

송전설비 감시용 센서 네트워크 구성방식에 관한 연구

*정성환, 이재덕, 남기영, 이우경, **전상수, 김진호
*한국전기연구원, **(주)비트로시스

A Study of The Sensor Network Configuration for The Transmission Facilities Monitoring System

*Jeong, Seongwhan, Lee, Jaeduck, Nam, Keeyoung, Lee, Wookyoung, **Jun Sangsu, Kim Jinho
*Korea Electrotechnology Research Institute, **VITZROSYS

Abstract - This paper presents the sensor networking technologies and the process of selecting the suitable technology for the transmission line and facilities monitoring system.

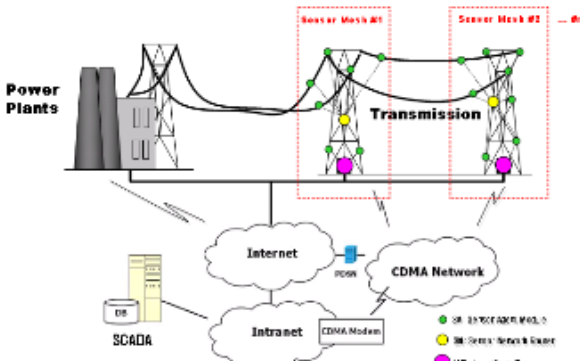
1. 서 론

송전 설비 감시 시스템은 송전 선로와 설비에 설치되는 다양한 센서 요소를 이용하여 실시간으로 계측하여 송전 설비의 상태 감시와 적절한 송전 운용 분석 알고리즘을 통하여 송전 설비 사고를 신속하게 복구하거나 예방하는데 그 목적이 있다. 뿐만 아니라 측정된 데이터를 이용하여 송전 설비를 지속적으로 관리함으로써 수명 연장에 따른 교체 및 사고발생을 방지하는데 그 목적이 있다고 할 수 있다. 본 논문은 유무선 인프라가 잘 구축된 국내 기반 시설에 적합한 송전 설비 감시 시스템의 기술 후보군을 선별하여 적용 가능여부를 조사하는데 초점을 맞추었다.

2. 본 론

2.1 송전설비 센서 네트워크 통신 구성안

본 논문에서 구성하고자 하는 송전설비 감시시스템의 최종적인 목표는 실시간으로 송전 설비의 감시를 통한 신속한 대응과 사전 송전운영을 위한 대표적인 DTCR 알고리즘을 이용하기 위해 다양한 센서 요소를 신속하고 정확하게 취득하여 상위 Station에 전송하는데 그 목적이 있다. 따라서 단일 센서 모듈을 통한 데이터 전송이 아닌 단위 송전탑과 송전선로를 대상으로 한 센서 네트워크 망을 구성해야 하며, 본 시스템 구성을 위해 다중 센서 노드를 유/무선 통신을 통해 센싱 데이터의 중간 매개체를 이용하는 새로운 개념의 도입이 필요하다.



<그림 1> 송전설비 온라인 감시 시스템 구성안

본 구성에서는 이러한 센서 노드들의 센서 데이터를 모아 처리하는 장치를 Local Node Box(이하 LNB)라 명명하고 이를 구성하기 위해 필요한 유/무선 통신 기술 후보군에 대한 세부적인 내용을 조사하여 적합한 기술을 찾고자 한다.

2.1.1 송전설비 감시를 위한 유/무선 통신 후보군

전통적으로 전력분야의 필드버스로 대표되는 유선통신은 오랜 현장 적용 경험을 바탕으로 기술이 완성된 형태로 센서 데이터

요소의 데이터 크기가 매우 크고, 신속한 전송 처리를 요하는 분야에의 적용이 유용한 장점을 갖는다. 하지만, 유선통신이 갖는 근본적인 한계는 Hard-Wire형태의 구성이 필수 불가결하여 송전 환경에 적용하기 위해서는 통신 선로의 EMC 및 내환경을 고려하여 설치/시공을 해야 하며 새로운 센서모듈의 추가 시에 환경 설정 및 재구성해야 하는 번거로움을 가지고 있으므로 송전 설비 감시 및 데이터 취득을 위해서는 무선통신망을 이용하는 방법이 유용성 및 확장성에 있어 유선에 비해 유리하다.

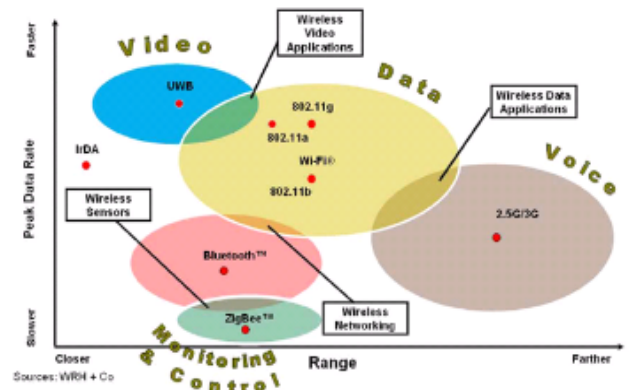
따라서 본 송전감시 구성에서는 기존의 상용화된 센서 모듈을 유선 통신을 이용하여 탈·부착하는 용이성을 배제하고 동적인 센서 Node의 탈·부착을 통한 자동 인식이 가능하도록 구성되는 무선 통신의 PAN(Personal Area Network) 기술을 조사하여 적용하도록 한다. PAN이라고 하는 Personal Area Network의 망 구성을 위한 기술로는 크게 일반적인 무선 LAN으로 사용되는 IEEE 802.11 계열의 기술 및 HomeRF 기술과 Handsfree, Headset에 사용되는 Bluetooth, IEEE 802.15.4를 기조로 하는 ZigBee 기술, 그 밖에 광대역 통신인 UWB로 대표될 수 있다.

현재 상용화 및 일반화된 모듈로 구성한다는 전제 아래 무선 통신 기술들을 사용주파수 대역, 통신 거리 및 전송 속도 등을 바탕으로 표 1과 같이 요약할 수 있다.

<표 1> 센서 네트워크 무선 통신 후보 기술

	Band	Speed	Distance
ZigBee	2.4G	250Kbps	30m
Bluetooth	2.4G	1 Mbps (V.1.1)	10m
UWB	3.1 ~ 10.6G	100~500Mbps	10m
HomeRF	2.4G	0.8/1.6 Mbps (V.1.2)	50m
IEEE802.11b	2.4G	11 Mbps	100m
IEEE802.11a	5G	54 Mbps	100 m
IEEE802.11g	2.4G	54 Mbps	100 m (?)

그림 2는 실제 무선 통신 후보별 Range 및 Data Rate을 기준으로 각 기술의 분포상황을 나타내고 있다.

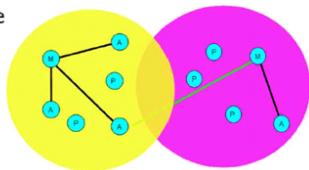


<그림 2> 무선 통신별 Range vs. Data Rate 분포비교

송전선 감시를 위한 PAN 무선 통신 기술을 선정하는데 있어 가장 중요한 기준 요소는 무선 통신을 위한 허가 주파수 대역을 사용해야 한다는 점과 통신 구성에 필요한 Data Rate(통신속도)와 통신 거리 등임을 고려할 때, Range는 Middle Range(100m) 이하이면서, Data Rate이 100k bps 정도이고, 가장 중요한 소비 전력은 수십 mA인 Bluetooth와 ZigBee로 기술 후보군을 요약할 수 있다. 송전탑을 대상으로 다중 Node를 처리하기 위해서 LNB와 각 센서요소별 계측장치는 1:N 혹은 N:N의 형태 통신 구성이 가능해야 한다.

Bluetooth기술은 FHSS기술인 주파수 변동의 Hopping방식을 이용하여 무선통신을 이루는 기술로 그 특징은 <그림 3>과 같이 요약할 수 있다. 특징적인 내용으로는 응답특성이 빠르기 때문에 음성전송에 탁월한 기술이기에 현재 Handsfree 나 Headset에 적용되어 휴대폰 주변기기에 적용되고 있다. 그러나 센서네트워크를 구성하는데 있어서는 Pico-Network을 구성했을 경우 1개의 Master에 최대 7개의 Slave를 구성할 수 있다는 제한과 여러개의 Pico-net을 통해 Scatter-net구성이 가능하나 Pico-Net단위로 복수의 Master를 두어야 한다는 점과 Network 복원이나 Network Route Path를 유동적으로 구성하기에 현실적으로 난이도가 커 본 송전설비를 위한 센서 네트워크에 적용하기에 어려움이 있는 것으로 파악된다.

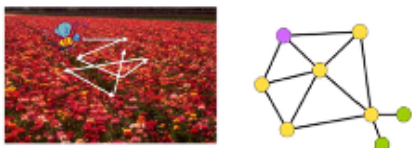
- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum): 1600 hop/s
- Pico-net
 - 1 Master
 - 7 Active Slaves
 - 200+ Parks
 - Each network has a unique hopping pattern ID
- Scatternet
 - Multiple pico-nets co-located
 - Device can be on multiple pico-nets
- Ad-hoc networks between capable device
- Very Low latency frame structure
 - Handsfree audio
 - Screen graphics, Pictures,...
 - File Transfer



<그림 3> Bluetooth 주요 기술

ZigBee 통신은 PHY와 MAC을 IEEE 802.15.4 표준규약을 준수하며 센서 네트워크를 위해 개발된 통신이라 할 수 있다. 앞서 설명한 Bluetooth에 비해 1개의 Coordinator에 이론적으로 65535개의 센서노드를 구성할 수 있으며 실제적으로 250여개의 Node를 구성이 가능하도록 설계되었다. 또한 본 송전선로 감시 시스템의 중요 요구사항으로 알려진 소비전력 부분에서도 탁월한 성능과 네트워크가 형성된 후 Join을 하는데 수십 ms안에 데이터 전송이 가능하다는 장점을 가지고 있어 향후 송전분야 및 기타 여러 분야의 USN 표준 기술로 자리를 잡고 있는 추세이다.

- 16 channels in the 2450MHz band, 10 channels in the 915MHz band, 1 channel in the 868MHz
- Over-the-air data rates of 250 kbps, 40kbps, 20 kbps
- Star or Peer-to-Peer operation
- CSMA-CA channel access
- Dynamic device addressing
- Fully handshaked protocol for transfer reliability
- Low power consumption (multi-month/year of battery life)
- Range: 10m-70m

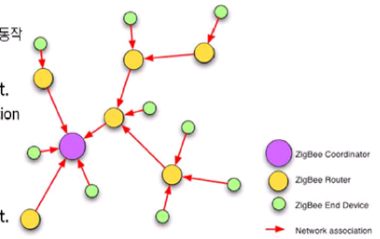


<그림 4> ZigBee 주요 기술 구성 [요약]

기본적인 무선통신은 MicroWave라는 매개체인 전파를 통해 데이터가 전송되는 형태이기에 빛의 대표적인 파동성격인 회절과 반사, 간섭, 굴절 등과 같은 성질을 갖는다. ZigBee 통신에서

는 이러한 파동성에 의한 통신의 제한을 극복하고자 3가지의 개념도입하여 네트워크 구성이 원활하게 하도록 한다.

- ZigBee Coordinator (ZC)
 - ZigBee network당 한 개만 존재
 - Full Function Device (FFD)
 - Network가 형성되면 Router로 동작
- ZigBee Router (ZR)
 - Optional network component.
 - ZCL나 다른 ZR, ZED와 Association
 - FFD
 - Multi-hop routing 지원
- ZigBee End Device (ZED)
 - Optional network component.
 - FFD or RFD
 - ZC 또는 ZR과만 Association
 - Routing기능이 없음



<그림 5> ZigBee Device Type

ZC라는 것은 전체 PAN에서 유일하게 존재하여 전체 네트워크 망을 관리 감독하는 것으로 본 시스템에서는 LNB에 해당한다 할 수 있다. 또한 여러 개의 센서단위의 Node는 ZED로 구성하여 초저전력 구성이 가능하며 스케줄에 따라 정해진 시각에 센서 데이터 취득 및 전송이 가능하도록 구성이 가능하며, 전파의 간섭에 의한 통신이 원활하게 이루어지지 않은 것을 대비하여 Route기능을 하는 ZR로 구성되도록 하고 있다.

3. 결 론

이상으로 송전설비 및 선로 감시를 위한 무선 센서 네트워크 구성에 필요한 유/무선 통신 기술들을 살펴보았다. 현재 기술 시점을 기준으로 볼 때 저전력 센서 네트워크 구성이 가능한 ZigBee 기술이 본 시스템 구성에 가장 효과적인 방식으로 예상되며, 이러한 기술을 송전 현장에 적용하기 위해선 보다 상세한 검토 및 실증시험이 이뤄져야 한다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] ZigBee Alliance 규격(<http://www.zigbee.org/en/index.asp>).
- [2] 한국산업기술지원센터, 무선센서네트워크 및 ZigBee 응용기술 자료.
- [3] 산업교육연구소, 첨단센서 및 USN/ZigBee 기술시장분석 세미나 자료.
- [4] 한국 RF-ID/USN 협회 자료(<http://www.karus.or.kr>).