

運用性を考慮した ETC 路側システム

Efficiently Managed Electronic Toll Collection System

深沢 一夫 内藤 一敏 中村 順一

FUKASAWA Kazuo

NAITO Kazutoshi

NAKAMURA Junichi

高速道路料金の新しい支払い手段である ETC システム(Electronic Toll Collection System : ノンストップ自動料金収受システム)が実用化され全国展開している。このシステムは、異なる道路事業者が同一の車載器と IC カードで共通して利用できる世界初のものである。当社は、長年にわたる高速道路の料金収受システムのノウハウと ETC システムの共同研究^(注1)を通して確立した技術を活用し、IC カードから中央システムまで幅広い範囲で ETC システムの構築を行った。ETC 路側システムは利用者との接点であるため、特にシステムの稼働開始後の運用性を重視して開発を行った。

Electronic Toll Collection (ETC) is the latest means of highway toll payment. ETC systems supplied by several system integrators have been installed on toll roads in Japan. ETC services are provided by three highway public corporations. However, the set of a transponder and integrated circuit (IC) card of the Japanese ETC systems enables all of these services to be used. There is no precedent in the world for this ETC business.

Toshiba has developed the entire system including the IC card, the tollgate equipment, and the host computer utilizing its accumulated know-how and skills as a toll collection system integrator and the ETC technologies established through the activities of the Joint Research on Nonstop Toll Collection System project in Japan. During the development, we concentrated on the total management efficiency of both the traditional toll collection system and the ETC system. In particular, management of the ETC tollgate system for collecting tolls from drivers is the most important element. This paper introduces the distinctive features of our ETC system.

1 まえがき

料金所の渋滞対策の切り札として期待される ETC システムは、2001 年 3 月の本格運用から始まり、順次、利用料金所数を増やしてきたが、2001 年 11 月 30 日からは 616 料金所で運用を開始し、実質的な全国展開が始まった。2001 年 12 月 20 日現在で車載器台数(セットアップ台数)は約 126,500 台となり、同年 8 月から倍増している。一日当たりの平均利用台数も同時期の日本道路公団で約 43,000 台、首都高速道路公団で約 9,000 台、阪神高速道路公団で約 1,800 台と前月 11 月平均の約 2 倍となり急増している⁽¹⁾。当社は、ETC システムの ETC カード(IC カード)から路側システム、ETC 中央系システムまで幅広く取り組み、それぞれを製品化した。特に路側システムについては運用性に重点を置いて開発した。

2 ETC 路側システムの概要と特長

ETC システムは、関係機能が複雑に絡んでいるため、大きなシステムとなっている(図 1)。

利用者は、車載器を購入し車両に取り付け、ETC カードを決済機関との契約により入手することで利用可能となる。

(注 1) 日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、本州四国連絡橋公団との「ノンストップ自動料金収受システム共同研究」。

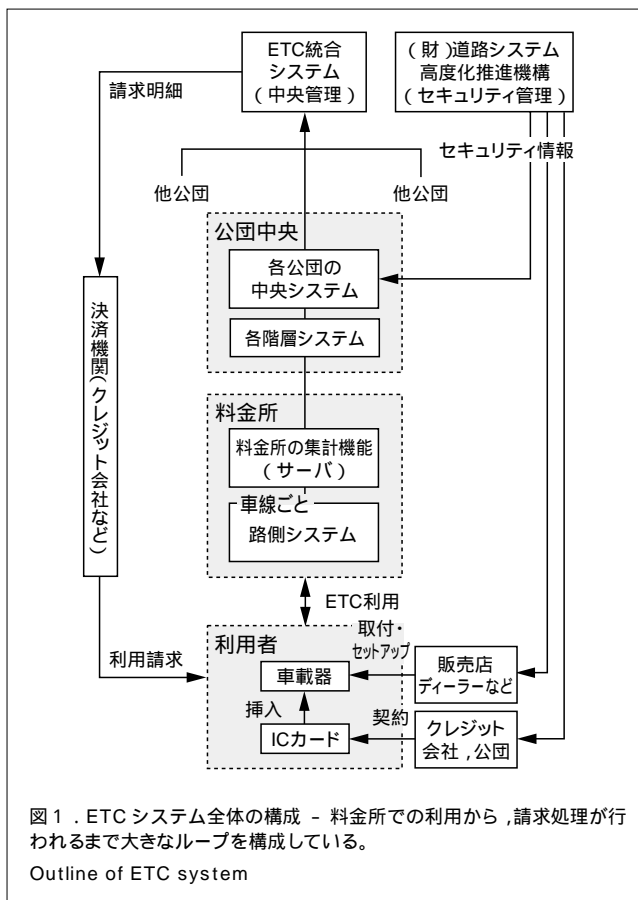


図 1 . ETC システム全体の構成 - 料金所での利用から、請求処理が行われるまで大きなループを構成している。

Outline of ETC system

料金所に設置されたETC路側システムでは、車線に進入してきた車両を光学センサなどで捕捉(ほそく)、無線通信、路側表示器及び発進制御装置(開閉棒)の動作を行うことで、スムーズな課金処理を実現させている。課金結果は、上位システムへ伝送され、各公団の中央システムに集計された後ETC統合システムを経由して決済機関(クレジットカード会社など)から利用者に請求する。(財)道路システム高度化推進機構(ORSE)は、ETCシステム全体のセキュリティ情報の生成管理などを行っている。

各道路事業者間で共通して利用できる前提であることから、路側システムは共通の各種仕様書及び規格書に従って作られている。これに加えて、当社では設計段階で、これまでの料金収受システムの構築経験を活用し、稼働開始後の料金所イメージを多角的に検討して仕様を決定した。その結果、まずシステムの信頼性確保に重点を置き、障害発生防止、発生原因の迅速な究明、運用への影響低減に配慮した。更に安定した運用を継続していくためには、的確なフィールド情報の提供が不可欠と考え、その機能を組み入れた。

2.1 対距離料金制のETCシステム

このシステムは入口と出口から構成される対距離料金収受システムである。入口においてETCカードと車載器の情報を無線通信にて取得し、その有効性確認を行い、入口通過の情報をETCカードに記録する。出口においても、再度、無線通信を行い、ETCカード内の入口情報から経路の妥当性を確認し、通行料金を算出して課金処理を行っている。

入口システム(図2)は通行料金決定のための車種判別機能からの条件により2アンテナ構成であり、出口は1アンテナ構成である。

2.2 都市高速道路均一料金制のETCシステム

このシステムは均一料金制のため、当該の料金所でETC



図2．対距離料金制のETCシステム - “ETC混在”運用中の日本道路公団の入口料金所。
Closed ETC system

カードと車載器の有効性を確認し、課金処理を行う。アンテナは対距離料金制の出口と同様に1基構成である(図3)。都市高速道路では、車線数が少なくETC普及率が低い導入当初はETC車両と一般車両の両方が利用できる“混在運用”の車線が多いので、この運用時の単位時間当たりの処理台数向上に重点をおいて設計した。具体的には収受員によるETC車と一般車の識別と収受操作が確実に行われるように配慮したヒューマンインタフェース設計とし、ETCカード支払い時の処理時間短縮も図っている。



図3．均一料金制のETCシステム - “ETC専用”運用中の首都高速道路公園の料金所。
Open ETC system

2.3 耐環境性への配慮

高速道路は高架部及び山間部などが多いことから、雷の影響を強く受ける環境である。このことから、メタル配線のインタフェース部分には、強力な雷サージ防止素子を入れて耐性を向上させている。また、伝送回線についても、料金所の車線内の配線以外はすべて光ケーブルを使用することで対応した。その結果、周辺で被害の出るような落雷でもETCシステムには被害がないなど、運用後の効果も確認されている。

高架上の料金所の機器は車両走行による振動が激しく、補助記憶装置には機器に応じてシリコンディスクを採用している。併せて車線に設置される機器は、排気ガス及び粉塵(ふんじん)対策として密閉筐体(きょうたい)としたが、このため熱対策が必要となった。高速処理によるCPUの発熱対策にはRISC(縮小命令セットコンピュータ)の多用による低消費電力設計にて熱量の低減と、更に熱交換器による放熱効率の向上を図っている。

2.4 障害対応・解析

故障が発生した場合に、車線を閉鎖しなければならないような重要機能部は、一部を二重系構成として障害対応を考えてあり、また、障害発生後の迅速な原因究明のため、シス

テムの処理状態の記録(ログ)を保管管理する機能を持っている。

車線数の少ない都市高速道路用モデルでは、障害発生時に機能を低下(ETCカードや一般車両に限定)して縮退運転することで車線閉鎖をしなくても済むような構成にしている。

3 ログ機能の実装

ETCシステムは利用者にとっても初めての経験であるため、普及に伴い運用が変化することを想定していた。このためには利用者の支払い行為や、料金所での車両走行における利用者の意識の変化をシステムに反映するため、フィールドの状況が的確に把握できる必要がある。また、無線通信についても多種多様な車載器と交信するため、異常解析にはユーザーの使用方法の問題か、車載器が不調なのか、路側機器の異常なのかの分類が必要となり、このためのモニタリング機能は非常に有用である。

このことから路側システムでは、障害解析に加えて次のログ情報を保管管理できるようにした。

3.1 稼働ログ情報

稼働ログ情報とは、ETC路側システム全体の処理状況を記録したものであり、大別して3種類ある。

- (1) 路側機器の動作状態の記録 路側機器は、車両の進入に伴う処理と収受員操作とが複雑に、かつ多様な

タイミングで動作し運用される。このため、利用者からの問合せなどに対応できるように、そのときの状況が正確に記録されていることが必要となる。データはタイムスタンプ付きで記録されるため、時系列で状況を把握することが可能であり、不慣れな利用者の挙動など広くフィールドのモニタリングにも利用されている。

これに対応して簡易な操作で解析が可能なツールも合わせて開発し、設計者以外の人でも活用できるように考慮した。

- (2) ETC処理した結果情報の記録 利用者からの支払い状況などの問合せなどで、処理結果の内容の詳細確認に利用されている。特定のツールだけで解析できるように機能限定できるようにしてある。

- (3) 各機器の詳細な処理プロセスの記録 路側機器の各インタフェース(無線通信内容以外)の詳細な動作状態や内部処理プロセスを記録しており、機器の障害解析に用いている。

3.2 無線通信ログ

車載器との無線通信はDSRC(Dedicated Short-Range Communication)プロトコル(ARIB^(注2)STD-T55)に基づいて行われる。無線通信ログ収集機能(DSRCログ)は路側本来の機能とは完全に分離しており、送受信部から分岐して取り出した信号を、独立して復調し通信状況を記録する機能で

(注2) ARIB:(社)電波産業会

No.	DATE	TIME	ANT	DOWN1	DOWN2	UP1	UP2	UP3	UP4
889	2001/10/24	15:36:52.310	#1	FCMS	[空]	[空]	[空]	[空]	[空]
890	2001/10/24	15:36:52.313	#1	FCMS	[空]	[空]	[空]	[空]	[空]
891	2001/10/24	15:36:52.315	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]
892	2001/10/24	15:36:52.318	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
893	2001/10/24	15:36:52.320	#1	FCMS	[空]	CNS02141fbc	[空]	[空]	[空]
894	2001/10/24	15:36:52.322	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]
895	2001/10/24	15:36:52.325	#1	FCMS	[空]	[空]	[空]	[空]	[空]
896	2001/10/24	15:36:52.327	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
897	2001/10/24	15:36:52.329	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
898	2001/10/24	15:36:52.332	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
899	2001/10/24	15:36:52.334	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
900	2001/10/24	15:36:52.336	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]
901	2001/10/24	15:36:52.339	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
902	2001/10/24	15:36:52.341	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
903	2001/10/24	15:36:52.343	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
904	2001/10/24	15:36:52.346	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
905	2001/10/24	15:36:52.348	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]
906	2001/10/24	15:36:52.350	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]
907	2001/10/24	15:36:52.353	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
908	2001/10/24	15:36:52.355	#1	FCMS	[空]	[空]	[空]	[空]	[空]
909	2001/10/24	15:36:52.357	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]
910	2001/10/24	15:36:52.360	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
911	2001/10/24	15:36:52.362	#1	FCMS	[空]	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]
912	2001/10/24	15:36:52.365	#1	FCMS	MDS02141fbc	[空]	[空]	[空]	[空]

図4 . DSRC ログシーケンスの表示例 - 通信プロトコルの状況が路側システムと車載器別に時系列で見ることができる。
Example of dedicated short-range communication (DSRC) protocol sequence

ある。このため、高速な DSRC の記録処理を本来システムに負荷をかけることなく実現している。

DSRC ログシーケンスの表示例を図4に示す。路側無線装置と車載器間で通信したデータはすべて記録され、表示することができる。タイムスタンプ情報とともに無線通信プロトコルのアウトラインを表示し、各プロトコルデータの内容は、当該の部分をクリックすることで表示することができる。これにより車載器と路側機器間の無線通信状況のすべてが把握できるため、無線通信に起因した障害や、安定性などの状況を正確に把握することができる。

3.3 ログ情報の活用

ログのデータ量は膨大であるため、現状はオンライン伝送されず、料金所単位の集計機能を持つ制御装置(サーバ)に蓄積され、必要により収集、解析を行うようになっている。蓄積期間は、交通量やETCの普及率により異なるが、1か月から3か月程度である。

今後の取組みとして、DSRC ログについては長期間にわたり蓄積して統計解析を行うことで、路側機器自身の不調や電波環境などの微妙な変化の検出も可能であると想定している。このための大容量データベースの構築と、解析システムの仕組み作りも必要である。

また、稼働ログも同様に長期間の統計解析を実施することにより、運用の変化を顕在化する前にとらえ、対策を打つことで、効率的なETCシステムの運用管理が行えると考えている。

4 あとがき

最長の供用期間の料金所では、1年以上が経過しており、その間、大きなトラブルもなく順調に24時間365日連続稼働

している。

既に運用中のシステムからのログ情報から、フィールドの改善につながる種々の知識が得られており、当社の設計思想が功を奏していると自負している。

今後は、更なるETCシステムの進化とともに、上位概念であるITS(Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム)への応用の提案と開発をしていきたい。

文献

- (1) 国土交通省資料(2001,12)。



深沢 一夫 FUKASAWA Kazuo

e-ソリューション社 システムコンポーネツ事業部 システムコンポーネツ技術部主幹。料金収受システムの設計開発、エンジニアリング業務とETCシステムプロジェクトマネジメント業務に従事。

System Components Div.



内藤 一敏 NAITO Kazutoshi

e-ソリューション社 システムコンポーネツ事業部 システムコンポーネツ技術部主務。有料道路向け料金収受システムのエンジニアリング業務に従事。

System Components Div.



中村 順一 NAKAMURA Junichi

e-ソリューション社 日野工場 伝送通信システム部主務。ETC用路側無線装置、ITS路側無線システムの設計開発に従事。

Hino Operations