Home Network에서 ZigBee Binding 기술을 이용한 댁내· 외 망의 연계방법에 대한 연구

이재현*, 권경희*
*단국대학교 전자계산학과
e-mail : wogusking@dankook.ac.kr

Study of how to expand the wireless personal area network of a home using ZigBee binding

Jae-Hyun Lee, Kyung-Hee Kwon
*Dept. of Computer Science, Dan-Kook University

요 약

ZigBee 기술은 Home Automation, Building Automation 그리고 Sensor Network 분야까지 다양한 분야에서 기술적인 가능성을 가지고 있다. 그러나 ZigBee 기술은 WPAN(Personal Area Network) 영역으로 그 범위를 제한하고 있어 Home Automation 에 적용할 수 있는 분야가 제한될 수 밖에 없다. 본 논문에서는 ZigBee 의 binding 기술을 확장하여 home network 에 도입하기 위한 방안을 제시하고, 댁외 device 들이 home server 를 통하여 ZigBee 의 device 들과 어떻게 binding 될 수 있는지를 보이고자 한다. 또한 위의 내용을 기반으로 home network 의 automation 을 댁외 망으로 확장할 수 있음을 보이고자 한다.

1. 서 론

유비쿼터스 시대의 홈 네트워크는 더 이상 가정 내에서의 안전하고 편안한 시스템을 추구하는데 그치지 않고, 다른 기술과 접목되어 장소와 시간에 관계없이 가정에 대한 Control 이 가능하도록 설계되고 있다. 현실에서의 다양한 마케팅과 홍보를 통하여 많은 사람들이 홈 네트워크에 대한 기본적인 개념들은 자리를 잡아가고 있으나 우리가 추구하고자 하는 미래형 홈 네트워크에는 아직 부족한 부분이 많이 존재하고 있다. 우리가 일반적으로 언급하는 홈 네트워크 기능은 다음과 같이 열거 할 수 있을 것이다.

- 가정내의 정보가전기기(TV, 에어컨, 난방기 등)를 네트워크로 연결.
- 장소와 시간에 구애 받지 않고 원하는 서비스를 제공.
- 보안 및 편의를 위한 인공지능 시스템.
- Device 들(TV, PC, Mobile Phone 등) 간의 멀티미디어 서비스의 공유.

홈 네트워크 기술을 개발하는 다양한 업체들은 이상적인 홈 네트워크 시스템을 구현하기 위하여 다양한 기술 및 아이디어를 선보이고 있다. 이러한 기술들을 현실에 도입한다는 것은 많은 경제적/기술적 위험을 가지고 있다. 홈 네트워크의 중요한 요소인 네트워크의 통신방식에서는 각 기능별로 통신방식을 다르게 사용하는 방식이 홈 네트워크에서도 도입될 것이라 생각한다. Echelon 사의 LonWork 솔루션은 전력선을 기반으로 하는 통신방식으로 building automation 에서부터 home automation 으로 그 적용분야를 확장하고 있다[5]. WLAN 은 기존의 많은 사무실에서 그 편의성이 검증되어 홈 네트워크 시스템에서도 하나의 통신방식을 차지할 것으로 많은 전문가들은 전망하고 있다. ZigBee Alliance 에서 기술표준화를 추진하는 ZigBee 는 802.15.4 네트워크를 이용하여 통신하며, ZigBee Protocol Stack 을 정의함으로써 home automation 분야에 적용 가능한 기술로써 인정받고 있다.

홈 네트워크에서 각 device 에 대한 control 을 목적으로 했을 경우에 그 방식은 다음의 조건을

만족해야 할 것이다. 첫 째는 control 이 주된 목적이므로 높은 bandwidth 를 요구하지 않을 것이다. 둘 째는 가정에서 사용해야 하므로 경제적으로 효율성을 높이기 위해 저비용이어야 한다. 마지막으로 세 번째는 새로 지어진 주택에 설치하는 것뿐만 아니라 기존에 지어진 주택에서도 설치가 용이하도록 하기 위해 무선 기술이 필요할 것이다. 이상의 조건들을 만족시키는 기술로 ZigBee 기술을 선택 하였다. 그러나 현재 표준화가 진행중인 ZigBee Network 의 Specification 은 intra-WPAN (Wireless Personal Area Network)이라는 제한을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 연구는 홈 네트워크의 각 ZigBee Device 의 통제를 댁내에서 댁외 망으로 확장하기 위한 메커니즘을 제안하고, 그 방법으로 ZigBee 의 binding 기술을 Home Server 로 확장하여 운영하는 방안을 연구하였다.

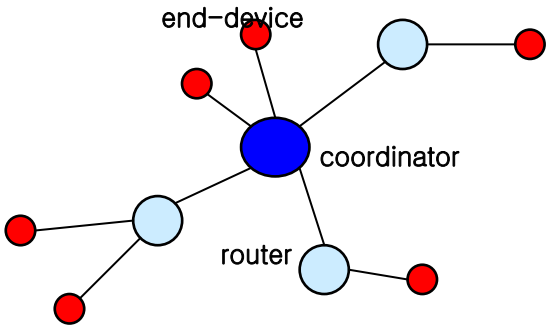
본 논문의 구성은 2 장의 관련기술, 3 장의 댁내· 외망 연계를 위한 핵심기능 설계, 4 장의 문제점 및 향후 연구방향으로 구성하였다.

2. 관련 연구

2.1. ZigBee network 의 구조

ZigBee 네트워크는 ZigBee coordinator, routor, end device 로 구성되어 있다. ZigBee coordinator 는 PAN coordinator 로써 네트워크 내에 유일하게 존재하며 전체 device 들과 보안에 대한 관리를 담당하며, router 는 end device 들에 대한 발견 및 연결해주는 역할을 하며, end device 는 ZigBee 네트워크를 구성하는 가장 작은 단위의 물리적 장치들이 된다. [3]

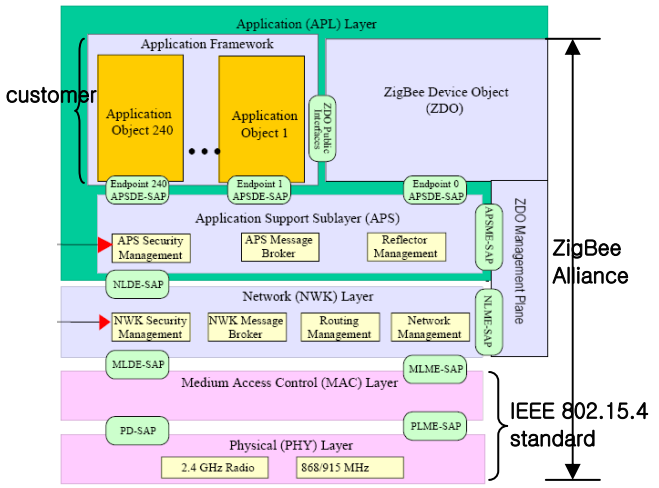
ZigBee 네트워크의 토폴로지는 star, tree, mesh 형태를 가지고 있다. 홈 네트워크의 토폴로지는 작게는 star 형태가 크게는 tree or mesh 형태가 될 것이며, [그림 1]은 ZigBee 의 형태 중 tree 형태를 나타낸 것이다.



[그림 1] ZigBee 홈 네트워크 토폴로지

2.2. Protocol Stack

ZigBee stack 은 OSI(Open Systems Interconnection) seven-layer 를 기반으로 하고 있으며, ZigBee 의 목적에 맞는 계층만을 정의하였다. 그리고 하위 두 개의 계층은 IEEE 802.15.4-2003 표준정의를 따른다. 아래 [그림 2]는 ZigBee 의 stack 구조를 나타낸다.

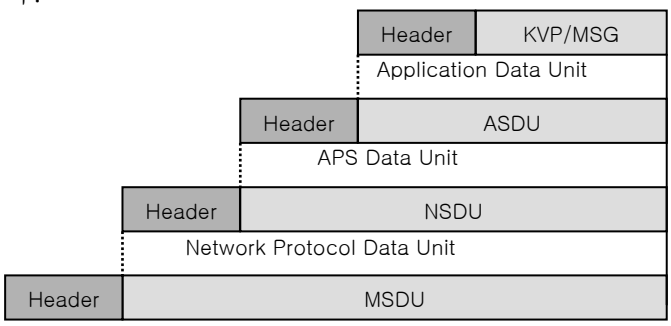


[그림 2] ZigBee 스택 구조

ZigBee application layer 는 APS(Application Support Sublayer), ZDO(ZigBee Device Object) 그리고 고객의 application object 들로 구성된다. APS sub-layer 는 두 개의 device 들간에 발생하는 요구 및 서비스, 데이터 전달을 처리하기 위하여 binding table 을 관리한다. ZDO 는 네트워크에서 device (ZigBee coordinator 또는 end device)의 역할에 대한 정의, 네트워크 device 들 사이의 binding request 의 전송 혹은 그에 대한 응답, 그리고 보안 관계 수립에 대한 부분을 포함한다. ZDO 는 또한 네트워크상에서 device discovering 을 담당하며, 서비스를 수행할 application 을 결정한다. NWK (ZigBee network layer)는 star, tree 그리고 mesh topology 를 지원한다. star 형 네트워크는 ZigBee coordinator 인 device 에 의해서 통제되고, ZigBee coordinator 는 네트워크상에 있는 device 들을 관리한다. Tree 네트워크에서는 router 들이 계층적인 routing 방식으로 데이터를 전달하고 메시지들을 통제한다. Mesh 네트워크는 완전한 peer-to-peer 통신을 지원한다. [2]

2.3. 계층별 Packet 구조

2.2 절에서 언급한 것처럼 ZigBee 는 OSI seven layer 에서 필요한 계층만을 정의해서 사용하는 네트워크이다.



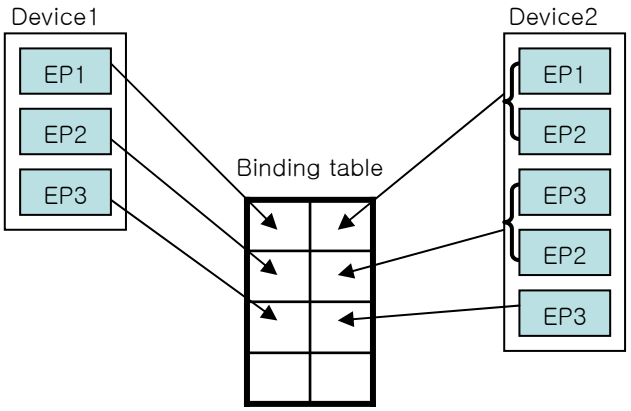
[그림 3] ZigBee 데이터 패킷

[그림 3]은 ZigBee 의 계층별 packet 의 형태이다. Application framework 은 두 가지의 데이터 서비스를

제공하는데, KVP(Key Value Pair) 서비스와 Messsage 서비스이다.[2]
APS Data Unit 의 Header 는 device 내부에서 해당 서비스를 찾기 위한 field 로 Destination EP, Cluster ID, profile ID, Source EP 로 이루어져있다. Network Protocol Data Unit 의 Header 는 routing 을 위한 field 로 Destination address, Source address, Broadcast radius, Broadcast sequence number 로 구성되어있다. MAC Service Data Unit 은 802.15.4 의 MAC frame format 을 따른다.[4]

2.3. Bind 와 Unbind

Binding 은 두 개의 device 사이에 존재하는 end-point 들간의 연결을 table 을 이용하여 논리적으로 연결해 주는 개념이다. 각각의 end-point 의 연결이 항상 1:1 이 아닌 경우가 있으므로 이를 해결하기 위해 cluster id 를 사용한다.



[그림 4] End-point 를 연결하는 Binding Table

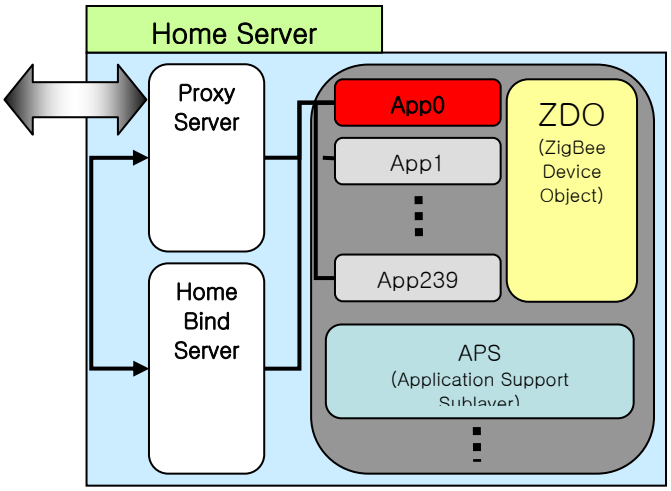
[그림 4]는 binding table 의 예를 보여주며, 그림에서 binding table 은 coordinator device 에 위치하게 된다. 따라서 binding table 을 사용하면 indirect addressing 방식을 사용할 수 있게 된다. 그 방식은 송신 device 가 source 의 주소만 coordinator 에게 전송하면 coordinator 가 binding table 을 검색하여 해당 destination 으로 해당 event 를 전달하므로 전송 데이터의 오버헤드(10 octets)를 줄일 수 있다. Binding 요청은 Bind_req 클라이언트 서비스를 이용하여 수행된다. Unbind_req 는 binding table 에서 binding 정보를 삭제하는 작업을 수행한다.
ZigBee coordinator 내부적으로 binding table 정보 생성은 APS 가 APSME-BIND.request 를 요청 받으면 APSME 가 binding 정보 생성작업을 수행한다. 삭제요청은 APSME-UNBIND.request 에 의해 수행된다.[2]

3. 댁내· 외 망 연계를 위한 핵심기능 설계

홈 네트워크에서 Home server 는 ZigBee 의 device 형식 중에 당연히 coordinator 가 되어야 한다. 본 논문은 coordinator 와 home server 사이의 binding 정보를 공유하는 메커니즘에 관련하므로 ZigBee 네트워크의 topology 에 대한 부분은 다루지 않았다.

3.1. Home Binding/Unbinding 메커니즘

Home server 는 가정내의 device 를 통제하는 역할 뿐만 아니라 서론에서 언급했듯이 많은 다양한 작업을 수행해야 한다. 따라서 ZigBee 의 운영체제를 home server 로 사용할 수는 없다. 따라서 ZigBee 와 Binding 정보를 공유하기 위해 home server 상에 추가의 Proxy Server 와 Home Bind Server 를 두었다.



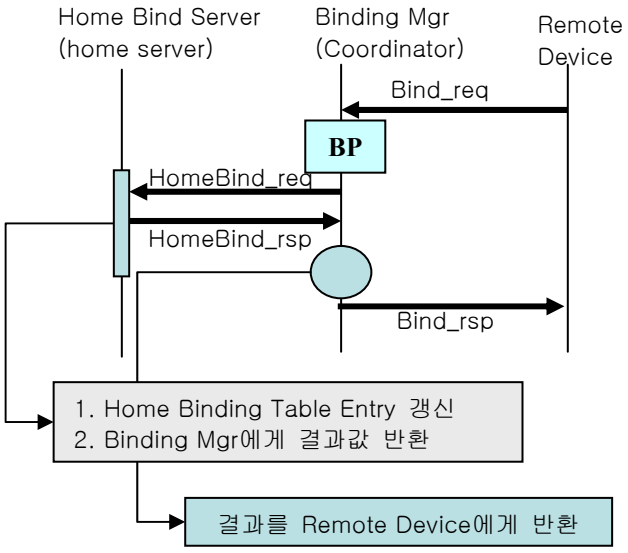
[그림 5] Home Server 와 ZigBee 의 연결도

위의 [그림 5]에서 Proxy 서버는 외부 망과의 연결을 담당하게 되며, Home Bind Server 는 ZigBee coordinator 에서 발생하는 binding 정보의 생성 및 삭제를 실시간으로 갱신하여 보관하게 된다.
ZigBee coordinator 의 application objects 중에 App0 object 는 coordinator 와 home server 의 binding table 정보 동기화를 위해 home bind server 와 통신을 하게 된다. App0 의 작업을 보면, Bind_req 를 수신하여 APS 에게 APSME_BIND.request 를 전송함으로써 coordinator 에서의 binding 을 수행하는 작업을 한다. Binding 이 성공적으로 이루어 지면 Home Bind Server 에게 새로운 binding 정보를 전달한다. 만약 APS 로부터 binding 이 실패하면 반환된 실패정보를 Bind Server 로 전송하고 Bind Server 는 에러로그로 기록한다. Unbind_req 과정 역시 동일하다. 3.2 절에서 sequence diagram 을 통하여 보다 자세한 설명을 하도록 하겠다.
댁외 망에서 접근한 device 는 proxy server 로 접속하게 되며, proxy server 는 댁외 망 device 정보를 분석하여 Bind Server 의 댁내 망 device 들의 binding table 에 댁외 망의 device 정보를 갱신한다. 만일 댁외 망에서 접근한 device 가 unbind 를 수행했다면 에러로그로 그 정보를 기록하고 device 에게 댁내 device 정보를 갱신하라는 명령을 반환한다.
댁외 망에서 접근한 device 는 원하는 작업을 수행한 후 home unbinding 을 수행한다.

3.2. End Device 의 Binding Flow

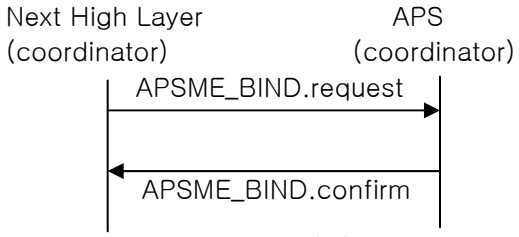
실제로 end device 가 Bind_req 를 요청해서 home

bind server 까지 등록되는 절차를 아래 [그림 6]을 통하여 보겠다.



[그림 6] Device Binding Flow

Remote device 로부터 Bind_req 가 수신되면 Coordinator 의 Binding Mgr 는 BP(Binding Process)를 [그림 7]과 같이 수행한다.



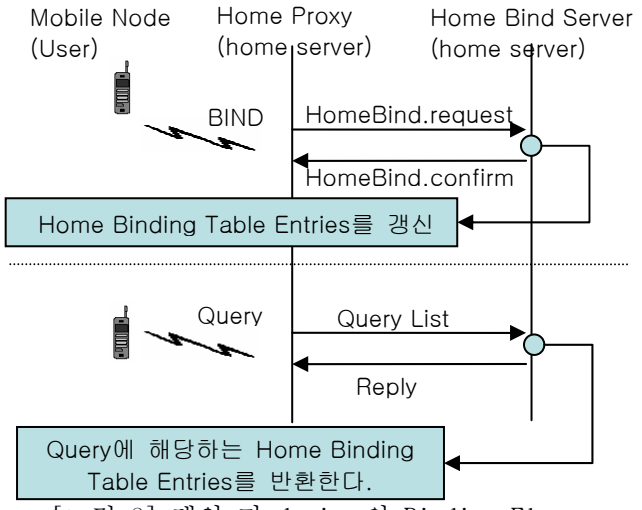
[그림 7] coordinator 에서 binding entry 생성

위의 과정이 끝나면 binding mgr 은 HomeBind_req 패킷을 생성하여 Home Binding Mgr 에게 Entry 생성을 요청한다. 이 과정이 모두 끝나고 coordinator 가 HomeBind_rsp 를 수신하면 remote device 에게 그 결과를 돌려주는 것으로 binding 과정은 이루어 진다.

3.3. 댁외 Device 의 Home Server Binding Flow

댁외 망에서의 접근 device 는 다양하게 존재할 수 있다. 현재는 많은 사용자가 휴대하고 있는 휴대폰을 기본적인 외부 망 컨트롤러로 삼고 있다. 그러나 본 논문에서는 휴대폰으로 제한을 두지 않았고, 인터넷이 지원되는 모든 device 를 대상으로 고려하였다. [그림 8]은 댁외 망에서의 binding 절차를 나타내고 있다. Home server 로 접속한 device 는 최초로 Home Proxy 에게 BIND 를 요청하게 되며, Home Proxy 는 HomeBind.request 를 요청한다. Home Bind Server 는 coordinator 로부터 등록된 binding entry 를 검색하여 해당 binding entry 를 갱신한다.

Binding 작업이 완료되면 댁외 망은 댁내의 binding 된 device 리스트를 요청하기 위한 Query 를 전송한다. Proxy 를 통하여 Query 를 수신한 Home Bind Server 는 Query 에 해당하는 binding entry 들을 반환한다.



[그림 8] 댁외 망 device 의 Binding Flow

이와 같은 과정이 완료되면 댁외 망의 device 는 원하는 event 를 위하여 command 를 전송할 것이고, command 는 proxy 를 통하여 coordinator 의 Binding Mgr 에게 전달되어 수행될 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 다양한 홈 네트워크 기술들 가운데 댁내의 device 들을 통제하기 위한 방법으로 저비용의 무선기술인 ZigBee 기술을 선택하였다. 또한 댁외 망으로 확장을 위하여 ZigBee 의 Binding 기술을 Home Server 로 확장하였다. 마지막으로 홈 서버에 proxy 를 도입해 다양한 댁외 망 device 의 접근을 가능하도록 설계하였다. 본 논문을 통하여 홈 네트워크에서 낮은 Bandwidth 만을 요구하는 통신에 적합한 기술과 WPAN 의 홈 네트워크의 영역을 확장하는 메커니즘을 설계하였다. 이러한 설계는 향후 ZigBee coordinator 의 구현, proxy, home bind server 의 구현을 목적으로 하고 있으며, 향후 그에 대한 결과와 효율성에 대한 분석이 연구될 것이다.

참고문헌

[1] http://www.zigbee.org/en/index.asp

[2] ZigBee Alliance, “ZigBee Specification v1.0 “, December 14th, 2004

[3] Jacob Munk-Stander, Martin Skovgaard, Toke Nielsen,“Implementing a ZigBee Protocol Stack and Light Sensor in TinyOS.”, June, 2005

[4] IEEE Computer Society, “IEEE Std 802.15.4th Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs), May, 2003

[5] http://www.echelon.com/