

边缘集群AI推理的分布式任务调度

时间限制：30s 空间限制：512MB

背景信息

在多用户共享算力资源的场景下，由于推理任务的启动时间不同步、性能需求差异显著，加之服务器本身的异构性，系统会面临复杂的调度需求。

需要选手设计调度算法，尽可能满足多个用户的吞吐量需求。

题目描述

多个用户在不同时刻有不同的推理请求，为处理请求提供多种服务器。选手需要通过把请求放置于服务器上，并采用迁移操作使得尽可能满足吞吐量需求。

以下是相关信息的详细描述：

- 服务器：提供 N 台服务器，第 i 台服务器有 g_i 个 NPU ，显存大小是 m_i MB。单个服务器的所有 NPU 是相同的。
- 推理耗时：第 i 种服务器的单个 NPU 同时处理多个请求时，该 NPU 上的第 j 个请求的耗时是 $\lceil \frac{B_j}{f(B_j)} \rceil$ 毫秒，其中 $f(B_j) = k_i * \sqrt{B_j}$ 表示推理速度， k_i 表示该 NPU 的推理速度系数， B_j 表示第 j 个请求的 $batchsize$ 。请求在第 x 毫秒开始推理，推理耗时 y 毫秒，则该请求在第 $x + y$ 毫秒完成推理。不考虑模型加载耗时。
- 显存： $Memory = a_i * batchsize + b_i$ 表示显存与 $batchsize$ 的关系。 a_i, b_i 表示第 i 个用户使用的模型的固有参数。
- 用户：共有 M 个用户有推理诉求。其中第 i 个用户希望在第 $[s_i, e_i)$ 毫秒内推理 cnt_i 个样本。
- 通信时延：第 i 个用户把请求发送到第 j 种服务器的通信时延是 $latency_{j,i}$ 毫秒，即用户在第 x 毫秒发送请求，服务器在第 $x + latency_{j,i}$ 毫秒收到请求。用户可在第 $x + latency_{j,i} + 1$ 毫秒发送下一个请求。
- 迁移次数：形式化地，第 i 个用户在同一时刻只能发送一个请求，记接收该请求的 NPU 编号是 v 。按照时间顺序，该用户发送第一个请求到最后一个请求形成的 v 序列是 V 。记 V 的长度是 L ， $move_i = \sum_{i=1}^{L-1} [V_i \neq V_{i+1}]$ ，则该用户得分随 $move_i$ 增加而减少，具体细节见评分规则。
- 推理顺序：每个 NPU 对应一个队列，队列内存储**未完成推理**的请求。队列排序的第一关键字是请求到达该 NPU 所在服务器的时刻，越早到达的请求越靠近队首。对于同时到达的请求，编号越小的用户发送的请求越靠近队首。每毫秒会处理一次队列。按照先后顺序执行的处理方式如下：

- i. 移除已完成推理的请求。
- ii. 增加当前时刻接收到的请求。
- iii. 将序列排序。
- iv. 从队首至队尾依次扫描请求，若加上该请求所需显存后未超过服务器显存，则认为本毫秒对该请求分配推理资源。

备注：本题的最小时间单位是毫秒，不可拆分。

题目交互

输入

第一行一个整数 $N (1 \leq N \leq 10)$ 表示服务器种类数。

接着 N 行，每行3个整数 $g_i, k_i, m_i (1 \leq g_i \leq 10, 1 \leq k_i \leq 5, 1000 \leq m_i \leq 2000)$ ，其中 g_i 表示第 i 台服务器 NPU 个数， k_i 表示推理速度参数， m_i 表示 NPU 显存大小。与上文“服务器”含义一致。

接着一行，该行一个整数 $M (1 \leq M \leq 500)$ 表示用户数量。

接着 M 行，每行3个整数 $s_i, e_i, cnt_i (0 \leq s_i < e_i \leq 60000, 1 \leq cnt_i \leq 6000, 5 \times cnt_i \leq e_i - s_i)$ ，其中 s_i, e_i 表示用户的推理请求时间段 $[s_i, e_i)$ ， cnt_i 表示待推理样本数量。

接着 N 行，每行 M 个整数，其中第 i 行第 j 个整数 $latency_{i,j} (10 \leq latency_{i,j} \leq 20)$ 表示第 j 个用户把请求发送到第 i 种服务器的通信时延。

接着 M 行，每行2个整数 $a_i, b_i (10 \leq a_i \leq 20, 100 \leq b_i \leq 200)$ 表示第 i 个用户使用的模型的显存和 $batchsize$ 的关系。

输出

输出 $2M$ 行，第 $2i - 1$ 行和第 $2i$ 行表示第 i 个用户的推理方案。

第 $2i - 1$ 行包含一个整数 T_i ，需要保证 $1 \leq T_i \leq 300$ 。

第 $2i$ 行包含 $4T_i$ 个整数，第 $4j - 3$ 个整数 $time_j (0 \leq time_j < time_{j+1} \leq 1000000, time_{T_i+1} = +\infty)$ ，第 $4j - 2$ 个整数 $server_j (1 \leq server_j \leq N)$ ，第 $4j - 1$ 个整数 $NPU_j (1 \leq NPU_j \leq g_i)$ ，第 $4j$ 个整数 $B_j (1 \leq B_j \leq 1000), a \times B_j + b \leq m_{server_j}$ ，表示第 i 个用户在 $time_j$ 时刻将包含 B_j 个推理样本的请求发送给第 $server_j$ 台服务器的第 NPU_j 个 NPU 。选手需保证 $time_1 \geq s_i, \sum_{j=1}^{T_i} B_j = cnt_i$ 。

评分规则

单个测试用例得分 $Score = h(K) \times \sum_{i=1}^M h(\frac{end_i - e_i}{e_i - s_i}) \times p(move_i) \times 10000$, 其中 end_i 表示该用户的最后一个样本推理完成的时刻, $K = \sum_{i=1}^M [end_i > e_i]$, $h(x) = 2^{-\frac{x}{100}}$, $p(x) = 2^{-\frac{x}{200}}$ 。

选手总得分为所有测试用例得分之和。

样例

输入

```
2

2 3 10000

6 5 20000

3

0 60000 3000

10000 50000 2000

0 200000 5000

10 20 20

20 10 12

10 100
```

输出

```
1

0 1 1 3000

2
```

0 1 1 1000 20000 1 2 1000

2

0 2 1 1000 100000 1 2 2000

备注：输入输出仅为说明格式。

错误类型

基础错误类型

1. 代码编译错误
2. 程序异常退出 (可能原因: 运行错误, 使用异常权限, 输出参数比实际多, 输出参数格式不对, etc...)
3. 超出时间限制 (可能原因: 交互时未使用清空流缓存命令, 程序运行超时, 输出参数比实际少, etc...)
4. 超出内存限制

逻辑错误类型

- "Unknown Error" (出现时请联系大赛方)
- "RE" (程序内存访问越界或异常退出)
- "Invalid Output" (T_i 或者 $time_j$ 违反约束)
- "Batchsize Exceeds Memory" (B_j 违反约束)
- "Samples Not Fully Processed" (样本未全部发送)
- "Invalid Time Order" ($time_j$ 非递增)
- "Invalid NPU Index" (NPU编号违反约束)
- "Invalid User Send Time" (样本发送时刻早于允许发送的时刻)
- "Invalid Server Index" (服务器编号违反约束)