

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики» (Университет ИТМО)

Проектор по научной работе

ДОКТОР
Н

Кронверкский проспект, д. 49, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация, 197101
тел.: (812) 232-97-04 | факс: (812) 232-23-07
od@mail.ifmo.ru | www.ifmo.ru

« 17 »

17.08.2018 № 4-25/1279

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного
образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский
национальный исследовательский университет информационных
технологий, механики и оптики» на диссертацию Пилипенко Артура
Витальевича «Разработка и реализация механизмов сокращения размера
Java-приложений для встраиваемых систем в закрытой модели»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Актуальность темы диссертационной работы

В последние годы наблюдается массовое применение встраиваемых устройств в различных прикладных областях. К ним можно отнести системы измерения и мониторинга, промышленное оборудование, устройства телемедицины. Разработка программного обеспечения для встраиваемых устройств является актуальной и непростой задачей. Вычислительная мощность, объем оперативной и энергонезависимой памяти подобных устройств на порядки меньше, чем у персональных компьютеров и серверов. Ограниченность в ресурсах вынуждает использовать низкоуровневые языки программирования, например *C* или *C++*. Недостатками таких языков является сложность разработки, что негативно сказывается на сроках и стоимости разработки программного обеспечения. Применение более высокоуровневых языков программирования, таких как, например, *Java*, позволяет сократить стоимость разработки и повысить качество программного обеспечения. Однако высокоуровневые языки программирования предъявляют более высокие требования к аппаратной платформе. Применение языка *Java* для ограниченных в ресурсах устройств требует специальных оптимизаций *Java*-платформы для сокращения аппаратных требований.

Диссертационная работа Пилипенко Артура Витальевича посвящена решению актуальной научной задачи – сокращению аппаратных требований *Java*-платформы для встраиваемых устройств при исполнении заданного набора приложений в закрытой модели. Данная задача решается путем специализации *Java*-платформы для заданного набора приложений. Рассматриваемые механизмы специализации включают в себя снижение избыточности посредством удаления неиспользуемых методов, полей и классов.

Соответствие темы диссертации научной специальности

Тема и содержание диссертации Пилипенко А. В. соответствует паспорту специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей» по пунктам:

1. «Модели, методы и алгоритмы проектирования и анализа программ и программных систем, их эквивалентных преобразований, верификации и тестирования»;
2. «Языки программирования и системы программирования, семантика программ».

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации

Научная новизна исследования состоит в разработке новых алгоритмов снижения избыточности и новом применении существующих подходов к сжатию *Java*-байт кода.

1. В работе обозначена проблема взаимной зависимости между ранней инициализацией классов и анализом достижимости методов в *Java*. Для устранения этой зависимости разработан алгоритм анализа достижимости методов, осуществляющий выборочную инициализацию классов программы. Этот алгоритм не инициализирует классы, которые не используются в процессе работы приложения. В работе экспериментально показано, что по сравнению с существующими решениями данный подход позволяет получить более компактное представление программы.
2. Сформулирован критерий удалимости ссылочных полей в *Java*, позволяющий устранить инициализируемые, но неиспользуемые поля, не нарушая при этом семантику финализации объектов. Существовавшие ранее решения либо не позволяли удалять такие поля, либо нарушали поведение программы. Эффективность предложенного критерия в сравнении с существующими критериями продемонстрирована экспериментальным путем.
3. Предложен метод анализа межязыковых зависимостей между кодом на языках *Java* и *C++* для алгоритмов снижения избыточности. Ранее такие зависимости требовалось описывать вручную, что было чревато ошибками.
4. Разработан алгоритм сжатия *Java* байт-кода с помощью специализации набора инструкций. В данном алгоритме впервые для *Java* байт-кода

- свертка и укорачивание аргументов используется совместно с заменой последовательностей инструкций на специализированные инструкции. Экспериментальным путем показано, что совместное применение данных трансформаций существенно увеличивает эффективность сжатия.
5. Впервые применено упрощение исходного набора инструкций *Java* байт-кода перед специализацией этого набора инструкций. Получены экспериментальные результаты, подтверждающие эффективность такого преобразования для *Java* байт-кода.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность результатов диссертации обеспечивается посредством анализа опубликованных исследований в данной области, корректного применения математических методов, подтверждается экспериментальной оценкой полученных результатов, их согласованностью, обсуждением основных результатов на российских и международных научных конференциях, успешными внедрением в практику проектирования *Java*-платформы, а также публикацией итогов исследования в ведущих рецензируемых изданиях.

Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации

Основными научными результатами автора является расширение области применения существующих алгоритмов снижения избыточности для анализа инициализированного состояния программы, уточнение критериев удалимости полей в программах на языке *Java*, а также новое применение существующих подходов для сжатия *Java* байт-кода путем специализации набора инструкций. Полученные научные результаты вносят вклад в развитие современных методов реализации *Java*-платформы для ограниченных в ресурсах устройств.

Результаты, полученные в работе, можно рекомендовать к практическому использованию при реализации *Java*-платформы для систем, ограниченных в ресурсах. В тех случаях, когда реализация виртуальной машины *Java* использует отдельную инициализацию, предложенные алгоритмы позволят реализовать эффективное снижение избыточности в закрытой модели. Предложенный алгоритм сжатия *Java* байт-кода рекомендуется использовать в тех случаях, когда целевое устройство не обладает ресурсами для распаковки исполняемого кода.

Совместное применение предложенных алгоритмов позволяет в автоматическом режиме эффективно специализировать реализацию *Java*-платформы для заданного набора приложений в закрытой модели. Аппаратные требования специализированной версии платформы оказываются существенно ниже, чем аппаратные требования неспециализированной версии. Это позволяет применять язык *Java* для разработки программного обеспечения для более ограниченных в ресурсах устройств.

Результаты диссертационного исследования получили практическую реализацию в продукте *Oracle Java ME Embedded*. Результаты исследования также были внедрены в практику научно-исследовательского центра информационных технологий СПбГУ. Внедрения подтверждаются соответствующими актами.

Сказанное свидетельствует о важности расширения сферы проводимых исследований и их практических приложений, что позволяет рекомендовать их продолжение и применение результатов, например, в таких организациях как СПИИРАН, СПбГУ, Университете ИТМО, Институте системного программирования.

Общая оценка диссертационной работы

Представленная диссертация выполнена с соблюдением основных рекомендаций, установленных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ. Стиль изложения соответствует требованиям к научным работам. Ссылки на библиографические источники, включая собственные публикации автора, оформлены в соответствии с требованиями стандарта, а библиографический список достаточно полно характеризует выбранное автором научное направление.

Содержание диссертационной работы в полной мере отражено в автореферате. Основные результаты работы опубликованы в семи печатных работах. Имеются три публикации в изданиях, содержащихся в «Перечне рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук». Результаты исследования были также представлены на конференциях различного уровня, о чем свидетельствуют полнотекстовые доклады, опубликованные в трудах научных конференций, а также тезисы докладов.

По представленному библиографическому списку и прилагаемому перечню собственных публикаций автора можно сделать вывод о том, что основные положения диссертации достаточно полно изложены в печати и апробированы на конференциях.

В то же время следует указать ряд замечаний к тексту диссертационной работы.

1. В разделе 4.5 «Экспериментальная оценка алгоритма сжатия» в качестве характеристики эффективности алгоритмов сжатия используется относительное уменьшение размера программы, называемое степенью сжатия. При сравнении различных алгоритмов сжатия указывается относительное изменение степени сжатия. Более естественным было бы измерять размер бинарного кода приложения при использовании различных алгоритмов сжатия и при сравнении указывать относительное изменение размера приложения аналогично тому, как это сделано для алгоритмов понижения избыточности.
2. В приложении автор приводит формальное описание алгоритмов, предложенных в работе. Однако в приложении отсутствует формальное

- описание алгоритма межпроцедурного анализа указателей, используемого при анализе удалимости полей. В основном тексте диссертации в разделе 2.8 «Межпроцедурный анализ указателей» приводится нестрогое описание алгоритма, которого недостаточно для воспроизведения точного алгоритма.
3. Экспериментальная оценка предложенных алгоритмов фокусируется на измерении размера приложения. Предложенные алгоритмы могут оказывать влияние на другие характеристики приложения. Так, например, сжатие байт-кода может оказывать негативное влияние на скорость исполнения программы, удаление неиспользуемых полей может сокращать динамическое потребление памяти. Данные побочные эффекты не обсуждаются при экспериментальной оценке алгоритмов.
 4. Формальное описание алгоритма анализа удалимости полей в Приложение А не соответствует текстовому описанию этого алгоритма из раздела 2.6 «Анализ удалимости полей». В функции *find_unremovable_fields* при вычислении множества полей, доступ к которым может привести к инициализации класса, пропущена проверка на то, что класс, в котором объявлен метод, не является подклассом класса, объявившего поле. Такая проверка содержится в текстовом описании алгоритма.
 5. В разделе 4.1 «Реализация предложенных алгоритмов» утверждается, что инструмент *romizer* реализует только подмножество предложенных трансформаций для сжатия *Java* байт-кода. Автор отмечает, что полностью предложенные трансформации были реализованы в виде отдельного инструмента. В работе не обсуждается возможно ли использование этого инструмента совместно с инструментом *romizer*. Отдельная реализация алгоритмов понижения избыточности и сжатия байт-кода не позволяет оценить эффективность предложенных оптимизаций в совокупности.

Отмеченные замечания носят частный характер и не снижают ценности полученных автором научных результатов.

Заключение

Диссертационная работа Пилипенко Артура Витальевича является самостоятельной научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, и раскрывает сформулированную автором цель исследования. В диссертации автором решена актуальная научная задача по сокращению аппаратных требований *Java*-платформы для встраиваемых устройств при выполнении заданного набора приложений в закрытой модели. Полученные результаты имеют высокую значимость для решения как теоретических задач понижения избыточности при использовании отдельной инициализации, специализации набора инструкций, словарного сжатия, так и практических задач сокращения размера *Java*-приложений в закрытой модели. Результаты, полученные автором, достоверны, подтверждены экспериментально, на должном уровне прошли апробацию и внедрены в практику.

На основании изложенного можно сделать вывод, что диссертация «Разработка и реализация механизмов сокращения размера *Java*-приложений для встраиваемых систем в закрытой модели» соответствует всем критериям,

предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 (редакция от 28 августа 2017), а ее автор Артур Витальевич Пилипенко заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Отзыв обсужден и утвержден на заседании семинара кафедры «Компьютерные технологии» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», протокол № 6 от 17 августа 2018 года. На заседании семинара присутствовало восемь человек.

Заведующий кафедрой «Технологии программирования»,
доктор технических наук, профессор

Шальто А. А.

Доцент кафедры «Компьютерные технологии», кандидат технических наук

Корнеев Г. А.

Сведения о составителях отзыва:

ФИО: Шальто Анатолий Абрамович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

Шальто

Почтовый адрес: 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Телефон: +7 (812) 232-97-04

Эл. почта: shalyto@mail.ifmo.ru

ФИО: Корнеев Георгий Александрович

Ученая степень: кандидат технических наук

Должность: доцент

Место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»

Почтовый адрес: 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49

Телефон: +7 (812) 232-97-04

Эл. почта: kgeorgiy@kgeorgiy.info