

Анализ результатов показывает, что при моделировании геологических сред путем решения системы, описывающей акустическое поле, отсутствуют волны Стоунли (St), поперечные волны в геологических породах от источника (S), отраженные от верхней и нижней границы резервуара обменные PS-волны (PS1, PS2), отраженные от верхней и нижней границы резервуара SS-волны (SS1, SS2), отраженные от верхней и нижней границы резервуара обменные SP-волны (SP1, SP2)

## Литература

1. Магомедов К. М., Холодов А. С. Сеточно-характеристические численные методы. М.: Наука, 1988.
2. Петров И. Б., Холодов А. С. Численное исследование некоторых динамических задач механики деформируемого твердого тела сеточно-характеристическим методом // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1984. Т. 24, № 5. С. 722–739.
3. Голубев В. И., Петров И. Б., Хохлов Н. И. Моделирование волновых процессов внутри планеты с помощью гибридного сеточно-характеристического метода // Математическое моделирование. 2015. Т. 27, № 2. С. 139–148.

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТ MONDIAG

*И. А. Пищулин, Д. И. Липов, А. М. Бармин, А. Н. Петрик, П. С. Лобанов,  
Ю. А. Юлин, Е. К. Баканов, Р. В. Модянов, В. Ю. Симаков, А. И. Чайка*

Российский Федеральный Ядерный Центр –  
Всероссийский НИИ экспериментальной физики, г. Саров

## Введение

Система мониторинга на сегодня является составной частью системного программного обеспечения современного многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК), поскольку в его состав входят тысячи вычислительных единиц, на которых необходимо выполнять контроль большого количества различных параметров. В докладе рассказывается о распределенной системе мониторинга аппаратно-программных компонент MonDiag.

## Решения, лежащие в основе системы

При разработке системы мониторинга для многопроцессорного вычислительного комплекса на начальном этапе мы столкнулись с типичными задачами:

- распределенность, т. е. реализовать сетевое взаимодействие компонент;
- масштабируемость (т. к. современные МВК включают тысячи узлов);
- расширяемость, т. е. возможность добавлять/изменять функциональность системы без изменения основного кода;
- легковесность, т. е. система не должна требовать дополнительного оборудования для своей работы и по минимуму использовать ресурсы операционной системы на мониторируемых узлах.

Для решения выше озвученных задач, ранее нами была разработана программная платформа, позволяющая создавать распределенные сервисы для МВК. Эта платформа реализует базовый уровень распределенного клиент-серверного взаимодействия, поверх которого можно реализовывать необходимую серверную и клиентскую логику. Именно эта платформа и легла в основу разработанной нами системы мониторинга.

Платформа предоставляет:

- программные средства для реализации масштабируемого клиент-серверного взаимодействия;
- унифицированную конфигурацию всех модулей;
- поддержку пула рабочих потоков (для параллельной работы нескольких модулей);
- готовые механизмы модульного построения распределенной системы.

### Возможности системы

Основные возможности разработанной нами системы:

- мониторинг аппаратно-программных компонент МВК;
- автоматическое обнаружение проблем и реакция на события;
- сбор информационных метрик;
- сохранение результатов проверок в БД PostgreSQL, RRD;
- аппаратное включение/выключение/сброс питания на компонентах МВК;
- перезагрузка/выключение средствами ОС серверов МВК;
- механизмы взаимодействия с внешними системами;
- поддержка протоколов IPMI, SNMP;
- модульное расширение функциональных возможностей.

Поскольку мы используем реализацию динамических модулей сервиса сбора системной статистики collectd<sup>1</sup>, нам доступен широкий набор плагинов, реализованных для данного сервиса, помимо этого нами реализованы собственные модули, выполняющие как функции мониторинга аппаратно-программной части МВК, так и функции, определяющие логику работы всей системы.

Используются следующие модули мониторинга компонент МВК:

- использование ресурсов центрального процессора;
- частота ядер центрального процессора;
- использование оперативной памяти;
- использование дискового пространства;
- состояние критически важных сервисов;
- доступность точек монтирования файловых систем;
- доступность серверов по ВМС;
- сетевые интерфейсы;
- infiniband порты;
- сенсоры по протоколу IPMI;
- параллельная файловая система Lustre;
- мониторинг ускорителей МП/G;
- мониторинг сопроцессоров МП/М.

MonDiag включает в себя механизм для взаимодействия с внешними системами МВК. Данный механизм похож на механизм триггеров СУБД. То есть при наступлении определенного события система автоматически вызовет соответствующую утилиту или скрипт. Например, в случае обнаружения проблемы система может вывести узел из счета.

---

<sup>1</sup>The system statistics collection daemon collectd: plugin architecture [Electronic resource]. Mode of Access: [https://collectd.org/wiki/index.php/plugin\\_architecture](https://collectd.org/wiki/index.php/plugin_architecture).

Для взаимодействия с системой реализована библиотека интерфейсных функций. В текущей версии библиотеки доступны следующие API функции:

- получение списка метрик;
- получение значений метрик;
- получение состояния сервиса на мониторируемых узлах;
- управление питанием узлов;
- и др.

Функциональные возможности системы могут быть расширены за счет простого механизма добавления новых модулей, реализованных на языках C, Shell, Python, Perl.

## Компоненты системы

Система мониторинга включает в свой состав следующие компоненты:

- контроллер – сервис, который взаимодействует по сети с удаленными узловыми агентами мониторинга;
- агенты – сервисы, которые исполняются на всех мониторируемых узлах;
- библиотека интерфейсных функций – предоставляет API на языках Си и PHP;
- пользовательские интерфейсы:
  - графический web-интерфейс;
  - консольная утилита mdiag;
  - Qt интерфейс qmdiag.

На рис. 1 представлена общая схема работы MonDiag.

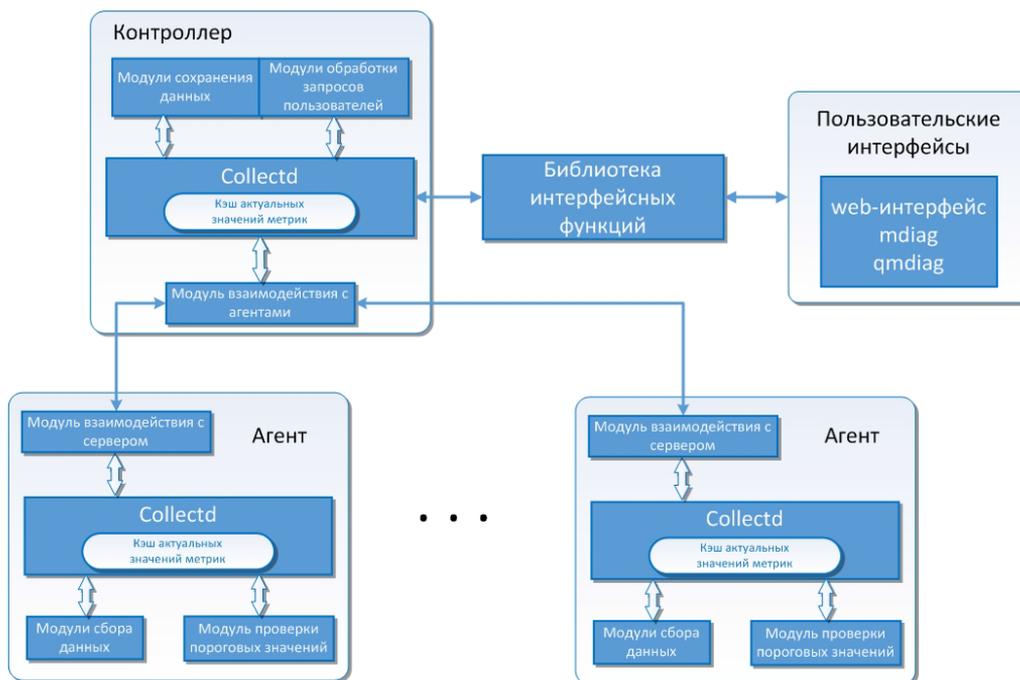


Рис. 1. Схема работы системы мониторинга

Контроллер выполняет периодический опрос узловых агентов для получения текущих метрик. Все инициированные контроллером запросы к агентам рассылаются по иерархической древовидной схеме. Узловые агенты выполняют сбор метрик согласно своей конфигурации, записывая метрики в локальный кэш. В случае отклонения значений от нормы генерируется событие, информация о котором (включая значение метрики) отправляется контроллеру. Если же значение метрики

находится в допустимых пределах, оно просто остается в кэше, и контроллеру ничего не отправляется. Это важная особенность системы MonDiag, поскольку сетевой трафик создается только в случае обнаружения проблемы, что очень актуально при большом числе мониторируемых узлов. Подключая те или иные модули, мы полностью можем изменить логику работы сервиса мониторинга, например, подключая модуль для взаимодействия с агентами, сервис будет выполнять функции контроллера, подключая же модуль взаимодействия с сервером, сервис уже работает как агент. Принцип иерархических коммуникаций представлен на рис. 2.

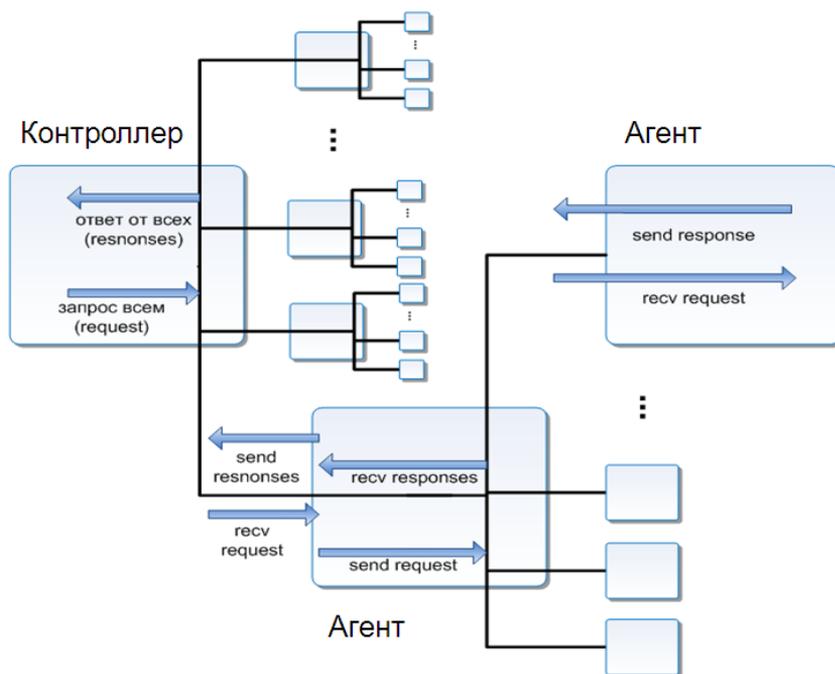


Рис. 2. Иерархические коммуникации

Особенность иерархических коммуникаций состоит в том, что контроллер взаимодействует не со всеми агентами сразу, а только с некоторыми, а те, уже в свою очередь, перенаправляют запрос следующему уровню агентов. Обратные ответы на каждом уровне объединяются и перенаправляются контроллеру.

Настройка системы описывается в конфигурационном файле, формат которого достаточно прост. Он содержит параметры в виде «Ключ Значение» либо вложенные секции, объединяющие параметры одной сущности (например, конкретного плагина).

Одним из важных модулей системы является модуль, который позволяет вести наблюдение за значениями метрик других плагинов. Для метрики какого-либо плагина можно установить максимальное и минимальное пороговое значение, выход за пределы которого приведет к оповещению о проблеме.

Метрика может находиться в состоянии Норма, Предупреждение (это состояние означает, что значение метрики приближается к критической отметке), Ошибка (значение метрики достигло критической отметки или перешагнуло за нее) и Отсутствие данных (данное состояние означает, что метрика не была обновлена при последнем чтении ее значения).

## Пользовательские интерфейсы

Рассмотрим пользовательские интерфейсы системы мониторинга. Для работы в консоли пользователю доступна утилита `mdiag` (рис. 3), при помощи которой можно вывести информацию по состоянию всего поля МВК, данные по конкретному узлу, плагину, метрике и др.

```

[prschulin_ia@ie3001 intel_mkl_smp]# mdiag -a
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789
ne 30 *x..... 30
ie 30 *x..... 30
ne 30 *x..... 30
31 ..... 31
32 ..... 32
33 ..... 33
34 ..... 34
35 ..... 35
36 ..... 36
37 ..... 37
38 ..... 38
39 ..... 39
40 ..... 40
41 ..... 41
42 ..... 42
43 ..... 43
44 ..... 44
45 ..... 45
46 ..... 46
47 ..... 47
ze 61 ..... 61
0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789 0123456789
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
* (Ok) 1717, ? (Warning) 2, x (Critical) 2
[prschulin_ia@ie3001 intel_mkl_smp]#

```

Рис. 3. Консольная утилита mdiag

Помимо консольной утилиты, пользователю доступны графические Qt (рис. 4) и web-интерфейсы (рис. 5).

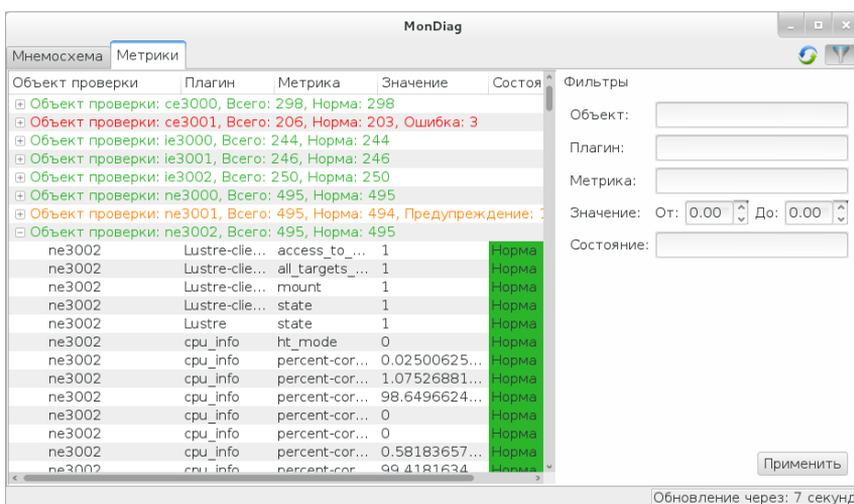


Рис. 4. Графический Qt интерфейс

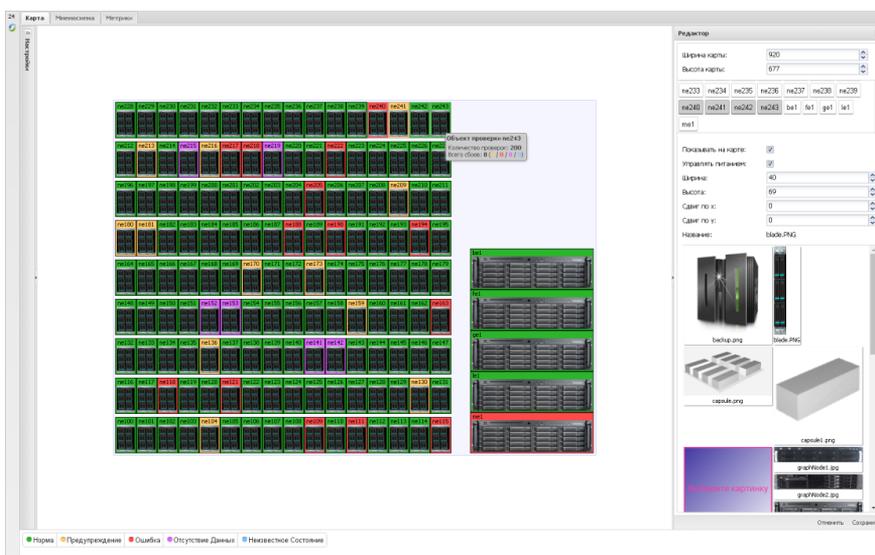


Рис. 5. Графический web-интерфейс

Возможности, которые предоставляют данные интерфейсы:

- удобное представление метрик;
- физическое представление МВК;
- фильтры, позволяющие получить необходимую информацию;
- и др.

Нами была выполнена работа по интеграции системы мониторинга с графической интерактивной средой Cluster Desktop Environment (рис. 6), которая предназначена для управления МВК, посредством web-интерфейса.

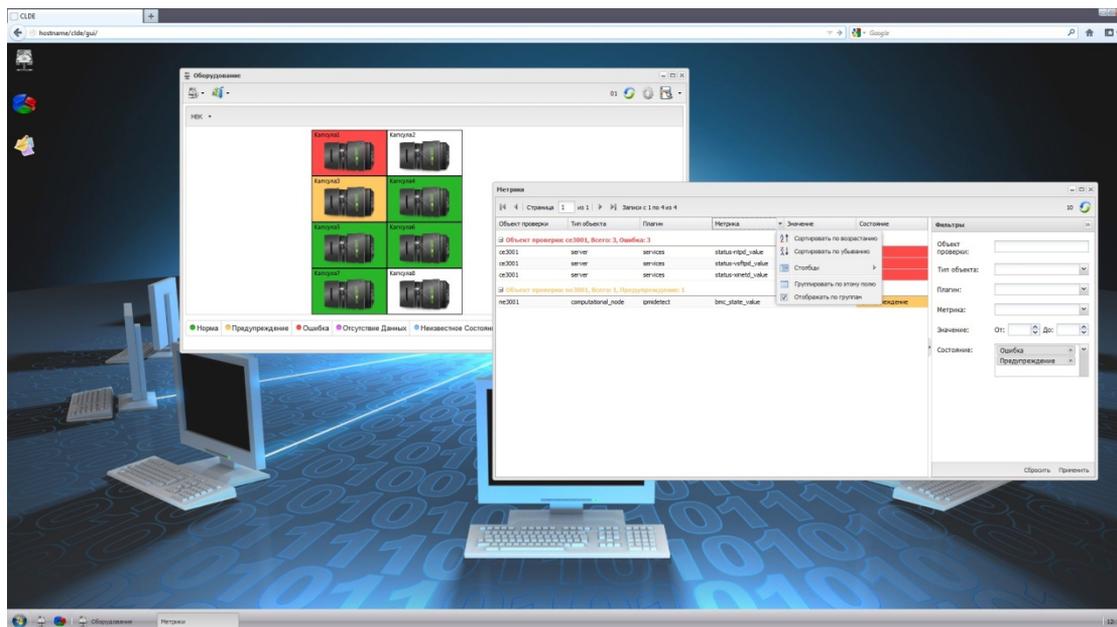


Рис. 6. Графическая интерактивная среда CLDE

### Итоги проделанной работы

Характеристики, разработанной нами системы:

- система может обеспечить проверку до 10 000 серверов/узлов МВК;
- доступно более 80 готовых модулей для выполнения проверок и сбора информационных метрик;
- время сбора порядка 1 000 000 метрик составляет 3,5 секунды; на мониторируемых узлах;
- потребление памяти составляет 18 Мб;
- использовано 3 минуты процессорного времени за 24 часа работы.

Система мониторинга MonDiag на сегодня применяется:

- НВК ИТМФ;
- НЦУО РФ;
- ФГУП ЦНИИмаш;
- ОАО ЦКБ МТ «Рубин»;
- НИТИ;
- Радуга.