Zigbee 기반 네트워크의 확장을 위한 어드레스 방식과 라우팅 방법

Addressing and Routing Method for Zigbee Network Expansion

최성철†, 정우정*, 김태호†, 정규석*, 김종환*, 이인성‡

유비쿼터스 바이오 정보 기술 연구 센터*, 충북대학교 전자정보대학‡

Sung-Chul Choi(sbrain@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 할당하는 방식이다. 그러나 이 방식은 노드수가 Depth가 증가함에 따라 하나의 Depth에 부여하는 최대 Router수의 지수 승으로 증가할 때 때문에 16Bit로 부여할 수 있는 어드레스에 제한이 생긴다. 따라서 넓은 지역이나 움직임이 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 덜이며 넓은 지역을 몰아 놓을 수 있는 새로운 어드레스 방식과 라우팅 방법을 제안을 하였다. 그리고 이를 실험을 통하여 그 동작을 확인하고 실험 시험을 통하여 활용할 수 있음을 보였다.

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 환경을 감상하고 제어할 수 있는 환경을 제공한다[1]. 이는 적은 노드에서 많은 노드로 이르기까지 무선 네트워크를 형성하여 홈 네트워크 시스템, 교통체어 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 저렴하여 근거 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 지역이나 음영지역이 많은 곳처럼 라우터를 많이 쓰는 경우 Depth가 큰 네트워크를 구성하기 힘들다. 그리고 여러 PAN망을 나누어서 쓰는 경우에 이를 하나의 네트워크로 구성하기가 어려다.

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 Band 에 속하며 Date Rate는 각각 20/40Kbps 와 250Kbps이며 CSMA-CA 방식으로 동작한다. 저 전력으로 동작하 고 전송거리의 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 전력으 로 무선 통신을 할 수 있도록 만든던 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 거쳐게 되는데 이때 이전에 존재하는 디바이스에서 새로운 하나의 사용 가능한 어드레스를 받아오게 된다. 이 때 어드레스는 Tree
Address 모델에 따라 상위 노드로부터 나뉘진 어드레스 중 일부를 받는다. 이러한 Join 과정 중 어드레스를 자동으로 나누는 방법은 DAA라고 하며 Address Tree는 코디네이터 중심으로 Depth, Max Children, Max Router 수에 의해서 계층적으로 만들어 진다[7]. [그림 3]은 성형적인 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 d라고 하고 Children의 최대 수를 Cm, 네트워크의 최대 Depth를 Lm, Cm중에 Router로 등록할 수 있는 노드의 최대 수를 Rm이라고 하면 각각 노드들 간의 불록의 크기를 수식 (1)처럼 Cskip(d)로 정의한다.

\[
Cskip(d) = \begin{cases} 
1 + Cm \cdot \left( \frac{Lm}{d} - 1 \right), & \text{if } Rm = 1 \\
1 + Cm - \frac{Rm - Cm \cdot \left( \frac{Lm}{d} - 1 \right)}{1 - \frac{Rm}{Cm}}, & \text{otherwise} 
\end{cases}
\]  \hspace{1cm} (1)

예를 들어 Cm=4, Rm=4, Lm=3인 노드들의 네트워크 구조는 [그림 4]와 같이 나타날 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


<table>
<thead>
<tr>
<th>Max Children</th>
<th>Max Routers</th>
<th>Max Depth</th>
<th>Max Nodes</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>20</td>
<td>6</td>
<td>5</td>
<td>31101</td>
</tr>
</tbody>
</table>

<table>
<thead>
<tr>
<th>Max Children</th>
<th>Max Routers</th>
<th>Max Depth</th>
<th>Max Nodes</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>20</td>
<td>6</td>
<td>6</td>
<td>186621</td>
</tr>
</tbody>
</table>

그림 5. Depth의 증가와 Node 수 변화

[표 2]에서 Max Nodes의 수가 186621로 16bit값을 넘어가 버리므로 이 네트워크를 재대로 구성할 수 없게 된다. 노드 수가 적은 소규모 네트워크에서 큰 장점이 없으나 100개 이상의 대규모 네트워크에서는 이러한 성능이 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 증가해서 있기 때문에 주변에 라우터가
2. 확장성을 위한 새로운 어드레스 방식 및 라우팅 방법

Zigbee의 어드레스 방식을 확장하여 Depth문제를 개
선하고 여러 PAN망을 하나의 네트워크로 동작할 수 있
는 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 ID와 End Address로 이루어지
며 End Address는 각 구역안의 노드들 간의 구별
을 위해서 사용되며 라우팅이 가능한 각 구역의
Main 노드는 0번으로 세팅이 된다. 따라서 기본적
으로 이 네트워크의 Address는 PAN ID로 구별할
한다.

(2) PAN ID 할당은 무모 노드에 의해서 자동으로도
설정이 가능하며 구역으로 나눌 시에 정적인 PAN
ID로 세팅 할 수 있다.

(3) 네트워크를 구성 할 때 Depth나 Router 수, 노드들
의 수 등의 파라미터에 제한이 없어야 한다.

(4) 정적인 PAN ID를 설정한 노드는 하나의 PAN 망
을 Cluster로 구성하여 독립적으로 동작할 수 있
다.

(5) 구역으로 나누지 않는 PAN ID로 설정한 경우 중
복으로 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 남린
다.

[그림 6]은 이러한 CTM으로 구성된 네트워크의 예를
보여준다.

2.2 네트워크 형성

네트워크를 형성하는 Join 과정은 다음과 같다.

(1) 여러 개의 노드가 있을 경우 우선 기존 노드가 주
위에 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 메시지를 가운데서 LQI(Link Quality
Indication) 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 동작인지 혹은 정적인 주소
(PAN ID)를 세팅할 것인지를 상위 노드에 알려
준다. 이때 최소 LQI 기준은 해당 전과 환경의 일
대일 통신상의 거리를 나타내며[10] 링크 에러인

(4) “Join Req”를 받은 상위노드는 해당되는 주소 (PAN ID)를 할당하여 하위 노드에게 “Join Resp” 를 보내어 동록이 성공적으로 되었음을 알려준다.

(5) 상위노드는 새로운 노드가 Join 되면 코디네이터로 하위 노드의 정보를 전달하는데 이때 라우팅 정보를 포함한다.


그림 8. 네트워크 형성 Flow Diagram


그림 9. J 노드에 대한 라우팅 정보 전달과정

표 3. [그림 9]에 대한 라우팅 테이블

<table>
<thead>
<tr>
<th>Node</th>
<th>Mac Address</th>
<th>Total Depth</th>
<th>Depth 1</th>
<th>Depth 2</th>
<th>Depth 3</th>
<th>Depth 4</th>
<th>Depth 5</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>A</td>
<td>0000ABCD0000000</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>B</td>
<td>0000ABCD000000001</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>C</td>
<td>0000ABCD000000002</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>D</td>
<td>0000ABCD000000003</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>E</td>
<td>0000ABCD000000004</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>F</td>
<td>0000ABCD000000005</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>G</td>
<td>0000ABCD000000006</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>3</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>H</td>
<td>0000ABCD000000007</td>
<td>4</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
<td>1</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>I</td>
<td>0000ABCD000000008</td>
<td>4</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
<td>2</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>J</td>
<td>0000ABCD000000009</td>
<td>5</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
<td>1</td>
</tr>
</tbody>
</table>
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 ID를 사용한다. 각 노드들은 자신의 어드레스(PAN ID)와 MAC을 가지고 있으며 부모 노드에 대한 어드레스 정보도 가지고 있다. 예를 들어 [그림 9]에서 노드 B에서 노드 E로 패킷을 보내고자 할 때는 자신의 노드 정보의 E의 MAC 정보를 이용하여 전송한다. 마찬가지로 E에서 B로 패킷을 보내고자 할 때는 B가 부모 노드이므로 B의 MAC 정보를 Destination Address로 설정하여 전송한다.

![그림 9. B와 E 노드 정보]

표 4. [그림 9]에서는 B와 E 노드 정보

<table>
<thead>
<tr>
<th>노드</th>
<th>부모 MAC</th>
<th>부모 어드레스</th>
<th>자식 노드 정보</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>B</td>
<td>MAC Coord</td>
<td>0 (MAC C, 1), (MAC D, 2), (MAC E, 3)</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>E</td>
<td>MAC B</td>
<td>2 (MAC F, 1), (MAC G, 2)</td>
<td></td>
</tr>
</tbody>
</table>


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 테이블을 가지 않기 때문에 라우팅 테이블로 인한 비용 증가가 발생하지 않는다.

표 5. 전송 패킷 정보

<table>
<thead>
<tr>
<th>경로</th>
<th>Destination</th>
<th>Source</th>
<th>Path size</th>
<th>Path</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Coord→B</td>
<td>MAC B</td>
<td>0</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>B→E</td>
<td>MAC E</td>
<td>2</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>E→G</td>
<td>MAC G</td>
<td>3</td>
<td>2</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>G→H</td>
<td>MAC H</td>
<td>2</td>
<td>1</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>H→J</td>
<td>MAC J</td>
<td>1</td>
<td></td>
<td>0</td>
</tr>
</tbody>
</table>

2.3 독립된 구역 나누기

CTM에서 독립된 구역을 나눌 때 구역간은 PAN ID로 구역 안의 디바이스들은 EndAddress로 구별을 한다. 구역을 나누기 위해서 정적 어드레스를 이용하는데 정적 어드레스는 자동 어드레스와 영역을 다르게 한다. 예를 들어 0x0001 ~ 0x0100 가지로 자동으로 0x0101 ~ 0xFFFE 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 네트워크로 구성이 가능하다. 정적 어드레스는 주위에 중복되는 정적 인 어드레스가 존재하지 않아야하며 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 가지는다. 이를 이용하여 PAN ID가 같다면 다른 프로토콜 로드 서로 간에 통신을 가능하게 만들 수 있다. 예를 들어 Star방식 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


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


표 6. Router 수와 Depth가 11일 때 Cskip(d)값

<table>
<thead>
<tr>
<th>d (Depth)</th>
<th>Cskip(d)</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>0</td>
<td>28531167061</td>
</tr>
<tr>
<td>1</td>
<td>2593742460</td>
</tr>
<tr>
<td>2</td>
<td>235794769</td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>21435888</td>
</tr>
<tr>
<td>4</td>
<td>1948717</td>
</tr>
<tr>
<td>5</td>
<td>177156</td>
</tr>
<tr>
<td>6</td>
<td>16105</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>1464</td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>133</td>
</tr>
<tr>
<td>9</td>
<td>12</td>
</tr>
<tr>
<td>10</td>
<td>1</td>
</tr>
<tr>
<td>11</td>
<td>0</td>
</tr>
</tbody>
</table>
2. 실증 시험

2.1 대형 건축물 점진 관리 시스템 구축

대형 건축물의 점진 관리를 무선 통신으로 재현하는 시스템을 CTM 방법으로 구현하였다. [그림 15]과 같이 각 방은 하나의 방으로 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 설정이나 시간 스케줄을 통하여 제어한 다.

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 구성한 다.

2.3 설치 및 운영 상황

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

V. 결론

zigbee는 USN에 있어서 가장 널리 쓰이는 무선 통신 프로토콜 중 하나이다. 하지만 Zigbee를 이용하여 건물 및 별장 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 증
으로 증가하기 때문에 16Bit의 주소 체계로는 대규모 네트워크를 구성하기가 힘들다. 또한 하나의 PAN ID에 서 동작하지만 여러 PAN을 하나의 네트워크로 묶어서 구성하는 것인 또한 여러가. 본 논문에서는 이러한 DAA의 문제점을 보완하고 여러 PAN망을 하나의 네트워크로 구성할 수 있는 새로운 어드레스 방식인 CTM를 제안하였다. CTM은 코디네이터에서 모든 노드의 라우팅 데이터를 관리할 때 각각의 노드들이 처음 접속 할 때 코디네이터로 라우팅 PATH를 전송을 한다. 각각의 PATH는 각 노드들의 자신 노드들의 대상 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. 수집되 업 PAN ID에서는 각각의 구역에 대해서 독립적으로도 전송이 가능하며 코디네이터와의 통신 또한 가능하다. 이를 실용을 통하여 동작을 확인하였고 대형 건축물 전전 관리 시스템이라는 실질 사례를 통하여 확장성 있는 USN 방을 구현할 수 있음을 보였다.

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


저자 소개
최성철(Sung-Chul Choi) 
준회원
• 2006년 2월 : 경북대학교 전자전기공학과
• 2006년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 유퀼리터스 바이오정보기술 연구센터 센터장, 충북대학교 전과공학계(서울본성)
정 우 정(Woo-Jeong Jeong)  준장
- 2007년 2월 : 연세대학교 기계전자공학부 졸업(공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 총력대학 정보기술 연구센터 원장, 총력대학 정보산업공학과 석사과정

김 재호(Tae-Ho Kim)  정확원
- 2004년 2월 : 충주대학교 제어계측 과학과 졸업(공학사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 제어계측 공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 2005년 12월 ~ 현재 : 총력대학 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 연구원, 연구원

김 중현(Jong-Heon Kim)  정확원
- 1997년 2월 : 충북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1999년 2월 : 충북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 충북대학교 대학원 전자공학과 박사 수료
- 2005년 1월 ~ 현재 : 총력대학 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 책임연구원

이인성(In-Sung Lee)  정확원
- 1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 1992년 12월 : 미국 Texas A&M Univ. 전자공학과 박사(Ph.D)
- 1986년 5월 ~ 1987년 7월 : 한국통신 연구개발단(전임연구원)
- 1993년 2월 ~ 1995년 9월 : 한국전자통신연구원 이동통신기술연구단(전임연구원)
- 1995년 9월 ~ 현재 : 총력대학 전기전자케뮤터공학부(교수)

정규석(Kyu-Seuck Jeong)  정확원
- 2003년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업(전공)
- 2003년 4월 ~ 2006년 9월 : 하이디스(LCD 제조 업체) 제작, MES 시스템 담당
- 2006년 10월 ~ 현재 : 총력대학 유비쿼터스 바이오 정보기술 연구센터 원장연구원
- 2008년 2월 ~ 현재 : 총력대학 정보통신공학과 석사과정(데이터베이스 & 네트워크)

"관심분야" : 데이터베이스, 무선 통신