哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

2020 年春季学期

计算机学院《软件构造》课程

Lab 4 实验报告

姓名	郭茁宁
学号	1183710109
班号	1837101
电子邮件	gzn00417@foxmail.com
手机号码	13905082373

0 目录

1 实验目标概述

本次实验重点训练学生面向健壮性和正确性的编程技能，利用错误和异常处理、断言与防御式编程技术、日志/断点等调试技术、黑盒测试编程技术，使程序可在不同的健壮性/正确性需求下能恰当的处理各种例外与错误情况，在出错后可优雅的退出或继续执行，发现错误之后可有效的定位错误并做出修改。实验针对 Lab 3 中写好的 ADT 代码和基于该 ADT 的三个应用的代码，使用以下技术进行改造，提高其健壮性和正确性：

- 错误处理
- 异常处理
- Assertion 和防御式编程
- 日志
- 调试技术
- 黑盒测试及代码覆盖度

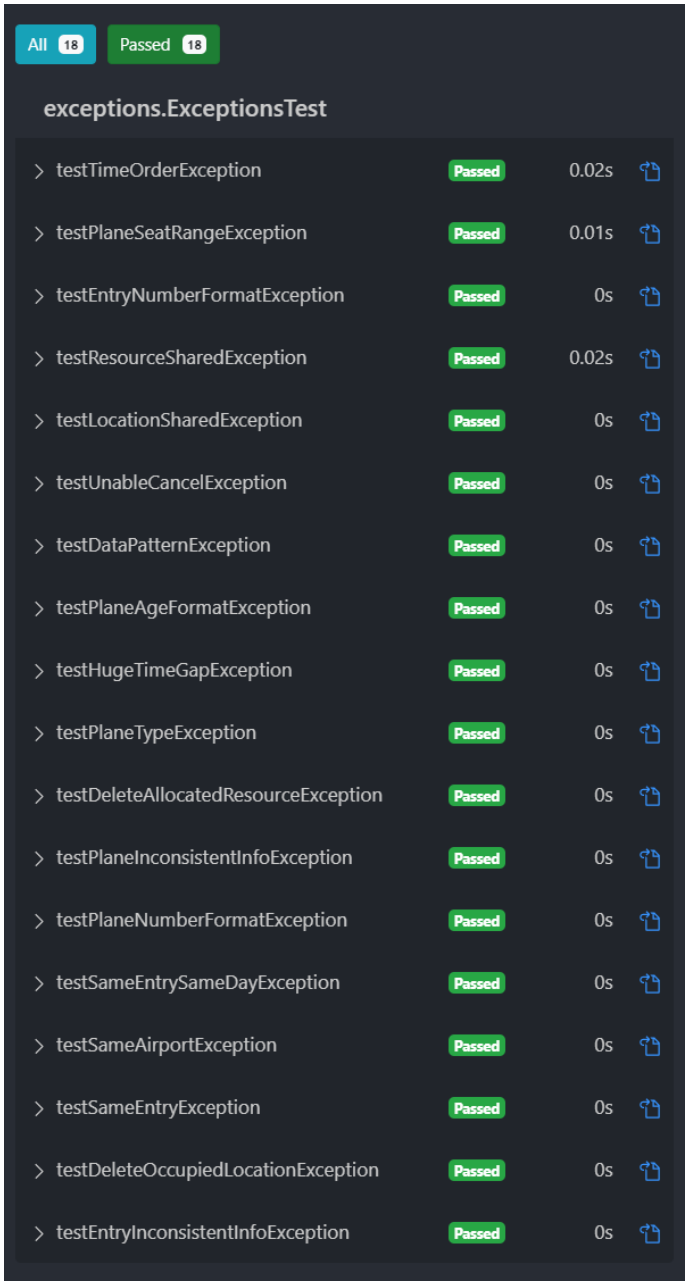
2 实验环境配置

https://github.com/ComputerScienceHIT/Lab4-1183710109

3 实验过程

3.1 Error and Exception Handling

在 data/Exceptions/中构造了错误数据，并在 ExceptionTest.java 中测试了这些错误。



3.1.1 处理输入文本中的三类错误

第 1-8 个为不符合语法规则错误，第 9 个为元素相同错误，第 10-13 个为依赖关系不

正确错误。

处理方法为：

```
try {
    ……
    throw new ……Exception();
} catch (……Exception e1) {
    logger.log(Level.WARNING, e1.getMessage(), e1);
    ……
}
```

3.1.1.1 DataPatternException

原因：由于数据的常量错误而没有匹配到单个元素。

抛出异常方法：在正则表达式匹配时，若没有匹配到则抛出该错误。

```
if (!matcher.find()) {
    throw new DataPatternException("Data: " + stringInfo + " mi
smatch Pattern.");
}
```

3.1.1.2 EntryNumberFormatException

原因：计划项编号不符合规则。

抛出异常方法：检查是否符合“前两个字符为大写字母，后 2-4 个字符为数字”。

```
    /**
     * check entry number
     * @param planningEntryNumber
     * @throws EntryNumberFormatException
     */
    public static void checkEntryNumber(String planningEntryNumber) throws
EntryNumberFormatException {
        if (Character.isUpperCase(planningEntryNumber.charAt(0))
                && Character.isUpperCase(planningEntryNumber.charAt(1))) {
            for (int i = 2; i < planningEntryNumber.length(); i++) {
                if (!Character.isDigit(planningEntryNumber.charAt(i)))
                    throw new EntryNumberFormatException(planningEntryNumbe
r + " has incorrect format.");
            }
```

```
        } else
            throw new EntryNumberFormatException(planningEntryNumber + " ha
s incorrect format.");
    }
```

3.1.1.3 SameAirportException

原因：起飞和到达机场相同引起的错误。

抛出异常方法：对比两个机场字符串是否相等。

```
    /**
     * check airports are different
     * @param departureAirport
     * @param arrivalAirport
     * @throws SameAirportException
     */
    public static void checkDiffAirport(String departureAirpor
t, String arrivalAirport) throws SameAirportException {
        if (departureAirport.equals(arrivalAirport))
            throw new SameAirportException(departureAirport +
" is the same with " + arrivalAirport + " .");
    }
```

3.1.1.4 TimeOrderException

原因：起飞时间应该在到达时间之前（不能相等）。

抛出异常方法：首先 try 时间能否被 parse，若不行则抛出 DateTimeParseException；否则在 finally 中使用 LocalDateTime.isBefore()方法比较时间先后。

```
    /**
     * check time format and departure is before arrival
     * @param departureTime
     * @param arrivalTime
     * @throws TimeOrderException
     * @throws DateTimeParseException
     */
    public static void checkTime(String departureTime, String arrivalTime)
            throws TimeOrderException, DateTimeParseException {
        LocalDateTime dt = null, at = null;
        try {
```

```
            dt = LocalDateTime.parse(departureTime, DateTimeFormatter.ofPat
tern("yyyy-MM-dd HH:mm"));
            at = LocalDateTime.parse(arrivalTime, DateTimeFormatter.ofPatte
rn("yyyy-MM-dd HH:mm"));
        } catch (Exception e) {
            throw new DateTimeParseException("The date time is not matched.
", departureTime + arrivalTime, 0);
        } finally {
            if (dt != null && at != null) {
                if (!dt.isBefore(at))
                    throw new TimeOrderException(
                            "Departure time " + departureTime + " is not be
fore arrival time " + arrivalTime + " .");
            }
        }
    }
```

3.1.1.5 PlaneNumberFormatException

原因：飞机编号不符合格式。

抛出异常方法：检查字符串长度以及首字母、后 4 位数字。

```
    /**
     * check plane number
     * @param planeNumber
     * @throws PlaneNumberFormatException
     */
    public static void checkPlaneNumber(String planeNumber) throws P
laneNumberFormatException {
        if (planeNumber.length() == 5 && (planeNumber.charAt(0) == '
N' || planeNumber.charAt(0) == 'B')) {
            for (int i = 1; i < planeNumber.length(); i++) {
                if (!Character.isDigit(planeNumber.charAt(i)))
                    throw new PlaneNumberFormatException(planeNumber
 + " has incorrect format.");
            }
        } else
            throw new PlaneNumberFormatException(planeNumber + " has
 incorrect format.");
    }
```

3.1.1.6 PlaneTypeException

原因：飞机类型不符合格式。

抛出异常方法：检查是否由字母和数字构成。

```
    /**
     * check plane type
     * @param strType
     * @throws PlaneTypeException
     */
    public static void checkPlaneType(String strType) throws PlaneTypeE
xception {
        for (int i = 0; i < strType.length(); i++) {
            char ch = strType.charAt(i);
            if (!(Character.isAlphabetic(ch) || Character.isDigit(ch)))
                throw new PlaneTypeException(strType + " has incorrect
format.");
        }
    }
```

3.1.1.7 PlaneSeatRangeException

原因：飞机座位数范围错误。

抛出异常方法：转换为整数比较范围。

```
    /**
     * check plane seat range
     * @param strSeats
     * @throws PlaneSeatRangeException
     */
    public static void checkPlaneSeat(String strSeats) throws
PlaneSeatRangeException {
        int intSeats = Integer.valueOf(strSeats);
        if (intSeats < 50 || intSeats > 600)
            throw new PlaneSeatRangeException(intSeats + " is
not in [50, 600].");
    }
```

3.1.1.8 PlaneAgeFormatException

原因：飞机年龄非一位小数或整数，且介于 0-30 之间

抛出异常方法：查找小数点的位置，与字符串长度比较，得出几位小数，并查找区间。

```
/**
 * check plane age format
 * @param strAge
 * @throws PlaneAgeFormatException
 */
public static void checkPlaneAge(String strAge) throws PlaneAgeFormatException {
    double age = Double.valueOf(strAge);
    if (strAge.indexOf(".") < strAge.length() - 2 || age < 0 || age > 30)
        throw new PlaneAgeFormatException();
}
```

3.1.1.9 SameEntryException

原因：存在两个航班，飞机和航班号都相等。

抛出异常方法：遍历所有计划项，两两比较是否存在上述条件。

```
/**
 * check dates and numbers conflict
 * @throws SameEntryException
 */
public void checkDateNumberConflict() throws SameEntryException {
    List<PlanningEntry<Resource>> entries = this.getAllPlanningEntries();
    int n = entries.size();
    for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
        for (int j = i + 1; j < n; j++) {
            if (i != j) {
                PlanningEntry<Resource> e1 = entries.get(i), e2 = entries.get(j);
                if (e1.getPlanningEntryNumber().equals(e2.getPlanningEntryNumber())) {
                    if (((FlightSchedule<Resource>) e1).getResource()
                            .equals(((FlightSchedule<Resource>) e2).getResource()))
                        throw new SameEntryException(e1.getPlanningEntryNumber() + " and "
                                + e2.getPlanningEntryNumber() + " are the same entries.");
                }
            }
        }
```

```
        }
    }
```

3.1.1.10 HugeTimeGapException

原因：起飞时间和到达时间超过一天。

抛出异常方法：判断每个计划项的起飞时间晚 1d 是否比到达时间晚。

```
    /**
     * check gap between leaving and arrival
     * @throws HugeTimeGapException
     */
    public void checkTimeGap() throws HugeTimeGapException {
        List<PlanningEntry<Resource>> entries = this.getAllPlanningEntries();
        int n = entries.size();
        for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
            FlightSchedule<Resource> e = (FlightSchedule<Resource>) entries.get(i);
            LocalDateTime t1 = e.getTimeLeaving(), t2 = e.getTimeArrival();
            if (t1.plusDays(1).isBefore(t2))
                throw new HugeTimeGapException(t1.toString() + " is to early than "
+ t2.toString());
        }
    }
```

3.1.1.11 EntryInconsistentInfoException

原因：相同航班号的航班信息（起降地点/时间）不一致。

抛出异常方法：检查每一对计划项，得到其时间和地点对象。

```
    /**
     * check entry information consistent
     * @throws EntryInconsistentInfoException
     */
    public void checkEntryConsistentInfo() throws EntryInconsistentInfoException {
        List<PlanningEntry<Resource>> entries = this.getAllPlanningEntries();
        int n = entries.size();
        for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
            for (int j = i + 1; j < n; j++) {
                if (i != j) {
```

```
                    FlightSchedule<Resource> e1 = (FlightSchedule<Resource>) entries.get(i),
                            e2 = (FlightSchedule<Resource>) entries.get(j);
                    if (e1.getPlanningEntryNumber().equals(e2.getPlanningEntryNumber())) {
                        LocalTime t11 = e1.getTimeLeaving().toLocalTime(), t12 = e1.getTimeArr
ival().toLocalTime(),
                                t21 = e2.getTimeLeaving().toLocalTime(), t22 = e2.getTimeArriv
al().toLocalTime();
                        if (!(t11.equals(t21) && t12.equals(t22)) || !e1.getLocation().equals(
e2.getLocation()))
                            throw new EntryInconsistentInfoException(e1.getPlanningEntryNumber
() + " and " e2.getPlanningEntryNumber() + " is inconsistent.");
                    }
                }
            }
        }
    }
```

3.1.1.12 PlaneInconsistentInfoException

原因：不同的航班中出现相同的飞机。

抛出异常方法：遍历每一对飞机，若飞机号相同，但内容不相同，则出现不一致信息。

```
    /**
     * check plane information consistent
     * @throws PlaneInconsistentInfoException
     */
    public void checkPlaneConsistentInfo() throws PlaneInconsistentInfo
Exception {
        Set<Resource> planes = this.getAllResource();
        for (Resource r1 : planes) {
            for (Resource r2 : planes) {
                if (r1 != r2) {
                    Plane p1 = (Plane) r1, p2 = (Plane) r2;
                    if (p1.getNumber().equals(p2.getNumber()) && !p1.eq
uals(p2))
                        throw new PlaneInconsistentInfoException(p1.get
Number() + " has inconsistent information.");
                }
            }
        }
```

```
    }
```

3.1.1.13 SameEntrySameDayException

原因：相同航班号的航班在同一天。

抛出异常方法：遍历比较

```
    /**
     * check same entry in different days
     * @throws SameEntrySameDayException
     */
    public void checkSameEntryDiffDay() throws SameEntrySameDayException {
        List<PlanningEntry<Resource>> entries = this.getAllPlanningEntries();
        int n = entries.size();
        for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
            for (int j = i + 1; j < n; j++) {
                if (i != j) {
                    PlanningEntry<Resource> e1 = entries.get(i), e2 = entries.get(j);
                    if (e1.getPlanningEntryNumber().equals(e2.getPlanningEntryNumber())) {
                        if (((CommonPlanningEntry<Resource>) e1).getPlanningDate()
                                .isEqual(((CommonPlanningEntry<Resource>) e2).getPlanningDate()))
                            throw new SameEntrySameDayException();
                    }
                }
            }
        }
    }
```

3.1.2 处理客户端操作时产生的异常

在 App 中遇到客户端操作异常时，抛出异常后使用 Logger 记录，并取消该操作。

3.1.2.1 DeleteAllocatedResourceException

原因：在删除某资源的时候，如果有尚未结束的计划项正在占用该资源。

抛出异常方法：遍历计划项，对于多个使用该资源的计划项，均检查计划项状态。捕获到异常后将“允许删除标签”设为 false，最后显示弹窗声明删除失败。

```
Resource deletingResource = allResourceList.get(num);
```

```
boolean flag = true;
try {
    checkResourceAllocated(flightScheduleCollection, deletingResource);
} catch (DeleteAllocatedResourceException e1) {
    logger.log(Level.WARNING, e1.getMessage(), e1);
    flag = false;
}
flag &= flightScheduleCollection.deleteResource(deletingResource);
JOptionPane.showMessageDialog(resourceFrame, flag ? "Successful" : "Failed"
, "Deleting Resource", JOptionPane.PLAIN_MESSAGE);
```

3.1.2.2 DeleteOccupiedLocationException

原因：在删除某位置的时候，如果有尚未结束的计划项正在该位置执行。

抛出异常方法：遍历计划项，对于多个使用该位置的计划项，均检查计划项状态。

（与上 DeleteAllocatedResourceException 同理）

Check 方法 Spec 如下：

```
    /**
     * check location occupied
     * @param flightScheduleCollection0
     * @param location
     * @throws DeleteOccupiedLocationException
     */
    public static void checkLocationOccupied(FlightScheduleCollection f
lightScheduleCollection0, String location)
            throws DeleteOccupiedLocationException {
        List<PlanningEntry<Resource>> planningEntries = flightScheduleC
ollection0.getAllPlanningEntries();
        for (PlanningEntry<Resource> planningEntry : planningEntries) {
            FlightSchedule<Resource> flightSchedule = (FlightSchedule<R
esource>) planningEntry;
            if (flightSchedule.getLocationOrigin().equals(location)
                    || flightSchedule.getLocationTerminal().equals(loca
tion))
                if (planningEntry.getState().getState().equals(EntrySta
teEnum.ALLOCATED)
                        || planningEntry.getState().getState().equals(E
ntryStateEnum.BLOCKED)
```

```
                        || planningEntry.getState().getState().equals(E
ntryStateEnum.RUNNING))
                    throw new DeleteOccupiedLocationException(location
+ " is occupied");
        }
    }
```

3.1.2.3 UnableCancelException

原因：在取消某计划项的时候，如果该计划项的当前状态不允许取消。

抛出异常方法：通过 cancelPlanningEntry()→setNewState()返回的 Boolean 来判断是否可取消。

```
operationFlag = flightScheduleCollection.cancelPlanningEntry(planningEntryNumber);
if (!operationFlag)
    try {
        throw new UnableCancelException();
    } catch (UnableCancelException e1) {
        logger.log(Level.WARNING, e1.getMessage(), e1);
    }
```

3.1.2.4 ResourceSharedException

原因：在为某计划项分配某资源的时候，如果分配后会导致与已有的其他计划项产生“资源独占冲突”。

抛出异常方法：与 DeleteAllocatedResourceException 类似，与其不同的是在分配资源是遍历查找。

```
boolean flag = true;
try {
    checkResourceShared(flightScheduleCollection,
flightScheduleCollection.getPlaneOfNumber(strResourceNumber));
} catch (ResourceSharedException e1) {
    logger.log(Level.WARNING, e1.getMessage(), e1);
    flag = false;
}
if (flag)
    flightScheduleCollection.allocateResource(strPlanningEntryNumber, strRe
    sourceNumber);
```

```
JOptionPane.showMessageDialog(allocateResourceFrame, flag ? "Successfully"
: "Failed", "Allocate Resource", JOptionPane.PLAIN_MESSAGE);
```

3.1.2.5 LocationSharedException

原因：在为某计划项变更位置的时候，如果变更后会导致与已有的其他计划项产生“位置独占冲突”。

抛出异常方法：与 ResourceSharedException 同理。该功能在 Activity Calendar App 中。

```
    /**
     * check location modifiable
     * @param flightScheduleCollection0
     * @param location
     * @throws LocationSharedException
     */
    public static void checkLocationModifiable(FlightScheduleCollection flightSched
uleCollection0, String location)
            throws LocationSharedException {
        List<PlanningEntry<Resource>> planningEntries = flightScheduleCollection0.g
etAllPlanningEntries();
        for (PlanningEntry<Resource> planningEntry : planningEntries) {
            ActivityCalendar<Resource> activityCalendar = (ActivityCalendar<Resourc
e>) planningEntry;
            if (activityCalendar.getLocation() != null && activityCalendar.getLocat
ion().equals(location))
                throw new LocationSharedException(location + " is shared.");
        }
    }
```

3.2 Assertion and Defensive Programming

3.2.1 checkRep()检查 rep invariants

3.2.1.1 TimeSlot

TimeSlot 的 AF、RI 如下：

```
/*
 * AF:
 * arrival[i] represent the time it arrives locations[i]
 * leaving[i] represent the time it leaves locations[i]
 *
 * when Flight Schedule:
 * length == 2, arrival[0] == leaving[0], arrival[1] == leaving[1]
 *
 * when Activity Schedule:
 * length == 1, arrival[0] is ending time, leaving[0] is beginning time
 *
 * RI:
 * the length of arrival and leaving should be equal
 * leaving[i] should be later than arrival[i]
 * when i<length arrival[i] and leaving[i] should be non-null
 *
 * Safety:
 * do not provide mutator
 */
```

由此可以设计 checkRep()方法：

```
/**
 * check Rep
 */
private void checkRep() {
    assert (arrival.size() == leaving.size());
    for (int i = 0; i < arrival.size(); i++) {
        assert (arrival.get(i) != null);
        assert (leaving.get(i) != null);
    }
}
```

3.2.1.2 Location

Location 的 AF、RI 如下：

```
/*
 * AF:
 * locations represent the locations in the plan
 *
 * RI:
 * locations should be as long as arrival and leaving in class TimeSlot
 *
 * Safety:
 * do not provide mutator
 */
```

Location 的 Representation 可以保证包括航班和高铁在内的“任意两个站不相同”。该 checkRep()如下：

```
/**
 * check Rep
 */
private void checkRep() {
    for (String strLocation1 : locations) {
        assert (strLocation1.length() > 0);
        for (String strLocation2 : locations) {
            if (strLocation1 != strLocation2)
                assert (!strLocation1.equals(strLocation2));
        }
    }
}
```

3.2.1.3 EntryState

EntryState 的 AF、RI 如下：

```
/*
 * AF:
 * the state enum's name represents the state
 * RI:
 * state must be in enums
 * Safety:
```

```
     * it's a mutable object, but do not let the outside modif
y state directly
     */
```

该 checkRep()非常容易，略。

3.2.1.4 Resource

Resource 的 3 个实现类均是 immutable 类型 ADT，存储一定信息，因此其 checkRep 就是保证信息存储的变量符合格式，检查方法与抛出异常方法类似，因此对抛出异常的方法进行复用。以 Plane 为例：

```
    /**
     * check Rep
     */
    private void checkRep() {
        try {
            FlightScheduleCollection.checkPlaneNumber(number);
        } catch (PlaneNumberFormatException e) {
            assert false;
        }
        try {
            FlightScheduleCollection.checkPlaneType(strType);
        } catch (PlaneTypeException e) {
            assert false;
        }
        try {
            FlightScheduleCollection.checkPlaneSeat(String.valueOf(intSeats));
        } catch (PlaneSeatRangeException e) {
            assert false;
        }
        try {
            FlightScheduleCollection.checkPlaneAge(Double.toString(age));
        } catch (PlaneAgeFormatException e) {
            assert false;
        }
    }
```

3.2.1.5 PlanningEntry

在新建计划项时，资源、位置、时间、状态均被检查过，因此只要检查 4 者不为空，且标签正确即可。

```
    private void checkRep() {
        assert (strPlanningEntryType.equals("FlightSchedule"));
        assert (location != null);
        assert (timeSlot != null);
        assert (state != null);
        assert (resource != null);
    }
```

3.2.2 Assertion/异常机制来保障 pre-/post-condition

Assertion 主要针对 mutable 对象的 mutator。

3.2.2.1 EntryState

在修改状态时，前置条件和后置条件均为：当前状态合法。除了类型为高铁，否则不能为 blocked。因此判断两次状态的合法性。

```
    /**
     * set the new state
     * @param strPlanningEntryType in {"FlightSchedule", "TrainSchedule", "Activity
Calendar"}
     * @param strNewState
     * @return true if the setting is successful, false if not
     */
    public Boolean setNewState(String strPlanningEntryType, String strNewState) {
        assert (strPlanningEntryType.toLowerCase().contains("train")
                || !this.getStrState().toLowerCase().equals("blocked"));
        if (this.setAvailability(strPlanningEntryType, strNewState.toUpperCase())){
            this.state = EntryStateEnum.valueOf(strNewState.toUpperCase());
            assert (strPlanningEntryType.toLowerCase().contains("train")
                    || !this.getStrState().toLowerCase().equals("blocked"));
            return true;
        }
```

```
        return false;
    }
```

3.2.2.2 PlanningEntry

计划项的 mutator 在于分配资源和更改状态。

分配资源时，前置条件为：被分配的资源不能为空。以 ActivityCalendar 为例：

```
    /**
     * allocate the resource to the flight schedule
     * set the state as ALLOCATED
     * @param resource
     * @param intResourceNumber
     * @return true if the resource is set and state is ALLOCATED
     */
    public Boolean allocateResource(R resource, int intResourceNumber) {
        assert (resource != null && intResourceNumber > 0);
        super.resource = resource;
        this.intResourceNumber = intResourceNumber;
        return this.state.setNewState(strPlanningEntryType, "Allocated");
    }
```

更改状态时，后置条件为：更改后的状态不能为空且为某一合法状态。以 CommonPlanningEntry.start()为例：

```
    @Override
    public Boolean start() {
        boolean flag = this.state.setNewState(strPlanningEntryType, "Running");
        assert (this.state != null && this.state.getState() != null);
        return flag;
    }
```

其中，PlanningEntry 中的 TrainSchedule 有操作“取第 i 个车厢”，对于该 i 的前置条件为：不能查询第 1 个站的到达时间且不能查询最后一个站的出发时间。以查询出发时间为例：

```
    /**
     * get the LocalDateTime of leaving time of No.indexLocation Location
     * @param indexLocation
     * @return the LocalDateTime of leaving time of No.indexLocation Location
     */
    public LocalDateTime getLeavingTimeOfIndex(int indexLocation) {
```

```
        assert (indexLocation != TERMINAL);
        return super.getTimeSlot().getLeaving().get(indexLocation);
    }
```

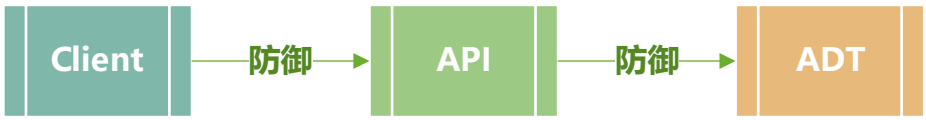
3.2.2.3 PlanningEntryCollection

在计划项集合类中，有许多关联到计划项编号的操作，前置条件要求计划项编号参数不能为 blank。同理，所有有关查询操作的参数均不能为空白。

```
    /**
     * search for a planning entry whose number matches the given
     * @param planningEntryNumber
     * @return the planning entry
     */
    public PlanningEntry<Resource> getPlanningEntryByStrNumber(String p
lanningEntryNumber) {
        assert (!planningEntryNumber.isBlank());
        for (PlanningEntry<Resource> planningEntry : planningEntries)
            if (planningEntry.getPlanningEntryNumber().equals(planningE
ntryNumber))
                return planningEntry;
        return null;
    }
```

3.2.3 你的代码的防御式策略概述

代码的“错误传递”发生在客户端到 API、API 到 ADT 之间，因此在这两种传递过程的起始和完成阶段，都应该进行防御。



3.2.3.1 Client-->API 前置条件防御

客户端和 API 之间，需要基于用户输入参数进行功能控制，因此用户输入的内容正确性决定了 API 功能实现的正确性。客户端的输入方法或 API 的方法起始阶段需要对用户输入进行检查。

例如 FlightScheduleCollection.addPlanningEntry()中需要读入一段数据，在方法中进行了对各项参数的检查，错误则抛出包括 EntryNumberFormatException 在内的相应异常；而在查询指定计划项信息时，则是在 FlightScheduleApp 中先对该编号正确性进行检查（该操作委派给了 FlightScheduleCollection）然后才获取指定信息。

3.2.3.2 Client-->API 后置条件防御

在 API 操作完成之后，在客户端或 API 中需要对结果进行正确性的大致检查，避免一下明显错误情况；若 API 操作不当，可能在程序中引入隐式错误。

例如在启动计划项时，FlightScheduleApp 在完成操作后弹窗显示操作结果；在暂停计划项之后，会检查该计划项类型是否为可暂停的计划项对象类型。

3.2.3.3 API-->ADT 前置条件防御

在 API 的操作会对 ADT 进行影响，若 ADT 为可变的，则要求 Setter()参数正确。检查参数正确可以在 API 的方法中，也可以在 ADT 的方法中。

例如 API 在获得某计划项的资源时，会判断该 ADT 的资源是否为空；在 API 需要获得高铁的第 i 站的到达时间，在 ADT 的方法中会对 i 的取值进行断言（不能为 0）。

3.2.3.4 API-->ADT 后置条件防御

在修改 ADT 的内容之后，需要确认修改后的 ADT 符合 RI。此时，可以调用 ADT 私有方法 checkRep()进行校验。在各个 ADT 中均有 checkRep()，出现在构造器（immutable 对象），也会出现在 mutator（mutable 对象）。

3.3 Logging

本实验中，日志功能的实现调用了 Java 的库 java.util.logging。并且日志功能仅支持在应用中实现，不支持在测试时使用。

```
private final static Logger logger = Logger.getLogger("Flight Schedule Log");
```

在后续的日志创建中，如果 Logger.getLogger(String name)的 name 参数和上述三个之一相同，那么日志变量将指向同一块内存区域，即共享同一 logger。然后对日志配置。

首先配置日志的输出语言为英文。

```
Locale.setDefault(new Locale("en", "EN"));
```

然后设置日志显示信息的最低级别（即包括了 INFO, WARNING 和 SEVERE）。

```
logger.setLevel(Level.INFO);
```

接着对三个 logger 配置加入相应的文件管理，使得日志可以写入到文件中。

```
FileHandler fileHandler = new FileHandler("log/FlightScheduleLog.txt", true);
```

对文件管理 handler 配置好文件写入的格式，采用 SimpleFormatter 格式文件，可读性高，但在检索时可能比较麻烦。

```
fileHandler.setFormatter(new SimpleFormatter());
logger.addHandler(fileHandler);
```

这样日志的配置就做好了。在应用类中，只需要加一个全局静态变量，调用已经创建的相关的 logger，再设置无需从控制台输出日志内容即可。除了应用类，凡是应用类调用的函数如果有异常被 catch 的话，其所在的类中，也应该有这个 logger 管理变量。

文件整体效果：

```
May 18, 2020 3:09:38 PM apps.FlightScheduleApp readFile
INFO: Read File
May 18, 2020 3:09:38 PM apps.FlightScheduleApp readFile
INFO: Success: Read File
May 18, 2020 3:09:46 PM apps.FlightScheduleApp lambda$15
INFO: Check Location Conflict
May 18, 2020 3:09:51 PM apps.FlightScheduleApp visualization
INFO: Visualization
May 18, 2020 3:13:14 PM apps.FlightScheduleApp readFile
INFO: Read File
May 18, 2020 3:13:14 PM apps.FlightScheduleApp readFile
INFO: Success: Read File
May 18, 2020 3:13:21 PM apps.FlightScheduleApp visualization
INFO: Visualization
```

3.3.1 异常处理的日志功能

3.3.1.1 需要终止当前操作的异常

如果遇到需要终止当前操作的异常，在 catch 结束前，应该记录 SEVERE 级别的日志信息，如：

```
try {
```

```
    flightSchedule = flightScheduleCollection.addPlanningEntry(
stringInfo.toString());
} catch (DataPatternException e) {
    logger.log(Level.SEVERE, e.getMessage(), e);
    break;
}
```

3.3.1.2 不需要终止当前操作的异常

如果遇到不需要终止当前操作的异常，在 catch 结束前，应该记录 WARNING 级别的日志信息，如：

```
try {
    checkResourceShared(flightScheduleCollection,
flightScheduleCollection.getPlaneOfNumber(strResourceNumber));
} catch (ResourceSharedException e1) {
    logger.log(Level.WARNING, e1.getMessage(), e1);
    flag = false;
}
```

3.3.1.3 Assertion error

对于应用中遇到的 Assertion error，应该记录下 SEVERE 级别的信息。

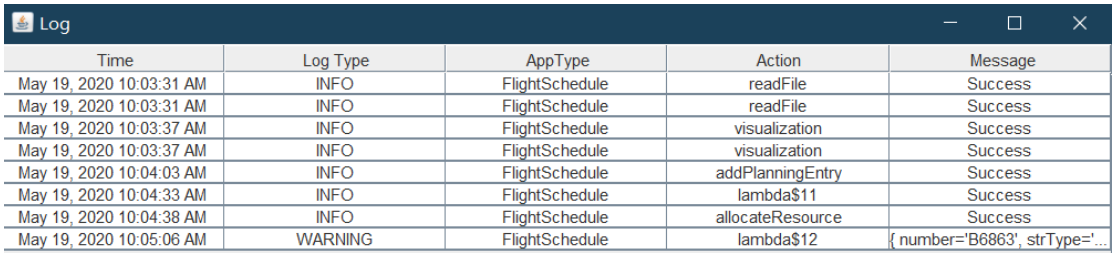
3.3.2 应用层操作的日志功能

应用中使用功能在应用中使用的任何功能，都应该在调用之后马上生成 INFO 调用信息，在功能成功结束后，生成 INFO 成功信息。如：

```
switch (strOperation) {
    case "Start":
        logger.log(Level.INFO, "Start Planning Entry");
        operationFlag = flightScheduleCollection.startPlanningE
ntry(planningEntryNumber);
        break;
```

3.3.3 日志查询功能

首先处理字符串，并能够将所有的日志显示出来。通过委派复用 Board 功能，可视化 JTable。以下，将增加方法参数（时间、事件类型和 App 类型），对日志项进行筛选，以下图形式进行显示。



Time	Log Type	AppType	Action	Message
May 19, 2020 10:03:31 AM	INFO	FlightSchedule	readFile	Success
May 19, 2020 10:03:31 AM	INFO	FlightSchedule	readFile	Success
May 19, 2020 10:03:37 AM	INFO	FlightSchedule	visualization	Success
May 19, 2020 10:03:37 AM	INFO	FlightSchedule	visualization	Success
May 19, 2020 10:04:03 AM	INFO	FlightSchedule	addPlanningEntry	Success
May 19, 2020 10:04:33 AM	INFO	FlightSchedule	lambda$11	Success
May 19, 2020 10:04:38 AM	INFO	FlightSchedule	allocateResource	Success
May 19, 2020 10:05:06 AM	WARNING	FlightSchedule	lambda$12	{ number='B6863', strType='...

通过正则表达式读入日志。

```
Pattern pattern1 = Pattern.compile("(.*?) apps\\.(.*?)App (.*?)\\.");
Pattern pattern2 = Pattern.compile("([A-Z]*?): (.*?)\\.+");
```

匹配后得出所需信息。

```
String time = matcher1.group(1);
String logType1 = matcher2.group(1);
String appType1 = matcher1.group(2);
String action = matcher1.group(3);
String message = matcher2.group(2);
```

转换时间后，检测时间是否匹配（设定：在 WITHIN_MINUTE 分钟以内）：

```
if (!askedTime.isBlank()) {
    askingTime = LocalDateTime.parse(askedTime, DateTimeFormatter.ofPattern
("yyyy-MM-dd hh:mm"));
}
LocalDateTime timeFormatted = LocalDateTime.parse(timeString,
    DateTimeFormatter.ofPattern("MMM dd, yyyy HH:mm:ss a"));
if (askingTime == null ||
    (askingTime.plusMinutes(WITHIN_MINUTE).isAfter(timeFormatted)
    && askingTime.minusMinutes(WITHIN_MINUTE).isBefore(timeFormatted))) {
    ……
}
```

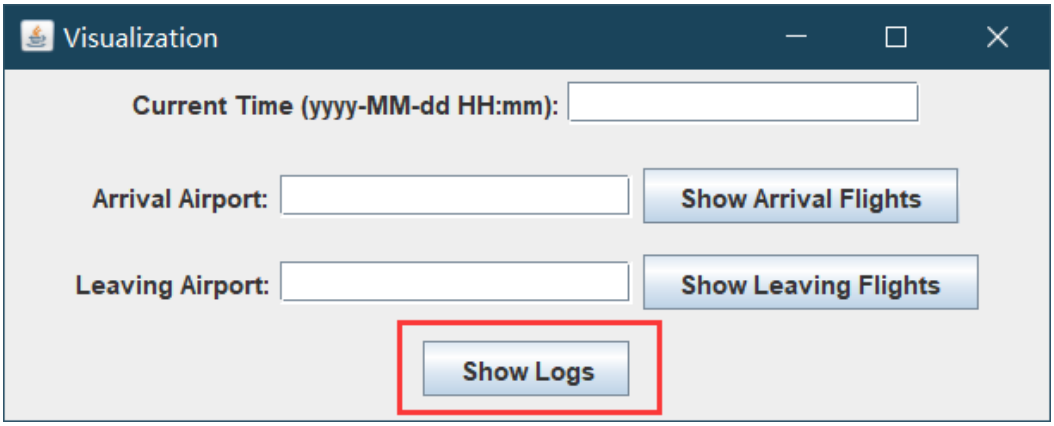
同理，检测事件类型和 App 类型：

```
if (logType.isBlank() || logType.equals(logType1)) {
    if (appType.isBlank() || appType.equals(appType1)) {
        ……
    }
}
```

方法 Spec:

```
    /**
     * show logs
     * @param askedTime
     * @param logType
     * @param appType
     * @throws IOException
     */
    public void showLog(String askedTime, String logType, Stri
ng appType) throws IOException {}
```

最后通过 GUI 显示出选择日志，方法的按钮在 visualization 内的“Show Logs”。



3.4 Testing for Robustness and Correctness

3.4.1 Testing strategy

使用等价类和边界值的测试思想，为各 ADT 添加 testing strategy。以下以 PlanningEntryAPITest 为例:

```
        /*
         * Test strategy
         *
         * Location Conflict:
         * Add entries from without conflict to with conflict.
         * call method when they're added.
         *
         * Resource conflict:
         * Add entries from without conflict to with conflict.
         * call method when they're added.
```

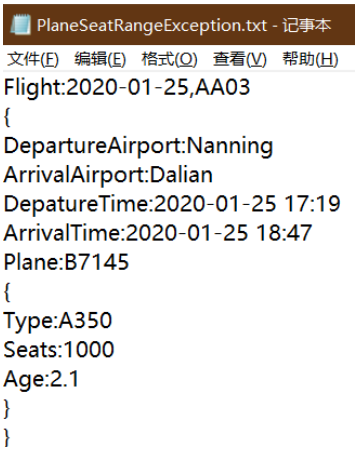
```
         *
         * Find Pre Entry:
         * Add entries from non-pre-
entry to has it, and to new pre-entry.
         * call method when they're added, and update the new
entry closer to the asking.
         */
```

3.4.2 测试用例设计

为每种 Exception 设计测试用例，保存在 data/Exceptions/中。

名称	修改日期	类型	大小
LocationSharedException.txt	2020/5/16 18:44	文本文档	1 KB
ResourceSharedException_0.txt	2020/5/16 17:56	文本文档	1 KB
ResourceSharedException_1.txt	2020/5/16 17:56	文本文档	1 KB
UnableCancelException.txt	2020/5/16 17:37	文本文档	1 KB
DeleteOccupiedLocationException.txt	2020/5/16 17:31	文本文档	1 KB
DeleteAllocatedResourceException.txt	2020/5/16 17:22	文本文档	1 KB
SameEntrySameDayException.txt	2020/5/15 20:57	文本文档	1 KB
HugeTimeGapException.txt	2020/5/15 20:43	文本文档	1 KB
PlaneInconsistentInfoException.txt	2020/5/15 20:06	文本文档	1 KB
EntryInconsistentInfoException.txt	2020/5/15 19:48	文本文档	1 KB
SameEntryException.txt	2020/5/15 19:32	文本文档	1 KB
PlaneAgeFormatException.txt	2020/5/14 21:30	文本文档	1 KB
PlaneNumberFormatException.txt	2020/5/14 21:28	文本文档	1 KB
PlaneSeatRangeException.txt	2020/5/14 21:19	文本文档	1 KB
PlaneTypeException.txt	2020/5/14 21:17	文本文档	1 KB
TimeOrderException.txt	2020/5/14 21:11	文本文档	1 KB
SameAirportException.txt	2020/5/14 21:10	文本文档	1 KB
EntryNumberFormatException.txt	2020/5/14 21:09	文本文档	1 KB
DataPatternException.txt	2020/5/14 21:00	文本文档	1 KB

主要有两种数据：最少需要一组数据的、最少需要两组数据的。当测试计划项数据文本内容各种 Exception、以及资源相关 Exception 最少只需要一组数据。以 PlaneSeatRangeException 为例：



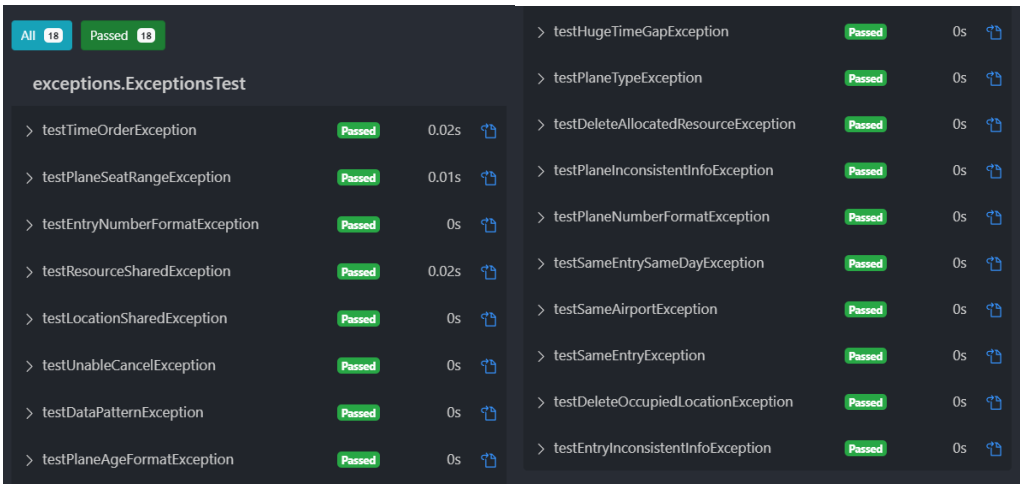
测试用例代码：

```
    @Test
    public void testPlaneSeatRangeException() throws Exception {
        exception.expect(PlaneSeatRangeException.class);
        exception.expectMessage(1000 + " is not in [50, 600].");
        String data = getOneData("data/Exceptions/PlaneSeatRangeExcepti
on.txt");
        FlightScheduleCollection flightScheduleCollection = new FlightS
cheduleCollection();
        FlightSchedule<Resource> flightSchedule = flightScheduleCollect
ion.addPlanningEntry(data);
        flightScheduleCollection.allocatePlanningEntry(flightSchedule.g
etPlanningEntryNumber(), data);
    }
```

如此设计多种非法文件，促使程序出错，提高健壮性和正确性。

3.4.3 测试运行结果与 EclEmma 覆盖度报告

ExceptionTest 测试运行结果：



所有测试运行结果：

EclEmma 覆盖度测试:

语句覆盖度:

Element	Coverage	Covered Instructions	Missed Instructions	Total Instructions
Lab4-1183710109	81.7 %	3,584	804	4,388
src	71.6 %	1,863	738	2,601
exceptions	18.1 %	52	236	288
timeSlot	56.0 %	98	77	175
resource	68.9 %	102	46	148
planningEntry	74.8 %	178	60	238
location	75.2 %	94	31	125
planningEntryCollection	79.4 %	843	219	1,062
entryState	86.5 %	321	50	371
planningEntryAPIs	90.2 %	175	19	194
test	96.3 %	1,721	66	1,787
exceptions	86.2 %	406	65	471
resource	97.6 %	41	1	42
entryState	100.0 %	60	0	60
location	100.0 %	84	0	84
planningEntry	100.0 %	357	0	357
planningEntryAPIs	100.0 %	528	0	528
planningEntryCollection	100.0 %	143	0	143
timeSlot	100.0 %	102	0	102

分支覆盖度:

Element	Coverage	Covered Branches	Missed Branches	Total Branches
Lab4-1183710109	58.0 %	167	121	288
src	57.4 %	156	116	272
timeSlot	46.4 %	13	15	28
planningEntryCollection	51.6 %	65	61	126
planningEntry	53.3 %	16	14	30
entryState	60.7 %	17	11	28
resource	66.7 %	8	4	12
location	68.2 %	15	7	22
planningEntryAPIs	84.6 %	22	4	26
exceptions		0	0	0
test	68.8 %	11	5	16
resource	50.0 %	1	1	2
exceptions	71.4 %	10	4	14
entryState		0	0	0
location		0	0	0
planningEntry		0	0	0
planningEntryAPIs		0	0	0
planningEntryCollection		0	0	0
timeSlot		0	0	0

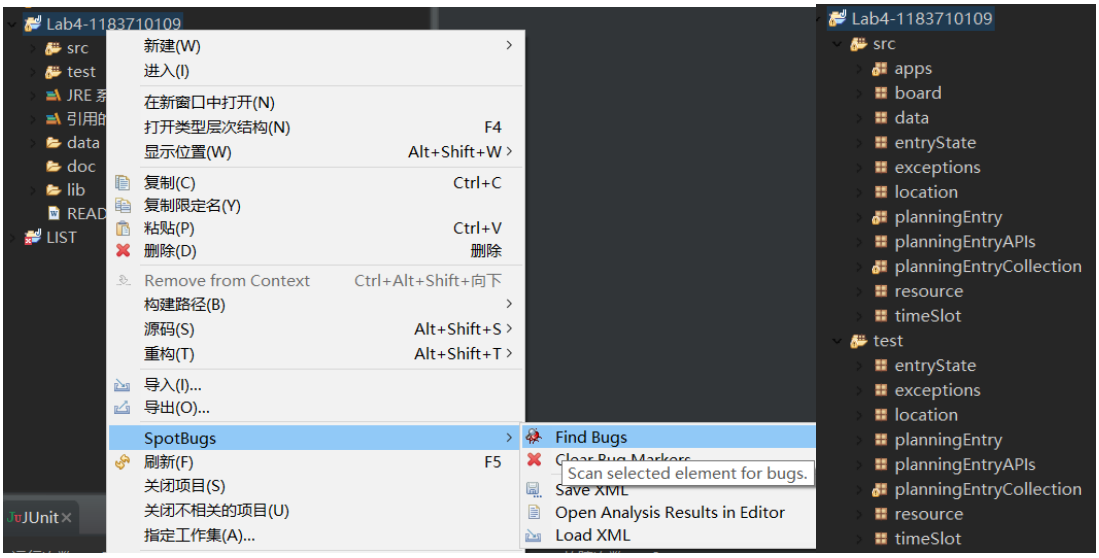
复杂度覆盖度:

Element	Coverage	Covered Complexity	Missed Complexity	Total Complexity
Lab4-1183710109	47.7 %	178	195	373
test	90.9 %	50	5	55
entryState	100.0 %	2	0	2
location	100.0 %	3	0	3
planningEntry	100.0 %	4	0	4
planningEntryAPIs	100.0 %	5	0	5
planningEntryCollection	100.0 %	5	0	5
timeSlot	100.0 %	3	0	3
exceptions	85.7 %	24	4	28
resource	80.0 %	4	1	5
src	40.3 %	128	190	318
resource	61.1 %	11	7	18
entryState	58.6 %	17	12	29
planningEntryAPIs	57.1 %	12	9	21
planningEntry	52.5 %	21	19	40
location	50.0 %	9	9	18
planningEntryCollection	37.8 %	37	61	98
timeSlot	36.4 %	8	14	22
exceptions	18.1 %	13	59	72

3.5 SpotBugs tool

没有 Spot 到 Bugs。

之前有用到过，检测出实际返回类型和方法返回类型不一致的错误，还有可能为 Null Pointer 的错误。



3.6 Debugging

3.6.1 EventManager 程序

理解待调试程序的代码思想：

该程序要求若干时间区间交集数量的最大值。start 代表从某个点开始的日程数目（+start），end 代表到某个点结束的日程（-end），统计某个点日程的重复数目，就是将这个点之前的 start 和 end 求和。

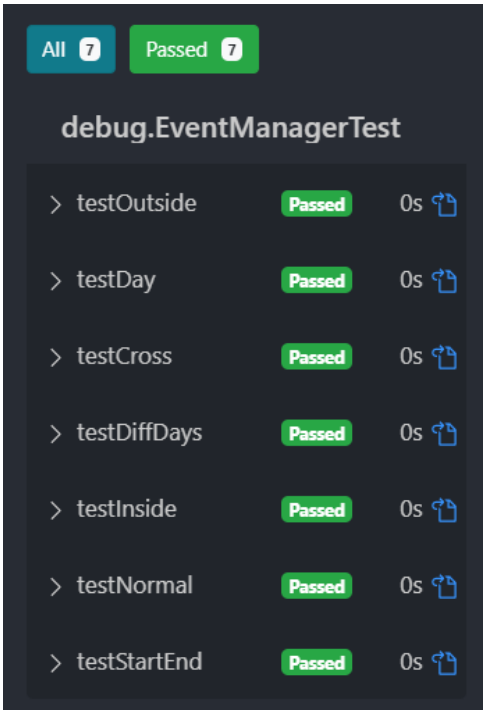
发现错误并修改：

- 方法开始要有限制条件，非法情况不能添加；

```
if ((day >= 1 && day <= 365 && start >= 0 && start < 24 &&
end > 0 && end <= 24 && start < end)) {
    ……
}
int active = 0, ans = 0;
for (int d : temp.values()) {
    ……
}
```

- Map 取值时可能为空，所以需要判断：if (temp.containsKey(key))
- 要将 day 考虑进去，所以 key 应该为 start+day*25 或 end+day*25（可以为比 25 更大的整数值）；

修复之后的测试结果：



3.6.2 LowestPrice 程序

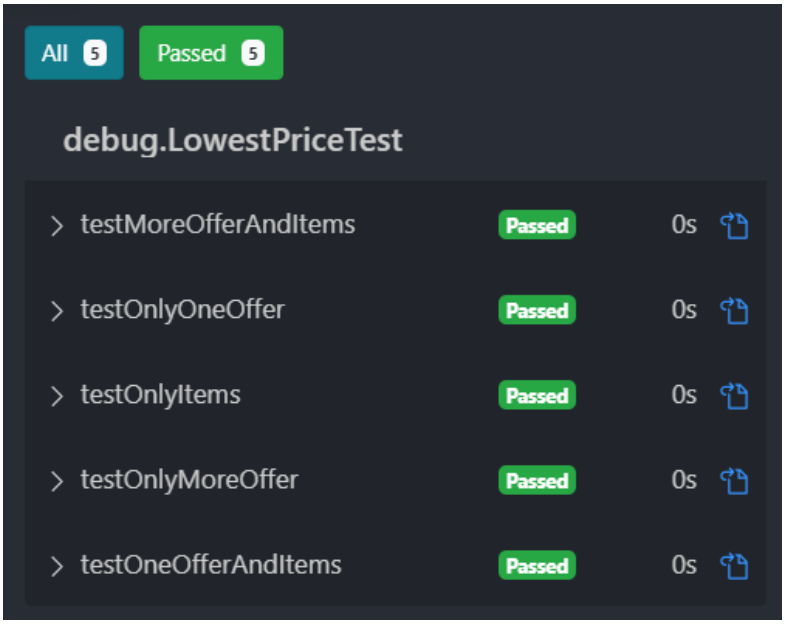
理解待调试程序的代码思想：

该程序想要求在有 special offer 的情况下最优价格。算法思想是贪心。首先假设最低代价为所有均用零售，然后每次将一个 special offer 加入“购物车”，更新需求，再用新需求迭代求解。

发现错误并修改：

- Needs 没有进行深拷贝，使用 addAll；
- 循环等场景下出现 list 下标等于 size()情况，修改为 needs.size()-1；
- s.get()参数错误，该 j 与 special 无关，修改为 s.size()-1；
- 当循环存在差值小于 0 则 break，应改为 diff<0；
- 被使用过的 special offer 还有可能被使用，应该拷贝后去除；

修复之后的测试结果：



3.6.3 FlightClient/Flight/Plane 程序

理解待调试程序的代码思想：

该程序通过枚举每个航班，尝试安排飞机，确保没有与其他已经分配的航班冲突，最后确认是否能所有同时分配成功。

发现并修正错误：

- Collections.sort()参数缺失，应该添加 Comparator，比较时间（我好像没觉得有什么作用）；

```
Comparator<Flight> comparator = new Comparator<Flight>() {
    @Override
    public int compare(Flight o1, Flight o2) {
        return o1.getDepartTime().before(o2.getDepartTime()) ? -1 : 1;
    }
};
Collections.sort(flights, comparator);
```

- While 循环不退出，要用 for 顺序遍历所有 plane 后退出。
- 判断是否以分配，否则不比较：if (q == null || !q.equals(p))
- 在得出两个航班的起止时间后，比较错误，应该调用 API 改为：

```
if (fStart.before(tEnd) && fEnd.after(tStart)) {
    bConflict = true;
    break;
}
```

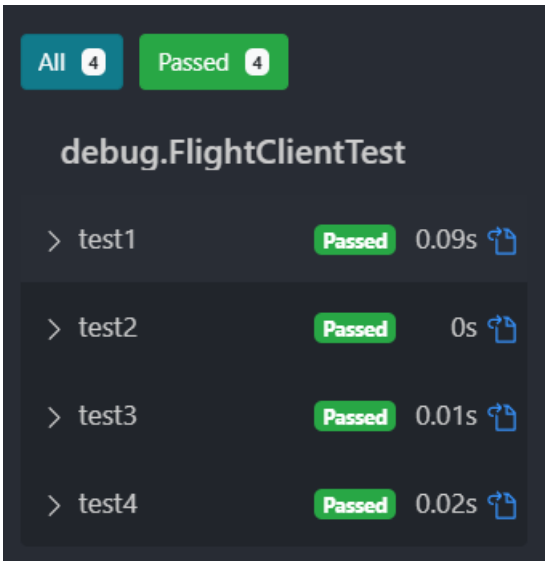
- 在判断是否能分配资源，应该是改航班不与任何航班冲突，若有一个冲突则不能分配。因此，要在确认所有航班均不冲突后（即 bConflict==false），分配飞机并将 bAllocated=true（添加在 if 中）；

```
if (!bConflict) {
    f.setPlane(p);
    bAllocated = true;
    break;
}
```

- 未返回 bFeasible，若存在航班 bAllocated=false（即被分配），则 bFeasible=false；

```
bFeasible &= bAllocated;
```

修复之后的测试结果：



4 实验进度记录

请使用表格方式记录你的进度情况，以超过半小时的连续编程时间为一行。

每次结束编程时，请向该表格中增加一行。不要事后胡乱填写。

不要嫌烦，该表格可帮助你汇总你在每个任务上付出的时间和精力，发现自己不擅长的任务，后续有意识的弥补。

日期	时间段	计划任务	实际完成情况
2020-05-13	下午	初始化仓库	完成
2020-05-13	下午	完成 3.1.1 中 8 种语法错误	完成
2020-05-13	晚上	完成 3.1.1 中第 9-11 种错误	完成
2020-05-14	晚上	完成 3.1.1 中第 12-13 种错误；测试这 13 种错误	完成
2020-05-15	晚上	完成 3.1.2 中第 1-3 种错误	完成
2020-05-16	上午	完成 3.1.2 中第 4-5 种错误	完成
2020-05-16	晚上	完成 3.1.2 的 5 种错误测试	完成
2020-05-17	下午	完成 3.2 断言和 checkRep()	完成
2020-05-17	晚上	通过所有测试	完成
2020-05-18	晚上	设计日志功能	初步完成
2020-05-19	上午	完成 3.3 日志记录和查询功能	完成
2020-05-19	下午	3.4-3.5 补充测试策略、修改 Bug	完成
2020-05-19	晚上	完成 3.6.2 和 3.6.3	完成
2020-05-21	下午	完成 3.6.1	完成

5 实验过程中遇到的困难与解决途径

遇到的难点	解决途径
Exception 在 APP 内无法测试	设置 check 静态方法，调用静态方法测试
APP 捕获异常无法恢复/修复数据	直接抛出异常或保存先前状态
EventManager 希望能 start 到 end 都标记，改动太大	Start++，end++，在区间内统计最大值

6 实验过程中收获的经验、教训、感想

6.1 实验过程中收获的经验和教训

- 程序里一定有很多的潜在 Bug;
- 需要提前预期错误，设置 Exception 和防御措施来保证程序的正确性和健壮性;
- 测试的代码量可能很大，取决于对正确性和健壮性的追求

6.2 针对以下方面的感受

(1) 健壮性和正确性，二者对编程中程序员的思路有什么不同的影响？

a) 健壮性，希望能应对所有的错误，因此会考虑每一步的防御措施；

b) 正确性，希望在任何时候都正确；因此会追求结果的正确性；

(2) 为了应对 1%可能出现的错误或异常，需要增加很多行的代码，这是否划算？（考虑这个反例：民航飞机上为何不安装降落伞？）

a) 要估计成本于期望风险的价值关系；

b) 民航飞机不安装降落伞，是因为大部分人不会用，机组有机会跑了就没法全力拯救飞机，而且概率小，成本太高。

(3) “让自己的程序能应对更多的异常情况”和“让客户端/程序的用户承担确保正确性的职责”，二者有什么差异？你在哪些编程场景下会考虑遵循前者、在哪些场景下考虑遵循后者？

a) 前者用户爽，~~（我会在用户给了很多很多钱的情况下遵循）~~，我会在程

序失败后代价极高的场景下使用；

b) 后者我爽，我会在用户（也许是我）非常清楚使用方法，或是出错概率不大的情况下使用；

(4) 过分谨慎的“防御”（excessively defensive）真的有必要吗？你如何看待过分防御所带来的性能损耗？如何在二者之间取得平衡？

a) 考虑开发成本和风险期望；

(5) 通过调试发现并定位错误，你自己的编程经历中有总结出一些有效的方法吗？请分享之。Assertion 和 log 技术是否会帮助你更有效的定位错误？

a) 有；

b) 会；

(6) 怎么才是“充分的测试”？代码覆盖度 100%是否就意味着 100%充分的测试？

a) 覆盖到每一个等价类；

b) 语句覆盖度 100%不一定，复杂度 100%意味着接近 100%充分；

(7) Debug 一个错误的程序，有乐趣吗？体验一下无注释、无文档的程序修改。

a) 有乐趣，前提是我找的出来，而且找出来的了有所收获；

(8) 关于本实验的工作量、难度、deadline。

a) 适中、适中、较长；

(9) 到目前为止你对《软件构造》课程的评价和建议。

a) 课程很好；

b) 实验分数实在是太低了，我们马原 100 个字的作业值 7 分，在这门课 100 行代码都不值 1 分……我抗议，实验分数太低，建议提高；

(10) 期末考试临近，你对占成绩 60%的闭卷考试有什么预期？

a) 线下考；

b) 不要执着于一些概念性的东西，尤其是细节；

c) 考一些我们能从实验里学到的东西（实验花的时间太多，分数又少），比如实验中的细节、自己的思路、实验挖坑拓展、新需求、新风险……不要让实验只有可怜的 30 分（考试里考实验还能惩罚实验作弊的同学）；