

СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА РАЗНОРОДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО ЦЕНТРА

И.В.Бычков, Г.А.Опарин, А.П.Новопашин, И.А.Сидоров, В.В.Скоров

ИДСТУ СО РАН, Россия, 664033, Иркутск, Лермонтова, 134,
e-mail: hpc@icc.ru

При организации современного суперкомпьютерного центра (СЦ) коллективного пользования особое внимание уделяется средствам управления и мониторинга. Основными функциями средств управления СЦ является распределение нагрузки по вычислительным узлам, реализация непараллельных и параллельных команд, запуск и остановка вычислительных узлов и ряд других. Назначение средств мониторинга состоит в обеспечении оператора СЦ структурированной и унифицированной информацией о загрузке ресурсов вычислительных узлов (процессоров, оперативной памяти, системы ввода-вывода, коммуникационных интерфейсов), физическом состоянии вычислительного оборудования (температуре процессоров и материнских плат), работе устройств инженерной инфраструктуры (кондиционеров, чиллеров, систем бесперебойного питания) и текущем состоянии окружающей среды.

С ростом числа компонентов вычислительной и инженерной инфраструктуры СЦ увеличивается объем данных, которые приходится анализировать оператору. Как следствие, возрастает вероятность возникновения ошибок, обусловленных человеческим фактором. В связи с этим, в больших СЦ огромное значение имеет форма представления данных мониторинга, их наглядность, информативность и актуальность – те свойства, которые позволяют обслуживающему персоналу СЦ оперативно выявлять причины неисправностей и сбоев, своевременно реагировать на изменения в работе системы.

Известные на сегодняшний день средства мониторинга имеют ряд недостатков и ограничений, не позволяющих эффективно применять их в сложных вычислительных системах. В частности, в популярной системе Ganglia отсутствует возможность реализации механизмов обработки текущих значений и уведомлений о событиях. Две другие часто используемые системы – Nagios и Zabbix лишены этого недостатка, однако их первоначальная ориентация на мониторинг сетевого оборудования делает их недостаточно приспособленными для СЦ.

Следует выделить отдельно систему мониторинга LAPTA [1], предназначенную для многоаспектного анализа динамических характеристик параллельных программ, выполняемых на суперкомпьютерах. Система предполагает тесную интеграцию с известными средствами управления заданиями. Сбор информации о ресурсах осуществляется с привязкой к конкретной задаче пользователя, что представляется, с нашей точки зрения, наиболее верным направлением развития систем мониторинга вычислительных кластеров. В то же время, зависимость компонентов системы мониторинга LAPTA от специализированных интерпретируемых языков программирования и систем хранения данных значительно усложняет ее установку и настройку. Кроме того, реализация агента системы мониторинга на основе интерпретируемого языка программирования требует значительных системных ресурсов, что может приводить к снижению эффективности работы пользовательских приложений на вычислительных узлах.

В данной работе описывается подход к созданию системы мониторинга разнородной инфраструктуры СЦ, отличающейся от известных уникальным сочетанием свойств, к числу которых относится: автоматический контроль

программно-аппаратных ресурсов с использованием мультиагентных технологий, децентрализованная схема хранения данных мониторинга, применение экспертных систем для принятия решений.

Исходные требования к системе мониторинга СЦ предполагали, что она должна:

- обеспечивать возможность интеграции с локальными средствами мониторинга вычислительных ресурсов, предоставлять средства разработки модулей сбора данных на различных языках системного программирования (C, Perl, Bash и др.);
- предоставлять прикладные программные интерфейсы на основе открытых стандартов для встраивания в другие программные комплексы;
- включать средства унификации данных, получаемых из различных источников;
- предоставлять средства сбора и анализа данных о функционировании оборудования вспомогательной (инженерной) инфраструктуры, обеспечивающей бесперебойную работу больших вычислительных установок;
- предоставлять средства сбора и анализа данных пользовательских приложений;
- предоставлять средства автоматизированного экспертного анализа данных мониторинга и генерации управляющих воздействий.

С целью создания системы мониторинга, удовлетворяющей приведенным требованиям, была спроектирована и реализована архитектура (рис. 1), включающая следующие основные компоненты:

- средства доступа пользователей, позволяющие взаимодействовать с системой мониторинга как в пакетном, так и в интерактивном режиме;
- подсистемы уровня доступа, осуществляющие контроль прав доступа к запрашиваемым данным и реализующие серверную часть графического интерфейса пользователя;
- агент верхнего уровня, функционирующий в центральном узле системы мониторинга и выполняющий основную задачу по управлению системой;
- агенты промежуточного уровня, функционирующие в промежуточных узлах и решающие задачу снижения нагрузки на агенты верхних уровней;
- агенты нижнего уровня, функционирующие в вычислительных узлах и осуществляющие сбор и первичную обработку данных о состоянии узлов;
- подсистема децентрализованного хранения данных, предоставляющая функции для работы с данными для агентов разных уровней.

Иерархическая структура разработанной системы мониторинга достигается путем организации многоуровневой мультиагентной среды, возглавляемой агентом верхнего уровня, которому подчинены агенты промежуточного и нижнего уровней. Агенты промежуточного уровня способны осуществлять управление как группой агентов нижнего уровня, так и группой агентов дополнительных промежуточных уровней, которых в системе может быть несколько. Такая иерархия позволяет обеспечить высокую масштабируемость системы мониторинга.

Каждый агент мультиагентной системы мониторинга реализован в виде программы, функционирующей в фоновом режиме, и обладает свойствами, характерными для автономных программных агентов [2], а именно, реактивностью, автономностью, целенаправленностью и коммуникативностью.

Архитектура системы мониторинга СЦ (рис. 1) включает следующие основные компоненты:

В составе агента системы мониторинга реализованы следующие подсистемы:

- подсистема сбора данных, осуществляющая считывание показаний программных и аппаратных сенсоров различных устройств, прием данных от локальных систем мониторинга и агентов разных уровней, унификацию полученных данных и их трансляцию в промежуточный формат подсистемы взаимодействия с СУБД;

- подсистема взаимодействия с СУБД, выполняющая функции агрегации и контроля целостности данных;
- экспертная подсистема, реализующая функции анализа данных, полученных за определенный интервал времени, и генерации управляющих воздействий на основе проведенного анализа;
- управляющая подсистема, обеспечивающая исполнение управляющих воздействий и взаимодействие с агентами верхних уровней.

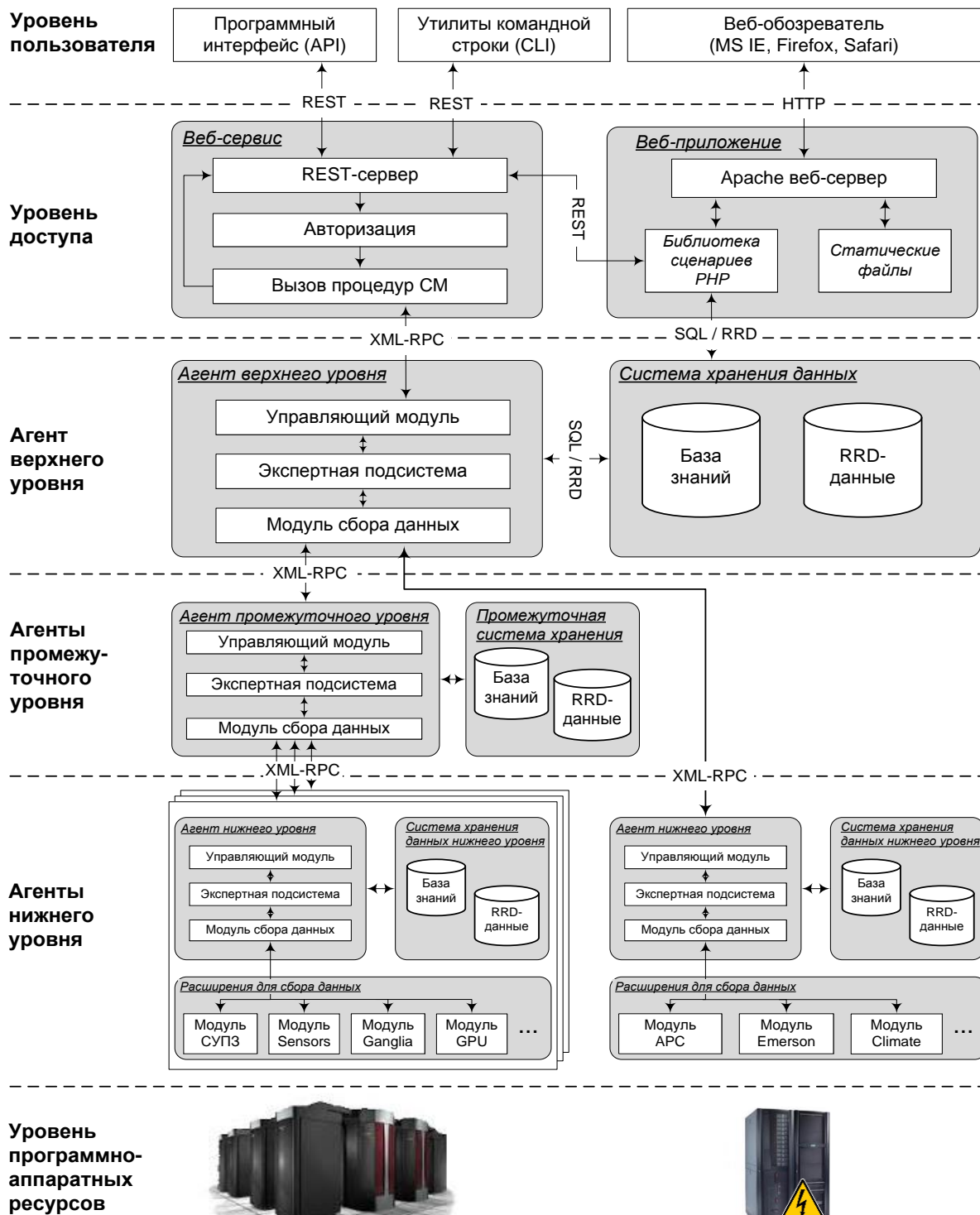


Рис. 1. Архитектура системы мониторинга СЦ

Разработанная система мониторинга была успешно апробирована в суперкомпьютерном центре ИДСТУ СО РАН [3].

Анализ сведений о состоянии компонентов вычислительной и инженерной инфраструктуры СЦ, собранных системой мониторинга, позволил выявить неэффективную работу отдельных пользовательских приложений, произвести оптимизацию загрузки некоторых вычислительных ресурсов и в целом повысить эффективность работы вычислительной инфраструктуры СЦ.

Новизна предложенного и реализованного подхода к организации системы мониторинга СЦ заключается, в первую очередь, в создании универсальных программных агентов, способных вести сбор данных о состоянии компонентов СЦ, анализировать эти данные и принимать решения без участия оператора СЦ. Мультиагентный подход позволяет, во-первых, снизить общую нагрузку, создаваемую компонентами системы мониторинга, во-вторых, повысить надежность функционирования компонентов СЦ за счет децентрализованной генерации и исполнения управляющих воздействий. Универсальность архитектуры программных агентов делает возможным их использование на различных уровнях иерархии системы мониторинга, что, в свою очередь, обеспечивает высокую масштабируемость системы при использовании в СЦ, состоящих из большого количества разнородных компонентов вычислительной и инженерной инфраструктуры.

Литература

1. Адинец А.В., Брызгалов П.А., Воеводин Вад.В., Жуматий С.А., Никитенко Д.А. Мониторинг, анализ и визуализация потока заданий на кластерной системе // Материалы XI Всерос. конф. "Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах". – Нижний Новгород, 2011. – С. 10-14.
2. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems, 2nd edn. Wiley, 2009, 461 p.
3. Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН, способ доступа: <http://hpc.icc.ru> .