Архитектура

Буферный кэш и журнал

Темы

Устройство буферного кэша

Алгоритм вытеснения

Журнал упреждающей записи

Контрольная точка

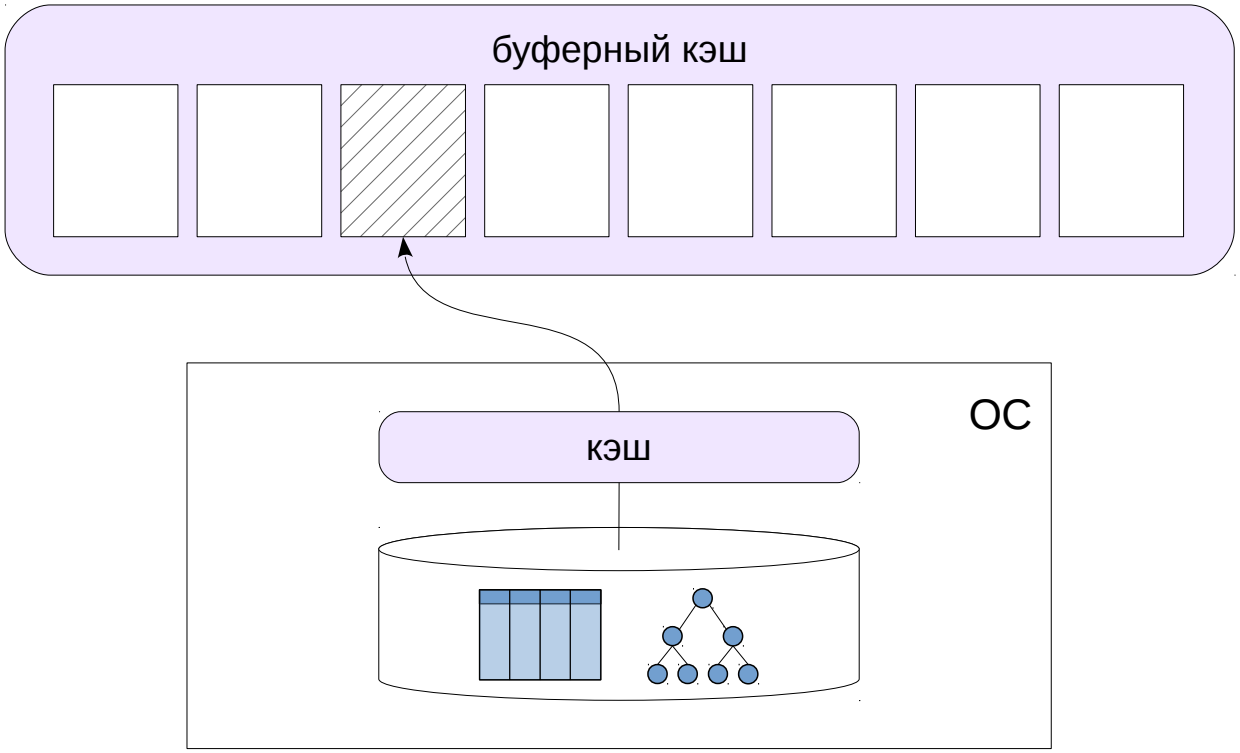
Процессы, связанные с буферным кэшем и журналом

Буферный кэш

Массив буферов в общей памяти

страница данных (обычно 8 КБ) + дополнительная информация

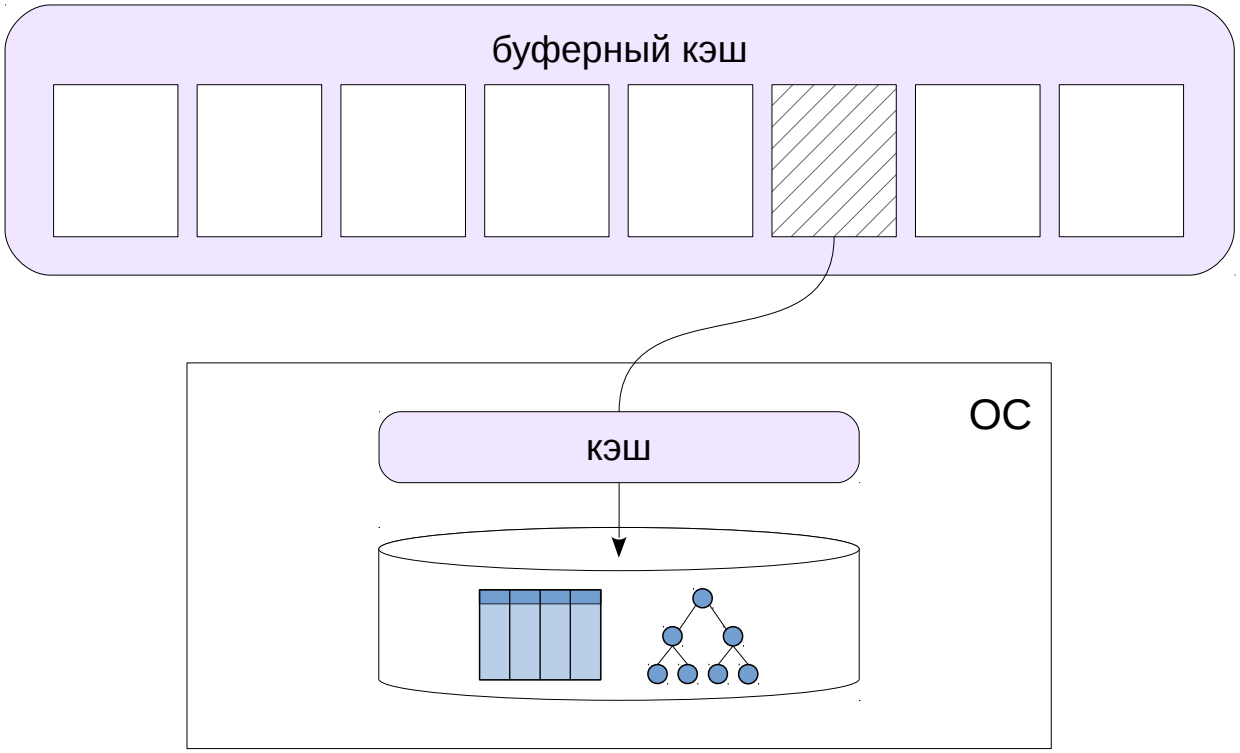
Блокировки для совместного доступа



Вытеснение

Вытесняются страницы, используемые реже других

- место в буфере освобождается под другую страницу
- измененная страница («грязный буфер») сначала записывается на диск



Журнал (WAL)

При сбое могут пропасть данные, не записанные на диск

- буферный кэш (страницы таблиц и индексов)
- буферы состояния транзакций (clog)
- буферы операционной системы

Журнал защищает данные в оперативной памяти

- поток информации о выполняемых действиях,
  позволяющей повторно выполнить потерянные при сбое операции
- запись попадает на диск раньше, чем измененные данные
  (синхронно или асинхронно)
- более эффективно, чем сразу записывать данные на диск

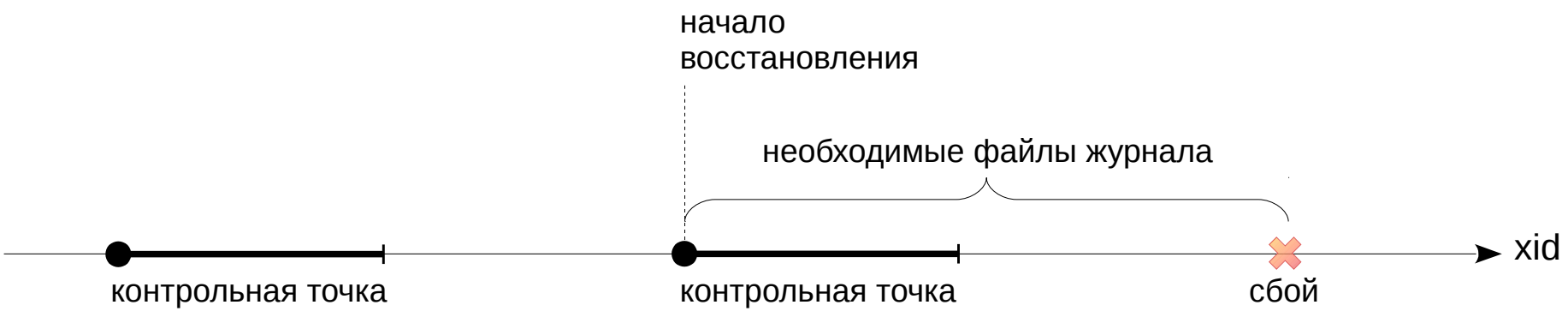
Контрольная точка

Периодический сброс всех грязных буферов на диск

- гарантирует попадание на диск всех изменений до контрольной точки
- ограничивает размер журнала, необходимого для восстановления

Восстановление при сбое

- начинается с последней контрольной точки
- последовательно проигрываются записи, если изменений нет на диске



Основные процессы

Запись журнала

Контрольная точка

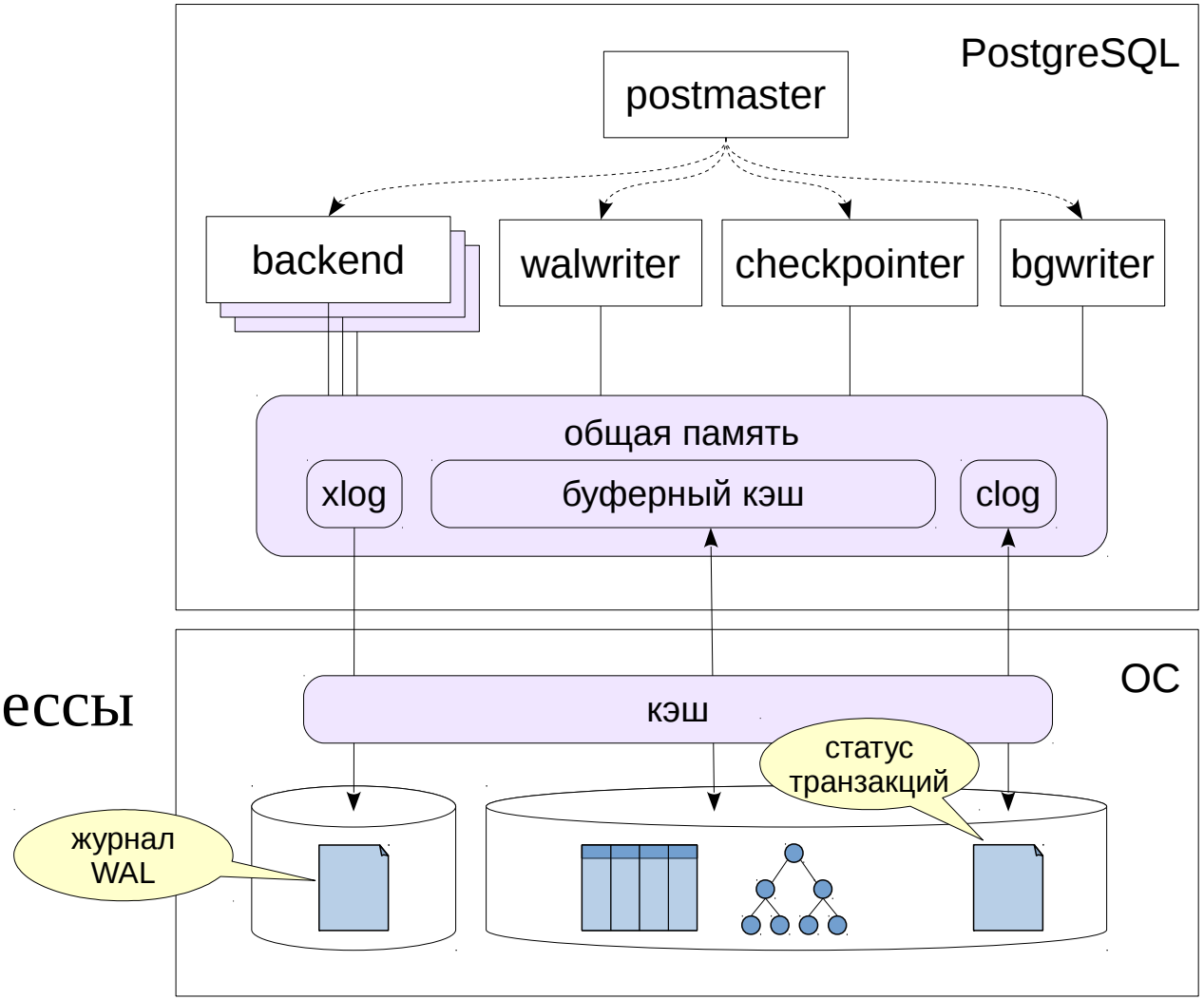
сброс всех
грязных буферов

Фоновая запись

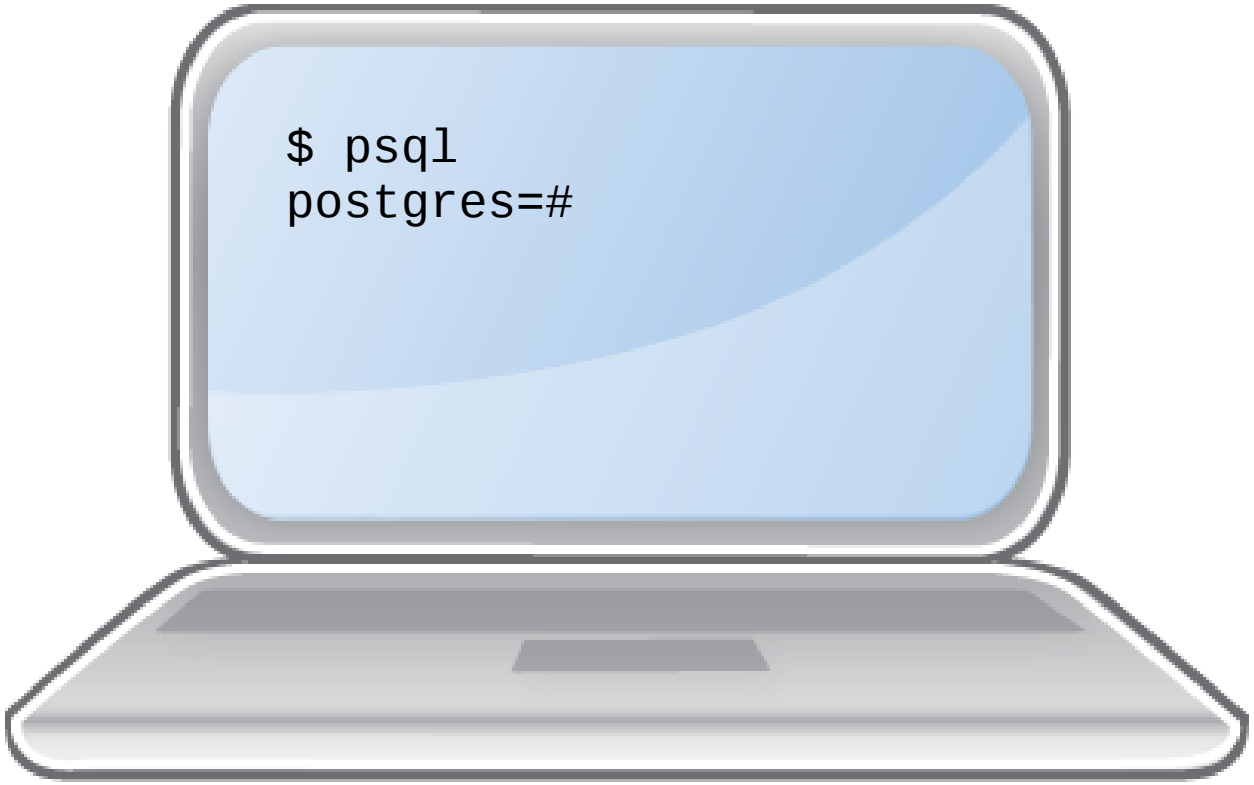
сброс части
грязных буферов

Обслуживающие процессы

сброс вытесняемого
грязного буфера



Демонстрация



Итоги

Буферный кэш существенно ускоряет работу, уменьшая число дисковых операций

Надежность обеспечивается журналированием

Размер журнала ограничен благодаря контрольным точкам

Журнал удобен и используется во многих случаях

- для восстановления после сбоя
- при резервном копировании
- для репликации между серверами

Практика

1. Средствами операционной системы найдите процессы, отвечающие за работу буферного кэша и журнала WAL.
2. Остановите PostgreSQL в режиме fast; снова запустите его. Просмотрите журнал сообщений сервера.
3. Остановите PostgreSQL в режиме immediate; снова запустите его. Просмотрите журнал сообщений сервера и сравните с предыдущим разом.

Авторские права
© Postgres Professional, 2017 год.
Авторы: Егор Рогов, Павел Лузанов

Использование материалов курса
Некоммерческое использование материалов курса (презентации, демонстрации) разрешается без ограничений. Коммерческое использование возможно только с письменного разрешения компании Postgres Professional. Запрещается внесение изменений в материалы курса.

Обратная связь
Отзывы, замечания и предложения направляйте по адресу:
edu@postgrespro.ru

Отказ от ответственности
Компания Postgres Professional не несет никакой ответственности за любые повреждения и убытки, включая потерю дохода, нанесенные прямым или непрямым, специальным или случайным использованием материалов курса. Компания Postgres Professional не предоставляет каких-либо гарантий на материалы курса. Материалы курса предоставляются на основе принципа «как есть» и компания Postgres Professional не обязана предоставлять сопровождение, поддержку, обновления, расширения и изменения.

Темы

Postgres PROFESSIONAL

Устройство буферного кэша

Алгоритм вытеснения

Журнал упреждающей записи

Контрольная точка

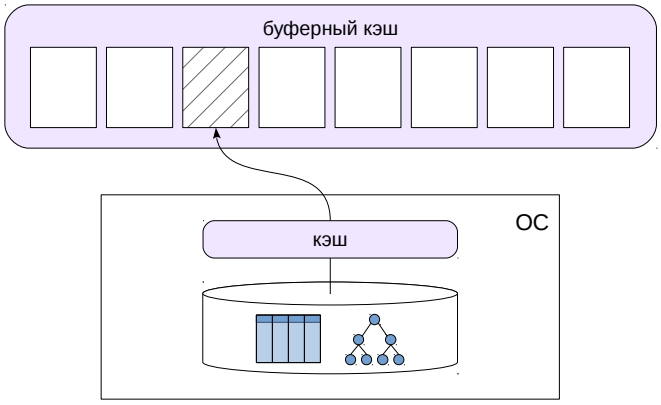
Процессы, связанные с буферным кэшем и журналом

Буферный кэш

Massив буферов в общей памяти

страница данных (обычно 8 КБ) + дополнительная информация

Блокировки для совместного доступа



3

Буферный кэш используется для сглаживания скорости работы оперативной памяти и дисков. Он состоит из массива буферов, которые содержат страницы данных и дополнительную информацию (например, имя файла и положение страницы внутри этого файла).

Размер страницы обычно составляет 8 КБ; размер можно изменить только при сборке PostgreSQL.

Любая работа со страницами данных проходит через буферный кэш. Если какой-либо процесс собирается работать со страницей, он в первую очередь пытается найти ее в кэше. Если ее нет, он обращается к операционной системе с просьбой прочитать эту страницу и помещает ее в буферный кэш. (Обратите внимание, что ОС может прочитать страницу с диска, а может обнаружить ее в собственном кэше.)

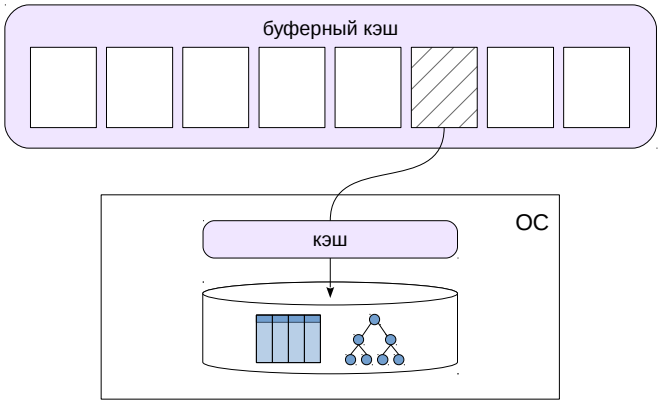
После того, как странице записана в буферный кэш, к ней можно обращаться многократно без накладных расходов на вызовы ОС.

Однако буферный кэш, как и другие структуры общей памяти, защищен блокировками для управления одновременным доступа. Хотя блокировки и реализованы эффективно, доступ к буферному кэшу далеко не так быстр, как простое обращение к оперативной памяти. Поэтому в общем случае чем меньше данных читает и изменяет запрос, тем быстрее он будет работать.

Вытеснение

Вытесняются страницы, используемые реже других

- место в буфере освобождается под другую страницу
- измененная страница («грязный буфер») сначала записывается на диск



Размер буферного кэша обычно не так велик, чтобы база данных помещалась в него целиком. Его ограничивают и доступная оперативная память, и возрастающие при его увеличении накладные расходы. Поэтому при чтении очередной страницы рано или поздно окажется, что место в буферном кэше закончилось. В этом случае применяется *вытеснение* страниц.

Алгоритм вытеснения выбирает в кэше страницу, которая в последнее время использовалась реже других, и заменяет ее новой. Если выбранная страница изменялась, то ее предварительно надо записать на диск, чтобы не потерять изменения (буфер, содержащий измененную страницу, называется «грязным»).

Такой алгоритм вытеснения называется LRU — Least Recently Used. Он сохраняет в кэше данные, с которыми происходит активная работа. Таких «горячих» данных обычно не так много, и при достаточном объеме буферного кэша получается существенно сократить количество обращений к ОС (и дисковых операций).

Журнал (WAL)

При сбое могут пропасть данные, не записанные на диск

- буферный кэш (страницы таблиц и индексов)
- буферы состояния транзакций (clog)
- буферы операционной системы

Журнал защищает данные в оперативной памяти

- поток информации о выполняемых действиях, позволяющей повторно выполнить потерянные при сбое операции
- запись попадает на диск раньше, чем измененные данные (синхронно или асинхронно)
- более эффективно, чем сразу записывать данные на диск

Наличие буферного кэша (и других буферов в оперативной памяти) увеличивает производительность, но уменьшает надежность. В случае сбоя в СУБД содержимое буферного кэша потеряется; если сбой произойдет в операционной системе (или на аппаратном уровне), то пропадет содержимое и буферов ОС.

Для обеспечения надежности PostgreSQL использует журналирование. При выполнении любой операции формируется запись, содержащая минимально необходимую информацию для того, чтобы операцию можно было выполнить повторно. Такая запись пишется на диск либо сразу, либо с небольшой задержкой, но в любом случае раньше, чем на диск попадают изменяемые операцией данные (поэтому журнал и называется *упреждающим*).

Чтобы журнальная запись не «застряла» в кэше операционной системы, выполняется вызов fsync: PostgreSQL полагается на то, что этот вызов гарантирует попадание данных на энергонезависимый носитель.

Механизм журналирования более эффективен, чем работа напрямую с диском без буферного кэша. Во-первых, размер журнальных записей меньше, чем размер целой страницы данных; во-вторых, журнал записывается строго последовательно (и не читается, пока не случится сбой), с чем вполне справляются простые HDD-диски.

На эффективность можно также влиять настройкой. Если запись происходит сразу (синхронно), гарантируется, что зафиксированная транзакция не пропадет. Однако отложенная (асинхронная) запись позволяет увеличить производительность.

Контрольная точка

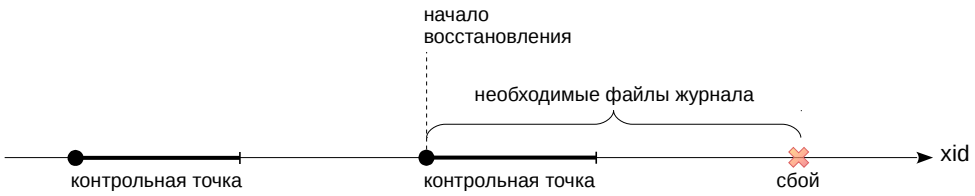
Postgres PROFESSIONAL

Периодический сброс всех грязных буферов на диск

- гарантирует попадание на диск всех изменений до контрольной точки
- ограничивает размер журнала, необходимого для восстановления

Восстановление при сбое

- начинается с последней контрольной точки
- последовательно проигрываются записи, если изменений нет на диске



При запуске PostgreSQL после сбоя сервер входит в режим восстановления. На диске в это время находится несогласованная информация: одни страницы были записаны в одно время, другие — в другое.

Чтобы восстановить согласованность, PostgreSQL читает журнал WAL и последовательно проигрывает каждую журнальную запись, если соответствующее изменение не попало на диск. Таким образом восстанавливаются все транзакции, кроме тех, запись о фиксации которых не успела попасть в журнал.

Однако объем журнала за время работы сервера может достигать гигантских размеров. Хранить его целиком и целиком просматривать при сбое совершенно не реально. Поэтому СУБД периодически выполняет *контрольную точку:* принудительно сбрасывает на диск все грязные буферы (включая состояние транзакций). Это гарантирует, что изменения всех транзакций до момента контрольной точки находятся на диске.

Контрольная точка может занимать много времени, и это нормально. Собственно «точка», о которой мы говорим как о моменте времени — это начало процесса. Но точка считается выполненной только после того, как записаны *все* грязные буферы, которые имелись на момент начала процесса.

Восстановление после сбоя начинается с ближайшей контрольной точки, что позволяет хранить только файлы журнала, записанные с момента последней пройденной контрольной точки.

Основные процессы

Запись журнала

Контрольная точка

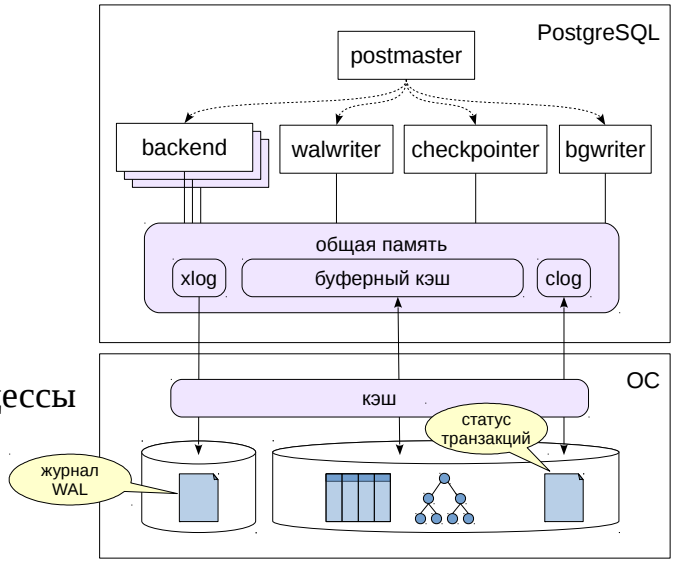
сброс всех грязных буферов

Фоновая запись

сброс части грязных буферов

Обслуживающие процессы

сброс вытесняемого грязного буфера



Вернемся к иллюстрации из темы «Архитектура» и уточним несколько фоновых служебных процессов, связанных с обслуживанием буферного кэша и журнала.

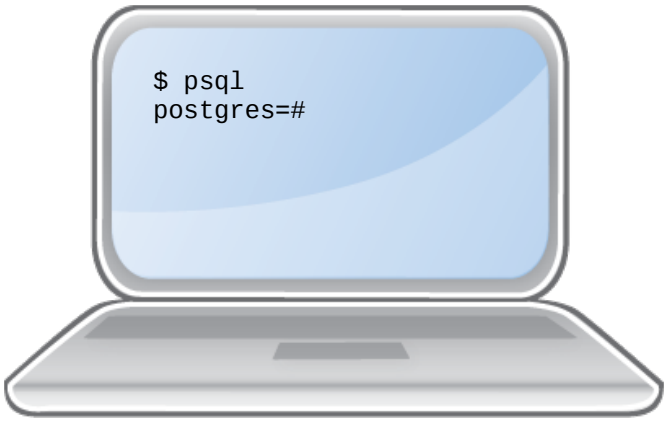
Во-первых, это процесс walwriter, занимающийся асинхронной записью журнала на диск. При синхронном режиме журнальные записи пишет тот процесс, который выполняет фиксацию транзакции.

Во-вторых, процесс контрольной точки checkpointer, работу которого мы только что рассмотрели.

В-третьих, процесс фоновой записи bgwriter (или просто writer). Этот процесс похож на процесс контрольной точки, но записывает только часть грязных буферов, причем те, которые с большой вероятностью будут вытеснены в ближайшее время. Таким образом, когда обслуживающему процессу понадобится буфер, он скорее всего найдет его не грязным и не будет терять время на сброс буфера на диск.

И в-четвертых, обслуживающие процессы, читающие данные в буферный кэш. Если, несмотря на работу процессов контрольной точки и фоновой записи, вытесняемый буфер окажется грязным, обслуживающий процесс самостоятельно запишет его на диск.

Демонстрация



Итоги

Буферный кэш существенно ускоряет работу,
уменьшая число дисковых операций

Надежность обеспечивается журналированием

Размер журнала ограничен благодаря контрольным точкам

Журнал удобен и используется во многих случаях

- для восстановления после сбоя
- при резервном копировании
- для репликации между серверами

Практика

1. Средствами операционной системы найдите процессы, отвечающие за работу буферного кэша и журнала WAL.
2. Остановите PostgreSQL в режиме fast; снова запустите его. Просмотрите журнал сообщений сервера.
3. Остановите PostgreSQL в режиме immediate; снова запустите его. Просмотрите журнал сообщений сервера и сравните с предыдущим разом.