

Thinクライアントモデルにおける良く通るルートを用いたモニタリング方式

藤野 和久 Htoo Htoo 大沢 裕 曾根原登

Real-Time Monitoring of Moving Objects Using Thin Client by Sharing Moving Routes

Kazuhisa FUJINO, Htoo HTOO, Yutaka OHSAWA and Noboru SONEHARA

Abstract: Recently, studies on a real time monitoring of moving objects (cars and humans) becomes active. Some studies use obtained position per a few minutes, however other studies use fixed route of buses. This paper proposes a real time monitoring method targeting for thin clients using the “usually used route” to achieve high scalability and grasping moving object’s positions in the real time monitoring system on mobile phones.

Keywords: よく通るルート(frequently used route), 移動体(moving object), リアルタイムモニタリング(real-time monitoring)

1. はじめに

ロジスティクス車両やタクシーなどの効率的な配車や交通状況の把握などの目的で、車両の実時間モニタリングが重要となる。従来、パトカーや救急車などにおいては実時間モニタリングが行われており、またタクシーや自家用車などを対象としたプローブカーの実証実験が行われている。しかし、これらは定期的に現在の車両位置を通信によりサーバに伝達することにより行われており、また2時点間の移動経路は最短経路を通過したものとして予測するなどの方法がとられており、位置精度や移動経路の正確さの観点から問題が多い。

筆者らは、個々の移動体の経路を観察し、そこから移動体毎の「よく通るルート」を抽出し、それを用いた高効率な移動体モニタリング方式を提案した[1]。ここでは、現在日本で普及しているカーナビに通信機能を付加した端末を想定している。即ち、GPS受信機により車の現在の位置を取得でき、道路地図を内蔵し、マップマッチング程度の演算機能と移動体自己の「良く

通るルート」情報を蓄積するメモリーを有し、かつ携帯電話回線によりサーバと通信できる機能を備えた端末である。以後、これをリッチ(rich)クライアントモデルと呼ぶ。

文献[1]の方式は、個々の移動体毎の良く通るルート情報を移動体とサーバが共有し、両者において同じアルゴリズムにより移動体位置を予測する。移動体側では、GPS受信機により得られた実際の位置と予測位置とのずれを監視し、そのずれ量が許容誤差を超えたときや、予測ルートから外れたときに、それらの情報をサーバに伝達する。サーバ側では移動体から送られてくる情報を基に、予測位置を修正し、各種問い合わせに対して移動体位置を答えるというものである。

本稿では、この方式を更に発展させ、移動体はGPS付携帯電話程度の機能を有する端末(これをシン(thin)クライアントと呼ぶ)を備えるモデルにより、移動体位置の実時間モニタリングを行う方式について述べる。このモデルと先のリッチクライアントモデルとの差は、移動体側に予測位置との差を計算するための道路地図の有無にある。シンクライアントモデルの場合には、道路地図が存在しないため、サーバ側から提供を受ける必要がある。このため、リッチクライアン

大沢 裕：〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区

下大久保 225 埼玉大学大学院理工学研究科

TEL(FAX):048-858-3717

email:ohsawa@mail.saitama-u.ac.jp

トに比べて通信量は増大する。一方、シンクライアントではGPS携帯電話程度の機能を有する端末があればよく、実時間モニタリングを簡便に行うことができる。

以下、2. において提案方式について述べ、3. では実験結果について述べる。最後に4. で本稿をまとめる。

2. 提案方式

2.1 経路履歴

本提案方式では、個々の移動体の経路履歴を用いて移動ルートを予測する。そこで、まず経路履歴を記述するためのデータ構造について述べる。

まず、移動体は自宅や勤務先、よく訪れるショッピングセンターなどのPOIから移動を開始する。このような出発地や目的地をBP (base point) と呼ぶことにする。目的地は出発地によって限定される。例えば、自宅から出発する場合は勤務先であったり、ショッピングセンターへ向かうことが考えられる。さらに、この目的地に付随して通る経路も限定されてくる。そこで、提案方式では経路履歴を移動開始BPごとに作成する。

経路履歴は、BP及び経路履歴が分岐・合流する点をノードとし、それらのノード間を結ぶ経路をリンクとするグラフで管理する。このグラフにおいて、ノード間を結ぶルートをサブルートと呼ぶ。サブルートの管理構造を表1に示す。表中のsn,enは経路履歴グラフ中で隣接するノードIDを意味している。cはこのサブルートが選択された回数を表している。経路履歴がある交差点で分岐するとき、同じsnを持つサブルートの中からcの値がもっとも大きなサブルートが次に進む経路として選択される。vは過去の履歴から得られたサブルートを移動する際の平均移動速度である。道路形状は通常、交差点間を結ぶ道路セグメントを折れ線近似し表現されている。nはその折れ点の数であり、vtx[0]からvtx[n-1]までがそれぞれ折れ点の空間座標を示している。

一方経路履歴の更新に関しては、サーバ側で常に移動体の正しい経路を把握しているため、モニタリング終了後に予測速度と同期位置の間隔から通過速度を求め更新する。

表1 サブルートの管理構造

コード	内容
srID	サブルートID
v	平均速度
c	サブルートの通過回数
sn	サブルートの始点ノードID
en	サブルートの終点ノードID
n	頂点数
vtx[0]	0番目の頂点座標
...	...
vtx[n-1]	n-1番目の頂点座標

2.2 提案方式の概要

本方式では精度高く移動体の現在位置をサーバ側で把握するために、移動体の現在位置と移動方向、そして前述の経路履歴管理構造を用い、今後の移動体が通過する経路とその際の速度を求める。本方式ではまず、移動体が移動を開始した際に、移動の開始位置と方向をサーバに伝え、予測される経路をサーバから受け取る。移動体側ではGPS受信機から取得した現在位置を予測経路上にマッチングし、その結果予測経路との距離が閾値を越えた際に予測経路からの逸脱とみなす。その際には、現在位置と現在の移動方向をサーバに伝え、新しい予測経路を受信する。同時に移動体側でもサーバ側と同じアルゴリズムで予測位置を求め、実際の位置との誤差が閾値を越えた際に現在位置をサーバに伝え、予測位置と実際の位置との同期を図る。

移動体が経路履歴のない道路、つまり初めて通る道路を通過することがありえる。この場合には経路履歴が存在しないため、推測航法[2]を用いて予測経路と予測位置の共有を行う。このように常に移動体とサーバで予測経路を共有することで、必要に応じた通信のみで移動体の高精度な位置をモニタリングする。

2.3 サーバにおける処理

サーバは、各クライアントからの通信により、それらの位置を修正する。また、クライアントに対して経路(道路)地図を提供する。更に、移動体の位置に関するアプリケーションに対して、移動体の位置を提供する。

表2は、サーバが各クライアントから受信する通信内容を示している。

表2 移動体からサーバに向けての通信

コード	内容
0	移動開始(移動体ID, 時刻, 位置, 移動方向)
1	予測の同期(移動体ID, 時刻, 位置)
2	経路逸脱(移動体ID, 時刻, 位置, 移動方向)
3	移動の停止(移動体ID, 時刻, 位置)

コード0は移動体が移動開始したことを伝えるもので、サーバが個々の移動体を識別する為のIDと移動開始位置、方向、取得時刻を含む。サーバではこのデータを受信後、モニタリングを行うためのスレッドを立て、対応する経路履歴を読み込む。さらに、受信データと経路履歴から予測される今後の移動経路を移動体に送信する。

コード1はサーバと移動体が共有している予測位置と実際の移動体位置との誤差が要求精度を満たさなくなった際に発生する通信で、移動体IDと移動体の現在位置、またその取得時刻を含み、実際の位置と予測位置の同期を図る。

コード2は移動体がサーバの予測した経路から逸脱した際に発生する通信である。サーバが受信するデータとしては、移動体の現在位置と現在の移動方向であり、これをマップマッチングすることで新たな予測経路を求め、移動体に新たな予測経路を伝える。

コード3は移動停止を伝えるもので、移動体IDと停止した際の位置、その取得時刻を受け取る。サーバ側ではこの情報を受けた際に、これまでの予測経路と受信位置から、移動体がこれまでに通過してきた経路を求め、対応する経路履歴を更新し、スレッドを閉じる。

2.4 移動体における処理

移動体では、GPSにより取得された位置を道路地図にマッチングし、サーバから送られた経路上を移動していることを確認する。移動体が経路から外れたとき、及び遅れや進みが許容誤差を超えた場合に表2に示した情報をサーバに送信する。

移動体はサーバから経路の道路地図を受け取る。また、許容誤差の情報も適宜受け取る。この許容誤差は、実時間モニタリングのアプリケーションからの要求に

よるものであり、アプリケーションは移動体が特定の範囲に入ったときや2つの移動体間の位置関係を詳細に知りたいとき、移動体に許容誤差を下げるように要求する。

アルゴリズム1 サーバにおける処理

1. 移動開始時に移動体ID, 現在位置, 移動方向と取得時間を送信(コード0)
2. 予測経路を受信後、停車するまで以下(a~f)を繰り返す
 - (a) GPS 受信機から現在位置の取得
 - (b) 予測経路上へのマッチング
 - (c) 予測経路上のマッチ点とGPS 点が一定距離離れている場合、予測経路からの逸脱と判断
 - i. 現在位置と、移動方向、取得時刻をサーバへ送信(コード2)
 - ii. 新たな予測経路を受信
 - iii. 予測経路の更新とGPS 点のマッチング
 - (d) LoD 情報を参照し、必要に応じて許容誤差の更新
 - (e) 予測経路から現在時刻の予測位置を求める
 - (f) 予測と現在位置の誤差が閾値以上の場合
 - i. 現在位置をサーバに送信(コード1)
 - ii. 予測位置と現在位置の同期を図る
3. 移動体が目的地BP へ着いたと判断できる場合、現在位置を送信して終了(コード3)

3 実験結果

筆者の一人の車での移動を約1年間にわたり収集した実データを用いて、提案方式の評価実験を行った。ここで用いた経路は自宅を始点とする165の経路で、100本を予めマップマッチングすることで経路履歴を作成し、65のGPS軌跡を用いて提案方式と推測航法(dead-reckoning)による移動体モニタリングの通信量を比較した。

図1は移動体からサーバに対して送られる通信量を示している。横軸はモニタリングにおける許容誤差であり。ここでは100mから1kmまで変化させている。100mに近いほど精度が高く、1kmに近いほど精度が低い。一方縦軸には移動体からサーバへの送信パケット数を表している。1パケットのサイズを64バイトと想定し、全ての通信が64バイト以内であるため、通信回数と同義である。

位置予測に必要な速度として、提案方式ではサブルート毎の平均速度を、推測航法では、時速9km, 18km, 27kmの一定速度での予測と、経路逸脱時の速度を用いた。実験に使用した範囲は都市部であり、信号待ちにより平均速度は低い値になっている。この実験から推測航法では時速9kmで動くと予測した際に最も少ないパケット数となったが、提案方式は全ての速度設定の推測航法に勝っている。

許容精度が小さい時(例えば100m), 予測速度の違いによって通信量が大きく変化することから、予測速度がパケット量に与える影響が大きいといえる。一方、許容誤差が大きくなるに従って、予測速度の影響が小さくなっていることが、設定速度によらず推測航法での通信量が収束していることからわかる。

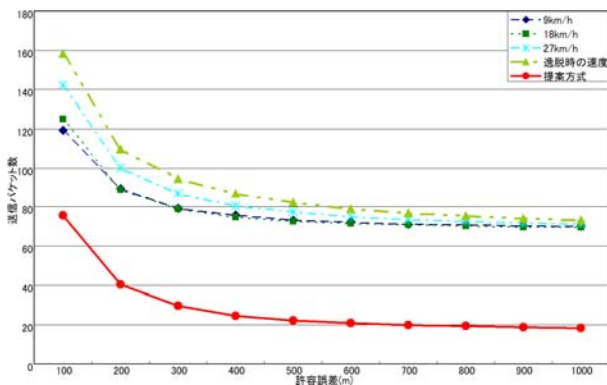


図1 実験結果

一方提案方式は、許容誤差が100mと少ない場合でも、推測航法に比して半分程度の通信量に抑えられており、特に許容誤差が1kmにおいては推測航法に比して4分の1にまで下げられている。このことから、提案方式を用いることで、精度の高い経路予測が行えるといえる。また、サーバから移動体に対して行われる予測経路の送信回数も減るため、推測航法においてサーバから移動体への送信パケット量の平均が493であったのに対し、提案方式では256とおよそ半分の通信量となっていることもわかった。

この実験から提案方式を用いることで、移動体の位置モニタリングにおける、移動体の通信量が削減できることから、プローブを利用するユーザの通信費負担が大幅に減少することがわかった。また、通信量及び回数がスケーラビリティ上ネックとなっている場合には、提案方式により大幅な改善が期待できる。特に許

容誤差が大きい場合に通信量を大きく削減出来る為、LoD情報を活用し、必要性に合わせて許容誤差を変化させることで効率的なモニタリングが行える。一方、スケーラビリティがサーバにおける経路探索(データベース探索)により制限される場合においても、推測航法では移動体が右左折するたびに経路を探索する必要がある。一方提案方式では移動体ごとに経路をハードディスクのアクセス単位に固めることができるため、原理的にも大幅な向上が期待できる。

4 まとめ

本稿では、移動体位置の実時間モニタリングにおける位置捕捉方式として、移動体の経路履歴を用いた位置予測方式を提案した。この方式を用いることで位置予測を高い精度で行うことが出来、精度を保つ為に移動体からサーバに対して行われる通信量を従来方式である推測航法と比して大幅に減少させることを実際のGPS 軌跡を用いた実験によって示した。本実験では、サブルートにおける移動速度として移動履歴の平均を用いたが、この移動速度は曜日や時間帯などによって変化する。また、VICSや最近通過した他の車の移動速度などのオンライン情報を用いることにより、より精度の高い位置予測が可能となると思われる。

謝辞 本研究は、文部省科学研究費補助金(基盤研究(C) 21500093)及び日本デジタル道路地図協会の補助を得た。

参考文献

- [1]藤野和久, Htoo Htoo, 大沢 裕, 経路履歴を用いて経路予測を行う移動体の実時間モニタリング, 電子情報通信学会ITS研究会資料, ITS2010-5, 2010
- [2] Zhiming Ding, Ralf Hartmut Güting, and Praktische Informatik IV. Managing moving objects on dynamic transportation networks. In *Proc. of the 16th Intl. Conf. on Scientific and Statistical Database Management (SSDBM, Santorini Island, pages 287-296, 2004.*