

# 電波伝搬特性に基づく無線センサネットワーク構築の基礎検討

- 変電所構内での微弱無線および IEEE 802.15.4 の電波伝搬特性 -

## 背景

無線センサネットワークは、多地点の情報を効率よく収集できる技術である。通信方式には、免許が不要な微弱無線や伝送容量が向上した IEEE 802.15.4 があるが、使用する周波数帯や電波強度が異なり、周囲の構造物によって伝送性能が異なるため、適用には電波伝搬特性を把握する必要がある。しかし、変電所構内など複雑な金属構造物を多く含む環境での電波伝搬特性は、現在未知である。

## 目的

金属構造物を多く含む環境（変電所構内）での微弱無線および IEEE 802.15.4 の電波伝搬特性<sup>1)</sup>を明らかにし、無線センサネットワーク構築のための知見を得る。

## 主な成果

### 1. 微弱無線と IEEE 802.15.4 のノード間電波伝搬特性

表 1 に示す 4 種類の環境で受信電力の距離特性を測定し、以下の結果を得た。

- (1) 微弱無線では、通信距離が約 10m 前後と短く、周囲の金属構造物による受信電力の距離減衰傾向の差は比較的小さい。
- (2) IEEE 802.15.4 では、10m 付近までの距離減衰傾向は微弱無線と同様であるが、それ以遠では周囲の金属構造物によって減衰が異なる傾向にあり、金属が伝搬路を遮る場合でも反射波により通信が可能である。

ただし、詳細に見ると受信電力は複雑に変化し、10m 以内の近い距離でも 10cm 程度の位置変化で受信電力が低下し、通信が不安定になる場所がある。

### 2. 無線センサネットワークの連続稼働試験

変電所構内に微弱無線によるセンサノードを複数設置し、1 週間連続稼働させた (図 1)。その結果、10dB 程度の受信電力の時間変動が観測された (図 2)。また、同様の受信電力の時間変動が IEEE 802.15.4 でも見られた。

### 3. 設計・設置時の対応

以上の結果から、金属構造物の多い環境で無線センサネットワークを構築する場合、詳細な事前設計は困難になるため、以下の対策が有効である。

- ・ 周囲環境による受信電力の減衰傾向を考慮した大まかなノードの配置設計を行う。
- ・ 現場に設置後、各ノードの電波受信特性から通信状態の悪いノードを判別する。

- ・ そのノードの位置調整や、受信電力の時間変動を考慮した周囲のノードによる迂回ルートの有無を探索し、中継用ノード追加などの必要な対策を講じる。

## 今後の課題

現場でセンサネットワークを構築する際に、ユーザがノードを最適に配置するための支援ソフトウェアを作成する。

注1) 微弱無線は周波数 315MHz、送信電力-20dBm、受信感度-101dBm、IEEE 802.15.4 は周波数 2.4GHz、送信電力 0dBm、受信感度-94dBm で使用。

表1 ノード間の電波伝搬特性の一例

通信方式	測定場所(周囲の金属構造物)	距離減衰率 ( $1/r^x$ ) <sup>1)</sup>		通信成功率 <sup>2)</sup> 低下点 <sup>3)</sup>	通信距離 <sup>4)</sup>
		10m未満	10m以上		
微弱無線	グラウンド(なし)	$x = 2.7$	- <sup>5)</sup>	8m	12m
	変電所(少ない)	$x = 2.9$	- <sup>5)</sup>	9m	10m
	変電所(多い)	$x = 2.6$	- <sup>5)</sup>	9m	13m
	変電所(多い+伝搬路上)	- <sup>5)</sup>	- <sup>5)</sup>	3m	6m
IEEE 802.15.4	グラウンド(なし)	$x = 2.1$	$x = 1.9$	34m	41m
	変電所(少ない)	$x = 3.2$	$x = 1.9$	26m	59m
	変電所(多い)	$x = 2.3$	$x = 1.1$	7m	30m以上 <sup>6)</sup>
	変電所(多い+伝搬路上)	$x = 2.4$	$x = 1.2$	20m	30m以上 <sup>6)</sup>

- 1)  $r$  は距離 2) 1対の送受信ノード間で通信が成功した割合(%) 3) 通信成功率が90%以下になった最短距離  
 4) 通信成功率が100%であった最長距離 5) 通信不可もしくは通信が不安定で $x$ は決定できず  
 6) 今回の変電所では測定可能な最長距離が30m

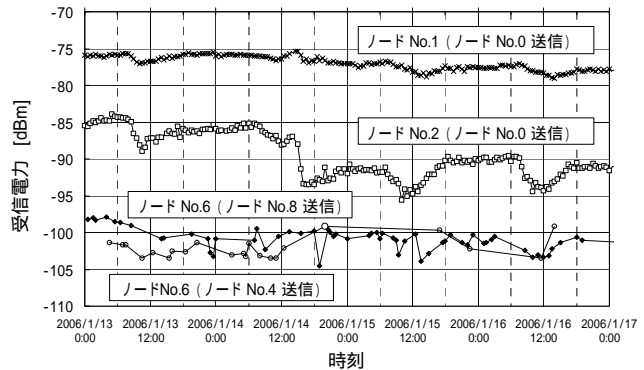
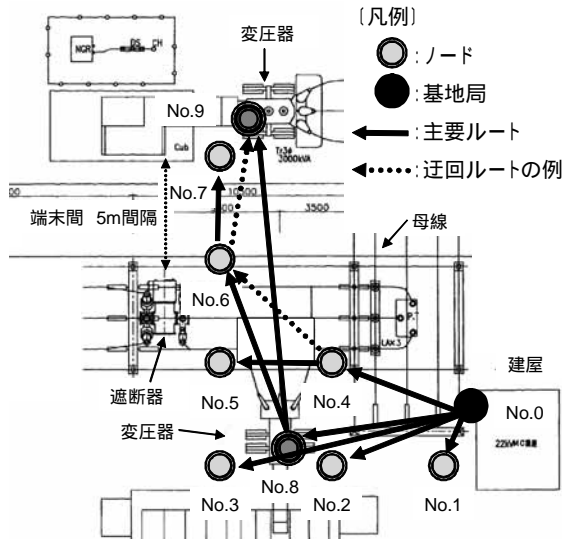


図2 受信電力の時間変動の一例(微弱無線)

図1 センサノードの配置と伝送ルート  
(微弱無線)

研究報告 R05007	キーワード：センサネットワーク、無線通信、微弱無線、IEEE 802.15.4、 変電所
担当者	尾造 宏之 (システム技術研究所 通信システム領域)
連絡先	(財)電力中央研究所 システム技術研究所 Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : serl-rr-ml@criepi.denken.or.jp