

# 2022 华为软件精英挑战赛

## 初赛任务书

文档版本

01

发布日期

2022-03-14



## 修订记录

版本	发布日期	修改说明
01	2022-03-14	第一次正式发布。

## 目 录

修订记录.....	ii
1 背景信息.....	1
2 题目.....	2
2.1 题目介绍 .....	2
2.2 题目数学描述 .....	3
3 输入说明.....	5
4 输出说明.....	7
5 评分规则.....	9

# 1 背景信息

提升用户体验的同时降低运营成本是云服务竞争力的关键。

在视频直播场景中，网络成本是影响服务成本的关键因素之一，不同的流量调度方案会产生不同的网络使用成本。本赛题以华为云视频直播服务流量调度问题为基础，并进行一定的抽象、调整和简化。参赛选手需要设计高效的调度算法，在满足客户要求的前提下，通过对流量的合理调度，最小化网络使用成本。

期待您的精彩解决方案。

# 2 题目

## 2.1 题目介绍

### 术语

表2-1 术语

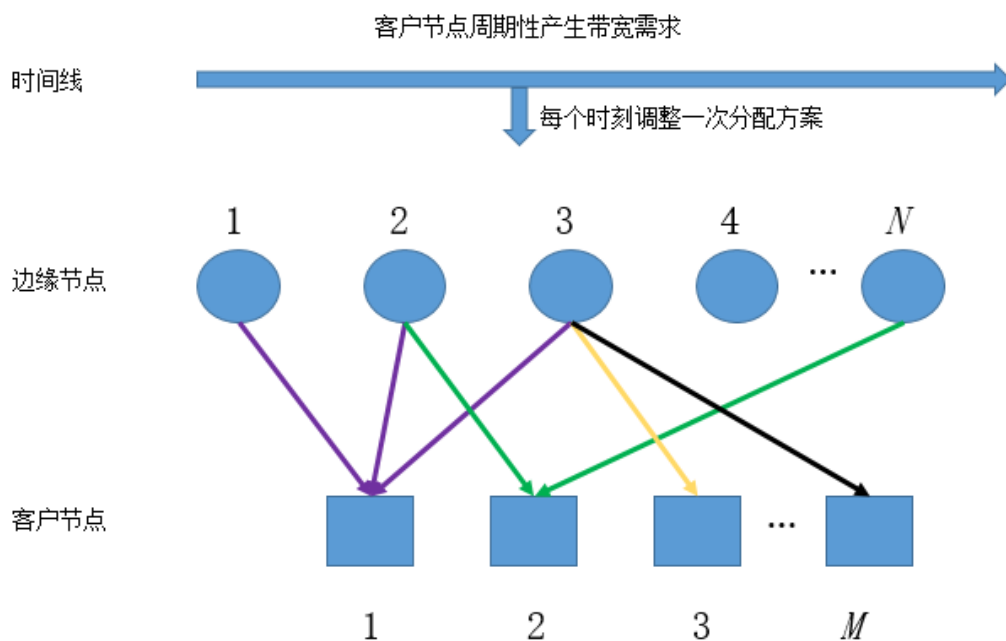
名词	解释
时刻	流量调度沿时间线进行，将时间线划分成若干个独立的调度单元，用单元的起始时间来指代这个单元，称为时刻。
带宽	在一个时刻，某个节点的流量大小称为带宽。
客户节点	一种抽象节点，在每个时刻，每个客户节点会产生新的带宽需求。
边缘节点	一种抽象节点，和客户节点直接交互的网络节点。客户节点通过边缘节点获取数据流量。在每个时刻，每个边缘节点可以为若干客户节点提供带宽，但它能提供的带宽之和有上限。在每个时刻，一个客户节点的带宽需求可以分配到一个或多个边缘节点。
QoS	客户节点和边缘节点之间的网络质量。不同客户节点和边缘节点之间的网络会因距离、网络连接状况有差别。本题中 QoS 简化成一个数值，表示时延大小（单位：ms）。
边缘节点带宽序列	对于某个边缘节点，统计它在每个时刻分配的带宽之和，这些值在整个时间线上形成一个带宽序列。
95 百分位带宽	对一个边缘节点带宽序列进行升序排序，以其 95%位置（向上取整）的带宽值作为该节点的 95 百分位带宽。 示例：假设一个节点的带宽序列长度为 8928。首先对这 8928 个带宽值升序排列。其 95%位置是 8481.6，向上取整为 8482。则以排序序列中第 8482 个点的带宽值，作为这个节点的 95 百分位带宽。
边缘节点成本	每个边缘节点的 95 百分位带宽值乘上带宽的单位成本。本题

名词	解释
	中，带宽的单位成本默认是单位 1。
带宽总成本	求和所有边缘节点成本得到带宽总成本。

## 题目描述

某个时刻边缘节点为客户节点分配的带宽资源示意图如图 2-1 示。

图2-1 某时刻带宽分配示意图



1. 共有  $M$  个客户节点和  $N$  个边缘节点。
2. 在每个时刻，要决策如何把每个客户节点的带宽需求分配到边缘节点。
3. 为了确保调度质量，每个客户节点的需求只能分配到满足 QoS 约束的边缘节点上。即：当客户节点和边缘节点之间的 QoS 小于“QoS 上限”时，才会进行流量分配。
4. 在每个时刻，每个边缘节点接收的带宽需求总和不能超过其带宽上限。
5. 合理分配所有时刻的客户节点带宽需求，使得最终的带宽总成本尽量小。

## 2.2 题目数学描述

题目的数学模型抽象如下：

## 定义

1. 集合  $T$  ( $1 < |T| \leq 8928$ ) 为所有时刻的集合。
2. 共有  $M$  ( $1 \leq M \leq 35$ ) 个客户节点, 第  $i$  个客户节点在时刻  $t$  的带宽需求为  $D_i^t$  ( $1 \leq i \leq M, t \in T$ )。
3. 共有  $N$  ( $1 \leq N \leq 135$ ) 个边缘节点, 第  $j$  个边缘节点在任何时刻的带宽上限都是  $C_j$  ( $1 \leq j \leq N$ )。
4. 第  $i$  个客户节点与第  $j$  个边缘节点之间的 QoS 为  $Y_{ij}$  ( $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N$ )。
5. QoS 约束上限为  $Q$  (从配置文件读取)。
6. 用  $X$  表示一组流量分配方案, 即  $t$  时刻第  $i$  个客户节点向第  $j$  个边缘节点分配的带宽为  $X_{ij}^t$  ( $1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, t \in T$ )。
7. 第  $j$  个边缘节点在  $t$  时刻的总带宽需求为  $w_j^t = \sum_{i=1}^M X_{ij}^t$  ( $1 \leq j \leq N, t \in T$ )。对所有  $t \in T$ , 计算边缘节点  $j$  的 95 百分位带宽值  $W_j$ , 则成本为  $s_j = W_j \times 1$ 。

## 约束

1.  $\forall t \in T, 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N \quad X_{ij}^t \in Z_0^+$   
 $X_{ij}^t$  为非负整数。
2.  $\forall t \in T, 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N, Y_{ij} \geq Q \quad X_{ij}^t = 0$   
客户节点带宽需求只能分配到满足 QoS 约束的边缘节点。
3.  $\forall t \in T, 1 \leq i \leq M \quad \sum_{j=1}^N X_{ij}^t = D_i^t$   
客户节点带宽需求必须全部分配给边缘节点。
4.  $\forall t \in T, 1 \leq j \leq N \quad \sum_{i=1}^M X_{ij}^t \leq C_j$   
边缘节点接收的带宽需求不能超过其带宽上限。

## 优化目标

$$\min_X \sum_{j=1}^N s_j$$

找到一组满足约束的流量分配方案  $X$ , 使其在时间集合  $T$  内的总带宽成本尽可能小。

# 3 输入说明

线上评测时，输入数据从/data 目录读取，涉及多个文件，文件的换行符为\r\n。

1. demand.csv: 逗号分割的 CSV 文件，包含所有客户节点在不同时刻的带宽需求信息。数据含义如下：
  - 第 1 列：即 mtime 列，表示不同时刻。
  - 第 2 列~第  $M + 1$  列：
    - 第 1 行：表示客户节点 ID，唯一标识一个客户节点。长度不超过 2 的字符串，由大小写字母或数字组成。
    - 第 2 行~最后一行：表示客户节点在该时刻的带宽需求。非负整数，单位是 MB。
  - 客户节点数：  $M \leq 35$ 。
  - 带宽值：不超过 550,000MB。
  - 一个  $M = 4, |T| = 3$  的例子如下：

```
mtime,CB,CA,CE,CX
2021-10-19T00:00,9706,13409,5209,0
2021-10-19T00:05,8127,11154,4262,300
2021-10-19T00:10,7243,9865,3713,500
```

2. site\_bandwidth.csv: 以逗号分割的 CSV 文件，包含边缘节点列表以及每个边缘节点的带宽上限。数据含义如下：
  - 第 1 列：即 site\_name 列，表示边缘节点 ID，唯一标识一个边缘节点。长度不超过 2 的字符串，由大小写字母或数字组成。
  - 第 2 列：即 bandwidth 列，表示对应边缘节点的带宽上限。非负整数，单位为 MB。
  - 边缘节点数：  $N \leq 135$
  - 带宽值：不超过 1,000,000MB。
  - 一个  $N = 3$  的例子如下：

```
site_name,bandwidth
S1,81920
SB,87040
SD,74586
```



3. qos.csv: 以逗号分割的 CSV 文件, 包含客户节点与边缘节点之间的网络时延。数据含义如下:
- **第 1 列:** 即 site\_name 列, 表示边缘节点 ID。
  - **第 2 列~第  $M + 1$  列:**
    - **第 1 行:** 表示客户节点的 ID。
    - **第 2 行~最后一行:** 边缘节点到客户节点的时延, 非负整数, 单位为 ms。
  - **网络时延取值范围:**  $0 < \text{QoS} \leq 1000\text{ms}$ 。
  - 一个  $M = 4, N = 3$  的例子如下:

```
site name,CB,CA,CE,CX
S1,200,186,125,89
SB,190,48,458,45
SD,340,45,124,335
```

4. config.ini: 参数配置文件。格式为:
- **[config]:** 参数配置开头
  - **qos\_constraint=value:** QoS 约束上限  $Q$  的配置信息, value 为非负整数, 单位为 ms。

假设配置 QoS 约束上限值为 400ms, 那么配置文件示例如下:

```
[config]
qos_constraint=400
```

# 4 输出说明

## 输出说明

线上评测时，带宽的调度分配方案输出路径为：`/output/solution.txt`。

### 输出要求：

1. 按照输入文件的时刻顺序，输出分配方案。
2. 每个时刻，所有客户节点的带宽需求分配方案用 $M$ 行表示。每行表示一个客户节点的带宽需求分配方案，每行的格式为：

```
customer_ID1:<site_id_1,bandwidth_1>,<site_id_2, bandwidth _2>...
```

其中，

- **customer\_ID1**: 表示客户节点 ID。
- **<site\_id\_1,bandwidth\_1>**: 表示把该客户节点的大小为 bandwidth\_1 的带宽需求分配给 ID 为 site\_id\_1 的边缘节点。

3. 如果在某个时刻，一个客户节点的带宽需求为 0（表示没有带宽需求），则只输出客户 ID。格式为：

```
customer_ID1:
```

4. 每个时刻，客户节点的顺序不做要求；每一行内，边缘节点顺序不做要求。
5. 最终输出文件包含 $|T| \times M$ 行，换行符为`\r\n`或`\n`，不允许有空行。

## 输出示例

以前面输入说明示例数据为基础，在 QoS 约束上限为 400ms 的情况下，一组流量分配方案为：

```
CB:<S1, 9700>,<SB, 6>
CA:<S1, 6704>,<SB, 3352>,<SD, 3353>
CE:<S1, 5209>
CX:
CB:<S1, 8000>,<SB, 120>,<SD, 7>
CA:<S1, 10000>,<SB, 1100>,<SD, 54>
CE:<S1, 2>,<SD, 4260>
CX:<S1, 300>
CB:<S1, 4243>,<SB, 1500>,<SD, 1500>
CA:<S1, 1234>,<SB, 4500>,<SD, 4131>
```

```
CE:<S1, 371>, <SD, 3342>  
CX:<SB, 500>
```

# 5 评分规则

1. 判题程序会从选手程序输出的 `solution.txt` 文件读取分配方案，计算带宽总成本并记录程序运行时间（单位为 ms）。
2. 带宽总成本低的方案胜出。
3. 如果不同选手的输出方案的总成本相同，则运行时间少者胜出；如果运行时间也相同，则先提交代码者胜出。
4. 若采用多组数据，则多组结果求和后进行排名。
5. 对于每组数据，选手的程序所有计算步骤（包含读取输入、计算、输出方案）所用时间总和不超过 300 秒。若程序运行超时、运行出错或输出不合法的解（包括调度分配方案不满足题目约束或解格式不正确），则判定无成绩。
6. 对于多组数据，选手的程序在任意一组数据上无成绩，则判定整体无成绩。

## 注意

因为进程调用存在一定的时间开销，用时统计在判题程序侧和选手程序侧可能存在细微差异。建议选手控制算法用时的时候要留有一定的冗余。