

От спутникового экологического мониторинга к электронным библиотекам спутниковой информации в образовании и исследовании Земли из космоса

Е.Б. КУДАШЕВ

Институт космических исследований РАН

А.Д. БАЛАШОВ

Институт космических исследований РАН

А.Н. ФИЛОНОВ

Институт космических исследований РАН

27 декабря 2003 г.

Методы и технологии Электронные Библиотеки особенно важны для развития информационной поддержки космического мониторинга объектов природной среды и глобальных изменений климата из-за тенденции к интеграции национальных информационных ресурсов, создания единой системы автоматической обработки информации и распределенного поиска по всем национальным архивам космической информации. Электронная Библиотека спутниковых данных изменения окружающей среды и климата создается в Институте космических исследований как инфраструктура системы международного обмена космической информацией на основе технологий INFEO (Information about Earth Observation). Система INFEO является также активным многоцелевым архивом космических данных.

Электронная Библиотека ИКИ предоставляет пользователям специализированные интерфейсы доступа к данным, обеспечивает долговременное хранение данных и позволяет производить поиск спутниковых снимков и коллекций данных. В рамках Программ исследования Земли из космоса наиболее перспективно создание единой системы автоматической обработки информации и распределенного поиска по всем национальным архивам космической информации. Создание единой системы доступа ко всем существующим архивам позволит эффективно использовать космическую информацию. В докладе показано, что на пути реализации такой системы возникает множество проблем, связанных с разнородностью применяемого программного обеспечения для реализации хранилищ и организации их внутренней структуры, разнообразия интерфейсов, моделей данных. В работе подробно рассматривается структура распределенной информационной системы INFEO, ориентированной на работу со спутниковыми данными и объединяющей архивы данных, расположенные в различных частях земного шара. Анализируется механизм доступа к информационным ресурсам INFEO, значение и функции Единых узлов доступа MWND информационной системы; иерархическая структура атрибутов данных в протоколе CIP (Catalogue Interoperability Protocol — основан на протоколе Z39.50 и является внутренним языком для работы системы INFEO); структура CIP/ Gateway — Шлюза к базам данных информационной системы

INFEO. Представлены конкретные примеры реализации поиска спутниковых данных на сервере INFEO; обсуждаются проблемы включения Российских архивов в систему INFEO.

1. Введение. Задача консолидации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)

Со времён запуска первого спутника человечество достигло значительных результатов в исследовании Земли из космоса. 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. Наиболее эффективными методами решения подобных задач являются информационные технологии, получившие название Электронные библиотеки (ЭБ).

ЭБ рассматриваются как область исследований и разработок, направленных на развитие методов обработки, хранения, поиска и анализа цифровых данных различной природы. ЭБ, являющиеся хранилищами знаний, можно рассматривать как сложные информационные системы; отметим, что технологии ЭБ стремительно развиваются. К наиболее перспективным технологиям ЭБ относятся: модели и стандарты представления информации и метаинформации; методы поиска, извлечения и анализа данных; доступ к распределенным и разнородным электронным коллекциям - интероперабельность, обнаружение релевантной информации, интеграция метаинформации; архитектуры ЭБ; создание, хранение и системное сопровождение электронных коллекций.

Методы и технологии ЭБ особенно важны для развития информационной поддержки космического мониторинга объектов природной среды и глобальных изменений климата из-за тенденции к интеграции национальных информационных ресурсов, создания единой системы автоматической обработки информации и распределенного поиска по всем национальным архивам космической информации. Электронная Библиотека спутниковых данных изменения окружающей среды и климата создается в Институте космических исследований (ИКИ) [1, 9] как инфраструктура системы международного обмена космической информацией на основе технологий INFEO (Information about Earth Observation). INFEO является также активным многоцелевым архивом космических данных.

Электронная Библиотека ИКИ предоставляет пользователям специализированные интерфейсы доступа к данным, обеспечивает долговременное хранение данных и позволяет производить поиск спутниковых снимков и коллекций данных.

Информационно-поисковая система построена на стандартах ISO для работы со спутниковыми данными и форматах электронного обмена массивами данных международных информационных систем распределенного поиска данных в области исследования Земли из космоса INFEO и EOSDIS (The Earth Observing System Data and Information System) для обмена спутниковыми данными. Система обеспечивает поиск по заданным атрибутам и поддерживает форматы электронного обмена массивами данных, а также унифицированный сетевой доступ к данным космического экологического мониторинга.

2. Организация индивидуальных архивов данных

Формирование информационной инфраструктуры и интеграция электронных архивов спутниковых данных особенно актуальны, так как в региональных Центрах спутникового мониторинга созданы и развиваются богатейшие электронные ресурсы. Наиболее яркими примерами таких информационных ресурсов являются спутниковые данные по лесным пожарам и динамике восстановления растительного покрова на территории России [2–10].

Созданные электронные коллекции включают данные по обширной территории России, начиная от Подмосковья и центральных регионов страны, включая Западную и Восточную Сибирь, Дальний Восток и Приморье. Оперативный спутниковый мониторинг Тихого Океана привел к созданию электронной коллекции данных по развитию тайфунов и по диагностике параметров тайфунов; карты поверхностных температур моря и тепловых структур морской поверхности. Важное направление развития информационных ресурсов космического мониторинга связано с изучением состояния окружающей среды урбанизированных территорий, построением тепловых карт и обнаружением температурных аномалий мегаполисов [4, 5, 7, 10].

Примеры созданных в рамках проекта электронных коллекций спутниковых данных представлены в работах [2–10]; с информационными ресурсами можно также познакомиться на Web-site ИКИ РАН «Электронная библиотека космической информации» [<http://iris.iki.rssi.ru>].

С течением времени объём космической информации значительно возрастает, в связи с чем возникает естественная потребность в систематизации спутниковых данных, их структуризации, создании средств каталогизации и поиска. Первым шагом на пути решения этой проблемы является выделение из всех свойств хранимых объектов только тех, которые необходимы в рамках решаемой задачи. Конечное число выделенных атрибутов позволяет произвести классификацию хранимых данных.

Бурное развитие компьютерных и Интернет-технологий создает возможности объединения информационных ресурсов в единую информационную среду и организации эффективного хранения данных. Для более продуктивного использования ресурсов архива данных создаются Web-сервера баз данных, что позволяет получать необходимую информацию о спутниковых данных через сеть Internet, обеспечивая наибольший охват информации. Для обеспечения потребителей адекватными и высококачественными данными, полученными в результате долговременных дистанционных исследований, разрабатываются наземные комплексы приема и обработки космической информации.

Структура системы ввода, архивации и распределения данных и функциональная схема инфраструктуры наземного комплекса обработки, хранения и распространения спутниковых данных программ экологического мониторинга и природоресурсных исследований рассматривались нами ранее в докладе на Первой Всероссийской конференции Электрон-

ной библиотеки [1; с. 231, с. 235].

3. Проблема интеграции индивидуальных архивов данных

Существующие архивы спутниковых данных содержат, как правило, информацию по одному научному проекту. Огромное количество и разрозненность серверов баз данных (БД) осложняют поиск полной информации по интересующей тематике. Развитие серверов баз данных основано на технологиях управления метаданными информационных систем и использует различные Модели Индивидуального Архива. Функциональная схема объединения информационных ресурсов в информационной системе, использующая Двухуровневую Модель, принятую для поддержки метаданных в системах Баз данных INFEO, показана на рис. 1. Подробно система INFEO рассматривается далее в разделе 4.

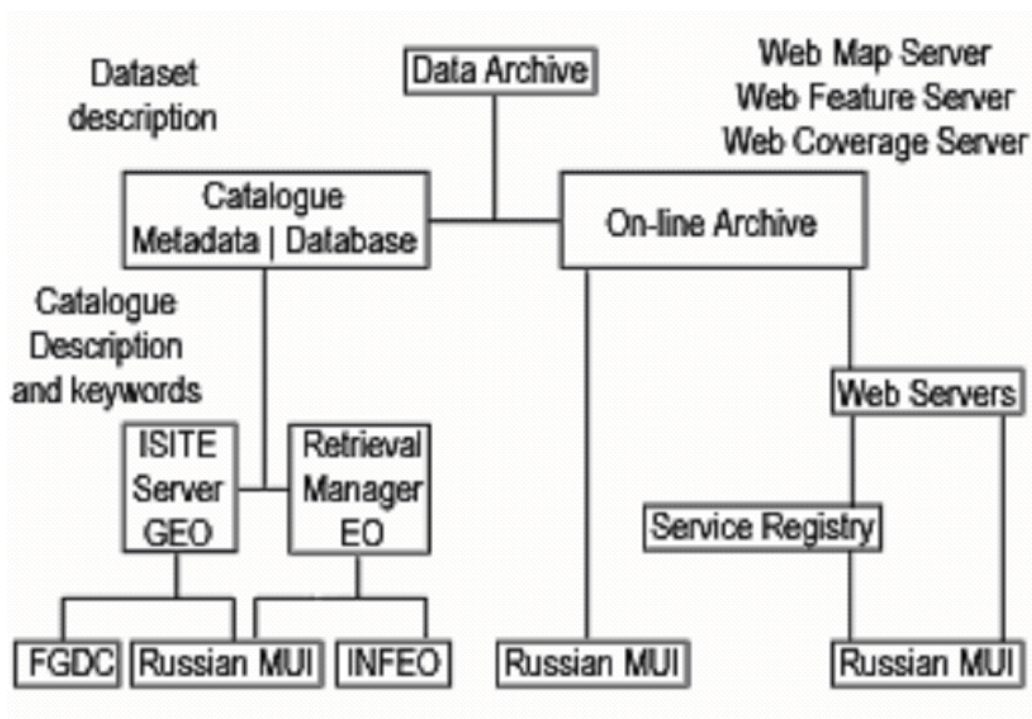


Рис. 1. Уровни моделей данных

В рамках двухуровневой модели более низким уровнем представления информационных ресурсов в Электронной библиотеке космической информации (см. рис. 1) является уровень, предназначенный для создания и поддержки Справочника (Directory Level) спутниковых информационных ресурсов: IDN (International Directory Network), FGDC (Federal Geographic Data Committee) ISITE software, NGDF (UK). Т.е. пользователь может лишь узнать, в каком архиве данных хранится необходимая ему информация, и вынужден, перейдя по ссылке в этот архив, уже в нём повторить процедуру поиска.

Более высоким является уровень Каталога; в информационной системе Электронной библиотеки космической информации в рамках модели рис. 1 этот уровень представления спутниковых данных обеспечивают INFEO и IMS EOSDIS (Information Manager System).

Т.е. конечная информация по запросу пользователя ищется уже непосредственно по всем источникам, отпадает необходимость в повторных запросах по каждому источнику.

4. Международная система распределенного поиска INFEO

В рамках программ исследования Земли из космоса наиболее перспективно создание единой системы автоматической обработки информации и распределенного поиска по всем национальным архивам космической информации. Создание единой системы доступа ко всем существующим архивам позволит эффективно использовать информацию, накопленную человечеством со времён развития космических технологий.

На пути реализации такой системы возникает множество проблем, связанных с разнородностью применяемого программного обеспечения для реализации хранилищ и организации их внутренней структуры, разнообразия интерфейсов, моделей данных.

4.1. Общее описание системы

Международная Информационная система INFEO (Information of Earth Observation), разработанная Европейским Космическим Агентством (ESA) и ориентированная на работу со спутниковыми данными, объединяет архивы данных, расположенные в различных частях земного шара. Система INFEO, являясь активным многоцелевым архивом космических данных, предоставляет пользователям специализированные интерфейсы доступа к данным, обеспечивает долговременное хранение данных и позволяет производить поиск спутниковых снимков и коллекций данных [12, 15, 19].

В системе INFEO различают три типа пользователей:

- клиенты (конечные пользователи INFEO, которые будут искать данные);
- поставщики (пользователи которые предоставляют свои данные через INFEO);
- операторы (пользователи которые управляют системой).

Все пользователи могут получить доступ к ресурсам INFEO через единые узлы доступа (MWND). Общая схема работы системы INFEO представлена на рис. 3.

Поставщики данных, как показано на рис. 2, имеют доступ к узлу MWND через ftp или Web для того, чтобы предоставить описание и дополнительную информацию о тех данных, которые у них имеются.

Существует большое количество возможных поставщиков для INFEO; некоторые из них могут уже иметь данные исследования земли из космоса в базе данных on-line. Поставщики, у которых лишь небольшое количество элементов данных или те, кто не желает делать их доступными on-line, могут через INFEO сообщить клиентам о своей информации и предоставить им доступ через URL.

В системе INFEO для поставщиков с большими наборами данных предоставляется множество шлюзов. Это делается для минимизации усилий, требуемых для того, чтобы соединиться с INFEO, и обеспечения механизма перевода между методом доступа к данным и INFEO стандартами.

Роль шлюза в информационной системе INFEO состоит в том, чтобы обеспечивать преобразование между протоколом INFEO (CIP), не зависящим от архитектуры архива

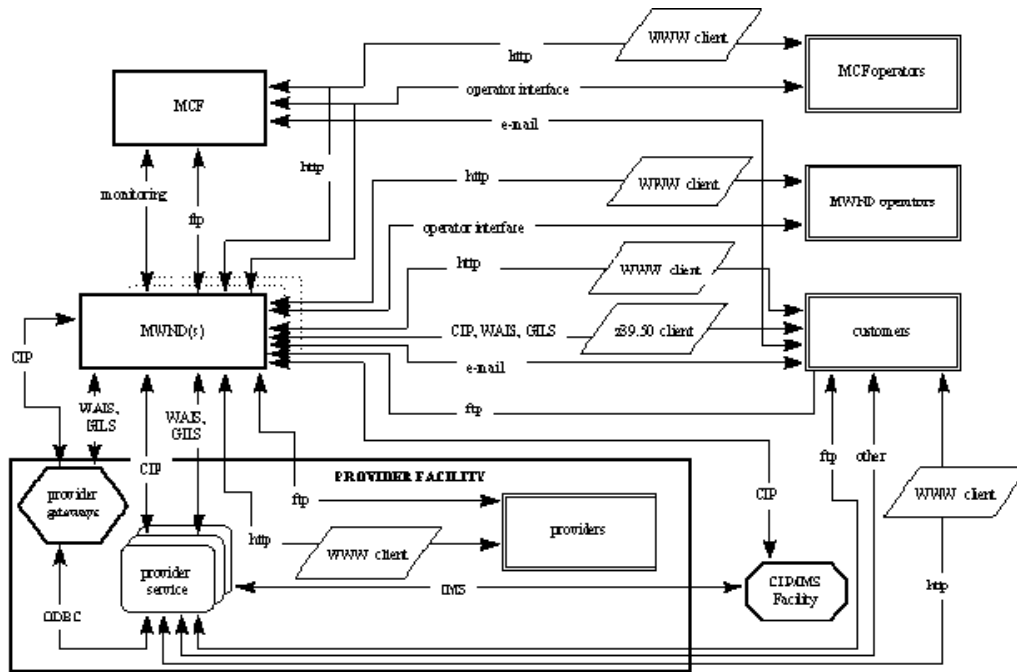


Рис. 2. Функциональная схема узла доступа MWND

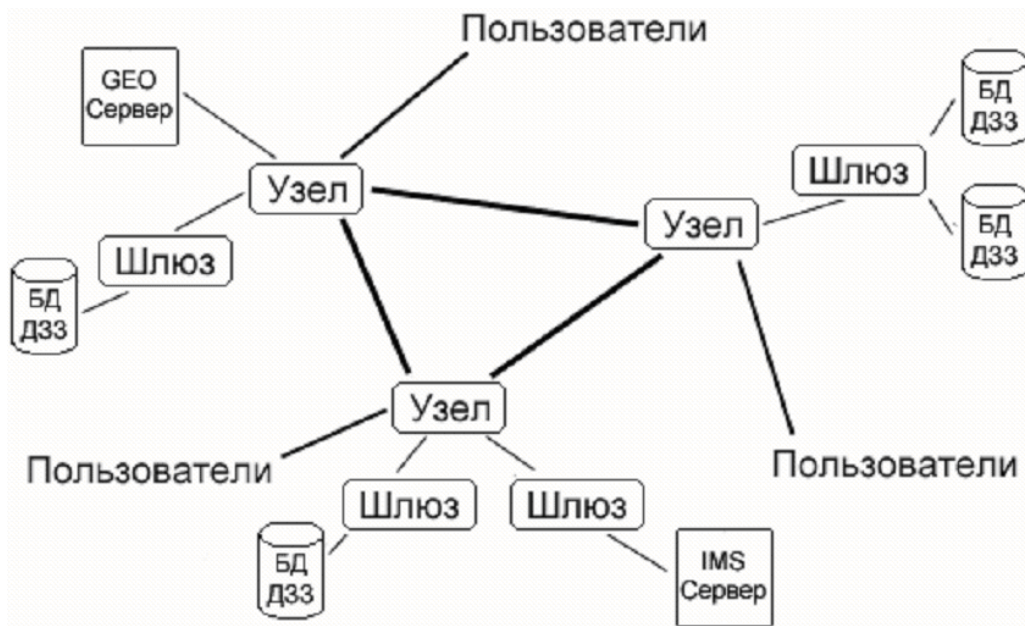


Рис. 3. Общая схема работы системы INFEO

поставщика данных, в формат конкретной базы данных по средствам ODBC. Реализация такого механизма в INFEO возможна благодаря конфигурационным файлам.

4.2. Единые узлы доступа к системе (MWND)

Единые узлы доступа (MWND) обеспечивают доступ к ресурсам INFEO для поставщиков и клиентов. Узел информационной системы MWND, как показано на рис. 2, решает следующие задачи:

- Описание коллекций данных — сюда также входит постоянный контроль за актуальностью информации.
- Библиографический поиск — поиск в библиотеках узла доступа и удаленных z39.50 совместимых узлах доступа.
- Поиск данных — поиск по локальным и удаленным CIP коллекциям.
- Обслуживание пользователей — регистрация и обслуживание пользователей.
- Обслуживание словаря данных — управление словарем данных INFEO.
- Помощь — поддержка помощи об использовании INFEO.
- Мониторинг — ведение логов и общий контроль системы.

4.3. Шлюз (Gateway)

Наиболее важной частью системы INFEO являются Шлюзы (рис. 4). Шлюз в свою очередь состоит из двух основных компонент Брокера (Retrieval Manager) и Переводчика (Translator) [16, 18]. Брокер выполняет следующие функции:

- обработка запросов полученных от узла доступа (MNWD)
- передача обработанного запроса переводчику
- интерпретация ответа полученного от переводчика
- формирование и передача ответа узлу доступа.

Полученный от брокера запрос переводчик преобразует по правилам описанным в конфигурационных файлах, в SQL запрос. Сформированный запрос передается через ODBC-драйвер серверу баз данных. Такая схема действий позволяет работать практически с любым сервером баз данных и любой схемой данных. Полученный от сервера ответ переводчик передает брокеру.

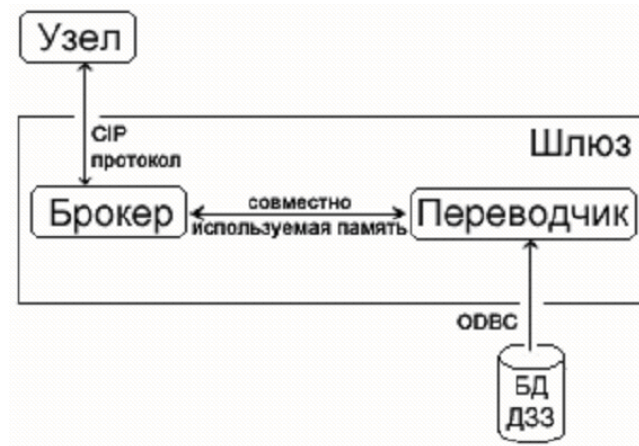


Рис. 4. Схема шлюза

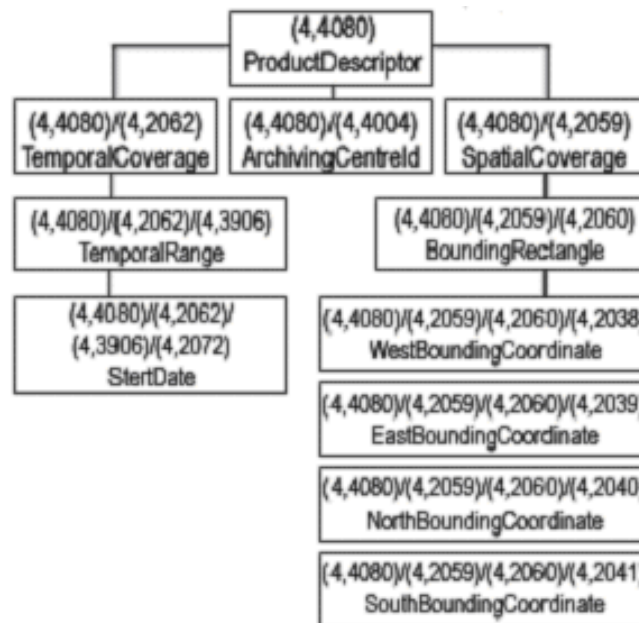


Рис. 5. Иерархическая структура атрибутов данных в протоколе СIP

4.4. CIP протокол

Все атрибуты данных в протоколе CIP (Catalogue Interoperability Protocol - основан на протоколе Z39.50 и является внутренним языком для работы системы INFEO [13, 14]) находятся в иерархической взаимосвязи, показанной на рис. 5.

Например, параметру «Самая северная координата (NorthBoundingCoordinate)» соответствует номер (4,4080)/(4,2059)/(4,2060)/(4,2040). Глядя на этот номер, можно согласно схеме рис. 5, точно сказать, свойства каких атрибутов унаследовал рассматриваемый параметр.

В нашем примере это «Прямоугольное ограничение (BoundingRectangle)» ← «Пространственное покрытие (SpatialCoverage)» ← «Атрибут данных (ProductDescriptor)».

4.5. Настройка системы

Для корректной работы системы необходимо установить связи с необходимыми ей компонентами и определить значения необходимых соответствующих параметров. Одним из важнейших этапов описания базы данных архива для работы системы является составление корректных файлов конфигурации, в которых производится полное соответствие между объектами системы INFEO во внутреннем протоколе CIP (Catalog Interoperability Protocol) и объектами индивидуального хранилища данных. CIP протокол является подмножеством рассматриваемого выше протокола Z39.50.

Наиболее простой метод такой настройки заключается в надстройке над существующей схемой данных при помощи представлений (View) конструкции, полностью удовлетворяющей стандартам INFEO. Такое решение проблемы относительно просто в реализации и старые приложения на сервере по-прежнему будут работать. Представление (View) - это пустая именованная таблица, определяемая перечнем тех столбцов таблиц и признаками тех их строк, которые хотелось бы в ней увидеть.

Значения полей, которые не предполагается заполнять (т.е. они всегда будут постоянны), есть возможность в файле описания атрибутов схемы выставить в константы вместо ссылки на то или иное поле.

4.6. Тестирование шлюза

Для тестирования запускаются стандартные тесты, написанные по стандартной структуре запросов в протоколе Z39.50.

Рассмотрим стандартный тест выбора данных ДЗЗ по времени:

Листинг: SearchRequest200.PDU.cnf

```
SearchRequest
{referenceId QUERY200,
...
query type-1
  {attributeSet 1.2.840.10003.3.1000.99.1,
    rpn op attrTerm
    {attributes
      {
        {attributeSet 1.2.840.10003.3.1000.99.1,
          attributeType 1,
```

```

        attributeValue numeric 4080 -- ProductDescriptor
    },
    {attributeSet 1.2.840.10003.3.1000.99.1,
      attributeType 1,
      attributeValue numeric 2062 -- TemporalCoverage
    },
    {attributeSet 1.2.840.10003.3.1000.99.1,
      attributeType 1,
      attributeValue numeric 3906 -- Temporal Range
    },
    {attributeSet 1.2.840.10003.3.1000.99.1,
      attributeType 2,
      attributeValue numeric 7 -- Overlaps
    },
    {attributeSet 1.2.840.10003.3.1000.99.1,
      attributeType 4,
      attributeValue numeric 210 -- DateRangeString
    }
  }term characterString "1999-12-29Z/1999-12-29Z"
}
}otherInfo {"localSearch"}
}

```

Как следует читать записи в протоколе CIP?

Сначала идёт спуск по иерархии атрибутов данных с типом 1 (attributeType 1), конкретизирующий свойство хранимых в базе данных объектов (в нашем случае - это временной интервал). Обратите внимание, что это именно интервал, которому физически соответствуют два поля в таблице: Дата начала съёмки (StartDate) и Дата окончания съёмки (EndDate).

Далее задается атрибут отношения (attributeType 2). В нашем случае это пересечение заданного в поиске временного промежутка и промежутка ведения съёмки (Overlaps).

Также необходимо задать формат поискового термина, в котором он представлен. В приведённом выше примере это формат временного интервала Международной Организации по Стандартизации ISO/8601 (DateRangeString). И последним этапом является задание значения термина для поиска ("1999-12-29Z/1999-12-29Z").

В данном примере рассмотрен довольно простой случай одного условия. С помощью CIP протокола существует возможность строить сложные запросы.

5. Шаги поиска в системе INFEO

В заключение приведем примеры реализации поиска спутниковых данных на рассмотренном сервере INFEO (<http://www.infeo.org>). После входа на сайт INFEO и выбора типа поиска (Simple Search или Advanced Search) необходимо заполнить параметры поиска, которых может быть несколько десятков в зависимости от выбранного типа поиска. Для простого поиска (Simple Search) достаточно указать лишь область исследования, координатный квадрант и интервал поиска (см. Рис. 6).

1. Select a subject area Help

Atmosphere Erosion/Sedimentation Land Cover Note:

Biosphere Land Temperature

Human Dimensions Land Use/Land Cover

Hydrosphere Surface Radiative Properties

Land Surface Topography

Oceans

Radiance Or Imagery

Solid Earth


• click on arrows to see sub-topics

• choose a subject by selecting a radio button

2. Select a geographical location Help

Type in coordinates or select area from map or select predefined regions

North:

West: East: 

South:

3. Select a time range Help

Specify dates or select a predefined range

From:

Until:

Any ?

Рис. 6. Задание параметров поиска

Следующим этапом является выбор каталогов данных, которые содержат удовлетворяющие параметрам поиска данные, для дальнейшего поиска уже непосредственно внутри этих каталогов (см. Рис. 7).

1. Choose catalogues to target

- DLR_Land Surface Temperature (NOAA AVHRR) monthly maps
- ESA ERS ATSR-1 Inventory
- ESA ERS ATSR-2 Inventory
- EDC_AVHRR 1-KM ORBITAL SEGMENTS
- EDC_NASA LANDSAT DATA COLLECTION
- ESA Landsat MSS Inventory
- ESA Landsat TM Inventory
- ESA NOAA AVHRR Inventory

Рис. 7. Список каталогов, удовлетворяющих условиям поиска

Во время поиска пользователю предоставляется возможность следить за его процессом. Видно, по каким каталогов поиск ещё идёт, а по каким уже завершён и видно количество результатов поиска (см. Рис. 8).

Конечные результаты поиска сгруппированы в таблицу. По каждому найденному снимку можно посмотреть детальную информацию (см. Рис. 9).

Progress of QUERY2

Name	Run Time	Status	Results
QUERY2	00:00:34	busy	1033
Progress by Provider			
129.247.161.252	00:00:17	ready	33
cjupiter.esrin.esa.it	00:00:34	partial	1000
ganbaldi.gsfc.nasa.gov	00:00:34	busy	-

Рис. 8. Процесс поиска в выбранных каталогах

8	Item ID: PID_ARC_Land_Surface_Temperature_(NOAA_AVHRR)_monthly_maps/205875	Catalogue: DLR_Land Surface Temperature (NOAA AVHRR) monthly maps	Select
	ItemDescriptorId: PID_ARC_Land_Surface_Temperature_(NOAA_AVHRR)_monthly_maps/205875 StartDate: 1998-08-01	Full description Quicklook: No	<input type="checkbox"/>
9	Item ID: PID_ARC_Land_Surface_Temperature_(NOAA_AVHRR)_monthly_maps/205946	Catalogue: DLR_Land Surface Temperature (NOAA AVHRR) monthly maps	Select
	ItemDescriptorId: PID_ARC_Land_Surface_Temperature_(NOAA_AVHRR)_monthly_maps/205946 StartDate: 1998-08-01	Full description Quicklook: No	<input type="checkbox"/>
10	Item ID: PID_ARC_Land_Surface_Temperature_(NOAA_AVHRR)_monthly_maps/207698	Catalogue: DLR_Land Surface Temperature (NOAA AVHRR) monthly maps	Select
	ItemDescriptorId: PID_ARC_Land_Surface_Temperature_(NOAA_AVHRR)_monthly_maps/207698 StartDate: 1998-07-01	Full description Quicklook: No	<input type="checkbox"/>
View Spatial Coverage of Selected Items			
Add Selected Items to Order Basket		Reset selections	Select all
Reload page with <input type="text" value="10"/> results (max 100) <input type="button" value="Reload page"/>			
Sort datasets by			
Date: <input type="button" value="ascending"/> <input type="button" value="descending"/>			
Records 1 to 10 of 1043			
1-10 11-20 21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80 81-90 91-100 101-110 111-120 121-130 131-140 141-150 151-160 161-170 171-180 181-190 191-200 201-210 211-220 221-230 231-240 241-250 251-260 261-270 271-280			

Рис. 9. Таблица конечных результатов

6. Включение Российских архивов в систему ИНФЕО

В результате проведенных работ был установлен функционирующий WWW-сервер, разработана структура хранения и поиска информации в архиве данных дистанционного зондирования, получено необходимое пропрограмное обеспечение для установки на сервере Шлюза системы INFEO, которое было установлено, правильно настроено и сконфигурировано под существующую базу данных. Также произведено тестирование рабочего Шлюза, т.е. поиск данных по Российскому серверу с сервера INFEO.

В ходе работ получен довольно простой и понятный алгоритм установки и настройки нового для Российских архивов и достаточно сложного международно признанного программного продукта. В дальнейшей работе предстоит связать архивы участников проекта в единую систему, основываясь на опыте конфигурации баз данных под международные стандарты. Тем самым откроется возможность более оптимально использовать богатейшие электронные ресурсы данных ДЗЗ, накопленных в России за последние годы.

Список литературы

- [1] Арманд Н.А., Кравцов Ю.А., Кудашев Е.Б., Мясников В.П., Саворский В.П., Смирнов М.Т., Тищенко Ю.Г. Он-лайн Электронная библиотека космической информации по экологическим и природо-ресурсным фундаментальным программам // Электронные библиотеки: Перспективные методы и технологии, Электронные коллекции. Труды Первой Всероссийской научной конференции. С.-Петербург: Изд. С.-ПБ Госуд. Университета. 1999. С. 239–235.
- [2] Арманд Н.А., Мясников В.П., Кравцов Ю.А., Кудашев Е.Б. и др. Информационные технологии и информационные ресурсы космического экологического мониторинга // Вестник РФФИ. 2000. № 2, С. 30–37.
- [3] Арманд Н.А., WYN CUDLIP, Кравцов Ю.Г., Кудашев Е.Б., Раев М.Д., Сюнтюрэнко О.В., Саворский В.П., Смирнов М.Т., Тищенко Ю.Г., Мясников В.П. Российско-Британский Спутниковый экологический мониторинг на основе Web- и Internet технологий // "Информационное Общество". 2000. № 2, С. 59–64.
- [4] Кудашев Е.Б., Балашов А.Д. Спутниковый мониторинг окружающей среды мегаполиса в информационном обществе // Информационное общество. 2002. № 1. С. 40–43.
- [5] Кудашев Е.Б., Балашов А.Д., Каленова Н.И. Аэрокосмическая съемка и экологический мониторинг мегаполиса // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2002. № 5. С. 46–57.
- [6] Кудашев Е.Б., Мясников В.П., Сюнтюрэнко О.В., Ершова Т.В., Хохлов Ю.Е. Аэрокосмический экологический мониторинг мегаполисов с использованием новейших ИКТ в контексте формирования информационного общества // Информационное общество. 2001. № 5. С. 38–42.
- [7] Кудашев Е.Б., Балашов А.Д. Космический экологический мониторинг мегаполиса // Инженерная Экология. 2002. № 6. С. 17–24.

- [8] Кудашев Е.Б., Мясников В.П., Тищенко Ю.Г. Космическая экология: Инновационный проект интеграции российских спутниковых данных экологического мониторинга // Инженерная Экология. 2002. № 5. С. 2–14.
- [9] Кудашев Е.Б., Балашов А.Д., Грицив Д.П., Филонов А.Н. Интеграция российских спутниковых данных в мировую систему центров космической информации - Труды 10 Всероссийской научно-методической конференции Телематика 2003. Информатизация образования и науки. Изд. ЛИТМО. СПб. 2003. Т. 1. С. 235–238.
- [10] Кудашев Е.Б., Кравцов Ю.А., Голомолзин В.В., Шарахманян М.А. The Satellite Techniques in Early Warning Systems for Large Towns and Megacities // Ed. J. Zschau and A. Kuppers- Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg. 2003. Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction. Ch. 8.2. P. 741–744.
- [11] Серебряков В.А., Бездушный А.Н., Жижченко А.Б., Кулагин М.В. Интегрированная система информационных ресурсов РАН и технология разработки электронных библиотек. Программирование. 2000. Т. 26. № 4. С. 177–185.
- [12] STUART MILLS, ARNULF KJELDSSEN, JASON SHIPP "INFEO SEARCH-A", Published in: J. STROBL and C. BEST (Eds.), 1998: Proceedings of the Earth Observation & Geo-Spatial Web and Internet Workshop '98.
- [13] "ANSI/NISO Z39.50-1995 Information Retrieval: Application Service Definition and Protocol Specification".
- [14] "Catalogue Interoperability Protocol (CIP) Specification - Release B"CEOS, Working Group on Information Systems and Services, PTT Teleconference of 27 May 1998, Italy.
- [15] "CIP Search-B. Software User Manual (Customer User Interface)"Space Applications Institute, 2000, GB.
- [16] "CIP Search-B. Software User Manual (CIP/ODBC Gateway)"Space Applications Institute, 2000, GB.
- [17] "CIP Search-B. Software User Manual (Operator)"Space Applications Institute, 2000, GB.
- [18] "CIP Search-B. Software User Manual (Pre-Packaged Retrieval Manager)"Space Applications Institute, 2000, GB.
- [19] "CIP-ODBC Gateway Installation & Configuration"Centre for Earth Observation (CEO), 1999, GB.
- [20] "Geographic information - Web Map Server Interface"Open GIS Consortium, Inc., ISO/TC 211 /SC. № 939. 2000