

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.624

Бродницкий  
Вячеслав Владимирович

Методы и мобильное программное средство удалённого  
мониторинга JAVAEE серверов

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание академической степени  
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Научный руководитель  
Куликов С.С.  
к.т.н., доцент

Минск 2016

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В рамках задачи повышения эффективности работы программных систем, одним из основных путей выступает анализ производительности и диагностика ошибок выполнения. Вне зависимости от структуры диагностируемой системы, необходимо иметь возможность полноценного анализа не только отдельных её компонентов и микросервисов, но и иметь возможность диагностики всей системы в целом. Для выполнения данной задачи необходимо использование полноценного мониторинга состояния и производительности приложений. Данный подход является критически важным при поддержке работы приложений и чем больше возрастает сложность и масштаб системы, тем большую важность приобретает анализ её работы для сохранения стабильности функционирования и целостности данных.

В высоконагруженных и распределённых системах, которые используют абсолютно все крупные институты и организации, основными задачами выступают контроль за стабильностью функционирования программных средств, эффективностью взаимодействия между различными компонентами системы, а также возможность оперативного вмешательства при выявлении ошибки либо сбоя. На данный момент существует немалое количество средств управления жизненным циклом систем, однако, как правило, они предоставляют контроль лишь за определёнными отдельными компонентами полноценного контроля за жизнедеятельностью программных комплексов, что приводит к фрагментированию данных мониторинга. К тому же крупные организации имеют сложную иерархическую структуру данных, в которой каждое подразделение обладает собственными средствами анализа и мониторинга. Стремительное же развитие мобильных платформ и устройств предоставляет огромное поле для развития систем мониторинга, так как позволяет инженерам получить доступ к системе практически из любой точки мира, что значительно увеличивает скорость реагирования на проблемы и ошибки, возникающие в программном средстве, что в свою очередь заметно уменьшает время простоя.

Диссертационная работа посвящена разработке методов и программного средства удалённого мониторинга javaee сервером в режиме реального времени, на базе универсальной многозадачной ОС Android. Возможность применения мобильной платформы в качестве клиента разрабатываемой системы позволит создать гибкие, универсальные системы, доступные для использования широким кругом специалистов и значительно повысит их скорость реагирования.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Цель и задачи исследования

*Целью* диссертационной работы является разработка методов и программного обеспечения для решения задачи удалённого мониторинга JAVAEE серверов с возможностью анализа показателей в режиме реального времени и хранения данных диагностики с возможностью дальнейшего анализа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить границы применимости мобильной платформы для решения задач удалённого мониторинга серверов в режиме реального времени.
2. Разработать методы и выделить метрики оценки функционирования программных средств под управлением javaee серверов.
3. Разработать архитектуру программной системы удалённого мониторинга с функциями анализа показателей производительности, работающей под управлением мобильной операционной системы.
4. Реализовать ПО для системы удалённого мониторинга программных серверов.
5. Провести экспериментальные исследования разработанной системы.

*Объектом* исследования являются системы обработки и передачи данных в режиме реального времени.

*Предметом* исследования является математическое и программное обеспечение компьютерных систем для решения задач удалённого мониторинга, методы анализа данных в режиме реального времени.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования мобильных аппаратных и программных комплексов для решения задач удалённого мониторинга, обработки и хранения показателей функционирования программных серверов в режиме реального времени. Подробный анализ полученных данных позволит оценить эффективность работы программных систем и оперативно получать информацию о сбоях в режиме реального времени.

### **Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики**

Работа выполнялась в соответствии научно-техническими заданиями и планами работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий»:

1. «Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы» (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

### **Личный вклад соискателя**

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя С. С. Куликова, заключается в формулировке целей и задач исследования.

### **Апробация результатов диссертации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на IX Международной научно–методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (Минск, Беларусь, 2015).

### **Опубликованность результатов диссертации**

По теме диссертации опубликовано 3 печатные работы, из них 1 статья в рецензируемом издании, 2 работы в сборниках трудов и материалов конференций.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные подходы к решению поставленной задачи и оценены существующие проблемы в рамках тематики исследования. Вторая глава посвящена анализу особенностей функционирования системы удалённого мониторинга в рамках мобильного клиента, выявлению подходов к проектированию основных подсистем итогового программного средства. В третьей главе описаны показатели и метрики, полученные в результате удалённого мониторинга серверов, а также представлены дополнительные наборы метрик, применение которых повысит эффективность системы. В четвертой главе предложена практическая реализация ПО для системы удалённого мониторинга javaee серверов в режиме реального времени, представлены результаты экспериментальных исследований и практического применения разработанной системы.

Общий объем работы составляет 78 страниц, из которых основного текста – 56 страницы, 10 рисунков на 9 страницах, 21 таблица на 19 страницах, список использованных источников из 21 наименования на 1 странице и 1 приложения на 16 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначены основные проблемы предметной области и практическая ценность работы.

**В первой главе** проведена оценка методов удалённого мониторинга программных javaee серверов. Рассмотрены стандартные инструменты виртуальной машины, описаны предполагаемые подходы их использования. Выявлены методы мониторинга ресурсов и подсистем, описаны параметры их конфигурирования. Описаны подходы использования удалённого мониторинга с помощью механизма управляемых расширений, произведен обзор интерфейсов доступа к показателям. Выявлены общие проблемы систем удалённого мониторинга, описаны подходы для их обхода. Выполнен анализ применяемых методов, выявлены их достоинства и недостатки.

Базовым способом мониторинга серверов приложений является использование стандартных утилит, предоставляемых в любой сборке jdk. Они предоставляют доступ к средствам сбора статистики работы JVM, отображающее данные производительности приложений или определённых процессов, запущенных на виртуальной машине, информацию о процессах локальной или удалённой виртуальной машины, а также точку доступа для удалённого соединения.

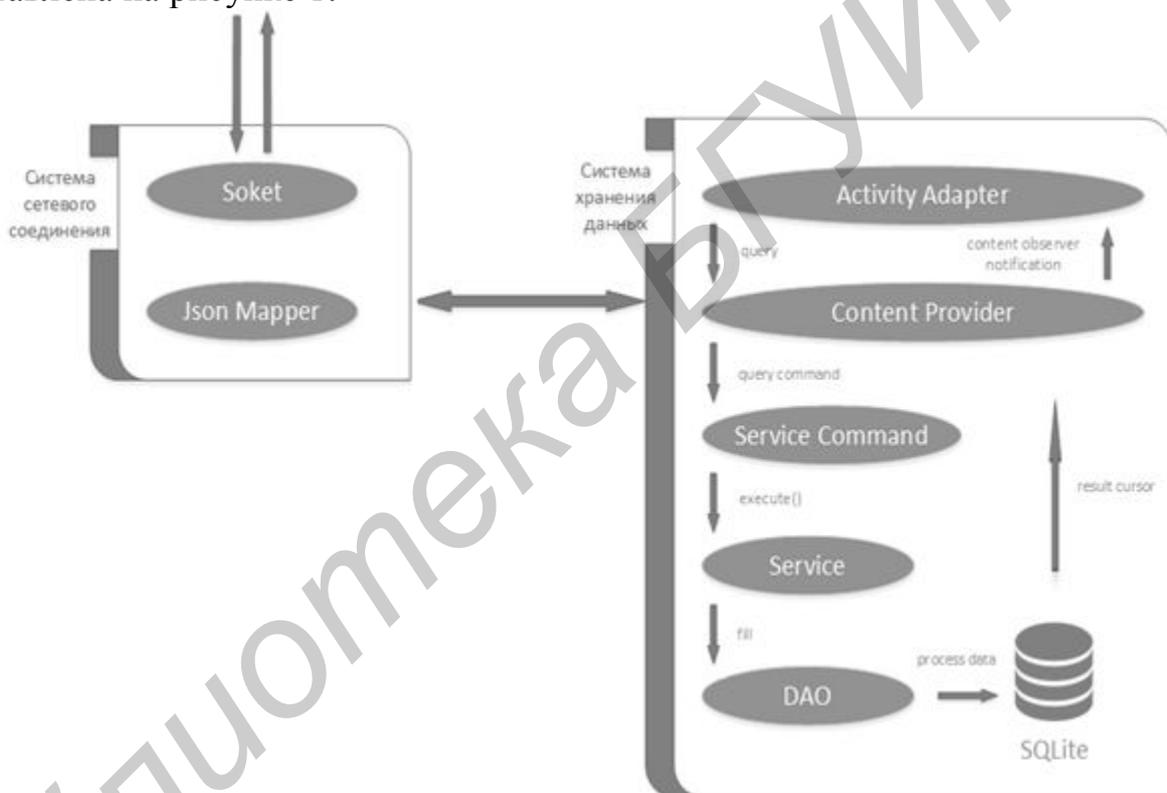
Помимо средств для мониторинга внутренних параметров производительности виртуальной машины, существуют инструменты для мониторинга конкретных систем и ресурсов, таких как память, состояние системы управления потоками, загрузки классов и др. Данные средства могут быть использованы для получения снимка текущего состояния памяти и получения его удобочитаемого представления, либо для анализа потоков, включая как потоки запущенных приложений, так и внутренние потоки JVM, что позволяет выявлять взаимные блокировки.

Ещё одним методом мониторинга показателей удалённого сервера является использование технологии управляемых расширений. Мониторинг показателей работы приложений происходит через интерфейсы управляемых объектов JMX. Анализ метрик происходит путём сбора данных через коллекторы.

**Вторая глава** посвящена анализу особенностей системы удалённого мониторинга javaee серверов для мобильного клиента. Проведён анализ особенностей системы доступа к сетевому взаимодействию. Реализация данной системы для мобильного клиента требует учёта ряда его специфических особенностей, которые могут повлиять на работу системы удалённого мониторинга в режиме реального времени и привести к потере передаваемых данных. Оценены возможные методы соединения мобильного клиента с сервером, выявлены их преимущества и недостатки. После анализа методов доступа к сетевому взаимодействию, оценки всех плюсов и минусов, был сделан вывод, что для реализации данной системы стоит использовать соединение на основе SocketApi, так как помимо высокой скорости передачи и низкой вероятности потери данных, операционная система Android предоставляет широкую поддержку реализации.

Следующим по важности сервисом системы удалённого мониторинга является сервис хранения данных. Так как в проектируемой системе предусматривается не только режим мониторинга реального времени, но и возможность создания сводных отчётов, то следует уделить большое внимание созданию оптимизированной, масштабируемой структуры хранения и чтения данных, которая позволит обрабатывать входящие потоки информации мониторинга. Реали-

зация такой системы для мобильного клиента имеет ряд особенностей, обусловленных специфическими особенностями как самой операционной системы Android, так и аппаратной составляющей мобильных устройств. Поэтому при проектировании были учтены такие особенности как ограниченный объём памяти, хранение на внешнем запоминающем устройстве, использование батареи как источника питания. В рамках анализа особенностей хранения данных мониторинга для мобильного клиента было выявлено, что наилучшим методом хранения данных является использование встроенной базы данных SQLite, так как помимо широкой поддержки со стороны операционной системы, она обладает хорошей оптимизацией и предоставляет лучший баланс между скоростью записи/чтения данных и удобностью их управлением. Схема итоговой реализации представлена на рисунке 1:



**Рисунок 1 – Схема работы системы хранения данных**

Выделены подсистемы отображения данных удалённого мониторинга в режиме реального времени, уведомлений и нотификации, подсистема просмотра отчётов и логов. Описаны основные требования с учётом функционирования в рамках мобильного клиента.

В рамках анализа особенностей системы отображения данных было выявлено, что в подобных системах человеко-компьютерного взаимодействия, удобочитаемость, детализированность и формат представления данных имеют ключевое значение в эффективности выявления причин возникших ошибок. В рамках анализа особенностей системы отображения данных было выявлено, что использование внешней библиотеки является наиболее предпочтительным вариантом проектирования системы динамического отображения данных, так как

специальное средство обладает широкими возможностями управления и конфигурирования, а также разработано для использования на мобильных платформах. Также выдвинуты требования к системам нотификации и просмотра отчетов.

В **третьей главе** предложены метрики оценки функционирования программных серверов. Помимо количественных метрик, основанных на показателях, полученных напрямую, выделены и описаны дополнительные наборы метрик, позволяющих не только оценить стабильность работы, но и в случае возникновения проблем выявить конкретный их источник.

Количество показателей и метрик работы приложения, доступных для мониторинга, зависит от типа анализируемого программного средства, типа его компонентов и использованных сервисов, а также от конкретной реализации виртуальной машины java. Важной задачей является группировка их по критерию описываемой области, что позволит увеличить эффективность их выборки и анализа. Определены основные типы метрик и формулы, по которым будет происходить их вычисление. Интервальная метрика описывается формулой

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i * X_i)}{\sum_{i=1}^n t_i}; \quad (1)$$

где  $X$  – значение метрики,  $i$  – номер конкретного измерения значения.  $X_i$  – значение свойства в момент  $i$ -го измерения,  $t_i$  – длительность  $i$ -го измерения,  $n$  – количество изменений.

Были выделены группы показателей виртуальной машины, загруженности памяти, работы сборщика мусора и базовые показатели операционной системы. В рамках показателей виртуальной машины определены интерфейсы, описываемые своими собственными наборами метрик. Среди них выделяются интерфейсы системы выполнения, системы загрузки классов, системы компиляции, системы логирования и системы управления потоками.

Одной из ключевых групп метрик, которая характеризует функционирование системы, является группа метрик памяти. Эта группа довольно обширна как по количеству предоставляемых характеристик, так и по их структуре. Однако простой анализ количественных метрик не позволит в полной мере оценить эффективность функционирования приложений под управлением сервера, поэтому был выделен дополнительный список метрик, позволяющий не только получить описательную информацию подсистемы памяти, но и локализовать проблемы в случае их возникновения в работе данной подсистемы.

Для контроля над памятью в виртуальной машине присутствует особый поток, который следит за её переполнением и вызывает процесс сборки мусора при необходимости. Работа сборщика мусора виртуальной машины завязана на системе управления создания и освобождения объектов в памяти. Описаны базовые метрики сборщика мусора, такие как показатели памяти его поколений, характеристики перманентной памяти и сборок по поколениям. Однако, как и в

случае общего анализа памяти, для выявления и локализации проблем, связанных с функционированием конкретной системы, список базовых метрик недостаточен. Поэтому был выделен дополнительный набор метрик, включающий в себя коэффициенты выжившей памяти, размера поколений и временных показателей сборки мусора.

Вне зависимости от конкретной виртуальной машины, Java-приложения являются процессами и выполняются на операционной системе и поэтому мониторинг любого приложения не будет полным без диагностики связки программной и аппаратной части среды выполнения. Описаны показатели и метрики функционирования процессора, сети, памяти операционной системы и процессов.

В четвертой главе рассмотрена практическая реализация ПО для удалённого мониторинга javaee серверов в режиме реального времени, представлены результаты экспериментального исследования разработанной системы. Система построена по модульно-функциональному принципу, когда основные функциональные действия реализуются отдельными классами. Реализуемая система состоит из двух частей: серверной и клиентской. Серверная часть отвечает за реализацию JMX соединения с диагностируемым сервером приложений, формирование и отправку запросов, чтение полученных данных и представление их в json формате для последующего чтения клиентской частью. Основной задачей серверной части является обеспечение стабильного соединения с удалённым сервером приложений, что обеспечивается правильным выбором протокола и технологии соединения. Режимы мониторинга удалённого сервера сгруппированы по типам анализируемых метрик, описанных в главе 3.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Предложена архитектура программной системы для решения задачи удалённого мониторинга, обеспечивающая непрерывную работу в режиме реального времени, отображение полученной информации в удобочитаемом формате и создание сводных отчётов. Функционирование системы подразумевается на мобильных платформах под управлением ОС Android. Функционирование системы в режиме реального времени обеспечивается реализацией постоянного и стабильного соединения с анализируемым сервером посредством технологий JRC. Хранение данных и создание сводных отчётов обеспечивается использованием встроенной базы данных.

2. Предложены наборы метрик, позволяющие оценить эффективность функционирования программных средств под управлением javaee серверов, выявить возникающие проблемы и ошибки, а также локализовать их на уровне конкретной подсистемы. Предложены способы группировки метрик по уровню интерфейсов конкретной подсистемы, что позволяет увеличить степень восприятия информации и повысить скорость реагирования.

3. Предложен метод хранения данных удалённого мониторинга с использованием встроенного хранилища в рамках мобильной платформы Android. Данный способ значительно повысил скорость работы как в режиме реального времени, так и предоставил возможность оперативного создания сводных отчётов для последующего анализа.

4. Разработано программное обеспечение удалённого мониторинга серверов для оценки эффективности функционирования программных средств под их управлением. Результаты экспериментальных исследований показали эффективность использования итогового программного средства, благодаря высокой скорости работы и реализации интерфейса с учётом особенностей мобильной платформы.

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки ПО компьютерных систем для решения задач удалённого мониторинга серверов, функционирующих в режиме реального времени. Они могут быть использованы для модернизации и дальнейшего развития существующих систем.

2. Разработанные методы мониторинга и выделенные группы метрик могут использоваться в полноценных системах управления производительностью приложений, включающих в себя также системы анализа архитектуры приложений и автоматического реагирования на возникшие проблемы.

3. Результаты работы могут использоваться при подготовке персонала для разработки и обслуживания компьютерных систем, решающих задачи обеспечения поддержки и стабильности работы программных систем на серверах предприятий.

### **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1-А. Бродницкий, В.В. Мониторинг ресурсов приложений JVM / В.В. Бродницкий // Новый Университет. Технические науки: ISSN 2221-9552 – 2015. – №7-8 – С. 35-38.

2-А. Бродницкий, В.В. Удалённый мониторинг как средство дистанционного контроля практической деятельности студентов // В.В. Бродницкий, С.С. Куликов // Дистанционное обучение – образовательная среда XII века: материалы IX междунар. науч.-метод. конф. БГУИР, Минск, 3-4 дек. 2015. – Минск, 2015. – С. 151.

3-А. Бродницкий В.В. Метрики оценки функционирования приложений под управлением Java EE серверов // В.В. Бродницкий, С.С. Куликов (науч. рук.) // 52-я научная конференция аспирантов, магистрантов, студентов: материалы 52-й науч. конф. БГУИР, Минск, 26-28 апр. 2016. – Минск, 2016. – С. 50-51.