



을 한다. AF는 Application Object의 집합이며 AF역시 APSDE-SAP를 통해서 데이터를 주고받는다. ZDO는 APS와 AF사이에 위치하며 Application Object와 APS간의 인터페이스를 제공한다. 일반적으로 ZDO는 Zigbee Stack안에서 동작하는 모든 Application이 공통적으로 필요로 하는 사항을 담고 있다.

### 2.2 Application Data Frame

Zigbee Application 계층에서의 Data Frame은 APS Data Frame과 AF Data Frame으로 구성되어 있다. APS와 AF의 데이터는 APSDE-SAP를 통해서 Network 계층에 전달하게 된다.

#### 2.2.1 AF Data Frame

Application Object의 Profile은 각각의 속성을 가지고 있는데 이러한 속성정보를 AF Data Frame에 담아서 전달한다. AF Data Frame은 그림 3과 같다. Transaction Count 필드는 Transaction의 수(n)를 나타낸다. Frame Type 필드는 Data Frame의 타입을 나타내는데 0001은 KVP 타입이며 0010은 MSG 타입을 나타낸다. Transaction 필드는 Transaction Sequence Number 필드와 Transaction Data 필드로 구성된다. Transaction Sequence Number 필드는 일종의 8bit 카운터로 Transaction의 Identification을 나타낸다. 예를 들어 한 디바이스가 Request an ack KVP 명령을 보낸다면 받은 디바이스가 Response 명령을 보낼 때는 Transaction Number 필드에 요청한 디바이스의 Transaction Number를 추가하여 보낸다. 이는 이 두 Request, Response 명령이 서로 연관이 있음을 보여준다. MSG 역시 같은 방법으로 동작한다.

4	4	Variable	Variable	Variable
Transaction count	Frame Type	Transaction 1	...	Transaction n

Transaction Header	Transaction Payload
4	Variable
Transaction Sequence Number	Transaction Data

〈그림 3〉 AF Data Frame Format

AF Data Frame 타입은 Key Value Pair(KVP) 타입과 MSG 타입으로 구분되며 각 데이터 타입의 포맷은 그림 4와 같다. KVP 타입은 Application Profile에서 정의된 속성을 다룬다. KVP Frame의 Command Type Identifier 필드는 핸드셰이크 방법에 따른 명령어를 나타내며 Attribute Data Type 필드는 전달하고자 하는 데이터 형을 나타낸다. Attribute Identifier 필드는 Attribute의 정보를 담고 있으며 Error Code 필드는 에러발생시 응답 프레임에 해당 에러 메시지가 포함되어서 전달된다. Attribute Data 필드에 Application Object의 데이터를 추가한다. MSG Frame은 Transaction Length, Transaction Data 필드를 가진다. Transaction Length 필드는 전송할 데이터의 길이를 나타내며 Transaction Data 필드에 Application Object의 데이터를 추가한다. KVP와 MSG Frame은 APS Payload 필드에 추가된다.

4	4	16	8	Variable
Command Type ID	Attribute Data type	Attribute Identifier	Error code	Attribute Data

8	Variable
Transaction length	Transaction data

〈그림 4〉 KVP(a), MSG(b) Data Frame Format

#### 2.2.2 APS Data Frame

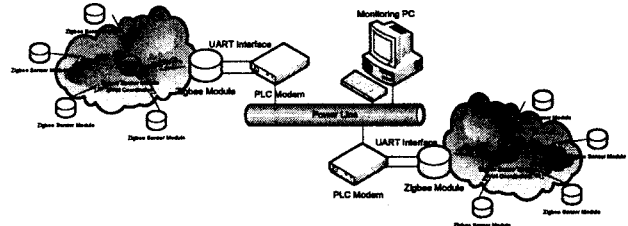
APS Data Frame은 그림 5에서 보는 바와 같이 Frame Control과 주소정보를 가진 Address 필드를 포함한 APS Header와 APS Payload로 구성되어 있다. APS Header 필드는 고정된 크기의 Frame Control, Destination Endpoint, Cluster Identifier, Profile Identifier, Source Endpoint 필드를 포함하고 있다. Frame Control 필드는 프레임 타입의 정보, Addressing 정보, 제어정보 등을 가지고 있다. Destination Endpoint 필드는 전달할 Endpoint를 나타낸다. Cluster Identifier 필드는 바인딩에 사용되는 Cluster ID의 정보를 담고 있다. Zigbee에서의 Profile은 메시지 포맷, Application의 명령어 전송, 데이터 요청, 데이터 처리 등의 프로세싱 과정을 정의한다. 그렇기 때문에 같은 기능을 하는 노드들은 같은 Profile을 가져야 한다. Profile Identification 필드는 이러한 Profile ID를 포함한다. Source Endpoint 필드는 프레임이 최초 발생한 Endpoint의 정보를 가지고 있다. 가변의 길이를 갖는 Frame Payload는 각각 프레임의 정보를 포함하고 있다. AF frame은 APS Payload 필드에 추가되어 Network 계층으로 전달된다.

APS Header					APS Payload
8	Address Field				Variable
	8	8	16	8	
Frame Control	Destination endpoint	Cluster Identifier	Profile Identifier	Source endpoint	Frame Payload

〈그림 5〉 APS Data Frame Format

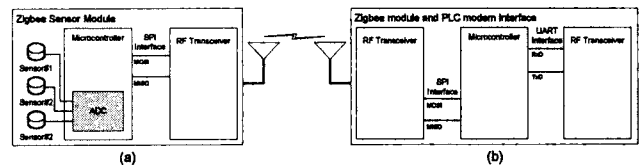
### 2.3 Zigbee 시스템과 PLC 모델간 UART 인터페이스

본 논문에서 제안하는 시스템의 구성은 그림 6과 같으며, Zigbee Sensor Module로 구성된 Zigbee 네트워크들이 PLC 모델에 의해 연결되어 있다. 한 네트워크의 정보나 네트워크 내에 있는 노드의 데이터는 Power Line을 통해서 다른 네트워크에 전달될 수 있으며, Power Line에 연결된 PC를 통해서 네트워크나 노드의 정보 등을 모니터링 할 수 있다.



〈그림 6〉 Zigbee 시스템과 PLC 모델의 인터페이스

Zigbee Sensor Module은 RF Transceiver, 8bit Microcontroller, Sensor로 구성되며 그림 7의 (a)와 같다. 기존에는 저전력 8bit Microcontroller와 RF Transceiver 간에 SPI 인터페이스를 통해서 데이터를 주고받았다. 하지만 현재 Chipcon사에서 제공하는 CC2430칩은 8bit Microcontroller와 RF Transceiver가 On-chip으로 구성되어 있기 때문에 DMA를 통해 데이터를 주고받도록 구성된다[4]. Zigbee Sensor Module은 센서의 종류, 센싱값, 배터리상태 등 여러 Application 데이터를 MSG frame의 Transaction Data 필드에 추가한다. 여기서 MSG frame을 사용하는 이유는 MSG가 KVP보다 고정되어 있는 필드의 수가 적어서 사용자가 정의한 데이터를 추가하기 용이하기 때문이다.



〈그림 7〉 Zigbee 시스템과 PLC모뎀의 블록 다이어그램

Zigbee Sensor Module은 센서의 특성에 따라 다르게 동작한다. 예를 들어 온도센서, 습도센서, 조도센서의 경우는 정기적으로 센싱값을 PAN Coordinator나 Zigbee Module에 전달한다. 네트워크의 노드로부터 데이터를 받은 Zigbee Module은 MCU에 의해서 데이터를 처리해서 PLC 모델에 넘겨줘야 한다. PLC 모델은 UART(RxD)로 들어온 데이터를 Power Line에 실어주거나 또는 반대로 Power Line에서 들어온 데이터를 다시 UART(TxD)로 내보내서 Zigbee Module에 전해주는 역할을 한다. Zigbee Module과 PLC 모델간의 인터페이스는 그림 7의 (b)와 같다.

Zigbee Module과 PLC 모델과의 인터페이스에 있어서 몇 가지 고려해야 할 요소가 있는데, 우선 Zigbee Module과 PLC 모델과의 UART 통신을 위해 Baud rate를 맞춰 주어야 한다. 그리고 Zigbee 네트워크는 한 네트워크에 최대 65,000개의 노드가 존재할 수가 있기 때문에, 많은 노드의 데이터가 PLC 모델로 데이터가 전달되게 되는 경우가 발생할 수 있다. 이런 상황에서 네트워크의 데이터 흐름을 원활히 하기 위해서는 Queue Size, Data Flow 제어 등의 문제를 효과적으로 해결해야 한다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 Zigbee Stack의 Application 계층의 데이터 프레임 분석하여 Application Object의 Application 데이터를 Zigbee Stack에 실는 방법과 RF를 통신매체로 하는 Zigbee 시스템에 Power Line을 통신매체로 하는 PLC 모델과의 인터페이스를 통해서 Zigbee 네트워크와 Zigbee Module의 성능이 향상될 수 있음을 제시하였다.

제안하는 시스템은 주변 환경과 노드간의 거리에 민감한 통신매체인 RF와 안정적인 Power Line을 사용함으로써 해서 Zigbee 네트워크의 범위가 크게 향상 될 것으로 기대하며, 향후 Zigbee 시스템과 PLC 모델간의 데이터 전송 성능을 분석함으로써 제안된 시스템이 Zigbee 네트워크의 효율을 높일 수 있음을 확인할 수 있을 것으로 예상된다.

#### 〔참 고 문 헌〕

- [1] Zigbee Specification v1.0, 2004
- [2] IEEE Standards 802.15.4(LR-WPANs), 2003
- [3] Abhay Gupta and Michael R. Tennesfoss, Radio Frequency Control Networking, 2005
- [4] CC2430 Datasheet, 2005