

Networked Home-Device 의 전력관리를 위한 대기모드지원 게이트웨이 시스템 설계 및 구현기술

윤 정 미*, 이 상 학
(Yun JungMee, Lee SangHak)

Abstract : 홈 네트워크내에서 Always-on 기기 특성으로 인하여 불필요한 에너지를 소비하는 경우가 전체 소모전력량의 60% 이상을 차지한다. 그러므로 이러한 에너지 소비를 줄일 수 있는 방안에 대한 연구의 필요성이 점차 증대되고 있으며, 본고에서 연구한 Ethernet기반의 트래픽량에 의한 대기모드 전환 알고리즘은 에너지 절감에 매우 유용한 연구기술이라 할 수 있다.

이에, 본고에서는 idle time때의 네트워크 에너지 소비를 절감하기 위한 대기전력 지원형 Green Ethernet Gateway시스템설계 및 구현방안과 시스템 대기모드상태를 최대한 연장하여 energy efficient효과를 향상시키기 위한 Proxying 기반 control policy를 제안한다. 일반적으로 홈네트워크의 네트워크 연결은 ethernet을 중심으로 이루어지며, 대부분 게이트웨이를 기반으로 그 연결이 구성된다. 그러나 홈네트워크의 일반적인 동작시간이 8시간 내외인데도 불구하고, 네트워크 연결을 위해서 full Power 상태를 유지해야 하는 기존의 energy unaware기반의 게이트웨이 구조로는 에너지측면에서 막대한 에너지 낭비를 초래한다. 이에 본고에서는 게이트웨이에서의 에너지 절감을 위한 트래픽량 기반의 대기모드 지원형 시스템을 구현하고 실제 홈네트워크 적용을 통한 에너지 절약효과를 실험한다. 또한 활성모드, 대기모드간 전환을 효과적으로 하기 위한 layer 2,3 Packet기반의 지능형 Proxying 알고리즘을 이용한 control policy를 제안한다.

Keywords: final camera-ready format, MS Word version, accepted paper, use style, heading

I. 서론

홈 네트워크 내에서의 정보기기들은 가전기기들과는 달리 네트워크에 상시 연결되어 있는 형태가 주를 이루고 있다. 이때 사용되는 네트워크는 Ethernet이 주를 이루며, 일반적으로 TCP/IP Network를 통해 연결되는 구조로 구성된다. 그러나 기존에 사용하고 있는 Ethernet, Internet 프로토콜 및 이를 응용한 응용서비스 대부분은 "energy unaware" 특성을 띄고 있으며, 이것은 일반 동작시간이 8시간 내외밖에 되지 않고 나머지 시간은 네트워크를 거의 사용하지 않는 비활성화 상태에 있는 홈네트워크 기기들의 특성에 비추어보면 상당한 에너지 낭비를 일으키는 요인이 된다.

정보화 기술의 발전에 따라 홈 네트워크 기기들이 증가하면서, 이러한 에너지 소비를 줄일 수 있는 방안에 대한 연구의 필요성이 증대되고 있으며, 이와 관련하여 국내외 연구들의 진행이 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 Ethernet기반의 홈 게이트웨이 시스템에서의 전력저감 알고리즘과 이를 실증 실험한 결과를 기술한다. 2장에서는 이더넷 기반 전력저감 관련 연구기술들을 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 개발한 네트워크 기반 전력저감 알고리즘에 대해서 논한다.

II. 관련연구

홈네트워크 기반의 Ethernet Energy 효율화를 위한 연구들은 크게 IEEE 기반의 EEE(Energy Efficient Ethernet) 연구[1], Lawrence Berkerly National Lab 중심의 Adaptive Link Rate기술 [2], ITU의 ADSL 2B[3] 등을 들 수 있다. 각 기술에 대한 주요 연구내용을 살펴보면 다음과 같다.

표 1. Energy Efficient연구기술

기술	개요	연구 기관
Energy Efficient Ethernet	Ethernet에서의 에너지 효율을 향상시키고자 하는 목적으로 IEEE 802.3 워킹 그룹에서 진행중인 Study 그룹으로, Link Utilization에 따라 동적으로 Link의 Speed를 조정하는 PHY/MAC 알고리즘에 대한 연구를 진행중이며, Link Speed Switching에 드는 시간을 1ms이하로 줄이는 것을 최종목표로 하고 있다.	IEEE 802.3 Working Group
Adaptive Link Rate	Lawrence Berkerly National Laboratory에서 연구중인 기술로 10GT이상의 고속의 Ethernet에서 Adaptive PHY Link Rate조절 알고리즘에 대한 연구를 하고 있다. 간략히 설명하면 Ethernet Link의 트래픽 활용도에 따라 Speed Level를 설정하고 이를 기반으로 Ethernet의 Speed를 동적으로 변화시킴으로써 에너지를 절감하고자 하는데 그 목적이 있다.	LBNL
ADSL 2+	Link State를 3단계로 나누어 Link rate를 조절함으로써 Power Management를 이루고자 하는 연구로 ITU G992.3/4 표준화기술인 Last-mile Internet Access를 말한다.	ITU

이러한 연구동향들을 홈 네트워크 기기의 관점에서 살펴 보면, energy Saving을 위한 주요 연구내용은 크게 PC System차원에서의 Power Management기법, 네트워크 원격제어 기술인 WOL(Wake on LAN)을 이용한 PC Power Management기법, Protocol Proxying 과 Wake-up 알고리즘을 이용한 Energy Saving 기법으로 나뉘볼 수 있다. 각각의 기술에 대해서 살펴보자.

<1> System Layer Power Management Method

시스템 레벨의 파워 매니지먼트 기술의 대표적인 예로 ACPI(Advanced Configuration and Power Interface)를 들 수 있다. 이것은 1996년 Compaq, Intel, Microsoft, Phoenix 및 Toshiba사가 공동 개발한 전력관리 프로토타입으로 랩탑, 데스크탑 및 서버를 위한 OS지향적 구성 및 전력관리를 위한 업계표준 인터페이스를 확립해준다. [4]

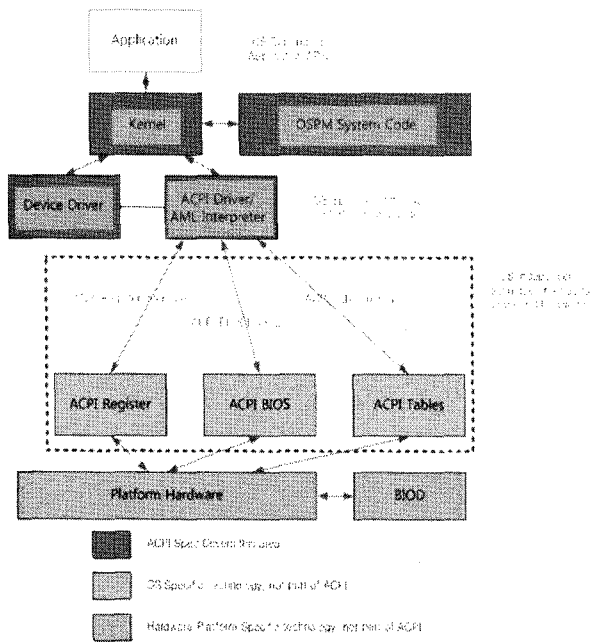


그림 1. ACPI Structure

이것은 소프트웨어와 하드웨어 구성요소가 OS, 마더보드, 주변장치의 각각의 전력사용에 대해 어떻게 대처하는지, 또한 전력관리와 플러그 앤 플레이를 OS 안에 내장하는 기술로 그 구조는 <그림 1>과 같다.

ACPI에는 ACPI 테이블, ACPI 레지스터, ACPI 바이오스등 3종류의 런타임이 있으며 간단한 동작방식을 기술하면, 우선 <그림 1>과 같이 ACPI는 OS 독립성을 획득하기 위해서 하드웨어 세부사항을 자세히 해석하는 조정자에 의해 동작하는 OS와 하드웨어간의 추상적인 인터페이스를 만든다.

ACPI 사양서는 전체 PC 시스템을 위해 4개의 글로벌 상태를 정의하는데 각각 Working, Sleeping, Soft-off, Mechanical-off이다. ACPI호환 OS는 주로 Swap Manager로서 동작하며, 수집된 정보를 기초로 하여 서로 다른 상태로 바꾸게 된다. 한 상태에서 다른 상태로의 전환은 명확한 상태전환을 위해 OS 커널에서 지시하는 OSPM 시스템 코드와 함께 시작된다. 커널이 명령을 받은 후에 이 동작을 수행하기 위해 디바이스

드라이버를 독립적으로 사용할 것인지 질의하게 되며, 이 동작에 대한 응답은 커널로부터 OSPM으로 간다. 이를 통해 Power Management가 이루어지게 된다.

<> Network Layer Static Power Management Method

1995년 AMD사에서 개발한 Packet based Power management 기술로 NIC(Network Interface Controller)를 통해 Networked PC를 제어하는 기술이다. 이때 PC를 Wake-up시키기 위해 사용하는 패킷을 Magic Packet이라고 한다. Magic Packet은 수신단의 NIC 어드레스를 16번 반복하는 형태로 구성되어 있으며 이러한 패킷을 받은 WOL NIC은 Wake-up을 위한 인터럽트를 발생하게 된다. PC의 전원이 다운된 상태라도 WOL NIC은 보조전원을 지원받아 항상 Power-on인 상태로 Magic Packet을 받게 된다. 이에 대한 상세구조는 아래 <그림 2>와 같다.

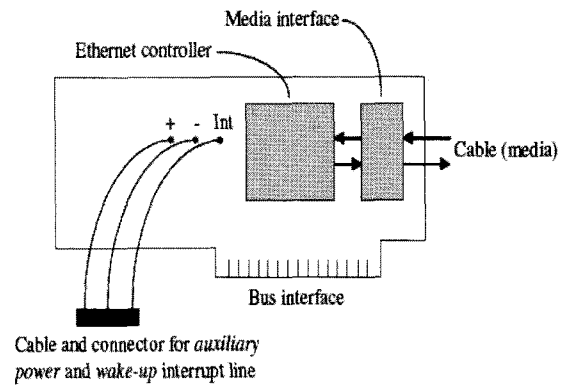


그림 2. Ethernet NIC Card Structure

그림에서 보는 바와 같이 WOL NIC 카드는 Power 와 Interrupt line이 PC 마더보드에 연결되어 있으며 Magic Packet에 의해 트리거되게 된다. NIC이 트리거되는 상황은 다음과 같은 3가지 케이스가 있다.

- Magic(WOL) Packet을 받은 경우
- Destination IP Address가 IP Address인 Packet을 받은 경우
- OS에서 Wake-up Trigger를 발생시킨 경우

<3> Network Layer Dynamic Power Management Method

ACPI나 WOL등을 이용한 Wake-up 메커니즘은 일반적으로 OS나 사용자 레벨에서 임의적으로 수행해야 한다는 점을 들 수 있다. 기존의 Network based Power Management의 한계를 해결하기 위한 방안으로 Proxying메커니즘을 들 수 있는데, 일반적으로 Idle 상태의 Networked-PC도 다수의 패킷을 받게 된다. 이중 대부분의 패킷은 다음의 세 가지 카테고리에 해당된다.[5]

- No response required: 운영체제 프로토콜 스택에서 Discard되거나 Response를 하지 않아도 되는 Packet으로 Broadcast 브리징이나 라우팅 프로토콜 패킷이 이에 해당한다.
- Minimal response required: 정형화된 응답을 요구하는 즉, minimal action이나 response가 요구되는 패킷으로 Proxy

system에 의해서 처리될 수 있는 패킷으로 ARP나 Ping 패킷이 이에 해당한다.

- Wake-up required: System에서 처리해야 하는 Packet으로 Wake-up이 요구되는 패킷을 말한다.

South Florida University에서는 이러한 패킷들에 대한 통계연구를 진행하였으며, 그 결과를 표로 나타내면 <표 2>와 같다.

표 2. Categorized packet type

Protocol	Percent	Discard	Proxing	Wake-up
ARP REQ/RSP	52.50%	Most	Yes	No
UPnP	16.50%	Most	Yes	No
bridge "hello"	7.80%	All	No	No
Cisco Discovery	6.90%	All	No	No
NetBIOS Datagram	4.40%	Some	No	Possible
NetBIOS Name Service	3.60%	Some	Yes	Possible
OSPF	1.60%	All	No	No
DHCP	1.20%	All	No	No
IP Multicasts	1.00%	All	No	No
RIP	0.50%	All	No	No
SMB	0.40%	Some	No	Possible
NetBEUI	0.31%	All	No	No
Unknown port scans	0.30%	All	No	No
BOOTP	0.25%	All	No	No
NTP	0.20%	All	No	No
NetBIOS Session Service	0.12%	Some	No	Possible
ICMP(include ping)	0.08%	Some	Yes	No
DEC Remote Console	0.08%	All	No	No
SNMP	0.06%	Some	No	Possible
X display Manager	0.04%	All	No	No

표에서 보는 바와 같이 ARP Packet이 전체 트래픽의 50%를 차지하며, 이외 UPnP, Routing, Bridging Protocol이 전체 트래픽의 30%를 차지한다. 일반적으로 이 패킷들은 Discard되거나 Proxy에 의해 간단히 reply 할 수 있는 패킷에 해당한다.

WOL NIC의 경우, Magic Packet이나 Directed IP Address를 수신하면 Wake-up하도록 되어 있으므로, 이러한 minimal response required packet에 대한 처리를 위해서도 Wake-up Operation이 발생하게 되며, 이때 발생하는 전력소비량도 큰 비중을 차지하게 된다. 그러나 이러한 minimal response required packet들을 처리할 수 있는 Proxy System을 이용하면, 전체 Network 트래픽의 80% 가까이 되는 트래픽에 대한 응답처리를 위한 Active Time을 Standby 모드로 유지할 수 있으며, 이는 전력소비 효율화에 효과적인 방법이라 할 수 있다.

이때 Proxy System은 로컬 네트워크의 모든 트래픽을 모니터링하면 로컬 네트워크에 연결된 모든 Networked-device들을 제어할 수 있는 구조를 가지고 있는 것이 좋으며, 이에 가장 적합한 디바이스가 로컬네트워크와 외부 네트워크를 연결해주는 게이트웨이 시스템을 들 수 있다.

II. 대기모드지원 게이트웨이 시스템 설계

< 하드웨어 설계 >

홈네트워크내의 트래픽을 모니터링하고 utilization을 기준으로 대기모드를 지원하기위한 게이트웨이 구현을 위해 본 고에서는 <그림 3>과 같은 하드웨어를 설계하였다.

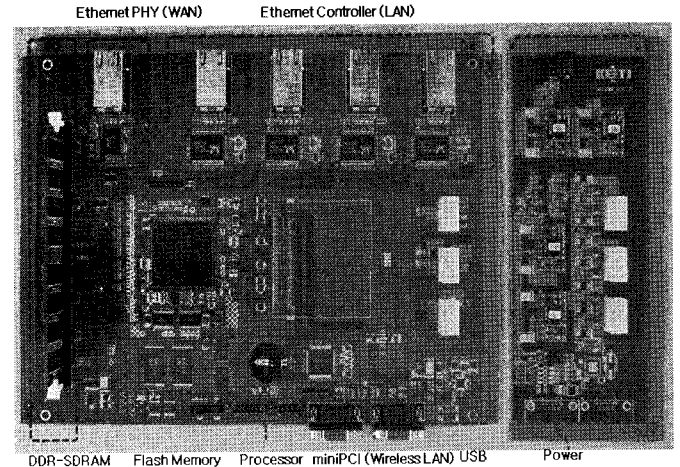


그림 3. 대기모드 지원 게이트웨이 시스템

대기모드 지원을 위해 freescal의 MPC8349E를 CPU로 채용하였다. MPC8349E의 core frequency는 533MHz이며, 전력소모량은 일반동작상태에서 최대 3.6W~3.3W를 소비한다. 해당 CPU는 전원관리제어유닛을 가지고 있어 디바이스가 저전력 모드, 일반동작모드사이로 전환하는 전원절약기능을 제공한다. 저전력모드지원을 위해 프로세서의 전원관리는 다음과 같은 방법을 사용하였다.

- Dynamic Power Management: idle시, CPU내부 block들의 clock을 동적으로 차단함.
- Shutting down unused blocks: System clock control register를 이용하여 idle시 shutdown할 block들을 지정하고 차단함. 최대 몇백 mA의 전원절약 효과를 얻을 수 있음.
- Software-controller power down states: software적으로 Powerpc core의 상태를 dose, nap, sleep-down상태로 전환함.

<소프트웨어 설계>

본고에서 개발한 네트워크 기반 전력관리 기술은 LNBL 및 SFU의 Proxing 연구를 기반으로 하여 다음 <그림 4>와 알고리즘으로 동작하도록 개발되었다.

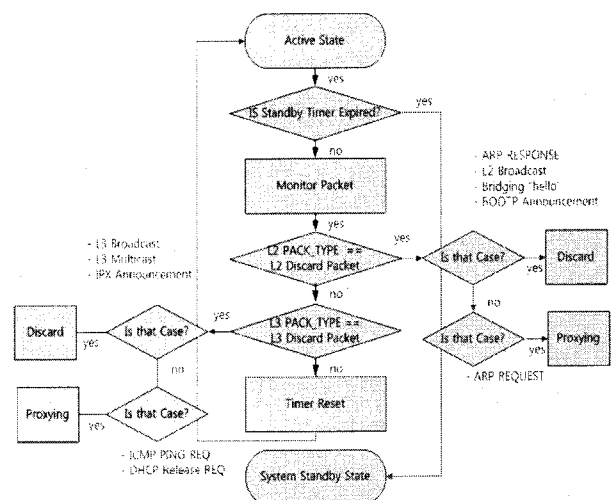


그림 4. 전력저감 알고리즘

그림에서 보는 바와 같이 홈게이트웨이 시스템의 Active ↔ Standby 전환은 네트워크내의 트래픽 유무에 따라 결정되며, 이를 위해 libpcap을 이용하여 지속적으로 네트워크의 트래픽을 모니터링하게 된다. 본 홈게이트웨이 시스템에서는 일정시간(30초)동안 L2/L3 Layer에서 Discard 가능하거나 Proxying 가능한 패킷이외의 트래픽이 발생하지 않는 경우 대기모드로 전환하게 되며, 이후 로컬 네트워크에서 WOL(Wake on LAN)/ WOWAN(Wake on WLAN) 트래픽이 발생하거나 WAN포트를 통해 Directed IP Packet이 수신된 경우 액티브 모드로 전환하도록 구현하였다.

내부 네트워크에서 Discard가능한 패킷이 수신된 경우 홈게이트웨이 시스템은 단순히 패킷을 Discard하면 되지만, ARP Request같이 간단한 Response패킷 생성이 요구되는 경우 게이트웨이에서 Proxying을 수행하게 된다. 본고에서 Ethernet 기반의 네트워크 전력측정을 위해 구현한 홈게이트웨이의 시스템은 외부 네트워크와의 인터페이스로는 WAN 포트가, 내부 네트워크로는 4 포트 Ethernet과 1포트 WLAN이 있으며, 각 내부 네트워크는 Bridge로 연결되어 있다. 이 Layer2 Bridge에서 L2 트래픽 모니터링 및 Proxing이 이루어지며, 이를 통해 네트워크 전력관리가 이루어진다. 전력관리를 통해 정상모드일 경우와 대기모드일 경우의 전력소비량의 측정결과는 다음과 같다.

표 3. 포트별 전원소모량 측정표

포트상태	정상모드	대기모드
WAN 1 Port	12.0V/0.5A	12.0V/0.4A
WLAN1, LAN 1Port	12.0V/0.6A	12.0V/0.4A
WAN1, LAN2 Port	12.0V/0.7A	12.0V/0.4A
WAN1, LAN3 Port	12.0V/0.9A	12.0V/0.4A
WAN1, LAN4 Port	12.0V/1.0A	12.0V/0.5A

V. 결론

홈 네트워크내에서 Always-on 기기 특성으로 인하여 불필요한 에너지를 소비하는 경우가 전체 소모전력량의 60%이상 을 차지한다. 그러므로 이러한 에너지 소비를 줄일 수 있는 방안 에 대한 연구의 필요성이 점차 증대되고 있으며, 본고에서 연구한 Ethernet기반의 트래픽량에 의한 대기모드 전환 알고리즘은 에너지 절감에 매우 유용한 연구기술이라 할 수 있다.

그러나 현재 홈 네트워크가 Ethernet 기반의 유선 네트워크 뿐만이 아닌 WLAN, UWB기반의 무선 네트워크, IEEE 1394, PLC등 다양한 매체가 통합되는 형태로 이루어지고 있는 점을 감안하여, 이러한 다양한 매체들의 특성을 반영한 Energy Efficient연구도 요구된다. 이에 추후 연구개발을 통하여 다양한 매체기술들에 대한 프로토콜/ 전력적 특성을 연구하고 이를 바탕으로 실제 홈네트워크 기기의 기술적 요구사항에 맞는 Energy Efficient Algorithm을 개발하는 것을 추후 연구과제로 계속 진행한다.

참고문헌

[1] <http://www.ieee802.org/3/eeestudy/index.html>
 [2] Himanshu Anand; Casey Reardon; Rajgopal Subramanian; Alan D. George, "Ethernet Adaptive Link Rate (ALR): Analysis

of a MAC Handshake Protocol", Local Computer Networks, Proceedings 2006 31st IEEE Conference on Volume , Issue , Nov. 2006 Page(s):533 - 534
 [3] <http://www.itu.int/rec/T-REC-G992.5/en>
 [4] www.acpi.info/
 [5] Ken Christenses, Bruce Nordman and Richi Brown, "Power Management in Networked Devices", IEEE Computers Letter, 2006