36丨数据库没有备份，没有使用Binlog的情况下，如何恢复数据?

我们上节课讲解了 MySQL 的复制技术，通过主从同步可以实现读写分离，热备份，让服务器更加高可用。MySQL 的复制主要是通过 Binlog 来完成的，Binlog 记录了数据库更新的事件，从库 I/O 线程会向主库发送 Binlog 更新的请求，同时主库二进制转储线程会发送 Binlog 给从库作为中继日志进行保存，然后从库会通过中继日志重放，完成数据库的同步更新。这种同步操作是近乎实时的同步，然而也有人为误操作情况的发生，比如 DBA 人员为了方便直接在生产环境中对数据进行操作，或者忘记了当前是在开发环境，还是在生产环境中，就直接对数据库进行操作，这样很有可能会造成数据的丢失，情况严重时，误操作还有可能同步给从库实时更新。不过我们依然有一些策略可以防止这种误操作，比如利用延迟备份的机制。延迟备份最大的作用就是避免这种“手抖”的情况，让我们在延迟从库进行误操作前停止下来，进行数据库的恢复。

当然如果我们对数据库做过时间点备份，也可以直接恢复到该时间点。不过我们今天要讨论的是一个特殊的情况，也就是在没做数据库备份，没有开启使用 Binlog 的情况下，尽可能地找回数据。

今天的内容主要包括以下几个部分：

1. InnoDB 存储引擎中的表空间是怎样的？两种表空间存储方式各有哪些优缺点?
2. 如果.ibd 文件损坏了，数据该如何找回?
3. 如何模拟 InnoDB 文件的损坏与数据恢复?

InnoDB 存储引擎的表空间

InnoDB 存储引擎的文件格式是.ibd 文件，数据会按照表空间（tablespace）进行存储，分为共享表空间和独立表空间。如果想要查看表空间的存储方式，我们可以对`innodb_file_per_table`变量进行查询，使用`show variables like 'innodb_file_per_table';`。ON 表示独立表空间，而 OFF 则表示共享表空间。

```
mysql> show variables like 'innodb_file_per_table';
+-----------------------+-------+
| Variable_name         | Value |
+-----------------------+-------+
| innodb_file_per_table | ON    |
+-----------------------+-------+
1 row in set, 1 warning (0.02 sec)
```

如果采用共享表空间的模式，InnoDB 存储的表数据都会放到共享表空间中，也就是多个数据表共用一个表空间，同时表空间也会自动分成多个文件存放到磁盘上。这样做的好处在于单个数据表的大小可以突破文件系统大小的限制，最大可以达到 64TB，也就是 InnoDB 存储引擎表空间的上限。不足也很明显，多个数据表存放到一起，结构不清晰，不利于数据的找回，同时将所有数据和索引都存放到一个文件中，也会使得共享表空间的文件很大。

采用独立表空间的方式可以让每个数据表都有自己的物理文件，也就是 table_name.ibd 的文件，在这个文件中保存了数据表中的数据、索引、表的内部数据字典等信息。它的优势在于每张表都相互独立，不会影响到其他数据表，存储结构清晰，利于数据恢复，同时数据表还可以在不同的数据库之间进行迁移。

如果.ibd 文件损坏了，数据如何找回

如果我们之前没有做过全量备份，也没有开启 Binlog，那么我们还可以通过.ibd 文件进行数据恢复，采用独立表空间的方式可以很方便地对数据库进行迁移和分析。如果我们误删除（DELETE）某个数据表或者某些数据行，也可以采用第三方工具回数据。

我们这里可以使用 Percona Data Recovery Tool for InnoDB 工具，能使用工具进行修复是因为我们在使用 DELETE 的时候是逻辑删除。我们之前学习过 InnoDB 的页结构，在保存数据行的时候还有个删除标记位，对应的是页结构中的 delete_mask 属性，该属性为 1 的时候标记了记录已经被逻辑删除，实际上并不是真的删除。不过当有新的记录插入的时候，被删除的行记录可能会被覆盖掉。所以当我们发生了 DELETE 误删除的时候，一定要第一时间停止对误删除的表进行更新和写入，及时将.ibd 文件拷贝出来并进行修复。

如果已经开启了 Binlog，就可以使用闪回工具，比如 mysqlbinlog 或者 binlog2sql，从工具名称中也能看出来它们都是基于 Binlog 来做的闪回。原理就是因为 Binlog 文件本身保存了数据库更新的事件（Event），通过这些事件可以帮我们重现数据库的所有更新变化，也就是 Binlog 回滚。

下面我们就来看下没有做过备份，也没有开启 Binlog 的情况下，如果.ibd 文件发生了损坏，如何通过数据库自身的机制来进行数据恢复。

实际上，InnoDB 是有自动恢复机制的，如果发生了意外，InnoDB 可以在读取数据表时自动修复错误。但有时候.ibd 文件损坏了，会导致数据库无法正常读取数据表，这时我们就需要人工介入，调整一个参数，这个参数叫做`innodb_force_recovery`。

我们可以通过命令`show variables like 'innodb_force_recovery';`来查看当前参数的状态，你能看到默认为 0，表示不进行强制恢复。如果遇到错误，比如 ibd 文件中的数据页发生损坏，则无法读取数据，会发生 MySQL 宕机的情况，此时会将错误日志记录下来。

```
mysql> show variables like 'innodb_force_recovery';
+-----------------------+-------+
| Variable_name         | Value |
+-----------------------+-------+
| innodb_force_recovery | 0     |
+-----------------------+-------+
1 row in set, 1 warning (0.01 sec)
```

`innodb_force_recovery`参数一共有 7 种状态，除了默认的 0 以外，还可以为 1-6 的取值，分别代表不同的强制恢复措施。

当我们需要强制恢复的时候，可以将`innodb_force_recovery`设置为 1，表示即使发现了损坏页也可以继续让服务运行，这样我们就可以读取数据表，并且对当前损坏的数据表进行分析和备份。

通常`innodb_force_recovery`参数设置为 1，只要能正常读取数据表即可。但如果参数设置为 1 之后还无法读取数据表，我们可以将参数逐一增加，比如 2、3 等。一般来说不需要将参数设置到 4 或以上，因为这有可能对数据文件造成永久破坏。另外当`innodb_force_recovery`设置为大于 0 时，相当于对 InnoDB 进行了写保护，只能进行 SELECT 读取操作，还是有限制的读取，对于 WHERE 条件以及 ORDER BY 都无法进行操作。

当我们开启了强制恢复之后，数据库的功能会受到很多限制，我们需要尽快把有问题的数据表备份出来，完成数据恢复操作。整体的恢复步骤可以按照下面的思路进行：

1. 使用`innodb_force_recovery`启动服务器

将`innodb_force_recovery`参数设置为 1，启动数据库。如果数据表不能正常读取，需要调大参数直到能读取数据为止。通常设置为 1 即可。

2. 备份数据表

在备份数据之前，需要准备一个新的数据表，这里需要使用 MyISAM 存储引擎。原因很简单，InnoDB 存储引擎已经写保护了，无法将数据备份出来。然后将损坏的 InnoDB 数据表备份到新的 MyISAM 数据表中。

3. 删除旧表，改名新表

数据备份完成之后，我们可以删除掉原有损坏的 InnoDB 数据表，然后将新表进行改名。

4. 关闭`innodb_force_recovery`，并重启数据库

`innodb_force_recovery`大于 1 的时候会有很多限制，我们需要将该功能关闭，然后重启数据库，并且将数据表的 MyISAM 存储引擎更新为 InnoDB 存储引擎。

InnoDB 文件的损坏与恢复实例

我们刚才说了 InnoDB 文件损坏时的人工操作过程，下面我们用一个例子来模拟下。

生成 InnoDB 数据表

为了简便，我们创建一个数据表 t1，只有 id 一个字段，类型为 int。使用命令`create table t1(id int);`即可。

```
mysql> create table t1(id int);
Query OK, 0 rows affected (0.07 sec)
```

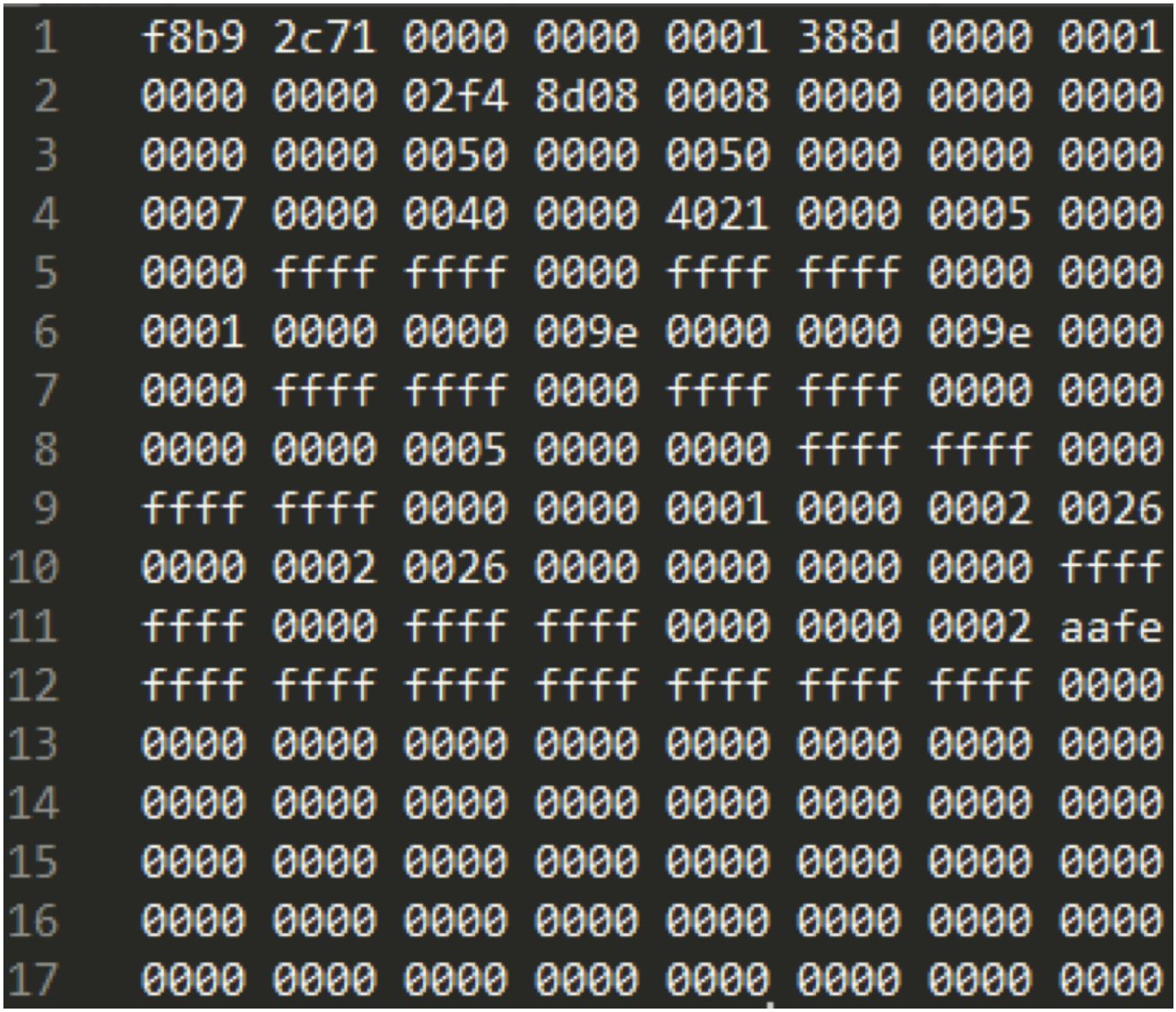
然后创建一个存储过程帮我们生成一些数据：

```
BEGIN
-- 当前数据行
DECLARE i INT DEFAULT 0;
-- 最大数据行数
DECLARE max_num INT DEFAULT 100;
-- 关闭自动提交
SET autocommit=0;
REPEAT
SET i=i+1;
-- 向 t1 表中插入数据
INSERT INTO t1(id) VALUES(i);
UNTIL i = max_num
END REPEAT;
-- 提交事务
COMMIT;
END
```

然后我们运行`call insert_t1()`，这个存储过程帮我们插入了 100 条数据，这样我们就有了 t1.ibd 这个文件。

模拟损坏.ibd 文件

实际工作中我们可能会遇到各种各样的情况，比如.ibd 文件损坏等，如果遇到了数据文件的损坏，MySQL 是无法正常读取的。在模拟损坏.ibd 文件之前，我们需要先关闭掉 MySQL 服务，然后用编辑器打开 t1.ibd，类似下图所示：



文件是有二进制编码的，看不懂没有关系，我们只需要破坏其中的一些内容即可，比如我在 t1.ibd 文件中删除了 2 行内容（文件大部分内容为 0，我们在文件中间部分找到一些非 0 的取值，然后删除其中的两行：4284 行与 4285 行，原 ibd 文件和损坏后的 ibd 文件见 GitHub地址。其中 t1.ibd 为创建的原始数据文件,t1- 损坏.ibd 为损坏后的数据文件，你需要自己创建 t1 数据表，然后将 t1- 损坏.ibd 拷贝到本地，并改名为 t1.ibd）。

然后我们保存文件，这时.ibd 文件发生了损坏，如果我们没有打开`innodb_force_recovery`，那么数据文件无法正常读取。为了能读取到数据表中的数据，我们需要修改 MySQL 的配置文件，找到`[mysqld]`的位置，然后再下面增加一行 `innodb_force_recovery=1`。

```
73  [mysqld]
74  innodb_force_recovery=1
75  # The next three options are mutually exclusive to SERVER_PORT below.
76  # skip-networking=
77  # enable-named-pipe=
78  # shared-memory=
```

备份数据表

当我们设置`innodb_force_recovery`参数为 1 的时候，可以读取到数据表 t1 中的数据，但是数据不全。我们使用`SELECT * FROM t1 LIMIT 10;`读取当前前 10 条数据。

```
mysql> SELECT * FROM t1 LIMIT 10;
+-------+
| id    |
+-------+
|     1 |
|     2 |
|     3 |
|     4 |
|     5 |
|     6 |
|     7 |
|     8 |
|     9 |
|    10 |
+-------+
10 rows in set (0.00 sec)
```

但是如果我们想要完整的数据，使用`SELECT * FROM t1 LIMIT 100;`就会发生如下错误。

```
mysql> SELECT * FROM t1 LIMIT 100;
ERROR 2013 (HY000): Lost connection to MySQL server during query
```

这是因为读取的部分包含了已损坏的数据页，我们可以采用二分查找判断数据页损坏的位置。这里我们通过实验，可以得出只有最后一个记录行收到了损坏，而前 99 条记录都可以正确读出（具体实验过程省略）。

这样我们就能判断出来有效的数据行的位置，从而将它们备份出来。首先我们创建一个相同的表结构 t2，存储引擎设置为 MyISAM。我刚才讲过这里使用 MyISAM 存储引擎是因为在`innodb_force_recovery=1`的情况下，无法对 innodb 数据表进行写数据。使用命令`CREATE TABLE t2(id int) ENGINE=MyISAM;`。

然后我们将数据表 t1 中的前 99 行数据复制给 t2 数据表，使用：

复制代码

```
1 INSERT INTO t2 SELECT * FROM t1 LIMIT 99;
```

```
mysql> CREATE TABLE t2(id int) ENGINE=MyISAM;
Query OK, 0 rows affected (0.10 sec)

mysql> INSERT INTO t2 SELECT * FROM t1 LIMIT 99;
Query OK, 99 rows affected (0.02 sec)
Records: 99  Duplicates: 0  Warnings: 0
```

我们刚才讲过在分析 t1 数据表的时候无法使用 WHERE 以及 ORDER BY 等子句，这里我们可以实验一下，如果想要查询 id<10 的数据行都有哪些，那么会发生如下错误。原因是损坏的数据页无法进行条件判断。

```
mysql> SELECT * FROM t1 WHERE id < 10;
ERROR 2013 (HY000): Lost connection to MySQL server during query
```

删除旧表，改名新表

刚才我们已经恢复了大部分的数据。虽然还有一行记录没有恢复，但是能找到绝大部分的数据也是好的。然后我们就需要把之前旧的数据表删除掉，使用`DROP TABLE t1;`。

```
mysql> DROP TABLE t1;
Query OK, 0 rows affected (0.08 sec)
```

更新表名，将数据表名称由 t2 改成 t1，使用`RENAME TABLE t2 to t1;`。

```
mysql> RENAME TABLE t2 to t1;
Query OK, 0 rows affected (0.05 sec)
```

将新的数据表 t1 存储引擎改成 InnoDB，不过直接修改的话，会报如下错误：

```
mysql> ALTER TABLE t1 engine = InnoDB;
Query OK, 99 rows affected (0.08 sec)
Records: 99  Duplicates: 0  Warnings: 0
```

关闭`innodb_force_recovery`，并重启数据库

因为上面报错，所以我们需要将 MySQL 配置文件中的`innodb_force_recovery=1`删除掉，然后重启数据库。最后将 t1 的存储引擎改成 InnoDB 即可，使用`ALTER TABLE t1 engine = InnoDB;`。

```
mysql> ALTER TABLE t1 engine = InnoDB;
Query OK, 99 rows affected (0.08 sec)
Records: 99  Duplicates: 0  Warnings: 0
```

总结

我们刚才人工恢复了损坏的 ibd 文件中的数据，虽然没有 100% 找回，但是相比于束手无措来说，已经是不幸中的万幸，至少我们还可以把正确的数据页中的记录成功备份出来，尽可能恢复原有的数据表。在这个过程中相信你应该对 ibd 文件，以及 InnoDB 自身的强制恢复（Force Recovery）机制有更深的了解。

数据表损坏，以及人为的误删除都不是我们想要看到的情况，但是我们不能指望运气，或者说我们不能祈祷这些事情不会发生。在遇到这些情况的时候，应该通过机制尽量保证数据库的安全稳定运行。这个过程最主要的就是应该及时备份，并且开启二进制日志，这样当有误操作的时候就可以通过数据库备份以及 Binlog 日志来完成数据恢复。同时采用延迟备份的策略也可以尽量抵御误操作。总之，及时备份是非常有必要的措施，同时我们还需要定时验证备份文件的有效性，保证备份文件可以正常使用。

如果你遇到了数据库 ibd 文件损坏的情况，并且没有采用任何的备份策略，可以尝试使用 InnoDB 的强制恢复机制，启动 MySQL 并且将损坏的数据表转储到 MyISAM 数据表中，尽可能恢复已有的数据。总之机制比人为更靠谱，我们要为长期的运营做好充足的准备。一旦发生了误操作这种紧急情况，不要慌张，及时采取对应的措施才是最重要的。

今天的内容到这里就结束了，我想问问，在日常工作中，你是否遇到过误操作的情况呢？你又是如何解决的？除了我上面介绍的机制外，还有哪些备份的机制可以增强数据的安全性？