

Интегрированная распределенная информационная система спутниковых данных в программах исследования земли из космоса*

© Кудашев Е.Б.,

Филонов А.Н.

Институт Космических Исследований РАН, Институт Проблем Информатики РАН
kudashev@iki.rssi.ru, filonov_a@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы интеграции спутниковых архивов и примеры их решения, в основе которых лежит разработка и реализация методов построения распределенных систем хранения и поиска информации. В качестве примера рассмотрен проект построения распределенной информационной системы.

1. Введение

До недавнего времени большинство архивов спутниковых данных создавалось в расчете либо на их локальное использование, либо на использование специальных выделенных высокоскоростных каналов связи для доступа к ним. С развитием современных технологий хранения и поиска данных появилась возможность создания нового поколения электронных архивов, позволяющих организовать оперативную работу широкого круга удаленных пользователей со спутниковыми данными и результатами их обработки. Спутниковые данные дистанционного зондирования Земли позволяют решать широкий круг жизненно важных задач. В настоящее время объём спутниковых данных дистанционного зондирования Земли значительно возрастает, в связи с чем возникают задачи их систематизации, структуризации и создания средств каталогизации и поиска. Определяющую роль начинают играть не столько традиционные вопросы развития инфраструктуры мониторинга и создания информационных систем поддержки исследований природной среды, сколько задачи разработки новых информационных технологий, исследования применения методов и средств активных

информационных технологий. Прежде всего, это проблемы освоения международных стандартов; разработка технологии централизованно - распределенного хранения данных; анализ корпоративных стандартов и согласование используемых стандартов хранения и представления информации и метаданных; разработка схем метаданных по различным направлениям с учетом существующих международных и отечественных стандартов содержания и обмена данных. [1].

2. Структурная схема системы

Задачи интеграции спутниковых архивов решаются в нашей работе путем построения распределенной информационной системы на основе программных средств и технологий, впервые разработанных в информационной системе исследования Земли из космоса INFEO. Международная Информационная система INFEO (Information about Earth Observation) разработана Европейским Космическим Агентством (ESA) и является глобальной распределенной системой, предоставляющей доступ к данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Основная функция системы - обеспечение оперативного доступа конечного пользователя к информации, а также единый поиск данных по всем архивам, зарегистрированным в системе, независимо от их географического положения.

Информационная система представляет собой (рис. 1) распределенную сеть узлов, так называемых Middleware Nodes (MWNDs). Каждый из узлов содержит метаданные коллекций, описывающие данные, доступ к которым предоставляется через Шлюзы (Gateways). Шлюз, в зависимости от конфигурации, может обеспечивать доступ как к данным ДЗЗ, так и к специальным сервисам (GEO Server, Web Map Server, IMS Server и др.). Пользователь для поиска информации обращается к

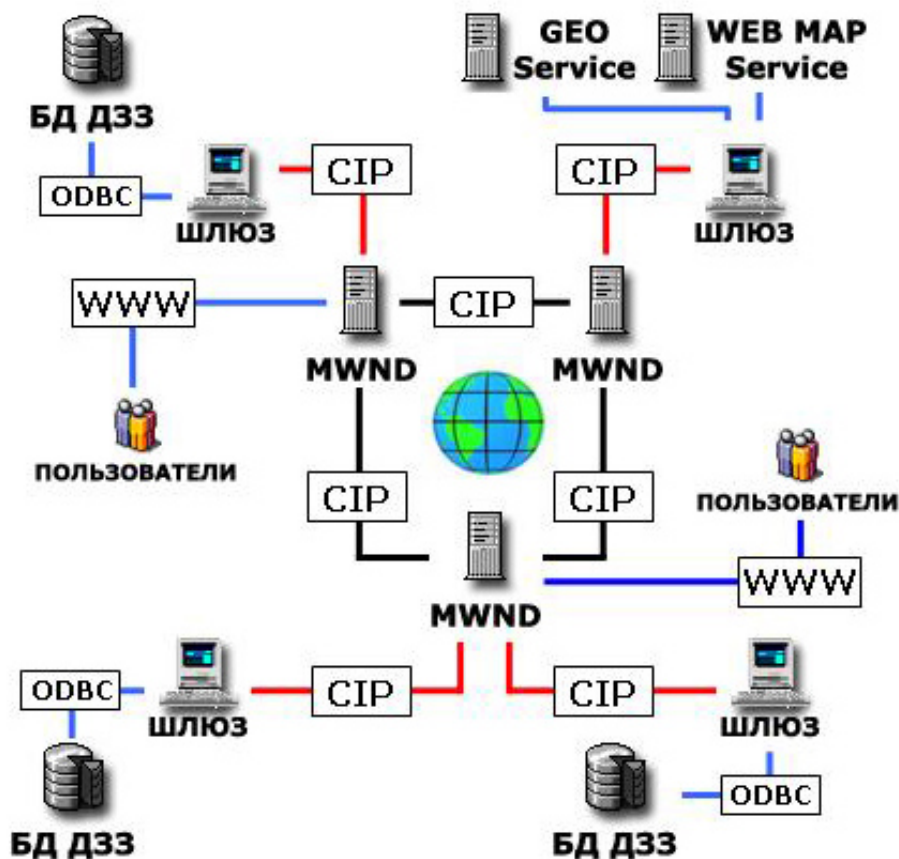


Рис. 1. Общая структурная схема распределенной ИС

системе через WWW-сервер на одном из узлов MWND, где формируется распределенный поиск, результаты которого объединяются и возвращаются пользователю.

Распределенный поиск - маршрутизация запросов и объединение ответов. Для понижения нагрузки на сеть и повышения эффективности операция распределенного поиска выполняется не во всем множестве каталогов, а только в соответствующем запросу его подмножестве. Процесс формирования маршрутизации запросов использует "предварительные знания" - информацию, распространяемую в среде именно с целью обоснованной рассылки поисковых запросов, формируемую на основе локальных индексов. Процесс объединения ответов от каталогов, к которым был направлен запрос, в единый ответ системы обеспечивает как устранение вторичных вхождений описаний одного и того же ресурса (дублирования описаний), которые с большой вероятностью могут появиться из разных частей распределенной среды, так и обеспечение совместного ранжирования результатов, поступающих от этих частей.

Шлюз представляет собой промежуточное звено между узлом MWND и базой данных ДЗЗ (рис. 2). Поисковый Менеджер (Retrieval Manager) обменивается сообщениями по протоколу CIP (Catalog Interoperability Protocol) с узлом MWND, получая от него поисковые запросы и возвращая ему результаты поиска. Поисковые запросы передаются транслятору RDBMS, который преобразует их в SQL-запросы для непосредственного поиска в базе данных.

3. Модель данных

CIP определяет разные принципы представления метаданных для пользователей и для поставщиков данных. Для пользователей базовой единицей структуры данных является понятие архива, для поставщиков - понятие коллекции. Архив может содержать различные типы данных: спутниковые изображения, результаты обработки изображений, температурные карты, статистические данные, алгоритмы их обработки, документацию и т.д. Коллекция - группа данных, объединенных на основе каких-либо общих атрибутов. Эти атрибуты являются описанием коллекции, которое может быть использовано для формирования

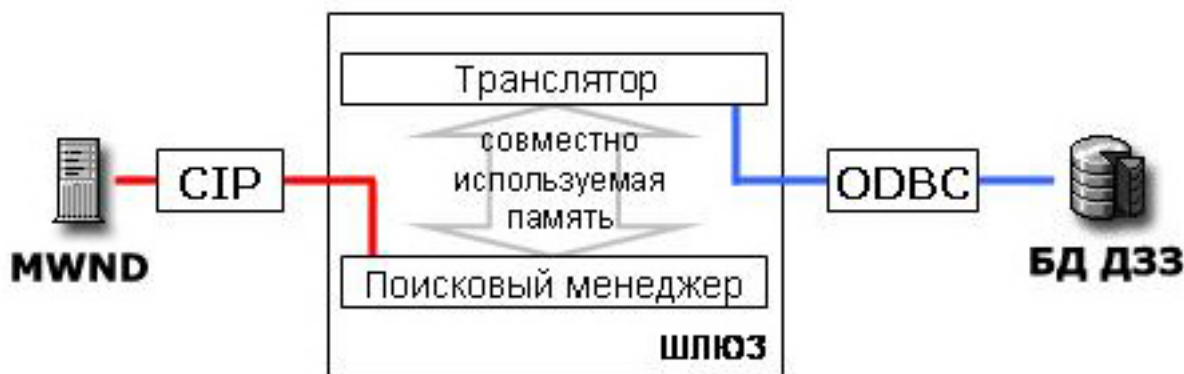


Рис. 2. Схема работы шлюза

дополнительных критериев поиска. Коллекция может содержать как описания (дескрипторы) конечных данных, так и описания других коллекций, образуя сложную иерархию коллекций (рис.3). Терминальные коллекции, имеющие обозначения 1.x, включают в себя дескрипторы конечных данных. Множества дескрипторов, входящих в разные коллекции, могут пересекаться, поэтому описание одного и того же продукта может входить в несколько разных коллекций на основе разных атрибутов. Вышестоящие по иерархии коллекции могут включать в себя как терминальные коллекции, так и дескрипторы данных. Возможны случаи, когда терминальная коллекция не входит ни в одну из коллекций высшего уровня (коллекция 1.5) или нетерминальная коллекция может не иметь связей с нижестоящими коллекциями (коллекция 2.3).

Все типы коллекций поддерживают поисковые методы, определенные стандартом CIP, а именно:

- Поиск коллекций. Этот метод используется для поиска коллекций, удовлетворяющих заданным условиям (время, координаты, тип датчика и т.п.) Результат поиска может быть использован для дальнейшего поиска с измененными условиями.
- Поиск данных. Этот метод используется для поиска дескрипторов, указывающих на конечный продукт – данные ДЗЗ.[5].

Пользователь может дополнительно задавать область поиска: выполнять поиск только на одном поисковом менеджере (локальный поиск) или задать распространение поискового запроса на другие поисковые менеджеры (распределенный поиск).

4. Протокол CIP

В основе распределенной информационной системы лежит протокол CIP (Catalogue Interoperability Protocol). CIP регламентирует правила взаимодействия пользователей и каталогов данных ДЗЗ. Для поддержки одновременного доступа пользователя к множеству каталогов используется трехуровневый принцип распределения запросов. Пользователь через web-интерфейс задает поисковый запрос и посылает его к узлу MWND, который, в свою очередь, перенаправляет запрос множеству серверов каталогов данных. Сервера, имеющие данные, удовлетворяющие критериям поиска, возвращают ответы на узел MWND, через который пользователь получает объединенный результат поиска.

Существует множество стандартов, пригодных для поиска и извлечения информации в распределенных информационных системах (HTTP, Gopher и т.д.). Протокол Z39.50 имеет важное преимущество, ставшее решающим при выборе базового протокола для CIP. Преимущество заключается в том, что форма представления результатов поиска, так же, как и способ ввода поисковых запросов, не зависит от источника информации. Это определяется тем, что Z39.50 использует качественно иную модель взаимодействия пользователя и поисковой системы, позволяющую абстрагироваться от способа организации конкретной базы данных, сделать доступ к ее содержанию независимым от формы хранения последнего. Поисковые запросы всегда адресованы не к реальной базе данных, а к абстрактной. Эта абстрактная БД не имеет структуры и характеризуется только поисковыми атрибутами.

Получив от клиента запрос, поставщик данных связывает его с реальной базой данных и конвертирует в реальный синтаксис языка запросов, но эта процедура для клиента остается незаметной. При таком подходе к процедуре поиска все базы данных становятся для клиента одинаковыми, если поддерживают один и тот же набор поисковых атрибутов [9].

Различные вычислительные системы используют различные средства и методы описания, хранения и доступа к данным, протокол Z39.50 избавляет пользователя от необходимости адаптации к каждому из источников информации.

Протокол Z39.50 представляет собой общую абстрактную структуру для поиска и получения информации, требующую дополнительной настройки для каждой конкретной области применения. Возможность осуществления таких настроек, так называемых профилей, является одним из основных преимуществ протокола [2].

С учетом вышесказанного, протокол CIP, по сути, является профилем Z39.50, ориентированным на работу с данными ДЗЗ. Рассмотрим подробнее, какие параметры заданы в профиле CIP.

- Версия протокола Z39.50, используемая в CIP.

Протокол CIP Release B использует версию Z39.50-1995 (ее другое название - Z39.50-Version 3).

- Идентификация объектов, используемых в CIP.

Для однозначной идентификации объектов в

Z39.50 принята система, присваивающая каждому объекту определенный цифровой идентификатор. В свою очередь, протокол Z39.50 сам является объектом более общего класса. Иерархия классов следующая: {ISO (1) member-body (2) US(840) ANSI-standard-Z39.50 (10003)}.

Таким образом, Z39.50 имеет идентификатор (OID - object identifier) {1 2 840 10003}.. Все объекты в протоколе Z39.50 имеют в своем OID префикс {Z39.50}. [3]

- Спецификация коммуникационных протоколов.

CIP не зависит от коммуникационных протоколов нижнего уровня и может быть реализован поверх любого из них (TCP/IP, SPX/IPX, OSI и т.д.). Предполагается, что наибольшее число приложений будет использовать коммуникационный протокол TCP/IP

- Спецификация используемых сервисов Z39.50.

Ниже перечислены наиболее важные сервисы, используемые профилем CIP.

Initialization Facility

Этот сервис открывает сеанс связи (Z-сеанс) между Origin (инициатор сеанса) и Target (объект, ожидающий открытия сеанса). В классической модели взаимодействия «клиент-сервер» инициатором любого взаимодействия всегда является «клиент», в Z39.50 ему соответствует термин «Origin», а термину «сервер» - «Target». Далее будем использовать везде, где это возможно,

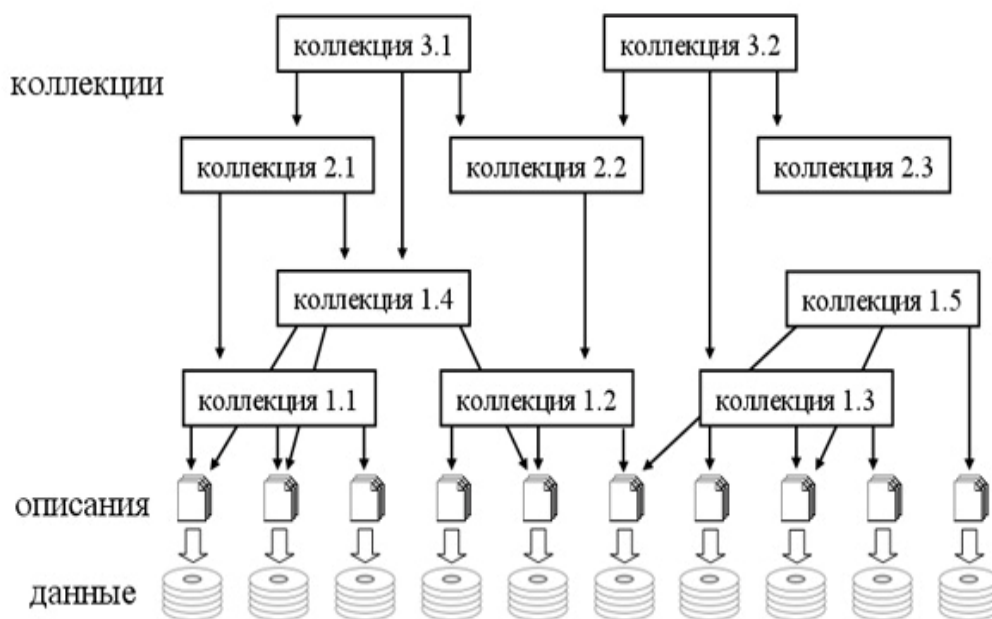


Рис. 3. Иерархическая модель данных CIP

термины классической модели.

Для инициализации сеанса origin отправляет структуру InitializeRequest, содержащая следующие параметры сеанса:

referenceId – идентификатор операции

protocolVersion – версия протокола Z39.50, поддерживаемая origin. Для CIP это значение всегда равно “version-3”. Тем не менее, для совместимости с базовыми профилями Z39.50 есть возможность использовать значение “version-2”, при этом функциональность будет ограничена.

options – список сервисов, поддерживаемых origin

preferredMessageSize – предпочитаемый размер сообщений в килобайтах

idAuthentication – параметр идентификации пользователя. Если он имеет пустое значение, то сеанс инициализируется для пользователя “guest” с соответствующими правами. Параметр позволяет соотносить пользователей с различными группами, что необходимо для гибкого разграничения доступа к данным и отдельным сервисам.

userInfoField – используется для обмена пользовательской информацией между origin и target.

После получения запроса на открытие сеанса target отправляет структуру InitializeResponse инициатору открытия сеанса. Структура имеет следующие параметры:

referenceId, – то же самое значение, что и в InitializeRequest

protocolVersion – версия протокола Z39.50, поддерживаемая target

options – список сервисов, поддерживаемых target

preferredMessageSize – максимальный размер сообщений в килобайтах, с которыми будет работать target

exceptionalRecordSize – максимальный размер записей в килобайтах

userInfoField – то же, что и для origin

Search Facility.

С помощью этого сервиса осуществляется поиск информации. Существует две основных задачи поиска: поиск и идентификация дескрипторов продуктов, поиск и идентификация дескрипторов коллекций. Найденные дескрипторы коллекций, в свою очередь, могут быть использованы для формирования последующих поисковых запросов. Протокол Z39.50 поддерживает несколько типов запросов, CIP использует тип Type-1. [5] Запрос такого типа представляет собой структуру на основе Reverse Polish Notation (RPN) [10]. Запрос RPN можно представить в виде дерева, в узлах которого

находятся связывающие операторы (AND, OR, AND-NOT). Листьями этого дерева являются блоки «атрибуты+терм» (APT)[9]. Атрибуты разделяются по типам в зависимости от их функций. CIP использует стандартные типы атрибутов, определенные для набора атрибутов bib-1: Use, Relation, Position, Structure, Truncation, Completeness. Атрибут Use определяет тип информации, с которой связан поисковый терм (Sensor Name, Data Centre). Атрибут Structure указывает тип данных поискового термина (string, integer, date). Остальные атрибуты представляют собой дополнительные критерии поиска.

Retrieval Facility. В случае успешного выполнения поискового запроса на стороне сервера формируется список записей, удовлетворяющих критериям запроса. Далее, на стороне клиента используется сервис Retrieval Facility для непосредственного получения информации, соответствующей сформированному списку. Retrieval Facility состоит из двух сервисов: Present service и Segment Service. На запрос present request от origin target отправляет ответ present response, в котором содержатся найденные записи. В зависимости от суммарного размера записей, ответ от origin может быть двух типов: simple present response – в случае, когда размер всех записей не превышает значения, указанного в preferredMessageSize при инициализации сеанса. aggregate present response – в случае, когда необходима сегментация, то есть разбиение всех записей на несколько сегментов, размер которых не превышает preferredMessageSize. Сегменты пересылаются с помощью нескольких Segment request, завершает пересылку present response.

Access Control Facility. Этот сервис служит для проверки подлинности участников Z-сеанса. В профиле CIP он используется для гарантированной подлинности клиента, которая может быть установлена с требуемым уровнем достоверности. CIP требует установления подлинности пользователей для определенных операций, в основном связанных с заказом и получением данных. CIP использует формат prompt-1 access control, позволяющий использовать механизм открытых и секретных ключей для шифрования сообщений.

Accounting/Resource Control Facility. Сервис предоставляет возможности для обмена запросами между клиентом и сервером, касающимися использования и статуса ресурсов, а также позволяет клиенту получать информацию о ходе выполнения запросов. Сервис состоит из трех вспомогательных сервисов.

Resource control service. С его помощью сервер передает информацию о статусе текущей операции клиенту. Например, если resource control request выполняется для операции, работающей с иерархией коллекций, то он будет отражать иерархическую структуру операции. Запрос, выполненный для узла иерархической структуры, вернет информацию как о самом узле, так и о нижележащих узлах, и т.д.

Trigger resource control service используется клиентом для запроса статуса текущей операции, изменения ее статуса или отмены.

Resource report service позволяет клиенту получить отчет о завершенной операции в заданном формате.

Extended Services Facility. Сервис представляет собой механизм, позволяющий определять и использовать дополнительные сервисы, которые не описаны протоколом Z39.50. Сервис позволяет клиенту создавать, изменять или удалять задачи связанные с поиском и получением информации.

Termination Facility. Сервис, завершающий сеанс связи между клиентом и сервером.

- Идентификаторы поисковых запросов.

Каждый поисковый запрос от клиента должен иметь уникальный ссылочный идентификатор,

который используется для отслеживания операций. Идентификатор поискового запроса указывает на клиента, инициировавшего запрос, и должен быть уникальным как в рамках одной Z-сессии, так и вне ее, поэтому идентификатор должен содержать дату и время начала операции, а также числовой идентификатор для каждой отдельной операции. Это необходимо для исключения коллизий, которые могут быть вызваны одновременной инициацией нескольких запросов.

- Спецификация правил управления параллельными операциями.

Протокол SIP поддерживает концепцию параллельных операций. Это позволяет пользователю инициировать несколько поисковых запросов одновременно. То есть, клиенту нет необходимости дожидаться окончания выполнения предыдущей операции (а именно, получения ответа, соответствующего запросу), чтобы сделать следующий запрос. Возможность использования параллельных запросов определяется исключительно клиентом в момент инициализации Z-сессии. [4]

- Диагностические сообщения

Диагностические сообщения служат для идентификации ошибок, возникающих во время

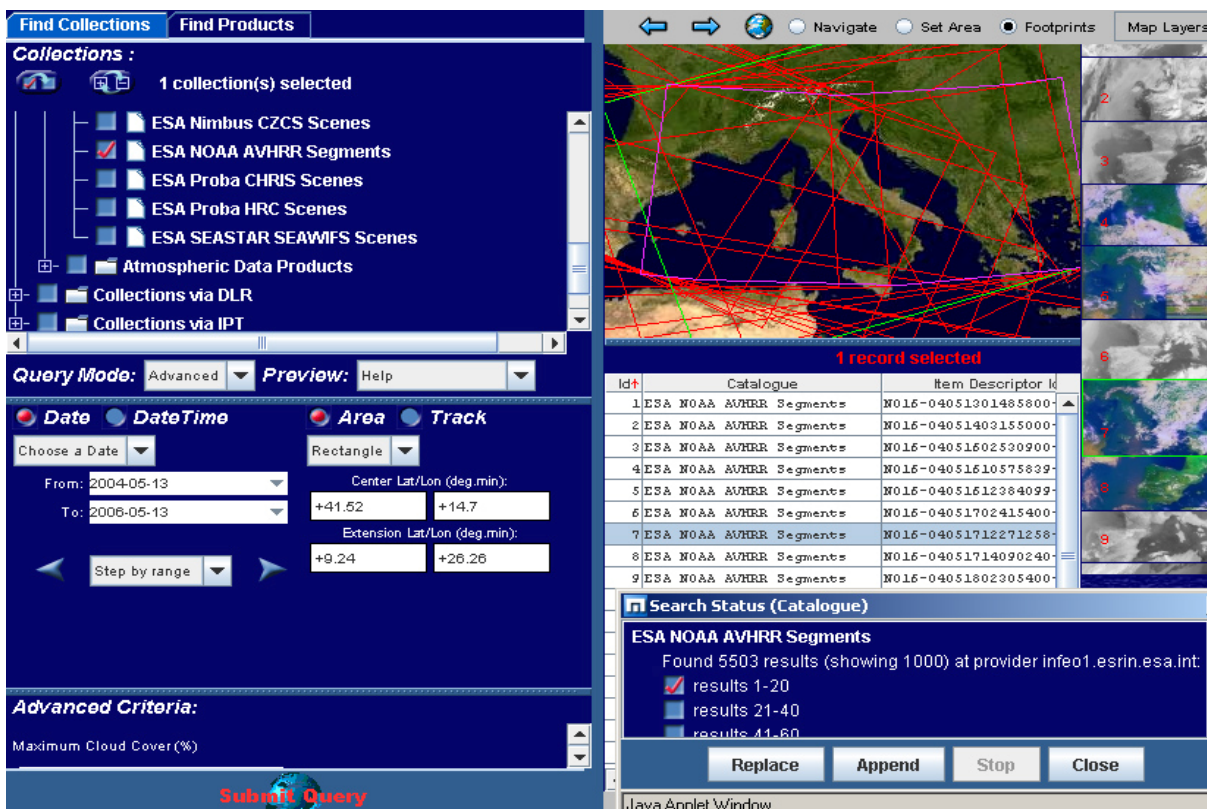


Рис. 4. Интерфейс клиентской части для поиска информации.

работы системы. SIP использует сообщения формата diag-1 OID {Z39.50-Diagnostic-diag-1}. Диагностические сообщения такого формата состоят из номера ошибки и дополнительной информации. Например, код сообщения 604 означает, что коллекция, к которой обращается клиент, была переименована. Поле дополнительной информации в таком случае будет содержать ID коллекции, а также новый ID.

Рассмотрим наиболее важные особенности протокола, связанные со спецификой модели данных SIP.

- Поиск коллекций

Поиск коллекций – это запрос типа Туре-1, целью которого является идентификация и получение описаний коллекций. Каждая коллекция определяется набором атрибутов, служащих для описания членов коллекции, как единого целого. Начиная поиск с заданной коллекции, поисковый менеджер будет автоматически осуществлять поиск по всем коллекциям ниже заданной, т.е. по тем, которые включены иерархически в дерево коллекций, корнем которой является заданная коллекция.

- Поиск описаний продуктов

Поиск описаний продуктов – это запрос типа Туре-1, целью которого является идентификация и получение описаний продуктов. Для поиска пользователь должен указать коллекцию, в которой будет осуществляться поиск. Это может быть и коллекция, являющаяся корневой в иерархической структуре коллекций. Поисковый менеджер начинает обход дерева вниз по иерархии, пока не достигнет терминальной коллекции (коллекция, содержащая описание продуктов), т.е. сначала выполняется поиск коллекций. Далее поиск данных осуществляется внутри коллекций, удовлетворяющих критериям поиска.

5. Реализация распределенной информационной системы

Рассмотрим пример реализации системы, использующей принципы распределенного хранения и поиска информации. Распределенная информационная система спутниковых архивов была реализована в 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>). Шлюз установлен на сервере, физически размещенном в Москве, в Институте Космических Исследований РАН

(<http://iris.iki.rssi.ru>). Узел Middleware Node находится в Институте Европейского Космического Агентства ESA/ESRIN (<http://www.esa.int>) [6]. В настоящее время в лаборатории спутникового мониторинга ИАПУ ежедневно принимается, обрабатывается, поставляется и архивируется информация со спутников NOAA (более 1500 сеансов в год) и информация с геостационарных спутников: японского GMS-5 и китайского FY-2B (с середины 2003г. круглосуточно). Базу для основных выходных продуктов составляют следующие категории спутниковой информации.

- Каталоги – наборы описаний всей принятой информации с указанием даты и времени приема, спутника, спектральных каналов и координат обзора.
- Цифровые мгновенные калиброванные изображения в меркаторской проекции с пространственным разрешением в 1.1 км и разрешением по температуре для ИК каналов – одна восьмая градуса.
- Карты температуры поверхности океана (ТПО) в изотермах, осредненные по времени (5-10 дней) и пространству (10-100км).
- Карты скоростей поверхностных течений и ветра, строящиеся на основе метода морских маркеров (МММ).
- Карты доминантных ориентаций термических контрастов (ДОТК), которые являются альтернативой векторам скоростей течений, строятся автоматически на основе метода ориентированных текстур.

На основе принятой информации в соответствии со стандартом для описания географических метаданных ISO 19115 [8] в автоматическом режиме генерируются метаданные коллекций. Раз в сутки, через ftp-соединение метаданные отправляются на сервер со шлюзом, где они размещаются в базе данных шлюза. С этого момента очередная коллекция данных становится доступна любому пользователю, зарегистрированному в системе. В данной схеме работы в качестве поставщиков данных может выступать не одна, а несколько независимых организаций, причем данные могут быть самыми разнообразными – начиная от температурных карт поверхности океана и карт течений и заканчивая спутниковыми снимками лесных пожаров и зон неблагоприятной экологической обстановки мегаполисов. Единственное условие, которое необходимо выполнить поставщику данных – подготовить

метаданные, описывающие коллекцию, в соответствии со стандартом CIP. В свою очередь, оператору Шлюза необходимо выполнить настройку системы для каждого поставщика: задать отображение (mapping) получаемых данных на predeterminedную стандартом схему, описывающую коллекцию.

Для поиска необходимой информации пользователь может воспользоваться поисковым интерфейсом по адресу <http://catalogues.eoportal.org/eoli.html> [7]. Интерфейс выполнен в виде Java-апплета (рис 4). 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. Это можно сделать как прямым вводом центра координат и размеров области, так и с помощью мыши, указав требуемую область на карте вверху справа.

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.

После того, как все необходимые поля заполнены, можно послать запрос на сервер (кнопка Submit Query). Результаты поиска представлены в виде таблицы внизу справа. Строки содержат краткую информацию по каждому снимку. Изображения для предварительного просмотра снимков (если они доступны) представлены в виде столбца в правой части экрана.

Для просмотра подробной информации необходимо выделить нужную запись и нажать кнопку со значком увеличительного стекла. На открывшейся странице (рис. 5) содержится детальная информация, касающаяся снимка и коллекции в целом. Страница может содержать более крупное изображение для предварительного просмотра. Если данные находятся в свободном доступе, то страница может содержать прямые ссылки на архивы данных, в остальных случаях предоставляются контакты провайдеров данных.

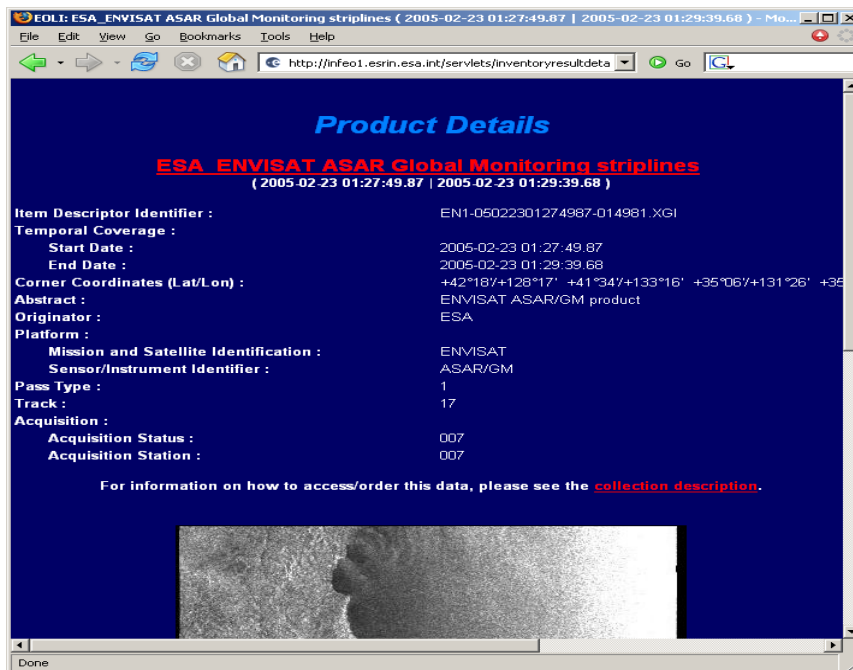


Рис. 5. Детальная информация о снимке.

6. Заключение

В статье рассмотрены общие принципы работы распределенной информационной системы, описаны ее протоколы и модели данных. В качестве примера кратко рассмотрена реализация распределенной информационной системы, предоставляющей широкие возможности для объединения поставщиков разнообразных данных ДЗЗ в единую среду, предоставляющую дополнительные возможности поставщикам данных и конечным пользователям и вместе с тем существенно упрощающую как поиск, так и предоставление информации.

Литература

- [1] Кудашев Е.Б., Балашов А.Д. Интеграция электронной библиотеки спутниковых данных в международную систему космической информации // Труды Пятой Всероссийской научной конференции "Электронные библиотеки RCDL'03".-: НИИ Химии СПб университета: Санкт-Петербург, 2003.
- [2] Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification. Z39.50 International Standard Maintenance Agency Library of Congress, Network Development and MARC Standards Office.
<http://www.loc.gov/z3950/agency/document.html>
- [3] Registry of Z39.50 Object Identifiers. Z39.50 International Standard Maintenance Agency Library of Congress, Network Development and MARC Standards Office.
<http://www.loc.gov/z3950/agency/defns/oids.html>
- [4] Капустин В.А., Смирнов В.М. Протокол Z39.50: обзор // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции - Труды Первой Всероссийской научной конференции. С.-Петербург, 1999 г. - С. 124-127 - СПб: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1999.
- [5] Catalogue Interoperability Protocol (CIP) Specification - Release B, CEOS/WGISS/ICS/CIP-B, (latest issue), Committee on Earth Observation Satellites.
<http://wgiss.ceos.org/ics/documentation.html>
- [6] Efim Kudashev. Digital Library: Improving the Accessibility of the Russian Satellite data in support of the Environmental Monitoring //Proceedings PV-2004. Ensuring the Long Term Preservation and Adding Value to the Scientific and Technical Data.-P. 233-240 /ESA,ESRIN,Frascati Italy
- [7] EOportal site.
<http://www.eoportal.org/>
- [8] ISO/TC 211 Geographic information/Geomatics site.
<http://www.isotc211.org/>
- [9] Жижимов О.Л. Введение в Z39.50. // Новосибирск: изд-во НГОНБ, 2000 – 196с., ISBN 5-88742-037-5
- [10] Я. Лукашевич. Метод трансляции с помощью обратной польской записи в области системного программирования. Reverse Polish Notation
<http://algolist.manual.ru/math/misc/revpn.php>

Integrated Distributed Informational System of Satellite Data for Earth Research Programs

Kudashev E.B., Filonov A.N.

The paper is devoted to the actual problems of satellite archives integration and the ways of their solving based on the development and implementation of the methods for distributed systems for information storage and searching. The project of distributed informational system implementation is observed as an example of such a system.

* Работа проводится при поддержке РФФИ (проект № 05-07-90021)