一、索引

B+ Tree 原理

1. 数据结构

B Tree 指的是 Balance Tree，也就是平衡树。平衡树是一颗查找树，并且所有叶子节点位于同一层。

B+ Tree 是基于 B Tree 和叶子节点顺序访问指针进行实现，它具有 B Tree 的平衡性，并且通过顺序访问指针来提高区间查询的性能。

在 B+ Tree 中，一个节点中的 key 从左到右非递减排列，如果某个指针的左右相邻 key 分别是 keyi 和 keyi+1，且不为 null，则该指针指向节点的所有 key 大于等于 keyi 且小于等于 keyi+1。

2. 操作

进行查找操作时，首先在根节点进行二分查找，找到一个 key 所在的指针，然后递归地在指针所指向的节点进行查找。直到查找到叶子节点，然后在叶子节点上进行二分查找，找出 key 所对应的 data。

插入删除操作会破坏平衡树的平衡性，因此在插入删除操作之后，需要对树进行一个分裂、合并、旋转等操作来维护平衡性。

3. 与红黑树的比较

红黑树等平衡树也可以用来实现索引，但是文件系统及数据库系统普遍采用 B+ Tree 作为索引结构，主要有以下两个原因：

（一）更少的查找次数

平衡树查找操作的时间复杂度和树高 h 相关，O(h)=O(logdN)，其中 d 为每个节点的出度。

红黑树的出度为 2，而 B+ Tree 的出度一般都非常大，所以红黑树的树高 h 很明显比 B+ Tree 大非常多，查找的次数也就更多。

（二）利用磁盘预读特性

为了减少磁盘 I/O 操作，磁盘往往不是严格按需读取，而是每次都会预读。预读过程中，磁盘进行顺序读取，顺序读取不需要进行磁盘寻道，并且只需要很短的旋转时间，速度会非常快。

操作系统一般将内存和磁盘分割成固定大小的块，每一块称为一页，内存与磁盘以页为单位交换数据。数据库系统将索引的一个节点的大小设置为页的大小，使得一次 I/O 就能完全载入一个节点。并且可以利用预读特性，相邻的节点也能够被预先载入。

MySQL 索引

索引是在存储引擎层实现的，而不是在服务器层实现的，所以不同存储引擎具有不同的索引类型和实现。

1. B+Tree 索引

是大多数 MySQL 存储引擎的默认索引类型。

因为不再需要进行全表扫描，只需要对树进行搜索即可，所以查找速度快很多。

除了用于查找，还可以用于排序和分组。

可以指定多个列作为索引列，多个索引列共同组成键。

适用于全键值、键值范围和键前缀查找，其中键前缀查找只适用于最左前缀查找。如果不是按照索引列的顺序进行查找，则无法使用索引。

InnoDB 的 B+Tree 索引分为主索引和辅助索引。主索引的叶子节点 data 域记录着完整的数据记录，这种索引方式被称为聚簇索引。因为无法把数据行存放在两个不同的地方，所以一个表只能有一个聚簇索引。

2. 哈希索引

哈希索引能以 O(1) 时间进行查找，但是失去了有序性：

无法用于排序与分组；

只支持精确查找，无法用于部分查找和范围查找。

InnoDB 存储引擎有一个特殊的功能叫“自适应哈希索引”，当某个索引值被使用的非常频繁时，会在 B+Tree 索引之上再创建一个哈希索引，这样就让 B+Tree 索引具有哈希索引的一些优点，比如快速的哈希查找。

3. 全文索引

MyISAM 存储引擎支持全文索引，用于查找文本中的关键词，而不是直接比较是否相等。

查找条件使用 MATCH AGAINST，而不是普通的 WHERE。

全文索引使用倒排索引实现，它记录着关键词到其所在文档的映射。

InnoDB 存储引擎在 MySQL 5.6.4 版本中也开始支持全文索引。

4. 空间数据索引

MyISAM 存储引擎支持空间数据索引（R-Tree），可以用于地理数据存储。空间数据索引会从所有维度来索引数据，可以有效地使用任意维度来进行组合查询。

必须使用 GIS 相关的函数来维护数据。

索引优化

1. 独立的列

在进行查询时，索引列不能是表达式的一部分，也不能是函数的参数，否则无法使用索引。

2. 多列索引

在需要使用多个列作为条件进行查询时，使用多列索引比使用多个单列索引性能更好。例如下面的语句中，最好把 actor\_id 和 film\_id 设置为多列索引。

3. 索引列的顺序

让选择性最强的索引列放在前面。

索引的选择性是指：不重复的索引值和记录总数的比值。最大值为 1，此时每个记录都有唯一的索引与其对应。选择性越高，查询效率也越高。

4. 前缀索引

对于 BLOB、TEXT 和 VARCHAR 类型的列，必须使用前缀索引，只索引开始的部分字符。

对于前缀长度的选取需要根据索引选择性来确定。

5. 覆盖索引

索引包含所有需要查询的字段的值。

具有以下优点：

索引通常远小于数据行的大小，只读取索引能大大减少数据访问量。

一些存储引擎（例如 MyISAM）在内存中只缓存索引，而数据依赖于操作系统来缓存。因此，只访问索引可以不使用系统调用（通常比较费时）。

对于 InnoDB 引擎，若辅助索引能够覆盖查询，则无需访问主索引。

索引的优点

大大减少了服务器需要扫描的数据行数。

帮助服务器避免进行排序和分组，以及避免创建临时表（B+Tree 索引是有序的，可以用于 ORDER BY 和 GROUP BY 操作。临时表主要是在排序和分组过程中创建，因为不需要排序和分组，也就不需要创建临时表）。

将随机 I/O 变为顺序 I/O（B+Tree 索引是有序的，会将相邻的数据都存储在一起）。

索引的使用条件

对于非常小的表、大部分情况下简单的全表扫描比建立索引更高效；

对于中到大型的表，索引就非常有效；

但是对于特大型的表，建立和维护索引的代价将会随之增长。这种情况下，需要用到一种技术可以直接区分出需要查询的一组数据，而不是一条记录一条记录地匹配，例如可以使用分区技术。

二、查询性能优化

使用 Explain 进行分析

Explain 用来分析 SELECT 查询语句，开发人员可以通过分析 Explain 结果来优化查询语句。

比较重要的字段有：

select\_type : 查询类型，有简单查询、联合查询、子查询等

key : 使用的索引

rows : 扫描的行数

优化数据访问

1. 减少请求的数据量

只返回必要的列：最好不要使用 SELECT \* 语句。

只返回必要的行：使用 LIMIT 语句来限制返回的数据。

缓存重复查询的数据：使用缓存可以避免在数据库中进行查询，特别在要查询的数据经常被重复查询时，缓存带来的查询性能提升将会是非常明显的。

2. 减少服务器端扫描的行数

最有效的方式是使用索引来覆盖查询。

重构查询方式

1. 切分大查询

一个大查询如果一次性执行的话，可能一次锁住很多数据、占满整个事务日志、耗尽系统资源、阻塞很多小的但重要的查询。

2. 分解大连接查询

将一个大连接查询分解成对每一个表进行一次单表查询，然后在应用程序中进行关联，这样做的好处有：

让缓存更高效。对于连接查询，如果其中一个表发生变化，那么整个查询缓存就无法使用。而分解后的多个查询，即使其中一个表发生变化，对其它表的查询缓存依然可以使用。

分解成多个单表查询，这些单表查询的缓存结果更可能被其它查询使用到，从而减少冗余记录的查询。

减少锁竞争；

在应用层进行连接，可以更容易对数据库进行拆分，从而更容易做到高性能和可伸缩。

查询本身效率也可能会有所提升。例如下面的例子中，使用 IN() 代替连接查询，可以让 MySQL 按照 ID 顺序进行查询，这可能比随机的连接要更高效。

三、存储引擎

InnoDB

是 MySQL 默认的事务型存储引擎，只有在需要它不支持的特性时，才考虑使用其它存储引擎。

实现了四个标准的隔离级别，默认级别是可重复读（REPEATABLE READ）。在可重复读隔离级别下，通过多版本并发控制（MVCC）+ 间隙锁（Next-Key Locking）防止幻影读。

主索引是聚簇索引，在索引中保存了数据，从而避免直接读取磁盘，因此对查询性能有很大的提升。

内部做了很多优化，包括从磁盘读取数据时采用的可预测性读、能够加快读操作并且自动创建的自适应哈希索引、能够加速插入操作的插入缓冲区等。

支持真正的在线热备份。其它存储引擎不支持在线热备份，要获取一致性视图需要停止对所有表的写入，而在读写混合场景中，停止写入可能也意味着停止读取。