

基于北斗/RFID统一时空基准的系统设计*

潘 礁 叶芝慧 冯 奇

(南京大学电子科学与工程学院 南京 210023)

摘要: 信息社会,人们对基于位置服务的需求日益突出。通过分析比较不同的室内外定位技术,设计并实现了一种能够提供时间、空间和对象标识信息的定位系统。系统设计综合运用了 GNSS、传感技术、无线通信技术和数据挖掘与处理技术,使用了北斗导航定位和 RFID 联合方式实现位置信息和时间信息的获取。系统包含了两大部分:一是系统的服务平台端;二是实现位置服务和多模通信功能的客户端。系统利用客户端采集位置信息、时间信息和本身的标识信息,由服务平台端根据需要进行综合处理。系统位置服务和时间服务信息精确,通信可靠性高,能够为行业和公众用户提供统一的时空信息服务。

关键词: RFID;北斗卫星定位系统;位置服务

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.50 510.80

Design of unified space-time reference based on Beidou/RFID system

Pan Jiao Ye Zhihui Feng Qi

(School of Electronic Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: With the development of information society, the demand for location-based services becomes outstanding. With the analysis and comparison of different indoor and outdoor positioning technology, a system combining location-based Beidou, communication and timing of the three functions and RFID indoor positioning technology is designed. The system is the integrated use of the Beidou satellite system, sensor technology, wireless communication technology, data mining and processing technology. The system uses a joint approach of the Beidou satellite systems and RFID technology to obtain location information and time information. The system mainly consists of two parts, the system-side service platform and the implementation of positioning and multimode communication client. The System uses the client to collect position, time information and their own identifier information, and processes the information by the platform-side as needed. The system can provide a unified space and time information service for the public with a precise location information service, time information services and high communication reliability.

Keywords: RFID; Beidou navigation satellite system; location based service

1 引 言

随着科技的迅猛发展,一方面以全球导航卫星系统(GNSS)为中心的应用在各个行业表现出了强劲的增长趋势^[1]。位置服务产业是带动 GNSS 产业发展的主要动力之一。另一方面城镇化进程的不断加快,大型建筑的日益增多,人们 80% 以上的时间处于室内环境。公共安全、生产安全、应急救援、互联网、大型场馆管理和智慧城市建设等领域都需要准确的室外和室内定位信息。充分发挥北斗的自主优势,设计一种基于北斗和 RFID 的统一空间位置、时间和对象的综合系统,对于形成我国的导航与位置服务综

合体系,建设智慧城市有十分重要的意义。

就室外定位技术而言, GPS、北斗、GLONASS 等卫星定位系统^[2-4]都比较成熟,其中北斗系统是我国自主研发的卫星定位系统。就室内定位而言,有 WIFI、Bluetooth、UWB、RFID 和超声波等短距离无线定位技术。其中 RFID 定位技术^[5-7]以其低成本、定位精确等优点,应用前景较为广泛。

虽然室内外定位技术比较成熟,但是缺乏一种完整的通信系统能综合室内、室外和时间三要素。本系统鉴于对定位和通信的实时性、安全性、稳定性和准确性考虑,采用

收稿日期:2015-03

* 基金项目:国家海洋公益重大专项(201205035)、国家建设高水平大学公派研究生(201406190083)、江苏省研究生培养创新工程(KYLX-0044)项目

基于北斗提供的时间和空间基础信息,集成 RFID 的室内定位技术,实现一种统一时间、空间和对象的综合信息通信服务系统。

2 系统架构

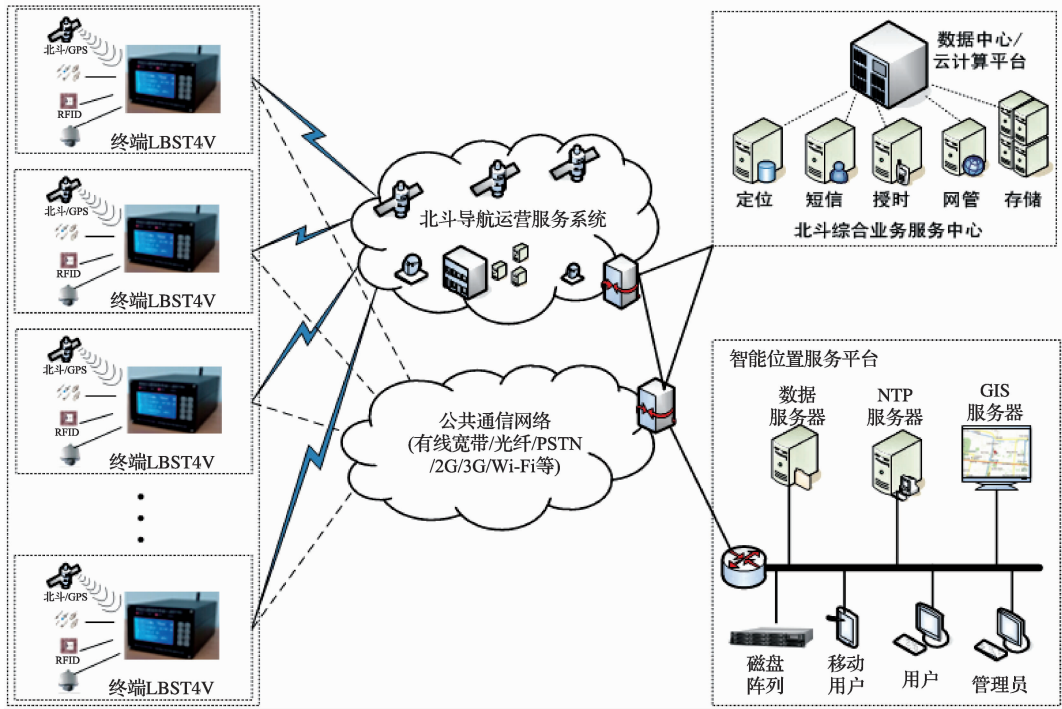


图 1 系统结构

系统以位置、通信、时间作为服务属性,可以分为 4 大部分:

1)位置服务。室外采用以北斗卫星系统为核心的北斗定位技术。室内定位采用 RFID 定位技术,移动终端自带 RFID 标签阅读功能,通过识别 RFID 标签并配合智能位置服务平台获得位置信息。

2)通信服务。采用 GPRS 移动网络、北斗一代短报文通信等方式实现智能位置服务终端和智能位置服务平台之间的双向通信,同时可以扩展实现移动终端之间的双向通信功能。

3)时间服务。利用北斗高精度时钟信号源作为系统时间基准,从而保证系统的时间同步。

4)位置服务平台。利用终端、传输网络与智能位置服务平台相结合的方式,实现实时轨迹跟踪、历史轨迹查询、室内外连续定位、终端之间和终端与服务平台的双向通信等功能。

2.1 位置服务

多源时空信息汇聚,需要采集和汇聚多源时空信息。这包括位置信息、时间信息、对象信息和其他各种行业应用传感器提供的数据库信息等。就智能位置服务而言,位置

本系统设计主要分为智能位置通信终端和智能位置服务平台,其中智能位置服务终端包含了北斗定位二代模块、北斗一代通信模块、GSM 通信模块、嵌入式 CPU 处理模块和 RFID 标签阅读器,系统结构如图 1 所示。

信息属于基础信息元。系统的室外位置信息获取是利用卫星定位技术,而卫星定位的精度影响着位置信息服务的质量。

设用户的三维坐标为 (x_u, y_u, z_u) , 第 j 颗卫星的位置为 (x_j, y_j, z_j) , 接收机到卫星的距离为 ρ_j , 那么有:

$$\rho_j = \sqrt{(x_j - x_u)^2 + (y_j - y_u)^2 + (z_j - z_u)^2} \quad (1)$$

上式中有 4 个未知数,则至少需要 4 个这样的方程联立才可以求解,即接收机至少观测到 4 颗卫星的位置才可以解算出自身的位置。

研究发现,4 颗卫星的在空间中的集合位置(GDOP 因子)对接收机的定位精度有重要影响。设 c 为光速, t_n 为时钟偏差值,假设利用 n 颗卫星解算出的用户位置和时钟偏差的误差向量 $dx = [dx \quad dy \quad dz - ct_n]^T$, 伪距误差向量 $d\rho = [d\rho_1 \quad d\rho_2, \dots, d\rho_n]^T, (n \geq 4)$, 它们的关系如下:

$$d\rho = A^- dx \quad (2)$$

设 $A = [Q_1 Q_2, \dots, Q_n]^T, Q_i = [l, m, n, 1]^T$ 是用户到第 i 颗卫星方向的余弦向量。定义 $A^- = (A^T A)^{-1} A^T$ 为矩阵 A 的伪逆。则定位误差的方差为:

$$\text{cov}(dx) = Q [dx dx^T] = Q [A^- (d\rho d\rho^T) (A^-)^T] = A^- \text{cov}(d\rho) (A^-)^T \quad (3)$$

假设式中 $d\rho$ 各分量独立分布,方差为 σ_0^2 ,则 $\text{cov}(d\rho) = \gamma_n \sigma_0^2 \mathbf{I}_n$, \mathbf{I}_n 为 n 阶单位阵。则代入式(3)有:

$$\text{cov}(dx) = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{I}_n \sigma_0^2 (\mathbf{A}^{-1})^T = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \sigma_0^2 = \sigma_0^2 \cdot \mathbf{C} \quad (4)$$

式中: $\mathbf{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} \end{bmatrix}$ 。将 GDOP 定义为:

$$GDOP = \frac{\sigma_{dx}}{\sigma_{dp}} = \frac{\sqrt{\sigma_{x_s}^2 + \sigma_{y_s}^2 + \sigma_{z_s}^2 + \sigma_{\alpha_s}^2}}{\sigma_{dp}} = \frac{\sqrt{c_{11} + c_{22} + c_{33} + c_{44}} \cdot \sigma_0}{\sigma_0} = \sqrt{\text{tr}(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1}} \quad (5)$$

由式(5)知, GDOP 是测量误差到位置解算误差的集合放大因子, GDOP 的值只与卫星的几何位置有关。用于解算用户位置的四颗卫星的几何位置影响着用户定位的精度。因此,合理选择用于解算用户位置的卫星可以提高定位精度。

定位技术主要分为 3 类:卫星定位技术、基于网络的定位技术和感知定位技术。基于网络的定位技术是指利用网络基站等基础设施对移动对象进行定位。感知定位技术是指在指定空间部署传感器,当移动对象进入传感器的检测区域时,则能判定该对象的位置。典型代表是无线射频识别(RFID)技术,如图 2 所示。

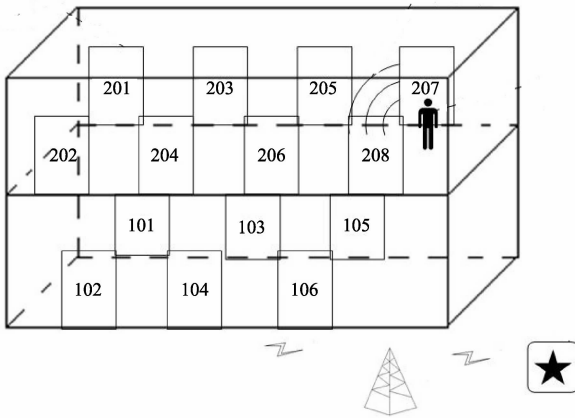


图 2 RFID 定位方案示意

图 2 中,终端在布置好的空间中移动,阅读器会把读取到的标签信息通过 GPRS 网络传送到服务端,服务端根据标签信息查找数据库,来得到移动终端的位置信息。

综合利用卫星定位技术和无线射频识别技术,可以避免城市、峡谷和室内定位等复杂环境中信号衰减、干扰和遮挡等因素造成的卫星信号失效问题,从而采集可靠的位置信息。

2.2 通信服务

目前大量位置服务应用数据的传输主要依靠成熟的

地面通信网络,适用于室内或中短距离通信的场所。地面通信网络具有覆盖范围广、接入方便、传输效率高和成本低等优点。但是无论是有线还是无线通信网络同样受限于地域限制、覆盖范围、网络设施脆弱等问题,难以满足系统对通信的要求。

与地面通信网络不同,卫星通信能够提供广袤区域的通信覆盖,特别适用于地面通信方式无法应对的特殊场景。目前包括铱星(Iridium)和国际海事卫星(Inmarsat)在内的卫星通信系统都能够提供卫星移动通信业务。而需要指出的是,我国自主研发的北斗卫星定位系统同时兼具定位和通信功能,能够实现 120 个汉字的短消息传输。

综合考虑传输的可靠、移动和网络覆盖等因素,采用地面通信网络和卫星通信网络相结合的方式,即使用地面移动网络的 GPRS 网络和北斗通信互补的通信方式,来满足移动终端的无缝覆盖的要求,如图 3 所示。

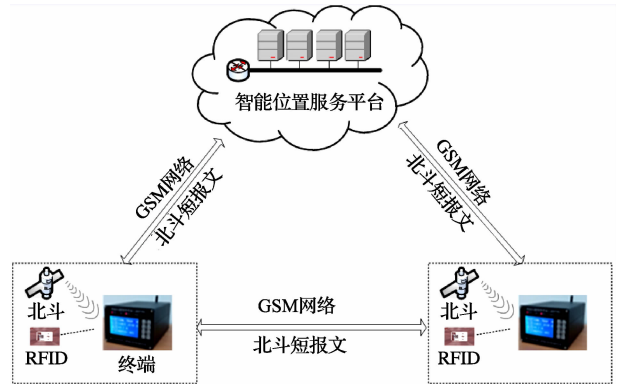


图 3 多模通信示意

2.3 时间服务

授时功能直接影响着定位导航功能的测量精度,其重要性不言而喻。本模块可以独立接收北斗卫星信号并依据输入的位置信息完成授时功能。授时精度小于 100 ns。系统服务端接收北斗的 UTC 时间信息,配置为 NTP 时间服务器^[8],作为整个智能位置平台的时间基准。图 4 为时间信息获取和时间服务器应用的示意图。



图 4 时间服务器运行界面

3 系统实现

方案使用集成化模块设计,主要有以下模块:嵌入式处理器 STM32^[9]、电源模块、北斗模块、GPRS 通信模块^[10-11]、RFID 读写器模块及显示模块等。其中嵌入式处理器模块为核心模块,由其控制北斗、GPRS、RFID 阅读器模块工作。电源模块为不同模块提供不同的工作电压。北斗模块实现终端的室外定位,RFID 模块实现终端的室内定位,GPRS 模块实现终端和服务器端的数据通信。显示模块实时显示终端的位置信息、服务端的消息和 UTC 时间等。硬件结构设计框图如图 5 所示。

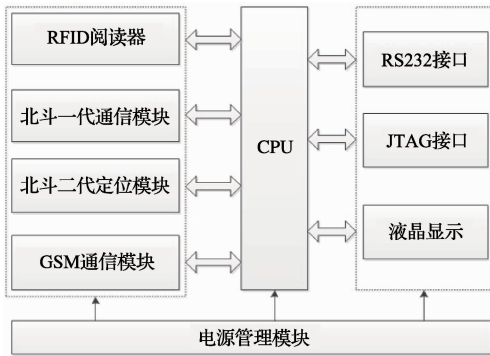


图 5 硬件结构

系统采用 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103ZET6 作为嵌入式 CPU,该处理器具有最高 72 MHz 主频、256 KB 的 SRAM,具有 144 个引脚,5 个通用串口。该 CPU 模块低功耗,中断响应快,扩展丰富。

3.1 软件设计

软件设计主要分为两部分,其中终端采集到的位置信息和自己的设备标识通过 GPRS 和北斗一代上传至服务端,服务端对接收到的信息进行综合处理。服务端程序采用 MVC 设计模式,程序运行稳定,为其他用户提供可扩展接口。

软件设计充分使用了嵌入式 CPU 的 USART 通信接口、快速响应的中断和精确的定时器等。系统流程图如图 6 所示。

3.2 通信服务模块实现

系统通信服务模块包括北斗通信模块和 GPRS 通信模块两部分。

1) 北斗通信模块

TM8450 模块的 RDSS 单元可以实现北斗短报文功能,北斗卫星短报文服务属于授权服务,民用通信中每条

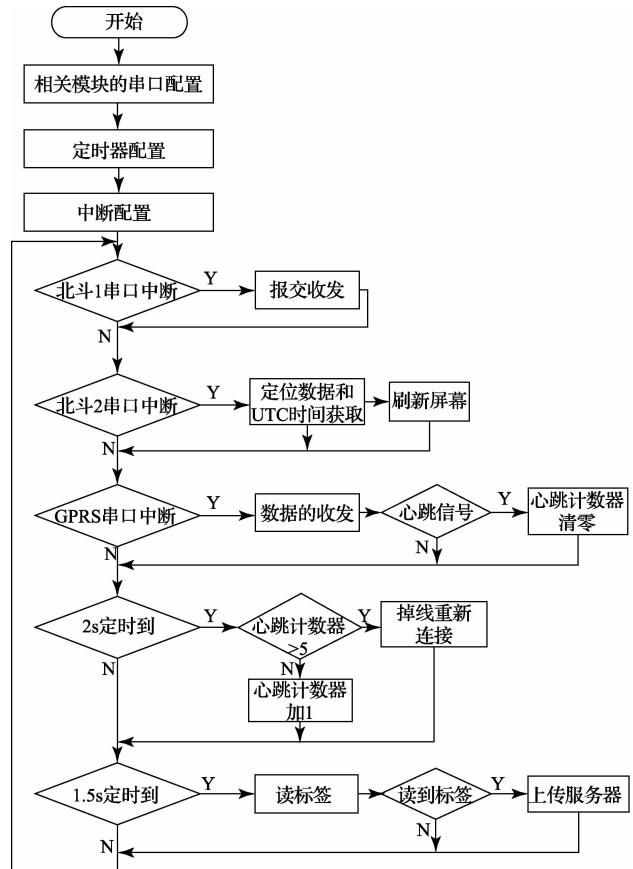


图 6 系统终端流程

短报文信息最大容量为 44 个汉字或 157 个 16 进制数。可实现“用户与用户”和“用户与中心控制系统”间的双向简短数字报文通信。短消息传输过程由以下几个步骤组成：

①短信通过专用的“北斗卫星地基终端”上传到北斗卫星；

②北斗卫星接收到上传短信后,再向地面的“北斗卫星地面运营服务平台”或“北斗卫星通信中心站”转发；

③各类用户从“北斗卫星地面运营服务平台”或“北斗卫星通信中心站”获取远端站发送的短信信息。

2) GPRS 通信模块

GPRS 模块承担着终端之间与终端和服务器之间的通信任务,对可靠性和有效性要求很高。要求该模块采用简便封装、体积小、功耗低、通信质量高。系统采用了 SIM900A 型号的芯片,芯片待机模式下工作电流低于 18 mA,睡眠模式下低于 1.5 mA,同时采用了 ARM 架构,工作效率高。图 7 是基于该芯片的设计电路。

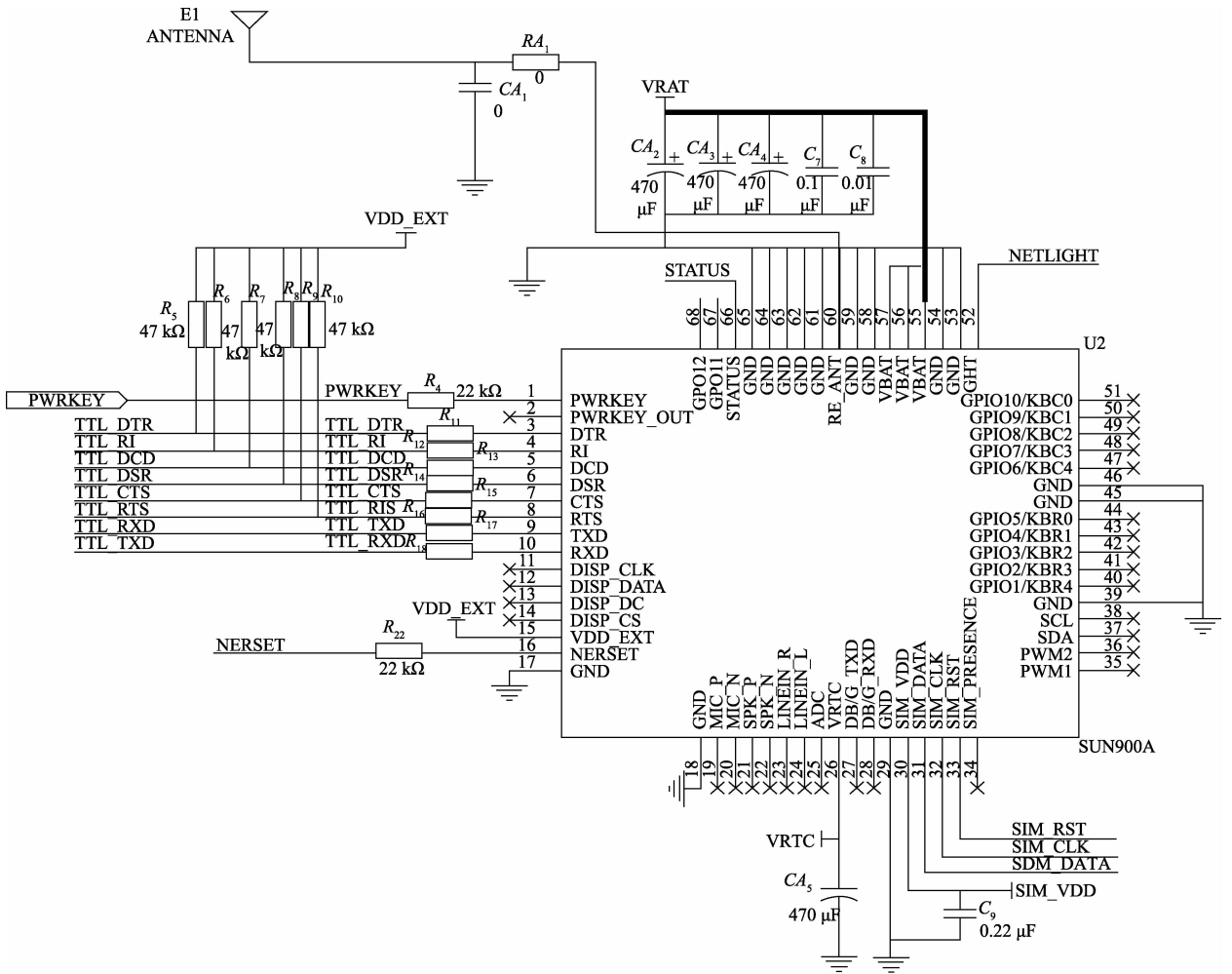


图 7 GPRS 模块设计电路原理

3.3 位置服务模块实现

系统位置服务模块包括室外位置服务模块和室内位置服务模块两部分。室外位置服务模块接收来自卫星定位的位置信息;室内位置服务模块接收陆地无线定位的位置信息。

1) 室外位置服务模块

采用 TM8540 北斗模块,具有芯片集成度高,功耗低,兼容北斗一代、二代和 GPS 定位导航信号的特点。内置低噪放大器(LNA),可以直接连接无源天线,接收信号灵敏度为 -127 dBm,热启动时间小于 2 s,定位输出速率为 1 Hz。在定位精度方面,其水平、垂直及速度精度分别为 5 m/s、 10 m/s和 0.1 m/s。同时该模块具有较高的可靠性,适合不同环境中使用。

2) 室内位置服务模块

室内定位采用在固定场所贴 RFID 标签,然后将每个

标签的位置存入数据库,服务端根据移动终端读取到的标签信息,通过查找数据库来获得移动终端的位置信息。终端上面集成了 RFID 阅读器,考虑到经济因素,系统采用无源电子标签。终端采用以 AS3992 为核心的 UHF RFID 读写器,该读写器具有读取距离远、速度快、兼容 6B 和 6C 协议等优点。

3.4 时间服务模块

系统统一采用北斗卫星时钟来保障系统时间的统一。北斗二代 TM8540 模块,该模块通过串口每秒钟输出一组 NMEA 语句报文,在该报文中封装了北斗卫星系统的 UTC 时间。

4 系统测试结果

基于上述设计,对系统进行了主要功能测试,系统实物如图 8 所示。



图 8 系统终端实物

首先将终端置于室外,终端开机后,通过 GPRS 网络与服务平台建立 TCP 连接。终端的定位数据通过 GPRS 和北斗两种方式发往服务端,终端也同样通过 GPRS 和北斗一代两种方式来与服务端进行短消息传输。

在室外环境下,将定位数据通过 GPRS 发往上位机进行处理。测量结果显示,终端室外定位均方误差 < 10 m,定位效果较好。测试效果如图 9 所示。

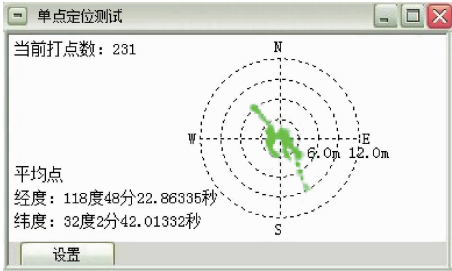


图 9 终端室外定位测试

然后,将终端放置于室内,这时候卫星信号失效,终端切换为室内定位。从测试结果分析来看,室内定位精度取决于标签布局密度,在图中标签布局密度一般的情况下,定位精度 < 5m。图 10 为室内测试平面图。

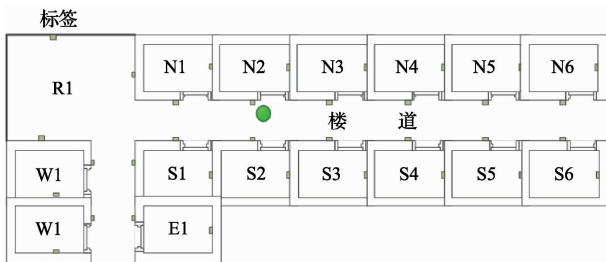


图 10 室内定位测试平面

通信测试主要测试的是北斗一代短报文通信,分别在 4 个不同环境下测试了点对点的通信情况,北斗短报文通信测试统计如表 1 所示。

表 1 北斗短报文通信测试

	发送次数	接收次数	通信成功率(%)
第 1 次	200	199	99.5
第 2 次	200	200	100
第 3 次	200	199	99.5
第 4 次	200	197	98.5

从表中可以看出,北斗短报文通信成功率高,稳定性好。

5 结 论

设计了一种基于北斗的定位、通信和授时三大功能和 RFID 室内定位技术的统一时间、空间和对对象标识信息的系统。该系统综合运用北斗卫星、传感技术、无线通信技术和数据挖掘与处理技术,采用北斗卫星系统和 RFID 联合方式实现位置信息和时间信息的获取。系统由多模通信、位置服务和智能位置服务平台构成,将位置、时间和对象的作为信息元,为行业和公众用户提供统一的时空信息服务。实验结果表明,智能位置服务终端授时精确,通信可靠,标识正确,实现了位置,时间和对象的统一。

参考文献

- [1] 彭宇,王丹. 无线传感器网络定位技术综述[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(5):389-399.
- [2] 王杰华. 国外卫星导航增强系统最新进展研究[J]. 中国航天,2011(9):20-23.
- [3] 刘经南,于兴旺,张小红. 基于格论的 GNSS 模糊度解算[J]. 测绘学报,2012(5):636-645.
- [4] 凌涛. 基于 UWB 技术的卫星定位系统研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2012.
- [5] NI L M, LIU Y, LAU Y C, et al. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID [J]. Wireless Networks, 2004, 10(6): 701-710.
- [6] 张颖,苗全利. 一种基于 RFID 技术的定位算法实现[J]. 中国科技信息,2011,11:117-118.
- [7] WILSON P, PRASHANTH D, AGHAJAN H. Utilizing RFID signaling scheme for localization of stationary objects and speed estimation of mobile objects[C]. IEEE International Conference on RFID, 2007. IEEE, 2007: 94-99.
- [8] 孙磊. 基于 ARM/GNSS 的分布式 NTP 精确授时服务器设计与应用[D]. 济南:山东大学,2009.
- [9] 孙书鹰,陈志佳. 新一代嵌入式微处理器 STM32F103 开发与应用[J]. 微计算机应用,2010(12):59-63.
- [10] 陈愚,吴旭光. 车辆监控系统的 GPRS 网络通信技术与实现[J]. 国外电子测量技术,2011,30(9):72-75.
- [11] 王沁,何杰. 测距误差分级的室内 TOA 定位算法[J]. 仪器仪表学报,2011,32(12):2851-2856.

作者简介

潘礁,硕士研究生。主要研究方向为卫星通信、嵌入式系统。

叶芝慧(通讯作者),教授。主要研究方向为卫星通信、认知无线电。

E-mail: yezh@nju.edu.cn

冯奇,博士研究生。主要研究方向为卫星通信、认知无线电。