

面向智能终端的短临天气主观分析系统设计与实现

王 兴¹, 朱 彬¹, 毛雅萍², 王 晖³

(1.南京信息工程大学大气与环境实验教学中心, 江苏 南京 210044;

2.南京信息工程大学大气科学学院, 江苏 南京 210044;

3.南京信大气象科学技术研究院有限公司, 江苏 南京 210044)

摘 要: 提出一种面向智能终端的短临天气主观分析系统, 主要由远程气象大数据服务端和智能应用端两部分构成。前者包括数据接收与监测模块、数据检验模块、非常规气象资料转换模块、数据打包压缩模块和数据通信服务模块; 后者包括数据访问模块、多源数据融合模块、图形绘制模块和用户交互模块。该系统的设计与实现可为在近海、海上和高原等移动数据传输不发达区域且对天气条件敏感的行业用户, 提供面向移动终端的临近天气主观分析交互平台, 用较小的无线数据传输量, 通过便捷的移动设备, 向户外作业的专业人员提供可交互、可视化的天气实况监测、主观天气分析预报功能及应用。

关键词: 智能终端; 短临天气; 气象服务; 系统设计; 智慧气象

中图分类号: TP311.5 **文献标识码:** A

Design and Implementation of the Short-Range Weather Subjective Analysis System for Intelligent Terminals

WANG Xing¹, ZHU Bin¹, MAO Yaping², WANG Hui³

(1. Experiment Teaching Center for Atmospheric and Environmental Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

2. College of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China;

3. Nanjing Xinda Institution of Meteorological Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: This paper presents a subjective analysis system of short-range weather for intelligent terminals, which is mainly composed of two parts: the remote meteorological big data server and the intelligent application terminal. The former includes data receiving and monitoring module, data inspection module, unconventional meteorological data conversion module, data packaging and compression module and data communication service module; the latter includes data access module, multi-source data fusion module, graphics rendering module and user interaction module. The design and implementation of the system could offer mobile terminal oriented interactive platform for subjective analysis of adjacent weather to the industrial users sensitive to weather conditions in areas where mobile data transmission is underdeveloped, such as offshore and plateau areas. With a small amount of wireless data transmission and convenient mobile devices, it provides professionals working outdoors with interactive and visual weather monitoring, subjective weather analysis and forecast functions and applications.

Keywords: intelligent terminal; short-range weather; meteorological service; system design; intelligent meteorology

1 引言(Introduction)

天气预报作为一种面向公众的服务, 长期以来为人们所熟知。随着气象观测设备、技术和预报方法的不断提高, 民众可以很容易地获知未来7天甚至45天的中长期预报^[1]。同时, 预报的准确率也有显著的提升^[2,3], 并且在服务和交互的

方式上也呈现出多样化^[4,5]。然而, 对于一些特殊行业的用户而言, 他们更加关注即将发生的局地的灾害性天气。例如, 进行近海风电机组运维作业的用户, 需要精确地掌握未来0—2小时的天气状况, 如大风、大浪会影响出海作业的安全; 闪电、冰冻会影响风电机组的运维; 台风来临前需要根据风向

和风速准确调整风机叶片的方位和形态。这类对于气象敏感行业的用户,他们通常需要将实地观测的气象要素信息与大尺度的气象背景场信息结合起来加以主观分析,进而做出预报,为施工作业提供天气条件方面的决策服务。然而,由于受地理位置的限制,诸如在近海或高原地区,无线网络接入能力差,无线数据传输速率低,上述气象背景场等信息难以可靠地远程传输到作业地区,给预报分析工作造成极大困难。

为了解决这一问题,本文提出一种面向智能终端的临近天气主观分析系统,该系统可根据网络性能实时、动态地调整气象背景场等数据的时空分辨率,实现在较低移动网络带宽的条件下,为作业现场的专业技术人员提供主观天气分析、诊断、预报和决策。

2 系统组成与设计(System composition and design)

本系统主要由远程气象大数据服务端和智能应用端两部分组成,各主要功能模块如图1所示。其中,远程气象大数据服务端包括数据接收与监测模块、非常规气象资料转换模块、数据检验模块、数据打包压缩模块和数据通信服务模块;智能应用端包括数据访问模块、多源数据融合模块、图形绘制模块和用户交互模块等。

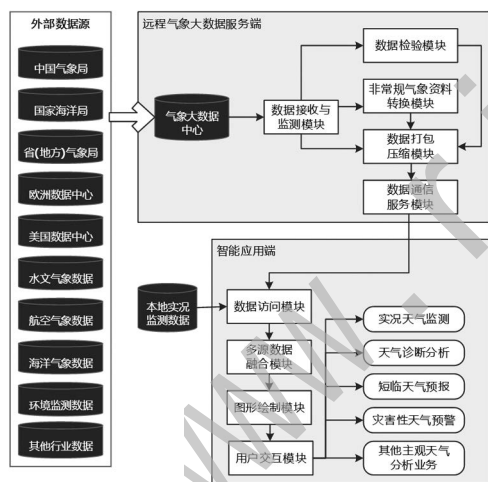


图1 系统总体组成架构

Fig.1 System overall composition architecture

2.1 远程气象大数据服务端

数据接收与监测模块以一定时间为周期,与气象大数据中心建立连接,根据下载规则清单遍历气象大数据中心中各类气象实况数据和再分析资料的文件列表,将其与已下载文件列表缓存做比对。当识别出有新文件时,进行下载并将该文件名添加到文件列表缓存中。文件列表缓存中每项记录的生命周期为数分钟至数小时,根据文件监测或更新频率可动态设定、调整。气象大数据中心中文件生成时间比当前系统时间早24小时以上的文件被视为非实况数据,按照预定规则

不予下载。

非常规气象资料转换模块负责将天气雷达、气象卫星等非常规气象观测数据进行空间位置定标、观测时间统一,以及均一化等转换和标准化处理。

数据检验模块负责对各个气象要素分别进行质量检验,对于检验出异常的记录值,采用特定值进行标注,再采用反距离权重或克里金^[6,7]等空间插值算法进行插补。

数据打包压缩模块负责将上述各类气象数据进行合并打包并压缩,然后拆分成若干个额定大小的小体积文件,以二进制格式保存,文件名包含用以标识这些小文件先后顺序的数字。

数据通信服务模块提供访问权限可控的对外数据推送服务,通过一个指定端口监听来自网络上各个智能移动终端的连接请求,采用TCP/IP协议与智能移动终端建立连接,对于验证通过的连接予以访问授权,采用UDP^[8]协议向智能移动终端推送经上述模块生成的数据文件。

2.2 智能应用端

数据访问模块根据用户在智能移动终端上的操作指令,通过移动网络接入Internet向数据通信服务模块的IP地址和预定端口发出连接请求,该请求包含了用户的账号相关信息。如果数据通信服务模块通过对该账号的验证,则反馈一条协议信息给智能移动终端,告知数据推送的端口号,数据访问模块即由此端口与数据通信服务模块建立UDP连接,开始数据接收。由于在数据服务端,每一个完整的数据报文被拆分成若干个额定体积的小文件,每一个完整数据报文除最后一个小文件外,其他文件的体积若有不等于额定体积,数据访问模块则向数据通信服务模块请求重传体积异常的小文件。

多源数据融合模块负责对已下载的数据进行解压缩,再进行融合计算。融合的数据除了从数据访问模块获取的气象资料外,还包括本地实况监测资料。这两类资料的区别在于:前者是更大空间尺度的综合性气象数据,可能包括全国甚至全球区域的数值模式产品、实况观测数据和再分析资料等,信息量大,资料的实时性相对较差(如全球数值模式产品往往比实况滞后1—3个小时);后者主要是用户所在地的实况气象监测数据,通常主要是温度、湿度、风向、风速等基本信息,信息量小,但实时性和局地性强,具有较高的参考价值。该模块还会根据用户交互模块的指令,进行数据的实时加工处理,如按用户划定的雷达回波的方位和范围,计算雷达体扫数据的垂直剖面,再将计算结果交由图形绘制模块进行图形绘制并展现在终端屏幕上。再如,根据用户在终端上设定的预报时效,使用已下载的雷达数据,进行雷达回波的外推预报,以及定量降水估测等。

图形绘制模块负责将气象数据及各种用户定制计算的结果进行图形绘制，在智能移动终端的屏幕上上进行图形化的数据展示，直观地反映各个气象要素的空间分布情况，图形化展现的形式包括基于地理信息的站点分布图、站点气象要素信息图、等值线图、填色图、曲线图、雷达回波图、径向速度图、雷达剖面图、卫星可见光图、卫星红外水汽图像等。

用户交互模块负责接受用户通过智能移动终端的操作指令，包括在触摸屏上手交互操作，以及在笔记本电脑上的鼠标、键盘操作等。根据这些指令协同多源数据融合模块和图形绘制模块完成定制的实况监测及预报产品的制作与展示。由此，为专业技术人员进行主观天气分析、预报和决策提供基础支撑。

3 系统实施方法(System implementation method)

本系统远程气象大数据服务端所有气象数据来自外部源，数据接收与监测模块以45秒为周期，与气象大数据中心建立连接，通过基于角色权限的授权策略，并根据下载规则清单遍历服务器上各类气象数据的文件列表，将其与本地的已下载文件列表缓存做比对。当识别出有新文件时，进行下载并将该文件名添加到文件列表缓存中。文件列表缓存中每项记录的生命周期为1440分钟，气象大数据中心上文件生成时间比当前系统时间早24小时以上的文件被视为非实况数据，按照预定规则不予下载。系统管理员可修改各项下载规则。所下载的数据种类包括常规地面观测数据、探空气象数据、天气雷达基数据、加密自动气象站观测数据、风廓线数据、GPS水汽数据、气象卫星数据等。如果连续N分钟没有检测到气象大数据中心上有新文件生成，该模块通过SMTP协议向预设的邮箱地址发送数据缺失预警邮件，这里N的定义如表1所示。

表1 各类气象数据文件监测时间间隔

Tab.1 Monitoring intervals of various meteorological data

文件类型	N取值(单位/分钟)
常规地面观测数据	360
探空气象数据	1140
天气雷达基数据	12
加密自动气象站观测数据	10
风廓线数据	60
GPS水汽数据	120
风云4号气象卫星数据	30

远程气象大数据服务端还负责将已下载的数据文件按规则分目录存储，并向本系统其他模块提供统一的数据访问接口，一方面向其他模块提供数据，另一方面接收并存储其他模块生成的数据。该模块还具备过期数据定时清理的功能，

清理的规则可由系统管理员设定，其规则项主要包括文件类型、文件大小、目录结构、过期时效、文件名匹配等。

非常规气象资料转换模块处理的资料类型较多，以雷达资料为例，该模块将雷达基数据的数据格式由极坐标转换为平面直角坐标，该转换过程是从雷达基数据第一个仰角、第一个方位角开始，由圆心沿径向方向逐步向外移动进行坐标转换，公式为：

$$X=| \frac{L}{n} \sin(\varphi \cdot \pi / 180) + X_0 |$$
$$Y=| \frac{L}{n} \cos(\varphi \cdot \pi / 180) + Y_0 |$$

其中， $L \cdot N=R$ 。

上式中，X、Y是平面直角坐标系中的坐标，R是雷达基数据体扫的最大半径，n的取值范围是2—8，n越大，转换后最终绘制的雷达回波图像颗粒感越细致，n越小该转换过程速度越快。 φ 是方位角， X_0 、 Y_0 分别表示极坐标方式下其圆心对应到平面直角坐标时坐标原点的位置。对于雷达基数据相邻两个方位角之间夹角所包含的平面直角坐标点，采用反距离权重进行插值。在平面直角坐标系中，极坐标下覆盖不到的区域取值为-99。

数据检验模块负责对各个气象要素分别进行质量检验，方法包括历史气候极值检验、过去5分钟、1小时、12小时同一要素的时间一致性检验，不同要素间的物理量关系检验，同一要素的空间插值检验等。对于检验出异常的记录值，采用-9999标注。

数据打包压缩模块负责将上述各类气象数据进行合并打包并压缩，然后拆分成若干个额定大小的文件。这里预设额定值为128kB，该值过小会增加非数据文件传输的数据流量，该值过大会增加数据重传时的数据流量，以二进制格式存储。该模块的主要目的是用以智能移动终端访问时，充分减少文件体积，降低数据传输量，并在数据传输异常时，只需要重新传输异常的数据文件。

数据通信服务模块提供访问权限可控的对外数据推送服务，开放一个指定端口监听来自网络各个智能移动终端的连接请求，采用TCP/IP协议与智能移动终端建立连接，对于验证通过的连接予以访问授权，采用UDP协议向智能移动终端推送经上述步骤生成的数据文件。

数据访问模块是在智能移动终端具备Internet访问能力的条件下，根据用户操作指令，向数据通信服务模块的IP及预定端口发出连接请求，该请求还包含用户的账号相关信息。如果数据通信服务模块通过对该账号的验证，则反馈一条协议信息给智能移动终端，告知数据推送的端口号，该模块即由此端口与数据通信服务模块建立UDP连接，进行数据接

(下转第31页)