第三次上机 事务处理与并发控制

2019年12月16日

主要内容

1. MySQL事务编程的基本概念
2. 数据库事务编程（内容一、二、三）
3. 分布式数据库并发控制（内容四）

MySQL事务的创建

1. autocommit=1（系统默认值），事务的开启与提交又分为两种状态：

①手动开启手动提交：当用户执行start transaction命令时（事务初始化），一个事务开启，当用户执行commit命令时当前事务提交。从用户执行start transaction命令到用户执行commit命令之间的一系列操作为一个完整的事务周期。若不执行commit命令，系统则默认事务回滚。

②自动开启自动提交：如果用户未执行start transaction命令而对数据库进行了操作，系统则默认用户对数据库的每一个操作为一个孤立的事务，也就是说用户每进行一次操作系都会即时提交或者即时回滚。这种情况下用户的每一个操作都是一个完整的事务周期。

2. autocommit=0，事务则在用户本次对数据进行操作时自动开启，在用户执行commit命令时提交，用户本次对数据库开始进行操作到用户执行commit命令之间的一系列操作为一个完整的事务周期。若不执行commit命令，系统则默认事务回滚。当前情况下事务的状态是自动开启手动提交

有关的MySQL指令：

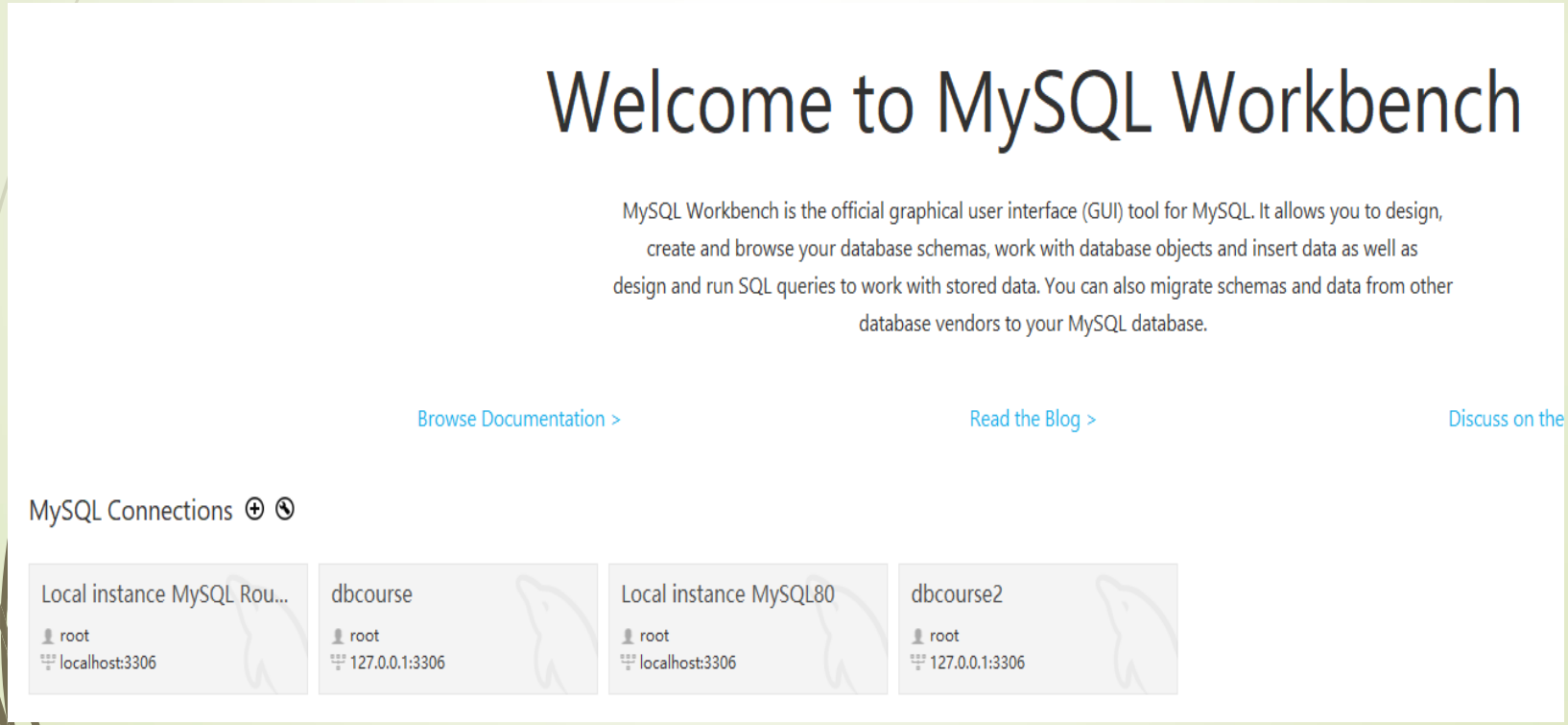
```
show variables like "autocommit";
set autocommit = 0;
```

事务的四种隔离性

- Serializable（串行化）：一个事务在执行过程中完全看不到其他事务对数据库做的更新
- Repeatable Read（可重复读）：一个事务在执行过程中可以看到其他事务已经提交的新插入的记录，不能看到其他事务对已经提交的已有记录的更新
- Read Committed（读已提交）：一个事务在执行过程中可以看到其他事务已经提交的新插入的记录，而且能看到其他事务对已经提交的已有记录的更新
- Read Uncommitted（读未提交）：一个事务在执行过程中可以看到其他事务没有提交的新插入的记录，而且能看到其他事务没有提交的对已有记录的更新

使用Workbench模拟多用户访问

1. 打开MySQL Workbench，新建connection连接至本地数据库服务器（如dbcourse和dbcourse2）
2. 在不同的connection中执行SQL语句，模拟多个用户对数据库的并发访问



使用JDBC模拟多用户并发访问

```java
public class Main {
    public static void main(String[] args) throws ClassNotFoundException {
        try {
            Connection conn1 = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost:3306/sys?useSSL=false", "admin","admin");
            Connection conn2 = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost:3306/sys?useSSL=false", "admin","admin");
            conn1.setAutoCommit(false);
            conn2.setAutoCommit(false);
            Thread1 mTh1=new Thread1(conn1);
            Thread2 mTh2=new Thread2(conn2);
            mTh1.start();
            mTh2.start();
        }
         catch( Exception e )
        {
            e.printStackTrace();
        }
    }

}
```

- 每个线程模拟用户操作数据库的行为
- 通过JDBC合理的建立连接，对数据库进行操作
- 事务通过setAutoCommit（false）及conn.commit()实现
- 不推荐使用“root” 访问数据库
- 在workbench中执行sql验证已经成功连接或操作数据库

```java
class Thread1 extends Thread{
    private Connection conn;
    public Thread1(Connection conn) {
        this.conn=conn;
        }
    public void run() {
        try {
            System.out.println("Thread1 running");
            Statement stat = conn.createStatement();
            for(int i=1;i<=10;i++){
                String sql = "select * from test7 where test7_id = " + String.valueOf(i) + ";";
                ResultSet rs =  stat.executeQuery(sql);
                while (rs.next()) {
                    System.out.println("val of id = " + String.valueOf(i)+": " + rs.getString("val"));
                }
                rs.close();
            }
            conn.commit();
            System.out.println("Thread1 exits");
        }
        catch (SQLException ex) {
            ex.printStackTrace();
            try {
                //An error occured so we rollback the changes.
                this.conn.rollback();
            } catch (SQLException ex1) {
                ex1.printStackTrace();
            }
        }
    }
}
```

封锁（Locking）

封锁粒度与系统的并发度和并发控制的开销密切相关

- 封锁的粒度越大，数据库所能够封锁的数据单元就越少，并发度就越小，系统开销也越小；
- 封锁的粒度越小，并发度较高，但系统开销也就越大

封锁类型：

- 需要处理多个关系的大量元组的用户事务：以数据库为封锁单位（**页锁**）
- 需要处理大量元组的用户事务：以关系为封锁单位（**表锁**）
- 只处理少量元组的用户事务：以元组为封锁单位（**元组锁**）

表级锁（table-level locking）

- 特点：
  1. 开销小，加锁快；
  2. 不会出现死锁(因为MyISAM会一次性获得SQL所需的全部锁)；
  3. 锁定粒度大，发生锁冲突的概率高，并发度低
  4. 使用表级锁的典型MySQL引擎：MyISAM
- 语法：

LOCK TABLES tbl_name [AS alias] {READ [LOCAL] | WRITE}

注：LOCAL修饰符：允许在其他会话中，对当前会话中获取READ锁的的表执行插入。对于InnoDB引擎，READ LOCAL与READ相同。

行级锁（row-level locking）

- 特点：
  1. 开销大，加锁慢；
  2. 会出现死锁；
  3. 锁定粒度最小，发生锁冲突的概率最低，并发度高；
  4. 使用表级锁的典型MySQL引擎：InnoDB
- 类型：
  1. 共享锁：共享锁又叫做读锁，所有的事务只能对其进行读操作不能写操作，加上共享锁后在事务结束之前其他事务只能再加共享锁，不能增加其他任何类型的锁
  2. 排它锁：若某个事物对某一行加上了排他锁，只能这个事务对其进行读写，在此事务结束之前，其他事务不能对其进行加任何锁，其他进程可以读取，但不能进行写操作
- 语法：

SELECT * FROM table_name WHERE .....LOCK IN SHARE MODE

SELECT * FROM table_name WHERE .....FOR UPDATE

MYSQL分布式事务

1. 在数据库应用开发过程中，为了降低单点压力，通常会根据业务情况进行分表分库，将表分布在不同的库中（库可能分布在不同的机器上）。在这种场景下，事务的提交会变得相对复杂，因为多个节点（库）的存在，可能存在部分节点提交失败的情况，即事务的ACID特性需要在各个不同的数据库实例中保证
2. MySQL 从5.0.3开始支持XA分布式事务，且只有InnoDB存储引擎支持。MySQL Connector/J 从5.0.0版本之后开始直接提供对XA的支持。

> show engines;

Engine	Support	Comment	Transactions	XA	Savepoints
MEMORY	YES	Hash based, stored in memory, useful for temp...	NO	NO	NO
MRG_MYISAM	YES	Collection of identical MyISAM tables	NO	NO	NO
CSV	YES	CSV storage engine	NO	NO	NO
FEDERATED	NO	Federated MySQL storage engine	NULL	NULL	NULL
PERFORMANCE_SCHEMA	YES	Performance Schema	NO	NO	NO
MyISAM	YES	MyISAM storage engine	NO	NO	NO
InnoDB	DEFAULT	Supports transactions, row-level locking, and fo...	YES	YES	YES

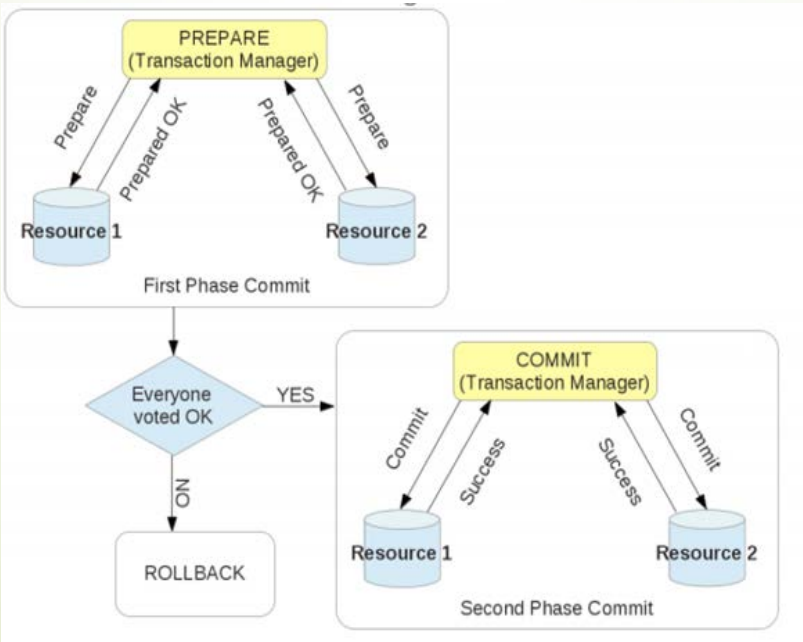
MySQL支持的XA事务类型

1. 外部XA：用于跨多MySQL实例的分布式事务，需要应用层作为协调者，如通过JAVA调用JDBC实现事务管理，JAVA对应的逻辑就是协调者。应用层负责决定提交还是回滚，崩溃时的悬挂事务。
   - MySQL数据库外部XA可以用在分布式数据库代理层，实现对MySQL数据库的分布式事务支持，例如开源的代理工具：网易的DDB，淘宝的TDDL等等。
2. 内部XA：事务用于同一实例下跨多引擎事务，由Binlog作为协调者，如在一个存储引擎提交时，需要将提交信息写入二进制日志，这就是一个分布式内部XA事务，只不过二进制日志的参与者是MySQL本身。
   - Binlog作为内部XA的协调者，在binlog中出现的内部xid，在crash recover时，由binlog负责提交。

两阶段提交协议

分布式事务通常采用2PC协议（Two Phase Commitment Protocol）。该协议主要为了解决在分布式数据库场景下，所有节点间数据一致性的问题。分布式事务通过2PC协议将提交分成两个阶段：

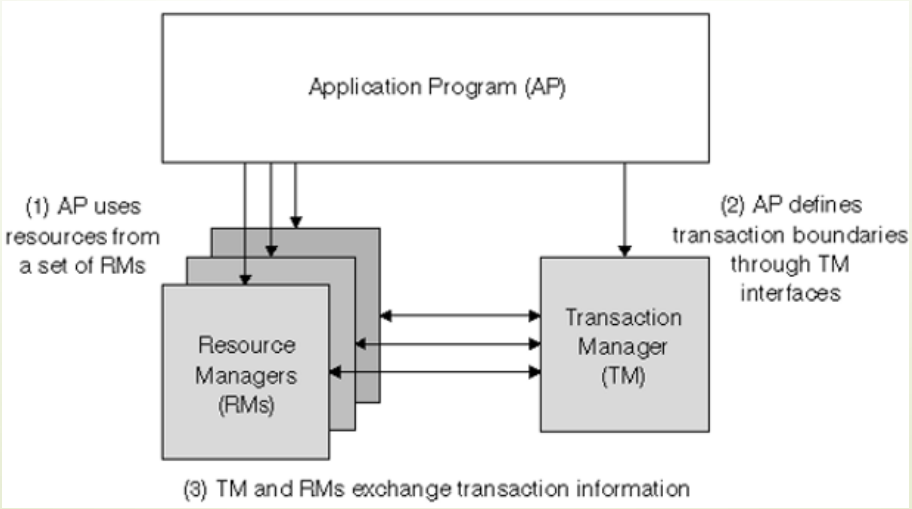
- 准备（prepare）阶段：即所有的参与者准备执行事务并锁住需要的资源。参与者ready时，向transaction manager报告已准备就绪
- 提交阶段（commit）。当transaction manager确认所有参与者都ready后，向所有参与者发送commit命令



XA事务处理架构

1. 包含两类主要角色：
   - 资源管理器（Resource Manager，RM）：用来管理系统资源，数据库就是一种资源管理器。资源管理还具有管理事务提交或回滚的能力。
   - 事务管理器（Transaction Manager，TM）：事务管理器是分布式事务的核心管理者。事务管理器与每个资源管理器（resource manager）进行通信，协调并完成事务的处理。事务的各个分支由唯一命名ID进行标识。

2. 在DTP（Distributed Transaction Processing）模型中，MySQL在执行分布式事务（外部XA）的时候，MySQL Server相当于XA事务资源管理器（RM），与MySQL连接的客户端（如Eclipse）相当于事务管理器。



XA事务基本语法

1. XA {START|BEGIN} xid [JOIN|RESUME]：启动事务xid (xid 必须是一个唯一值; MySQL暂不支持[JOIN|RESUME])
2. XA END xid [SUSPEND [FOR MIGRATE]]：结束事务xid (MySQL暂不支持 [SUSPEND [FOR MIGRATE]] 子句)
3. XA PREPARE xid： 准备、预提交事务xid
4. XA COMMIT xid [ONE PHASE]： 提交事务xid
5. XA ROLLBACK xid： 回滚事务xid
6. XA RECOVER： 查看处于PREPARE 阶段的所有事务

参考链接：

https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/xa-statements.html

http://www.docjar.com/docs/api/com/mysql/jdbc/jdbc2/optional/MysqlXAConnection.html

关于XID的说明

XID包含gtrid、bqual和formatID，其中：

1. gtrid : 全局事务标识符(global transaction identifier)
2. bqual:分支限定符(branch qualifier)，如果没有提供bqual，那么默认值为空字符串
3. formatID：用于标记gtrid和bqual值的格式，无符号整数(unsigned integer)，如果没有提供formatID，其默认值为1

```
/*
* Transaction branch identification: XID and NULLXID:
*/
#define XIDDATASIZE 128  /* size in bytes */
#define MAXGTRIDSIZE 64  /* maximum size in bytes of gtrid */
#define MAXBQUALSIZE 64  /* maximum size in bytes of bqual */
struct xid_t {
    long formatID;     /* format identifier */
    long gtrid_length; /* value 1-64 */
    long bqual_length; /* value 1-64 */
    char data[XIDDATASIZE];
    };
/*
* A value of -1 in formatID means that the XID is null.
*/
typedef struct xid_t XID;
```

参考链接：

https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/xa-statements.html

事务状态转移过程

1. 使用XA START来启动一个XA事务（ACTIVE）
2. 对一个ACTIVE状态的 XA事务，可以执行构成事务的SQL语句，然后执行XA END语句。XA END把事务置为IDLE状态
3. 对一个IDLE 状态XA事务，可以执行XA PREPARE语句或XA COMMIT...ONE PHASE语句：
   ① XA PREPARE把事务置为PREPARED状态。在此点上的XA RECOVER语句将在其输出中包括事务的xid值，因为XA RECOVER会列出处于PREPARED状态的所有XA事务。
   ② XA COMMIT...ONE PHASE用于预备和提交事务。xid值将不会被XA RECOVER列出，因为事务已经被提交。
4. 对一个状态为PREPARED的XA事务，可以通过执行XA COMMIT语句来提交并终止事务，或者执行XA ROLLBACK来回滚并终止事务。

主要内容

1. MySQL事务编程的基本概念
2. 数据库事务编程（内容一、二、三）
3. 分布式数据库并发控制（内容四）

内容一：使用表级锁操作得到期望结果

新建Connection1/Connection2，分别在两个连接中打开文件conn1.sql/conn2.sql，对conn1.sql中的表级锁进行操作（包括修改锁的种类和控制范围（连接内/跨连接），选择合适的加锁/解锁位置，不允许直接删除SQL语句），并在conn2.sql中执行对应的procedure，达到期望的结果（结果以先执行conn1.sql中对应问题的所有SQL语句，再执行conn2.sql中对应语句为准）：

1. problem1()输出结果：{1,2,3}
2. problem2()输出结果：{1,3}
3. problem3()输出结果：{1,3,4}
4. problem4()输出结果：{1,2,3}
5. problem5()输出结果：{1,2}
6. problem6()输出结果：{2,3}

```
#problem 1
drop table if exists test1;
create table if not exists test1 (
    test1_id int,
    PRIMARY KEY(test1_id)
) engine=MyISAM;
select connection_id();
insert into test1 values(1);
lock tables test1 read;
insert into test1 values(2);
```

```
#problem 1
drop procedure if exists problem1;
delimiter //
create procedure problem1()
begin
    select connection_id();
    insert into test1 values(3);
    select * from test1;
end
//

call problem1;
```

69 14:02:10 call problem1;

Error Code: 2013 Lost connection to MySQL server during query

内容二：使用行级锁操作得到期望结果

新建Connection1/Connection2，分别在两个连接中打开文件conn3.sql/conn4.sql，对conn3.sql中的表级锁进行操作（允许的操作：提交/回滚，修改行锁的类型，删除行锁。不允许直接删除SQL语句），并在conn4.sql中执行对应的procedure，达到期望的结果（结果以先执行conn3.sql中对应问题的所有SQL语句，再执行conn4.sql中对应语句为准）：

1. problem1()输出结果：{1}
2. problem2()输出结果：{(2,3)}
3. problem3()输出结果：{(1,100)}
4. problem4()输出结果：{(3,3,5)}
5. problem5()输出结果：{}(空集)
6. problem6()输出结果：{1}

```
#problem 4
drop table if exists test4;
create table if not exists test4 (
    test4_id int,
    val int,
    col int,
    PRIMARY KEY(test4_id)
) engine=InnoDB;
select connection_id();
insert into test4 values(1,2,3);
insert into test4 values(2,3,4);
insert into test4 values(3,3,5);
insert into test4 values(4,5,6);
select * from test4 where test4_id = 3 lock in share mode;
update test4 set col= 10 where test4_id = 3;
```

```
#problem 4
drop procedure if exists problem4;
delimiter //
create procedure problem4()
begin
    select connection_id();
    select * from test4 where test4_id = 3 lock in share mode;
end
//
delimiter ;
call problem4;
```

内容三：数据库事务编程（1）

问题背景：

某在线购物网站数据库中的主要关系如下（与第二次上机相同）

① 用户（用户ID（整形），用户名（长度不超过30的字符串）,用户密码（长度不超过30的字符串，需包含大小写字母和数字），用户性别（男/女，可用0和1两个整数表示），收货地址（长度不超过100的字符串））

② 商品（商品ID（整形），商品名（长度不超过30的字符串），商品价格（非负实数），剩余库存（非负整数））

③ 订单（订单ID（整形），购物车ID（整形），用户ID（整形），订单编号（长度为16的数字串），订单金额（非负实数），下单时间（DATETIME））

④ 订单详情（订单详情ID（整形），订单ID（整形），商品ID（整形），商品数量（非负整数），商品价格（非负实数））

⑤ 购物车（购物车ID（整形），用户ID（整形），商品总价（非负实数））

⑥ 购物车详情（购物车详情ID（整形），购物车ID（整形），商品ID（整形），商品数量（非负整数），添加时间（DATETIME），商品价格（非负实数））

内容三：数据库事务编程（2）

场景一：

用户A：查询所有价格高于100元的商品名

用户B：将所有商品的价格设置九折优惠

场景二：商品ID为1,2,3的剩余库存分别为50,100,200件 （初始状态）

用户A：订单中包含商品1三十件，商品2五十件

用户B：订单中包含商品2七十件，商品2八十件

作业要求：

1. 在MySQL默认的事务隔离级别下， 使用数据库事务编程接口实现上述两位用户正确的业务逻辑。
2. 分析在该隔离级别下是否存在脏读/幻读/不可重复读的问题，若有，请设计场景并验证

内容三：数据库事务编程（3）

附加题：

1. 将事务隔离级别修改为read uncommitted，在该隔离级别下，设计脏读/幻读/不可重复读三类场景并验证
2. 考虑不同MySQL引擎（MyISAM和InnoDB）支持的封锁粒度，请分析出现活锁或死锁对应的隔离级别和封锁粒度，在上述在线购物系统中设计对应场景进行验证，并给出解决思路。

主要内容

1. MySQL事务编程的基本概念
2. 数据库事务编程（内容一、二、三）
3. 分布式数据库并发控制（内容四）

内容四：分布式事务程序设计

问题场景和作业要求：

1. 在分布式数据库场景下，用户、订单和订单详情三个关系保存在非本地数据库中，其他关系保存在本地数据库中。
2. 远程数据库地址：202.120.40.131
3. 用户名：学号；密码：123456；默认schema名称：db+学号。如db517021910000
4. 通过JDBC的XA事务接口成功连接数据库进行操作
5. 使用Main2.java的两阶段提交（2 phase commit）框架，实现分布式场景下，实现上述两个场景中的业务逻辑。

提交内容与截止时间

1. 内容一、内容二：提交修改后的conn1.sql和conn3.sql
2. 内容三：业务逻辑实现文件（Main1.java）。
3. 内容四：业务逻辑实现文件（Main2.java）
4. 分析报告（ result.pdf ）：描述内容一、二的具体操作和原因；针对内容三中事务隔离级别的分析；针对附加题，除具体场景，还需给出对应解决方法
5. 注1：基于JDBC模拟多用户并发访问例子见Main1.java
6. 注2：XA事务处理架构见Main2.java

- 所有输出文件压缩（姓名+学号.zip ）上传至ftp://public.sjtu.edu.cn 中upload/DX205/exe3目录下（账号：nirver1994，密码:public），上传截止时间：12月27日24点
- 超过截止时间提交按50%的成绩计算