

文章编号: 1000-2022(2004) 01-0090-07

上海 3 km 数值预报系统数据传输与产品制作

顾建峰¹, 王晓峰², 王坚捍¹, 陈家慧³, 郭敏¹

(1. 上海中心气象台, 上海 200030; 2. 上海台风研究所, 上海 200030; 3. 上海超级计算中心, 上海 201203)

摘要: 在异地、异构的复杂网络结构中, 采用防火墙的地址转换技术和传输过滤技术, 实现了上海 3 km 数值预报系统的数据安全传输。在数值预报产品制作中, 运用 VB 语言制作“三定预报”图形, 运用 GrADS 绘图软件制作形势预报图形, 并将“三定预报”产品与采用 GIS 技术制作的上海地图相结合, 实现了网站(网页)的调用形式。

关键词: 数值预报系统; 网络; 数据传输; 产品制作

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

近十多年来, 以高速度、高容量的巨型计算机为主体的计算机及其网络系统和实用的外部设备的发展, 加之气象通讯速度的迅速提高, 使得数值天气预报的发展更为完善, 已从形势预报向气象要素预报发展^[1]。在 1995 年和 1998 年, 以气象要素预报为目标的上海有限区域数值预报业务系统, 先后在 CDC4680、ALPHA2100、ORIGIN200 计算机和上海市气象局(以下简称 SMB)局域网中建立了水平分辨率分别为 75 km 和 37.5 km 的上海第四、第五代数值预报系统^[2-3]。2001 年, 在上海超级计算中心(以下简称 SSC)的神威- (SW-) 并行计算机系统中建立了最高水平分辨率为 3 km 的上海数值预报系统(上海 3 km 数值预报系统)。该系统的数据传输涉及到的网络有 Internet、DDN 专线、ADSL 以及 SMB 和 SSC 的局域网, 而目前国内外的数值预报系统一般均建立在本地的网络系统中, 因此建立在异地、异构复杂网络系统中的上海 3 km 数值预报系统必须解决的问题是网络安全问题。同时, 由于“定点、定量、定时”气象要素预报的要求, 对数值预报产品的表现形式提出了新的挑战。本文运用 VB 语言制作“三定预报”图形, 运用 GrADS 绘图软件制作形势预报图形, 并将“三定预报”产品与采用 GIS 技术制作的上海地图相结合, 实现了网站(网页)的调阅形式, 这样的数值预报产品制作方法和调阅形式在国内外还不多见。

1 上海 3 km 数值预报系统简介

上海 3 km 数值预报系统采用 MM5 V 3. 4^[4] 非静力平衡动力框架, 在 SW- 计算机 128 个 CPU 上进行并行计算。表 1 是模式动力框架的设计方案, 预报区域设计为四重嵌套网格结构, DOMAIN1 水平分辨率取 81 km, 中心点设在(100 E, 40 N), 包括青藏高原和伊朗高原;

收稿日期: 2003-03-16; 改回日期: 2003-07-14

基金项目: 上海市信息产业发展基金资助

作者简介: 顾建峰(1965-), 男, 江苏无锡人, 副研究员, 博士生。

DOMAIN2 水平分辨率取 27 km, 覆盖华东区域; DOMAIN3 水平分辨率取 9 km, 覆盖长江三角洲地区和杭州湾地区; DOMAIN4 水平分辨率取 3 km, 覆盖上海地区。

模式物理过程中的显式水汽方案采用混合位相方案(Mix phase scheme); 积云对流参数化在 DOMAIN1 和 DOMAIN2 采用 Grell 方案, DOMAIN3 和 DOMAIN4 则不采用积云对流参数化; 行星边界层参数化采用 MRF 方案, 并考虑了云中垂直水汽的绝热变化; 大气长、短波辐射采用 CCM2 方法, 并考虑了云对辐射的影响作用; 土壤温度预报采用多层土壤模式, 并考虑了土壤的热通量和水汽通量; 地表温度通过地表能量收支平衡方程计算; 另外还考虑了温度扰动的水平扩散、垂直水汽平流、垂直温度平流、位温水平平流和三维科氏参数。

表 1 中尺度数值模式设计方案

Table 1 Scheme of the mesoscale numerical model

	DOMAIN1	DOMAIN2	DOMAIN3	DOMAIN4
水平分辨率/km	81	27	9	3
格点数	97 × 97	97 × 97	97 × 97	97 × 97
垂直分辨率/层	23	23	23	23
侧边界方案	Relaxation	Time-dependent	Time-dependent	Time-dependent
地形资料	30 × 30	10 × 10	5 × 5	2 × 2
显式水汽方案	Mix phase	Mix phase	Mix phase	Mix phase
对流参数化	Grell	Grell	无	无
PBL 参数化	MRF	MRF	MRF	MRF
辐射方案	CCM2	CCM2	CCM2	CCM2
计算时间/h	48	48	48	48
时间步长/s	180	60	20	6.67
输出间隔/h	1	1	1	1

2 网络系统

由于上海 3 km 数值预报系统建立在 SSC 的局域网中, 致使数值预报系统的数据传输在 SSC 与 SMB 两地之间所涉及到的网络系统非常复杂。SSC 的局域网是 100 M Ethernet, 在物理上分隔为内网和外网, 进入 SW- 系统必须首先经过内网交换机登陆 SW- 的前端机 FEC, FEC 与 SW- 之间是 1 000 M 光纤网, 而一般用户连接在外网交换机上, 必须在内网防火墙上获得合法的 IP 地址后方能进入 SW- 系统。SSC 局域网连接 Internet 的方式有 100 M 科技网和 512 K ADSL 二种。SMB 的局域网也是 100 M Ethernet, SMB 与 SSC 之间利用 100 M 科技网的 VPN 实现点对点通讯。

3 数据传输

为了使上海 3 km 数值预报系统具有业务化的能力, 根据 SSC 和 SMB 的实际网络结构, 设计了如图 1 所示的上海 3 km 数值预报网络系统的拓扑结构。将一台 PC 机用作数值预报系统的控制台(以下简称 NWP-PC), 在 SSC 局域网中, 当它与内网交换机连接时, 将 NWP-PC 的 IP 地址设置为内网地址, 这样就可与 FEC0 和 FEC5(备份)直接通讯。当 NWP-PC 经过内网防火墙时, IP 地址可以自动转换为能够通过科技网访问 Internet 的合法 IP 地址, 但这种地

址转换功能是不可逆的,也就是说,当 NWP-PC 访问 Internet 时利用地址转换技术可以顺利通过 2 道防火墙,而外界若想访问 NWP-PC 时,由于它的内网 IP 地址对 Internet 并不合法,就无法访问到 NWP-PC,通过这样的 IP 地址转换技术有效地保护了 SW- 系统的安全性。假如科技网出现故障时,ADSL 作为备份使用,但此时 NWP-PC 是与外网交换机连接的,即 IP 地址是外网地址,当 NWP-PC 通过 Internet 完成通讯后,需要手动将外网 IP 地址变换到内网 IP 地址,才能与 FEC 通讯。

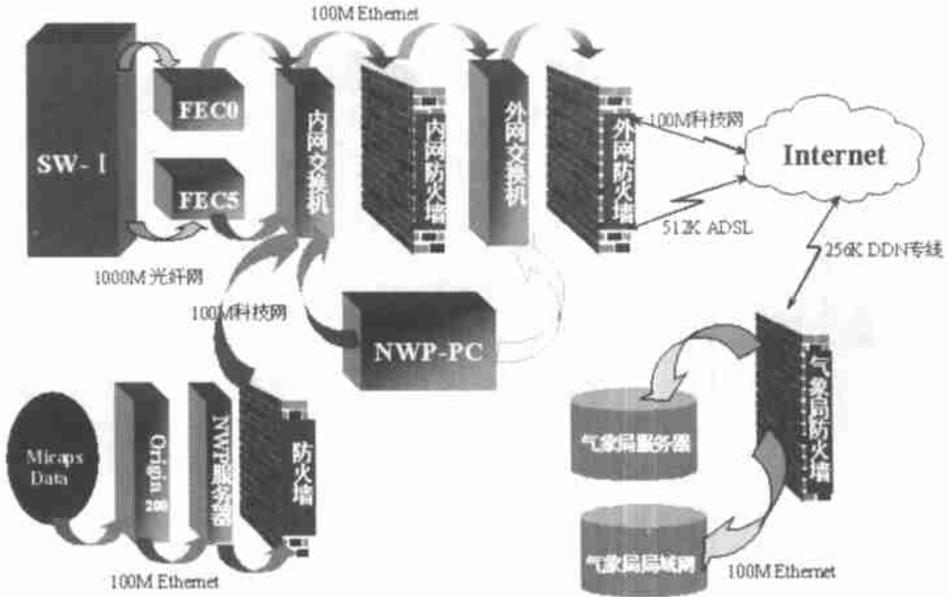


图 1 数值预报网络系统拓扑结构

Fig. 1 Network structure of the numerical prediction system

3.1 资料下载

由于模式初始场资料需要通过 Internet 从 NOAA 网站下载,因此需要一个稳定、高速和便捷的网络下载工具。随着 Internet 用户的迅猛增长,下载时经常会遇到网路阻塞,甚至使下载的文件不完全而成为垃圾。为解决这一问题,采用 NetAnts 软件,首先,它具有断点续传 (RESUME) 功能,当资料下载遇到突发情况,造成网络中断时,可以保留前期的下载部分,为再次下载节省时间并保持资料的完整性;其次,它具备 HTTP/FTP 多线程下载功能,即将文件分解为多个任务同时下载,提高了网络传输效率;第三,可灵活地成批处理下载任务来下载多个文件,这样为数据文件的选择提供了便利。同时可用病毒扫描程序来扫描下载文件,保证下载资料的安全性。

为了实现资料的定时、自动下载和传输,在 NWP-PC 上,通过读取计算机时间,将其转化为字符型变量,并由此生成欲下载的所有文件名和在 Internet 中相应的地址。通过计划任务的设置,定时启动,即可将所需文件的路径加载到 NetAnts 任务栏,在同一时间下载所有的资料到 NWP-PC 的指定目录。

3.2 观测资料传输

观测资料包括 08 时和 20 时的探空和地面资料,取自 SMB 的 Micaps 系统,每天定时在 Origin200 小型机上自动生成,NWP 服务器每天定时自动通过 SMB 局域网从 Origin200 小型机上获得观测资料。最后由 SSC 的 NWP-PC 通过科技网定时、自动从 NWP 服务器获得观测

资料。

3.3 预报产品传输

预报产品利用 SMB 的 DDN 专线通过 Internet 从 SSC NWP-PC 传输到 SMB 的局域网中。在 SSC NWP-PC 机上通过计划任务的设置, 定时启动, 自动将预报产品(包括有关数据文件、三定预报和等值线预报产品的图形文件)传输到 SMB 的 Web 服务器。为了 SMB 局域网的安全性, 在 SMB 防火墙操作系统中设置了过滤规则, 对 TCP/IP 信息包进行过滤, 作为在 Internet 中传输的 NWP 产品, 必须经过 SMB 防火墙过滤后才能传输到 SMB Web 服务器, 在 SMB 局域网中的设备以通过防火墙访问 Web 服务器的方式来获取 NWP 产品。

3.4 NWP-PC 与 FEC 之间的数据传输

当 NCEP 资料和观测资料从 NWP-PC 向 FEC 传输时, 首先, 需判断 NWP-PC 目录中资料是否已经存在, 若不存在则发出信息提示; 当资料存在时, 则生成由机器时间写成的日志文件, 该文件将资料生成时间与机器时间比较, 确定该资料为最新资料。然后, 打开配置文件, 向 FEC5 及 FEC0 传送资料及日志文件。配置文件均采用 ftp 命令格式, 支持 ftp 内建命令, 所有文件路径均可在该文件中修改, 实现资料传输的自动化。当资料传送完毕以后, 生成以 NWP-PC 机器时间为准, 用“年月日”定义的新目录, 将原目录中的资料全部移至该新目录保存。

预报资料传输时, 从 FEC 向 NWP-PC 发回一个日志文件, 用该文件与 NWP-PC 机器时间比较, 保证传输的数据为当日预报结果。通过配置文件来控制传输路径和对应目录, 并执行预报产品的制作程序。

4 产品制作

4.1 “三定预报”产品制作

根据 DOMAIN2、DOMAIN3 和 DOMAIN4 的网格点预报结果, 经插值转换产生华东区域 146 个单站要素预报产品, 其中上海地区站点有 32 个, 包括各区县、机场、车站、码头、会议中心、体育场馆和旅游景点等。单站要素预报产品包括 2 m 高的温度和相对湿度、10 m 高的风速风向、海平面气压、降水和天空状况等。

鉴于 VB 语言在图形制作方面的功能, 采用 VB 语言绘制气象要素的“三定预报”图形。图 2 是以宝山为例的单站要素预报。图中横坐标是预报时间, 共 48 h, 间隔为 1 h, 纵坐标与相对湿度和海平面气压相对应; 图中有 3 条曲线, 分别为温度、相对湿度和海平面气压, 其中温度曲线上每隔 3 h 标注数值, 还标注了第 1 天和第 2 天的最高、最低温度值; 柱体表示 3 h 累计降水量, 下方标注降水量值; 降水柱体下方第 1 栏是间隔 3 h 的风向、风速, 第 2 栏是间隔 3 h 的天空状况, 第 3 栏注明模式预报的开始时间。

4.2 等值线预报产品制作

采用 GRADS 绘图软件制作如表 2 所示的等值线预报产品, 预报产品均插值到经纬网格。由 DOMAIN1 插值到 1×1 的全国范围, 由 DOMAIN2 插值到 0.25×0.25 的华东区域, 由 DOMAIN4 插值到 0.025×0.025 的上海地区。预报的形势场在全国范围主要是 200、500、700、850 hPa 的高度场、温度场、风场和降水场, 其中高度场和温度场叠加在同一张图上。华东区域和上海地区只制作降水场。高度场、温度场、风场的预报时间分别为 12、24、36、48 h。降水场分别是预报 0~12、12~24、24~36、36~48 h 的累计降水量。另外制作预报形势场 0~48 h 的动画显示, 动画间隔为 1 h。

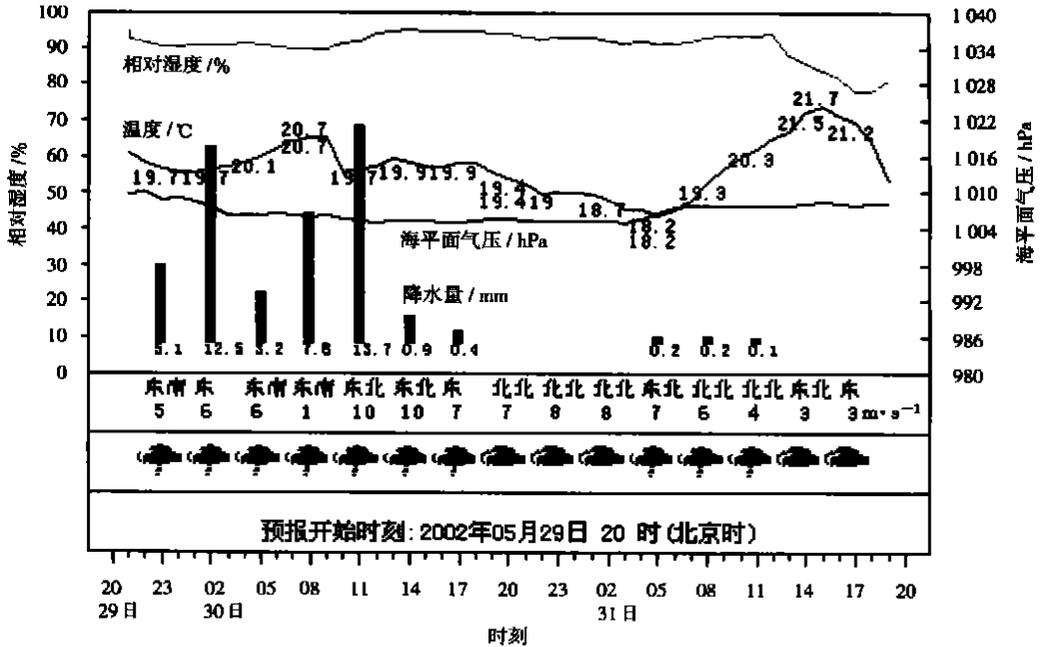


图 2 单站要素预报

Fig. 2 Meteorological elements prediction of single station

表 2 等值线预报产品

Table 2 Isoline products

区域	要素	等压面/hPa	预报时间/h	预报时间/h	预报时间/h	预报时间/h	动画显示时间/h		
全国	温压场	200	12	24	36	48	0~48		
		500	12	24	36	48	0~48		
		700	12	24	36	48	0~48		
		800	12	24	36	48	0~48		
	风场	200	12	24	36	48	0~48		
		500	12	24	36	48	0~48		
		700	12	24	36	48	0~48		
		850	12	24	36	48	0~48		
华东	降水		0~12	12~24	24~36	36~48	0~48		
		上海	降水		0~12	12~24	24~36	36~48	0~48

4.3 网站(网页)制作

随着国际互联网(Internet)的普及和信息技术的发展,建立一个基于交互式技术架构的网站已经成为一种潮流和趋势。在制作网站时,选用Dream Weaver作为图形开发的主要工具,结合Dynamic HTML(DHTML),如Layers、Timelines和Behaviors等,在浏览器中直接动态地更新网页内容、排版样式和动画等。

如图2所示的“三定预报”页面,利用模板技术导入图形。对于一般性质的页面,先创建新文档,在新文档中输入文本后对文本属性进行设置,然后对页面属性进行设置,如背景色、背景

图片等。需要图片的页面,使用 Insert 中的 image 命令插入图片,并可对图片位置、属性进行改动。使用表格、框架和图层三种网页定位技术将网页元素(文字、图片等)放置在页面的指定位置。

如表 2 的表格制作方法,在 HTML 语言中,用< table> 及< /table> 双标签表示,两标签间的内容即是表格内容,利用 DreamWeaver 中 Insert 的 Table 选项,定义需要制作的表格行列数,将页面按固定行列划分,并输入对应文字,利用属性面板,对表格背景、高度、宽度等按需求设置,并将各表格单元与相应页面链接,点击表格单元即可显示相应的等值线预报图形。

华东地区地图采用扫描的形式存入计算机,用 Fireworks 进行处理,利用各省界、海岸线及河流对整个区域分块;利用 Eraser tool 将各区域清空,使用 Eyedropper tool 及 Paint Bucket tool 对各个空的区域进行分色处理,利用文本框对文字字体、大小、颜色等重新设计,并采用浮雕形式显现。上海地图采用 GIS 技术制作,图 3a 是整个上海地区地图,图 3b 是上海市区地图。图 3a 包括郊区、县和市区,点击市区就可出现如图 3b 所示的市区地图。用户只需点击地图上的相关地名,即可得到该地点如图 2 所示的预报图形。



图 3 利用 GIS 技术制作的上海地图

a. 整个上海地区地图; b. 上海市区地图

Fig. 3 Shanghai map drawn by adopting GIS technique

a. whole regional map; b. urban map of Shanghai

5 小 结

由于上海 3 km 数值预报系统所用计算机和相应网络均不在本地,因此数据的传输必须面临不同的网络类型,本文通过在网络防火墙中运用地址转换技术和传输过滤规则,利用科技网、ADSL、DDN 专线等,实现了 SMB 与 SSC 异地、异构局域网之间数据的安全传输。

由于“定点、定量、定时”气象要素预报的要求,本文运用 VB 语言制作“三定预报”图形,运用 GrADS 绘图软件制作形势预报图形,并将“三定预报”产品与采用 GIS 技术制作的上海地图相结合。

数值预报产品的调用,利用 DreamWeaver 作为主要工具,结合 DHTML 制作网站,使用表格、框架和图层三种网页定位技术制作相应网页,实现了数值预报产品的网站(网页)调用形式。

上海 3 km 数值预报系统每天 2 次(08 和 20 时)自动运行,预报产品传输到气象台,为预报员制作上海地区的精细预报提供了有效的参考依据。

致谢: 本工作在完成期间得到上海超级计算中心诸同志的热心帮助, 谨表真挚的谢意!

参考文献:

- [1] 颜 宏. 大规模并行计算——21 世纪气象数值模拟与预报的未来[C]. 数值天气预报中的若干新技术. 北京: 气象出版社, 1995: 295-306.
- [2] 殷鹤宝, 顾建峰, 雷小途. 上海区域气象中心业务数值预报新系统及其运行结果初步分析[J]. 应用气象学报, 1997, 8(3): 358-367.
- [3] 顾建峰, 殷鹤宝, 徐一鸣, 等. MM5 在上海区域气象中心数值预报中的改进和应用[J]. 应用气象学报, 2000, 11(2): 189-198.
- [4] Dudhia Jimmy, Gill Dave, Guo Yong-run, et al. PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version3[R]. MMM/NCAR, 2002.

Data Transmission and Products Manufacturing in Shanghai 3 km Numerical Prediction System

GU Jian-feng¹, WANG Xiao-feng²,
WANG Jian-han¹, CHEN Jia-hui³, GUO Min¹

(1. Shanghai Weather Forecast Center, Shanghai 200030, China;

2. Shanghai Typhoon Institute, Shanghai 200030, China; 3. Shanghai Supercomputer Center, Shanghai 201203, China)

Abstract: By using the IP switch technique and designing filtration rules in the Internet firewall between different structure and site networks, safe transfer of the data of the Shanghai 3 km numerical prediction system is realized. In the numerical predict manufacturing process, the visual basic language is used to make the images of the "quantitative prediction of fixed point and time" while the GrADS plot software is utilized to produce synoptic charts. Further more, the images are combined with Shanghai electronic maps made by GIS technique. By this way, all numerical prediction information could be browsed in local area network(LAN).

Key words: numerical prediction system; network; data transmission; products producing