP와 EPICS를 통합 연구를 수행 할 예정이다.

이 논문은 대한민국의 미래창조과학부와 한국연구재단의 재원으로 기초과학연구원 중이온가속기구축사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (2013M7A1A1075764)

참고문헌

- [1] Experimental Physics and Industrial Control System, <http://www.aps.anl.gov/epics/index.php>
- [2] Y.K.Kwon et al., "Status of Rare Isotope Science Project in Korea", *Few Body Syst.* **54**, 961(2013).
- [3] Douglas R. Mauro, Kevin J. Schmidt, *Essential SNMP*. O'Reilly, 2nd ed., 2005.
- [4] John A. Priller, SNMP device driver, <https://groups.nslc.msu.edu/controls/files/devSnm.html> (accessed April 26, 2014).