

非差分 GPS 在移动机器人位点导航中的应用

Application of non-differential GPS in mobile robot waypoint navigation

田学军

TIAN Xue-jun

(湛江师范学院 基础教育学院 物理系, 湛江 524033)

摘要: 针对移动机器人定位及导航问题, 提出了一种采用低成本非差分 GPS 获取移动机器人实时位姿信息的方法。介绍了世界大地坐标系转换为空间直角坐标系的具体算法, 对 GPS 模块的单点定位精度进行了分析; 实现 GPS 坐标转换之后通过电子罗盘获取机器人的方向信息, 从而确定移动机器人在全局坐标下的初始位姿。针对移动机器人进行的仿真及实验表明该方法有效可行。

关键词: 移动机器人; GPS; 导航

中图分类号: TP15

文献标识码: A

文章编号: 1009-0134(2009)06-0078-04

0 引言

定位和导航技术是移动机器人的关键技术之一, 移动机器人必须准确获取自身位姿信息以有效完成特定功能。采用差分 GPS 系统或者惯性制导系统可以实现精确的定位和导航, 但成本高昂, 目前多用于军事, 航空航天等关键领域。缺乏低成本的定位导航技术仍然是阻碍移动机器人推广应用的瓶颈。

本文探讨了采用民用级非差分 GPS 模块有效进行移动机器人定位导航的实现技术。首先进行 GPS 使用的 WGS-84 坐标系到空间直角坐标系的转换, 之后通过电子罗盘获取机器人的方向信息, 从而确定移动机器人在全局坐标下的初始位姿, 进而实现位点导航。论文分析了所采用的 GPS 模块的定位精度, 针对 Pioneer 3DX 机器人进行了仿真和实验。

1 GPS 坐标变换

GPS 导航定位系统是美国在 70 年代研制, 90 年代投入使用的一种高精度的全球三维实时卫星导航系统。它不但性价比优, 而且同时具有准确的快速实时定向定位, 同时具备自主性好, 适应性强, 精度和可靠度高等特点。

1.1 GPS 的输出格式

GPS (Global Positioning System, 全球定位系统) 使用的是 WGS-84 坐标系 (World Geodetic System-1984, 1984 年世界大地坐标系), 采用大地经度 (L)、纬度 (B) 和大地高程 (H) 来描述空间位置。

GPS 接收机采用 NMEA (National Marine Electronics Association (美国) 国家航海电子协会) 规定的 NMEA-0183 数据输出格式, 本系统利用定位语句 GPGGA 中的数据信息。例如: \$GPGGA, 072.027, 00, 3.905, 102.6, N, 117.08, 623.7, E, 1, 04, 9.9, -19.4, M, -3.1, M, 3.63

其中:

072027.00—UTC_TIME24h(24h)制的标准时间。表示: UTC 时间 07:20:27.00。

3905.1027,N—纬度。表示: 北纬 39°05.1027'。

11708.6257,E—经度。表示: 东经 117°08.6257'。

1—定位质量。0 = 未定位, 1 = 无差分定位, 2 = 差分定位。

04—定位所用的卫星数目。

9.9—水平精度因子。

-19.4—从平均海水面算起的海拔高度, 单位是米。

-3.1,M—大地水准面差距, 单位是米。

空字段 1—DGPS 的数据期龄, 单位是秒, 当不使用 DGPS 时空。

空字段 2—DGPS 基准站编号, 当不使用 DGPS 时空。

3.63—校验和。

GPS 接收机通过蓝牙方式将定位数据 (NEMA-0183 语句) 传给计算机, 因为 GPS 提供的只是地经度 (L)、纬度 (B) 和大地高程 (H) 信息, 需要把坐标系统转化为空间直角坐标系统。我们可用图 1 所示描述 GPS 坐标转换的算法。

收稿日期: 2009-02-24

作者简介: 田学军 (1970 -) 男, 山东商河人, 高级工程师, 工程硕士学位, 主要从事机电教学工作。

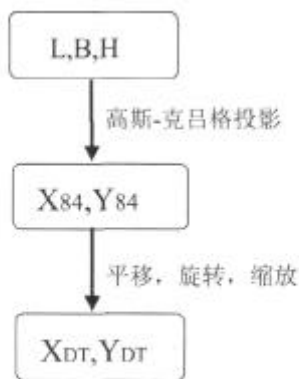


图1 GPS数据坐标变换算法框图

在图1中, 首先将GPS接收到的WGS-84大地坐标(L, B, H), 再通过高斯—克吕格投影转换为高斯平面投影坐标(XG, YG), 然后通过坐标转换、旋转、缩放, 转换为电子地图平面直角坐标(XDT, YDT)。

1.2 高斯-克吕格投影直角坐标公式

以下为高斯-克吕格投影直角坐标公式:

$$X = S + N\lambda \left[2\sin\phi \cos\phi / 2 + N\lambda \left(4\sin\phi \cos^3\phi (5 - \tan^2\phi + 9\eta^2 + 4\eta^4) / 24 + N\lambda \left(6\sin\phi \cos^5\phi (61 - 58\tan^2\phi + \tan^4\phi + 270\eta^4 - 330\eta^2 \tan^2\phi) / 720 + \dots \right) \right) \right] \quad (1)$$

$$Y = N\lambda \cos\phi + N\lambda^3 \cos^3\phi (1 - \tan^2\phi + \eta^2) / 6 + N\lambda^5 \cos^5\phi (5 - 18\tan^2\phi + \tan^4\phi + 14\eta^2 - 58\eta^2 \tan^2\phi) / 120 + \dots \quad (2)$$

式中, S为自赤道起到某一纬度 f 的经线长度(IAG275 椭球); N为地球椭球卯西圈曲率半径; f 为所求点的纬度, 以度计; l 为所求点对中央经线的经差, 以弧度计; h 为辅助函数, $h = e' \cos f$ 。

$$S = 111\,133.004\,6f - 16\,038.528\sin^2 f + 16.833\sin^4 f - 0.022\sin^6 f + 0.000\,03\sin^8 f \quad (3)$$

$$N = a / (1 - e^2 \sin^2 f)^{1/2} \quad (4)$$

式中, a 为椭球长半径, e 为第一偏心率。当 l 以度为单位时, 式中的 l 应用式(5)变换后再代入。

$$l = l^\circ p / 180^\circ \quad (5)$$

对于1980西安坐标系, 采用IAG275 椭球, 其参数为:

$$a = 6\,378\,140\text{m}, e = 0.081\,819\,221, e' = 0.082\,094\,469.$$

1.3 平面坐标转换原理

如图2所示, 例如要将坐标 (x_1, y_1) 转换到坐标 (x_2, y_2) 系, 设 (x_2, y_2) 坐标系的轴在 (x_1, y_1) 坐标系的坐标方位角为 α (顺时针的测量坐标方位角), 况且 (x_2, y_2) 系的坐标原点在 (x_1, y_1)

系下的坐标为 (x_0, y_0) , 从 (x_1, y_1) 到 (x_2, y_2) 系的尺度系数为 m 。那么利用公共点两套坐标值, 即可解算4个转换参数, 进而将其他 (x_1, y_1) 坐标转换成 (x_2, y_2) 系坐标。

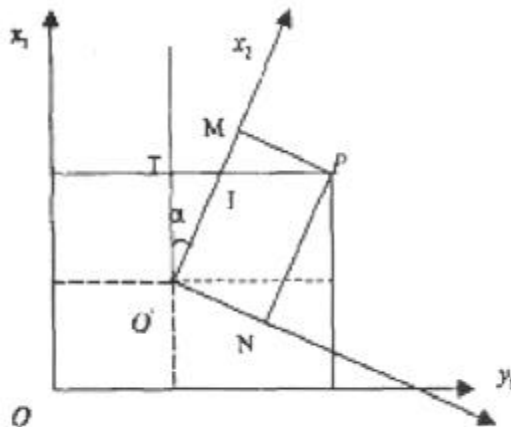


图2 平面直角坐标转换示意图

根据上图, 在直角 $\triangle PMI$ 和 $\triangle OIT$ 直角进行简单的几何换算, 可以得到从 (x_1, y_1) 到 (x_2, y_2) 系的基本转换关系

$$x_2 = m(y_1 - y_0) \sin \alpha + m(x_1 - x_0) \cos \alpha \quad (6)$$

$$y_2 = m(y_1 - y_0) \cos \alpha - m(x_1 - x_0) \sin \alpha \quad (7)$$

在移动机器人中把 (x_1, y_1) 坐标系看作高斯-克吕格直角坐标系, 把 (x_2, y_2) 看作机器人的局部坐标系, α 夹角通过电子罗盘数据获得, 从而在全局坐标系中的任何一点的位置都可以转化到机器人坐标系中。任意时刻机器人的位姿信息就可以确定。

2 系统硬件

2.1 移动机器人硬件平台

采用某公司的Pioneer 3-DX移动机器人进行定位导航研究。该机器人长44.5cm, 宽40cm, 高24.5cm, 重9kg, 可载重23kg, 最大平移速度为1800mm/sec, 最大旋转速度为360deg/sec。它采用内嵌的日立H8S作为微处理器, 负责传感器的数据处理和命令执行。该机器人包括如下基本设备: 16个声纳测距装置、1个激光测距仪、10个避碰传感器、1个Cannon VC-C50i摄像头、1个遵循802.11b规约的无线网卡和2个RS-232串行接口等。还可以挂载其他传感器和一些附件, 这些部件都是由车载微控制器和移动机器人服务器端的软件来控制管理的。Pioneer 3-DX型移动机器人实验系统主要由下列部件构

成：控制台，通讯端口，摄像头，激光测量部件，声纳，轮式编码器，避碰传感器，语音系统，电子罗盘以及蓄电池（如图3所示）。

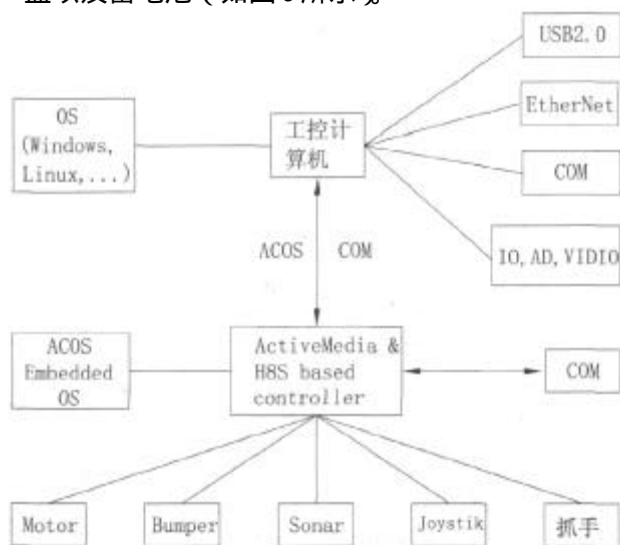


图3 Pioneer 3-Dx 机器人系统组成

2.2 GPS 模块及数据获取

本系统选用高锐 Mini Foenix 蓝牙 GPS 模块，该GPS模块使用MTK 超高效能 MT3 解决方案，定位精度可以达到3米，采用蓝牙串行端口的连接，接收灵敏度为-162dBm，可以同时追踪32颗卫星信号，遵循 NMEA-0183 数据输出格式，位置信息周期为10ms，数据刷新频率1Hz。

NMEA-0183以字符串形式发送数据，接收机可以发送多种类型的字符串，实验时只需要“\$GPGGA”字符串中的几个字段。因此需要对接收到的数据进行解析，取得所需的信息。由于小数点位数不同的原因，字符串的长度是可变的，所以分离所需要的信息时，不能按照该信息在字符串中所处的字符位置来查找，只能依据字符串中的逗号分隔符的位置查找。

2.2.1 数据检测

为了保证采集到的GPS数据的有效性，必须进行数据检测。接收机会发送很多类型的字符串，因此首先判断是否是“\$GPGGA”字符串；然后判断“\$GPGGA”字符串的完整性，如果以“\$GPGGA”开头的字符串字符数大于等于66，就可以确定接收到数据信息是有效的。

2.2.2 数据提取

数据提取就是数据检测之后，对有效字符串中的数据信息进行分离，获得确切的UTC时间，经度

和纬度信息。接收到的信息是以字符串的形式存储的，可以对数据进行分段提取。

3 GPS 单点定位精度分析

采用VisualGPSXP软件对GPS接收器的接受性能进行测试，如图4为在实验场地中选取的某一点进行的单点测试数据分布图，对该点采样550次测量数据进行统计(如表1)。统计结果显示：经度平均值为113.33935340，经度标准差为0.286m，纬度23.1580582240，纬度标准差为0.165m，Altitude 29.47m，高度标准差为0.166m，数据漂移量小。误差范围在2m以内，实验结果表明实验采用的GPS可以满足实验需求。

表1 GPS 单点测试值

	采样次数	平均值	方差
经度	550	113.33935°	0.286m
纬度	550	23.15805°	0.165m
高度	550	29.47m	0.166m

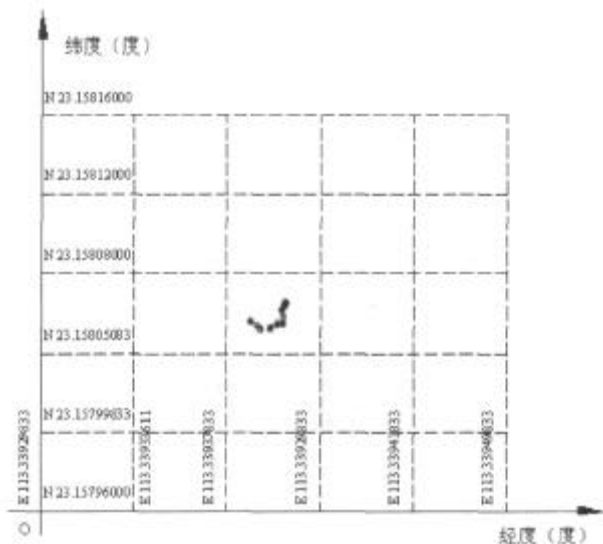


图4 GPS 单点测试数据分布图

4 仿真研究

仿真实验中设定4个目标点，如图5所示，机器人按照预期的路径到达每个点，机器人需要在行走过程中避开障碍。采用 MobileSim 软件进行了仿真实验，仿真结果如图6所示。

图中黑色方块代表障碍物，机器人从起始点到达目标点1后朝目标点2前行，绕过障碍物后到达目标点2，最终到达目标点4。

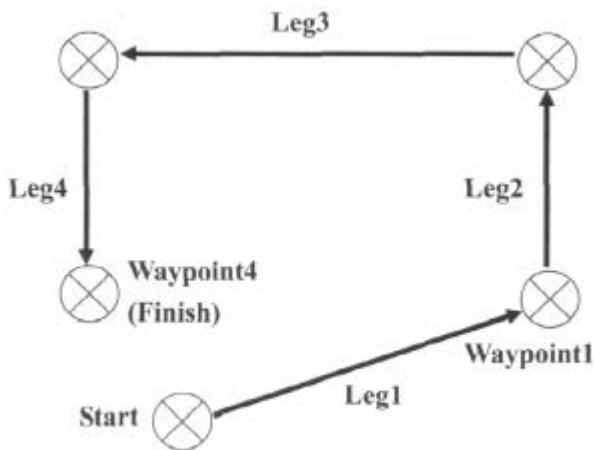


图5 目标点设定

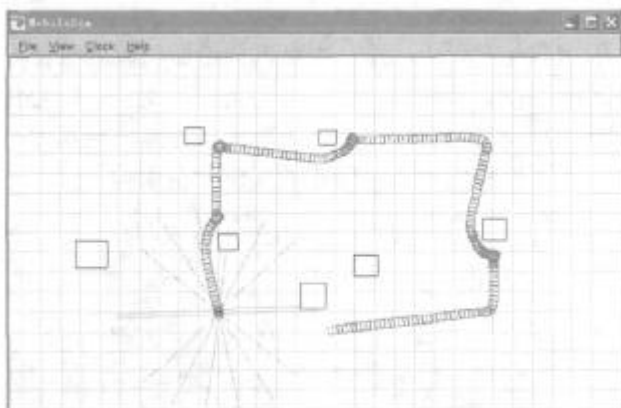


图6 MobileSim 仿真结果

5 结束语

实验结果表明,采用民用级非差分 GPS 辅助实现移动机器人的位点导航,是一种有效的低成本解决方案。进一步的研究工作包括进行 GPS 数据的预处理以降低噪声及漂移对于精确定位的影响,并可结合其他传感器如光电码盘、电子罗盘、激光测距传感器、超声波传感器实现多传感器信息融合。

参考文献:

- [1] 杨子俊,廖凤英,韦庆.GPS 在移动机器人导航定位系统中的应用[J].舰船电子工程,2005,25(6):5-7.
- [2] 欧阳正柱,何克忠.GPS 在智能移动机器人中的应用[J].微计算机信息,2001,17(11):56-58.
- [3] 孟祥荔,曹作良.基于 GPS 的移动机器人多传感器定位信息融合[J].天津理工大学学报,2006.12(6):47-49.
- [4] 陈则王,袁信.一种实用的 GPSP 电子地图坐标转换算法[J].南昌航空工业学院学报(自然科学版),2003,17(1):72-76.
- [5] <http://www.MobileRobots.com>.
- [6] 褚永海,田福娟,马晶.局部坐标转换与应用[J].湖北水利水电职业技术学院学报,2006.2(1):42-47.
- [7] Pazderski.D.;Dutkiewicz.P Low-cost GPS receivers in navigation of mobile robots [A].Robot Motion and Control,2002. RoMoCo'02.Proceedings of the Third International Workshop on .2002 119- 122.

【上接第 71 页】

动调节定位,解决了护理床的自动控制问题,满足了受护理人对多种体位的要求,验证了本系统控制方案的实用性和可靠性。具有一定的编程研究参考价值及工程实际应用价值。

当然,如何实现智能型的全自动护理床,即需要将生活辅助模块(多功能板、物料储存系统、辅助解便和污物处理模块)、医疗辅助功能模块(生理体征参数检测、康复功能)、室内其它设备无线控制模块、报警与监测模块、娱乐模块等模块化设计,进一步增强系统的综合控制功能,提高了运行的稳定性和可靠性,也是以后多功能护理床需要克服和发展的方向。同时需要进一步开发护理床与轮椅的转接的多功能产品,结合机电行业的快速发展实现传动部件的轻柔和低能耗。

参考文献:

- [1] 张振坤,等.DKC21 型多功能康复病床[J].山西护理杂志,

1994,8 (6).

- [2] 邹焱飏,谢存禧.基于家庭的远程健康监护系统进展[J].计算机工程与应用,2005 (10).
- [3] 郭丽彬,等.家庭病床前景广阔[J].现代康复,1997,1(6).
- [4] 康晓东,甄向明,冯军.新型自动病床的研制[J].医疗装备,1999,12(1).
- [5] 李丽娜,柳洪义,罗忠.语音控制电磁阀试验系统自动夹具的设计与实现[J].控制与检测,2007(3):44-47.
- [6] 张铁,谢存禧,周惠强,熊伟.一种机器人化的多功能护理床及其控制系统[J].华南理工大学学报(自然科学版)[J].2006,34(2):47-51.
- [7] 周慧强,谢存禧,张铁,熊伟.机器人化多功能护理床实用双机系统的设计及实现[J].机床与液压,2006,6:33-36.
- [8] 江豪,王威,刘永平.多功能护理床的研究与开发[J].微计算机信息,2006,22(2):117-119.
- [9] 刘守操,等.可编程序控制器技术与应用[M].机械工业出版社,2006.8.
- [10] 张建民.机电一体化系统设计(第三版)[M].机械工业出版社,2007.7.