

運転室無線LANシステムの開発



小島 央士* 辺田 文彦* 渡邊 貴志*

首都圏では在来線列車無線のデジタル化が計画されており、これに伴い全編成の両運転台に情報送受信装置の搭載が予定されている。この情報送受信装置は運用トータル管理システム車上装置の主装置であり、これにより運用トータル管理システム使用線区の拡大が可能となる。

一方、ダイヤ乱れ時の乗務員への指示・伝達を目的に開発中の乗務員用携帯情報端末では、情報送受信装置・無線LANアクセスポイントを介して、最新行路データを運転台モニタに表示させるデータ転送機能があり、これまで汎用アクセスポイントを用いて運転士側で伝送する基本的な機能のみ確認している。

本開発では、このデータ転送機能の実用化に必要な車両搭載用無線LANアクセスポイントの開発、およびデータ伝送機能などアプリケーションの開発を行った。

●キーワード：無線LAN、乗務員運用整理支援システム、PDA、仕業カード

1 はじめに

首都圏では東京圏輸送管理システム(ATOS)が順次導入され、お客様への情報提供や列車の進路制御の自動化を図っている。しかし、乗務員への情報伝達や乗務員運用の整理作業についてはシステム化が進まず、いまだ人手で行われているのが実状である。このような中、ダイヤ乱れの早期復旧を図ることを目的に、乗務員運用の整理作業を支援する「乗務員運用整理支援システム」や、指令および区所当直から乗務員個人へ直接情報伝達を行う「乗務員用携帯情報端末」について現在開発を進めている。しかしこれらのシステムを導入するまでには、乗務員の位置把握機能や運転時刻表などが含まれる仕業カードデータのアップロード機能などを完全に機能させるために、その下地を整える必要があった。

2 開発の背景と目的

乗務員運用整理支援システムでは、ダイヤ乱れ時の列車遅延や運転整理などにより生じる乗務員の運用矛盾を抽出し、それらを解決する整理案を自動的に提案する。さらにこの整理案が承認されると、乗務変更が生じる関係乗務員の乗務員用携帯情報端末(以下 PDA)にメールが送信され、乗務員は変更指示を直接受けることが可能となる(図1)。

整理案を計算する上で重要となるのが、「どの乗務員がどこにいるか」といった乗務員の現在位置の把握である。位置把握の方法としては、まず乗務員が出退勤時にPDAで出退勤操作すると、PDAの固定アドレス及び行路番号が支援システムに登録される。区所や駅ホーム詰所で待機中には、それぞれの箇所に設置している無線LANアクセスポイント(以下 AP)とPDAが自動接続され、接続された際にAPが認識するPDAの固有アドレスと、出勤登録時の行路番号/固有アドレスから、乗務員運用整理支援システムでは各乗務員の位置を把握する。また乗務中の乗務員については、通告伝達システムで車上から地上に送信される列車設定情報を乗務員運用整理支援システムで取得することにより位置把握を行うこととした。この列車設定情報は、PDAで保有する行路番号、担当列車番号及び運転に必要な時刻表データ等がふくまれる仕業カード相当のデータ(以下 仕業カードデータ)を、乗務員が列車乗務時に車上のAPを介して運転台モニタ装置に転送、列車設定すると、通告伝達システムの情報送受信装置(無線機内蔵)



図1 乗務員運用整理支援システム

を經由して地上装置に送信されるものである。

しかし、2002年度に開発したPDA～運転台モニタ装置間のインターフェースは、汎用品のAPで基本機能を確認したのみである。また、APを接続するためのイーサネット等の物理的インターフェースは、現在中央総武緩行線の通告伝達システム車上装置が搭載されている片側運転台のみで、位置把握の目的を達するためには、両運転台でのインターフェースをとることが必要であり、全運転台工事と考えるとコスト的に大きな問題であった。

一方首都圏では在来線デジタル列車無線が展開される予定となっており、全運転台において車上無線局と情報送受信装置が搭載されることとなっており、この情報送受信装置にはイーサネット等APと接続可能な物理的インターフェースが組み込まれる予定となっている。

そこで本開発では、デジタル列車無線の展開をにらみつつ、車両搭載用として耐環境性に優れた無線LANアクセスポイントの開発を行うとともに、PDAからアップロードされる時刻表データを表示する機能や、本務乗務員のほか便乗乗務員を自動的に検知する機能の開発を目的とした。



図2 開発イメージ

3 開発概要

3.1 アクセスポイント

無線LAN部については、PDA側の無線LAN規格を考慮し、IEEE802.11bに準拠する。また車両搭載時に必要となる耐環境性を確保するため、防湿対策に基板ニスコーティングを行い、振動対策に基板部品の接着固定を行った。また車両搭載工事は後付け工事となることが想定されるため、電源部および伝送線を一本にまとめ、インターフェースはD-sub9ピンコネクタとした。

一方、乗務員の位置把握では、運転室の外にいるPDAと接続してしまうと、正確に乗務員を把握することが困難となること

から、AP電波範囲は極力運転室内で収まるように設定する必要がある。そこで図3に示すように、電波範囲は運転室内等狭小な範囲内で極力収まるようにAPのソフトウェアを最小設定するとともに、電波遮蔽板等を用いて調整を行った。

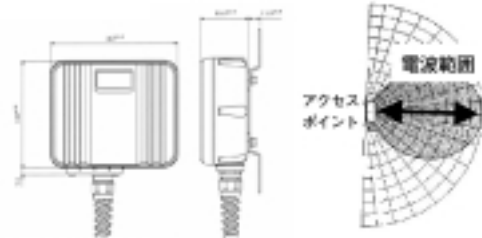


図3 アクセスポイント外形図および電波指向性

3.2 仕業データアップロード機能

乗務員（運転士）が携帯するPDAには、出勤時にダウンロードした当日の仕業カードデータが保有されており、乗務員運用に変更が発生した場合には、乗務員運用整理支援システムから、公衆回線（PHS等）を經由してPDAに変更分の仕業カードデータが伝送される。この最新仕業カードデータを車両モニタ装置に伝送する機能は、乗務交代等僅少な時間のなかでスムーズに伝送が行えることがポイントとなる。そこで、これまでのICカードにおける伝送方法を見直し、当該乗務列車の仕業カードデータのみ伝送することで、データサイズを小さくし、伝送速度および表示速度の向上を図った。

具体的な伝送動作は以下のとおりである。

- ①乗務員（運転士）が運転室に乗り込んでPDAの次行路画面上にある「送信」ボタンを操作すると、PDAと車両モニタ装置間で通信路の確立が行われる。
- ②通信路が開通すると車両モニタ装置から編成番号がPDAに通知され、列車番号と編成を確認するメッセージをPDA画面に表示する(図4)。



図4 接続確認ウィンドウ イメージ

- ③この画面を乗務員が確認し、OKであれば仕業カード情報が車両モニタ装置に伝送される。また確認の結果、隣接編成運転台等違う運転台との通信が確立してしまった場合は、キャンセル操作を行い、この場合は無線LANを一旦リセット(再接続)し、乗務員は仕業カードデータ送信操作を再度

行う。

- ④ PDAと車両モニタ装置間の通信路が開通すると、PDAから仕業カードデータが車両モニタ装置にアップロードされる。

3.3 乗降車検知機能

この機能では、担当乗務員（本務乗務員）、便乗乗務員の乗車、降車の検知を行うものであるが、このための作業を乗務員にさせないよう自動的に検知する方式を検討した。また乗降車検知結果は通告伝達システムを用いて地上装置（通告端末）に送信され、これを經由して乗務員運用整理支援システムに伝送する。

以下に各乗務員別の検知方法を示す。

(1) 本務運転士

運転士が乗務時に行う仕業カードデータのアップロードでは、伝送元となるPDAから行路番号、固有アドレスなどが送信される。したがって本務運転士の乗車検知は、このタイミングで行うこととした。

(2) 便乗乗務員

駅発車時に、車両のソフトウェアによりAPと接続しているPDAの情報（MACアドレス等）を収集する。この際、前回収集した情報と比較し、新たに増えた情報を「乗務」、欠落している情報を「降車」と判断する。判断するタイミングは、駅停車中は乗務以外のホーム上乗務員を検知する可能性があるため、駅発車後一定距離に達したところで行うものとした。また運転士便乗、車掌便乗は、無線LAN接続時のアドレスからは区別できない。このため地上装置への伝送時はMACアドレスのみとし、乗務員運用整理支援システムで保有する乗務員出勤時のMACアドレス／行路番号の結びつきを活用して判断する。

(3) 本務車掌

便乗乗務員と判断方法およびタイミングは同じであるが、本務車掌は仕業カードデータを伝送する機能を確認したため、伝送時の情報（行路番号、MACアドレス）があるものは本務車掌として判断する。

で開発した簡易モニタ装置を用い、1、10号車にそれぞれ開発したAPを接続した。また地上システムは、通告伝達システム地上装置（通告端末等）に乗務員運用整理支援システムを接続するとともに、地上～車上間の通信にDoPa網を用いた。以下に試験の概要、結果を述べる。

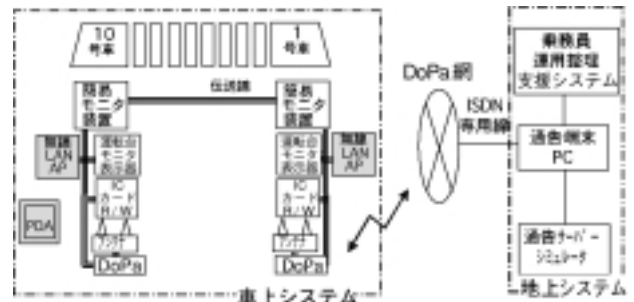


図5 試験機器構成

4.1 アクセスポイント

(1) 設置位置確認

図6に示す(a)～(c)の位置にアクセスポイントを設置し、客室側に1方向と車外で5方向における通信状態を測定することにより、運転台へのアクセスポイント設置位置として、車体外部への電波漏れや運転室内における通信の安定性を考慮した最適な設置位置を見つけ出す。



図6 設置位置確認試験

測定方法は、電波測定用ツールを動作させたノートPCを持ち、車体正面方向から45°刻みで任意の方向へ車両から離れていき、ファイル転送ができなくなる地点および通信が切断される地点で、車両からの距離を測定した。この結果、アクセスポイント内蔵のアンテナを外した上で(b)の運転台～客室仕切り上部に設置した場合が、電波状態および施工性を考慮すると最適となった。

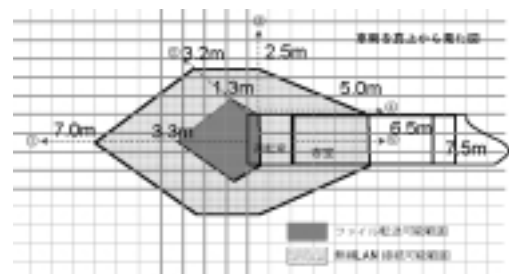


図7 設置位置確認試験

4 機能確認試験

以上の機能を確認するため、2005年2月に現車を使用した試験を行った。図5に示すように、車上システムとしては、これま

なおこのときの電波範囲を図7に示す。

(2) 隣接編成干渉試験

無線LAN機器は、接近した状態で使用すると電波干渉を起こし通信できなくなる特性がある。駅停車時や電車区内、列車すれ違い時等列車同士が隣接する状態が想定されるため、アクセスポイントを設置



図8 電波干渉試験の様子

した2編成を隣接させ、両編成で同時にファイル転送を行う試験を行いその影響を確認した(図8)。

図9に示すように、内蔵アンテナを外した状態では、片編成で通信が行われている場合、もう片編成での接続性が不安定となり両編成で同時に通信することはできない結果となった。一方、内蔵アンテナを接続した場合については、両編成で同時に通信すると伝送速度は半減するものの、同時通信が可能であり接続性も安定していることを得られた。

また運転室内で測定したそれぞれの電波強度は、アンテナなしの場合ではアンテナ付きの場合の約1/8程度の電波強度しかないことが判明した。

以上のことから、電波伝播範囲を狭めるために単純にアンテナを外してしまうだけでは、電波強度が微弱になり過ぎ、干渉の影響を受けやすくなると言える。したがって、電波強度を保ちつつ、伝播エリアを狭くする方法を今後検討する必要がある。

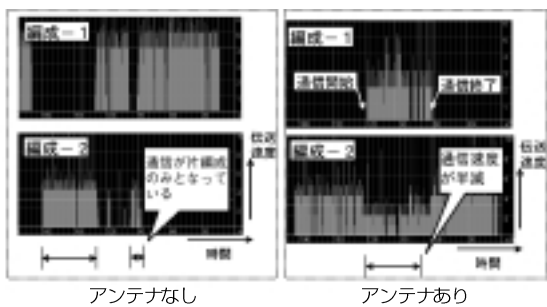


図9 電波干渉試験

4.2 アプリケーション

(1) 仕業カードデータ伝送

図10に示すように、PDAで保有する仕業カード情報を送信し、モニタ表示が行えるか確認した。送信および表示動作はいずれも良好であり、PDAでの送信操作からモニタへの表示までの時間を計測したところ約4秒であった。現行の仕業カードではカード挿入から行路選択画面が表示されるまで約11秒か

かっており、実運用に適用できるレベルに達したと考えられる。

(2) 乗降車検知機能

車上側での運転士本務・車掌本務の判



図10 仕業カード情報伝送試験

別、便乗者の乗降車検知が行えることを確認した。また、車上から地上の通告端末装置への乗降車検知結果の伝送、および通告端末装置から乗務員情報管理サーバーへの乗降車検知結果の伝送を確認した。

乗降車検知は駅発車後、走行距離が400m未満から400m以上に变化したタイミングで検知処理を行った。検知に要する時間を測定したところ平均18.1秒であった。

車上での検知から通告端末装置で乗降車検知結果を受信するまで20秒程度であると考えられる。また、通告端末装置から乗務員運用整理支援システムへデータ伝送にかかる時間は最大15秒であることを考慮しても、位置情報は車上での検知から1分以内に地上システムで把握できると考えられる。現在乗務員運用整理支援システムの位置検知が1分周期で行われていることから、位置情報のリアルタイム性はほぼ問題ないレベルと言える。

4 おわりに

本開発では、乗務員運用整理支援システムを導入する上でキーとなる、運転室に設置する無線LANシステムについて述べた。位置検知や仕業カード情報伝送など、アプリケーションに関しては良好な結果が得られたものの、アクセスポイント電波伝播範囲の極小化と電波強度の確保を両立する課題が残った。今後はこの技術的課題の解決策を検討するとともに、今回開発したアプリケーションをMON、TIMS等の装置への展開を行う予定である。また車上側にアクセスポイントを数台設置し、平行して試験するPDAとの総合試験も実施する予定である。

参考文献

- 1) 原、小島、辺田、渡邊；運用トータル管理システムの開発、JR EAST Technical Review,NO.5pp.43-54;2003