

# 센서네트워크 확장을 위한 브리지 시스템

최병철\*, 류재홍\*, 윤미희\*\*, 김동원\*\*\*

\*한국전자통신연구원 융합기술연구부

\*\*충북도립대학 컴퓨터정보과

\*\*\*교신저자, 충북도립대학 전자정보계열

e-mail:{bcchoi,jhryu}@etri.re.kr, won@cpu.ac.kr

## Bridge System for Sensor Network Expansion

Byeong-cheol Choi\*, Jae-hong Ryu\*, Mihee Yoon\*\*, Dongwon Kim\*\*\*

\*Electronics and Telecommunication Research Institute

\*\*Dept. of Computer Information, Chungbuk Provincial University

\*\*\*Dept. of Electronics Information, Chungbuk Provincial University

### 요 약

브리지 시스템은 무선 연결이 도달하지 않는 PAN(Personal Area Network)으로 구성되는 센서 네트워크간에 브리지 기반 IP 네트워크를 통하여 PAN간 연결성을 제공한다. 브리지 시스템의 IP 연결(connectivity)은 센서 노드에 트랜스페어런트(transparent)하며, 둘 이상의 네트워크 사이의 통신을 지원하기 위하여 이중망간 트래픽에 대한 변환, 매핑, 변경 기능 등을 제공할 수 있다.

### 1. 서론

최근 무선통신 장치의 발달은 저가의 저전력 다기능의 센서노드 개발을 가능케 했다. 이러한 조그마한 센서노드는 센싱 데이터 수집, 처리, 통신 기능들로 구성된다.

센서 네트워크는 다수의 센서 노드들로 구성이 되고, 센서 노드들은 네트워크로 미리 구성되지 않아도 된다. 이러한 관점에서 센서 네트워크는 프로토콜과 알고리즘이 self-organizing 능력을 가져야 함을 의미한다. 또 다른 특징은 상호 협동적인 작업으로 센서네트워크가 이루어진다는 것이다. 센서 네트워크의 응용 상황에 따라서는 소규모에서부터 대규모의 영역을 커버할 수 있는 네트워크가 필요하며, 이러한 확장성 요구를 실현하고자 애드혹 네트워크, 메쉬네트워크, 클러스터 트리 등의 기술을 사용한다.

self-organizing 센서 네트워크 구성 모델을 보여주고 있다.

본 논문에서는 디바이스 간에 무선 연결이 도달하지 않아 Coordinator(혹은 ZigBee Router)의 역할에 의해 PAN(Personal Area Network)을 확장해 나갈 수 없는 상황이 발생할 경우, 이러한 분리된 PAN간을 IP 네트워크를 통하여 연결성을 제공할 수 있는 브리지 기반 센서 네트워크 확장 시스템을 제안하고 구현한다.

### 2. 브리지 기반 센서 네트워크 확장

브리지 시스템의 IP 연결성(connectivity)은 센서 노드에 트랜스페어런트(transparent)하며, 둘 이상의 네트워크 사이의 통신을 지원하기 위해 이중망간 트래픽을 변환하고 매핑, 변경하는 기능을 제공한다.

브리지 시스템은 IP 인터페이스와 무선 인터페이스 간에 데이터 전달 경로를 결정하는 라우팅 기능도 가진다. 하나의 논리적 PAN으로 구성되는 다수의 물리적 PAN에서의 각 브리지 시스템은 상호간 완전한 peer-to-peer 기반의 연결성을 가질 수 있으며 연결 구성에 따라 특정 브리지 시스템들 간의 통신도 가능하다.

또한 라우팅을 위하여 많은 홉 수가 요구되고 라우팅 경로가 복잡한 비교적 큰 하나의 PAN을 구성하는 센서 네트워크에서 다수의 브리지 시스템을 이용하여 센서 노드 간 데이터 전달 지연 시간을 줄이고 네트워크의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 그림 2는 브리지 기반 센서 네트워크 확장 망 구조도이다.

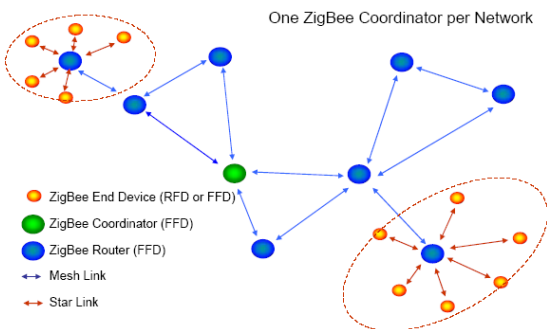


그림 1. ZigBee 센서 네트워크 모델

그림 1은 Network Coordinator, FFD(Full Function Device), RFD(Reduced Function Device) 들의 scalable

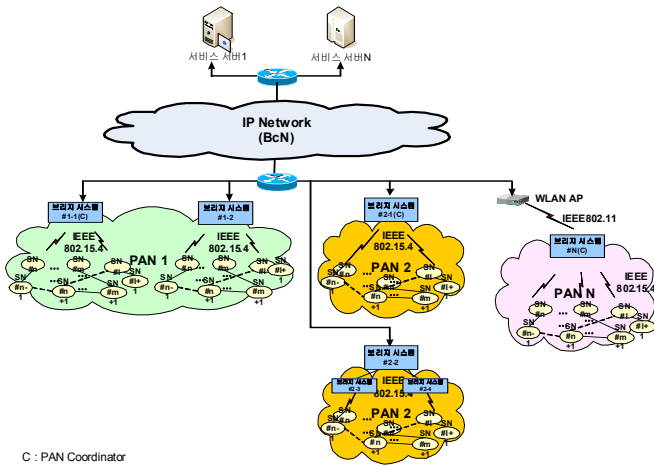


그림 2. 브리지 기반 센서 네트워크 확장 망 구조도

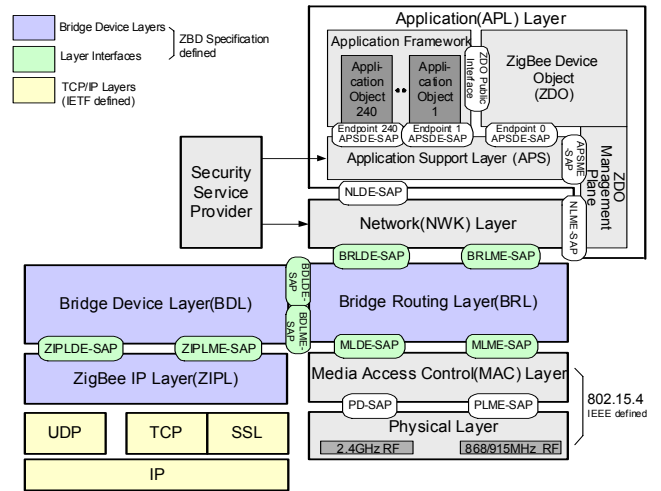


그림 3. 브리지 기반 센서 네트워크 시스템 프로토콜 구성도

### 3. 하드웨어 구성

브리지 시스템 하드웨어는 센서 네트워크에 적합한 저전력, 고성능 프로세서를 적용하였으며, 기존 IP망과의 접속 시 다양한 형태의 망접속 기능을 제공하여야 하므로 이더넷, WLAN, CDMA 등의 접속을 지원할 수 있도록 하였다. 또한 브리지 시스템은 센서 노드로 구성되는 센서 네트워크 정합을 위한 IEEE802.15.4 무선 규격을 만족하는 인터페이스를 제공하며 멀티 채널 통신이 가능한 구조를 가진다.

브리지 블록은 ZigBee 기반 무선 센서 네트워크의 센서 노드들과 2.4GHz ISM 대역을 통하여 250Kbps 속도로 센서 데이터 및 제어 데이터를 송수신하며, peer 브리지 블록 또는 상위 게이트웨이 블록과는 IP 프로토콜 연결을 통하여 데이터를 송수신한다.

한편 브리지 시스템은 비정상 상태 처리에서는 다음과 같은 처리 기능을 가진다.

- 정해진 최대 패킷 크기를 넘는 패킷은 폐기한다.
- 정해진 최소 패킷 크기보다 작은 패킷은 버린다.
- 입력 패킷의 헤더 바이트의 패리티 및 CRC검사를 수행하여 비정상이면 패킷을 폐기한다.

### 4. 소프트웨어 구성

본 절은 브리지 시스템의 사용자 요구사항으로부터 도출된 소프트웨어 관련 기능적 시스템 요구 사항에 대하여 기술하며, 그림 3은 ZigBee 규격을 따르는 브리지 기반 센서 네트워크 확장 시스템의 프로토콜 구성도를 나타내고 있다.

브리지 시스템은 IP 네트워크와 통신이 가능하여야 하며, IP 네트워크와의 통신을 위하여 브리지 시스템 표준 문서 (ZigBee Bridge Device Specification Draft, ZigBee Alliance)에 정의된 프로토콜을 탑재하여야 한다. 또한, 브리지 시스템은 센서 네트워크와의 통신이 가능해야 하며 센서 노드들과는 IEEE 802.15.4 기반으로 메시지를 송수신한다. 그리고 브리지 시스템은 센서네트워크 상호간의 연결성이 제공되어야 하며, 두 가지 이상의 망을 접속하므로 이를 위한 망 접속 기능을 지원하여야 한다. 이와 같은 기능을 수행하기 위하여 브리지 시스템은 그림 4와 같이 브리지 관리 제어 블록, 코어망 접속 블록(CNI), IP주소 등록 블록, ZigBee IP 처리 블록(BDL/ZIPL), 응용 블록, NWK 블록, BRL 블록, 802.15.4 MAC/PHY, 그리고 Table 구성된다.

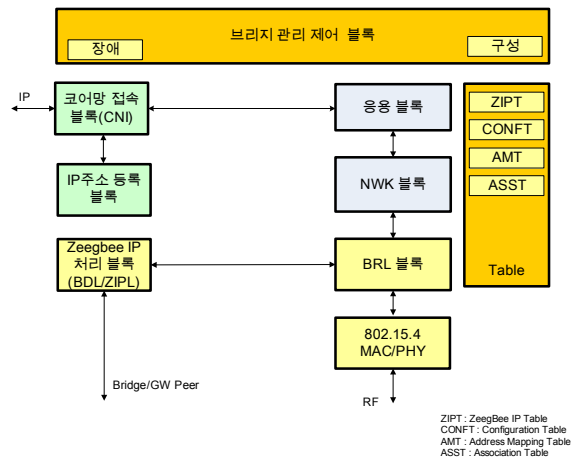


그림 4. 브리지 소프트웨어 기능 블록도

브리지 관리 제어 블록은 브리지 소프트웨어의 기능 통합을 수행하는 블록으로 브리지 시스템의 하드웨어 디바

이스의 초기화, 내부 기능 블록들의 활성화, 공유 테이블에 대한 구축 및 초기화 기능을 수행한다. 그리고 센서 네트워크 형상 변경에 따른 테이블 갱신 기능은 물론 각종 장애 처리 및 구성 관리 기능을 수행한다.

코어망 접속은 브리지 시스템이 게이트웨이로 사용될 경우 외부망 정합을 위한 것이다. 이 블록은 코어망을 통하여 다양한 관리 서버, 서비스 서버 등과 정해진 외부 정합 규격에 따라 통신 기능을 제공한다. 코어망 접속 블록은 IPv6망으로 접속되며 Zigbee프로토콜 스택의 응용 블록과 연동하며, IPv6의 주소체계를 이용하여 센서 네트워크의 노드가 가지는 고유값으로 변환하는 기능을 수행한다.

MAC/PHY블록은 MAC(Medium Access Control) 모듈과 PHY(Physical) 모듈로 구성되며 IEEE 802.15.4을 만족한다. 그리고 이 블록은 모든 Zigbee 모듈에 적용된다.

브리지 시스템의 IP처리 블록은 BDL 모듈과 ZIPL 모듈로 구성되며 ZigBee Bridge Device 규격을 만족한다. BDL 모듈은 BRL로부터 온 메시지를 포맷 및 인캡슐레이션하고 BRL로 나가는 메시지들을 디캡슐레이션하여 전달하는 기능을 수행한다. 이 모듈은 IP network 위에서 프레임들이 송수신할 수 있게 transport layer를 활용하며 ZigBee/802.15.4 pseudo MAC 프레임 생성, 802.15.4 pseudo MAC security 서비스, ZIPT 프로토콜을 통한 데이터 송수신 기능을 갖는다. ZIPL모듈은 IP 네트워크 상에서 ZigBee 프레임에 대한 전송과 다른 ZigBee 관련 IP 기능(discovery protocol, configuration protocol, IP gateway protocol) 을위해 사용되는 generic IP application 프로토콜이다. ZIPL는 브리지 시스템간 연결, 보안(security), 관리와 같은 기본 메커니즘을 제공하기 위해 IP네트워크를 통해 수행하기 위한 기능을 수행한다.

BRL 블록은 ZigBee 기본 표준 상의 상위 Network layer와 MAC layer 사이에 위치하여, radio 영역인 IEEE 802.15.4 MAC로 향하는 메시지인지, 혹은 IP영역으로 향하는 메시지인지를 스위칭하는 역할을 수행한다. 이런 스위치 동작을 통해 브리지 시스템은 IP에 기반을 둔 브리지 기능과 IEEE 802.15.4 무선영역을 동시에 지원할 수 있다. ZigBee Network Layer로부터 송신되는 메시지를 받았을 때, 이 계층은 목적지 네트워크 종류(802.15.4 radio또는 IP facilities)에 따라 over-the-air로 도달하는지 결정하기 위해 내부 주소들에 대한 database를 검색하고, 이러한 주소를 통한 결정에 기반하여, 메시지가 802.15.4 (MAC Layer) 혹은 Bridge Device Layer(BDL)로 지나간다. 한편, 메시지들은 radio MAC Layer 혹은 IP facilities로부터 수신될 수 있는데, 모두 단순히 ZigBee NWK Layer 로 지나가게 된다.

네트워크 블록(NWK)은 BRL로부터 수신된 메시지를 ZigBee 네트워크 계층 프로토콜에서 처리 가능한 내부 트랜잭션 데이터 구조로 변환하여 네트워크 관리 및 라우팅 기능을 수행하고, 응용계층으로부터 수신한 메시지를 분석하고 BRL 프로토콜에 맞도록 데이터를 전송하거나 네트

워크 관리 및 라우팅 기능을 수행한다.

### 5. 동작 절차

게이트웨이에 대한 중단 센서노드의 접속은 그림 5와 같이 센서노드가 게이트웨이 시스템에 Association이 수행되면 게이트웨이 시스템의 NWK 블록에서 MAIN 블록으로 NLME-JOIN.indication 메시지가 전송된다. NLME-JOIN.indication 메시지를 수신한 MAIN 블록은 정보를 이용하여 노드의 IP 주소를 할당하고 메시지에 포함된 정보와 함께 테이블을 갱신한다.

그리고 게이트웨이 시스템은 연결설정 보고(AssocRep)를 게이트웨이 시스템에 전송한다. 이때 MAIN 블록은 NLDE-DATA.request 메시지의 연결설정 보고를 포함하여 NWK 블록으로 전송한다.

게이트웨이 시스템으로부터 연결설정 보고를 받은 게이트웨이 시스템도 게이트웨이 시스템이 수행한 것처럼 정보를 이용하여 IP 주소를 생성하고 테이블 갱신 기능을 수행하고 NMS 서버로 연결설정 보고 메시지를 전송한다.

게이트웨이 시스템으로부터 연결설정 보고 메시지를 수신한 NMS 서버도 전송된 정보를 저장하고 IP 주소 정보 생성 및 DNS 매핑 테이블등을 갱신한다.

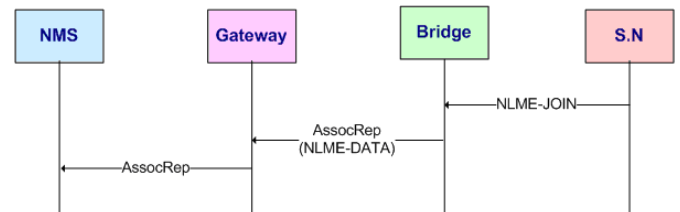


그림 5. 게이트웨이에 대한 센서노드 접속

그림6과 같이 센서노드 중 중계 기능을 수행하는 라우터에 센서노드의 Association 기능이 수행되면 라우터 NWK 블록에서 상위 블록으로 NLME-JOIN.indication 메시지가 전송된다. NLME-JOIN.indication 메시지를 수신한 라우터 노드의 상위 블록은 연결설정 보고(AssocRep)를 게이트웨이 시스템에 전송한다. 이때 라우터의 상위블록은 NLDE-DATA.request 메시지에 연결설정 보고 정보를 포함하여 NWK 블록으로 전송한다.

라우터로부터 연결설정 보고를 받은 게이트웨이 시스템은 정보를 이용하여 IP 주소를 생성하고 테이블 갱신을 수행하고 게이트웨이 시스템으로 연결설정보고 메시지를 전송한다.

게이트웨이 시스템으로부터 연결설정 보고를 받은 게이트웨이 시스템도 게이트웨이 시스템이 수행한 것처럼 정보를 이용하여 IP 주소 생성과 테이블 갱신 기능을 수행하고 NMS 서버로 연결설정 보고 메시지를 전송한다.

게이트웨이 시스템으로부터 연결설정 보고 메시지를 수신한 NMS 서버도 전송된 정보를 저장하고 IP Address 정

보 생성 및 DNS 매핑 테이블 등을 갱신한다.

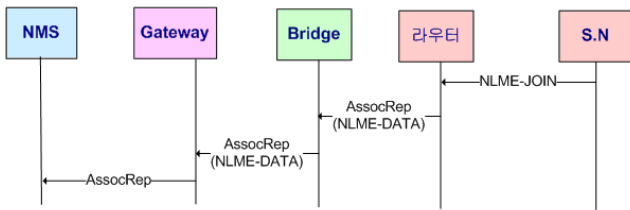


그림 6. 라우터에 노드 접속

## 6. 결론

브리지 기반 센서 네트워크 확장 시스템은 무선 연결이 도달하지 않는 PAN(Personal Area Network)으로 구성되는 센서 네트워크간에 IP 네트워크를 통하여 PAN간 연결성을 제공한다. 브리지 시스템의 IP 연결성(connectivity)은 센서 노드에 트랜스페어런트(transparent)하며, 둘 이상의 네트워크 사이의 통신을 지원하기 위하여 이중망간 트래픽을 변환하고 매핑, 변경하는 기능을 제공할 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 "지능형 상황인지 및 IoT 기반기술 개발" 과제의 1세부 "차량 내 무선 센서네트워크 기반기술 및 지능형자동차 적용기술개발" 과제에 의해 수행하였음.

### 참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, 2002.
- [2] D. Dewasurendra and A. Mishra, "Design challenges in energy-efficient medium access control for wireless sensor networks," CRC Press, 2005.
- [3] J. Zheng and M. J. Lee, "Will IEEE802.15.4 make ubiquitous networking a reality?: a discussion on a potential low power, low bit rate standard," IEEE Communications Magazine, vol. 27, no. 6, pp. 23-29, 2004.
- [4] ZigBee specifications, ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org>.
- [5] ZigBee Document: 053820r17, ZigBee Bridge Device Specification, ZigBee Alliance.