

リアルタイム Dial-a-Ride システムの構築*

5 T-03

境 周平 内村 圭†
熊本大学工学部‡

1 はじめに

交通渋滞や環境汚染などの問題の深刻化に伴い、公共交通の重要性が増している [1]。筆者らは、現在のバス運行システムに改善の余地があることに注目し、これらの道路交通問題の解消を目的とした新たなバスシステムとして、乗客からの電話等による依頼により指定された乗降車地点を巡回運行する Dial-a-Ride システムを構築している [2]。

今回構築するリアルタイム Dial-a-Ride システムとは、乗車依頼が発生する毎に必要となるバスの巡回経路探索などを高速で処理するシステムである。さらに運行コストとしてのバスの総走行距離や 1 つのバスターミナルに必要なバス配備台数 (以下、必要配備台数) の低減を図ることも考慮したリアルタイム Dial-a-Ride システムの提案を行い、その有効性を確認するためシミュレーションを行う。

2 Dial-a-Ride システム

提案している Dial-a-Ride システムの特徴は、タクシーの木目細かなサービスと、バスの大量輸送による低コスト運行を併せ持つ点にある [2]。木目細かなサービスとは、乗降地点がある制限された地域内であることを前提として、乗客が乗車依頼を行ってから目的地到着までの所要時間の制限 (以下、制限時間) を保証できることである。乗車依頼を基にバス巡回経路をどのように最適化するかという問題が巡回経路探索問題である。乗客数 n 人に対し、 $(2n)!/2^n$ 通り存在する巡回順の組み合わせの中から最適な経路である厳密解を求めることは乗客数が少人数のときは問題ないが、乗客数が多数のときには不可能に近い。そこで、準最適解を短時間で求めることができる遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた解法 [3] が提案されており、既に有効性が確認されている。

Dial-a-Ride システムをリアルタイム処理するためには巡回経路探索を高速で処理する必要がある。巡回経路探索では車両定員および制限時間による制約を満たす

ことが条件となるが、1 台のバスではこの条件を満たすことが出来ない場合も考えられるので、この問題を解決するために複数のバスを投入する。よって、複数台のバス発車処理も高速で実行する必要がある。

3 リアルタイム処理

3.1 不定期発車法

過去の研究におけるリアルタイム処理を行う Dial-a-Ride システムとして不定期発車法 [4] が提案されている。これは、次々発生する乗車依頼に対し巡回経路探索を行い、車両定員および制限時間の制限を満たすことができない乗客が発生した時点でその乗客は次回発車のバスに割り当て、制限を満たす乗客のみを処理するバスを発車する手法である。巡回経路探索には GA を用いている。不定期発車法の問題点として、1 回の発車に対する平均乗車人数が少ないことが挙げられる。

3.2 提案手法

今回提案するリアルタイム Dial-a-Ride システムは高速処理はもちろんのこと、さらに、不定期発車法では考慮されていない走行中のバスに対する新規乗客の追加を許容するものである。そのため、走行中のバスの経路も乗客の発生状況に応じて変更する。1 回の発車で従来よりも多くの乗客を処理できるため、提案するシステムにより 1 回の発車に対する平均乗車人数が不定期発車法より改善されるものと考えられる。

提案するシステムでは、決定している巡回経路を活かし計算時間を短縮するために巡回経路探索手法として新たに考案したノード挿入法 (NIA) を用いる。NIA とは乗客が発生した際、確定している経路中の挿入可能な位置の組み合わせ全てについての距離を調べ、その中で経路長の増分が最小となる位置にその乗客の乗車地点および降車地点を挿入する手法である。NIA は制約条件を適用しやすく、複数台運行しているどのバスのどの巡回経路で或る乗客を処理するかという問題の最適化に適している。今回提案するリアルタイム処理手法の処理手順を以下に示す。

*The Real-Time Dial-a-Ride System

†Shuhei Sakai, Keiichi Uchimura

‡Faculty of Engineering, Kumamoto University

- ステップ1** 現時点までに発生した乗車依頼を検索する。
- ステップ2** 現在稼働中のバスを検索する。稼働中のバスがある場合はステップ3へ、ない場合はステップ4へ。
- ステップ3** 乗車依頼について、NIAにより巡回経路探索を行い、ステップ1へ。但し、車両定員の制限および全乗客の制限時間を保証するという条件を満たすことができる経路が作成できない場合はステップ4へ。
- ステップ4** 新規にバスを発車する。現在発生中の乗客はこのバスで処理する。ステップ1へ。

ステップ1～4を繰り返すことにより、リアルタイム処理を行う。

4 シミュレーション

シミュレーションには米国シアトル市 Ballard 地区のデジタル地図データを用いた。この地図の面積は東西約 2.5km、南北約 3.2km の約 8km² である。乗車依頼は地図データにおけるノード上に発生するものとした。各ノードは交差点であり、ノード数は 639 点である。また、各ノード間の最短距離および最短経路はダイキストラのアルゴリズムにより既知である。計算に使用した CPU は Pentium III 1GHz、OS は Linux、プログラミング言語は C である。

シミュレーションは 3 時間分、492 人の乗車依頼を処理するものである。また、バスの運行速度は 20km/h と設定し、車両定員は 15 人とした。乗客の乗車依頼から目的地到着までの所要時間を 30 分以内となるように制限時間を設定した。乗車依頼の発生パターンについては、地理的、時間的な分布を考慮した 8 パターンの乗車依頼データを適用した。

運行コストとして全バスの走行距離の合計（総走行距離）、乗客の平均所要時間（平均乗客所要時間）、1 回の発車における乗客数の平均（平均乗客数）、バスターミナルからのバスの発車回数および必要配備台数を新手法と不定期発車法により求めた。シミュレーションは 8 パターンそれぞれの乗車依頼データについて行った計 8 回の試行により得られた結果の平均である。その結果を表 1 に示す。

また、乗車依頼が発生してから、その乗客の処理を終えるまでの計算時間を測定した。その結果、平均で 0.061 秒であり、最も遅いときでも 0.160 秒であった。

5 考察

シミュレーションにおける計算時間の測定結果より、最悪でも 0.160 秒の計算時間で乗車依頼処理しているこ

表 1: 運行コスト比較

	新手法	不定期発車法
総走行距離 (km)	625.0	1227.9
平均乗客所要時間 (分)	19.8	23.7
平均乗車人数 (人)	28.4	4.3
発車回数 (回)	17.5	118.1
必要配備台数 (台)	13.8	36.3

とから、提案手法がリアルタイム処理を行う Dial-a-Ride システムであるといえる。

表 1 より、提案手法が不定期発車法よりも全ての結果において改善が確認できた。これは、提案手法において平均乗車人数を改善するためにバス発車後の経路変更を行ったため、不定期発車法において 2 台以上のバスが必要となるような乗車依頼発生状況について、1 台もしくは少数のバスで処理することが可能となったためであると考えられる。また、総走行距離を半分の距離に、必要配備台数を不定期発車法の半数に抑制できたことは実際のバスシステムを構築する上でも大きな利点であるといえる。

6 おわりに

本稿では巡回経路探索などの乗車依頼処理を高速で行うリアルタイム Dial-a-Ride システムの提案をおこなった。さらに、バス発車後の経路変更を許可することにより、運行コストとしての、総走行距離および必要配備台数の改善が確認できた。

今後の課題として、渋滞などの道路状況の変化を加味したシステムの構築 [5] および必要台数に制限を設定したシステムの構築が挙げられる。

参考文献

- [1] 高羽: ITS 総論, システム/制御/情報, Vol 43, pp.273-277(1999)
- [2] K.Uchimura, H.Takahashi, T.Saitoh: Optimization for Passengers Transportation on Public Transit Management, Proc. Third Annual World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM(1996)
- [3] 内村, 齊藤, Takahashi: 遺伝的アルゴリズムによる乗客輸送の最適化, 電学論 D, Vol.117-D, No.7, pp.891-897(1997)
- [4] 若林, 内村, Takahashi: LINC における乗客輸送のリアルタイム制御, 電気学会道路交通研究会資料, RTA-98-7(1998)
- [5] 境, 内村: Dial-a-Ride システムに用いる最短経路計算の高速化, 電気学会道路交通研究会資料, RTA-01-34(2001)