

# 基于 GPRS 技术的随钻测井数据远程传输系统<sup>①</sup>

李 涛 (钻井工艺研究院 山东 东营 257017)

**摘 要:** 设计了一种基于 GPRS 技术的随钻测井数据远程传输系统方案。首先介绍了 GPRS 技术在远程传输系统的应用情况, 然后详细描述了基于 GPRS 技术的随钻测井数据远程传输系统的系统组成、业务流程和实现过程, 最后阐述基于 GPRS 的石油钻井随钻测井数据远程传输系统应用效果。

**关键词:** 钻井; GPRS; 远程传输; 随钻测井系统; 实时; 缓存池; 线程

## LWD Data Remote Transmission System Based on GPRS

LI Tao (Drilling Technology Research Institute, Dongying 257017, China)

**Abstract:** This paper designs the scheme of LWD (Logging With Drilling) Data Remote Transmission System based on GPRS. First, the paper introduces the GPRS technology in the remote transmission system application, and then describes system components, business processes, implementation process of LWD Data Remote Transmission System Based on GPRS in detail, and the application effect of LWD Data Remote Transmission System Based on GPRS.

**Keywords:** drilling; GPRS; remote transmission; LWD; real time; buffer pool; thread

钻井是油田勘探开发的主要手段之一, 是油气生产过程的一个重要环节。随钻测井系统(Logging With Drilling 简称 LWD)是广泛应用于钻井系统中进行工程测量和地质数据测量的一套系统。该系统可以提供井下工程和地质数据, 通过对于这些数据的分析, 可以及时准确的发现油气储层, 并调整轨迹, 更好的保证油气层的穿透率,但是由于施工现场比较分散, 大多在荒郊野外, 远离生产指挥中心, 而且多数都没有进行过大规模的基础建设, 地理条件复杂, 对技术支持工作的开展极为不利。过去很多石油地质专家由于条件所限, 从报表和报告中得到数据图形的时间会有很大延迟, 数据传输的及时性无法保证, 无法做出快速决策, 影响了工作的效率。

近些年来, 国内一直在探索钻井井下数据远程传输的解决方案, 部分油田曾利用卫星将现场和总部的卫星接受站相连接, 将现场计算机接入网络, 从而实现数据的远程传输, 但是这种方法费用高昂, 内陆油田企业无法承受。随着计算机技术、网络技术、通讯技术的迅猛发展, 电子产品日趋成熟且价格低廉, 为

建设经济高效的数据远程传输系统提供了可能, 而 GPRS 技术的出现则把这一可能变为了现实。我们设计该系统的目的就是为了在胜利油田随钻测井数据的实时远程传输中应用。

## 1 GPRS数据远程传输技术及系统结构

GPRS 作为 2.5 代移动通信技术, 它将数据以分组的形式发送给目标用户<sup>[1]</sup>。事实上, 这种数据包的传输方式, 能够最大限度的保证数据的传送, 各个数据包可以由不同的路径到达目的地。同时, 这种方式也充分地利用了通信信道, 让较多的用户同时进行通信。

GPRS 技术相对于传统的 GSM 技术, 不但数据传输速率得到了大大的提高, 而且在连接建立时间方面, GSM 需要 10-30s, 而 GPRS 只需要极短的时间就可以获得相关请求, 可快速建立连接, 平均时间为 2s, 非常适合用于实时数据采集<sup>[2]</sup>。GPRS 技术通常采用流量方式进行计费, 其范围也已经基本覆盖全国各地, 技术相对比较成熟, 很适合于实时数据采集

① 收稿时间:2010-01-05;收到修改稿时间:2010-02-08

传输的应用。以下是我们的基于 GPRS 随钻测井数据远程传输系统：对于实时数据采集，系统由数据传输终端和通信中心构成，远程设备与 GPRS 数据传输终端相连，数据通过传输模块使用 GPRS 网络传到通信中心。系统结构如图 1 所示。

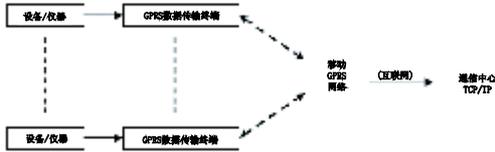


图 1 GPRS 实时数据传输系统网络结构图

GPRS 网络以其覆盖范围广、使用费用低、技术完善、安全可靠高等优点，特别是其方便移动的特点，十分适宜该系统的应用。现场数据采集后通过 GPRS 网络通信，实时传输，最后由中心计算机（服务器）集中接收处理，并将随钻测井数据存储于数据库中，供其它系统使用数据，最终构成基于 GPRS 技术的随钻测井数据远程传输系统。

### 2 系统的实现

随钻测井系统有独立接口设备，通过设备的串口 (COM1) 实现原始随钻测井数据的输出。远程终端安装数据采集程序，通过采集这些原始测井数据并处理打包，通过 GPRS 网络以 TCP/IP 协议方式传输给中心服务器。中心服务器应答远程终端请求并将数据存储于服务器数据库中，完成了整个随钻测井数据的实时远传。

#### 2.1 系统功能结构

根据基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输整个系统的特点，可以将其功能分为客户端和服务端两部分进行设计。客户端完成随钻测井数据的采集功能、随钻测井数据的发送功能和井位名注册登陆等安全辅助功能，服务器端完成随钻测井数据的接收、保存和处理的功能。

#### 2.2 系统的业务流程

基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输系统的业务流程如图 2 所示。通过流程图可以看出客户端和服务端所使用的 TCP/IP 协议是同一协议，如果使用两个 TCP/IP 协议进行传输，它们的程序集将不匹配，无法进行通讯。在刚开始编写程序时，客户端和服务端分

别调用 TCP/IP 协议（主要是使用了自定义控件实现网络通讯）出现了“无法找到程序集错误”。分析发现在对自定义控件进行序列化时，将当前工程（类库）的信息也进行了序列化，所以服务器端和客户端的程序集不一致。将客户端解决方案和类库（主要是通讯协议）添加到服务器端解决方案中，问题得以解决。

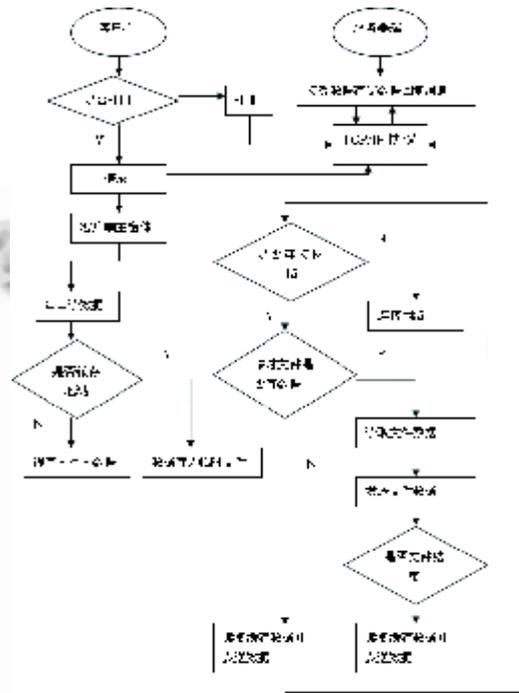


图 2 LWD 数据远程传输系统的业务流程图

#### 2.3 客户端的实现

客户端主要功能是实现的随钻测井数据的采集和随钻测井数据的发送。作为实时系统采集和发送过程可以看作是并发的，这里通过线程技术来实现采集和传输的并发处理过程。两个线程之间通过内存缓存池（循环缓存）交换数据。作为应用于工程实际的项目，为了整个系统的数据安全和实际工作需要增加注册模块和登录模块。

##### 2.3.1 随钻测井数据采集

数据采集模块的核心是采集设备从串行口传出的随钻测井原始数据。串行通讯是半双工形式，通过串口发送数据相对简单，在时间上可以随意控制，但该系统是不需要向串口发送命令，只需要被动接收数据。试验测试表明随钻测井实时数据大约以 30-60s 一组速度从串口传出。但是，串口接收数据是比较麻烦的，因为中断接收时，数据常常不均匀流畅，其中存在空

白间隔,给数据处理带来困难。大部分监控模块都有串口初始化函数、数据发送和接收函数,如果直接使用数据接收函数来接收数据,则由于以上问题,常常接收到残缺的数据,使工作无法完成,尽管逻辑上没有任何错误。实际在具体实现上,应该在接收到第一批数据时,开始等待  $T$  时间片,将第一批数据与随后的第二批数据相加,如此继续循环,直到新的  $T$  时间片结束而无数据到达,再跳出循环。至于  $T$  时间片大小的选取,应该根据具体的模块或设备来调整,直到性能可靠为止,此时的时间片即为所需要的  $T$ [3]。串口数据接收算法见图 3 所示。

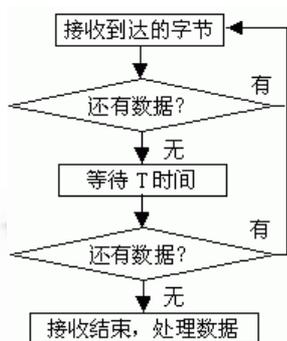


图 3 串口接收数据流程图

系统最终是使用 API 写串口通信,可以方便实现自己想要的各种功能。

### 2.3.2 随钻测井数据发送

随钻测井数据发送模块是随钻测井数据远程传输系统的核心模块。它负责将从临时文件或缓存中的随钻测井原始数据处理打包,并发送给服务器。随钻测井数据远程传输系统的实时数据是一种频发型但数据量较小的数据。系统要求数据传输的准确性应该较高。这要求选择合适的通讯方式保障系统的平稳运行。

由于该系统需要同时进行随钻测井数据采集,不允许采集线程长时间停顿,所以网络传输使用异步处理机制。使用异步通讯模式,完全不用担心通讯阻塞和线程问题,无须考虑通讯的细节,但是使用异步 Socket 通讯与服务器按照一定的通讯格式通讯,需注意与服务器的通讯格式一定要一致,否则可能造成服务器程序崩溃。

应用协议层主要包括, TCP 协议和 UDP 协议。由于 TCP 的协议头以及数据传输控制比较复杂,数据的传输效率较低,因此实时小数据量的应用,所以当传输大数据量时,应更倾向于使用基于 UDP 的数据传输

协议。我们开始设计系统时采用的也是采用 UDP 协议,但是后来试验表明基于 GPRS 网络 UDP 是有其局限性的。由于 UDP 自身特点,以及 GPRS 网络 UDP 端口资源的有限性,在一段时间没有数据流量后,端口容易改变,产生的影响就是从服务器中心端向 GPRS 终端发送数据, GPRS 终端接收不到。具体的原因就是移动网关从中作了中转,需要隔一定时间给主机发 UDP 包来维持这个 IP 和端口号,这样主机才能主动给 GPRS 发 UDP 包。在测试中发现,这个间隔时间很短,需要一多分钟发一次 UDP 包才能够维持,否则可能移动网关那边就要丢失这个端口了,此时如果主机想主动发数据给 GPRS,那肯定是不行了,只有 GPRS 终端设备再发一个 UDP 包过去,移动重新给你分配一个中转 IP 和端口,才能够进行双向通讯。

从成本费用方面看,虽然 TCP 本身的包头要比 UDP 多,但是 UDP 在实际应用中往往需要维护双向通道,就必须要通过大量的心跳数据包来维护端口资源。总的比较起来,UDP 的实际流量要比 TCP 还要大。从传输效率方面看, GPRS 网络中 UDP 传输效率约为 99%, TCP 传输有效率约为 100%。该系统设计的远程数据传输系统采用经 UDP 数据传输方式时能检测到丢包,必须通过多次重传才可以成倍降低 UDP 传输方式的丢包率,但是由于实时数据传输的频发性,无法保证系统一直重传到数据成功到达为止,无法实现数据传输成功率达到 100%。TCP 协议本身就是可靠链路传输,提供一个时时的双向的传输通道,能很好的满足系统现场传输的要求。最终,系统使用是异步 TCP 通讯协议进行随钻测井数据的发送。

### 2.4 服务器端的实现

服务器端的功能是监听特定端口的数据,如果有数据进入,触发接收数据事件,根据传入数据的枚举类型不同,分别为登录、注册、随钻测井数据传入三种不同事件。三类数据分别有不同处理过程。

所有实时随钻测井数据均要存储在数据库中,由于该随钻测井数据远程传输系统每个井位节点需要存储的数据量较大,存储频繁,所以使用 Microsoft SQL Server 2000 作为服务器数据库,服务器数据库需优先于服务器端程序建立之前建立。数据库需要事先建立的数据表有两张:一是用户权限表,存储生产单位授权用户名;一是井名注册表,存储井名和注册井名的客户端地址,由于 GPRS 网络是随机分配地址的,对于同一终端设备地址也是变换的,所以在注册和登录过程中会根据井位

名,修改客户端地址,保证服务器可以准确与客户端通讯。第一次传入某井位节点的随钻测井数据时,自动建立与井位名同名的表来存储数据。

### 2.5 保证数据准确性的处理方法

随钻测井数据是需要提供给地质专家分析使用的,对于数据的准确性有苛刻的要求。我们在该设计系统中,随钻测井数据远程传输系统传输过程中传输的是二进制流数据,然而用户的注册数据,登录数据和随钻测井原始数据都是由多组数据组合而成的。我们建立几个数据类,主要是用枚举型的元素值指定消息发送的命令、消息的类型、消息发送的状态等,并对类进行序列化,当类序列化后,序列化引擎将跟踪所有已序列化的引用对象,以确保对象不被序列化多次<sup>[4]</sup>。序列化对象表示为字节序列,包括对象数据和关于对象类型及对象中所存放数据类型的信息。序列化的数据可以直接传输,到达指定端后进行反序列化即可以使用其中数据。在客户端发送或接收信息时,将对象序列化或反序列化成二进制流。这样可以方便的在数组中设置校验数据来保证传输数据的准确性,虽然增大了系统开销,但是出现错误数据可以重新传输,数据的准确性可以达到 100%。

### 2.6 数据传输堵塞问题的处理方法

客户端采集模块和发送模块由于是需要并行执行,特别是采集模块必须保证其不间断的运作,使用线程技术可以保证两个过程在执行过程中最大限度的不互相干扰。理论上,发送模块应该比采集模块执行速度快(串口传输原始随钻测井数据最快也要 30s 一组),两线程直接通过内存一组缓存区即可交互数据。但是,由于基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输系统的终端设备经常会工作在偏远恶劣环境中,网络信号有时比较差甚至会出现断网的情况,发送模块可能需要较多的时间等待连接网络,而采集数据模块却是一直工作的,产生的随钻测井原始数据需要及时保存且不能丢失。为了减少共享资源和线程的等待,解决数据传输中数据堵塞的问题,我们采用了循环缓存方法,提供更多地址让采集线程放数据(采集线程较快时)和让发送线程取值(发送线程较快时)。循环缓冲由三个数组(缓冲池)实现,两个线程均从第一个缓存区开始工作。如果采集线程较快,可以将多余数据放入其它缓存区,如果缓存区满,会直接将第一组数据存入临时文件中,新产生数据放入最后一组缓冲区,此种情况

多数发生在网络发生故障时。反之,发送线程工作时先将临时文件中数据发送完,然后从缓存区读数据不需要等待采集线程。

## 3 系统应用效果

(1) 基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输系统作为推广项目的一部分内容,已经在钻井地质导向测量中开始应用,效果明显。地质专家通过访问数据库可以及时得到实时的随钻测井地质数据资料,提高工作效率,降低生产成本。

(2) 基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输系统充分利用公网资源,系统建设成本低,开发效率高,实用性强,具有良好的应用前景。

(3) 基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输系统通过最多 20 个客户端同时实时传输数据,运行良好验证其并行处理能力和恶劣环境下的工作状态。

(4) 该远传系统对于数据准确性有较高要求,通过试验验证准确率达到 100%。该设计对于频发小数据量的传输,并对数据准确性要求较高的系统有借鉴意义。

## 4 结束语

基于 GPRS 的随钻测井数据远程传输系统的成功开发,对于使用以无线网络为基础,开发的监控系统有着积极借鉴意义。随着网络技术的不断发展,硬件价格不断下降,网络带宽提升,特别是无线 3G 技术的迅猛发展,远程监控系统将更多地应用在企业生产过程的各个环节中,方便了专业技术人员可以通过互联网来管理和维护生产过程,优化生产工艺,提高设备的自动化水平,最终可以大幅降低生产成本,提高生产经营经济效益。

### 参考文献

- 1 姜春宇,喻方平.基于 GPRS 的机车状态监测与管理系统.微计算机信息,2006,(19):106-108.
- 2 张小强,杨放春.一种基于 GPRS 技术的无线监控系统.中国数据通信,2004,6(11):92-95.
- 3 孟艳花,李赞.基于 GSM 无线网络的数据传输应用研究.计算机与网络,2006,(6):138-140.
- 4 Pressman RS. Software Engineer: A Practitioner's Approach. 5th ed., McGraw-Hill Companies, Inc, 2001: 209-210.