

# 대기전력 절감을 위한 홈 네트워크 제어구조

<sup>1</sup>허준<sup>0</sup>, <sup>1</sup>홍충선, <sup>2</sup>강석봉, <sup>3</sup>전상수

<sup>1</sup>경희대학교 컴퓨터공학과, <sup>2</sup>㈜아이웨어, <sup>3</sup>㈜비즈로시스

heojoon@khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr, sbyhkang@naver.com, paul@vitzrosys.com

## 요 약

다양한 유무선 기기가 상시 통신 대기상태를 유지하게 되는 홈 네트워크화의 진행은 급격한 대기전력 소비의 증가를 가져오게 된다. 홈 네트워크 환경에서 대기전력의 비중은 매년 증가해 전체 소비전력의 25%까지 점유할 것으로 예상되고 있다. 본 논문에서는 센서를 통해 상황인지 정보를 획득하고, 호스트(Host)-에이전트(Agent) 구조로 대기전력을 제어하는 메커니즘을 제안한다. 장비간의 통신은 저전력 무선 통신 기술인 IEEE802.15.4 기반 ZigBee의 네트워크 및 보안 기술을 사용한다. 제안된 메커니즘에 따라 개발된 프로토타입(Prototype) 호스트와 에이전트를 사용해 대기전력을 측정하여 절감효과를 검증한다.

## 1. 서 론

대기전력이란 기기가 외부의 전원과 연결된 상태에서 주 기능을 수행하지 않거나 내/외부로부터 커짐 신호를 기다리는 상태에서 소비하는 전력을 뜻한다. TV, 오디오, 컴퓨터와 같은 전기제품은 전원을 꺼도 전기가 계속 소모되기 때문에 에너지를 절약하려면 플러그를 완전히 콘센트에서 빼놓아 전원을 차단해야 한다. 하지만 실제로는 번거롭고 불편하여 일반 가정에서 혹은 사무실에서 대기전력을 절약하기 위한 노력이 제대로 실천되지 않고 있다. 현재 국내에서 전기/전자 기기 3억대가 가동되고 있는 것으로 추정할 때 평균 대기 전력은 3.66W가 된다. 이것은 1가구당 57W가 소비되어 연간 306KWh가 소비되는 것으로 집계된다. 특히 근래 네트워크화의 추세로 앞으로 더욱 많은 대기전력이 소비될 것으로 전망된다. 네트워크로 상시 연결되는 디지털 기기는 지금까지 존재하지 않았던 것으로, 새로운 대기전력을 발생시켜 On 상태에서 21W, Off 상태에서 17W를 소모시키는 것으로 분석되고 있다[1][2]. 다양한 분야에서 에너지 절감의 필요성이 대두되고 있는 상황에서 이러한 대기전력의 소모는 심각한 문제이며, 선진국을 비롯한 여러 국가에서는 이미 다양한 기술 개발 및 정책을 통해 대기전력 절감을 위한 노력이 진행되고 있다. 대기전력을 절감하는 방법으로 저전력 소비의 파워, 모뎀, 칩 등의 장비 개발과 함께 홈 네트워크 환경에서 상황에 따른 지능형 대기전력 제어 기술의 개발이 요구되고 있다. 홈 네트워크 환경에서 발생하는 다양한 이벤트와 상황(context) 정보를 획득하고 이에 따라 지능적으로 대기전력을 제어할 수 있는 기술의 개발이 필요하다.

물론, 이러한 제어 메시지들을 전송하는 통신 기술 또한 저전력의 특징을 가지고 있어야 한다. 대

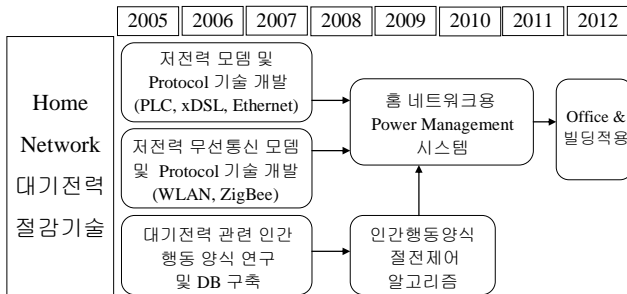
기 전력을 제어하기 위한 장비간 통신 기술이 많은 전력을 소비할 경우 원래 소비되는 대기 전력보다 큰 전력이 소비될 수 있기 때문이다. 지금까지 개발된 저전력 통신 기술 중 가장 대표적인 것은 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee[6][7][8] 기술을 들 수 있다. ZigBee 기술을 효율적으로 적용할 경우 전력 소비를 최소한으로 줄일 수 있을 것이다. 하지만, ZigBee 기술을 대기 전력 제어에 사용하기 위해서는 센서 정보의 획득 및 처리를 위한 최적화가 이루어져야 할 것이며, 제어 시스템에 필요한 네트워크 및 보안 기술이 표준에 맞게 개발되어야 한다. 다시 말해, 시스템을 구성하는 장비의 특징 및 이동성, 제어 메시지 보안 등의 관점에서 무선 통신 기술의 최적화가 이루어져야 하며 대기전력 제어 하드웨어와의 인터페이스 및 상황 정보 처리에 대해서도 정의되어야 한다.

본 논문에서는 대기전력 절감을 위해 호스트(Host)-에이전트(Agent) 구조의 제어 메커니즘을 제안하고, 요구사항을 도출하여 홈 네트워크 시스템에 적용하는 메커니즘에 관하여 기술한다. 제어 메커니즘은 무선 통신 기술로 저전력의 특징을 가진 ZigBee 네트워크 및 보안 기술을 사용하며 하드웨어(Host, Agent) 및 제어 알고리즘에 맞도록 최적화한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 관련 연구로서 홈 네트워크 환경에서의 대기전력의 소비, 저전력 무선 통신 기술로서 IEEE802.15.4와 ZigBee의 네트워크 및 보안 기술의 특징, 상황인지 기술의 홈 네트워크 적용 요구사항에 관하여 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 호스트-에이전트 구조의 대기전력 절감 메커니즘, 메커니즘에서의 통신 모듈 및 보안 모듈, 상황인지 기술의 적용 및 동작 시나리오에 관하여 설명한다. 4장에서는 제안된 제어 메커니즘을 적용하기 위한 하드웨어의 요구사항 및 적용 방법, 통

신/보안 모듈의 적용, 그리고 실제 개발된 프로토타입 장비를 사용해 대기전력을 측정된 결과를 근거로 절감 효과 등에 관하여 설명하며 상용화를 위한 해결과제에 관해서 언급한다.

## 2. 관련연구

미국, 유럽연합(EU), 일본, 호주 등의 국가들은 이미 대기전력 절감의 필요성을 인지하고 2001년부터 정부 주도의 개발 및 정책이 이루어져 실효성을 보이고 있다. 우리나라도 2004년부터 'Standby Korea 2010'이라는 목표아래 기술개발과 정책들이 진행되고 있다[2]. 그림 1은 정부주도로 기술 개발 추진이 진행되고 있는 전원장치 대기전력 절감기술, 홈 네트워크 대기전력 절감기술, 테스트 프로토콜 중 홈 네트워크 대기전력 절감 기술의 년차별 개발 목표를 보여주고 있다.



[그림 1] 대기전력 절감을 위한 정부의 기술 개발 목표

그림 1의 개발 계획에서 볼 수 있듯이 홈 네트워크 환경에서 대기전력을 제어하기 위해서는 다양한 기술 개발과 함께 전체적인 관리 시스템이 구축되어야 함을 알 수 있다. 본 논문은 ZigBee 무선통신 기술을 사용하는 호스트-에이전트 시스템을 설계하고 인지된 상황 및 이벤트에 따라 대기전력을 제어하는 메커니즘을 제안하고 있다. 본 장에서는 홈 네트워크 환경에서의 대기전력, 저전력 통신 기술인 IEEE802.15.4(LR-WPAN)과 ZigBee, 홈 네트워크에서의 상황인지 기술에 관하여 설명한다.

### 2.1 홈 네트워크 환경에서 대기전력의 소비

홈 네트워크는 유비쿼터스 환경하에서 IP 셋탑 박스, XDSL 모뎀, 홈 게이트웨이, PC, TV 등이 외부와 24시간 상시 통신을 하는 대기상태로 놓여 있어 대기전력 소비의 급격한 증가가 예상된다. 가전 기기의 다양화 및 네트워크화는 향후 20년간 매년 1.3% 전력 증가요인을 유발할 것으로 예상되며, 스위스 정부 IEA 발표 자료에 의하면 이러한 추세가 지속될 경우 2020년경이면 가정에서 소비하는 전력 중에서 1/4은 대기전력이 점유할 것으로 전망하고 있다(스위스의 ICT 워크숍 발표자료). 이는 향후 정보가전기기의 급속한 보급으로 인한 것이며 미래의

대기전력은 네트워크 기능을 가진 전기/전자 기기가 주도할 것으로 전망되는 근거로 이해될 수 있다. 우리나라는 전체가구의 61% 수준인 1,000만 가구 디지털 홈 구축계획을 가지고 있으므로, 홈 네트워크의 에너지절약 대책이 시급하다고 할 수 있다 [1][2].

### 2.2 저전력 무선통신 기술

홈 네트워크 및 유비쿼터스 기술에 대한 관심이 크게 증가하면서, 10m 내외의 단거리에서 사용하는 개인 무선 네트워킹 솔루션인 무선 PAN(Personal Area Network) 기술이 주목 받고 있다. 단거리 무선 통신 기술로는 무선 LAN과 무선 PAN 등이 있다. 무선 LAN은 PC/노트북/PDA 등의 단말에서 주로 광대역 인터넷 접속 연결 확장 용도에 사용될 것이고, 무선 PAN 기술인 ZigBee, UWB, 블루투스 PC, 가전제품, 셋탑 박스 등 이동 통신 단말기, 홈 오토메이션, 홈 엔터테인먼트 제품을 위해 주로 사용될 것으로 예상되고 있다[5]. 표 1은 이러한 무선 통신 기술 중 가장 대표되는 ZigBee(IEEE 802.15.4), Bluetooth(IEEE 802.15.1), WLAN(IEEE 802.11b)을 여러 가지 관점에서 비교하고 있다[4].

[표 1] 무선 통신 기술의 특징 비교

구분	ZigBee [802.15.4]	Bluetooth [802.15.1]	WLAN [802.11b]
표준화	802.15.4 완료	802.15.1 완료	1997년 7월
동작주파수대역	2.4GHz, 868/915MHz	2.4GHz	2.4GHz
최대속도	250kb/s, 40kb/s	음성:64kbps, 데이터:720kbps	11Mbps
변조방식	DSSS/OQPSK	FHSS	DSSS/CCK
통달거리	<70m	<10m, 100m	<100m
전력소비	0.05W(수개월)	0.1W(수일)	1W(1-2시간)
가격	\$2	\$5	\$20
Power Profile	1년이상	1주일	수시간
네트워크 프로토콜	단순	매우 복잡	비교적 복잡
네트워크 초기화	30ms	10초	3초
데이터 보안	128-bit AES & 사용자정의	64bit, 128bit	SSID

IEEE 802.15.4에서는 두 가지 형태의 디바이스를 정의하고 있는데, FFD(Full Function Device)와 RFD(Reduced Function Device)이다. FFD는 어떠한 네트워크 구조에도 사용될 수 있고, RFD 및 다른 FFD와 통신할 수 있으며, PAN 코디네이터(Coordinator), 코디네이터, 단순 디바이스로 구분되는 세 가지 중 하나의 모드로 동작할 수 있다. 보안 기술은 데이터 암호화, 프레임 무결성 및 중복 전송 방지를 위해 AES-CCM 알고리즘을 사용한다. 데이

터 암호화는 128 비트의 AES 알고리즘을 적용하여 보안의 강도를 높이고 있으며, 프레임 무결성은 메시지 인증코드(MAC)의 길이를 32 비트, 64 비트, 128 비트로 다양화하는 방법으로 보안 레벨을 세분화 하였다. 또한 중복 전송 방지는 카운터(CTR)의 적용여부에 따라 선택적으로 사용할 수 있도록 하였다. 이러한 보안 기술은 어플리케이션에 따른 보안 강도의 차등 적용이 가능하며, 암호화 및 복호화 기능이 하드웨어적으로 구현되므로 연산속도와 오버헤드를 감소 시킬 수 있다[6][7]. ZigBee 표준에서의 보안 서비스는 하위 레이어(MAC, NWK)와 직접적으로 연관되어 있다. ZigBee 보안 기술의 특징은 각 레이어 (MAC, NWK, APL)에서 생성되는 프레임은 각 레이어에서 데이터 암호화 및 무결성 검증을 위한 연산을 수행하도록 되어 있다는 것이다. 이러한 기능을 담당하는 SSP(Security Service Provider)가 모듈 형태로 존재하게 된다. 또한, 암호화와 인증코드 생성이 함께 수행되는 CCM 알고리즘 대신 이 두 가지를 구분하여 선택할 수 있도록 CCM\* 알고리즘을 제안하여 SSP 에 구현되도록 정의하였다[8].

### 2.3 홈 네트워크에서의 상황인지 기술

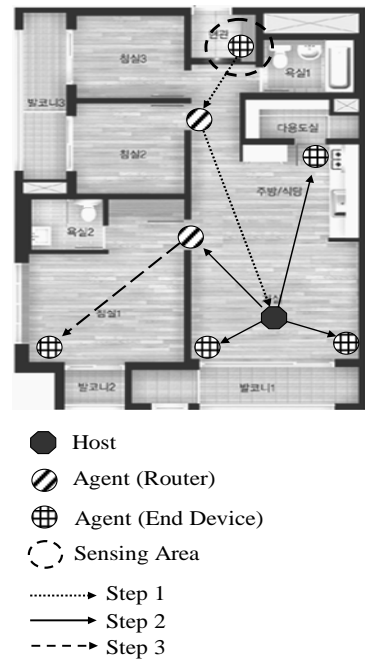
능동적이고 지능적인 기술의 요구와 함께 상황인지(context-awareness) 기술의 응용이 여러 분야에서 시험되고 있다. 홈 네트워크 환경에서의 상황인지 기술은 센서의 출력 정보를 수집, 해석하고 그에 따른 적절한 정보와 서비스를 제공하며, 이러한 서비스가 자동으로 실행되는 것이라 할 수 있다. 상황인지 기술은 많은 요소기술을 필요로 하지만, 홈 네트워크 환경에 적용하기 위한 요소기술은 아래와 같이 정리할 수 있다[3].

- **Instrumentation:** 스마트 센서, 무선 네트워크, 상황정보를 수집하는 사용자 interface 로서, 이것은 Micro-controller 뿐 만 아니라 actuator, 정보를 표시해 주는 장치 등, 센서를 포함해 상황인지에 사용되는 모든 하드웨어를 뜻한다.
- **Hardwareabstraction:** 센서에서 출력된 데이터들이 유용한 상황 정보로 처리될 수 있도록 상위 레벨로 전송해 주는 역할을 한다.
- **User experience:** 유용한 user experience 란 사용자의 기대에 정확히 부응하는 것이며, 사용자의 생활 패턴에 적합한 것을 말한다.
- **Context management:** 센서에 의해 얻어진 데이터를 적절한 모델링과 그에 의한 평가를 통해 유용한 상황 정보로 도출한다.
- **Application:** 수집된 상황 지식을 통하여 사용자가 기대하고 있는 서비스를 제공해 준다.
- **Privacy:** 많은 수의 센서들이 모든 사용자와 행위들을 추적할 경우 상황 인지의 발전과정에 개인의 사생활이 추가되지 않게 한다.

## 3. 대기전력 절감 메커니즘

### 3.1 Host-Agent 관계 및 동작

본 논문에서 제안하는 대기전력 절감 메커니즘은 호스트(Host)-에이전트(Agent)구조로 구성된다. 에이전트는 내장된 여러 종류의 센서를 통해 현재 위치하고 있는 지역의 상황정보를 획득하고, 이를 호스트에게 전송한다. 호스트는 에이전트로부터 전송 받은 정보를 현재의 데이터 베이스 정보와 비교한 후 대기전력 제어 메시지를 제어와 관련된 에이전트에 전송한다. 그림 2 는 홈 네트워크 환경에서 대기전력 제어와 관련된 특정 상황이 발생했을 경우 호스트와 에이전트의 동작 절차 및 대기전력 제어 방법을 나타내고 있다. 가전기기, 콘센트 등에 부착되어 있는 에이전트는 상황 인지 정보를 통해 자체적으로 대기전력을 제어하거나 호스트가 보내는 제어 메시지를 수신한 후 Actuator 를 구동한다.



[그림 2] 대기전력 제어 절차 및 구성

#### [Step 1]

- ① Agent(End Device)가 내장된 센서를 통해 현재 위치한 장소 주변의 특정 상황정보를 인지.
- ② Agent(End Device)는 상황정보의 종류와 임계값에 따라, 자신의 전원 모드를 Off-Standby 에서 On-Standby 모드로 전환하거나 또는 반대로 전환하고, 센싱한 상황정보를 라우터 기능이 가능한 Agent(Router)에게 전송.
- ③ Agent(Router)는 상황정보를 Host 에게 전달.

#### [Step 2]

- ① Host 는 상황 정보를 수신하고 Agent(Router, End Device)들의 Attribute DB 를 참조하여 현재 상황을 판단.

- ② 현재 상황과 대기전력 제어 알고리즘에 근거하여 Actuator On/Off 구동 명령을 해당 Agent에게 전송.

**[Step 3]**

- ① Agent(Router)는 대기전력 제어 메시지를 물리적 위치에 의해 직접 수신이 불가능한 Agent(End Device)에게 전달.
- ② Agent(End Device)는 Host로부터 Actuator On/Off 제어 메시지를 수신 후 구동.

**3.2 저전력 통신 모듈 및 보안 모듈**

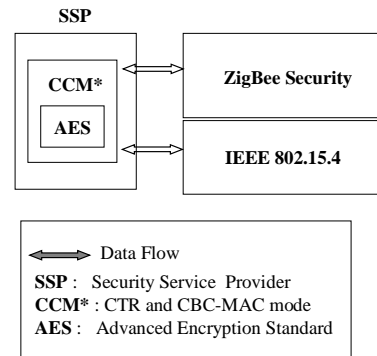
본 논문에서 제안하는 메커니즘은 호스트와 에이전트 간의 상황인지 정보 및 제어 메시지 전송을 위하여 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 기술을 사용한다. 또한, 전송 데이터 보안을 위하여 표준에서 정의하는 보안 기능을 구현하여 적용한다. 이러한 통신 모듈과 보안 모듈은 호스트와 에이전트 하드웨어와 동작 알고리즘 정의에 함께 고려되어야 한다. 또한, 대기전력 제어에 필요한 기능을 정의하고 이에 맞게 통신 기능 및 보안 기능을 개발한다. 표 2는 본 논문에서 제안하는 홈 네트워크 환경의 대기전력 제어 메커니즘에서 요구되는 통신 모듈과 보안 모듈의 기능을 각 항목별로 정의하고 있다.

[표 2] 통신 및 보안 모듈의 기능 정의

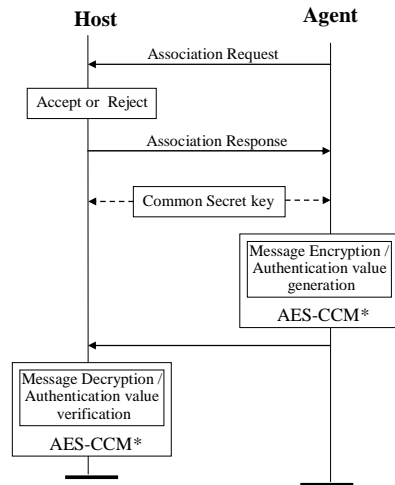
항 목	기능 정의
Network Device Management	- 호스트와 에이전트의 역할 분리 - 채널스캔 및 가능채널 선택 - Join 하는 에이전트의 허락 및 거부 - 에이전트의 neighbor table 관리 - Unique 한 네트워크 주소할당 - Disassociation 동작
Routing	- Routing 테이블 구성 및 관리 - Routing Cost 계산 - 경로 탐색 및 복구 알고리즘
Broadcast	- 효율적인 Broadcasting 알고리즘
Authentication	- 에이전트의 보안 Key 보유 여부 - Security Level 확인
Key Establishment	- 호스트로부터의 보안 Key 분배 - Key Transport 메커니즘
Encryption /Decryption	- Security Level 에 따른 암호화/복호화 - 메시지 인증 코드

대기전력을 제어하는 메커니즘을 제안하고 구성함에 있어서 무엇보다 중요하게 해결되어야 하는 것이 보안(security)문제이다. 호스트와 에이전트는 무선 통신 기술을 사용하게 되므로, 악의적인 공격자가 상황인지 정보 또는 제어 메시지를 변조하거나 도청하는 경우가 발생할 수 있다. 이럴 경우 대기 전력 제어뿐만 아니라 홈 네트워크 전체에 큰 위협요소가 될 수 있다. 따라서, ZigBee 와 802.15.4 에서 정의하는 보안 기술(그림 3.a) 및 호

스트-에이전트 간의 동작 시나리오(그림 3.b)에 따른 보안 기술이 적용되어야 한다.



(a) IEEE 802.15.4 및 ZigBee의 보안기술 개념



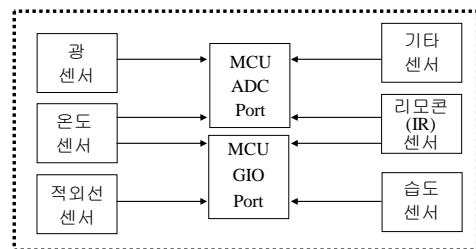
(b) 호스트-에이전트 통신 시나리오

[그림 3] 보안 기술의 적용

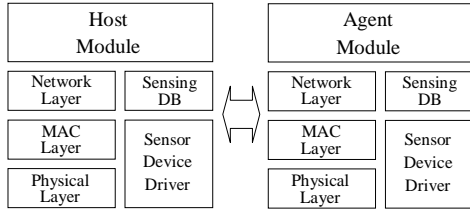
본 논문에서 제안하는 제어 메커니즘은 그림 3에서 설명하고 있는 보안 기술을 적용해 호스트-에이전트간 상황인지 정보 및 제어 메시지 암호화/복호화, 데이터 인증을 통한 무결성 보장, 보안 레벨에 따른 차등적인 보안 기술 적용 등을 제공하며, 보안 key는 대칭 키 방법을 사용한다.

**3.3 상황인지 정보의 처리**

본 논문에서는 상황 적응적인 제어 메커니즘을 구성하기 위해 상황인지 기능을 적용한다.



[그림 4] 상황인지 정보를 위한 센서의 구성



[그림 5] 상황인지 정보처리를 위한 구조

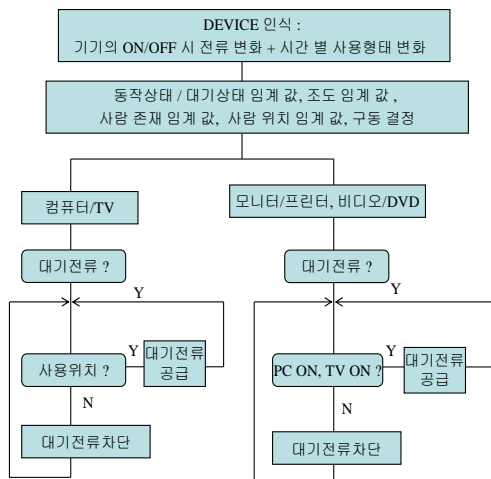
그림 4 는 상황 정보를 인지하기 위해 에이전트에 내장되는 센서의 종류와 하드웨어적인 관계를 설명하고 있으며, 그림 5 는 센싱된 상황정보를 처리하기 위한 호스트와 에이전트의 구성을 설명하고 있다. 에이전트에 내장되는 센서들은 아래와 같은 정보를 인지하기 위하여 사용된다.

- 광(조도)/ 적외선 센서: 사용자의 동작인지를 위한 센서.
- 온도/습도 센서: 에이전트가 위치하고 있는 장소의 주변환경에 대한 정보를 얻기 위한 센서.
- 리모콘용 IR(적외선)센서: 가전용 리모콘이 사용될 이에 대응하기 위한 센서.
- 별도의 목적으로 기타 센서들이 추가.

표 3 은 대기전력 제어 메커니즘에서 획득하고자 하는 상황인지 정보에 따라 사용되는 센서의 종류와 용도 그리고 임계조건에 대하여 정의하고 있다.

[표 3] 상황인지 정보에 따른 센서의 적용

상황인지	사용센서	용도	임계조건
대기전력 상태감지	전류 센서	대기전력 차단 조건 감지	CT 에서 전류값 측정 기기의 대기전력대입
조도	조도 센서	대기전력 공급 조건 감지	조도 변위를 검출 대기전력 공급 임계 조도 결정
사람인지	PIR 센서	대기전력 공급 조건 감지	사람 움직임
사용형태 인지	센서연동	대기전력 감지 조건 감지	컴퓨터 OFF/ON 조건 TV OFF/ON 조건



[그림 6] 상황정보에 따른 대기전력의 차단 및 공급

그림 6 은 에이전트가 상황인지 정보를 획득하고 호스트에게 전송하면 호스트가 임계 값과 비교하여 대기전력 제어를 위한 메시지를 해당 에이전트에게 전송하는 과정을 도식적으로 나타내고 있다. 호스트는 각 에이전트의 Attribute DB 를 참조하고 임계 값을 기준으로 제어 메시지의 종류와 해당 에이전트를 결정한다.

## 4. 개발 및 적용

본 장에서는 대기전력 제어 메커니즘을 실제 홈 네트워크에 적용하기 위해 요구되는 사항들을 정의하고, 어떻게 프로토타입 개발에 적용하였는지 설명한다. 또한, 개발된 프로토타입 장비를 통해 대기전력을 측정하여 절감효과를 분석하고, 향후 해결과제에 관해서도 언급한다.

### 4.1 요구사항 정의 및 Prototype 개발

호스트-에이전트 구조의 제어 메커니즘을 만족하기 위해서는 호스트와 에이전트 개발에 요구되는 사항을 항목별로 정의하고 실제 개발에 적용해야 한다. 표 4 와 표 5 는 각각 에이전트와 호스트를 개발함에 있어서 고려해야 하는 요구사항과 실제 프로토타입 개발에 적용한 결과를 정리하여 설명하고 있다.

[표 4] 에이전트 개발의 요구사항 및 적용

항목	요구사항	적용
Power module	- 정 전압 제공 (+12V, +3.3V) - 소형 크기 (매립형 콘센트 적용) - 소모 전력 < 0.06Watt - Noise 에 대비	- 전자소자 전압원 공급 - Transformer-Less 형태 - 저전력소모 Regulator - RC Filter 및 TNR 이용
전류계측 Module	- 소형 크기 - 계측의 선형성이 유지 - 정격 범위까지 내구성	- Current Transformer - 0~2A 입력에서 선형 유지(CT의 특성) - 입력이 15A 일 때도 CT의 내구성 유지
Actuator Module	- 통전시 정격 범위까지 내구성이 보장 - 채터링 현상 방지 - 빠른 제어 반응 속도	- AC250V 및 15A 이하의 입력 내구성 유지 - 노이즈에 의한 ON/OFF 현상 발생하지 않게함
상황인지 센서 Module	- 사용자의 동작인지 - 설치 현장의 환경인지 - 센서 동작의 신뢰성	- 적외선, IR 센서 사용 - 온도, 습도, 광 센서 - 센서의 감도 및 동작 영역 등을 데이터화함
MCU Module	- 저전력 소모 - ZigBee Module 과의 Interface 가능 - 충분한 메모리 확보 - 계측 및 제어 포트	- 저전력 MCU 를 사용 - UART 통신으로 CC2420 과 Interface - ROM 은 1Mbyte 이상, RAM 1Mbyte 이상 사용 - 12bit ADC Port

[표 5] 호스트 개발의 요구사항 및 적용

항목	요구사항	적용
MCU	- 자체 소모전력 최소화 - Coordinator 역할 - 소모전력 관리	- 저전력 소모 MCU 선정 - Coordinator 기능 부여 - 소모전력 관리 기능
Power	- 고효율 저전력 소모 AC/DC 변환 - Battery를 이용한 충방전 회로 설계	- 저전력 소모 AC/DC 변환 사용 - 사용전력 측정방법
상황인지	- 센서 값의 시간 축 변화(전상태->현상태) 분석하여 대기전력 공급유무 결정	- 분석 알고리즘과 대기전력 제어결정 알고리즘을 구현

그림 7은 호스트와 에이전트의 요구사항 및 목표를 기반으로 개발된 프로토타입의 실제 모습과 특징을 나타내고 있다.

Host 프로토타입 개발



- 상황인지 알고리즘의 적용
- 가용성을 80%까지 활성화
- 90KBPS의 통신 속도로 30m 거리
- 0.5초의 응답속도를 갖는 System
- 32bit ARM Core를 내장한 TCC760 Microprocessor와 CC2420의 ZigBee 통신 IC의 결합
- ZigBee 통신을 구현하고, 상황인지를 통한 대기전력 제어 알고리즘을 설계

(a) 호스트 프로토타입

Agent 프로토타입 개발



- 200mW 대기전력 소모
- 저전력 소모 전류 센서 부 구성
- 누설전류 감지 전류 센서 부 구성
- 2P Triac를 사용한 Actuator 구성
- ZigBee 통신 구성
- 상황인지 센서 적용(조도, PIR)
- 수동 누전차단 스위치 적용
- 범용 매립형 콘센트 규격에 부합

(b) 에이전트 프로토타입

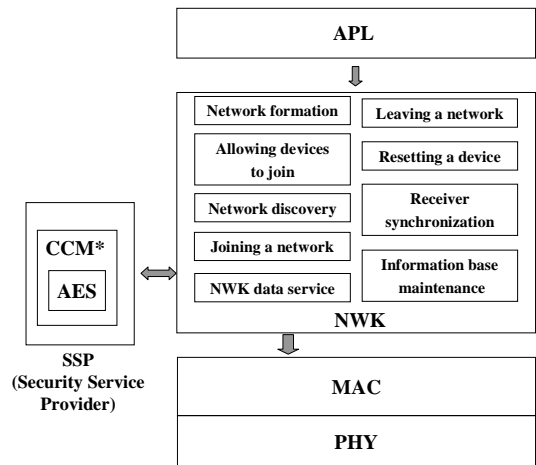
[그림 7] 호스트와 에이전트 프로토타입 개발

위와 같이 정의된 호스트-에이전트의 요구사항과 적용 방법들을 사용해 개발되는 프로토타입은 아래와 같은 최종 목표를 달성하기 위한 과정이며, 검증들을 통해 발전된 형태로 개발된다.

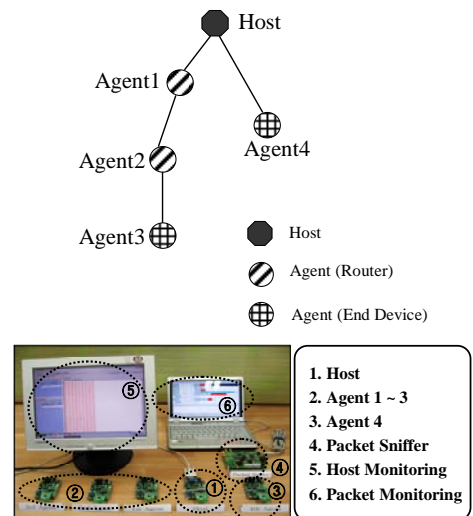
- 소비 대기전력 200mW 이하
- Agent Sensor 모듈 및 센싱
- 초 절전 Actuator 기능
- 기구 호환성 고려
- Host의 신뢰성 강화 설계

#### 4.2 통신 모듈 및 보안 모듈의 개발

제안하는 대기전력 제어 메커니즘은 호스트와 에이전트간의 상황인지 정보 및 제어 메시지 전송을 위해 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 기술을 사용한다. 따라서, 표준에서 정의하고 있는 네트워크와 보안 기술을 제어 메커니즘에 맞추어 개발하고, 프로토타입에 적용하였다. 그림 8은 적용된 네트워크 및 보안 기술의 범위에 대하여 설명하고 있다.



[그림 8] 네트워크 및 보안 기술의 적용범위



[그림 9] 트리 토폴로지와 기능 검증

본 논문에서 제안하는 메커니즘은 트리 형태의 토폴로지를 기반으로 개발되었다. 따라서 그림 9 와 같은 트리 토폴로지를 구성하여 호스트와 에이전트 간의 라우팅, 주소할당, 암호화/복호화 및 인증 기능을 검증하여 호스트-에이전트 프로토타입 개발에 적용하였다. 특히, 제안된 메커니즘의 경우 무선 통신 기술을 사용하므로 보안이 매우 중요한 요소이며, 이를 위해 중점적으로 개발된 보안 관련 항목은 다음과 같다.

- 암호화 및 인증을 위해 CCM\* 알고리즘 구현
- MAC, NWK Security 구현
- Key Establishment
- Transport Key
- 보안 알고리즘 코드 경량화
- Agent 와 Host 간 제어 메시지 암호화/복호화
- 메시지 인증을 통한 무결성 보장
- 대칭키 기반 보안 시스템
- 시스템 환경에 따른 보안 레벨 적용

#### 4.3 Prototype 을 사용한 대기전력 측정 결과

개발된 프로토타입을 통해 실제 대기전력을 측정하여 적용 가능성을 검증하고 보완되어야 할 부분을 개선하기 위해 표 6 과 같은 평가항목과 평가방법을 정의하여 사용한다.

[표 6] 프로토타입 평가항목 및 방법

개발형태	평가항목	평가방법	
Agent	대기전력 감지	Host 에 연결된 PC 의 화면에 Agent 측 전류 감지 값 변화 확인 (하한 임계 값 이하이면 대기전력 유입 차단)	
	대기전력 차단	적용 대상을 NOTE PC 로 가정하여 Host 를 통해 Agent 측 Actuator 를 구동하여 전 전원이 차단되도록 구현	
	Sensing context	Host 에 연결된 PC 의 화면에 전류 감지 값 변화 확인 (하한 임계 값 이상이면 대기전력 상태)	
	Host 연동	Host 측 조도 센서의 입력을 통해 Agent 의 Actuator 를 OFF 상태에서 대기 상태로 전환 됨을 확인	
Host	Agent 상태정보 수신 및 Agent 와 연동	Agent 상태정보 수신: Agent 에서 수신한 전류 값을 PC 화면으로 확인 Host 에 조도 센서를 가리면 OFF 상태에서 대기 상태로 전환됨을 확인 Agent 에서 수신 받은 측정값을 저장하는지 확인	
	통신모듈	채널 스캔	- Packet Sniffer 를 통한 패킷의 구성 및 암호화/복호화 여부 확인 - RSC232 Serial 통신을 이용한 Device 의 데이터 분석 및 처리 확인
		네트워크	
주소 할당			
데이터 전송			
보안모듈	암호화/복호화		

위와 같이 정의된 평가 항목 및 평가 방법을 사용하여 대기전력 절감 메커니즘의 유용성을 평가하기 위한 측정 시나리오는 다음과 같다.

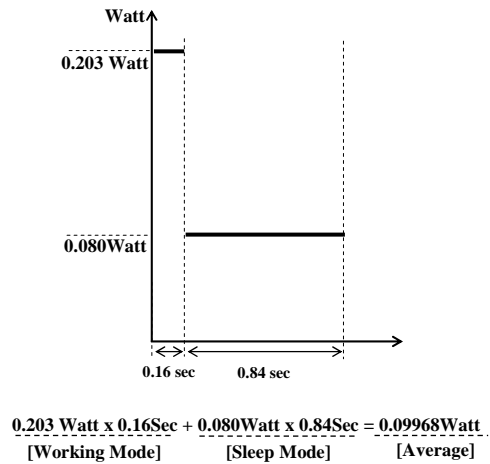
#### [대기전력 공급 시나리오]

- ① Host 의 조도 센서를 가림(사용자 존재의미)
- ② Host 는 조도 변화로 사용자를 인지하고 Agent 에 대기 전력 공급 명령을 전송
- ③ Agent 는 대기전력 공급 명령에 따라 PC 에 전원을 공급

#### [대기전력 차단 시나리오]

- ① 사용자가 PC 를 사용하면 전류가 급격히 증가하며 상위 임계 값에 이르고 그 값을 계속 유지하면 이를 동작상태로 인지
- ② 사용자가 PC 를 끄면 전류가 서서히 감소되는데 Agent 는 이 상황을 Host 에게 전송하고 Host 는 전송 받은 상황 정보가 하위 임계 값보다 적으면 전원 차단 명령을 Agent 에 전송
- ③ Agent 는 Host 의 명령에 따라 Actuator 을 동작하여 Off-standby 상태로 변환

그림 10 과 표 7 은 위와 같은 시나리오를 통해 측정한 대기전력 데이터를 나타내고 있다.



[그림 10] 에이전트의 전력소비

[표 7] Working/Sleep 상태의 측정 데이터

구분	Using Voltage	Working Current	Sleep Current
RF	3.0 V	30 mA	≒ 0 mA
MPU	3.0 V	63 mA	≒ 0 mA
전류 Sensor	3.0 V	≒ 0 mA	≒ 0 mA
조도센서	3.0 V	≒ 0 mA	≒ 0 mA
Actuator	3.0 V	≒ 0 mA	≒ 0 mA
Power Supply	3.0 V	110 mW	80 mW
Total Power consumption	3.0 V	93 mW +110 mW	0 mW +80 mW

#### 4.4 측정결과 분석 및 해결 과제

그림 10 과 표 7 의 측정 결과를 보면, 제안된 대기전력 제어 메커니즘과 프로토타입 장비는 대기전력 절감에 효과를 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 에이전트는 Working 모드일 경우 203mW, Sleep 모드일 경우 80mW 의 전력을 소모하고 있다. 이는 일반적인 기기들이 수(3-5)W 의 대기전력을 소비하는 것과 비교했을 때 상당히 큰 절감효과로 판단할 수 있다.

하지만, 제안된 메커니즘의 정확한 유효성 검증을 위해서는 다양한 상황에 따른 대기전력의 절감효과 분석 데이터 및 호스트와 에이전트간 통신에서 발생하는 전력소비의 측정 그리고 분석과정이 필요하다. 이를 위해 아래와 같은 시나리오를 통한 검증이 수행되고 있다.

- \* *시나리오 1:*  
호스트의 PIR 센서를 통한 스위치 조명 제어
- \* *시나리오 2:*  
매립형, 이동형 컨센트 타입 에이전트의 제어
- \* *시나리오 3:*  
사람의 인위적인 조작에 따른 조명 및 대기전력 공급/차단 기능 (외출기능)
- \* *시나리오 4:*  
호스트 스케줄 기능에 따른 에이전트 대기전력 제어 기능 (스케줄 기능)

또한, 제안된 메커니즘이 상용화 단계까지 발전하기 위해서는 아래와 같은 요구사항이 충족되어야 하며, 신뢰성 검증을 통해 오류발생을 최소화 해야 한다.

- 호스트 신뢰성 강화
- 에이전트의 규격화 (예:컨센트 KS 규격)
- ZigBee 기술의 최적화
- 저전력 통신 알고리즘 적용
- Cost 문제 해결

#### 5. 결론

홈 네트워크로의 발전으로 인해 기기가 다양화되고 고도화 됨으로써 대기전력의 소비가 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 본 논문에서는 대기전력을 절감하기 위한 제어 메커니즘을 제안하였다. 호스트-에이전트의 트리 구조로 구성된 시스템은 상황 인지 정보를 통해 전원의 공급과 차단을 결정하게 된다. 상황정보 및 제어 메시지 전송을 위해서 저전력의 특징을 가지고 있는 ZigBee 기술을 사용하였다. 또한, 메커니즘을 검증하기 위하여 프로토타입을 개발함에 있어 요구사항을 도출하고 이에 따라 개발을 진행하였으며, 검증 시나리오에 따른 실제 대기전력 소비를 측정하여 본 논문에서 제안하는 메커니즘이 절감효과를 나타냄을 증명하였다.

#### 6. 참고 문헌

- [1] 나경수, “대기전력 절감의 의의”, 산업자원부 기술표준원 기술표준지 2006 년 3 월호, pp. 82-84, 2006 년 3 월.
- [2] Ministry of Commerce, Industry and Energy, “Standby Korea 2010”, <http://www.mocie.go.kr>
- [3] 정덕진, 송병철, 이승열, 조위덕, “상황인지 센서 네트워크 기술동향”, 한국정보과학회 정보통신기술, 18 권, 1 호, pp. 2-30, 2004 년 5 월.
- [4] ZigBee Basic Lecture, <http://www.korwin.co.kr>
- [5] 박재성, 천성일, “ZigBee 기술 및 시장 동향”, 전자정보센터, <http://eic.re.kr>, 2005 년 12 월.
- [6] “Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specification for Low-Rate Wireless Personal Area Networks”, IEEE Standard, 802.15.4-2003, May 2003.
- [7] Jose A. Gutierrez, Edgar H. Callaway Jr and Raymond L. Barrett Jr, “Low-Rate Wireless Personal Area Networks,” IEEE Press 2003.
- [8] ZigBee Document 03322r13, "Security Service Specification Revision 13 Version 1.00".