

스마트시티 센서 정보 수집을 위한 유무선 복합모뎀 개발에 관한 연구

김범주*, 김용배*, 진창우*, 한정훈*

*(주)누리텔레콤

bjkim@nuritelecom.com, peter@nuritelecom.com, zine314@nuritelecom.com,
uncle@nuritelecom.com

A Study on the Development of Wired/Wireless complex modem for collecting Smart City sensor information

Beom-Joo Kim*, Yong-Bae Kim*, Chang-Woo Jin*, Jeong-Hoon Han*

*NURI Telecom Corp.

요 약

본 논문에서는 다양한 센서 정보를 수집할 수 있는 통신인프라 구축에 대한 연구를 다루고 있다. 스마트시티와 같은 사물인터넷 서비스를 제공함에 있어, 네트워크의 구성은 매우 중요한 요소이다. 현재 다양한 유선/무선 통신기술이 나와있어 실제 환경에 적용이 되고 있는 상황에 유선과 무선을 복합적으로 사용하여, 통신의 음영지역을 최소화 할 수 있는 기술을 본 연구를 통해 개발하였다.

1. 서론

전 세계적으로 다양한 도시문제와 환경문제를 해결하고 도시의 가치를 높이기 위해 다양한 스마트시티의 구축을 진행하고 있다. 스마트시티 서비스를 위해서는 다양한 분야의 기술들이 융합되어야 하고, 수많은 도시정보들이 여러형태로 분석되어야 한다. 이러한, 도시정보들을 수집하기 위해서는 정보수집을 위한 통신 네트워크가 필수적으로 구축되어야 하며, 네트워크의 확장성과 안정성이 보장되어야만 다양한 스마트시티 서비스를 위한 기반이 마련될 것이다.

스마트시티를 통해 해결하고자 하는 주요 도시문제로는 에너지부족, 환경오염, 교통혼잡해결 등이 있을 것이다. 생활 전반에 걸쳐 모든 것들이 영향을 미치고 있으나, 본 연구를 통해 개발하고자 하는 통신기술은 에너지분야에 적용을 하고자 한다.

스마트시티 서비스를 위한 여러 센서정보 중 에너지와 관련된 정보는 가장 기초가 되는 것이며, 전 세계적으로도 스마트그리드와 같은 기술 개발 및 정책이 지속적으로 진행되어왔다.

최근 우리나라에서도 코로나로 인한 전세계적인 불황을 극복하기 위해 한국판 뉴딜 정책 중 하나의 축으로 그린 뉴딜을 진행하고 있으며, 그린 뉴딜에는 에너지관리 효율화를 위한 지능형 스마트그리드 구축과 같은 에너지 네트워크 인프라 구축을 주요 정책으로 추진 중에 있다.

이러한 그린 뉴딜 내 에너지관리 효율화를 위한 통신인프라를 구축하기 위해서는 현재 나와있는 다양한 통신기술을 적용할 수 있을 것이며, 다양한 생활 환경에 적합한 기술을 선택하여 네트워크를 구성해야 한다.

최신 기술의 트렌드나 속도 측면에서는 5G 기술이나 유선인터넷망을 통한 데이터 수집 인프라를 구축하는 것이 좋으나, 각 센서별로 해당 기술을 연결 시 발생할 데이터 통신요금이나 유선망 설치를 위한 구축비용 등이 기하급수적으로 늘어날 수 있다. 이에 따라, 통신비용의 절감과 기 구축된 인프라를 최대한 활용해야 할 것이다.

다만, 이러한 경우에 있어, 통신 음영지역 문제나 통신 신뢰성에 대한 대비가 필요하다.

이에, 본 연구를 통해 앞서 제시한 어려움을 극복할 수 있는 유무선 복합모뎀을 제시하고자 한다.

2. 시스템의 요구사항

본 연구를 통해 개발하고자 하는 것은 앞서 다룬 내용과 같이, 스마트시티의 통신 네트워크를 구성하는 유무선 복합 통신모뎀이다. 서론에서 언급한 구축비용, 운영비용, 음영지역해소와 같은 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 기술을 적용한 모뎀을 개발하였다.

유선 무선통신기술은 비면허 대역을 사용하여 운

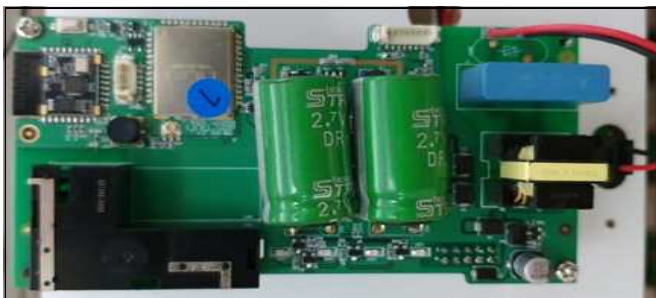
영비용을 최소화하고, 적은 양의 센서 데이터를 수집하는데 적합한 기술로 IEEE802.15.4g 기반의 Wi-SUN을 적용하였으며, 유선통신기술은 어느 곳이나 이미 기구축되어 있어 구축비용에 대한 문제를 해결할 수 있는 PLC 기술을 적용하였다

각 유무선 통신별로 특징점을 가지고 있는 만큼, 단점을 가지고 있어, 이를 극복하기 위해 유무선 통신을 복합적으로 적용할 수 있도록 운영 알고리즘을 개발하였으며, 네트워크 구성 상 하위계층에 각각의 유선 또는 무선만 적용한 통신모듈과의 연결도 가능하여, 데이터를 수집하는 중간 게이트웨이 역할도 가능하도록 하였다.

각 통신기술을 환경에 따라 선택적으로 운영하기 위해 MAC Adaptation Layer를 통한 통신선택 알고리즘을 구현하였다. 연구를 통해 개발한 통신모듈의 주요 사양은 <표 1>과 같으며, 실제 하드웨어의 모습은 (그림 1)과 같다.

<표 1> 통신모듈 주요 사양

항목	내용
Processor	ARM Cortex 32Bits Microcontroller
Interface	UART : Metering & Console
RF Interface	Sub-Giga (< 1Ghz)
RF Antenna	Built-in Internal Ant.
RF Output / Sensitivity	Max. 27dBm / -107dBm
RF Modulation	GFSK
PLC Interface	G3 PLC(154~487KHz)
PLC Modulation	OFDM
Operating Temperature / Humidity	-40℃ ~ +70℃ / 10% ~ 95%
Storage Temperature / Storage Humidity	-40℃ ~ +85℃ / 10% ~ 95%
Power Consumption @ DC 12V	Normal Operation: Under 2 W Tx Mode : 7W
Back-up Power	EDLC(34F)
RoHS	Comply



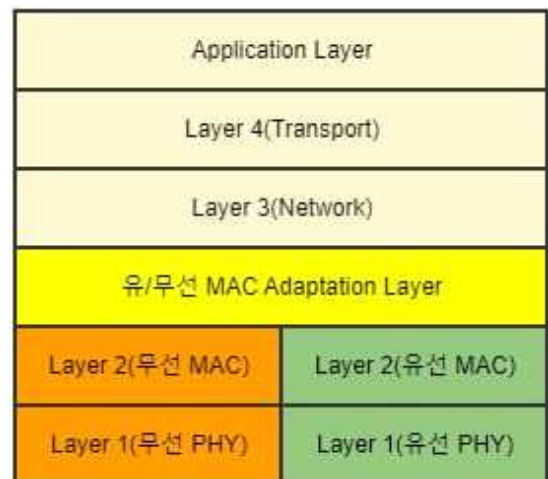
(그림 1) 통신모듈 하드웨어

3. 개발 시스템의 구성 및 서비스

일반적으로 Mesh 기반의 원격검침 시스템에서는 하나의 통신 방식을 이용하여 모뎀 네트워크를 구성하고 집중기에서 검침 데이터를 수집한다. 가령 Zigbee, Sub-Giga 등 무선 통신 방식을 사용하거나 이더넷, PLC 등 유선 통신 방식을 이용할 수 있다. 하지만 유/무선 각 매체가 가지고 있는 물리적인 특성으로 인해 특정 환경에서는 무선 방식이 성능이 더 좋을 수 있고 다른 환경에서는 유선 통신 방식이 성능이 더 좋을 수 있다. 원격검침을 수행하는 모뎀이 Line-of-Sight가 보장되는 환경이거나 무선 투과율이 좋은 재질의 환경이라면 무선 통신 방식이 효율적이고 지하나 콘크리트 구조물 안에 설치되는 경우라면 유선 방식이 더 효율적이다.

또한 Mesh 기반의 원격검침 환경은 지리적으로 먼 거리를 확보할 수 있는 특성으로 인해 특정 구간에서만 무선 혹은 유선 환경이 안 좋은 경우도 존재할 수 있다. 따라서 한 가지 통신 방식으로만 네트워크를 구성하게 되면 필연적으로 통신 음영 지역이 발생하게 된다. 이를 보완하기 위해 음영 지역이 발생하는 곳에 추가적인 모뎀을 설치하거나 이를 보완할 수 있는 통신방식을 적용 가능한데, 이런 방식의 문제점은 실제 모뎀이 현장에 설치되기 전까지 해당 지역에서의 문제를 확인하기가 어렵다는 것이다.

이를 해결하기 위해서는 유/무선 두가지 방식을 모두 사용할 수 있으면서 주변 환경에 따라 유동적으로 통신 방식을 바꿔가면서 운영할 수 있는 시스템이 필요하다. 아래는 이런 시스템을 구성하는 방법과 유/무선 통신 방식을 바꾸는 알고리즘에 대한 내용을 기술한다.



(그림 2) 모뎀 계층 구조도

Mesh 네트워크를 구성하는 모듈은 (그림 2)와 같이 OSI 7 Layer 중 Layer 3에 속한다. 하지만 유/무선 통신방식의 특성은 Layer 1 및 Layer 2에서 결정된다. 이러한 점을 이용하여 Layer 3과 Layer 2 사이에 별도의 유/무선 MAC Adaptation Layer를 추가하여 환경에 따라 자동으로 유선 MAC/PHY 혹은 무선 MAC/PHY를 선택할 수 있다면 유/무선 상황과 무관하게 Mesh 네트워크가 동작할 수 있다.

Adaptation Layer에서는 현장 환경에 따라 유/무선 중 하나를 Main으로 사용할 통신방식으로 설정하고 나머지 하나를 Sub로 사용할 통신 방식으로 설정한다. Main 통신 방식은 Mesh 네트워크에서 최초로 통신을 시도할 방식이고 Sub 통신 방식은 Main 방식으로 통신이 실패했을 때 사용하는 방식이다. 어느 방식으로 통신 할 지는 매번 데이터를 전송 할 때 마다 Adaptation Layer에서 판단을 해야 하는데 성공률이 비슷한 경우에는 Main 방식으로 통신을 시도한다. 이 때 각 통신 방식으로 통신했을 때의 성공/실패율을 항상 누적해서 기록하고 있어야 한다. 또한 Unicast가 아닌 Multicast를 하는 경우에는 Main과 Sub 두 방식으로 모두 데이터를 전송해야 하며 이를 받는쪽 모듈의 Adaptation Layer에서는 두 가지 통신방식으로 모두 데이터를 수신했을 경우 중복패킷 처리를 해서 두 번째로 수신한 동일 패킷은 상위 레이어(Layer 3)로 전달하지 말아야 한다.

통신 성공률 누적 기록의 경우 ETX(Expected transmission count)를 이용하여 기록 할 수 있다. 이 ETX 값은 통신하는 대상마다 각각 관리하고 있어야 하며 ETX의 초기값은 0x0100 이다. 대상과 통신을 시도하게 되면 통신 성공/실패/재시도 등의 여부에 따라 아래와 같이 ETX 값이 조정된다.

$$ETX = ((ETX * NBR_ETX_AGING) + ((Tx \text{ Retry Count} * 0x0100) * (100 - NBR_ETX_AGING))) / 100$$

(그림 3) ETX 계산식

여기서 NBR_ETX_AGING은 기존 ETX값이 가지는 비중을 나타내는 값으로 해당 값을 100으로 설정 시 ETX 값은 변하지 않게 되며 100보다 작을 경우 $100 - NBR_ETX_AGING$ % 만큼 Tx Retry Count가 비중을 가지게 된다. 통신 상황에 따라 ETX 값을 빠르게 변화시키려면 낮은 값을 사용해야 하고 천천히 변화시키려면 높은 값을 사용해야 한다.

이렇게 통신하려는 대상의 통신 방식마다 각각 ETX 값을 누적으로 관리하고 있는 상태에서 대상과 통신 시도 시 Adaptation Layer에서는 각각의 통신 방식의 ETX 값을 확인하여 더 좋은 ETX를 가지고 있는 통신 방식으로 전송을 시도한다. 이 때 ETX_THRESHOLD 값을 설정하여 유/무선이 서로 비슷한 ETX 값을 가지고 있는 상황에서는 그 값이 ETX_THRESHOLD 미만일 경우 Main 통신 방식으로 데이터를 전송한다.

위와 같은 로직을 적용하면 Mesh 네트워크에서도 주변 환경 및 통신 성공률에 따라 유/무선 통신 방식을 자동으로 결정하여 통신을 할 수 있다.

(그림 4)와 <표 2>는 개발 알고리즘을 적용하여 실제 성능시험을 하기위한 시험기기의 모습과 시험 결과 값을 나타낸다. 시험환경은 5-hop Mesh 유/무선 네트워크를 구성하고 100바이트의 데이터를 송수신 하도록 하였으며, 각 구간에 강제로 한가지 통신 방식만을 사용하게 하여 Adaptation Layer 로직을 검증 하였다. 시험환경에서의 전체 성공률은 98.65% 이다.



(그림 4) 시험 환경

<표 2> 시험 결과 값

시험기기 Address	전송	수신	성공률	홉/통신방식
0000:0001	80	80	100.00%	1홉 유/무선
0000:0002	80	77	96.25%	
0000:0003	80	80	100.00%	
0000:0004	80	80	100.00%	
0000:0005	80	80	100.00%	

0000:0006	80	79	98.75%	
0000:0007	80	80	100.00%	
0000:0008	80	80	100.00%	
0000:0009	80	80	100.00%	
0000:0010	80	80	100.00%	
0000:0011	80	80	100.00%	
0000:0012	80	79	98.75%	2홉 무선
0000:0013	80	79	98.75%	
0000:0014	80	80	100.00%	
0000:0015	80	80	100.00%	
0000:0016	80	78	97.50%	
0000:0017	80	80	100.00%	
0000:0018	80	79	98.75%	
0000:0019	80	80	100.00%	
0000:0020	80	80	100.00%	
0000:0021	80	79	98.75%	3홉 유/무선
0000:0022	80	80	100.00%	
0000:0023	80	80	100.00%	
0000:0024	80	80	100.00%	
0000:0025	80	80	100.00%	
0000:0026	80	79	98.75%	
0000:0027	80	80	100.00%	
0000:0028	80	74	92.50%	
0000:0029	80	80	100.00%	
0000:0030	80	80	100.00%	4홉 유선
0000:0031	80	79	98.75%	
0000:0032	80	56	70.00%	
0000:0033	80	80	100.00%	
0000:0034	80	78	97.50%	
0000:0035	80	80	100.00%	
0000:0036	80	83	100.00%	
0000:0037	80	82	100.00%	
0000:0038	80	80	100.00%	
0000:0039	80	79	98.75%	5홉 유/무선
0000:0040	80	80	100.00%	
0000:0041	80	80	100.00%	
0000:0042	80	79	98.75%	
0000:0043	80	78	97.50%	
0000:0044	80	77	96.25%	
0000:0045	80	80	100.00%	
0000:0046	80	79	98.75%	
0000:0047	80	79	98.75%	
0000:0048	80	80	100.00%	
0000:0049	80	80	100.00%	

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 산업통상자원부/중소벤처기업부 월드클래스 300 프로젝트 기술개발지원사업의 'Energy IoT 기반 스마트시티 적용 솔루션 개발(S2640959)'의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] “에너지효율 혁신전략” 산업통상자원부, 2019
- [2] “4차 산업혁명의 플랫폼인 스마트 시티 관련 비즈니스 현황과 향후전망” IRS Global, 2017

4. 결론

스마트 시티에서의 센서 네트워크는 도시 내 에너지 정보, 이동감지, 환경정보 등 다양한 정보를 수집할 수 있는 인프라로 스마트 시티 서비스를 위한 기반 데이터를 확보한다는 측면에서 가장 먼저 구축되고, 많은 데이터를 생성하게 될 것이다.

이러한 네트워크 구축을 위해 유선과 무선을 복합적으로 적용하여 정보 수집의 안정성을 확보할 수 있다면, 서비스가 빠르게 정착되고 확장될 수 있을 것으로 기대된다.