

ITS高度配信プラットフォームアーキテクチャの提案と基本特性評価

船戸 潤一 藤井 裕順 知加良 盛 川崎 良治

NTTサービスインテグレーション基盤研究所
〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1

E-mail: {funato, fujii, chikara, kawasaki}@nttmhs.tnl.ntt.co.jp

あらまし

移動環境におけるリクエスト型の情報配信サービスの増加に伴い、運転中や歩行中などマルチモーダルな環境を考慮して配信制御を行う情報配信機能が求められるようになった。これまでは各サービスで個別に情報配信機能を構築している状況であるが、今後は様々な利用シーンで共通利用可能な配信基盤の構築が求められる。本稿では、マルチモーダル環境において求められる高度配信機能と、それを実現するアーキテクチャを提案する。また、本配信機能がユーザリクエスト後の応答時間を意識した制御を行うことにより、制限時間内に到着するデータ量を増やし、その結果ユーザ満足度を向上させる効果があることを示す。

Proposal and Analysis of Advanced Information Distribution Platform Architecture for ITS

Junichi FUNATO Hiroyuki FUJII Sakae CHIKARA Ryoji KAWASAKI

NTT Service Integration Laboratories
1-1 Hikarinooka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-0847

E-mail: {funato, fujii, chikara, kawasaki}@nttmhs.tnl.ntt.co.jp

Abstract

Recently, due to the increase of demands on requested-type services offered by several mobile users, such as drivers and pedestrians, a new type of platform applicable to these services has been required. In this paper, we propose an advanced information distribution platform architecture for ITS. This paper also discusses the way to improve the distribution efficiency in consideration of response time to user requests.

1 はじめに

現在、i モードに代表されるように、移動環境下におけるインターネットアクセスが爆発的に増加している。ユーザの利用方法としては、当初メールのやり取りが中心であったが、最近では地域の天気

予報や電車の乗換え案内など、リクエスト型の情報配信サービスの利用が増加し、今後もその需要はますます増加すると予想される。また、ここ数年、VICS など車両への情報配信サービスが普及しつつある。特に、最近では、カーナビゲーションシステムと携帯電話を融合させたサービスも出始

めており、今後、リクエスト型サービスの利用形態は、歩行者だけでなく、車両からの情報アクセスへも広がっていくと予想される。

このように、ITS における情報配信サービスを提供するにあたっては、歩行中や車での移動中など、マルチモーダルなユーザリクエスト環境でのサービス性向上が鍵を握る。特に、ITS に特徴的な運転環境下では、リクエスト後の応答時間がユーザにとって重要な要因となり、応答時間を考慮した情報配信サービスの提供が求められる。

一方、情報配信サービスのシステム構成に目を向けると、現在は各サービスとも立ち上げ時期にあたり、個々のサービスで個別に情報配信機能を構築しているのが現状である。今後、サービスの種類や数が増加してくると、アプリケーションに依存せず、様々な利用シーンに対応した、各サービスで共通的に活用できる情報配信基盤の構築が重要となってくる[1][2]。

本稿では、マルチモーダル環境においてユーザが快適に情報配信サービスを受けられる配信機能と、その機能を汎用的に利用可能とするアーキテクチャを提案し、その基本特性を評価する。以降 2 章で高度配信機能に対する要求条件と、それを実現するためのアーキテクチャを示す。3 章では本アーキテクチャに基づき具体化した配信制御機能の詳細を述べ、4 章で計算機シミュレーションにより配信制御機能の効果をみる。最後に 5 章でまとめを述べる。

2 ITS 高度配信プラットフォームアーキテクチャ

2.1 高度配信機能に対する要求条件

(1)異なるユーザ環境への対応:歩行中や車での移動中などユーザ状態の違いにより、サービスに要求される品質、特にリクエストから応答までの時間に対する要求が異なる。従って、「ユーザごとの応答時間を考慮した配信制御機能」が求められる。

(2)異なる通信環境への対応:ユーザは、携帯電話・DSRC 等の移動通信手段、さらには、公衆網・専用線等の固定通信手段と様々なアクセス手段を用いてリクエストする。従って、同じデータ量の情報を配信するにも、ユーザ利用環境によって伝送遅延時間が異なる。ゆえに、「ユーザのネットワーク利用環境の違いを意識した配信制御機能」が求められる。

(3)トラフィック変動への対応:車両からの情報アクセス状況を考えると、渋滞時局地的にトラフィック量が増加するなど、大きなトラフィック変動が予想される。従って、「トラフィック変動に対する耐力のある配信制御機能」が求められる。

以上より、ITS における配信機能は、上記(1)~(3)の要求条件を満足した上で、異なる移動環境からのユーザリクエストに対し、許容時間内に配信される情報を増やし、結果としてユーザ満足度を向上させる必要がある。これを ITS における「高度配信機能」と定義する。当該機能を実現するためには、受信したデータをユーザに配信するまでの「余裕時間」が鍵となり、これを意識した優先制

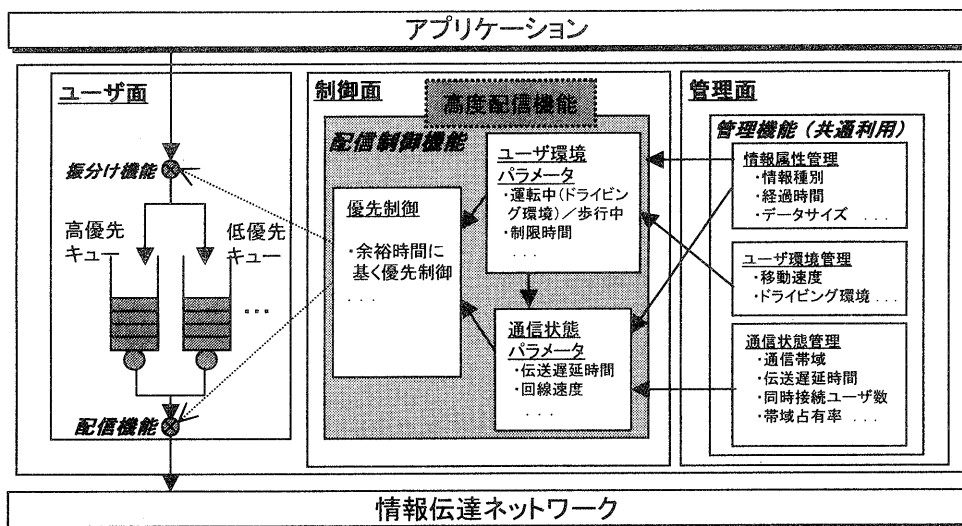


図 1 ITS 高度配信プラットフォームアーキテクチャの基本構成

御方式が必要となる。余裕時間に基づく優先制御方式については3章で詳しく述べる。

2.2 アーキテクチャの基本構成

提案アーキテクチャは、他のプラットフォーム機能と連携しやすくするために、ユーザ面／制御面／管理面から構成し、高度配信機能は制御面に具備する(図1)。

- ・ユーザ面は、情報の受信・蓄積・配信を行う汎用的な機能を具備し、制御面からの指示に基づいて受信したデータの振り分け等を行う。
- ・管理面は、パラメータとなり得る情報の管理を行う。ここで取り扱う管理情報は、ITS 高度配信機構以外の他目的でも共通に利用できる汎用的な情報を管理する。
- ・制御面は、管理面で管理される汎用情報を高度配信機能に適用できる形式に変換する機能と、それらパラメータに基づいて優先制御を実行する機能から成る。前者は、ユーザがどのような状態にあるかを判断し、制限時間等を決定するユーザ環境パラメータ部(要求条件(1)に対応)と、伝送遅延時間や回線速度等のデータの変換を行う通信状態パラメータ部(要求条件(2)に対応)から成る。優先制御部は、多様なトラヒック条件下で余裕時間に基づく優先制御を実行し、その結果をユーザ面に対して指示する(要求条件(3)に対応)。

3 高度配信 PF アーキテクチャに基づく配信制御機能

3.1 余裕時間に基づく優先制御

1章で述べたように、今後、車の運転中も含めた移動中での情報のリクエストサービスが増加すると予想される。特に運転中のリクエストでは、早急なレスポンスが求められるケースがあり、ユーザの望む時間内に応答できるかがユーザ満足度に大きく影響する。例えば目的地への道順案内をリクエストしたとき、降りるべき高速出口を過ぎた後で回答を受信しても、ユーザにとっては意味のない情報となる。また、レスポンスまでの時間が長いと、ドライバのイライラ感も募り、運転中の注意力散漫につながる可能性もある。

上記の問題を解決するためには、リクエスト後の待ち時間を考慮し、ユーザが望むタイミングで応答を返すスケジューリング法の実現が重要となる。待ち時間に基づくスケジューリング法としては、これまでジッタ EDD(Jitter Earliest Due Data)[3]や、EDF(Earliest Deadline First)[4]などがある。

これらの方式の考え方を ITS の配信制御機能

に適用する場合の問題点を以下に示す。

- (1)ジッタ EDD 方式はパケットを受信した時点での「経過時間」をもとに配信タイミングを決める方式である。この方式は、キューを出た後の通信品質が安定している場合には良い。しかし ITS では伝送媒体として無線区間を利用するケースが多く、伝送遅延のばらつきが大きいいため、経過時間と共に「伝送遅延時間」も配信タイミング決定の要因となり得る。
- (2)EDF 方式は、プロセススケジューリングに適用される方式で、デッドラインの短いプロセスを順に並べ替えて実行する。この方式に基づく配信制御は、処理負荷が大きいため、高トラヒック[5]が予想される ITS の配信制御機能には不向きである。

上記問題点を解決するために、本稿では次の「余裕時間に基づく優先制御」を提案する。まず余裕時間を次のように定義する。

余裕時間

=制限時間－経過時間－伝送遅延時間 (式1)

制限時間:ユーザがリクエストしてからデータを受信するまでに待てる許容時間

経過時間:ユーザがリクエストしてからデータが配信機能に到達するまでの時間

伝送遅延時間:データが配信機能を出てからユーザに到達するまでの時間

図2に示すように、車または歩行者が情報をリクエストすると、サーバで回答を生成し、データを配信機能に送る。配信機能は余裕時間をもとにデータを振り分け、余裕のないデータを高優先キューに入れて先に配信し、余裕のあるデータは低優先キューに入れて配信を後回しにする。この時、余裕時間の演算に伝送遅延時間を考慮することで、ジッタ EDD での問題を解消する。また余裕時間に基づく単純な振り分け機能を用いることにより

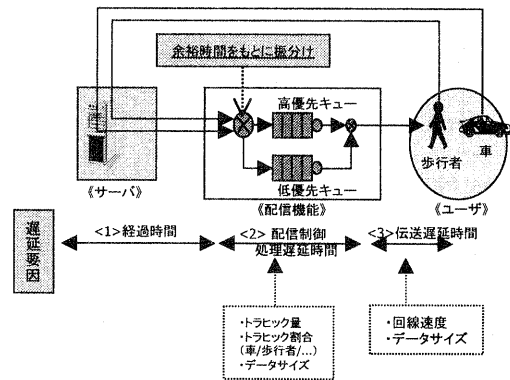


図2 余裕時間に基づく優先制御モデル

EDFのような処理負荷の発生を抑えている。

3.2 余裕時間閾値の設定

上述の優先制御方式は、余裕時間に基づき高優先キューと低優先キューへのデータの振り分けを行うため、その閾値 α の設定が本方式の性能を決める上で鍵となる。 α の設定は、図1のアーキテクチャをもとに、ユーザ環境パラメータと通信状態パラメータをから算出する。

- (1)ユーザ環境パラメータ:ユーザごとの制限時間を判定するが、そのためには情報自身の持つ性質(緊急性を要するか否かなど)の識別、ユーザ環境(歩行中か運転中かなど)の判定が求められる。
- (2)通信状態パラメータ:リクエスト後のデータ遅延要因を考えると、図2のように<1>経過時間、<2>配信制御処理遅延時間、<3>伝送遅延時間に分類できる。その中で、<2>はトラフィック量/割合と、データサイズが、<3>は回線速度と、データサイズが遅延要因となる。

以上のことから、余裕時間の閾値 α の決定には、次の6つのパラメータ値を考慮する必要がある。

$$\alpha = f(\text{制限時間, トラフィック量, トラフィック割合, 経過時間, データサイズ, 回線速度}) \text{ (式2)}$$

余裕時間閾値の設定フローを図3に示す。ユーザ環境パラメータである制限時間は、①情報識別部からの情報と、②ユーザ環境判定部からの情報をもとに、③制限時間判定部により算出され、⑥閾値設定部に渡される。通信状態パラメータであるトラフィック量/割合、経過時間、データサイズ、回線速度は、④通信パラメータ計測部で計測し、⑤入力パラメータ収集部に集められ、⑥閾値設定部に渡される。⑥閾値設定部では③、⑤からの情報をもとに、まず適用判断機能で優先制御を適用するか否かを判断する。その結果「適用」と判断されると、閾値演算機能により閾値を算出する。

4 余裕時間に基づく優先制御方式の基本特性評価

4.1 評価方法

3章で述べた余裕時間に基づく優先制御の基本特性を、計算機シミュレーションにより評価した。今回のシミュレーションでは、通信環境パラメータの中でも特にトラフィックパターン(トラフィック量とトラフィック割合)の変化に着目し、閾値設定部の適用判断機能の評価を行った。

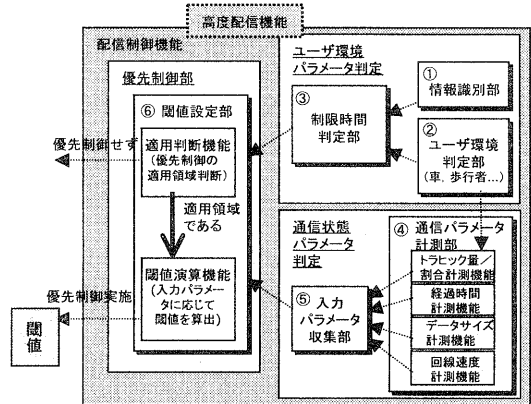


図3 余裕時間閾値の設定フロー

4.2 シミュレーションモデル

図4にシミュレーションモデルを示す。

- ・トラフィック源:車向けと歩行者向けを分けてモデル化し、それぞれリクエストデータがサーバを経由して配信機能に至る過程を模擬し、これを「経過時間」として設定する。またデータサイズとトラフィック発生周期から車向けと歩行者向けのトラフィック量及びトラフィック割合を決定する。
- ・配信機能はトラフィック源からきたデータを、余裕時間の閾値をもとに高優先キューと低優先キューに振り分ける。キューからの出力のスケジューリング法は、高優先キュー内に一つでもデータがあるときは高優先キューから出力し、なければ低優先キューにあるデータを出力するという、単純な手法とする。
- ・キューを出た後の回線速度は車と歩行者向けでそれぞれ設定する。

評価にあたり以下の3種類の配信制御方式について特性比較を行った。

- (1)優先制御なし:FIFO
- (2)優先制御あり:経過時間のみを用いて余裕時間を算出
- (3)優先制御あり<提案方式>:
経過時間と伝送遅延時間を用いて余裕時間を算出

表1にシミュレーションで用いたパラメータ設定値を示す。また、評価尺度としてはユーザ満足度を想定し、制限時間内配信達成率(全ユーザリクエストに対し、制限時間内に配信される情報の割合。以下達成率)を用いることとし、目標とする達成率を98%とした。

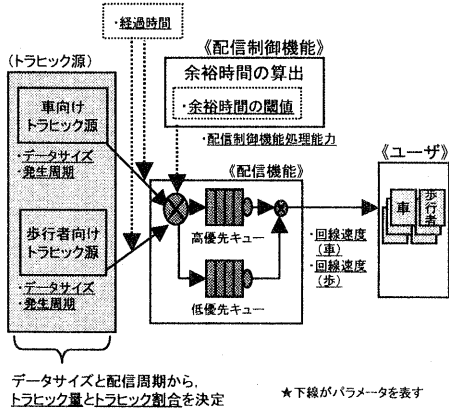


図4 シミュレーションモデル

表1 パラメータ設定値

パラメータ		設定値
トラヒック量	車	データサイズ固定(40Kbit) ／発生周期可変
	歩行者	データサイズ固定(40Kbit) ／発生周期可変
経過時間	車	3.0 sec(指数分布)
	歩行者	3.0 sec(指数分布)
制限時間	車	5.0 sec(固定)
	歩行者	10.0 sec(固定)
回線速度	車	64 Kbps(固定)
	歩行者	384 Kbps(固定)
余裕時間の閾値		2.0 sec(固定)
配信制御機能処理能力		2.0 Mbps(固定)

4.3 評価結果

4.3.1 余裕時間に基づく配信制御の効果

図5はリクエストから受信までの時間(以下応答時間)と到着データ数(車向け)の関係を表すヒストグラムである(トラヒック量(車)を1.2Mbps, トラヒック量(歩行者)を0.6Mbpsに設定)。今, 車向けデータの制限時間は5秒としているので, 応答時間5秒のラインより右側にあるデータが, 制限時間内に届かなかったものである。

結果1-1は, 何も配信制御を行っていないため, 制限時間内に到着しないデータが多く存在する。

結果1-2は, 結果1-1に比べ制限時間内に到着しないデータ数が減少している。これは本配信制御機能により, 制御しない場合に余裕を持って到着していたデータをキュー内に待たせ, 制限時間を超えて到着していたデータを優先配信し, 制限時間内に到着させているためである。

結果1-3では, 結果1-2と比較してさらに制限時間内に到着しないデータ数が減少している。結果1-2ではキューを出た後の伝送遅延時間を考

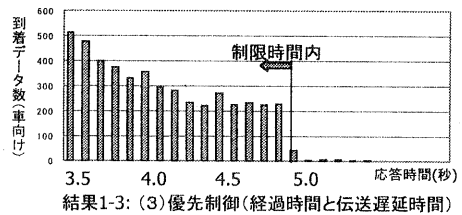
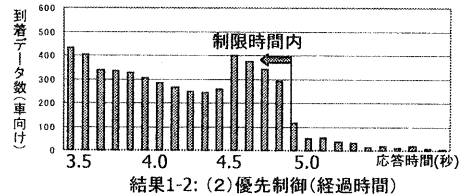
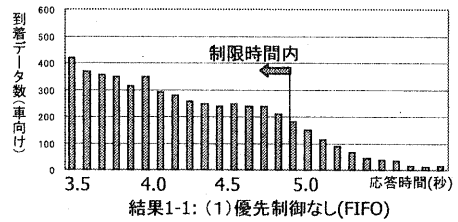


図5 応答時間に対する到着データ数の分布

慮していないため, 通信状態によっては伝送遅延時間が増加し, 結果として制限時間を超えるデータが生じるが, 結果1-3ではキューを出た後の伝送遅延時間までを考慮して優先制御を行うため, 伝送遅延のために制限時間を超えていたデータを制限時間内に到着させているためである。

4.3.2 トラヒックパターンの違いに対する配信制御の基本特性評価

図6は, トラヒックパターン(トラヒック量とトラヒック割合)を変化させたときの達成率98%を満足する境界線を表す。縦軸, 横軸はトラヒック量を配信制御機能処理能力で正規化した「トラヒック負荷率」を表す。例えば横軸上の点は, 車と歩行者のトラヒック割合が1:0(即ち全て車向けトラヒック)で, トラヒック負荷率を0から増加させていったとき, 達成率98%を満足する最大トラヒック負荷率を表している。

この図から, 配信制御を制御方式(2), (3)と順次適用することにより, 達成率98%以上となる領域が広がるのがわかる。特に, 制御方式(3)は車向けトラヒックの割合の多い領域で効果が顕著に見られる。これは, 当該方式が, 車向けトラヒックを優先的に救済し, 制限時間内に到達する車向けトラヒックを増加させていることを意味する。その一方で, 制御方式(3)は, 歩行者向けトラヒック割合の多い領域においても(1)FIFOとほぼ同等の性能を引き出すことができる。このことから, 制御方

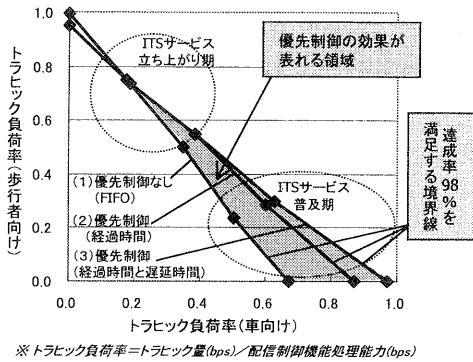


図6 トラフィックパターンの違いに対する配信制御の効果

式(3)は、歩行者向けトラフィックに対する性能を維持しつつ、車向けトラフィックに対する性能を向上させる効果があることがわかる。

ITSサービスの立ち上がり時期では車向けトラフィック量は少ないが、ITSサービスが普及してくると車向けトラフィック量が増加すると予想される。運転環境下では特にリクエスト後の応答時間がユーザにとって重要な要因になると考えられるため、ITS普及期には制御方式(3)の適用が効果的であるといえる。

また、この図から、配信制御を行う必要のないトラフィックドメイン(図の左下の領域)と配信制御を適用して効果が出るトラフィックドメイン(図で網掛けの領域)がわかる。これを用いることにより、閾値設定部では、車向け・歩行者向けトラフィック量の計測結果から、配信制御を実施するかどうかの判断を行うことができる。

4.3.3 トラフィック変動に対する配信制御の基本特性評価

図7で、トラフィック割合(車:歩)を2:1と固定させた状態で、車向けと歩行者向けの総トラフィック負荷率を変動させたときの耐力を評価する。

(1)FIFOの達成率は、トラフィック負荷率の増加とともに自然に減少した後、輻輳に至る。今回の結果では、達成率の目標値98%を満足するには、(1)FIFOは構築した設備の処理能力に対して、約75%の能力しか引き出すことが出来ないことがわかる。一方、制御方式(3)は、輻輳するまで高い達成率を保ち輻輳の直前で急激に減少するという特性をもつ。従って、構築した設備の処理能力に対し、約93%の能力を引き出すことができる。言いかえると、制御方式(3)は(1)FIFOで取り扱えるトラフィック量と比較し、約25%多くのトラフィック量を取り扱うことを可能とする効果があるといえ

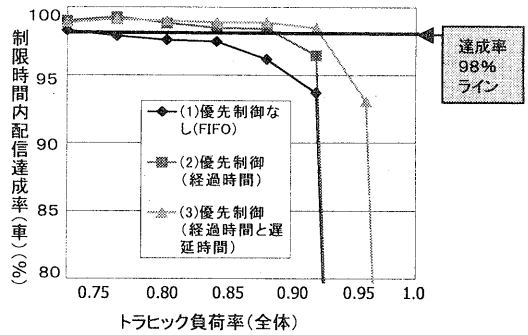


図7 トラフィック量変動に対する配信制御の効果

る。

5 まとめ

本稿では、マルチモーダル環境において求められる高度配信プラットフォームアーキテクチャの提案を行うと共に、本アーキテクチャに基づき具体化した配信制御機能の基本特性評価を行った。その結果、提案配信制御方式は、(1)制限時間内に到着するデータ量を増やす効果があること、(2)歩行者向けトラフィックに対する性能を維持しつつ、車向けトラフィックに対するトラフィック変動耐力を向上させる効果のあることがわかった。今後は、通信環境における伝送遅延時間の変動を加味した配信制御方式、及び余裕時間閾値の設定方法の確立に向けた検討を行う予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、活発な議論、有益なご助言を頂いた、NTTサービスインテグレーション基盤研究所 吉開範章プロジェクトマネージャ、須田裕之主幹研究員に感謝いたします。

参考文献

- [1]安原隆一, 吉開範章, "ITS 情報流通プラットフォーム技術", 情報処理, Vol.40, No.10, pp.974-977, 1999.
- [2]藤井裕順, 船戸潤一, 知加良盛, 川崎良治, "ITS 情報配信系プラットフォーム・アーキテクチャの提案と基本特性評価", 電子情報通信学会総合大会, 2001年3月(掲載予定)
- [3]Verma, D., H. Zhang, and D. Ferrari, "Guaranteeing Delay Jitter Bounds in Packet Switching Networks", Proc. TriComm '91, IEEE, Chapel Hill, NC, April 1991.
- [4]藤倉俊幸, "リアルタイムスケジューリングの詳細", Interface, December, 1998.
- [5]宮内充, 山本尚生, 篠原正明, "ITS のサービス実現に向けた通信トラフィック評価と情報ネットワーク構成法", 信学論(A), Vol.J81-A, No.4, pp.505-517, April, 1998.