韓國 컴퓨터情報學會 論文誌
第13卷 第2號, 2008. 3.

2008-13-2-3-5

홈 네트워킹을 위한 ZigBee 모듈의 구현에 관한 연구

황 일 규*, 백 진 욱**

A Study on Implementation of ZigBee Module for the Home Networking

Il-Kyu Hwang*, Jin-Wook Baek**

요 약

최근 많은 주목을 받고 있는 홈 네트워킹은 네트워크를 사용하여 댁내 기기를 원격으로 감시하고 제어할 수 있는 기술이다. 무선 홈 네트워킹 방식은 유선 방식과 비교하여 배선에 따른 비용과 노력이 들지 않아서 기존 주택에 용이하게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히, ZigBee 프로토콜을 사용한 홈 네트워킹은 저렴한 비용과 낮은 전력 등의 장점으로 매우 매력적인 무선 네트워킹 기술 중의 하나로 알려져 있다. 하지만, ZigBee 모듈을 구현하고 홈 네트워크를 구성하는데 있어서는 많은 실제적인 문제점이 존재하고 이들에 대한 적절한 해결책이 필요하다. 본 논문에서는 ZigBee 프로토콜을 구현하는 하드웨어와 소프트웨어 모듈의 실제적인 구조를 제안한다. 또한, ZigBee 네트워킹의 구현에 따른 문제점들을 소개하고, 다양한 통신 테스트를 통하여 이들 문제점을 해결하는 효과적인 해결책을 기술한다.

Abstract

Home networking has been noticed as a key technology for the home automation because it is possible to remotely monitor and control the in-house appliances and devices through the network. Wireless home networking method is easily applied to the conventional houses compared to the wired home networking method because of low cost and small effort due to no extra wired works. Especially, home networking using the ZigBee protocol is one of the most attractive technologies in the wireless networking area because of its low cost and low power consumption characteristics. However, there are a lot of practical problems to be solved in implementing the ZigBee module and constructing the wireless network. In this paper, one of the practical structures of the hardware and software modules for implementing the ZigBee protocol is proposed. Moreover, problems in constructing the home networking with the proposed ZigBee module are introduced, and the effective solutions to solve these problems are described through various tests.

▸ Keyword : ZigBee 모듈(Module), 홈 네트워킹(Home Networking), 통신 프로토콜 (Communication Protocol)

• 제1저자 : 황일규 교신저자 : 백진욱
• 접수일 : 2008. 3. 3, 심사일 : 2008. 3. 7, 심사완료일 : 2008. 3. 11.
*동양공업전문대학 부교수 **안산1대학 부교수
※본 논문은 2006년도 동양공업전문대학 학술연구지원사업과 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행되었음.

Ⅰ. 서 론

최근, 홈 네트워크(Home Network)에 대한 학계와 기업들의 관심이 매우 높아지고 있다. 개인용 컴퓨터 기술, 인터넷, 통신 기술, 그리고 전자 제품의 급속하고 눈부신 발전은 주택과 아파트와 같은 주거 환경 내에서 전자제품들 간의 네트워킹(Networking)을 가능하게 만들었다. 앞으로 정보 통신 기술의 발전은 홈 네트워크가 신뢰성 있고 지능화된 형태로 나아가게 될 것이다.

홈 네트워크는 주택이나 아파트에서 전자 제품들을 가지고 구성된 지역(Local) 네트워크이다. 홈 네트워크를 구축하는 방법으로 크게 두 가지가 있다. 첫 번째 네트워킹 방법은 유선을 사용하여 홈 네트워크를 구축하는 유선 방법이다. 두 번째는 무선으로 홈 네트워크를 구축하는 홈 네트워킹 방법이다. 유선 방법은 주로 이더넷(Ethernet), 전화선, 동축 케이블, 그리고 전력선들을 사용하여 홈 네트워크를 구축하는 것이다[1].

유선 홈 네트워킹 방법은 다양한 유선을 사용하여 배선하는 절차가 있어서, 무선으로 홈 네트워킹을 구성하는 방법에 비해서 비용과 확장성 면에서 단점을 가지고 있다. 특히, 새로운 아파트나 건물이 아닌 기존 주택에서 홈 네트워킹을 구축할 경우에는 무선으로 홈 네트워킹을 구성하는 것이 매우 용이하다[2].

무선 홈 네트워킹을 위한 표준들이 많이 있지만, 최근에 ZigBee 무선 기술은 기존의 블루투스(Bluetooth) 등보다 저렴하고 낮은 전력으로 인하여 매우 매력적으로 받아들여지고 있다. 따라서 홈 네트워킹 구축을 위한 ZigBee 무선 기술에 대한 연구가 필요하다. 가정에서 ZigBee 기반의 네트워킹을 구축하는 데 필요한 가장 핵심적인 기술 중의 하나가 무선 통신 모듈의 개발이다. 이전의 연구 결과[3-4]에서 우리는 실제 ZigBee 모듈(Module)의 구현에는 그 자체 개발도 중요하지만, 적절한 안테나와 출력의 설정, 안테나에 따른 통신 거리의 변화, 그리고 다수의 노드로 네트워크를 구성할 경우의 문제점 파악 등과 같은 실제적인 문제들이 있다는 것을 파악하였다.

본 논문에서는 홈 네트워킹에 실제적으로 사용하기위한 ZigBee 무선 통신 모듈(Module)을 개발하고, 홈 네트워크를 구성할 때의 실제적인 문제점을 도출하고 그 해결책을 제안하고 있다. 개발된 ZigBee 모듈은 홈 네트워킹을 사용하는 실생활의 다양한 응용 시스템에 제공할 수 있다.

논문의 나머지 구조는 다음과 같다. 2장에서는 홈 네트워킹과 ZigBee 무선 통신 표준에 대한 관련 연구들을 기술하였다. 3장에서는 ZigBee 모듈의 설계 및 구현을 보여주고, 4장에서는 개발된 모듈의 효용성을 위하여 ZigBee 모듈을 테스트하고 그 결과를 제시하였다. 다음으로 5장에서 ZigBee 모듈의 응용을 기술하고, 마지막으로 6장에서 결론과 향후 과제에 대해서 토의하였다.

Ⅱ. 관련 연구

이 장에서는 본 연구와 관련된 기존의 연구 내용들에 대해서 소개한다. 먼저, 홈 네트워킹에 대해서 설명하고, 다음으로, ZigBee 통신 프로토콜(Protocol)에 대한 과거의 연구들에 대해서 간략하게 언급한다.

2.1 홈 네트워킹

홈 네트워크는 주택이나 아파트 등에 적합한 지역 네트워크로서 주택이나 아파트 내에 있는 여러 개의 전기전자 기기들을 연결하는 데 사용된다. 이 네트워크는 광대역 모뎀(Broadband Modem), 라우터(Router), 개인용 컴퓨터들, 무선 접근 지점(Wireless Access Point), 그리고 다른 전자 제품들로 구성된다[1].

최근에 인터넷과 같은 외부 네트워크를 통하여 사용자들이 전자 제품들을 원격 감시와 제어를 할 수 있어서 홈 네트워킹은 매우 편리한 시스템으로 각광을 받고 있다. 따라서 홈 네트워크에 대한 연구 및 개발은 현재 기업과 학계에서 많은 관심을 받고 있고, 그에 대한 투자 또한 점차 증대되고 있다. 전자 제품들을 홈 네트워크로 연결하면 다양하고 유용한 응용분야에 사용할 수 있는 데, 그들 중에서 오락, 통신, 자동 시스템, 그리고 원격 감시와 제어 시스템들에 활발하게 적용되고 있다. 개인용 컴퓨터, 인터넷, 그리고 통신 기술 등의 급속적인 발전으로 홈 네트워킹의 기술과 시장의 규모가 앞으로 급증할 것을 예측할 수 있다.

하지만, 아직까지 홈 네트워크의 시장은 초기 단계이며, 상용 홈 네트워크 상품이 많지 않기에 실용적인 홈 네트워크 상품들이 많이 연구되고 개발되어야 한다[2][5].

2.2 ZigBee 통신 프로토콜

홈 네트워킹 시스템을 구현하기 위한 방법으로 유선과 무선을 이용한 두 가지의 방법이 있다. 이더넷, PLN(Power Line Network), 그리고 HPNA(Home Phoneline Networking Alliance) 등의 유선을 이용한 방법은 배선에

따른 비용이 매우 크며, 특히 기존 주택의 경우에는 그 설치가 매우 어렵다. 따라서 유선을 이용한 방법과 비교하여 무선을 이용한 방법은 융통성과 확장성의 측면에서 매우 많은 장점을 가지고 있다. 특히, 무선 방법은 추가적인 배선 작업이 요구되지 않기 때문에, 가정 내의 홈 네트워크를 구축하는 작업이 유선에 비해서 더 용이하다[6].

홈 네트워킹을 위한 무선 방법으로 블루투스, Ultra Broadband(UWB), 그리고 무선 이더넷 등이 있지만, IEEE 802.15.4 표준 명세서(Specification)[7]-[8]를 기반으로 하고 있는 무선 네트워크 프로토콜인 ZigBee는 개방형 표준, 저렴한 비용, 그리고 낮은 전력으로 인하여 매우 매력적인 기술 중의 하나로 평가받고 있다[9]-[13]. 그러므로 다른 무선 기술과 비교하여 ZigBee 프로토콜은 낮은 전력과 낮은 데이터 전송률이 요구되는 시스템 환경에서 매우 적합하다[10]. 따라서 ZigBee를 이용한 여러 분야의 연구들이 국내외에서 다양하게 시도되어 왔다. 그 중에는 라우팅 및 키 분배 프로토콜, 보안 플랫폼 등 시스템에 관련된 연구와 홈 및 빌딩 자동화, 교통 제어와 관리, 산업 제어와 감시, 환경 분야, 의료 분야 등의 응용에 대한 연구들이 포함된다[14]-[18]. 앞으로는 무선 네트워크 관련 제품들의 가격이 더욱 저렴해지면 새로운 응용 분야들이 다양하게 시장을 형성할 것으로 예상된다[19][20].

III. ZigBee 모듈의 설계 및 구현

3.1 시스템 구조 및 개발 절차

본 논문에서 ZigBee를 구현하기 위해 설계한 모듈의 하드웨어 구조는 그림 1에서 보여지는 바와 같이 무선 통신을 위한 안테나가 ZigBee 통신을 가능하게 하는 RF (Radio Frequency) Transceiver와 연결되어 있으며, 실제 네트워크를 구성하고 다른 구성 요소를 제어하며 모듈을 운용하는 프로그램을 내장하는 Microprocessor, 그리고 모듈의 여러 특성들을 저장하기 위한 32kByte의 외부 RAM으로 이루어져 있다. Microprocessor는 프로그램 메모리를 내장한 타입으로 이 프로그램 메모리에 ZigBee를 구현하기 위한 소프트웨어가 구현되어 있다. RF Transceiver와 Microprocessor의 인터페이스(Interface)는 데이터 교환을 위해 4Wire SPI (Serial Peripheral Interface)를 사용하고, RF Transceiver의 상태 확인을 위해 4개의 범용 입출력 단자(GIO)를 사용하였다. RAM은 데이터 메모리로 32kByte SRAM을 사용하였다. 소프트웨어는 ZigBee 스택과 애플리케이션(Application)으로 이루어져 있으며 Microprocessor 내부의 프로그램 메모리에 구현되어 있다. ZigBee 스택은 ZigBee Version 1.0을 따르고 있다. 그림 2는 이와 같은 방법으로 본 연구를 통하여 독자적으로 설계되고 구현된 ZigBee 모듈을 보여주고 있다.

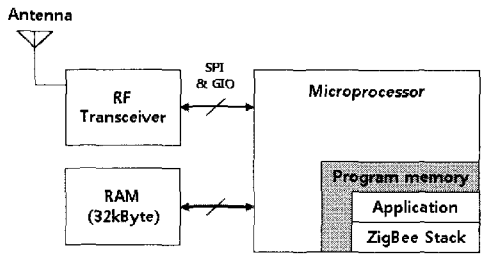

그림 1. 시스템 구조
Fig 1. System Architecture

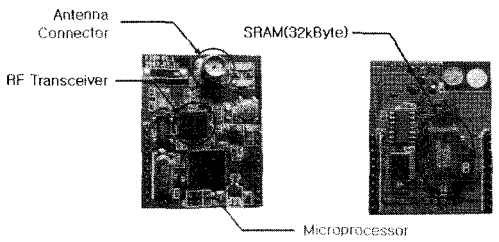

그림 2. ZigBee 모듈
Fig 2. ZigBee Module

3.2 ZigBee 모듈용 하드웨어

RF Transceiver는 Chipcon사의 CC2420을 사용하였다. CC2420은 2.4㎓ 대역의 광대역 모뎀을 가지고 있는 RF Transceiver로 IEEE802.15.4의 PHY Layer와 MAC Layer를 지원한다. 그림 3은 RF Transceiver(CC2420)과 MCU의 interface 예로 4Wire SPI(Serial Peripheral Interface)와 4개의 GIO 핀(Pin)을 사용한다.

송수신 데이터의 입출력은 SPI를 통해 이루어지며 GIO들은 CC2420의 상태를 확인하기 위한 핀들이다. FIFO는 RX FIFO에 1Byte 이상의 데이터가 있을 경우 High 상태가 되었다가 RX FIFO가 비게 되면 Low 상태로 반전된다. FIFO는 RX FIFO에 읽지 않은 데이터가 미리 설정된 값(Threshold)를 초과할 경우 High 상태로 된다. CCA는 채널이 비어 있을 경우 High 상태가 되며 SFD는 프레임의 시작을 알리는 신호로 사용된다.

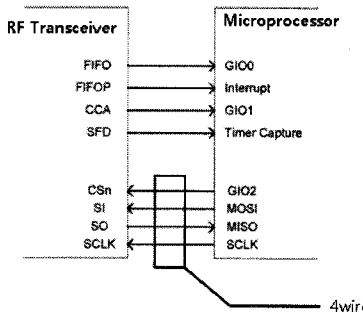

그림 3. RF Transceiver와 Microprocessor의 인터페이스
Fig 3. Interface of the RF Transceiver with the Microprocessor

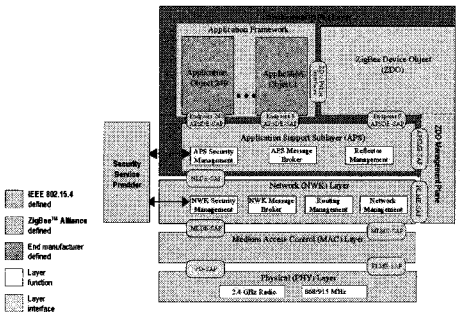

그림 4. ZigBee 스택 구조
Fig 4. ZigBee Stack Architecture

Microprocessor는 RF Transceiver를 제어하고, ZigBee의 Application Layer, Network Layer, MAC Layer를 소프트웨어적으로 구현하기 위한 컨트롤러(Controller)로서 본 논문에서는 Atmel사의 Atmega128L을 사용하였다.

RAM은 데이터 메모리로 32kByte SRAM을 사용하였다. ZigBee 장치가 코디네이터 또는 라우터로 동작할 경우 라우팅(Routing) 알고리즘으로 인해 End Device에 비해 많은 데이터 메모리를 필요로 하여 Microprocessor (Atmega128L) 내부의 데이터 메모리(4kByte)를 초과하였다. 이 문제를 해결하기 위해 Microprocessor 외부에 32kByte SRAM을 추가하였다.

3.3 ZigBee 스택과 Network 구성

ZigBee 스택의 구조는 블록화된 계층들로 이루어져 있다. 각 계층들은 데이터 개체(Entity), 데이터 전송 서비스, 관리 개체를 제공하고, 기타 서비스들을 수행한다. 각 계층들은 SAP(Service Access Point)를 통해 상위 계층과 정보를 교환하고, 각 SAP는 필요한 기능을 달성하기 위한 서비스 Primitive의 번호를 지원한다. ZigBee 스택은 OSI 7 계층 모델을 기반으로 하고 있으나, 시장에서 필요로 하는 기능을 수행하는데 관련성이 높은 계층 기능에 대해서만 정의되어 있다. ZigBee 스택은 하위 두 계층인 Physical(PHY) 계층과 Medium Access Control(MAC) 계층은 IEEE 802.15.4 - 2003 규격을 따르고 있다. ZigBee 스택은 PHY 계층과 MAC 계층 위에 Network(NWK) 계층과 Application Layer(APL)로 이루어져 있다. APL은 Application Framework(AF), Application Support(APS) sub-layer, ZigBee Device Objects(ZDO), 제조업체가 정의하는 Application Object를 포함한다. 그림 4는 ZigBee 스택 구조를 보여주고 있다.

ZigBee 스택의 네트워크 형태(Topology)는 Star, Tree, Mesh 세 가지로 애플리케이션에 따라 적합한 형태가 선택적으로 사용될 수 있다. 예를 들어 PC와 주변기기의 연결과 같이 단순한 어플리케이션에는 Star 형태가 적합하나, 지능화된 빌딩 시스템이나 센서(Sensor) 네트워크와 같이 복잡한 애플리케이션에는 Tree 또는 Mesh 형태의 네트워크 구성이 적합하다.

ZigBee 네트워크는 반드시 하나의 코디네이터를 갖는데 최초 네트워크의 구성은 이 코디네이터에 의해 이루어진다. ZigBee 장치는 전원이 인가되면 주위의 접속 가능한 장치를 찾기 위해 Beacon을 요청한다. 주위의 장치들은 Beacon을 전송하는데 이 Beacon에는 접속 가능 여부가 포함되어 있다. Beacon을 수신한 장치는 주위의 접속 가능한 장치들 중 Link Quality Indication(LQI) 값이 가장 큰 장치에 자식 노드(Node)로 접속된다. ZigBee 장치는 ZigBee 네트워크에 참여하기 전에는 물리적인 64bit 어드레스를 이용하여 통신하나 네트워크에 참여한 후에는 부모 노드에 의해 할당 받은 16bit 네트워크 어드레스를 이용하여 통신한다. 네트워크 주소는 네트워크 내에서 유일하다. 네트워크 주소의 할당은 분산 주소 할당 방식(Distributed Address Assignment)으로 이루어진다.

ZigBee 라우터의 최대 자식 노드 수를 Cm, 부모 노드의 최대 자식 라우터 수를 Rm, 네트워크의 깊이(Depth)를 Lm이라 할 때 부모 노드가 갖는 자식 노드의 주소 공간(Pool)인 Cskip은

$$Cskip(d) = \begin{cases} 1 + Cm \times (Lm - d - 1), & \text{if } Rm = 1 \quad \cdots\cdots\text{(a)} \\ \dfrac{1 + Cm - Rm - Cm \times Rm^{Lm-d-1}}{1 - Rm}, & \text{Otherwise} \quad \cdots\cdots\text{(b)} \end{cases}$$

와 같이 계산된다. 여기서 d는 부모 노드의 깊이이다. 깊이는 d이고, 네트워크 주소가 Ap인 노드의 n번째 자식 라우터의 네트워크 주소는 다음과 같다.

$$Ap + (n-1) \times Cskip(d) + 1$$

깊이가 d이고, 네트워크 주소가 Ap인 노드의 n번째 End Device의 네트워크 주소는 다음과 같다.

$$Ap + Rm \times Cskip(d) + n$$

IV. ZigBee 모듈의 통신 거리 테스트

4.1 측정 조건 및 방법

ZigBee로 Network화하기 위해서는 ZigBee 모듈의 통신 거리와 노드 간격에 따른 수신율을 사전에 알아야 하므로, 안테나 종류 및 송신 출력에 따른 통신 거리를 측정하여 검증할 필요가 있다. 본 연구에서의 측정 환경은 직선상으로 도달이 가능한 눈으로 볼 수 있는 거리를 기준으로 하였다.

그림 5와 같이 ZigBee 모듈을 1M 높이의 받침대 위에 올려놓은 상태에서 거리 L을 증감하여가며 장치가 송신한 데이터를 코디네이터로 수신하여 거리에 따른 수신율을 측정하였다. 측정의 신뢰도를 높이기 위해 10개의 장치를 각각 10회 반복 측정하였다.

4.2 안테나에 따른 통신 거리

그림 6은 송신 출력이 0dBm일 때 안테나에 따른 ZigBee 모듈의 통신 거리 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 측정에 사용한 안테나는 3dBi LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) Chip 안테나와 1/4λ Vertical 안테나로 송수신 모두 3dBi LTCC Chip 안테나를 사용한 경우와 송신측에 1/4λ Vertical 안테나를 사용하고 수신측에 3dBi LTCC Chip 안테나를 사용한 경우, 송수신 모두 1/4λ Vertical 안테나를 사용한 경우를 비교 측정하였다.

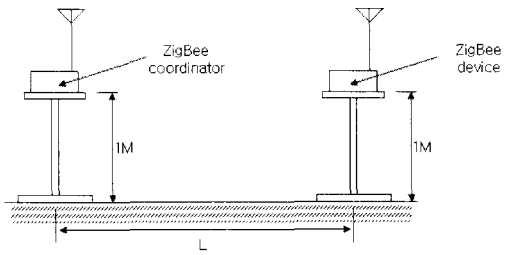

그림 5. LOS(Line of Sight) 환경에서의 통신거리 측정
Fig 5. Estimation of Communication Distance in LOS Environments

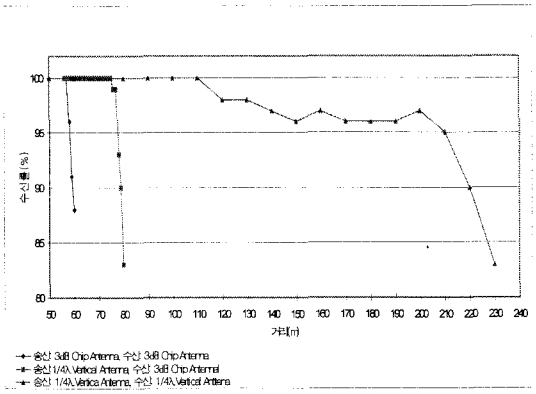

그림 6. 안테나에 따른 ZigBee 모듈의 통신 거리(출력: 0dBm 기준)
Fig 6. Communication Distance of ZigBee Module to Antennas(Power: 0dBm)

그림 6의 그래프를 살펴보면 송신 출력이 동일하더라도 사용 안테나에 따라 동일한 수신율을 보이는 거리 차가 매우 큼을 알 수 있다. 또한 수신 측에 Chip 안테나를 사용하였을 경우 거리에 따라 수신율이 급격하게 하락하고 있다. 이러한 특징은 중계기의 안테나 종류에 따라 네트워크 범위가 달라질 수 있음을 의미한다. 만일 좁은 범위의 네트워크를 구성해야 할 경우 Chip 안테나가 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 반대로 넓은 범위의 네트워크가 필요할 경우에는 1/4λ Vertical 안테나가 더 적합하다고 할 수 있다. 그러나 이때는 수신율의 완만한 하락으로 근접 네트워크와의 간섭이 우려된다.

4.3 송신 출력에 따른 통신 거리

그림 7은 송수신 모두 3dBi Chip 안테나를 사용했을 때 송신출력에 따른 ZigBee 모듈의 통신 거리 측정 결과를 나타낸 그래프다.

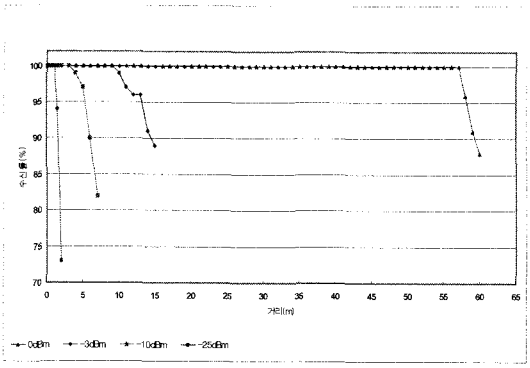

그림 7. 출력에 따른 ZigBee 모듈의 통신 거리(안테나: 3dBi Chip - 3dBi Chip)
Fig 7. Communication Distance of ZigBee Module to Power(Antenna: 3dBi Chip - 3dBi Chip)

그림 7의 그래프 상에서 송신 출력의 변화에 따른 통신거리의 변화는 정비례하지 않음을 알 수 있다. 때문에 송신 출력에 의한 통신 거리의 조정은 용이하지 않으며 RF Transceiver(CC2420)의 송신출력에 따른 소비전류의 차가 최대 8.9㎃(0dBm: 17.4㎃, -25dBm: 8.5㎃)에 불과하고, ZigBee 통신의 특성상 데이터 전송이 빈번하지 않으므로 전력절감 효과도 미미하다. 따라서 통신거리의 조정은 송신 출력을 조정하는 것보다 송신 출력은 최대인 0dBm으로 고정하고, 안테나 종류와 안테나 이득을 조정하여 통신 거리를 조정하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

V. ZigBee 모듈의 테스트 및 운용

5.1 테스트 조건 및 방법

본 연구에서 설계한 ZigBee 모듈로 센서 네트워크를 구성하여 실내에서 운용하였다. 네트워크는 자식 노드의 수를 최대 15개, 자식 노드 중 라우터의 역할을 할 수 있는 최대 노드수를 15개, 네트워크 깊이는 4로 Mesh 토폴로지 형태로 구성하였다. 코디네이터(Coordinator)를 제외한 네트워크 내의 나머지 노드 수는 100개로 모두 라우터로 동작시켰다.

운용 방법은 각 노드가 네트워크에 최초 접속 시 코디네이터로 특정 데이터를 전송하고, 이 후 10분 간격으로 코디네이터에서 모든 노드들을 순차적으로 호출하고, 그에 대한 응답을 확인하는 방식으로 시행하였다.

5.2 운용 결과

네트워크 구성 시 동시에 전원이 인가되는 노드의 수가 20개를 초과할 경우 각 노드들이 네트워크에 참여하는 조합(Association) 과정에서 발생하는 과도한 트래픽(Traffic)으로 인해 접속이 불가능한 문제가 발생하여 노드의 전원을 앞선 노드의 조합 완료 후 한 개씩 순차적으로 인가하여야 하였다.

표 1. ZigBee 모듈의 인식률 테스트(안테나: 3dBi LTCC Chip - 3dBi LTCC Chip, 출력: 0dBm)
Table 1. Distance Test of the ZigBee Module(Antenna: 3dBi LTCC Chip - 3dBi LTCC Chip, Power: 0dBm)

거리(M)	인식률(%)
57	100
58	96
59	91
60	88

거리별 인식률 테스트의 결과가 표 1에 나타나 있다. 표에서 보듯이 0 dBm의 출력에서 3dBi LTCC Chip 안테나를 사용하였을 경우 57M를 넘어서면서 부터 인식률이 낮아지기 시작하였다. 따라서 이러한 주어진 조건하에서의 인식률 결과를 이용하여 무선 네트워크의 범위를 응용 환경에 맞게 조절할 수 있다.

또한 노드의 네트워크 깊이가 증가함에 따라 전송시간이 지연되어 말단 노드의 경우 응답까지 십여 초의 시간이 필요한 경우도 발생하였다. 경로 탐색의 문제로 한 번의 데이터 전송에 서너 차례의 시도가 필요하기도 하였으나 경로 탐색에 성공한 후에는 원활한 통신이 이루어졌다.

VI. 결론

측정 결과들에 의하면 같은 거리라도 안테나의 종류와 송신 출력에 따라 수신율이 큰 차이를 보인다. 따라서 송신 출력과 안테나의 선정은 필요한 네트워크 범위에 따라 신중을 기해 결정되어야 할 사항이다. 실제 응용에 있어 코디네이터로부터 어느 정도의 물리적 거리 내의 노드들을 동일한 네트워크로 묶을 것인가는 노드들의 용도, 주위 환경 등에 의해 달라지며 주변의 다른 네트워크와의 간섭 또한 고려되어야 한다.

안테나 취부 문제와 지향성도 고려하여야 한다. 예를 들어, 외형 크기가 제한될 수밖에 없는 경우에는 PCB 생산 공정을

기반으로 만든 Chip 안테나가 바람직하다. 그러나 노드의 외측 부분이 고주파가 잘 통과되지 못하는 재질의 금속일 경우 안테나가 차폐되어 통신에 장애가 발생할 수 있으므로 안테나 부근은 고주파가 잘 투과되는 재질을 사용하거나 Helical 안테나나 Dipole 안테나 등을 외부에 장착하여 사용하여야 한다. 안테나의 지향성은 노드의 성격에 따라 결정되어야 한다. 대체로 무지향성 안테나가 유용하나 전파의 방향을 제한하여야 하는 경우나 작은 송신 출력으로 원거리 통신을 하여야 하는 경우에는 지향성 안테나가 유용하다.

ZigBee 네트워크의 구성에 있어서는 이론상 65,000개 이상의 노드가 접속 가능하나 응용 예에서 보았듯이 실제 운용에 있어서는 노드들의 동시 접속문제, 경로탐색 과정으로 인한 전송 지연, ZigBee 모듈의 자원 등을 고려하여 노드 수를 수십 개로 제한할 필요가 있다. 대규모의 네트워크가 필요한 경우에는 작은 규모의 네트워크를 여러 개 구성하고, 각 네트워크를 상위 시스템에서 통합하는 것이 바람직하다.

참고문헌

[1] S. Conner and R. Gryder, "Building a wireless world with mesh networking technology," Technology@Intel Magazine, November 2003.

[2] N. Kokkos, A. Floros, N. Tatlas, and J. Mourjopoulos, "A paradigm for wireless digital audio home entertainment," Audio Engineering Society 120th Convention, Paris, May 2006.

[3] 황일규, 양방향성 무선 태그 도어락, 대한민국특허청 등록번호 10-0797595, 2006년 11월 4일.

[4] Il-Kyu Hwang and Jin-Wook Baek, "Wireless Access Monitoring and Control System based on Digital Door Lock, IEEE Transactions on Consumer Electronics," vol. no. , pp. -,2007.

[5] T.B. Zahariadis and A.K. Sakintzis, "Introduction to special feature on wireless home networks," ACM Mobile Computing and Communications Review, vol. 7, no. 2, April 2003.

[6] J. Choi, B. Ahn, Y. Cha, and T. Kuc, "Remote-controlled Home Robot Server with Zigbee Sensor Network," SCIE - ICASE International Joint Conference, pp. 3739-3743, October 2006.

[7] ZigBee Alliance, ZigBee Specification, ZigBee Document 053474r06 Version 1.0, April 2004.

[8] L. Zheng, "ZigBee wireless sensor network in industrial Applications", SICE-ICASE International Joint Conference, pp. 1067-1070, October 2006.

[9] A. Wheeler, "Commercial applications of wireless sensor networks using, ZigBee," IEEE Communications Magazine, pp. 70-77, April 2007.

[10] N. Baker, "Bluetooth strengths and weaknesses for industrial applications," IEE Computing & Control Engineering, pp. 21-25, April 2006.

[11] I. Poole, "What exactly is ZigBee?," Communications Engineer, vol. 2, no. 4, pp. 44-45, August 2004.

[12] J. Jonn and S. Gong, "ZigBee-ready modules for sensor networking," Proceedings of Workshop on Real-World Wireless Sensor Networks, Stockholm, Sweden, pp. 103-104, June 2005.

[13] D. Egan, "The emergence of ZigBee in building automation and industrial control," Computing & Control Engineering Journal, vol. 16, no. 2, pp. 14-19, June 2005.

[14] 조원근, 유대훈, 최웅철, 이승형, 정광수, "센서 네트워크를 위한 ZigBee 네트워크 프로토콜", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, vol. 33, no. 1, 2006.

[15] 한재홍, 김상진, 오희국, "ZigBee 네트워크에서 효율적인 키 분배 프로토콜", 한국정보처리학회 학술대회지, pp. 993-996, 2007.

[16] 고형준, 박채민, 류대현, 이상진, "Zigbee 기반의 홈네트워크 기기 보안을 위한 플랫폼 개발", 한국정보보호학회 학술대회지, pp. 265-268, 2006.

[17] 장한식, 이상도, "ZigBee 기술을 이용한 디지털 홈 네트워킹", 한국통신학회지, vol. 22, no. 11, pp. 50-62, 2005.

[18] 강성인, 김관형, "ZigBee를 이용한 휴대용 헬스케어 시스템 구현에 관현 연구", 한국해양정보통신학회논문지, vol. 11, no. 9, pp.1798-1798, 2007.

[19] W. P. Kluge, "A fully integrated 2.4-GHz IEEE 802.15.4-compliant transceiver for ZigBeeTM applications", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 41, no. 12, pp. 2767-2775, December 2006.

[20] K. Sangani, "Home automation - It's no place like home," Engineering & Technology, vol. 1, no. 9, pp. 46-48, December 2006.

저 자 소 개

황 일 규

2002년 2월 : University of Wisconsin-Milwaukee 기계공학박사

1994년 ~ 현재 : 동양공업전문대학 기계자동화공학부 교수

관심분야 : 홈 네트워킹, 자동화 시스템

백 진 욱

2006년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학박사

1998년 ~ 현재 : 안산1대학 인터넷 상거래과 교수

관심분야 : 분산 컴퓨팅, 에이전트 기술