文章编号：1006-4354 (2004) 05-0026-03

华云神箭高性能集群计算机系统

夏巧利，陈高峰，杨银见

(陕西省气象台，陕西西安 710014)

中图分类号：P409 文献标识码：B

陕西省气象局引进的华云神箭高性能集群计算机系统于2003年6月在省气象台正式投入业务运行，其数值预报产品从2003年10月起在全省的精细化预报中发挥着重要作用。

1 系统介绍

1.1 系统结构及业务信息流程

1.1.1 系统结构 华云神箭高性能集群计算机系统由HYSJ-100高性能计算机、业务处理服务器、NAS服务器、安全网卡、百兆交换机、千兆交换机、UPS电源等组成。HYSJ-100高性能计算机简称并行计算机，系统并行计算机有9个节点，其中8个节点用于计算，1个节点用于服务和计算节点备用并通过双网络将它们连接起来。业务处理服务器，安装有业务化管理软件（华云神箭高性能数值天气预报业务系统）和结果分析软件（华云神箭用户分析应用软件）。

1.1.2 业务信息流程 华云神箭高性能集群计算机系统业务信息流程如图1所示。

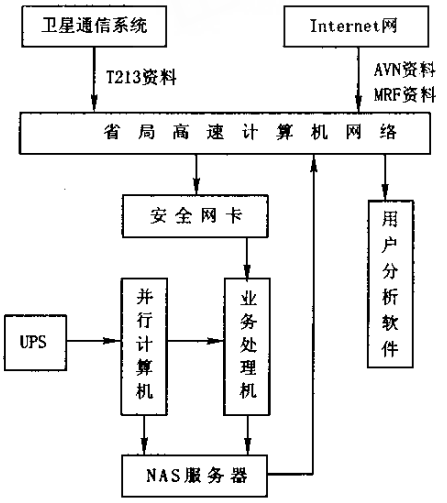


图1 业务信息流程图

MM5中尺度数值天气预报模式和系统的并行环境驻留在HYSJ-100高性能计算机内。

业务处理服务器从气象卫星综合业务系统接收国家气象中心数值模式的大尺度数值预报场和高空、地面实时观测数据，经初始处理后，由计算机完成数值预报的计算，并输出预报产品。

业务流程控制程序分服务器端和客户端。业务流程控制服务器端控制程序驻留在HYSJ-100高性能计算机内，负责控制数值预报分析作业的调度、管理和容错处理，以及监测整个集群计算机系统的工作。业务流程控制程序客户端程序驻留在业务处理服务器中。业务处理服务器负责接收T213资料、AVN资料、MRF资料、各类报文资料和实况资料并写入NAS服务器，进行资料的前期处理、提交作业和管理、系统参数设置、日志记录、监测告警等。业务流程控制程序定时从9210节点机中取出T213资料、高空、地面实时观测资料，也可通过Internet网获取美国AVN资料和MRF资料，并将资料写入NAS服务器，按策略送计算机计算。NAS服务器是网络附加存储系统，负责储存各类原始资料和高分辨率格点场计算结果资料，供用户、业务处理服务器和高性能计算机读取和存贮。

安全网卡安装在业务处理服务器内，起到内

收稿日期：2004-05-31

作者简介：夏巧利 (1963-)，女，陕西户县人，高级工程师，从事气象信息网络系统管理。

部防火墙作用，负责防止整个业务系统遭受非法用户入侵和攻击。用户端分析应用程序分别安装在预报科室的计算机内。

1.2 系统主要配置

并行计算节点：2×X2.4 GB/ECC DDR 1 GB/18 GB/100 MB/1 000MB，热插拔 SCSI；业务处理服务器：P4 2.0 GB/2 GB/40 GB/100 MB/1 000 MB；NAS 服务器：P4 2.0 GB/256 MB/100 MB×2/Raid5；安全网卡：32 位 RISC 嵌入式微处理器；PCI 总线，33 MHz，32 bit；并行交换机：3COM 12 口千兆以太网交换机；管理交换机：3COM 24 口快速以太网交换机；操作系统：Linux RedHat 8.0、Windows 2000 Pro；业务软件：华云神箭高性能数值天气预报业务系统软件；集群管理/监控 HYS-G Monitor；华云神箭用户分析应用软件。

1.3 系统特点

1.3.1 高性能的计算机 HYSJ-100 高性能集群计算机系统采用了国际主流的 SMP Cluster 结构，计算节点是高性能的 SMP 服务器，XEON 系列 CPU。内部采用双网络冗余结构。由千兆以太网络承担并行计算的数据交换，用百兆以太网承担内部通信管理和并行计算数据交换的备份网络，结构合理，信息交换流畅。8 个计算节点的华云神箭-100 高性能集群计算机浮点峰值速度为 640 亿次/s，Linpark 实测速度达到 358 亿次/s。

1.3.2 实时高速的业务计算 MM5 中尺度数值预报模式模拟范围垂直 23 层，三层嵌套网格，15 km 网格精度，时效 72 h。按陕西全省的预报范围模式并行计算，MM5 计算时间为 52 min。

1.3.3 自主的预报平台 以国家气象中心数值预报产品为基本初始场、高空、地面实时观测资料同化处理，减少对国外资料的依赖，并较好地体现当地区域特征。

1.3.4 多资料源冗余 除 T213 外，能同时处理美国 AVN、MRF 等资料，作为补充参考和研究比较。

2 系统功能

2.1 华云神 高性能数值天气预报业务系统

华云神箭高性能数值天气预报业务系统是业务化管理软件，安装在业务处理服务器中，具有系统资源管理、任务管理与控制、系统操作等功能。

2.1.1 资源管理 资源管理包括用户管理、MM5 作业参数设置、集群计算机节点资源管理、NAS 服务器管理和安全网卡管理等。

用户管理：实现 HYSJ 集群计算机系统用户的建立、用户权限设置、口令设置、删除用户等功能。MM5 计算设置：实现机群 MM5 计算时各种参数设置，包括机群设置、资料设置、业务化默认设置等。机群计算机设置指选择主计算节点（主计算节点只能有一个）和可用计算节点；资料设置给出 MM5 计算资料位置；业务化默认设置是对业务化任务的参数设置，即对业务化作业的优先级、所有数据存放路径、初始场形成方案、MM5 运行方案、网格嵌套和范围等设置。NAS 服务器管理：NAS 用户管理、系统服务、系统操作、接口操作、快速设置等。安全网卡管理：系统设置、网络设置、防火墙设置、系统入侵检测等。

2.1.2 任务管理与控制 包括建立 MM5 计算任务、将任务提交到 HYSJ-100 高性能计算机、终止与恢复计算任务、删除任务和查看当前任务的状态等。

任务建立与提交：实现任务建立并提交给 HYSJ-100 高性能计算机去完成任务，也可以删除任务。任务建立时必须给出资料来源、计算方式、资料时间、资料时次、初始场形成方案、MM5 运行方案、开始时间、作业调度优先级、是否容错、最小分辨率、网格嵌套、结果处理等。终止任务：用户可以终止任务表中任意的任务（包括正在运行的任务），系统管理员能看到所有用户发出的任务并可以终止。恢复已终止任务：恢复用户在“终止任务”菜单项中所终止的任务。

2.1.3 系统操作 系统操作包括对 HYSJ-100 的测试、UPS 电源的监测、查看 HYSJ-100 工作日志、HYSJ-100 系统关机和重启等。

系统检测：测试机群系统和 MM5 计算程序以保证机群始终处于良好的工作状态。其中：系统自测试完成机群系统网络连通性测试和 MM5 计算测试；Linpark 计算性能检查测试当前机群

系统的计算性能；主控节点切换检查测试系统是否能实现主控节点的自动切换，以检验机群系统的容错性能。电源监测：完成机群供电系统 UPS 的检测。实时显示 UPS 工作状态，在市电中断、UPS 失效、电池低电压等紧急情况下给予声音和文字提示。查看日志：实现集群计算机和 MM5 工作日志的查看。

2.2 华云神箭用户分析应用软件

用户分析应用软件是提供给预报人员使用、功能强大的气象信息处理、应用软件包。软件包包含预报输出平台、研究实验平台、九天易个性化服务平台。

2.2.1 预报输出平台 预报输出平台实现预报结果精细化输出和预报结果可视化图形输出。包括图形显示、数值分析、曲线图、分时预报、城市预报等。

图形显示可进行图形的选择(有五项选择项：要素、分辨率、时次、起报时间、时段）和为各测站所选时次的气象要素显示（包括温度、气压、相对湿度、风向、风速、露点温度、降水量共 7 种)。数值分析可以阅览不同地区、不同时间各站点气象要素全部预报时次的精细化数值预报结果。曲线图显示各站点不同时段内温度、相对湿度、露点温度和降雨量四张实况对比图。分时预报主要是表示各个站点在所选时次前 24 h 内的平均温度、最高温度、高温时刻、最低温度、低温时刻、最大风速、最大风速时刻及该时刻的风向和总降水等。城市预报各站点的各项城市预报指数包括降水概率、舒适度、中暑指数和感冒指数等。

2.2.2 研究实验平台 研究实验平台使用户可以在内部网的工作站上向集群计算机提交计算任务，从事实验研究工作。即用户可以选择 MM5 不同的物理选项等参数，重新对历史个例进行数值试验研究。用户可以指定数值试验的一段时间，自动递交给计算系统，系统能根据已递交的作业的优先级别调度、计算、分析。

2.2.3 九天易个性化服务平台 九天易个性化服务平台是高分辨率中尺度数值预报产品物理解读平台。运用这种物理解读平台，用户可以在很短时间内既形象又定量地从高分辨率中尺度数值预报产品中解读出所预报的中尺度天气演变物理过程以及在此基础上制作的个性化气象服务产品信息。

3 数值预报产品输出

根据目前的资料接收状况和业务需求，华云神箭高性能数值天气预报业务系统每天计算 3 次。输出的气象要素包含：高度场、温度场、湿度场、风场、流场和降水量场等各种物理量场的标准等压面；各预报点的常规气象要素；根据服务要求输出的其它各种气象要素场等。输出的短期预报间隔 1 h、时效达 72 h，输出的中长期预报为 15 d。所有预报产品均存放在 NAS 服务器中，省气象台已经将 NAS 服务器的 IP 地址映射在省局局域网服务器中。产品种类、文件命名和存放路径为：

(1) mm5/mm5bak/AT031GR

全省各站 72 h 逐时要素预报 1 fcst＃＃＃＃＃＃＃＃12.60h

中尺度模式全省 24 h 降水预报 1 fcst@@@@@@@@08.r24

中尺度模式全省 48 h 降水预报 1 fcst%%%%%%%%08.r24

(2) mm5/mm5bak/TT031GR

全省各站 72 h 逐时要素预报 2 fcst＃＃＃＃＃＃＃＃12.6h

中尺度模式全省 24 h 降水预报 2 fcst@@@@@@@@08.r24

中尺度模式全省 48 h 降水预报 2 fcst%%%%%%%%08.r24

(3) mm5/mm5bak/RF021GR

15 d 中长期预报 fcst %%%%%%%%00.6h

文件命名中各符号的含义为：＃＃＃＃＃＃＃＃代表前一天日期，@@@@@@@@代表当天日期，%%%%%%%%代表次日日期。