

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700035
 研究課題名 (和文) 高度情報通信社会のための移動オブジェクト管理データ構造の開発
 研究課題名 (英文) A study of development of data structure managing moving objects for advanced information and telecommunications society
 研究代表者
 出木原 裕順 (DEKIHARA HIROYUKI)
 広島国際大学・工学部・講師
 研究者番号：50341235

研究成果の概要：本研究では、きたるべき高度情報通信社会の実現に向けて、車両やロボット、携帯情報端末などの移動クライアントを効率的に管理可能な移動オブジェクト管理データ構造を新しく開発した。提案法では、都市環境下での移動クライアント管理及び移動オブジェクトとのアクセス方式に関して、新しい手法及び空間データ構造を定義した。シミュレーション実験の結果より、提案法は従来法に比べて高速且つ低コストであることが確認できた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	900,000	0	900,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	240,000	1,940,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学

キーワード：ITS、GIS、アルゴリズム、データ構造、時空間データ

1. 研究開始当初の背景

平成 13 年 1 月に内閣総理大臣を本部長とした IT 戦略本部が設置されてから今日に至るまで、国家戦略の下、高度道路交通システム (ITS) の開発が大きく推進されている。現在、ITS の分野では、道路と車両間での通信 (路車間通信) や、車両と車両間での通信 (車車間通信) に基づくシステムが開発されているが、最も保護しなければならない人と通信するシステムを見てみると、まだまだ数少ないのが現状である。現在、情報端末の普及や通信技術の発展及び u-Japans 政策 (総務省) といった国の指針等により、個人が常時ネットワークを介して色々なサービ

スの恩恵を受ける環境が整備されつつあり、そういったシステムの必要性が唱えられ始めている。人が車両や道路と常時ネットワークを介して情報交換や提供サービスを受ける場合、人や車両等といった時間と共に移動し、且つ、膨大な量の移動オブジェクトの効率的な管理、車両への搭乗といったオブジェクト同士の結合や分離等の複雑な現象の把握及び移動履歴からの未来情報の予測といったサービスに関する機能はもろろんのこと、道路情報の更新やシステムの保守、ランニングコストの軽減及びシステムフィードバックによる円滑なシステムマネジメントといった運営問題面も考慮すると、人と車両

と道路との情報通信をサポートするデータ構造が必要不可欠になると考えられる。また、昨今の多種多様なデータベースの乱立による情報統合の問題を鑑みると、既に社会に浸透している地理情報システムとの統合は避けて通れない。

申請者は、これまで地理情報システムや設備管理システム等に応用が可能な時空間データ構造、移動オブジェクトの管理及びバージョンマネジメントの手法等について研究してきた。そこで、ITSにおける人と車両と道路との情報通信の概念を、人と車両と地理情報との情報通信へと拡張し、人と車両と地理情報との効率的なデータアクセスの実現、個々の P2P 通信の適切なサポート及びシステム運営の円滑化が可能な移動オブジェクト管理データ構造の開発を目的とし、本研究計画を申請した次第である。

2. 研究の目的

(1) 人と車両の管理に適した移動オブジェクト管理方式のモデル化

人と車両から移動オブジェクトとしての特性をピックアップし、時間と共に変化する属性項目や動作の原理原則、それらの因果関係、道路の種類や形状及び建築物や地形等から発生する行動体系といった人や車両の移動オブジェクト固有の動作規則や特性等を抽出し、人と車両の特徴を踏まえた上で、移動オブジェクト管理方式のモデル化を行う。特に、ITSの主なフィールドである、市街地や郊外等の都市環境に着目し、人や車両が都市条件や交通規則等から意図的、または自然発生的に生まれた制約の下、どのように行動が規制されて活動しているのかを取りまとめ、管理方式のモデル化にフィードバックしていく。移動オブジェクトとデータ構造とのアクセスの高速化、現在情報だけでなく、過去情報へのアクセスの実現、過去情報からの未来情報の予測といった機能を効率的に実現可能な都市環境下での使用を想定した移動オブジェクトの管理方式のモデル化を行う。

(2) 人と車両をクライアントとした地理情報管理データ構造システムの構築

人や車両等の移動オブジェクトを管理するための、都市環境下での利用を想定した都市型地理情報管理データ構造システムの開発を行う。特に、移動オブジェクトをクライアント側、データ構造をサーバ側とし、クライアントーサーバ間でのアクセス形態を都市環境下での利用に着目して最適化することで、クライアントの膨大なデータ群の時間経過に伴う情報更新のコスト軽減や高速化、未来予測の効率化が可能なシステム管理方式

の提案を行う。更に、都市形状を構成する建物や道路、地形等の短時間では変化しない静的オブジェクト情報群と、時々刻々と絶え間なく変化する移動オブジェクト情報群とで要求されるシステム機能を取りまとめ、それぞれを分散コンピューティングで処理が可能なシステムの設計を定義する。

3. 研究の方法

(1) 既存技術の調査

都市環境下における人と車両と地理情報との情報交換を効率的に行うシステムの方式を模索するために、研究及び実用化されている既存技術について調査を行う。また、実際に調査兼実験クライアント用 PC にて従来法の主要なものを実装して、シミュレーション実験による特徴の評価実験を行って、その特性の解析を行う。

(2) 国内外における ITS の実現方法に関する調査

国内外におけるデータ構造や ITS の最新動向を調査し、どのような概念や技術に基づき構築され、運用されているのかといった点について、調査及び資料収集を行う。収集した資料は、調査兼実験クライアント用 PC にて取りまとめる。また、資料整理アルバイト要員を雇い、円滑なデータ整理を行う。

(3) システムに求められる機能の整理

上の(2)によって取りまとめられたデータ構造や ITS の現状機能の効能と問題点及び要求されている機能等を整理し、その機能について総合的に整理する。

(4) 提案手法及び提案システムのアーキテクチャ設計

上の(1)と(2)を踏まえ、(3)によって整理された機能を実現するために、必要な基本サービスとサービス形態を定義する。その定義付けに従って、システムに要求される移動オブジェクトの管理手法及びシステムに要求されるシステムの仕様を定義することによって、都市環境下において人と車両と道路とが密接に情報通信することが可能なシステムのアーキテクチャを設計する。アーキテクチャの設計においては、研究協力者からの助言に基づいて実施する。

(5) シミュレーション実験の計画

上の(4)までに設計したアーキテクチャが実装可能であり、有効であることを検証するためのシミュレーション実験による性能評価実験について計画する。具体的には、調査結果より設計した技術や方式、仕様に基づくデータ構造を検証するため、システムの一部機能に関する試作と試用の体制作り及びスケ

ジュールと評価実験の条件の選定を行う。また、データ構造のプログラミングにおいては、研究協力者からの助言に基づき、アルゴリズムの最適化を行いながら作成する。

(6) システム構築

上の(5)に基づき、実験サーバ用 PC を用いて一部機能を試作する。

(7) シミュレーション実験の実施

上の(5)に基づき、(6)で作成したシステムを利用して、試用することにより評価実験を行う。評価実験では、調査兼実験クライアント用 PC と実験サーバ用 PC による、クライアントサーバ・システムにて実験を行う。また、実験補助アルバイト要員を雇い、様々な条件下でのケース実験を行い、システムの特性を解析しつつ、上の(1)で作成した従来法との比較評価実験も行うことによって提案するデータ構造の有用性を分析する。

(8) 評価実験結果の分析

上の(7)の結果を分析し、提案するデータ構造のアーキテクチャの妥当性を検証しつつ、データ構造に求められるパラメータの数値化や仕様の確認を行う。

(9) 報告書の作成

研究報告書を作成し、成果をまとめる。

4. 研究成果

(1) 人と車両の管理に適した移動オブジェクト管理方式のモデル化

本研究では、きたるべき高度情報通信社会に向けて、従来の固定情報端末を使った情報通信システム概念を拡張し、移動情報端末を使った次世代情報通信システムの基盤となりうる移動オブジェクト管理データ構造に関する研究を行った。本研究では、次世代移動情報通信システムの中でも都市環境下における高度道路交通システム (ITS) の分野に着目し、従来の ITS の概念に対して、人との通信や GIS の概念を組み入れた新しい次世代 ITS の概念を提案した。すなわち、次世代移動情報通信システムの雛形モデルとして、道路と車両の間での通信 (路車間通信) や車両と車両の間での通信 (車車間通信) だけでなく、携帯情報端末を使用した人やロボットなどの移動型クライアントである移動オブジェクトも内包するように拡張した新しいシステムを提案した。提案する移動オブジェクト管理データ構造のモデルの概要を図 1 に示す。図 1 上図のような、車両と道路 (または、車両と車両) が通信する従来の ITS と、人が道路情報を閲覧のみ行っていた地理情報システムの一側面の関係を拡張し、図 1 下

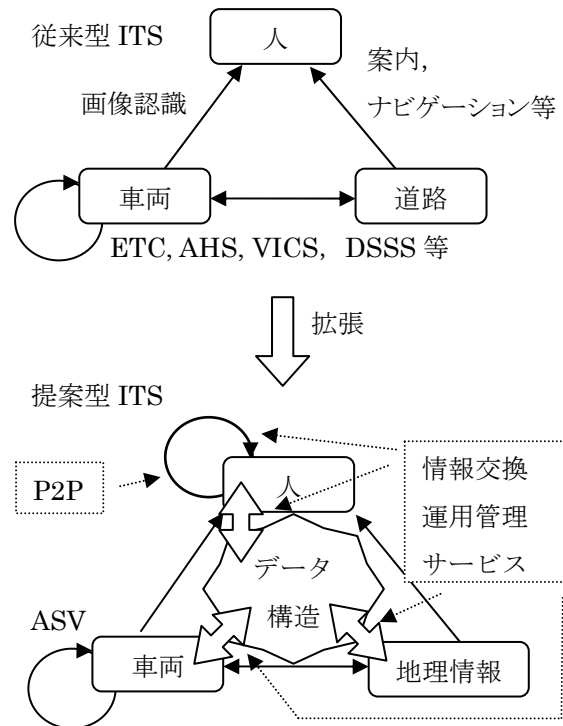


図 1. 移動オブジェクト管理データ構造の提案モデルの概要

図のように、車両、人及び地理情報が互いに連携し、有益な相互支援環境を構築した上で、データ構造によって、それぞれの情報を管理、制御、補足及び支援する関係をシステム上に形成することが可能となる。本研究で提案したモデルは、データ構造や ITS の分野はもちろんのこと、移動情報端末における情報通信分野や都市計画、セキュリティーシステム、モニタリングシステム等の分野への応用や貢献が期待できる。

(2) 人と車両をクライアントとした地理情報管理データ構造システムの構築

提案するシステムモデルの実現のために、オブジェクト管理方式、アクセス方式及び空間データ構造などを新しく開発した。

① オブジェクト管理方式

都市環境下において、道路や建物、地形などの静的オブジェクト (または、非移動オブジェクトと呼ぶ) だけでなく、車両や人、ロボットなどの移動オブジェクトを効率的に管理するために、既存の GIS などに応用されている従来型の空間データ構造を、移動オブジェクトも効率的に管理できるように改良可能なオブジェクト管理方式を新しく提案した。本研究では、内部ノード葉による方式と内部ノードの共有化による方式の 2 つの手法を新しく開発した。シミュレーション実験による従来法との比較実験より、移動オブジェクトの管理コスト、すなわち、空間データ構

造内における移動オブジェクトと静的オブジェクトの保持コストは、従来法を拡張したにもかかわらず、従来法とほぼ同程度であった。また、移動オブジェクトの更新コストは、従来法より約 60-85%の削減が確認できた。次に、検索コストに関しては、静的オブジェクトと移動オブジェクトのオブジェクト数に独立依存した検索性能が確認できた。すなわち、従来法の多くは、保持コストと検索コストの関係において、一部トレードオフが見られたが、提案法ではその問題の改善が見られた。具体的には、従来法の多くは、静的オブジェクトを管理する空間データ構造を移動オブジェクトも管理できるように拡張した場合、静的オブジェクトへのアクセス性能も移動オブジェクトの管理性能に大きく依存してしまっていた。しかしながら、提案法では、既存提供サービスである空間データ構造の静的オブジェクトへのアクセス性能を維持したまま、移動オブジェクト管理への拡張が可能になっている。また、空間データ構造内における、移動オブジェクト数と非移動オブジェクト数の差が大きいほど、提案法の検索性能は良好化する特徴が確認できた。したがって、時間や地域によって移動オブジェクトの分布が変化する場合においても提案法は有用であると考えられる。

②アクセス方式

現在、移動オブジェクトのアクセス形態は、大きく分けて GPS 報告型とセンサー感知型の 2 つが考えられる。すなわち、GPS 報告型は、携帯電話や PDA などの長距離通信方式や P2P のリレー通信方式などを想定しており、移動するクライアントは、各自が取得した GPS の位置情報をサーバに報告することで、報告した位置情報に対応したサービスや機能、情報などがサーバから提供される。一方、センサー感知型では、道路や建物に設置されたセンサーや無線基地局による車両や人、移動情報端末の感知や検知によって、移動するクライアントの位置情報を検出し、位置情報に合わせたサービスや機能、情報などが提供される。言い換えると、局地的に設置された非移動オブジェクトである固定情報端末機器から分散処理でサービスが提供されているとみなすことができる。これら実世界で当然想定され得る通信仕様の異なる 2 種類のクライアントに対応するため、Top-down 型と Bottom-up 型の 2 つのアクセス方式を同時に実現可能な手法を新しく提案した。前者は空間データ構造を根からアクセスすることで GPS 報告型に対応し、後者は空間データ構造を葉からアクセスすることで局所的なセンサー感知型に対応している。シミュレーション実験より、提案法の管理コストは、従来法の約 65-80%の削減が確認された。また、検索性能におい

ては、静的オブジェクト数に対して移動オブジェクト数が小さくなるに従って、検索性能の大幅な向上が確認できた。

また、時々刻々と位置情報が変化する移動オブジェクトの更新コストを削減するために、移動オブジェクトの更新処理をバッチ処理で実行可能な新しいアルゴリズムを開発した。提案法では、従来のバッチ型を改良し、kd 木や MD 木のような管理領域分割型の空間データ構造に新しく適用することで、移動オブジェクトの更新アルゴリズムの高速化が実現できた。また、シミュレーション実験より、バッチ処理用の記憶領域の大きさに比例して、指数関数的な更新コストの削減が確認できた。

③空間データ構造

上記、①オブジェクト管理方式と②アクセス方式を用いて、従来型の空間データ構造において主要な空間データ構造の一種である R 木と MD 木を改良した新しい移動オブジェクト管理空間データ構造を提案した。R 木及び MD 木に適用される時間管理方式をそれぞれの提案法に適用することにより、時空間データ構造への拡張が可能である。

移動オブジェクトと静的オブジェクトとの特性に焦点を当てて、データ構造全体のオブジェクト管理の向上を図った本研究の成果により、移動オブジェクトと静的オブジェクトを効率的に並列管理が可能になった。特に、移動オブジェクト数と静的オブジェクト数に差が見られる都市環境下においては、特に有用であることがシミュレーション実験結果から確認できた。以上の研究成果より、次世代 GIS、都市部の高次ナビゲーションシステムなどの分野においても、本研究成果の応用や貢献が期待できる。また、今後の展開として、カーナビゲーション装置や GIS アプリケーションの実装、WebGIS との連携及びアドホックネットワークへの対応などが考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- [1] Hiroyuki Dekihara and Yasuaki Nakamura, An Extended MD-tree With Internal Leaf for Efficient Management of Moving Objects, Journal of Computational Methods in Science and Engineering, 査読有, 2009. (印刷中)
- [2] 出木原裕順, 中村泰明, 移動オブジェクトと非移動オブジェクトを効率的に管

- 理するための R 木の一拡張方式, 電子情報通信学会 2009 年総合大会情報・システム講演論文集 1, 査読無, 2009, pp. 21.
- [3] 出木原裕順, 中村泰明, 移動オブジェクトのための静的オブジェクトを基にした空間データ構造の一拡張法, 第 34 回電気学会情報システム研究会資料 IS-08-13~22, 査読無, 2008, pp. 31-34.
- [4] Hiroyuki Dekihara and Yasuaki Nakamura, An Extended MD-tree With Internal Leaf For Efficient Management of Moving Objects, Proc. of the 17th International Conference on Software Engineering and Data Engineering, 査読有, 2008, pp. 260-266.
- [5] 出木原裕順, 中村泰明, ITS のための移動オブジェクト管理データ構造 -移動特性に基づく移動オブジェクトの管理方式-, 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集(1), 査読無, 2008, pp. 437-438.
- [6] Hiroyuki Dekihara and Yasuaki Nakamura, An Efficient Update Algorithm for Spatial Data Structures Managing Moving Objects, Proc. of the 4th International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications, 査読有, 2007, pp. 319-324.

[学会発表] (計 5 件)

- [1] 出木原裕順, 移動オブジェクトと非移動オブジェクトを効率的に管理するための R 木の一拡張方式, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, 2009. 03. 20, 愛媛大 (城北キャンパス), 愛媛, 日本.
- [2] 出木原裕順, 移動オブジェクトのための静的オブジェクトを基にした空間データ構造の一拡張法, 第 34 回電気学会情報システム研究会, 2008. 09. 10, 大阪産業大学 (梅田サテライト), 大阪, 日本.
- [3] Hiroyuki Dekihara, An Extended MD-tree With Internal Leaf For Efficient Management of Moving Objects, the 17th International Conference on Software Engineering and Data Engineering, Omni Los Angeles Hotel at California Plaza, Los Angeles, California USA.
- [4] 出木原裕順, ITS のための移動オブジェクト管理データ構造 -移動特性に基づく移動オブジェクトの管理方式-, 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008. 03. 15, 筑波大学筑波キャンパス, 茨城, 日本.
- [5] Hiroyuki Dekihara, An Efficient Update Algorithm for Spatial Data

Structures Managing Moving Objects, the 4th International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications, 2007. 07. 14, International Plaza Resort & Spa, Orlando, USA.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

出木原 裕順 (DEKIHARA HIROYUKI)
 広島国際大学・工学部・講師
 研究者番号 : 50341235