

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ГРАЧЕВ Михаил Константинович

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО
ИНТЕРФЕЙСА АСПЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ

05.13.11 — Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург

2009

Работа выполнена на кафедре информатики математико-механического факультета Санкт-Петербургского государственного университета.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор САФОНОВ Владимир Олегович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор ЛИСС Александр Рудольфович
(Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет)

кандидат физико-математических наук,
доцент КОЗНОВ Дмитрий Владимирович
(Санкт-Петербургский государственный
университет)

Ведущая организация: Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет

Защита состоится “_____” _____ 2010 года в _____ часов на заседании совета Д 212.232.51 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 198504, Санкт-Петербург, Петродворец, Университетский пр., д.28, математико-механический факультет Санкт-Петербургского государственного университета, ауд. 405.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Санкт-Петербургского государственного университета по адресу: 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9.

Автореферат разослан “_____” декабря 2009 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор

И.К. Даугавет

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Данная работа посвящена разработке и реализации пользовательского интерфейса инструментария для поддержки разработки в терминах методологии *аспектно-ориентированного программирования* (АОП) [6], а также механизмов и средств для эффективного применения методологии в разработке программного обеспечения (ПО).

Актуальность темы. Современный аспектно-ориентированный подход к разработке программного обеспечения представляет собой технологию для решения широкого круга задач, позволяющая уменьшить сложность разработки и сопровождения программных продуктов.

Подход к разработке ПО, основанный на аспектно-ориентированном программировании, обеспечивает эффективное повторное использование кода при реализации *сквозной функциональности* (cross-cutting concern) [6]. Рассредоточенные по коду программы фрагменты, отвечающие за реализацию некоторой функциональности (например, проверок значений параметров – parameter validation), выделяются из модулей программного продукта в отдельный модуль новой разновидности – *аспект* (aspect) [6]. После этого аспект *внедряется* (weave) [6] в целевую программу, в соответствии с заданным набором *правил внедрения* (weaving rules) [6]. Такой подход упрощает исходный код целевой программы.

Типичными примерами сквозной функциональности являются: протоколирование, аутентификация, профилирование, валидация значений параметров, поддержка безопасного параллельного исполнения.

Более сложным примером является расширение компилятора путем реализации некоторых новых языковых конструкций, например, новым типом операторов. Очевидно, все фазы компилятора – лексический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ, оптимизация и генерация

кода – должны быть обновлены для этой цели. Это означает, что, помимо добавления набора новых модулей в существующий код компилятора, необходимо внедрить в него множество рассредоточенных фрагментов кода – объявлений данных, функций, вызовов методов, чтобы связать воедино новые модули компилятора с уже существующими.

Как показывает практика, применение АОП позволяет в значительной мере упростить и удешевить разработку программ, основанных на надежных и безопасных вычислениях (trustworthy computing - TWC) [7].

Теоретические основы АОП развиты многими исследователями, однако до сих пор не существует устоявшегося практического подхода к АОП, и зачастую даже базовые концепции АОП по-своему интерпретируются и используются различными исследователями. По сей день не появилось практически ни одного инструмента, который мог бы быть легко интегрирован в существующие среды и платформы для разработки ПО. Java-платформа является исключением из этого правила, благодаря широкой распространенности АОП-системы AspectJ, расширению AspectJ Development Tools и ряду других расширений, позволяющих интегрировать поддержку AspectJ в несколько наиболее популярных среди Java-программистов сред разработки (например, Eclipse).

Подобная интеграция инструментов АОП со средами разработки программ для других современных платформ (в первую очередь, для платформы .NET) позволила бы создателям ПО использовать потенциал АОП в своих существующих программных продуктах, сделать их архитектуру более систематизированной, облегчить их изучение и сопровождение.

Одной из важнейших целей данной работы являлась реализация Aspect.NET Framework — пользовательского интерфейса АОП-инструментария Aspect.NET на базе Microsoft.NET (новой широко используемой многоязыковой платформе для разработки ПО).

Созданная автором подсистема интеллектуального пользовательского интерфейса АОП – Aspect.NET Framework – часть системы АОП Aspect.NET, реализованная как расширение (add-in) к интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio 2008, позволяющее в полной мере использовать возможности системы Aspect.NET.

По мнению автора, функциональная, гибкая и удобная среда разработки способна сыграть важную роль в более широком распространении среди программистов сравнительно новой методологии АОП, ее освоении и эффективном применении в повседневной профессиональной деятельности.

Цели работы. Данная диссертация исследует организацию взаимодействия с пользователями в существующих АОП-инструментариях, предлагает ряд новых методов реализации пользовательского интерфейса АОП и описывает выполненную автором реализацию предложенных методов. Целями работы являются:

1. Разработка методов реализации пользовательского интерфейса для инструментов АОП и их интеграции в современные среды для разработки программ.
2. Реализация пользовательского интерфейса Aspect.NET Framework на основе разработанных методов.
3. Реализация расширения Aspect.NET Framework для неявного применения АОП при решении некоторых типичных задач на примере расширения Aspect.log4net.
4. Использование подсистемы Aspect.NET Framework в рамках системы Aspect.NET при разработке программного продукта для решения ряда задач.

Научная новизна. Научная новизна работы обусловлена в первую очередь новизной АОП, а также новизной подхода TWC и методов применения АОП к TWC [7]. Научной новизной обладают также:

- разработанный и реализованный в диссертации метод управляемого пользователем внедрения аспектов (в настоящее время ни один из инструментов АОП, кроме Aspect.NET Framework, такой возможностью не обладает);

- принципы реализации инструмента Aspect.log4net, обеспечивающего неявное использование АОП для решения типовых задач разработки и сопровождения программ.

Теоретическая и практическая ценность. В рамках данной работы предложено и реализовано несколько оригинальных механизмов для поддержки АОП:

- управляемое пользователем применение аспектов;
- концепция создания мастеров для эффективного решения ряда типичных задач разработки и сопровождения программ с применением АОП;
- АОП-инструментарий для реализации пользовательского интерфейса, интегрированный в среду разработки Visual Studio.

Другие полученные результаты также являются новыми и дополняют результаты предшествующих работ.

Апробация работы. Основные результаты и выводы диссертации докладывались на следующих научных конференциях:

- “.NET Technologies 2006”, г. Пльзень, Чехия;
- “Технологии Microsoft в теории и практике программирования”, Санкт-Петербургский Политехнический университет, 2006, 2007 и 2008 гг.;

- международной конференции IEEE, посвященной 110-летию изобретения радио (Санкт-Петербург, 2005);
- на семинаре регионального отделения IEEE в компаниях Корнинг (Санкт-Петербург, февраль 2007) и Motorola (Санкт-Петербург, ноябрь 2008);
- на семинарах кафедры информатики и лаборатории Java-технологии математико-механического факультета СПбГУ.

Система Aspect.NET, ключевым компонентом которой является разработанная подсистема применения аспектов, используется для решения исследовательских задач разработки программного обеспечения, а также для обучения современным технологиям программирования в университетах. Позитивный опыт и результаты внедрения подтверждаются многочисленными положительными отзывами пользователей системы. Наши разработки в сфере АОП активно используются коллегами из университета Форталеза (Бразилия), Миланского университета (Италия), Арабской Академии Информационных Технологий (Египет) и ряда других университетов.

Публикация результатов. Основные результаты диссертации отражены в работах [1-5]. В работе 2 соискателю принадлежит описание основных принципов, легших в реализацию созданной им первой версии компоненты Aspect.NET Framework. В статье 3 соискателю принадлежит описание разработанного им способа интеграции Aspect.NET Framework и ядра системы Aspect.NET. В этой же работе соискатель описал отличия второй версии компоненты Aspect.NET Framework от первой, а также разработанные им примеры аспектов. В публикации 4 соискатель описывает расширение компоненты Aspect.NET Framework надстройкой Aspect.log4net для неявного применения АОП в задаче протоколирования. В публикации 5 соискатель дает обзор пользовательского интерфейса системы Aspect.NET и подробно описывает механизм взаимодействия

Aspect.NET Framework с остальными частями системы на всех этапах применения аспектов. Остальные результаты в публикациях 2, 3, 4 и 5 принадлежат соавторам. Статья 1 опубликована в журнале, входящем в перечень ВАК.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит предварительную информацию о предмете исследования, описание истории и предпосылок появления АОП, список некоторых задач, решаемых с использованием АОП, а также формулировки целей диссертации.

В **первой главе** раскрывается актуальность АОП. Глава исследует текущее состояние проблемы и краткий обзор существующих подходов к проблеме. В главе содержится краткое изложение особенностей архитектуры и применения множества современных АОП-инструментариев для платформы Java и Microsoft .NET. В этой же главе проводится итоговое сравнение инструментариев.

Во **второй главе** детально рассматривается система Aspect.NET, концепции и принципы, положенные в основу разработки системы. Описана архитектура системы, механизмы работы ее компонент и взаимодействие между ними. Приводится обзор основных технологий, использованных при создании инструментария Aspect.NET. Во второй части главы рассматривается метаязык определения аспектов в Aspect.NET.ML. В завершении главы приводятся примеры решения некоторых популярных задач при помощи АОП-методологии в рамках системы Aspect.NET.

Третья глава полностью посвящена разработанной соискателем Aspect.NET Framework, важнейшей подсистеме инфраструктуры Aspect.NET, отвечающей за взаимодействие с пользователем, а также связь всех остальных компонент системы между собой. Вторая часть данной

главы посвящена расширению Aspect.NET Framework, позволяющему существенно упростить применение функциональности Aspect.NET для конечных пользователей.

В главе рассмотрен новый подход к применению аспектов, реализованный в рамках проекта Aspect.NET — применение, управляемое пользователем (user-controlled weaving). Данный подход позволяет явно выделить стадию поиска точек присоединения и непосредственно применения аспекта. Между данными стадиями пользователю предлагается отфильтровать точки внедрения при помощи дерева точек внедрения (рис. 1)

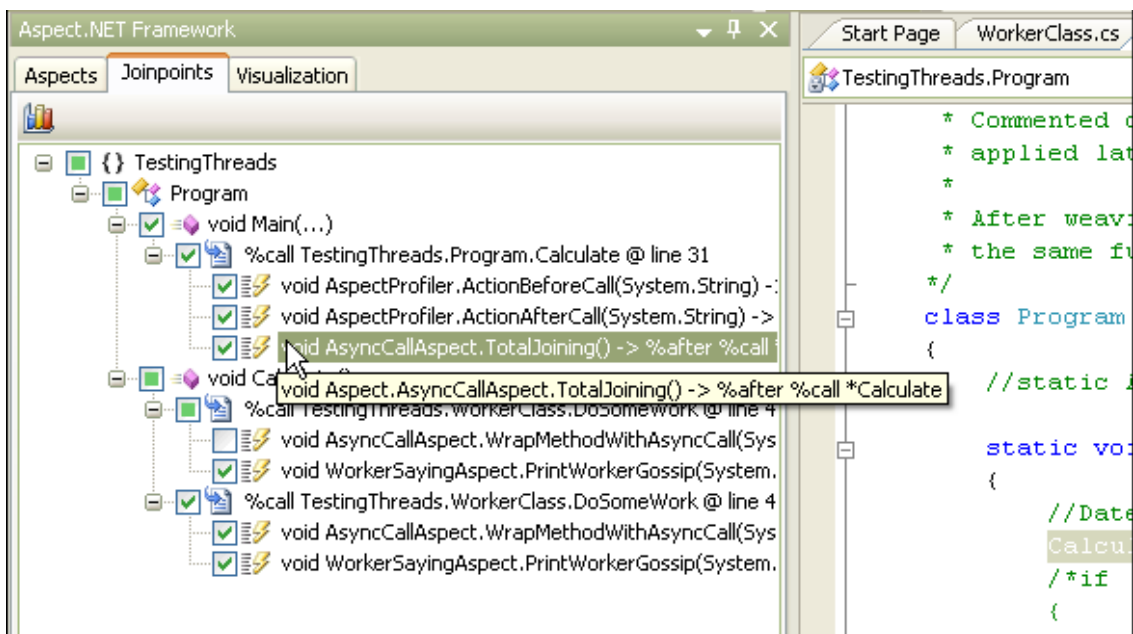


Рис. 1. Дерево точек внедрения

На примере Aspect.log4net продемонстрирован эффективный механизм на основе мастера (рис. 2) для пошагового добавления функциональности протоколирования в модули целевой программы с неявным для пользователя применением АОП и системы Aspect.NET. В рамках примера разъясняется простой и удобный механизм генерации правил внедрения аспектов квалифицированными программистами, не имеющими опыта работы с АОП и системой Aspect.NET.

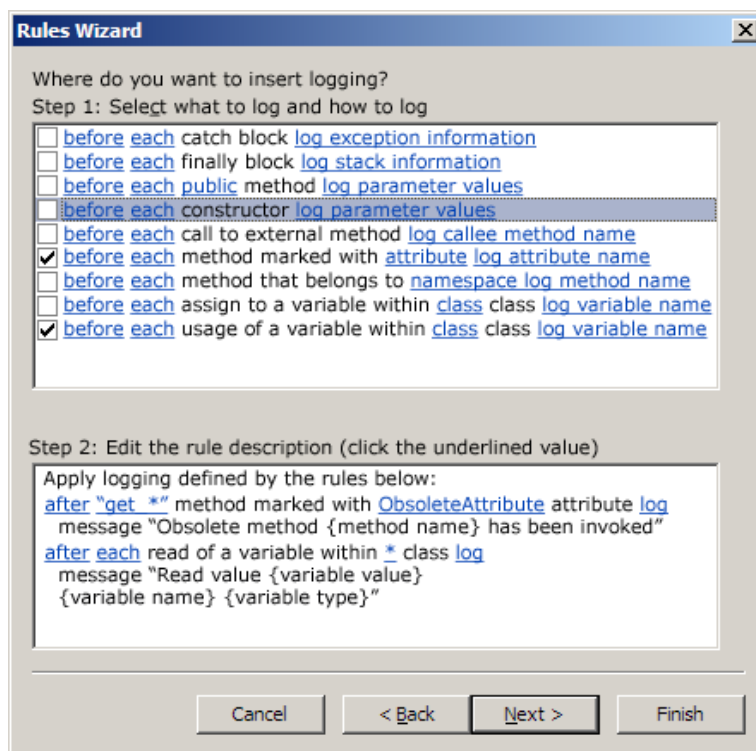


Рис. 2. Мастер Aspect.log4net

Проведенный эксперимент подтверждает эффективность и перспективность подхода. Расширяемость мастера новыми шаблонами правил свидетельствует о применимости данного подхода к другим трудоемким задачам разработки и сопровождения программ, помимо протоколирования.

Заключение содержит описание основных результатов, полученных в работе, а также перечень возможных направлений развития проекта Aspect.NET.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В ходе выполнения работы достигнуты следующие результаты:

1. Разработаны методы организации пользовательских интерфейсов для инструментов АОП, обеспечивающие надежность и наглядность процесса внедрения аспектов.

2. Реализована и интегрирована в Visual Studio 2008 подсистема Aspect.NET Framework, являющаяся пользовательским интерфейсом системы Aspect.NET.
3. Реализован инструмент Aspect.log4net, обеспечивающий неявное использование АОП для протоколирования.
4. Подсистема Aspect.NET Framework в составе системы Aspect.NET успешно использована для протоколирования и проектирования с пред- и постусловиями в крупном программном продукте объемом более 40 человеко-лет.

Все полученные результаты являются новыми.

Предложенный способ реализации АОП интерфейса, а именно, интеграция в наиболее распространенную среду разработки Microsoft Visual Studio 2008, позволил сделать использование системы Aspect .NET максимально комфортным для .NET-программистов. Обусловлено это тем, что нужды программистов полностью обеспечиваются данной средой разработки, а созданный соискателем Aspect.NET Framework органично расширяет возможности Visual Studio и прозрачно внедряется в процесс сборки проектов MSBuild. Ввиду того, что для платформы Microsoft .NET не существует аналогов пользовательского интерфейса для систем АОП, за базовый образец при создании соискателем было выбрано одно из немногих существующее расширение среды разработки Eclipse для Java-платформы под названием AspectJ Development Tools.

Созданный автором пользовательский интерфейс собрал в себе всю функциональность реализованную командой Грегора Кикжалеса в AspectJ Development Tools, такую как просмотр содержимого аспектов, раскрасчик аспектов, просмотр влияния аспекта на уровне текста исходного кода. Однако, помимо этого была добавлена возможность управляемого

пользователем применения аспектов с использованием графического пользовательского интерфейса.

К сожалению, реализованную соискателем надстройку Aspect.log4net трудно сравнивать с единственным аналогом — расширением АОП-инструментария PostSharp под названием Log4PostSharp (появившимся позднее). Причиной тому является то, что в Log4PostSharp жестко зафиксировано множество правил внедрения аспекта с протоколирующей функциональностью, отсутствует графический пользовательский интерфейс и интеграция с процессом сборки проектов. Стоит заметить, что множество шаблонов правил в Aspect.log4net можно с легкостью изменять, создавая специфичные мастера-расширения для решения разнообразных прикладных задач за счёт неявного применения АОП.

Апробация Aspect.NET Framework как части Aspect.NET на крупных программных продуктах позволила объективно оценить эффективность созданного соискателем расширения и методологии АОП как таковой. В частности, соискателем была достигнута возможность уменьшения исходного кода крупного программного продукта на 5% за счёт вынесения только протоколирующей функциональности в аспекты, а применение же Aspect.log4net позволило существенно снизить временные издержки, связанные с использованием АОП-инструментария.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:

1. *Грачев М.К.* Aspect.NET Framework и его применение в задаче протоколирования // *Вестник С.-Петербур. ун-та.*, 2008, Сер. 10, Вып. 4, С. 118-126

Другие публикации:

2. *Грачев М.К., Григорьев Д.А., Масленников А.И. Сафонов В.О.* Aspect.NET: инструментарий аспектно-ориентированного программирования для платформы Microsoft.NET // Тезисы докладов конкурса-конференции “Технологии Microsoft в теории и практике программирования”. СПб.: изд-во СПбГПУ, 2006, С. 111.
3. *Грачев М.К., Григорьев Д.А., Масленников А.И. Сафонов В.О.* Адаптация методологии АОП для практического применения на платформе Microsoft.NET // Тезисы докладов конкурса-конференции “Технологии Microsoft в теории и практике программирования”. СПб.: изд-во СПбГПУ, 2007, С. 83.
4. *Грачев М.К., Григорьев Д.А., Масленников А.И. Сафонов В.О.* Адаптация методологии АОП для применения в задаче протоколирования на платформе Microsoft.NET // Тезисы докладов конкурса-конференции “Технологии Microsoft в теории и практике программирования”. СПб.: изд-во СПбГПУ, 2008, С. 74.
5. *Safonov V.O., Gratchev M.K., Grigoryev D.A., Maslennikov A.I.* Aspect.NET — aspect-oriented toolkit for Microsoft.NET based on Phoenix and Whidbey. – “.NET Technologies 2006” International Conference full papers proceedings, Pilsen, Czech Republic, 2006, p. 19-34.

Список литературы

6. Kiczales G., Lamping J., Mendhekar A.. Aspect-oriented programming // Proc. Of the European Conference on Object-oriented Programming (ECOOP) in Finland Springer-Verlag, June 1997. Heidelberg, Germany, 1997, p. 365-389.
7. Safonov V.O. Using aspect-oriented programming for trustworthy software development. Wiley Interscience. John Wiley & Sons, 2008, p. 338.