

# Параллельные вычисления в обработке Аэрокосмических изображений

А.А. Бучнев, П.А. Ким, В.П. Пяткин

Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики СО РАН

## Аннотация

Рассматривается распределенная архитектура программного обеспечения обработки аэрокосмических изображений (АИ). Поскольку анализ и обработка АИ требуют мобилизации всех доступных программно-технических средств, проводится разработка новых технологий на базе высокопроизводительных параллельных компьютерных систем ИВМиМГ СО РАН. Представлены сравнительные результаты программных реализаций некоторых алгоритмов обработки АИ на ЭВМ параллельной архитектуры.

*Ключевые слова:* параллельные вычисления, цифровая обработка изображений, высокопроизводительная вычислительная система, распределенная программная среда.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Непрерывное расширение спектра задач, в решении которых используются результаты обработки аэрокосмических изображений (АИ), служит убедительным доказательством эффективности использования АИ в хозяйственных и исследовательских целях. Эффективность управления экологических процессами в регионах (обнаружение лесных пожаров, оперативный мониторинг газо- и нефтепроводов, оценка последствий чрезвычайных событий и т.п.) напрямую связана с применением результатов обработки аэрокосмических изображений. Качественная сложность решения задач распознавания и контроля в реальном времени геометрических и физических свойств динамически изменяющихся объектов определяется десятками гигабайт информации, передаваемых во время одного сеанса связи с ИСЗ. При этом требуется не только высокая суммарная производительность обрабатывающих процессоров, но и оперативная память, достаточная для одновременного хранения сотен и тысяч кадров. Даже самые быстродействующие современные ЭВМ последовательной архитектуры оказываются неспособными решать задачи такой сложности. Использование дорогостоящих и малораспространенных спецпроцессоров обработки изображений ограничивает круг пользователей, поэтому широкое применение находят параллельные вычисления на кластерных конфигурациях вычислительных средств, созданных на основе локальных сетей компьютеров (например, Intranet). В ряде задач цифровой обработки изображений применяются алгоритмы и методы преобразований (в частности, фильтрация на основе свертки и корреляция, а также базовые методы линейной алгебры), которые, обладая хорошей структурированностью, регулярностью и рекурсивностью, допускают эффективное распараллеливание. В число этих задач входят: восстановление зашумленных изображений; реконструкция объектов; повышение качества и сглаживание; обнаружение яркостных перепадов и линий; текстурный анализ;

сегментация области и распознавание образов; преобразования полутоновых изображений, геометрические трансформации и т.д.; картографическая генерализация.

## 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ СЕТЕВЫХ КОМПОНЕНТ

Поскольку анализ и обработка АИ требуют использования всех ресурсов доступных аппаратно-программных средств, в ИВМиМГ СО РАН разрабатывается технология решения этих задач на высокопроизводительных компьютерах базовых вычислительных комплексов, включающая в себя:

получение данных дистанционного зондирования от центров приема спутниковой информации по сети Internet;

распределенную и параллельную обработку аэрокосмической информации в локальных сетях суперкомпьютерных центров;

создание интерфейса по управлению распределенно-параллельными вычислениями в специализированных локальных сетях.

При создании параллельных алгоритмов и программ для эффективной адаптации к максимально широкому спектру возможных технических решений учитывается многообразие архитектур высокопроизводительных комплексов. Использование системы параллельного программирования MPI (Message Passing Interface) обеспечивает переносимость пакетов программ параллельной обработки и анализа АИ как на большинство известных многопроцессорных параллельных ЭВМ (RM600, SGI Origin 2000, Sun Enterprise 10000, Cray T3D, IBM SP2), так и на сети рабочих станций NOW (Network of Workstation) и COW (Cluster of Workstation).

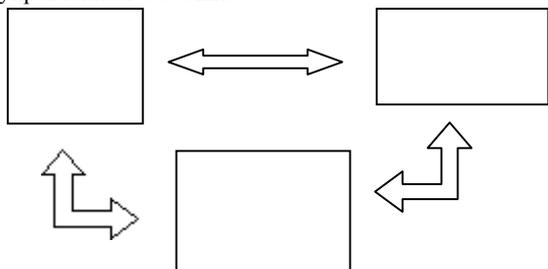
В многопроцессорной обработке АИ выделяются следующие фундаментальные задачи: коммуникация данных, организация управляющей структуры, статическое и динамическое распределение вычислительных ресурсов, синхронизация и оптимизация процессов. Ниже представлены макетные решения части этих задач, реализованные в распределенной архитектуре программного комплекса обработки аэрокосмических изображений.

Развитие современных методов обработки изображений тесно связано с развитием элементной базы и архитектуры вычислительных средств. Стандартными методами организации параллельных ЭВМ являются конвейеризация, матричная обработка и многопроцессорные вычисления. Включение в процесс обработки максимального числа процессоров характеризует степень распараллеливания процесса, а уменьшение вынужденных простоев процессоров – степень его конвейеризуемости. Увеличение этих показателей непосредственно отражается на скорости получения результата.

Узким местом распределенной архитектуры остаются низкоскоростные каналы передачи данных, что вынуждает обращаться к алгоритмам, минимизирующим объемы запрашиваемых данных, например, передача не собственно данных, а корректирующей их информации, извлекаемой в процессе обработки, а также применение алгоритмов, использующих низкоуровневые протоколы передачи данных. В MPI распределением данных занимается конкретный процесс. Это распределение может оказаться тормозящим фактором, если собственно обработка данных окажется значительно более быстрой, нежели их передача.

Другим принципиальным решением представляется реализация дополнительных каналов передачи данных, требующая мощной системы управления/диспетчеризации информационными потоками.

Примером использования описанной концепции распределенной архитектуры обработки АИ служит программный комплекс[1], в котором конкретные функции обработки распределены между процессорами, объединенными в гетерогенную сеть (рис. 1), включающую ЭВМ типа IBM PC под управлением ОС Windows NT, ЭВМ аналогичного класса под управлением ОС FreeBSD, а также многопроцессорную ЭВМ RM600 под управлением ОС Unix.



**Рис.1.** Гетерогенная вычислительная сеть

Установленная в ИВМиМГ СО РАН в 1999 году конфигурация из двух SMP серверов RM600-E30 фирмы Siemens(Германия) с общей пиковой производительностью около 3 Гфлоп и оперативной памятью 4.3 Гигабайта допускает наращивание потенциальной производительности до 8 Гигафлоп при полной комплектации(16 процессоров MIPS R10000/250MHz). Оперативная память наращивается до 16 Гигабайт. Серверы соединены между собой с помощью двух 100 Мегабитных портов коммутатора Nbase NH 2016 MegaSwitch G фирмы NBASE. Эти серверы выполнены на базе 250 Мгц RISC -микропроцессоров R10000 фирмы MIPS и характеризуются общим полем оперативной памяти. На серверах RM600 E30 установлена операционная система Reliant UNIX 5.44C20, вобравшая в себя отличительные черты предшественников: производительность и работоспособность больших кластерных вычислительных систем и высокую степень соответствия промышленным стандартам. Распараллеливание задач производится на уровне процессов. В состав Reliant Unix входит система разработки программ на языке Си, компиляторы C++, Fortran 77. На серверах RM600 E30 инсталлирован пакет MPICH 1.2.0(MPI Chameleon) Аргонской национальной лаборатория США, перенесенный на большинство платформ. Сложность программирования на MPI компенсируется возможностью создания на его базе различных библиотек параллельных программ. Функциональное распараллеливание программного комплекса обработки АИ предусматривает следующую специализацию компонент:

Терминальная рабочая станция, обеспечивающая взаимодействие с пользователями(просмотр, задание управляющих команд, поддержка Гис-оболочек, интерфейс со внешними Windows-ориентированными устройствами); реализуется на ЭВМ типа IBM PC под управлением ОС Windows NT;

Коммутатор, обеспечивающий равномерную загрузку компонент комплекса(планирование процессов, распределение функциональных заданий, поддержка программных агентов, восстановление конфигурации, интерфейс со внешними Unix-ориентированными устройствами); реализуется на ЭВМ типа IBM PC под управлением ОС FreeBSD;

Вычислитель, обеспечивающий выполнение наиболее длительных операций (библиотеки параллельных алгоритмов, базы геоданных); реализуется на многопроцессорной ЭВМ RM600 под управлением ОС Unix.

### 3. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

В[1] представлены функциональные возможности программного комплекса по обработке аэрокосмических изображений. Для иллюстрации работоспособности описанного выше системного подхода в распределенной архитектуре вычислительных средств лабораторного комплекса обработки изображений выполнена реализация двух алгоритмов, связанных с определением на АИ кольцевых и линейных структур (линиаментов)[2]. Выбор именно этих алгоритмов обусловлен большими временными затратами при их реализации на однопроцессорной ЭВМ. Так на компьютере IBM PC с процессором MMX 230 МГц для нахождения всех линейных структур с длинами в интервале[20,35] на черно-белом изображении размером 1200\*850 пикселей требуется 13.35 мин. Приведенные ниже временные затраты по решению той же задачи на параллельной ЭВМ RM600 с 8-ю процессорами характеризуют производительность компоненты «Вычислитель» в зависимости от количества запускаемых логических процессов: 1 процесс – 162 сек, 2 процесса – 81.16 сек, 4 процесса – 40.86 сек, 8 процессов – 21.13 сек. Уже на базе этих двух программ обеспечивается сопоставление космических снимков конкретной территории, выполненных либо в разное время, либо в разных частотных спектрах, либо в разных ракурсах, с целью выявления специфицируемых линейных и кольцевых структур, а также проведение статистического анализа для задач автоматической дешифрации снимков.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ(проект № 99-07-90422).

### Список литературы

- A.Buchnev, V.Pyatkin. Software for Aerospace Imagery Processing. 5-th Int. Conf. PRIP'99. Pattern Recognition and Information Processing. Minsk, Republik of Belarus, 18-20 мая, 1999, Vol. 2, p. 342-344.
- A.Buchnev, V.Pyatkin, G.Salov. Nonparametric Statistical Tests for the Linear and Circular structures in Imagery. In book: "Pattern Recognition and Image Understanding". - Sankt Augustin: Infix, 1999, p. 55-61.