

電力施設のLPWA通信への影響解明

電気所、マンホール、洞道におけるLPWA適用に向けて

Clarification of the Influence of Electric Power Facilities on LPWA Communication

Toward the application of LPWA to electric power facilities, manholes, and cable tunnels

(エネルギー応用研究所 ネットワークG 通信T)

IoTを実現するための主要な通信技術であるLPWA (Low Power Wide Area) について、電力機器近傍のノイズ、マンホールと洞道内の電波伝搬について調査し、電力施設内におけるノイズの影響や伝搬距離推定のための知見を得た。

(Communication Team, Network Group, Energy Applications Research and Development Center)

We investigated radio noise near electric power equipment, radio wave propagation in manholes and cable tunnels related to LPWA (Low Power Wide Area), which is the main communication technology for realizing IoT. As a result, we gained understanding about the influence of radio noise and propagation distance estimations for electric power equipment.

1 背景と目的

設備保守や運用業務等の効率化に向けて、IoTの活用が進みつつある。センサ情報等を収集するためのIoTの通信方式に適したLPWAは、低コストで導入が期待できる通信技術として、昨今脚光を浴びている。当該技術は、低速であるが、数km～数十kmの広域通信が可能で、低消費電力により電池利用ができる。

当社に於いてもLPWAの活用検討を進めているが、電力施設で利用する際の電力機器からの電波ノイズの影響や、地中施設であるマンホールや洞道内の制約は明らかではない。このため、電力機器近傍ノイズや地中施設における電波伝搬特性の調査を行い、適用時の制約を整理した。

2 電力機器近傍のノイズ環境におけるLPWA利用

(1) 電力機器近傍のノイズレベル

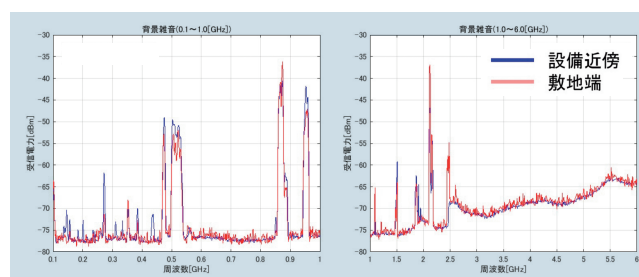
電力施設では、背景ノイズや機器稼働による定常的なノイズに加え、コロナ放電や火花放電のように設備の汚れや劣化に起因する絶縁破壊によるパルス性ノイズの発生が想定されるが、LPWAが利用する920MHz等の通信帯域における実態は明らかではない。

このため、ノイズ発生が多いと想定する超高压変電所(275kV A変電所、154kV B変電所)の気中変電機器近傍でノイズ実態を把握するための測定を行った。

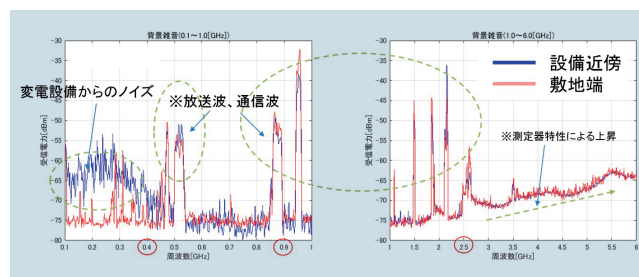
測定は、ノイズ発生源となる充電部近傍から数m離れた位置で実施した。まず、ノイズ状況の全体像を把握するため、スペクトラムアナライザにより100MHz～6GHz間を測定した結果(第1図、第2図)、主に500MHz帯域以下で設備からのノイズ発生レベルが高いことを確認した。また、LPWA通信への影響が懸念されるパルス性ノイズの発生も確認した。

さらに、LPWAで利用する帯域幅におけるノイズレベルを把握するため、LoRaおよびWiSUN方式による通信実験を行い、無線機より得られた受信信号強度(RSSI)

と通信パケットエラー率(PER)によりノイズ状況を推定した(第1表)。



第1図 275kV A変電所のノイズ状況

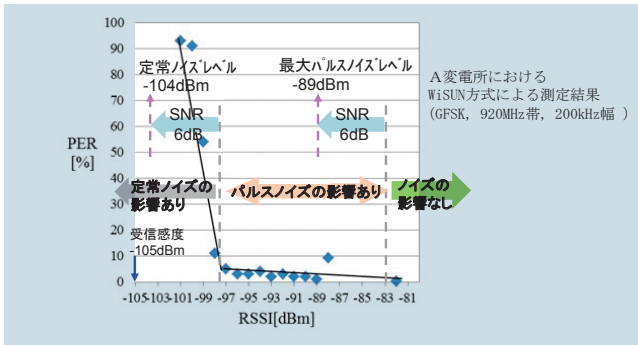


第2図 154kV B変電所のノイズ状況

第1表 電力機器近傍における電波ノイズ推定値

測定場所	定常ノイズ		パルス性ノイズ (920MHz帯200kHz幅) ※WiSUN方式による測定から推定
	920MHz帯 200kHz幅	429MHz帯 12.5kHz幅	
275kV A変電所	-104dBm	-108.5dBm	最大-89dBm、29ms毎、1ms幅以下
154kV B変電所	-103dBm	-107.5dBm	最大-88dBm、93ms毎、1ms幅以下

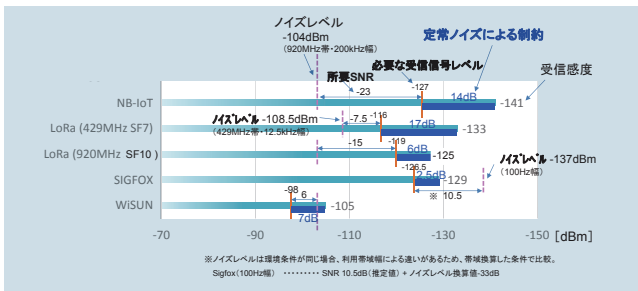
例として、A変電所にてWiSUN方式による通信実験を行った測定結果とノイズレベル推定について示す(第3図)。ノイズの影響が無い場合、最低受信感度のRSSI -105dBmまで通信パケットエラーがほぼ発生しないが(PER1%以下)、電力機器近傍では、RSSI -83dBmからエラーが稀に発生し、-98dBm以下でエラーが多発する状態となった。この状況より、-83～-98dBm区間はパルス性ノイズにより散発的なエラーが発生し、-98dBm以下では定常ノイズにより連続的なエラーが発生していると想定した。ノイズレベルは、RSSIに通信方式のノイズ耐性である所要SNR(Signal-to-Noise Ratio, WiSUNの場合 6dB)を除算した値となる。



第3図 測定結果とノイズレベル推定値

(2) LPWA通信へのノイズの影響

LPWA各方式 (LoRa (920MHz, 429MHz), Sigfox, NB-IoT, WiSUN) について、耐ノイズ性能の諸元となる最低受信感度と所要SNRを整理し、定常ノイズによる各方式の受信能力への制約を検討した。例として、275kVA変電所における定常ノイズによる受信能力制約を示す (第4図)。



第4図 定常ノイズによる受信能力制約例 (A変電所)

LoRa (920MHz・SF10) 方式の場合、通信に影響を与えないノイズレベル閾値は、 -110dBm (=最低受信感度 (-125dBm) - 所要SNR (-15dB)) であり、この閾値を越える定常ノイズレベルとの差分が受信能力への制約となる。すなわち -110dBm (ノイズレベル閾値) に対し、 -104dBm (定常ノイズレベル) は 6dB 高く、これが受信能力制約値となる。

3 マンホールにおけるLPWA利用

マンホール (以下、MH) 内と地上間の電波伝搬については、MH設備周辺および地上空間伝搬時の地表面による遮蔽の影響を明らかにする必要がある。本研究では、送電マンホール2カ所にて測定を行った。分析結果を以下に示す。

①MH設備周辺の電波透過時の損失

※蓋直下に無線機設置

920MHz帯 40dB程度、429MHz帯 30dB程度

②MH周辺の電波放射指向特性

特定方向への指向性の偏りはあまり無く、測定値差は9dB以内

※MH内無線機の設置位置を複数選定し測定。

③MH内の無線機設置位置による損失

内奥部設置時、最上部設置に対し30dB程度増加

④地表面の損失 (自由空間損失に対する増分)

920MHz 0.1dB/m、429MHz 0.06dB/m

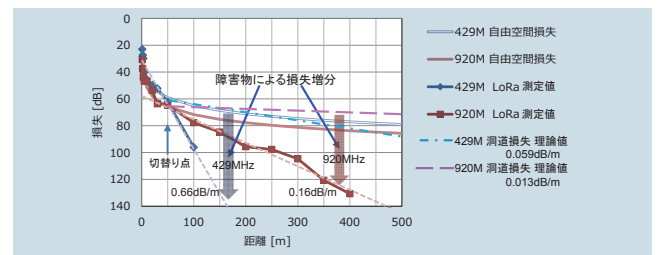
※人の高さ1.5mにて、90mまでの測定結果より算出。

4 洞道内におけるLPWA利用

LPWAが利用する周波数帯における洞道内の電波伝搬概要を把握するため、電力ケーブルが布設されている洞道内で通信実験を行った。洞道は直径2~5mで、ケーブル設備等は電波伝搬路上の障害物となる。

洞道内の伝搬損失推定は、主にモード伝搬的手法となる。障害物の無い場合は、429MHzに比べ920MHzの損失の方が少なく、直径が大きいほど損失が少なくなるなど、洞道特有の電波伝搬特性となる。また、920MHzかつ直径5mの洞道では、自由空間より減衰が少ない。直線路の伝搬損失は、送信点からは自由空間損失となり、途中の切替り点から一定割合の損失となる。しかしながら、洞道内のケーブル設備等の障害物による損失は明らかではない。

このため、LoRa無線機 (920MHz・SF10、429MHz・SF7) による通信実験にてRSSIとPERを測定し、直線区間およびクランク等の構造部による損失を確認した。分析の結果、直線区間の場合、切替り点 (約30~50m) までは自由空間損失もしくはそれ以上 (最大約100dB) の損失となり、切替り点以降では、損失が0.16~0.66dB/m (理論値の数倍~十数倍) となった。5m円形洞道の測定結果を示す (第5図)。



第5図 測定結果 (5m円形洞道 直線区間)

また、洞道内の各種構造を介した区間測定結果より、自由空間損失を除く構造損失を推定した (第2表)。

第2表 洞道内構造による損失 (dB)

クランク	開口部	立坑	扉部
1~32	40~44	22~34	11~12

5 まとめ

本研究では、電力施設内にてLPWAを利用する際の伝搬距離推定のため、ノイズによる各種方式の受信性能制約と構造物の影響による損失を示した。



執筆者 / 瀧本 隆