

ITS 応用のためのメッセージ委譲ミドルウェアの実装と評価

服部 元[†] 小野 智弘[†] 西山 智[‡] 堀内 浩規[‡]

[†] 株式会社 KDDI 研究所 〒356-8502 埼玉県上福岡市大原 2-1-15

[‡] YRP ユビキタスネットワークング研究所 〒141-0031 東京都品川区西五反田 2-20-1

E-mail: [†] {gen, ono, hr-horiuchi}@kddilabs.jp, [‡] tomo@ubin.jp

あらまし ITS において、路車間通信を利用したアプリケーションが想定されている。路車間通信のための通信メディアとして DSRC や携帯電話などが複数利用可能であるが、通信可能エリアや通信速度、通信コストなどの性質が異なる。DSRC では 1 つの基地局あたりの通信可能エリアは携帯電話と比較して小さいが、複数の基地局をまとめて大きな通信可能エリアを形成して利用する方式が検討されており、車両が走行しながら映像のストリーミング等の大量のデータを扱うアプリケーションを実現できる。しかしながらこの場合、大小の通信可能エリアが点在する離散的な通信環境(以下、DSRC ネットワークと呼ぶ)となり、通信不能となる区間が不定期に存在することになる。そのためアプリケーション開発時には DSRC ネットワークが通信可能になるときのみメッセージを送る等、高信頼なメッセージ送信の仕組みを持つ必要がある。

このようなアプリケーション開発を容易にするため、著者らはこれまでに DSRC ネットワークの断続情報に基づき確実なメッセージ送信を可能にするメッセージ委譲ミドルウェアを提案している。本稿では、ミドルウェアの実装を行い、評価を行った結果を報告する。

キーワード メッセージ委譲、ミドルウェア、DSRC、ITS

Implementation and Evaluation of Message Delegation Middleware for ITS Application

Gen HATTORI[†] Chihiro ONO[†] Satoshi NISHIYAMA[‡] and Hiroki HORIUCHI[†]

[†] KDDI R&D Laboratories Inc. 2-1-15 Ohara, Kamifukuoka-shi, Saitama, 356-8502 Japan

[‡] YRP Ubiquitous Networking Laboratory 2-20-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0031 Japan

E-mail: [†] {gen, ono, hr-horiuchi}@kddilabs.jp, [‡] tomo@ubin.jp

Abstract There are many applications which use communication between vehicles and systems on the fixed network, in intelligent transportation systems (ITS). For communication between vehicles and systems, many types of communication media such as Dedicated Short Range Communications (DSRC) and cellular phones, which have different characteristics such as the range of communicative area, the bandwidth and the cost for communication, can be used. Recently, for exchanging large data between systems and moving vehicles, there are researches for forming a connected area which consists of multiple DSRC communicative areas. In DSRC network where multiple connected areas are scattered along the road, applications are required to have functions for detecting network status, re-sending messages, and so on.

For improving development efficiency of applications in DSRC network, so far, we have proposed the middleware with the message delegation system that realizes reliable message delivery based on the information of network status of DSRC network. In this paper, we describe implementation of the middleware and show results of the middleware through evaluation.

Keyword Message Delegation, Middleware, DSRC, ITS

1. はじめに

近年、交通事故の防止や物流の効率化、さらには自動運転や高齢化社会への対応など、道路交通システムの高度化を目指す高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems: ITS)が注目されている。ITSで提供されるアプリケーションには、固定網上に設置されたサーバ(以下、センタと呼ぶ)と移動する車両との情報交換(以下、路車間通信と呼ぶ)を利用するものがある。実用化されているアプリケーションとして、自動料金支払いシステム(Electronic Toll Collection: ETC)や、道路交通情報通信システム(Vehicle Information and Communication Systems: VICS)等がある。これらの他に運転補助サービスや施設の予約サービス等のアプリケーションが想定されている[1]。路車間通信に利用可能な無線の通信メディアは、DSRC (Dedicated Short Range Communications)や携帯電話等、複数存在する。携帯電話は基地局1つあたりの通信可能エリアが数百mから数km程度あるが、通信速度が高々400kbps程度と低いことや通信コストが高い問題がある。一方、DSRCは基地局1つあたりの通信可能エリアが数十m程度であるが、通信速度は1~4Mbps程度と高く[2][3]、その公共性から通信コストは安いと考えられている。またこれまでにSTD-T75[3]に準拠するDSRCの基地局を利用し、複数の基地局を連結した広い通信可能エリア(以下、連結エリアと呼ぶ)を形成することで、車両が走行しながらストリーミング映像を受信するなどの、まとまったデータのやり取りを可能とする通信方式がスマートゲートウェイプロジェクト等により検討されている[4]。路車間通信を利用するアプリケーションは、これらの通信メディアから何らかの基準により、路車間通信に利用する通信メディアを選択する必要がある。但し、DSRCネットワークは連結した基地局数に応じた大小の連結エリアが散在する離散的な通信環境(以降、DSRCネットワークと呼ぶ)となることが想定される。このためアプリケーションがDSRCネットワークを選択した場合は、通信可能時のみメッセージを送信する等の機能が必要である。

筆者らはこれまでに、DSRCネットワークの断続情報に基づく高信頼なメッセージ送信を可能とする、メッセージ委譲ミドルウェアを提案している[5]。このミドルウェアにより、アプリケーションの開発が容易になることが期待できる。本稿では、提案したミドルウェアを実装し、シミュレーションおよび実際のDSRCネットワークにて性能評価を行い、有用性を示す。

以降、2章ではDSRCネットワークとその応用の要件について述べる。3章ではメッセージ委譲ミドルウェアの概要について、4章ではメッセージ委譲ミドルウェアの実装についてそれぞれ述べる。5章では性能

評価について述べ、最後に6章でまとめを述べる。

2. DSRCネットワークの概要とその応用の要件

スマートゲートウェイプロジェクト[4]が想定するDSRCネットワークを図1に示す。DSRCネットワークは、①交通情報や観光情報等のITS関連サービスを提供するアプリケーションサーバや、それらのサーバに車両の位置情報等を提供する位置管理サーバ等からなるセンタ、②階層的なルーティングを行うルータ網、③路車間通信のためのDSRC基地局、④ルータ網とDSRC基地局を接続するゲートウェイ、および⑤DSRC受信機と車載端末を持つ車両により構成される。以上の機能が連携することにより、車両は走行しながら複数のDSRC基地局を介してセンタと通信を行うことができる。ここで、DSRC基地局の通信可能範囲(以下、セルと呼ぶ)が数十mであり狭いことから、車両がどのセルと通信可能かという情報は、誤差が数十m程度の車両の位置情報として利用できる。ゲートウェイがこれらの情報を蓄積し、位置管理サーバが随時検索する方法で、センタ上のアプリケーションサーバに対して、これらの位置情報を提供する仕組みを実現している[6]。

このDSRCネットワークの特徴として、通信の断続が不定期に起こることや、道路沿いに設置される基地局の間隔により、切断時間が長い場合や連続して通信可能な時間が短い場合など、ばらつきが生じることが挙げられる。ここで路車間通信を利用するアプリケーションは、車両とセンタ間の通信プロトコルとして主にTCP/IPを利用しているが、通信可能な時間がTCPの再送間隔よりも短い場合は再送機能が有効に作用しない[7]ため、TCPの上位層が送信を制御する仕組みが必要である。

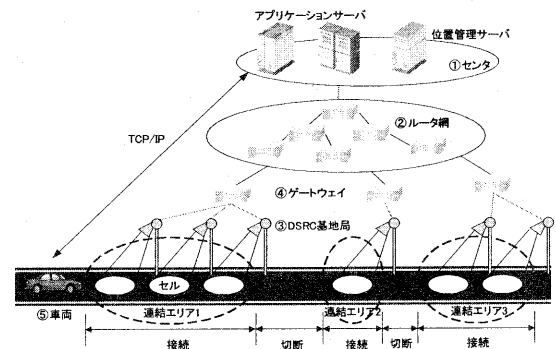


図1 スマートゲートウェイが想定するネットワーク

3. メッセージ委譲ミドルウェアの概要

本章では、TCPの上位層でメッセージ送信を制御する方式の1つであるメッセージ委譲ミドルウェア[5]

の概要について述べる。3.1 節では、メッセージ委譲ミドルウェアのベースとなる FIPA ミドルウェアの概要を述べる。3.2 節では、メッセージ委譲ミドルウェアの機能について述べる。

3.1. FIPA 準拠ミドルウェアの概要

FIPA(Foundation for Intelligent Physical Agents)[8]はエージェント通信に関する非営利の標準化団体である。FIPA のエージェントモデルでは、エージェントの登録・検索・通信機能等の基本機能をコンポーネント化してミドルウェア上に配置し、複数のエージェントから利用可能としている。ここでは、エージェントの登録、削除、検索などの機能(ホワイトページサービス)を提供する AMS (Agent Management System), エージェントが提供するサービスの登録、削除、検索などの機能(イエローページサービス)を提供する DF (Directory Facilitator), 同一ミドルウェア上あるいは異なるミドルウェア上のエージェント間でやり取りされるメッセージを転送するルータ機能を提供する ACC (Agent Communication Channel)が存在する。また、付加的な機能として、通信路の通信状態の取得および通信路の制御を行う機能を提供する CA, MA (Control Agent, Monitoring Agent), エージェントが一般のアプリケーションと通信するための接続機能と言語変換機能を持つ WA (Wrapper Agent), 外部プログラムにアクセスするための情報をエージェントに提供する ARB (Agent Resource Broker)が存在する。ここでは、エージェント間の通信言語として記述能力の高い ACL (Agent Communication Language)を利用し、マルチベンダ環境においても相互にメッセージの内容を理解することを可能としている。

3.2. メッセージ委譲ミドルウェアの機能

メッセージ委譲ミドルウェアは、(1)代行送信機能：受信者の通信途絶時に送信者からメッセージを預かり、預かったメッセージを送信者の代わりに適切なタイミングで受信者に送信する機能、(2)通信状態管理機能：受信者の通信メディアの接続状態を高速に取得する機能、の主に2つの機能からなる。ここでアプリケーションは、車両からセンタ、センタから車両の双方のメッセージ送信を行うと考えられるが、前者は車両内の情報のみを利用して容易に実現可能であるため、ここではより複雑な後者の実現方式についてのみ検討する。

以下にそれぞれの機能の詳細について述べ、FIPA のアーキテクチャ上にそれぞれの機能を拡張機能として実装する場合の機能配置を図 2に示す。

(1) 代行送信機能

代行送信機能を構成する、メッセージ委譲管理システム(DMS)、メッセージ委譲エージェント(DA)および認証局サーバ専用 WA の3つの機能要素の概要を以下に述べる。

① メッセージ委譲管理システム(DMS)

センタ上のアプリケーションからのメッセージ送信依頼を受け付け、DA に送信代行を指示する機能を提供する。また、DA の生成、削除、生存確認を行うライフサイクルの管理機能、さらに障害時のメッセージの消失を防止するために、メッセージを二次記憶装置に永続化する機能も提供する。

② メッセージ委譲エージェント(DA)

DMS の指示に基づいて1つのメッセージ送信を代行する機能を提供し、かつ複数が同時に活動可能とする。具体的には、位置管理サーバから宛先車両の現在位置を取得する機能、および宛先車両の現在位置から利用可能な通信メディアを選択する機能を提供する。アプリケーションが路車間通信を利用する場合、どの通信メディアを利用するかをポリシーに従い DA が選択する。また、なりすましやメッセージの改ざんを防止するため、認証局サーバから証明書を取得し、かつメッセージに電子署名を添付する機能を提供する。メッセージ本文にこれらの電子署名および証明書を添付したデータを受領書をセンタ上のアプリケーションに送付し、メッセージを預かったことを DA が否認できないようにする。

③ 認証局サーバ専用 WA

アプリケーション間の通信の信頼性を向上するための認証局サーバが、センタに設置されることが考えられる。そこで、各機能要素が認証局サーバにアクセスするための認証局サーバ専用の WA 機能を提供する。

(2) 通信状態管理機能

通信状態管理機能を構成する、CA,MA, 車両情報サーバ専用 WA, および位置管理サーバ専用 WA の3つの機能要素の概要を以下に述べる。

④ CA, MA

MA が、⑤⑥の WA を介して車両情報サーバおよび位置管理サーバと連携し、目的の車両の通信状態を取得する機能、およびその結果を CA に通知する機能を提供する。さらに、MA は DA に対し、通信メディアの種類に依存しない共通のインタフェースを提供することとする。CA は MA からの通知を基に、DA が指定した通信路の確立・開放処理を行う。

⑤ 車両情報サーバ専用 WA

車両固有の静的な情報を管理し、アプリケーション

に対して車両に関するホワイトページサービスを提供する車両情報サーバが、センタに設置されることが考えられる。そこで、各機能要素が車両情報サーバにアクセスするための車両情報サーバ専用の WA 機能を提供する。

⑥ 位置管理サーバ専用 WA

車両の位置情報等の車両毎の動的な情報を管理し、アプリケーションにそれらの情報を提供する位置管理サーバがセンタに設置されることが考えられる。そこで、各機能要素が位置管理サーバにアクセスするための位置管理サーバ専用の WA 機能を提供する。

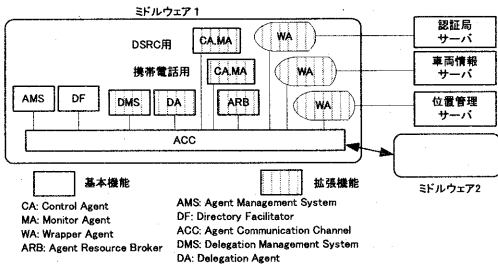


図 2 FIPA のアーキテクチャと拡張機能配置

4. メッセージ委譲ミドルウェアの実装

本章では、メッセージ委譲ミドルウェアの実装について述べる。4.1 節では、ミドルウェアの実装方針について、4.2 節では、ミドルウェアの実装方法についてそれぞれ述べる。4.3 節では、ミドルウェアのメッセージフローについて述べる。

4.1. ミドルウェア実装の基本方針

図 1 のネットワークに対し、3 章の設計に従うメッセージ委譲ミドルウェアを実装する。ミドルウェアの実装方針を以下に示す。

- FIPA ミドルウェアとして、emorphia 社が提供する Java ベースの FIPA-OS[9]を使用する。
- センタ側のサーバ上には、メッセージ委譲ミドルウェアを実装する。
- 車両側の車載端末上には FIPA-OS のみを実装する。
- メッセージ委譲ミドルウェアは、センタにある位置管理サーバ、認証局サーバおよび車両情報サーバにそれぞれの専用 WA を介して接続可能とする。
- 通信メディアの選択指針は、DA は通信コストの安い DSRC ネットワークを優先的に選択し、携帯電話を DSRC ネットワークを利用できない場合の予備とする。このとき宛先車両の位置が DSRC 基地局の設置された道路であれば、携帯電話の有無に関わらず DSRC を選択する。

4.2. ミドルウェア実装の概要

機能配置を図 3 に示し、以下に概要を述べる。

- 位置管理サーバ専用 WA：位置管理サーバは、車両の位置情報と DSRC ネットワークの断続情報を提供する既存のサーバ[6]を利用する。このサーバはこれらの情報を LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) のインタフェースにより提供するため、専用の WA として、DA が位置管理サーバから車両の位置情報を取得するための LDAP と ACL の相互変換を行う機能を実装した。
- 認証局サーバ専用 WA：認証局サーバは、X.509[10] 準拠の証明書を X.509 インタフェースによりアプリケーションに提供するものを利用する。認証局サーバ専用 WA として、DA が認証局サーバから証明書を取得するための X.509 プロトコルと ACL との相互変換を行う機能を実装した。
- 車両情報サーバ専用 WA：車両情報サーバは、車両の識別 ID、公開鍵、車両の持つ通信メディアの種類とアカウントおよびアドレスを、LDAP のインタフェースによりアプリケーションに提供するものを利用する。車両情報サーバ専用 WA として、MA が車両情報サーバから車両情報を取得するための LDAP と ACL との相互変換を行う機能を実装した。
- ARB：ARB は必要な機能として提案されているものの標準化には至っておらず、FIPA-OS には実装されていない。メッセージ委譲ミドルウェアは WA を介して外部のサーバに接続する必要があるため、外部サーバのサービス名、および WA のアドレス情報を提供する ARB 機能を FIPA Agent Software Integration Specification に従って実装した。

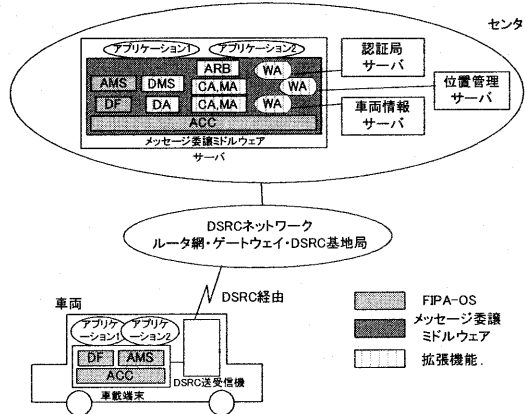


図 3 ミドルウェア実装と機能配置

4.3. メッセージフロー

センタ上のアプリケーションが DMS にメッセージ送信を依頼してから、メッセージ委譲処理が完了するまでの各メッセージフローを図 4 に示す。太い矢印は FIPA のエージェント間の会話手順である Request Interaction Protocol を表しており、request, agree, inform の 3 つのメッセージからなる。メッセージフローの概要を以下に述べる。

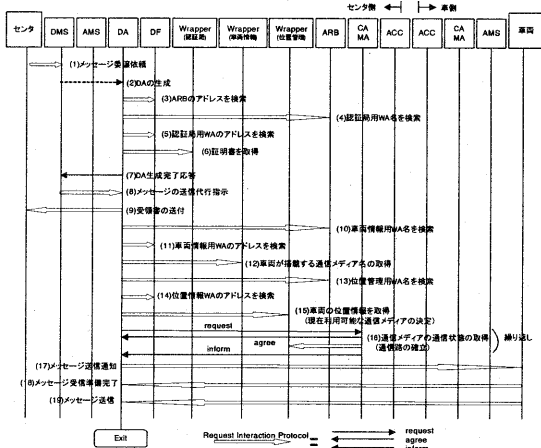


図 4 メッセージフロー(A)

- (a) センタ上のアプリケーションが DMS に車両へのメッセージの送信を依頼する。(図 4(1)に対応)
- (b) DMS が DA を生成する。(図 4(2)に対応)
- (c) DA は初期化処理を行い、完了後に認証局サーバ用 WA に対して証明書を要求し取得する。(図 4(3)~(7)に対応)
- (d) DA は DMS からメッセージを受け取り、証明書と署名を添付した受領書をセンタ上のアプリケーションに送付する。(図 4(8)~(9)に対応)
- (e) DA は車両情報サーバ用 WA と連携し、通信メディア名を取得する。(図 4(10)~(12)に対応)
- (f) DA は位置管理サーバ用 WA と連携して宛先車両の位置を取得し、その情報を基に通信メディアを選択する。(図 4(13)~(15)に対応)
- (g) DA は CA, MA, 位置管理サーバと連携して車両の通信可否状態を取得する処理を繰り返し行う。通信可能になると CA が通信路を確立する。(図 4(16)に対応)
- (h) DA はメッセージを車両へ送信し、車両から受領書を受け取り、メッセージ委譲処理を完了する。(図 4(17)~(19)に対応)

5. 性能評価

本章では、4 章で示した実装方法に従い実装したメ

ッセージ委譲システムの性能評価を行う。ここでは、まずシミュレーション環境で基本性能の評価を行い、その結果を踏まえて実環境で通信性能の評価を行った。5.1 節では、シミュレーション環境で行った評価結果について、5.2 節では実環境で行った評価結果についてそれぞれ述べる。なお、文中の(a)~(h)は表 1 および 4.3 節の(a)~(h)に対応する。

5.1. シミュレーション環境での評価

本節では、シミュレーション環境においてミドルウェアの基本性能を評価し、評価結果について考察する。

5.1.1. 評価環境と評価方法

シミュレーションにおける評価環境と評価方法について以下に示す。

(ア) 評価環境

- センタ用 PC : PentiumIII, 750MHz (Windows NT 4.0)
 - 車両用 PC : PentiumIII, 300MHz (Windows NT 4.0)
 - センタ用 PC と車両用 PC を 100Mbps の Ethernet で接続し、これを抜き差しすることで DSRC ネットワークの断続を模擬した。
 - 認証局サーバは、X.509 準拠の Microsoft Certificate Server を使用し、車両情報サーバは、Netscape LDAP Server[11] を利用した。
 - 測定用送信エージェントが送信するメッセージは、内容を含まない ACL のヘッダのみ(約 400byte)とした。
 - 予備実験として、実環境において位置管理サーバが DSRC 基地局に対して車両位置要求メッセージを送信してから、その応答を受信するまでに要する時間を測定した結果、約 30 ミリ秒であった。
- ##### (イ) 評価方法
- アプリケーションがミドルウェアにメッセージ送信を依頼してから、宛先にメッセージが届くまでのミドルウェアが行う処理を、(1)メッセージの委譲に要する処理と、(2)委譲されたメッセージの送付に要する処理に分け、各処理ステップごとに処理時間ならびに必要なメッセージ数を計測した。
 - それぞれ 5 回ずつ試行し、それぞれの平均値を算出した。
 - 車両が高速道路を時速 100km で走行していると仮定する。この場合、30m の DSRC セルを約 1 秒で通過するため、ミドルウェアに要求する有用性の指標として、「1 秒以内に DSRC ネットワークの断続の検知とメッセージの送信が完了する」を数値目標とした。

5.1.2. 結果

メッセージ送信処理のうち、(1)メッセージの委譲に

要する処理部分の測定結果を表 1(A)上段に示し、(2)委譲されたメッセージの送付に要する処理部分の測定結果を表 1(A)下段に示す。また、改良による結果の推定値を表 1(B)に示し、改良後のシーケンスを図 5 に示す。以下にそれぞれの結果について述べる。

(1)メッセージの委譲に要する処理

測定用送信エージェントが DMS にメッセージの委譲を依頼してから、DA から受領書を受け取るまでの所要時間は合計で 10.11 秒であった。ここでは、DA の生成(b)と初期化(c)が合計 9.05 秒と大部分を占め、残りの 1.06 秒が DMS への送信依頼(a)と DA の受領通知返送(d)であった。ここで、(b)(c)については、メッセージ送信の依頼を受け付けた時点で、オンデマンドで実行せずにあらかじめ必要と思われる数だけ DA を生成・初期化をしておくことにより、処理時間の短縮が可能となる。なお、DA で実施する認証および署名については、それぞれ(c)と(d)で実施するが、メッセージの内容に依存するのは署名のみであるため、(c)をあらかじめ実施することは問題とならない。これにより、表 1(B)上段に示すように、メッセージ委譲の依頼時には(a)と(d)の処理時間のみで 1.06 秒に短縮可能と考えられる。但し、あらかじめ DA を生成する手法は、オンデマンドで生成する場合と比較して多くのリソースが必要となるため、時間帯や曜日等に応じた DA の同時利用数の変化を予測し、生成する DA 数を増減させる方法などの工夫が必要となる。

(2)委譲されたメッセージの送付に要する処理

DA が委譲されたメッセージを測定用受信エージェントに送信完了するまでの所要時間は、合計で 8.55 秒であった。このうち、目標値の 1 秒の対象となる処理は(f)(g)(h)であり、合計 6.97 秒かかっている。これは、車両が利用する通信メディアを DSRC ネットワークに限定をすることにより短縮可能である。具体的には、(f)については、通信メディアが DSRC 固定で選択不要

となり、処理時間は 0 となる。(g)については、DA が MA を介さずに直接 DSRC 用の位置管理サーバにポーリングする方式とする。これにより処理時間はポーリング間隔(0.5 秒)と予備実験の結果(30 ミリ秒)を加えて 1 回当たり 0.53 秒と概算できる。(h)については、送信通知メッセージ(図 5(17))にメッセージ本文を埋め込み、車両からの受領書をその応答で返す方式とすることにより、(h)のメッセージ数を、9 個から 2 個に削減可能である。この結果、処理時間も 2/9 とし、0.21 秒と概算できる。以上により、(f)(g)(h)の処理時間の合計が 0.74 秒となり、数値目標を満たすと考えられる。

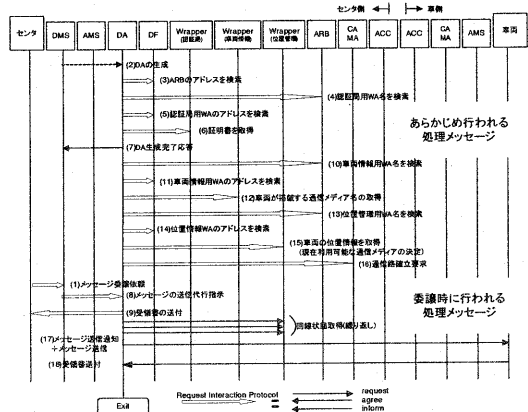


図 5 メッセージフロー(B)

5.2. 実環境での評価

5.1.2 の結果を踏まえ、改良後のメッセージ委譲ミドルウェアを利用して実際の DSRC ネットワーク上で通信性能の評価を行う。また、旅行予約サービスをミドルウェア上に実装して動作させ、ミドルウェアが必要な機能を満たしていることを確認する。

表 1 処理時間とメッセージ数測定結果

分類	項目	(A)測定値		(B)改良後の推定値	
		処理時間	メッセージ数	処理時間	メッセージ数
(1)メッセージの委譲に要する処理	(a)DMS への送信依頼	0.48	3	0.48	3
	(b)DA 生成	5.89	NA	0	NA
	(c)DA 初期化	3.16	19	0	0
	(d)DA が受領通知返送	0.58	6	0.58	6
	合計	10.11	28	1.06	9
(2)委譲されたメッセージの送付に要する処理	(e)受信側通信メディア情報取得	1.58	9	1.58	9
	(f)受信側の位置取得	2.19	9	0	0
	(g)通信メディアの状態取得(1 回当たり)	3.84	21	0.53	2
	(h)測定用受信エージェントへの送付	0.94	9	0.21	2
	合計	8.55	48	2.32	13

5.2.1. 評価環境

以下に実環境のパラメタを示す。また、実験風景を図 6 に示す。

(ア) 評価環境

- センタ用 PC : PentiumIV, 2.4GHz (Windows 2000)
- 車両用 PC : PentiumIII, 1.3GHz (Windows 2000)
- 1つのセルの長さは 30m 程度, 基地局の設置間隔は 50m とした。
- 実験環境上の制約のため, 車両の速度は時速 30km 程度とした。
- 認証局サーバ, および車両情報サーバは 5.1.1 節と同じソフトウェアを使用した。
- 送信されるメッセージの大きさの範囲は, 約 400 byte の ACL ヘッダを含めて, Yes/No(約 400byte)程度のメッセージから, サービスの過程や結果の表示用データ(10kbyte 程度)とした。

(イ) 評価方法

- それぞれ 2 回ずつ試し, それぞれの平均値を算出した。
- 数値目標は, 5.1.1 節と同様に, 「1 秒以内に DSRC ネットワークの断続の検知とメッセージの送信が完了する」とした。

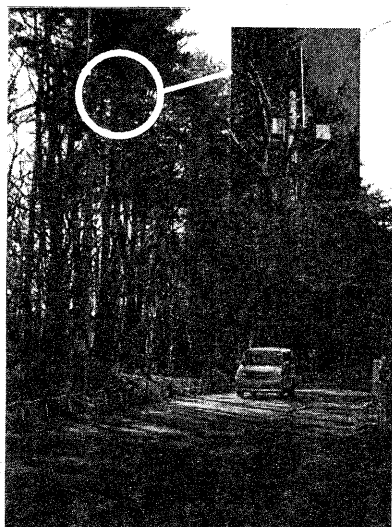


図 6 実験風景

5.2.2. 結果と考察

(ア) 結果

測定結果を図 7 に示す。400byte のメッセージの送信に約 0.28 秒を要した。これは、シミュレーション結果である表 1(h) の 0.24 秒と比較してほぼ同等となった。また 400byte 以上ではメッセージサイズの増加分ほぼ比例して処理時間が増加した。

(イ) 考察

実環境において数値目標の 1 秒以内で送信可能なメッセージ量を推定する。まず、数値目標の 1 秒から (g) の処理時間である 0.53 秒を引くと、残りが 0.47 秒となる。この時間を (h) の処理に割り当てるとすると、0.47 秒で送信可能なメッセージの大きさは図 7 のグラフから約 750byte であることが分かる。なお、さらに多くのデータを送信するためには、(g) の処理時間を短縮する、つまり位置情報取得のポーリング間隔を短縮すればよい。但し、ポーリング間隔を短縮すると位置管理サーバやセンタの負荷、さらにネットワークの負荷が増加するためこれらの制限に従う必要がある。

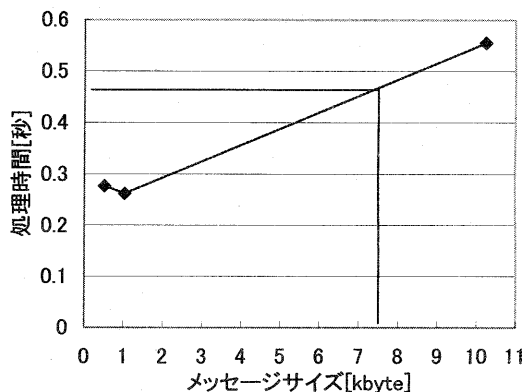


図 7 メッセージ送信処理時間測定結果

5.2.3. 機能面での評価

図 1 の実環境に適用した旅行予約サービスの動作は以下ようになる。まず連結エリア 1 で車両のユーザが入力した旅行条件をセンタに送信し、旅行プランを要求する。次に連結エリア 2 でセンタがメッセージ委譲機能を利用し、走行する車両に旅行プラン案のデータを送信する。最後に連結エリア 3 で車両のユーザが旅行プランの確認メッセージをセンタに送信して完了とする。

車両は道路の制限速度の制約により時速 30km 程度で走行したため、車両が連結エリア 2 内を通過する時間が約 3.6 秒となった。数値目標の 1 秒と比較して十分に長い時間ではあったが、車両が道路を走行しながら道路沿いに設置した連結エリア 2 の DSRC 基地局を介して、DA からの約 400byte のメッセージを受信することができた。以上により、ミドルウェアがこのアプリケーションに対して必要な機能を満たしていることを確認した。

6. おわりに

筆者らが提案した、DSRC ネットワークの路車間通

信を利用するアプリケーションのためのメッセージ委譲ミドルウェアを、既存のミドルウェアである FIPA-OS をベースに実装した。シミュレーション環境、および実環境においてミドルウェアの処理性能の評価を行い、処理時間の短縮方法および送信可能なメッセージの大きさについて考察した。さらにミドルウェア上に応用を実装し、ミドルウェアが応用の実行において必要な機能を満たすことを確認した。

本研究は通信・放送機構 (Telecommunications Advancement Organization of Japan :TAO)による路車間通信システムのためのスマートゲートウェイ技術の研究開発の一環として行われている。最後に、日頃ご指導頂く KDDI 研究所浅見代表取締役所長、松島代表取締役副所長、および水池取締役役に深く感謝致します。

文 献

- [1] ITS 関連省庁: 高度道路交通システム(ITS)に係るシステムアーキテクチャ (1999).
- [2] 電波産業振興会: 有料道路自動料金収受システム標準規格, ARIB STD-T55 (1999).
- [3] 電波産業振興会: 狭域通信(DSRC)システム標準規格, ARIB STD-T75 (2001).
- [4] 通信・放送機構: <http://www.shiba.tao.go.jp>.
- [5] 西山 他:ITS 通信におけるエージェントを用いたメッセージ委譲サービスの提案, 情報研究会報告 ITS1-2, 2000.
- [6] Keizo Sugiyama, Takayuki Warabino and Hideyuki Shinonaga: Network-based Vehicle Location Management for DSRC Network, ITS Telecommunications (2002).
- [7] Gen Hattori, etc.: Proposal on Improvement of TCP Throughput for Vehicle-Road Communication via DSRC, ITS Telecommunications (ITST2002), 251-256 (2002).
- [8] FIPA: <http://www.fipa.org>.
- [9] <http://fipa-os.sourceforge.net/>.
- [10] CCITT: Data Communication Network Directory, pp. 48-81 (1988).
- [11] Netscape LDAP: <http://enterprise.netscape.com/docs/directory/index.html>.
- [12] FIPA Specification: FIPA Agent Software Integration Specification.