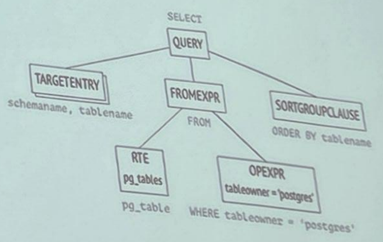
Этапы выполнения запроса

Лексический разбор

- На этом этапе сервер принимает SQL-текст запроса и анализирует его на наличие синтаксических ошибок. Результатом является дерево разбора (parse tree), представляющее структуру запроса.



Этапы выполнения запроса

Семантический разбор

- Заменяет представления на их определения или обрабатывает правила, определённые для таблиц.
- Проверка прав у пользователя к этим объектам.
- Вся необходимая для семантического анализа информация хранится в системном каталоге.
- Семантический анализатор получает от синтаксического анализатора дерево разбора и перестраивает его, дополняя ссылками на конкретные объекты базы данных, указанием типов данных и другой информацией.

Этапы выполнения запроса

Планирование

- Любой запрос можно выполнить разными способами.
- План выполнения также представляется в виде дерева, но его узлы содержат не логические, а физические операции над данными.
- Текстовое представление плана выводит команда EXPLAIN

Этапы выполнения запроса

Планирование

- Планировщик (planner) принимает переписанное дерево запроса и генерирует один или несколько вариантов выполнения запроса.
- Оптимизатор оценивает стоимость каждого варианта плана, используя статистические данные о таблицах, и выбирает наиболее выгодный план.

Этапы выполнения запроса

планы

- Количество возможных планов экспоненциально зависит от количества соединяемых таблиц.
- Для сокращения пространства перебора традиционно используется алгоритм динамического программирования в сочетании с некоторыми эвристиками.
- Точное решение задачи оптимизации не гарантирует, что найденный план действительно будет лучшим.

Этапы выполнения запроса

Общие и частные планы

```
=> EXECUTE plane('763');
=> EXECUTE plane('773');
=> EXPLAIN EXECUTE plane('319');
----------------------------------------------------------------
                           QUERY PLAN
 Seq Scan on aircrafts_data ml  (cost=0.00..1.39 rows=1 width=52)
   Filter: ((aircraft_code)::text = '319'::text)
(2 rows)
```

```
=> EXECUTE plane('320');
=> EXPLAIN EXECUTE plane('321');
----------------------------------------------------------------
                           QUERY PLAN
 Seq Scan on aircrafts_data ml  (cost=0.00..1.39 rows=1 width=52)
   Filter: ((aircraft_code)::text = $1)
(2 rows)
```

Этапы выполнения запроса

Выполнение

- После выбора оптимального плана исполнитель запускает последовательность операций, предусмотренных планом. Он последовательно проходит по узлам плана.
- При выполнении запросов осуществляется доступ к данным через буферный менеджер, который минимизирует количество операций ввода-вывода на диск.
- Если запрос рассчитан на параллельное выполнение, результат собирается из нескольких рабочих процессов и объединяется в итоговый набор данных.

Статистика

Определение

- это набор данных, который собирается системой для оценки распределения значений в таблицах и столбцах, что затем используется планировщиком запросов для выбора наиболее эффективного плана выполнения.

Статистика

Хранение

- PostgreSQL хранит собранную статистику в системной таблице pg_statistic
- Прямой доступ к pg_statistic обычно не требуется, и для просмотра статистики чаще используют представление pg_stats
- Это публичное представление, которое предоставляет информацию из pg_statistic в удобном для чтения виде, без избыточных деталей, доступных только суперпользователям.
- Базовая статистика уровня отношения хранится в таблице pg_class

Статистика
Данные

- reltuples: число кортежей в отношении.
- n_distinct: оценка количества уникальных значений.
- most_common_vals и most_common_freqs: список наиболее часто встречающихся значений и их частоты.
- histogram_bounds: границы гистограммы распределения значений, которые используются для оценки селективности диапазонных запросов.
- correlation: оценка корреляции между порядком значений в столбце и порядком их хранения.
- null_frac: Доля неопределенных значений

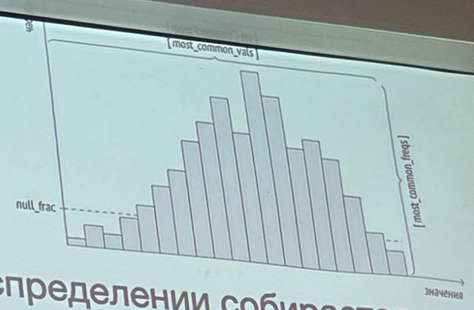
Статистика

Сбор статистики

- Статистика собирается при анализе, ручном или автоматическом. Однако ввиду особой важности базовая статистика рассчитывается также при выполнении некоторых операций (VACUUM FULL и CLUSTER, CREATE INDEX и REINDEX) и уточняется при очистке.
- Для анализа случайно выбираются 300 × default_statistics_target строк. Поскольку размер выборки, достаточной для построения статистики заданной точности, слабо зависит от объема анализируемых данных, размер таблицы не учитывается.

Статистика

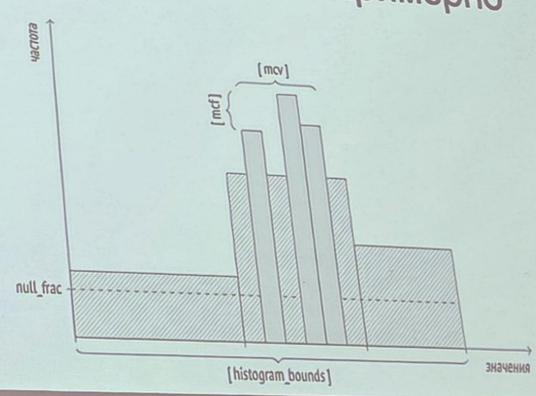
pg_stats



- Для уточнения оценки при неравномерном распределении собирается статистика по наиболее часто встречающимся значениям и частоте их появления. Представление pg_stats показывает два этих массива в столбцах most_common_vals и most_common_freqs.
- Список частых значений используется и для оценки селективности условий с неравенствами. Например, для условия вида «столбец < значение» надо найти в most_common_vals все значения, меньшие искомого, и просуммировать частоты из most_common_freqs.

Статистика
pg_stats

- Когда число различных значений слишком велико, чтобы записать их в массив, на помощь приходит гистограмма. Гистограмма состоит из нескольких корзин, в которых хранится диапазон. Количество корзин ограничено все тем же параметром default_statistics_target.
- Ширина корзин выбирается так, чтобы в каждую попало примерно одинаковое количество значений

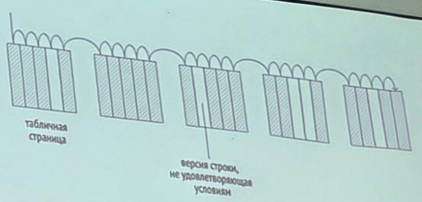


Статистика
pg_stats

- Поле correlation представления pg_stats показывает корреляцию между физическим расположением данных и логическим порядком в смысле операций сравнения. Если значения хранятся строго по возрастанию, корреляция будет близка к единице; если по убыванию — к минус единице. Чем более хаотично расположены данные на диске, тем ближе значение к нулю.
- Корреляция используется для оценки стоимости индексного сканирования.

Табличные методы доступа

Последовательное сканирование

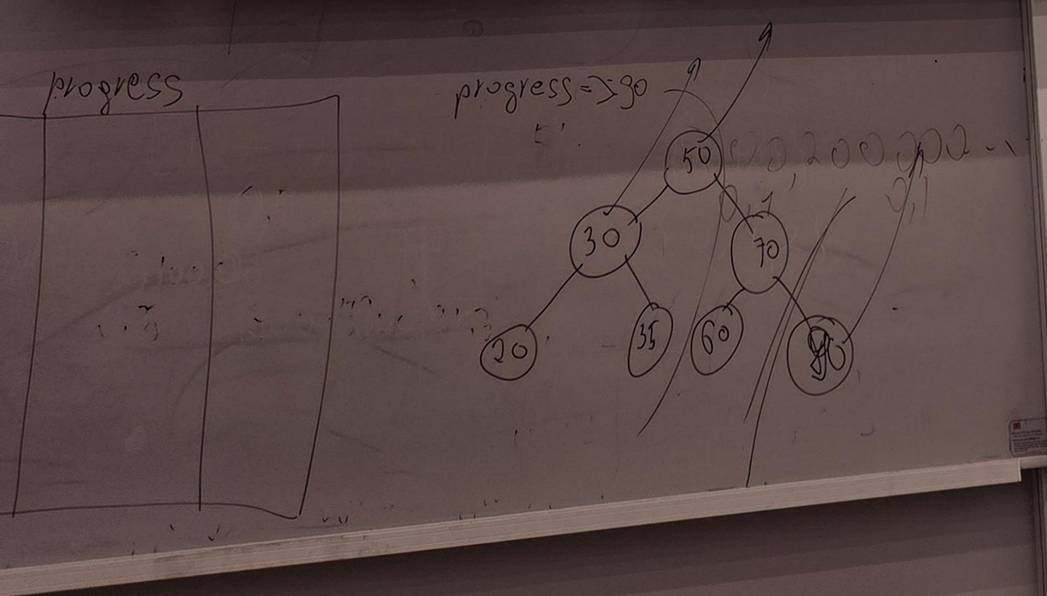


- полностью читается файл основного слоя таблицы. На каждой прочитанной странице проверяется видимость каждой версии строки
- Чтение происходит через буферный кеш; чтобы большие таблицы не вытесняли полезные данные. При этом другие процессы, одновременно сканирующие ту же таблицу, присоединяются к кольцу и тем самым экономят операции дисковых чтений. Поэтому в общем случае сканирование может стартовать не с начала файла.
- Последовательное сканирование — самый эффективный способ прочитать всю таблицу или значительную ее часть. Иными словами, последовательное сканирование хорошо работает при низкой селективности.

Табличные методы доступа

Последовательное сканирование

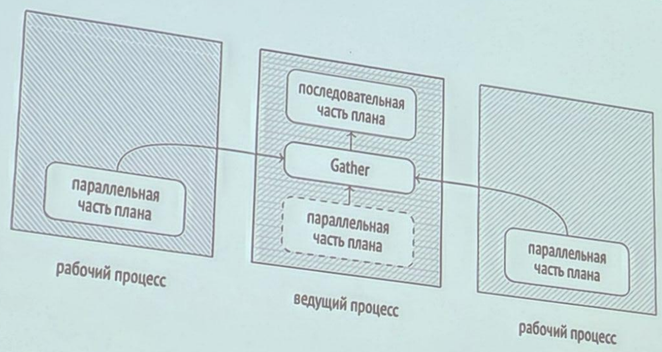
- В оценке стоимости оптимизатор учитывает две составляющие: дисковый ввод-вывод и ресурсы процессора
- Стоимость ввода-вывода рассчитывается как произведение числа страниц в таблице на стоимость чтения одной страницы, при условии что страницы читаются последовательно.
- Соотношение по умолчанию подходит для HDD-дисков; для накопителей SSD имеет смысл существенно уменьшить значение параметра random_page_cost (значение seq_page_cost, как правило, не трогают, оставляя единицу в качестве опорного значения).
- Оценка ресурсов процессора учитывает стоимость обработки каждой версии строки (которая определяется для планировщика значением параметра cpu_tuple_cost):
- Если на сканируемую таблицу наложены условия, они отображаются в плане запроса под узлом Seq Scan в секции Filter. Оценка числа строк будет учитывать селективность этих условий, а оценка стоимости — затраты на их вычисления.



Табличные методы доступа

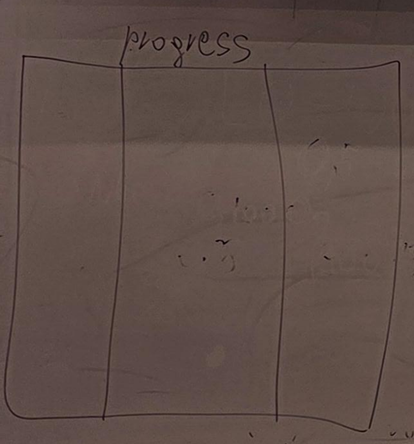
Parallel Seq Scan — «параллельное последовательное сканирование».

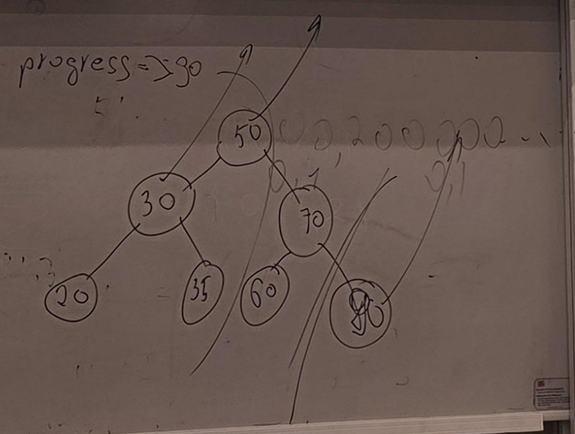
- чтение выполняется несколькими параллельно работающими процессами. Процессы синхронизируются между собой с помощью специально отведенного участка общей памяти, чтобы не прочитать одну и ту же страницу дважды.



Gather

- собирает результаты от параллельных рабочих процессов.
- Gather Merge: В этом случае параллельные рабочие процессы выполняют сортировку локально, а Gather Merge объединяет отсортированные потоки, гарантируя, что итоговый результат также будет отсортирован без выполнения дополнительной сортировки на этапе объединения.

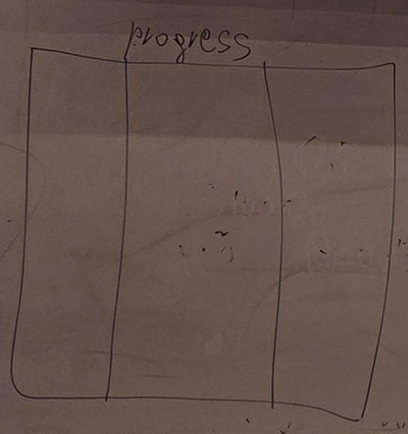


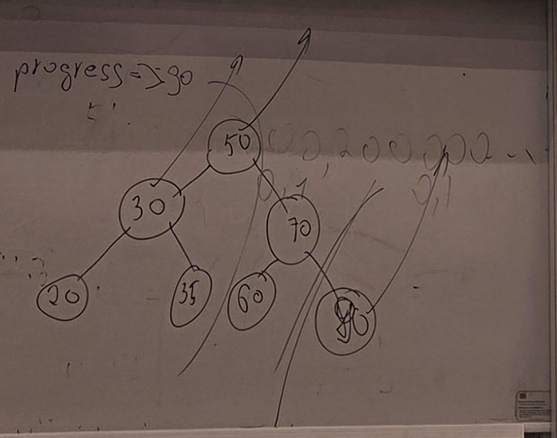


Табличные методы доступа

Сканирование только индекса

- Операция представляется в плане запроса узлом Index Only Scan
- На оценку сканирования только индекса влияет доля табличных страниц, отмеченных в карте видимости.

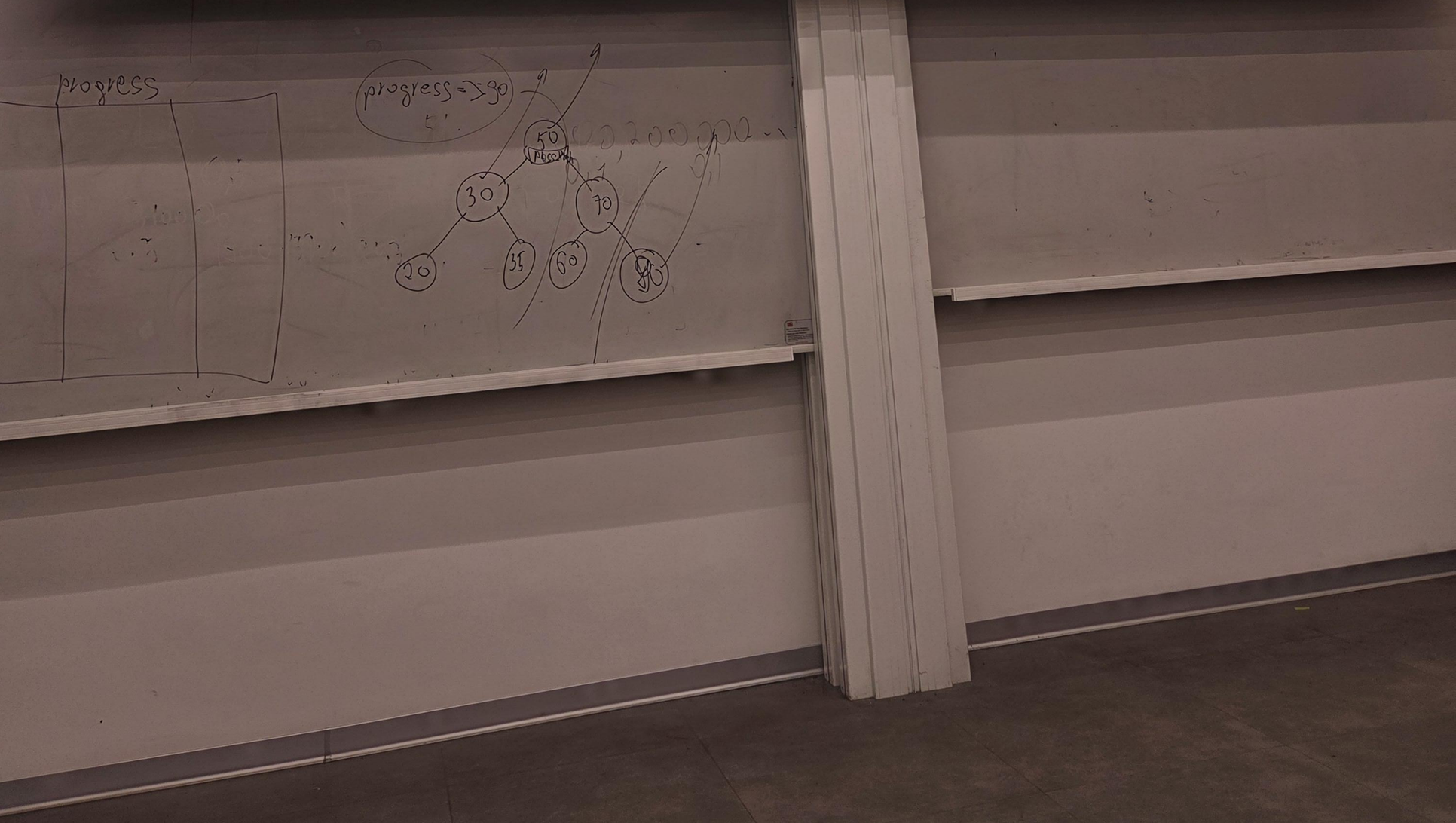




Табличные методы доступа

Сканирование по битовой карте

- Ограничение индексного сканирования связано с тем, что при уменьшении корреляции увеличивается количество обращений к страницам, а характер чтения меняется с последовательного на случайный.



Bitmap Index Scan

- PostgreSQL использует обычные индексы для получения списка идентификаторов строк (TIDs), удовлетворяющих условию запроса. Вместо того, чтобы сразу возвращать строки, создает битовую карту.
- Когда запрос использует несколько условий, можно создать битовые карты для каждого условия, а затем объединить их.

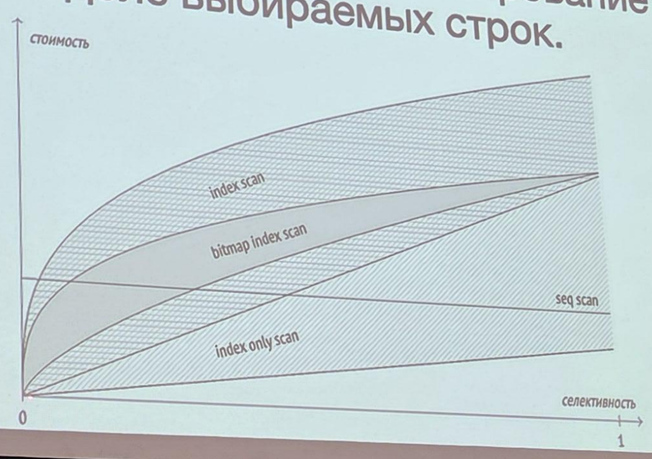
Bitmap Heap Scan

- После формирования битовой карты, осуществляет выборку строк из таблицы, не просматривая всю таблицу последовательно, а точно зная, какие строки нужно извлечь.
- Такой подход позволяет значительно сократить число операций ввода-вывода, особенно когда итоговый набор строк невелик.

Табличные методы доступа

Сравнение методов доступа

- Зависимость стоимости различных методов доступа от селективности условий можно представить следующим образом
- Стоимость индексного сканирования сильно зависит от корреляции. При идеальной корреляции индексное сканирование эффективно даже при довольно большой доле выбираемых строк.



Виды и способы соединений

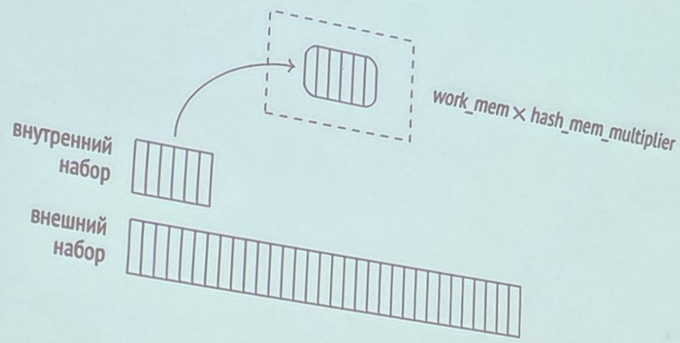
Соединение вложенным циклом

- эффективность соединения вложенным циклом влияет нескольких условий: кардинальность внешнего набора строк, наличие метода доступа ко внутреннему набору, позволяющего эффективно получить нужные строки, повторные обращения к одним и тем же строкам внутреннего набора.
- В общем случае полная стоимость соединения складывается: из стоимости получения всех строк внешнего набора, однократной стоимости первоначального получения всех строк внутреннего набора (в ходе которого выполняется материализация), (N–1) кратной стоимости повторного получения строк внутреннего набора, стоимости обработки каждой строки результата.

Виды и способы соединений

Соединение хешированием

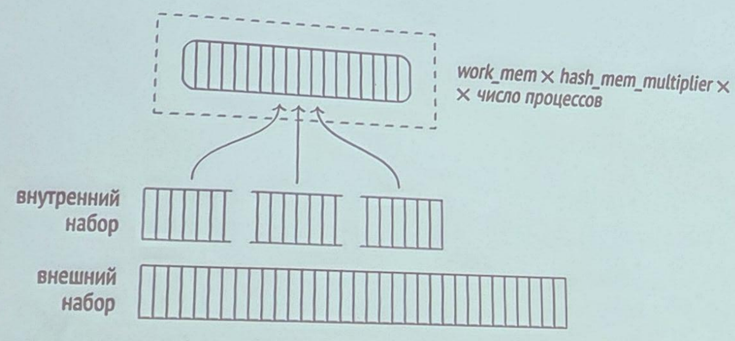
- Реализация использует динамически расширяемую хеш-таблицу с разрешением коллизий с помощью цепочек, как для буферного кеша.

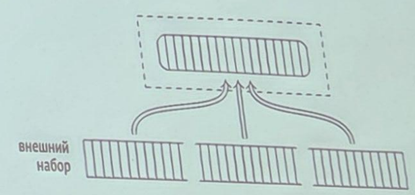


Виды и способы соединений

Соединение хешированием в параллельных планах

- Соединение хешированием очень эффективно для больших наборов данных. При наличии достаточного объема оперативной памяти оно требует однократного просмотра двух наборов данных, то есть имеет линейную сложность.
-

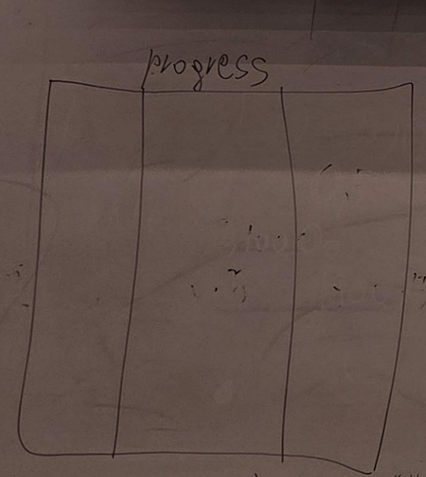


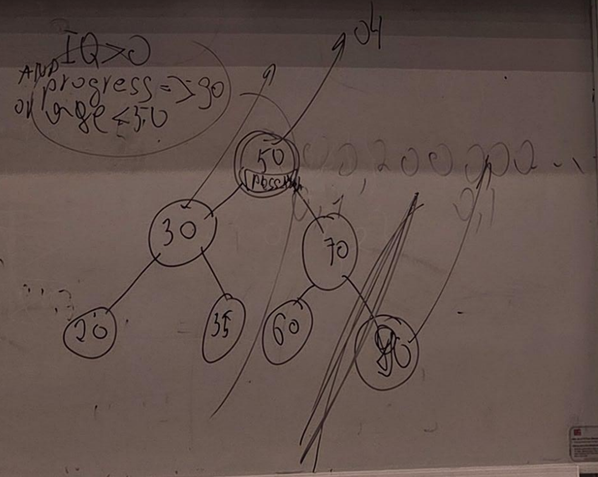


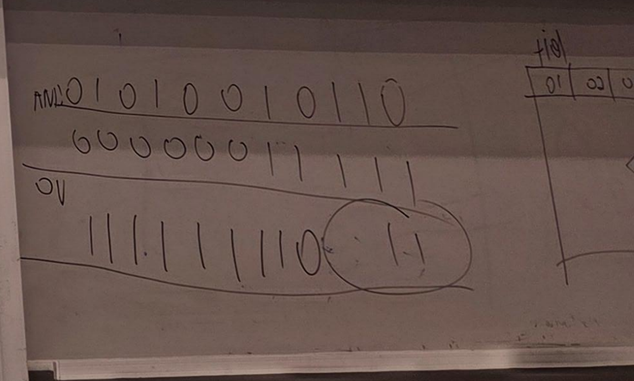
Виды и способы соединений

Соединение хешированием в параллельных планах

- Соединение слиянием работает для наборов данных, отсортированных по ключу соединения, и возвращает отсортированный же результат. Входной набор может оказаться уже отсортированным в результате индексного сканирования, или он может быть отсортирован явно.
- Используется Быстрая сортировка, Частичная пирамидальная сортировка, внешняя сортировка слиянием.

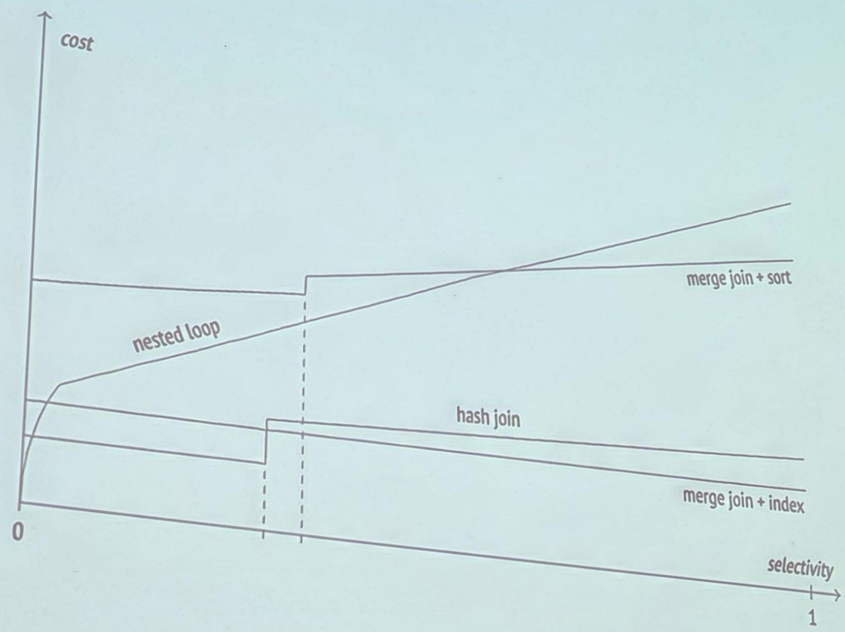






Виды и способы соединений

Сравнение



Сортировки

- PostgreSQL использует quicksort, чтобы выполнить операцию в оперативной памяти. Размер выделенной памяти для сортировки контролируется параметром work_mem.
- Если объем данных превышает значение work_mem, PostgreSQL может производить сортировку с временным сохранением промежуточных результатов на диске.
- В новых версиях PostgreSQL поддерживается параллельное выполнение операций сортировки.

CTE

- Идея была в том, что если какой-то вложенный подзапрос используется в запросе несколько раз, то его можно определить как общее табличное выражение и ссылаться на него столько раз, сколько потребуется. В этом случае PostgreSQL вычислит результаты только один раз и повторно использует их при повторных обращениях.

Shared buffers

- Представляют собой оперативную память, где PostgreSQL хранит копии страниц таблиц и индексов. Когда запрос требует доступ к данным, сервер сначала ищет их в этом кэше. Если страница найдена (hit), запрос выполняется быстрее, чем в случае обращения к диску.

Explain

- Тип операций (узлов) плана
- Оценки стоимости (cost). cost=START_COST..END_COST
- Оценка количества строк
- Размер данных (width)
- Параллельное выполнение
- Фактическое время выполнения. Время, затраченное на выполнение каждой операции.
- Фактическое количество строк. Сколько строк реально обработано на каждом этапе.
- Число циклов/итераций