

수동대기모드를 고려한 셋톱박스 모드전환 기술의 에너지 절감 성능 분석

論 文

10-4-4

Power consumption evaluation of Set-top box mode transition scheme considering passive stand-by mode

김 용 호, 김 훈*

Yong-Ho Kim and Hoon Kim

Abstract

This paper proposes a performance evaluation method for power consumption of set-top box (STB) stand-by mode transition schemes. A stand-by mode transition scheme characterizes the timing of mode transition. The timing of mode transition affects the duration of stand-by mode operation, and the power consumptions of STB as well. Recently a fast stand-by mode transition scheme (FMT) has been proposed based on user input for selecting the device to be connected to TV. In this paper, we evaluate power consumption of FMT and a conventional mode transition scheme. For the computation of the duration of stand-by mode operation, the user input events are modeled as Poisson process. Simulation results based on the modeling reveals that the proposed scheme is more effective in power saving than the conventional scheme by up to 30%.

Keywords : passive stand-by mode, low power set-top box, energy saving, stand-by mode transition, poisson process

I. 서 론

최근 디지털 셋톱박스의 보급으로 디지털 방송시장이 급격하게 확산되고 있으며, 사용자들의 선호가 단순히 방송 수신 기능만을 가진 것이 아닌 Personal Video Recorder (PVR), Video On Demand (VOD), High Definition (HD) 수신 등 다양한 멀티미디어 서비스 지원을 위해 셋톱박스의 기능이 하이브리드화, 고기능·복합화 됨에 따라 셋톱박스 소비 전력이 증가할 것으로 전망 된다[1]. 이에 따라 세계 각국에서 셋톱박스 소비전력에 대한 규제를 마련되고 있으며, 아울러 셋톱박스 소비전력 절감 기술 개발과 절감 기술 적용 시 에너지 소비 분석에 대한 관심이 높아지고 있다[2].

미국 Energy Star, 유럽 Code of Conduct 등에서 셋톱박스의 동작모드는 Audio & Video (AV) 데이터 제공 유무에 따라 크게 ON모드, 대기모드

로 구분하고, 주어진 모드별 동작시간을 반영하여 1년간 소비하는 Total Energy Consumption (TEC)을 제한하는 등 소비전력 규제를 강화하고 있다[3-4]. 특히 AV 데이터를 제공하지 않는 대기모드는 방송관련 데이터 송·수신 가능 여부에 따라 능동대기모드(Active stand-by), 수동대기모드(Passive stand-by)로 구분하고 있다. 이 중 방송관련 데이터를 송·수신하지 않고 최소한의 동작으로 1 W 미만의 매우 낮은 전력을 소비하는 수동대기모드를 지원하는 저전력 셋톱박스 기술 개발이 요구된다. 이를 위해 수동대기모드 지원 셋톱박스 SoC, 전력관리 관련 하드웨어 및 미들웨어, 동작 프로토콜, 대기모드 전환 기술 등에 관한 연구가 진행되어 왔다[5-6].

기존 대표적인 셋톱박스 대기모드 전환 기술로 사용자의 셋톱박스 미사용 상황을 인지하여 셋톱박스 동작모드를 대기모드로 전환함으로써 셋톱박스의 소비전력을 절감한다. [3-4]에서는 사용자의 리모컨 입력 상황을 모니터링하고 일정시간 이상 미입력 상태가 지속된 경우 대기모드로 자

접수일자 : 2011년 10월 05일

심사일자 : 2011년 11월 20일

최종완료 : 2011년 12월 17일

*교신저자, E-mail : hoon@incheon.ac.kr

등 전환하는 Auto Power Down (APD)을 제안하였다. [7]에서는 사용자의 리모컨 입력 상황과 더불어 프로그램 변경이 발생한 상황을 기반으로 대기모드로 전환하는 기법을 제안하였다. 그리고 [8]에서는 사용자의 리모컨 입력 상황 모니터링과 함께 외부 입력기기 사용 정보를 기반으로 대기모드로 전환하는 기법을 제안하였다.

이러한 대부분의 대기모드 전환 기법에서는 각각 리모컨 입력 정보를 기반으로 사용자의 셋톱박스 미사용 상황을 인지하여 ON모드를 상대적으로 낮은 전력을 소비하는 능동대기모드로 전환하는 방법을 제안하고 있다. 하지만 최근 셋톱박스 소비전력 규제와 수동대기모드 지원 기술에 따라 능동대기모드에서 일정 시간이 경과한 후 수동대기모드로 전환하는 기술을 소개하였다[3]. 따라서 셋톱박스 대기모드 전환 기법의 에너지 절감 성능 분석을 위해 대기모드 종류, 사용자의 리모컨 입력에 관한 모델링과 그에 따른 대기모드 전환 시간에 대한 분석이 필요하다.

본 논문에서는 수동대기모드 지원에 따른 대기모드 전환 기법의 모드별 동작시간을 구하는 방안을 제시하고 각 기법의 성능을 비교한다. 먼저 사용자의 리모컨 입력 시점을 포아송 과정(Poisson process)으로 모델링하고, 수동·능동 대기모드 지원에 따른 대기모드 전환 기법별 대기모드 전환 시점을 반영하는 방안을 제시한다. 또한 이를 바탕으로 대기모드 전환 기법에 따른 모드별 동작시간 및 연평균 소비전력 절감 효과를 분석한다.

본 논문에서 제안된 분석 방법은 저전력 셋톱박스의 수요 증가와 규제 강화 상황에서 셋톱박스 저전력 성능에 대한 적절한 평가 방법을 제시하고 셋톱박스 소비전력 규제 기준 마련에 유용한 자료로 관련 기술 개발 및 산업 활성화의 기반이 될 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 셋톱박스 동작모드에 대해 설명하고, 대기모드 전환 기법 시스템 모델을 제시한다. 3장에서는 APD 기법과 외부 입력기기 사용 정보 기반 대기모드 전환 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 셋톱박스 소비전력 분석 방법론을 제시하고 기법간의 성능을 비교 분석 한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구에 대한 결론을 정리한다.

II. 셋톱박스 동작모드 및 시스템 모델

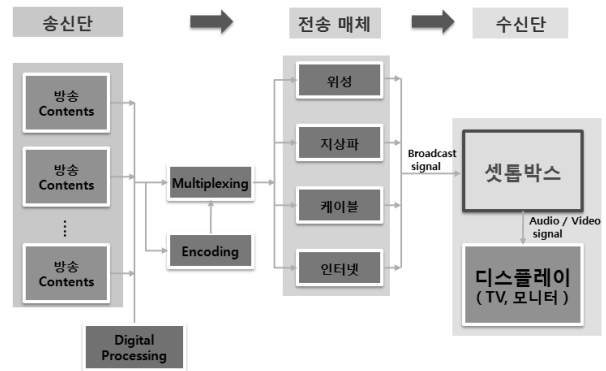


그림 1. 디지털 방송 시스템
Fig 1. Digital broadcast system

1. 셋톱박스 동작모드

그림 1과 같이 디지털 방송 시스템에서 셋톱박스(Set-top Box)는 케이블, 위성, 지상파, 인터넷 등을 통해 전송되는 디지털 방송 신호를 수신하여 사용자가 원하는 방송의 AV 정보를 TV, 모니터 등 디스플레이 장치를 통해 시청할 수 있도록 AV (Audio & Video) 신호로 변환해 주는 방송 신호 변환장치이다. 즉 디지털 방송 사업자가 오디오, 비디오, 데이터 신호 등을 부호화, 다중화하고 변조하여 송신하면, 셋톱박스는 튜너 등의 방송수신 모듈을 통해 디지털 방송 신호를 수신하여 복조, 압축 해제 등의 과정을 거쳐 사용자가 원하는 방송을 시청할 수 있도록 한다.

셋톱박스 동작모드는 방송신호를 수신, 변환하여 TV에 송출하는 기능 동작 여부에 따라 크게 ON모드와 대기모드로 구분된다. 대기모드는 방송사업자로부터 Electronic Program Guide (EPG), 펌웨어 업데이트 등 방송관련 데이터 송·수신 기능 동작 여부에 따라 능동대기모드와 수동대기모드로 구분된다. ON모드에서는 TV 방송 신호를 수신하여 TV에서 표현 가능한 AV 정보로 변환하고, 이를 TV에 전송하는 기능을 수행한다. 또한 AV정보를 녹화하거나 녹화된 프로그램 재생 등의 부가 기능, EPG 및 펌웨어 업데이트, 리모컨 신호 수신 등의 기능을 수행한다. 능동대기모드에서는 방송신호 수신과 AV정보 변환, EPG 및 펌웨어 업데이트, 리모컨 수신 등이 이루어지며, TV로 AV정보를 송출하지 않음으로써 ON모드에 비해 상대적으로 적은 양의 전력을 소비한다. 수동대기모드에서는 리모컨 수신, 내부 타이머 등

최소한의 동작으로 1 W 미만의 매우 낮은 전력을 소비한다. 표 1에 셋톱박스 동작 모드별 기능에 대해 정리 한다.

표 1. 셋톱박스 동작모드
Table 1. Operation mode of set-top box

구분	기능
ON	<ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 TV 방송신호 수신 ○ 방송신호를 AV 정보로 변환 ○ AV 정보를 TV로 전송 ○ 녹화/재생 등 부가기능 동작 ○ EPG 및 펌웨어 업데이트 ○ 리모컨 신호 수신 ○ 내부 타이머 동작
능동대기 (Active Stand-by)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 디지털 TV 방송신호 수신 ○ 방송신호를 AV 정보로 변환 ○ EPG 및 펌웨어 업데이트 ○ 리모컨 신호 수신 ○ 내부 타이머 동작
수동대기 (Passive Stand-by)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 리모컨 신호 수신 ○ 내부 타이머 동작

2. 대기모드 전환 기법 시스템 모델

본 논문에서는 사용자에게 TV 시청, 영화 감상, 게임 등의 다양한 서비스 제공을 목적으로 TV에 셋톱박스(Set-top box), Digital Video Disc 플레이어(DVD player), 콘솔게임기(Video game console) 등 외부 입력기기가 High Definition Multimedia Interface (HDMI) 인터페이스를 통해 각각 연결되어 있는 시스템 모델을 고려한다. 셋톱박스는 방송사업자로부터 수신한 방송신호를 AV정보로 변환하여 사용자가 TV 방송을 시청할 수 있도록 지원하는 외부 입력기기이다. DVD 플레이어는 영화 감상을 위해 저장매체에 기록된 데이터를 AV정보로 변환하는 외부 입력기기이며, 콘솔게임기는 사용자가 비디오 게임을 할 수 있도록 AV정보를 제공하는 외부 입력기기이다. 그리고 TV는 셋톱박스를 포함한 외부 입력기기에 서 전송하는 AV정보를 표시하는 디스플레이 장치이다. 리모컨(Remote control)은 외부 입력기기 및 기능을 선택하는데 사용되는 장치이다.

TV와 외부 입력기기 간의 물리적인 연결은 HDMI 인터페이스로 연결되어 AV 정보와 제어 관련 정보 송수신을 지원 한다. HDMI 인터페이스는 Transition Minimized Differential Signaling (TMDS), Display Data Channel (DDC), Consumer Electronics Control

(CEC) 등으로 구성 된다. TMDS는 AV정보 전송에 사용되며, DDC는 기기간의 규격, 화면 크기 등 정보를 가지는 Enhanced Extended Display Identification Data (E-EDID) 확인에 사용되고, CEC는 기기 간에 상호제어를 위해 사용 된다[9].

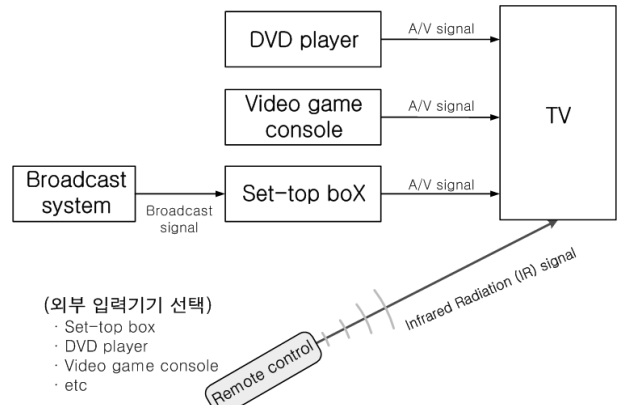


그림 2. 대기모드 전환 기법 시스템 모델
Fig 2. System model of stand-by mode transition scheme

그림 2와 같이 외부 입력기기를 사용할 수 있는 TV 시스템에서 사용자는 리모컨을 이용하여 사용하고자 하는 외부 입력기기를 선택한다. 만약 사용자가 디지털 TV 방송을 시청하다가 다른 외부 입력기기를 사용하는 경우, 리모컨을 이용하여 외부 입력기기를 변경해야한다. 이때 TV는 HDMI 인터페이스의 송수신 채널을 통해 외부 입력기기 사용 정보를 셋톱박스에 전송해 줄 수 있고, 셋톱 박스는 이 정보를 수신할 수 있음을 가정한다.

III. 셋톱박스 대기모드 전환 기법

본 장에서는 셋톱박스 소비전력을 절감하기 위한 APD 기법과 외부 입력기기 사용 정보 기반 대기모드전환 기법에 대해 설명한다.

1. Auto Power Down 기법

APD 기법은 사용자의 리모컨 입력 상황을 모니터링하고, 일정시간 미입력이 지속된 경우 셋톱박스 미사용 상황으로 인지하여 셋톱박스 동작모드를 ON모드에서 자동적으로 대기모드로 전환하여 소비전력을 절감하는 기법이다. 셋톱박스 미사용 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. 만일 셋톱박스가 사용자의 셋톱박스 미사용 상황을 인지하면 ON모드에서 대기모드로 자동 전환한다. 사용자의 마지막 입력은 리모컨 등 입력장치를 통한 채널 변경, 음량 조절, 메뉴 접속 등 사용자의 최종 입력을 의미한다.

2. 외부 입력기기 사용 정보 기반 대기모드 전환 기법

외부 입력기기 사용 정보 기반 대기모드 전환 기법(Fast Mode Transition scheme)은 사용자의 리모컨 입력 상황 모니터링과 함께 외부 입력기기 사용 정보를 기반으로 셋톱박스 미사용 상황을 인지하여 셋톱박스 동작모드를 대기모드로 전환하는 기법이다. 셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기를 사용하는 경우, 사용자의 셋톱박스 미사용 상황을 즉시 인지하여 대기모드로 전환하므로 미입력 상황 모니터링 시간 동안 소비하는 전력을 절감하는 효과가 있다.

FMT 기법은 크게 HDMI 송수신 채널을 통한 외부 입력기기 사용 정보 송신단계, 외부 입력기기 사용 정보 기반 대기모드전환 단계 등으로 구성된다. 사용자가 TV 방송 시청 중 리모컨을 통해 셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기 연결을 요청할 경우, TV는 해당 요청 정보를 HDMI의 CEC채널을 통해 셋톱박스로 전달한다. 셋톱박스는 해당 요청 정보가 도착한 경우 셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기 사용 정보인지 확인하고, 이 정보를 기반으로 셋톱박스 동작모드를 ON모드에서 대기모드로 전환하여 불필요한 전력 소비를 방지한다.

IV. 셋톱박스 소비전력 절감 성능 분석

1. 셋톱박스 소비전력 분석 방법론

셋톱박스 소비전력 분석 방법은 크게 셋톱박스 종류마다 모드별 소비전력을 제시하는 방법, 셋톱박스에서 1년간 소비하는 Total Energy Consumption (TEC)을 계산하는 방법으로 구분된다. 한국의 에너지관리공단과 호주/뉴질랜드의 Equipment Energy Efficiency (E3) 등에서는 셋톱박스 동작모드를 ON, 능동대기,

수동대기로 구분하고 모드별 소비전력을 제한한다 [10-11]. 또한 기본구성 외의 추가 장치마다 허용 소비전력은 증가할 수 있다. 하지만 추가 장치가 아무리 많다고 하더라도 모드별 최대 허용 소비전력을 초과할 수 없다. 추가 장치를 고려한 셋톱박스 모드별 소비전력은 다음과 같이 계산 가능하다.

$$MPA_i + AFA_i \leq MPL_i \quad (1)$$

식 (1)에서 i 는 셋톱박스의 동작모드를 의미하며 각각 Maximum Power Allowance (MPA), Additional Features Allowance (AFA), Maximum Power Limit (MPL)를 의미한다. 식 (1)의 경우 각 모드에서 동작함을 전제로 소비전력 비교가 가능하나, 모드별 동작시간이 반영되지 않아 연간 소비전력의 실제적인 에너지 소비 성능 분석이 어렵다.

이에 따라 미국의 Energy Star와 EU의 Code of Conduct 등에서 셋톱박스 모드별 소비전력에 연평균 또는 일평균 동작 시간을 곱하여 합산하는 방식의 셋톱박스 분석 방법론을 제안하고, 셋톱박스 종류별로 연간 소비하는 TEC를 제한한다 [3,4]. 셋톱박스 연평균 소비전력을 나타내는 TEC의 단위로 kW/yr을 사용하며, 다음과 같이 계산 가능하다.

$$TEC = 0.365 \times \sum_i T_i P_i \quad (2)$$

식 (2)에서 T_i 와 P_i 는 각각 동작모드 i 에서의 동작시간과 소비전력을 의미한다. 이 경우 각 모드별 측정된 소비전력과 고정된 동작 시간을 반영하여 셋톱박스의 연평균 소비전력 값을 계산한다.

그런데 최근 제안되고 있는 대기모드 전환 기법에서 사용자의 셋톱박스 미사용 상황을 인지하는 방법을 제안하고 있으며, 각 기법에 따라 모드별 동작 시간이 상이하게 나타난다. 따라서 APD 기법, FMT 기법 등의 에너지 소비 성능 분석을 위해 각 기법별로 대기모드 종류와 진입 시점을 명확히 구분하고 대기모드 동작 시간을 각기 계산하는 방안이 요구된다.

2. 셋톱박스 소비전력 절감 성능 분석

본 논문에서는 사용자의 셋톱박스 사용과 수동·능동대기모드 종류에 따라 대기모드 전환 기법별 상이한 모드별 동작 시간을 반영한 셋톱박스 소비전력 분석 방법론을 제시한다. 사용자의 셋톱박스 사용을 모델링하여 대기모드 전환 기법에 따

른 모드별 동작 시간 차이를 반영한 셋톱박스 에너지 절감 성능을 분석한다.

사용자의 셋톱박스 사용은 임의의 시간에 발생하기 때문에 포아송 과정(Poisson process)을 이용하여 분석할 수 있다. 본 논문에서는 셋톱박스에서 다른 외부 입력기기로 전환하는 이벤트 또는 다른 외부입력 기기에서 셋톱박스로 전환하는 이벤트 등이 포아송 과정을 따른다고 가정한다[2]. 그리고 셋톱박스과 다른 외부 입력기기 간 전환 시점의 시간 차이가 포아송 분포를 따른다고 가정하여, 셋톱박스 모드별 동작 시간 차이를 분석한다.

셋톱박스 또는 다른 외부 입력기기 간 전환 이벤트 발생 비율을 λ 로 정의한다. 만약 λ 값이 큰 경우 외부 입력기기 간 전환이 빈번하게 발생하며 기기 간 전환 시간이 빠르다는 것을 의미하고, λ 값이 작은 경우 기기 간 전환 시간이 느리다는 것을 의미한다. 따라서 전환 이벤트 발생 비율 λ 에 따라 셋톱박스 모드별 동작 시간 차이를 분석할 수 있으며, 이를 통해 대기모드 전환 기법별 셋톱박스 소비전력 분석이 가능하다.

셋톱박스 대기모드 전환 기법별 소비전력은 사용자의 외부 입력기기 사용 시점과 모드전환 모니터링 시간에 따라 달라진다. 사용자의 k 번째 외부 입력기기 입력으로부터 능동대기모드 전환을 위한 모니터링 시간 ($T_{th,a}$)과 수동대기 모드 전환을 위한 모니터링 시간 ($T_{th,p}$)에 따라 크게 $T_{th,a} \geq T_{th,p}$, $T_{th,a} < T_{th,p}$ 로 구분된다.

그림 3의 (a)과 같이 $T_{th,a} \geq T_{th,p}$ 인 경우 대기모드 전환 기법의 모드별 동작 시간은 사용자의 외부 입력기기 사용 시점에 따라 3가지 경우가 있다. τ_k 는 사용자의 k 번째 외부 입력기기 입력으로부터 $T_{th,a}$ 을 초과하여 셋톱박스를 사용한 시간을 의미하고, τ_{k+1} 는 $k+1$ 번째 외부 입력기기 사용 후 $T_{th,a}$ 와 $T_{th,p}$ 이내에 셋톱박스를 사용한 시간을 의미한다. τ_{k+2} 는 $k+2$ 번째 외부 입력기기 사용 후 $T_{th,p}$ 이내에 셋톱박스를 사용하는 시간을 의미하고, FMT 기법의 소비전력 절감 성능 ΔP 는 다음과 같이 표현한다.

$$\Delta P = \begin{cases} T_{th,p}(P_{ON} - P_{SB}^a) + (T_{th,a} - T_{th,p}) & \text{if } T_{th,a} < \tau_k \\ (P_{ON} - P_{SB}^p) + (\tau_k - T_{th,a})(P_{SB}^a - P_{SB}^p) & \\ T_{th,p}(P_{ON} - P_{SB}^a) + (\tau_k - T_{th,p})(P_{ON} - P_{SB}^p) & \text{else } T_{th,p} \leq \tau_k \leq T_{th,a} \\ \tau_k(P_{ON} - P_{SB}^p) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

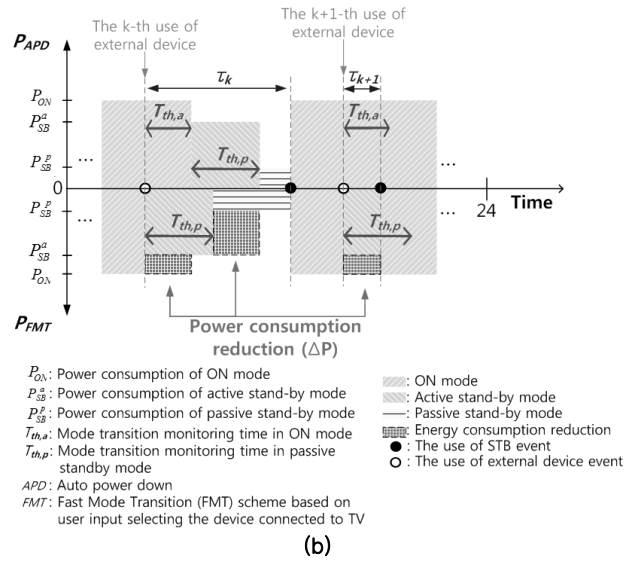
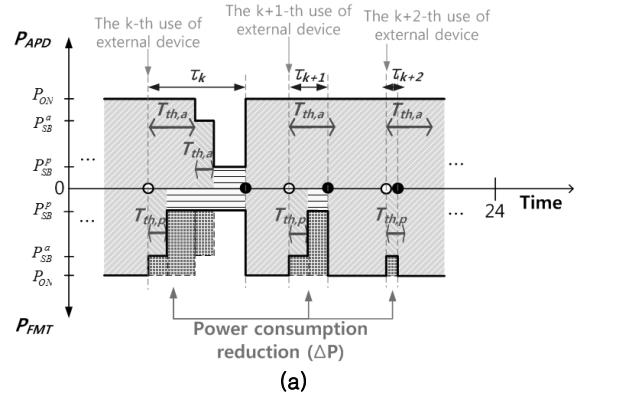


그림 3. 기법별 에너지 절감 성능 비교

(a) $T_{th,a} \geq T_{th,p}$, (b) $T_{th,a} < T_{th,p}$

Fig 3. Compare the power consumptions of APD and the Fast Mode Transition (FMT) scheme based use information external device (a) $T_{th,a} \geq T_{th,p}$, (b) $T_{th,a} < T_{th,p}$

그리고 $T_{th,a} < T_{th,p}$ 인 경우 대기모드 전환 기법의 모드별 동작 시간은 사용자의 외부 입력기기 사용 시점에 따른 2가지 경우가 있으며, 그림 3의 (b)에 도시한다. τ_k 는 사용자의 k 번째 외부 입력기기 입력으로부터 $T_{th,p}$ 을 초과하여 셋톱박스를 사용한 시간을 의미하고, τ_{k+1} 는 $k+1$ 번째 외부 입력기기 사용 후 $T_{th,a}$ 이내에 셋톱박스를 사용한 시간을 의미한다. 이때 ΔP 는 다음과 같이 표현한다.

$$\Delta P = \begin{cases} T_{th,a}(P_{ON} - P_{SB}^a) + (\tau_k - T_{th,p})(P_{SB}^a - P_{SB}^p) & \text{if } T_{th,p} < \tau_k \\ \tau_k(P_{ON} - P_{SB}^p) & \text{else } \tau_k \leq T_{th,a} \end{cases} \quad (4)$$

APD 기법의 경우 $\tau_k, \tau_{k+1}, \tau_{k+2}$ 동안 대기모

드로 전환하기 위해 $T_{th,a}$, $T_{th,p}$ 를 각각 확인한다. 하지만, FMT 기법의 경우 즉시 대기모드로 전환하므로 APD 기법대비 대기모드 동작시간이 증가하고 ON모드 동작시간이 감소하여 셋톱박스 소비전력을 절감한다.

셋톱박스 소비전력은 하루를 기준으로 셋톱박스 외의 다른 외부 입력기기를 사용하는 횟수와 외부입력 기기 사용 시간, 수동·능동 대기모드 전환 모니터링 시간 등에 의해 에너지 절감 효과는 달라진다. 따라서 본 논문에서는 포아송 과정을 이용하여 셋톱박스 또는 다른 외부입력 기기 간 전환 시점을 분석하고, 이를 기반으로 셋톱박스 모드별 동작 시간을 분석하고, 대기모드 전환 모니터링 시간을 고려하여 셋톱박스 대기모드 전환 기법별 에너지 절감효과를 분석한다.

3. 셋톱박스 소비전력 절감 성능분석

모의실험을 통해 셋톱박스 또는 다른 외부입력 기기 간 전환에 따른 셋톱박스 대기모드 전환 기법별 TEC를 비교 분석한다. 대기모드 전환 기법으로 APD 기법과 FMT 기법을 고려하며, 셋톱박스 또는 다른 외부입력 기기 간 전환 비율에 따라 TEC를 어느 정도 절감할 수 있는지 분석하여 대기모드 전환 기법별 소비전력 절감 성능을 확인한다.

표 2에 모의실험 환경에 대한 파라미터 값을 정리한다. 능동대기모드 전환을 위한 모니터링 시간 $T_{th,a}$ 는 기존 문헌에서 제시된 범위 중 소비전력 절감 효과가 가장 클 것으로 예상되는 가장 작은 값인 1시간으로 가정한다[7]. 수동대기모드 전환을 위한 모니터링 시간 $T_{th,p}$ 는 1~60분으로 가정한다.

표 2. 모의실험 파라미터
Table 2. Simulation parameters

Parameters	Value
능동대기모드 전환 모니터링 시간 ($T_{th,a}$)	60 (min)
수동대기모드 전환 모니터링 시간 ($T_{th,p}$)	1~60 (min)
ON모드 소비전력 (P_{ON})	12.15 (W/h)
능동대기모드 소비전력 (P_{SB}^a)	9 (W/h)
수동대기모드 소비전력 (P_{SB}^p)	1 (W/h)
셋톱박스와 외부입력 기기 간의 전환 이벤트 발생 비율 (λ)	0.01 ~ 5

셋톱박스 모드별 소비전력은 셋톱박스의 능동, 수동 대기모드 소비전력 기준에 근거하여 Energy star에서 제시하고 있는 셋톱박스 제품들 중에서

APD 기능을 지원하는 제품의 평균 소비전력으로 ON모드 소비전력과 능동대기모드 소비전력을 각각 12.15 W/h, 9 W/h라고 가정하고[12], 수동대기모드 소비전력은 1 W/h라고 가정한다[7]. 하루를 기준으로 셋톱박스와 외부입력 기기 간의 전환 이벤트 발생 비율을 0.01 ~ 5로 변화시킴으로써 기기 간 전환 시간 비율을 다르게 적용한다.

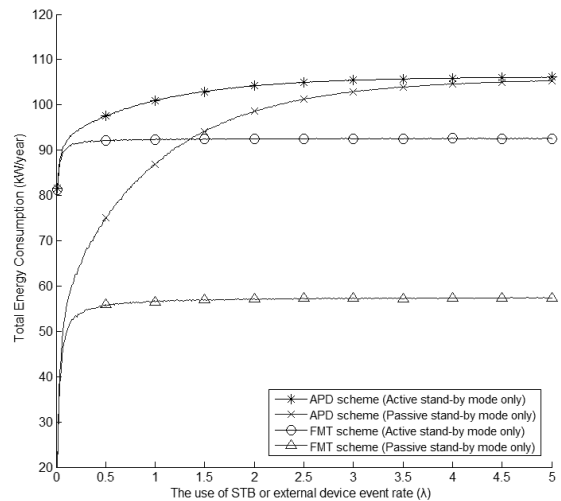


그림 4. 외부입력 기기 사용 이벤트 발생률 (λ) 변화에 따른 TEC
Fig 4. TEC for the expected events rate of user input selecting the device connected to TV

그림 4에 셋톱박스 또는 다른 외부입력 기기 간 전환 이벤트 발생 비율 변화와 대기모드 종류에 따른 TEC를 도시한다. 대기모드 전환 기법으로 ON모드에서 능동대기모드로 전환하는 경우와 수동대기모드로 전환하는 경우의 소비전력 차이를 분석한다. 외부 입력기기 사용 이벤트 발생률 증가에 따라 셋톱박스 또는 다른 외부 입력기기로의 전환 횟수가 증가한다. 셋톱박스 외부 입력기기로의 사용 전환에 따른 대기모드 동작 전환을 위해 APD 기법은 사용자 입력 모니터링 시간이 소요되므로 TEC가 증가함을 보인다. 반면 동일 상황에서 FMT 기법은 모니터링 동작 없이 즉시 수동 대기모드로 전환하므로 이벤트 발생률이 증가하더라도 추가적인 전력소모가 발생하지 않아 TEC가 일정하게 유지된다. 모의실험 결과 ON모드에서 능동대기모드로 동작모드를 전환하는 경우 FMT 기법이 APD 기법에 비해 최대 약 10%까지 TEC를 절감한다. 하지만 ON모드에서 수동대기모드로 동작모드를 전환하는 경우 FMT 기법이 APD 기법에 비해 최대 약 40%까지 TEC를

절감하는 효과가 있음을 보인다.

그림 5에 셋톱박스 동작모드를 능동대기모드에서 수동대기모드로 전환하기 위한 $T_{th,p}$ 변화에 따른 TEC를 도시한다. $T_{th,p}$ 증가에 따라 능동대기모드 동작시간이 증가하고, 수동대기모드 동작시간은 감소하여 셋톱박스 TEC는 증가한다. 그리고 λ 가 증가함에 따라 셋톱박스와의 다른 외부입력 기기를 사용하는 시간 간격이 $T_{th,p}$ 보다 작아져서 셋톱박스 TEC가 증가함을 보인다. 따라서 수동대기모드 지원에 따른 셋톱박스 TEC는 사용자의 셋톱박스 사용과 $T_{th,p}$ 에 따라 달라지며, $T_{th,p}$ 가 짧을수록 셋톱박스 TEC 절감효과는 증가함을 보인다.

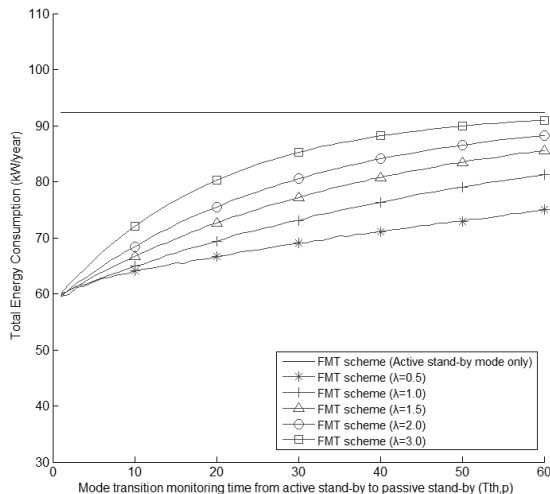


그림 5. 수동대기모드 전환을 위한 모니터링 시간 ($T_{th,p}$) 변화에 따른 TEC

Fig 5. TEC for variant mode transition monitoring time ($T_{th,p}$) from active stand-by to passive stand-by mode

V. 결 론

본 논문에서는 최근 셋톱박스 동작모드별 소비전력 규제 수준과 소비전력 분석 방법에 고려하여 대기모드 전환 기법에 따른 소비전력 분석 방법론을 제시하고 그에 따른 성능분석 결과를 제시하였다.

제안하는 셋톱박스 소비전력 분석 방법론은 사용자의 셋톱박스 사용과 대기모드 종류에 따라 대기모드 전환 기법별 상이한 모드별 동작 시간을 반영하여 보다 정확한 모드별 동작 시간 차이 및 소비전력 절감 효과를 분석한다. 사용자의 셋톱박스 사용을 포아송 과정으로 모델링하여 수동

대기모드를 고려한 경우, FMT 기법이 APD 기법에 비해 약 30% 까지 셋톱박스 연간 소비전력을 절감하는 효과가 있음을 보인다. 또한 셋톱박스 저전력 성능에 대한 적절한 평가방법을 제시하고, 소비전력 규제 기준 마련에 유용한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

향후 보다 실제적인 셋톱박스 소비전력 분석을 위한 저전력 운용 알고리즘 및 프로토콜을 반영한 연구 진행이 요구된다.

감사의 글

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

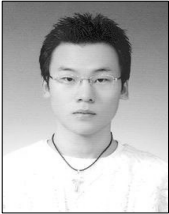
[참고 문헌]

- [1] N. Horowitz, "Better viewing, lower energy bills, and less pollution, improving the efficiency of television set-top boxes," Natural Resources Defense Council (NRDC), 2011.
- [2] 김용호, 김훈, "포아송 프로세스 모델링을 통한 셋톱박스 에너지 절감 성능 분석," 한국정보통신설비학회, 제10권, 제1호, pp. 33-39, 2011.
- [3] Energy star, "Energy star program requirements product specification for set-top boxes version 4," 2011.
- [4] EU-code of conduct, "Code of conduct energy efficiency of digital TV service systems version 8," 2009.
- [5] J. M. Yun and S. H. Lee, "Study on energy efficient IPTV set-top box," *International conference on computer communication and management, Proceedings of CSIT'5*, pp. 633, 2011.
- [6] S. H. Lee and J. M. Yun, "Design of energy-efficient set-top box," *Consumer electronics (ISCE), 2011 IEEE 15th international symposium on consumer electronics*, pp. 75-78, 2011.
- [7] Ken Dale, Draft proposal for a '1-hour' auto-standby function for STB, Pace, 2005.
- [8] 김용호, 최윤범, 오남걸, 김훈, "외부 입력기기 사용 정보 기반 셋톱박스 대기모드 전환 기술," 한국정보통신설비학회, 제9권, 제4호, pp. 124-130, 2010.
- [9] High-definition multimedia interface specification version 1.3a, (<http://www.hdmi.org>), 2006.
- [10] 에너지관리공단, 대기전력저감 프로그램 운용 규정, (<http://kempia.kemco.or.kr>), 2011.
- [11] Equipment energy efficiency, Minimum energy

performance standards and alternative strategies for set-top boxes, 2007.

[12] Energy Star, Set-top Box Qualified Product List, (<http://www.energystar.gov>), 2011.

Biography



김 용 호

2010년 인천대학교 전자공학과 졸업

2010년~현재 인천대학교 전자공학과 석사과정

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

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



김 훈

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