



ИТМиВТ

Акционерное общество
«Институт точной механики и
вычислительной техники
имени С.А. Лебедева
Российской академии наук»
(АО «ИТМиВТ»)

ПРЕДСЕДАЮ»

Главный директор
Профессор

А.В.Князев

Ленинский просп., 51, Москва, ГСП-1, 119991
Тел.: +7(495) 649-12-70 Факс: +7 (495) 649-12-75
E-mail: info@ipmce.ru , <http://www.ipmce.ru>
ОКПО 07516860, ОГРН 1097746419979,
ИНН/КПП 7736605544/773601001

26.03.2018 № НЦ/01-210

На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о научно-практической ценности диссертации Гимпельсона Вадима Дмитриевича на тему «СОКРАЩЕНИЕ ДЛИНЫ КРИТИЧЕСКИХ ПУТЕЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ТРАНСЛЯЦИИ ДВОИЧНЫХ КОДОВ» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности:

05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Диссертационная работа Гимпельсона В.Д. посвящена разработке алгоритмов и методов ускорения результирующего кода в двоичном оптимизирующем трансляторе за счёт сокращения длины критических путей в циклических и ациклических областях для архитектур с явно выраженной параллельностью на уровне команд.

Актуальность темы диссертации.

Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения эффективной совместимости новой микропроцессорной архитектуры с существующим программным обеспечением. Одним из главных способов повышения производительности микропроцессора является извлечение параллелизма на уровне отдельных операций аппаратными и аппаратно-программными методами. В архитектурах с явно выраженной параллельностью на уровне команд (EPIC) основная работа по распараллеливанию кода выполняется на программном уровне, компилятором. Эффективным способом обеспечения совместимости для новой микропроцессорной архитектуры является технология двоичной трансляции. Таким образом, для обеспечения эффективной

совместимости, двоичный транслятор для EPC архитектуры должен производить различные оптимизации для повышения производительности кода. Существующие алгоритмы оптимизации, применяемые в компиляторах с языков высокого уровня, не всегда могут быть использованы в двоичном трансляторе, так как двоичный транслятор является динамическим, и ограничения на скорость работы алгоритмов оптимизации более жёсткие, чем в компиляторах с языков высокого уровня.

Таким образом, тема диссертационной работы Гимпельсона В.Д., посвящённая созданию быстрых алгоритмов оптимизаций путём сокращения длины критических путей в EPC архитектурах для двоичных трансляторов, является актуальной.

Научная новизна диссертации.

В ходе диссертационной работы разработан эффективный по качеству результирующего кода и быстрый по времени работы алгоритм сокращения длины критического пути в ациклических областях для динамического двоичного транслятора. Кроме того автором предложена схема взаимодействия алгоритма сокращения длины критического пути в ациклических областях с другими оптимизирующими преобразованиями с преодолением ситуации, когда оптимизации являются взаимозависимыми. Предложенная схема имеет большую практическую значимость, так как ситуация «замкнутого круга», когда одна оптимизация зависит от результатов другой оптимизации, которая в свою очередь зависит от результатов первой оптимизации, нередко встречается на практике.

Также в ходе диссертационной работы разработан алгоритм разметки времён раннего и позднего планирования на расширенном графе зависимостей и на основе него разработан алгоритм конвейеризации циклов. Новый алгоритм основан на идее на каждом шаге переносить через начало цикла несколько операций, при этом принятие решения о том, какие операции переносить, основывается на разметке времён раннего и позднего планирования на расширенном графе зависимостей. При таком подходе алгоритм переносит только те операции, которые нужно переносить, что повышает качество результирующего кода. Кроме того, в силу построения, каждый шаг алгоритма независим, что даёт возможность проводить дополнительные оптимизирующие преобразования между отдельными шагами. Это позволяет интегрировать в алгоритм конвейеризации техники разрыва зависимостей, что повышает качество результирующего кода.

Автором сформулированы и доказаны теоремы, показывающие корректность и оптимальность предложенных алгоритмов, а также произведена оценка сложности этих алгоритмов.

Научная и практическая значимость диссертации.

Научная значимость диссертационной работы заключается в разработке алгоритма сокращения длины критического пути в ациклических областях, алгоритма разметки времён на расширенном графе зависимостей и алгоритма конвейеризации циклов. Все эти алгоритмы решают вопросы увеличения скорости работы результирующего кода с помощью сокращения длины критических путей в динамическом двоичном оптимизирующем трансляторе для микропроцессоров, основанных на архитектуре с явно выраженной параллельностью на уровне команд.

Также в работе рассматриваются не только отдельно взятые алгоритмы, но и их взаимодействие с другими оптимизациями. Такое рассмотрение и учёт других преобразований обуславливает практическую значимость диссертационной работы, так как даёт возможность применять более эффективные алгоритмы, как по качеству результирующего кода, так и по скорости работы.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждена их использованием. Результаты исследований были реализованы в следующих программных и аппаратных системах: динамический двоичный оптимизирующий транслятор уровня приложений ОС Linux с архитектуры Intel x86 на архитектуру «Эльбрус», динамический двоичный оптимизирующий транслятор уровня всей системы с архитектуры Intel x86 на архитектуру «Эльбрус», микропроцессор Эльбрус, статический оптимизирующий транслятор с архитектуры Intel x86 на архитектуру IPF (Itanium), динамический двоичный транслятор уровня приложений ОС Linux, разработанный в ООО «Эльбрус Технологии».

В двоичном трансляторе для микропроцессора «Эльбрус» использование предложенных алгоритмов сокращения длины критического пути даёт суммарное повышение скорости работы результирующего кода на 19% на целочисленных задачах из пакета SPEC CPU2000 и 58% на вещественных задачах из пакета SPEC CPU2000.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Предложенные алгоритмы также могут быть использованы в оптимизирующих компиляторах с языком высокого уровня и двоичных трансляторах для различных архитектур.

Достоверность результатов.

Проведённые в диссертационной работе исследования достаточно полно и подробно изложены. Достоверность результатов работы обеспечивается корректным применением математического аппарата и подтверждается апробацией на научно-технических конференциях и семинарах, а полученные практические результаты подтверждают правильность теоретических выводов и разработанных алгоритмов.

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, 5 из них опубликованы в изданиях из перечня ВАК. Также в ходе выполнения работы было получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2014611961 от 14.02.2014.

Оценка содержания работы.

Работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и двух приложений. Все основные положения работы изложены четко и ясно, снабжены необходимыми доказательствами и вспомогательными рисунками с примерами.

Автореферат правильно отражает основные положения диссертации.

При этом можно отметить следующие недостатки работы:

1. В результатах практического применения предложенных алгоритмов в двоичном трансляторе для архитектуры «Эльбрус» явно прослеживается, что повышение производительности результирующего кода на вещественных задачах выше, чем на целочисленных. Однако не приведено пояснения, почему это происходит.
2. В разделе 3.1. «Методы разрыва зависимостей с помощью построения новых операций» приводится ряд методов разрыва зависимостей. В дальнейшем в главе 3. эти методы используются в алгоритме минимизации высоты графа зависимостей. В работе не раскрыто существуют ли ещё какие-либо методы разрыва зависимостей и могут ли они быть использованы в предложенном алгоритме.
3. В работе в ряде мест используются термины «разрыв зависимостей», «минимизация высоты графа зависимостей» и «сокращение длины критических путей». Хотя они похожи, частое использование разных терминов усложняет понимание текста.

Указанные недостатки не снижают научной значимости и практической ценности работы и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение по диссертации.

Диссертация Гимпельсона В.Д. является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. Полученные результаты вносят существенный вклад в задачу повышения скорости работы результирующего кода в динамическом двоичном оптимизирующем трансляторе для современных микропроцессоров, основанных на архитектуре с явно выраженной параллельностью на уровне команд. В ходе исследования был разработан ряд новых алгоритмов, позволяющих существенно повысить скорость работы результирующего кода за счёт сокращения длины критических путей в циклических и ациклических областях, исследовано их взаимодействие с другими

оптимизациями. Диссертационная работа содержит новые научные и практические результаты, свидетельствует о значимости полученных автором результатов для развития соответствующей отрасли науки.

Таким образом, диссертационная работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Гимпельсон Вадим Дмитриевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Диссертация Гимпельсона В.Д. рассмотрена и Отзыв утверждён на заседании Научно-технического совета Института точной механики и вычислительной техники имени С.А. Лебедева Российской академии наук (Протокол № 4 от 22 марта 2018 года).

Заместитель Генерального директора -
учёный секретарь АО «ИТМиВТ»
к.т.н., с.н.с.

Б.М.Улановский