

アドホック通信技術を利用した現場計測に関する検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○戸塚 淳也
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 桑原 清
 大成建設株式会社 正会員 宮崎 裕道
 大成建設株式会社 近藤 高弘

1.はじめに

鉄道営業線近接工事では、線路内作業に規制が伴うことや作業用地の確保が難しいため、現場計測の際は現場内にケーブルを配線するのが一般的である。そのため、工事が大規模になると設備が膨大かつ複雑になり、設置費用や盛り替え費用、或いは工程や安全管理上の負担が増大する。そこで、この問題を解決する手段として、ワイヤレスアドホックネットワーク技術に着目した。これは、無線通信において、基地局からの電波が端末（ノード）まで届かない状況であっても、端末同士が自律的に通信ネットワークを構築し、通信ルートを確立する技術である。

これまでに、通信接続アルゴリズムを組み込んだ簡易な信号処理装置を試作し、基本性能試験を実施しており、ノードの設置条件や気象条件による影響について確認してきた*。本稿では、その後の検討で得られた知見や成果について報告する。

2.試作装置の概要

本件で試作したシステムは、インテリジェントな無線ネットワーク機能を有する無線ネット部と、計器への接続及び処理機能を有するセンサー・スキャナ部から構成されている（図-1）。

無線ネット部については、現場の状況に応じてノードの追加や削除、自律的な通信経路の再構成を行

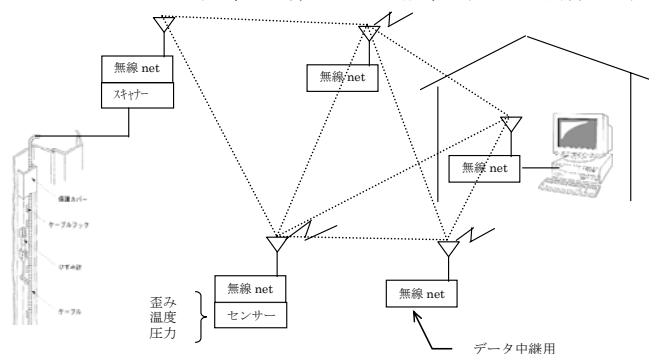


図-1 システムの構成

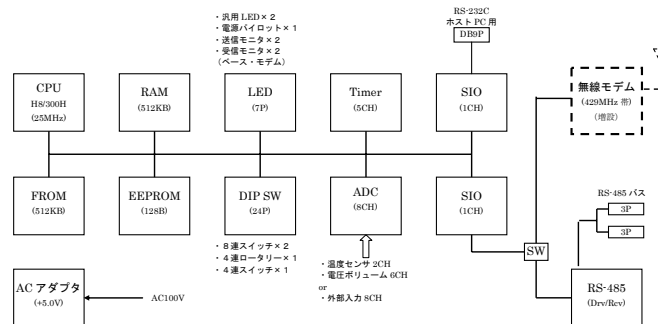


図-2 ノードのブロック

えるようになっている。センサー・スキャナ部については、センサーとスキャナを接続するインターフェースまでを試作しており、スキャナとアンプ類については既存の装置を用いている。なお、各ノードには無線モデム（429MHz）を追加できるようになっている。

3.試験の概要と結果

3-1.現場試験

実際の現場において、図-3に示すようにノードを5箇所（ID1～ID5）設置し、列車の通過による影響とノードの設置位置による変化を調査した。

列車の通過によるID4、ID5間の通信ヒット率の変化を図-4に示す。これを見ると、どの通信ルートにおいても列車通過時にヒット率が高くなっていることが分かる。これは、列

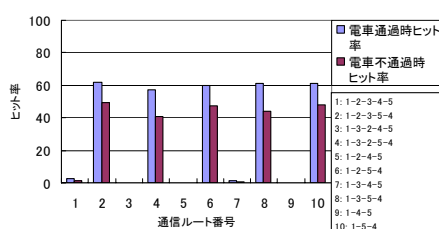


図-4 列車の通過によるヒット率の変化

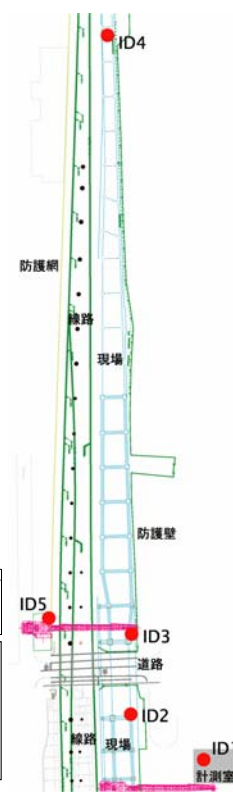


図-3 現場内配置状況

キーワード 現場計測 アドホック ネットワーク 無線

連絡先 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事事務所 工事管理室 〒152-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 TEL03-3379-4353

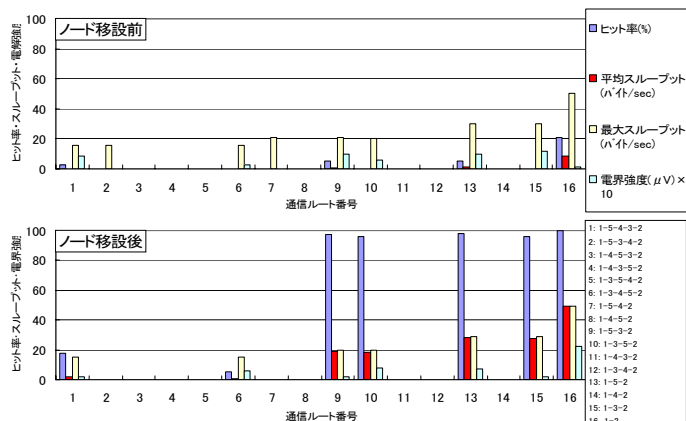


図-5 ノードの移設によるID2の通信状態の変化

車の通過によってマルチパスが発生したためと考えられる。

また、ノードの設置位置による変化については、ID1を計測室の窓際へ、ID2とID3



写真-3 現場でのノードの状況

をより高い場所へと移設し、通信状態の変化を調査した。その時のID2の通信状態の変化を図-5に示す。これを見ると、ノードを移設したことによって通信ヒット率とスループットが上昇していることから、通信状態が改善されていることが分かる。

3-2.室内試験

自律的な通信ルートの確立手法を検証するため、図-6に示す

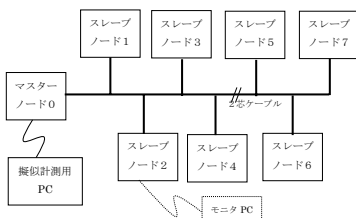


図-6 有線による接続状況

ように8つのノードをRS-485で有線接続し、リンクテーブル方式と総当たり方式の2方式について通信ルートの構築時間を調査した。リンクテーブル方式は、図-7上表に示すように、全てのノード間の通信状態を確認してリンクテーブルを作成し、これを用いて通信ルートを構築する手法である。一方、総当たり方式は、図-7下表に示すように、ID1、ID2間から順にノード間の通信状態を確認し、一度通信が確認されたノードについては通信状態を確認しないで通信ルートを構築する手法である。これらにより構築された通信ネットワークが図-8である。

ここで、通信データには冗長系があるため、計測データがない場合の無線通信に必要な時間を計測した。その結果、1ノード間の通信で116msec要することが分かったため、これを有線通信の時間に加算す

ることとし、タイムアウト時間として250msecを設定した。

それぞれの方式において、通信ルートを確立するまでに要した時間を表-1に記す。これを見ると、どちらの方式を用いても数秒程度でルートを構成できているものの、総当たり方式の方が通信ルートの確立が早いことが分かる。しかし、通信遮断時には、図-7上表中の矢印のように、リンクテーブル方式ではすぐに新しいルートを構成できるため、総当たり方式より有利であることが分かる。

1.リンクテーブル方式

	1	2	3	4	5	6	7	8	OK	NG
1		○	○	○	×	×	×	×	3	4
2			○	○	×	×	×	×	3	3
3				○	○	×	×	×	2	3
4					○	×	×	×	1	3
5						○	×	×	2	1
6							○	×	2	0
7								○	1	0
8										
計									14	14

2.総当たり方式

	1	2	3	4	5	6	7	8	OK	NG
1		○	○	○	×	×	×	×	3	4
2			○	○	×	×	×	×	1	3
3				○	○	×	×	×	1	2
4					○	×	×	×	0	2
5						○	×	×	1	1
6							○	×	1	0
7								○	0	0
8										
計									7	12

図-7 リンクの確認状況

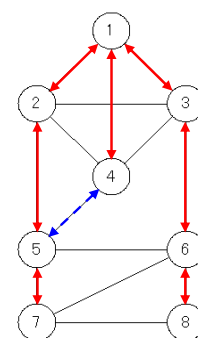


図-8 ネットワーク構成

表-1 ルートの構成時間

リンクテーブル方式	7090 msec
総当たり方式	5110 msec

4.まとめ

今回の検討により、次の点が確認された。

4-1.通信条件

- ◆通信ルート上に列車が通過する場合でも、ノードが1m程度以上離れていれば通信が遮断されない。
- ◆ノードの設置位置を調整することで通信状態を良好に保つことができる。

4-2.通信速度

- ◆リンクテーブル方式と総当たり方式のどちらを用いても自律的なルーティングが可能である。
- ◆現場試験での実効スループットが10byte/sec程度であることから、計測データを2byte/dataと仮定すれば5data/secとなり、1000点規模の計測であっても200sec程度で全データを収集することができる。

以上のことにより、実際の現場に合わせて必要な通信条件と通信速度を確保できることから、アドホック技術を利用した無線通信による現場計測は、十分実用可能な手法であるといえる。

参考文献：第33回土木学会関東支部技術研究発表会「現場計測におけるアドホック技術の利用に関する基礎的検討」戸塚・桑原・宮崎・近藤*