

Распределенная геоинформационная инфраструктура спутниковых данных*

Е. Б. Кудашев, А. Н. Филонов

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

e-mail: kudashev@iki.rssi.ru, filonov_a@inbox.ru

We discuss some of our experiences on the integration technologies for distributed information systems of satellite data. The development of International Information Systems for Earth Observation is analyzed: Virtual Observatories, Virtual Centers, INSPIRE, Spatial Data Infrastructure. The paper addresses the actual problems of satellite archives integration and the ways of their solving based on the development and implementation of methods for distributed systems for storage and searching of information. The project on an implementation of a distributed informational system is considered as an example. The paper surveys emerging standards designed for building distributed service-oriented environments. The project of integration of the Russian satellite data archive into the international system SSE and supported by ESA is considered as an example.

Введение

Одним из важнейших достижений развития распределенных информационно-вычислительных ресурсов является разработка распределенных информационных систем спутниковых исследований. В последние годы возник повышенный интерес к проблеме интеграции неоднородных (гетерогенных) информационных ресурсов спутникового экологического мониторинга из-за возможности обеспечить доступ к спутниковым данным наблюдения Земли из космоса для исследования и прогнозирования изменений природной среды и климата, быстрого выявления природных катастроф и оценки техногенных воздействий. Проблема интеграции распределенных спутниковых гетерогенных информационных ресурсов, обеспечивающей информационный обмен массивами данных международных информационных систем исследования Земли из космоса, представляет значительный интерес. Европейскому Сообществу для создания геоинформационной инфраструктуры в области спутниковых исследований Земли требуется обеспечить управление распределенными источниками данных и доступ к ним; распределенную работу пользователей с данными, которые получаются из различных источников и имеют разную структуру хранения; набор соглашений и форматов, регулирующих обмен между данными и прикладными сервисами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 08-07-00002 и № 08-07-90401).

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2008.

Геоинформационная инфраструктура создается как единая информационная система, основанная на концепции интероперабельных распределенных архивов. Необходимо обеспечить требования действующих международных стандартов для спутниковых данных: ISO/TC 211, FGDC USA (Federal Geographic Data Committee), CEOS (Committee on Earth Observation Satellites). Разработанная геоинформационная инфраструктура должна поддерживать распределенный поиск спутниковых данных по заданным атрибутам и унифицированный сетевой доступ к данным космического экологического мониторинга.

Основная цель нашей статьи — исследование геоинформационной инфраструктуры, обеспечивающей создание распределенной системы интеграции спутниковых данных на основе новых подходов и стандартов международного сообщества исследователей Земли средствами дистанционного зондирования из космоса. Представлен систематический обзор современного состояния технологий и сервисов в области построения распределенных информационных систем, предназначенных для хранения и предоставления доступа к данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Такая постановка задачи во многом мотивирована актуальным международным опытом функционирования программы Spatial Data Infrastructure — программы развития геоинформационных инфраструктур спутниковых данных. Для того чтобы повысить эффективность использования спутниковой информации, в статье для поиска и взаимодействия с сервисами каталогов данных ДЗЗ исследуется стандарт EOLI/XML, разрабатываемый ведущим производителем OGC (Open Geospatial Consortium) в кооперации с Европейским космическим агентством ESA и национальными космическими агентствами Германии, Франции и Италии. Рассматривается распределенная инфраструктура спутниковых данных на основе технологий EOLI/XML. Анализируются информационные системы нескольких поколений: от технологий европейской информационной системы INFEO до методов и средств интеграции распределенных гетерогенных спутниковых ресурсов — программы Global Monitoring for Environment Security (GMES) Европейского Сообщества в задачах устойчивого развития и глобального управления. Рассматривается структура и технологии проекта GMES HMA (Heterogeneous Missions Accessibility), обеспечивающего доступ к высококачественным гетерогенным распределенным данным дистанционного зондирования Земли в режиме реального времени.

1. Развитие международной информационной инфраструктуры: Spatial Data Infrastructure (SDI, NSDI, GSDI)

В последние годы широкое признание получила концепция виртуального управления информацией, что привело научное сообщество к идее построения Виртуального научного центра данных [1, 2]. В связи с бурным ростом количества наблюдательных данных в астрономии и астрофизике стремительно завоевывают популярность и интенсивно разрабатываются концептуальные основы Виртуальной обсерватории как интегрированной системы распределенных гигантских астрономических архивов и баз данных.

В США проект National Virtual Observatory развивается с 2000 года [3], немного позднее началась разработка подобного проекта Европейским Сообществом [4]. В июне 2002 года был создан международный консорциум IVOA (The International Virtual Observatory Alliance) [5], объединивший исследования по Виртуальным обсерваториям.

Основная цель программы Virtual Observatory — разработка Виртуального научного центра астрономических данных [6]. Исследуются проблемы управления информаци-

ей и ее распространения в астрономии и астрофизике. Астрономические каталоги становятся взаимосвязанными: создается сеть интегрированных, интероперабельных баз данных в объемах, измеряемых в петабайтах [6, 7].

Концепция Виртуальной обсерватории обеспечивает исследователю возможность использовать астрономические данные, полученные с помощью многих различных инструментов, передовые информационные технологии и развивающуюся международную кооперацию научного сообщества. Общий уровень финансирования проектов по разработке технологий Виртуальной обсерватории за последние 3–5 лет приблизился к 20 млн долларов США.

Тенденцию лавинообразного увеличения экспериментальных данных можно отметить в области наук о Земле, в геофизике и в метеорологии. Интенсивные исследования глобального потепления и изменения климата приводят, например, к тому, что коллекции данных в наши дни увеличиваются в объеме на несколько петабайт в день. Наряду с Виртуальной обсерваторией развивается международная программа “Виртуальный научный центр данных геофизики плазмы и солнечно-земной физики”. Международный консорциум SPASE — Space Physics Archive Search and Extract [8, 9] создан научным сообществом Европы и США. Проект в настоящее время получил поддержку National Science Foundation USA и начал реализовываться; уровень финансирования достигает нескольких миллионов долларов США. Технологические достижения, объединяя распределенные по всему миру гигантские цифровые архивы и базы данных, фундаментально изменяют характер исследований космической плазмы, позволят решить проблему доступа к данным и обмена информацией в солнечно-земной физике.

Виртуальный научный центр в области изучения планет создается NASA (National Aeronautics and Space Administration) — проект PDS (The Planetary Data System). Образован международный консорциум и сформирована система on-line архивов, состоящая из нескольких географически распределенных центров, связанных сетью Интернет [10, 11].

Естественным шагом в развитии концепции виртуальных обсерваторий является развитие геоинформационной инфраструктуры распределенных спутниковых данных. Проект известен как Распределенная среда интегрированных информационных ресурсов в области космического мониторинга природной среды (Виртуальный научный центр спутниковых данных) [12].

В США стратегия и концепция National Spatial Data Infrastructure (NSDI) начала разрабатываться с 1994 года [13].

Основные цели программы National Spatial Data Infrastructure:

- организация и проведение национальных дискуссионных форумов;
- совершенствование механизма доступа к данным путем организации центров информационного обмена и создания баз метаданных;
- создание базовых пространственных данных (БПД);
- создание тематических данных, критически важных для нации;
- подготовка образовательных программ для обучения персонала;
- развитие всестороннего партнерства и координация сбора и использования пространственных данных.

В реализации программы развития распределенной среды информационных ресурсов NSDI в США участвуют государственные структуры, университеты, муниципальные и коммерческие организации и др.

Концепция Spatial Data Infrastructure стремительно завоевала международную популярность. В 2003 году Европейская комиссия приняла решение о создании INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) — Глобальной геоинформационной инфраструктуры данных в Европе [14]. Аналогичный проект создается в Канаде — Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI).

Основные задачи программы развития геоинформационной инфраструктуры Spatial Data Infrastructure (SDI):

- построение глобальной инфраструктуры ИТ и геоданных;
- гармонизация спутниковой информации; использование согласованного набора стандартов, “понятных” всем участникам данной системы;
- интероперабельность между независимо созданными приложениями и базами данных; совместить между собой их интерфейсы, протоколы и форматы данных;
- поддержка единой политики данных:
 - а) доступ к данным;
 - б) создание и поддержка спутниковой информации — для задач экологии, но открытой и для сельскохозяйственных и транспортных проблем.

Для того чтобы глобальная геоинформационная инфраструктура стала реальностью в России, необходимо было определить те проблемы и особенности, с которыми сталкиваются национальные научные сообщества исследователей Земли из космоса при поиске оптимального доступа к спутниковым данным. Эти исследования на начальном этапе были выполнены авторами в проекте INTAS IRIS Project: Integration of Russian Satellite Data Information Resources with the Global Network of Earth Observation Information Systems [15, 16].

Главная цель проекта — улучшить доступ к российским спутниковым данным. Проект поддерживает объединение данных регионального спутникового экологического мониторинга. Обеспечивается доступ российских пользователей к европейской информационной системе INFEO (метаданные / on-line каталоги). При запросе в единой точке системы поиск данных осуществляется одновременно в ресурсах распределенных мировых каталогов. Запрос на метаданные оформляется единым образом для всех спутниковых центров, и информация ищется сразу по всем центрам, доступным в глобальных поисковых системах (в первую очередь это системы EOSDIS/USA и INFEO). Запрос на получение собственно спутниковых данных также выполняется автоматически и единым образом, а данные приходят в удобном формате для обработки в рамках GIS-систем.

Формирование геоинформационной инфраструктуры спутниковых данных определяется решением следующих задач: использование GIS- и web-технологий для разработки новых средств поиска и обнаружения данных аэрокосмического зондирования; объединение российских спутниковых каталогов с международной системой INFEO; создание описания российских спутниковых коллекций и регистрации их в IDN (International Directory Network).

Основная задача проекта — интеграция географически удаленных российских спутниковых архивов. Требуется обеспечить работу пользователей с данными, которые получаются из различных источников и имеют разную структуру хранения. Создается единая информационная система, основанная на концепции интероперабельных распределенных архивов. Необходимо обеспечить требования действующих международных корпоративных стандартов: ISO/TC 211, FGDC USA (Federal Geographic Data Committee), CEOS (Committee on Earth Observation Satellites).

2. INFEO: Информационная система спутниковых данных

Международная информационная система INFEO (Information about Earth Observation) — инициатива Европейского космического агентства (ESA), призванная решить проблему доступа к распределенным данным дистанционного зондирования Земли. основополагающим принципом системы является обеспечение интероперабельности — возможности взаимодействия гетерогенных сервисов и каталогов данных в рамках единой информационной системы. Главная ее функция — создание единой информационной среды, предоставление единой точки доступа для поиска и получения информации по всем архивам и каталогам, зарегистрированным в системе, независимо от их географического расположения и внутреннего формата данных.

В основе распределенной информационной системы первого поколения лежит сеть узлов — так называемых Middleware Nodes (MWNDs) (рис. 1).

Каждый из узлов содержит метаданные коллекций, описывающие данные, доступ к которым предоставляется через шлюзы (Gateways). Пользователь для поиска информации обращается к системе через www-сервер на одном из узлов MWND, где формируется распределенный запрос, рассылаемый релевантным шлюзам. Результаты выполнения запроса объединяются и возвращаются пользователю.

Шлюз представляет собой промежуточное звено между узлом MWND и каталогом или архивом поставщика данных и обменивается сообщениями по протоколу CIP (Catalogue Interoperability Protocol) с узлом MWND, получая от него поисковые запросы и возвращая ему результаты поиска. Запросы передаются транслятору RDBMS, который преобразует их в запросы для непосредственного поиска в базе данных либо формирует запрос для обращения к предоставляемому сервису (Web Map Server и т. п.).

В основе распределенной информационной системы лежит протокол CIP [17], регламентирующий правила взаимодействия пользователей и каталогов данных ДЗЗ. Для поддержки одновременного доступа пользователя к множеству каталогов используется трехуровневый принцип распределения запросов. Пользователь через web-интерфейс

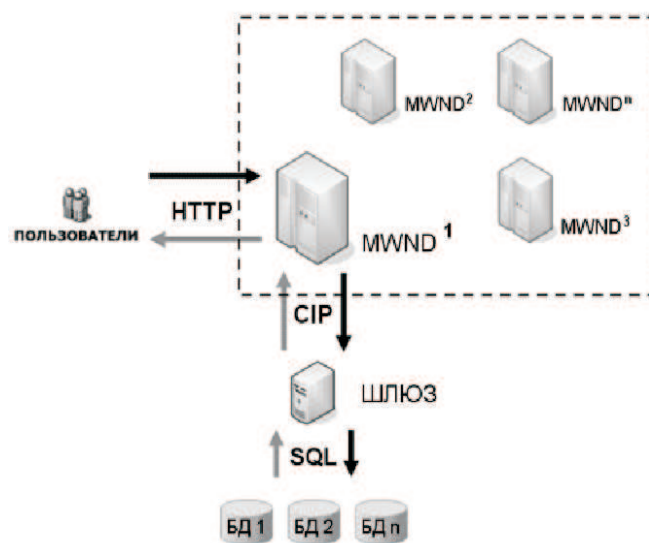


Рис. 1. Структура распределенной информационной системы INFEO. Технологии Z39.50/Gateways

задает поисковый запрос и посылает его к узлу MWND, который в свою очередь перенаправляет запрос множеству серверов каталогов данных. Серверы, имеющие данные, удовлетворяющие критериям поиска, возвращают ответы на узел MWND, через который пользователь получает объединенный результат поиска.

3. Информационная система второго поколения: технология интеграции ресурсов и сервисов (среда SSE)

Логическим развитием системы INFEO стала разработка и внедрение технологий интеграции второго поколения. Это было вызвано стремлением расширить участие ESA в глобальном экологическом мониторинге, улучшить в задачах охраны окружающей среды взаимодействие с мировыми информационными системами ДЗЗ [13] и необходимостью поддержать требования Директивы ЕС — INSPIRE [14] о совместимости с другими информационными системами спутниковых данных.

Развитие технологий интеграции второго поколения направлено на миграцию от подхода, основанного на технологии Z39.50/Gateways, к web-сервисам (XML над SOAP/HTTP) для связи внешних каталогов с каталогами INFEO. Технологии интеграции второго поколения, получившие название EOLI-XML, разрабатываются ESA в сотрудничестве с национальными космическими агентствами: Франции (Centre National d'Etudes Spatiales — CNES), Италии (Italian Space Agency — ASI), Германии (German Space Agency — DLR), European Union Satellite Centre (EUCS), Joint Research Centre (JRC), при участии ряда партнеров в промышленности: SPOT Image, Siemens, Spacebel и др. Технология EOLI-XML представляет собой внешний интерфейс для обмена сообщениями между сервером и клиентом на основе протокола SOAP [18].

Технология EOLI-XML лежит в основе системы SSE (Service Support Environment) [19], разрабатываемой для решения указанных задач с помощью открытой, сервис-ориентированной, распределенной среды. Система SSE является инфраструктурой, единой средой для потребителей и провайдеров данных и сервисов, она объединяет своих пользователей на основе стандарта XML с использованием протоколов обмена сообщениями SOAP и языка описания web-сервисов WSDL (Web Service Definition Language) [20]. Таким образом, любой сервис, интегрируемый в среду SSE, должен предоставить SOAP-интерфейс, в соответствии с SSE ICD (Interface Control Document) [21].

Итак, основные цели создания инфраструктуры SSE:

- предоставить среду, максимально упрощающую взаимодействие типа сервис-провайдер—пользователь и сервис-провайдер—сервис-провайдер;
- упростить интеграцию уже существующих сервисов, предоставляя универсальный интерфейс на основе XML, позволяющий не изменять их структуры;
- предоставить пользователям единую точку входа — Интернет-портал системы.

Система SSE состоит из двух основных компонентов: SSE Portal Server и AOI Server, образующих вместе Интернет-портал, с которым взаимодействует конечный пользователь.

SSE Portal Server предоставляет web-интерфейс для доступа пользователей к порталу. Сервер построен с использованием промышленной технологии J2EE, которая удовлетворяет требованиям SSE: хорошая масштабируемость, интеграция с существующими информационными системами, гибкая политика безопасности, поддержка стандартных протоколов и языков, переносимость компонентов без необходимости перекомпи-

ляции. Выполнение этих требований обязательно для успешного построения информационной инфраструктуры. В качестве сервера приложений выбран сервер JBoss с открытым исходным кодом.

AOI Server работает в связке с SSE Portal Server и служит для предоставления сервис-провайдерам функций визуального выделения области на карте (area of interest, AOI) при задании критериев поиска, а также визуализации результатов поиска.

Так как большинство сервисов в качестве одного из входных параметров требуют указание географической области, SSE Portal предоставляет специальную поддержку этой возможности. При обращении к сервису пользователь должен указать географическую область, и сделать это он может разными способами: выбрать из списка; указать область на карте; загрузить файл, описывающий AOI; задать AOI с помощью указания координат.

При обращении пользователя к сервису SSE Portal применяет апплет, загружаемый с сервера AOI для визуального отображения выделенной области на карте. SSE позволяет использовать для визуализации локально хранимую информацию и подключаться к OGC WMS серверам для загрузки дополнительных слоев карты [22]. Выделенная таким образом на карте область затем преобразуется в описание в формате GML (Geography Markup Language) [23], а уже описание вместе с запросом отправляется сервис-провайдеру в виде SOAP-сообщения.

Типичная схема работы выглядит следующим образом. Пользователь через интерфейс SSE портала формирует запрос к нужному сервису, выделив на карте область AOI и указав характеристики искомой информации. После этого сформированный в



Рис. 2. Технологии интеграции второго поколения EOI-XML. Поисковый интерфейс пользователя

формате SOAP-сообщения запрос пересылается на URL сервиса, указанный провайдером при регистрации. Здесь сообщение поступает на вход сервера web-приложений, где в зависимости от поступившего запроса запускается соответствующий сервлет, который занимается дальнейшей обработкой запроса и передачей его на внутренний интерфейс сервиса. Для выполнения сервлетов сервис-провайдеру вместе с Toolbox следует установить web-сервер с поддержкой сервлетов (рекомендуется к установке web-сервер Tomcat).

Обработка входного запроса и формирование ответа на запрос выполняется на основе WSDL документа в соответствии с XML-схемой сервиса. При установке Toolbox уже имеется predefinedная схема, тем не менее, некоторые сервисы могут иметь специфические параметры входных и выходных сообщений, что можно легко исправить, отредактировав соответствующие файлы XML-схем.

Для поиска необходимой информации пользователь может воспользоваться поисковым интерфейсом по адресу <http://catalogues.eoportal.org/eoli.html>. Интерфейс выполнен в виде Java-апплета (рис. 2).

Существует возможность ограничивать поиск либо по поставщикам данных (панель Find Products), либо по коллекциям данных (Find Collections). В раздел Find Products входят крупные поставщики, имеющие несколько собственных обширных коллекций. Например, ESA (коллекции Radar Imagery, Radar Altimetry, Optical/Multispectral Imagery), DLR (коллекции Atmospheric Sensors, Thematic Maps, Optical Sensors, Digital Elevation Model, Synthetic Aperture Radar Data) и др. После выбора типа данных, по которым будет ограничен поиск, следует выбрать площадь земной поверхности. Для более точного поиска информации можно воспользоваться режимом расширенного поиска Advanced Query Mode. Этот режим позволяет дополнительно задавать ключевые слова для поиска, а также выбирать спутник и сенсор, с помощью которого были получены данные. Ключевые слова служат для отбора данных, поле описания которых содержит строку, заданную в поле Free Text.

4. Программа GMES НМА: интеграция неоднородных информационных ресурсов спутниковых данных

Основное предназначение программы Global Monitoring for Environment Security (GMES) — поддержка задач Европейского Союза, касающихся устойчивого развития и глобального управления с помощью обеспечения доступа к высококачественным данным ДЗЗ в режиме реального времени. Доступ к такой информации имеет стратегическое значение как с точки зрения современного развития отдельных регионов Европы, так и с точки зрения Европейского Союза в целом как члена мирового сообщества.

Информация, получаемая с помощью проекта GMES, используется в трех основных направлениях деятельности: экология и защита окружающей среды, поддержка развития инфраструктуры ЕС, обеспечение безопасности граждан как в повседневной жизни, так и в режиме чрезвычайных ситуаций.

Европейское космическое агентство (ESA) — главный партнер европейской комиссии по разработке и внедрению проекта GMES, работающий в тесном сотрудничестве с национальными космическими агентствами европейских стран, Канады и России.

В настоящий момент доступ к данным дистанционного зондирования Земли каждого спутникового оператора осуществляется через отдельную точку доступа (“портал”)

этого поставщика данных. Пользователь вынужден выполнять поиск нужных ему данных отдельно в каждой точке доступа. Особенно актуальной проблема своевременного получения данных становится в условиях режима чрезвычайных ситуаций, когда счет идет на часы и минуты.

Ключевой особенностью проекта GMES в таком аспекте является гармонизация доступа к гетерогенным данным разных поставщиков данных, включая национальные космические агентства. С этой целью в рамках инициативы GMES Европейское космическое агентство инициировало проект Heterogeneous Missions Accessibility (НМА). Это совместный проект развивается с участием большого количества корпораций, поставщиков данных, научных и коммерческих организаций из Европы и Канады.

Проект НМА обеспечит гармонизацию сервисов и данных наземных сегментов поставщиков данных с помощью сервис-ориентированной архитектуры, предоставляя единый доступ к данным и сервисам каждого из участников проекта.

Не только базовые спецификации, лежащие в основе проекта НМА, но и большая часть решений по архитектуре геоинформационной инфраструктуры НМА находятся в свободном доступе. Разрабатываемая система интеграции неоднородных спутниковых ресурсов принадлежит к области всеобщего достояния (public domain); этот подход значительно увеличивает возможности распространения технологий и программных продуктов проекта. В проекте НМА широко используются стандарты и протоколы ISO (International Organization for Standardization) и OGC (Open Geospatial Consortium). основополагающим стандартом системы является международный стандарт для построения открытых распределенных систем (RM-ODP ISO/IEC 10746-1:1998).

Модель RM-ODP построения распределенных систем была выбрана в качестве базовой для проекта GMES НМА, так как основные задачи проекта практически совпадают с задачами, для которых разрабатывалась модель RM-ODP:

- поддержка распределенной обработки;
- поддержка интероперабельности между гетерогенными системами;
- сокрытие механизмов распределенного взаимодействия от конечных пользователей и системных разработчиков.

Но необходимо указать важное отличие от базовой модели RM-ODP. Проект GMES НМА будет действовать на основе слабо связанной сети систем и сервисов вместо распределенной вычислительной системы, базирующейся на взаимодействующих объектах.

Определены пять основных направлений развития проекта, определяющих минимальный набор требований и объектную модель, гарантирующую целостность и логическую связность системы:

- организационное направление: определяет цели, область применения, ограничения и правила использования и развития системы;
- информационное направление: определяет семантику информационных процессов;
- вычислительное направление: декомпозиция всей системы на отдельные объекты, взаимодействующие между собой и с внешними интерфейсами для оптимизации вычислительных затрат;
- направление инжиниринга: разработка механизмов и функций, необходимых для поддержки распределенного взаимодействия отдельных объектов системы;
- технологическое направление: определяет выбор конкретных технологических решений, необходимых для выполнения поставленных задач.

Отметим, что разработанная архитектура системы GMES НМА является сервис-ориентированной (Service Oriented Architecture, SOA) — в ней поставщики спутниковых данных получают возможность предоставлять доступ к своим сервисам через стандартизованные интерфейсы системы.

Ключевой компонент системы НМА — интеграционный слой доступа к данным (Data Access and Interoperability Layer — DAIL), предоставляющий единый интерфейс доступа к каталогам и сервисам всех участников проекта GMES с помощью установленных стандартов интероперабельного доступа.

В структуре DAIL можно выделить основные компоненты:

— среда выполнения сервисов — среда для выполнения основных компонентов DAIL, предоставляет средства выполнения сервисов и управления их взаимодействием с другими компонентами DAIL;

— база данных служит для хранения данных, необходимых для функционирования служебных сервисов НМА;

— рабочий процесс — основное приложение ядра архитектуры DAIL, служит для запуска и управления сервисами DAIL;

— репозиторий профилей пользователей — база данных для хранения профилей пользователей системы и информации, необходимой для аутентификации пользователей в системе;

— сервер коллекций служит для хранения списка доступных в системе коллекций и отслеживания их статуса;

— сервер сервисов аналогично серверу коллекций служит для хранения списка доступных в системе сервисов и отслеживания их статуса;

— виртуальный FTP-сервер — компонент для поддержки обмена данными между поставщиками и пользователями через систему НМА.

Заключение

Новые задачи дистанционного зондирования Земли из космоса в международных программах космического экологического мониторинга и предупреждения природных и техногенных катастроф, поставленные перед пользователями спутниковой информации в связи с появлением нового поколения спутников и спутниковых приборов, потребовали развития новых средств поиска и обнаружения спутниковой информации на основе ГИС- и web-технологий. Настоящая работа нацелена на повышение эффективности исследований в области ДЗЗ на основе новых достижений информационных технологий для управления спутниковыми данными. Представленные в работе результаты позволяют утверждать, что технологии и принципы построения распределенных информационных систем, рассмотренные в данной статье, имеют большой потенциал для дальнейшего развития. Опыт построения геоинформационных инфраструктур уже сегодня предоставляет широкие возможности для интеграции распределенных гетерогенных данных и сервисов в единую глобальную систему. Говоря о развитии геоинформационных инфраструктур, необходимо учитывать, что вектор развития технологий каждого следующего поколения распределенных информационных систем состоит из трех основных слагаемых: уход от недостатков существующей системы; улучшение технических и информационных характеристик; решение новых задач, которых не существовало на момент разработки системы предыдущего поколения.

Авторы активно участвовали в проектах распределенных информационных систем всех трех поколений как на этапе разработки системы, так и на этапе ее практического внедрения. Авторами на основе проектов INFEO IRIS и INSPIRE (технологии EOLI-XML и SSE) был построен и развивается российский сегмент распределенной информационной системы.

Проект развития российского сегмента распределенной информационной системы спутниковых архивов развивается при сотрудничестве ИКИ РАН и ИАПУ ДВО РАН. В качестве поставщика данных дистанционного зондирования Земли выступает Лаборатория спутникового мониторинга ИАПУ Дальневосточного отделения РАН (<http://satellite.dvo.ru>). Программное обеспечение и серверное оборудование для функционирования плюза сегмента установлены в Москве, в Институте космических исследований РАН (<http://iris.iki.rssi.ru>) [16]. Таким образом, мировое научное сообщество получает возможность доступа к данным одного из российских поставщиков данных ДЗЗ с помощью глобальной распределенной системы.

Список литературы

- [1] КУДАШЕВ Е.Б., ФИЛОНОВ А.Н. Технология и стандарты интеграции сервисов, каталогов и баз данных дистанционного исследования Земли из космоса // RCDL'2007. 9-я Всероссийская научная конференция "Электронные библиотеки". Переславль-Залесский, 2007. С. 273–279.
- [2] ANTIKIDIS J.P. Virtual Access to Information: an emerging concept // PV-2004, Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. Frascati, Italy, 2004. P. 63–67.
- [3] SZALAY A.S. The National Virtual Observatory // Astronomical Data Analysis Software and System. X ASP Conf. 2001. Vol. 238. P. 3–12.
- [4] VIRTUAL Observatory in Europe <http://esavo.esac.esa.int/registry>
- [5] IVOA (International Virtual Observatory Alliance) <http://www.ivoa.net/>
- [6] ARVISET C., DOWSON J., HERNANDEZ J. ET AL. ESA RSSD Science Archives User Interfaces and Inter-Operability Systems // PV-2004, Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. Frascati, Italy, 2004. P. 159–164.
- [7] ARVISET C. ESA Scientific Archives and inter-operable Virtual Observatory Systems // PV-2007 Conference. Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. Munich, DLR, 2007.
- [8] THIEMAN J. ET AL. The SPASE Standard for Heliophysics Data Description, Location and Acquisition // PV-2007 Conference. Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. DLR, Munich, 2007.
- [9] HARVEY C. ET AL. Space Physics Archive Search and Extract/ <http://www.igpp.ucla.edu/spase/>
- [10] HUGHES S. ET AL. A Planetary Data system for the 2006 Mars Reconnaissance Orbiter Era // PV-2004, Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. Frascati, Italy, 2004. P. 263–268.
- [11] HUGHES S. ET AL. Defining the Core Archive Data Standards of the International Planetary Data Alliance (IPDA) // PV-2007 Conference. Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. DLR, Munich, 2007.

- [12] KUDASHEV E.B. Digital Library: Improving the accessibility to Russian Satellite Data for mitigating Natural Disaster // PV-2004, Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data. Frascati, Italy, 2004. P. 233–240.
- [13] NATIONAL Spatial Data Infrastructure <http://www.fgdc.gov/nsdi>
- [14] INSPIRE <http://www.ec-gis.org/inspire>
- [15] Кудашев Е.Б., Филонов А.Н. Организация информационной распределенной среды и интеграция спутниковых архивов // RCDL'2005. 7-я Всероссийская научная конференция “Электронные библиотеки”. Ярославль, 2005. С. 15–22.
- [16] Кудашев Е.Б., Филонов А.Н. Интегрированная распределенная информационная система спутниковых данных в программах исследования Земли из космоса // RCDL'2006. 8-я Всероссийская научная конференция “Электронные библиотеки”. Суздаль, 2006. С.131–139.
- [17] CATALOG Interoperability Protocol (CIP) Specification Release B-24, 2005. http://wgiss.ceos.org/ics/documents/cip2.4/cipspec-2_4_75_6.pdf
- [18] EARTHNET On-line XML Front-End Interface Control Document, EOLI-XML-006-ICD, Issue 1.7, 2003 / <http://earth.esa.int/rtd/Documents>
- [19] SERVICE Support Environment Architecture, Model and Standards, 2007 / http://earth.esa.int/services/esa_doc/doc_sse.html
- [20] WEB Services Description Language (WSDL) 1.1, W3C Note, 2001. <http://www.w3.org/TR/wsdl>
- [21] INTERFACE Control Document (ICD) for the Service Support Environment (SSE), 2007. <http://services.eoportal.org/massRef/documentation/icd.pdf>
- [22] THE Open Geospatial Consortium, 2007 / <http://www.opengeospatial.org/>
- [23] ISO/TC 211/WG 4/PT 19136 Geographic information — Geography Markup Language (GML), 2004 / http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=4700

*Поступила в редакцию 30 июня 2008 г.,
в переработанном виде — 14 августа 2008 г.*