

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

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»

На отзыв представлена диссертация, выполненная на кафедре информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». Работа изложена на 150 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 111 наименований, двух приложений. Иллюстративный материал состоит из 20 рисунков и 16 таблиц. Автореферат диссертационной работы представлен на 18 страницах.

#### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Сложность разработки программного обеспечения для встраиваемых устройств зачастую определяется аппаратными ограничениями целевых устройств. Невысокая вычислительная мощность, малый объем памяти и ограничения по энергопотреблению вынуждают использовать низкоуровневые языки программирования. Такие языки позволяют эффективно использовать ограниченные возможности целевых устройств. Недостатком таких языков является высокая сложность разработки. В то же время современные высокоуровневые языки программирования, такие как Java, существенно упрощают процесс разработки за счет высокоуровневых абстракций, большого количества библиотек и повторного использования кода, но предъявляют более высокие требования к аппаратной платформе. Такие требования часто делают эти языки неприменимыми для разработки программного обеспечения для ограниченных в ресурсах встраиваемых устройств.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи сокращения аппаратных требований Java-платформы для встраиваемых устройств. Для сокращения аппаратных требований выбрана закрытая модель, в которой набор приложений, исполняемых на устройстве, заранее зафиксирован. В закрытой модели реализация платформы может быть специализирована для заданного набора приложений, что позволяет значительно сократить аппаратные требования платформы при исполнении данного набора приложений. Решение данной задачи позволяет использовать язык Java для разработки программного

обеспечения для более ограниченных в ресурсах встраиваемых устройств. Использование языка Java позволяет сократить время и стоимость разработки.

## **2. Научная новизна диссертационной работы**

В ходе решения актуальной научной задачи автором получены следующие новые научные результаты.

1. Разработан алгоритм анализа достижимости методов для Java, осуществляющий выборочную инициализацию используемых классов. Ранее инициализация классов и анализ достижимости методов осуществлялись отдельно, что приводило к неоптимальным решениям.
2. Разработан алгоритм удаления неиспользуемых полей для Java, позволяющий удалять инициализируемые, но неиспользуемые поля, не нарушая поведения программы. Существующие ранее алгоритмы не учитывали, что удаление таких полей может приводить к нарушению достижимости и преждевременной финализации объектов.
3. Разработан способ автоматического анализа межъязыковых зависимостей между кодом на языках Java и C++. Ранее алгоритмы понижения избыточности требовали ручного описания таких зависимостей.
4. Разработан алгоритм специализации набора инструкций Java байт-кода, сокращающий суммарный размер кода программы и интерпретатора, необходимого для его выполнения. Данный алгоритм использует свертку и укорачивание аргументов совместно со сворачиванием последовательностей инструкций. Совместное применение данных трансформаций обеспечивает большее сокращение размера. Ранее данные трансформации не применялись совместно для Java байт-кода.
5. Впервые экспериментальным путем показана эффективность упрощения исходного набора инструкций Java байт-кода перед специализацией набора инструкций.

## **3. Теоретическое и практическое значение положений и выводов диссертационной работы**

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в создании новых алгоритмов понижения избыточности, применимых при использовании отдельной инициализации, уточнении критериев удалимости неиспользуемых полей в языке Java, новом применении существующих трансформаций для сжатия Java байт-кода путем специализации набора инструкций.

Практическая ценность выполненной работы заключается в расширении области применения языка Java за счет сокращения аппаратных требований,



предъявляемых Java-платформой в закрытой модели. На основе предложенных методов и алгоритмов автором был реализован инструмент автоматической специализации Java-платформы. Данный инструмент позволяет получить компактный исполняемый образ для заданного набора приложений. Такой образ содержит сами приложения и специализированную версию платформы, необходимую для их выполнения. Размер образа при этом оказывается значительно меньше размера полнофункциональной версии Java-платформы. Такой образ может быть установлен и исполнен на таком устройстве, где исполнение полнофункциональной версии Java-платформы невозможно.

Таким образом, результаты, полученные в работе, позволяют расширить область применения языка Java. Применение языка Java для программирования ограниченных в ресурсах встраиваемых устройств позволяет снизить трудозатраты, сократить время и стоимость разработки.

Реализованный инструмент специализации Java-платформы был внедрен в практику в продукте Oracle Java ME Embedded.

#### **4. Обоснованность и достоверность основных положений и выводов**

Результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, основаны на признанных научным сообществом теоретических методах и алгоритмах анализа программного кода. Достоверность подтверждается публикацией основных результатов в ведущих рецензируемых изданиях, апробацией на научных конференциях и семинарах, а также успешным внедрением результатов в широко используемом коммерческом продукте.

#### **5. Публикация результатов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы представлены в 7 научных работах, 3 из которых изданы в журналах, содержащихся в «Перечне рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук». Публикации в полной мере отражают основное содержание диссертационной работы.

#### **6. Замечания по диссертационной работе**

При анализе диссертационной работы были выявлены следующие недостатки:

1. В работе утверждается, что реализация Java-платформы, для которой реализованы предложенные алгоритмы, содержит большое количество native-кода. При этом эксперименты по оценке эффективности предложенных алгоритмов фокусируются только на размере Java

составляющей итогового исполняемого файла. Так как неизвестно, какую часть от итогового размера приложения составляет native-часть, не представляется возможным оценить влияние предложенных оптимизаций на итоговый размер исполняемого файла.

2. В работе не обсуждается алгоритмическая сложность предлагаемых алгоритмов. В описании экспериментов не приводится время работы алгоритмов. Таким образом, невозможно оценить то, как предложенные алгоритмы масштабируются на большие приложения.
3. В описании программной реализации предложенных алгоритмов понижения избыточности отсутствует описание того, как представленная реализация обрабатывает зависимости кода, использующего рефлексии и динамическую генерацию классов.

## **7. Общая характеристика работы**

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационную работу можно квалифицировать как завершенное научное исследование, решающее актуальную задачу сокращения аппаратных требований Java-платформы для встраиваемых устройств. Основные положения и выводы работы научно обоснованы и аргументированы, обладают научной новизной и практической ценностью. Результаты диссертации опубликованы в открытой печати: в статьях в изданиях, включенных в список ВАК, в трудах ряда российских и международных конференций.

Тексты диссертации и автореферата написаны в научном стиле и надлежащим образом оформлены. Автореферат диссертации в полной мере раскрывает содержание представленной работы.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.13.11 — «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей». В частности, работа соответствует 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».

## **8. Заключение**

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 «Положением 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».

Официальный оппонент –  
член-корреспондент РАН,  
доктор физико-математических  
профессор

И. Аветисян

«13» сентября 2018 года

**Сведения об оппоненте:**

Аветисян Арутюн Ишханович  
член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор  
Место работы: Федеральное государственное учреждение науки  
Институт системного программирования им. В.П. Иванникова Российской  
академии наук  
Должность: директор  
Почтовый адрес: 109004, г. Москва, ул. А. Солженицына, дом 25  
Телефон: +7(495) 912-46-14  
Эл. почта: [arut@ispras.ru](mailto:arut@ispras.ru)