



# 1

## История и стандарты

Linux относится к семейству операционных систем UNIX. По компьютерным меркам у UNIX весьма длинная история, краткий обзор которой дается в первой половине этой главы. Рассказ начнется с обзора истоков UNIX и языка программирования C и продолжится рассмотрением двух направлений, приведших систему Linux к ее теперешнему виду: проекта GNU и разработки ядра Linux.

Одна из примечательных особенностей UNIX состоит в том, что она не создавалась под контролем какого-то одного разработчика или организации. Вклад в ее развитие внесли многие группы: как коммерческие, так и некоммерческие. Такое развитие событий привело к добавлению в UNIX множества инновационных свойств, но наряду с этим способствовало появлению и негативных последствий. В частности, со временем обнаруживались расхождения в реализациях UNIX, все более затруднявшие написание приложений, способных работать во всех вариантах реализации системы. Возникла потребность в стандартизации реализаций UNIX, и она рассматривается во второй половине главы.

Что касается самого понятия UNIX, то в мире бытуют два определения. Одно из них указывает на те операционные системы, которые прошли официальную проверку на совместимость с единой спецификацией под названием Single UNIX Specification и в результате этого получили от владельца торговой марки UNIX, The Open Group, официальное право называться UNIX. На момент написания книги это право не было получено ни одной из свободно распространяемых реализаций UNIX (например, Linux и FreeBSD).

Согласно другому общепринятому значению определение UNIX распространяется на те системы, которые по внешнему виду и поведению похожи на классические UNIX-системы (например, на исходную версию Bell Laboratories UNIX и ее более поздние ветки — System V и BSD). В соответствии с этим определением Linux, как правило, считается UNIX-системой (как и современные BSD-системы). Хотя в этой книге спецификации Single UNIX Specification уделяется самое пристальное внимание, мы последуем второму определению UNIX и поэтому позволим себе довольно частое использование фраз вроде «Linux, как и другие реализации UNIX...».

### 1.1. Краткая история UNIX и языка C

Первая реализация UNIX была разработана в 1969 году (в год рождения Линуса Торвальдса (Linus Torvalds)) Кеном Томпсоном (Ken Thompson) в компании Bell Laboratories, являвшейся подразделением телефонной корпорации AT&T. Эта реализация была написана на ассемблере для мини-компьютера Digital PDP-7. Название UNIX было выбрано из-за созвучия с *MULTICS* (*Multiplexed Information and Computing Service*), названием более раннего проекта операционной системы (ОС), разрабатываемой AT&T в сотрудничестве с институтом Massachusetts Institute of Technology (MIT) и компанией General Electric. (К тому времени AT&T уже была выведена из проекта из-за срыва первоначальных планов по разработке экономически пригодной системы.) Томпсон позаимствовал у MULTICS ряд идей для своей новой операционной системы, включая древовидную структуру файловой системы, отдельную программу для интерпретации команд (оболочки) и понятие файлов как неструктурированных потоков байтов.

В 1970 году UNIX была переписана на языке ассемблера для только что приобретенного мини-компьютера Digital PDP-11, который в то время считался новой и довольно мощной машиной. Следы PDP-11 до сих пор могут обнаруживаться в большинстве реализаций UNIX, включая Linux, под различными названиями.

Некоторое время спустя один из коллег Томпсона по Bell Laboratories, с которым он на ранней стадии сотрудничал при создании UNIX, Деннис Ритчи (Dennis Ritchie), разработал и реализовал язык программирования C. Процесс создания носил эволюционный характер; C был последователем более раннего языка программирования B, код которого выполнялся в режиме интерпретации. Язык B был изначально реализован Томпсоном и впитал в себя множество его идей, позаимствованных из еще более раннего языка программирования под названием BCPL. К 1973 году язык C уже был доведен до состояния, позволившего почти полностью переписать на нем ядро UNIX. Таким образом, UNIX стала одной из самых ранних ОС, написанных на языке высокого уровня, что позволило в дальнейшем портировать ее на другие аппаратные архитектуры.

Весьма широкая востребованность языка C и его потомка C++ в качестве языков системного программирования обусловлена их предысторией. Предыдущие широко используемые языки разрабатывались с другими предопределяемыми целями: FORTRAN предназначался для решения инженерных и научных математических задач, COBOL был рассчитан на работу в коммерческих системах обработки потоков, ориентированных на записи данных. Язык C заполнил пустующую нишу, и, в отличие от FORTRAN и COBOL (которые были разработаны крупными рабочими группами), конструкция языка C возникла на основе идей и потребностей нескольких отдельных личностей, стремящихся к достижению единой цели: разработке высокоуровневого языка для реализации ядра UNIX и связанных с ним программных систем. Подобно самой операционной системе UNIX, язык C был разработан профессиональными программистами для их собственных нужд. В результате получился весьма компактный, эффективный, мощный, лаконичный, прагматичный и последовательный в своей конструкции модульный язык.

## UNIX от первого до шестого выпуска

В период с 1969 по 1979 год вышло несколько выпусков UNIX, называемых *редакциями*. По сути, они были текущими вариантами развивающейся версии, которая разрабатывалась в компании AT&T. В издании [Salus, 1994] указываются следующие даты первых шести редакций UNIX.

- Первая редакция, ноябрь 1971 года. К этому времени UNIX работала на PDP-11 и уже имела компилятор FORTRAN и версии множества программ, используемых по сей день, включая ar, cat, chmod, chown, cp, dc, ed, find, ln, ls, mail, mkdir, mv, rm, sh, su и who.
- Вторая редакция, июнь 1972 года. К этому моменту UNIX была установлена на десяти машинах компании AT&T.
- Третья редакция, февраль 1973 года. В эту редакцию был включен компилятор языка C и первая реализация конвейеров (pipes).
- Четвертая редакция, ноябрь 1973 года. Это была первая версия, практически полностью написанная на языке C.
- Пятая редакция, июнь 1974 года. К этому времени UNIX была установлена более чем на 50 системах.
- Шестая редакция, май 1975 года. Это была первая редакция, широко использовавшаяся вне компании AT&T.

За время выхода этих редакций система UNIX стала активнее использоваться, а ее репутация — расти, сначала в рамках компании AT&T, а затем и за ее пределами. Важным

вкладом в эту популярность была публикация статьи о UNIX в журнале *Communications of the ACM* [Ritchie & Thompson, 1974].

К этому времени компания AT&T владела санкционированной правительством монополией на телефонные системы США. Условия соглашения AT&T с правительством США не позволяли компании заниматься продажей программного обеспечения, а это означало, что она не могла продавать UNIX. Вместо этого начиная с 1974 года, с выпуском пятой и особенно с выпуском шестой редакции, AT&T за символическую плату организовала лицензированное распространение UNIX для использования в университетах. Распространяемые для университетов пакеты включали документацию и исходный код ядра (на то время около 10 000 строк кода).

Эта кампания стала существенным вкладом в популяризацию использования операционной системы, и к 1977 году UNIX работала примерно в 500 местах, включая 125 университетов в США и некоторых других странах. UNIX была для университетов весьма дешевой, но при этом мощной интерактивной многопользовательской операционной системой, в то время как коммерческие операционные системы стоили очень дорого. Кроме того, факультеты информатики получали исходный код реальной операционной системы, который они могли изменять и предоставлять своим студентам для изучения и проведения экспериментов. Одни студенты, вооружившись знаниями операционной системы UNIX, превратились в ее ярых приверженцев. Другие пошли еще дальше, основав новые компании или присоединившись к таким компаниям для продажи недорогих компьютерных рабочих станций с запускаемой на них легко портируемой операционной системой UNIX.

## Рождение BSD и System V

В январе 1979 года вышла седьмая редакция UNIX. Она повысила надежность системы и предоставила усовершенствованную файловую систему. Этот выпуск также содержал несколько новых инструментальных средств, включая `awk`, `make`, `sed`, `tar`, `uucp`, Bourne shell и компилятор языка FORTRAN 77. Значимость седьмой редакции обуславливалась также тем, что, начиная с этого выпуска, UNIX разделилась на два основных варианта: BSD и System V, истоки которых мы сейчас кратко рассмотрим.

Кен Томпсон (Ken Thompson) в 1975/1976 учебном году был приглашенным профессором Калифорнийского университета в Беркли, откуда он в свое время выпустился. Там он работал с несколькими студентами выпускного курса, добавляя к UNIX множество новых свойств. (Один из этих студентов, Билл Джой (Bill Joy), впоследствии стал сооснователем компании Sun Microsystems, которая вскоре заявила о себе на рынке рабочих станций UNIX.) Со временем в Беркли было разработано множество новых инструментов и функций, включая C shell, редактор `vi`. Кроме того, были усовершенствованы файловая система (Berkeley Fast File System), почтовый агент `sendmail`, компилятор языка Pascal и система управления виртуальной памятью на новой архитектуре Digital VAX.

Эта версия UNIX, включавшая свой собственный исходный код, получила весьма широкое распространение под названием Berkeley Software Distribution (BSD). Первым полноценным дистрибутивом, появившимся в декабре 1979 года, стал 3BSD. (Ранее выпущенные в Беркли дистрибутивы BSD и 2BSD представляли собой не полные дистрибутивы UNIX, а пакеты новых инструментов, разработанных в Беркли.)

В 1983 году группа исследования компьютерных систем — Computer Systems Research Group — из Калифорнийского университета в Беркли выпустила 4.2BSD. Этот выпуск был примечателен тем, что в нем содержалась полноценная реализация протокола TCP/IP, включая интерфейс прикладного программирования (API) сокетов, и множество различных средств для работы в сети. Выпуск 4.2BSD и его предшественник 4.1BSD стали активно распространяться в университетах по всему миру. Они также легли в основу SunOS (впервые выпущенную в 1983 году) — UNIX-вариант, продаваемый компанией

Sun. Другими примечательными выпусками BSD были 4.3BSD в 1986 году и последний выпуск — 4.4BSD — в 1993 году.

Самое первое портирование (перенос) системы UNIX на оборудование, отличное от PDP-11, произошло в 1977–1978 годах, когда Деннис Ритчи и Стив Джонсон (Steve Johnson) портировали ее на Interdata 8/32, а Ричард Миллер (Richard Miller) из Воллонгонского университета в Австралии одновременно с ними портировал ее на Interdata 7/32. Портированная версия Berkeley Digital VAX базировалась на более ранней (1978 года), также портированной версии, созданной Джоном Рейзером (John Reiser) и Томом Лондоном (Tom London). Она называлась 32V и была по сути тем же самым, что и седьмая редакция для PDP-11, за исключением более обширного адресного пространства и более емких типов данных.

В то же время принятое в США антимонопольное законодательство привело к разделу компании AT&T (юридический процесс начался в середине 1970-х годов, а сам раздел произошел в 1982 году), за которым последовали утрата монополии на телефонные системы и приобретение компанией права вывода UNIX на рынок. В результате в 1981 году состоялся выпуск System III (три). Эта версия была создана организованной в компании AT&T группой поддержки UNIX (UNIX Support Group, USG). В ней работали сотни специалистов, занимавшихся усовершенствованием UNIX и созданием приложений для этой системы (в частности, созданием пакетов подготовки документов и средств разработки ПО). В 1983 году последовал первый выпуск System V (пять). Несколько последующих выпусков привели к тому, что в 1989 году состоялся окончательный выпуск System V Release 4 (SVR4), ко времени которого в System V было перенесено множество свойств из BSD, включая сетевые объекты. Лицензия на System V была выдана множеству коммерческих поставщиков, использовавших эту версию как основу своих собственных реализаций UNIX.

Таким образом, вдобавок к различным дистрибутивам BSD, распространявшимся через университеты в конце 1980-х годов, UNIX стала доступна в виде коммерческих реализаций на различном оборудовании. Они включали:

- ❑ разработанную в компании Sun операционную систему SunOS, а позже и Solaris;
- ❑ созданные в компании Digital системы Ultrix и OSF/1 (в настоящее время, после нескольких переименований и поглощений, HP Tru64 UNIX);
- ❑ AIX компании IBM;
- ❑ HP-UX компании Hewlett-Packard (HP);
- ❑ NeXTStep компании NeXT;
- ❑ A/UX для Apple Macintosh;
- ❑ XENIX для архитектуры Intel x86-32 компаний Microsoft и SCO. (В данной книге реализация Linux для x86-32 будет упоминаться как Linux/x86-32.)

Такая ситуация резко контрастировала с типичными для того времени сценариями создания собственного оборудования и разработки под него ОС, когда каждый производитель создавал одну или от силы несколько собственных архитектур компьютерных микросхем, для которых он продавал операционную систему (или системы) собственной разработки.

Специализированный характер большинства поставляемых систем означал ориентацию покупателей только на одного поставщика. Переход на другую специализированную ОС и аппаратную платформу мог оказаться слишком дорогим удовольствием, поскольку для этого требовалось портирование имеющихся приложений и переучивание рабочего персонала. Этот фактор в совокупности с появлением дешевых однопользовательских рабочих станций под UNIX от различных производителей делал портируемую UNIX-систему все более привлекательной с коммерческой точки зрения.

## 1.2. Краткая история Linux

Говоря «Linux», обычно подразумевают полноценную UNIX-подобную операционную систему, часть которой формируется ядром Linux. Но такое толкование не совсем верно, поскольку многие ключевые компоненты, содержащиеся в коммерческих дистрибутивах Linux, фактически берутся из проекта, появившегося несколькими годами раньше самой Linux.

### 1.2.1. Проект GNU

В 1984 году весьма талантливый программист Ричард Столлман (Richard Stallman), работавший в Массачусетском технологическом институте, приступил к созданию «свободно распространяющейся» реализации UNIX. Работа была затеяна Столлманом из этических соображений, и принцип свободного распространения был определен в юридическом, а не в финансовом смысле (см. статью по адресу <http://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>). Но, как бы то ни было, под сформулированной Столлманом правовой свободой подразумевалось, что такие программные средства, как операционные системы, должны быть доступны на бесплатной основе или поставляться по весьма скромной цене.

Столлман боролся против правовых ограничений, накладываемых на фирменные операционные системы поставщиками компьютерных продуктов. Эти ограничения означали, что покупатели компьютерных программ, как правило, не могли видеть исходный код купленной ими программы и, конечно же, не могли ее копировать, изменять или распространять. Он отметил, что такие нормы порождают конкуренцию между программистами и вызывают у них стремление припрятывать свои проекты, вместо того чтобы сотрудничать и делиться ими.

В ответ на это Столлман запустил проект GNU (рекурсивно определяемый акроним, взятый из фразы GNU's not UNIX). Он хотел разработать полноценную, находящуюся в свободном доступе UNIX-подобную систему, состоящую из ядра и всех сопутствующих программных пакетов, и призвал присоединиться к нему всех остальных программистов. В 1985 году Столлман основал Фонд свободного программного обеспечения — Free Software Foundation (FSF), некоммерческую организацию для поддержки проекта GNU, а также для разработки совершенно свободного ПО.

Когда был запущен проект GNU, в понятиях, введенных Столлманом, версия BSD не была свободной. Для использования BSD по-прежнему требовалось получить лицензию от AT&T, и пользователи не могли свободно изменять и распространять дальше код AT&T, формирующий часть BSD.

Одним из важных результатов появления проекта GNU была разработка общедоступной лицензии — *GNU General Public License (GPL)*. Она стала правовым воплощением представления Столлмана о свободном программном обеспечении. Большинство программных средств в дистрибутиве Linux, включая ядро, распространяются под лицензией GPL или одной из нескольких подобных лицензий. Программное обеспечение, распространяемое под лицензией GPL, должно быть доступно в форме исходного кода и должно предоставлять право дальнейшего распространения в соответствии с положениями GPL. Внесение изменений в программы, распространяемые под лицензией, не запрещено, но любое распространение такой измененной программы должно также производиться в соответствии с положениями о GPL-лицензировании. Если измененное программное средство распространяется в исполняемом виде, автор также должен дать всем получателям возможность приобрести измененные исходные коды с затратами, не дороже носителя, на котором они находятся. Первая версия GPL была выпущена в 1989 году. Текущая, третья

версия этой лицензии, выпущена в 2007 году. До сих пор используется и вторая версия, выпущенная в 1991 году: именно она применяется для ядра Linux. (Различные лицензии свободно распространяемого программного обеспечения рассматриваются в источниках [St. Laurent, 2004] и [Rosen, 2005].)

В рамках проекта GNU так и не было создано работающее ядро UNIX. Но под эгидой этого проекта разработано множество других разнообразных программ. Поскольку эти программы были созданы для работы под управлением UNIX-подобных операционных систем, они могут использоваться и используются на существующих реализациях UNIX и в некоторых случаях даже портируются на другие ОС. Среди наиболее известных программ, созданных в рамках проекта GNU, можно назвать текстовый редактор Emacs, пакет компиляторов GCC (изначально назывался компилятором GNU C, но теперь переименован в пакет GNU-компиляторов, содержащий компиляторы для C, C++ и других языков), оболочка bash и glibc (GNU-библиотека C).

В начале 1990-х годов в рамках проекта GNU была создана практически завершенная система, за исключением одного важного компонента: рабочего ядра UNIX. Проект GNU и Фонд свободного программного обеспечения начали работу над амбициозной конструкцией ядра, известной как GNU Hurd и основанной на микроядре Mach. Но ядро Hurd до сих пор находится не в том состоянии, чтобы его можно было выпустить. (На время написания этой книги работа над Hurd продолжалась и это ядро могло запускаться только на машинах с архитектурой x86-32.)

Значительная часть программного кода, составляющего то, что обычно называют системой Linux, фактически была взята из проекта GNU, поэтому при ссылке на всю систему Столлман предпочитает использовать термин GNU/Linux. Вопрос, связанный с названием (Linux или GNU/Linux) стал причиной дебатов в сообществе разработчиков свободного программного обеспечения. Поскольку данная книга посвящена в основном API ядра Linux, в ней чаще всего будет использоваться термин Linux.

Начало было положено. Чтобы соответствовать полноценной UNIX-системе, созданной в рамках проекта GNU, требовалось только рабочее ядро.

## 1.2.2. Ядро Linux

В 1991 году Линус Торвалдс (Linus Torvalds), финский студент хельсинкского университета, задумал создать операционную систему для своего персонального компьютера с процессором Intel 80386. Во время учебы он имел дело с Minix, небольшим UNIX-подобным ядром операционной системы, разработанным в середине 1980-х годов Эндрю Таненбаумом (Andrew Tanenbaum), профессором голландского университета. Таненбаум распространял Minix вместе с исходным кодом как средство обучения проектированию ОС в рамках университетских курсов. Ядро Minix могло быть собрано и запущено в системе с процессором Intel 80386. Но, поскольку оно в первую очередь рассматривалось в качестве учебного пособия, ядро было разработано с прицелом на максимальную независимость от архитектуры аппаратной части и не использовало все преимущества, предоставляемые процессорами Intel 80386.

По этой причине Торвалдс приступил к созданию эффективного полнофункционального ядра UNIX для работы на машине с процессором Intel 80386. Через несколько месяцев он спроектировал основное ядро, позволявшее компилировать и запускать различные программы, разработанные в рамках проекта GNU. Затем, 5 октября 1991 года, Торвалдс обратился за помощью к другим программистам, анонсировав версию своего ядра под номером 0.02 в следующем, теперь уже широко известном (многократно процитированном) сообщении в новостной группе Usenet:



«Вы скорбите о тех временах, когда мужчины были настоящими мужчинами и сами писали драйверы устройств? У вас нет хорошего проекта и вы мечтаете вонзить свои зубы в какую-нибудь ОС, чтобы модифицировать ее для своих нужд? Вас раздражает то, что все работает под Minix? И не требуется просиживать ночи, чтобы заставить программу работать? Тогда это послание адресовано вам. Месяц назад я уже упоминал, что работаю над созданием свободной версии Minix-подобной операционной системы для компьютеров семейства AT-386. И вот наконец моя работа достигла той стадии, когда системой уже можно воспользоваться (хотя, может быть, и нет, все зависит от того, что именно вам нужно), и у меня появилось желание обнародовать исходный код для его свободного распространения. Пока это лишь версия 0.02..., но под ее управлением мне уже удалось вполне успешно запустить такие программные средства, как `bash`, `gcc`, `gnu-make`, `gnu-sed`, `compress` и так далее».

По сложившейся со временем традиции присваивать клонам UNIX имена, оканчивающиеся на букву X, ядро в конечном итоге получило название Linux. Изначально оно было выпущено под более ограничивающую лицензию, но вскоре Торвальдс сделал его доступным под лицензией GNU GPL.

Призыв к поддержке оказался эффективным. Для разработки Linux к Торвальдсу присоединились другие программисты. Они начали добавлять новую функциональность: усовершенствованную файловую систему, поддержку сетевых технологий, использование драйверов устройств и поддержку многопроцессорных систем. К марту 1994 года разработчики смогли выпустить версию 1.0. В марте 1995 года появилась версия Linux 1.2, в июне 1996 года — Linux 2.0, затем, в январе 1999 года, вышла версия Linux 2.2, а в январе 2001 года была выпущена версия Linux 2.4. Работа над созданием ядра версии 2.5 началась в ноябре 2001 года, что в декабре 2003 года привело к выпуску версии Linux 2.6.

## Отступление: версии BSD

Следует заметить, что в начале 1990-х годов уже была доступна еще одна свободная версия UNIX для машин с архитектурой x86-32. Портированную на архитектуру x86-32 версию вполне состоявшейся к тому времени системы BSD под названием 386/BSD разработали Билл (Bill) и Линн Джолиц (Lynne Jolitz). Она была основана на выпуске BSD Net/2 (июнь 1991 года) — версии исходного кода 4.3BSD. В нем весь принадлежавший AT&T исходный код был либо заменен, либо удален, как в случае с шестью файлами, которые не так-то просто было переписать. При портировании кода Net/2 в код для архитектуры x86-32 Джолицы заново написали недостающие исходные файлы, и первый выпуск (версия 0.0) системы 386/BSD состоялся в феврале 1992 года.

После первой волны успеха и популярности работа над 386/BSD по различным причинам замедлилась. Вскоре появились две альтернативные группы разработчиков, которые создавали собственные выпуски на основе 386/BSD. Это были NetBSD, где основной упор был сделан на возможность портирования на широкий круг аппаратных платформ, и FreeBSD, созданный с прицелом на высокую производительность и получивший наиболее широкое распространение из всех современных версий BSD. Первый выпуск NetBSD под номером 0.8 состоялся в апреле 1993 года. Первый компакт-диск с FreeBSD (версии 1.0) появился в декабре 1993 года. Еще одна версия BSD под названием OpenBSD была выпущена в 1996 году (исходная версия вышла под номером 2.0) после отщепления от проекта NetBSD. В OpenBSD основное внимание уделялось безопасности. В середине 2003 года, после отделения от FreeBSD 4.x, появилась новая версия BSD — DragonFly BSD. Подход к ее разработке отличался от применявшегося при создании FreeBSD 5.x. Теперь особое внимание было уделено проектированию под архитектуры симметричной многопроцессорности (SMP).



Наверное, рассказ об истории BSD в начале 1990-х годов будет неполным без упоминания о судебных процессах между UNIX System Laboratories (USL, дочерней компании, принадлежащей AT&T и занимавшейся разработкой и рыночным продвижением UNIX) и командой из Беркли. В начале 1992 года компания Berkeley Software Design, Incorporated (BSDi, в настоящее время входит в состав Wind River) приступила к распространению сопровождаемых на коммерческой основе версий BSD UNIX под названием BSD/OS (на базе выпуска Net/2) и добавлений, разработанных Джолицами под названием 386/BSD. Компания BSDi распространяла двоичный и исходный код по цене \$995 и советовала потенциальным клиентам пользоваться телефонным номером 1-800-ITS-UNIX.

В апреле 1992 года компания USL предъявила иск компании BSDi, пытаясь воспрепятствовать продаже этих проектов. Как заявлялось в USL, они по-прежнему представляли собой исходный код, который был защищен патентом, полученным USL, и составлял коммерческую тайну. Компания USL также потребовала, чтобы BSDi прекратила использовать вводящий в заблуждение телефонный номер. Со временем иск был выдвинут еще и Калифорнийскому университету. Суд в конечном итоге отклонил все, кроме двух претензий USL, а также встречный иск Калифорнийского университета к USL, в котором утверждалось, что USL не упомянула о том, что в System V содержится код BSD.

В ходе рассмотрения иска в суде USL была куплена компанией Novell, чей руководитель, ныне покойный Рэй Нурда (Ray Noorda), публично заявил, что он предпочел бы конкурировать на рынке, а не в суде. Спор окончательно был урегулирован в январе 1994 года. В итоге от Калифорнийского университета потребовали удалить из выпуска Net/2 три из 18 000 файлов, внести незначительные изменения в несколько файлов и добавить упоминание об авторских правах USL в отношении примерно 70 других файлов, которые университет тем не менее мог продолжать распространять на свободной основе. Эта измененная система была выпущена в июне 1994 года под названием 4.4BSD-Lite. (Последним выпуском университета в июне 1995 года был 4.4BSD-Lite, выпуск 2.) На данный момент по условиям правового урегулирования требуется, чтобы в BSDi, FreeBSD и NetBSD их база Net/2 была заменена исходным кодом 4.4BSD-Lite. Как отмечено в публикации [McKusick et al., 1996], хотя эти обстоятельства привели к замедлению процесса разработки версий, производных от BSD, был и положительный эффект. Он заключался в том, что эти системы были повторно синхронизированы с результатами трехлетней работы, проделанной университетской группой Computer Systems Research Group со времени выпуска Net/2.

## Номера версий ядра Linux

Подобно большинству свободно распространяемых продуктов, для Linux практикуется модель ранних (release-early) и частых (release-often) выпусков, поэтому новые исправленные версии ядра появляются довольно часто (иногда чуть ли не каждый день). По мере расширения круга пользователей Linux каждая модель выпуска была настроена так, чтобы не влиять на тех, кто уже пользуется этой системой. В частности, после выпуска Linux 1.0 разработчики ядра приняли систему нумерации версий ядра  $x.y.z$ , где  $x$  обозначала номер основной версии,  $y$  — номер второстепенной версии в рамках основной версии, а  $z$  — номер пересмотра второстепенной версии (с незначительными улучшениями и исправлениями).

Согласно этой модели в разработке всегда находятся две версии ядра. Это *стабильная* ветка для использования в производственных системах, у которой имеется четный номер второстепенной версии, и более изменчивая *дорабатываемая* ветка, которая носит следующий более высокий нечетный номер второстепенной версии. По теории, которой

не всегда четко придерживаются на практике, все новые функции должны добавляться в текущие дорабатываемые серии ядра, а в новых редакциях стабильных серий нужно ограничиваться лишь незначительными улучшениями и исправлениями. Когда текущая дорабатываемая ветка оказывается подходящей для выпуска, она становится новой стабильной веткой и ей присваивается четный номер второстепенной версии. Например, дорабатываемая ветка ядра с номером 2.3.z в результате становится стабильной веткой ядра с номером 2.4.

После выпуска версии ядра с номером 2.6 модель разработки была изменена. Главной причиной для этого изменения послужили проблемы и недовольства, вызванные длительными периодами между выпусками стабильных версий ядра<sup>1</sup>. Вокруг доработки этой модели периодически возникали споры, но основными остались следующие характеристики<sup>2</sup>.

- Версии ядер перестали делить на стабильные и дорабатываемые. Каждый новый выпуск 2.6.z может содержать новые функции. У выпуска есть жизненный цикл, начинающийся с добавления функций, которые затем стабилизируются в течение нескольких версий-кандидатов. Когда такие версии признают достаточно стабильными, их выпускают в качестве ядра 2.6.z. Между циклами выпуска обычно проходит около трех месяцев.
- Иногда в стабильный выпуск с номером 2.6.z требуется внести небольшие исправления для устранения недостатков или решения проблем безопасности. Если эти исправления важны и кажутся достаточно простыми, то разработчики не ждут следующего выпуска с номером 2.6.z, а вносят их, выпуская версию с номером вида 2.6.z.r. Здесь *r* является следующим номером для второстепенной редакции ядра, имеющего номер 2.6.z.
- Дополнительная ответственность за стабильность ядра, поставляемого в дистрибутиве, перекладывается на поставщиков этого дистрибутива.

В следующих главах иногда будут упоминаться версии ядра, в которых встречаются конкретные изменения API (например, новые или измененные системные вызовы). Хотя до выпуска серии 2.6.z большинство изменений ядра происходило в дорабатываемых ветках с нечетной нумерацией, я буду в основном ссылаться на следующую стабильную версию ядра, в которой появились эти изменения. Ведь большинство разработчиков приложений, как правило, пользуются стабильной версией ядра, а не одним из ядер дорабатываемой версии. Во многих случаях на страницах руководств указывается именно то дорабатываемое ядро, в котором конкретная функция появилась или изменилась.

Для изменений, появившихся в серии ядра с номерами 2.6.z, я указываю точную версию ядра. Когда говорится, что функция является новой для ядра версии 2.6, без указания номера редакции *z*, имеется в виду функция, которая была реализована в дорабатываемых сериях ядра с номером 2.5 и впервые появилась в стабильной версии ядра 2.6.0.

<sup>1</sup> Между выпусками Linux 2.4.0 и 2.6.0 прошло почти три года.

<sup>2</sup> В результате перенумерации ядра Linux с 2.6.x на 3.x в июле 2011 года, а затем (в апреле 2015 года) в 4.x, обсуждение нумерации ядра на этой странице теперь устарело. Однако изменения коснулись лишь схемы нумерации: она была упрощена (инвариант 2.6 был заменен на 3, а впоследствии на 4). Модель разработки ядра остается неизменной. Как Линус Торвалдс отметил в версии 3.0, в релизе нет ничего особенного (то есть никаких более значительных изменений, чем изменения в Linux 2.6.39 и в каждом из предыдущих выпусков 2.6.x).

В представленном здесь списке каждый из экземпляров 2.6.z может быть просто заменен на 4.z и описание будет по-прежнему актуальным для текущей модели разработки ядра.