

# DSRC ネットワークにおける分散データベースを用いた 車両位置管理システムの提案

蕨野貴之 杉山敬三 篠永英之  
(株)KDDI 研究所

本稿では、DSRC(専用狭域通信)を路側システムとして利用するネットワークにおいて、分散データベースを用いた車両位置管理システムを提案する。本システムでは、車両の位置情報をHLR(Home Location Register)及びLLR(Local Location Register)の分散データベースで管理することでデータベースのスケラビリティを確保し、位置情報の検索を効率的に行えるよう、プロキシサーバにキャッシュ機能を持たせている。試作システムを用いた性能評価において、位置情報の検索時間は100 msec以下に、一連の位置登録に要する時間は150~250 msec程度と実用的な性能が得られることを確認した。

## Vehicle Location Management System for DSRC network using Distributed Databases

Takayuki WARABINO, Keizo SUGIYAMA and Hideyuki SHINONAGA  
KDDI R&D Laboratories Inc.

Location services, which include real-time traffic and road condition updates, navigation services and tracking services, are crucial applications for Intelligent Transport Systems (ITS). This paper proposes a vehicle location management system for a Dedicated Short Range Communication (DSRC) network using distributed databases. The network consists of a Home Location Register (HLR), Local Location Registers (LLR) and a Proxy Server to deal with a huge number of vehicles and save network bandwidth consumption for location management. This system provides an Internet Protocol (IP) based location service platform for ITS service providers.

### 1. はじめに

ITSで重要な通信アプリケーションの1つとしてロケーションサービスがある。ロケーションサービスの例として、車両の現在位置に応じた交通・地図情報等の情報提供サービスや、バスやトラック等の車両の運行管理システムが挙げられる。このようなロケーションサービスの実現にあたっては、各種サービス提供者に対し、車両の位置情報を提供する汎用的なサービスプラットフォーム

が必要となる。

本稿では、DSRC(専用狭域通信)を路側システムとして利用するネットワークにおいて、車両の位置情報を分散データベースで管理する車両位置管理システムを提案する。現在のDSRCシステムはETC(有料道路自動料金収受システム)のようにスポットを対象としたサービスであるが、ここでは走行支援やインターネット接続サービスのように複数の基地局から構成されるシステムも対象とし、基地局単位での位置情報を提供する。本シス

テムでは、分散データベースの構成を採ることでデータベースのスケーラビリティを確保し、位置情報の検索を効率的に行えるよう、プロキシサーバにキャッシュ機能を持たせている。

以下 2 章ではセルラーシステムや PHS での既存の位置管理方式について説明する。3 章では DSRC ネットワークでの位置管理システムに課せられる課題を述べる。4 章では提案システムのシステム構成、位置登録・検索処理について説明する。5 章で試作システムによる性能評価の結果を示し、考察を行う。

## 2 . 既存の位置管理方式

すでにセルラーシステムや PHS において、移動端末の位置情報を利用したロケーションサービスが実現されている。既存の位置管理方式としては移動端末側で管理する端末ベースの方式と、移動通信システムのネットワーク側で管理するネットワークベースの方式に大別される(表 1)。

端末ベースの方式では、移動端末が自らの現在位置を測定し、アプリケーションサーバに通知する。測位の方法として(i) 基地局を利用する方法と、(ii) GPS(Global Positioning System)を利用する方法がある。(i)では基地局から通知される位置情報を利用する方法と、複数の基地局からの電波状況を測定し、移動端末で位置を算出する方法があるが、いずれも測位の精度があまり高くない。また、(ii)の方法では、GPS 衛星の捕捉に時間を要

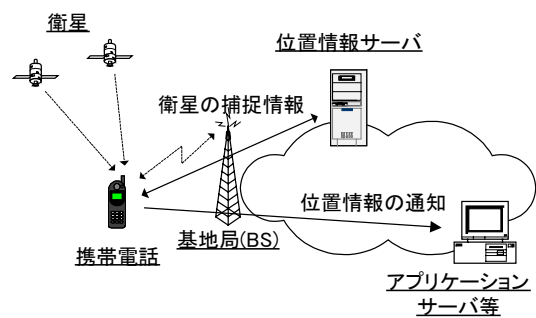


図 1 . SnapTrack 方式

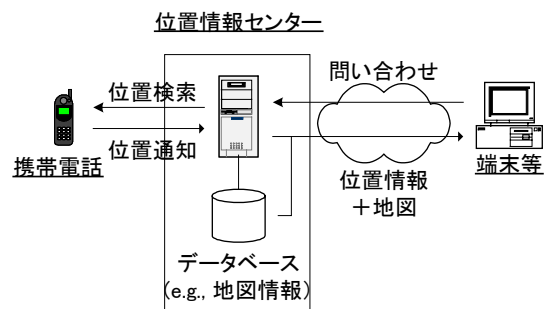


図 2 . 位置情報提供プラットフォーム

する等の問題があり、SnapTrack 方式<sup>1)</sup>に代表されるように位置情報サーバから捕捉情報を取得する方法が考案された(図 1)。しかし、位置情報サーバとの通信で無線区間のリソースを使用するため、通信コストが発生する。特に、運行管理システムでは定期的に位置情報を取得する必要があり、通信料が高額になる恐れがある。

ネットワークベースの方式では、移動端末の位置情報をネットワーク内で管理し、アプリケーションサーバからの問い合わせに対して位置情報を

表 1 . 位置管理方式の分類

位置情報の管理方式	説明
端末ベース	移動端末が自らの現在位置を測定する方式。 測位方法 (i) 基地局を利用する方法 (ii) GPS を利用する方法
ネットワークベース(プラットフォーム方式)	移動端末の位置情報をネットワーク内で管理する方式。 位置情報の管理方法 (i) 問い合わせを受けた時点で移動端末から取得する方法 (ii) ネットワーク内のデータベースで管理する方法

提供する<sup>2)</sup>。位置情報の提供にあたり、地図データ等を提供する例もあり、ユーザに対して総合的な位置情報の利用環境を提供するプラットフォームとして捉えられる(図2)。また、位置情報の管理方式として、(i)アプリケーションサーバからの要求を受けた時点で移動端末から位置情報を取得する方法と、(ii)プラットフォーム内に位置情報を管理するデータベースを配置する方法がある。前者の方法では位置情報の取得ごとに移動端末-基地局間での通信が発生し、通信コストが発生する問題点がある。後者の方法ではプラットフォーム内のデータベースで一元的に管理しているため、多数の移動端末を収容する場面にはデータベースのスケラビリティが問題となる。

### 3. 課題

本稿では、ITSにおける位置管理システムを検討するにあたり、特にDSRCを路側システムとして利用するネットワークを想定する。DSRCは5.8GHz帯を使用するスポット型の路車間通信システムである。ETCやキャッシュレスサービスのようなスポットでの利用以外に、走行支援やインターネット接続サービスのよう、基地局を連続的に配置し、継続的な通信サービスを実現するシステムが検討されている。ここでは、上記システムの基地局がネットワークを構成していることを想定し、車両の在圏している基地局の情報を提供する。DSRCの基地局エリアは30m程度と他の移動体通信システムと比べて狭いため、基地局単位での位置情報であっても、実用上問題とならない精度を得ることができる。

DSRCネットワークでの位置管理方式を検討するにあたり、以下の点を考慮する必要がある。  
データベースのスケラビリティ

日本での車両保有台数は約7000万台であるように、位置管理システムは非常に多くの情報を処理する必要がある。そのため、一元的に管理するシステムではスケラビリティを十分に確保することができない。

### 位置登録トラフィックの増加

走行支援システムのように基地局が連続的に構成されるシステムでは、車両が基地局間を頻りに移動する。従って、非常に短い時間間隔で位置登録が発生し、そのトラフィック量が問題となる。  
データベースの検索・更新処理性能

基地局のエリアを30m、車両速度を100km/hとした場合、約1秒で車両がエリアを通過することとなる。そのため、位置情報の精度を向上させるには、データベースの検索および更新処理時間は車両のエリア通過時間に比べて十分に小さくする必要があるのである。

## 4. 分散データベースによる車両位置管理システムの提案

3章で述べた課題を解決するため、筆者らは分散データベースによる車両位置管理システムを提案する。本システムは2章で説明したネットワークベース方式での(ii)データベースで管理する方法に分類される。DSRCの基地局から取得できる情報として、基地局とリンクを確立している移動端末の情報に加え、基地局の識別子や緯度・経度情報等がある。ただし、基地局に限定せずに、路側システムに設置されたゲートウェイやルータ、交換機等の他のネットワーク機器から位置情報を取得することも可能である。

### 4.1 システム構成

図3に提案システムの構成を示す。提案システムは各路側システムに配置されたLLR(Local Location Register)と呼ばれるデータベースと、ネットワーク内で一意のデータベースであるHLR(Home Location Register)、プロキシサーバから構成する。HLRとLLRは、HLRを上位局とした階層構造を構成する。LLRは基地局から取得した車両の位置情報をデータベース上に保持し、HLRは車両が在圏しているLLR(以下、在圏LLRと記載する)の情報をデータベース上に保持する。プロキシサーバはアプリケーションサーバからの

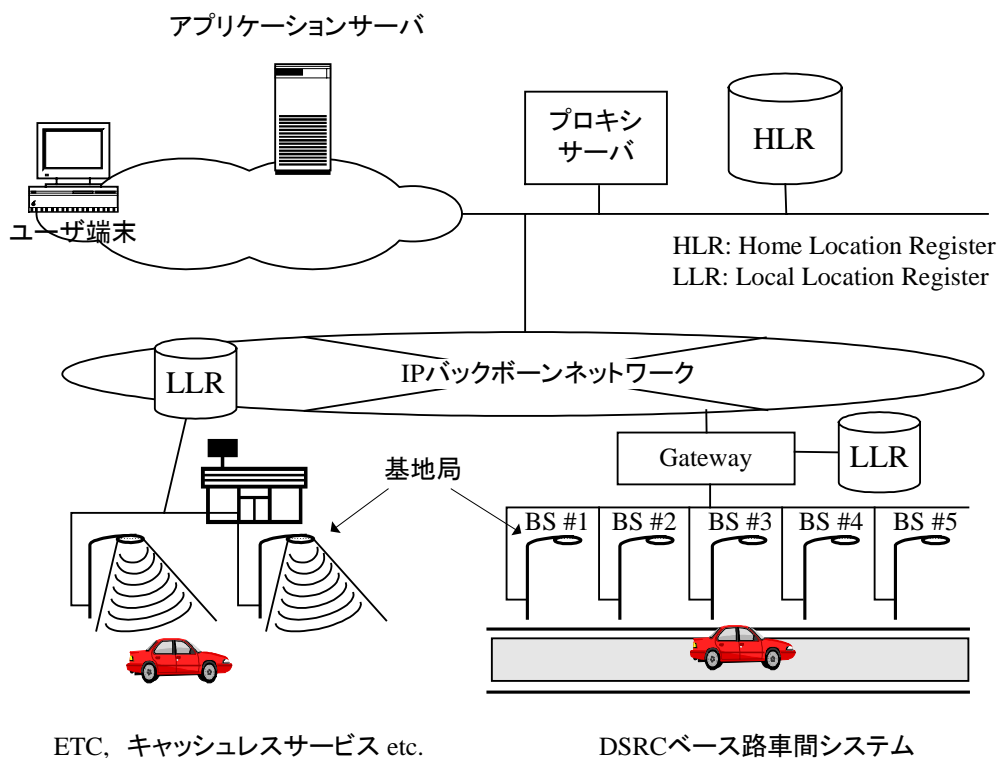


図3. 提案システムのネットワーク構成

検索要求を受信した際にHLRおよびLLRから車両の位置情報を取得し、取得した情報をアプリケーションサーバに提供する。データベースが階層型で構成されたシステムでは、上位のデータベースが下位のデータベースに問い合わせるチェーンモデルも想定されるが、ここではHLRの負荷軽減を図るためデータベース機能とプロキシサーバの通信機能を分離する構成とした。

このようにLLRの分散データベース上で位置情報を管理することで、一元的に管理するシステムに比べてスケーラビリティを向上させることができる。また、HLRとLLRは階層構造を構成しているため、車両が同一LLR配下の基地局間を移動した際の位置登録処理はLLRのローカルな処理で完結し、HLRへの位置登録に要するトラフィックを大幅に軽減することができる。

さらに、運行管理システムのように、定期的に位置情報を取得する際の検索処理を効率的に行えるよう、プロキシサーバにキャッシュ機能を持たせる。本機能は取得した在圏LLRの情報をキャ

ッシュ上に保持することで、二度目以降の検索においては直接、在圏LLRから位置情報を取得し、検索時間を短縮することができる。しかしながら、キャッシュ情報は直前の検索結果に基づいているため、車両の移動によりキャッシュされている情報と実際の位置に不整合が発生する可能性がある。そのため、アプリケーションサーバからの問い合わせに対してキャッシュ内の情報で返答できる場合においても、必ずHLRやLLRから位置情報を取得して返答する必要がある。また、一定時間以上経過したキャッシュ情報は実際の位置と適合しない可能性が高く、キャッシュ上から削除する必要がある。

#### 4.2 位置登録・検索手順

車両が移動する際に発生する位置登録シーケンスを図4に、アプリケーションサーバからの位置検索に関するシーケンスを図5に示す。図4では、LLR#1が基地局BS#1とBS#2を収容し、LLR#2がBS#3を収容している。また、車両が基地局の

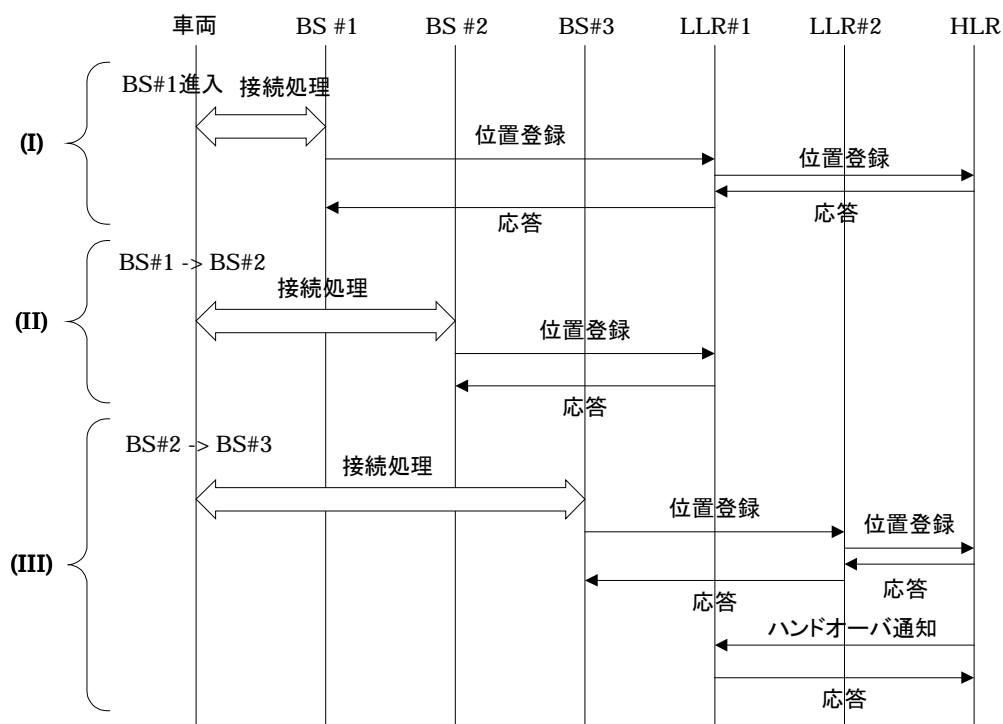


図4．位置情報登録手順

エリアに進入した時点で、基地局が LLR に位置情報を通知するものとする。

#### 位置情報登録手順 (図4)

- (I) 車両が BS#1 のエリア内に進入すると BS#1 は LLR#1 に位置登録を行う。また、LLR#1 は HLR に位置登録を行う。
- (II) 車両が BS#2 に進入した場合には、BS#2 は LLR#1 に位置登録を行うが、在圏 LLR に変化はないので LLR#1 は HLR に位置登録を行わない。これにより、LLR から HLR への位置登録トラフィックが軽減する。
- (III) その後、車両が BS#3 に進入した場合には、LLR#2 が HLR に位置登録を行う。HLR は移動元の LLR である LLR#1 に車両が移動したことを通知するとともに、移動先である LLR#2 の情報を通知する。

#### 位置情報検索手順 (図5)

- (IV) アプリケーションサーバからプロキシサーバに要求があった場合には、プロキシサーバは HLR から在圏 LLR(LLR#1)の情報を取得し、更に在圏 LLR から車両の位置情報を取得す

る。その際に、在圏 LLR の情報をキャッシュ上に保持する。

- (V) 再度要求があった場合には、キャッシュから在圏 LLR 情報(LLR#1)を取得することで、直接 LLR に問い合わせを行う。これにより、位置情報の取得に要する時間を短縮する。
- (VI) 車両が移動してキャッシュされている情報と実際の位置に不整合が発生した場合でも、移動元の LLR(LLR#1)が移動先の LLR(LLR#2)の情報をプロキシサーバに提供するので、プロキシサーバは HLR に問い合わせることなく移動先の LLR(LLR#2)から位置情報を取得できる。

## 5．性能評価と考察

### 5.1 試作システムの構成

提案方式を評価するため、試作システムを作成した(図6)。本システムは HLR, LLR (2 台), プロキシサーバに加え、検索クライアント, BS シミュレータから構成され、各々のマシンはハブ

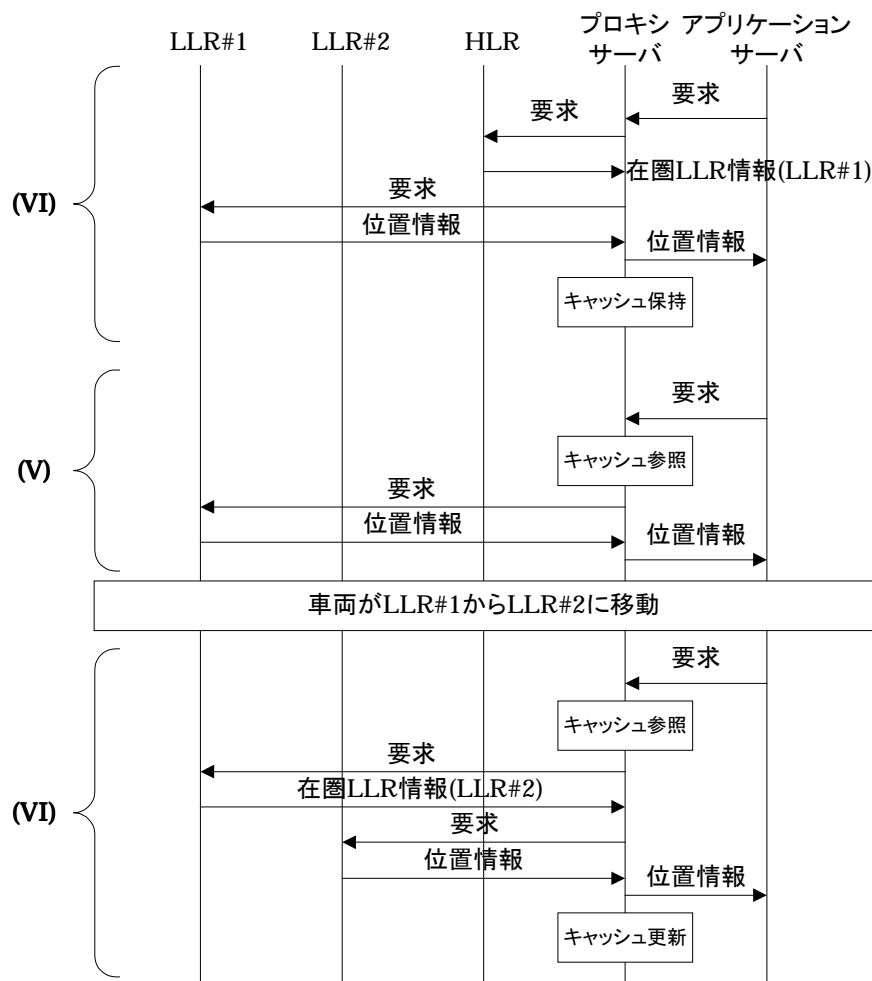


図 5 . 位置情報検索手順

を介して接続されている。検索クライアントは要求を出した時点から位置情報を取得するまでの検索時間を測定する機能を有している。BS シミュレータは基地局が行う位置登録処理を模擬する。また、各マシン間のインタフェースについて、車両情報の検索に関する操作にはインターネットとの親和性が高い LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)<sup>3)</sup>を採用し、フリーソフトの OpenLDAP<sup>4)</sup>を用いて実装した。更に、HLR LLR のデータベース間等の位置登録に関する操作は HTTP(HyperText Transfer Protocol)上の XML(eXtensible Markup Language)データで指定している。HLR のデータベースには市販の XML データベースである eXcelon を、LLR のデータベースには OpenLDAP 標準の BerkleyDB

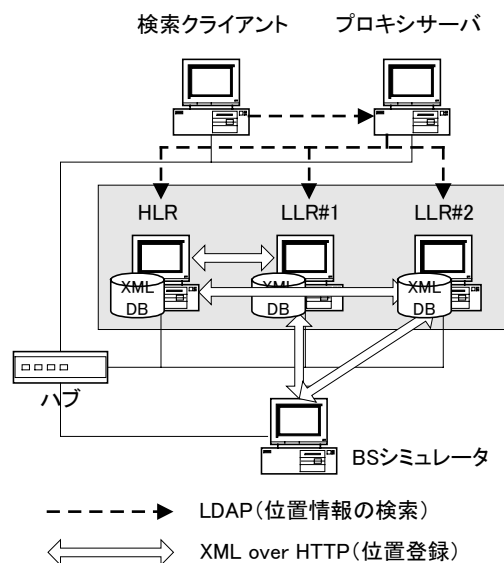


図 6 . 試作システムのネットワーク構成

を使用した。実装にあたり、LDAP と XML の間で変換を行う LDAP/XML コンバータを使用している<sup>5)</sup>。本コンバータでは、LDAP のエントリの属性値を XML 要素に変換する“情報の変換”と、LDAP の検索操作を XQL (XML Query Language) などの XML 操作言語に変換する“操作の変換”を行っている。

## 5.2 検索・更新性能の評価

前述の試作システムを用いて検索および更新処理に要する時間を測定した。本評価では 60m 毎に設置された基地局間を 1 台の車両が時速 60km/h で走行する場面を想定し、BS シミュレータから LLR に対して 3.6 [sec]毎に位置登録を行った。また、LLR1 台あたり 100 台の基地局を収容する構成とし、HLR には事前に 10,000 台の車両データを登録した。HLR/LR に使用したマシンの CPU は PentiumIII 1.4GHz/ PentiumIV 1.7GHz であり、メモリ容量は 256Mbytes である。

表 2 に、検索クライアントから 5 [sec]毎に位置情報を検索した際の検索時間の平均値を示した。表より、プロキシサーバのキャッシュを有効にすることで検索時間を 33[%]短縮できることが分かる。これは、キャッシュが OFF の場合には必ず HLR, LR の順に位置情報を取得することに対して、ON の場合には二度目以降の検索において直接 LLR に問い合わせることができるためである。ただし、いずれの場合でも検索時間は短時間であり、実用的な検索性能を得られることを確認できた。

更に、位置情報の登録に要する時間を測定した。位置登録には以下の 3 つのパターンがある。

- (i) 車両が最初に基地局エリア内に進入し、LLR->HLR の順で位置登録する場合
- (ii) 車両が同一 LLR 配下の基地局間を移動し、位置登録が LLR のローカルな処理で終了する場合
- (iii) 車両が LLR 間をハンドオーバーし、移動先 LLR->HLR->移動元 LLR の順で位置登録する場合

表 2. 検索時間の測定結果

キャッシュ OFF 時	111 [msec]
キャッシュ ON 時	74 [msec]

表 3. 位置登録時間の測定結果

(i)	187 [msec]
(ii)	173 [msec]
(iii)	258 [msec]

それぞれのパターンでの登録時間を測定し、その結果を表 3 に示した。(i)と(ii)であまり差がないのは、データベースの更新処理と他のマシンへの位置登録処理を並行して行うよう実装しており、かつ本評価構成ではネットワークの遅延は微小であるため、データベースの更新処理時間が支配的となるためである。また、(iii)では HLR において一度、移動元の LLR を検索した後にハンドオーバー通知を行うため、他の処理に比べて時間を要している。

## 5.3 考察

ここでは、提案システムの位置登録トラフィック量とスケーラビリティについて定性的に評価する。

4 章において、LLR から HLR への位置登録トラフィックを大幅に軽減できることを説明した。具体的には、1 台の LLR が収容する基地局の台数を  $x$  [台]とすると、位置情報を一元的に管理する集中データベースシステムと比べて、位置登録のトラフィック量を  $1/x$  に抑えることができる。

また、提案システムにおいて車両台数が増えた場合には、車両が LLR 間を移動する際に発生する HLR での位置登録処理が増加して、ボトルネックとなる。ただし、集中データベースシステムと比べると、HLR の処理量についても  $1/x$  に抑えられ、スケーラビリティを  $x$  倍に向上できる。ここで、M/M/1 モデルの待ち行列理論を用いて、HLR での位置登録処理に要する時間（待ち時間を含む）を算出し、図 7 に示した。ここでは、車

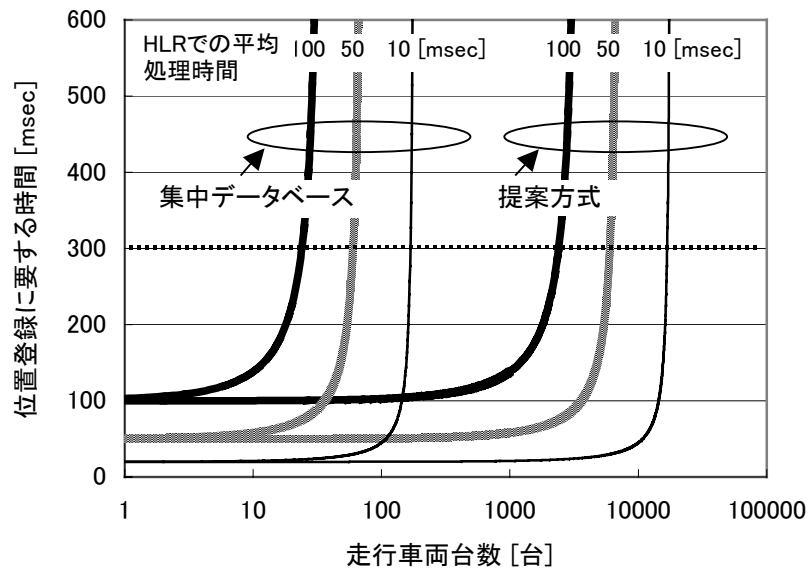


図7. HLRでの位置登録処理時間

両が60m毎に設置された基地局間を時速60km/hで走行し、かつLLR1台あたり100台の基地局を収容するネットワーク構成を想定している。図より、HLRでの位置登録の処理時間を300[msec]以下に保つことができる車両台数は、集中データベースに比べて100倍多く、平均処理時間が10,50,100[msec]のそれぞれの場合で16800, 6000,2400[台]であることが分かる。

## 6. おわりに

本稿では、分散データベースを用いた車両位置管理システムを提案し、システム構成および位置登録・検索手順を説明した。本システムは、分散データベースの構成を採ることでデータベースのスケラビリティを確保し、効率的な位置情報の管理を可能にしている。また、試作システムを用いた性能評価により、プロキシサーバにキャッシュ機能を持たせることで位置情報の検索時間を100[msec]以下にでき、一連の位置登録に要する時間は150~250[msec]程度と実用的な性能が得られることを確認した。本評価では1台の車両が移動する場面を想定したが、今後は複数の車両が

走行するモデルを用いることで、提案システムのスケラビリティについて評価を行う予定である。

## 謝辞

本研究内容は、通信・放送機構からの委託研究「走行支援システム実現のためのスマートゲートウェイ技術の研究開発」に基づき行われたものである。最後に、日頃ご指導いただき、KDDI研究所浅見所長、松島副所長、水池執行役員に感謝します。

## 参考文献

- 1) 米 QUALCOMM 社 : Snaptrack ,  
<http://www.snaptrack.com> .
- 2) DLP コンソーシアム : Docomo Location Platform,  
<http://www.dlp.gr.jp/index-g.html> .
- 3) Lightweight Directory Access Protocol (v3) : RFC2251 .
- 4) OpenLDAP Project : <http://www.openldap.org/> .
- 5) 杉山他 : LDAP と XML を用いた ITS アドレス管理手法 ,情報処理学会研究報告(2001-ITS-6) ,Vol.2001 ,No.83 , pp.213-220(2001) .