

УДК 913:002(571)

Распределенная информационная система сбора, хранения и обработки спутниковых данных для мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока

**Юрий И. Шокин^а, Игорь А. Пестунов^{а*}, Валентин В. Смирнов^а,
Юрий Н. Синявский^а, Анастасия П. Скачкова^а, Иван С. Дубров^а,
Владимир А. Левин^б, Анатолий И. Алексанин^б, Марина Г. Алексанина^б,
Павел В. Бабяк^б, Андрей В. Громов^б, Илья В. Недолужко^б**

^а *Институт вычислительных технологий СО РАН
630090 Россия, Новосибирск, пр. Акад. Лаврентьева, 6*

^б *Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН
690041 Россия, Владивосток, ул. Радио, 5*

Received 22.10.2008, received in revised form 30.10.2008, accepted 29.12.2008

Рассматриваются распределенные геоинформационные системы, разработанные в СО РАН и ДВО РАН, а также вопросы их взаимодействия для решения задач мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока.

Ключевые слова: региональный мониторинг, пространственные данные, сервисориентированная ГИС, каталог спутниковых данных, данные SPOT.

Введение

Важнейшей составляющей информационного обеспечения общества, необходимой для безопасного существования и устойчивого экономического развития государства, являются данные дистанционного зондирования (ДДЗ). При исследовании обширных и труднодоступных территорий они имеют особое значение как источник независимой, объективной и актуальной информации.

В последние годы в области создания и развития средств и технологий дистанционного зондирования Земли наблюдается стремительный прогресс. Пространственное разрешение снимков повысилось до десятков сантиметров, спектральное разрешение – до сотен каналов (гиперспектральная съемка). Точность орбитальной привязки улучшилась до 1-2 м. Кроме того, с каждым годом растет число запускаемых спутников высокого и сверхвысокого разрешения [9]. Как следствие, лавинообразно растут получаемые объемы данных (особенно при мониторинге территорий Сибири и Дальнего Востока), которые практически невозможно централизованно хранить и обрабатывать, и наблюдается перманентное отставание методов и алгоритмов тематической обработки от открывающихся возможностей новых спутниковых сенсоров.

* Corresponding author E-mail address: pestunov@ict.nsc.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

С другой стороны, сложность современных программных комплексов, их существенная стоимость и необходимость постоянного обновления значительно затрудняют их широкое использование рядовым пользователем.

Это привело к созданию региональных центров хранения и обработки данных и интеграции ГИС-, веб- и grid-технологий, благодаря которой появились распределенные геоинформационные системы (РГИС). Развитие средств и методов тематической обработки данных в региональных центрах (с последующей интеграцией разработок в РГИС) позволяет получить широкий спектр выходной продукции и предоставить потенциальному пользователю средства удаленного контроля за процессом производства. Развитию распределенных ГИС способствовало объединение крупнейших разработчиков программного обеспечения в консорциумы по стандартизации. В области геоинформатики создан Консорциум открытых ГИС (Open Geospatial Consortium – OGC) [28]. Соответствие стандартам OGC позволяет программным продуктам различных производителей (в том числе коммерческим) взаимодействовать при решении конкретных задач. Переходу к РГИС также способствует внедрение спутниковых систем навигации GPS и ГЛОНАСС, позволяющих с высокой точностью определять местоположение объекта в любой точке планеты.

К настоящему времени в развитии распределенных ГИС можно выделить три этапа [6].

РГИС первого поколения (например, европейская информационная система INFEO) представляет собой сеть промежуточных узлов (аналогичных Z39.50/Gateways [3, 15]), организующих единую точку доступа для поиска и получения информации (метаданных) по всем архивам и каталогам, зарегистрированным в системе (независимо от их географического расположения и внутреннего представления данных).

В системе второго поколения для связи с внешними каталогами вместо Z39.50/Gateways используются веб-сервисы. Технология веб-сервисов является средством интеграции вызовов удалённых процедур (запросов) и позволяет не только организовывать доступ к информации, но и предоставлять различные услуги по её обработке. Данный подход используется в системе SSE [30], являющейся единой средой для потребителей и провайдеров данных и сервисов. SSE объединяет пользователей на основе стандарта XML с использованием протоколов обмена сообщениями SOAP и языка описания веб-сервисов WSDL [32].

Особенность РГИС третьего поколения состоит в наличии интеграционного слоя доступа к гетерогенным данным (Data Access and Interoperability Layer – DAIL), предоставляющего единый интерфейс доступа к каталогам и сервисам с помощью установленных стандартов.

Распределенные геоинформационные системы имеют неоспоримые преимущества перед настольными благодаря следующим особенностям:

- распределенный доступ к системе (наличие веб-интерфейса, позволяющего избежать установки дорогостоящего программного обеспечения; простота изменения и обновления программного обеспечения; доступность широкому кругу пользователей);
- распределенное хранение данных (организация единой точки доступа к распределенным архивам гетерогенных данных; возможность хранения пользовательских данных на сервере);
- распределенная обработка данных (возможность проведения обработки на высокопроизводительных вычислительных системах и использования grid-технологий).

В данной работе рассматриваются сервис-ориентированная распределенная ГИС ГЕОСфера, разрабатываемая в Институте вычислительных технологий (ИВТ) СО РАН, и информационная система Центра коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН, а также проблемы организации их взаимодействия и обмена данными с глобальной информационной системой SSE. Рассматриваемые системы осуществляют сбор, хранение и обработку спутниковых данных для мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока.

Структура и основные функции системы ГЕОСфера

В целях обеспечения доступа сотрудников Сибирского отделения РАН к спутниковым данным на базе ИВТ СО РАН создается распределенная система сбора, хранения и обработки данных дистанционного зондирования. К основным функциям системы относятся: телекоммуникационное обеспечение сбора данных; архивирование «сырых» данных¹; предварительная (до уровня 1В) и дополнительная (до уровня 2А) обработка данных (рис. 1); каталогизация данных уровня 1А; обеспечение оперативного и долговременного хранения обработанных данных; предоставление доступа к данным; предоставление веб-сервисов для тематической обработки данных.

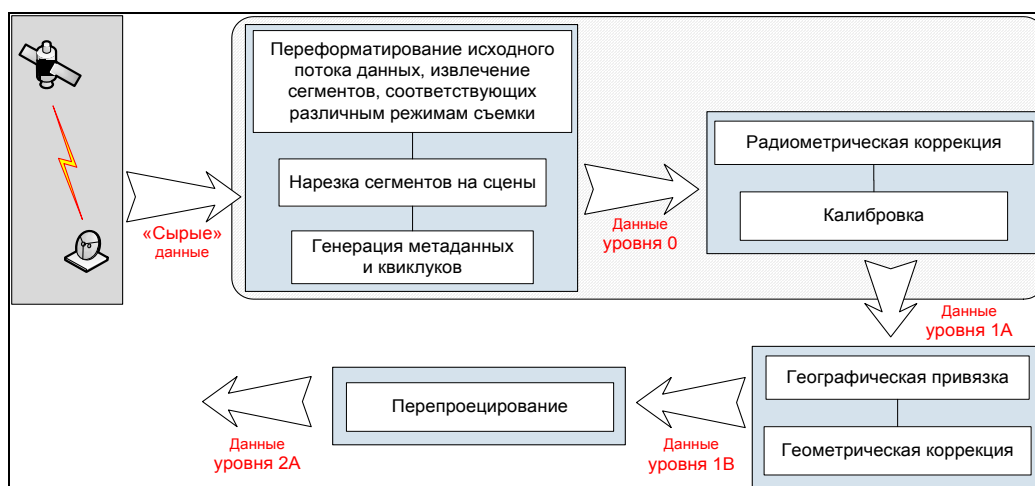


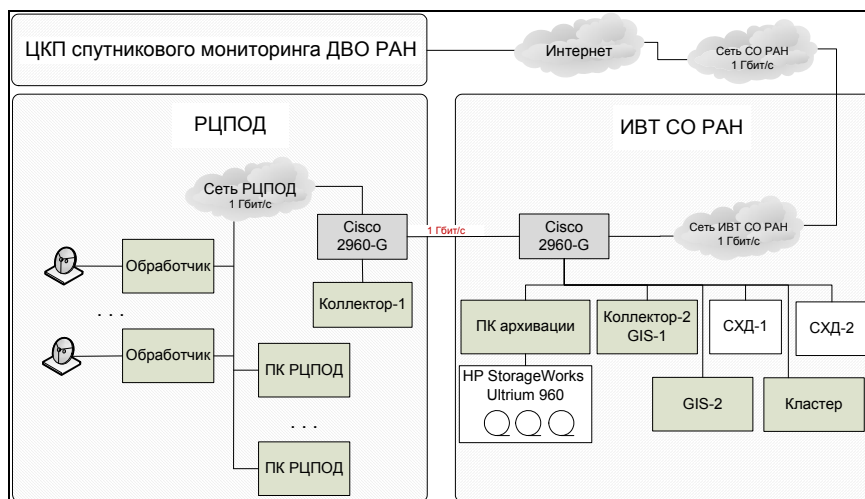
Рис. 1. Уровни предварительной обработки данных

Основной поставщик спутниковых данных – Западно-Сибирский региональный центр приема и обработки спутниковых данных (Зап-СибРЦПОД) при ГУ «Новосибирский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с функциями регионального специализированного метеорологического центра всемирной службы погоды» в составе Западно-Сибирского УГМС, который является крупнейшим за Уралом центром, занимающимся приемом и обработкой спутниковой информации.

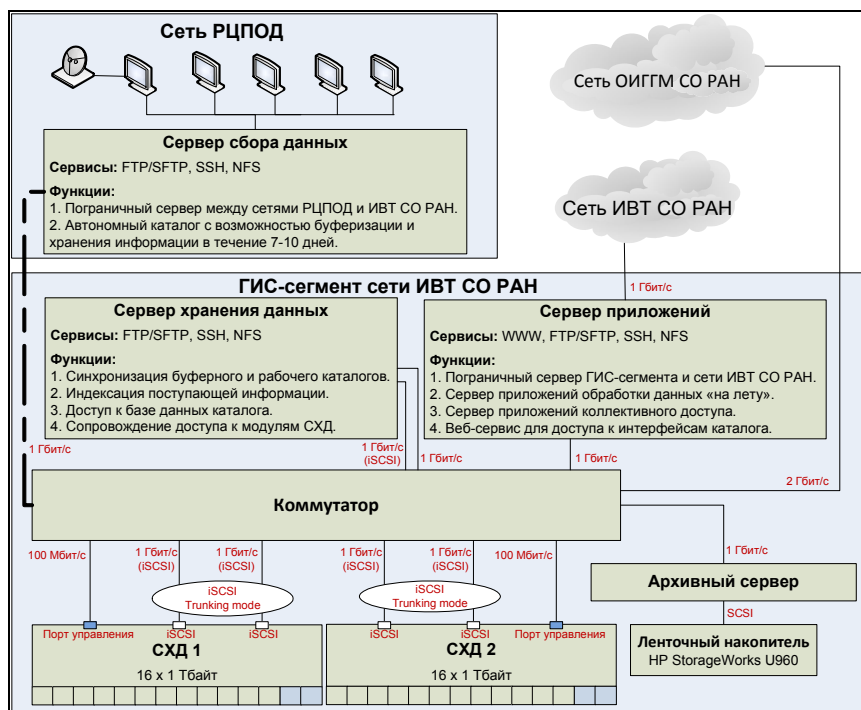
¹ Исходные («сырые») данные, получаемые наземным приемным центром, представляют собой битовую последовательность, содержащую как результаты съемки, так и служебную информацию о движении и ориентации космического аппарата, режимах работы съемочной аппаратуры и др. При этом информационный сигнал проходит несколько стадий обработки (демодуляция, синхронизация, декодирование и др.).

Для передачи данных из Зап-СибРЦПОД в ИВТ СО РАН организована подсеть сбора данных Сети передачи данных Сибирского отделения РАН, состоящая из двух сегментов – ГИС-сегмента локальной сети ИВТ СО РАН и сегмента Зап-СибРЦПОД (рис. 2). Взаимодействие между сегментами осуществляется с помощью оборудования Cisco.

Сегмент Зап-СибРЦПОД включает в себя сервер для временного хранения информации («Коллектор-1»). Сервер обеспечивает взаимодействие между локальной сетью Зап-СибРЦПОД и ГИС-сегментом сети ИВТ СО РАН, предоставляет FTP-сервис, сервис файловых каталогов и другие сервисы для служб Зап-СибРЦПОД, а также обеспечивает временное хранение (буфе-



а



б

Рис. 2. Структурная (а) и функциональная (б) схемы подсети сбора данных Сети передачи данных СО РАН

ризацию) поступающей информации в течение 7-10 дней для гарантированного функционирования системы сбора данных в случае аварийных ситуаций.

ГИС-сегмент сети ИВТ СО РАН включает следующее оборудование:

- система хранения данных (СХД), обеспечивающая долговременное бесперебойное хранение оперативной информации;
- сервер сбора и индексирования данных («Коллектор-2»), выполняющий функции сбора, индексирования данных и занесения их в СХД, а также формирования базы метаданных и выполнения поисковых запросов;
- сервер приложений, предназначенный для обработки данных;
- система архивации данных, обеспечивающая долговременное хранение поступающей «сырой» информации и оперативного архива по мере его обновления.

В качестве системы хранения данных используются два дисковых массива proIPS SB-3164-G1A3, каждый из которых содержит 16 дисков по 1 Тбайт. Для внутренней организации массивов используется технология RAID 6, построенная на 14 дисках. Оставшиеся два диска работают в режиме HotSpare. Использование технологии RAID 6 с двумя резервными дисками позволяет сохранить полную работоспособность системы при выходе из строя двух дисков и обеспечить работу системы в функционально ограниченном режиме при одновременном выходе из строя до четырех дисков.

В настоящее время обеспечен прием данных со спутников SPOT-2/4 (порядка 16 Гбайт в сутки), в ближайшее время будет организован прием данных MODIS/(Terra+Aqua), ориентировочный объем которых составляет около 3.5 Гбайт в сутки. Кроме того, создан каталог архивных данных со спутников серии LandSat (1982-2002 гг.), покрывающих территорию России (рис. 3); организован доступ к каталогу спутниковых данных Межинститутского спутникового центра коллективного пользования ДВО РАН и сформирован каталог для доступа к архиву радарной топографической съемки на территорию Евразии, полученной NASA в феврале 2000 г. (SRTM1 и SRTM2).

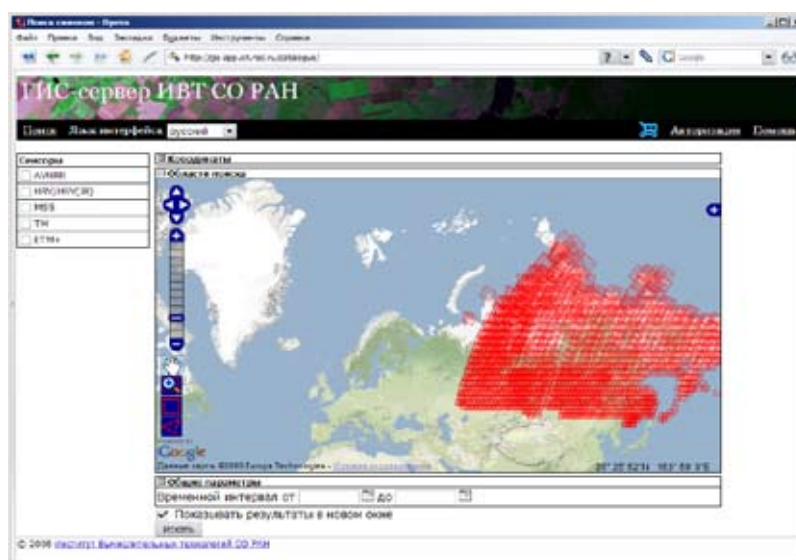


Рис. 3. Зона покрытия архивными данными со спутников серии LandSat (1982-2002 гг.)

Архивация данных для долгосрочного хранения обеспечивается с помощью ленточного накопителя. «Сырые» данные после индексации тоже переносятся в долговременный архив.

Сервер приложений (2 x Intel Core Quad (8x2.2 ГГц), 16 Гбайт ОЗУ) взаимодействует с вычислительным кластером ИВТ СО РАН с пиковой производительностью порядка 200 Гфлопс. В настоящее время он используется для приведения данных в нужную картографическую проекцию.

Каталог пространственных данных ИВТ СО РАН

С целью систематизации данных, организации поиска и извлечения из архива необходимой информации в систему интегрирован каталог пространственных данных. Каталог работает под управлением операционной системы семейства UNIX. В его основе лежит набор стандартных и специализированных программных продуктов с открытым исходным кодом, распространяемых под лицензией GPL (GNU General Public License).

Структура каталога представлена на рис. 4. Доступ к нему осуществляется посредством стандартного веб-браузера, что обеспечивает платформенную независимость. В основе каталога лежит набор Perl/Java/JavaScript-приложений, работающих под управлением веб-сервера Apache.

Доступ к каталогу реализован посредством модуля Central Authentication Service (CAS), разрабатываемого в рамках проекта JA-SIG¹. Он позволяет организовать многоуровневую систему разграничения прав доступа с централизованной базой пользователей на основе LDAP-каталога Сибирского отделения РАН. Функционально сервис реализован в виде прокси-сервера

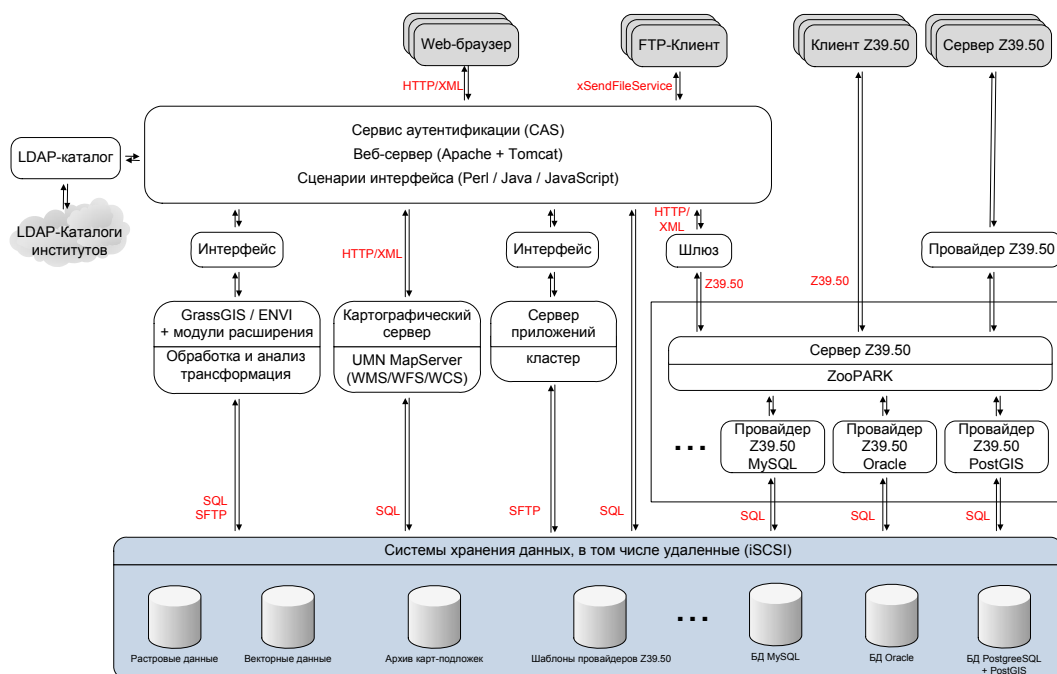


Рис. 4. Структура каталога

¹ <http://www.ja-sig.org/products/cas/index.html>

для аутентификации, возможна тонкая настройка параметров доступа (например, в зависимости от IP-адреса, доменного имени, даты и времени суток, используемого метода аутентификации, расширения файла и т.п.). Это позволяет реализовать практически индивидуальные настройки доступа к любому защищаемому ресурсу. Модуль CAS позволяет легко создавать защищенные ресурсы как на основе Apache/Tomcat, так и при использовании технологий PHP/JavaScript на платформе Apache.

Внутренняя структура каталога состоит из следующих функциональных блоков.

В качестве *HTTP-сервера* используется Apache (с расширением Tomcat) для платформы UNIX. Веб-сервер Apache разрабатывается и поддерживается открытым сообществом разработчиков под эгидой Apache Software Foundation¹ и включен во многие программные продукты, среди которых СУБД Oracle и IBM WebSphere. К основным достоинствам Apache относятся надежность и гибкость конфигурации. Приложения, реализованные на платформе Java (J2EE), работают в среде Apache Tomcat.

Важной составляющей системы являются картографические сервисы, которые также используются в других проектах. *Подсистема картографических сервисов* состоит из двух продуктов, распространяемых под лицензией GPL (GeoServer² и UMN MapServer³).

GeoServer предназначен для публикации набора векторных и растровых слоев, в частности слоя покрытия территории данными оперативного спутникового мониторинга за интересующий период. Приложение взаимодействует непосредственно с СУБД PostgreSQL/PostGIS, что позволяет построить высокопроизводительный и легкий в настройке сервис.

Картографический сервер UMN MapServer предназначен для публикации растровых данных, а также извлечения информации из сопряженных баз данных и публикации законченных проектов. В настоящее время он становится одним из наиболее популярных инструментов для создания геоинформационных веб-сервисов и ресурсов [12]. MapServer содержит все необходимое для разработки картографических сервисов WMS/WFS, в соответствии со спецификациями OGC. Он позволяет формировать карты, одновременно используя информационные слои, размещенные как в локальных, так и в удаленных архивах. Богатая функциональность, легкое взаимодействие с различными СУБД и открытость исходного кода предопределили популярность программы.

В качестве базового *инструментария для обработки и анализа данных дистанционного зондирования* используются как пакеты программ с открытым исходным кодом, так и коммерческие продукты.

Для предварительной обработки поступающих данных используется специальный модуль, интегрированный в коммерческий пакет RSI ENVI⁴. Пакет активно развивается в последние годы, его отличительной особенностью является наличие мощного интегрированного языка программирования IDL, поддерживающего параллельные вычисления.

В качестве базового инструментария для тематической обработки и анализа данных дистанционного зондирования используется пакет программ с открытым исходным кодом GRASS

¹ <http://www.apache.org>

² <http://geoserver.org>

³ <http://mapserver.gis.umn.edu>

⁴ <http://www.envi.ru>

GIS (Geographic Resources Analysis Support System¹). Отличительные особенности пакета – полная интеграция в среду UNIX, поддержка основных типов пространственных данных, мощный процессор обработки растровых данных, модульность и наличие открытого инструментария для быстрой и эффективной разработки модулей расширения. Использование в пакете библиотек GDAL и PROJ4 обеспечивает поддержку всех современных стандартов геоданных и большой набор функций для трансформации и перепроецирования изображений. По функциональности GRASS GIS не уступает коммерческим аналогам. Он позволяет разрабатывать модули расширения практически на всех языках программирования, для которых есть компилятор под UNIX (Perl, sh, C/C++, Java, Fortran и др.). Пакет позволяет выполнять ресурсоемкие алгоритмы на высокопроизводительных вычислительных системах. Он включает библиотеки для работы практически со всеми современными СУБД. Внутреннее представление растровых данных базируется на вокселях (3D-пикселях), что существенно расширяет возможности по обработке.

В последние годы во многих университетах США и Европы GRASS GIS используется как базовый прикладной пакет для обучения студентов и проведения исследований. Так, например, в университете Ганновера² курс изучения основ пакета включен в программу обучения. Интеграция пакета GRASS GIS в разрабатываемую систему позволяет с минимальными временными затратами обеспечить пользователям доступ к полнофункциональной ГИС, расширенной специализированным математическим аппаратом.

Для тематической обработки данных дистанционного зондирования в систему интегрирован комплекс программ, основанный на эффективных непараметрических алгоритмах выбора информативных признаков и классификации, разработанных сотрудниками ИБТ СО РАН [5, 10, 11].

Большое внимание в системе уделено статистической обработке данных и визуализации результатов. Для этих целей в нее интегрирован статистический пакет R.Stat³, распространяемый на условиях лицензии GPL.

Для расширения функциональности системы используется *сервер приложений*. Он содержит интерфейсы для взаимодействия с внешними приложениями, описанные на языке XML.

Для обеспечения функционирования предлагаемой системы в распределенном режиме и интероперабельности по протоколам доступа к метаданным и их представлению, в нее интегрированы *модули поддержки протокола Z39.50* [3, 15] (и CIP [19, 20] как одного из его профилей). Для этого в систему включены следующие программные модули:

- сервер Z39.50 (ZooPARK), обеспечивающий базовую функциональность сервисов Z39.50 в соответствии с различными прикладными профилями (рис. 5);
- шлюз Z39.50-HTTP, обеспечивающий простые пользовательские интерфейсы для доступа к ресурсам Z39.50 по протоколу HTTP;
- набор динамических провайдеров данных; каждый из них описывает условия и протокол взаимодействия с конкретной СУБД, в которой хранятся метаданные. Вся логика работы с конкретной СУБД локализована в соответствующем провайдере данных. Взаимодействие базового сервера с провайдерами данных осуществляется через единый интерфейс.

¹ <http://grass.itc.it>

² <http://www.gdf-hannover.de>

³ <http://www.r-project.org>

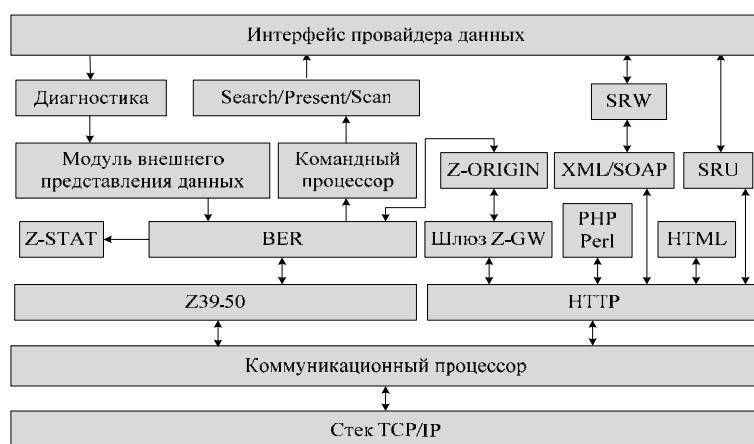


Рис. 5. Основные блоки сервера ZooPARK

Для обеспечения логической интероперабельности метаданных предусмотрено применение прикладного профиля Z39.50 GEO [24], в основе которого лежит стандарт CSDGM (Content Standard for Digital Geospatial Metadata [23]) американского федерального комитета по географическим данным (Federal Geographic Data Committee¹).

Заметим, что описание и комментарий профиля GEO выходят за рамки настоящей работы, так же как и описание более специализированного профиля CIP, поддержка которого в настоящее время в программном комплексе на основе сервера ZooPARK реализована только частично. Что же касается профиля GEO, то на данный момент сервер ZooPARK позволяет:

- обрабатывать запросы по протоколу Z39.50 версии 3 над TCP/IP с поддержкой:
 - поиска, в том числе многопоточного, в многобазовом окружении;
 - представления данных в различных форматах (SUTRS, GRS-1, USmarc, UNIMARC, RUSmarc, HTML, RTF, XML);
 - различных схем данных (GILS, GEO, CIMI, ZTHES и др.);
 - работы со словарем;
 - создания и удаления именованных сеансовых наборов данных на сервере;
 - работы с логическими группами баз данных;
 - контроля и ограничения доступа к базам данных по IP-адресам;
 - аутентификации пользователей, в том числе в каталогах LDAP;
 - различных кодовых таблиц (UTF8, DOS, WIN, ISO, MAC) для кириллических текстов;
 - специализированного профиля Explain (представление конфигурационной информации сервера);
 - связи с любыми СУБД через специализированные динамически загружаемые модули (провайдеры данных);
- обрабатывать запросы по протоколу HTTP 1.0/1.1 на одном порту с Z39.50 с поддержкой:
 - функций веб-сервера с интерпретаторами PHP и Perl;
 - SOAP (SRW/SRU);
 - встроенного шлюза Z39.50-HTTP.

¹ <http://www.fgdc.gov>

Таким образом, на основе сервера ZooPARK можно создавать распределенные информационные системы, поддерживающие профиль GEO. Они могут взаимодействовать с другими системами как в России (см., например, [7]), так и за рубежом.

Для добавления данных дистанционного зондирования в хранилище системы планируется создать специализированный сервис, отвечающий за первоначальную обработку и индексирование поступающих данных. После индексирования данные перемещаются для долгосрочного хранения в систему хранения данных, а полученные метаданные приводятся к стандартному виду и размещаются в соответствующих разделах поисковой системы. Только после этого данные становятся общедоступными.

Поисковая система позволяет не только находить данные по метаданным, но и выполнять комплексные запросы, содержащие географические координаты, номера трека и кадра, дату и время, параметры облачности и др. Процедура поиска в каталоге требуемой информации сводится к определенной последовательности действий (рис. 6).

1. Выбор типа сенсора и задание области поиска путем непосредственного ввода координат или выделения области на карте-подложке. В качестве подложки можно использовать карты GoogleMaps (политическую, ландшафтную), карту рельефа и др. (рис. 7).
2. Задание временного интервала съемки и специфичных параметров для каждого выбранного сенсора.

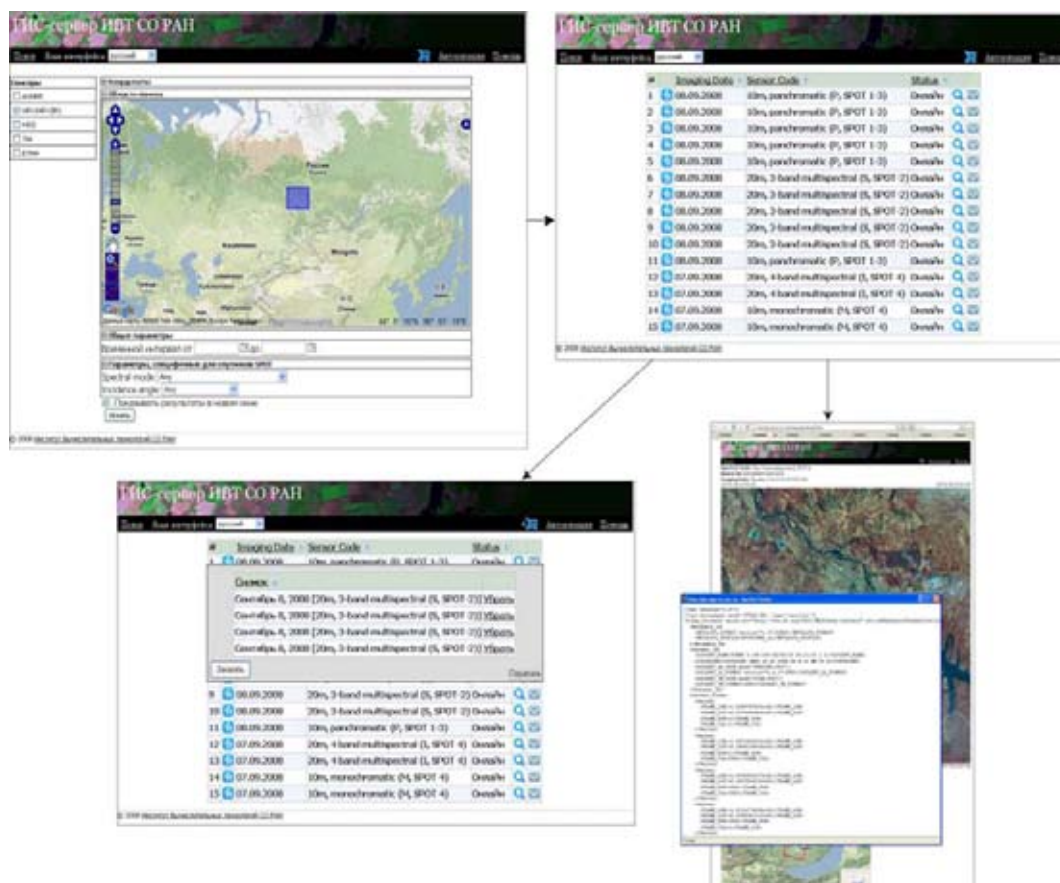


Рис. 6. Последовательность действий для поиска данных в каталоге

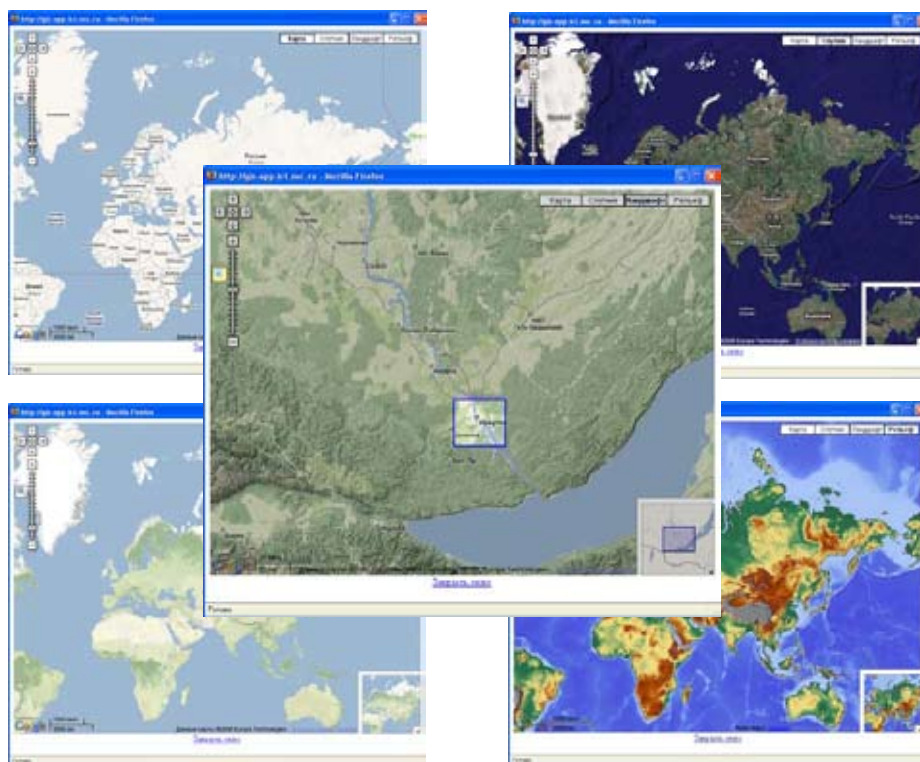


Рис. 7. Набор доступных карт-подложек

3. Выбор искомой информации (снимков и/или метаданных) среди результатов поиска.

Для получения снимка необходимо оформить заказ. Для этого достаточно добавить выбранные снимки в корзину заказов (рис. 6). После этого, при нажатии кнопки «Заказать», заказ поступает в обработку.

После обработки заказа пользователю предоставляется возможность скачать снимки по каналам сети передачи данных СО РАН с использованием протоколов FTP и HTTP в соответствии с регламентом, разработанным в ИВТ СО РАН и утвержденным Координационным советом междисциплинарной программы СО РАН № 4.5.2. В случае невозможности передачи данных по сети допускается их транспортировка на твердых носителях с обязательной регистрацией отчета в базе данных каталога.

При разработке каталога использованы стандартизированные внешние протоколы, что позволяет легко обмениваться данными с другими системами (например, с европейской информационной системой SSE¹).

Информационная система ЦКП Спутникового мониторинга ДВО РАН

Центр коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН [14] создан в 1999 г. для реализации следующих целей:

- развитие средств и технологий спутникового мониторинга окружающей среды для информационной поддержки фундаментальных и прикладных научных исследований,

¹ <http://www.eoportal.org>

проводимых в институтах ДВО РАН и других ведомств в области физики океана и атмосферы, океанологии и т.п.;

- информационная поддержка хозяйственных приложений, а именно рыбных промыслов, морского транспорта (включая ледовую проводку судов), мониторинг развития опасных метеоявлений и природных катастроф (тайфуны, лесные пожары, наводнения);
- экологический мониторинг океана, атмосферы и поверхности Земли.

Структура Центра, базовые источники и современные технологии тематической обработки данных формировались и формируются под влиянием различных международных программ и организаций [8], таких как:

- UNESCO/IOC/WESTPAC (подпрограмма «Новая генерация температурных полей океана») – часть глобального международного проекта GODAE (Global Ocean Data Assimilation Experiment) – центр ведет согласованные работы с 2003 г.;
- CEARAC/NOWPAP/UNEP – Special Monitoring Coastal Environmental Assessment Regional Activity Centre/ Northwest Pacific Action Plan/ United Nation Environment Program – международный региональный центр (Япония), работающий в рамках программы ООН по охране окружающей среды;
- NearGOOS – международная региональная организация по созданию глобальной системы наблюдения за океаном (Global Ocean Observation System, GOOS);
- A-P RARS – Азиатско-Тихоокеанский сегмент глобальной службы обмена спутниковыми данными для мониторинга атмосферы (Asia-Pacific Regional Advanced Retransmission Service).

Спутниковый Центр ДВО РАН принимает и обрабатывает данные с четырех автономных станций приема информации с метеорологических спутников Земли, передающих на частотах около 1.7 ГГц и 8 ГГц. Центр располагает архивами цифровой спутниковой информации с 1993 г. В настоящее время ежедневно принимаются данные с полярно-орбитальных (NOAA, FY-1D, AQUA, TERRA) и геостационарных спутников (FY-2C, MTSAT-1R), а также ведется архивирование, обработка и поставка информации пользователям по различным каналам связи (в первую очередь через Интернет). При построении тематических продуктов используется около 10 базовых источников данных – подспутниковая (аэрологическая, альтиметрическая и данные морских буев) и спутниковая (данные радиометра AMSR-E) информация, получаемая в режиме реального времени, а также спутниковая информация, получаемая в режиме прямой передачи данных. При обработке данных используются не только приобретенные программные комплексы Европы и США, но и собственное программное обеспечение. Разработаны оригинальные методы и программные средства атмосферной коррекции, фильтрации облачности, построения картографических проекций, расчета и построения мгновенных и композиционных (многодневных) полей и карт различных геофизических параметров [17].

Основу информационной системы Центра составляет *распределенная система обработки данных*. Ее основное назначение – контроль оборудования, управление обработкой данных и обеспечение потоков данных Спутникового центра. Система обеспечивает доступ к ключевым источникам информации (в различных форматах), надежно функционирует в режиме реального времени и позволяет пользователю управлять процессом обработки. Кроме того,

функциональность системы может быть легко расширена дополнительными модулями. Система обеспечивает взаимодействие между узлами, работающими под различными операционными системами и на различных платформах, позволяет использовать сторонние программные продукты при обработке данных в автоматическом режиме и встраивать новые компоненты без модернизации системы. Эти особенности обеспечивают взаимодействие разнородного программного обеспечения.

Наибольшую сложность представляет интеграция в распределенную систему стороннего пакета программ. Для этого разработаны процедуры, обеспечивающие удаленный запуск пакета, необходимые преобразования форматов ввода-вывода и управление процессом обработки. Процедуры запускаются через командную строку с набором управляющих параметров (или через конфигурационный файл). Они используют открытые форматы входных и выходных данных для возможности передачи результатов обработки из одного пакета в другой. Процедуры написаны на скриптовых языках программирования REXX и BASH. Управление обработкой осуществляется при помощи специальной программы, которая передает диспетчеру (управляющей программе) сообщения, а его ответ посылает в стандартный поток вывода, что позволяет обработать ответ диспетчера средствами скриптовых языков. При помощи описанной технологии адаптированы пакеты программ SeaDAS, AAPP, RTTOV и MetOffice 1-DVAR. Они применяются для расчета различных параметров океана и атмосферы.

Распределенная система состоит из двух частей: подсистемы запуска схем обработки и подсистемы мониторинга. Ее принципиальная схема представлена на рис. 8.

Подсистема запуска предназначена для выполнения сценариев обработки (последовательностей процедур, связанных командами управления) на удаленных компьютерах. Сервер управления обработкой состоит из трех основных компонентов: обработчика сообщений, пула задач и диспетчера. Его основная задача заключается в получении сценариев от инициатора и запуске их на соответствующих удаленных компьютерах. Инициатором может быть не только пользователь, но и другой сценарий. Это позволяет создавать схемы для обработки на нескольких компьютерах. Для взаимодействия с сервером используются два типа сообщений: командные (сигнал о необходимости запуска сценария, сигнал аварийной остановки процедуры и т.п.) и информационные (например, сигнал о процессе или его завершении).

Для выполнения сценария обработки инициатор ставит в очередь запрос на его запуск (рис. 8). Обработчик сообщений создает и помещает в пул задачу в соответствии с описанием сценария и переданными параметрами и возвращает ее идентификатор инициатору. Созданная задача из пула попадает в планировщик, который запускает ее на первом свободном компьютере, подходящем для данного сценария. Все информационные сообщения от сервера и от выполняемых задач поступают в топик, из которого могут быть прочитаны клиентом.

Интерфейс системы допускает как асинхронный, так и синхронный (т. е. с ожиданием завершения работы) запуск сценария. При описании сценария задается только набор необходимых параметров и ненулевой код возврата в случае ошибки. В рамках подсистемы протокол передачи данных не формализован, т. е. он определяется самим сценарием. В описываемой системе для передачи данных по сети используются протоколы SMB/CIFS и FTP. Для удаленного запуска и контроля процесса обработки на стороне обрабатывающих компьютеров используется открытая реализация протокола SSH (пакет OpenSSH).

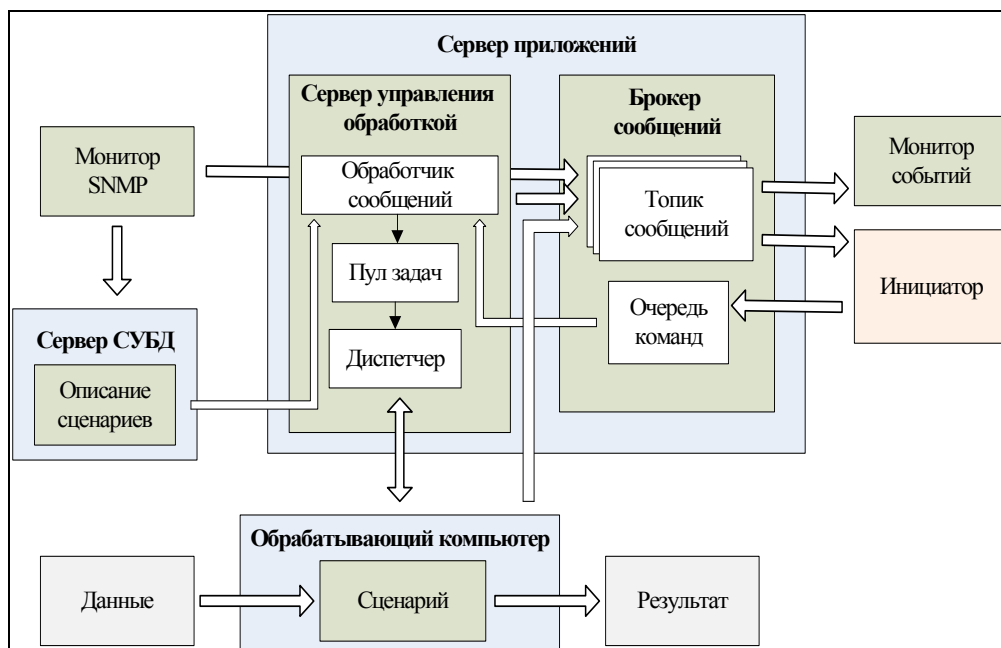


Рис. 8. Обмен сообщениями в распределенной системе обработки данных

Подсистема мониторинга предназначена для контроля состояния узлов (доступности, уровня загрузки процессора, наличия свободного места на дисках и т.д.) и процессов, происходящих в системе (работы диспетчера и сценариев обработки). Подсистема состоит из монитора событий, отображающего информацию посредством графического интерфейса, и отдельных модулей-мониторов, предназначенных для отслеживания различных событий. Взаимодействие между мониторами и другими подсистемами осуществляется через очередь сообщений типа издатель/подписчик. Реакция монитора на появление нового сообщения (графический индикатор, звуковой сигнал и т.п.) настраивается пользователем при помощи встроенного скриптового языка.

Сценарии обработки данных, получаемых с различных спутников

В настоящее время создан ряд автоматических сценариев для приема, обработки, архивации и поставки потребителям различной спутниковой информации (несколько сотен тысяч карт и изображений в год). В данный момент реализованы сценарии тематической обработки для полярно-орбитальных спутников серии NOAA, а также геостационарного спутника MTSAT-1R. Проходит опытную эксплуатацию сценариев тематической обработки данных радиометра MODIS (спутники TERRA и AQUA). Система обработки позволяет при помощи сценариев создавать спутниковые карты различных явлений океана и атмосферы в Дальневосточном регионе Тихого океана. Кроме того, функционируют автоматические службы, получающие из сети Интернет как спутниковую (альтиметрические измерения, данные микроволнового сканирующего радиометра AMSR-E), так и сопутствующую информацию (навигационные телеграммы, аэрологию, прогнозные метеополы).

До недавнего времени построение автоматических сценариев обработки было затруднительно из-за отсутствия надежного алгоритма точной географической привязки полярно-

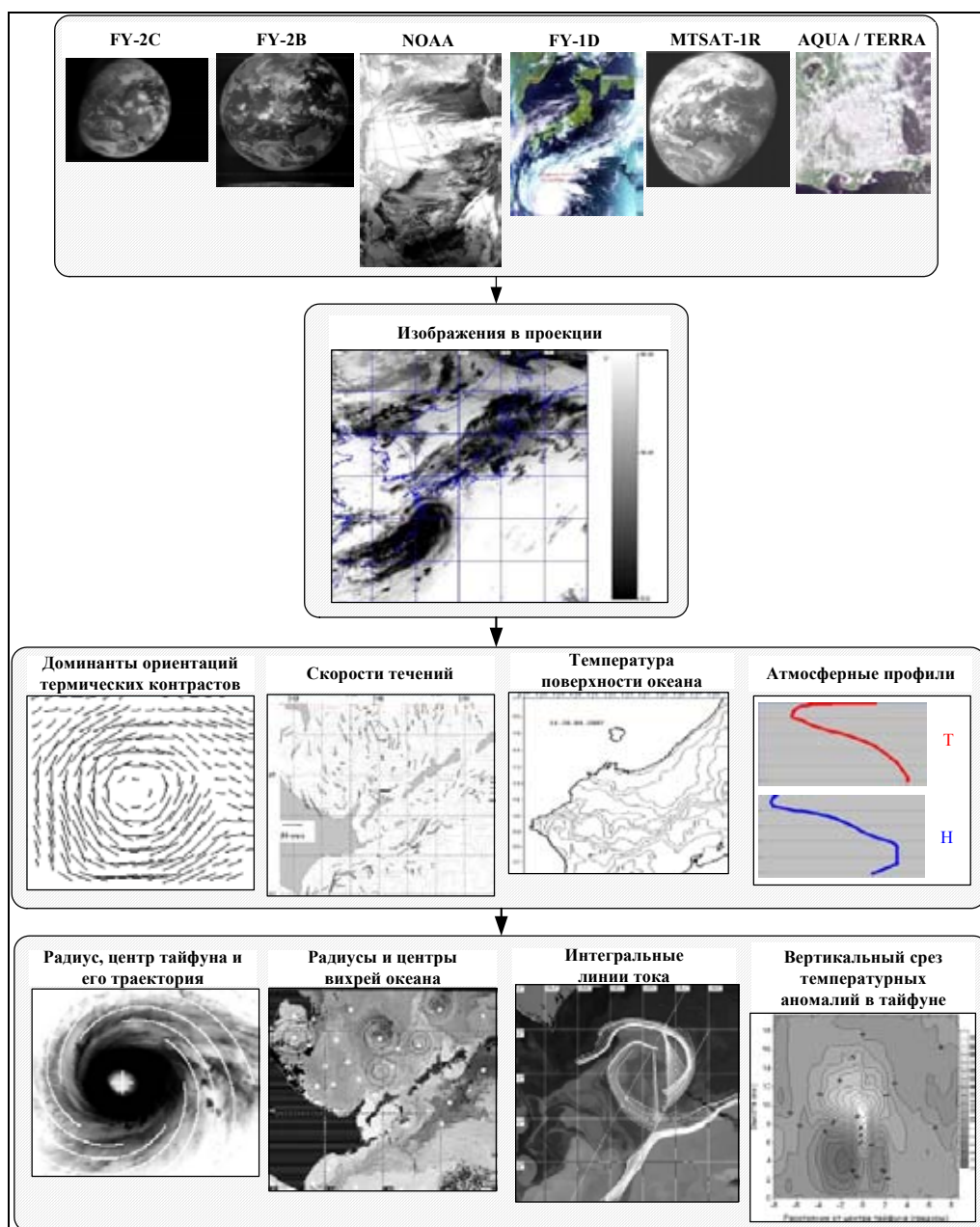


Рис. 9. Разработанные в Спутниковом центре ДВО РАН методики и программы оценки параметров термодинамических полей океана и атмосферы

орбитальных спутниковых изображений. Разработанный в Центре алгоритм не уступает по качеству ручной привязке. Развитие методики прогноза параметров географической привязки позволило полностью решить эту проблему для некоторых типов спутников [4].

Наряду со стандартным программным обеспечением созданы собственные методики и программы, которые позволили получить новые результаты в ряде областей динамики океана и атмосферы. Созданы технологии построения композиционных карт температуры, динамики и структуры (вихри, фронты, лед) морской поверхности (рис. 9).

Наиболее важное и наименее разработанное в настоящее время направление связано с анализом структуры полей и выделением вихрей и струй течений, циклонов и тайфунов атмосферы, фронтов и т.д. Мониторинг объектов подразумевает их автоматическое выделение с оценкой макропараметров пространственных и динамических характеристик. Созданы оригинальные методики, основанные на анализе ориентированных текстур инфракрасных изображений [1]. Эти методики позволяют вести анализ термических структур моря и автоматически выделять вихри с оценкой их положения и формы, оценивать положения зон максимальных скоростей течений и вести расчет стационарных течений заданной акватории моря [18], а также оценивать характерные масштабы турбулентных структур и их связь с плотностными характеристиками моря [16]. Внедряются новые технологии автоматического мониторинга тропических циклонов с количественными оценками их пространственных и динамических характеристик и поставкой данных в режиме реального времени. Ведется разработка собственных технологий спутникового мониторинга биопараметров моря.

Использование grid-технологий и ресурсов суперкомпьютерного центра ИАПУ ДВО РАН. Тематическая обработка спутниковой информации является трудоемкой и требует распараллеливания процессов вычислений. Возможность «распараллеливания по данным», т. е. нарезка изображения на участки и обработка участка на отдельном процессоре, является существенным преимуществом спутниковой информации. Создана соответствующая автономная процедура «нарезки» данных. Это позволяет использовать в параллельных вычислениях сторонние программные комплексы без их переделки.

Для решения конкретных задач, связанных с обработкой спутниковой информации, разработана следующая схема использования grid-сети ЦКП «Дальневосточный вычислительный ресурс» (ЦКП ДВВР) [13]. В настоящее время grid-сеть ЦКП ДВВР объединяет ряд вычислительных систем различной архитектуры. Общая производительность ресурсов сети оценивается в 1.4 ТФлопс. Ее основу составляет суперЭВМ МВС15000 с 84 процессорами. Интеграция вычислительных ресурсов реализована с использованием пакета Globus Toolkit и набора базовых сервисов: GRAM – сервис запуска и управления выполнением заданий пользователей, RFT – сервис управления передачей файлов между ресурсами grid-сети, MDS – сервис мониторинга ресурсов и GridWay – сервис планирования и распределения ресурсов для выполнения прикладных задач. В рамках каждого вычислительного ресурса функционирует локальная система управления задачами пользователей, которая отвечает за физическое планирование задачи на конкретные вычислительные узлы. В grid-сеть ЦКП ДВВР внедрен дополнительный узел доступа для выполнения вспомогательных функций: подготовка файлов с первичной необработанной спутниковой информацией; обращение к основному планировщику grid-сети для запуска соответствующей задачи обработки на доступных ресурсах; получение обработанных файлов и их последующее размещение в основном архиве спутниковой информации. Все перечисленные функции реализованы в виде командного файла, которому в качестве входных параметров указываются набор необходимых спутниковых данных и тип алгоритма обработки. Таким образом, обработка может проводиться с помощью grid-сети под управлением распределенной системы Спутникового центра (рис. 10).

Для организации каталога спутниковых данных ЦКП Спутникового мониторинга ДВО РАН решаются следующие задачи:

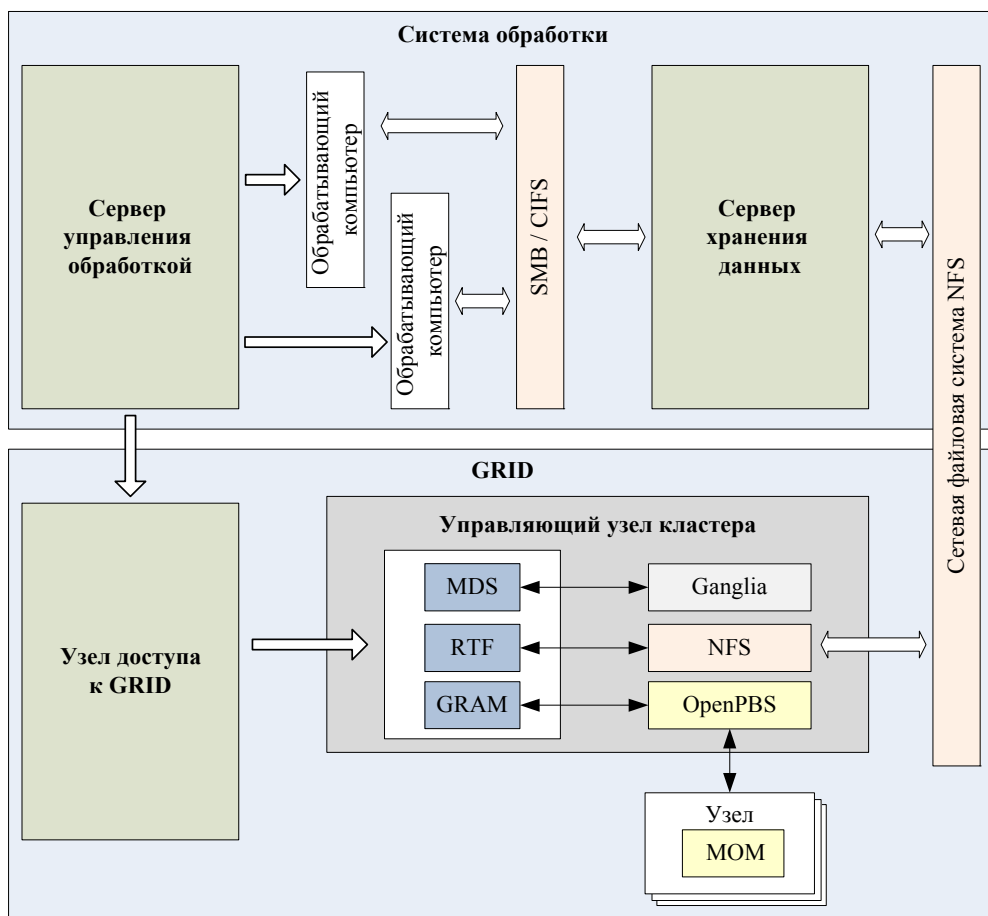


Рис. 10. Структура взаимодействия системы обработки спутниковых данных с grid-сетью

- описание коллекций Центра (производится вручную и включает ряд атрибутов, общих для всех продуктов коллекции);
- создание механизмов генерации метаданных для каждого экземпляра продукта (файла данных);
- обеспечение хранения метаданных (обеспечение интерфейса для усвоения метаданных хранилищем и создание простого и универсального способа усвоения метаданных системой их хранения);
- реализация интерфейсов для доступа к хранимой информации (интерфейсы могут быть предназначены как для внутренних нужд Центра, так и для интеграции с внешними системами).

При реализации базы метаданных, лежащей в основе каталога спутниковых данных, разработан простой и легко расширяемый интерфейс для добавления в нее новых записей. В качестве интерфейса между программами сбора и базой метаданных используются текстовые файлы со строками вида «параметр=значение». Каждый такой файл должен содержать определение идентификатора и набора полей метаданных. Файлы генерируются скриптами, предназначенными для данных конкретного типа. Параметры, представление которых в текстовом виде затруднительно (например, обзорное изображение), хранятся как ссылки на внешние фай-

лы. Таким образом, разработан универсальный интерфейс для добавления метаданных, не требующий специальных знаний и навыков. Кроме того, такой подход обеспечивает слабую связанность подсистем и позволяет развивать их независимо.

При поступлении нового файла в архив происходит запуск соответствующего скрипта, который формирует и добавляет в каталог метафайл и связанные с ним файлы. После этого метафайл дополняется полями, определяющими размещение файла в архиве.

Подсистема хранения основных полей метаданных содержит информацию, представимую в текстовом виде. К основным возможностям подсистемы относятся:

- сохранение и обновление информации о продукте, заданном идентификатором;
- организация поиска и извлечения информации в заданном виде;
- расширение набора полей при необходимости.

Для удовлетворения данных требований принято решение использовать технологию Semantic Web. Такой подход позволяет производить отображение одной структуры метаданных на другую в соответствии с требованиями спецификаций, что дает возможность «бесшовной» эволюции и интеграции в различные системы. Бинарная информация, не пригодная для поиска, сохраняется отдельно. В первую очередь это касается обзорных изображений, позволяющих пользователю визуально оценить степень пригодности данных для решения конкретной задачи. Предусмотрена возможность автоматического преобразования формата или разрешения по запросу с возможностью кэширования полученного результата. Получение изображения по идентификатору, требуемым ширине и формату возможно как через утилиту командной строки, так и посредством HTTP-запроса. Для реализации механизмов использованы такие технологии, как платформа J2EE, сервлет-контейнер Apache Tomcat и СУБД PostgreSQL/PostGIS.

Взаимодействие с глобальными сетями на основе средств, разработанных в рамках проекта SSE

В настоящее время в Европе активно развивается направление по созданию сервис-ориентированной среды для работы с данными дистанционного зондирования. Эта среда, получившая название SSE (Service Support Environment), является развитием проекта MASS-ENV и начата в 2001 г. Компоненты среды, включая программное обеспечение и протоколы, разрабатываются на основе открытых стандартов. Проект направлен на объединение существующих служб наблюдения за Землей и GIS-служб посредством создания однородной распределенной среды под управлением ESA [21].

Используемые средой технологии XML, SOAP и Web Services обладают большим потенциалом, благодаря платформенной независимости и расширяемости, и поддерживаются многими производителями программного обеспечения. Пакет SSE Toolbox, разрабатываемый в рамках проекта, распространяется бесплатно, с открытым исходным кодом. В его основе лежат современная технология J2EE и набор открытых программных продуктов, созданных под лицензией Apache. Именно эти средства, по мере развития Центра, могут быть использованы для решения других задач, связанных с поставкой данных и метаданных по запросу.

Для создания сложных служб обработки данных, состоящих из цепочки вызовов других служб, может быть использована программа SSE Workflow Editor, позволяющая описывать полученную составную службу на языке BPEL (Business Process Execution Language) [21, 22].

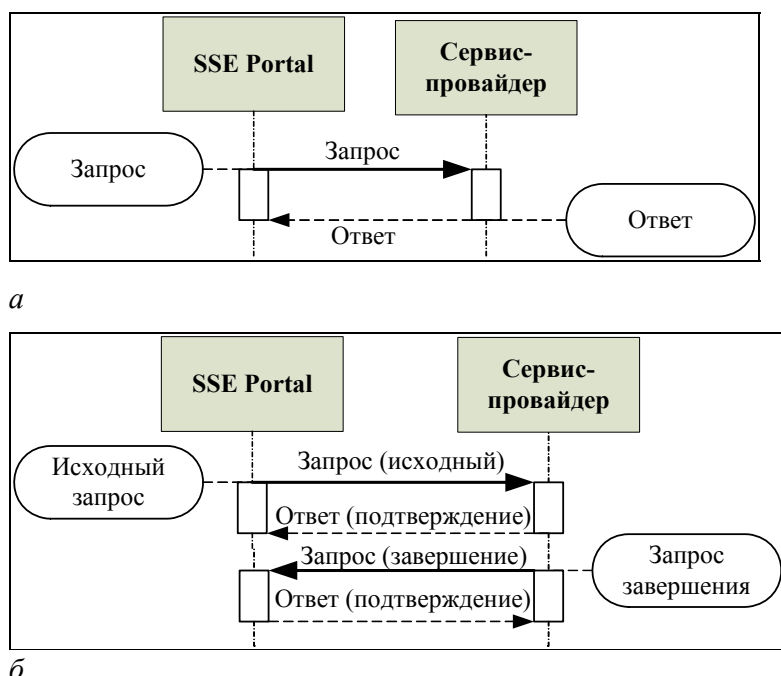


Рис. 11. Синхронная (а) и асинхронная (б) операция в SSE

Инфраструктура SSE не делает никаких предположений о времени, необходимом поставщику служб для подготовки ответа. SSE определяет четыре основные операции и две модели взаимодействия. Операции «Search» и «Present», используемые для создания каталогов метаданных, могут работать только по синхронной модели (рис. 11, а), т. е. требуемая информация должна быть возвращена немедленно в ответ на запрос.

Операции «Request for Quotation» и «Order», используемые для получения информации об ограничениях на использование данных и заказа данных соответственно, могут быть как синхронными, так и асинхронными (рис. 11, б). В последнем случае поставщик службы должен вернуть подтверждение о принятии запроса, а по готовности требуемой информации послать соответствующее сообщение [26].

Интеграция каталога метаданных – наиболее простая задача по интеграции в среду SSE. Устоявшимся способом интеграции является применение интерфейса EOLI-XML [25]. Операция EOLI_Search позволяет получать список продуктов, удовлетворяющих пространственным, временным и ряду других критериев. Операция EOLI_Present предназначена для получения подробной информации о продукте.

Высокоуровневую обработку запросов выполняют скрипты, создаваемые на встроенном языке. Эти скрипты должны описывать логику, связывающую запросы с внутренними системами организации. Используемый язык скрипта представляет собой надстройку над вызовами Java-методов и содержит базовый набор операций, в том числе для работы с XML-документами и обращения к базе данных через интерфейс JDBC. Помимо этого, возможны как вызов процедур языка Jelly, так и полноценная работа с объектами Java.

Пакет SSE Toolbox доступен для загрузки с официального сайта [31]. В поставку включаются необходимые компоненты и библиотеки, включая веб-контейнер Apache Tomcat, являю-

щийся средой для исполнения SSE Toolbox. Для его запуска требуется Java Runtime Environment 1.5, которая может быть загружена с сайта Sun Microsystems¹. В феврале 2006 г. разработчиками пакета Toolbox (Intecs, Италия) был выпущен модуль для свободно распространяемой среды разработки Eclipse, существенно упрощающий процесс разработки и отладки скриптов за счет непосредственной интеграции с Toolbox.

Создание EOLI-совместимого каталога метаданных на основе существующей базы метаданных требует создания промежуточного программного слоя из скриптов и Java-классов. Данный программный слой разбирает входящие запросы среды, формирует запросы к базе метаданных Центра и генерирует ответ в требуемом протоколом формате.

Опыт адаптации применяемых в SSE технологий и разработанного программного обеспечения (рис. 12) [2] показал, что они обеспечивают решение многих задач Центра при условии соответствия международным стандартам и возможности интеграции в среду SSE. Среди таких задач можно выделить организацию каталога метаданных для архива спутниковых данных и готовой продукции (с возможностью взаимодействия с глобальным каталогом eoPortal) и обеспечение внешнего доступа к системе обработки как к веб-сервису (или построение самой системы на основе веб-сервисов), что дает потенциальную возможность интеграции этой системы в SSE.

Система каталогов метаданных ESRIN EOLI, предусмотренных в SSE, допускает существование нескольких каталогов у одного сервис-провайдера. В контексте SSE отдельный

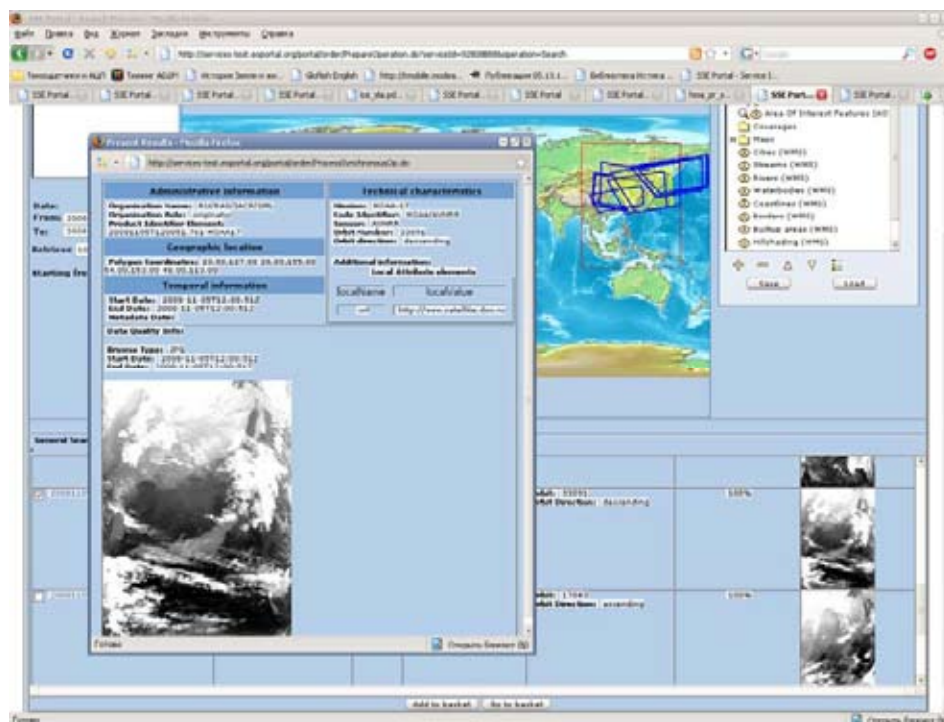


Рис. 12. Пример работы с каталогом спутниковых данных ЦКП Спутникового мониторинга на сервере SSE Test Portal

¹ <http://java.sun.com/>

поисковый запрос будет отправлен к нескольким каталогам и коллекциям (наборам данных), что дает возможность поиска определенного продукта (гранулы) без необходимости указания сервис-провайдера.

В настоящий момент в системе SSE активно развивается набор интерфейсов для каталогов данных, которые могли бы стать стандартами OGC. В первую очередь это стандарт OGC 06-079r2, EO Application Profile for CSW 2.0. Он разрабатывается в рамках проекта НМА [29] с 2006 г. и в настоящий момент имеет статус документа, представленного на обсуждение. Реализация этого стандарта является следующим шагом в развитии интерфейса доступа каталога данных ЦКП Спутникового мониторинга ДВО РАН. Помимо этого, в среде есть интерфейсы заказа данных по каталогам, каждый из которых может быть интегрирован с существующим каталогом данных. Эти интерфейсы позволяют задавать опции получения продукции, что фактически дает возможность предоставить пользователю механизмы управления информацией. Получение продукта возможно через push и pull методы на FTP [28]. Данные механизмы соответствуют принятой в ЦКП Спутникового мониторинга ДВО РАН концепции заказов на обработку, в связи с чем могут быть применены для организации системы заказов на международном уровне, с использованием средств SSE.

Другое направление развития – согласование внешних интерфейсов со спецификациями OGC (Web Map Service, Web Feature Service и Web Coverage Service). Основой этих интерфейсов также являются технологии SOAP / Web Services, в силу чего возможно их применение в сочетании с другими службами SSE. В рамках проекта по интеграции согласованы форматы записей метаданных Спутникового центра и открыт доступ для информационной системы ИВТ СО РАН. Таким образом, в каталог ИВТ СО РАН был включен архив данных спутников серии NOAA (свыше 15 000 файлов). Соответствие спецификациям OGC позволит создать интерфейс для взаимодействия с системой ГЕОСфера, не зависящий от внутреннего представления данных. Это также позволит пользователям ДВО РАН получить доступ к данным и сервисам информационной системы ИВТ СО РАН. В качестве базового средства развертывания сервера предполагается использование открытого пакета GeoServer и СУБД PostgreSQL/PostGIS для работы с геопространственными данными.

Заключение

Рассмотрены возможности интеграции распределенных геоинформационных систем, разработанных в СО РАН и ДВО РАН. Взаимодействие этих систем позволит обеспечить пользователям доступ к разнородным хранилищам пространственных данных и инструментарию для их обработки на высокопроизводительных вычислительных системах, а также к результатам, полученным в ходе выполнения междисциплинарных интеграционных проектов Сибирского и Дальневосточного отделений РАН.

В дальнейшем предполагается переход к адаптированным формам предоставления информации, что подразумевает стандартизованную и тематическую обработку «сырых» данных, а также предоставление их в режиме сетевых сервисов (примером предоставления обработанных данных в виде сетевых сервисов является широко известный сервис Google). Этот подход, в сочетании с наиболее современными концептуальными и технологическими решениями, позволяет создавать неограниченное количество специализированных систем, базирующихся на

одной информационной основе. При этом соответствующее программное обеспечение, установленное у пользователя, может быть максимально адаптировано к его деятельности и уровню квалификации. Подобная архитектура позволяет создавать действительно распределенные информационные системы (от локальных и полностью автономных до систем общего пользования), но требует наличия узлов обработки, хранения и передачи данных. Тематическая обработка данных, требующая больших вычислительных мощностей, должна проводиться в специализированных вычислительных узлах.

Аналогичные системы сбора, хранения и обработки данных дистанционного зондирования планируется внедрить в Красноярском научном центре СО РАН (совместно с Сибирским федеральным университетом и МЧС России) и Иркутском научном центре СО РАН (совместно с Министерством природных ресурсов России).

Работа выполнена при финансовой поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 86, Президентской программы «Ведущие научные школы РФ» (грант № НШ-931.2008.9) и РФФИ (грант № 08-07-00227).

Список литературы

1. Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Горин И.И. Спутниковые ИК-изображения: от термических структур к полю скоростей // Исслед. Земли из космоса. 2001. № 2. С. 7–15.
2. Алексанин А.И., Алексанина М.Г., Бабяк П.В., Недолужко И.В. Организация информационного обеспечения и телекоммуникационные технологии в спутниковом центре ДВО РАН // Тр. X Санкт-Петербургской Междунар. конф. «Региональная информатика – 2006», Санкт-Петербург, 24–26 окт. 2006. – СПб.: СПОИСУ, 2007. С. 329–333.
3. Жижимов О.Л., Мазов Н.А. Принципы построения распределенных информационных систем на основе протокола Z39.50. – Новосибирск: ОИГГМ СО РАН; ИВТ СО РАН, 2004. 361 с.
4. Катаманов С.Н., Алексанин А.И. Автоматическая привязка спутниковых изображений AVHRR/NOAA при сложных условиях наблюдения // Сб. тр. III открытой Всерос. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – М.: ИКИ РАН, 2006. С. 41–48.
5. Куликова Е.А., Пестунов И.А. Классификация с полуобучением в задачах обработки многоспектральных изображений // Вычисл. технологии. – 2008. Т. 13 (совместный вып. по матер. Междунар. конф. «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании») / Вестн. КазНУ им. аль-Фараби. Сер.: Математика, механика, информатика. 2008. № 3 (58). Ч. II. С. 284–290.
6. Кудашев Е.Б., Филонов А.Н. Развитие инфраструктуры распределенных хранилищ спутниковых данных: интегрированная распределенная среда неоднородных информационных ресурсов исследования Земли из Космоса // Тр. Десятой Всерос. науч. конф. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». RCDL'2008. Дубна. Россия, 2008. С. 299–308.
7. Кузнецов Е.Б., Балашов А.Д. Интеграция электронной библиотеки спутниковых данных в международную систему космической информации // Тр. 5-й Всерос. науч. конф.

- «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2003). – Санкт-Петербург, 29–31 окт. 2003 г. СПб., 2003. С. 88–95.
8. Левин В.А., Алексанин А.И., Алексанина М.Г. Задачи и проблемы спутникового информационного обеспечения мониторинга океана и атмосферы на Дальнем Востоке // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 4. С. 95–110.
 9. Матер. II Междунар. конф. «Космическая съемка – на пике высоких технологий» <http://www.sovzondconference.ru/2008/programm.html>
 10. Пестунов И.А., Синявский Ю.Н. Непараметрический алгоритм кластеризации данных дистанционного зондирования на основе grid-подхода // Автометрия. 2006. Т. 42. № 2. С. 90–99.
 11. Пестунов И.А., Добротворский Д.И., Синявский Ю.Н. Непараметрический иерархический классификатор для обработки данных дистанционного зондирования // Вычисл. технологии. 2008. Т. 13 (совместный вып. по матер. Междунар. конф. «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании») / Вестн. КазНУ им. аль-Фараби. Сер.: Математика, механика, информатика. 2008. № 4 (59). Ч. III. С. 66–70.
 12. Создание картографических сервисов с использованием ArcIMS. <http://gis-lab.info/qa/arcims.html>
 13. Тарасов Г.В., Харитонов Д.И., Шиян Д.С. Опыт применения GRID-технологий в Приморском сегменте сети ДВО РАН // Тр. Междунар. науч. конф. «Параллельные вычислительные технологии» (ПаВТ'2008) / Санкт-Петербург, 28 янв.–1 февр. 2008 г. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. С. 470–475.
 14. Центры коллективного пользования Российской академии наук. М.: Наука, 2004. 193 с.
 15. ANSI/NISO Z39.50-1995. Information Retrieval (Z39.50): Application Service Definition and Protocol Specification. Z39.50 Maintenance Agency Official Text for Z39.50. 1995.
 16. Alexanin A.I., Alexanina M.G., Herbek E.E., Ryabov O. Scaling property estimation of Thermal sea surface turbulent structures on NOAA IR-imagery // Proc. OCEANS'98, 28 Sept.–1 Oct. 1998, Nice, France, 1998. Vol. 2. P. 1000–1005.
 17. Alexanin A.I., Babyak P.V., Herbeck F.E., Levin V.A. Satellite information support of scientific researches and economic applications // Proc. «Science & Technical information-STI2002». October 16-18, Moscow, 2002. P. 17–18.
 18. Aleksanin A.I., Aleksanina M.G. Detection of Stable Synoptic Structures of Ocean Sur-face on Satellite IR Images // Pattern Recognition and Image Analysis. 2005. Vol. 15. № 2. P. 487–489.
 19. Best C., Hayes L., Nebert D. et al. Alignment of CIP and GEO profiles // Proc. of the Earth Observation & Geo-Spatial Web and Internet Workshop'98 (EOGEO'98). Salzburger Geographische Materialien. Vol. 27. Instituts fur Geographie der Universitdt Salzburg, 1998.
 20. Catalogue Interoperability Protocol (CIP) Specification – Release B 2.4. CEOS/WGISS/ PTT. <http://wgiss.ceos.org/ics/documentation.html>
 21. Coene Y., Bawin C. Service Support Environment. Architecture, Model and Standards // ESA, 2004. http://earth.esa.int/rtd/Documents/SSE_Whitepaper_2.pdf
 22. Coene Y., Nguyen T. H. Building a Web Services Network with BPEL http://www.oracle.com/technology/pub/articles/bpel_cookbook/coene.html
 23. Content Standard for Digital Geospatial Metadata. http://www.fgdc.gov/metadata/documents/workbook_0501_bmk.pdf

24. Douglas D.N. Z39.50 Application Profile for Geospatial Metadata or «GEO» Version 2.2. U.S. Federal Geographic Data Committee. <http://www.fgdc.gov/standards/projects/GeoProfile>
25. Earthnet On-line XML Front-End Interface Control Document, EOLI-XML-006-ICD, Issue 1.7, 2003. <http://earth.esa.int/rtd/Documents/EOLI-XML-ICD.pdf>
26. Gilles M., Bawin G., Coene Y. Interface Control Document for Multi-Application Support Service System Environment ME-ICD-0001-SPB // Spacebel, 2005. http://earth.esa.int/rtd/Documents/MASS_ICD.pdf
27. OGC 06-141 Ordering Services for Earth Observation Products. http://services-test.eoportal.org/portal/documents/06141r2_Ordering_Services_for_Earth_Observation_Products.0.9.2.pdf
28. OpenGIS Web Map Service Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=5316
29. Prototype Operations Concept, HMA-PR-SPB-EN-0001, Revision 3, 20/02/2007. http://services-test.eoportal.org/portal/documents/hma_pr_spb_en_0001_13.pdf
30. Service Support Environment Architecture, Model and Standards, 2007. <http://services.eoportal.org/>
31. SSE Toolbox. <http://toolbox.pisa.intecs.it>
32. Web Services Description Language (WSDL) 1.1, W3C Note, 2001. <http://www.w3.org/TR/wsdl>

The Distributed Informational System of Satellite Data Collecting, Storage and Processing for Siberia and the Far East Territories Monitoring

**Yury I. Shokin^a, Igor A. Pestunov^a, Valentin V. Smirnov^a, Yury N. Sinyavskiy^a,
Anastasia P. Skachkova^a, Ivan S. Dubrov^a, Vladimir A. Levin^b,
Anatoly I. Aleksanin^b, Marina G. Aleksanina^b, Pavel V. Babyak^b,
Andrey V. Gromov^b and Ilya V. Nedoluzhko^b**

^a *Institute of Computational Technologies SB RAS,
6 Acad. Lavrentiev, Novosibirsk, 630090 Russia*

^b *Institute of Automation and Control Processes FEB RAS,
5 Radio st., Vladivostok, 690041 Russia*

Distributed geoinformational systems developed in the SB RAS and the FEB RAS and questions of their interaction for the decision of Siberia and the Far East territories monitoring problems are considered.

Keywords: regional monitoring, spatial data, service-oriented GIS, satellite data catalogue, SPOT images.
