

Индексы

Организация хранения БД

- Таблица – файл
- Таблица – много файлов
- Файл – много таблиц
- БД – много файлов
- Firebird - ODS (On-Disk Structure)

Кластерные и не кластерные

- Способ организации
- Количество для одной таблицы
- Скорость доступа по условию
- Скорость при обновлении
- Фрагментация при удалении

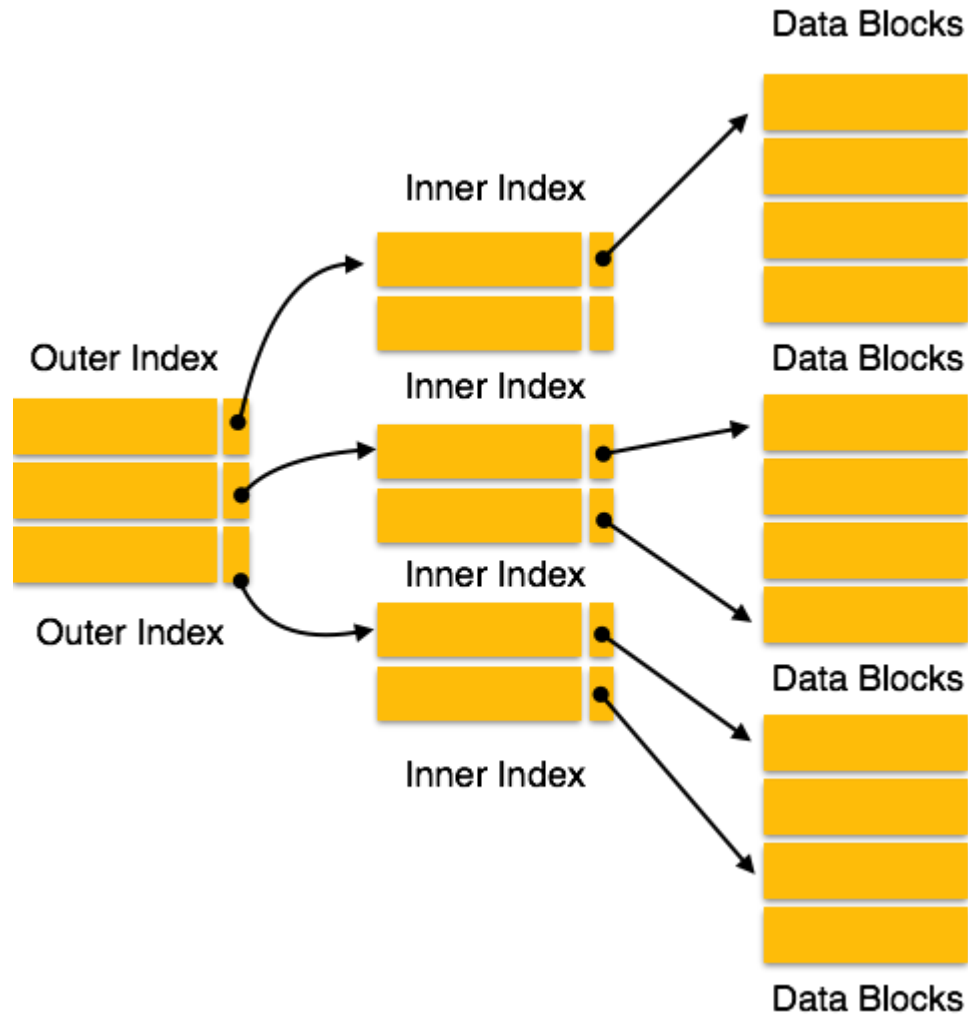
Плотные и разреженные (dense / sparse)

•

China	● →	China	Beijing	3,705,386
Canada	● →	Canada	Ottawa	3,855,081
Russia	● →	Russia	Moscow	6,592,735
USA	● →	USA	Washington	3,718,691

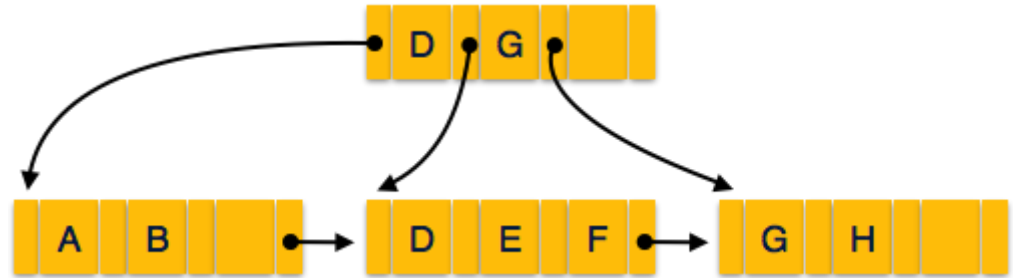
China	● →	China	Beijing	3,705,386
Russia	● ↘	Canada	Ottawa	3,855,081
USA	● ↘	Russia	Moscow	6,592,735
	● ↘	USA	Washington	3,718,691

Многоуровневые



Реализация

- Индексы могут быть реализованы различными структурами
 - B* - деревья
 - B+ - деревья
 - B-деревья
 - хеш-таблицы.



Составные индексы

- Важна последовательность столбцов
- Несколько индексов не должны дублировать друг друга

Table : [JOB] : Employee_2_1 (C:\Programme\Firebird\Firebird_2_1\EMPLOYEE.FDB)

Table | Fields | Constraints | Indices | Dependencies | Triggers | Data | Master/Detail View | Description | DDL | Grants | Logging | Comparison | To-do

1.Primary key | 2.Foreign keys | 3.Checks | 4.Uniques

Constraint Name	On Field	Index Name	Index Sorting
INTEG_10	JOB_CODE, JOB_GRADE, JOB_COUNTRY	RDB\$PRIMARY2	Ascending

Производительность

- Ни одно доброе дело не должно оставаться безнаказанным
- Увеличение количества индексов замедляет операции обновления
- Не кластерный индекс может требовать последовательные данные с разных страниц
- Для индексов требуется дополнительное место

Стратегия доступа

- Найти узел в индексе
- Прочитать данные
- Проблемы
 - переключение страниц: индекс/данные
 - перечитывание страниц с данными

Firebird

- Firebird поддерживает только один тип индекса: b-дерево
- Используются только не кластерные индексы
- Индексы могут быть
 - уникальными или неуникальными (позволять дубликаты);
 - построенными на одиночном или составном ключе;
 - упорядоченными по возрастанию или убыванию

Размещение индекса и стратегия доступа (Firebird)

- сохраняет записи на страницах данных. Индексы хранятся на страницах индексов и содержат местоположение записи.
- собирает месторасположение записей из индекса, строит битовую карту расположения записей, и затем читает записи в порядке, в котором они физически хранятся.
- может использовать несколько индексов для одной таблицы, соединяя битовые карты (И/ИЛИ).

Размещение индекса и стратегия доступа (Firebird)

- Битовая карта представляет собой разреженный битовый массив, где каждый бит соответствует конкретной записи и наличие единицы в нем является указанием для выборки данной записи. Особенность данного решения состоит в том, что битовая карта по определению отсортирована по номерам записей.

Размещение индекса и стратегия доступа (Firebird)

- Битовый массив служит основой для последовательного доступа через идентификатор записи.
- Чтение из таблицы идет в физическом порядке расположения страниц, как и при полном сканировании, то есть каждая страница будет прочитана только один раз.
- Таким образом простота реализации индекса тут сочетается с максимально эффективным доступом к записям.

Индексы и версионность

- Неверсионные базы данных выполняют некоторые запросы (например, count), путем чтения индекса, без фактического чтения данных
- Единственный способ узнать в версионной базе, представляет ли индекс данные, видимые для данной транзакции, состоит в том, чтобы прочесть непосредственно саму запись.

Представление индексных ключей

- Firebird преобразовывает все ключи индекса в формат, пригодный для побайтового сравнения
- Для недвоичных данных определяются последовательности сопоставления (collation)
- При выполнении индексного поиска, Firebird преобразует входной параметр в тот же самый формат, что и хранимый ключ. Различия в скорости между индексами на полях с типами данных строка, число и дата нет.

Представление индексных ключей

- Ключи индекса Firebird всегда хранятся со сжатием

Представление индексных ключей

- Сжатие суффикса

"abc□□□"	"def"	"ghi"
"abc□□□"	"defg"	"hi"
"abcdefghi"	"□□"	" "

после сжатия

abc□1def□2ghi□3

abc□1defg2hi□□3

abcd1efgh1i□□□1□□□□2□□□□3

Представление индексных ключей

- Сжатие префикса

abc□1def□2ghi□3

abc□1def□2t□□□3

abcd1efgh1i□□□1□□□□2□□□□3

после сжатия

0abc□1def□2ghi□3

8t □□□3

3d1efgh1i□□□1□□□□2□□□□3

Память/быстродействие

- Можно ограничить объем ОЗУ занимаемый сервером при работе с одной БД. Важно, чтобы ОЗУ хватало для размещения индексных страниц.
- При добавлении и обновлении данных реорганизация страниц с данными не происходит (перестроение индекса не приводит к значительным замедлениям)

Синтаксис

```
CREATE [UNIQUE] [ASC[ENDING] |  
DESC[ENDING]] INDEX <имя индекса> ON  
<таблица> (<столбец> [, <столбец>] ...);
```

При создании индекса вместо одного или нескольких столбцов вы также можно указать одно выражение, используя предложение COMPUTED BY

ALTER INDEX

- ALTER INDEX name {ACTIVE | INACTIVE};

Перевод индекса в активное/неактивное состояние, перестройка индекса

Невозможно перевести в неактивное состояние индекс участвующий в ограничении

Ограничения

- Максимальная длина ключа индекса ограничена $1/4$ размера страницы
- Для каждой таблицы максимально возможное количество индексов ограничено и зависит от размера страницы и количества столбцов в индексе

Селективность

- Селективность (избирательность) индекса — это оценочное количество строк, которые могут быть выбраны при поиске по каждому значению индекса
- Актуальность селективности индекса важна для выбора наиболее оптимального плана выполнения запросов оптимизатором

Сбор статистики

```
SET STATISTICS INDEX name;
```

Статистика индекса - это величина в пределах от 0 до 1, значение которой зависит от числа различных (неодинаковых) записей в индексе.

Оптимизатор использует статистику для определения эффективности применения того или иного индекса в запросе

Table : [EMPLOYEE] : localhost:C:\Program Files\Firebird\Firebird_2_5\examples\empbuild\EMPLOYEE...

Table | ⚡ | ✓ | ✗ | 📅 | 📅 | 🖨️ | 🌸 | 📁 | 📁 | 📁 | Get record count | EMPLOYEE

Fields | Constraints | **Indices** | Dependencies | Triggers | Data | Master/Detail View | Description | DDL | Grants | Logging

PK	Index	On field	Expression	Unique	Active	Sorting	Statistics
	NAMEX	LAST_NAME, FIRST_NAME		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,023809524...
	RDB\$FOREIGN8	DEPT_NO		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,052631579...
	RDB\$FOREIGN9	JOB_CODE, JOB_GRADE, JOB_COUNTRY		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,037037037...
	RDB\$PRIMARY7	EMP_NO		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,023809524...

Description of index

⏪ | ⏩

Database Statistics : localhost:C:\Program Files\Firebird\Firebird_2_5\examples\tempbuild\EMPLOYEE.FDB (C:\Program Files\Firebird\Firebird_2_5\examples\tempbuild\EMPLOYEE.FDB)

localhost:C:\Program Files\Firebird\Firebird_2_5\examples\tempbuild\EMPLOYEE.FDB Retrieve all statistics

Analyze average record and version length (FB 1.5, IB 7)

Text Tables **Indices** Options

Display: All indices Update selectivity (SET STATISTICS)

Drag a column header here to group by that column

General													Fill distribution				
Index Name	Table	Fields	Unique	Active	Sorting	Selectivity	Real Selectivity	Depth	Leaf Buck...	Nodes	Avg D...	Total Dup	Max Dup	0 - 19 %	20 - 39 %	40 - 59 %	60 - 79 %
RDB\$PRIMARY1	COUNTRY	COUNTRY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,07143	0,07143	1	1	14	6,50	0	0	1	0	0	
CUSTNAMEX	CUSTOMER	CUSTOMER	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,06667	0,06667	1	1	15	15,87	0	0	1	0	0	
CUSTREGION	CUSTOMER	COUNTRY, CITY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,06667	0,06667	1	1	15	17,27	0	0	1	0	0	
RDB\$FOREIGN23	CUSTOMER	COUNTRY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,09091	1	1	15	4,87	4	4	1	0	0	
RDB\$PRIMARY22	CUSTOMER	CUST_NO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,06667	1	1	15	1,13	0	0	1	0	0	
BUDGETX	DEPARTMENT	BUDGET	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Descending	0,07143	0,07143	1	1	21	5,38	7	3	1	0	0	
RDB\$4	DEPARTMENT	DEPARTMENT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,04762	0,04762	1	1	21	13,95	0	0	1	0	0	
RDB\$FOREIGN10	DEPARTMENT	MNGR_NO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,05556	0,05556	1	1	21	1,14	3	3	1	0	0	
RDB\$FOREIGN6	DEPARTMENT	HEAD_DEPT	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,12500	0,12500	1	1	21	0,81	13	4	1	0	0	
RDB\$PRIMARY5	DEPARTMENT	DEPT_NO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,04762	0,04762	1	1	21	1,71	0	0	1	0	0	
NAMEX	EMPLOYEE	LAST_NAME, FIRST_NAME	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,02381	0,02381	1	1	42	15,52	0	0	0	1	0	
RDB\$FOREIGN8	EMPLOYEE	DEPT_NO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,05263	0,05263	1	1	42	0,81	23	4	1	0	0	
RDB\$FOREIGN9	EMPLOYEE	JOB_CODE, JOB_GRADE, JOB_CO...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,03704	0,03704	1	1	42	6,79	15	4	1	0	0	
RDB\$PRIMARY7	EMPLOYEE	EMP_NO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,02381	0,02381	1	1	42	1,31	0	0	1	0	0	
RDB\$FOREIGN15	EMPLOYEE_PROJECT	EMP_NO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,04545	1	1	28	1,04	6	2	1	0	0	
RDB\$FOREIGN16	EMPLOYEE_PROJECT	PROJ_ID	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,20000	1	1	28	0,86	23	9	1	0	0	
RDB\$PRIMARY14	EMPLOYEE_PROJECT	EMP_NO, PROJ_ID	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,03571	1	1	28	9,11	0	0	1	0	0	
RDB\$PRIMARY27	IBE\$VERSION_HISTORY	IBE\$VH_ID	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,00000	1	1	0	0,00	0	0	1	0	0	
MAXSALX	JOB	JOB_COUNTRY, MAX_SALARY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Descending	0,03846	0,03846	1	1	31	10,90	5	1	1	0	0	
MINSALX	JOB	JOB_COUNTRY, MIN_SALARY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,04167	0,04167	1	1	31	10,29	7	2	1	0	0	
RDB\$FOREIGN3	JOB	JOB_COUNTRY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,14286	0,14286	1	1	31	1,39	24	20	1	0	0	
RDB\$PRIMARY2	JOB	JOB_CODE, JOB_GRADE, JOB_CO...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,03226	0,03226	1	1	31	10,45	0	0	1	0	0	
PRODTYPEX	PROJECT	PRODUCT, PROJ_NAME	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,16667	0,16667	1	1	6	22,50	0	0	1	0	0	
RDB\$11	PROJECT	PROJ_NAME	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,16667	0,16667	1	1	6	13,33	0	0	1	0	0	
RDB\$FOREIGN13	PROJECT	TEAM_LEADER	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,16667	0,16667	1	1	6	1,33	0	0	1	0	0	
RDB\$PRIMARY12	PROJECT	PROJ_ID	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,16667	0,16667	1	1	6	4,83	0	0	1	0	0	
RDB\$FOREIGN18	PROJ_DEPT_BUDGET	DEPT_NO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,11111	1	1	24	0,71	15	5	1	0	0	
RDB\$FOREIGN19	PROJ_DEPT_BUDGET	PROJ_ID	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,20000	1	1	24	1,00	19	8	1	0	0	
RDB\$PRIMARY17	PROJ_DEPT_BUDGET	FISCAL_YEAR, PROJ_ID, DEPT_NO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,00000	0,04167	1	1	24	6,83	0	0	1	0	0	
CHANGEX	SALARY_HISTORY	CHANGE_DATE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Descending	0,33333	0,33333	1	1	49	0,31	46	21	1	0	0	
RDB\$FOREIGN21	SALARY_HISTORY	EMP_NO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ascending	0,03030	0,03030	1	1	49	0,90	16	2	1	0	0	