Организация автоматизированной многопотоковой обработки спутниковой информации в системах дистанционного мониторинга

Д.А. Кобец, А.М. Матвеев, А.А. Мазуров, А.А. Прошин

Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: kobetsda@mail.ru

В настоящей работе рассматриваются возможности библиотеки управления процессами «commonbat.pm», реализованной на языке программирования PERL. Этот программный продукт предназначен для построения эффективных распределенных систем обработки информации и контроля над их функционированием. Рассматриваются основные объекты и понятия, с которыми работает библиотека: сессии, потоки и задания. Подробно описываются предпосылки возникновения библиотеки и её основные задачи, также представлена инфраструктура, в которой используется представленный функционал. Приводится структура базы данных для хранения статистической информации. Кратко рассматриваются основные возможности библиотеки, такие как возможность параллельного запуска приложений в разных областях дискового пространства, механизм задания таймаутов операций и их аварийного завершения, отслеживание кодов возврата запускаемых процедур и ведение подробных логов всех процессов с возможностью их последующего анализа. Также приведены примеры и ссылки на различные информационные системы, в которых применяются разработанные методы обработки спутниковых данных, такие как ИСДМ Рослесхоз, сервис ВЕГА и другие. Однако следует отметить, что реализованные методы и алгоритмы работы с данными могут применяться и в других системах обработки информации, в том числе с другими типами данных.

Ключевые слова: обработка данных, параллельные вычисления, автоматическая обработка данных, обработка данных дистанционного зондирования

Введение

В настоящее время активно развиваются и внедряются различные системы дистанционного мониторинга. Одной из особенностей этих систем является то, что они должны обеспечивать получение и обработку значительных объемов спутниковых данных для получения различных информационных продуктов. Обычно это становится возможным только в случае, если удается организовать полностью автоматическую обработку поступающих в систему данных. Поэтому возникает необходимость создания систем автоматизированной потоковой обработки спутниковой информации. Работы в данном направлении в последние годы активно ведутся в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) (Лупян и др., 2012). При этом для организации процедур автоматической обработки спутниковых данных была создана специальная технология (Лупян и др., 2004), которая постоянно развивается. Следует отметить, что одним из наиболее важных направлений развития является эффективное использование вычислительных ресурсов, в частности, организация и управление многопотоковой обработкой спутниковых данных. Такая обработка позволяет оптимально использовать имеющиеся вычислительные ресурсы. Именно проблемам организации такой многопотоковой обработки информации в системах дистанционного мониторинга и посвящена настоящая работа.

Разработка подходов к организации многопотоковой обработки спутниковых данных, представленных в настоящей работе, основывалась на многолетнем опыте разработки комплексов обработки и хранения спутниковых данных, накопленном в ИКИ РАН

(Андреев и др., 2003; Лупян и др., 2004). Это позволило выделить следующие основные задачи, которые нужно решить при построении системы автоматической обработки данных.

1. Формирование набора данных, подлежащих обработке, проверка их целостности и комплектности.
2. Разработка и тестирование комплекса процедур обработки данных.
3. Поиск и задействование вычислительной мощности под обработку данных.
4. Проверка и архивация результатов обработки.
5. Создание библиотеки доступа к данным и результатам их обработки с возможностью интеграции в различные информационные системы.
6. Автоматическая диагностика и контроль над всеми этапами.

В ИКИ РАН разработано большое количество программных комплексов и методик их использования, способных автоматически выполнять указанные выше задачи. Для обработки данных используются операционные системы семейства Windows и сформированный на базе ПО XV_SAT (Егоров и др., 2004) многофункциональный комплекс обработки данных ДЗЗ «Sputnik». Для ведения архивов спутниковых данных и информационных продуктов на их основе используется ряд разработанных процедур и библиотек (Балашов и др., 2008; Лупян и др., 2011) под управлением операционной системы FreeBSD. Для представления данных используется система GeoSMIS (Ефремов и др., 2007), для получения информации о состоянии процессов используется программный комплекс PMS (Ефремов и др., 2004; Матвеев и др., 2009).

Таким образом, была получена возможность формировать комплексы аппаратно-вычислительных ресурсов для автоматической обработки данных, базовая схема которых представлена на *рис. 1*.

Основными элементами являются:

1. сервер, который формирует данные под обработку (задания);
2. сервер, на котором хранятся скрипты и процедуры обработки;
3. вычислительные мощности, выполняющие эти процедуры (обработчики);
4. сервер, на котором происходит архивация результатов обработки;
5. сервер контроля и управления над процессами, происходящими во время обработки; здесь также хранится информация обо всех выполняющихся заданиях, а также статистика по ним.

Технологически процедура обработки выглядит следующим образом: приступая к обработке, вычислительный узел скачивает файлы для обработки с сервера «Заданий», и соответствующий этому заданию набор скриптов, посредством которых задание будет обрабатываться. Оболочкой для запусков выступает командная строка Windows. По завершению обработанные данные отправляются на сервер «Результатов».

Было реализовано значительное количество таких систем в различных центрах приема и обработки спутниковых данных по всей территории России. Опыт их эксплуатации выявил ряд недостатков использования средств командной строки для запуска и формирования цепочек обработки, а именно:

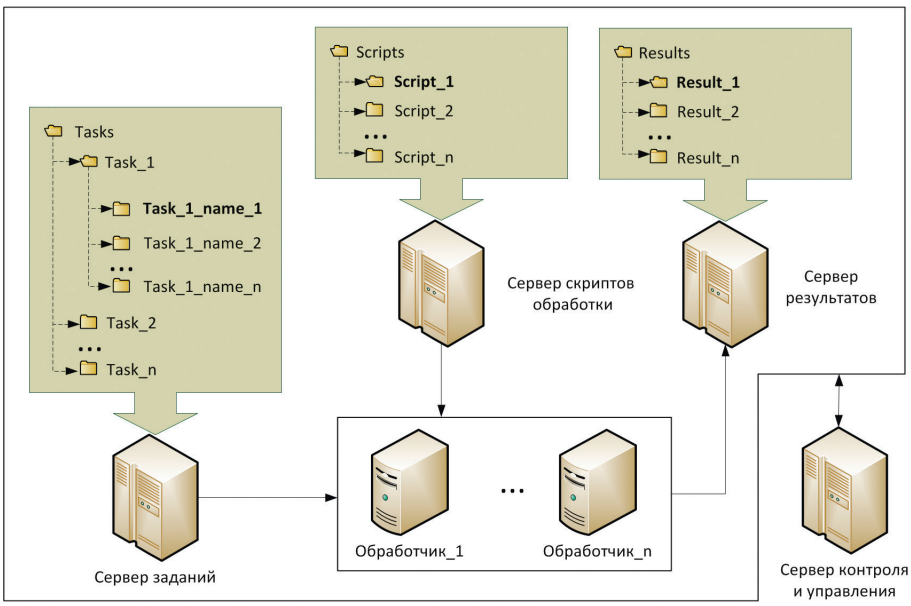

Рис. 1. Распараллеленная схема обработки заданий

- *Низкая отказоустойчивость*.

В случае некорректной работы программ и скриптов обработки вследствие некорректных исходных данных, аппаратных сбоев или логических ошибок в процедурах обработки данных нередко происходят зависания программ, что приводит к фактическому отключению рабочей станции на срок до момента вмешательства оператора.

- *Максимальное использование вычислительных ресурсов.*

Если процедуры обработки реализованы таким образом, что они могут занимать ограниченное число ядер процессора и количество оперативной памяти, оставшиеся ресурсы станции обработки простаивают.

- *Необходимость централизованного контроля над процессами обработки.*

Рост числа станций обработок, увеличение количества задач и сложности цепочек обработки данных показал необходимость ведения подробной статистики и отслеживания состояния процессов не только всей цепочки задания, но и ее элементов.

Перечисленные проблемы, а также ограниченность возможностей командной строки Windows привели к необходимости создания принципиально новой оболочки выполнения процессов обработки данных.

Оболочка process_cascade

Рассмотрим типичную схему выполнения процессов в рамках одного задания. Это последовательность скриптов, выполняющих функции обработки и анализа данных, файл менеджмента и запуска других приложений (*рис. 2*).

Для эффективного мониторинга необходимо иметь качественную статистику отдельно по каждому процессу, а не по группам процессов. Именно такая статистика значительно со-

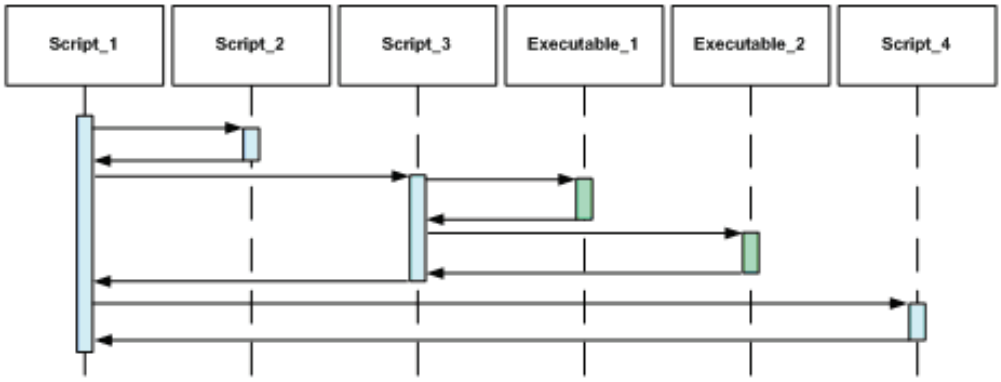

Рис. 2. Диаграмма последовательности процессов типового задания

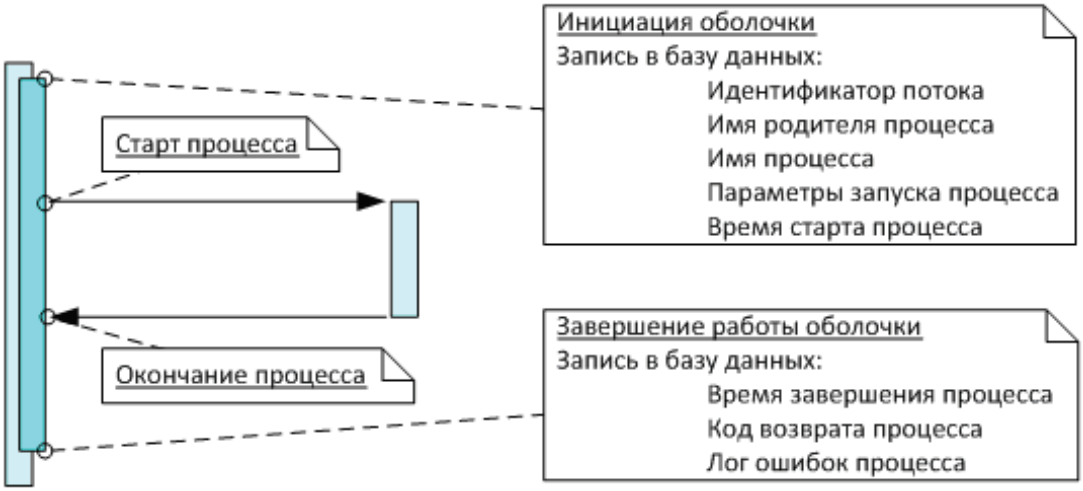

Рис. 3. Диаграмма последовательности работы оболочки «process_cascade»

кращает время поиска некорректно отработавших процессов. Регистрацию статистики процессов и ее запись в базу данных выполняет оболочка запуска процессов «*process_cascade*» (*рис. 3*). Оболочка предоставляет также дополнительную возможность указания максимального времени выполнения каждого процесса (или группы процессов). При превышении заданного лимита, процесс завершается автоматически.

Оболочка «*process_cascade*» возвращает «*0»,* если все прошло штатно, либо «*$RET_CASCADE_EXIT == 3»*, если возникли какие-либо проблемы (в том числе, если процесс был убит через заданное время секунд *time_killing*) при запуске процесса, либо код возврата процесса *«!= 0»*.

Перечень отслеживаемых характеристик процесса включает следующие позиции:

- идентификатор потока (*thread_id*);
- родитель процесса (какой процесс инициировал его запуск – *parent_process*);
- имя процесса (*process*);
- параметры запуска процесса (*cmd_line*);
- время начала работы процесса (*time_start*);
- время окончания работы процесса (*time_finish*);

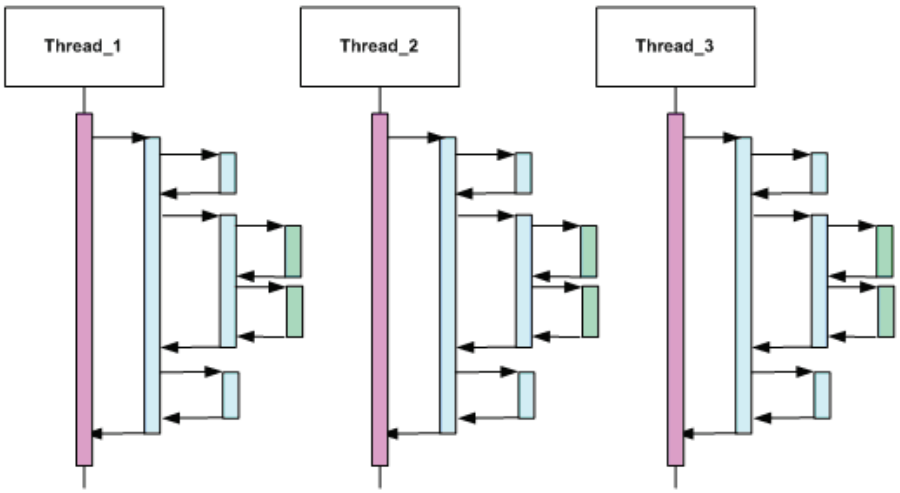

Рис. 4. Диаграмма последовательности потоков абстрактного задания

- код возврата процесса (*exit_code*);
- ERROR лог процесса (*error_log*).

Данные параметры регистрируются в базе данных в таблице *«process»*.

Потоки заданий

Для того, чтобы избежать простоя ресурсов вычислительных узлов, задание запускается в несколько потоков («thread»). Количество потоков определяется автоматически, исходя из ограничений на лимит свободного места, как на узле, так и на сервере результатов, а также ограничений на лимит количества свободной оперативной памяти (*рис. 4*). По умолчанию используется ограничение 4Гб оперативной памяти на поток, однако это значение может быть уменьшено в настройках конкретного задания.

Механизм создания потоков выглядит следующим образом: скрипты и настройки процедур обработки построены так, что рабочей корневой директорией для них является папка «C:\Work» на вычислительном узле. Для каждого потока все вхождения «C:\Work» и «C:\Work\» в файлах процедур обработки заменяются на «C:\Work_<task_name>», где task_name – имя одного комплекта данных, которое является уникальным в рамках одного задания (все комплекты лежат в одной директории на сервере заданий). Таким образом, каждый поток работает в своей выделенной области дискового пространства и не конфликтует с другими.

Регистрацию статистики потоков и ее запись в базу данных выполняет оболочка запуска потоков, состоящая из 2-х функций – «*thread_parallel_starter*» и *«thread_parallel_waiter»* (*рис. 5*).

Функция *«thread_parallel_starter»* возвращает ссылку на хеш параметров, которая, в свою очередь, является входной переменной для «*thread_parallel_waiter»*. Так же *«thread_parallel_starter»* передает запускаемому потоку его id (присвоенный в базе данных) дополнительным параметром. «*thread_parallel_waiter»* возвращает *«0»* если все прошло штатно, либо *«$RET_CASCADE_EXIT == 3»*, если возникли какие-либо проблемы при запуске потока или код возврата потока *«!= 0»*.

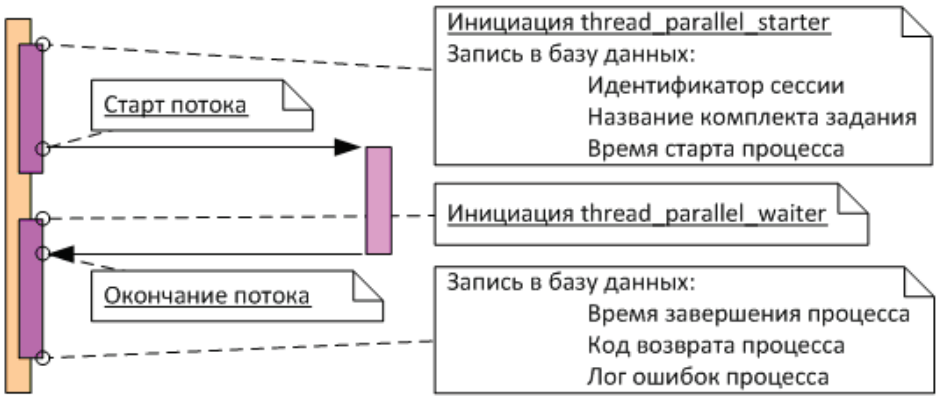

Рис. 5. Диаграмма последовательности потоков абстрактного задания

Перечень отслеживаемых характеристик потока включает следующие позиции:

- идентификатор сессии (*session_id*);
- название комплекта задания (*file_name*);
- время начала работы потока (*time_start*);
- время окончания работы потока (*time_finish*);
- код возврата потока (*exit_code*);
- ERROR лог потока (*error_log*).

Данные параметры регистрируются в базе данных в таблице *«thread»*.

Сессии

Инициирование потоков происходит посредством сессии (*рис. 6*). Именно в течение работы сессии определяется, какое количество потоков запустить, исходя из ограничений свободного места и свободной оперативной памяти (*рис. 7*). Например, обработка требует 2Гб оперативной памяти и 1 ядро процессора. В этом случае на одной современной станции обработки (intel xeon, 16гб оперативной памяти) может быть запущено до 8 параллельных процессов обработки. Это позволяет эффективно использовать имеющиеся ресурсы и сократить время обработки больших объемов данных.

Регистрацию статистики сессий и ее запись в базу данных выполняет оболочка запуска сессий. В данный момент она не используется в явном виде, а вшита в класс для связывания скаляра *«commonbat::exit_code»* (более подробно далее).

Перечень отслеживаемых характеристик сессии включает следующие позиции:

- имя обработчика, на котором запущена сессия (*station_name*);
- идентификатор задания (*task_id*);
- время начала работы сессии (*time_start*);
- время окончания работы сессии (*time_finish*);
- код возврата сессии (*exit_code*);
- ERROR лог сессии (*error_log*).

Данные параметры регистрируются в базе данных в таблице *«session»* (*рис. 8*).

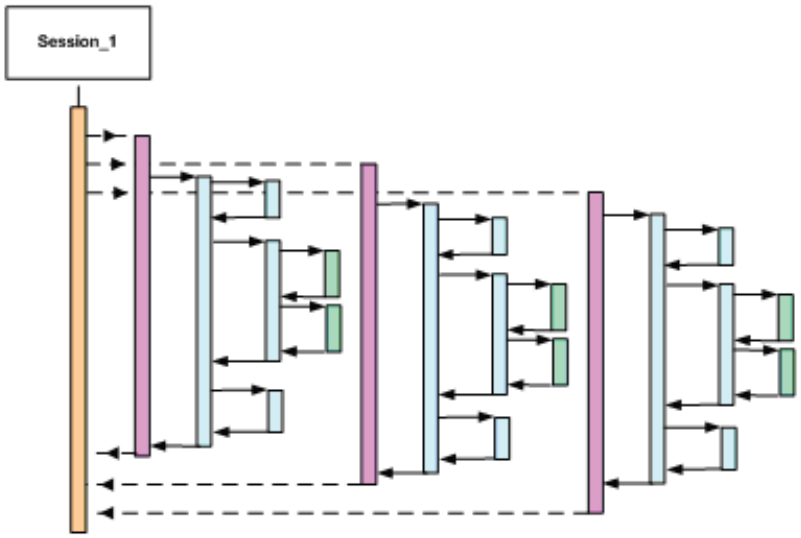

Рис. 6. Диаграмма последовательности сессии иллюзорного задания

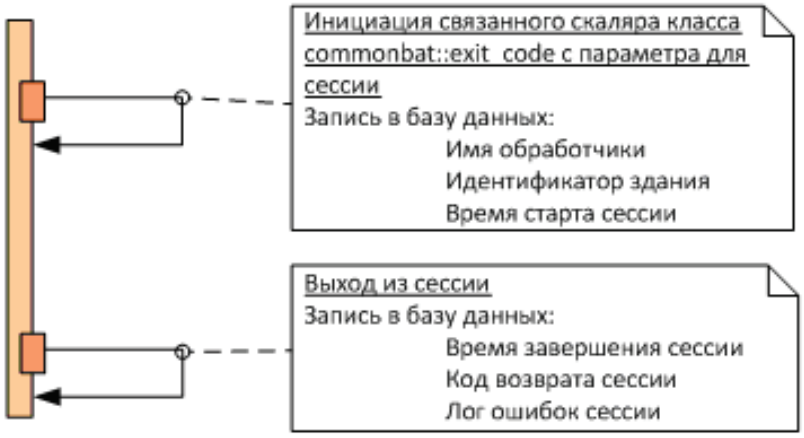

Рис. 7. Диаграмма последовательности связанного скаляр класса «commonbat::exit_code» для сессии

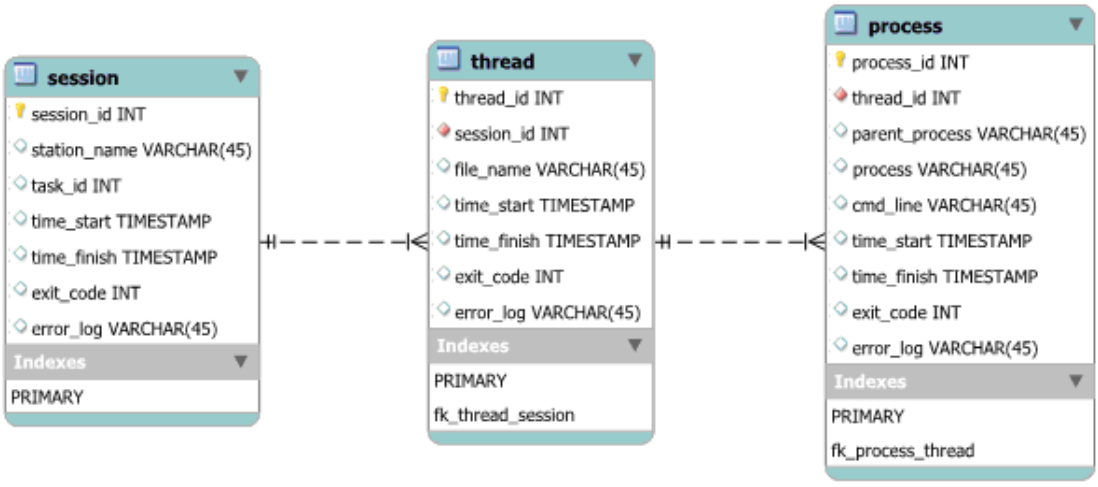

Рис. 8. ER-диаграмма базы данных, таблица «process», «thread» и «session»

Код возврата процедур

Также был создан специальный класс для выхода из процессов commonbat::exit_code для того, чтобы при выходе из процесса, в зависимости от кода возврата, была соблюдена возможность произвести дополнительные действия.

В течение работы сессии в связанный скаляр постоянно записываются коды возврата различных функций. Если в какой-то момент получается код возврата, записываемый в скаляр *«!=0»,* то осуществляется выход из сессии с данным кодом. Если в процессе работы сессии все её функции отработали корректно – необходимо осуществить санкционированный выход из сессии, передав в связанный скаляр *'EXIT'*. После завершения сессии информация о результатах её работы записывается в базу данных.

Заключение

В заключение следует отметить, что разработанная технология является достаточно универсальной и гибкой. Именно это позволило использовать ее для организации обработки данных, поступающих от различных спутниковых систем ДЗЗ. В настоящее время были созданы системы обработки данных поступающих с различных спутников, в частности со спутников NOAA, Terra, Aqua, NPP, Landsat, Метеор-М1, Канопус-В и др. Созданные системы обработки являются достаточно эффективными. Это, в частности, подтверждает тот факт, что в настоящее время они внедрены в достаточно большом числе специализированных систем мониторинга, таких как:

- информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз), http://aviales.ru (Барталев и др., 2009, 2010);
- спутниковый сервис Вега, ориентированный на решение задач мониторинга растительного покрова, http://www.pro-vega.ru (Лупян и др., 2011; Толпин и др., 2014);
- информационная система дистанционного мониторинго вулканической активности Камчатки и Курил, http://volcanoes.smislab.ru/ (Ефремов и др., 2012);
- объединенный картографический каталог данных региональных центров ФГБУ «НИЦ «Планета», http://moscow.planeta.smislab.ru/ (Бурцев и др., 2008, 2012);
- и многие другие.

Внедрение и эксплуатация предложенных подходов и базового программного обеспечения показали их высокую эффективность.

Работа по созданию и развитию описываемых подходов выполнялась при поддержке РАН (тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164) и грантов РФФИ 13-07-12116, офи_м и 13-07-12017, офи_м.

Литература

1. *Андреев М.В., Галеев А.А., Ефремов В.Ю., Ильин В.О., Крашенинникова Ю.С., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Построение автоматизированных систем сбора, хранения, обработки и представления спутниковых данных для решения задач мониторинга окружающей среды. // Солнечно-земная физика. 2004, Вып. 5. С. 8-11.
2. *Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Толпин В.А.* Построение архивов результатов обработки спутниковых данных для систем динамического формирования производных информационных продуктов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 5. № 1. С. 26-31.
3. *Барталев С.А., Бурцев М.А., Егоров В.А., Ефремов В.Ю., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Щетинский В.Е.* Организация работы со спутниковыми данными высокого пространственного разрешения в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз) // «Пожаровзрывобезопасность». ООО “Издательство “Пожнаука”, 2009. № 8. С. 50-56.
4. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е.* Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. Т. 7. № 2. С. 97-105.
5. *Бурцев М.А., Антонов В.Н., Ефремов В.Ю., КашницкийА.В., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Милехин О.Е., Прошин А.А., Соловьев В.И.* Система работы с распределенными архивами результатов обработки спутниковых данных центров приема НИЦ «Планета» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2012. Т. 9. № 5. С. 55-76.
6. *Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Успенский С.А., Флитман Е.В.* Распределенная система приема и обработки данных полярно-орбитальных спутников в центрах Росгидромета // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008. Выпуск 5. Т. II. С. 443-446.
7. *Егоров В.А., Ильин В.О., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Возможности построения автоматизированных систем обработки спутниковых данных на основе программного комплекса XV_SAT // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 431-436.
8. *Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В., Матвеев А.М., Прошин А.А., Сорокин А.А., Флитман Е.В.* Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 155-170.
9. *Ефремов В.Ю., Крашенинникова Ю.С., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Оптимизированная система хранения и представления географически привязанных спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2007. Выпуск 4. Т. 1. С. 125-134.
10. *Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Управление и контроль работоспособности систем автоматизированной обработки спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. Выпуск 1. С. 467-475.
11. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Технология построения автоматизированных информационных систем сбора, обработки, хранения и распространения спутниковых данных для решения научных и прикладных задач // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. С. 81-89.
12. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В., Крашенинникова Ю.С.* Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 26-43.
13. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В., Крашенинникова Ю.С.* Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // конференция «Использование средств и ресурсов Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане для информационного обеспечения морской деятельности в Российской Федерации», ЕСИМО’2012. Обнинск. 25-27 сентября 2012. С. 197.
14. *Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е.* Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8. № 1. С. 190-198.
15. *Матвеев А.М., Мамаев А.С., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Организация контроля над функционированием распределенной системы ИСДМ Рослесхоз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2009. Выпуск 6. Т. II. С. 535-541.
16. *Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93-108.
17. *Толпин В.А., Лупян Е.А., Барталев С.А., Плотников Д.Е., Матвеев А.М.* Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА» // Оптика атмосферы и океана, 2014. Т. 27. № 7 (306). С. 581-586.

Organization of automated multithreaded processing of satellite information in remote monitoring systems

D.A. Kobets, A.M. Matveev, A.A. Mazurov, A.A. Proshin

Space Research Institute RAS, Moscow, 117997, Russia
E-mail: kobetsda@mail.ru

In the present work, the possibilities of the process control library *commonbat.pm* realized in PERL are examined. This program product is intended for constructing efficient distributed systems of processing information and control over their functioning. The basic operational objects and concepts of the library are discussed: session, flow and task. The prerequisites for creation of the library and its basic tasks are described in detail; the infrastructure for operation of the library is also described. The structure of the database for statistical information is given. The basic possibilities of the library are briefly discussed, such as parallel starting of applications in different regions of disk space, timeout and emergency termination mechanism of operations, tracking of return codes of started procedures and conducting the detailed logs of all processes with the possibility of their subsequent analysis. Examples and references to different information systems employing the developed methods of satellite data processing are given, such as ISDM of the Russian Federal Forest Service, Vega service, etc. It should be noted that the realized methods and algorithms can also be used in other systems of information processing, including those working with other types of data.

Keywords: data processing, parallel computing, automatic data processing, processing of remote sensing data.

References

1. Andreyev M.V., Galeyev A.A., Efremov V.J., Ilyin V.O., Krasheninnikova J.S., Lupyan E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Postroenie avtomatizirovannykh sistem sbora, khraneniya, obrabotki i predstavleniya sputnikovykh dannykh dlya resheniya zadach monitoringa okruzhayushchei sredy (Construction of automated systems for collection, storage, processing and representation of satellite data for solving problems of environmental monitoring), *Solar-Terrestrial Physics*, 2004, Issue 5, pp. 8-11.
2. Balashov I.V., Bourtsev M.A., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Tolpin V.A., Postroenie arkhivov rezul'tatov obrabotki sputnikovykh dannykh dlya sistem dinamicheskogo formirovaniya proizvodnykh informatsionnykh produktov (Development of satellite data processing products archives for dynamic derived information products production systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 5, No. 1, pp. 26-31.
3. Bartalev S.A., Bourtsev M.A., Egorov V.A., Efremov V.Yu., Kotelnikov R.V., Loupian E.A., Mazurov A.A., Matveev A.M., Shchetinsky V. E., Organizatsiya raboty so sputnikovymi dannymi vysokogo prostranstvennogo razresheniya v informatsionnoi sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva RF (ISDM Rosleskhoz) (The organization of work with high resolution satellite data in the information system of remote monitoring of forest fires of Federal Forestry Agency of Russian Federation (FFA ISDM)), *Pozharovzryvobezopasnost'* (Fire and explosion safety), Izd. Pozhnauka, 2009, No. 8, pp. 50-56.
4. Bartalev S.A., Ershov D.V., Korovin G.N., Kotelnikov R.V., Loupian E.A., Shchetinsky V. E. Osnovnye vozmozhnosti i struktura informatsionnoi sistemy distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM Rosleskhoz) (The main functionalities and structure of the Forest Fire Satellite Monitoring Information System of Russian Federal Forestry Agency (ISDM-Rosleshoz)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol.7, No. 2, pp. 97-105.
5. Bourtsev M.A., Antonov V.N., Efremov V.Yu., Kashnitsky A.V., Kramareva L.S., Loupian E.A., Mazurov A.A., Matveev A.M., Milexin O.E., Proshin A.A., Solovyev V.I., Sistema raboty s raspredelennymi arkhivami rezul'tatov obrabotki sputnikovykh dannykh tsentrov priema NITs "Planeta" (Distributed satellite data processing products archives operation system in SRC Planeta centres), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 55-76.
6. Bourtsev M.A., Efremov V.Yu., Mazurov A.A., Matveev A.M., Proshin A.A., Uspensky S.A., Flitman E.V., Raspredelennaya sistema priema i obrabotki dannykh polyarno-orbital'nykh sputnikov v tsentrakh Rosgidrometa (Distributed system for acquisition and processing of polar-orbiting satellites data in RosHydroMet centers), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Issue 5, No. 2., pp. 443-446.
7. Egorov V.A., Ilyin V.O., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V., Vozmozhnosti postroeniya avtomatizirovannykh sistem obrabotki sputnikovykh dannykh na osnove programmnogo kompleksa XV_SAT (Possibilities of developing automated satellite data processing systems on the basis of XV_SAT software package), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, Issue 1, pp. 431-436.
8. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Loupian E.A., Manevich A.G., Melnikov D.V., Matveev A.M., Proshin A.A., Sorokin A.A., Flitman E.V., Sozdanie informatsionnogo servisa "Distantsionnyi monitoring aktivnosti vulkanov Kamchatki i Kuril" (Creating an information service "Remote Monitoring of Active Volcanoes

of Kamchatka and the Kuril Islands"), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 155-170.
9. Efremov V.Yu., Krasheninnikova Yu.S., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V., Optimizirovannaya sistema khraneniya i predstavleniya geograficheski privyazannykh sputnikovykh dannykh (Optimized storage and presentation system for georeferenced satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2007, Issue 4, No. 1, pp. 125-134.
10. Efremov V.Yu., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V., Upravlenie i kontrol' rabotosposobnosti sistem avtomatizirovannoi obrabotki sputnikovykh dannykh (Operation control and management of distributed satellite data processing systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, Issue 1, pp. 467-475.
11. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Tekhnologiya postroeniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem sbora, obrabotki, khraneniya i rasprostraneniya sputnikovykh dannykh dlya resheniya nauchnykh i prikladnykh zadach (Development of automated information systems for scientific and application tasks), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, pp. 81-89.
12. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Krasheninnikova Yu.S., Tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Technologies for building remote monitoring information systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 26-43.
13. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Krasheninnikova Yu.S., Tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Technologies for building remote monitoring information systems), *ESIMO'2012* (Conf. The use of funds and resources of the Unified state system of information on the world's oceans to inform maritime activities in the Russian Federation) Book of Abstracts, Obninsk, 25-27 September, 2012, pp. 197.
14. Loupian E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E., Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("Vega") (Satellite service for vegetation monitoring VEGA), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190-198.
15. Matveev A.M., Mamaev A.S., Proshin A.A., Flitman E.V., Organizatsiya kontrolya nad funktsionirovaniem raspredelennoi sistemy ISDM Rosleskhoz («ISDM Rosleskhoz» Distributed System Operation Monitoring Organization), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2009, Issue. 6, No. 2, pp. 535-541.
16. Tolpin V.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozdanie interfeisov dlya raboty s dannymi sovremennykh sistem distantsionnogo monitoringa (sistema GEOSMIS) (The GEOSMIS System: Developing interfaces to operate data in modern remote monitoring systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 93–108.
17. Tolpin V.A., Loupian E.A., Bartalev S.A., Plotnikov D.E., Matveev A.M., Vozmozhnosti analiza sostoyaniya sel'skokhozyaistvennoi rastitel'nosti s ispol'zovaniem sputnikovogo servisa «VEGA» (Possibilities of agricultural vegetation condition analysis with VEGA satellite service), *Atmospheric and Oceanic Optics*, 2014, Vol. 27, No. 7 (306), pp. 581-586.