

案内ロボット運用システムの開発

Guide Robot Management System

西 宮 憲 治¹
Kenji NISHIMIYA

金 子 真 也¹
Shinya KANEKO

要 旨

案内ロボットシステムは、ロボットが公共の空間で案内サービスを実行するシステムである。複数種類・複数台のロボットが協調しながら効率的に案内サービスを実行するために、運行管理を担う「案内ロボット運用システム」を開発した。ロボットの移動範囲やインフラ構築の制約にしばられないように、クラウドおよびIoT通信を用いてシステムを構築した。公共の施設で案内サービスを想定した実機確認をおこない、ロボットの運用が適切にできることを確認した。

ABSTRACT

We have developed the guide robot system to help efficiently give directions to people in public spaces. The ‘management system’ for guide robots can facilitate effective collaboration between multiple units and types of robots in operation by using fleet management algorithm and communication channels through clouds and IoT technologies. It would expand the area in which the robots can operate as well as overcoming some restrictions in network availability. We have tested the system with robots in a public facility, simulating a real-life guiding service, and successfully confirmed its functionality.

1. はじめに

Honda は 2030 年ビジョンにおいて、「すべての人に、『生活の可能性が広がる喜び』を提供する—世界中の一人ひとりの『移動』と『暮らし』の進化をリードする—」というステートメントを示している⁽¹⁾。また、「人と共存、協調して社会の中で役に立つロボット」の実現を目指して、ASIMO に代表されるロボティクス技術の開発に取り組んできた⁽²⁾。

この取り組みの一つとして、人混在環境で稼働する案内ロボットシステムを開発した。一般の利用者にロボットによる案内サービスを提供することで、ロボットの社会実装に向けた課題を探るためのものである。案内ロボットシス

テムは、受付ロボットと誘導ロボットの二種類のロボットで構成されている (Fig. 1)。

複数台のロボットを連携して運用するために、運行管理・情報連携をおこなう案内ロボット運用システム (運用システム) を合わせて開発した。ロボットから送られてくるデータをもとに、運用システムが案内ジョブを適切に割り振ることで、円滑に案内サービスを運用することができる。ロボットの移動範囲やインフラ構築の制約にされないように、クラウドおよびIoT通信を用いてシステムを構築した。

ここでは、運用システムのシステム方式について紹介する。

¹ ライフクリエーションセンター



Fig. 1 Guide service scenario

2. 案内ロボットシステムの構成

案内ロボットシステムは、利用者に対して目的地までの行き方を示す「道順案内」と、目的地まで付き添う「誘導案内」の二種類のサービスを提供する。これらのサービスを、受付ロボット [Fig. 1(a)] と誘導ロボット [Fig. 1(b)] が役割を分担しつつも協調しながら実行する。受付ロボットは、利用者が目的地を音声入力とタッチパネル入力で指定すると、そこまでの道順を示す (道順案内)。次に誘導ロボットが、目的地まで利用者を導きながら案内する (誘導案内)。

受付ロボットが受けた誘導案内の依頼を誘導ロボットに割り振るのが、運用システム [Fig. 1(c)] である。運用システムは、誘導案内のニーズに適宜応えるために、誘導ロボットの位置や稼働状態をリアルタイムで監視して適切に配車している。このように、二種類のロボットと運用システムが連携して道順案内から誘導案内にスムーズに引き継ぐことで、利用者は不慣れな場所でも迷わずに目的地にたどり着くことができる。

3. 運用システムの役割

運用システムは主に二つの役割を持つ。

一つ目は、受付ロボットから送られてくる誘導案内依頼 [Fig. 2(a)] に応えるために、誘導ロボットを適切に配車することである。誘導案内依頼には、利用者が行きたい目的

地と顔認識用データが含まれている。顔認識用データは、受付ロボットが道順案内中に利用者の同意を得たうえで取得するデータであり、誘導ロボットが誘導中に使用する。運用システムは、受付ロボット付近で待機している複数台の誘導ロボットの中から、稼働状態やバッテリー残量などを考慮して1台を選択する。誘導ロボットは、利用者を誘導するために、自律移動の機能と顔認識の機能を持つ。自律移動は、目的地に向かって経路を計画し障害物を避けながら移動する機能であり、顔認識は、誘導ロボットの後方に搭載されたカメラで利用者を特定し、位置関係を認識する機能である。顔認識機能により、利用者の歩行速度に合わせたり、離脱を認識したりすることができる。運用システムは、自律移動と顔認識に必要なデータをコマンドとして送信し [Fig. 2(b)], 誘導ロボットはそれらのデータを受信して誘導案内を開始する。

二つ目は、受付ロボットと誘導ロボットの稼働状態を監視し、エラー情報を運用担当者に通知することである。運用システムは、誘導案内中は常にタスクの進捗状態を監視している [Fig. 2(c)]。あるタスクが完了した時点で次のコマンドを送信する。また、運用担当者は、誘導ロボットの位置や稼働状態を確認する運用モニタを携帯しており、トラブルが発生した場合は、運用モニタを通してどこでどのようなエラーが発生したか、詳細な情報を確認することができる [Fig. 2(d)]。

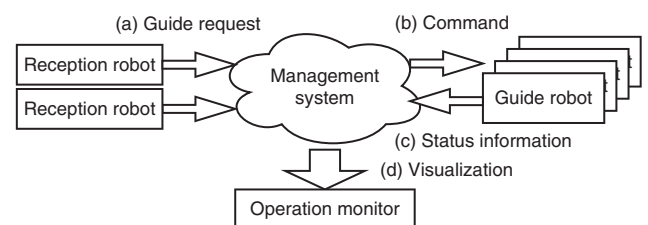


Fig. 2 Guide robot system configuration

4. 運用システムの構成

運用システムは、Honda Robotics as a Service Platform (Honda RaaS) と案内クラウドアプリケーション (案内クラウド) で構成されている。Honda RaaS [Fig. 3(b)] はロボティクスサービスを開発・運用するためのプラットフォームであり、通信やデータ収集などの汎用的な機能を備えている⁽³⁾。対して案内クラウド [Fig. 3(a)] は、案内に特有な機能を実現するために新規に構築した。案内クラウドは、Honda RaaS から共有されたデータを元に、案内ジョブ管理とロボット稼働状態監視をおこなう。Honda RaaS と案内クラウド間は、データストリーミングと REST API で連携している [Fig. 3(c)]。受付ロボット・誘導ロボット・運

用モニタとは、IoT 通信などを利用してインターネット接続している。運用担当者は、運用モニタを使って稼働状態を確認するとともに、ユーザ登録やデバイス登録などの設定作業をおこなう [Fig. 3(d)]。

このシステム構成は、開発と運用の両方に利点がある。開発における利点は、Honda RaaS のセキュアな通信・デバイス管理・データ可視化などの機能を活用しているため、アプリケーション開発にリソースを集中できることである。運用における利点は、専用のサーバや Wi-Fi を使用していないため、ロボットの移動範囲やインフラ構築による制約がないことである。

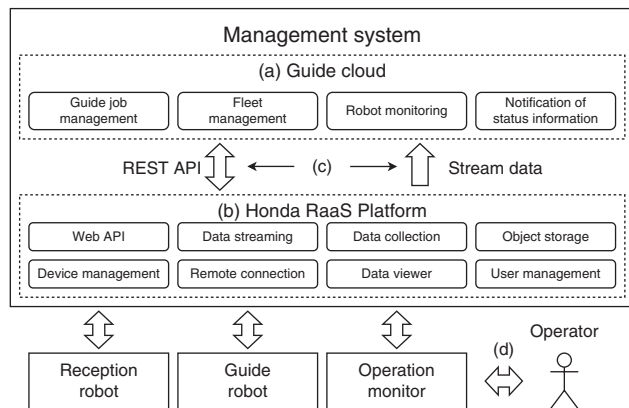


Fig. 3 Management system configuration

5. 案内クラウドの機能

案内クラウドは、案内サービスを提供するために、案内予約や誘導ロボット選択などの案内ジョブ管理を実行している。また、不測の事態に備えてロボットの稼働状態を監視している。

5.1. 案内ジョブ管理・配車

案内ジョブは、利用者に対して提供する案内サービスの一単位である。それぞれの案内ジョブは、予約中・案内中・キャンセル等の状態を持ち、運用システムは、複数の案内ジョブを同時並行で進捗管理している。

誘導案内開始までのシナリオを順を追って説明する。まず、利用者が目的地を音声やタッチパネルで入力し検索して指定する。目的地の指定が完了したら、受付ロボットはそこまでの道順を表示する [Fig. 4(a)]。利用者が受付ロボットを操作している間に、運用システムは、誘導ロボットの稼働状態やバッテリー残量などを考慮したうえで、1 台を選択してスタンバイ指令を送信する。誘導ロボットは誘導案内に備えてスタンバイする [Fig. 4(b)]。ここで利用者の希望によって、道順案内のみで終了する場合があります、そ

の場合はスタンバイを解除する。

誘導案内を利用する場合は、受付ロボットから目的地情報と顔認識用データが運用システムに送信される。誘導ロボットは、運用システムからこれらのデータを受信して誘導案内を開始する [Fig. 4(c)]。

なお、この案内シーケンスは受付ロボット・誘導ロボットそれぞれ数十台程度まで拡張して運用可能な設計にしている。また、受付ロボット付近に待機している誘導ロボットを位置情報をもとに選択するため、運用中に誘導ロボットの待機場所を柔軟に入れ替えられるように考慮している。

5.2. ロボット稼働状態監視・通知

誘導案内で、誘導ロボットは一連の三つのタスク、お迎え [Fig. 4(d)]、誘導 [Fig. 4(e)]、帰還 [Fig. 4(f)] を順番に実行する。それぞれのタスクごとに、目的地や動作方法が異なっている。お迎えの時は、利用者のもとに移動し、あいさつをして行き先を伝える。誘導中は、利用者との位置関係をカメラで認識しながら、自律移動の速度を調整してい

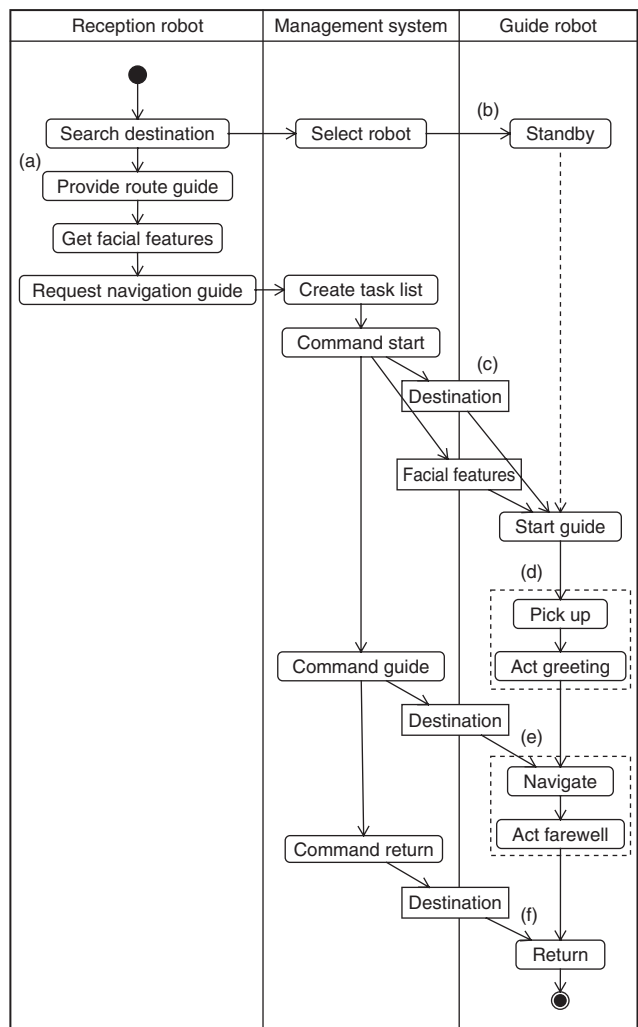


Fig. 4 Guide sequence

る。あわせて巡回する方向などを利用者にわかりやすいように、誘導ロボット本体に搭載されたスクリーンに表示したりする。目的地に到着したら、そのことを知らせるとともに、お別れのあいさつをする。帰還は単独で拠点まで移動する。

運用システムは、誘導ロボットが誘導案内を開始する時点で、案内ジョブ監視シーケンス (Fig. 5) を開始する。タスクの進捗状態を監視し、実行が完了した時点で次のタスクに必要な情報を送信している。この監視シーケンスは、誘導案内を実行する分だけインスタンスが生成されるため、計算リソースを節約することができる。

誘導案内中に不測の事態やシステムトラブルが発生し、継続できなくなる場合がある。運用システムは、誘導ロボットからのエラーメッセージを、運用モニターやメールを通じて運用担当者に通知する処理をおこなっている。

運用システムの内部では、タスクをタスクリストとして JSON フォーマットで設定している。JSON は柔軟にデータを追加し拡張できるため、原理的にはいくつでもタスクを増やして設定することが可能である。それぞれのタスクには、目的地名、目的地座標、タスクタイプなどを設定する (Fig. 6)。

```
{
  "robotId": "xxxxxxxx-xxxx-xxxx-xxxx-xxxxxxxxxxxx",
  "taskList": {
    "Type": "GUIDE",
    "task": [
      {
        "id": 1,
        "type": "picking_up",
        "goal": {
          "name": "meeting_point1",
          "coordinate": [
            "3.11",
            "-4.67",
            "1.59"
          ]
        }
      },
      {
        "id": 2,
        "type": "guide",
        "goal": {
          "name": "McDonald's",
          "coordinate": [
            "-4.12",
            "6.67"
          ]
        }
      }
    ]
  }
}
```

Fig. 6 Task list example

6. 実機確認結果

ある公共の施設で、案内サービスを想定した実機確認をおこなった。その施設は、屋内でありながら東西南北約 500 m の広さがあり、多くのテナントが営業している。不慣れた利用者にとっては、どちらの方向に行けば目的地にたどり着けるかわかりにくい場合があるため、ロボットによる案内サービスのニーズがあると考えた。

運用システムのテストでは、システムが設計通りに案内ジョブ管理・配車を実行しているか、IoT 通信を経由してロボットの稼働状態を監視できるか、などの観点で確認をおこなった。

準備においては、現地に専用のサーバやネットワーク設備を設置することなくテストを始めることができた。テスト条件は、初期段階の運用確認として、実際の運用台数よりも少ない受付ロボット 1 台と誘導ロボット 2 台とした。

テストにおいて、運用システムが以下のように機能したことを確認した。

- ・稼働状態やバッテリー残量の条件に基づいて、2 台の誘導ロボットから適切な 1 台を選択することを確認した。
- ・目的地や顔認識用データを、誘導ロボットに適切なタイミングで送信すること等を確認し、誘導ロボットが利用者を正しく認識して、お迎え・誘導・帰還と設定されたタスクを実行した。
- ・施設全域を移動している誘導ロボットとデータの送受信をおこない、遅滞なく誘導ロボットの稼働情報が更新されることを観測することで、IoT 通信を用いて、ロ

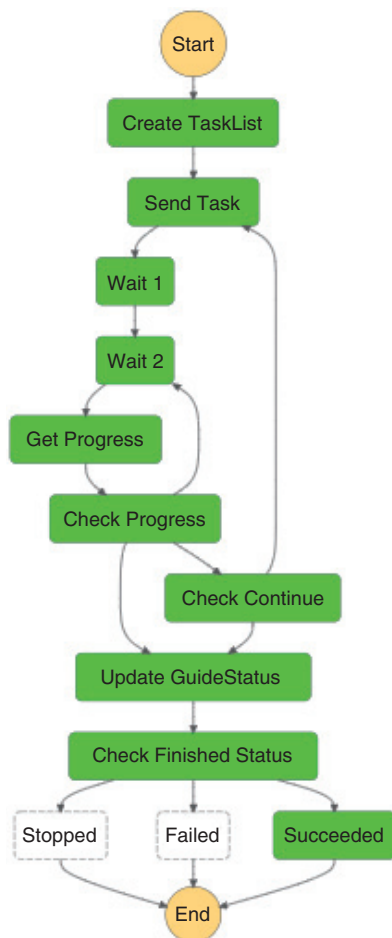


Fig. 5 Guide job monitoring sequence

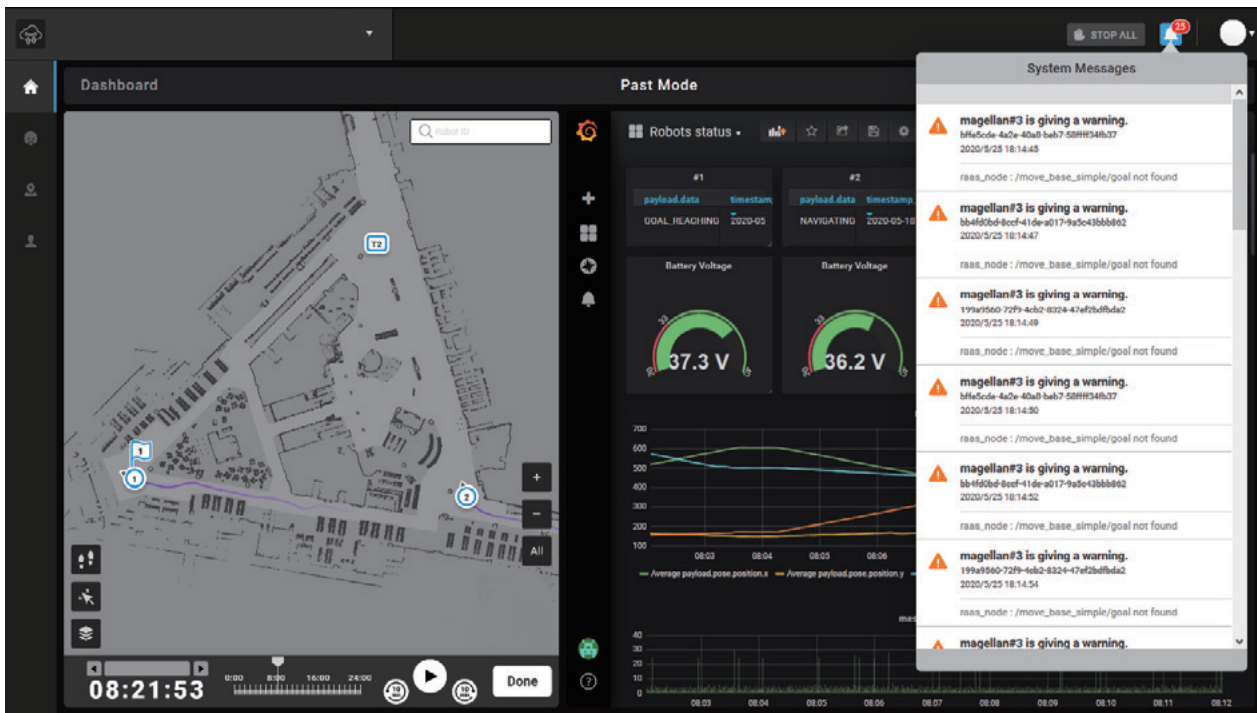


Fig. 7 Operation monitor

ロボットの監視やコマンド送信が安定的にできることを確認した。

運用システムの動作確認結果例として、運用モニタ (Fig. 7) のキャプチャ画像を示す。運用モニタに、地図上でのロボットの位置や軌跡、ロボットごとのバッテリー電圧などの詳細な内部状態を表示し、観測することで、運用システムがロボットの稼働状態を監視していることを確認した。あわせて、トラブル発生時にはエラー情報が表示され、運用担当者に通知することを確認した。

以上の結果から、運用システムが設計通りに案内ジョブ管理・配車を実行していること、IoT 通信を経由してロボットの稼働状態を監視できることが確認された。

7. まとめ

案内ロボット運用システムを、クラウドおよび IoT 通信を用いて構築した。ロボットによる案内サービスを実現するために、Honda RaaS の汎用的な機能を活用しながら、案内ジョブ管理・配車・ロボット稼働状態監視などの機能を新規に実装した。公共の施設で実機を用いたテストをおこない、複数種類・複数台のロボットが運用システムを通して情報連携しながら、適切に動作することを確認した。

現地に専用のサーバやネットワーク設備を設置する必要がないため、ロボットの移動範囲の制約がなく、すぐに使用を開始することができる。クラウドおよび IoT 通信を利用した汎用的な機能に、特定のサービス機能を追加するこ

とでシステムを構成するこの手法は、さまざまなロボティクスサービスを展開するうえで有効と考えている。

参考文献

- (1) <https://www.honda.co.jp/sustainability/report/pdf/2019/Honda-SR-2019-jp-016.pdf>
- (2) 重見聡史, 河口裕一郎, 吉池孝英, 川邊浩司, 小川直秀: 新型 ASIMO の開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 18, No. 1, p. 38-44
- (3) 東治臣: Honda RaaS Platform クラウドとロボティクスを融合させるプラットフォーム - Robotics as a Service Platform, Honda R&D Technical Review, Vol. 32, No. 1, p. 32-41

著者



西宮 憲治



金子 真也