

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертационную работу Батузова Кирилла Андреевича
“Исследование и разработка методов оптимизации программ для систем
динамической двоичной трансляции”,
представленной к защите на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 05.13.11 -
“Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов и компьютерных сетей”

Диссертационная работа К.А. Батузова посвящена исследованию и разработке методов оптимизации выполнения программ, получаемых в результате динамической двоичной трансляции. Метод динамической двоичной трансляции в настоящее время используется для построения эффективных программных эмуляторов с широким спектром ИТ приложений, от использования и анализа ПО с закрытым кодом на «неродной» процессорной архитектуре до разработки новых прикладных программных продуктов для новых процессорных архитектур, в том числе еще не доведенных до рыночного статуса. Будем далее говорить о таком ПО, как о ПО «верхнего» уровня. Одним из основных ограничений метода динамической двоичной трансляции является (практически полная) невозможность использования инструментария оптимизации выполнения «верхнего» ПО на «родной» процессорной архитектуре, который, как правило, имеется на рынке в широком ассортименте. Отсюда следует актуальность диссертационного исследования К.А. Батузова – на сегодня в открытой литературе нет развитых методов оптимизации самого процесса двоичной трансляции, включая вопросы кэширования оттранслированного кода и обработки событий. Необходимо подчеркнуть, что при решении поставленной в диссертации проблемы невозможно использовать в разрабатываемых оптимизационных алгоритмах какие-либо достижения по оптимизации компиляторов на «родных» процессорах или учитывать особенности «верхних» программ в целом. Полученные в диссертации результаты относятся к оптимизации на локальных фрагментах двоичных кодов. Они обладают научной новизной и имеют понятные прикладные перспективы: 1) разработан метод решения задачи анализа потока данных для ациклических графов потока управления для применения во время динамической двоичной трансляции, 2) разработаны однопроходный и локального и комбинированного (глобального и локального) распределения регистров во

время динамической двоичной трансляции, 3) разработан метод динамической двоичной трансляции векторных инструкций одной процессорной архитектуры в векторные инструкции другой процессорной архитектуры. Другой элемент новизны полученных в диссертации К.А. Батузова результатов связан тем, что при динамической двоичной трансляции оптимизация кода должна производиться во время его работы. Поэтому очень важно учитывать временные затраты на такую оптимизацию. Важно отметить, что научная обоснованность результатов, полученных в диссертационной работе К.А. Батузова, определяется строгим доказательством теорем о корректности разработанных методов и экспериментальными результатами применения этих методов на примере эмулятора с открытым кодом QEMU.

Диссертационная работа К.А. Батузова состоит из 105 страниц, она включает Введение, 5 Глав, Заключение и список литературы (60 источников). В диссертации 3 рисунка, 7 таблиц, также представлены 8 алгоритмов (пронумерованных) и 7 листингов (фрагментов программных кодов).

Во Введении обосновывается актуальность работы, формулируются цели и задачи диссертационной работы.

В Первой главе описывается процесс динамической двоичной трансляции и алгоритмы оптимизации программ. Отмечены достоинства и недостатки различных алгоритмов оптимизации программ, рассмотрен вопрос их применимости во время динамической двоичной трансляции.

Во Второй главе представлены алгоритмы машинно-независимых оптимизаций, применимые во время динамической двоичной трансляции. Эти алгоритмы строятся с использованием разработанного алгоритма решения задачи анализа потока данных, который использует ацикличность графа потока управления, получаемого во время динамической двоичной трансляции – этот алгоритм работает за один просмотр кода. Доказывается теорема, на основании которой можно оценивать скорость работы метода.

В Третьей главе описывается алгоритм локального распределения регистров для применения во время динамической двоичной трансляции. Этот алгоритм сочетает в себе черты эвристического алгоритма “первый дальний” (“furthest first”) и учет особенностей кода, получаемого при динамической двоичной трансляции, таких как архитектурные особенности, связанные с организацией вызовов функций.

В Четвертой главе представлен алгоритм глобального распределения регистров для применения во время динамической двоичной трансляции. Этот алгоритм выбирает, какие переменные должны находиться на каких регистрах на границах базовых блоков, а затем производится локальное распределение регистров внутри базовых блоков. Для корректности полученного распределения необходимо, чтобы условия на некоторых границах разных блоков совпадали. Такие множества границ блоков были названы точками синхронизации. В работе приводится эффективный алгоритм построения точек синхронизации и доказываются теоремы о корректности и эффективности разработанного метода.

В Пятой главе представлен метод трансляции векторных инструкций одной процессорной архитектуры в векторные инструкции другой процессорной архитектуры. Отметим, что наборы векторных инструкций в разных архитектурах могут существенно различаться. В диссертации предлагается универсальный подход, когда часть инструкций транслируется в векторные, а остальные эмулируются с помощью скалярных операций. Для корректности подхода необходимо отслеживать перекрытие переменных и обращений к памяти по указателю, а также переменных между собой. Как показано в этой главе, эффективно отслеживать такие пересечения можно благодаря тому, что обращения к памяти, получаемые при динамической двоичной трансляции, имеют вполне конкретный вид, а не являются произвольными обращениями по указателю.

В Заключение приведены основные результаты проведенных исследований и разработок.

Результаты, выносимые диссертантом на защиту, опубликованы в 4 печатных работах в журналах, рекомендованных ВАК, один из которых индексируется Scopus. Кроме того, результаты докладывались на 5 конференциях.

Диссертация К.А. Батузова выполнена на высоком научно-техническом уровне. Тем не менее можно отметить следующие замечания. Производительность эмуляторов имеет большое значение для практических применений, поэтому было бы интересно рассмотреть вопрос применения многоуровневой трансляции с профилированием, а не ограничиваться только одним уровнем оптимизации. Такой подход хорошо зарекомендовал себя в различных ЛТ-компиляторах. Кроме того, отметим, что в Главе 2 не указана

конкретная версия эмулятора QEMU, которая использовалась в экспериментах. Эти замечания, однако, не снижают качества проведенного К.А. Батузовым диссертационного исследования и не изменяют общую его положительную оценку.

В заключение отметим, что представленная диссертация К.А. Батузова представляет собой завершённое исследование, проведенное на высоком научно-техническом уровне. Автореферат диссертации в целом правильно и полно отражает ее содержание.

Приходим к выводу, что диссертационная работа Батузова Кирилла Андреевича по теме “Исследование и разработка методов оптимизации программ для систем динамической двоичной трансляции”, представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 - “Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей”, соответствует положению ВАК о присуждении ученых степеней, утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а ее автор, Батузов Кирилл Андреевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
начальник Отдела информационных технологий
и математического моделирования
Курчатовского комплекса НБИКСП-технологий
НИЦ «Курчатовский институт»
123182 Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1
тел. +7 915 016-00-48
e-mail: ilyin0048@gmail.com

В.А. Ильин

— 02.05.2018

Подпись сотрудника НИЦ «Курчатовский институт» В.А. Ильина заверяю
Главный ученый секретарь
НИЦ «Курчат
к.ф.м.н.

С.Ю. Стремоухов