1. Функции обработчика прерывания от системного таймера в системах разделения времени

1.1. ОС семейства Unix

По тику:

- декремент кванта;
- инкремент счётчика реального времени;
- инкремент счетчика процессорного времени, полученного текущим процессором;
- инкремент счетчика времени с момента запуска системы;
- декремент счетчиков времени отложенных вызовов (при достижении каким-либо счетчиком нуля установка флага для запуска обработчика отложенного вызова).

По главному тику:

- инициализация отложенного вызова функций планировщика;
- вызов pagedaemon и swapper;
- декремент счетчиков времени до посылки сигналов: SIGALRM, SIGPROF, SIGVTALRM.

По кванту:

- посылка сигнала SIGXCPU текущему процессу, если он превысил выделенный для него квант процессорного времени.

1.2. ОС семейства Windows

По тику:

- декремент кванта;
- инкремент счётчика реального времени;
- декремент счетчиков времени отложенных вызовов (при достижении каким-либо счетчиком нуля установка флага для запуска обработчика отложенного вызова).

По главному тику:

- инициализация диспетчера настройки баланса путем освобождения объекта «событие», на котором он ожидает;

По кванту:

- инициализация диспетчеризации потоков путем постановки соответствующего объекта в очередь DPC.

2. Пересчет динамических приоритетов

ОС семейства Unix и Windows являются системами разделения времени с динамическими приоритетами и с вытеснением. При этом динамические приоритеты могут иметь только прикладные процессы.

1.1. ОС семейства Unix

Планирование процессов в ОС семейства UNIX основано на приоритете процесса. Приоритет задается целым числом от 0 до 127. Чем меньше число, тем выше приоритет процесса. Приоритеты от 0 до 49 зарезервированы ядром операционной системы, пользовательские процессы могут обладать приоритетом от 50 до 127.

Структура proc содержит следующие поля, относящиеся к приоритетам:

1) p_pri — текущий приоритет планирования;

2) p_usrpri — приоритет режима задачи;

3) p_cpu — результат последнего измерения использования процессора;

4) p_nice — фактор «любезности», который устанавливается пользователем.

Планировщик использует значение p_pri для принятия решения о том, какой процесс направить на выполнение. Значение p_pri может быть повышено планировщиком для выполнения процесса в режиме ядра. При этом p_usrpri будет использоваться для хранения приоритета, который будет назначен процессу при возврате в режим задачи.

Процессу, ожидающему недоступного в данный момент ресурса, система определяет значение приоритета сна выбираемое ядром из диапазона системных приоритетов и связанное с событием, вызвавшим это состояние.

Таблица системных приоритетов сна

Событие	Приоритет 4.3BSD UNIX	Приоритет SCO UNIX
Ожидание загрузки в память сегмента/страницы (свопинг/страничное замещение)	0	95
Ожидание индексного дескриптора	10	88
Ожидание ввода/вывода	20	81
Ожидание буфера	30	80
Ожидание терминального ввода		75
Ожидание терминального вывода		74
Ожидание завершения выполнения		73
Ожидание события — низкоприоритетное состояние сна	40	66

Когда процесс завершил выполнение системного вызова и находится в состоянии возврата в режим задачи, его приоритет сбрасывается обратно в значение текущего приоритета в режиме задачи. Измененный таким образом приоритет может оказаться ниже, чем приоритет какого-либо иного запущенного процесса; в этом случае ядро системы произведет переключение контекста.

Приоритет в режиме задачи зависит от двух факторов: «любезности» и последней измеренной величины использования процессора. Увеличение степени любезности приводит к уменьшению приоритета.

Поле p_cpu структуры proc содержит величину результата последнего сделанного измерения использования процессора процессом. При создании процесса значение этого поля инициализируется нулем. На каждом тике обработчик таймера увеличивает p_cpu на единицу для текущего процесса до максимального значения, равного 127. Более того, каждую секунду ядро системы вызывает процедуру schedcpu() (запускаемую через отложенный вызов), которая уменьшает значение p_cpu каждого процесса исходя из фактора «полураспада». В 4.3BSD для расчета фактора полураспада применяется следующая формула:

$$decay = (2 * load\_avg) / (2 * load\_ avg + 1)$$

где load_avg — это среднее количество процессов, находящихся в состоянии готовности, за последнюю секунду. Процедура schedcpu() также пересчитывает приоритеты для режима задачи всех процессов по формуле

$$p\_usrpri = PUSER + (p\_cpu / 4) + (2 * p\_nice)$$

где PUSER — базовый приоритет в режиме задачи, равный 50.

В результате p_cpu будет увеличен, если процесс до вытеснения другим процессом использовал большое количество процессорного времени. Это приведет к росту значения p_usrpri, из чего следует понижение приоритета.

1.2. ОС семейства Windows

В ОС семейства Windows код, отвечающий за планирование рассредоточен по ядру, единого модуля или процедуры с названием «планировщик» нет. Совокупность процедур, выполняющих эти обязанности, называется диспетчером ядра.

При создании процесса ему назначается приоритет, который является базовым для приоритетов потока. Планирование в Windows осуществляется на уровне потоков.

Уровни приоритета потока назначаются с учетом двух разных точек зрения — Windows API и ядра Windows. Windows API сначала упорядочивает процессы по классам приоритета, назначенным при их создании, а затем — по относительному приоритету индивидуальных потоков в рамках этих процессов.

У каждого потока есть два значения приоритета: текущее и базовое. Начальный базовый приоритет потока наследуется от базового приоритета процесса. Но решения, связанные с планированием, принимаются на основе текущего приоритета, так как в определенных обстоятельствах система может на короткое время повышать приоритеты потоков в динамическом диапазоне (1–15). Приоритет потока всегда повышается относительно базового, а не текущего уровня и независимо от приращения приоритет потока никогда не будет больше 15.

Windows никогда не изменяет приоритеты потоков в диапазоне реального времени (16–31), поэтому у таких потоков базовый приоритет идентичен текущему.

Windows может динамически повышать значение текущего приоритета потока в одном из пяти случаев:

– после завершения операций ввода-вывода;

Таблица рекомендуемых значений повышения приоритета

Устройство	Приращение приоритета
Диск, CD-ROM, параллельный порт, видео	1
Сеть, почтовый ящик, именованный канал, последовательный порт	2
Клавиатура, мышь	6
Звуковая плата	8

– по окончании ожидания на событии или семафоре исполнительной системы (приоритет повышается на 1);
– по окончании операции ожидания потоками активного процесса (приоритет повышается на величину текущего значения PsPrioritySeparation);

– при пробуждении GUI-потоков из-за операций с окнами (приоритет повышается на 2);
– если поток, готовый к выполнению, задерживается из-за нехватки процессорного времени (приоритет повышается до 15).

Для динамического повышения приоритета при нехватке процессорного времени раз в секунду диспетчер настройки баланса сканирует 16 потоков их очереди готовых потоков и ищет те, которые находятся в состоянии готовности в течение примерно 4 секунд. Обнаружив такой поток, диспетчер настройки баланса повышает его приоритет до 15. В Windows 2000 и Windows XP квант потока удваивается относительно кванта процесса. В Windows Server 2003 квант устанавливается равным 4 единицам. Как только квант истекает, приоритет потока немедленно снижается до исходного уровня.

Повышения приоритетов для мультимедийных приложений и игр.

Для повышения приоритета потоков, на которых выполняются мультимедийные приложения, в клиентские версии Windows была внедрена служба MMCSS (MultiMedia Class Scheduler Service), которая работает с такими задачами как аудио, игры, проигрывание и т. д.

Таблица 5.7. Категории планирования

Категория	Приоритет	Описание
High (Высокая)	23–26	Потоки профессионального аудио (Pro Audio), запущенные с приоритетом выше, чем у других потоков на системе, за исключением критических системных потоков
Medium (Средняя)	16–22	Потоки, являющиеся частью приложений первого плана, например Windows Media Player
Low (Низкая)	8–15	Все остальные потоки, не являющиеся частью предыдущих категорий
Exhausted (Исчерпавших потоков)	1–7	Потоки, исчерпавшие свою долю времени центрального процессора, выполнение которых продолжится, только если не будут готовы к выполнению другие потоки с более высоким уровнем приоритета

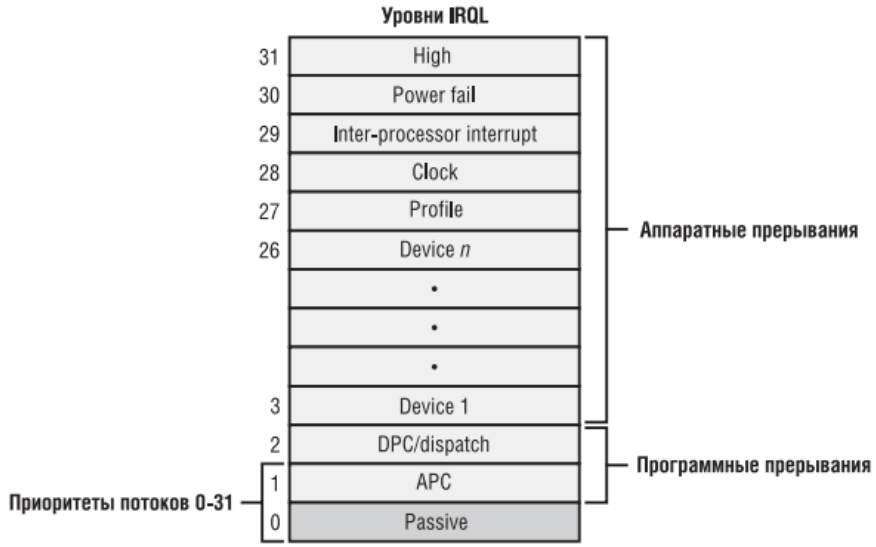
Функции MMCSS временно повышают приоритет потоков, зарегистрированных с MMCSS до уровня, который соответствует категории планирования. Потом их приоритет снижается до уровня, соответствующего категории планирования Exhausted, для того, чтобы другие потоки тоже могли

Сама служба MMCSS выполняется с приоритетом 27, поскольку ей нужно вытеснять любые Pro Audio-потоки с целью снижения их приоритета до категории Exhausted.

Уровни запросов программных прерываний (IRQL)

Windows устанавливает свою собственную схему приоритетности прерываний, известную как уровни запросов прерываний (IRQL). В ядре IRQL— уровни представлены в виде номеров от 0 до 31 на системах x86, где более высоким номерам соответствуют прерывания с более высоким приоритетом. Прерывания обслуживаются в порядке их приоритета.

Уровни запросов прерываний (IRQL) в x86-системах



Прерывания обслуживаются в порядке их приоритета, и прерывания с более высоким уровнем приоритета получают преимущество в обслуживании. При возникновении прерывания с высоким уровнем приоритета процессор сохраняет состояние прерванного потока и запускает связанный с прерыванием диспетчер системных прерываний. Тот, в свою очередь, поднимает IRQL и вызывает процедуру обработки прерывания. После выполнения этой процедуры диспетчер прерываний понижает IRQL-уровень процессора до значения, на котором он был до возникновения прерывания, а затем загружает сохраненное состояние машины. Прерванный поток продолжает выполнение с того места, в котором оно было прервано.

Потоки в ОС семейства UNIX

В системах разделения времени процесс переходит в состояние блокировки по разным причинам: истек квант или запрошен дополнительный ресурс, который не может быть получен сразу. Процесс переходит в состояние ожидания освобождения этого ресурса. С точки зрения переключения контекста это затратное действие.

Чтобы сократить эти затраты Unix предложил потоки. В их основе лежит идея сократить затраты на переключение полного контекста. Но в очереди к процессору стоит смесь потоков из разных процессов, поэтому, если процессор переключается на выполнение потока, того же процесса, то будет переключаться только аппаратный контекст, а если переключение произойдет на выполнение потока уровня другого процесса, то будет переключен полный контекст. Прогнозировать какой поток будет следующим в очереди невозможно, но среднестатистически при таком подходе экономия времени есть.

Потоки делятся на 2 типа: уровня пользователя и уровня ядра.

О потоках уровня пользователя системе ничего не известно. Для работы с такими потоками нужна библиотека потоков уровня пользователя.

Потоки уровня ядра создаются соответствующими системными вызовами. Ядро имеет о них полную информацию

.

Выводы

ОС семейства Unix и Windows являются системами разделения времени с динамическими приоритетами и с вытеснением. Поэтому функции обработчика прерывания от системного таймера в этих системах выполняют схожие задачи:

— декремент кванта;

— инкремент счётчика реального времени;

— декремент счетчиков времени отложенных вызовов (при достижении каким-либо счетчиком нуля установка флага для запуска обработчика отложенного вызова).

При этом динамические приоритеты могут иметь только прикладные процессы.