

基于 GSM 的磁浮列车导向系统 远程管理和调试系统设计

石卫明^{1,2}, 赵春霞¹, 余龙华¹

(1. 国防科技大学 磁浮技术工程研究中心, 湖南 长沙 410073; 2. 中国人民解放军 95949 部队, 河北 沧州 061000)

摘要:研制了一个通过 GSM 网络对磁浮列车导向系统远程管理和调试的系统。详细介绍了该远程管理和调试系统的总体方案、主要硬件设计和软件设计。系统核心部分 GSM-Modem 采用的是 Atmega64L 单片机和中兴 MG3006 模块, 实现了语音呼叫报警, 短信息数据的发送、接收和处理; 系统管理员终端软件平台利用 VC++ 语言开发, 实现了远程状态信息的显示和远程命令的发送。

关键词:磁浮列车; 导向系统; 远程管理和调试系统; GSM; 语音呼叫; 短消息

中图分类号:TP274.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-8829(2010)08-0035-04

Remote Managing and Monitoring System for the Guidance System of Maglev Train Based on GSM

SHI Wei-ming^{1,2}, ZHAO Chun-xia¹, SHE Long-hua¹

(1. Engineering Research Center of Maglev Technology, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;

2. No. 95949 Unit of the PLA, Cangzhou 061000, China)

Abstract: A system which implements remote managing and monitoring on the guidance system of maglev train with GSM network is developed. The total system, partial hardware and software design is introduced in detail. GSM-Modem as the hard core of the system uses Atmega64L microcontroller and ZTE MG3006 module to achieve alarm by voice call, SMS data sending, receiving and processing. Terminal software platform for administrator which is developed by VC++ language, realizes the remote information to display and the remote commands to send.

Key words: maglev train; guidance system; remote managing and monitoring system; GSM; voice call; SMS

导向系统是保证高速磁浮列车平稳安全运行的关键系统之一。当磁浮列车正常运行时, 技术人员需要不定期地获取导向系统状态信息以做数据统计分析。另外, 一旦导向系统状态变量出现异常, 不在现场的技术人员就需要及时掌握这些信息, 并在被允许的情况下进行远程操作。

目前, 地面控制中心对磁浮列车的远程监控多采用无线电通信方式实现。但利用这种方式存在建设和维护费用较高、系统覆盖范围较小、有通信死区等不

足^[1]。与此同时, 基于 GSM/GPRS/CDMA 网络的无线通信系统在磁浮列车远程监控中也已经得到了应用, 这类系统与无线电通信系统相比可靠性更高、成本更低。但当前这类系统一般利用拨号建立网络连接, 存在因链路不稳定而引起数据丢失或传输中断的问题。针对上述情况, 笔者研制了基于 GSM 语音和短信息的磁浮列车导向系统远程管理和调试系统。该远程管理和调试系统同样基于 GSM 网络, 但利用短信息进行数据传输避免了拨号建立网络连接时可能出现的问题, 同时还利用语音呼叫实现了报警功能。一旦磁浮列车导向系统进入指定工作状态, 该远程管理和调试系统则利用 GSM 语音呼叫功能及时报警通知技术人员, 并利用 GSM 短消息功能实现远程数据传输。

1 远程管理和调试系统方案设计

1.1 远程管理和调试系统结构组成

收稿日期: 2009-12-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(60974128)

作者简介: 石卫明(1985—), 男, 江西乐平人, 硕士研究生, 主要研究方向为磁浮列车导向控制; 赵春霞(1981—), 女, 辽宁锦州人, 博士, 主要研究方向为磁浮列车悬浮导向控制; 余龙华(1970—), 男, 湖南邵东人, 副教授, 硕士研究生导师, 主要研究方向为磁悬浮控制。

基于 GSM 语音和短信息的磁浮列车导向系统远程管理和调试系统方案原理图如图 1 所示。

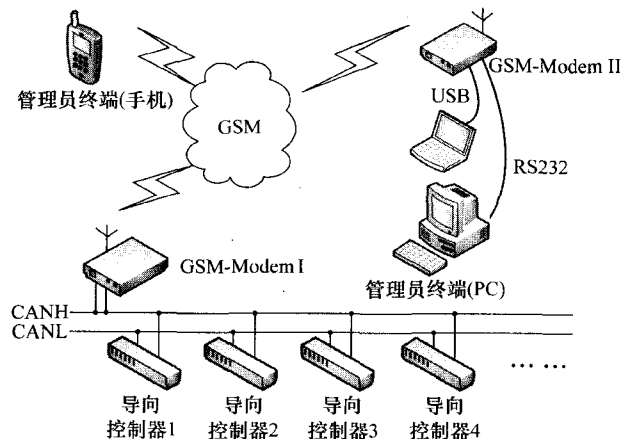


图1 导向系统的远程管理和调试系统方案原理图

该系统主要由导向控制器、CAN (controller area network) 总线通信网络、GSM-Modem I、GSM 移动通信网络、管理员终端(手机)、GSM-Modem II 和管理员终端(PC)等各部分组成。其中,磁浮列车车辆各点导向控制器通过底层 CAN 总线通信网络与 GSM-Modem I 进行通信;GSM-Modem I 通过 GSM 移动通信网络与 GSM-Modem II 和管理员终端(手机)进行通信;GSM-Modem II 通过串口 RS-232 与 PC 进行通信,若移动 PC 没有 RS232 接口还可以通过 USB 口与移动 PC 进行通信。

1.2 远程管理和调试系统工作原理

在导向系统工作时,导向控制器获得导向系统底层设备状态信息,通过车载 CAN 网将信息以报文格式广播至总线。GSM-Modem I 通过 CAN 接收中断,读取总线上的数据并作相关处理,确认并区分这些数据是否导向系统的开机信息、故障信息、正常工况信息或命令回执信息等。接着,GSM-Modem I 按照一定格式打包把简要信息发送到管理员手机,并拨打管理员手机,及时通知管理员根据简要信息内容分别做出处理。管理员挂机确认收到简要信息后,若要了解更详细信息或对导向控制器发送控制命令和设置参数,可登陆远程管理和调试系统软件平台。登陆平台后选择相关操作,GSM-Modem II 则向 GSM-Modem I 发送操作指令,GSM-Modem I 接收后按照指令完成操作,返回状态信息并在软件平台界面上显示或是对指定控制器发送控制命令和设置参数并返回命令回执信息。

1.3 GSM 语音业务和短消息业务

GSM 语音呼叫是 GSM 最基本业务之一。将已注册网络的 SIM 卡 1 插入手机并激活后,拨打 SIM 卡 2 (注册并激活)的卡号,GSM 网络核心 MSC (mobile switching center)则建立起二者的呼叫以及保持呼叫和

释放呼叫。

GSM 短消息是通过信令信道传输信息,直接把要发的信息加上信宿地址先发到短消息服务中心 SMSC,再由 SMSC 在适当的时刻转发给最终的信宿。SMSC 具有短消息的存储功能,在终端设备关机时,可以保持消息不丢失^[2]。

每条短信息最多可以包含 160 个 7 位编码数据或 140 个 8 位编码数据,或 70 个 UCS2 编码数据。其中,7 位编码用于发送普通的 ASC II 字符,8 位编码用于发送数据信息,UCS2 编码用于发送 Unicode 字符。另外,每条短信息都包含了发送方号码、接收方号码以及时间戳等信息。因此,可以依照短消息 8 位编码格式将用户数据组成数据包,并利用 GSM 网络实现数据的远程无线传输。

2 远程管理和调试系统的 GSM-Modem 硬件设计

该系统硬件平台主要由 CAN 总线通信网络,GSM-Modem I、II 和管理员终端等组成,其中需要进行硬件设计的部分有 GSM-Modem I、II。

GSM-Modem I、II 硬件电路设计基本相同,如图 2 所示,都包括 Atmega64L 单片机、中兴 MG3006 模块、电源管理模块、RS232 设备接口模块、USB 口扩展模块和 LED 灯指示模块等,只是 GSM-Modem I 多了一个 CAN 口扩展模块。

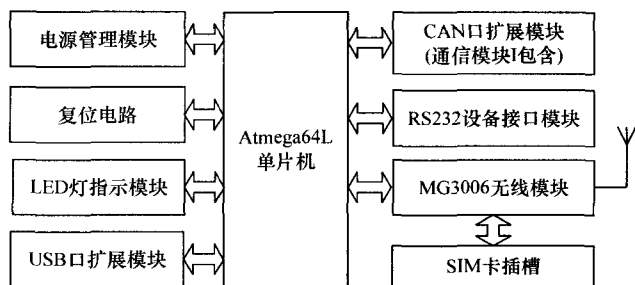


图2 GSM-Modem 硬件框图

GSM-Modem 硬件设计采用的单片机为 Atmega64L,它是一款高性能、低功耗的 8 位 AVR 微处理器,具有较高的性价比。在该设计中,Atmega64L 单片机主要提供与 GSM 无线模块通信的 UART1 串口、与 CAN 口扩展模块通信的 I/O 口、与 PC 交互的 UART0 串口、下载程序的 ISP 口等。

GSM-Modem 设计选用了中兴 MG3006 模块。该模块是一款支持 Quad Band 的 GSM/GPRS 无线模块,具有丰富的语音、短信、数据业务等功能,被广泛应用于数据传输、铁路终端、智能家电、车载监控等领域。该模块提供了一个全双工 UART1 串口用于 AT 指令、数据业务、升级模块软件等。该模块支持 1.8 V 或 3 V

的 SIM 卡,其中管脚 V_CARD 用来为 SIM 卡供电^[3]。本设计中增加了 ESD 保护器件以便保护 SIM 卡。另外,该模块还提供了 SMA 接口与 RF 天线相连。本设计中选用内置 PCB 天线以减小 GSM-Modem 的体积。

电源管理模块是 5 V 直流稳压源输入,主要提供电路中各芯片的工作电压。其中,通过滤波和稳压为单片机 Atmega64L 提供 5.0 V 工作电压;采用电压转换芯片 LM29302 为 MG3006 模块提供 3.9 V 工作电压;有 CAN 口扩展模块时,为使 CAN 总线在电气上完全与 PC 端隔离,还采用了 5 V/5 V 的 DC 电源隔离器实现电源隔离。

RS232 设备接口模块采用 RS232 驱动芯片 MAX232 扩展出标准 9 针串口与 PC 通信。考虑移动 PC 可能只有 USB 接口而没有串口,USB 口扩展模块采用 USB-Serial 芯片 FT232BM 扩展出一个虚拟串口与移动 PC 通信。

CAN 口扩展模块主要包含了 CAN 控制器 SJA1000、CAN 总线驱动器 82C250 和高速光耦 6N137。单片机通过控制 SJA1000 实现数据的接收和发送,而 82C250 是 CAN 控制器与 CAN 总线的接口器件。为了保护控制器 SJA1000 并增强该 CAN 节点的抗干扰能力,本设计中控制器 SJA1000 通过高速光耦 6N137 再与 82C250 相连以实现该节点与总线上其他各 CAN 节点间的电气隔离。

LED 灯指示模块主要是辨别 GSM-Modem 所处的工作状态。本设计中利用了多个 LED 灯分别指示 SIM 卡插入、入网状态以及 CAN 口和串口通信状态。

3 远程管理和调试系统软件设计

该系统软件设计包括 GSM-Modem 程序设计和管理员终端(PC)软件平台设计两部分,导向控制器收发和处理数据不在本文研究范围内,但 GSM-Modem I 能保证通过 CAN 接口与导向控制器进行数据交互。

3.1 AT 指令集

Atmega64L 单片机和 MG3006 模块之间通过串口进行通信,交互语言为 AT 指令。AT 指令集是终端设备 TE 和终端适配器 TA 之间,以及数据终端设备 DTE 和数据电路终端设备 DCE 之间的接口标准,中兴 MG3006 模块支持该标准。该系统软件用到的相关 AT 指令^[4]如表 1 所示。

当 MG3006 模块端完成 AT 指令或有被动事件(有新信息到达或有来电)发生时,MG3006 模块会主动将返回值输出到串口 UART1,单片机则通过串口接收中断捕捉到这些返回值信息并做出相应处理。表 2 列出了一些该系统软件用到的由 TA 主动上传至 TE 的 AT 编码^[4]。

表 1 部分 AT 指令列表

指令	指令含义
ATD	发起呼叫
ATH	断开当前连接
AT+CNMI	设置短信指示格式
AT+CMGS	发送 SMS 短信息
AT+CMGF	设置短消息模式
AT+CPBS	选择电话本存储
AT+CPBR	读取电话本信息
AT+CPBW	向电话本写信息

表 2 部分 TA 发送到 TE 的 AT 编码列表

编 码	编码含义
OK	AT 指令已执行
ERROR	指令无效
+PIN:READY	SIM 卡已插入
CFUN:1	SIM 卡已注册
+CPBR:1,"XXXXXXXX",129,"XXX"	电话本内容
+CMT:"+86XXXXXXXX","XXX","XXXXXXXX"	有信息接收
<CR>XXXXXXXX	
+CLIP:"XXXXXXXX",161,"","XXX",0<CR>RING	有电话拨入
BUSY	对方忙
NO CARRIER	对方挂机
No ANSWER	无人接听

3.2 GSM-Modem 程序设计

GSM-Modem 程序的设计是在 AVR 编译环境下利用单片机 C 语言编写完成的。

GSM-Modem I 的程序实现了单片机与 CAN 总线的通信、单片机与 MG3006 模块的通信以及相关数据的处理。GSM-Modem I 上电后,单片机首先进行各端口初始化,各串口初始化和 SJA1000 初始化,保证 SJA1000 波特率的设定与 CAN 总线一致,而串口 UART1 波特率与无线模块串口波特率一致。接着单片机向 MG3006 模块发送开机使能信号,然后使能中断并进入循环等待状态。

当 CAN 口有数据发送过来时主程序调用 CAN 口中断接收程序,程序流程图如图 3 所示。

为了确保该 CAN 节点始终处于激活状态,主程序定时调用中断检测子程序以检测该 CAN 节点是否脱离总线。若该 CAN 节点脱离总线,中断检测子程序则复位控制器 SJA1000 并重新初始化 SJA1000。

当串口 UART1 有数据发送过来时主程序调用串口中断接收子程序,程序流程图如图 4 所示。从该子程序可以发现,当 SIM 卡未插入或未注册网络时,程序会进入死循环并点亮相应指示灯,这就要求人为地先给模块断电并检查 SIM 卡的安装,确认状态正确后再重新上电。

GSM-Modem II 的程序实现了单片机与 MG3006 模块的通信、单片机与 PC 通信以及相关数据的处理。

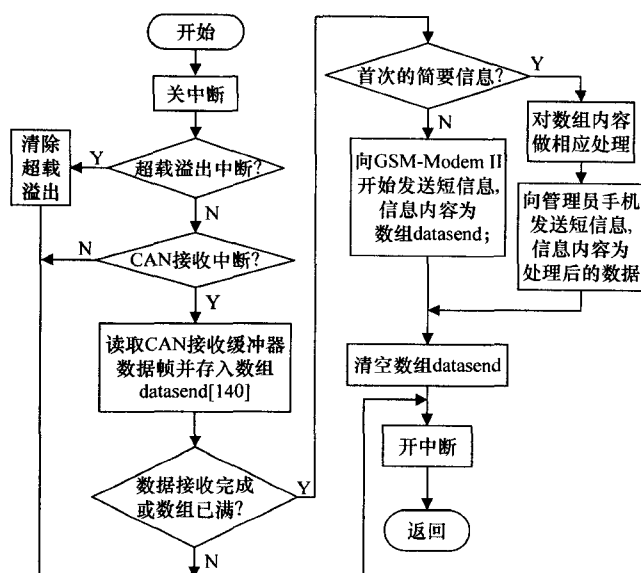


图3 CAN口中断接收子程序流程图

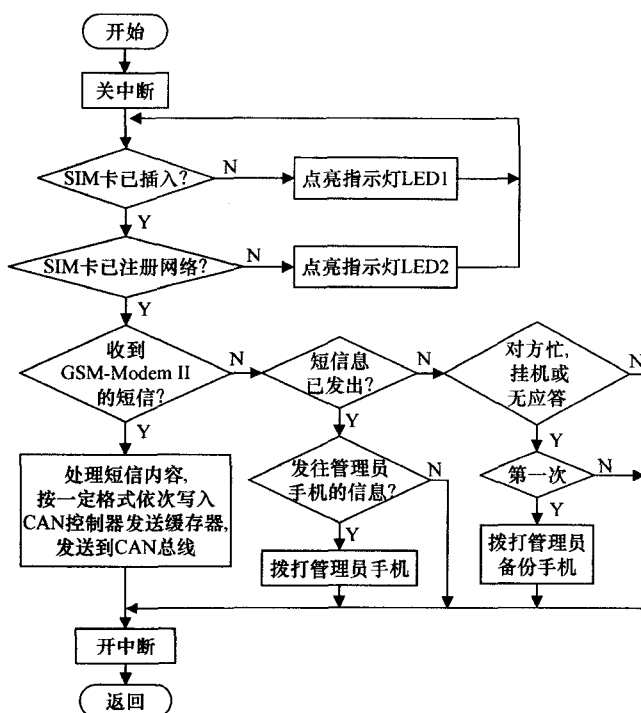


图4 串口中断接收子程序流程图

该模块的程序与 GSM-Modem I 的程序相比只有串口通信,流程相对简单。其程序流程为:PC 端将数据通过串口 UART0 发送至单片机,接着单片机处理该数据并按一定格式组成短信内容,然后单片机通过串口 UART1 对 MG3006 模块进行 AT 指令操作,将短信内容写入无线模块并发送至 GSM-Modem I。同理, MG3006 模块收到并确认是 GSM-Modem I 发送的短信之后,则通过串口 UART1 将短信内容传给单片机,而其他的短信就直接丢弃不作处理。然后,单片机对短信内容进行相应处理并将处理后的数据通过串口

UART0 发送至 PC。

3.3 管理员终端(PC)软件平台设计

管理员终端(PC)软件平台主要实现了数据的接收、处理和实时显示,以及对导向控制器发送控制命令和设置参数。该软件平台是在 VC++6.0 环境下开发的,采用基于窗口消息响应模式,通过调用 Win32 API 提供的串口通信接口函数实现 PC 与 GSM-Modem II 的通信。

该软件平台按功能可以划分为 3 块功能区:串口操作区、状态信息区和操作命令区。

串口操作区主要包括串口的选择与串口属性设置。软件使用了 API 函数 CommConfigDialog 进行串口配置,该函数显示了一个对话框,可以从中改变数据传输率、数据位、奇偶校验方法、停止位和流控制方法^[5]。管理员选择并设置完成串口后,就可以打开串口与 GSM-Modem II 建立通信。

要在状态信息区观测到信息,管理员首先必须输入 GSM-Modem I 端的 SIM 卡号码,接着对观测目标进行选择,如导向控制器的选择、其各项工况信息的选择,最后点击“查询”按钮。软件平台获得用户输入,开始在后台处理,并通过写串口将相应数据发送至 GSM-Modem II,接着读串口等待接收数据,接收数据完成再对接收到的数据做处理,最后按一定格式显示在显示框内。

操作命令区包括控制命令的发送和参数的设置调整。程序实现上与状态信息区基本一致,区别就是最后的返回值比较简单,处理不复杂,返回一些如“操作成功”、“设置已完成”的回执信息。

4 远程管理和调试系统测试结果分析

按图 1 所示搭建测试平台,并以单台导向控制器为管理和调试的对象。测试显示,终端能够准确接收各类信息,信息到达的时间如表 3 所示。 $t_1 > t_2$ 是由于控制器上电先完成初始化工作再发送开机信息。 t_4 大约为 t_2 的两倍是由于回执信息到达终端 PC 时系统完成了两次短消息收发。状态信息根据管理员查询的变量多少按 1~2 条的短消息返回,所以系统需要进行 2~3 次短消息收发。

表3 各类信息接收时间表

信息类型	接收时间/s			符号
	最小值	最大值	典型值	
开机	10	12	10	t ₁
故障	8	10	8	t ₂
状态	15	22		t ₃
回执	15	18	15	t ₄

(下转第 42 页)

示。中断程序最后判断一帧 3 只陀螺数据是否采集完成,完成则置位数据采集完成标志 $\text{flag_finish} = 1$ 并中断返回。在主程序中,当标志位 flag_finish 被置位后再执行陀螺数据预处理程序。

4 实验分析

在系统的软硬件调试成功的基础上,对整个异步多串口系统进行了测试。通过 3 只光纤陀螺向整个系统发送数据,在 IAR Embedded Workbench Evaluation for MSP430 开发环境中编程统计 MSP430F149 单片机接收到的 TL16C554A 发出的串口中断次数。表 1 显示了单只光纤陀螺传输的数据长度值 n 不等于 FIFO 缓存等级时,采用拆分传输方法前后的单路串口中断次数结果。

表 1 使用拆分传输方法前后的单路串口中断次数对比

单只光纤陀螺传输的数据长度 n	单路串口中断次数(用该方法前)	单路串口中断次数(用该方法后)	效率提高百分比/%
5	5	2	60
20	20	7	65
35	45	6	87
50	50	4	92
63	63	8	87

实验结果表明,当串口固定传输的数据长度值 n 不等于 FIFO 缓存等级时,利用拆分传输的硬件串口扩展法可以有效利用 TL16C554A 的内部 FIFO,提高了串口通信效率,并且串口传输的数据越多,效率提高地也越明显。

5 结束语

本文提出了一种基于数据拆分传输的硬件串口扩展法,根据串口扩展芯片自带 FIFO 的缓存等级将串口需要一次传输的数据拆分成多次传输,在实现了串口扩展的同时也实现了对 FIFO 的有效利用。最后本文依据该方法实际设计了满足嵌入式导航计算机和 3 只光纤陀螺串口通信的异步多串口系统。实验表明,该方法提高了串口通信效率,很好地解决了嵌入式组合导航系统中导航计算机串口不足的问题。

参考文献:

- [1] 张国龙,徐晓苏. 嵌入式组合导航系统中多路异步串口的设计[J]. 中国惯性技术学报,2008,16(4):431-434.
- [2] 梁栋,缪玲娟,沈军. 基于 DSP 的捷联式寻北仪数据采集单元的设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2006,14(8):1122-1124.
- [3] 陈鹏,闫建国,曾赞. DSP 和 TL16C752 在无人机 GPS 导航系统中的应用[J]. 测控技术,2008,28(2):31-34.
- [4] 任磊,宋凝芳,董全林. 光纤陀螺寻北仪数据采集单元的设计与实现[J]. 电子测量技术,2008,31(5):120-122.
- [5] 沈建华,杨艳琴,瞿晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [6] Wang Ji, Liu Z Q, Zhao Y G. Design of 4-channel asynchronous serial communications Interface[A]. Proceedings of the Eighth International Conference on Electronic Measurement and Instruments[C]. 2007:892-894.

□

(上接第 38 页)

从表 3 的数据可以看出,导向系统上电运行或是出现异常情况时大约 10 s,管理员就能及时地掌握情况,而且故障信息到达终端后系统立即语音呼叫报警,这些都实现了设计的目标。

由于管理员发送的控制命令和参数所涉及的变量并不参与导向系统实时控制环节,因此对实时性要求不高。本文设计的系统延迟约为 8 s($t_4/2$),在可接受范围内。

5 结束语

本文详细阐述了基于 GSM 语音和短信息的磁浮列车导向系统远程管理和调试系统的设计方案和实现过程。目前该系统已完成了初步的测试,测试表明,该系统能够获得远端导向控制器的状态变量信息并向其发送控制命令和设置参数,系统准确可靠,延迟在可接受范围内。该系统为磁浮列车导向系统远程无线管理

和调试提供了一种新的途径,其设计思想亦可适用于其他远程监控领域,具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 赵春霞,余龙华. 基于 CDMA 1X 的磁浮列车悬浮导向系统远程监控的设计与实现[J]. 电力机车与城轨车辆,2007,30(1):49-51.
- [2] 曹尉青,韩冰. 利用 GSM 短消息实现远程监控[J]. 无线电工程,2002,32(10):32-37.
- [3] 中兴通讯股份有限公司. 中兴通讯 ME3000 模块用户硬件设计手册(V1.7)[Z]. 深圳:中兴通讯股份有限公司,2008.
- [4] 中兴通讯股份有限公司. 中兴通讯 ME3000 模块 AT 指令集手册(V2.00)[Z]. 深圳:中兴通讯股份有限公司,2008.
- [5] 四维科技,曹衍龙,刘海英. Visual C++ 网络通信编程实用案例精选[M]. 第 2 版. 北京:人民邮电出版社,2006.

□