
서비스 사용 패턴을 고려한 홈 게이트웨이의 전력 절감 알고리즘

공인엽*

Energy Saving Algorithm of the Home Gateway considering Service Usage Patterns

In-Yeup Kong*

요 약

홈 게이트웨이는 홈 네트워크의 지속적인 서비스를 제공해야 한다. 그러나 유비쿼터스 홈 네트워크 영역 확산 될수록 홈 게이트웨이의 전력 소비는 기하급수적으로 증가한다. 이에 본 논문에서는 홈 게이트웨이가 지속적인 서비스를 유지하면서도 사용자 트래픽이 없는 구간에 저전력 모드로 전환되도록 제어한다. 이를 위해 기존의 유희 시간 패턴을 고려하여 다음 유희 시간을 예측하였다. 네트워크 활용 패턴의 유사성을 상세하고 가변적으로 반영하기 위하여, 요일별 생활 패턴을 프로파일링하여 적용하였다. 유희 시간의 특성을 전체 평균과 요일별 생활 패턴으로 각각 프로파일링한 데이터를 실제값과 비교한 결과, 전체 평균 적용한 경우 유희 시간의 예측치와 실제 값의 오차가 최소 0.43%에서 최대 4%로 나타났다. 이에 반해, 요일별 패턴을 적용한 경우, 유희 시간의 예측치와 실제 값의 오차가 최소 0.06%에서 최대 2%로 나타났다. 이로서 네트워크 활용 패턴을 적용하는 방식이 더 효율적임을 알 수 있다.

ABSTRACT

Home Gateway is always on for continuous services of home networks. Ubiquitous home networks are extended, so power consumption of home gateways increases by geometric progression. Our algorithm is for home gateway to sleep, listen or wakeup according to network traffic adaptively, as well as to keep always-on service. To do this, it traces the accumulated average of previous sleep periods. In addition to this basic algorithm, we make the profiles for user's living pattern per the day to reflect network usages in detail and adaptively. As the simulation results by comparing with overall accumulated average and per-day accumulated average, in case of the overall accumulated average, the difference the estimation and real value is distributed from 0.43% to 4%. In contrast of this, in case of the per-day accumulated average is distributed from 0.06% to 2%. From this results, we know the profiling of per-day usage pattern can help reduce the difference of the real sleep period and the estimated sleep period.

키워드

홈 게이트웨이, 홈 네트워크, 에너지 효율, 전력 절감 알고리즘

Key word

Home Gateway, Home Networks, Energy Efficiency, Power Saving Algorithm

* 국립금오공과대학교 전자공학부 (교신저자, iykong@kumoh.ac.kr)

접수일자 : 2010. 07. 09

심사완료일자 : 2010. 07. 14

I. 서 론

신규 건설되는 아파트를 중심으로 홈 네트워크를 통한 스마트 서비스가 확산되고 있다. 뿐만 아니라 그린 에너지의 정착을 위해 지식경제부에서는 2010년 1월 15일에 '2010년 그린 홈 100만호 보급 사업 지원공고'를 내고 약 2만호의 주택에 추가로 신재생에너지 설비를 보급할 계획이다[1]. 홈 네트워크가 보편화될수록 홈 네트워크를 에너지 효율적으로 운영하는 것이 매우 중요하다는 점을 이를 통해 알 수 있다.

신재생 에너지 개발되고 보급되고 있지만 과도기에 있으므로 현재 홈 네트워크의 에너지 소비 패턴을 효율적으로 구성해야 한다. 홈 네트워크를 구성하는 각각의 정보 가전 기기들도 대기 전력 최소화 등의 자체적인 에너지 절감 방식을 채택하고 있다. 특히 홈 게이트웨이의 경우, 외부에서 홈 네트워크 서비스를 지속적으로 사용할 수 있도록 항상 접속 가능한 상태여야 하므로 홈 게이트웨이의 전력 소비를 고려해야 한다. 이와 관련하여 지속적으로 알고리즘을 연구해왔고, 본 논문에서는 기존에 에너지 절감 효율 뿐만 아니라 에너지 절감 모드 운영으로 인한 지연 문제까지 분석하고자 한다.

홈 네트워크를 고려한 전력 절감 방식에 대한 연구로는 네트워크 트래픽을 기반으로 유휴 시간(Idle Period)을 예측하는 방식[2,3], 서비스 기반의 홈 서버 전력 관리 방식[4], 홈 네트워크를 구성하는 장치와 24시간 이용 패턴을 고려한 전력 절감 방식[5], 전력 절감과 서비스 품질 보장을 위한 미들웨어 구조[6] 등이 제안되었다.

네트워크 트래픽은 자기유사성(self-similarity)을 가지므로 본 논문에서는 과거의 유휴 시간을 누적하여 기록하고, 이를 바탕으로 다음 유휴 시간을 예측하여 휴면 모드(Sleep Mode)로의 전환을 결정하는 것을 기본으로 한다. 더불어 유휴 시간의 전체 평균만을 고려하지 않고, 사용자의 홈 네트워크 사용 패턴을 프로파일링(Profiling)하여 요일별 유휴 시간 평균 휴면 모드 시간을 분석한다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 패킷 간 유휴 시간, 에너지 효율 등의 기본 개념을 정의하고, 3장에서는 전력 모드 전환 알고리즘에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 이에 대한 시뮬레이션 결과를 제시하며, 5장에서는 결론과 향후 방향에 대해

언급한다.

II. 본 론

트래픽은 자기유사성을 가지므로 본 논문에서는 과거의 유휴 시간을 누적하여 기록하고, 다음 유휴 시간을 예측하여 휴면 모드로의 전환을 결정하는 것을 기본으로 한다. 이를 위하여 운영 체제 분야에서 사용되는 EWMA (Exponentially Weighted Moving Average) 방식을 사용하였다.

2.1 EWMA 예측 방식

EWMA는 운영 체제에서 CPU를 스케줄링하는 방식에 적용된 것으로서, 운영 체제가 프로세스 스케줄링을 적절하게 하기 위해서 이전 CPU 버스트(Burst) 시간들로부터 다음 CPU 버스트의 길이를 예측하기 위해 사용한다. 여기서 CPU 버스트란 각 프로세스가 운영 체제에 요구하는 실행 시간을 의미한다. 운영 체제가 다음에 요구될 CPU 버스트 시간을 정확히 예측하여 스케줄링할 수 없기 때문에 이전까지의 예측 값을 누적한 평균과 직전 결과 값을 적절한 비율로 반영하여 다음 CPU 버스트의 길이를 예측한다. 이를 재귀식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

식 (1)에서 I_{n+1} 은 새로운 예측 값이고, I_n 은 이전까지의 예측 평균값이며, i_n 은 가장 최근의 CPU 버스트 값이다.

$$\begin{aligned} I_{n+1} &= a \cdot i_n + (1-a) \cdot I_n \\ &= a \cdot i_n + a \cdot (1-a) \cdot I_{n-1} + a \cdot (1-a)^2 \cdot I_{n-2} \\ &\quad + \dots + a \cdot (1-a)^n \cdot i_0 + a \cdot (1-a)^{n+1} \cdot I_0 \end{aligned} \quad (1)$$

a 는 어느 쪽에 비중을 얼마나 둘 것인가에 관한 가중치로서, a 가 0이면 $I_{n+1} = I_n$ 즉, 최근의 누적 평균은 다음 CPU 버스트에 영향을 주지 않는다는 의미이다. 반대로 a 가 1이면 $I_{n+1} = i_n$ 즉, 이전 누적 값은 무시하고 가장 최근의 CPU 버스트 값만 고려하겠다는 의미이다.

본 논문에서는 CPU 버스트 대신 유휴 시간을 사용하였다.

2.2 패킷 간 유휴 시간의 정의

먼저 패킷 간 유휴 시간과 관련된 용어를 정의하면 그림 1과 같다.

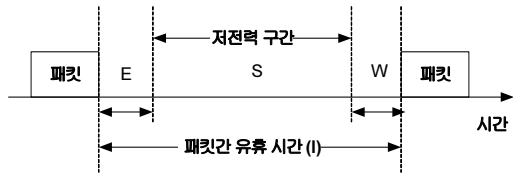


그림 1. 패킷 간 유휴 시간
Fig. 1. Per-packet Idle Period

패킷과 패킷 사이에 유휴 시간동안 전력 절감 모드로 전환하고자 하는 경우, 하드웨어적으로 전력 절감 모드로 전환되는데 시간이 소요되며, 이를 **E**라고 표시하였다. 그리고 패킷 수신을 위해 다시 전력을 높일 때에도 시간이 소요되며, 이를 **W**라고 표시하였다. 따라서 패킷 간 유휴 시간에서 **E**와 **W**를 제외한 나머지 시간인 **S**동안 저전력 모드인 휴면 모드를 유지할 수 있다. 또한 **E**와 **W**의 합이 **I**보다 작아야 휴면 모드를 통해 전력을 절감할 수 있다.

III. 트래픽 기반 전력 절감 알고리즘

본 알고리즘은 기본적으로 직전까지의 유휴 시간을 고려하여 현재의 유휴 시간을 예상하고, 이에 따라 전력 절감 모드로의 전환 여부를 결정한다. 이 알고리즘의 주안점은 전력 절감 모드를 유지하면서 응답 내용이 예측되는 트래픽의 경우, 최대한 가상의 프록시(Proxy) 서버가 처리함으로써 전력 절감 모드의 유지 시간을 늘리는 것이다. 이는 전력 절감 알고리즘이 구현된 FPGA에 가상의 프록시 서버 기능을 구현함으로써 실현할 수 있다. 즉, 전력 절감 모드를 유지하면서 네트워크 상태 조회 등의 관리 패킷이나 연결 확인용 응용 프로그램 패킷 등은 직접 처리한다.

3.1 프록시 처리용 패킷 분류

장치가 유휴 상태에 있을 때라도 네트워크상에는 항상 패킷이 송수신된다. 이러한 패킷을 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 응답을 필요로 하지 않는 패킷인데,

이는 동작을 취해줄 필요가 없거나 응답을 해줄 필요가 없거나 운영 체제의 프로토콜 스택에서 무시되는 패킷들이다. 여기에 속하는 것은 브로드캐스트되는 패킷이나 라우팅 프로토콜 패킷과 같이 상태를 알려주는 형태의 패킷들이 있으며, 포트 스캔과 같이 해킹용 패킷들도 이에 속한다. 두 번째는 응답 패킷이 단순하게 정해져 있는 패킷들인데, 취해야 하는 동작이나 응답이 정적이기 때문에 패킷에 따라 전력 절감 모드를 유지한 상태에서 프록시로 처리해 줄 수 있다. ARP나 ping, DHCP, 각종 조회용 패킷들이 이에 해당한다. 더불어 본 논문에서는 메신저의 연결 확인 패킷 또한 프록시로 처리하였다. 세 번째는 활성 모드에서 처리해야 하는 사용자 데이터로서, 첫 번째와 두 번째에 해당하지 않는 나머지 사용자 데이터 패킷이다. 즉, 일반적으로 사용하는 TCP, UDP와 응용 프로토콜 패킷이 이에 속한다. 최근에는 인터넷 전화 가입자가 늘고 있는데, 외부에서 언제든지 전화가 걸려올 수 있으므로 홈 게이트웨이는 휴면 모드에서도 항상 이러한 응용 서비스 패킷을 감지하여 최대한 빨리 동작 모드(Running Mode)로 전환해야 한다.

3.2 유휴 시간 예측 알고리즘

사용자 패킷이 없는 시간이 시작되었다고 해서 바로 전력 절감 모드로 바꾸게 되면, 곧 활성화해야 하는 이벤트 발생시 오히려 전력 효율이 떨어질 수 있다. 그러므로 사용자 패킷이 없는 시간이 시작된 후 어느 정도 유휴 시간이라고 판단할 수 있는 시간만큼 기다리는 것이 더 효율적이다. 하지만 유휴 시간은 가변적인 인터넷 트래픽의 특성으로 인하여, 평균적인 값으로 표현하기가 어렵다. 이에 유휴 시간의 패턴을 누적해오면서 이를 기반으로 다음 유휴 시간을 예측해보는 방식으로 접근하였다.

그림 2에서 **R**은 실행 모드를, **I**는 유휴 모드를 **S**는 전력 절감 모드인 시간을 나타낸다. 여기서 두 가지 오버헤드가 발생되는데, **R** 모드에서 **S** 모드로 전환시 지연시간이 발생되고, **S** 모드에서 **R** 모드로의 전환시 지연시간이 발생된다. 이를 각각 **E**와 **W**로 표기하였다. 그림 2의 (a)는 **I**가 **E**보다 크거나 같은 경우 발생하는 지연을 보여주고 있고, 그림 2의 (b)는 **I**가 **E**보다 작거나 같은 경우 발생하는 지연을 보여주고 있다.

R 모드에서의 전력 소모량을 **P_R**, **S** 모드에서의 전력 소모량을 **P_S**, **R** 모드에서 **S** 모드로 또한 **S** 모드에서 **R** 모

드로 다시 전환되기 위해 필요한 평균 전력 소모량을 P_{EW} 라고 정의하면, 일반적으로, $P_R \geq P_{EW} \geq P_S$ 이다. 이를 통해 시스템의 에너지 이득 (EG: Energy Gain)를 정의하면 식 (2)과 같다.

에너지가 절약되기 위해서는 식 (2)의 EG가 양수가 되어야 하는데, 이는 그림 2의 (a)에 해당해야 한다. 이를 식으로 표현하면 식 (3)에서 식 (7)과 같다. 즉, 에너지 절약 효과를 얻기 위해서는 유휴 시간의 특성이 식 (3)과 식 (7)을 만족해야 한다. 여기서 중요한 것은, 전력 절감 모드로의 전환을 결정할 임계치인 S_{th} 를 정의하는 것이다. 임계치 S_{th} 는 식 (7)에서 보는 바와 같이 분알고리즘이 적용될 홈 게이트웨이의 전력 소모량 특성인 P_R, P_{EW}, P_S 와 전력 모드 전환에 소요되는 시간인 E, W 를 반영하여 결정된다. 또한 본 논문에서는 현재 유휴 시간을 예측하기 위해 식 (1)을 사용하였으며, 시뮬레이션을 통해 a 값을 다양하게 주면서 적절한 가중치를 찾는다.

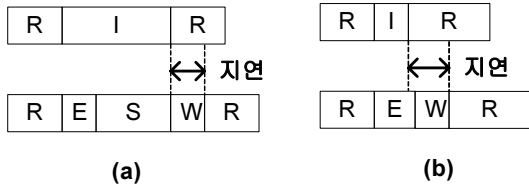


그림 2. 전력 절감 모드의 전환 발생 예
Fig. 2. Examples of Power Modes Change

$$EG = I \cdot P_R - (E + W) \cdot P_{EW} - P_S \cdot S \quad (2)$$

$$I \geq E \quad (3)$$

$$EG = I \cdot P_R - (E + W) \cdot P_{EW} - P_S \cdot S \quad (4)$$

$$= I \cdot P_R - (E + W) \cdot P_{EW} - P_S \cdot (I - E) \quad (5)$$

$$= I \cdot (P_R - P_S) - E \cdot (P_{EW} - P_S) - W \cdot P_{EW} > 0 \quad (6)$$

$$\Rightarrow I > \frac{E \cdot (P_{EW} - P_S) + W \cdot P_{EW}}{(P_R - P_S)} \quad (7)$$

$$\Rightarrow S_{th} = \frac{E \cdot (P_{EW} - P_S) + W \cdot P_{EW}}{(P_R - P_S)} \quad (7)$$

3.3 동작 모드 전환 알고리즘

설명한 바와 같이 설계한 알고리즘의 동작 흐름은 그림 3과 같다.

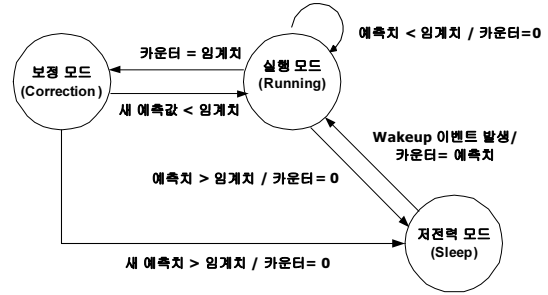


그림 3. 제안 알고리즘
Fig. 3. Proposed Algorithm

그림 3에서 보는 바와 같이 3가지의 모드 (보정 모드, 실행 모드, 저전력 모드)를 기반으로 한다. 실행 모드에서 사용자 패킷 입력이 더 이상 발생되지 않으면 알고리즘에 따라 유휴 시간에 대한 예측치를 계산한다. 예측치가 임계치보다 작으면 카운터를 초기화하고 실행 모드를 유지한다. 실행 모드의 유지 상태에서 카운터가 임계치에 도달하면 보정 모드로 전환된다. 반면 예측치가 임계치보다 크면 전력 절감 모드인 저전력 모드로 전환한다.

보정 모드에서는 유휴 시간의 예측치와 실제 유휴 시간의 차이가 심한 경우 이를 보상하기 위한 처리를 한다. 이 모드에서는 유휴 시간에 대한 예측치를 다시 계산하는데, 이 값이 임계치보다 작으면 다시 활성 모드를 유지하면서 대기하는 상태인 실행 모드로 전환되고, 임계치보다 크면 저전력 모드로 전환된다. 저전력 모드에서는 사용자 데이터 패킷 수신 등의 활성화 이벤트가 발생시 즉시 실행 모드로 전환하며, 카운터 값은 유휴 시간 예측치로 설정한다.

3.4 생활 패턴 분석

홈 네트워크의 전력 소비는 구성원의 생활 패턴에 따라 영향을 받는다. 홈 네트워크 서비스의 평균 사용 패턴에 대한 데이터에 의하면 홈 게이트웨이는 평균적으로 1.9시간동안 동작 모드로 켜져 있고, 18.2시간동안 휴면 모드로 구동되며, 3.9시간동안 꺼져 있다고 한다[7].

좀 더 다양한 패턴을 고려한다면 논문 [6]에서 제시한 바와 같이 그림 4와 같은 생활 패턴이 예가 될 수 있다. 그림 4에서 패턴 A는 가족 구성원들이 낮 시간동안 외출하는 경우이고, 패턴 B와 C는 낮 시간동안 가정 내에서 홈 네트워크를 사용하는 구성원이 있는 경우이다.

한편 ‘Sleeping’ 시간과 ‘Going-out’ 시간 동안에는 방문자 알림 서비스 또는 인터넷 전화가 걸려오는 등의 간헐적인 통신이 필요하거나 홈 네트워크가 거의 사용되지 않는 시간대이므로 ‘Stay’ 시간대에 비해 전력 절감 효과가 더욱 커진다.

Pattern	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	Sleeping		Stay		Going-out												Stay						
B	Sleeping		Stay		Going-out						Stay												
C	Sleeping		Stay		Going-out				Stay														

그림 4. 네트워크에서의 생활 패턴의 예 [6]
Fig. 4. Examples of Networks Usage Patterns

홈 네트워크에서 발생하는 트래픽 분석 결과에 따르면 요일별 사용 패턴이 비교적 유사하였다. 이를 감안하여 유휴 시간 예측시 전체 평균 누적 유휴 시간 대신에 각 요일별 누적 평균을 취하도록 조정하였다. 첫 일주일을 생활 패턴의 프로파일링 시간으로 정하여 첫 주에는 기본 설정 값으로 요일별 평균을 누적하고, 그 다음 주부터는 전체 유휴 시간의 누적 평균 대신 해당 요일의 누적 평균을 고려하였다.

이를 식으로 표현하면 식 8과 같다.

$$I_{n+1(day)} = i_n \cdot (1-a) + I_{n(day)} \cdot a \quad (8)$$

$day \in \{\text{월, 화, 수, 목, 금, 토, 일}\}$

식 8은 식 (1)에 각 요일별 평균을 반영한 것으로서, ‘day’는 월요일부터 일요일까지의 각 요일을 의미한다.

IV. 시뮬레이션 평가

4.1 시뮬레이션 환경

홈 네트워크 시험망은 홈 게이트웨이 1대, 컴퓨터 2대, 인터넷 전화 1대, 정보 가전 기기 8대로 구성하였다. 이 시험망에서 Wireshark[9]를 사용하여 패킷을 캡처하고 이를 텍스트 파일로 간소화하여 텍스트 파일에서 Timestamp와 프로토콜 종류를 추출하여 시뮬레이션하였다. 이 과정에서 사용된 시뮬레이션 데이터는 다음과 같다. 이 데이터는 실제 홈 게이트웨이에서 측정된 데이터이고, 임계치 Sth는 식 (7)에 의해 계산된 값이다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 데이터
Table 1. Simulation Data

기호	값	의미
E	1 초	휴면 모드로의 전환 시간
W	1 초	동작 모드로의 전환 시간
P _R	19.5 Wh	동작 모드의 소모 전력
P _S	7.5 Wh	휴면 모드의 소모 전력
P _E	13.5 Wh	휴면 모드로의 전환 전력
P _W	21 Wh	동작 모드로의 전환 전력
S _{th}	2.25 초	임계치

4.2 전력 절감 효율 분석

먼저, 그림 4에서 제시한 3가지 사용 패턴 (A, B, C)과 유사하게 트래픽을 생성하고, 가중치를 0.5로 고정했을 때 시간대별 에너지 절감 효과는 그림 5와 같다.

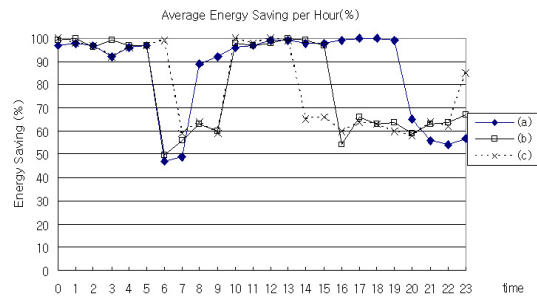


그림 5. 생활 패턴에 따른 시간대별 전력 절감
Fig. 5. Energy Saving according to the living patterns

그림 5에서 평균 에너지 절감 비율(%)은 항상 커 두었을 때를 기준으로 하여 본 알고리즘의 적용 후 절감되는 전력 비율을 의미한다. 결과에 따르면, ‘Stay’ 구간에서 최소 47%, 최대 68%의 에너지 절감 효과를 얻었다.

이전 논문[8]에서는 가중치를 0.5로 고정하고 성능 평가를 하였으나 본 논문에서는 최적의 가중치를 찾기 위해 생활 패턴별로 전력 절감 비율을 측정하였고, 그 결과는 그림 6과 같다.

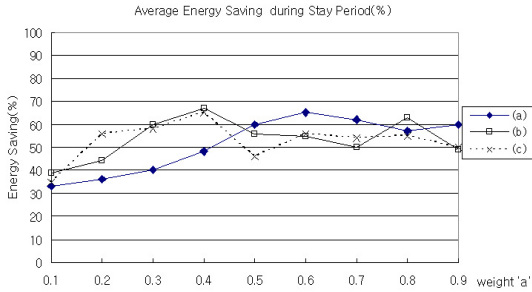


그림 6. 가중치에 따른 전력 절감
Fig. 6. Energy Saving according to the weights

그림 6에서 보는 바와 같이 3가지 사용 패턴에 있어서 특히 ‘Stay’ 시간대를 중심으로 다양한 가중치에 따른 전력 절감 효과를 살펴보면, 패턴 A와 B의 경우 가중치를 0.4로 하는 것이 가장 적절하였다. 반면 패턴 C에서는 가중치를 0.6에 두는 것이 가장 적절하였다. 이러한 결과는 트래픽의 패턴과 집중도에 따라 가변적이다.

더불어 임의로 홈 네트워크를 사용하도록 한 후, 사용자의 홈 네트워크 이용 패턴을 프로파일링한 결과를 검증해보면 다음과 같다. 먼저 휴식 시간 예측시 전체 휴식 시간 평균을 반영하면 그림 7과 같은 결과가 나온다. 그림 7의 (a)는 실제 각 시간대별 휴식 시간의 합이고, (b)는 알고리즘에 의한 시간대별 휴식 시간 예측치의 합이다. 이 시나리오에서는 오전 시간 인터넷 등의 서비스를 이용하고 오후에는 외출했으며, 저녁과 밤 시간에 인터넷을 이용한 경우이다. 즉, 오전과 오후에는 지난주까지와 유사한 패턴을 보이고, 저녁과 밤 시간에는 다르게 사용하였다.

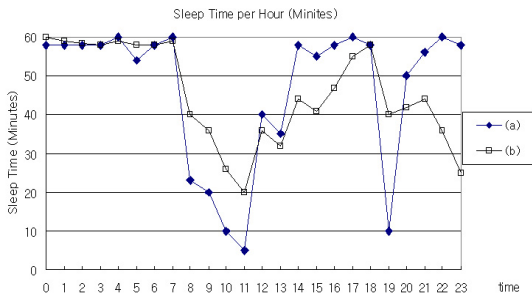


그림 7. 전체 평균치를 사용한 경우
Fig. 7. Sleep Time using Overall Average

결과를 살펴보면, 휴식 시간 변화의 흐름에 전반적으로 따라가지만 변화가 급격한 경우, 편차가 있다.

다음으로 본 논문에서 적용한 요일별 휴식 시간 평균 반영 방식을 동일한 날짜의 트래픽 패턴(그림 7과 8의 (a)는 동일)에 적용하면 그림 8과 같은 결과가 도출된다.

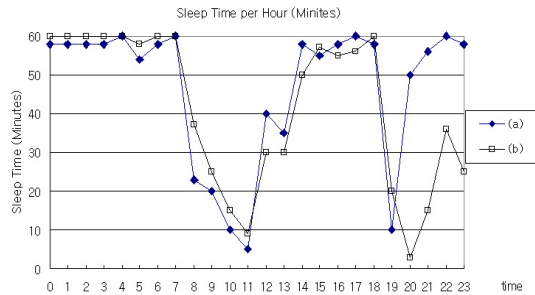


그림 8. 요일별 특성을 고려한 경우
Fig. 8. Sleep Time using Average per Each Days

그림 8에서 보는 바와 같이 오전과 오후 시간대의 실제 휴면 모드 시간과 예측된 시간이 매우 유사함을 알 수 있다. 그리고 저녁과 밤 시간대에는 지난 주까지의 평균보다는 네트워크를 더 많이 사용하였음을 보여주고 있다.

이전 연구[8]에서 휴식 시간의 특성을 반영하기 위해서 전체 누적 평균 값을 취했는데, 이는 그림 7의 결과와 같이 나타난다. 전체 평균 적용한 경우 휴식 시간의 예측치와 실제 값의 오차가 최소 0.43%에서 최대 4%로 나타났다. 이에 반해 본 논문에서 제안한 바와 같이 네트워크 사용자의 네트워크 활용 패턴에 따라 요일별로 세분화하여 적용한 그림 8의 결과를 비교해보면 요일별 패턴을 적용한 경우, 휴식 시간의 예측치와 실제 값의 오차가 최소 0.06%에서 최대 2%로 나타났다. 즉, 요일별 특성을 고려하는 것이 실제와 예측의 차이를 줄이는 데 도움을 줄 수 있는 것을 알 수 있다.

V. 결론

유비쿼터스 홈 네트워크가 확산되고 있는 추세에서 기존에 구축되어 있는 홈 게이트웨이의 전력 소모를 줄

이는 것은 매우 중요하다. 본 논문에서는 요일별 유휴 시간의 패턴과 트래픽 상황을 기반으로 하여 휴면 모드로의 전환과 동작 모드로의 복구를 결정하는 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과에 따르면 요일별 생활 패턴을 고려하면 전체 평균치 적용에 비해 예측된 유휴 시간과 실제 유휴 시간의 차이가 절반으로 줄어들게 되어 전체 유휴 시간 평균치를 적용하는 경우보다 에너지 소모를 더 많이 줄일 수 있다.

참고문헌

- [1] 지식경제부, “2010년 그린 홈 100만호 보급 사업 착수”, 보도자료, 2010.
- [2] C. H. Hwang and A. C. H. Wu, “A Predictive System Shutdown Method for Energy Saving of Event-Driven Computation”, *ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems*, Vol.5, No.2, p. 226-241, 2000.
- [3] P. C. Gunaratne and K. J. Christensen, “Predictive power management method for network devices,” *IEE Electronics Letters*, Vol.31, No.13, 2005.
- [4] K. J. Christensen, C. Gunaratne, B. Nordman, and A. D. Georgec, “The next frontier for communications networks: power management”, *Elsevier Computer Communications*, Vol.27, Issue 18, pp. 1758-1770, 2004.
- [5] J. S Han, I. T. Han, and K. R. Park, “Service-Oriented Power Management for an Integrated Multi-Function Home Server”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.53, No.1, 2007.
- [6] H. S. Mok, S. Y. Son, J. H. Hong, and S. H. Kim, “An Approach for Energy-Aware Management in Ubiquitous Home Network Environment”, *Proceedings of SEUS 2007, LNCS 4761*, pp. 293-300, 2007.
- [7] Thomas Zettler, “Fundamental Energy Efficiency Measures for Home Gateways”, *Proceedings of International Conference on Energy Efficient Computing and Networking*, pp. 1-2, 2010.
- [8] 공인엽, 황원주, “에너지 효율적인 홈 네트워크를 위한 트래픽 기반 전력 절감 모드 결정 알고리즘의 설계 및 성능 분석”, 한국멀티미디어학회 논문지, 제11권, 제10호, 2008.

- [9] G. Combs, “Wireshark: network protocol analyzer 1.2.9 Released”, Available on <http://www.wireshark.org/>, 2010.

저자소개



공인엽 (In-Yeup Kong)

부산대학교 컴퓨터공학과 학사
부산대학교 컴퓨터공학과 석사
부산대학교 컴퓨터공학과 박사
인제대학교 Postdoc
현재 금오공과대학교 전임강사

※ 관심분야 : RFID/USN, IPv6, 임베디드시스템