

---

# Zigbee 기반 네트워크의 확장을 위한 어드레스 방식과 라우팅 방법

## Addressing and Routing Method for Zigbee Network Expansion

---

최성철\*, 정우정\*, 김태호\*, 정규석\*, 김종현\*, 이인성\*\*  
유비쿼터스 바이오 정보 기술 연구 센터\*, 충북대학교 전자정보대학\*\*

Sung-Chul Choi(spbrain@cbnu.ac.kr)\*, Woo-Jeong Jeong(wjjeong@cbnu.ac.kr)\*  
Tae-Ho Kim(maxkth@cbnu.ac.kr)\*, Kyu-Seuck Jeong(jeongku11@cbnu.ac.kr)\*  
Jong-Heon Kim(honey@cbnu.ac.kr)\*, In-Sung Lee(inslee@cbnu.ac.kr)\*\*

---

### 요약

Zigbee는 USN에서 쓰고 있는 대표적인 통신 표준이며 다양한 어플리케이션에 쓰이고 있다. Zigbee 프로토콜은 하나의 PAN망 안에서 어드레스를 부여하는데 DAA라는 방법을 이용하는데 이는 16Bit 어드레스 구역을 Depth에 따라 일정한 크기의 블록으로 나누어서 각각의 노드에게 할당을 하는 방식이다. 그러나 이 방식은 노드수가 Depth가 증가함에 따라서 하나의 Depth에 부여하는 최대 Router수의 지수승으로 증가를 하기 때문에 16Bit로 부여할 수 있는 어드레스에 제한이 생긴다. 따라서 넓은 지역이나 음영지역이 많은 곳처럼 많은 Router수를 가지고 Depth가 큰 네트워크를 구성하기가 힘들다. 또한 하나의 PAN망 안에서 동작하기 때문에 여러 PAN을 하나의 네트워크로 구성하기가 힘들다. 본 논문에서는 Zigbee 기반의 네트워크를 확장하여 여러 PAN망을 하나의 네트워크로 구성할 수 있고 Router수와 Depth에 제한이 덜하여 넓은 지역을 묶을 수 있는 새로운 어드레스 방식과 라우팅 방법을 제안하였다. 그리고 이를 실험을 통하여 그 동작을 확인하고 실증 시험을 통하여 활용할 수 있음을 보였다.

■ 중심어 : | USN | WSN | Zigbee | 무선 네트워크 |

### Abstract

Zigbee is a universal communication standard used in USN and is utilized in various applications. Zigbee protocol provides an address within a single PAN network, and at this time, it uses DAA. This is a method that divides a 16-bit address area into blocks with a fixed size according to the depth to assign one to each node. However, this method is limited because it has to assign addresses in 16 bits. As the depth increases, the number of nodes also increases exponentially to the maximal number of routers provided to each depth. Therefore, it is difficult to construct a huge network with numerous routers and large depth as in the places which are wide or have many shadow areas. Besides, since all the operations are performed in a single PAN network, it is hard to make several PANs into a single network. This article suggests new addressing and routing methods that can construct several PAN networks into a single network and combine broad area with less limitation in the number of routers and depth by extending the Zigbee-based network. Moreover, this paper has tested its performance and has verified its usability through substantive tests.

■ keyword : | USN | WSN | Zigbee | Wireless Network |

## I. 서론

유비쿼터스 센서 네트워크(USN : Ubiquitous Sensor Network) 은 RF 기술, 센서 기술 MEMS 기술 등의 발전으로 소형, 저가 및 저 전력 센서 노드의 개발로 언제 어디서나 주변 상황을 감시하고 제어할 수 있는 환경을 제공한다[1]. 이는 적은 노드에서 많은 노드에 이르기까지 무선 네트워크를 형성하여 홈 네트워크 시스템, 교통제어 시스템, 환경 감시, 공장 관리, 재난 감시, 건물 자동 제어 시스템 등의 다양한 분야에 응용할 수 있다 [2][3].

이 USN에서 대표적으로 사용되는 무선 통신 방식 중 하나가 IEEE 802.15.4 표준이다. 이 표준은 타 무선 통신 기술과 비교해 전력 소모가 적고 비용이 저렴하여서 근거리 통신에 주로 많이 쓰인다[4][5]. IEEE 802.15.4 표준을 기반으로 한 대표적인 프로토콜인 Zigbee 프로토콜은 홈 네트워크의 핵심기술로서 부상하고 있다[6]. 하지만 Zigbee 프로토콜은 하나의 PAN ID 안에서 어드레스를 일정한 비율로 Depth에 따라 분배하는 방식(DAA: Distributed Address Assignment Mechanism)[7]이어서 넓은 지역이거나 음영지역이 많은 곳처럼 라우터를 많이 쓰는 경우 Depth가 큰 네트워크를 구성하기가 힘들다. 그리고 여러 PAN망을 나누어서 쓰는 경우에 이를 하나의 네트워크로 구성하기가 어렵다.

본 논문에서는 Zigbee에 쓰이는 DAA 어드레스 방식을 검토하고 이를 확장하여 Depth가 큰 네트워크를 구성할 수 있으며 여러 PAN을 하나의 네트워크로 구성할 수 있는 새로운 어드레스 방식과 라우팅 방법을 제안하고자 한다.

## II. 관련 연구

### 1. IEEE 802.15.4 / Zigbee

IEEE 802.15.4 는 무선 통신 표준중 하나이며 PAN(Personal Area Network)상의 통신을 위해 만들어졌다. 동작 주파수는 868/915MHz와 2.4GHz ISM Band에 속하며 Data Rate는 각각 20/40Kbps 와 250Kbps이며 CSMA-CA방식으로 동작한다. 저 전력으로 동작하

고 전송거리는 10~100 meters 이고 어드레스는 16bit PAN ID 와 16bit 혹은 64bit IEEE MAC Address로 구별한다. 네트워크 Topology는 Star, Tree, Mesh를 지원하며 각각은 [그림 1]과 같다[5].

Zigbee 프로토콜은 신뢰할 수 있고 저가격, 저 전력으로 무선 통신을 할 수 있도록 만들어진 국제 표준이며 Zigbee Alliance에 의해서 정의가 되었다. 여기에는 Samsung, Motorola, Mitsubishi, Invensys, Philips, Honeywell과 같은 대기업외에 150여개의 업체가 참여하고 있다. [그림 2] Zigbee 프로토콜의 구성을 보여준다 [7].

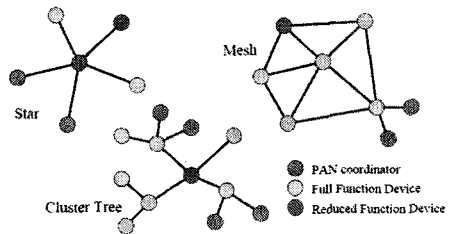


그림 1. Network Topology

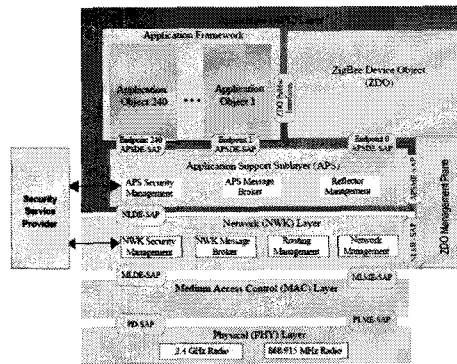


그림 2. Zigbee Protocol Stack

### 2. Distributed Address Assignment(DAA) Mechanism

Zigbee 네트워크는 기본적으로 하나의 네트워크에 하나의 PAN망을 구성한다. 새로운 디바이스가 네트워크에 Join을 할 때 Association 과정을 거치게 되는데 이때 이전에 존재하는 디바이스에서 새로운 하나의 사용 가능한 어드레스를 받아오게 된다. 이 때 어드레스는 Tree

Address 모델에 따라 상위 노드로부터 나눠진 어드레스 중 일부를 받는다. 이러한 Join 과정 중 어드레스를 자동으로 나누는 방법을 DAA라고 하며 Address Tree는 코디네이터를 중심으로 Depth, Max Children, Max Router 수에 의해서 계층적으로 만들어진다[7]. [그림 3]은 선형적인 어드레스를 계층적으로 분할하는 방법을 그림으로 나타낸 것으로 Max Router 수가 2이고 Max Children 수가 2인 경우에 나타낸 것이다.

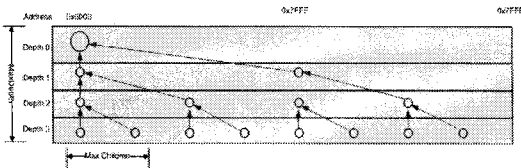


그림 3. Distributed Address Assignment

일반적으로 코디네이터의 Depth를 0으로 하는 네트워크의 Depth를 d 라고 하고 Children의 최대 수를 Cm, 네트워크의 최대 Depth를 Lm, Cm중에 Router로 동작할 수 있는 노드의 최대 수를 Rm이라고 하면 자식 노드들 간의 블록의 크기를 수식 (1)처럼 Cskip(d)로 정의한다.

$$Cskip(d) = \begin{cases} 1 + Cm \cdot (Lm - d - 1), & \text{if } Rm = 1 \\ \frac{1 + Cm - Rm - Cm \cdot Rm^{Lm-d-1}}{1 - Rm}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

예를 들어 Cm=4, Rm=4, Lm=3인 노드들의 네트워크 구조는 [그림 4]와 같이 나타낼 수 있다[7].

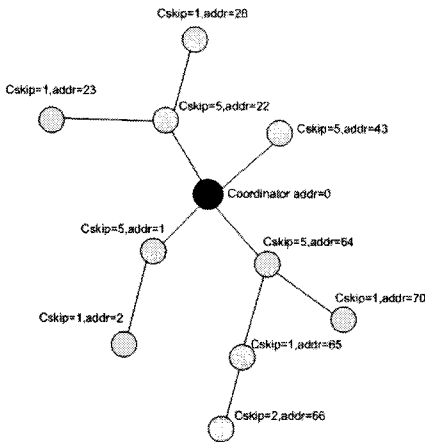


그림 4. Cm=4,Rm=4,Lm=3인 네트워크 구조

### III. 확장성 있는 어드레스 방식 및 라우팅 방법 제안 방안

#### 1. 기존 어드레스 방식의 문제점

DAA는 쉽게 네트워크를 구성할 수 있으며 구성된 네트워크에서 Routing할 때 계산식이 간단하여 Tree Routing을 쉽게 구현할 수 있는 장점이 있다. 그러나 DAA 방식은 [그림 5]에서 보는 것과 같이 전체 16bit 주소 영역을 블록화 하여 여러 라우터 노드들에게 일정한 분량만큼 나누어 주는 것으로 Depth가 늘어나면 그만큼 하위 노드들이 Max Router 수의 지수 승으로 증가하기 때문에 MaxDepth가 줄어드는 문제가 생긴다. 예를 들어 [표 1]과 같은 네트워크 구성에 있어서 Max Depth를 하나 증가하면 [표 2]와 같이 Max Nodes의 수가 계산된다.

표 1. DAA 네트워크 구성 예

Max Children	Max Routers	Max Depth	Max Nodes
20	6	5	31101

표 2. [표 1]에서 Max Depth를 1 증가 했을 경우

Max Children	Max Routers	Max Depth	Max Nodes
20	6	6	186621

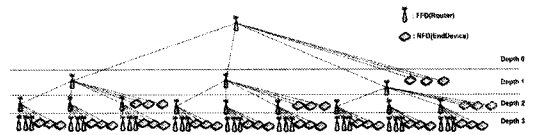


그림 5. Depth의 증가와 Node 수 변화

[표 2]에서 Max Nodes의 수가 186621로 16bit값을 넘어가 버리므로 이 네트워크를 제대로 구성할 수 없게 된다. 노드 수가 적은 소규모 네트워크에서는 큰 상관이 없으나 100개 이상의 대규모 네트워크에서는 이러한 설정이 불가능한 경우가 생길 수 있고 또한 유동적인 환경에서 위의 파라미터들(Max Depth, Max Children, Max Router)을 적절히 세팅하기에는 적합하지 않다. 또한 Max Router 수가 정해져 있기 때문에 주변에 라우터가

없거나 혹은 있더라도 Max Children 수만큼 자식 노드가 가득 차 있을 경우 새로운 노드가 접속하지 못하는 문제가 발생을 한다[8]. 이러한 문제로 인하여 중간에 리셋에 의한 재접속이라든지 Orphan 상황처럼 노드가 고립이 되거나 잠시 통신이 되지 않는 상황이 발생하였을 경우에 네트워크 복구가 힘들다[9].

또한 Zigbee는 하나의 PAN망 안에서 어드레스를 나누어서 쓰는 방식이므로 여러 개의 독립적인 PAN망을 구성하고 이를 하나의 네트워크로 구성하기가 어렵다.

## 2. 확장성을 위한 새로운 어드레스 방식 및 라우팅 방법

Zigbee의 어드레스 방식을 확장하여 Depth문제를 개선하고 여러 PAN망을 하나의 네트워크로 동작할 수 있는 새로운 방식의 어드레스와 라우팅 방법인 Clustered Tree Address Management(CTM)를 고안하였다.

### 2.1 주요 기능 및 구성요소

CTM 프로토콜은 다음과 같은 기능과 요소를 가지고 동작한다.

- (1) Address는 PAN ID 와 End Address로 이루어지며 End Address는 각 구역안의 노드들 간의 구별을 위해서 사용되며 라우팅이 가능한 각 구역의 Main노드는 0번으로 세팅이 된다. 따라서 기본적으로 이 네트워크의 Address는 PAN ID로 구별을 한다.
- (2) PAN ID 할당은 부모 노드에 의해서 자동으로도 설정이 가능하며 구역으로 나눌 시에 정적인 PAN ID로 세팅 할 수 있다.
- (3) 네트워크를 구성 할 때 Depth나 Router 수, 노드들의 수 등의 파라미터에 제한이 없어야 한다.
- (4) 정적인 PAN ID를 설정한 노드는 하나의 PAN 망을 Cluster로 구성하여 독립적으로 동작할 수 있다.
- (5) 구역으로 나누지 않는 PAN ID로 설정한 경우 중복으로 PAN ID 어드레스를 할당 받을 수 있다.
- (6) Point to Point 통신에서 목적지 주소는 64bit MAC IEEE Address를 이용한다.

(7) 라우팅 테이블은 Coordinator에서 관리한다.

(8) 패킷 전송 시 라우팅 정보는 패킷에 실어서 날린다.

[그림 6] 은 이러한 CTM으로 구성된 네트워크의 예를 보여준다.

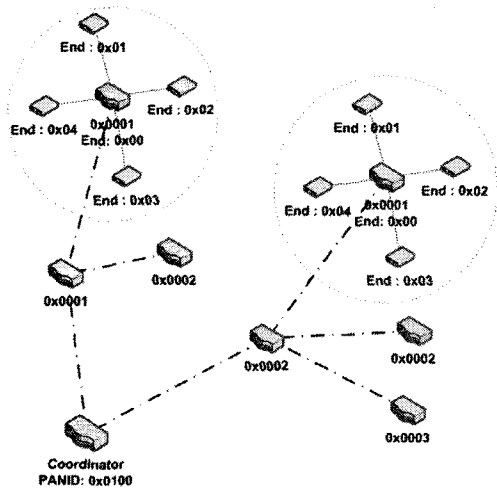


그림 6. CTM 네트워크

### 2.2 네트워크 형성

네트워크를 형성하는 Join 과정은 다음과 같다.

- (1) 여러 개의 노드가 있을 경우 우선 기존 노드가 주위에 있는지 찾기 위하여 "Scan Req" 메시지를 Broadcast로 보낸다.
- (2) 해당 되는 노드들은 자신이 자식을 가질 수 있는 상태라면 "Scan Resp" 메시지로 응답하는데 이때 자신의 Depth 정보를 포함하여 보낸다.
- (3) 응답한 메시지들 가운데서 LQI(Link Quality Indicator) 혹은 RSSI(Received Signal Strength Indicator)가 기준 이상이 되는 노드들 중에 Depth 정보가 가장 낮은 노드를 선택하여 해당 노드에 "Join Req"를 보낸다. 이때 자신의 주소(PAN ID) 모드가 자동인지 혹은 정적인 주소(PAN ID)를 세팅할 것인지를 상위 노드에 알려준다. 이때 최소 LQI 기준은 해당 전파 환경의 일대일 통신상의 거리를 나타내며[10] 링크 예러인

PER(Packet Error Rate)이 보장될 수 있는 값으로 한다.[11] RF Chip마다 감도가 다르기 때문에 Chip의 특성을 보고 결정해야 한다. 일반적으로 CC2430인 경우 -85 dBm을 기준으로[12] 노드 주변에 사람이나 사물의 움직임처럼 전과적인 변화를 커버할 수 있는 값으로 세팅한다[13].

- (4) "Join Req"를 받은 상위노드는 해당되는 주소(PAN ID)를 할당하여 하위 노드에게 "Join Resp"를 보내어 등록이 성공적으로 되었음을 알려준다.
- (5) 상위 노드는 새로운 노드가 Join이 되면 코디네이터로 하위 노드의 정보를 전달하는데 이때 라우팅 정보를 포함한다.

[그림 7]은 코디네이터와 노드 A, B, C가 존재한다고 하고 새로운 노드 D가 Join하고자 하는 경우에 노드 D가 Broadcast로 자신의 RF영역에 있는 모든 노드들의 정보를 얻어내었을 때 네트워크상의 환경을 나타낸 그림이다. 이 네트워크 환경에서 최소 기준의 LQI가 20이라고 가정할 때 노드 D가 접속할 수 있는 부모 노드는 노드 A, B, C가 된다. 이 때 이들 노드로부터의 LQI가 모두 기준 값 이상이 되는데 노드 C는 Depth가 2가 되므로 노드 A와 B에 비해 크다. 결국 노드 D는 노드 A와 B중 LQI가 더 높은 노드 A에 접속하게 된다. 이와 같이 노드 D가 최선의 루트로 Join을 하는 과정을 [그림 8]에서 볼 수 있다.

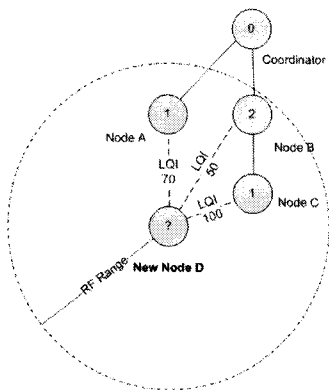


그림 7. 네트워크 형성 Topology

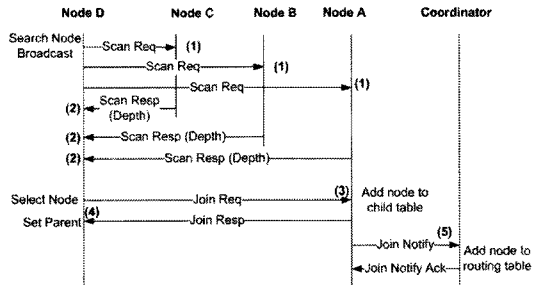


그림 8. 네트워크 형성 Flow Diagram

[그림 9]는 CTM 네트워크에서 "Join Notify"가 라우팅 Path를 만드는 과정을 보여준다. 이런 과정을 거친 라우팅 각 노드에 대한 라우팅 테이블은 [표 3]처럼 이루어진다. [표 3]에서 J 노드는 B-E-G-H의 경로를 통하여 코디네이터와 연결이 되어 있음을 알 수 있다. 따라서 J 노드에 대한 Routing Table의 크기는 주소를 1바이트 영역으로만 쓰는 경우에는 (Depth +9) bytes 로 계산 된다.

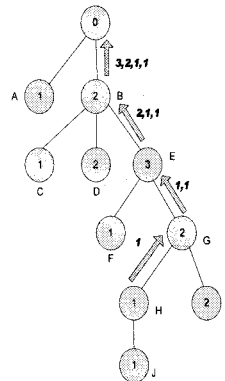


그림 9. J 노드에 대한 라우팅 정보 전달과정

표 3. [그림 9]에 대한 라우팅 테이블

Node	Mac Address	Total Depth	Depth 1	Depth 2	Depth 3	Depth 4	Depth 5
A	0000ABCD00000000	1	1				
B	0000ABCD00000001	1	2				
C	0000ABCD00000002	2	2	1			
D	0000ABCD00000003	2	2	2			
E	0000ABCD00000004	2	2	3			
F	0000ABCD00000005	3	2	3	1		
G	0000ABCD00000006	3	2	3	2		
H	0000ABCD00000007	4	2	3	2	1	
I	0000ABCD00000008	4	2	3	2	2	
J	0000ABCD00000009	5	2	3	2	1	1

2.2 데이터 패킷 전송

데이터 패킷을 전송할 때 기본적으로 Point To Point에서는 Destination Address 타입을 64bit IEEE MAC Address를 이용하며 Source Address는 자신의 16bit PAN ID 를 사용한다. 각 노드들은 자식들의 어드레스 (PAN ID)와 MAC 을 가지고 있으며 부모 노드에 대한 어드레스 정보도 가지고 있다. 예를 들어 [그림 9] 에서 노드 B에서 노드 E로 패킷을 보내고자 할 때는 자식 노드 정보의 E의 MAC 정보를 이용하여 전송한다. 마찬가지로 E에서 B로 패킷을 보내고자 할 때는 B가 부모 노드이므로 B의 MAC 정보를 Destination Address로 설정하여 전송한다.

표 4. [그림 9]에서 B 와 E 노드정보

노드	부모 MAC	부모 어드레스	자식 노드 정보
B	MAC Coord	0	(MAC C, 1), (MAC D, 2), (MAC E, 3)
E	MAC B	2	(MAC F, 1), (MAC G, 2)

패킷 전송은 각 노드에서 코디네이터로 코디네이터에서 각 노드로 전송되는 두 가지 전송 방식이 있다. 우선 각 노드에서 코디네이터로 패킷을 전송할 때는 자신의 부모 노드로 전달을 계속하여 부모의 최상위 노드인 코디네이터로 전송을 한다. 반대로 코디네이터에서 각 노드로 패킷을 전송하는 경우에는 연결된 각 노드들이 Routing Path를 알지 못하므로 코디네이터에서 패킷을 전송할 때 [그림 10]과 같이 패킷에 라우팅 정보를 포함하여 전송한다. [그림 10]에서 코디네이터에서 Routing Path (3,2,1,1)를 포함하여 전송하면 그것을 받은 노드 B에서는 첫 번째 Path인 PAN ID가 3인 노드 즉 E번 노드를 찾아 전송하는데 전송 시 Routing Path는 하나씩 감소한다. 마찬가지로 노드 E, G, H까지 이어져서 패킷이 J번까지 도착하게 된다. 각 노드에서 패킷은 [표 5]와 같은 정보를 포함하여 전송을 한다.

이와 같이 패킷을 전달하기 때문에 노드의 Router 수와 Depth 수를 확장할 수 있으며 중복 PAN ID를 가지고 통신을 할 수 있기 때문에 어드레스 개수 문제가 발생하지 않는다. 또한 코디네이터를 제외하고 라우팅 테이블

을 가지지 않기 때문에 라우팅 테이블로 인한 비용증가가 발생하지 않는다.

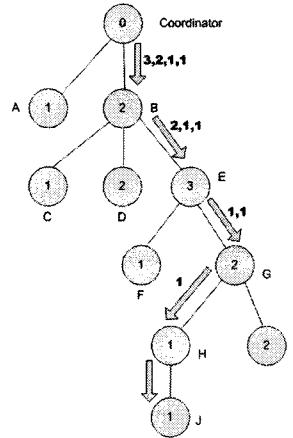


그림 10. 코디네이터에서 각 노드로 패킷 전송

표 5. 전송 패킷 정보

경로	Destination	Source	Path size	Path			
Coord-> B	MAC B	0	4	3	2	1	1
B->E	MAC E	2	3	2	1	1	
E->G	MAC G	3	2	1	1		
G->H	MAC H	2	1	1			
H->J	MAC J	1	0				

2.3 독립된 구역 나누기

CTM에서 독립된 구역을 나눌 때 구역간은 PAN ID로 구역 안의 디바이스들은 EndAddress로 구별을 한다. 구역을 나누기 위해서 정적 어드레스를 이용을 하는데 정적 어드레스는 자동 어드레스와 영역을 다르게 한다. 예를 들어 0x0001 ~ 0x0100 까지를 자동으로 0x0101 ~ 0xFFFFE 까지 정적 어드레스 영역으로 나눌 수 있는데 이용하고자 하는 어플리케이션에 따라서 정한다. 정적 어드레스를 사용자가 설정하면 그 구역 안의 다른 무선 디바이스들을 하나의 또 다른 무선 네트워크 망으로 구성이 가능하다. 정적 어드레스는 주위에 중복되는 정적인 어드레스가 존재하지 않아야 하며 이를 처음 Scan시에 검사하여야 한다. 만약 주위에 자신과 같은 정적 어드레스가 존재한다면 에러 처리를 하고 접속하지 않는다.

CTM에 참여하는 노드의 End Address가 0이 되며 이를 중심으로 구역(Cluster)안의 네트워크에 포함된 다른 노드들은 같은 PAN ID에 End Address가 0이 아닌 값을 가진다. 이를 이용하여 PAN ID가 같다면 다른 프로토콜로도 서로 간에 통신을 가능하게 만들 수 있다. 예를 들어 Star망인 경우 [그림 11]로 나타낼 수 있다.

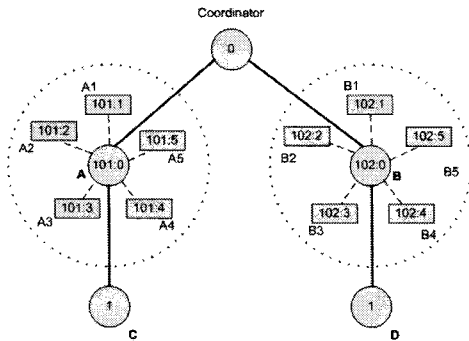


그림 11. 구역(Cluster)로 나누어진 네트워크(구역안 주소 표현 [PANID:End Address])

## VI. 실험 및 실증 시험

### 1. 실험

실험은 [그림 12]에서 보는 것처럼 CC2430 기반의 테스트 보드[13]에서 CTM을 구현한 디바이스로 하였다.



그림 12. 테스트 보드

우선 코디네이터를 제외한 Main 노드 175개의 노드를 실험을 하였다. [그림 13]과 같이 다량의 노드가 네트워크를 형성하는 것을 확인 할 수 있었다.

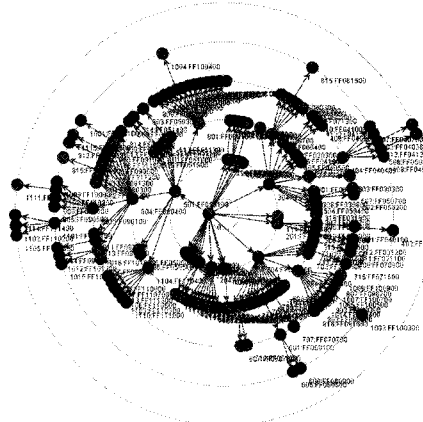


그림 13. 대량 노드 테스트

만약 Router수와 Depth수가 11인 네트워크를 구성한다면 Zigbee의 DAA 방식으로는 [표 6]과 같이 Cskip(d)가 정해짐으로 주소를 16bit로 표현할 수 없게 된다. 하지만 CTM으로 구현한 네트워크로 실험한 결과 [그림 14]에서처럼 depth와 router수를 확장할 수 있었다.

표 6. Router 수와 Depth가 11일 때 Cskip(d)값

d (depth)	Cskip(d)
0	28531167061
1	2593742460
2	235794769
3	21435888
4	1948717
5	177156
6	16105
7	1464
8	133
9	12
10	1
11	0

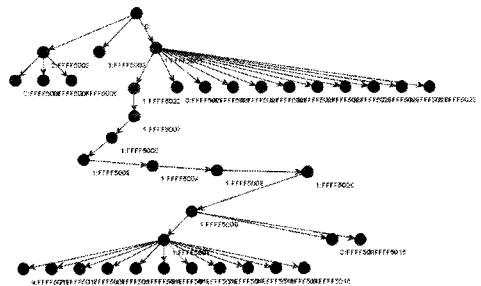


그림 14. Router수가 110이고 Depth가 11인 CTM 네트워크

2. 실증 시험

2.1 대형 건축물 절전 관리 시스템 구축

대형 건축물의 절전 관리를 무선 통신으로 제어하는 시스템을 CTM 방법으로 구현하였다. [그림 15]와 같이 각 방은 하나의 망으로 이루어져 있으며 전등스위치 디바이스와 인체감지 센서 그리고 에어컨 등으로 구성이 된다. 인체감지 센서에서 현재 움직임이 있는지를 전등 스위치로 알려주며 한 방안의 모든 센서가 감지되지 않는 경우 전등과 해당 에어컨을 끈다. 에어컨 디바이스는 중앙에서 온도 세팅이나 시간 스케줄을 통하여 제어한다.

2.3 망 구성도

각 방의 [그림 16]과 같이 Cluster의 중심이 되는 노드는 전등 스위치 노드로 각 방마다 이 노드들을 중심으로 한 건물의 모든 노드를 하나의 네트워크로 구성을 하였다.

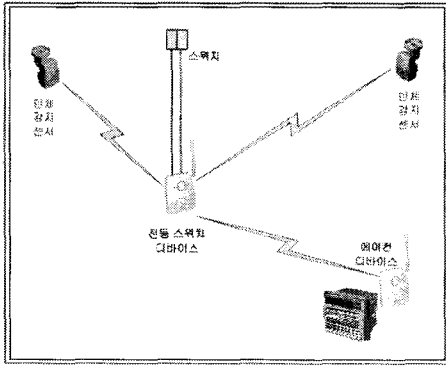


그림 15. 시스템 방 내부 구성

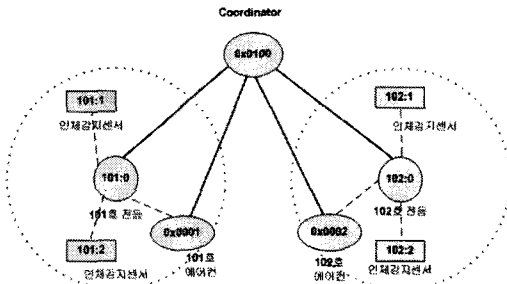


그림 16. 대형 건축물 절전관리 시스템 전체 망 구성

2.3 설치 및 운영 상황

이 시스템을 현재 충북대학교 강의실이 있는 건물에 2008년 8월에 설치 현재 까지 운영 중이며 각 건물의 Main 노드 연결도를 [그림 17][그림 18]에서 보는 것과 같이 확인할 수 있었다.

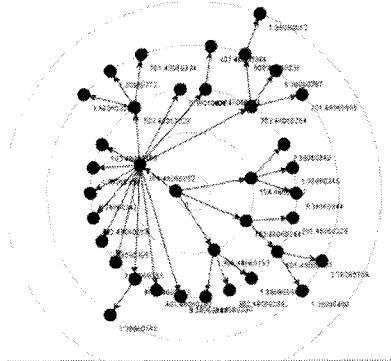


그림 17. 충북대 경영대 연결도

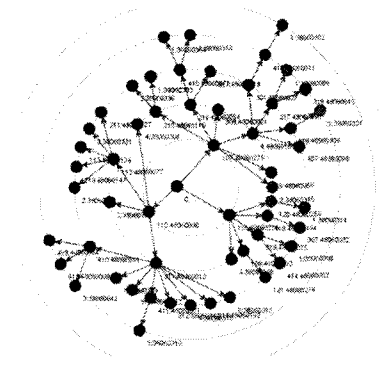


그림 18. 충북대 생활과학대 연결도

V. 결론

Zigbee는 USN에 있어서 가장 널리 쓰이는 무선 통신 프로토콜중 하나이다. 하지만 Zigbee를 이용하여 건물 및 빌딩 제어, 가로등 제어, 환경 감시와 같은 대규모 네트워크를 구성하기에는 주소 할당 방법에 문제가 있다. Zigbee에서 사용하는 주소 할당 방식은 DAA이며 이 방식은 Depth가 증가함에 있어 최대 Router 수의 지수 승



으로 증가하기 때문에 16Bit의 주소 체계로는 대규모 네트워크를 구성하기가 힘들다. 또한 하나의 PAN ID안에서 동작하므로 여러 PAN을 하나의 네트워크로 묶어서 구성하는 것 또한 어렵다. 본 논문에서는 이러한 DAA의 문제점을 보완하고 여러 PAN망을 하나의 네트워크로 구성할 수 있는 새로운 어드레스 방식인 CTM을 제안하였다. CTM은 코디네이터에서 모든 노드의 라우팅 테이블을 관리를 하며 각각의 노드들이 처음 접속 할 때 코디네이터로 라우팅 PATH를 전송을 한다. 각각의 PATH는 각 노드들의 자식 노드들의 대한 주소 정보이며 이 정보를 이용하여 라우팅을 할 경로를 찾게 된다. 또한 이러한 어드레스는 PAN ID로 할당이 되며 각 노드들은 각각의 PAN의 중심이 되는 역할을 수행한다. 수동으로 정의된 PAN ID에서는 각각의 구역에 대해서 독립적으로도 통신이 가능하며 코디네이터와의 통신 또한 가능하다. 이를 실험을 통하여 동작을 확인하였고 대형 건축물 절전 관리 시스템이라는 실증 테스트를 통하여 확장성 있는 USN 망을 구현할 수 있음을 보였다.

향후 배터리와 관련된 저 전력 기반 통신과 보안에 관련된 연구가 필요하다.

참고 문헌

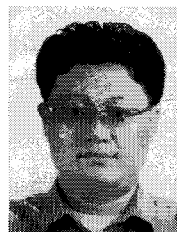
[1] 김창환, *USN 개념 및 최근 동향분석*, 전자부품연구원 전자정보센터, 2004.  
 [2] 김상덕, 박성수, "유비쿼터스 환경에서의 WPAN 응용 서비스", *정보통신 기술*, 제18권, 제2호, pp.17-36, 2004.  
 [3] I. F. Akyildiz, "A survey on Sensor Networks," *IEEE Communication Magazine*, Vol.40, No.8, pp.102-114, 2002.  
 [4] I. Demirkol, C. Ersoy, and F. Alagöz, "MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: A Survey," *IEEE Communication Magazine*, Vol.44, No.4, pp.115-121, 2006.  
 [5] *IEEE Std. 802.15.4-2003*, IEEE computer Society, 2003.

[6] 이재현, *USN 기술동향*, IITA 주간 기술동향, 통권 1165호, 2004.  
 [7] *ZigBee-2006 specification*, *ZigBee document 064112*, ZigBee Alliance, 2006.  
 [8] Y. C. Wong, J. T. Wang, N. H. Chang, H. H. Liu, and C. C. Tseng, "Hybrid Address Configuration for Tree-based Wireless Sensor Networks," *IEEE Communications Letters*, Vol.12, No.2, pp.414-416, 2008.  
 [9] M. S. Pan and Y. C. Tseng, *The Orphan Problem in ZigBee-based Wireless Sensor Networks*, ACM, 2007.  
 [10] G. Ralf, *Localization in Zigbee-based wireless sensor network*, Technical Report (German), University of Rostock, Institute MD, 2007.  
 [11] S. Kannan and L. Philip, *RSSI is Under Appreciated*, ACM:Proceedings of EmNets'06, 2006.  
 [12] <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2430.html>  
 [13] B. Raman, K. Chebrolu, N. Madabhushi, D. Y. Gokhale, P. K. Valiveti, and D. Jain, *Implications of Link Range and (In)Stability on Sensor Network Architecture*, WINTeCH, 2006.

저자 소개

최 성 철(Sung-Chul Choi)

준회원



- 2006년 2월 : 경북대학교 전자전 기컴퓨터학부(공학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오정보기술 연구 센터 선임연구원, 충북대학교 전자공학과(석사과정)

<관심분야> : USN, WSN, Adhoc, VoIP

정 우 정(Woo-Jeong Jeong)

정회원



- 2007년 2월 : 연세대학교 기계전자공학부 졸업(공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 주임연구원. 충북대학교 정보산업공학과(석사과정)

<관심분야> : USN, WSN, Adhoc, VoIP

김 태 호(Tae-Ho Kim)

정회원

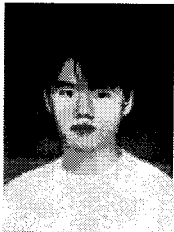


- 2004년 2월 : 충주 대학교 제어계측학과 졸업(공학사)
- 2006년 2월 : 충북 대학교 제어계측공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 2005년 12월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 선임 연구원.

<관심분야> : 이동, 위성통신 시스템, 무선 통신

정 규 석(Kyu-Seuck Jeong)

정회원



- 2003년 2월 : 충북대학교(정보통신공학)
- 2003년 4월 ~ 2006년 9월 : 하이디스 (LCD 제조 업체) 재직, MES 시스템 담당
- 2006년10월 ~ 현재 : 충북대학교

- 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 선임연구원
- 2008년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사 과정(데이터베이스 & 네트워크)

<관심분야> : 데이터베이스, 무선 통신

김 종 현(Jong-Heon Kim)

정회원



- 1997년 2월 : 충북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 충북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 대학원 전자공학과 박사 수료

- 2005년 1월 ~ 현재 : 충북대학교 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 책임연구원

<관심분야> : USN, 무선통신 시스템, VoIP, DSP

이 인 성(In-Sung Lee)

정회원



- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1985년2월 : 연세대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 1992년 12월 : 미국 Texas A&M Univ. 전자공학과 졸업(Ph.D)

- 1986년 5월 ~ 1987년 7월 : 한국통신 연구개발단 (전임연구원)

- 1989년 9월 ~ 1992년 8월 : Dept. of Electrical Eng. Texas A&M University(연구조교)

- 1993년 2월 ~ 1995년 9월 : 한국전자통신연구원 이동통신기술연구단(선임연구원)

- 1995년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부(교수)

<관심분야> : 이동, 위성통신 시스템, 신호처리, 통신시스템 구현, 인터넷 응용