

鉄道に用いる無線カードシステム——人に優しい乗車券を目指して

RF Card System Aiming at "Passenger-Friendly" Tickets

降旗 敏勝
T. Furihata

木股 滋樹
S. Kimata

九嶋 英清
H. Kushima

無線カード(非接触式 IC カード)は現在の磁気カードと比較して、①カード自体でデータ処理が可能である、②記憶容量が大きい、③高度なセキュリティ機能をもっていることなどから、今後の有望な情報記憶媒体として考えられている。

鉄道の分野においてもこの無線カードを使用した自動出改札システム(無線カードシステム)の研究が進められており、海外では一部実用化の動きがある。わが国においても、この無線カードの実用化に関する研究開発をするため、1996年10月に運輸省の指導で“汎用電子乗車券技術研究組合(TRAMET)”が発足し、基本技術の確立と標準仕様・規格の制定に向けた活動が開始された。利用する電波帯としては、今のところ短波がもつとも有力である。当社も TRAMET に参加するとともに、無線カードシステム実現のための無線技術やセキュリティ技術の開発を積極的に進めている。

The contactless IC card, or RF card, is expected to be a promising memory medium in the future because of its processing capability, high-volume memory capacity, and high security functions compared with the magnetic card currently in use. An automatic gate system utilizing the RF card is now being studied in Japan for application to railways, and this type of system is already being used in other countries. The Technological Research Association of Multipurpose Electronic Ticket (TRAMET) was established in Japan in October 1996 to investigate practical utilization of the RF card.

This paper describes RF technologies and RF card functions to realize the RF card system in the railways field, based on the activities being conducted toward establishing the basic technologies and standard specifications.

1 まえがき

鉄道の出改札システムに磁気式乗車券を利用するようになってから25年以上を経過し、今日では自動改札機に磁気式カード(ストアードフェア(SF)カード)を直接投入することによって改札を通過できる自動出改札システムの普及が進んでいる。

しかし、今後の高度情報通信社会における公共交通を考えると、現在の磁気式乗車券の利便性は満足できるものとは言えない。このため、出改札口の混雑、料金精算の複雑さ・煩雑さ、公共交通機関の共通利用範囲の拡大など、磁気式乗車券に要望されている課題を解決するため、無線カードの乗車券利用が期待されている。

2 無線カードシステムの特長

無線カードを乗車券に利用した無線カードシステムは、利用者にとって自動改札機にかざすだけで利用できる、ラッシュ時の混雑緩和ができる、高齢者や身体障害者に優しいなどの利便性を実現することができる。

一方、事業者にとっても磁気式の自動改札機に比べ搬送部がなくなることによりメンテナンスフリーが期待でき保

守費用を軽減できる。さらに、キャッシュレスを促進させるために券売機、精算機の設置台数を低減でき、かつ現金のハンドリングが軽減できるといったメリットが期待できる。

3 無線カードシステムの課題

無線カードを乗車券として利用する際の課題を図1に示

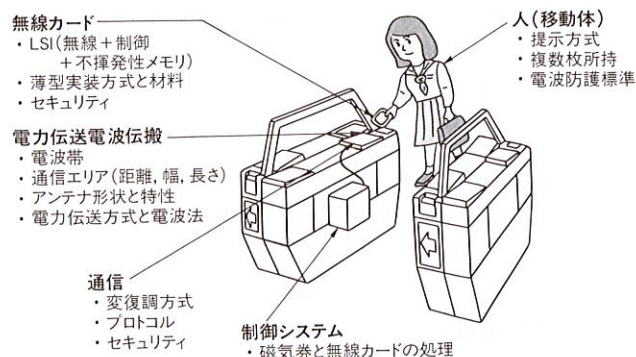


図1. 無線カードシステムの課題 自動改札機に無線カードを使用した際の技術的課題として、無線カード、電力伝送電波伝搬、通信、移動体、制御システムなどから示している。

Technical issues concerning RF cards for automatic gate machines

す。また、これを実現させるための無線技術について以下に述べる。

3.1 無線の種類

無線カードに利用される電波帯は、中波、短波、マイクロ波の3種類があり固有の特徴がある。表1は、電波の種類別に特徴をまとめたものである。

中波と短波は、伝送媒体として電磁誘導方式を使用する。そのため、通信距離は数十 cm 程度で指向性も弱い。電磁誘導を利用して電力供給を行うことでバッテリーを必要としないカードを実現できる。中波は高速通信が難しいが、短波は 100 kbps 以上の通信速度を容易に実現でき、移動している物体との通信も可能である。欠点は、金属により電波が遮断され通信領域に影響を与えることと、付近にある電子機器から輻(ふく)射される電磁波の影響を受けやすいことである。

表1. 無線カードで利用する電波の種類と特徴
Classification of radio waves for RF cards

| 電波の種類 | 中波 | 短波 | マイクロ波 |
|-------------|--------------|----------------|----------|
| 周波数 | 数百 kHz~3 MHz | 3 MHz~30 MHz | 2.45 GHz |
| 法規制(現行) | 微弱無線局 | 微弱無線局 | 構内無線局 |
| 通信距離 | ~数十 cm | 10 cm 程度 | 数 m |
| 通信速度 | ~数十 kbps | 100 k~200 kbps | 数百 kbps |
| 通信方式 | ASK/PSK/FSK | | |
| カード電源 | 電池レス可能 | | 電池レス難 |
| 鉄板の影響 | 電波吸収 | | 電波反射 |
| 人の影響 | 通信性能に影響なし | | 影響あり |
| バスケースの影響 | 通信性能に影響なし | | 影響あり |
| 塵埃(じんあい)の影響 | 通信性能に影響なし | | |
| 通信領域 | 広範囲 | | 指向性あり |
| ノイズ | 非常に多い | 多い | 少ない |
| カード寸法 | クレジットカードサイズ | | カード厚みあり |

マイクロ波は、波長が短く小さな電力で電波を飛ばせるため数 m 程度の距離をおいた通信が可能である。また、指向性も強く付近の電子機器から輻射される電磁波の影響を受けにくいという特長がある。欠点は、金属により電波が乱反射して通信を妨げたり誤認識の原因になる可能性があることと、人体およびカードケースなどにより電波が減衰し通信性能に影響を与えることである。

それぞれに長所と短所があるが、乗車券への利用にはバッテリーレスが実現できる、通信距離が長くとれる、通信が比較的速くできることから短波がもっとも適している。

3.2 通信距離

通信距離については、利用者が「改札を通る」という明確な意志表示を確認するためにも、無線カードを自動改札機に近づけて利用する必要があるが、安定した操作性および通信品質を確保するためには通信距離 10 cm 程度で動作さ

せる必要がある。

リーダライタのアンテナは自動改札機の上部に設置されるが、装置の上部はステンレスでありアンテナの電磁界形成に影響がでるため、安定した通信エリアを確保するにはアンテナの構造などをくふうする必要がある。

3.3 通信速度

無線カード自動改札機は、高機能の実現と現行の磁気式自動改札機以上の処理性能(70人/分)が求められている。無線カードとリーダライタ間の処理時間は、自動改札機の判定時間を除いて約 100 ms 以内とする必要があるため、通信速度は 200 kbps 以上としている。

3.4 データ構成

図2に定期券とSFカード機能(残額情報は二つのエリアで管理)をもった無線カードのデータ構成例を示す。

無線カードのメモリは16バイト単位で一つのブロックが構成されており、各ブロックはブロック番号で特定でき、リード/ライトはこのブロック単位で行われる。ブロックはユーザブロックとシステムブロックに分けられ、ユーザブロックは定期券の乗車区間・有効期間、およびSFカードの残額などの固有情報を記憶するランダムアクセスエリアと利用履歴などを順番に記憶するシーケンシャルアクセスエリアから構成されている。

| | | |
|----------|--------------|-----------------|
| ユーザブロック | 定期券 | ランダム アクセスエリア |
| | | シーケンシャル アクセスエリア |
| | SFカード1 | ランダム アクセスエリア |
| | | シーケンシャル アクセスエリア |
| SFカード2 | ランダム アクセスエリア | |
| システムブロック | ユーザエリア定義ブロック | |
| | システムIDブロック | |

図2. データ構成例 定期券情報と二つのSFカード情報の三つのサービス構成例を示す。

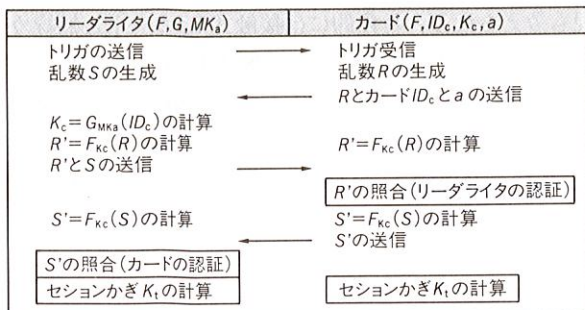
Example of data composition

3.5 セキュリティ

無線カードの偽造、通信データの改ざんなどは社会システムとしての影響が大きいことから、相互認証、暗号化およびアクセスコントロールを採用し脅威への対策を行っている。

3.5.1 相互認証と暗号化 自動改札機と無線カードとの間で乗車区間・有効期間情報などの確認、SFカードの残額確認・更新、入場・出場記録の書込み、カードID(Identification Data)のネガチェックなどの処理が行われる。このとき、偽造カードの利用、通信データの改ざんなどを防止するため、自動改札機と無線カード間はお互いの正当性を

確認するための相互認証と通信データの暗号化を行っている。なお、暗号通信データの再送による不正の問題があるため、無線カードが自動改札機を通過するたびに通信の暗号かぎを変更し、さらに無線カード通過途上の同一セッション内での攻撃を防止する手順を盛り込んでいる(図3)。



パラメータ F : 暗号化関数, G : カードかぎ導出関数, ID_c : カードID, K_c : カードかぎ, MK_a : 第 a 番マスクかぎ, a : 第 a 番目

図3. 相互認証とセッションかぎ 相互に乱数などを送って暗号化したデータを受け取り相互認証を行い、乱数の一部からセッションかぎを導出する方法を示す。

Mutual authentication and session key

3.5.2 アクセスコントロール 無線カード内のデータは、定期券の乗車区間・有効期間情報など発行機ではリード/ライトができて自動改札機ではリードだけしか許可しないとか、SFカードの残額など積増し機では加算できて自動改札機では減額しか許可しないなど、機種によってユーザブロックに対するアクセス権限の制御を行い不当な情報の無線カードへの書き込みを防止している。

3.6 処理時間

定期券とSFカード機能をもつ無線カードを自動改札機で処理する場合の処理シーケンスを図4に示す。

無線カードのメモリ構成は図2とし、自動改札機とリーダライタ間の通信速度を1.2 Mbps、リーダライタと無線カード間の通信速度を212 kbps とすると、カードの認証からメモリ書き込み完了まで自動改札機での判定処理時間を除いて約100 ms以下となっている。また、複数枚のカードを同時にかざれたときも1枚ごとにカード識別(アンチコリジョン)ができるが、そのときは処理時間が多少長くなる。

3.7 電波法

電波を利用してデータ通信する機器は電波法の規制対象となる。自動改札機では通信距離を10 cm程度必要とするため、アンテナから放射する電界強度は微弱無線局の規制値を超える。そのため電波の割当てが必要となり、現在電波通信技術審議会では占有周波数帯幅(中心周波数13.56 MHz)、空中線電力、スプリアスなど技術基準の検討が行われている(図5)。

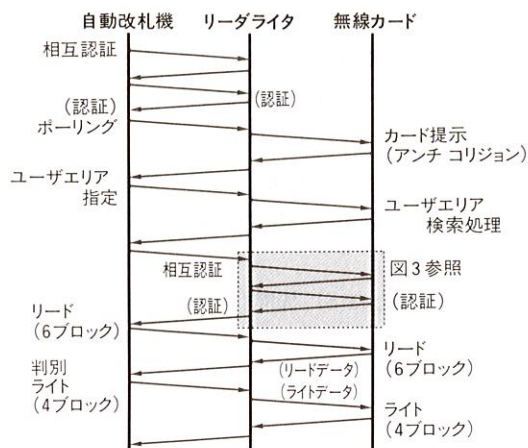


図4. 処理シーケンス 定期情報やSFカード情報などをリードし、SFカードの残額情報などをライトする処理シーケンスである。

Processing sequence

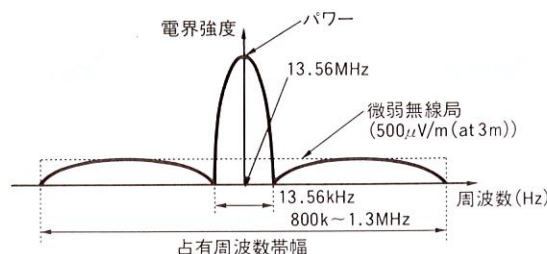


図5. 電波法と規制 中心周波数13.56 MHz、占有周波数帯幅および電界強度の関係を示す。通信距離を10 cm程度にすると微弱無線局の規制値を超える。

Radio laws and regulations for 13.56 MHz band

3.8 環境対策と電波防護

無線カードは、環境を考慮したカード材料の検討、およびリサイクル技術の確立による長期使用が求められている。さらに、電波防護標準に沿った電波が人体に影響を与えないように十分に配慮することが必要である。

4 無線カードシステム

4.1 SFカード機能付き定期券システム

現在の磁気式自動改札機では、定期券とSFカードの併用はできないが、次世代の自動改札機では複数枚の乗車券を一括投入し、組合せ判定できる機能を実現しようとしている。

無線カードでは、この定期券とSFカードの機能を一枚のカードにもたせたSFカード機能付き定期券とすることにより、定期券の区間外の乗越し精算を自動的に行うことができる(図6)。また、ID管理を行うことにより、紛失・盗難時の定期券の再発行およびSFカードの残額保証が可能とな

る。SF カード機能付き定期券では、SF カードの履歴を確認できるように、無線カードのメモリに残額情報を記録・管理しておくために、定期券乗降履歴とは別に利用履歴情報を記録できる機能が組み込まれている。また、SF カードの残額を確認するには、改札機の表示を利用する、駅に設置された表示機を利用する、携帯表示機を利用する方法などがある。

無線カードを利用した SF 機能付き定期券システムは、利便性、操作性、安定性に優れたシステムを実現することが可能である。

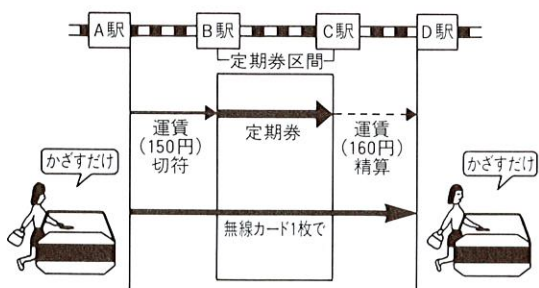


図 6. SF カード機能付き定期券システム 1 枚の無線カードで定期券区間内外の自動改札機にかざすだけで通過できる。

Season ticket with stored value function

4.2 ポストベイシステム

無線カードを利用した新たなサービスとしてポストベイシステムが考えられる。ポストベイシステムとは料金後払いのことであり、これを出改札における料金徴収システムに適用するものである。

そのシステム概要を次に説明する。

- (1) 事業者は利用者とクレジット契約を結び、無線カードを発行する。
- (2) 利用者は、乗降時に自動改札機に無線カードをかざして利用する。
- (3) 自動改札機では、利用者の利用データとして利用日時や利用駅情報をオンラインでホストコンピュータに伝送する。
- (4) ホストコンピュータで利用状況に応じて算出された運賃は、クレジットカード会社を經由して利用者に請求し、銀行口座から自動引き落としで決済を行う。この場合、利用実績（乗車距離、運賃）に応じて請求金額を割引くなどの運賃制度の適用も考えられる。

このような無線カードを利用したポストベイシステムは、事業者および利用者の双方にとって、理想的なサービスを実現することが可能である⁽¹⁾。

5 あとがき

高度情報通信社会では電子決済 (EC) の普及が予測されているが、公共交通機関についてもクレジットカードや電子マネーなど金融カードによる乗車券購入が要請される。さらに電子乗車券と金融カードが融合することによって、乗車券機能に電子財布機能が一体化された次世代乗車券の出現も考えられる。具体的には接触式 IC カードと無線カードが統合され、1 枚のカードに接触式 IC チップと非接触式 IC チップの独立した二つの IC チップを内蔵したハイブリッドカード (ストアードバリューの共存) であり、さらに接触式 IC 機能と非接触式 IC 機能が 1 チップに納められたコンビカード (ストアードバリューの共有) への展開が予想される (図 7)。

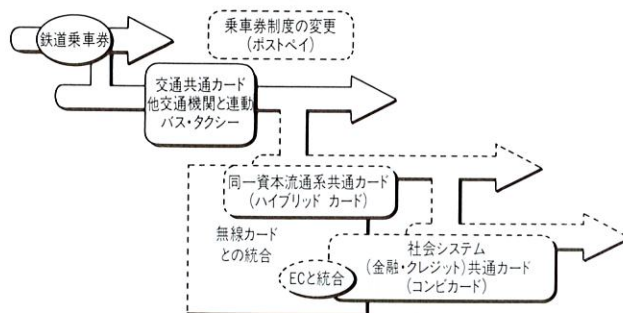


図 7. 無線カードの展開 無線カードと接触式 IC カードとの統合による展開予想である。

Prospects for development of RF card

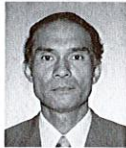
文 献

- (1) 時森健夫：非接触 IC カードシステムの実用化に向けて、サイバネティクス、1、2、pp.9-11 (1996)



降旗 敏勝 Toshikatsu Furihata

機器事業部 機器システム技術第二部主幹。
交通自動機器システムの企画・開発に従事。
Social Automation Systems Div.



木股 滋樹 Shigeki Kimata

関西支社 情報システム技術部参事。
交通自動機器のシステム技術業務に従事。
Kansai Branch Office



九嶋 英清 Hidekiyo Kushima

柳町工場 要素技術部主査。
無線乗車券システムの開発に従事。
Yanagicho Works