

モバイル端末を利用した鉄道デジタルチケットシステムの開発

中尾 寿朗 荒尾 真樹 藤本 幸一
細野 正彦 谷口 正宏 石川 達也
オムロン株式会社 ソーシャルシステムズビジネスカンパニー

近年インターネットやモバイル端末の急速な普及によって鉄道においても様々な IT活用サービスが提案されている。本開発では切符の機能をモバイル端末で実現する鉄道向け電子チケット（以下デジタルチケットと呼ぶ）システムを構築した。デジタルチケットは切符の取引や予約をモバイル環境で可能にし「いつでもどこでも切符が買えて、そのまま改札を通過できる」という利便性が期待できる。実現にあたっては、(1)チケット取引・使用の安全性確保 (2)モバイル端末での操作利便性の実現 (3)自動改札判定の高機能対応と高速化、といった主要な課題を解決した。評価システムの構築、実現性の検証、実用化に向けての課題について考察する。また、デジタルチケットの実現により新たに創出が可能となるサービスを検討し、一例として運用を予定している「自動改札機連動モバイル情報配信サービス：goopas（グーパス）」について、その概要を紹介する。

Development of Digital Ticket System Using Mobile Equipment

TOSHIRO NAKAO, MASAKI ARAO, KOICHI FUJIMOTO,
MASAHIKO HOSONO, MASAHIRO TANIGUCHI and TATSUYA ISHIKAWA
Social Systems Business Company, OMRON Corporation

The Automatic Fare Collection (AFC) System has started change the form of tickets from magnetic ones to IC cards and prepaid cards. On the other hand, the explosive spread of cellular phones has induced the idea of building an IC card into cellular phones carried by commuters so that the cellular phones will incorporate a train ticket function. The users can expect the convenience that they can buy virtual tickets anywhere and anytime and pass the ticket gates. The following technical themes are important items awaiting solution for mobile equipments to handle digital tickets. This paper reports a solution to the items with an evaluation result and the actualization of solution. (1) Security in dealing with or using digital tickets (2) Ease of use of function built into PDA and cellular phone units (3) Improvement in the response speed of an automatic ticket gates. Furthermore, realization of a digital ticket considered the service whose creation is newly attained. As an example, we introduce the outline about the information distribution service interlocked with the automatic ticket gates.

1. はじめに

インターネットの普及により PC（パーソナルコンピュータ）や携帯電話、PDA（Personal Data Assistant）などの携帯端末を利用したチケットサービスが開始されている。今後もこの傾向は加速すると考えられ、モバイル端末をターゲットとした、より高度なサービスが期待される。中でも切符の機能をモバイル端末で実現するデジタルチケットは、社会的なインパクトが大きく特に注目されている。

デジタルチケットシステムは、モバイル端末の通信機能を利用して、利用者が列車の座席予

約や乗車券の購入を『いつでもどこでも』行うことができる。さらに、『そのまま改札を通過する』ことができるので、常時携行されるモバイル端末との親和性が極めて高い。携帯電話向けのキラーアプリとして期待される分野である。サービスイメージを図1に示す。

このようなインフラが実現できれば、鉄道利用者の利便性は格段に向上し、鉄道事業者のサービスコストも削減の効果が大きい。これらの技術は鉄道事業共通の基盤として標準化されることが望まれる。

今回、デジタルチケットの鉄道利用に関する

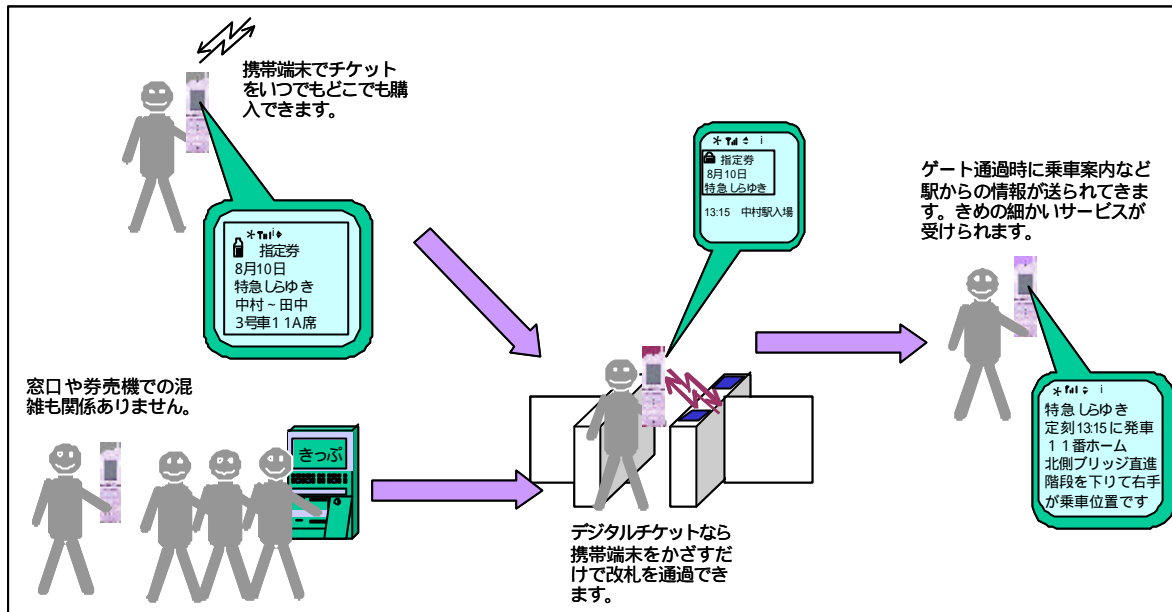


図1 デジタルチケットの鉄道利用イメージ

要素技術の検討を行い、評価システムを構築し、評価実験を実施した。その概要を紹介する。

2. 鉄道切符とデジタルチケット

2.1 切符の変遷

はじめに鉄道切符のデータ格納方法の変遷を整理する。大きく以下の段階に区分できる。

(1) 紙券・硬券または軟券

データは券面への印刷または記入による。

(2) 磁気券

紙片またはプラスチックの裏側に磁気インクが塗られ磁気エンコードされたデータが記録される。自動改札機により処理可能となった。現在の主流。

(3) ストアードフェアカード（以下SFカード）

一定額をあらかじめ支払うカード。自動改札機で乗車区間に応じて運賃が自動的にカード残高から差し引かれる。切符を買ってから乗るという原則が変わる。

(4) 非接触ICカード

カードにCPUを内蔵し無線を経由してデータの授受を可能とする。自動改札機へ挿入する必要がなくなる。(2)(3)の機能を包含できる。IDにより個々の利用データが管理できる。

(5) デジタルチケット

2.2 デジタルチケットがもたらす効果

本来、切符には2つの機能がある。

(a) 支払い証明の機能

利用者が料金を払ったことを証明する。区間、料金など利用条件が表示される。定期券や企画券では記名により利用者を特定する場合もある。

(b) 情報を表示する機能

利用者自身が確認できるように切符の利用条件を表示する。区間、経由、日時、有効期限、列車や座席の指定などである。SFカードでは使用履歴も表示に含まれる。

デジタルチケットでは、これら(a)(b)の機能はモバイル端末のアプリケーションプログラムとして実現される。

また、従来の切符では、利用者への負担要件として、

(c) 購入手段の制約

切符の媒体発行が必要であるため購入できる場所が限られる。多くは駅や旅行代理店でなければ購入できない。電話やインターネットを利用した予約も可能であるが、駅での換券が必要である。

(d) 携行の手間と紛失リスク

利用時に切符は必ず携行しなくてはならない。紛失時の再発行は不可能である。非接触ICカードではIDによる管理が行われ、再発行が可能になる予定であり紛失のリスクが軽減される。

デジタルチケットは実媒体としての切符を必

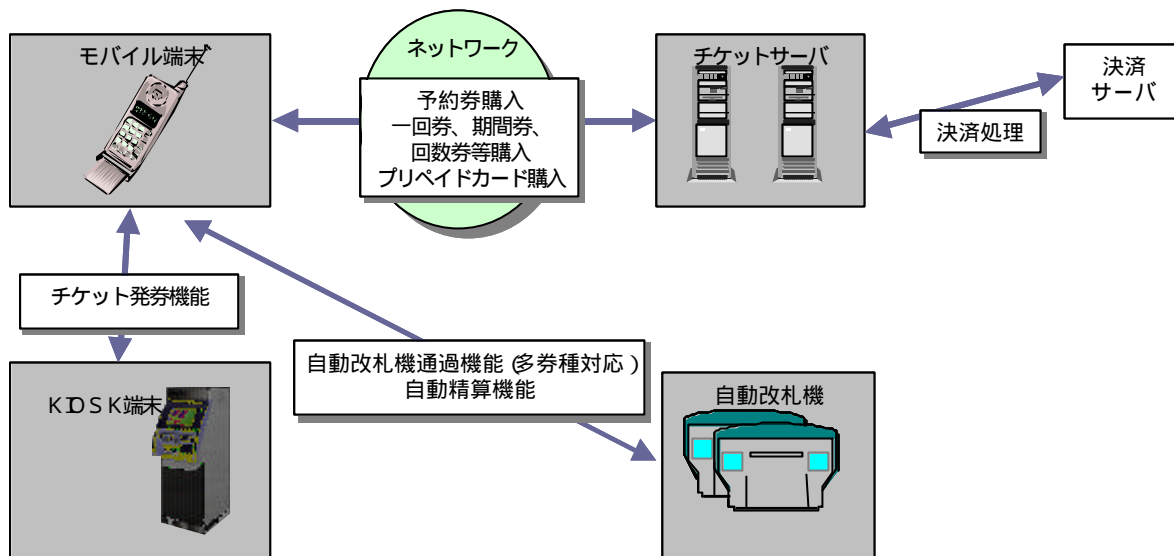


図2 評価システムの構成

要としないことで、モバイル端末の通信機能を利用して切符を取引することを可能とし(c)は解決される。切符はデータとしてそのままモバイル端末に保持されるので(d)にも応えることができる。券売機や販売窓口が常に手元にあるという感覚であり、切符は駅や代理店でしか買えない、事前に持っていないとてはならないといった概念がなくなる。モバイル端末の画面にチケット情報やバーコードなどを表示し切符の機能を代替し交換を不要とするサービスが実現されているが、ラッシュ時などの大量高速処理に課題が残っている。

モバイル端末のID性を利用すれば、その取引履歴から、利用者がどのような切符を所有し、どのような状態にあるかは、モバイル端末内のデータを確認するまでもなく、サーバで確認が可能である。つまり本人IDの確認さえできれば、切符は実媒体であってもモバイル端末であっても必要がなくなる。これにより(d)の紛失リスクも解消可能となる。



図3 モバイル端末の操作画面の例

3. 評価システムの概要

3.1 システム構成

評価システムの構成を図2に示す。本開発では、チケットサーバ、携帯端末、自動改札機、KIOSK 端末を構築した。

(1) チケットサーバ

デジタルチケットの発行と利用管理を行う。

購入や払い戻しに関する銀行決済やクレジット決済は、既存の決済システムと連動する。携帯端末からのチケット購入要求に対してチケット発行処理を行う。チケットの発行はチケットデータを暗号化し、インターネットを通じて利用者の携帯端末に送信する。またチケットの払い戻しや問い合わせの要求に

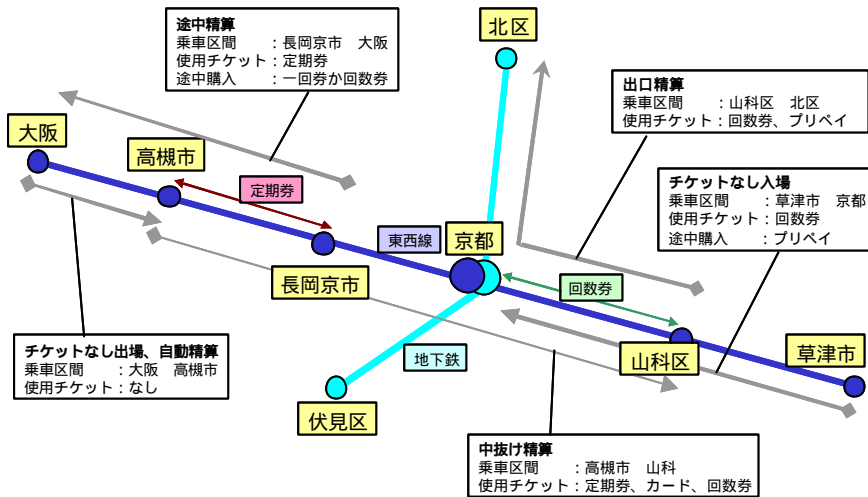


図4 想定シナリオによる乗降パターン

表5 想定シナリオのパターンと結果

機能	想定される使用パターン	判定と処理
出口精算	一回券、回数券、定期券などで入場し、区間外の駅で出場する。不足金を精算する必要がある。 例) 山科区、京都は回数券、京都、北区をプリペイドで精算	プリペイドカードを所持していることで、不足額が精算される。残高不足時にのみ閉鎖する。
中抜け精算	入場駅と出場駅を区間に含む2種類のチケットを持っているが途中の区間のチケットがない。 例) 高槻市、長岡京市は定期券、京都、山科区は回数券を所持、長岡京、京都をプリペイドで精算	プリペイドカードを所持していることで、不足区間の料金が減算される。残高不足時にのみ閉鎖する。
途中精算	出口精算が必要で、プリペイドカードを持っていない場合、出場までにチケットサーバにアクセスして不足区間に該当するチケットを携帯端末で購入する。 例) 長岡京市、高槻市は定期券、途中で高槻市、大阪の回数券を購入	区間の切符がなくなっていればOK。精算機の利用は必要としない。
チケットなし入場	チケットを所持していない状態でも入場できる。入場後にチケットサーバにアクセスして不足区間のチケットを携帯端末で購入する。 例) 草津市でチケットなし入場、山科区、京都は回数券所持、途中でプリペイドを購入し草津市、山科区を充当	区間の切符がなくなっていればOK。精算機の利用は必要としない。
チケットなし出場	チケットを所持していない状態でも入場し、さらにそのまま出場する。ただし鉄道料金の後払いに同意している。 例) 大阪でチケットなし入場、高槻市でそのまま出場	出場を許し、携帯端末に精算を促すメッセージを表示し、精算の画面に入る。精算をしない場合は、次回利用を禁止するなどのペナルティを与える。
自動精算	あらかじめ決済方法を契約しておく。チケット無し出場時の精算を自動化する。 例) 大阪でチケットなし入場、高槻市でそのまま出場	自動支払い契約者は常に入出場が可能になる。料金は都度または期間毎に精算される。

対する処理を行う。

(2) モバイル端末

チケットサーバにネットワーク接続し、チケットの購入 / 払い戻しを要求する処理を行う。チケットサーバから送られるチケットデータを格納する。また購入したチケットを使用して自動改札機を通過する機能、チケット情報の管理を行う。操作時の画面例を図3に示す。

(3) 自動改札機

携帯端末と IrDA によるデータ通信を行い、携帯端末と通信を行う。携帯端末から送信されたチケットデータからチケットの真贋、乗車区間の正当性判定を行い、判定結果により扉の開閉等の通過制御を行う。

(4) KIOSK 端末

携帯端末と IrDA によるデータ通信を行い、携帯端末が保有するデジタルチケットを磁気券として発行する。利用者が携帯端末で所持しているデジタルチケットを複数人で利用したい場合、磁気券方式の自動改札機と併設される過渡的運用を想定している。KIOSK 端末は券売機の機能を包含する可能性もある。また情報提供やコン

テンツ配信端末などの機能と統合することも可能である。

3. 2 想定利用シーンのシナリオ

サービス設計では図4の乗降をイメージした、表5に示すような利用シーンを想定した。これらは従来の自動改札システムでは実現されていない利用パターンであり新規機能として実現した。ID 性を利用した後払い精算や、自動精算といった利用方法は、各々の改札通過データをオンラインで管理することが前提となるため、自動改札システムの後方処理は大きく変化する。

4. システム化への課題と対策

4. 1 デジタルチケット流通の安全性確保

デジタルチケットの取引は公共の通信インフラを経由するため、十分なセキュリティ対策が必要である。チケットデータを携帯端末に直接格納する本システムでは、データ領域へのアクセスが可能のため、コピーや改竄への対策も必要である。一方、搭載される携帯端末の処理性能は限定されるため、速度条件を満たすことが求められる。本開発では、以下の対策を行った。

(1) セキュア通信プロトコルの実装

デジタルチケットの取引や利用では、通信を利用してチケット情報の転送を行う。通信の確立時に認証局の発行した証明書の交換によって双方の正当性検証を行う。データ送受信時は公開鍵暗号方式によるデータの暗号化を行い、かつ電子署名を付与することで安全性を確保した。

表 6 端末アプリケーションの考慮点

基本方針	設計で考慮した内容
所定の操作を短時間で完了できること	指や手の動きに無理がない
	操作の手数は少なくなっている
	推奨されるデフォルト値が選択されている
初心者であっても容易に操作できること	日常的なメタファを使用する
	初めてでも運想しやすい用語を用いる
	直感的にすぐ操作できる
操作方法が簡単で一度に使い方を覚えられること	モードは浅く設定する(3階層以下)
	ユーザが記憶しておかなくてはならない要素が少ない
画面が見やすいこと	入力に対して画面が大きく応答する
	表示が見つけやすい位置にある
	色、強調表示を適切に使用する
	操作不可能なボタンは視覚的に区別できる
操作がしやすいこと	ボタンの位置は機能に応じて配置する
	操作の動線が自然な流れになっている(上から下、左から右)
操作ミスに対して適切なガイダンスを与え自力かつ短時間でリカバリできること	ひとつ前の操作に即座に戻る
	エラーに対して詳細な説明が得られる
	操作の途中で容易に中断できる
ガイダンスメッセージは適切で理解しやすいこと	メッセージに難しい用語は使わない
	メッセージは利用者が主語になっている
	メッセージは位置は機能に応じて配置する
操作応答が快適で問題がないこと	入力に対するクリック音で反応する
	応答に時間がかかる場合はメッセージを表示する
	処理に時間がかかる場合はタスクバーを表示する

(2) チケットデータ格納方法

携帯端末に格納するデータは、判定処理に用いる共通データ部と表示に用いる情報データ部に区分される。判定処理に用いる共通データは、暗号化されてチケットサーバから転送され、携帯端末ではその内容にはアクセスできない構成としている。

4.2 デジタルチケット取引の操作利便性

チケットの購入、確認、使用といった一連の操作は、すべて携帯端末で行われる。今回の開発では携帯電話と PDA を想定し、アプリケーションをこれらの機器に実装し評価した。携帯端末という制約から、操作利便性には十分な考慮が必要である。鉄道の利用者層全般をカバーすることが望まれるため、幅広い被験者によるユーザビリティテストを行った。

設計段階においては、ユーザビリティに関する指導書を参考に、考慮すべき事項を抽出して設計の基本方針とした。(表 6)

評価システムを被験者に利用してもらうユーザビリティテストを実施し、評価と分析を行った。テスト対象者は、以下の区分による 16 階層各 5 名の計 80 名とした。

(1) 年齢による階層

30 歳以下、30~39 歳、40~49 歳、50 歳以上

(2) 熟練度による階層

携帯機器を日常使用している習熟者、初心者

(3) 男女による階層

テストは、実際の利用シーンを想定した 11 種類のシナリオを設定し、被験者の操作を VTR 撮影し、各評価項目を測定した。また試験者へのアンケートおよびインタビューを実施した。

4.3 判定の高度化と速度性能確保

自動改札機の通過処理能力は概ね最低 60 人/分が必要とされる。実機搭載時にこの性能を実現するべく、本開発では通信開始～判定終了の処理時間目標を 500ms とした。

従来の自動改札機による判定は、利用者が投入したチケットについてのみ判定すれば良かったが、デジタルチケット化により利用者は複数のチケットを同時所持するようになる。自動改札通過の度に利用するチケットを選択するという操作は、デジタルチケット本来の利便性を損う。したがって、自動改札機が利用者の所有する全てのチケットデータを確認し、自動的に利用できるチケットを判断する機能を追加すると共に、処理速度目標達成のため、処理の高速化が必要となった。

プロトコルに依存する通信部分の高速化は困難であるので、通信データ量の抑制と効率的なシーケンスの設計によって通信時間の短縮を図った。チケットデータの複雑化によりデータ量は IC カード方式などに比べ多くなるが、券種毎に効率化したフォーマットとコード化により、平均的な所持状態での総データ量を 2k バイト以下にした。また、認証と暗号鍵の交換を通信確立のシーケンスに埋め込むことで送受信回数を低減した。

5. 評価結果

5.1 安全性の評価

各過程において想定される不正行為について擬似的に再現し、検知できることを確認した。

- ・携帯端末内で格納されているチケットデータのコピー、改竄する場合 全 50 ケース
- ・通信の傍受によって不正にデータを取得し利用する場合 全 50 ケース
- ・端末 ID の改変または不正リストの登録機器を使用する場合 全 20 ケース

5.2 操作利便性の評価

ユーザビリティテストによる測定結果とヒア

リング結果を被験者の階層ごとに集計、分析を行った。評価の結果、以下のような傾向がみられた。

- (1) 取引に関する操作所要時間は、概ね 90 ± 30 秒の範囲にあり、機器操作として許容できるレベルにある。しかし個人によるばらつきが大きく、5 分以上を要する被験者が 7.5% あった。年齢、習熟による顕著な傾向はなく、わずかに熟練者、若年層が短くなる傾向がある。誤操作率は平均 4 % であり操作回数からみて良好な結果である。自動改札通過、KIOSK 端末操作に関しては、操作手順をワンキー操作としたので操作ミスはほとんど発生しなかった。
- (2) 被験者のほとんどが、マニュアルの参照を必要とせずガイダンスと直感で操作をやりきっている。実用では屋外での使用が大半でありこの傾向は強まる。マニュアルレスを前提としたガイダンス中心の設計が望ましい。
- (3) 駅名の指定は選択肢が極端に多くなるため最も誤りが発生しやすい。今回は携帯電話に多く用いられているテンキー繰り返し押下によるカナ入力方式を用いたが、携帯メールの操作に慣れていない被験者は理解にも時間がかかった。
- (4) 複数のチケットを格納する場合に必要な、「使う / 使わない」や「優先順位」の設定を行ったが、この操作に遅れ、誤りが集中した。概念の理解が難しく、操作メニューの階層が深くなりすぎることが原因のひとつと思われる。

5.3 速度性能の評価

想定したシナリオ 10 パターンにおける平均値を算出すると、

通信処理時間：212ms

判定処理時間：132ms（いずれも実機換算値）

となり、合計 344ms で目標値を達成することができた。非接触 IC カード対応自動改札機では 200ms が目安とされており、今後改良に取り組み達成を目指す。

6. 実用化に向けての課題

実用化および運用面においての課題と改善点をあげる。

(1) 信用情報（証明書）の更新

端末の紛失などにより鍵情報の再発行を行う場合、いかに安全に配布するかが問題となる。より強度なセキュリティの確保のためには認証局の設置により信用情報をオンライン管理することが有効である。

(2) 複数の暗号アルゴリズムへの対応

技術進歩によって暗号アルゴリズムは、いずれ陳腐化し強度が問題となることを想定しなくてはならない。各機器で複数暗号アルゴリズムがサポートできる構成であることが望ましい。通信ライブラリの階層化設計を考慮し、セキュア通信部は、独立したモジュールとして実装可能な構成とする。

(3) 他人使用の防止策

携帯端末の紛失・盗難による他人使用は使用禁止リストをリアルタイムに配信することが抑止効果を含め有効な対策である。しかし規模の拡大によりリストが膨大になることから効率的な配信手順が必要である。

(4) 携帯端末の操作性改善

選択肢の多い入力項目や文字入力を要求する項目では、時間がかかり、誤りを発生しやすい。特に駅名入力は初心者への戸惑いが顕著である。利用条件に応じた選択肢の絞込みや、音声認識による入力併用などの手段を検討し改善をはかりたい。

(5) 通過判定に関する問題

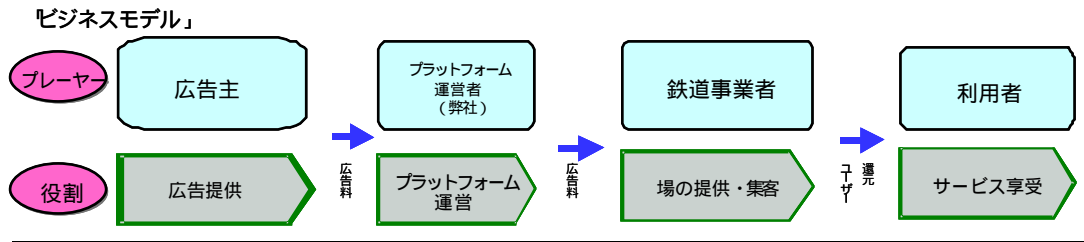
利用者が所有するチケットを自動改札機で自動的に判定する機能として、チケット毎に固定の優先度を付けるという簡易的な手法を用いたが、この方法では必ずしも利用者に有利な選択をするとは限らない。最適なチケットを選択する、例えば有効期限が近い回数券を優先的使用するような機能である。

7. 新たなサービスへの展開

デジタルチケットは切符機能の代替だけでなく、新たなサービスの展開が可能である。その具体例を示す。

7.1 goopas（グーパス）：自動改札機連動情報配信サービス

サービスの概念図を図 8 に示す。利用者は所持している定期券の ID 番号、携帯電話の電子メー



基本システム構成図

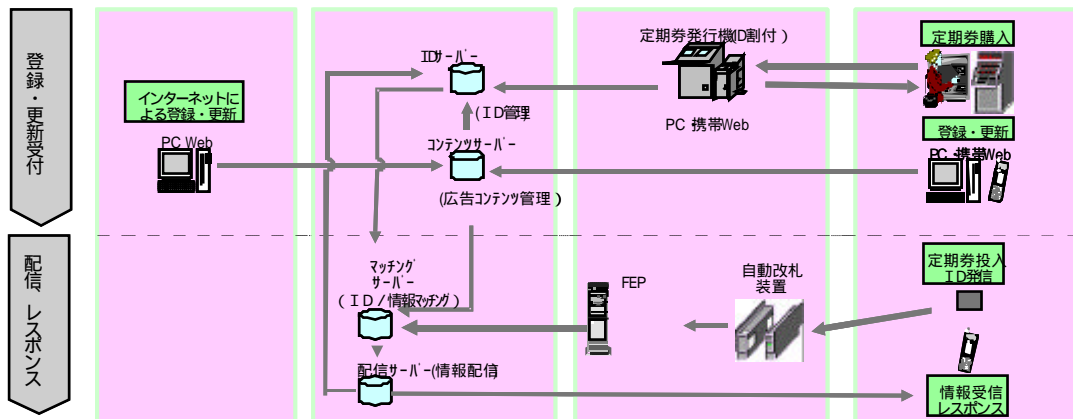


図7 goopasのビジネスモデル/システム構成

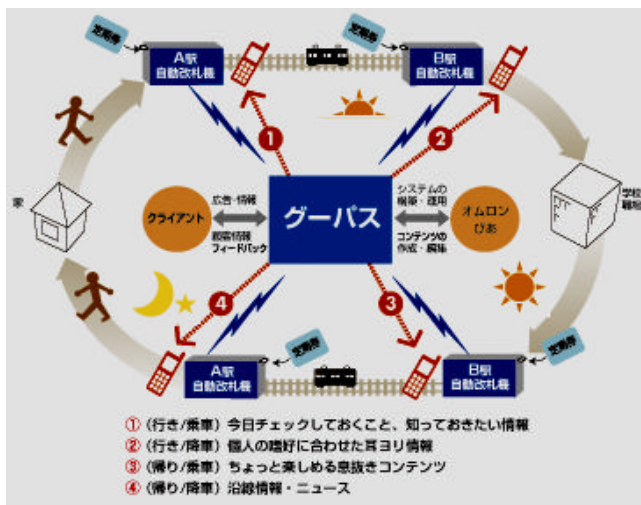


図8 サービス概念図

ルアドレス、個人のプロフィール、希望する情報の特性などを登録しておく。利用者が鉄道を利用し自動改札機を通過すると、ID番号が鉄道事業者を經由してgoopas運営センタに送られる。goopas運営センタでは、利用者の位置、時刻、目的地などの通過データと、あらかじめ広告主から登録されている条件、利用者のリクエストのマッチングを行い、最適な情報を携帯電話への電子メールとして発信する。情報は定期券利用者の行動パターンにあわせて、4回/日のメ

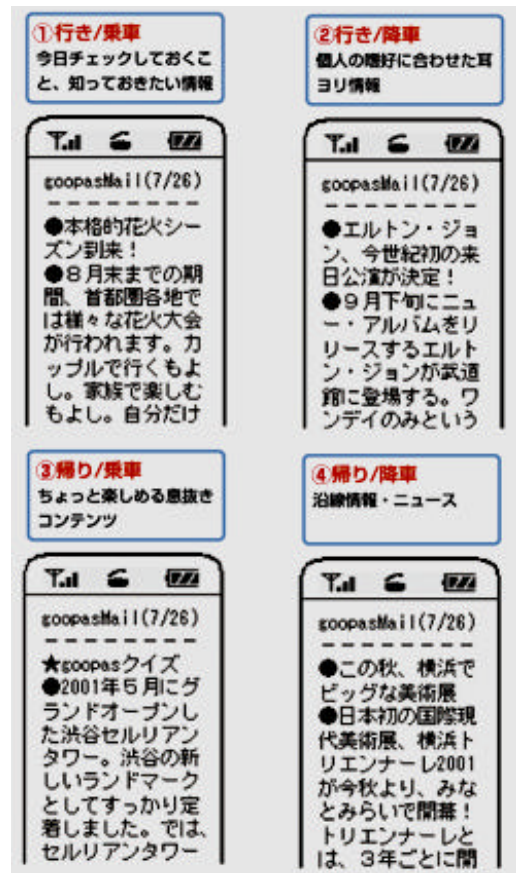


図9 コンテツの例

ールが送られる。提供されるコンテンツの例を図9に示す。

このサービスでは、利用者への情報提供を鉄道事業者、広告主、goopas 運営者の三者が相互にコスト負担とメリット配分できるように構成されている。図7参照。

(1) 鉄道事業者

駅、および、自動改札機という場を提供する。既存インフラを活用して、広告料の配分を受けることにより、運賃収入以外の収益を得る。

(2) 広告主

配布したい広告をターゲットとしたい条件と共に登録する。場所、時刻、受信者のプロフィールを絞り込むことで高いリーチ率と精読率が得られる。配信により広告料を支払う。

(3) goopas 運営者

広告主の条件と鉄道事業者からの利用者データをマッチングし情報を配信する。コンテンツ編集とシステム運用により、広告料の配分を受ける。

現在は定期券に書き込まれている ID 番号によって利用者を特定しているが、モバイル端末を利用したデジタルチケットが実現できれば、ID 登録や条件設定はモバイル端末のアプリケーションにより自動化することができる。さらに通信手段も電子メール以外に自動改札機との近距離無線や駅構内の無線 LAN の利用が考えられる。なお、このサービスは当社が中心となり、東京急行電鉄(株)様のご協力をいただき、'01年9月下旬より東急東横線において試験運用を開始する予定である。

7.2 連携割引、電子クーポン

モバイル端末は決済機能を持つことも可能である。商品購入時の付加価値還元をモバイル端末で管理することで鉄道料金に充当し割引く、もしくは逆に鉄道を利用すれば提携施設の入場を割引くといった制度をアプリケーションにより実現することができる。割引券やクーポンはデジタルチケットとして扱うことで、ネットワークを経由して配布することが可能であり、新たな利用者の誘導や拡大が期待できる。

8. むすび

本稿では、デジタルチケットシステムの概要と必要となる機能要件を述べ、評価システムの構成と実験結果について説明した。評価実験では、目標とした安全性と高速性をクリアし、操作利便性に関して実用可能なレベルであることを確認した。またデジタルチケットシステムの実用化に向けた課題、新たな鉄道サービスの可能性について考察し、事例を紹介した。

今後は、デジタルチケットの実用化に向けた開発を継続すると共に、電子バリュー全般を包含できるビジネスモデルの構築に取り組む予定である。これにより統合化された利便性の高いサービスを利用者に提供することで、鉄道利用者を増加させる効果が見込める。また、関連する仕様の標準化を推進し、普及を加速することで、鉄道事業者の投資対効果の向上にも寄与していきたい。

なお本開発では、情報処理振興事業協会様(IPA)の平成12年度先端的情報化推進基盤整備事業「携帯端末を利用したデジタルチケットシステムの開発」の成果を利用している。本事業は、弊社と株式会社日立製作所ソフトウェア事業部様が共同提案し採択されたものである。ここに関係各位へ謝意を表する。

参考文献

- 1) 黒須正明、伊藤昌子、時津倫子：“ユーザ工学入門”、共立(1999)
- 2) 情報処理振興事業協会セキュリティセンター：“暗号技術評価報告書「CRYPTREC Report 2000」”、情報処理振興事業協会(2000)
- 3) 後藤浩一、松原広：“ICカードによる指定席販売方法の検討”、第37回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、pp50-53(2000)
- 4) 小倉健明、新明正信、鷺海宏：“組込み型分散オブジェクト技術の応用”、第37回鉄道サイバネ・シンポジウム論文集、pp515-518(2000)
- 5) 荻野隆彦：“サイバレール構想”、情報処理学会高度交通システム研究会、高度交通システム'2001シンポジウム論文集(2001)
- 6) 宮田信雄、首藤智一：“ユニバーサルデザインを目指した顧客取引画面の開発”、OMRON TECHNICS, Vol140, No.4, pp327-335(2000)