

不完全に情報化された環境におけるサービスロボットのためのオブジェクト位置管理

東京大学 ○渡辺 周介, 田村 雄介, 浅間 一

Real-time Location Management System for Service Robots

The University of Tokyo

Shusuke Watanabe, Yusuke Tamura, Hajime Asama

In a situation in which information is not completely structuralized, it is difficult to offer service robots current locations of objects. We proposed the real-time method of location management in such a situation. This method estimates current locations of objects by reliability of data which depends time and accuracy of location which depend sensors.

Key words: location management

1. はじめに

知能化されたロボットが複雑なサービスを行う上で、環境内にあるオブジェクトの位置情報などを管理するシステムを構築することは必要である。位置管理システムでは、多種類のセンサデータが取得したオブジェクトの位置情報はデータベースに入力され保存される。それらはロボットの要求に応じて、適宜解釈され、出力される。従来の位置管理手法では、環境情報がセンサ群によって構造化された状況を想定しており、各センサから送られてくるデータは同期されていることが前提であった。しかし、不完全な環境情報しか存在しない状況では、複数種類のセンサからの情報から精度の高いものを吟味して、オブジェクトの現在位置を推定することは難しい。また、データが非同期に入ってくる状況においては、データの取得時間とロボットが要求した時間にずれが発生し、情報の信頼性が低下してしまう問題が起こる。

そこで本研究では、時間ずれによる信頼度の低下を考慮し、非同期かつ複数種類のセンサデータを扱える、実時間位置管理システムを開発することを目的とする。

2. 手法の提案

本研究ではまず、データの信頼度と複数のセンサからの観測情報を統合して管理するため、存在可能性分布という概念を導入する。

センサ j がある時刻 t にオブジェクト i の位置 \mathbf{x} を取得

したとする。このとき、現在時刻 t_0 において、オブジェクト i が位置 \mathbf{x} に存在する可能性を存在可能性と定義する。これは、オブジェクトが観測した位置から移動せずにその場に留まり続けているかを表すパラメータである。

ここで、前者の時間経過 Δt による信頼度の低下を、信頼度関数 $r(\Delta t)$ と表す。この関数は、過去に観測した位置にオブジェクトが留まっているかどうかを示すため、時間が経過するにつれて減少する関数であり、その形はオブジェクトに依存する。

また、複数種類のセンサからの位置情報には、観測したセンサの特性に依存する精度や誤差が含まれている。これを位置情報に加味して扱えるように、オブジェクトの位置情報は、観測された位置 \mathbf{x} によって与えられる確率密度関数 $p(\mathbf{x})$ で表す。

この二つを用いることで、オブジェクト i の存在可能性分布を記述することができる。式で表すと以下によって与えられる。

$$f_j(x_i, t) = p_j(x_i) r_i(t) \quad (1)$$

$p(\mathbf{x})$ はセンサ j の特性によって決まり、任意の空間で積分すると 1 となる。また、 $r(t)$ はオブジェクト i に依存し、

$$0 \leq r_i(t) \leq 1 \quad (2)$$

である。

この存在可能性は確率密度関数と同じく、任意の空間で積分することで、その座標にオブジェクトが存在する

確率を示しているが、時間経過を考慮しているため、すべての区間を積分しても 1 にはならない。これは、存在可能性が観測位置からオブジェクトが移動しない可能性だけを考慮しているためである。

本研究では、センサによって取得した位置情報を存在可能性分布に処理してデータベースに管理し、オブジェクトの位置を推定する。位置推定は、複数の存在可能性分布を重ね合わせることで行う。データベースから求められた n 個の存在可能性分布 f_n の重ねあわせによって正規化された可能性分布 f_{all} は

$$f_{all} = \frac{\sum^n f_i}{n} \quad (3)$$

と表される。このときオブジェクトは、 f_{all} の重心 \tilde{x} の位置にあると推定され、

$$\int_0^{\tilde{x}} f_{all} dx = \int_{\tilde{x}}^{\infty} f_{all} dx \quad (4)$$

を満たす。以上から、オブジェクトの推定位置 \tilde{x} を決定する。

3. アルゴリズム

本研究のアルゴリズムは以下のとおりである。

- 1) ある時刻 t_0 においてロボットから管理システムへ、あるオブジェクト i についての位置情報を求めるクエリが寄せられる。
- 2) 管理システムはデータベースの中から i に関する位置 x_i 、取得した時間 t 、取得センサ j などの情報を検索する。
- 3) 検索されたデータから確率密度関数 $p(x)$ 、信頼度関数 $r(\Delta t)$ を計算し、取得したセンサごとに固有の存在可能性 f_j を求める。なお、 $\Delta t = t_0 - t$ である。
- 4) 求められた存在可能性を重ねあわせ、オブジェクトの位置を推定する。(図 1)
- 5) 推定した位置 \tilde{x} を返す。

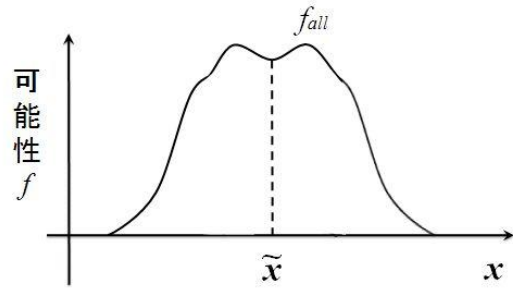


図 1 存在可能性の表現例

4. まとめ

本論文では、サービスロボットのためのオブジェクトの実時間位置管理システムを提案した。本システムでは、存在可能性という概念を導入した。これにより、非同期複数種類のセンサ情報を管理し、環境情報が不完全でもオブジェクトの現在位置を推定することが可能となる。また、本システムの有効性を検証する実験を行った。

参考文献

- (1) 馬場伸一, 吉垣伸介他, ” ロボットタウンの実証的研究—タウンマネジメントシステムの開発—”, 第 24 回ロボット学会講演会 2006