

# 외부 입력기기 사용 정보 기반 셋톱박스 대기모드 전환 기술

論 文
9-4-1

## A Standby Mode Transition Scheme for Set-top Box Power Saving by the Use Information of External Device

김 용 호\*, 최 윤 범\*, 오 남 굴\*, 김 훈\*

Yong-Ho Kim, Yun-Bum Choi, Nam-Gul Oh, and Hoon Kim

### Abstract

This paper considers a power saving technique of set-top box (STB) that turns the signal into content which is then displayed on the television (TV) screen. A traditional power saving scheme, Auto Power Down (APD), was devised to reduce the power consumption of STB. APD checks whether the user is watching TV over a period of time and enforces STB into stand-by mode when the check result reveals the user is not watching TV. This paper proposes an enhanced power saving scheme that transits STB operation mode to 'stand-by' immediately when STB recognizes the change of TV's external input signal. The proposed scheme does not require the monitoring time to check the users' watching TV, and transits to standby mode faster than the conventional APD, which results in better performance in power saving. The simulation result shows that the proposed scheme achieves 2 to 11% improvement in power consumption compared with the conventional APD.

**Keywords** : Set Top Box, power saving scheme, HDMI, auto power down

### I. 서 론

디지털 셋톱박스(Set-Top Box)는 케이블, 위성, 지상파, 인터넷 등을 통해 전송되는 압축된 영상, 음성, 데이터 등의 디지털 방송 신호를 수신하여 여러 개의 콘텐츠로 분리한 후 압축을 해제하는 과정을 거쳐 시청자가 원하는 방송을 TV등 디스플레이 장치를 통해 시청할 수 있도록 신호를 변환해 주는 방송 신호 변환장치이다.

최근 들어 TV 시스템이 아날로그 방송에서 디지털 방송으로 전환되고, 디지털 TV와 IPTV 등이 빠르게 보급됨에 따라 세계 디지털 셋톱박스 시장 규모가 2009년 2월 약 1.5억대에서 지속적인

로 증가하여 2013년 약 2.7억대에 이를 것으로 전망된다[1,2]. 또한 Digital Video Recorder (DVR), Return Path, Video on Demand (VOD), High Definition (HD) 수신 등 셋톱박스의 기능이 다중화, 복합화 됨에 따라 이용 가능한 서비스와 기능이 확대됨으로 인해 셋톱박스의 소비 전력 또한 증가할 것이 예상 된다.

한편으로 지구온난화, 기후변화 등을 방지하고자 온실가스 감축과 에너지 효율성 등을 위한 국제적인 움직임이 있으며, 이와 같은 추세에 맞추어 주요국을 중심으로 셋톱박스 소비전력에 대한 규제와 기술 개발이 진행되고 있다. 미국 Energy Star, EU의 Code of Conduct (CoC)와 Energy using Products (EuP) 등에서 셋톱박스 종류별로 연평균 전력 소비를 22~56KWh/year 수준으로 점차 강화하고 있다[3-5]. 이러한 기술 정책적 환경 변화 추세를 반영하여 국내에서는 컴퓨터, 프린터, 복합기, 셋톱박스 등 주요 전자기기의 대기

접수일자 : 2010년 09월 21일

최종완료 : 2010년 12월 10일

\* 인천대학교 전자공학과

교신저자, E-mail : hoon@incheon.ac.kr

전력을 1W미만으로 낮추는 ‘Standby Korea 2010’ 정책을 마련하여 추진하고 있고 있는 등 국내외 셋톱박스 전력 저감 기술 개발에 대한 관심이 그 어느 때보다 높은 상황이다[6].

셋톱박스의 전력 저감을 위해 저전력 칩, 저전력 동작 프로토콜 및 관련 미들웨어, 저전력 시스템 운용 등에 관한 연구가 진행되어 왔다. 그 중 저전력 시스템 운용 기술은 TV, 셋톱박스, 리모컨 등 TV시청 시스템에 대해 사용자의 리모컨 입력, 시청 상황 등을 감안 불필요한 셋톱박스 동작을 최소화하도록 운용하는 전력 저감 기술을 뜻한다.

기존 대표적인 셋톱박스 저전력 시스템 운용 기술로 사용자의 셋톱박스 미사용 상황을 인지하여 대기모드로 전환함으로써 셋톱박스의 전력소비를 줄이는 Auto Power Down (APD) 기법이 제안된 바 있다[7,8]. [7,8]에서 일정시간 사용자의 리모컨 미입력 지속 시간을 모니터링하고, 일정시간 이상 미입력이 지속된 경우 APD를 동작하게 하는 방안이 제안되었다. [7]에서는 특히 TV 시청 가능성이 낮은 시간 구간에 대해 APD 기법에서의 미입력 지속 여부 판단 기준 시간을 상대적으로 낮게 설정하여 절전 효과를 개선하는 방안을 제안하였으며, [8]에서는 사용자의 리모컨 미입력 지속과 더불어 해당 시간 구간 내 프로그램 변경이 발생한 상황을 미사용 상황 인지 조건으로 제안하였다.

[7,8]과 같이 기존 APD에 의한 전력 저감 방안은 공통적으로 리모컨 미입력 지속 여부를 모니터링하고 이를 사용자의 셋톱박스 미사용 상황 인지에 활용한다. 그런데 셋톱박스 외의 기기 TV에 연결되어 사용되는 상황이 확인 가능하다면 해당 조건이 발생할 때 사용자의 셋톱박스 미사용 상황 인지를 위한 모니터링 시간 없이 즉시 대기모드로 전환이 가능할 것이다.

본 논문에서는 외부 입력기기 사용 정보 기반 셋톱박스의 소비전력 저감 기법을 제안한다. 사용자가 TV 리모컨을 이용하여 셋톱박스, DVD, 콘솔게임기 등 외부 입력기기 중 하나의 연결을 선택할 때, 셋톱박스 외의 기기를 선택하는 경우 TV에서 High Definition Multimedia Interface (HDMI) 송수신 채널을 통해 셋톱박스가 아닌 다른 외부 입력기기가 사용됨을 셋톱박스에 알린다. 셋톱박스가 이와 관련된 신호를 수신하게 되면

사용자의 미사용 상황으로 여기고 대기모드로 전환한다. 성능 분석 결과 제안 기법의 적용으로 주어진 환경에서 기존 APD 기법 적용 대비 2~11% 전력 저감이 가능한 것으로 나타났다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 셋톱박스 동작 모드와 APD에 대해 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 고려하는 셋톱박스 시스템 모델을 제시한다. 4장에서는 제안기법을 제안함과 더불어 동작 절차를 설명하고, 5장에서는 성능 분석 환경을 제시하고 제안기법의 성능을 비교하고 분석한다. 마지막으로 6장에서는 본 연구에 대한 결론을 정리한다.

## II. 셋톱박스 동작 모드와 APD 기법

### 1. 셋톱박스 동작 모드

그림 1에 셋톱박스 동작모드와 이벤트를 나타내는 상태도를 도시한다. 셋톱박스 동작모드는 크게 사용자가 원하는 TV 방송을 시청할 수 있도록 방송신호를 수신, 변환하여 TV에 송출하는 ON모드와 최소한의 동작 지원을 위해 불필요한 전력을 저감하는 대기모드로 구분된다. ON모드에서 TV 방송, Electronic Program Guide (EPG), 펌웨어 등 방송신호를 수신하여 TV에서 표현 가능한 Audio & Video (AV)정보로 변환하고, 이를 TV에 전송하는 기능을 수행한다. 이 외에도 사용자 요청에 의해 AV정보를 녹화하거나 녹화된 프로그램 재생 등의 부가 기능이 동작할 수 있다. 반면

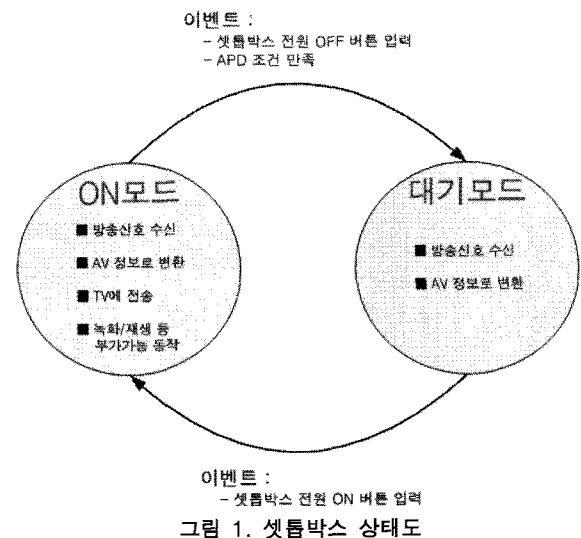


그림 1. 셋톱박스 상태도  
Fig 1. State diagram of set-top box operation

에 대기모드에서는 방송신호 수신과 AV정보 변환만이 이루어지며, TV로 AV정보를 송출하지 않음으로써 ON모드에 비해 상대적으로 적은 양의 전력을 소비한다.

셋톱박스 ON모드는 셋톱박스과 리모컨의 전원 OFF 버튼이 입력되거나 APD 조건이 만족될 때 대기모드로 전환된다. 반면에 대기모드는 셋톱박스과 리모컨의 전원 ON 버튼 입력에 의해 ON모드로 전환된다.

## 2. APD 기법

APD는 사용자의 리모컨 입력 상황 모니터링을 바탕으로 셋톱박스 미사용 상황을 인지하여 셋톱박스 동작 상태를 ON모드에서 대기모드로 자동적으로 전환하는 방법이다. APD 기법의 셋톱박스 미사용 상황 인지는 사용자의 마지막 입력으로부터 미입력 지속 기준 시간 경과, 일정 시간 이후 사용자의 미입력 지속 여부를 최종 확인하는 대기모드 진입 경고창 표시 등의 절차에 의해 이루어진다. 셋톱박스가 사용자의 미사용 상황을 인지하면 대기모드로 자동 전환한다. 여기서 사용자의 마지막 입력은 리모컨 등 입력장치를 통한 채널 변경, 음량 조절, 메뉴 접속 등 사용자의 최종 입력을 의미한다.

사용자의 셋톱박스 미사용 상황인지 모니터링을 위한 주요 파라미터로는 미입력 지속 기준 시간, 대기모드 진입 경고창 표시 시간 등이 있다. 표 1에 기관 및 업체에서 제안한 대기모드 전환 기준을 정리한다. Energy Star와 European CoC 등에서는 하루 미입력 지속 기준시간을 4시간으로 권고하고 있다[3,4]. [7]에서는 하루 중 사용자의 TV 시청 가능성이 낮은 23~3시에 사용자의 TV 시청 가능성이 낮은 23~3시에 미입력 지속 기준 시간

표 1. APD 동작 파라미터  
Table 1. APD parameters

기관/업체	대기모드 전환기준		
	미입력 지속 기준 시간	경고창 표시시간	비고 (프로그램 변경 횟수)
Energy Star [3]	4시간 이내	-	-
European CoC [4]	4시간 이내	-	-
Sky+[7]	4~22시: 4시간 23~ 3시: 2시간	3분	-
PACE [8]	45분	15분	2회 이상

을 2시간, 그 외의 시간은 4시간으로 차등 적용하였고, 이 시간 경과 후 3분간 대기모드 진입 경고를 표시하는 방법을 제안하였다. [8]에서는 45분의 미입력 지속 기준 시간과 함께 2회 이상의 프로그램 변경을 동시에 고려하여, 이를 만족하는 경우 대기모드 진입 경고 창을 15분간 표시하는 방법을 제안 하였다. 이는 사용자의 셋톱박스 미사용 모니터링 시간 동안 ON모드 전력을 소비하므로 이 시간이 낮을수록 셋톱박스 전력 저감효과가 증대되기 때문이다. 그러나 셋톱박스 미사용 모니터링 시간이 너무 낮은 경우에는 빈번한 대기모드 진입 경고창 표시로 사용자의 번거로움이 증대되므로 적합한 모니터링 시간 설정이 중요하다. 이와 같이 최근 연구는 사용자의 불편함을 최소화 하며 소비 전력을 저감하기 위해 APD 파라미터 값을 최대권고치보다 낮은 수치로 낮추는 방향으로 업체마다 다양하게 진행되어 왔고, 셋톱박스 전력 저감 효과 극대화를 위한 사용자의 셋톱박스 미사용 모니터링 시간 없이 미사용 상황을 인지하여 불필요한 전력을 저감하는 기법에 대한 연구는 미흡한 상황이다.

## III. 시스템 모델

본 논문에서는 그림 2와 같이 사용자에게 TV, 방송, 영화, 게임 등의 서비스 제공을 목적으로 TV에 셋톱박스, DVD, 콘솔게임기 등 외부 입력

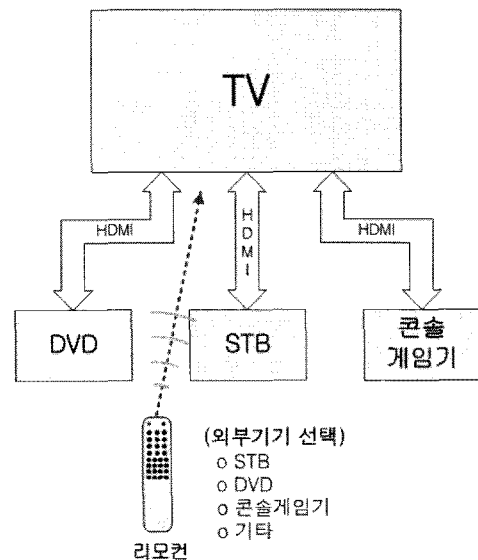


그림 2. 외부 입력기기가 연결된 TV 시스템  
Fig 2. TV system connected with external devices

기기가 HDMI 인터페이스를 통해 연결되어 있는 TV 시스템을 고려한다.

셋톱박스는 방송사업자로부터 수신한 방송신호를 AV정보로 변환하여 사용자가 TV 방송을 시청할 수 있도록 지원하는 장치이며, DVD는 저장매체에 기록된 데이터를 AV정보로 변환하여 영화 관람 및 음악 감상에 사용되는 장치이고, 콘솔게임기는 사용자가 비디오 게임을 목적으로 사용하는 장치이다. 사용자는 TV 리모컨을 이용하여 사용할 외부 입력기기를 선택할 수 있다. TV와 외부 입력기기 간의 물리적인 연결은 HDMI 케이블로 연결되어 외부 입력기기의 AV정보를 HD 급으로 TV에 전송할 수 있고, 제어정보 송수신을 지원한다. 그림 3에 Transition Minimized Differential Signaling (TMDS), Display Data Channel (DDC), Consumer Electronics Control (CEC) 등으로 구성된 HDMI를 도시한다[9]. TMDS 채널은 AV정보 전송에 쓰이며, DDC 채널은 기기간의 규격, 화면 크기, 휘도, 화소 등 정보를 가지는 Enhanced Extended Display Identification Data (E-EDID) 확인에 쓰이고, CEC 채널은 기기 간에 상호 제어를 위해 사용된다.

외부 입력기기를 사용할 수 있는 TV 시스템에서 사용자의 셋톱박스 미사용 상황 인지를 위한 기존 APD 기법은 단순히 리모컨 미입력 시간에 의존하며, 리모컨 미입력 모니터링 없이 셋톱박스 미사용 상황을 즉시 인지하는 기법에 대한 연구가 미흡하다. 이를 위해 효과적인 셋톱박스 미사용 상황으로 사용자가 셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기 사용을 위해 TV의 외부 입력을 변경하는 경우를 고려한다. 본 논문에서 외부 입력을 변경하는 경우 TV는 HDMI의 송수신 채널을 통해 외부 입력기기 사용 정보를 셋톱박스에 전송

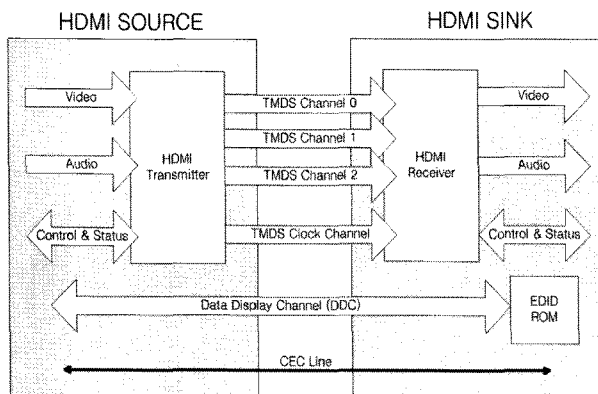


그림 3. HDMI 신호 흐름도  
Fig 3. Signal flow in HDMI

해 줄 수 있고, 셋톱박스는 이정보를 수신할 수 있음을 가정한다.

#### IV. 제안기법

그림 4에 셋톱박스의 연평균 소비전력을 저감하기 위해 TV 리모컨의 외부 입력기기 사용 정보를 기반으로 온 모드 상태의 셋톱박스 동작을 대기모드로 전환하는 기법을 제안한다. 제안기법은 사용자가 TV 리모컨을 통해 셋톱박스 외의 외부 입력기기 연결을 요청할 경우 셋톱박스가 TV로부터 해당 요청 정보를 HDMI의 CEC 채널을 통해 전달 받는다. 셋톱박스는 해당 요청 정보가 도착한 경우 APD 동작을 위한 미사용 상황 모니터링 없이 대기모드로 전환하는 방안이다. 제안 기법은 크게 HDMI 송수신 채널을 통한 외부입력 정보 송신 단계, 셋톱박스 외의 외부입력에 대한 사용 여부 확인단계, 외부기기 사용 정보 기반 대기모드전환 단계 등으로 구성되며, 제안기법에 따른 셋톱박스 전력저감 방식은 다음의 5단계 동작으로 설명된다.

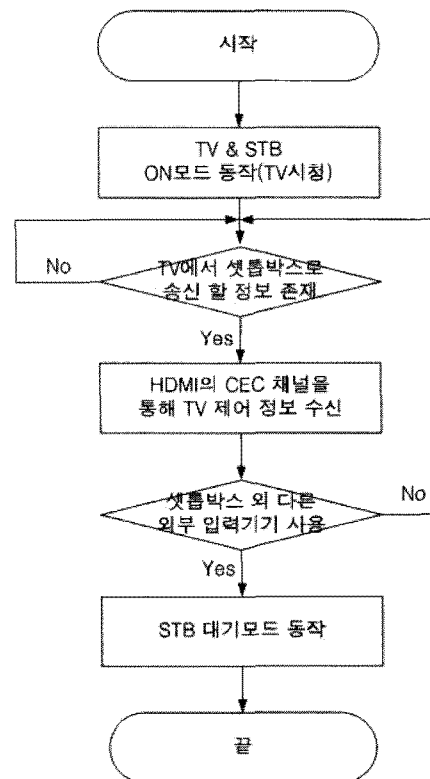


그림 4. 셋톱박스 대기모드 전환 알고리즘  
Fig 4. Set top box mode transition algorithm

1 : TV 시청 중 사용자가 다른 외부 입력기기 사용을 위해 TV 리모컨의 외부 입력기기 버튼을 누르면, 리모컨 송신부에서는 외부 입력기기 신호 정보를 송신한다.

2 : TV 리모컨 수신부에서는 사용자가 송신한 정보를 수신하여, TV에 연결되어 있는 모든 외부 입력기기 정보를 화면에 표시한다.

3 : 사용자가 외부 입력기기를 선택하면 해당기기의 AV정보를 TV 화면에 표시하고, 외부 입력기기 사용 정보를 HDMI의 CEC채널을 이용하여 셋톱박스에 전송해 준다.

4 : 셋톱박스는 외부 입력기기 사용 정보를 수신하여, 수신정보가 셋톱박스 이외의 다른 외부 입력기기 사용 정보인지 확인한다.

5 : 셋톱박스 이외의 다른 외부 입력기기 사용 정보인 경우 셋톱박스의 동작모드를 대기모드로 전환하여 불필요한 전력 소비를 방지한다.

### V. 성능분석

본 장에서는 모의실험을 통해 제안기법의 성능을 분석하고 연평균 전력 소비량(Total Energy Consumption, TEC)을 비교 분석한다. 표 2에 모의실험 환경에 대한 파라미터 값을 나타낸다. 셋톱박스 ON모드 소비전력인  $P_{ON}$ 은 24 (W/h)이고, 대기모드 소비전력인  $P_{SB}$ 는 18 (W/h)이며, 하루 중 대기모드 동작 시간은 17 시간이다[3].

표 2. 모의실험 파라미터  
Table 2. Simulation parameters

Parameters	Value
ON모드 소비전력( $P_{ON}$ )	24 (W/h)
대기모드 전력소비량( $P_{SB}$ )	18 (W/h)
대기모드 동작 시간( $T_{SB}$ )	17 (h)
셋톱박스 미사용 모니터링 시간(T)	1~4 (h)

셋톱박스 미사용 모니터링 시간은 1~4시간이다. 기존 APD 기법 TEC는 하루 기준으로 다음과 같이 계산 가능하다.

$$TEC_{APD} = 0.365 \times (T_{ON}^A P_{ON} + T_{SB}^A P_{SB}) \tag{1}$$

$$= 0.365 \times (24 - T_{SB}^A) P_{ON} + T_{SB}^A P_{SB}$$

식 (1)에서  $P_{ON}$ 과  $P_{SB}$ 는 시간당 ON모드 소비전력과 대기모드 소비전력을 의미하고,  $T_{ON}^A$ 과  $T_{SB}^A$ 는 기존기법의 ON모드 동작시간과 대기모드 동작 시간을 의미한다.

제안기법 TEC는 다음과 같이 계산 가능하다.

$$TEC_{PRO} = 0.365 \times (T_{ON}^P P_{ON} + T_{SB}^P P_{SB}) \tag{2}$$

$$= 0.365 \times (24 - T_{SB}^A - T') P_{ON} + (T_{SB}^A + T') P_{SB}$$

식 (2)에서  $T_{ON}^P$ 과  $T_{SB}^P$ 는 제안기법의 ON모드 동작시간과 대기모드 동작 시간을 의미한다.  $T'$ 는 셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기 사용에 따른 소비전력 저감 시간을 의미하고, 다음과 같이 계산한다.

$$T' = nT \tag{3}$$

식 (3)에서  $n$ 은 하루 기준으로 TV방송 시청 중 외부 입력기기 사용 횟수를 의미하고,  $T$ 는 APD 동작을 위한 셋톱박스 미사용 모니터링 시간을 의미한다. 제안기법 성능분석을 위해 외부 입력기기 변경 이후 셋톱박스 사용까지의 시간 간격을  $T$  시간 이상 이라고 가정하여 성능분석을 간략화 한다.

그림 5에 셋톱박스 ON모드 동작 시간 증가에 따른 연평균 전력 소비량을 도시한다. 이 결과를

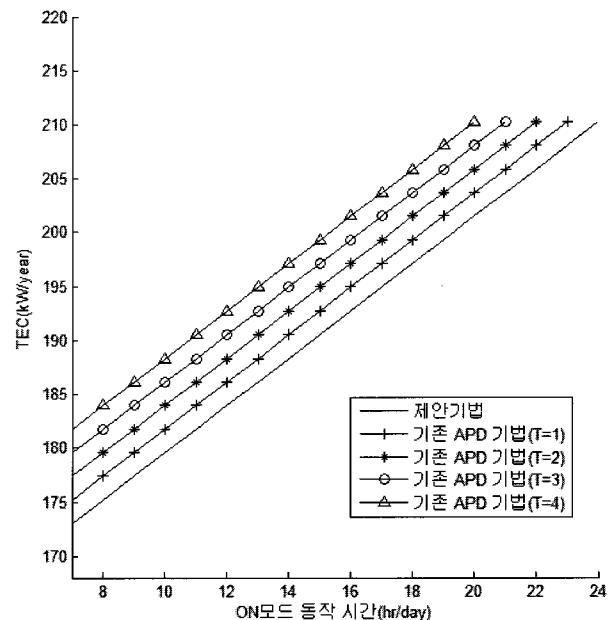


그림 5. ON모드 동작 시간에 따른 연평균 전력 소비  
Fig 5. Annual energy consumption for ON mode

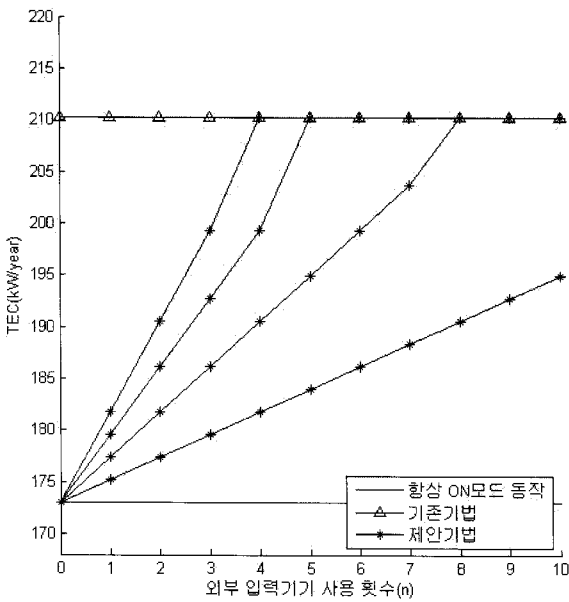


그림 6. 외부 입력기기 사용 횟수에 따른 연평균 전력 소비

Fig 6. Annual energy consumption variant number of use of external devices

통해 모드 전환 조건 모니터링 시간과 ON모드 동작 시간이 증가할수록 제안기법 대비 식 (1)의  $T_{OV}^A$  시간이 증가하여 셋톱박스 연평균 전력 소비가 증가함을 알 수 있다.

그림 6에 외부 입력기기 변경 횟수에 따른 연평균 전력 소비량을 도시한다. 셋톱박스 미사용 모니터링 시간이 1시간인 경우, 외부 입력기기 변경 횟수가 1~10번으로 증가함에 따라 식 (2)의  $T'$  시간이 줄어들어 기존 APD 기법보다 제안기법이 약 2~11% 연평균 전력 소비량이 감소함을 알 수 있다. 또한 셋톱박스 미사용 모니터링 시간이 증가할수록 소비전력 저감 효과는 더욱 커짐을 알 수 있다. 이러한 모의실험 결과를 통해 제안기법이 기존 APD 기법에 비해 연평균 전력 소비량을 절감하는 효과가 있음을 보였다.

## VI. 결론

본 논문에서는 세계적으로 이슈화되고 있는 에너지 저감 문제와 소비전력 규제 강화에 따라

주요 에너지다소비기기인 셋톱박스의 소비전력 저감에 목적을 둔다.

셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기 사용 시 셋

톱박스는 사용자 미사용 상황 인지 시간 동안 불필요한 전력을 소모한다. 이를 위해 셋톱박스에서 TV의 외부 입력기기 사용 정보 기반으로 ON모드에서 대기모드로 전환하는 기법을 제안한다. 또한 모의실험을 통해 제안된 방식이 기존 방식 대비 2~11% 정도 에너지 절감 효과를 얻을 수 있었다.

향후에는 HDMI 인터페이스 미적용 상황에서 셋톱박스 미사용 모니터링 시간 없이 전력 저감을 할 수 있는 방안도 필요 할 것으로 보인다.

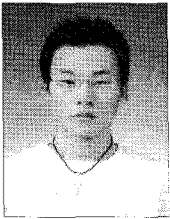
### 감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국 에너지 기술평가원(2010T100200175)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

### [ 참고 문헌 ]

- [1] 하나금융경영연구소, 글로벌 디지털 셋톱박스 시장 전망 및 국내업체들의 경쟁력 분석, 하나금융그룹, Feb. 2009.
- [2] BizFinder, 셋톱박스(Set-Top Box)의 시장 기술 보고서, 중소기업청, Oct. 2009.
- [3] Energy Star, Program Requirement for Set-top Boxes Version 2, (<http://www.energystar.gov>), 2008.
- [4] EU-CoC, Digital TV Service Systems Code of Conduct Version 8, (<http://ec.europa.eu>), July. 2009.
- [5] Ecodesign of EuP, Complex set-top boxes Final Report, (<http://www.ecocomplexstb.org/>), Dec. 2008.
- [6] 에너지관리공단, 대기전력저감 프로그램 운용 규정, (<http://kempia.kemco.or.kr/>), Feb. 2010.
- [7] British Sky Broadcasting Group, The Bigger Picture Review, ([www.jointhebiggerpicture.com](http://www.jointhebiggerpicture.com)), 2007.
- [8] K. Dale, Draft proposal for a '1-hour' auto-standby function for STB, Pace, 2005.
- [9] High-Definition Multimedia Interface Specification Version 1.3a, (<http://www.hdmi.org>), Nov. 2006.

Biography



**김용호**

2010년 인천대학교 전자공학과 졸업  
2010년~현재 인천대학교 전자공학과 석사과정  
<관심분야> 저전력 셋톱박스, 에너지-IT 융합,  
차세대 이동통신 시스템,  
센서네트워크

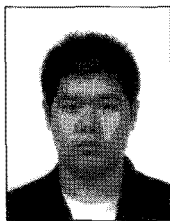
<e-mail> kim\_yong\_ho@nate.com



**오남걸**

2009년 인천대학교 전자공학과 졸업  
2009년~현재 인천대학교 전자공학과 석사과정  
<관심분야> 저전력 셋톱박스, 에너지-IT 융합,  
차세대 이동통신 시스템,  
센서네트워크

<e-mail> namgeol@incheon.ac.kr



**최윤범**

2010년 인천대학교 전자공학과 졸업  
2010년~현재 인천대학교 전자공학과 석사과정  
<관심분야> 저전력 셋톱박스, 에너지-IT 융합,  
차세대 이동통신 시스템,  
센서네트워크

<e-mail> cyb\_love@naver.com



**김훈**

1998년 KAIST 전자공학과 (공학사)  
1999년 KAIST 전자공학과 (공학석사)  
2004년 KAIST 전자공학과 (공학박사)  
1998년~2001년 ETRI 위촉연구원  
2004년~2005년 삼성전자 책임연구원

2005년~2007년 정보통신부 통신사무관

2007년~2008년 Stanford Univ. 박사후연구원

2008년~현재 인천대학교 조교수

<관심분야> 저전력 셋톱박스, 에너지-IT 융합, 차세대 이동통신  
시스템, 센서네트워크

<e-mail> hoon@incheon.ac.kr