

吴焕萍,张永强,孙家民,等. 气候信息交互显示与分析平台(CIPAS)设计与实现. 应用气象学报,2013,24(5):631-640.

气候信息交互显示与分析平台(CIPAS)设计与实现

吴焕萍* 张永强 孙家民 邵鹏程

(国家气候中心 中国气象局气候研究开放实验室,北京 100081)

摘 要

气候信息交互显示与分析平台(CIPAS)设计为面向气候监测、诊断、预测等基础业务支撑系统。CIPAS 设计了面向气候业务应用的集约化基础数据环境,内容涵盖全时间序列的地面常规观测、指数资料、再分析资料以及数值预报产品等,并提供基于要素、层次、时间、范围、种类等查询参数的统一、简单的访问接口(API); CIPAS 设计采用多层次分布式架构并形成轻量级客户端,而客户端则采用组件化和插件化设计方法,涵盖数据、图形、分析处理、版面制图、配置管理等核心组件,形成可扩展和组装的基础业务功能模块及二次开发接口,并以工具箱的形式提供各种气候业务分析能力,如 EOF, SVD 等诊断分析工具。该文重点对 CIPAS 的建设原则、总体框架、主要功能、运行流程等设计进行详细介绍,并对平台实现所涉及的若干关键技术问题进行深入分析。CIPAS 初步具备了气候资料综合检索、多维显示、统计诊断分析产品生成等综合业务功能,其建设成果在国家级和试点省份的试用显示其较好的业务应用能力与发展前景。

关键词: 气候监测预测; 人机交互; 数据管理

引 言

国家气候中心作为国家级业务单位,承担着国家级气候、气候变化业务和对省级气候业务部门工作指导责任,经过多年发展已逐步建成了集气候系统监测、气候诊断、气候预测、气候影响评估和气候变化研究为一体的业务科研支撑体系。但随着现代气候业务的不断发展,这种以现代气象资料综合应用和气候综合信息分析处理为技术支撑的发展思路,表现出了基础信息平台支撑能力严重不足。

从国家级业务系统建设与应用来看,尽管不同规模和数量、种类的业务系统也在不断发展,但由于缺乏良好的顶层设计、配套的信息化标准与规范以及持续性发展,多年来一直未能形成面向气候监测预测等全国性基础业务的应用支撑平台。从国内外天气领域业务系统发展模式来看,美国 AWIPS、德国 NinJo、欧洲中心 MetView/Magics++、法国 Synergie、挪威 Diana 以及中国 MICAPS 等^[1-3],均

坚持了基础性平台不断持续发展版本升级的长期发展思路,并朝着集约化、自动化、专业化、规范化、流程化、标准化、开放性方向不断改进。气候业务虽然属于典型的科研型业务,但天气领域的业务系统发展思路仍值得借鉴。同时也关注到国外的一些较为成熟的气候业务和科研系统,如美国大气海洋局 NOAA 地球系统实验室(ESRL)开发的在线气候分析系统(PSD Interactive Plotting and Analysis Pages)^[4],美国国际气候研究院 IRI 的 CPT(Climate Predictability Tool)^[5],美国能源部科学办公室资助下的气候模式诊断和分析小组的 CDAT(Climate Data Analysis Tools)^[6],以及日本东京气候中心 TCC 的 ITACS(Interactive Tool for Analysis of Climate System)^[7],无论是系统框架、功能还是技术发展方向这些系统均值得借鉴。

国家气候中心于 2010 年底启动了面向气候监测、诊断、预测等基本业务的气候信息交互显示与分析平台(Climate Interactive Plotting and Analysis System, CIPAS)的建设^[8],并立足于全国现代气候业

2012-10-19 收到, 2013-05-06 收到再改稿。

资助项目:国家科技支撑计划项目(2009BAC51B05)

* email: whp@pku.org.cn

务基础业务需求^[9-12],着力实现软件设计通用化、数据共享集约标准化、系统结构网络化、交互工具人性化等基础目标。本文对 CIPAS 的建设原则、总体框架、主要功能、运行流程进行详细介绍,同时对平台实现所涉及的若干关键技术问题进行深入分析,最后也给出应用案例和未来发展方向。

1 总体框架及主要功能

1.1 设计思路

CIPAS是集气候监测、诊断、预测等功能于一体的基础业务平台,属于功能较为齐全、应用较为复杂、用户范围较为广泛的综合应用系统,并将通过不断的滚动发展逐步满足全国气候业务部门的气候资料综合检索、多维显示、统计诊断分析、产品生成、信息标准化,并兼顾系统运行维护、平台定制和二次开发等多类用户的多层次需求。CIPAS 的建设与规划将遵循总体设计、分步实施,统一环境、规范业务,技术先进、安全可靠的基本设计思路。

总体设计,分步实施。CIPAS 进行全面统筹规划,做好顶层设计,进而分步骤实施。优先考虑系统架构的合理设计,在此基础上逐步进行各功能组件及系统接口的深化设计,使组件之间实现高内聚、低

耦合,力求形成为一个布局合理、功能完备、能力均衡、分工明确的平台。

统一环境,规范业务。CIPAS 应用的核心思想是“统一”,包括统一业务标准、数据环境、软件架构、技术实现、软硬件环境等,进一步规范气候业务操作与流程,实现国家级、省级两级灵活部署和分布式应用的气候综合业务平台。

技术先进,安全可靠。CIPAS 建设充分借鉴信息技术发展前沿,综合运用了数据库、三维可视化、地理信息系统(GIS)、分布式计算等多项信息技术^[13-16],并遵循稳定性(7×24 h 运行稳定)、可扩展性(功能、数据、可视化、用户界面等)、可配置性、跨平台性(跨操作系统和硬件环境等能力)、标准性和规范性等设计原则。

1.2 总体框架

面向气候监测、诊断、预测等基本业务需求,采用自顶向下、分层设计、逐步求精的设计思路,将 CIPAS 功能设计划分为面向数据库及应用服务器、业务应用服务器、窗口程序三大实体组件,如图 1 所示,它是一种典型的多层体系结构。

表现层是平台面向用户的人机交互部分,其主要表现形式为客户端窗口界面程序(GUI),覆盖了面向用户的所有功能,业务用户可以通过客户端窗

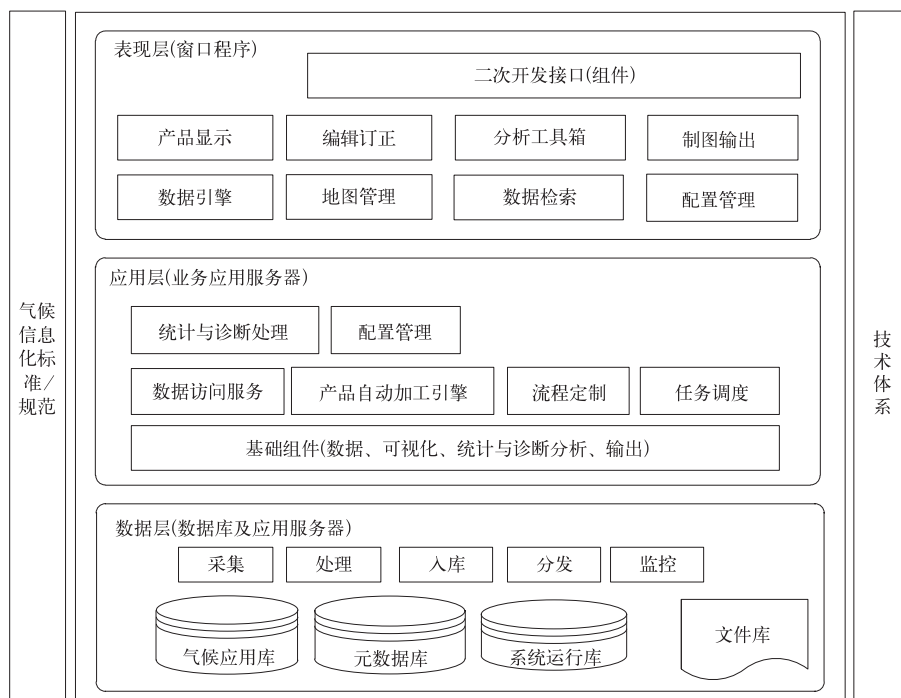


图 1 CIPAS 总体框架图

Fig. 1 Framework of CIPAS

口程序与平台进行交互式操作,实现监测预测业务功能。

应用层是平台的中间层,由气候业务相关组件组成,包括监测、预测、诊断分析算法、数据访问、可视化、输出等基础组件,以及数据访问、自动执行引擎、流程定制、任务调度等面向产品自动生成的扩展组件。应用层除了完成需要后台自动分析处理的应用并负责与数据层接口访问外,还接受来自于表现层窗口程序的调用,如一些在线气候诊断分析功能的具体实现。

数据层是平台的数据库、文件系统及相应管理系统,有利于数据的安全访问和屏蔽数据源不同对业务逻辑层的影响。数据层主要存储多类基础数据,如观测资料、指数资料、模式资料、预报预测资料等,同时包括了这些数据的采集、处理、入库、分发等基本功能。

标准规范主要包括了形成 CIPAS 信息化要求的统一的气候数据、存储、交换、应用、产品和管理等各方面的标准和规范;技术体系包括了系统建设实施中所需要遵循和应用的一系列软、硬件支持环境。

1.3 主要功能

结合 CIPAS 提出的总体框架,并满足气候资料综合检索、多维显示、统计诊断分析、产品生成等业务需求,其系统的主要功能设计如图 2 所示,客户端主界面见图 3。

数据支持:CIPAS 设计支持多种数据格式。支持 NetCDF, HDF, GRIB1/2, CTL 二进制(GRADS)等多维数据模型存储的气候数据,如 NCEP 再分析资料通常采用 NetCDF 格式,而国内的 T639 等模式资料采用 GRIB 格式;CIPAS 兼容 MICAPS 多类文件格式,如地面、高空填图、观测站、格点、预报员交互等数据,以最大化接入 MICAPS 数据服务器中大量的资料;此外,CIPAS 对地理信息如 Shape file 矢量、GeoTiff 影像等格式得到了较好支持,以实现精细化的地理信息接入。

地图管理:地图管理支持地图缩小、地图放大、地图漫游、地图全屏、投影变换、空间显示范围设置、地图背景设置等操作,图层管理支持图层新建、移动、删除、叠加、空间显示范围设置等操作,上述功能实现了各种气候信息与基础地理信息等无缝高效集成精细化显示与管理。此外,CIPAS 设计还支持了多窗口及联动显示,以方便预报员进行多种资料的对比显示与分析。

综合显示:CIPAS 设计充分考虑了气候业务产品显示要求,还充分兼容了 MICAPS 显示方式。主要显示类型包括地面填图、高空填图、站点图、等值线图、色斑图、格点图、风场图、流场图、剖面图、曲线图等。其中,曲线实现支持 CIPAS 数据库文件以及本地文件的显示并提供历年值、多年滑动、平均值、

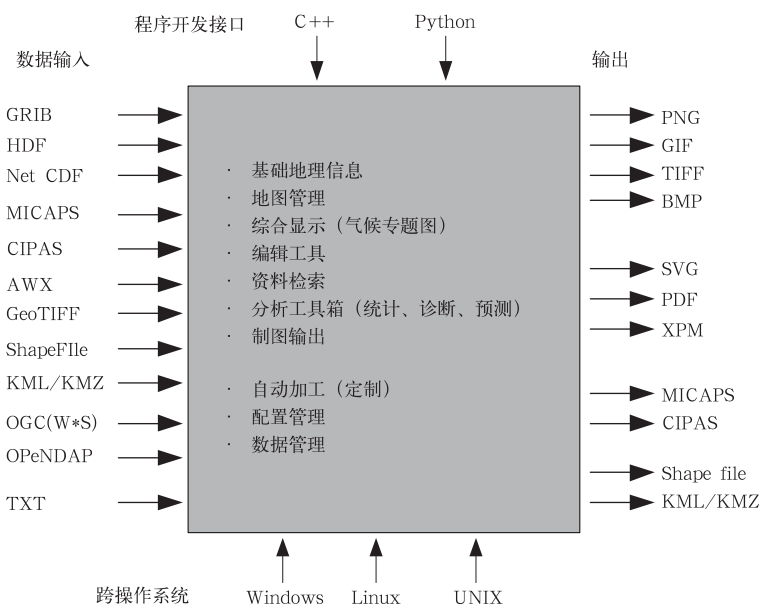


图 2 CIPAS 主要功能示意图

Fig. 2 Main features of CIPAS

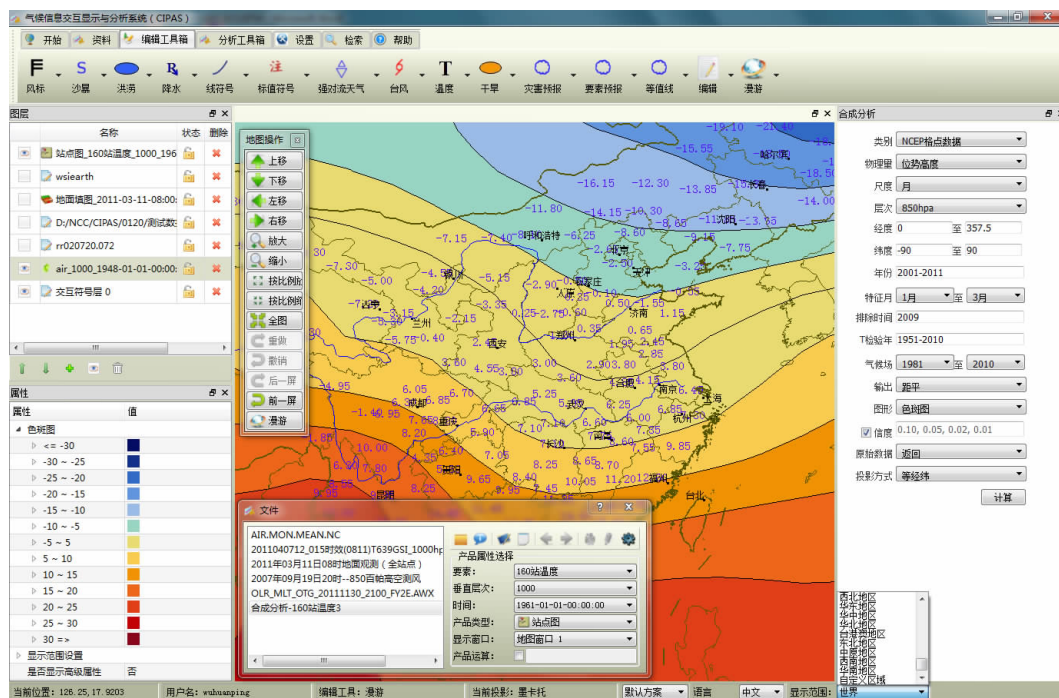


图3 CIPAS客户端主界面示意图

Fig. 3 Main user interface of CIPAS client

距平值等多种信息显示。此外,CIPAS还支持类GIS方式的专题图显示,如按唯一、分类等显示、文字标注等操作,以最大化地提高气候业务产品的可视化水平。

资料检索:客户端支持用户通过快速定制CIPAS数据环境和MICAPS服务器中的数据文件来实现各类资料的快速浏览,定制资料可以通过综合显示功能提供给用户可视化查看分析。

编辑与订正工具:支持通用的等值线、线条、文字、落区(封闭多边形)绘制,支持常用天气气候现象符号绘制,支持气候常用灾害现象绘制,同时支持修改、移动、删除、后退撤消、前进重做等操作,为主观气候要素预报产品交互式制作、订正提供了良好的用户界面。

分析工具箱:设计面向气候监测、诊断、预测等业务需求人基本数学计算、统计诊断分析、预测分析功能,并形成可分类管理的工具箱,属于CIPAS分析应用的核心功能。目前设计的主要工具有合成分析、EOF分析、SVD分析、回归分析、相关分析、剖面分析、曲线分析、 t 检验、 U 检验、累加计算、距平计算、平均值计算、滑动平均计算、极值计算等。针对一些重要的分析工具直接支持了用户选择数据源(如站点资料、再分析资料、数值预报产品、指数资料

等)、空间区域、时间尺度等,并在服务器端运算后再返回分析结果至CIPAS客户端并进行合理的可视化。此外,工具箱中还提供了面向气温、降水要素预报落区反演至站点等专用分析工具。工具箱设计具有添加、删除、分类管理等功能并支持用户自己定义开发工具的扩展。用户通过一系列已有的工具以及扩展能力,可以快速形成面向特定的业务功能甚至业务流程,以满足气候诊断与预测业务的动态需求。

产品加工与输出:通过制图窗口实现交互式气候图形产品的制作与输出能力,支持页面设置、图例设置、标题设置、图片导入、模板管理(保存、导入)、比例尺设置、几何图形添加、图形布局(排列、顺序);支持多种图片输出格式(PDF, PNG, JPG, BMP, TIFF等),支持所见即所得的直接打印输出。

产品自动生成定制:CIPAS设计实现面向监测、诊断、预测日常产品的定制作业流程与自动生成。包括气候业务算法和通用算法管理、产品自动加工流程作业装载和实现等功能,同时还提供图形模板管理功能。后台加工可以根据业务人员定制的产品加工作业计划,以批处理方式自动执行作业任务。

气候数据管理:实现CIPAS气候应用数据库、文件库的综合管理。数据管理主要包括从数据接口

实时采集获取原始数据,进行相应处理后再进入气候应用数据库,同时相应处理流程上的监控与日志等信息。此外,还提供数据库备份和恢复、分发等辅助功能。

应用扩展与配置:CIPAS 设计提供应用扩展、界面定制和二次开发功能。界面定制提供可视化的界面,为用户提供用户菜单、工具栏、启动界面、应用程序名称、LOGO 等定制工具和系统功能级别的定制功能,配置参数的保存以及支持不同用户的配置功能项;CIPAS 窗口程序提供 C++ 和 Python 等

程序语言二次开发接口和扩展(数据组件、显示组件、制图组件、分析组件等核心接口)等高级应用,以实现省级业务单位的本地化应用需求。

1.4 部署与运行流程

CIPAS 国家级与省级的部署和运行流程如图 4 所示。CIPAS 采用分布式构架部署,其客户端部署在用户业务高性能 PC 机上或者图形工作站上,而产品自动生成及应用处理等服务器端应用等部署在刀片服务器上(或者 PC 服务器),数据环境部署在相应的数据服务器上,而国家级和省级部署方案一致。

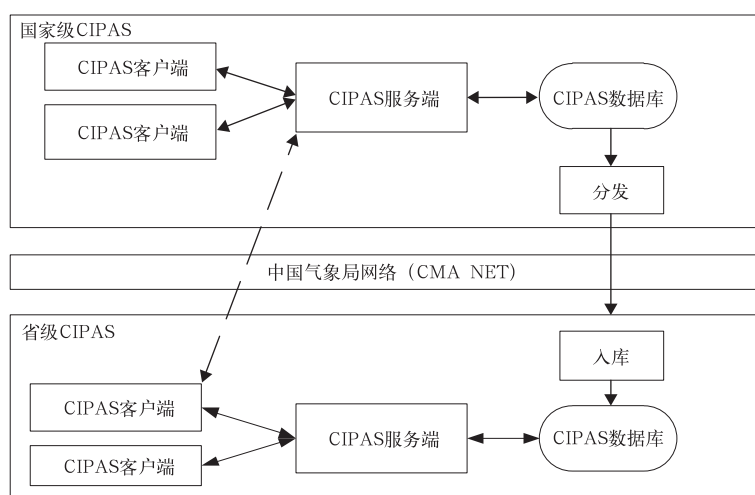


图 4 CIPAS 部署与运行流程示意图

Fig. 4 CIPAS deployment and workflow

为了省级数据环境接入的简单快捷性、数据的统一性,CIPAS 将国家级数据环境中处理后的资料(最小时次为日)利用中国气象宽带网(CMA NET)通路实时分发至 CIPAS 省级数据环境中,以实现数据同步更新。若 CMA NET 允许,省级 CIPAS 客户端也可以连接国家级的 CIPAS 服务器,直接调用国家级 CIPAS 应用服务器及数据资源,如实现在线气候诊断分析并获取分析后的相应数据(如图 4 虚线部分所示)。

2 关键技术

2.1 数据管理与存储

CIPAS 较好地设计支持了文件系统,即通过打开本地文件读入多种天气气候数据格式,实现气候信息有效接入。此外,针对气候业务长时间序列资料等应用需求,CIPAS 还设计了面向其基础应用的

专题数据库。

数据库中主要包括全时间序列的地面常规观测资料、指数资料、再分析资料以及数值预报产品,主要分为站点和格点类型。关系型数据库能够对站点等类型的数据进行存储与管理,还可以通过数据库分区、索引、视图等方面进行优化,直接面向应用。但对于格点类型的数据,目前由于数据库不能支持这种非结构化数据,通常是采用关系型数据库存储其主要元数据信息,而真正的数据文件则通过文件系统进行存储。由于格点资料来源的格式差异性(如 NetCDF, GRIB 等),为了进一步增强访问效率,CIPAS 引入了格点库的概念,即将不同格式、不同时效、不同层次、不同要素、不同种类的数据源进行统一转换为中间二进制格式。为了简化客户端应用的复杂度,CIPAS 对站点、格点等数据的访问封装成统一的 API 接口,接口主要包括了要素、层次、时间、范围、种类等参数。

为了进一步规范 CIPAS 数据和产品的对外共享与交换,制定了 CIPAS 交换格式标准,包括了站点格式、格点格式、指数格式以及人机交互格式,并在平台中实现。交换格式包括了元数据信息和数据项两部分内容,其元数据信息部分设计包括时间、空间、投影、数据单位、数据质量等方面,而数据项设计遵循了数据表达的简洁性、可读性、交换性、传输性等原则,并充分考虑数据的时间、空间特性及表达形式等,以实现数据高效存储与交换目的。

2.2 图形引擎及核心算法

CIPAS 图形显示的设计考虑到了未来二维、三维一体化发展趋势,因此直接采用了三维可视化显示引擎技术,主要采用了 OpenGL(Open Graphics Library)图形库。OpenGL 较好地支持了二维、三维图形图像并具有较高的显示与加速性能。系统二维显示的基础上可以快速扩展至三维显示,从而达到气候信息二维、三维一体化显示。

CIPAS 在 OpenGL 的基础上进行了有效封装,如封装了显示地理信息通用数据结构(点、线、多边形线、栅格等)的显示图元,封装了显示气候信息的专用数据结构,如等值线、色斑图、流场图、风羽图、高空地面填图等,封装了显示图元颜色、样式、透明度、纹理贴图等辅助功能。这些图元采用树形结构的管理方式增强效率,并通过图形引擎提供一组相对稳定的接口供外部调用。

CIPAS 技术实现上的图形引擎部分涉及的各种核心图形图像算法均需要高效实现,如图形裁减、线条光滑、区域填充、投影变换、空间插值方法等,限于篇幅本文不再赘述。

2.3 产品自动生成方法

CIPAS 客户端可以较好地满足业务人员人机交互式显示与分析的业务需求,但面向一些常规的气候监测产品,用户总是希望能自动、定时生成并快速调阅。因此,CIPAS 设计时充分考虑了此项需求,引入工作流、可视化建模、任务调度等信息技术来实现产品的定制批处理生成流程,并期望不断发展,突破传统的采用脚本的方式(如 NCL^[17]和 GRADS^[18])来定义产品生成。

可视化建模的实现,首先将 CIPAS 的核心功能组件化,然后采用 GUI 方式提供若干工具(Tool),供用户将这些工具组合形成加工流程的连接工具,允许用户指定输入、输出参数以及必要产品显示模板等,这样用户就可以将这些工具组合起来实现某

一类产品的加工作业(Task)流程,如典型的产品生成流程读取数据、插值分析、显示、图片生成。任务调度的实现,需要完成作业流程的定时启动,合理调度并充分利用多服务器资源,支持多任务并发执行等策略,加快产品生成处理速度。此外,作业流程中的工具运行时需要识别和保存当前的运行状态等信息,并采用日志方式输出供监控功能调用,避免后台作业等待人为干预而停止。

2.4 分布式通讯与异步机制

CIPAS 设计要求实现采用分布式部署,即将算法复杂、消耗系统资源较大的分析组件部署在服务器端,CIPAS 客户端可以通过数据通信发送分析任务请求到服务器端,由服务器端根据请求从数据基础环境获取数据、调用算法进行统计分析处理,将分析结果通过数据通信返回给发送请求的客户端(如分析工具箱中的在线诊断分析)。

CIPAS 采用远程过程调用协议(RPC)来实现服务器端和客户端的通讯,主要利用了数据通信 ICE(Internet Communications Engine)开源中间件来实现。ICE 可以为构建面向对象的客户-服务器应用提供工具、API 和库支持,并具有在异种环境中使用的特性。在实现 CIPAS 客户端提供的在线诊断分析等时,对 ICE 两端定义了具体的传输内容(如数据、显示参数等)和格式来确保高效通讯。

CIPAS 平台具有典型的人机交互行为,为了进一步提高界面的响应速度,给用户更好的交互体验,使用了多线程技术。界面为交互线程,用来处理用户的交互请求,而逻辑处理线程用来处理用户的处理逻辑。当后台处理较慢时则不影响界面响应速度,从而实现异步机制。

2.5 跨平台实现方法

CIPAS 是典型的以图形图像可视化为核心的应用程序,要求较高的效率和响应速度,并要求跨操作系统运行,因此在软件开发语言、开发工具以及所使用的开源中间件上都做了较高的要求。

CIPAS 窗口程序采用了 C/C++ 开发语言及编译后运行,C/C++ 语言支持 OOP 特性,可以提高软件的重用性、灵活性和扩展性及跨平台开发与运行;而 CIPAS 应用服务器端则主要采用了 JAVA 语言,天生具有跨平台特性;CIPAS 客户端采用 Qt 开发平台,它是诺基亚跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架,提供了高质量的图形用户界面功能。Qt 的完全面向对象、扩展性允许真正地组件式

编程;图形引擎采用了 OpenGL,它定义了一个跨平台的图形图像编程接口,实现了与硬件无关的特性;分布通讯采用 ICE,它作为一种面向对象的开源中间件,也适合于异种环境中使用,其源码均可移植。

因此,CIPAS 通过将部分代码进行再次编译,就可以做到不同版本在不同的操作系统环境中运行,如 Windows, Unix, Linux, MacOS, OS/2,甚至嵌入式操作系统,具有很好的移植性。

2.6 开发接口、工具箱插件机制

CIPAS 在保证基础平台特性的同时,还应具有扩展专业性应用版本的能力,这就要求提供二次开发接口和工具箱的插件机制。工具箱是 CIPAS 的核心功能之一,它为气候监测、诊断以及预测提供了基础的分析工具,这些分析工具并具有不断完善与发展的业务需求,因此工具箱的动态添加、更新、分类等管理以及插件机制的实现显得尤为重要。为了满足上述需求,CIPAS 本质上全部采用了面向对象的组件化设计思路,组件除了内部调用外,并将其封装好接口提供给外部开发和扩展用户调用。

CIPAS 组件设计充分运用设计模式技术,其组件粒度设计合理划分,实现组件高内聚、轻耦合,其涵盖了数据、图形、分析处理、版面制图、配置管理等核心组件,并将一步开放更小粒度的组件,对支持更加复杂的二次开发应用、客户端功能、分析工具箱扩展。CIPAS 直接提供核心 C++ 组件供外部用户直接做组件二次开发扩展,如采用 Qt 插件宏来实

现插件的开发,以省去插件开发中的定义插件接口、加载插件、导出插件函数等。此外,CIPAS 设计还可以提供用户通过 PyQt (PyQt 是一个创建 GUI 应用程序的工具包,为 Python 语言和 Qt 库的融合)环境下采用 Python 脚本语言作为快速开发工具,使用户插件编写简单化。

3 CIPAS 初步应用

2011 年 CIPAS 已完成核心框架、主要功能和相应数据环境建设,并初具规模。CIPAS 遵循了边研发边应用的模式,2011 年底以来建设成果已经在国家级业务单位和 5 个试点省份投入了试用,2012 年开展了全国试用,在业务应用中发挥了重要作用。

3.1 气候诊断分析应用

气候诊断分析方面,CIPAS 首次集约化的提供了基于多种数据源、多时间尺度的合成分析、EOF、相关分析、SVD、剖面与曲线分析等通用工具箱,初步形成了面向基础气候业务的监测诊断能力。

如预报员利用首先利用系统提供的曲线分析工具对各种资料进行时间系列分析后形成指数并保存为磁盘文件,然后在相关分析工具中通过自定义上传指数功能将其上传至服务器,最后采用该指数与其他与在线资料进行相关分析,图 5 给出了中国区域气温与环流场位势高度的相关分析结果。

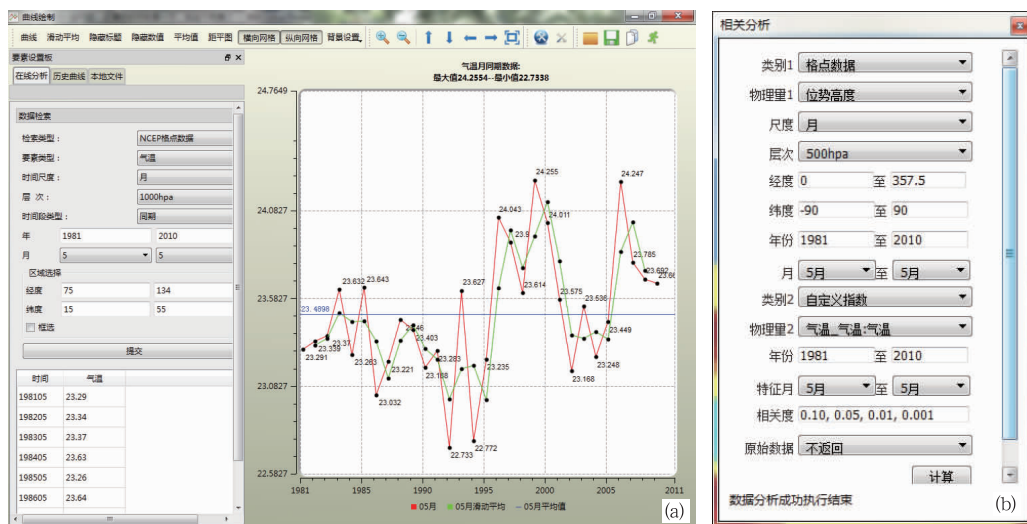
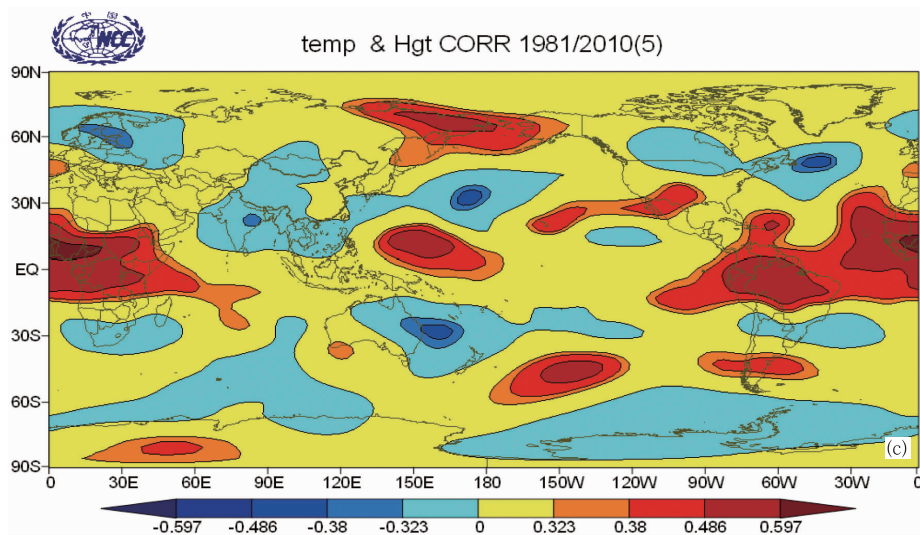


图 5 气候诊断分析应用示意
(a)曲线分析,(b)相关分析,(c)相关分析结果

Fig.5 Climate diagnosis application
(a)curve analysis, (b)correlation analysis, (c)correlation analysis result



续图 5

3.2 要素预报应用

结合工具箱中的多类工具,在气温、降水等要素预报方面,业务人员可以通过 CIPAS 提供的集约化的人机交互落区绘制、站点反演、产品制作、出图等一系列工具,完成气候资料调阅、降水、气温等月、季甚至滚动时间尺度的距平预报,然后反演到基于站

点的预报,并对反演结果作进一步交互式订正(如站点标值、显示预报值、空间定位查询后交互式订正),最后结合模板快速形成较高质量的要素预报图形和数据产品(CIPAS 格式),如图 6 所示,整个业务流程清晰并较好地提高了工作效率。

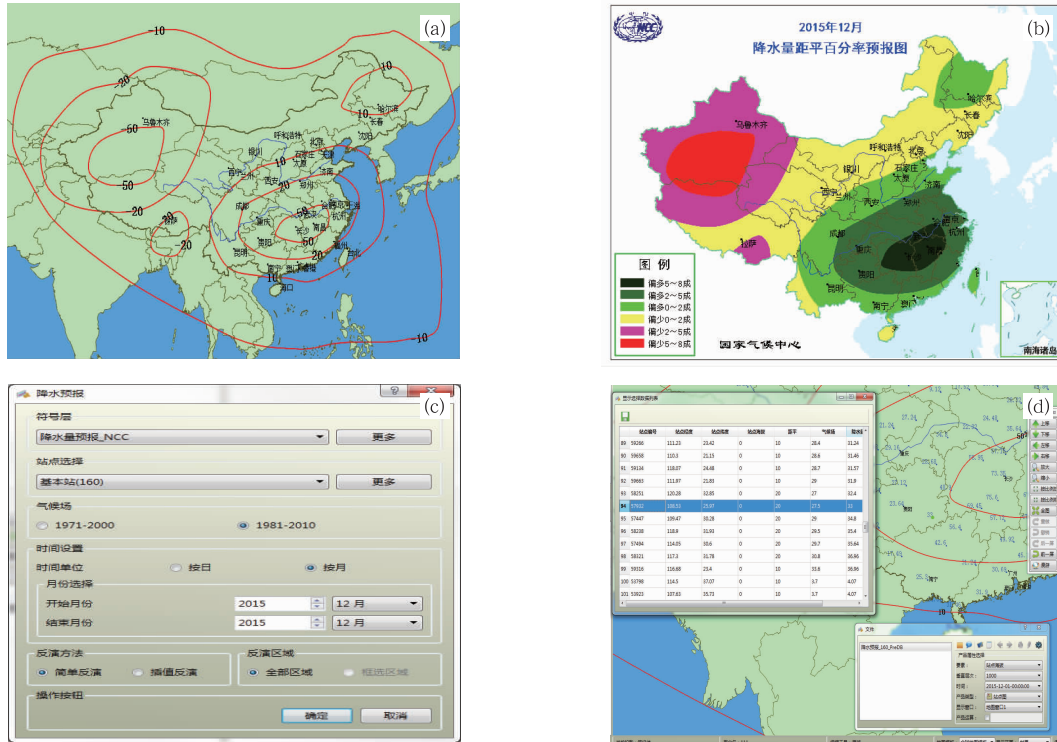


图 6 月降水量预报交互生成应用
(a) 预报员绘制的降水距平百分率, (b) 运用预报模板后的预报图形产品
(c) 从落区预报反演到站点工具, (d) 反演结果及交互订正界面

Fig. 6 Interactive monthly precipitation prediction (a) precipitation anomaly percentage, (b) final service product with proper cartography template, (c) interface of rainfall converting from falling area to station, (d) interface of human-computer interaction on rainfall forecast correction

4 小结与讨论

CIPAS是中国气象局正在着力发展的面向现代气候业务的基础平台,综合运用了数据库、三维可视化、地理信息系统(GIS)、计算机分布式等多项信息技术,从技术实现的选型上坚持了自主创新原则,由于不依赖于商业中间件而拥有完全自主知识产权和核心技术,有利于项目的全国推广应用和可持续性发展。CIPAS使用了具有三维特性的显示引擎,从而奠定了二维、三维一体化气候信息综合可视化基础。CIPAS采用了分布式软件架构,保证了服务器与客户端资源的分布高效利用,实现了较好的负载均衡。CIPAS设计了二次开发接口,为其在数据、显示、分析功能等方面提供了省级本地化应用扩展能力。CIPAS具备跨操作系统(平台)运行能力,为全国气候部门复杂的软、硬件环境提供快速部署能力。

CIPAS的未来发展,将进一步完善网络化核心框架和图形化用户界面,优化系统框架及插件机制,规范化二次开发与本地化应用接口,提高系统的内核性能、扩展性、稳定性以及系统显示效率,进一步实现CIPAS向软件设计组件化、数据共享集约标准化、系统结构网络化、交互工具人性化、图形显示二维、三维一体化、文本生成自动化、二次开发简单化、分析工具箱丰富化、流程化方向发展,以进一步增强气候监测诊断预测业务应用能力。

参考文献

- [1] Steve S S, Henry R K, Hopkins T. AWIPS II Technology Infusion-Extended Projects Overview and Status. 28th Conference on Interactive Information Processing Systems (IIPS). New Orleans, USA, 2012.
- [2] 于连庆,胡争光. MICPAS中天气图交互制作子系统. 应用气象学报, 2011, 22(3): 375-384.
- [3] 吴焕萍. 赴荷兰参加欧洲气象预报业务系统工作组会议(EGOWS)第20届会议总结. 气象科技合作动态, 2009(6): 1-4.
- [4] Interactive Plotting and Analysis Pages. [2012-02-15]. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/getpage.pl>.
- [5] Simon J. Mason Seasonal Forecasting Using the Climate Predictability Tool (CPT). 36th Annual Climate Diagnostics and Prediction Workshop Fort Worth, TX, 2011.
- [6] CDAT (Climate Data Analysis Tools). [2012-02-15]. <http://www.pcmdi.llnl.gov/software-portal/cdat/>.
- [7] ITACS Ver 4.0 Tutorial. [2012-02-15]. <http://extreme.kishou.go.jp/tool/itacs-tcc2011/>.
- [8] 宋连春. 现代气候业务与服务. 第27届中国气象学会年会, 北京, 2010.
- [9] 魏凤英. 我国短期气候预测的物理基础及其预测思路. 应用气象学报, 2011, 22(1): 1-11.
- [10] 魏凤英. 气候统计诊断与预测方法研究进展. 应用气象学报, 2006, 17(6): 736-742.
- [11] 肖子牛. 我国短期气候监测预测业务进展. 气象, 2010, 36(7): 21-25.
- [12] Wu Huanping, Yan Jinghui, Sun Chaoyang, et al. Introduction of the Ongoing Project of NCC Climate Operational and Services System. 28th Conference on Interactive Information Processing Systems (IIPS). New Orleans, USA, 2012.
- [13] 刘旭林, 赵文芳, 刘国宏. 基于WebGIS的气象信息显示和查询系统. 应用气象学报, 2008, 19(1): 116-120.
- [14] 吴焕萍, 罗兵, 王维国, 等. GIS技术在决策气象服务系统建设中的应用. 应用气象学报, 2008, 19(3): 380-383.
- [15] 吴焕萍. GIS技术在气象领域中的应用. 气象, 2010, 36(3): 90-100.
- [16] 赵立成. 气象信息系统. 北京: 气象出版社, 2011.
- [17] Overview of NCL. [2012-03-15]. <http://www.ncl.ucar.edu/overview.shtml>.
- [18] 朱禾. GrADS绘图实用手册. 北京: 气象出版社, 2011.

Designing and Implementation of Climate Interactive Plotting and Analysis System

Wu Huanping Zhang Yongqiang Sun Jiamin Shao Pengcheng

(*Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, CMA, Beijing 100081*)

Abstract

Climate Interactive Plotting and Analysis System (CIPAS) is an ongoing application project for the modern climate monitoring, diagnosis and prediction operation launched by China Meteorological Administration since 2011, which has enhanced the capability of climate data retrieval, multi-visualization, diagnosis, statistics, and products generation. CIPAS provides an integrated data environment that contains meteorological surface observations, index data, reanalysis data and numerical forecast products with long time series. The data environment also implements the simple and unified application program interface (API) with parameters in data property of element, level, time, spatial region, and data type and so on. A distributed architecture with multi-tiers and a light client are designed for CIPAS, which allows procedures with massive computing and backend production generation to run on the server. The component and plugin design patterns are used to implement the core components of CIPAS client. The CIPAS core components mainly consist of data accessing, graphic rendering, climate diagnosis and analysis, page layout, setting, and these components can be constructed into the basic operational features and the tool box of climate analysis as well, for instance, EOF, SVD and so on. Also, it can be used to encapsulate APIs for extension application. The construction principle, general system framework, main features, deployment and workflow of CIPAS are discussed in detail. Meanwhile, some key issues involving the implementation of the CIPAS are further discussed, such as data management, graphic rendering engine and related algorithms, production automatic generation, distributed and asynchronous communication mechanism, crossing platform, development API, and plug-in for toolbox. The data type, the accessing API and data exchange format are introduced in data management section. The graphic renderer engine involves OpenGL implementation. Production generation uses workflow engine for automation and customization. Distributed communication is implemented using ICE open source component to avoid different client and server deployment environment. C++ and JAVA language is adopted to ensure crossing platform compatibility. Plug-in implementation covers the component and interface technique. In terms of operation application, two typical operation scenarios are introduced in detail. One case focuses on how to get the given climate diagnosis result using multi-tool in toolbox, and the other case explains how to get the monthly station forecast production both with graphic and text format by using several interactive tools. The pilot using of the current system for the national and provincial operation offices present that CIPAS meets the basic operational requirement and shows the operation and development prospect of CIPAS features. Some advancing directions are also proposed for the further development of CIPAS.

Key words: climate monitoring & prediction; human-computer interaction (HCI); data management