

基于仿人足球机器人协作定位技术研究

蓝冬英¹ 丛杨² 程立英¹ 白玉洁¹

(1. 东北大学信息科学与工程学院, 辽宁沈阳, 110004; 2. 中国科学院沈阳自动化研究所机器人学国家重点实验室, 辽宁沈阳, 110016)

摘要: 本文综述多机器人协作定位的研究现状, 分析比较当前该领域的主要研究方向, 介绍实现机器人协作定位的主要研究方法和关键技术, 并总结多机器人协作定位面临的挑战和发展趋势。

关键词: 多机器人, 协作定位

多机器人协作定位是指, 多个机器人中的每一个成员都要估计其他机器人的位置, 并将这些估计信息传递出去, 这样机器人可以将自身的位置估计和其他机器人对自己的位置估计结合, 确定最终的位置信息。协作定位问题是自主移动多机器人导航的一个基本问题。多机器人协作定位近年来逐渐成为相关领域的热点, 相对于单个机器人系统, 多机器人系统对环境的感知能力更丰富, 在最优性、鲁棒性等方面都具有极大的优越性。

在一些面向任务的应用中, 多机器人必须协同合作才能完成任务, 如协同作战、机器人足球赛、多机作业等。在这些应用中, 要确定机器人群的位置, 常用方法是机器人群的每个成员单独定位, 进而确定机器人群的位置。但是这种方法并不是最优的, 因为任何一个机器人都只是对环境的局部观察, 它所获得的观测信息都会受到随机误差的干扰。因此, 通过融合不同机器人的观测信息, 可以提高对环境感知的准确性和全面性, 从而使得多个机器人协作定位要比单个机器人定位效率高、精度高。

目前, 解决定位问题的方法通常是利用机器人内部传感器与外部传感器信息的融合来得到机器人位置信息。

1 仿人机器人协作定位的研究方法

1.1 基于扩展卡尔曼滤波的方法

扩展卡尔曼滤波方法(EKF)已成功应用于协作定位领域。当没有观测到其他机器人时, 每个机器人根据自身的运动模型推演其位置估计及相应的协方差矩阵; 当获得相对观测量时, 融合相对位置信息进行位置的更新, 完成协作定位。

这种方式可以使机器人连续运动而没必要始终在

视线范围内。但是, 它不适合于不知道初始位置的全局定位。如果机器人没有全局定位能力, 定位误差会无限制地增长, 以致最终迷失位置。因此, 在EKF的定位框架中, 不具备全局定位能力的系统是可观测的。研究如何能够有效控制定位误差的增长, 减小误差的积累仍然是非常有意义的工作, 因为一旦机器人群中某些机器人具备了能够获得全局信息的手段, 则整个机器人群都将会受益。

1.2 基于粒子滤波器的方法

Howard利用粒子滤波器进行机器人群的相对定位。每个机器人以自身的坐标系为基准, 通过网络中信息传播及坐标变换来确定群体中其他机器人相对自身的位置, 即使有些机器人并没有被直接观测到, 该方法也能够确定它们的相对位置。由于不考虑绝对位置, 这种方法比较适合于未知的、非静态的环境。在该方法中, 每个机器人都要维护 $n-1$ 个粒子滤波器(n 为机器人个数), 每个粒子滤波器的样本集表示其他机器人相对该机器人的位置, 根据不同的观测量更新相应的粒子集合, 从而更新对应机器人的位置估计。但是随着机器人个数的增加, 每个机器人所要维护的粒子滤波器数量也不断增加, 其计算复杂度将以指数级增长, 将会影响定位的实时性和实用性。

因此一些研究者提出了一些改进的粒子滤波器, 主要包括混合采样粒子滤波器、自适应粒子滤波器、基于聚类的粒子滤波器和协同进化自适应粒子滤波器、基于粒子群优化的粒子滤波器。

1.3 基于贝叶斯框架的多机器人定位方法

该算法是一种很常见的递归贝叶斯估计, 由三个部分实现, 分别为: 基于扩展卡尔曼滤波, 基于粒子滤波, 以及二者相结合。该算法融合机器人的运动信息和观测信息来进行多机器人之间的相对定位, 和以

此项工作得到机器人学国家重点实验室开放课题“多机器人协作与信息共享的关键技术研究”资助。

往多机器人协作定位不同的是,机器人不是以固定的路标实现定位,而是将移动机器人作为路标来帮助自己定位,从而摆脱了静态参照物的束缚。

1.4 利用信标机器人交替定位

在位置规划方法中,首先根据未来信标位置应该满足的条件分别设置目标函数和非线性约束方程,其中目标函数是使三个信标机器人组成的三角形尽量接近等边三角形,非线性约束则考虑超声波测距模块的测量范围以及机器人队伍的探索方向等因素,然后用约束非线性优化算法计算未来信标位置。该方法不需要放置信标,未破坏环境的自然性,并结合信标方法提高了精度。但是每次都必须要求有个机器人静止作为信标,这使得任务完成时间变长。

1.5 基于分布式最大似然估计的方法

当机器人检测到另一个机器人并获取到相对位置信息时,观测机器人可以将测量信息传送给被观测机器人,共享测量信息,然后它们再根据各自的运动和获取的测量信息来更新它的位姿。

2 协作定位面临的挑战

2.1 信息的融合

根据实际应用领域,信息融合可分为同类多信息源信息融合和不同类多源信息融合,其实现方法分为数据处理法和符号处理法。多传感器信息融合就是把分布在不同位置,处于不同状态的多个同类或不同类型传感器所提供的局部不完整观测量加以综合,消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾,利用信息互补,降低不确定性,以形成对系统环境相对完整一致的感知描述,从而提高智能系统决策、规划的科学性,反应的快速性和准确性,降低其决策风险。

多传感器信息融合的常用方法有:加权平均、模糊逻辑以及神经网络等。多机器人协作定位就是对来自不同机器人的信息进行融合。

在多机器人的协同定位中需要考虑以下三个问题:

- 1) 机器人之间如何进行信息交互、交互一些什么样的信息;
- 2) 如何根据机器人的观测信息和交互信息确定机器人的位姿;
- 3) 如何做出行为决策。

由于各机器人观测的即时情况不同,所以应根据传感器的测量精度对融合数据分配权值。当前融合研究方法多采用卡尔曼滤波等基于平稳随机过程的融合方法,不能从根本上解决分布式系统在高度动态环境下的协作要求,是仅仅局限于数据统计分类意义下的

融合技术,因此有必要进一步借鉴统计决策、神经网络、模糊推理等智能方法。

2.2 通信的同步性和实时性

机器人协作物体定位的研究应注重通信的实时性、机器人间时钟同步和空间参考系等问题。为保证数据传输和信息共享的实时性,机器人通信系统多采用无线局域网形式。此外,还必须考虑给通信数据分配时标或应用网络时钟同步协议来解决群体协作的同步问题,这样,数据融合才有实际的可行性。

3 多机器人协作定位的发展趋势

多机器人的协作定位受到了越来越多的关注和研究,逐渐成为一个活跃的研究领域。如果机器人能够探测到同伴,并且与同伴进行信息交换,就可以利用机器人之间的相对观测信息来提高机器人群的定位精度。尤其对于异质机器人群,协作定位的优势更加明显。在Robocup足球机器人比赛中,为了给机器人提供更准确地定位信息,多机器人协作定位技术将朝着定位方法更加先进、准确、适用环境更加宽广、自主性能更加完善的方向发展。

3.1 协作定位未来研究方向

1) 定位算法的改进。

随着时代的进步,新的定位算法思想层出不穷。随着机器人技术日益提高以及计算机硬件能力不断增强,一些复杂算法也有实际应用的可能,可用来丰富实验方案,获得更好的实验数据与分析结果,以达到更高的定位精度。

2) 多传感器的信息融合。

在实际应用中,机器人基于视觉的定位精度易受环境噪声的影响,鲁棒性较差。人类是通过眼、鼻、耳、手等多感知方式来共同辨别目标的。同样,机器人可通过仿生学的方法,利用音频听觉、摄像头视觉和超声装置等多个传感器信息的综合来提高听觉定位的精度和鲁棒性。针对多机器人的协作定位,多传感器的信息融合是必须的,但融合的方法依赖于不同数据源的采集方式的确立,这是一个极具挑战性的方向。

尽管目前常用的多传感器信息融合方法在一定程度上都取得了成功,但是仍没有一种方法能像人类一样把各种不同的传感信息(如视觉、听觉、味觉、经验等)经过推理后有效融合,也就是说信息处理缺乏深度。

3) 动态环境下的机器人定位。

移动机器人同时定位与建图(SLAM)问题是移动机器人研究领域的基本问题与研究热点,也是移动机器人真正实现自主的重要条件。当前提出的很多解决

SLAM 问题的方法是面向静态环境的，然而在很多任务中，真实的工作环境是动态的，因此对于动态环境下移动机器人 SLAM 技术的研究有着十分重要的意义。

在环境中增加动态障碍物，要求机器人能够及时发现、定位和避开障碍物，并将发现的信息及时可靠地传递给其他合作的机器人，这是多机器人协作定位研究需要解决的重要难题。

4) 多种方法的融合。

目前，机器人大多采用单一的定位技术。但一种定位方法往往存在局限性。如卡尔曼定位局限性在于系统及测量噪声为高斯白噪声；蒙特卡洛方法也存在计算量较大等问题；各种用梯度优化算法解决自定位的手段，在求解位姿参数时又容易收敛到局部极小值。因此，在完善单一自定位方法的同时，研究人员应该将各种技术的特点系统性地综合起来加以应用，取长补短。例如，将全局和局部定位方法所得的位姿估计通过加权修正；协同机制与粒子滤波器结合的多机器人定位方法；概率和非概率定位方法相结合，使机器人能够在不同条件下兼顾精确性和鲁棒性的要求。

3.2 多机器人协作中的单机器人自主定位

在多机器人协作定位的场景中，各个机器人都必须要具有定位能力，也就是说他必须知道自己在哪里，才能与同伴进行有效地合作。自主移动机器人 (Autonomous Mobile Robot) 的一个基本功能是可以自我确定自身在环境中的位置。这就使得机器人无论是在结构化或非结构化环境中都可以确定自身与周围环境的位置关系，根据任务做出正确决策和路径选择。

移动机器人自定位通常也称为位姿估计问题，是

指在给定环境地图的条件下，根据传感器感知数据和机器人的运动控制估计机器人相对于环境地图的坐标。一般认为，自定位是智能移动机器人必须具备的基本功能之一，是智能移动机器人执行其他任务的基础。

当前移动机器人的研究非常强调自主能力的提高，定位系统越来越重视算法的鲁棒性、主动性和安全性，研究重点从局部、静态、被动的方式向全局、动态、主动定位方法发展，并且强调不能孤立地设计定位系统，主张将路径规划、避障控制、地图构造、对象识别等都集成到定位系统中，控制结构及位姿估计算法越来越复杂，其中一些快速、精确的定位算法均以激光雷达数据为基础。

传感器数据存在噪声、环境地图存在局部相似性、环境会随时间发生不可预知的变化是移动机器人自定位所面临的主要挑战。

4 总结

基于足球机器人的多机器人协作定位技术已经取得了很多可喜的进展，研究成果令人鼓舞，但还远未达到实用要求。

当前多机器人协作定位技术一般是基于机器人的视觉，定位方式和环境适应性受到限制。将来多机器人协作定位要从多传感器数据融合的角度，将视觉系统与多类异质传感器在空间、时间和数据上依据某种准则进行组合，以获得被测对象的一致性解，提高系统适应性和环境识别能力。此外，系统应具有基于知识的自组织特征提取能力，实现场景对象表达、障碍物判断和定位导航的动态更新。👉

参考文献：

- [1] 王珂庄严, 王伟, 等. 自主移动机器人足球比赛视觉定位方法综述 [J]. 控制理论与应用, 2005,22(4):597-602.
- [2] 刘利枚, 蔡自兴. 粒子群优化的多机器人协作定位方法 [N]. 中南大学学报 (自然科学版), 2011(3):682-687.
- [3] 张莉莉. 多机器人合作定位技术研究 [C]. 中南大学, 2009.
- [4] 黄庆成, 罗荣华. 一种多移动机器人主动协同定位方法的研究 [N]. 电子学报, 2010,38(11):2644-2648.

The Cooperative Positioning Technology Research Based on the Humanoid Robot Soccer

LanDongying¹, Cong Yang², Cheng Liying¹, BaiYujie¹

(1. College of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, 110004, China; 2. State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Science, Shenyang, Liaoning, 110016, China)

Abstract: This paper reviews the status quo of multi-robot's cooperative localization, and analysis the current research interests of this area, methods and key technologies of multi-robot cooperative localization, and summarizes the challenges and trends faced by the multi-robot cooperative localization.

Keywords: Multi-robot, Cooperative Localization