

능동배전망용 무선 네트워크 적용 가능성 검토

손예지, 양준혁, 윤성국
 송실대학교

A Review on Wireless Networks for Active Distribution Network

Ye-Ji Son, June-Hyuck Yang, Sung-Guk Yoon
 Soongsil University

Abstract - 능동배전망이란 배전계통에 증가하고 있는 소규모 재생에너지 자원에 대응하여 고신뢰, 고품질의 계통 운영을 유지할 수 있도록 하는 지능형 배전 설비 기반의 배전계통이다. 능동배전망은 배전 설비의 원격제어 기능과 선로 운전상황 감시 기능을 활용하여 배전망을 운영한다. 최근 실시간으로 상태 추정이 가능한 D-PMU(Distribution-Phasor Measurement Unit)의 능동배전망 도입으로 기존보다 빠른 전송속도와 높은 신뢰성을 지닌 통신 네트워크 적용이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 TRS, e-IoT, LTE, LTE VPN, 5G의 다섯 가지 무선 네트워크의 장단점을 분석하고 각 기술의 능동배전망 적용 가능성에 대해 검토하였다.

1. 서 론

전세계적인 전력수요는 지속적인 증가하는 반면 기존의 화석 연료 기반의 발전기는 CO2 배출의 감소를 위해 점차적으로 축소되고 있다. 그 결과로 인한 부족한 전력량은 재생에너지로 충당하고 있다. MW 이상의 대규모 재생에너지는 발전단지는 기존 발전원과 동일하게 송전선로를 통해 계통에 인입되나 kW 급의 재생에너지 발전원은 주로 배전망을 통해 인입되고 있다. 기존의 배전망은 발전단지에서 소비자로의 전력 흐름만 고려하여 설계되어 있기에 재생에너지가 다수 도입된 상황에서 불안정하게 동작할 가능성이 있다. 또한 재생에너지의 간헐적인 출력 특성으로 인하여 배전망에서의 전력 공급의 신뢰도 향상과 전력 품질 유지가 중요하다.

이를 해결하기 위해 고성능의 계측과 통신 기능을 가진 지능형 배전설비에 기반한 능동배전망이 고려되고 있다. 능동배전망은 배전설비의 원격제어 기능과 선로 운전상황 감시 기능을 활용하여 배전망을 운영한다. 능동배전망 구축을 위해 전력 계통 특수설비 도입 및 통신 네트워크 개선의 필요성이 강조되고 있다. [1] 능동배전망에서 사용될 최신의 계측기로 D-PMU(Distribution-Phasor Measurement Unit)가 고려되고 있다. D-PMU는 전류와 전압의 크기, 위상각, 주파수 등 다양한 상태정보를 초당 120샘플의 주파수로 측정할 수 있어 높은 정확도를 가진다. [2] 이러한 데이터 전송을 위해 높은 전송속도와 신뢰성을 가진 통신 네트워크가 요구되나, 현 계통에 사용되고 있는 TRS(Trunked Radio System)망은 송신 속도 한계로 인해 D-PMU의 적용이 어려움이 존재한다. [3]

본 논문에서는 D-PMU가 도입되었을 때 원활한 능동배전망 운용을 위한 다섯 가지 무선 통신 네트워크 기술을 분석한다. 이는 현재 배전망에서 사용 중인 TRS(Trunked Radio System), IoT 환경을 위해 한전과 전자통신연구소에서 표준화를 진행한 전력 분야 사물인터넷(e-IoT), LTE, LTE VPN, 5G 기술이다. [4] 부가적으로 비용 효과적으로 능동배전망 용 무선 네트워크를 구축할 수 있는 방법에 대해 기술한다.

2. 무선 네트워크 적용 가능성 검토

2.1 능동배전망 통신 요구사항

〈표 1〉 FRTU/PMU 생성 데이터 비교

	PMU/D-PMU	FRTU
취득 주기	10~120회/초	2초당 1회
취득 데이터	전압 크기/위상각, 전류 크기/위상각, 주파수	상태정보, 유효전력, 무효전력, 전압 등
데이터 생성량(월)	1.13~13.45 GB	44.2 MB
필요 전송속도	3.36~40.32 kbps	132 bps

현재 사용되는 능동배전망용 계측 장치인 FRTU(Feeder Remote Control Unit)는 상태정보, 유효전력, 무효전력, 전압 크기, 전류 크기 등의 데이터를 매 2초 당 전송한다. 이를 월 총 데이터 전송량으로 환산하면 44.2MB이고 전송속도로 132 bps의 속도를 요구한다. D-PMU의 경우 전압/전류의 크기와 위상각, 주파수 등의 데이터를 1초당 10~120회씩 보내주어 월 최대 13.45GB의 데이터를 생성하고 최소 40.32kbps의 전송속도를 요구한다. [5] FRTU, D-PMU에서 생성하는 데이터 량과 전송속도는 <표 1>에 요약하여 기술하였다.

2.2 무선 네트워크 기술

2.2.1 TRS(Trunked Radio System)

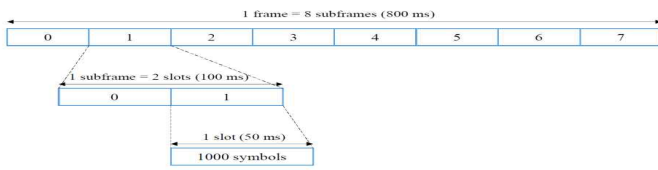
TRS 기술은 위키토키 기반의 데이터 전송 기술로 현재 산간 지역 등의 배전망에 일부 구간에 적용된 무선통신 기술이다. TRS는 전송 거리가 2~30km로 넓으나 최대 데이터 전송속도가 10kbps로 <표 1>과 같이 FRTU 수준의 데이터는 수용할 수 있으나, D-PMU와 같은 고속의 데이터 전송을 요구하는 능동배전망에서 TRS 기술은 필요 전송속도를 충족시키지 못한다. [6]

2.2.2 전력 분야 사물인터넷(e-IoT)

통신 기술은 점차 빠른 속도와 개방적인 구조를 가지며 진화해왔으며, 사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 인터넷에 연결된 것이 사람뿐만 아니라 기기들이 연결되어 초연결 사회로의 시발점이 되는 기술이다. 하지만 전력 시스템은 폐쇄망으로 운영되어 왔고 사물인터넷을 적용하기 위해 미래에는 개방형의 망이 검토되고 있다. 개방형 망의 문제점으로 보안 취약성이 언급되고 있기에 한전에서는 전자통신연구원과 함께 다음 5가지 자체 사물인터넷 표준을 진행하였다. 1) 시스템 규격 2) 단순등록 규격 3) 데이터 보고 규격 4) 현장 단말 서비스 규격 5) 협대역 무선통신 물리계층 규격 [7]

표준 5부에서 제공한 e-IoT에서 협대역 주파수 자원을 이용하는 물리계층에 관한 기술을 정의한 규격에 따르면 e-IoT의 물리계층은 25 kHz를 사용하고 심볼 전송률은 20 kHz로 정의되어 있다. <그림1> 과같이 한 프레임은 8개의 서브 프레임으로 구성되어 있고, 한 서브 프레임은 2개의 슬롯으로 구성된다. 한 슬롯은 50 msec의 길이를 가짐으로 한 프레임은 800 msec의 단위의 시간을 가진다. e-IoT는 총 26개의 MCS(modulation and Coding Scheme) 단계를 가져 이론적인 전송속도는 10~100 kbps이다. e-IoT의 최대 전송속도는 D-PMU의 전송속도를 만

즉시키나, 최대 속도를 내기 위해서는 전송 거리가 수 m 이내로 매우 짧아야 하므로 e-IoT로는 D-PMU를 원활히 지원할 수 없을 것으로 예상된다.



〈그림 1〉 e-IoT 프레임 구성도

2.2.3 LTE(Long Term Evolution)

LTE는 현재 가장 대중적인 이동통신 기술로 이론적으로는 100 Mbps의 하향 링크 속도를 낼 수 있고 LTE-Advanced에서는 최대 300 Mbps의 속도를 낼 수 있다. 3GPP에서 오랜 표준화 기간을 거친 LTE 기술은 LTE-Advanced, 기기 간 통신을 위한 LTE-M 등 다양한 버전의 기술이 공존한다.

LTE는 높은 전송속도를 가지나, 넓은 대역폭을 요구하고, 가격이 비싸며, 구동하기 위하여 e-IoT보다 높은 전력을 요구한다. 추가적으로 LTE 기술은 기본적인 보안 기술을 제공하고 있으나 공용 무선 전파를 사용함으로 도·감청의 위험이 있고, 이는 잠재적인 보안 위협성을 지니고 있다고 사료된다.

2.2.4 LTE VPN(Virtual Private Network)

LTE의 단점을 보완한 LTE VPN은 LTE와 같은 공용망을 사용하면서 소프트웨어적으로 VPN 사용자들에게 사설망과 같이 독립된 서비스를 제공하는 기술이다. 즉, 물리적으로는 하나의 회선이나 고객별로 완벽하게 트래픽을 분리하여 사설망과 동일한 신뢰성과 보안 수준을 가진 기술이다. 이 기술은 LTE 단말기, 기지국, 모든 네트워크 라우터에 VPN 모듈이 탑재된 경우에만 가능하다. LTE VPN의 단점은 다음과 같다. 1) 기존 LTE 보다 높은 가격을 가지며, 2) 공용망이 혼잡할 때 데이터 전송 지연 가능성이 존재하여 지연 시간을 보장할 수 없다. 3) 전국적인 망 다운 시에 LTE VPN망도 함께 다운된다.

2.2.5 5G 네트워크

LTE 기술에서 진화된 기술인 5G는 한국이 세계 최초로 상용화한 기술이며 현재 500만 명 이상의 사용자를 확보하여 대중적인 이동통신 기술로 자리 잡고 있다. 5G는 기존의 기술과 달리 셀이 아닌 다수의 안테나와 밀리미터 웨이브를 이용하여 셀보다 더 작은 단위로 구분할 수 있다. 이론적으로 5G는 최대 20 Gbps의 하향 링크 속도를 낼 수 있으며, 지연 시간은 1 msec로 LTE의 20배의 개선이 있고, 1 km²당 100만대의 기기가 서비스를 받을 수 있다. 이는 LTE와 비교해 10배의 기기 수이다.

5G 기술의 배전망 적용 시 최신의 기술을 사용하기에 가장 높은 비용을 가질 것으로 예상된다. 또한, 아직 기기 간 통신 서비스가 출시되지 않았기에 현재 배전망에 적용은 어렵다. 5G는 LTE 기술 이상의 보안 수준을 가지나 보안성 분석이 더욱 필요하며 공용 무선망을 사용하는 점은 동일하여 VPN 기술을 적용하지 않는 이상 국가 기간망인 전력 계통에 적용하기는 어렵다.

3. 능동배전망용 무선 네트워크 검토

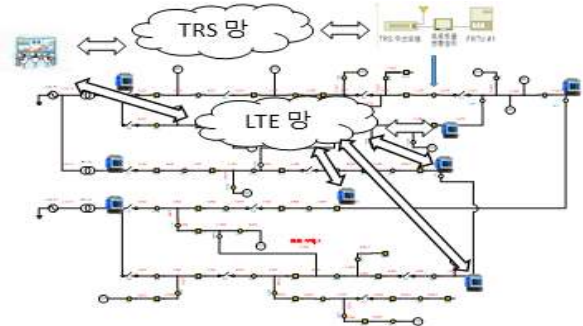
3.1 TRS/LTE 혼합 무선 네트워크

현재 능동배전망에서 무선 TRS망을 이용하여 계통 상태정보를 통신하고 있다. TRS망은 FRTU 수준의 데이터 전송용 통신망으로 사용됐으나, 40.32 kbps의 속도가 요구되는 D-PMU의 적용은 어렵다.

TRS망을 LTE망으로 대체할 경우, 데이터 수용은 가능하나 높은 통신비용이 수반되며 낮은 보안 수준으로 계통 감시 및 제어용 통신망으로는 부적합하다. LTE VPN의 경우 보안성도 만족시킬 수 있으나 더 높은 비용을 요구한다. 본 논문에서는 능동배전망을 지원하기 위한 통신 네트워크로 제어망과 수집망을

분리한 혼합 무선 네트워크를 제안한다.

〈그림 2〉는 제안하는 혼합 무선 네트워크를 보여준다. 제안하는 네트워크에서는 높은 보안 수준이 요구되는 제어신호는 제어망은 TRS를 이용하며 관제센터와 각 배전 설비를 연계하여 제어정보를 원격으로 전달하여 안정적인 계통 운영에 기여하고, 일반 계측 데이터는 전국망을 갖춘 고속 LTE망을 수집망으로 사용하여 비용 효과적인 네트워크를 구축할 수 있다.



〈그림 2〉 능동배전망용 TRS/LTE 혼합 무선 네트워크 예시

4. 결 론

본 논문에서는 능동배전망을 위해 무선 네트워크 기술에 대하여 성능, 보안성과 비용 문제의 관점으로 다섯 가지 기술에 대하여 분석하였다. 기존 TRS 기술과 전력 분야 사물인터넷(e-IoT)은 낮은 속도로 능동배전망에서는 사용이 어려울 것으로 보인다. LTE, 5G는 높은 성능을 보이나 보안성과 비용의 문제가 있고 LTE VPN은 성능, 보안성을 만족하나 비용이 높은 단점이 있다. 본 논문에서는 성능, 보안성, 비용 문제를 해결하기 위해 TRS와 LTE망 혼합 무선 네트워크를 제안하였다. 향후, 다양한 조건에서 무선 네트워크뿐만 아니라 유선 네트워크까지 이용한 기법을 고려하여 개선된 능동배전망의 운영에 적합한 네트워크 기법을 연구할 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 한국전력공사의 2018년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (Grant number.R18XA04)

참고 문헌

- [1] Bogdan Constantin Neagu, "The Optimal Operation of Active Distribution Networks with Smart Systems", IntechOpen.88032, 2019.11
- [2] Dusabimana, E.; Yoon, S. A Survey on the Micro-Phasor Measurement Unit in Distribution Networks. Electronics 2020, 9(2), 305
- [3] Xiacong Wang, "Micro-PMU for distribution power lines", ISSN 2515-0855, 2017.10
- [4] 김영현, 이승배, 박명혜, 강희운, 권철, Cho Hyun Cheol, Kim Myung Ho. (2016). 전력IoT 프로토콜 표준화에 관한 연구. 한국통신학회 학술대회논문집, 1062-1064.
- [5] Hojabri, M.; Dersch, U.; Papaemmanouil, A.; Bosshart, P. A Comprehensive Survey on Phasor Measurement Unit Applications in Distribution Systems. Energies 2019, 12(23), 4552
- [6] 정길수. (2017). 디지털 주파수 공용통신 시스템(TRS)에 관한 연구. 한국통신학회 학술대회논문집, 659-660.
- [7] 에너지 전력 분야 사물인터넷(e-IoT), 정보통신단체표준(TTAS), 2018.12