

스마트 워터 미터의 응용계층 통신 프로토콜

이철호, 홍윤식*

(주)하이트론, *인천대학교

요약

본고에서는 현재 사용되고 있는 수도미터 표준규격에서 제시하는 전자 장치를 갖춘 수도미터를 포함하여, 향후 스마트 워터 미터에 의한 상위 응용계층의 통신 프로토콜을 제시함으로써, 스마트 워터 그리드를 포함한 앞으로 다가올 전자식 수도미터 및 스마트 워터 미터의 응용계층의 통신에 대응할 수 있도록 한다.

지금까지 무분별하게 제시되고 있는 통신 기능을 내장한 전자 장치를 갖춘 수도미터에 대해서 통신 프로토콜의 표준안을 제시함으로써 상위 기기와의 통신에서 일관성 있는 표준 체계를 제공하고자 한다.

현재 수도미터 표준에서 제시한 전자 장치를 갖춘 수도미터를 포함하여, 향후 스마트 워터미터에 의한 상위 기기의 응용계층 통신 프로토콜을 제시함으로써, 스마트 워터 그리드를 포함하여 앞으로 다가올 전자식 수도미터 및 스마트 워터 미터의 상위기기와 응용계층 통신에 대한 표준화에 대응할 수 있도록 한다.

본고에서는 지금까지 무분별하게 제시되고 있는 통신 기능을 내장한 전자 장치를 갖춘 수도미터에 대해서 응용계층의 통신 프로토콜 표준안을 제시함으로써 상위기기와의 통신에 일관성 있는 표준체계를 제시하여 스마트 워터 그리드에 사용될 스마트 워터 미터의 통신에 대하여 알아보려 한다.

II. 본론

I. 서론

수도미터의 구조와 성능에 대해서는 ISO-4064[4], OIML-R049[4], KS B 50049[7] 등 국제 및 국내 표준이 마련되어 있다. 또, 이러한 표준 규격에 근거해 수도미터의 구조를 제작하고 성능을 검사하게 된다. 기술표준원에서는 앞서 언급한 국제 및 국내 표준 규격들을 토대로 수도미터 제품에 대한 표준 구조 및 성능 평가 기준을 제시하고 있다[1].

한편 수도미터의 기술기준이나 수도미터의 표준규격에서 전자 장치를 갖춘 수도미터(water meters equipped with electronic devices)를 규정해 놓고 형식과 성능에 대한 표준규격을 제시하고 있다.

그러나, 스마트 워터 그리드(Smart Water Grid) 시스템에 사용될 스마트 워터 미터(Smart Water Meter)에 대하여는 아직 표준안이 마련되어 있지 않다. 전자 장치를 갖춘 수도미터의 성능규격에서도 외부 기기와의 통신은 언급되고 있지 않다. 광역 또는 지방자치단체를 중심으로 자체적으로 전자식 수도계량기에 대한 통신 프로토콜의 한정된 범위를 제시하고 있는 상황이다[6][8].

1. 전자식 수도미터의 표준 규격 내용

수도미터의 표준을 다룬 각 문서들에서 전자 장치를 갖춘 수도미터에 대하여 일반 요건과 전원 공급 장치, 체크 장치 등을 명시하고 있다. 또 전자 장치를 부착한 수도미터의 형식 승인에 대한 시험과 검사에 대하여도 규정하고 있다.

OIML R 49-1 Water meters intended for the metering of cold portable water and hot water-Part 1 : Metrological and technical requirements를 기초로 한국산업표준으로 제정한 KS B 50049-1:2011 냉수용 수도미터 - 제1부: 계량 및 기술 요건 표7)에서는 전자 장치를 갖춘 수도미터까지 OIML 규격에 따라 규정하고 제시하고 있다.

스마트 워터 미터에 대한 정의는 없으며, "수도미터의 용어와 정의에 1개의 미터에는 최소한 측정 변환기, 연산기(조정, 보정 장치가 있는 경우는 이를 포함한다.) 및 지시 장치를 포함한다. 이러한 세 가지 장치는 각기 다른 하우징(housing)에 속할 수도 있다."라고 정의하고 있다.

또 측정변환기(measurement transducer)는 "측정된 물의 유량이나 부피를 연산기를 통과하는 신호로 변환시키는 수도미터의 일부. 이 장치는 기계적, 전기적 또는 전자식 원리를 기초

로 할 수 있다. 이 장치는 외부 동력을 사용하거나 독립적으로 구동할 수 있다."라고 정의 하고 있다.

연산 장치(calculator)는 "변환기 및 관련 측정 기기로부터 출력 신호를 받아 변환하고 사용하는 동안 기억 장치에 결과를 보관하는 수도미터의 일부분. 더불어 연산기는 보조 장치와 통신할 수 있다."라고 정의 되어 있다.

보정 장치(correction device)는 "측정 액체의 특성(온도, 압력 등)과 유량 및 오차 곡선을 고려하여 측정 조건에 따른 부피를 자동적으로 보정할 수 있도록 미터에 포함되거나 연결된 장치. 측정 유체의 특성을 조합된 측정 장치에 의하여 측정할 뿐만 아니라 기억 소자에 저장할 수도 있는 장치"라고 정의 하고 있다.

보조 장치(ancillary device)는 "측정 결과를 처리 전송, 표시하는 데 직접적으로 연관되는 특수 기능을 수행하기 위한 목적으로 사용된 장치"로 정의 하고 있으며, 주요 보조 장치로는 영점 보정 장치(zero setting device), 요금 지시 장치(price indicating device), 반복 지시 장치(repeating indicating device), 인쇄 장치(printing device), 기억 장치(memory device), 요금 조정 장치(tariff control device), 사전 설정 장치(pre-setting device), 셀프 서비스 장치(self-service device) 등과 같다.

수도미터의 전자 및 전기 장치(electronic and electrical equipment)는 전자 장치와 전자 부품, 전자 구성품, 체크 장치, 자동 체크 장치, 영구형 자동 체크 장치, 간헐형 자동 체크 장치, 비자동식 체크 장치, 전원 공급 장치 등을 규정하고 있다.

전자 장치를 갖춘 수도미터의 성능 시험 부분에서도 환경적 구분으로 B등급 : 건물에 고정 설치되는 수도미터, C등급 : 옥외에 고정 설치되는 수도미터, I등급 : 이동용 수도미터 등으로 구분하고 있으며, 전자기적 환경, 기준 조건, 연산기의 형식 승인, 성능 시험 등에 대한 부분만 기술되어 있다.

통신 기능을 가지고 있는 전자식 수도미터나 스마트 워터 미터가 핵심적으로 가지고 있는 외부 상위 장비와의 통신에 대한 부분이 기술되거나 규정 되어 있지 않은 상태이다.

MAXIM 통신용 반도체 메이커에서 발간한 문서9)에 따르면, 스마트 그리드의 WAN에서는 셀룰러 또는 WiMAX를, NAN에서는 독자적인 무선과 PLC, IEEE 802.15.4g 표준을 따르고 있다고 밝히고 있으며, HAN에서는 RS-485 유선 통신과 ZigBee, Z-Wave, HomePlug와 같은 프로토콜이 사용된다고 기술하고 있다. 이 문서에 따르면 HAN 및 NAN을 위한 260 MHz ~ 470 MHz의 ISM 밴드를 사용할 수 있는 통신용 칩들을 소개하면서 수도미터의 검정 유효기간을 만족하는 8년 이상의 배터리 수명이 가능한 솔루션들을 제시하고 있다.

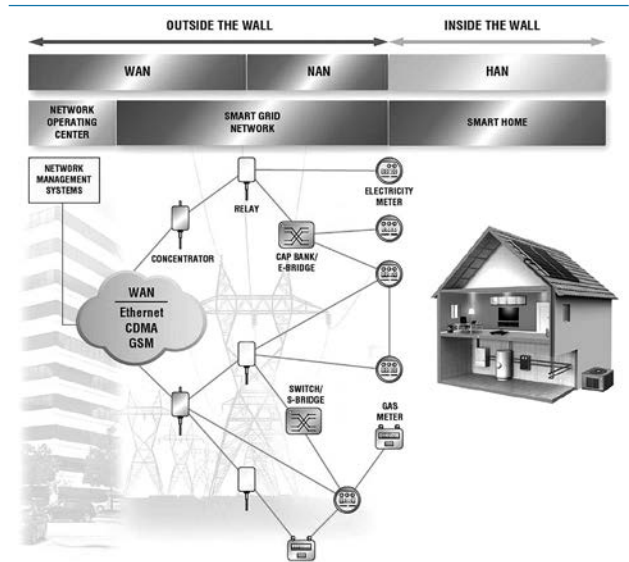


그림 1. 스마트 그리드 통신 아키텍처9)

지역	WAN	NAN	HAN
북미	셀룰러, WIMAX	G3-PLC, HomePlug, IEEE 802.15.4g, IEEE 802.15.4g, IEEEP1901, ITU-T G.hnem, 독자적인 무선Wi-fi	G3-PLC, HomePlug, ITU-T G.hn, Wi-fi, ZigBee, Z-Wave
유럽	셀룰러	G3-PLC, IEEEP1901, ITU-T G.hnem, PRIME, Wi-fi	G3-PLC, HomePlug, ITU-T G.hn, Wi-fi, 무선 M-Bus, ZigBee
중국	셀룰러, 대역 변환 WIMAX	G3-PLC, RS-485, 무선 결정 예정	G3-PLC, RS-485, Wi-fi, 결정 예정
기타지역	셀룰러, WIMAX	G3-PLC, HomePlug, IEEE 802.15.4g, IEEEP1901, ITU-T G.hnem, PRIME, RS-485, Wi-fi	G3-PLC, HomePlug, ITU-T G.hn, RS-485, Wi-fi, 무선 M-Bus, ZigBee, Z-Wave

그림 2. 스마트 그리드에서 고려중인 통신 프로토콜9)

이 솔루션9)은 단방향 또는 쌍방향 통신과 저가격대를 공략하고 있으며, 미국과 유럽의 각종 ISM 무선 주파수대를 모두 만족하는 사양들로 솔루션들을 제시하고 있다.

한국정보통신기술협회(TTA : Telecommunication Technology Association)에서는 전자식 전력량계의 원격검침을 위한 프로파일 문서10)에서 ZigBee를 사용한 원격 검침에 대한 통신 프로토콜과 송수신 데이터 프로파일을 기술하고 있다.

이 문서10)에 의하면 전력량계에 내장된 무선 모듈간 DLMS 프로토콜 방식으로 통신하여 검침 데이터를 읽으며, 무선 모듈 간

에 통신을 통하여 검침 데이터를 수용가 내의 수집 장치에 수집하여 검침을 수행하는 경우에 적용하는 표준을 제시하고 있다.

표-1 AMR Profile 정의(10)

Profile	Cluster	Attribute (hex Code)	Data Type	Attribute Data	Note
AMRP (0x15A0)	IO_MNGT (0x01) + Input + Output	LoopBack (0x0000)	HEX STRING	Byte - 1 2 3 4 5 6 Test Pattern	Loop Back Test
		Para_D (0x0001)		Byte - 1 2 3 4 5 6 ASCII : YY MM DD	Data Setting
		Para_C (0x0002)		Byte - 1 2 3 4 5 6 ASCII : hh-mm-ss	Current Time Setting
		Para_M (0x0003)		Byte - 1 2 3 4 5 6 ASCII : DD-XXXX	Metering Date Setting
		Para_T (0x0004)		Byte - 1 2 3 4 5 6 ASCII : AHH BHh	Tariff Setting
		Deviceld (0x0005)		Byte - 1 2 3 4 5 6,14 0x0E - ASCII 전력량계 ID	Device Serial Number
	ModemReset (0xffff)	Byte - 1 0x01 - RESET 지연 시간(초)		디바이스 초기화	
IO_MNGT (0x02) + Input + Output	AmrData (0x0000)	HEX STRING	바,Attribute Data 참조		

<표-1>에서 Profile Identifier는 이름이 AMRP인 AMR Profile로 Code가 0x15A0로 설정하고 있다.

이것은 사용자 정의 AMR Profile Identifier라는 의미이다.

또 Device Identifier에 Name : ZigBee AMR Coordinator, Code : 0x15D0를 Name : ZigBee AMR Device(AMR End Node), Code : 0x15D1로 Name : ZigBee AMR Monitoring Device, Code : 0x15D2로 나타내고 이것은 ZigBee AMR Monitoring Device를 나타낸다는 의미이다.

End Point로는 Name : ZigBee AMR Coordinator, Code : 0x01, 1 개의 End Point 만을 사용한다는 의미이고, Cluster Name : IO_MNGT, Code : 0x01은 AMR Data가 아닌 관리 및 Test에 필요한 명령어라는 의미이다. 또 Name: IO_DATA, Code: 0x02는 AMR Data에 관계 있는 명령어를 나타내는 것이다.

Attribute Identifier는 다음과 같다.

- IO_MNGT Cluster 의 Attribute
- 0x0000 : LoopBack Test
- 0x0001 : Date Configuration
- 0x0002 : Current Time Configuration
- 0x0003 : Metering Date Configuration
- 0x0004 : Tariff Configuration
- 0x0005 : Device serial number
- 0xFFFF : Modem Reset
- IO_DATA Cluster 의 Attribute
- 0x0000 : AMR Data
- 0x0001 : LOAD Data

Attribute Data는 DLMS 인터페이스 보드 통신 인터페이스 규격으로 '데이터 수집 장치 무선 모뎀'과 DLMS 인터페이스 보드 간의 통신인터페이스는 다음의 통신 규약을 이용하는 것으로 되어 있다.

통신 규약은 TTL, UART, 9600bps, DLMS 통신 인터페이스이며, 통신 규약의 일반적 설명은 다음과 같다.

- ① 모든 전문은 ASCII로 구성
- ② 'X' : ASCII 숫자
- ③ 'YYMMDDhhmm' : 연월일시분
- ④ 'A' : ASCII Alphanumeric
- ⑤ STX + 전문 + ETX + CRC
- ⑥ CRC 는 STX를 제외한 전문의 첫 부분부터 ETX까지의 ExclusiveOR 값

이 문서(10)에 따르면 원격 검침의 요청에 대한 응답 데이터 항목이 유효전력량, 무효전력량, 평균역률, 최대수효전력(유효), 대수효전력(무효), 누적수요전력(유효), 누적수효전력(무효) 데이터 등을 월별 데이터로 이루어져 있으며, Customer Meter ID, Manufacturer Meter ID, 유효전력량 계기 정수, 무효전력량 계기 정수, 전체 전력량/최대수효전력 등을 포함하고 있다.

또 데이터 수집 무선 전송 모뎀과 데이터 수집 장치 간의 통신 프로토콜도 Help, Reset, Set, Get, Network, Transmit 등의 명령을 정의해 놓고 있으며, IEEE Address, PAN Address, RF Channel, Max Children, max Depth, Max Router, Transmit Power 등을 설정하고 조회하는 것이 가능하게 명령들을 준비하고 있다. 이밖에도 네트워크 관리 명령과 무선 통신 전송 명령을 가지고 있다.

또 이 문서(10)에 따르면 AMR 시스템에 등록하는 절차와 AMR 시스템 오류를 복구하는 절차, AMR 시스템 데이터 처리

절차 등을 정의하여 놓고 있다.

스마트 워터 그리드에 사용되는 스마트 워터 미터의 경우 통신을 위한 세부적인 표준안을 마련하여서 전자식 수도미터와 스마트 워터 미터의 원격 검침 및 각종 유용한 정보들을 활용할 수 있도록 표준안을 마련하여야 할 것이다.

스마트 워터 그리드에서 연구 개발 방향으로 정의된 스마트 워터 미터는 기능면에서는 기존의 수도미터와 동등 이상을 가지고 있어야 하며, 성능 면에서는 기존의 수도미터들보다 향상된 정밀도를 가지도록 하고 있다. 또 이 스마트 워터 미터는 배터리로 동작되는 전자 장치가 부착된 최신 기능과 성능의 수도미터로 무선 통신에 의하여, 각 노드들이 IEEE 802.15.4(11/12)와 유사한 방식으로 무선 통신 네트워크를 자율적으로 형성할 수 있는 무선 통신 네트워크를 통해서, 각종 정보들을 상위 장치로 전달하는 역할을 수행할 수 있도록 수도미터의 기능에 무선 통신 기능 및 스마트한 성능을 가진 것으로 정의하고 있다.

스마트 워터 미터에서 일반적으로 적용할 수 있는 무선 통

NAME	ZigBee	Wifi	Bluetooth
Standard	802.15.4	802.11a/b/g	802.15.1
Application	Monitoring and control	Web, e-mail, video	Cable replacement
System Resources	Bytes	>1 Mbyte	>250Kbytes
Battery life(days)	100 to 1,000	1 to 5	1 to 7
Network Size	65,636	32	7
Bandwidth (Kb/s)	20-250	11,000	720
Maximum Transmission Range(m)	100+	100	10
Success metrics	Reliability Power, cost	Speed, flexibility	Cost convenience

그림 3. IEEE 802.15.4/ZigBee와 WiFi, Bluetooth의 비교(1)

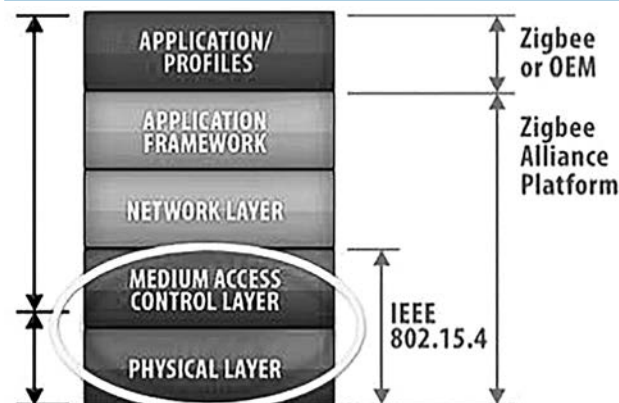


그림 4. IEEE 802.15.4/ZigBee의 계층 구조(1)

신으로 IEEE 802.15.4를 들고 있는데, 이 IEEE 802.15.4/ZigBee(11/12)는 LR-WPAN(Low Rate - Wireless Personal Area Network)의 무선 통신 기술 표준으로 저전력으로 근거리 무선 통신을 할 수 있도록 무선 통신의 표준이다.

〈그림 4〉는 IEEE 802.15.4/ZigBee의 계층 구조를 나타낸 그림으로 IEEE 802.15.4는 물리 계층과 MAC 계층만 표준으로 정의되어 있고, 이 IEEE 802.15.4를 기반으로 네트워크 계층과 Application Framework 계층 및 Application/Profiles 계층을 올려 저전력 Low Rate의 무선 통신 표준을 구성하였다.

IEEE 802.15.4의 물리 계층은 868 MHz/20 kbps로 1 개 채널, 915 MHz/40 kbps로 10 개 채널 및 2.4 GHz/250 kbps로 16 개 채널의 무선 채널로 구성되어 있다.

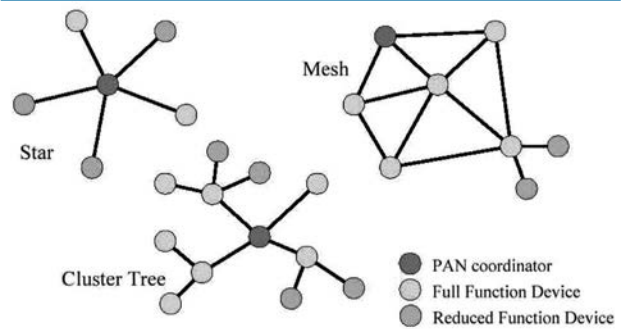


그림 5. ZigBee의 Topology Models(1)

ZigBee 무선 통신을 이용하면 〈그림 5〉와 같이 Star, Mesh 및 Cluster Tree Topology Model들을 사용하여 각 노드들의 네트워크를 구성할 수 있으며, 이러한 무선 통신 네트워크를 통하여 정보를 전달할 수 있게 된다. 스마트 워터 미터 등도 이러한 구조의 무선 네트워크를 사용하면 무선 네트워크를 이용하여 저전력으로 효율적으로 데이터들을 전달할 수 있게 된다.

특히 IEEE 802.15.4/ZigBee는 물리 계층에서부터 상위의 네트워크 계층과 Application Framework 계층 및 Application/Profiles 계층까지 잘 표준화가 되어있고, 구현할 수 있는 잘 마련된 Chip Set들이 저렴한 가격으로 준비되어 있으며, 이미 모듈 단위로도 제조되어 활용되고 있는 상태이다.

2. 스마트 워터 미터의 통신 프로토콜 제한

스마트 워터 그리드에서 사용될 스마트 워터 미터는 IEEE 802.15.4/ZigBee(11/12)와 같은 잘 준비된 무선 통신 표준을 사용하여 상위의 장치에서 활용될 수 있는 정보들을 중심으로 데이터의 종류와 크기 등을 고려한 Data Frame만 잘 정의하면 효과적인 스마트 워터 미터의 통신 표준을 제안할 수 있을 것으로 본다.

본 연구에서는 IEEE 802.15.4/ZigBee 등과 같은 잘 정리된

표준 통신 프로토콜을 사용한다는 전제로 하여, 스마트 워터 미터와 상위 장치 간 주고받을 Data Frame을 포함한 통신 프로토콜을 제안 하려 한다.

스마트 워터 미터가 가지는 데이터에 대하여 기술하면 다음과 같다.

제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간, 현재 유량 값, 현재 유량 값의 측정 단위, 현재 적산 지시 값, 현재 적산 지시 값의 측정 단위, 배터리 용량, 수도미터의 상태 값, 호칭경, 최소 유량, 전이 유량, 최대 유량, 과부하 유량, 수도미터의 센서 교정 Factor-1(최소 유량), 수도미터의 센서 교정 Factor-2(전이 유량), 수도미터의 센서 교정 Factor-3(최대 유량), 제조 연월일, 시간별 적산 값 및 시간별 적산 값의 단위 등이 있으며, 기타 내부적인 값들을 데이터로 가지고 있을 수 있다.

수도미터의 상태 값으로는 과부하 유량 초과 여부, 최소 유량 이하 여부, 역류 등의 상태를 나타낼 수 있다.

스마트 워터 미터의 외부 전송 데이터 패킷은 ping 데이터 패킷, 개별 전송 데이터 패킷, 검침 데이터 패킷, 운영 데이터 패킷 및 시간별 적산 값 데이터 패킷으로 구분한다.

표 2. 스마트 워터 미터의 Ping 데이터

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근
01	제조사 ID	8 Bytes	xxxxxxxx		R
02	기기 일련 번호	8 Bytes	xxxxxxxx		R
03	현재 시간	6 Bytes	hhmmss		R

ping 데이터는 스마트 워터 미터의 최소 단위 패킷이며, 제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간 등의 데이터를 스마트 워터 미터가 외부로 응답함으로써 스마트 워터 미터가 동작 중임을 외부에 알릴 수 있는 <표-2>와 같은 기본 패킷이다. 또 개별 전송 데이터 패킷은 스마트 워터 미터의 Ping 데이터 패킷에 각각의 요청 데이터 ID 별 데이터 들을 포함하는 데이터 패킷으로 구성 된다.

검침 데이터는 스마트 워터 미터의 데이터들 중에서 제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간, 현재 유량 값, 현재 유량 값의 측정 단위, 현재 적산 지시 값, 현재 적산 지시 값의 측정 단위, 배터리 용량, 수도미터의 상태 값 등의 데이터들이 원격 검침 데이터 등으로 활용 될 수 있는 데이터들이다.

표 3. 스마트 워터 미터의 데이터 용량

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근
01	제조사 ID	8 Bytes	xxxxxxxx		R
02	기기 일련 번호	8 Bytes	xxxxxxxx		R

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근	
03	현재 시간	6 Bytes	hhmmss		R	
04	현재 유량 값	6 Bytes	xxx.xx		R	
05	현재 유량 값의 측정 단위	1 Byte	LPM, m3/h 1, 2		R	
06	현재 적산 지시 값	10 Bytes	xxxxxx,xxx		R	
07	현재 적산 지시 값의 측정 단위	1 Byte	L, m3, X10 m3, X100 m3 1, 2, 3, 4		R	
08	배터리 용량	4 Bytes	xx.x		R	
09	수도미터의 상태 값	과부하 유량 초과 여부	1 Byte	00 => No, FF => 초과		R
		최소 유량 이하 여부	1 Byte	00 => No, FF => 이하		R
		역류	1 Byte	00 => No, FF => 역류		R
10	호칭경	2 Bytes	xx	관리자 이상	R	
11	최소 유량	3 Bytes	x.xx	관리자 이상	R	
12	전이 유량	4 Bytes	xx.x	관리자 이상	R	
13	최대 유량	4 Bytes	xxxx	관리자 이상	R	
14	과부하 유량	4 Bytes	xxxx	관리자 이상	R	
15	수도미터의 센서 교정 Factor-1(최소 유량)	6 Bytes	x.xxxx	관리자 이상	R	
16	수도미터의 센서 교정 Factor-2(전이 유량)	6 Bytes	x.xxxx	관리자 이상	R	
17	수도미터의 센서 교정 Factor-3(최대 유량)	6 Bytes	x.xxxx	관리자 이상	R	
18	제조 연월일	8 Bytes	yyyymmdd	관리자 이상	R	
19	시간별 적산 값	86,400 Bytes	10 Bytes X 24 h X 30 days X 12 Months	시간별 1년 데이터 관리자 이상	R	
20	시간별 적산 값의 측정 단위	1 Byte	L, m3, X10 m3, X100 m3 1, 2, 3, 4	관리자 이상	R	
95	검침 데이터 설정	3 Bytes	01 02 03 04 05 06 07 09 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 xx xx xx xx	Bit의 0, 1로 설정 관리자 이상	RW	
96	운영 데이터 설정	3 Bytes	01 02 03 04 05 06 07 09 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 xx xx xx xx	Bit의 0, 1로 설정 관리자 이상	RW	

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근
96	암호화 코드	4 Bytes	암호화 코드	관리자 이상	R
97	사용자 비밀번호	8 Bytes	00000000	관리자 이상	RW
98	관리자 비밀번호	8 Bytes	11111111	관리자 이상	RW
99	제조사 비밀번호	8 Bytes	xxxxxxx	제조사	RW
합계 데이터 용량		86,517 Bytes			

운영 데이터는 수도미터 각각의 고유 데이터로는 제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간, 배터리 용량, 수도미터의 상태 값, 호칭경, 최소 유량, 전이 유량, 최대 유량, 과부하 유량, 수도미터의 센서 교정 Factor-1(최소 유량), 수도미터의 센서 교정 Factor-2(전이 유량), 수도미터의 센서 교정 Factor-3(최대 유량), 제조 연월일 등의 데이터로 수도미터의 개개 정보들을 확인하고 정보 데이터베이스에 갱신 할 때 사용하는 정보들로 보면 좋다.

이들 데이터는 ASCII 포맷 데이터로 <표 3>와 같이 구조화하여 나타내었다.

스마트 워터 미터에 사용할 외부 연결 데이터의 전체 용량은 <표 3>와 같이 86,517 Bytes이다.

스마트 워터 미터를 상위에서 접근하여 데이터를 요청하여 취득하는 방식은 각각의 데이터 항목별 항목 ID를 사용하여 개별적으로 하나씩 접근하는 방식과 검침 데이터 설정으로 설정하여 검침 데이터로 접근하는 방식, 운영자 데이터 설정으로 설정하여 운영 데이터로 접근하는 방식으로 크게 나누었다.

이렇게 데이터 접근을 개별 접근과 검침 데이터 접근, 운영 데이터 접근 방식, 시간별 적산 값 접근 방식으로 나눈 것은 스마트 워터 미터의 무선 네트워크 트래픽과 스마트 워터 미터의 데이터 전송에 따른 전력을 최소화하고 효율을 최대화 하자는 차원의 아이디어이다.

데이터 개별 항목 ID에 의한 접근은 사용자 권한에 따라 일반 사용자의 접근, 관리자의 접근, 제조사의 접근 등으로 나누어 접근 권한이 다르게 되는데, 일반 사용자는 모든 데이터에 대하여 읽기 권한(R)만 주어지고, 쓰기 권한(W)은 금지가 된다.

관리자의 경우 검침 데이터 설정, 운영 데이터 설정, 사용자 비밀번호와 관리자 비밀번호의 RW가 가능하고 다른 모든 데이터의 R 접근이 가능하다.

제조자의 권한으로는 기본적으로 모든 데이터의 RW가 가능하며, 제조자의 비밀번호는 RW가 제조자만 접근이 가능하도록 설정된다.

스마트 워터 미터의 검침 데이터 설정은 <표 4>에서 보인 것

처럼 기본적으로 제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간, 현재 유량 값, 현재 유량 값의 측정 단위, 현재 적산 지시 값, 현재 적산 지시 값의 측정 단위, 배터리 용량, 수도미터의 상태 값 등으로 설정되어 검침 데이터 설정의 변경 없이 검침 데이터를 스마트 워터 미터에 요청하면, 스마트 워터 미터는 이들 데이터를 검침 데이터 패킷으로 만들어 무선 통신을 통하여 하위 Layer를 거쳐 상위 기기로 전달되도록 한다.

47 Bytes의 데이터 패킷이 ZigBee 무선 통신의 250 kbps 속도로 보내진다면 데이터 패킷 전달 시간만으로 보면 대략 2 ms 정도의 트래픽을 생길 것으로 보인다.

표 4. 스마트 워터 미터의 검침 데이터

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근	
01	제조사 ID	8 Bytes	xxxxxxx		R	
02	기기 일련 번호	8 Bytes	xxxxxxx		R	
03	현재 시간	6 Bytes	hhmmss		R	
04	현재 유량 값	6 Bytes	xxx.xx		R	
05	현재 유량 값의 측정 단위	1 Byte	LPM, m3/h 1, 2		R	
06	현재 적산 지시 값	10 Bytes	xxxxxx.xxx		R	
07	현재 적산 지시 값의 측정 단위	1 Byte	L, m3, X10 m3, X100 m3 1, 2, 3, 4		R	
08	배터리 용량	4 Bytes	xx.x		R	
09	수도미터의 상태 값	과부하 유량 초과 여부	1 Byte	00 => No, FF => 초과		R
		최소 유량 이하 여부	1 Byte	00 => No, FF => 이하		R
		역류	1 Byte	00 => No, FF => 역류		R
합계 데이터 용량		47 Bytes				

스마트 워터 미터의 운영 데이터 설정은 <표 5>에서 보인 것처럼 기본적으로 제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간, 배터리 용량, 수도미터의 상태 값, 호칭경, 최소 유량, 전이 유량, 최대 유량, 과부하 유량, 수도미터의 센서 교정 Factor-1(최소 유량), 수도미터의 센서 교정 Factor-2(전이 유량), 수도미터의 센서 교정 Factor-3(최대 유량), 제조 연월일 등으로 설정되어 운영 데이터 설정의 변경 없이 운영 데이터를 스마트 워터 미터에 요청하면, 스마트 워터 미터는 이들 데이터를 운영 데이터 패킷으로 만들어 무선 통신을 통하여 하위 Layer를 거쳐 상위 기기로 전달되어지도록 한다. 기본적인 운영 데이터 패킷은 72 Bytes의 데이터 패킷으로 구성되어 있어서, ZigBee 무선 통

신의 250 kbps 속도로 보내진다면 데이터 패킷 전달 시간만으로 보면 대략 3 ms 이하의 트래픽을 생길 것으로 보인다.

표 5. 스마트 워터 미터의 운영 데이터

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근	
01	제조사 ID	8 Bytes	xxxxxxxx		R	
02	기기 일련 번호	8 Bytes	xxxxxxxx		R	
03	현재 시간	6 Bytes	hhmmss		R	
08	배터리 용량	4 Bytes	xx.x		R	
09	수도미터의 상태 값	과부하 유량 초과여부	1 Byte	00 => No, FF => 초과		R
		최소 유량 이하 여부	1 Byte	00 => No, FF => 이하		R
		역류	1 Byte	00 => No, FF => 역류		R
10	호칭경	2 Bytes	xx	관리자 이상	R	
11	최소 유량	3 Bytes	x.xx	관리자 이상	R	
12	전이 유량	4 Bytes	xx.x	관리자 이상	R	
13	최대 유량	4 Bytes	xxxx	관리자 이상	R	
14	과부하 유량	4 Bytes	xxxx	관리자 이상	R	
15	수도미터의 센서 교정 Factor-1(최소 유량)	6 Bytes	x.xxxx	관리자 이상	R	
16	수도미터의 센서 교정 Factor-2(전이 유량)	6 Bytes	x.xxxx	관리자 이상	R	
17	수도미터의 센서 교정 Factor-3(최대 유량)	6 Bytes	x.xxxx	관리자 이상	R	
18	제조 연월일	8 Bytes	yyyymmdd	관리자 이상	R	
합계 데이터 용량		72 Bytes				

스마트 워터 미터의 시간 별 적산 값의 데이터는 별도의 보조 메모리에 기억될 수 있으며, 시간 별 적산 값의 1년 단위 데이터 용량은 <표 6>에서 나타낸 것과 같이 86,400 Bytes로 소비전력, 저전송 속도, 저전력의 무선 전송 환경 등 다양한 측면에서 볼 때, 스마트 워터 미터의 입장에서는 작은 데이터 용량은 아니다.

표 6. 스마트 워터 미터의 시간별 적산 값

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근
01	제조사 ID	8 Bytes	xxxxxxxx		R
02	기기 일련 번호	8 Bytes	xxxxxxxx		R
03	현재 시간	6 Bytes	hhmmss		R
19	시간별 적산 값	86,400 Bytes	10 Bytes X 24 h X 30 days X 12 Months	시간별 1년 데이터 관리자 이상	R

ID	항목	데이터 크기	내용 예	접근 권한 및 비고	접근
20	시간별 적산 값의 측정 단위	1 Byte	L, m3, X10 m3, X100 m3 1, 2, 3, 4	관리자 이상	R
합계 데이터 용량		86,423 Bytes			

스마트 워터 미터의 시간별 적산 값 패킷은 1년 동안의 데이터로 보면 제조사 ID, 기기 일련 번호, 현재 시간, 시간별 적산 값 및 시간별 적산 값의 측정 단위 등을 포함하여 86,423 Bytes로 저전력 저전송속도 무선 전송의 측면에서 보면 작은 데이터 패킷 용량 값이 아니므로, 데이터 전송에 특별한 대안을 마련해야만 할 것으로 보인다.

한 가지 방안으로 1년 동안의 데이터를 한꺼번에 보내는 방식 보다는 1 개월의 데이터, 1주간의 데이터 등으로 나누어 기간 별로 데이터를 요청하는 방식을 생각해 볼 수 있고, 다른 하나의 방법으로는 요청한 데이터 패킷을 여러 개의 작은 데이터 패킷으로 나누어 보내는 방식으로, 예를 들면 주간 별로 패킷을 나누어 패킷 번호를 부여하여 보내도 받는 측에서 다시 패킷을 조립하여 완성하는 방법을 생각 할 수 있을 것이다.

이렇게 여러 개의 작은 패킷으로 나누어 보내는 것은 전송 시간도 많이 걸릴 수 있고, 트래픽을 유발 할 수 있지만, 시간별 적산 값 데이터는 빈번히 요청되는 데이터가 아니라는 점에서 보면, 약간의 전송 속도 측면과 데이터를 받는 측에서의 패킷 조합 알고리즘 등 번거로운 부분이 생길 수 있지만, 저전송 속도와 저전력의 무선 통신 환경이라는 점을 고려하면 충분히 검토될 수 있는 방안으로 보인다.

시간 별 적산 값 데이터는 데이터가 10 Bytes라고 볼 때, 1 시간당 한 개의 적산 값을 가지므로 10 Bytes의 용량이 소요될 것이다.

1 일 데이터로 보면 10 Bytes X 24 h = 240 Bytes의 메모리 용량이 소요될 것이며, 1 주간 7일 동안에는 10 Bytes X 24 h X 7 Days = 1,680 Bytes 의 메모리 용량이 필요하고, 1 개월에는 10 Bytes X 24 h X 30 days = 7,200 Bytes의 데이터 메모리 용량이 필요하다.

이것이 1년이면 86,400 Bytes의 데이터 용량이 되는 것이다.

표 7. 시간별 적산 값 데이터

구분	데이터 용량	전송 시간 (@250 kbps)	비고
1 시간	10 Bytes	0.4 ms	
1 일 (24 시간)	240 Bytes	9.6 ms	10 Bytes X 24 h = 240 Bytes

구분	데이터 용량	전송 시간 (@250 kbps)	비고
1 주간 (7 일)	1,680 Bytes	67.2 ms	10 Bytes X 24 h X 7 Days = 1,680 Bytes
1 개월 (30 일)	7,200 Bytes	288 ms	10 Bytes X 24 h X 30 days = 7,200 Bytes
1 년 (365 일)	86,400 Bytes	3,456 ms (약 3.5 초)	

상위 장치에서 스마트 워터 미터로 데이터를 요구할 때의 명령은 ping 요청, 개별 데이터 요청, 검침 데이터 요청, 운영 데이터 요청, 시간 별 적산 값 데이터 요청 등으로 구분한다.

표 8. 스마트 워터 미터로의 접근 명령

구분	명령(ASCII)	비고
Ping 요청	ping	ping 메시지로 응답
Help 요청	help	help 메시지로 응답
개별 데이터 요청	get, 데이터-ID	개별 데이터로 응답 명령에 데이터 ID가 필요
	set, 데이터-ID	set된 데이터로 응답 명령에 데이터 ID가 필요
검침 데이터 요청	metering	검침 데이터로 응답
운영 데이터 요청	managing	운영 데이터로 응답
시간 별 적산 값 데이터 요청	logging, 데이터-범위	시간 별 데이터 값들로 응답 명령에 데이터 범위가 필요

표 9. 시간 별 적산 값 데이터 요청시 데이터 범위(logging 명령)

항목	데이터 범위 지정	비고
해당 시간 데이터	h:yyyy-mm-dd-hh	
해당 날짜 데이터	d:yyyy-mm-dd	
해당 주간 데이터	w:yyyy-mm-dd	날짜가 속해 있는 주간 데이터
해당 월간 데이터	m:yyyy-mm	해당 월의 월간 데이터
해당 연간 데이터	y:yyyy	해당 연의 연간 데이터
기간 설정 데이터	!YYYY-MM-DD,yyyy-mm-dd	YYYY-MM-DD으로부터, yyyy-mm-dd까지의 모든 데이터

스마트 워터 미터의 외부 요청에 대하여 스마트 워터 미터의 기본적인 반응은 해당 명령에 대한 데이터의 전송이다. 그러나 스마트 워터 미터 내부에서 오류가 발생한 경우 오류에 대한 메시지는 다음과 같다.

표 10. 스마트 워터 미터의 Error 및 응답 메시지

명령	정상 작동 응답 메시지	Error 메시지
ping	ping 메시지로 응답	무응답
help	help 메시지로 응답	무응답
get	읽어온 데이터로 응답	No ID : 데이터 ID 없음 Read Denial : 읽기 권한 없음
set	설정된 데이터로 응답	No ID : 데이터 ID 없음 Write Denial : 쓰기 권한 없음
metering	검침 데이터로 응답	무응답
managing	운영 데이터로 응답	무응답
logging	해당 시간별 적산 값 데이터로 응답	해당 데이터 없음 Data Operand Error : 데이터 지정 형식 틀림 Operand Error : 설정 기간 형식이 틀림 Memory Error : 데이터 메모리 오류
	전체 명령	Low Battery - 배터리 6개월 이하 사용 용량 남음 Sensor Error - 검지부 고장 Memory Full - 메모리 부족 오류 Memory Error - 데이터 메모리 오류 Over Flow - 유량이 과부하 유량 초과 상태 Reverse Flow - 유량이 역류인 상태 명령에 오류가 있으면 응답을 보내지 않음

<표 10>은 스마트 워터 미터의 전체적인 Error 메시지를 보이고 있다. 스마트 워터 미터에 대하여 외부에서 접근을 시도하여 데이터 접근 명령을 보내면 이에 따른 기본적인 Error 메시지는 무응답이다. 그러나 스마트 워터 미터의 상태나 명령에 따라 Error 메시지를 응답으로 보낼 수 있도록 하였다.

특히 전체 접근 명령에 대하여 'Low Battery'는 배터리가 6개월 이하의 사용 용량이 남아 있음을 나타내는 메시지이고, 'Sensor Error'는 유량 검지부에 고장이 발생하여 유량을 검지할 수 없는 상태를 나타내며, 'Memory Full'은 데이터 메

모리가 가득 차 있거나 용량이 부족함을 나타내고 있으며, 'Memory Error'는 데이터 메모리에 읽기 또는 쓰기 중에 오류가 발생했음을 나타낸다. 'Over Flow'는 스마트 워터 미터에 흐르는 유량이 과부하 유량 초과한 상태를 나타내며, 'Reverse Flow'는 스마트 워터 미터에 유량이 역류하고 있는 상태를 나타내고 있다.

Ⅲ. 결론

스마트 워터 그리드에서는 스마트 워터 미터가 원격 검침의 용도로만 사용되는 것도 아니며, 또 스마트 워터 미터에 대한 정의가 아직은 완전하지 않은 상태에서 스마트 워터 미터 내부 데이터들에 대한 상위 계층과의 통신용 프로토콜을 표준 안으로 제시하고 만들어 간다는 것이 쉽지는 않는 상황임을 잘 알고 있다. 그러나 스마트 워터 미터의 연구 개발에 있어서 가장 필수적인 요소가 수도미터 자체의 정밀도 향상에 대한 방법의 연구보다도 스마트 워터 미터가 외부와 대화 할 수 있는 통신에 대한 프로토콜을 정의하고 이를 통해 스마트 워터 미터의 보안 내용은 무엇이며, 상위 계층에서는 이런 스마트 워터 미터의 데이터를 어떻게 활용 할 것이며, 추후 스마트 워터 미터의 정의를 어떻게 할 것인가 하는 것들이 가장 우선적인 상황이라고 본인은 보고 있다.

스마트 워터 미터의 어떻게 정의 하는가에 따라 연구 개발의 설계가 달라 질 수 있기에, 가장 우선적으로 스마트 워터 미터의 정밀도를 어떻게 측정하고 성능을 어떻게 측정할 수 있는가의 문제 이후 스마트 워터 미터의 통신 프로토콜을 정의하고 표준화함으로써 스마트 워터 미터에 대한 정의를 조금 더 근 접할 수 있다고 생각한다.

본고에서는 스마트 워터 미터를 연구 개발함에 있어, IEEE 802.15.4/ZigBee WPAN 무선 통신 표준을 사용하지 않고, WPAN 분야에서 새롭게 표준화가 진행되고 있는 IEEE 802.15.4g/SUN16이라는 무선 통신 WPAN 표준을 사용하고 있어서, 본 연구에서의 연구 범위를 IEEE 802.15.4g/SUN의 무선 통신 표준에 대한 부분은 제외하고, 순수히 스마트 워터 미터와 외부 장치와의 통신 프로토콜에 중심을 두어, 스마트 워터 미터의 통신 프로토콜에 대한 표준안을 연구하였고, 이에 따른 표준안을 수립하여 도출하였다.

차후 IEEE 802.15.4g/SUN의 표준에 따른, 스마트 워터 미터에 도입될 예정인 WPAN 무선 통신부가 확정되면 전체적인 통신 프로토콜에 대한 세부적인 연구가 각각의 Layer 별로 다루어지고 연구될 필요성이 있다.

또 세부적인 표준화와 스마트 워터 미터의 연구개발이 진행되면서 WPAN 무선 통신에 대한 내부적인 보안에 대한 부분도 적극적인 연구의 필요성이 대두 될 것으로 전망된다.

참고 문헌

- [1] 수도미터 기술기준(기술표준원 고시 제2010-247호, 2010.6.30)
- [2] 한국계량계측기기공업협동조합 단체규격 수도미터
- [3] 한국기계전기전자시험원 전자식수도미터 규격
- [4] ISO 4064-1-2005(Water Meters Specifications)
- [5] OIML-R049-1-Edition 2006(E)(Metrological and technical requirements)
- [6] 서울시 전자식 수도계량기 표준 프로토콜
- [7] KS B 50049-1_2011 냉수용 수도미터-제1부 계량 및 기술 요건
- [8] 디지털 역류방지 수도미터 시방서, 제주특별자치도의 환경 자원연구원, 2009.
- [9] <http://www.maximintegrated.com/solutions/> - the complete solutions guide (communications, PDF).
- [10] ZigBee원격검침 프로파일, 한국정보통신기술협회(TTA), 2008.
- [11] ZigBee IEEE 802.15.4 Standard, Dusan Stevanovic, June 20, 2007.
- [12] ZigBee IEEE 802.15.4 Summary, Sinem Coleri Ergen, September 10, 2004.
- [13] 스마트 유틸리티 네트워크를 위한 무선 전송기술 표준화 동향, TTA Journal, p122-131, vol.133, 2012.
- [14] http://www.mayor.de/lian98/doc.en/html/u_iec62056.htm
- [15] <http://manuals.lian98.biz/doc.en/manual98en.html>

약 력



이 철 호

2004년 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 이학사
2008년 인천대학교 정보통신대학원 컴퓨터공학과
공학석사
2011년 인천대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 공학
박사 수료
1983년~1993년 한일레벨(주) 기술부 차장
1995년~1998년 거산 인더스트리 생산부장
2005년~2009년 (주)그린텍 아이엔씨 기술이사
2010년~2012년 신호시스템(주) 연구소장
2012년~현재 (주)하이트롤 기술연구소 상무/연구
소장
관심분야: USN/WSN Topology Control,
스마트워터미터,
WirelessHART/ISA 100.11a



홍 윤 식

1983년 한양대학교 공학사
1985년 한국과학기술원 공학석사
1989년 한국과학기술원 공학박사
1989년~1991년 LG전지(주) 우면연구소
선임연구원
1991년~현재 인천대학교 컴퓨터공학부 교수
관심분야: 모바일 컴퓨팅, 유비쿼터스 센서 네트워크
(USN)