

Fig. 2 システム概要

2. タウンマネジメントシステム構成

2.1 概要

TMS は、センサから得られた情報を整理・解析する処理システムと、その情報を格納しロボットやユーザからの問い合わせに応じて情報を出力するデータベースから構成される。扱う情報は、建築構造物や什器などで固定された「場」、食品や携帯電話など人が日常生活で操作あるいは消費する対象である「物」、さらに活動主体である人やロボットなどの「体」から構成される。場の情報は、地図として保管されロボットに提供される。また、物体に取り付けた電子タグにより、その物体の位置の追跡を行い、ロボットに作業情報として提供する。人やロボットの位置はレーザレンジファインダなどで計測され、実時間で解析されデータベースに格納される。それぞれ固有のデータテーブルにより定義されている。

部屋の情報を解析するシステム [3] を例として、TMS の概要を図 2 に示す。センサ群とそのデータを解析するプロセス群、データベースサーバ、人・ロボットへのインタフェースから構成される。部屋の数が増えるとモジュールの数が大規模化することがわかる。

分散配置されたセンサの情報を処理する各種モジュールと TMS 間で通信を行うために、ROS(Robot Operating System)[4] を利用する。ROS では、各種プロセスはノードと呼ばれ、複数のプロセス間で通信を行うメッセージ機能を提供している。このメッセージ機能を利用し並列処理を実現する。

2.2 クラウド型データベース

データベースは、データを保存する機能とネットワークを介して簡単にアクセスするためのインタフェース用 API(Application

Program Interface) ライブラリから構成されている。具体的には、データベースには MySQL を、インタフェースの通信方式には SOAP (Simple Object Access Protocol) をベースとする Web サービスを利用して実装されている。その SQL による入出力をラッピングし、ロボットからの問い合わせに応じてデータベースから情報を返すリクエスト/リプライ形式と、問い合わせによらずデータベースからロボットへ情報を送信する割り込み形式の両方を実装している。割り込み形式はイベントの発生をロボットに通知する場合などに用いられる。それぞれの実装形態は API の中に隠蔽されるため、ロボット側でこれらを考慮する必要はない。

API は、C++のライブラリ、OpenRTM のポート、ROS のメッセージとしてユーザに提供されている。OpenRTM のモジュールに対しては、サービスポートによりデータの入出力ができ、イベントはデータポートにより出力され、接続されたモジュールに通知される。さらに ROS のメッセージによる入出力に対応している。ROS に関する詳細な仕様は次節にて説明する。

センサや追跡する対象物の数が増えれば、それにともないデータ量が増加する。人や物体の追跡履歴も、時間が経つにつれてデータ量が増加する。これらのデータを圧縮する取り組みも行っているが、限界がある。

そこで、クラウド型サーバ群によるデータベースを利用する。MySQL は標準でクラウド機能をサポートしており、サーバ群によるデータ管理を行える。また、既存の商用のクラウドデータベースサービスも利用できる。

2.3 ROS によるデータ解析の分散処理

ROS ノードにより構成されるシステムの概要について説明する。分散配置されたセンサから取得された生データは、Sensor

drive によって ROS のメッセージとして配信され、購読を希望するデータ解析用ノードにそれぞれ送信される。そこで解析された情報は、ROS を通じデータ保存用ノード (Write proc.) に送信される。データ保存用ノードは送り元と送信されるデータの形式から内容を分析し、データ到着時刻等必要な情報を付加後、MySQL の API を利用してデータベース上の適切なテーブルに保存処理する。

従来の我々のシステムでは、センサから出力された情報の解析を、そのセンサが接続されている計算機上で 1 つのみのプロセスで実行していた。そのため、解析処理が重くなると、リアルタイム性や計測データが失われる場合があった。これを変更し、センサの出力を ROS のメッセージとして配信することとした。その結果、複数のプロセスがデータを受信することができ、処理を並列化することが可能になる。また、逆に複数のセンサの情報を 1 つのプロセスが受け取る事も容易になる。さらに、プロセスをステップ毎に分割し、パイプライン化することも可能である。このように、センサからの情報の取得と処理の組み合わせを自由に変更でき、またプロセスを分割することが可能になる。加えて、新しいセンサや解析処理も、ROS のノードとして追加すればよいため、実装が容易になる。

図 2 は、室内におけるセンサ群とノード群の構成例である。圧力センサ (Pressure sensor) とタグリーダ (RF-Tag Sensor) は、収納庫などに設置され、収納庫内の物品の位置と種類の情報を取得し、その情報をデータ保存用ノードを通してデータベースに保存する。レーザレンジファインダ (LRF Sensor) は、床面上に設置され、その出力を識別ノード (Classify proc.) が受け取って識別結果を出力する。その識別結果を追跡ノード (Tracking proc.) に与える事により、ロボット、人や物品の移動を推定する。9 軸加速度・角加速度・地磁気センサ (9-axis sensor) は、ワゴンや車椅子などに移動する家具に取り付けて、レーザレンジファインダの情報と統合し、それらの位置を計測する。Kinect sensor は、移動ロボットに取り付けられており、物体の識別と位置計測に利用する。ロボットは、プランニングノードにより計画された動作を実行し、ユーザにサービスを提供する。

例えば、床面上に設置されたレーザレンジファインダの情報の解析はパイプライン化され、識別処理、追跡処理ノードが順次実行される。このような並列化・パイプライン化によりリアルタイムで多数の処理を実行できる。

2.4 負荷分散システム

ROS を用いてプロセスを分割することにより、並列化パイプライン化が可能になる。しかし、分割されたそれぞれのプロセスをどのサーバで実行するかを自動で管理する必要がある。なぜなら、それらのプロセスは数が多くなると手動で管理していくのは困難であり、さらに、各プロセスの処理時間は関連するセンサの測定状況で動的に変化するからである。そこで、システムを安定化するためには、自動負荷分散が必要になる。

CPU の使用量を監視し、必要に応じて処理をクラウド内のサーバ間で自動的に分散させる (図 3)。ROS のノードとして実装され、マスタノードとスレーブノードが存在する。スレーブノードはクラウド内の各サーバで実行している。その役割は、各サーバの CPU 使用率を監視しマスタノードに報告することと、マスタノードからの指令を受けプロセスを起動したり停止したりすることである。マスタノードはシステム全体で一つのインスタンスだけで実行する。役割はスレーブノードからもらったクラウド内の各計算機の状態を分析し、スレーブノードに指令

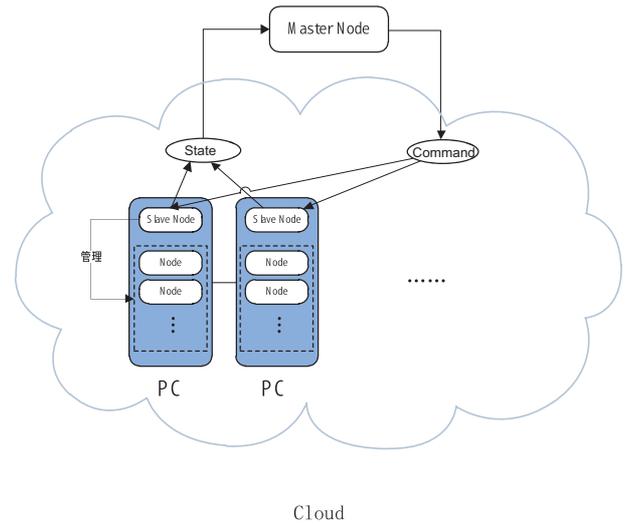


Fig. 3 負荷分散システム

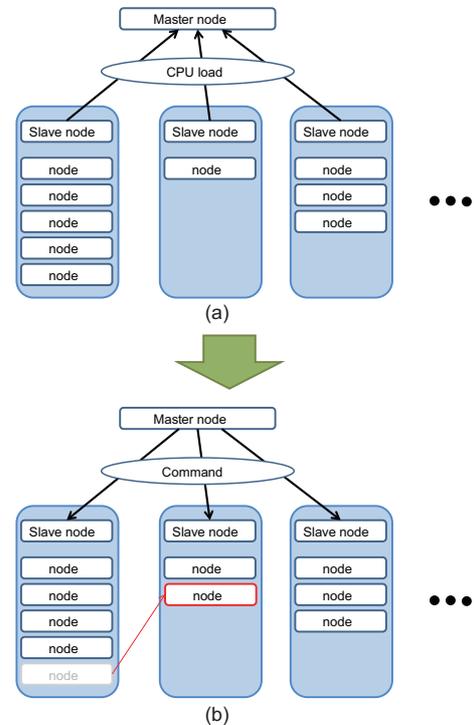


Fig. 4 負荷分散システムの動作

し、CPU の制限率が制限を超えた計算機のタスクを低負荷の計算機に渡すことである。

例えば、図 4(a) のように一台の計算機で多くのノードが実行されており負荷が指定値を超えた場合に、(b) のようにノードの実行計算機を切り替える。

TMS では、センサの数が増大すると多くの解析処理が必要になる。このように負荷を自動的に分散することにより、計算資源を有効に活用できる。

2.5 スマートフォンビューア

計算機のクラウド化がすすめば、ユーザ側で解析するための計算機を保持する必要はない。しかし、施設内の患者の見守り

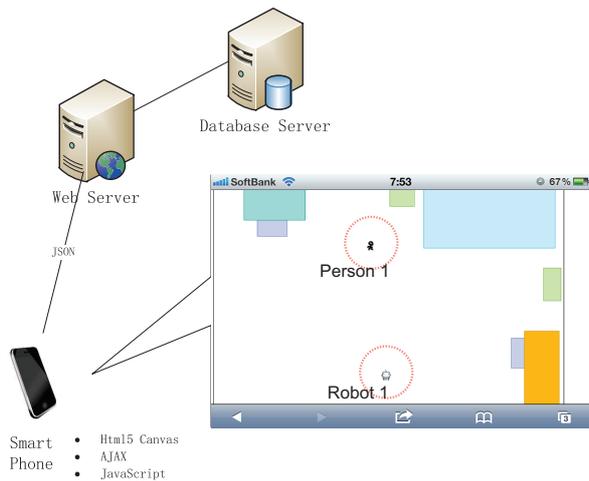


Fig. 5 端末画面

等ではデータベースの内容を閲覧したいという需要がある．そこで、web ベースのビューアを作成し、スマートフォンなどの簡易な端末で部屋内の情報を表示するシステムを構築した．

部屋内の情報を直観的に理解するためには、人やロボットの位置を可視化することは有効である．図 5 に示す通り、部屋内の固定されている家具等の配置は、TMS 内の情報から予め背景画像に変換し表示する．人とロボットの位置座標をデータベースから取得し、アイコンによって表示する．

ブラウザとサーバー間の通信は、データ量も小さくネットワークの負荷も小さい JSON (JavaScript Object Notation) を使用する．ブラウザは、Ajax(Asynchronous JavaScript + XML) と html5 の canvas 機能を使い、図を動的に更新する．現在普及しているスマートフォンに内蔵しているブラウザは、殆ど JavaScript と html5 をサポートしているため、一般的なスマートフォンで動作する．さらに、web ページの形で表示するためアプリのインストールも不要であるという特徴がある．

3. まとめ

センサデータの蓄積と解析処理をサーバ群で実行し、センサ群の大規模化に対応できるクラウド型タウンマネジメントシステムを開発した．現在 USB などの端子を持つセンサの出力先の計算機は各部屋に必要であるが、イーサネット経由で通信可能なレーザーレンジファインダやカメラも発売されており、今後センサ群もクラウド型のネットワークに組み込まれると想定している．

文 献

- [1] 長谷川勉: “環境プラットフォーム「ロボットタウン」”, 日本ロボット学会誌, Vol. 26, No. 5, pp. 411-414, 2008.
- [2] Izui, T. ; Tsuchiya, Y. ; Narita, M. ; Ueki, M. ; Murakawa, Y. ; Okabayashi, K.; “RSi-cloud for integrating Robot Services with internet services”, 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp.2158-2163, 2011.
- [3] 長谷川勉, 野原康伸, 村上剛司: “生活環境における日用品情報構造化のための床面センシングシステム”, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.9, pp.1144-1147, 2010.

- [4] “ROS の概要”, <http://www.ros.org/wiki/ja/ROS/Introduction>