

文章编号:1001-9081(2005)12-2938-02

组件式软件 GPS 接收机的研究与设计

龚国辉,李思昆

(国防科技大学 计算机学院,湖南 长沙 410073)

(hawknudt@hnmcc.com)

摘要:设计了面向嵌入式系统易于集成的组件式软件 GPS 接收机,有三种工作模式:自主式、快照式和辅助式,根据应用环境的变化,该接收机灵活切换工作模式,可在占用寄主 CPU 时间很少和功耗很低的情况下提供稳定的定位信息。现场测试结果表明,该组件式软件 GPS 接收机具有可靠的稳定性和较好的定位精度,可以满足物流运输和车辆监控的需要。

关键词:GPS;软件 GPS;定位组件;嵌入式系统

中图分类号:TP39 **文献标识码:**A

Research and design of software GPS positioning component

GONG Guo-hui, LI Si-kun

(School of Computer Science, National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073, China)

Abstract: A software GPS positioning receiver which can be easily integrated into embedded system was designed. The receiver has three work modes: autonomous, snapshot and assisted. According to the availability of GPS signals, the receiver changes work mode neatly, so as to offer steady position information with low power consumption and low CPU burden. Field tests were done, and the results indicated the good performance of the positioning receiver.

Key words: GPS; software GPS; positioning component; embedded system

0 引言

现有在移动设备加入 GPS 定位功能的方法主要有两种:一是直接购买 GPS 接收机模块,加装在移动设备中,实现定位功能;另一种就是购买带定位功能的移动通信模块,利用移动通信服务商提供的定位业务解决问题。

但是,上述两种方法都存在一些问题。如果直接购买 GPS 接收机模块,加装在移动设备中,则有成本问题、小型化问题、功耗问题、定位灵敏度问题等难以解决。而购买带定位功能的移动通信模块,利用移动通信服务商提供的定位业务来进行定位,同样面临成本问题、小型化问题和功耗问题,而且,由于移动通信服务商提供的定位业务大多是有偿服务,服务费也是个不可忽视的问题。

本文设计了面向嵌入式系统的组件式软件 GPS 接收机。该接收机硬件部分体积小、成本低,软件部分则相当于实时嵌入式操作系统中一个高优先级任务加上少量驱动程序,软件移植工作量小,故能以较低成本和较小体积集成到各种移动设备的嵌入式系统中。该接收机采用了自主式定位技术^[2]、快照式定位技术^[3]和辅助式定位技术^[4,5]相结合的方法:在 GPS 卫星信号较好的环境下利用自主定位模式更新导航电文和校正接收机时钟,其他时候则利用快照定位模式提高定位灵敏度和降低系统功耗,而在卫星信号被长期遮蔽使得自主定位模式无法正常工作的情况下则采样辅助定位方式以获取导航电文和校正接收机时钟,有效地提高了接收机的综合性能。现场测试结果表明:在卫星信号无遮蔽的环境下,该接收机定位成功率为 100%,水平定位精度为 15m(95%);而在卫星信号遮蔽较严重的环境下,如高楼较多的街区,在传统的

GPS 接收机不能定位时,本文接收机的定位成功率依然达到 99.5%的,水平定位精度也达到了 30m(95%)。因此,本文接收机可以满足汽车防盗、物流运输等应用的需求。

该接收机对寄主嵌入式系统硬件配置的基本要求是:处理能力为 200MIPS 的 32 位嵌入式微处理器、一个预留的外部 DMA 接口、一个预留的片选信号、256kB 预留的 RAM 空间和 32kB 预留的 FLASH 空间。从硬件配置要求可以看出,该接收机可以集成到大多数的中高档嵌入式系统中,适用性很强。

1 三种不同工作模式的特点

组件式软件 GPS 接收机的三种工作模式各有其优缺点,本文将三种工作模式结合起来的目的是利用各自的优点来弥补缺点,以期达到最优的综合性能。

自主工作模式实际上就是传统 GPS 接收机的软件版,在这种工作模式下,接收机实时接收、处理 GPS 卫星信号,连续输出定位结果,并可提供 GPS 卫星星历数据。不过这种工作模式的灵敏度相对较低,在 GPS 卫星信号受到一定程度遮蔽的情况下不能正常工作;同时,由于这种工作模式需要不间断地接收和处理卫星信号,所以将占用很多寄主 CPU 时间,并引入较大的功耗。

快照工作模式下,接收机只有在定位请求到达时才采集 GPS 卫星信号样本数据,然后通过数字信号处理算法计算 GPS 卫星信号的 C/A 码相位,最后结合自主工作模式下收集的定位辅助信息确定接收机位置。这种工作模式的特点是接收机的软硬件大部分时间都处于休眠状态,只有在定位请求到达时才转入全速工作状态,因此极大地减少了寄主 CPU 时间的占有率,有效地降低了功耗。而且,在这种模式下,采集

收稿日期:2005-06-12;修订日期:2005-09-02 基金项目:国家 863 计划资助项目(2002AA1Z1480)

作者简介:龚国辉(1975-),男,湖南常德人,博士研究生,主要研究方向:嵌入式系统软硬件协同设计;李思昆(1941-),男,山东青岛人,教授,博士生导师,主要研究方向:VLSI 设计方法学、分布式虚拟现实技术。

GPS 卫星信号样本数据可跨越多各 C/A 码周期,利用数字信号处理算法处理后可极大地提高卫星信号信噪比,从而极大地提高了接收机灵敏度,使得接收机具备了在 GPS 卫星信号受到遮蔽的情况下进行定位的能力。

辅助工作模式的工作原理与特点与快照方式基本一样,唯一的区别是,在这种工作模式下,接收机所需的定位辅助信息由一个定位基站通过无线数据链路提供。这种工作模式在本文的接收机上用得不多,只有在 GPS 卫星信号受到长期遮蔽以至于自主工作模式长期无法工作,因而不能获取 GPS 卫星星历等辅助数据的情况下才转入到这种工作模式。当然,在物流运输等应用中,这种情况是罕见的。

2 组件式软件 GPS 接收机设计

2.1 组件式软件 GPS 接收机硬件结构

接收机的硬件部分主要由 GPS 天线、GPS 射频电路、CPLD 及可控电源等四部分组成。图 1 所示为一个集成了该组件式软件 GPS 接收机的嵌入式系统的硬件结构,其中虚线以内的部分为组件式接收机的硬件。

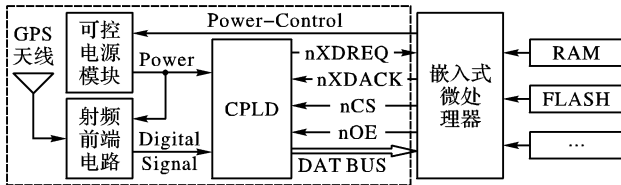


图 1 集成了组件式软件 GPS 接收机的嵌入式系统硬件结构

其中,射频电路负责将 GPS 卫星射频信号转换成两位数字中频信号(Sign 位和 Mag 位),交给 CPLD 处理。CPLD 将两位数字中频信号组合成 32 位并行数据后以 DMA 的方式上传给嵌入式微处理器。可控电源模块在嵌入式微处理器的控制下给 GPS 天线、GPS 射频电路和 CPLD 提供可灵活开关的电源。

为了提高数据传输速率和降低软件设计的复杂度,CPLD 中数据输出缓冲器通过片选信号(nCS)、输出使能信号(nOE)和数据总线(DAT_BUS)直接映射到嵌入式微处理器的内部存储空间,数据传输在外部 DMA 请求信号(nXDREQ)和外部 DMA 请求应答信号(nXDACK)的指示下发起和进行。

从图 1 可以看出,该组件式软件 GPS 接收机的硬件部分很简单,可以很容易地集成到嵌入式系统中。而且,这些硬件的成本和体积也是很低的。

2.2 组件式软件 GPS 接收机总体工作流程

组件式软件 GPS 接收机的软件由一个相当于实时嵌入式操作系统中的高优先级任务的应用程序外加少量的硬件驱动程序构成,而且都由 C++ 语言实现,因此可以很容易地移植到各种实时嵌入式操作系统中。该组件式软件 GPS 接收机的总体工作流程如图 2 所示。

接收机开始工作后,首先进入自主工作方式,接收可见卫星的导航电文并校正本机时钟。若接收机在近一周以内均未开机工作,则此过程须持续约 15min,以便同时更新导航电文粗历(Almanac,有效期约 1 周)数据和精历(Ephemeris,有效期约 4h)数据,并以 1Hz 的频率连续输出定位结果;若已知粗历和接收机概略位置,则最多需要持续 2min 来更新导航电文精历并校正本机时钟。由于导航电文精历的有效期约 4h,故导航电文更新周期可设为 2h~4h,其间在快照方式下工作。

但是,由于本机时钟存在偏差,所以最初 3~4 次导航电

文更新时间间隔可设为 30 分钟,以掌握本机时钟偏差的变化规律,这样就可以在不更新导航电文的情况下校正本机时钟,保证其间本机时钟精确度。需要指出的是,在快照工作方式下,本机时钟只是计算 GPS 卫星位置的参考时间,误差在 10 毫秒以内不会对定位精度产生明显影响。

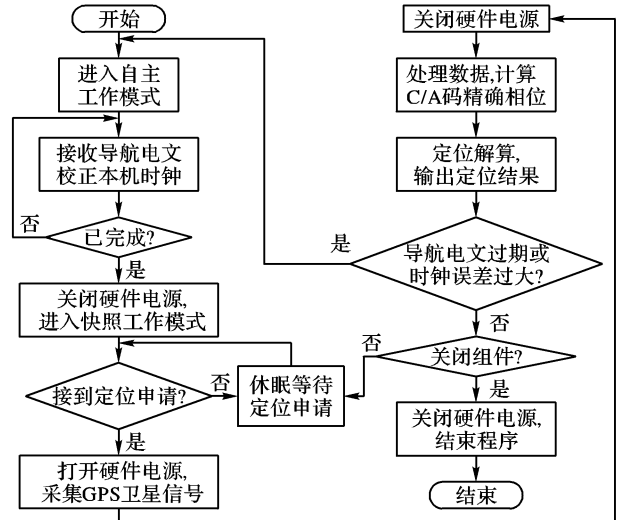


图 2 组件式软件 GPS 接收机工作流程

文更新接收(更新)完毕后,接收机进入快照工作方式,关闭硬件电源,软件部分也进入休眠状态,等待定位请求。当有定位请求到达时,接收机迅速打开硬件电源,采集数据样本,处理数据以求取可见卫星的 C/A 码精确相位,进行定位计算并输出定位结果,然后重新进入休眠状态等待定位请求。快照方式下进行一次定位测量约需 3 秒钟时间。通过上述工作流程可以看出,该组件式软件 GPS 接收机大部分时间内处于快照工作模式,从而使接收机的功耗和寄主 CPU 时间的占用率得到了有效的控制,同时也使得该接收机具有很高的灵敏度。

当然,在 GPS 卫星信号受到长期遮蔽以至于自主工作模式长期无法工作,因而不能获取 GPS 卫星星历等辅助信息的情况下,需要转入辅助模式工作从远程基站获取相关数据。由于在物流运输等应用中,这种情况比较少见,所以在图 2 中没有表示出来。

3 现场测试结果及分析

为了进行现场测试,建立了一个集成了该组件式软件 GPS 接收机组件的嵌入式系统,寄主 CPU 采样韩国三星公司生产的基于 ARM920T 内核的 32 位嵌入式微处理器 S3C2410X,嵌入式操作系统采用的是 $\mu\text{C}/\text{OS-II V2.52}$,硬件部分的实现方案基本与图 1 一致。选择了两个有代表性的地点作为现场测试场所,一个地点是开阔无遮蔽的操场,另一个地点是两边均有六层以上高楼的街道边上,这两点的精确经纬度位置均预先获知。为了进行对比实验,还用 GPS OEM 板组装了一个传统的 GPS 接收机,采样了模块是 Motorola 的 M12。

在开阔无遮蔽的操场上的测试结果如图 3 所示,图中散点为各次测试的水平定位误差。统计结果表明,在 GPS 卫星信号无遮蔽的情况下,本文的组件式软件 GPS 接收机定位成功率为 100%,水平定位精度也达到了 15 米(95%)。与传统的 GPS 接收机相比,定位成功率相同,水平定位精度也很接

(下转第 2942 页)

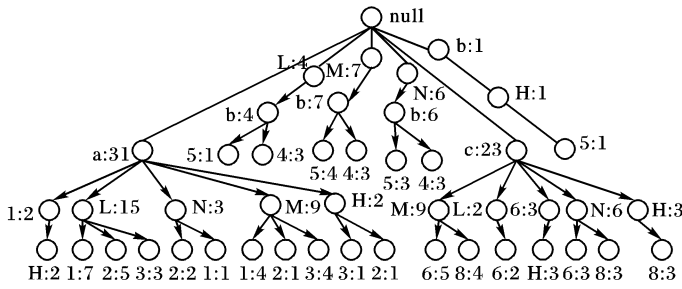


图1 FP-tree

本文基于以下两种模式进行数据挖掘,找出有价值的关联规则,并按照两种模式进行分类,分类结果如下:

1) 市场对某产品的反应

Confidence(1 => L) = 46.7%

Confidence(2 => L) = 41.7%

Confidence(3 => M) = 40%

Confidence(a => 1) = 46.4%

2) 市场对某产品系列的反应

Confidence(L => a) = 68.1%

Confidence(H => c) = 69.2%

Confidence(b => N) = 42.9%

从这些关联规则中,总结出以下知识:

1) 延时龙头产品系列中,产品1的查阅频率最高,产品1和产品2的感兴趣度水平是L,产品3的感兴趣度水平为M。

2) 在感兴趣度水平为L的所有产品中,延时龙头产品占了很大部分;而在感兴趣度为水平为H的所有事务中,感应龙头产品以为主。

3) 对恒温龙头产品系列,感兴趣度水平仅为N。

4 结语

本文采用一个提供了3D模型展示平台的Web服务器日志,将其进行扩展作为数据仓库的数据源,并在此基础上用FP-growth方法进行关联分析的规则发现。此外,在数值属性离散化时,还可以进一步考虑操作对象的复杂度,增加权重的思想,使数据分组更加具有合理性。

参考文献:

[1] 张锋, 常会友. Web使用挖掘系统研制中的主要问题和应对策略[J]. 计算机科学, 2003, 30: (6).

[2] SWEIGER M, MADSEN MR, LANGSTON J, 等. 点击流数据仓库[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

[3] 冯志新, 钟诚. 基于FP-tree的最大频繁模式挖掘算法[J]. 计算机工程, 2004, 30(11).

[4] COOLEY R, MOBASHER B, SRIVASTAVA J. Grouping Web page references into transactions for mining world wide Web browsing pattern[A]. Knowledge and Data Engineering Workshop[C]. Newport Beach, CA; IEEE, 1997. 2-9.

[5] (德)巴斯蒂安. Data Warehousing and Data Mining[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.

(上接第2939页)

近,传统的GPS接收机的水平定位精度约为12米(95%)。

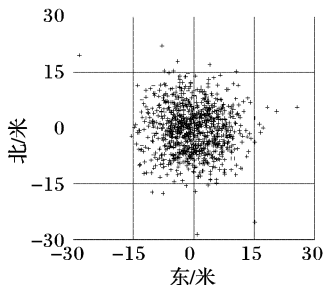


图3 无遮蔽的操场上的现场测试结果

在GPS卫星信号受到遮蔽的街道边上的现场测试结果如图4所示。在这种环境下,传统的GPS接收机大部分时间都只能捕获到两颗GPS卫星的信号,导致输出的定位结果长期没有变化。而本文的组件式软件GPS接收机平均可以检测到六颗GPS卫星的信号,定位成功率达到了约99.5%,水平定位精度也达到了30米(95%)。

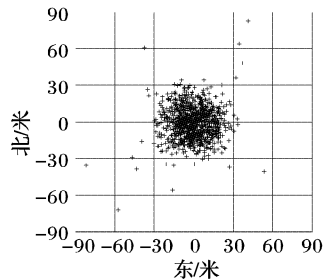


图4 有遮蔽的街道边上的现场测试结果

从以上现场测试结果可以看出,本文的组件式软件GPS接收机与传统的GPS接收机相比,具有更好的稳定性和更高

灵敏度;特别是在GPS卫星信号受到遮蔽使得传统的GPS接收机无法定位的情况下,本文的组件式软件GPS接收机仍然能够正常工作,对扩大GPS的应用领域有重要意义。

4 结语

本文设计了一个面向嵌入式系统、易于集成的组件式软件GPS接收机,通过自主定位方式、快照定位方式和辅助定位方式的有机结合,具有传统GPS接收机所没有的优秀的综合性能,即高稳定度、高灵敏度、低功耗和可观的定位精度。同时,它还具有寄主CPU时间占用率低的特点,且软硬件移植都很方便,因而是将定位功能集成到各种移动设备中的高效率低成本方案。

参考文献:

[1] KAPLAN ED. Understanding GPS: Principles and Applications[M]. Boston: Artech House Publishers, 1996.

[2] JAMES BAO-YEN TSUI. Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach[M]. New York: Wiley Inter-Science, 2000.

[3] MOEGLEIN, KRASNER. An Introduction to Snaptrack Server-Aided GPS[A]. Proceedings of the Institute of Navigation conference, ION-GPS 1998[C]. 1998.

[4] FENG SJ, CHOI LOOK LAW. Assisted GPS and Its Impact on Navigation in Intelligent Transportation Systems[A]. Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems[C]. 2002. 926-931.

[5] DJUKNIC GM, RICHTON RE. Geolocation and Assisted GPS[J]. IEEE Computer, 2001, 34(2): 123-125.