

# 基于宽带网的天气雷达实时监测系统

谭鉴荣 敖振浪 李建勇

(广东省气象技术装备中心, 广州 510080)

**摘要** 介绍了新一代天气雷达实时监测系统的结构模式和功能, 通过 TCP/IP 通信协议的论述、天气雷达信息量和占用信道带宽的估算, 证明基于宽带网络系统通信设计的可行性。同时详细分析了 CINRAD/SA 天气雷达实时监测信息的结构和存放特点, 系统地描述天气雷达监测信息获取、传送和入库的方法, 并重点介绍如何编制传输和入库软件, 利用 TCP/IP 两种基本协议(TCP 和 UDP)以及 ADO 数据库编程技术, 在现有的宽带网络基础上, 对天气雷达运行状况实现远程实时监测。

**关键词** 雷达 实时监测 TCP/IP

## 引言

我国雷达生产厂家根据中国气象局《新一代天气雷达系统功能规格需求书》<sup>[1]</sup>的要求, 在美国 NEXRAD 雷达的基础上, 继承吸收 NEXTRAD 雷达优点, 研发生产了我国新一代天气雷达。而美国 NEXRAD 雷达的设计目标之一, 是在无人值守情况下, 雷达可以不间断连续工作<sup>[2]</sup>。随着我国新一代多普勒天气雷达网的建设完成, 如何快速监测和保障这些设备连续运行已经成为气象部门热门话题。成功开发一个全省天气雷达实时监测、全省联网互动的系统, 能自动实现对天气雷达运行状况和数据质量进行监测, 对出现故障的天气雷达进行自动报警, 方便雷达技术保障人员获取第一手天气雷达运行信息, 更强有力保证发挥该雷达系统对灾害性天气系统的连续监测预警, 为准确做好预报服务提供科学的决策依据。目前通过安装远程 PUP 用户或者通过文件方式调用雷达 RDASC 机生成的监测文件, 可以达到监测个别或部分雷达运行状态<sup>[3,4]</sup>。经过多年的试验、调研和分析, 认为这些方式不能够完全满足快速实时监测大量天气雷达运行状态所需的要求, 其欠缺主要有以下几点: 第 1 是效

率低。目前通过调用监测文件的方法, 每天必须无数次反复调回同一个数据文件, 而有用的只是文件后几行最新形成的状态数据。第 2 是网络资源浪费。随着监测信息的不断增加, 监测文件不断加大, 每天必须无数次反复调回同一个大数据量文件, 会造成通信网络资源浪费。第 3 是实时性差。通过调用监测文件的方法, 明显感觉到延时的存在。第 4 是灵活性差。当监测状态文件名发生变化时, 所有执行程序必须进行重新编写。针对这些情况, 本文吸取新一代多普勒天气雷达远程诊断控制管理方案研究的先进方法<sup>[5]</sup>, 采取单独获取最新雷达运行状态信息, 封装成数据包, 通过宽带数据流传送, 存入到数据服务器中, 以 Web 页面实时反应全部该类型雷达的实时状态, 达到全网监测的目的。

## 1 系统的功能和结构

该系统的功能包括实时收集所辖区域内各个雷达的运行状态、故障报警与解除情况、雷达的操作情况; 收集各雷达技术人员的交流信息。实现省气象局技术保障部门对天气雷达的远程监测, 实现远程维护; 为技术人员提供一个交流学习的平台。天气雷达实时监测业务系统的结构如图 1 所示。



图1 天气雷达实时监测系统结构  
(VPN:虚拟专用网;SQL:结构化查询语言)

整个系统的软件分3层,第1层软件运行于各雷达成端站终端微机,雷达成端站终端微机运行有天气雷达的专用业务软件和监测软件。前者是天气雷达的主要软件组成部分,它一方面完成对雷达的控制和天气资料的收集,另一方面生成各种产品和形成雷达状态文件<sup>[4]</sup>;后者是本系统专门开发的监测软件,它通过远程网络实现与远程控制服务器通信。第2层软件运行于省气象局的服务器,属于服务器软件,它的功能是接收和管理网上的雷达状态数据,提供对状态数据的浏览和查询服务,同时提供对各雷达成端的远程监测功能,服务器软件为客户软件提供连接代理,为客户软件建立一个直达雷达成端的虚拟通道,使省气象局与台站的远程对话得以实现。第3层软件为客户服务软件,它给用户界面,查询各雷达成端的运行状态,最重要的功能就是实现对天气雷达的监测和技术维护指导,这种监测是实时的,就目前的虚拟专用网络(VPN)而言,时延非常短,与雷达成端站前端机几乎同步。远程维护指导几乎能达到面对面指导的效果。

## 2 通信设计

### 2.1 通信方式的选择

省气象局和各雷达成端站之间都已铺设宽带线路,通信能力都在2 Mb/s以上,因此通信编程选用Winsock控件实现双向交换数据<sup>[6]</sup>。Winsock控件对用户来说是不可见的,它提供了访问TCP和UDP网络服务的方便途径。Microsoft Access、Visual Basic、Visual C++或Visual FoxPro的开发人员都可使用它。为编写客户或服务器应用程序,不必了解TCP的细节或调用低级Winsock APIs。通过设置控件的属性并调用其方法就可轻易连接到一台远程机器上去,并且还可双向交换数据。

为方便读者理解,先介绍TCP/IP的两种基本协议TCP和UDP<sup>[7]</sup>。这两种协议的不同在于TCP是面向连接和提供可靠数据传送的协议,面向连接

意味着在传送数据之前,主机必须与服务器建立连接。第2个特点是TCP协议提供了可靠的数据传输机制,在发送之前每一个数据包都经过仔细的检查,接收数据包的设备收到正确的数据包之后需要回送一个确认收到的信息。发送检查和收到确认的机制使TCP协议能够检测传输中的错误,然后请求重发需要的特定数据包。进一步说,TCP协议自动对收到的乱序的数据包按照包连接顺序号进行重新排序。综合起来考虑,这些特点使TCP协议本质上是一种可靠的数据传输协议。实际使用中,TCP协议特别适合于数据流传输,在需要可靠传输和通信链路不太可靠时是一种很好的解决方法。然而,TCP不能做到快速响应。举例来说,在和另外一个网络节点建立连接的时候,可能会感觉到明显的延迟。TCP协议在连接中断时自动恢复连接,但检测连接失败需要一些时间。第2种协议是UDP协议,适合传输数据量有限,但要求传输速度快的场合。这主要是因为UDP协议在UDP数据报文时无需建立连接,报文接收方无须发送确认收到的报文,UDP数据报文一般比TCP数据包要小,所以UDP协议数据传输效率高,响应时间短。UDP协议值得一提的另外一个特点是除了点对多点传输外,它还支持广播或组播技术来处理点对多点传输。

天气雷达的监测信息包括雷达运行状态、雷达故障状态、雷达控制状态等,各种类型的信息量都比较小,在各种信息中运行状态数据的信息量最大,100 B左右,其他信息量一般都在100 B以内。通过对两种通信协议的分析并结合天气雷达监测数据的特点,雷达成端站向省气象局传输状态数据采用UDP协议比较合适,一方面现在的网络都比较可靠,丢失数据包的可能性比较低,另一方面,状态数据量比较小,基本上一个数据包可以装得下一份状态数据。采用UDP协议,可以大大提高数据的传输时效,省气象局与雷达成端站几乎是同时获得状态数据。对于个别丢失的数据包,可以由服务器向雷达成端站发获取状态指令获得。对于在省气象局局域网内则选用TCP协议比较合适,使用TCP协议可以保证查询指令和响应信息可靠地被传输到对方。

### 2.2 天气雷达信息量和占用信道带宽的估算

目前省气象局和各雷达成端站的通信线路都是由2 Mb/s以上的带宽专线连接,每个雷达成端站的状态数据再加上UDP的封装信息,以300 B计算,在2

Mb/s 以上的带宽专线上传输时间就非常少,小于 0.00015 s。可想而知的,按照目前气象雷达每 6 min 才产生一组状态数据,根据前面的估算,省气象局若有 10 台天气雷达,所有雷达站将每 6 min 的状态数据都送到省气象局是一个轻而易举的事情。在省气象局这一端,通信线路都是 10 Mb/s 以上的带宽,因此对省气象局这一端的通信也不会造成压力。

### 3 软件设计

雷达实时监测软件设计(图 2),包括雷达监测信息的实时监测、最新信息的获取、信息的编码和发送,信息接收、解码和写入数据库,信息的分类检索、故障信息的发布、Web 网页实时显示和信息交流。为了提高软件的并发处理能力和使软件界面更加友好,软件设计使用多线程编程技术,在网络通信设计中使用 Winsock 编程技术,使用 TCP 和 UDP 两种通信协议来处理不同通信内容。下面对每一部分软件的设计方法及其所使用的编程技术作详细描述。

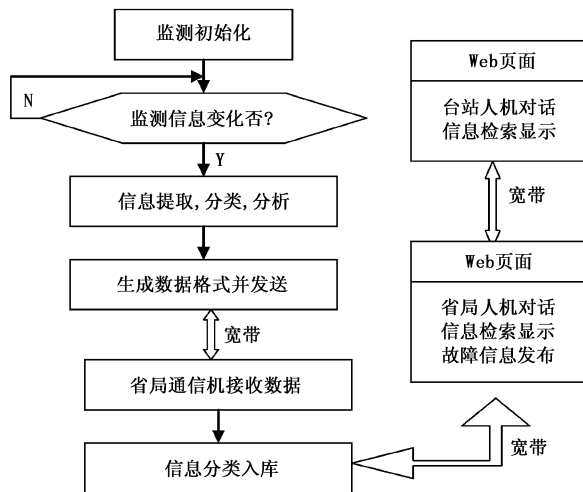


图 2 雷达实时监测软件设计流程图

#### 3.1 雷达监测信息分析和提取

雷达监测信息从雷达站 RDASC 计算机上获取,在 RDASC 机上运行程序实时监测雷达状态信息(包括标定信息 YYYYMMDD\_Calibration.log,运行状态信息 YYYYMMDD\_Status.log,操作信息 YYYYMMDD\_Operation.log 和报警信息 YYYYMMDD\_Alarm.log)。若有新信息产生,即当文件长度发生变化时,程序将文件增加部分读出,并重新记录各文件长度,并对读取信息进行分类和分析,生成可识别的数据格式(可以按网络数据通信格式定义),通过宽带网

向省气象局通信机发送。

从监测计算机获取到年份、月份、日期和时间。以 Microsoft Visual Basic 6.0 为例,可以使用 Variant(Date) 直接从计算机系统中获得年月日的数据;同样使用 Variant(Time) 直接从计算机系统中获得时分秒数据。所有监测信息文件时间获取方法相同。

因 4 个监测信息文件项目内容和格式大同小异,每条信息单独成一行,进行数据分析时以行为单位,先读取第一行。①先检查第 4 和第 7 位,应该同时是“:”,否则此行信息可能是传送出错而无法识别。②从第 12 位往后查找“:”或者“=”。③如果是“=”号,表示第 12 位到“=”号之间字符为单个标定项目名称,“=”号到行结尾符(回车换行)之间为标定结果信息。④如果是“:”号,表示第 12 位到“:”号之间字符为多个标定项目名称,接下来的几行(行数视标定项目不同而确定)为标定结果信息。接下来对它进行同样步骤①~④分析,直到结束为止。

例如,短脉冲噪声电平的获取方法(SHORT PULSE NOISE LEVEL)如下:

读取一行数据,得到时间和确定“=”号前标识串为“SHORT PULSE NOISE LEVEL”,那么“=”号与回车换行之间的数据串就是“短脉冲噪声电平”值。

#### 3.2 通信软件设计

TCP 协议编程:TCP 数据传输协议允许创建和维护与远程计算机的连接。连接两台计算机就可彼此进行数据传输。如果创建客户应用程序,就必须知道服务器计算机名或者 IP 地址(RemoteHost 属性),还要知道进行“侦听”的端口(RemotePort 属性),然后调用 Connect 方法。如果创建服务器应用程序,就应设置一个收听端口(LocalPort 属性)并调用 Listen 方法。当客户计算机需要连接时就会发生 ConnectionRequest 事件。为了完成连接,可调用 ConnectionRequest 事件内的 Accept 方法。建立连接后,任何一方计算机都可以收发数据。为了发送数据,可调用 SendData 方法。当接收数据时会发生 DataArrival 事件。调用 DataArrival 事件内的 GetData 方法就可获取数据。

UDP 协议编程:UDP 用户数据文报协议(UDP)是一个无连接协议。跟 TCP 的操作不同,计算机并不建立连接。另外 UDP 应用程序可以是

客户机,也可以是服务器。为了传输数据,首先要设置客户计算机的 LocalPort 属性。然后,服务器计算机只需将 RemoteHost 设置为客户计算机的 Internet 地址,并将 RemotePort 属性设置为跟客户计算机的 LocalPort 属性相同的端口,并调用 SendData 方法来着手发送信息。于是,客户计算机使用 DataArrival 事件内的 GetData 方法来获取已发送的信息。

软件收发编程实例:

RadarWinsockSetSub(); 创建 UDP 套接字

RadarWinsockbind(); 绑定本机的网络接口 (IP 和 PORT)

RadarWinsockSetAdrSub(); 设置组播地址

RadarWinsockSendDataSub(); 创建发送数据线程

RadarWinsockReceiveDataSub(); 创建接收数据线程

...

### 3.3 数据库软件的设计

在雷达数据库中,软件将雷达监测信息按类型分别存放到 6 个数据表中(报警信息表、运行状态表、标定信息表、操作信息、故障状态信息表和英中文对照表)<sup>[7]</sup>。为了方便对这 6 个数据表进行操作,可以进行下列步骤:

(1)连接数据源。ADO 打开连接的主要方法是使用 Connection.Open 方法,另外也可在同一个操作中调用快捷方法 Recordset.Open 打开连接并在该连接上发出命令<sup>[8]</sup>。以下是 Visual Basic 中用于两种方法的语法:Connection.Open ConnectionString, UserID, Password, OpenOptions Recordset.Open Source, ActiveConnection, CursorType, LockType, Options

(2)创建表示 SQL 查询命令的对象。尽管 SQL 字符串的内容是固定的,您也可以创建“参数化”命令,这样在命令执行时占位符“?”子字符串将被参数所替代。使用 Prepared 属性可以优化参数化命令的性能,参数化命令可以重复使用,每次只需要改变参数。例如,执行以下命令字符串将对所有雷达站号“22000”的状态进行查询:

```
Command cmd = New ADODB.Command
```

```
cmd.CommandText = "SELECT * from RadarStatusTab WHERE radarstation = 22000"
```

(3)对数据进行定位、检查、操作和编辑。大量 Recordset 对象方法和属性可用于对 Recordset 数据行进行检查、定位以及操作。Recordset 可看作行数组,在任意给定时间可进行测试和操作的行为“当前行”,在 Recordset 中的位置为“当前行位置”。每次移动到另一行时,该行将成为新的当前行。有多种方法可在 Recordset 中显式移动或“定位”(Move 方法)。一些方法(Find 方法)在其操作的附加效果中也能够做到。此外,设置某个属性(Bookmark 属性)同样可以更改行的位置。Filter 属性用于控制可访问的行(即这些行是“可见的”)。Sort 属性用于控制所定位的 Recordset 行中的顺序。Recordset 有一个 Fields 集合,它是在行中代表每个字段或列的 Field 集,可从 Field 对象的 Value 属性中为字段赋值或检索数据。作为选项,可访问大量字段数据(GetRows 和 Update 方法)。

例如,执行以下命令字符串将对雷达站号“22000”的操作状态字段进行更新:

```
cmd.CommandText = "Update RadarStatusTab set operating = 'STBY' WHERE radarstation = 22000"
```

## 4 应用情况

该实时监测系统软件在 2005 年投入运行,监测程序(radar1.exe)在广州番禺、韶关、阳江、梅州雷达站使用,处理程序(radar2.exe)在广东省气象技术装备中心通信机上运行,监测网页(<http://172.22.1.115/rdrun/rdjk.asp>)和相应数据库也按设计要求开发完成,表现出良好的兼容性,没有出现死机或资料溢出等不良现象,整个系统指标达到预期设计标准。2006 年相继在新建成的汕头、深圳雷达站也投入监测使用。目前,广东省气象工作者都可以方便地从网络获知天气雷达的当前运行情况,技术保障人员可以更深入了解和掌握每个雷达长期运行的参数状态变化过程,对帮助发现和排除潜在隐患故障有非常大的帮助。

## 5 结语

本文介绍的基于宽带技术实现全省天气雷达实时监测、全省联网互动的系统,既是大气探测设备全网实时监控与保障平台系统中的一部分,又是能独立工作的完整监测系统;该系统能自动实现对天气

雷达的运行状况和数据质量进行监测,对出现故障的雷达进行自动报警,全省雷达技术保障人员可以在系统上进行信息经验交流,管理人员方便了解全网雷达的当前运行情况。该系统能为省气象局实时监测本省天气雷达运行情况和维护指导产生积极作用,为利用新一代多普勒天气雷达对灾害性天气的预警提供有效的帮助。

### 参考文献

- [1] 葛润生. 新一代天气雷达系统功能规格需求书[R]. 北京:中国气象局,1997.
- [2] Federal Coordinator for Meteorological Services and Support-

ing Research. Doppler radar meteorological observations [G]. Federal Meteorological Handbook No. 11,1992.

- [3] 张培昌. 雷达气象学[M]. 北京:气象出版社,2001:485-496
- [4] 孟昭林,王坪,陆雅萍,等. CINRAD/SA 新一代天气雷达 RHI/PPI 扫描模式设计[J]. 气象科技 2004, 32(4):251-254.
- [5] 孟昭林. 新一代多普勒天气雷达远程诊断控制管理方案研究[J]. 气象科技,2006,34(增刊):85-89.
- [6] Microsoft Corporation. Visual 6.0 中文版语言参考手册[M]. 北京:北京希望电脑公司出品,1998.
- [7] 严蔚敏. 数据结构[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [8] 谭小丹. Visual Basic 6.0 数据库编程思想与实践[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.

## Design of Real-Time Meteorological Radar Monitoring System Based on Wideband Network Technology

Tan Jianrong Ao Zhenlang Li Jianyong

(Center of Meteorological and Technological Equipment, Guangdong Province, Guangzhou 510080)

**Abstract:** The significance of designing a new real-time meteorological radar monitor system is discussed, and the design of the new-type real-time monitoring system of meteorological radar based on the wideband network technology is introduced. The structure mode and functions of this new system are described, and the feasibility of this design based on the wide-band communication system is studied by discussing the TCP/IP and calculating the information quantity of meteorological radar data and the occupied bandwidth. The characteristics of the structure and storage of the real-time monitoring information from CINRAD/SA meteorological radar are analyzed, and the monitoring, receiving, sending, and storing methods of meteorological radar information are introduced. The emphasis is put on the programming of software for information transmitting and storing. According to two basic protocols of the TCP/IP (TCP & UDP) and ADO data-base programming technology, the long-distance control of the operation of the meteorological radar can be realized in real time based on the existing wide-band technology.

**Key words:** radar, real-time monitoring, TCP/IP