

# 대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 개발

조수형 이상학\* 김대환\*\*

전자부품연구원 RFID·USN 융합 연구센터

[shcho@keti.re.kr](mailto:shcho@keti.re.kr), [shlee@keti.re.kr](mailto:shlee@keti.re.kr), [kimdh@keti.re.kr](mailto:kimdh@keti.re.kr)

## A Development of Home Gateway System supporting Standby Power

Soohyung Cho Sang-hak Lee\* Dae-hwan Kim\*\*

RFID-USN Convergence Research Center, Korea Electronics Technology Institute

### 요 약

네트워크 기기분야에서는 정보통신기기 및 고속 멀티미디어 데이터 수요의 증가에 따라 네트워크 기기의 전력소비가 꾸준히 증가하고 있다. 특히 홈 네트워크 기기들은 전원이 연결되어 있는 상태로 동작하여 데이터 통신이 발생하지 않는 상황에서도 일정한 전력소모가 발생하므로 이에 대한 대처기술이 마련되어야 한다. 본 논문에서 대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 구현을 위하여 하드웨어를 설계하고 저전력 대기모드 지원 네트워크 프로토콜 인터페이스 개발하였으며 홈게이트웨이 시뮬레이터 S/W를 개발하여 홈게이트웨이의 기능을 시험테스트 하였다. 시뮬레이터 시험결과 각 네트워크 포트에서 발생한 트래픽에 따라 홈게이트웨이의 전원 모드가 변경됨을 확인할 수 있었으며 대기모드 시 소모 전력이 1W 미안으로 측정되었다.

### 1. 서 론

가전기기수의 증가와 생활형태의 변화에 따라 2007년 개인이 소비하는 전력은 1997년 대비 70%가 증가하였다. 또한 네트워크 기기분야에서는 정보통신기기 및 고속 멀티미디어 데이터 수요의 증가에 따라 네트워크 기기의 전력소비가 꾸준히 증가하고 있으며 이에 따라 소비전력 및 대기전력 절감 네트워크기술에 대한 요구가 커지고 있다.

해외의 표준화 단체 및 연구소를 중심으로 네트워크 기기의 소비전력 절감을 위하여 ALR, Proxying, Subset-Phy 등 저전력화에 대한 연구를 수행하였으나 고속/대규모 네트워크 등에 집중되어 있으며 소규모 홈 네트워크 등에 적용하기 어렵다

특히 홈 네트워크 기기들은 전원이 연결되어 있는 상태로 동작하여 데이터 통신이 발생하지 않는 상황에서도 일정한 전력소모가 발생하므로 이에 대한 대처기술이 마련되어야 한다.

본 “대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 개발 논문은 이더넷 링크 모니터링 및 유무선 네트워크를 활용하여 홈게이트웨이의 전력절감 구조에 대한 연구를 통해 1W 대기전력을 갖는 홈게이트웨이 시스템의 개발과 이를 활용한 전력절감 효과에 대하여 연구한다 2장에서 대기전력 지원 연구개발의 필요성에 대해 기술하며 3장에서 네트워크 통신 상태 모니터링 기술 정상모드와 대기모드 자동전환 관리 펌웨어, 네트워크 전력제어 모듈 대기모드 지원 Zigbee 모듈 개발을 통해 대기전력 절감형 홈게이트웨이 시스템 개발에 대해 설명한다 홈게이트웨이 시스템의 활용을 위한 다양한 응용환경에서 대응하는 소프트웨어를 개발하고 대기전력 지원 홈게이트웨이 제품 생산을 위한 원천기술 개발을 통해 상용화가 가능한 1W 대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템을 구현한다

### 2. 대기전력 지원 필요성

2008년 10월 기준 국내 15,388,804 가구, 35,360,000명 이상이 네트워크를 사용하고 있으며 IPTV, 인터넷 전화, E-러닝, Web-2.0 등 IT융합 서비스가 본격화됨에 따라 네트워크 데이터 트래픽은 증가할 것으로 예상된다 특히 24시간 항상 가동되는 네트워크 라우터 홈게이트웨이

본 연구는 지식경제부의 홈네트워크 게이트웨이 대기전력 절감 기술개발사업의 지원에 의한 것임.

등의 특성상, 주 평균 인터넷 사용 시간 13.7시간인 인터넷 사용 형태는 가정의 네트워크 장비 가동시간 중 90% 이상을 불필요하게 전력을 낭비하고 있는 것이다[1].

일본의 경제산업성의 조사결과에 따르면 2025년 네트워크를 통한 데이터 트래픽의 증가는 2006년의 최대 200배에 이르며, 이러한 데이터를 처리하기 위해 PC, 정보통신기기, 라우터, 홈게이트웨이 등에서 소비되는 전력이 최대 13배가량 증가한다고 예측하였다

원인으로 산업활동 분야의 물류·유통의 전산화, 전자상거래, 원격지근무, 원격지교육 등 생활형태의 변화와 효율화를 위해 네트워크 기기를 활용하며 필연적으로 네트워크 기기의 소비전력 증가를 유발한다

이처럼 증가되는 소비전력을 줄이기 위해 해외의 연구기관 및 표준화 단체에서 네트워크 기기의 저전력 및 대기전력 연구를 진행하고 있다 미국의 경우 EPA와 DOE의 지원으로 Energy Star Program을 운영하고 있고, Lawrence Berkeley National Laboratory에서 저전력 프로토콜, ALR 및 Proxying 등을 적용한 디지털 네트워크의 효율화에 대해 연구를 진행하고 있다[2].

<표 1> 한국 초고속 인터넷 가입자 통계 (2008년 10월 기준)

구분	XDSL	HFC (케이블 모뎀)	LAN (아파트 LAN)	FTTH
KT	3,457,393	-	2,115,541	1,219,702
드림라인	6	248	203	-
LG데이콤	737	9,136	25,546	-
LG파워콤	-	878,698	1,196,757	-
종합유선방송	53,849	2,508,324	208,723	-
중계유선방송	1,522	5,478	6,207	45
전송망(NO)	4,228	33,823	13,337	115
별정통신사업자	18,111	3,721	135,913	-
SK브로드밴드	285,849	1,627,970	1,146,394	430,708
합 계	3,821,695	5,067,398	4,848,621	1,650,570

유럽연합의 Code of Conduct에서는 xDSL, 케이블 모뎀, 광모뎀장비에 대하여 2007년 가정용 네트워크 기기의 대기전력을 2W로 제한하는 기준을 정의하였으며 2010년까지의 기준을 제시하고 시행중에 있다

해외의 표준화 단체 및 연구소를 중심으로 네트워크 기기의 소비전력 절감을 위하여 ALR, Proxying, Subset-PHY 등 저전력화에 대한 연구를 수행하였으나 주로 고속/대규모 네트워크 등에 집중되어 있으며 소규모 홈 네트워크 등에 적용하기 어렵다 특히 홈 네트워크 기기들은 전원이 연결되어 있는 상태로 동작하여 데이터 통신이 발생하지 않는 상황에서도 일정한 전력소모

가 발생하므로 이에 대한 대처기술이 마련되어야 한다

<표 2> 가정의 네트워크기기 소비전력 (IDC 통계자료 기반 전자부품연구원 추정)

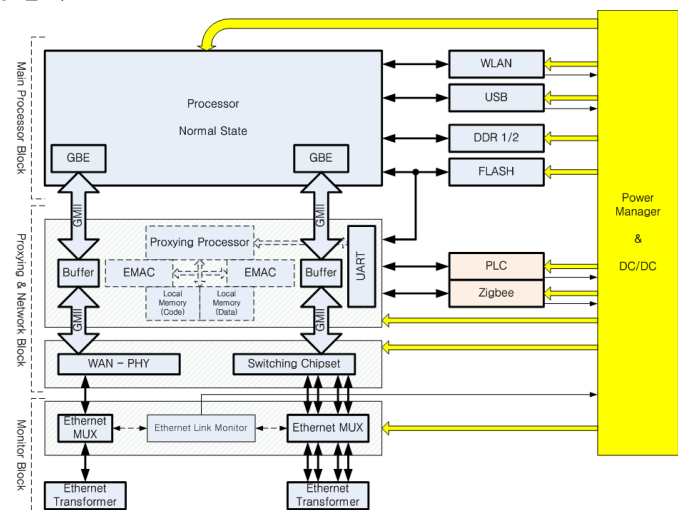
구분	기기수 (단위: 천대)	2025년 예상소비전력 (kWh/년간)	온모드 (전력/시간)	대기모드 (전력/시간)	2025년 대기모드적용 (kWh/년간)
홈게이트웨이	4,500	985,500,000	10 16	2 8	722,700,000
라우터	1,000	438,000,000	20 12	6 12	284,700,000
스위치	1,800	591,300,000	15 12	6 12	413,910,000
셋톱박스	1,840	564,144,000	14 18	2 6	443,256,000
금액		338,679 백만원			259,817 백만원

현재의 상태로 국내가정의 네트워크 기기의 소비전력을 예상하면 표 2와 같이 가입자 PC, 홈게이트웨이, 라우터, 스위치를 합하여 2008년 10.5억 kWh로 추정되며, 특히 홈 네트워크 시장은 2008년 80만대 이상 성장함에 따라 2025년 약 26억 kWh의 전력을 소비할 것으로 예상된다. 그러나 홈게이트웨이 및 홈 네트워크기기에 대기모드를 적용하면 20억 kWh 미만으로 소비전력을 절감할 수 있다.

### 3. 대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 개발

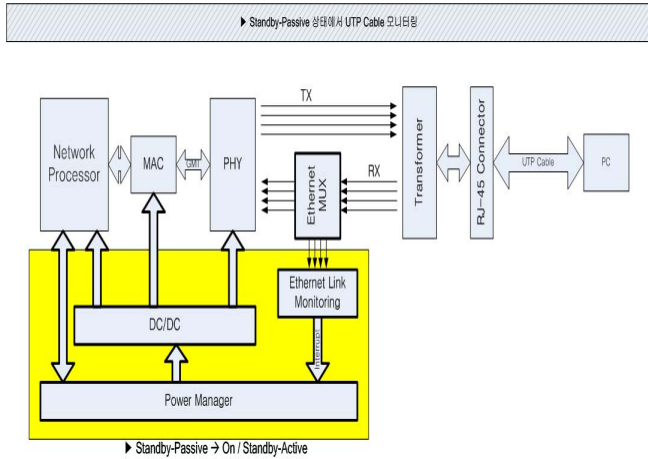
#### 3.1 대기전력 1W 홈게이트웨이 하드웨어 설계

전체 홈 게이트웨이 시스템은 메인 프로세서인 MPC8349에 연결되어 있으며, 네트워크 전원관리를 위한 Power Manager 블록은 MCU(Atmega128)를 사용하여 프로세서의 대기모드 진입에 따른 전원 On/Off를 수행한다.



(그림 1) 대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 구조도  
Passive Standby 상태에서 시스템의 전원 Wake-Up

을 위한 구성은 그림 2와 같이 Ethernet Mux를 통해 링크 모니터링 회로와 결선되어 있으며 Power Manager에서는 Ethernet Link detect를 위한 신호를 확인하고 전체 시스템의 전원을 회복시킨다



(그림 2) 대기모드 상태 Ethernet Line monitoring 회로 구성

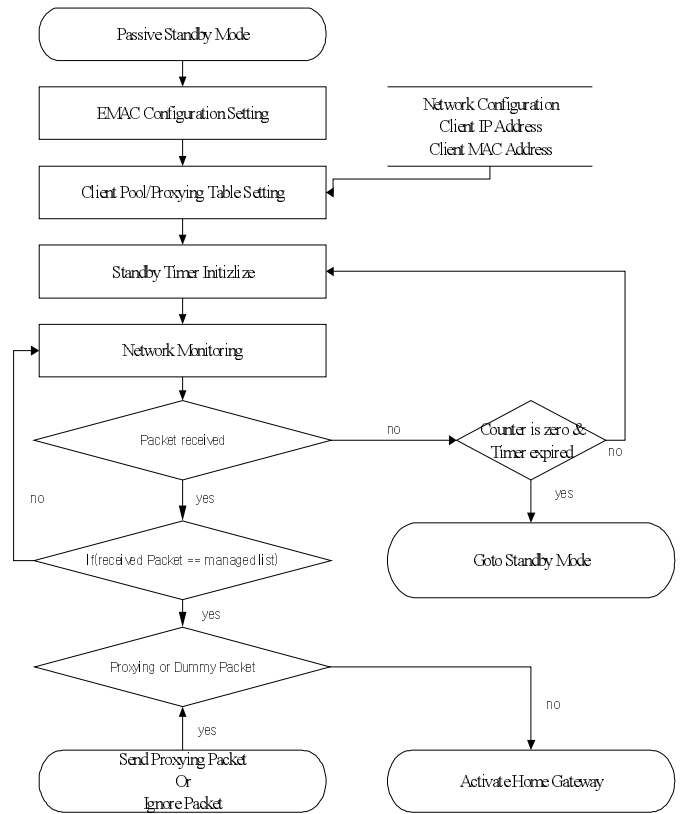
### 3.2 저전력 대기모드 지원 네트워크 프로토콜 인터페이스 개발

대기모드 지원 홈 게이트웨이는 정상동작(Active)상태에서 상시적으로 홈기내에서 전송되는 트래픽의 대역폭, 트래픽 종류 등을 분석한다. 이러한 분석을 통해 언제 홈게이트웨이가 대기모드로 전환할지를 결정하게 된다.

대기모드로 전환한 홈 게이트웨이는 홈 내에 유효한 트래픽이 발생하기 전까지 대기모드 상태를 유지하며 소모전원을 절약하게 된다. 그러나 네트워크 프로토콜 응용들의 특성상 주기적으로 네트워크 연결을 확인하기 위한 Dummy Packet들이 전송되게 되며, 이때마다 홈 게이트웨이는 정상모드로 복귀하여 패킷들을 처리하게 된다.

일반적으로 홈 내에 전송되는 트래픽의 50%정도는 이러한 Dummy Packet에 해당하며, 이러한 Dummy Packet 들을 대기모드에서도 처리할 수 있는 프락싱 모듈을 개발하여, 홈 게이트웨이가 대기모드에서 동작할 수 있는 시간을 연장하는 방법으로 전원절약을 최적화하였다[3].

프락싱 모듈은 FPGA상에서 구현하였으며, 패킷타입은 홈 게이트웨이에서 대신 Acknowledge Packet을 생성해서 보내주는 Proxying 패킷, 단순히 수신된 패킷을 Drop시키는 Dummy Packet, 해당 패킷을 수신하면 홈 게이트웨이를 정상모드로 복귀하는 Active Packet으로 구분하여 처리한다[4]. Proxying 패킷으로는 유선통신을 위해 선행적으로 전송되는 L2 layer Packet인 ARP Request, Ping과 같은 ICMP Request, Connection-oriented TCP연결의 Connectivity 확인을 위한 TCP SYNC Packet, 윈도우 탐색기 등에서 사용하는 Netbios Name Service Packet등이 속하게 된다[5].

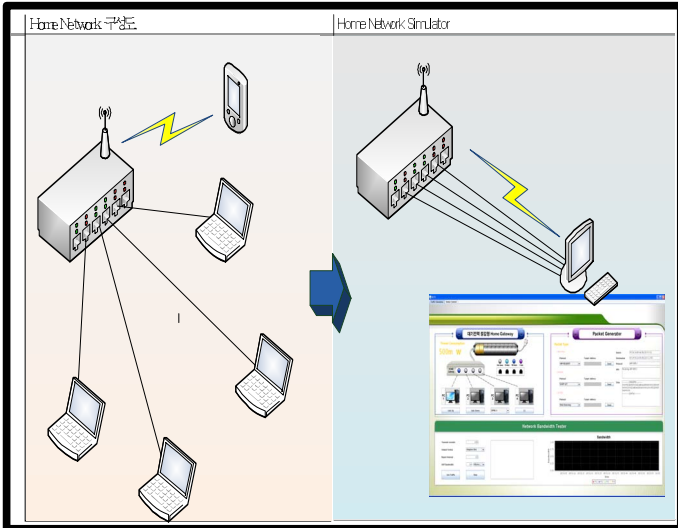


(그림 3) 프락싱모듈 동작 플로우

홈게이트웨이가 Passive Standby Mode로 전이되면 FPGA의 프락싱모듈의 동작이 시작되게 된다 해당모드로 진입하면 EMAC Configuration을 초기화하고 Active Mode에서 수집한 홈네트워크 내의 클라이언트 주소정보와 네트워크정보 들을 Share Memory에서 읽어와 프락싱 관리를 수행할 Client Address Table Setting하게 된다. 이후, Standby Mode전환여부를 확인하기 위한 system timer를 초기화한다. 만약 패킷이 수신되면 timer 내의 counter를 +1만큼 증가시킨다, 만약 패킷을 수신하지 않는다면 counter는 계속 0으로 초기화되어 있으며, 특정 timer 시간동안 계속 counter가 0으로 있으면 홈게이트웨이 시스템을 standby mode로 전환하게 된다. 만약 패킷을 수신하였다면 수신한 패킷의 Destination Address와 프로토콜 분석을 통해 해당 패킷에 대한 프락싱 여부를 판단한다 프락싱해야 할 패킷에 속하는 것이라면 response packet을 내부적으로 생성하여 target system으로 proxying패킷을 전송한다. 만약 dummy packet에 속한다면 프락싱 모듈을 수신한 패킷을 단순히 drop 시키며, 이에 속하지 않는 active packet 이라면 홈게이트웨이를 정상모드로 복귀하기 위한PME PIN을 Enable시켜 시스템을 정상모드로 복귀시킨다

### 3.3 홈게이트웨이 시뮬레이터 개발

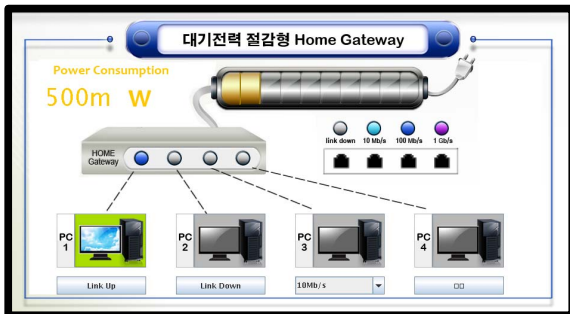
홈게이트웨이의 기능을 시험테스트 할 수 있는 홈게이트웨이 시험테스트용 시뮬레이터S/W는 다음과 같은 환경에서 동작하도록 설계하였다



(그림 4) 시험테스트용 시뮬레이터 구성도

시뮬레이터를 구동하는 PC는 리눅스 기반의 시스템으로써, 홈네트워크를 구성하는 유무선 네트워크기기를 시뮬레이션하기 위한 다수의 Ethernet Port와 무선랜 인터페이스, 홈게이트웨이와의 통신을 위한 Zigbee Module Interface를 가지고 있다.

시뮬레이터는 각 네트워크 포트가 홈네트워크를 구성하는 네트워크 기기를 대표한다 이를 구현하기 위해서 시뮬레이터에서 생성한 트래픽을 특정한 인터페이스로 포오워딩할 수 있도록 지원하였다



(그림 5) 홈네트워크 기기제어 화면

#### 4. 결 론

본 논문에서 대기전력 지원 홈게이트웨이 시스템 구현을 위하여 하드웨어를 설계하고 저전력 대기모드 지원 네트워크 프로토콜 인터페이스 개발하였으며 홈게이트웨이 시뮬레이터 S/W를 개발하여 홈게이트웨이의 기능을 시험테스트하였다

시뮬레이터 시험결과 각 네트워크 포트에서 발생된 트래픽에 따라 홈게이트웨이의 전원 모드가 변경됨을 확인할 수 있었으며 대기모드 시 소모 전력이 1W 미만으로 측정되었다.

네트워크 전원관리를 위한 Power Manager 블록은 시중의 홈게이트웨이에서 지원하지 않는 기능으로서 대기 전력 1W 미만을 만족하기 위한 핵심 기술에 해당한다

전력 소모가 많은 네트워크 칩으로인해 현재의 부품들로 홈게이트웨이가 1W 미만을 만족하기는 쉽지 않으며 대기전력 기준에 대한 법제화를 통한 부품 단위의 노력이 더욱 필요할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] “에너지통계연보”, 지식경제부 에너지경제연구원 2008, ISSN1226-606X, pp. 130~131
- [2] Chamara Gunaratne, “Reducing the Energy Consumption of Ethernet with Adaptive Link Rate(ALR)”, IEEE Transaction on computers, Vol 57, No.4, pp. 448~461, Apr. 2008
- [3] Karthikeyan Sabhanatarajan, “Smart-NICs:Power Proxying for Reduced Power Consumption in Network Edge Devices”, IEEE Computer Society Annual Synposium on VLSI, pp. 75~80, 2008
- [4] Wanki-Park, “Energy Efficient Home Gateway Based on User Service Traffic in Always on Home Network Environment”, IEEE Computer Society, pp. 121~125, Sept. 2008
- [5] Chamara Gunarathe, “Managing energy consumption costs in desktop PCs and LAN switches with proxying, split TCP connections, and scaling of link speed,“, International Journal of Network Management, pp. 297~310, 2005