Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 12, No. 5 pp. 2367-2374, 2011

DOI: 10.5762/KAIS.2011.12.5.2367

저전력 기술을 이용한 스마트 셋톱박스 설계 및 운영방법에 관한 연구

김정재[1*], 윤정미[1], 이상학[1]
[1]전자부품연구원

A Study on the Smart STB design and operating methods using low-power technology

Jeong-Jai KIM[1*], Jung-Mi, Yun[1] and Sang-Hak Lee[1]
[1]**Korea Electronics Technology Institute**

요 약 오늘날의 디지털 방송은 DVB-SI 표준을 기반으로 한 양방향 방송을 서비스하고 있다. 하지만 전력을 사용하는 셋톱박스의 경우 사용자가 사용하지 않는 시간대에 소비되는 대기전력의 낭비가 매우 심각해지고 있다. 이에 따라 국내외 모두 에너지 절감을 위한 녹색 정책을 적극적으로 추진하고 있지만, 고기능성 셋톱박스의 경우 내부 소프트웨어를 자동으로 업데이트 하기위해 적절한 스케줄링 기술이 나와 있지 않으며, 전력사용량 또한 기준치에 부합되지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 현재 셋톱박스에 대한 기술 및 문제점을 분석하고, 전력사용 기준치에 합당한 셋톱박스 설계 방안과 자동 소프트웨어 설치 운영방법을 제시한다.

Abstract Today's digital broadcasting services based on DVB-SI standard are provided a two-way broadcast. However, using the power of STB if the user does not use a waste of time spent on standby power is becoming a serious problem. Accordingly, for energy savings both at home and abroad to actively promote green policies, but highly functional STB, the internal software to automatically update the appropriate scheduling techniques are not shown, power usage does not meet the standard can. Therefore, In this paper We analyze the current STB technology and the problems, as proper use of power to the standard STB design scheme and the automatic software installation method of operation is presented.

Key Words : Low Power, Settop Box, Active Standby, Passive Standby

1. 서론

1935년 영국과 독일에서 시작된 아날로그의 방송기술의 기점으로 오늘날에는 디지털 방송은 DVB-SI(Digital Video Broadcasting - Service Information) 표준을 기반으로 한 양방향 방송을 서비스하고 있다. DVB-SI 표준은 DVB-T(Terrestrial : 지상파), DVB-S(Satellite : 위성), DVB-C(Cable : 케이블), DVB-IPTV 등으로 사용용도에 맞게 수정되어 사용하고 있으며, 고화질 방송 및 부가정보 지원 서비스형태로 진화되었다.

하지만, 이러한 부가서비스를 받으려면 사용자가 빈번히 특정 서비스 프로그램을 찾아 설치해야 하며, 자동 업데이트 서비스를 지원하는 경우 항상 대기전력(콘센트에 연결된 전자제품의 전원이 OFF 되어 있더라도, 소비되고 있는 전력)을 소모하는 방법으로 제공되는 문제점이 있다. 특히 사용자가 사용하지 않는 시간대에 소비되는 대기전력의 낭비가 매우 심각해지고 있어 '에너지 위기'라는 표현이 각 방송매체마다 매번 나오고 있는 실정이다 [1, 2].

이에 따라 주요 선진국에서는 에너지 절감을 위한 녹

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (2010T100200175)
*교신저자 : 김정재(argniss@ssu.ac.kr)
접수일 11년 03월 21일 수정일 11년 04월 08일 게재확정일 11년 05월 12일

색 정책을 적극적으로 추진하고 있으며, 국내의 경우 2004년 정부는 “대기전력 낭비를 막기 위해 2010년까지 모든 전자제품의 대기전력을 1W 이하로 할 수 있도록 대기전력 절약기술 개발에 강력한 의지를 공식적으로 선포”한 바 있으며, 모든 전력소비 제품에 대해 단계적으로 절감하는 기술을 의무화하고 이에 대한 개선을 위해 대기전력 프로그램을 통해 최근 정부에서 내세우는 녹색성장과 이산화탄소 배출량의 감축에 큰 기여를 하고 있다. 특히 대기전력경고표시제 시행을 통해 대기전력 경고표지제품은 시장점유율의 1%에 불과하지만, 셋톱박스의 경우는 방송 서비스 사업자가 임의적으로 셋톱박스를 설치하고 있으며, 대부분의 셋톱박스는 대기모드 시 10W 수준의 전력을 소비하고 있다. 이는 정상모드 대비 10~20% 정도의 전력 절감밖에 이루어지지 않고 있으며, 기준에 맞는 대기전력 사용량이 1W를 만족 시키더라도 역률을 고려하지 않는 문제가 빈번히 발생하고 있다. 또한, 해외에서 만들어진 하드웨어를 셋톱박스 내에 사용하고 있는 부품의 수가 매우 많아 국내 기준과는 무관한 설정들이 대부분이어서 이를 적용하여 국내 실정에 맞게 다시 설계하고 제작하는 것은 거의 불가능에 가깝다. 소비자의 경우는 가정 내의 TV 시청시간은 최대 하루의 1/3 정도이며, 나머지 대부분의 시간을 시청하지 않는 대기모드 상태로 동작하고 있으며, 셋톱박스의 발전방향이 하이브리드화, 고기능/복합화 함으로써 소비전력이 더욱 증가하고 있으므로 에너지 소비 절감이 시급하다.

따라서 본 논문에서는 저전력 셋톱박스를 구현하기 위한 기본 설계와 이에 부합되는 스케줄링 기법에 대한 가이드라인을 제시한다.

2. 관련 연구

북미(Energy Star), 유럽(EU-EuP)은 전기를 소비하는 기기의 전력 저감을 위한 정책을 이미 추진하고 있으며, 셋톱박스의 연간소비전력의 최대허용치를 규제함으로써 수동대기모드, 능동대기모드, 능동모드 모두 소비전력을 절감을 의무화하고 있다[6].

[표 1] 셋톱박스 전원관리 모드 종류

구분	개념
수동 대기모드	리모컨을 이용해 전원을 켜고, 타이머만 동작하는 모드
능동 대기모드	네트워크로 연결된 장비의 경우 전원을 꺼도 외부의 통신신호를 주고받을 수 있는 상태
능동 모드	모든 동작이 원활이 동작하는 모드

2.1 에너지 관련 정책

에너지절약과 지구환경 보호를 위해 세계 각국은 에너지절약제품 보급 확대를 위한 여러 제도를 시행하고 있으며, 제품에 대한 에너지 소비효율이나 에너지비용을 나타내는 라벨 표시와 함께 저효율제품은 시장유통을 금지하는 최저효율제를 실행하고 있다[7]. 국내의 경우는 2008년 8월부터 세계 최초로 강제적인 전자제품의 “대기전력 경고 표시제”시행과 레이블 부착/표시를 의무화하고 있으며, "대기전력 저감 프로그램 운영규정"에 따르면 셋톱박스 품목은 다음과 같이 능동 대기모드에 대해서는 강제 규정을, 수동 대기모드에 대해서는 권장 규정을 적용하고 있다[3,4].

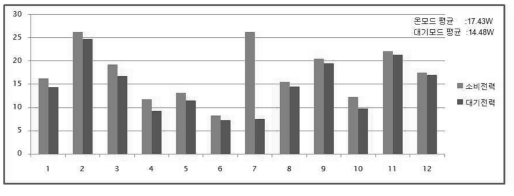
[그림 1] 전 세계 에너지 관련 정책 라벨

2.2 셋톱박스 관련 동향

2.2.1 셋톱박스 소비전력

국내 셋톱박스의 능동대기모드 평균 소비전력은 14.48W(2008년 7월 기준)로 일반적인 영상 가전기기의 평균 1W보다 14배 이상을 소비하고 있다. 특히 네트워크와 융합된 복합 셋톱박스의 수요증가에 따라 다양한 주변장치의 연결과 부가서비스로 인해 향후 셋톱박스의 소비전력은 지속적으로 증가되어 질 것이라고 판단된다.

그러나 그림 2에서와 같이 대기모드를 지원하는 셋톱박스의 경우 능동모드와 대기모드의 전력 차는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 방송 사업자마다 요구 사항이 제각각이여서, 대기모드에 대한 명확한 정의와 능동대기모드에 대한 연구개발이 아직 미흡한 상태이다. 또한 외국제품의 SoC에서 전력감소를 위해 CPU에서 전력을 낮춰주는 기능인 클록다운 기능이 있음에도 국내에서는 이를 활용한 제품이 아직 없는 것도 문제점으로 지적되고 있다.



[그림 2] 국내 셋톱박스의 소비전력 비교

이와는 반대로 해외의 경우는 1W 안팎의 수동 대기모드를 지원하는 셋톱박스가 이미 개발되어 있으며, 인텔사는 자사 플랫폼 기반에서 전력 효율성 증진을 위한 오픈소스 개발 커뮤니티를 출범하여 운영하고 있다[8]. 하지만, 이러한 노력에도 아직 상용화 단계에는 접어들지 못하고 있으며, 미국에서는 셋톱박스의 소비전력이 아직도 16W 수준으로 PC와 비슷한 대기전력 수준으로 머물러 있다.

2.2.2 저전력 셋톱박스 칩셋 기술

국내 셋톱박스 생산업체들은 대부분 해외 공급자의 칩셋을 사용하여 셋톱박스를 생산하고 있으며, 칩셋기능의 일부분인 MPEG-디코더, RF, 디모듈레이터 등 몇 개에 대해서만 개발진행이 되고 있으며, 아직 SoC 개발은 진행되지 않고 있다.

해외의 경우 여러 벤더 업체에서 다기능형 전력관리 기능 및 자체 전력 절감 알고리즘을 내장한 셋톱박스 플랫폼용 SoC가 이미 상용화되고 있다.

2.2.3 셋톱박스의 소프트웨어 업데이트 기술

데이터 방송이 상용화됨에 따라 방송매체를 통한 양방향 서비스가 많이 제시되었다. 셋톱박스의 경우 현재까지는 VOD 서비스가 대부분이었지만, 구글과 애플의 앱스토어 기술 및 셋톱박스와 관련된 IPTV 시장 진출을 선언함으로써 사용자가 필요로 하는 부가정보 서비스 및 소프트웨어 업데이트 기술이 많이 활발해 질 것으로 판단된다. 또한, IPTV가 아닌 위성이나 케이블 관련 디지털 방송 역시 여러 서비스 모델이 나타나고 있으며, 인프라에 맞는 소프트웨어의 필요성이 대두되면서 여러 가지 업데이트 기술이 등장하게 되었다[5].

2.2.4 셋톱박스 전원공급기

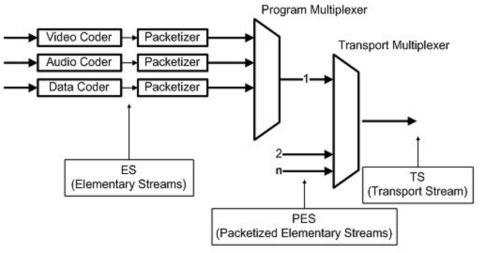
국제 에너지 기구에서는 모든 가전기기 및 전력기기에 대기전력을 1W 이하로 줄이도록 권고함으로 인해 많은 제품들이 이를 지원하고 있다.

하지만, 대부분의 국내제품의 경우 1W 이하의 대기전력을 사용하더라도 전원공급기는 수W정도의 플라이백 컨버터(Flyback Converter)와 같은 전원회로를 추가로 사용하고 있으며 이는 실질적인 시장 확산의 걸림돌로 작용하고 있다.

2.3 디지털 방송표준

2.3.1 MPEG-2 TS(Transport Stream)

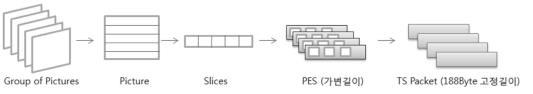
MPEG-2 구조는 그림 3에서와 같이 영상 데이터와 음성 데이터, 부가정보인 데이터를 프로그램 멀티플렉서를 이용하여 하나의 방송신호로 만들게 되고, 이러한 방송정보를 다시 전송 멀티플렉서를 거쳐 하나의 스트림으로 다중화 하는 방식으로 사용하고 있다.



[그림 3] MPEG-2 TS 구조

즉 여러 개의 방송프로그램이 하나의 스트림 정보로 합쳐지며, 다중화 방송 서비스를 실현할 수 있도록 구조화 되어졌다.

그림 4에서와 같이 여러 채널의 정보를 조금씩 세분호화 한 정보로써 188Byte 크기의 단위패킷 구조를 가지고 있으며, 이러한 패킷 내용 안에는 식별자, 비디오, 오디오, 데이터 모든 정보가 분할되어 들어가 있다.



[그림 4] TS Packet 생성방법

이러한 TS 패킷은 크게 패킷에 대한 구조를 설명하는 헤더(Header)부와 데이터들로 구성되는 페이로드(Payload)로 구성되고 패킷 식별자 정보를 통해 영상신호, 음성신호, 사용자 데이터 정보로 추출되며 구성방법은 PSI(Program Specific Information)라고 표준 방법을 이용하여 생성되어 진다[10].

- MPEG-2 PSI 구성요소
- PAT(Program Association Table) : 각각의 서비스에 해당하는 PMT 위치를 가리키며, TS마다 1개씩 존재
- CAT(Conditional Access Table) : 수신 제한 시스템에 대한 정보를 제공하며, 암호화에 관련된 정보를 가지고 있음
- PMT(Program Map Table) : 각 서비스마다 존재하며, 해당 서비스를 구성하는 영상과 음성정보를 담

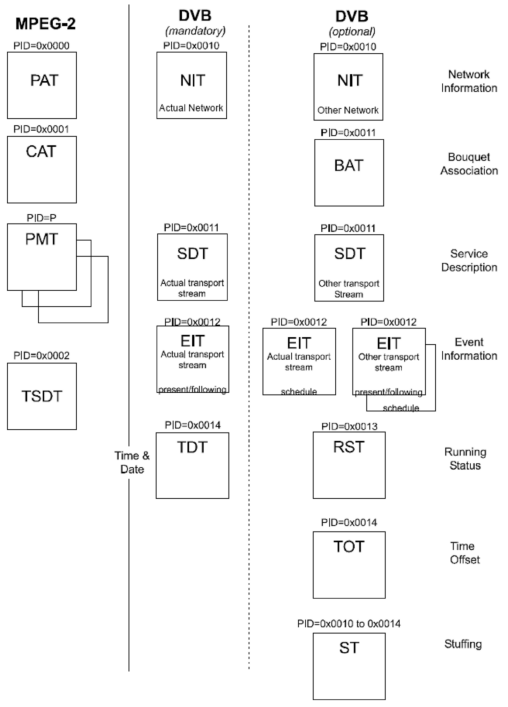
고 있는 패킷의 PID를 가지고 있음

- TSDT(Transport Stream Description Table) : 선택적으로 사용되는 테이블로써 하나 또는 그 이상의 TS 신호에 대한 정보를 포함

2.3.2 DVB-SI(Digital Video Broadcasting - Service Information)

DVB-SI는 유럽에서 제안된 디지털 방송 전송 표준으로써 TS 내에 프로그램 데이터와 TS를 설명하는 안내 데이터를 포함하고 있다[9].

MPEG-2 PSI는 전부 4개의 테이블로 구성되어져 있지만, DVB-SI 구조는 전부 7개의 테이블로 구성되어 있으며 각 기능은 다음과 같다.



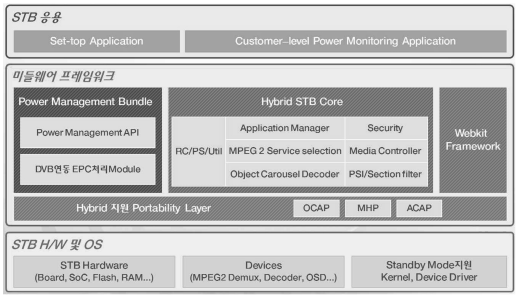
[그림 5] MPEG-2 PSI와 DVB-SI 구조 비교

- DVB-SI 구성요소
- NIT(Network Information Table) : 네트워크에서 송출되는 TS의 물리적 구성과 네트워크 특성 정보를 포함
- BAT(Bouquet Association Table) : 1 개 또는 몇 개의 채널을 하나의 그룹으로 지정하는 역할로써 그룹의 이름과 서비스 목록에 대한 정보를 가지고 있음
- SDT(Service Description Table) : 각 서비스(채널)에 대한 정보를 가지며, 서비스이름, 서비스 제공자에 대한 정보를 포함
- EIT (Event Information Table) : 이벤트 정보로써 EPG(Electronic Program Guide)가 여기에 포함
- RST(Running Status Table) : 현재 방송 중인지 여부를 가지고 있는 테이블
- TDT(Time Date Table), TOT(Time Offset Table) : 시간 값을 설정하는 테이블과 현지시간과의 편차를 가지는 정보 테이블
- ST(Stuffing Table) : 의미 없는 데이터 영역을 채우는데 사용

3. 저전력 셋톱박스 시스템 구조

3.1 셋톱박스 전체 Frame 설계

대기모드 지원 셋톱박스를 개발하기 위해서는 그림 6에서와 같이 운영체제 및 하드웨어의 구조, 셋톱박스 미들웨어 프레임워크, 셋톱박스 응용 구조를 가져야 하며, 대기모드 시 사용되는 하드웨어와 사용하지 않는 하드웨어를 정확히 분리시키는 방식으로 구분되어져야 한다.



[그림 6] 셋톱박스 전체 구성방안

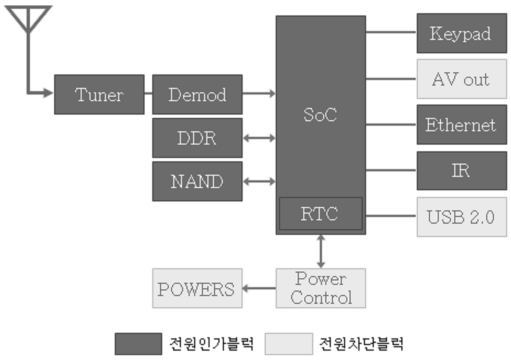
3.2 셋톱박스 하드웨어 구조 및 운영체제 계층

3.2.1 저전력 셋톱박스 하드웨어

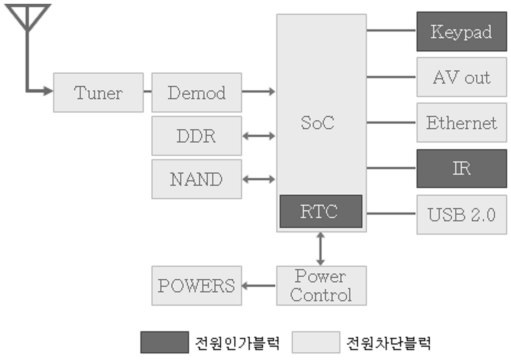
예전의 셋톱박스는 전원 단순 온/오프 방식으로 나누어졌다면, 저전력 셋톱박스는 표 1에서도 언급하였듯이 대기모드 상태가 능동대기모드 및 수동대기모드로 나뉘어 사용되어져야 한다.

그림 7에서는 능동대기 모드 시 SoC 동작 클록 속도를 낮추며, 전원 관리부는 피드백 형태를 통해 능동모드 시 보다 적은 전력만을 공급하도록 제어하고, 비디오 출력부인 코덱 관련 회로 쪽과 외부입력장치 관련 전원부

를 차단하는 부분이며, 그림 8에서는 수동대기 모드 시에는 사용자의 전원인가 확인 여부만을 체크하면 되기 때문에, 리모컨과 키패드, 타이머만 동작하는 부분이다.

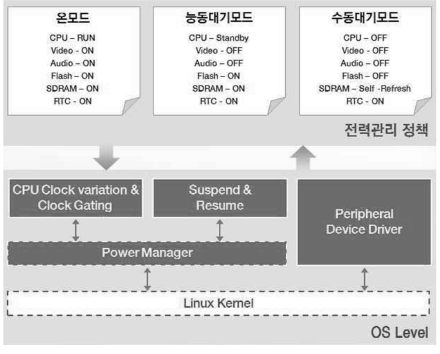


[그림 7] 능동대기 모드시 전원인가 블록



[그림 8] 수동대기 모드시 전원인가 블록

3.2.1 셋톱박스 운영체제



[그림 9] 운영체제 기반의 전력관리정책

대기모드 지원 저전력 셋톱박스 운영체제는 각종 하드웨어에서 대기모드 진입 시 전력 절감을 할 수 있는 커널 기술 구조로 개발돼야 하며, 대기모드 전환 및 능동모드 전환 시 걸리는 지연시간 개선이 필요하다.

3.3 셋톱박스 응용 계층

DVB-SI 에서 추출된 EPG 내용은 크게 2가지 부분으로 구분되어져야 한다. 하나는 지금 사용되는 방송정보의 내용이며, 나머지 하나는 셋톱박스 OS에 해당하는 애플리케이션 업데이트, 운영체제 커널 업데이트, 하드웨어 펌웨어 업데이트와 같은 정보이다.

[그림 10] EIT 정보

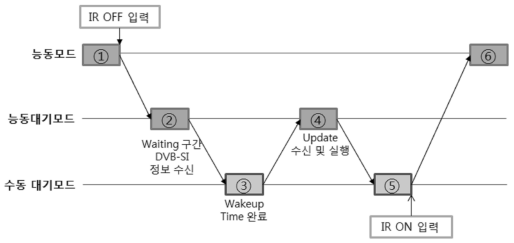
이와 같은 기술을 반영하기 위해 방송 송신측에서 EIT(Event Information Table)의 내용을 수정하여 대기모드 지원 프로토콜 규격을 다시 설계되어야 한다.

3.4 셋톱박스 M/W Framework 계층

셋톱박스 미들웨어 프레임워크는 셋톱박스 응용 계층과 운영체제 및 각종 디바이스와 서로 통신할 수 있는 중간 매개체 역할을 하며, 저전력 관리모드 등의 다음 기술을 지원하도록 해야 한다.

- EPG 정보 동기화 및 F/W, S/W 업그레이드를 위한 운영기술 개발
- 지속적인 EPG 데이터 수신
- 사용자별/시간기반 전력 소비패턴 분석
- PSI(Program Specific Information)등 방송장비의 저전력 운영기술 및 프로토콜 개발
- Open Cable, Open IPTV 등을 통한 방송 프로토콜 표준화

DVB-SI 정보 중 EIT 정보를 이용하여 셋톱박스의 커널 업데이트 데이터, 부가 소프트웨어의 업데이트 데이터 등을 수행하기 위해 그림 11에서와 같이 셋톱박스의 운영 스케줄링 기법이 필요하다.



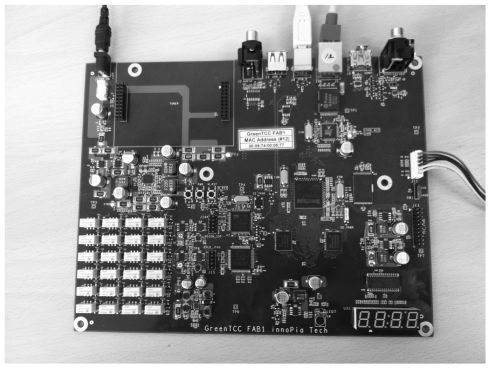
[그림 11] 저전력 셋톱박스 운영 스케줄링 기법

능동 모드에서 사용자가 TV를 시청하고 있을 때의 동작 상태이며, 사용자가 리모컨 등의 입력장치를 통해 OFF 신호를 입력받으면 능동대기 모드 상태로 들어간다. 능동대기 모드 시 그림 11에서 언급된 바와 같이 비디오와 관련된 장치는 전원을 끄고, 네트워크 수신부 및 CPU 관련 처리기는 전원이 아직 들어가 있는 상태이다. 능동대기 상태에서 수신된 DVB-SI 정보를 수신하면서 커널이나 소프트웨어 업데이트 송신시간을 입력받게 되면 남은 시간 동안은 수동 대기모드 상태로 접어들게 되며, 전력을 최소화한다. 업데이트 시간이 다가오면 다시 능동대기모드로 전환하여 업데이트 데이터를 수신 받고 설치를 진행하며, 설치가 완료되면 다시 DVB-SI 입력신호를 통해 다음 업데이트 관련 시간을 입력받는다. 만약 업데이트 관련 스케줄이 없으면 다시 수동 대기모드로 전환한다. 또한, 업데이트 관련 알림정보는 일정 시간 간격으로 방송국에서 송출하는 방법으로 진행돼야 한다.

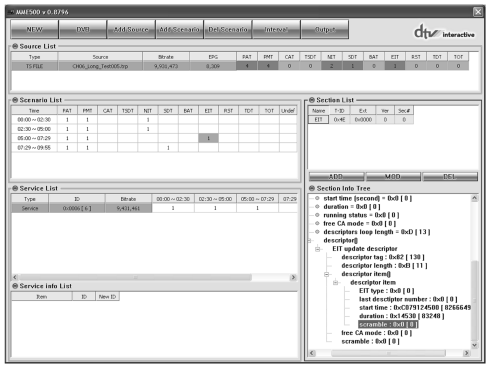
4. 실험평가

본 논문에서는 사용된 셋톱박스는 그림 12와 같이 CPU, M/B 등 사용되는 핵심부품들은 직접 설계와 개발을 하였다.

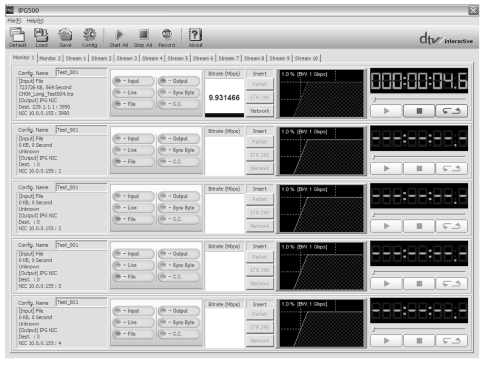
실험환경은 IPTV를 시청하기 위한 환경으로 구축하였으며 이를 위해 내부 실험실에는 IGMP(Internet Grpup Management Protocol)을 이용한 멀티캐스트 망을 직접 구축하였다. 여기에 사용된 동영상은 그림 13과 같이 직접 EIT 정보를 심어두었으며, 1920 X 1080P 영상으로 제작됐다. 이렇게 만들어진 영상은 다시 그림 14와 같이 Stream Generator를 이용하여 멀티캐스트 기반으로 방송되어 진다.



[그림 12] 저전력 셋톱박스 H/W



[그림 13] 동영상에 EIT 정보 넣기



[그림 14] 멀티캐스트 방송 스트림 발생기

실험평가를 위해 사용된 기존의 셋톱박스 소비전력은 국내용은 에너지관리공단에서 발표된 셋톱박스를 소비전력량 문헌을 이용하였으며, 국외의 경우는 에너지스타에서 발표된 셋톱박스 소비전력량 문헌을 이용하였다.

[표 2] 국내외 소비전력 현황

		능동 모드	능동대기 모드	수동대기 모드
평균	전체	19.4W	15.8W	1.68W
	국외	19.3W	17.1W	-
	국내	18.4W	12.6W	1.73W
최소/최대		10.5/31W	6.2/27.8W	0.7/3.5W

[표 3] 제안하는 시스템 소비전력 현황

	능동 모드	능동대기 모드	수동대기 모드
소비전력	5.2W	3.5W	2.7W

실험에서 나온 제안하는 시스템의 소비전력은 전원부(어댑터)까지 포함한 수치이다. 현재 국내외 소비전력현황을 보면 능동모드 시 약 2 ~ 6배 절감 효과를 볼 수 있으며, 능동대기 모드에서는 약 1.8 ~ 7.9배의 절감 효과를 볼 수가 있다. 하지만, 수동대기모드에서는 아직 1W 미만으로 떨어뜨리지 못하고 있다. 이 같은 이유는 전력부분의 어댑터 부분이 완벽히 구현되지 않아 고용량 어댑터를 사용한 결과이며, 전원부 안쪽에서의 소비전력은 1W 내외의 수치가 나왔다.

5. 결론

본 논문에서는 현재 사용되고 있는 셋톱박스에 대한 문제점과 방송 송신 방법에 대해 살펴보았으며, 향후 제작돼야 할 셋톱박스에 대한 전체 블록 설계도와 동작 상태, 운영 스케줄링 기법에 대해 기술하였다. 현재는 이와 관련된 SoC 칩 제작이 이미 진행되고 있으며, 임베디드 기반 운영체제가 탑재된 하드웨어 및 대기모드 진입 시 피드백이 가능한 파워 공급기 모두를 현재 개발하고 있으며, 실험을 평가하고 있다. 향후 이와 같은 기술을 기반으로 한 셋톱박스 개발완료와 동시에 에너지 절감 효율성에 대한 객관적 데이터를 도출한 셋톱박스 전력관리 규격서, T/B를 통한 인증실험 구축을 통해 기능 정의와 운영방법에 적합한 평가 규격서를 작성할 계획이다. 이를 통해 원천 기술을 확보하고 표준화 정책에 대해서도 앞장서 나갈 예정이다.

참고문헌

[1] 김영래, “대기전력 1W 정책 성과와 과제”, 대한전기학회, Vol. 59, NO. 12 pp. 35 ~ 40, 2010.12.

[2] 조수형, “대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 개발”, 한국정보과학회 한국컴퓨터종합학술대회, Vol. 37, No. 1(D), pp. 0432 ~ 0435, 2010.06.

[3] 에너지관리공단, http://kempia.kemco.or.kr/

[4] 지식경제부, “http://www.mke.go.kr/”

[5] Sony Patent, "저전력 방송 수신기“, 2009.07

[6] EffcientProducts ACEEE_STB-energy-savings Report Num. A041, "Set-top Boxes: Opportunities and Issues in Efficenct Standards"

[7] Enery Star, "http://www.energystar.gov/"

[8] LessWatts, "http://www.lessWatts.org/"

[9] ETSI EN 300 466 V1.11.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems", European Standard Spec., 2010.04.

[10] ETSI TS 101 154 V1.9.1, "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream", European Standard Spec., 2009.09.

김 정 재(Jeong-Jai Kim) **[종신회원]**

- 1995년 2월 : 영동대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2010년 2월 : (주)리테일테크 기술연구소 수석연구원
- 현재 : 전자부품연구원 RFID/ USN 융합연구센터 연구원

<관심분야>
RFID/USN, DRM, 암호학, 멀티미디어 통신

윤 정 미(Jung-Mi Yun) **[정회원]**

- 1996년 2월 : 성균관대학교 정보공학과 (공학사)
- 2001년 2월 : 성균관대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 성균관대학교 대학원 컴퓨터공학과 (박사수료)
- 현재 : 전자부품연구원 RFID/USN 융합연구센터 선임 연구원

<관심분야>
Network Protocol, WPAN Communication, 저전력 ICT

이 상 학(Sang-Hak Lee) **[정회원]**

- 1993년 2월 : 전주대학교 수학화 (이학사)
- 1997년 2월 : 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 현재 : 전자부품연구원 RFID/USN 융합연구센터 책임 연구원

<관심분야>
USN, RFID, Combinatiorial Optimization