

OpenCable™ 수신기의 케이블 네트워크를 이용한 센서데이터 실시간 모니터링

김 창훈⁰, 권 재홍, 신 상일, 김 인문¹, 주 병권

고려 대학교 전자전기공학과

¹LG전자 DTV연구소

{choon⁰, jhkwon, lieve21, bkju} @korea.ac.kr, imkim617@lge.com¹

The Real time sensor monitoring using cable network of OpenCable™ receiver

Chang-Hoon Kim⁰, Jae-Hong Kwon, Sang-Il Shin, In-Moon Kim¹ and Byeong-Kwon Ju

College of Engineering, Korea University

¹Digital TV Research Lab., LG Electronics Inc.

요 약

본 논문은 Cable Modem이 Embedded되어 양방향 서비스가 지원되는 방송수신장치인 양방향 Digital Cable수신기의 IP기반의 Network응용프로그램인 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용하여 원격지에서 센서 데이터를 실시간 모니터링하고 Processing 할 수 있는 시스템 개발에 관한 것이다. 센서 는 양방향 Digital Cable수신기의 하나의 장치로서 인식되며 원격지의 Management Server에 센서데이터를 전송 할 수 MIB(Management Information Base)객체로 존재하게 되며 Digital Cable 방송수신장치는 시스템에 대한 정보나 센서데이터에 관한 정보를 전송할 SNMP Agent를 보유하게 되어 케이블 네트워크에서 정보의 전달이 가능하게 된다.

1. 서 론

센서 네트워크는 위치추적, 생태환경 모니터링, Emergency, 각종 설비 등의 현황 등의 다양한 응용에 적용되어 사용 하고 있다. 센서네트워크의 설계는 응용을 고려한 하드웨어와 소프트웨어를 구비하고 있어야 하며 하드웨어 즉 센서 노드는 대상지역을 저비용으로 커버 할 수 있어야 한다. 또한 응용에 적용되는 센서데이터는 실시간으로 신뢰성을 가지고 목적지에 전달되어야 한다. 예를 들면 건물 환경 모니터링을 저비용으로 효과적인 데이터전송을 하려 할 경우 센서 네트워크는 건물의 전 지역을 효과적으로 커버하고 센서데이터 전송의 신뢰도를 높이는 것이 중요한 문제가 된다. 그러나 센서네트워크의 문제점인 배터리 수명과 RF 전송 범위의 제한으로 인하여 일반적으로 전체 건물을 커버하기 위해서는 다수의 센서로 이루어진 네트워크를 구성 해야 한다. 이 경우 무선 통신의 제약으로 인하여 전체 건물을 하나의 센서 네트워크로 구성하기 어려운 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 관리 프로토콜인 SNMP(Simple Network Management Protocol)의 정보 전달 기법과 저장 기능이 있는 양방향 Digital Cable 수신기에 센서데이터를 전달하여 원격지에서 실시간 모니터링 할 수 있는 시스템을 연구하였다.

양방향 Digital Cable 수신기는 미국의 비영리 연구기관인 Cable Television Laboratories, Inc. (CableLabs®)의 OpenCable™ 규격으로 고품질의 Digital Cable방송과 콘텐츠를 제공 하기 위해 제정한 규격이다. 기존의 단 방향 Digital Cable방송 수신기의

경우 단 방향 Set Top Box나 Set Top Box를 대신 할 수 있는 CableCARD™를 장착한 TV를 통하여 방송과 콘텐츠를 단 방향으로 수신 할 수 있었으나 PPV, VOD와 같은 양방향서비스는 제공 할 수 없었다. OpenCable™ 규격이 적용된 양방향 Digital Cable방송 수신기의 경우 QPSK로 Modulation되는 FDC(Forward Data Channel: Out-Of-Band)과 함께 RDC또는 DOCSIS표준을 따르는 Return channel을 가지고 있다.[1] Cable Modem은 DOCSIS규격에 따르는 ASIC의 형태로 수신기에 Embedded되어 있어서 Cable Modem은 DHCP Server를 통하여 IP를 획득하게 되며 수신기도 Embedded Cable Modem과 DHCP Daemon을 이용하여 CMTS로부터 IP를 획득 할 수 있게 된다. 즉 Digital Cable방송 수신기는 CMTS에 연결되어 있는 케이블 네트워크상의 장치들과 IP통신을 할 수 있는 환경을 갖추게 된 것이다. 이는 기존의 단 방향 수신기가 수신했던 방송과 콘텐츠의 영역과 함께 부가적인 데이터 서비스를 할 수 있는 네트워크 환경이 적용된 시스템이라고 할 수 있다.

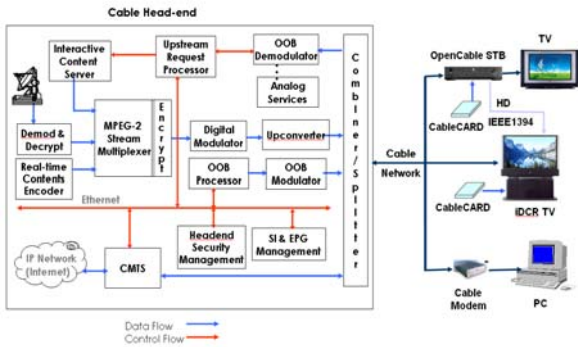


그림 1. Digital Cable System

2. 본론

2.1 System 구성

시스템 구성은 다음과 같다. 첫 번째로 센서데이터를 sensing하기 위한 하드웨어 구성은 다음과 같다. 센서데이터를 sensing하기 위하여 Mica2 mote를 사용하여 센서보드는 MTS300을 이용한다. MTS300은 빛, 온도, acoustic 데이터를 sensing할 수 있다. Mica2 mote는 UC버클리에서 개발한 TinyOS 기반의 무선장치이며 전원은 AA배터리 2개를 사용한다. Radio는 CC1000을 사용하며 RF Power는 설정에 따라서 -20dBm에서 10dBm의 Dynamic Range를 가지고 있다. 센서보드를 탑재한 mote는 센서 데이터를 sensing하여 데이터를 베이스센서 모듈로 전송하게 된다. [2] 베이스 노드는 수신된 데이터를 Digital Cable수신기로 전달하는 역할을 하게 된다. 그리고 원격지에서 실시간으로 Digital Cable수신기로 전송되는 센서 데이터를 모니터링 하기 위하여 Embedded Linux가 탑재된 단말기를 사용하였으며 Cisco CMTS를 이용하여 그림 2와 같이 Cable Network망을 구성하였다. 다음은 실험에서 케이블 네트워크망을 구성하기 위해 사용한 시스템 환경 구성이다.

- Linux Kernel 2.6.11
- Net-SNMP 5.2.2
- Cisco CMTS (UBR 7246)
- Cable Modem
- MG-SOFT MIB Browser



그림 2. Cable Network구성

2.2 SNMP(Simple Network Management Protocol)

SNMP는 네트워크 디바이스간의 관리를 위한 정보를 주고 받기 위한 TCP/IP 어플리케이션 레이어 프로토콜로서 네트워크에서 발생 할 수 있는 문제점을

발견하고 Performance 관리를 위한 것이다. SNMP가 관리하는 네트워크는 크게 디바이스와 에이전트 그리고 network management system (NMS)으로 이루어진다. 디바이스는 네트워크의 노드로서 정보를 저장하고 NMS가 SNMP를 이용 할 수 있도록 정보를 관리하는 기능을 가지고 있다. 디바이스는 라우터나 엑세스 서버, 브리지, 허브 등 다양한 디바이스들이 해당된다.

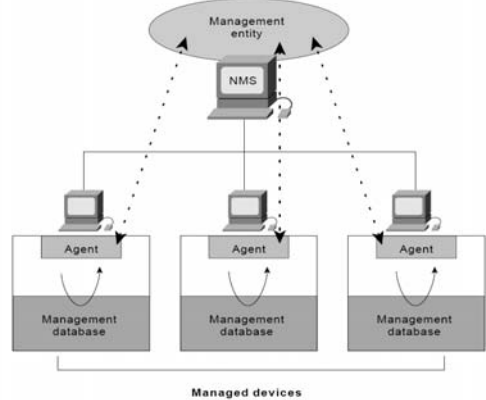


그림 3.SNMP-Managed Network

그림 3과 같이 에이전트는 네트워크 관리를 위한 소프트웨어 모듈로서 디바이스에서 정보를 관리하고 SNMP에서 이용 할 수 있는 정보로 변환시키는 역할을 수행한다. NMS는 디바이스를 관리하고 모니터 하기 위한 어플리케이션을 실행하는 역할을 수행한다. 이러한 요소들을 이용하는 SNMP는 read, write, trap의 대표적 명령어를 이용하여 디바이스를 제어하게 된다. read 커맨드는 디바이스의 관리를 위한 variables의 차이를 NMS가 검사 할 수 있도록 하는 명령어이며 디바이스의 변화된 variables값을 저장하는 write명령어가 있다. trap명령어는 디바이스가 event가 발생하였을 경우 NMS에 asynchronous로 알려 주기 위한 명령어이다. SNMP의 기본적인 정보는 Management Information Base (MIB)라는 계층적인 정보구조를 access하는 구조를 가지고 있으며 이는 object ID의 구분에 의해 결정되어 디바이스의 specific한 정보를 가지게 된다. [3] NMS가 정보를 획득하기 위하여 에이전트에 정보를 요청하면 에이전트는 NMS가 보내온 요청에 대하여 에이전트에 해당되는 객체인지의 여부를 판단하여 디바이스가 관리하는 MIB내의 정보를 NMS에 전달하게 되는 동작을 하게 된다.

2.3 Digital Cable수신기에서의 Sensor Data처리

그림4와 같은 실험구성에서 센서보드는 빛, 온도, acoustic 데이터를 MTS300보드에서 수집 하게 되며 이렇게 수집 되어진 정보는 CC1000의 모듈레이션을 통하여 RF로 데이터를 전송한다. RF로 전송되는 데이터는 베이스 노드로 전송 되어 지게 되며 베이스 노드는 센서보드가 수집한 정보를 RS-232통신을 통하여 Digital Cable수신기로 데이터를 전달하게 된다. 실험에서는 RS-232를 통하여 데이터를 전달하는

방법은 Digital Cable수신기내로 베이스 노드를 embedded하게 될 것이다. 전달된 센서 raw데이터는 헤더부와 데이터부를 리얼타임으로 Digital Cable수신기의 시스템에 저장되게 되며 저장된 데이터는 Digital Cable수신기의 Linux Kernel파일 시스템인 Proc File System을 이용하여 가상파일 시스템으로 실시간으로 유지하게 된다. Digital Cable수신기는 이를 데이터 객체 정보로 항상 관리되고 NMS가 데이터를 요청하면 이에 응답하는 구조를 가진다. 수신기의 에이전트를 구성하기 위하여서는 SNMP에이전트를 구성 해야하며 이를 위해서 UDC-SNMP의 후속버전이라 할 수 있는 OS에 따르는 스크립트를 적용하여 Net-SNMP를 이용하여 에이전트를 구성하였다.[5]

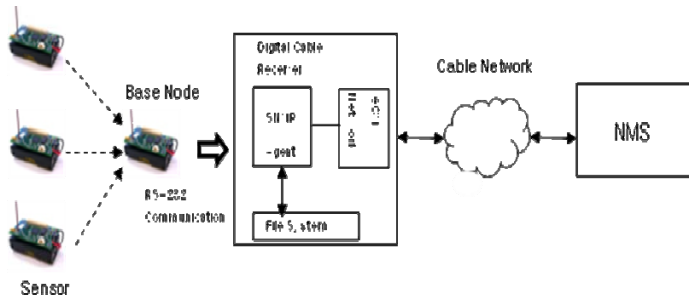


그림 4. Sensor Data와 Digital Cable수신기

3. 보드제작 및 결과

시스템의 구성

센서 베이스노드와 연결되는 Digital Cable수신기는 다음과 같은 구조를 가지고 있다.

- MIPS CPU 500MHz
- DDR SDRAM Memory 333MHz
- Antenna/Cable RF Inputs
- Supports all core functions required to OpenCable™ Specification
- OOB & DSG Up/Down Interface
- DOCSIS 2.0 Cable Modem with DSG functionality
- PDP Display of 16x9 Aspect Ratio

이러한 구조를 가지는 Digital Cable수신기는 센서데이터를 처리하고 케이블 네트워크를 통한 SNMP통신을 하기 위해 그림5와 같은 블록도로 구성되어 있다.[1]

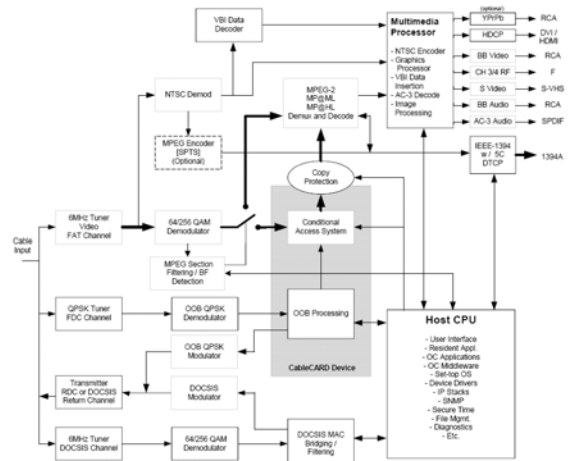


그림 5. Digital Cable Receiver Block Diagram

그림6은 OpenCable™ 규격에서 규정하는 기능을 지원함과 동시에 케이블 네트워크를 통한 센서데이터 처리를 위한 보드의 실제 동작 연결도 이다.

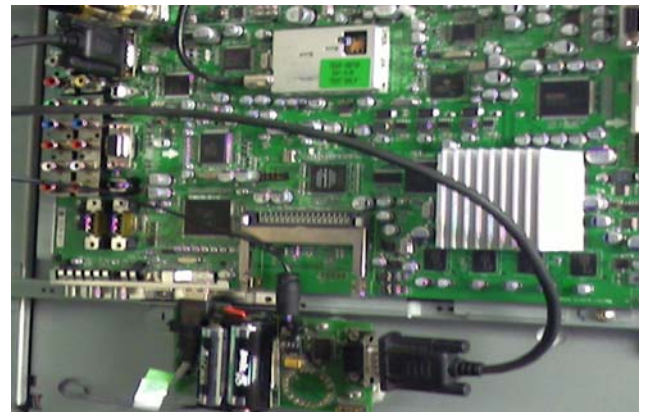


그림 6. 센서 및 Digital Cable Receiver보드

그림6과 같은 시스템을 이용하여 케이블네트워크를 통한 센서데이터 전송실험을 수행하여 Digital Cable수신기에서 원격지 실시간 모니터링을 할 수 있었다.

```

/lg/app $
/lg/app $ cd /proc/idcr/
/proc/idcr $ ls -al
dr-xr-xr-x  2 0      0      0 Jan 1 00:14 .
dr-xr-xr-x 120 0      0      0 Jan 1 2000 ..
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 AnalogVideo
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 AvInterface
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 DV/HDMI
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 IEEE1394
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 IEEE1394CDT
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 IrbibCardProc
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 IrbibAdminStatusProc
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 InbandTuner
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 IrbibCardProc
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 Mpeg2Content
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 ProgramStatus
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 Scalar
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 Spdif
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 SwAppInfo
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 SystemMemoryReport
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 System
-rwxrwxrwx  1 0      0      0 Jan 1 00:14 Temperature
/proc/idcr $ cat Temperature
i Room-312 23 0
/proc/idcr $
    
```

그림 7. Proc File System

그림7은 Digital Cable수신 시스템의 Proc파일

시스템을 표시 한 것이다. Proc파일 시스템은 Agent Daemon에 센서 데이터의 정보를 전달하기 위하여 선택한 파일 시스템이다.[6] 그림7 에서 각 값의 의미는 MIB Browser 의 Sensor Table 과 연동된 값이다..

```

/lg/app $
/lg/app $ ps
PID Uid VmSize Stat Command
1 root 724 S init
2 root SWN [ksoftirqd/0]
3 root SWK [events/0]
4 root SWK [khelper]
9 root SWK [kthread]
16 root SWK [kblockd/0]
29 root SW [khubd]
65 root SW [pdflush]
66 root SW [pdflush]
68 root SWK [aio/0]
67 root SW [kswapd0]
72 root SW [kseriod]
87 root SW [mtdblockd]
122 root SWK [rpciod/0]
140 root 792 S /usr/sbin/inetd
164 root 892 S -sh
165 root 20144 S ./ldcr
269 root 2884 S /lg/app/snmpd -c /tmp/snmpd.conf -p /tmp/SnmpPID
276 root 880 S /bin/sh --norc
277 root 836 R ps
/lg/app $
    
```

그림 8. SNMP Daemon Process

그림8은 Pid 269 에 활성화 되어 있는 SNMP Daemon Process를 표시 한 것이다.

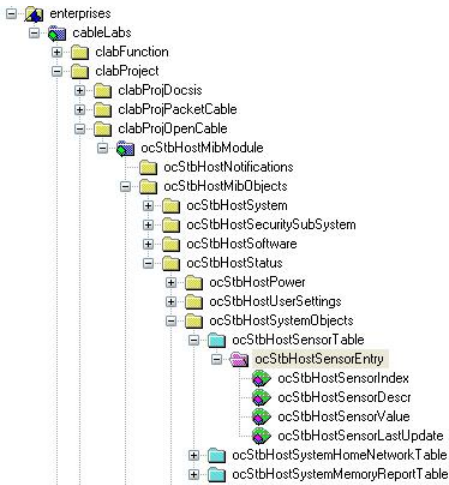


그림 9. mib browser로 실시간 센서 상태확인

그림 9는 케이블 네트워크가 구성된 실험환경에서 Digital Cable 수신기의 상태를 원격지에서 모니터링 할 수 있는 MIB Browser 에 Sensor Table 을 추가한 것이다. 수신기에서 센서 디바이스는 Proc File System 에 해당 값들은 주기적으로 Update 한다. 이후, MIB Browser 를 통하여 NMS 에서 센서에 관한 정보를 요구하면, Agent 는 Proc File System 에서 해당 값을 load 하고, IP network 망을 통하여 응답하게 된다. 각 필드의 의미는 다음과 같다.

- Index : 센서 개수
- Descr: 센서가 설치된 Room Number
- Sensor Value: 섭씨온도
- Last Update: 마지막 업데이트 된 시간

케이블 네트워크 실험환경에서 센서는 아래와 같이 구성하여 실험실 환경에서 측정을 실시 하였다.

- Number of nodes:3 sensor nodes + 1 gateway
- Tools
 - Mica2 motes
 - Cywin, TinyOS 1.1.15

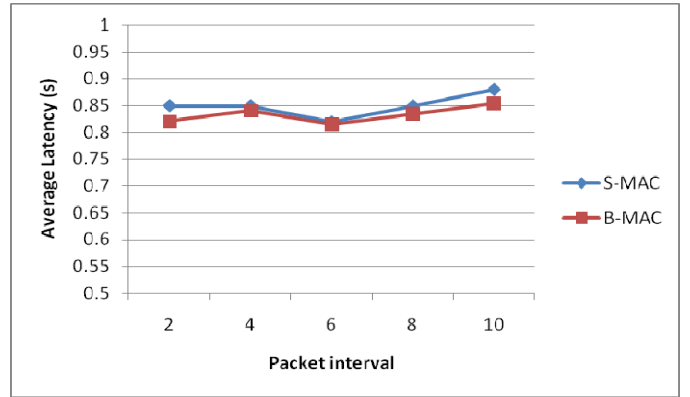


그림 10. Average latency

Average latency의 경우 그림10에서와 같이 S-MAC과 B-MAC 모두 wakeup 주기를 1.5초로 하여 비슷한 성능을 보였으며 RTS/CTS의 control packet을 사용으로 인하여 데이터 수신 완료 시점이 약간 늦어지게 되어 S-MAC을 적용한 경우가 B-MAC에 비해 약간 높은 latency를 가지게 된다.

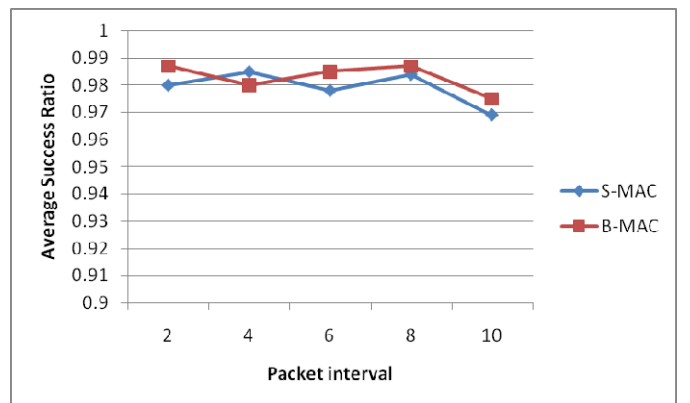


그림 11. Average success ratio

Average success ratio는 그림 11에서와 같이 두 protocol 모두 높은 success ratio를 나타내고 있으며 channel 환경, traffic load, environment등의 ratio에 영향에 주는 요소들로 인한 성능 편차가 본 실험에서는 실험실 환경에서 대부분 제거되므로 높은 성능을 보였다. 그러나 실제 필드환경에서도 센서구성을 최적화 하면 success ratio는 크게 떨어지지 않을 것이다.

4. 결론

건물이나 사무실과 같은 환경의 홈 네트워크를 구축에 있어서 네트워크를 운용 하기 위한 비용과 더불어서 전체 네트워크를 구성 하기 위한 설치비용 또한 문제가 된다. 이러한 문제점을 보완 할 수 있는 기술이 Digital Cable수신기의 케이블 네트워크를 혼용한 기술이 될 수 있으며 이는 설치 및 운용비용의 효율성을 증대 시킬 수 있다. Digital Cable Receiver의 SNMP를 이용한 센서데이터 모니터링 방법은 이를 해결하기 위한 방법이 될 수 있으며 Digital Cable Receiver와 케이블 네트워크를 활용하여 센서 네트워크를 다수의 소규모 네트워크로 분할함으로써 기존의 실시간 센서 모니터링의 비용문제와 안정된 데이터 전송을 확보 할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] OC-SP-HOST2.0-CFR-I06
OpenCable™ Host Device 2.0 Core Functional Requirements.
- [2] MTS/MDA Sensor Board User's Manual 7430-0020-03 Rev. B, Crossbow.
- [3] Internetworking Technologies Handbook, CISCO
- [4] Douglas R. Mauro and Kevin J. Schmidt, "Essential SNMP", O'Reilly Media, Inc 2005.
- [5] www.net-snmp.org
- [6] 유영창, "리눅스 디바이스 드라이버", 한빛미디어.