

1. GA算法

1.1 实验对比

(公平性但资源分配均等) VS (公平性+按用户优先级资源分配) VS (无公平性)

第一、二组:

a. 引入公平性的目标函数: 最大化 Jain 公平性指数

$$f = \min(1 - F_{\text{Jain}})$$

▪ F_{Jain} 是Jain公平性指数, 定义为:

$$F_{\text{Jain}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n t_{ij}^{\text{weight}}\right)^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n \left(t_{ij}^{\text{weight}}\right)^2}$$

▪ t_{ij}^{weight} 是加权响应时间:

$$t_{ij}^{\text{weight}} = t_{ij} \cdot W_i$$

b. 资源分配系数 L_i 的设置:

$$\text{priority_levels}_1 = \{1: 1, \quad 2: 1, \quad 3: 1\}$$

$$\text{priority_levels}_2 = \{1: 1, \quad 2: 2, \quad 3: 3\}$$

第三组: 不考虑公平性

不引入公平性的目标函数: 最小化总响应时间

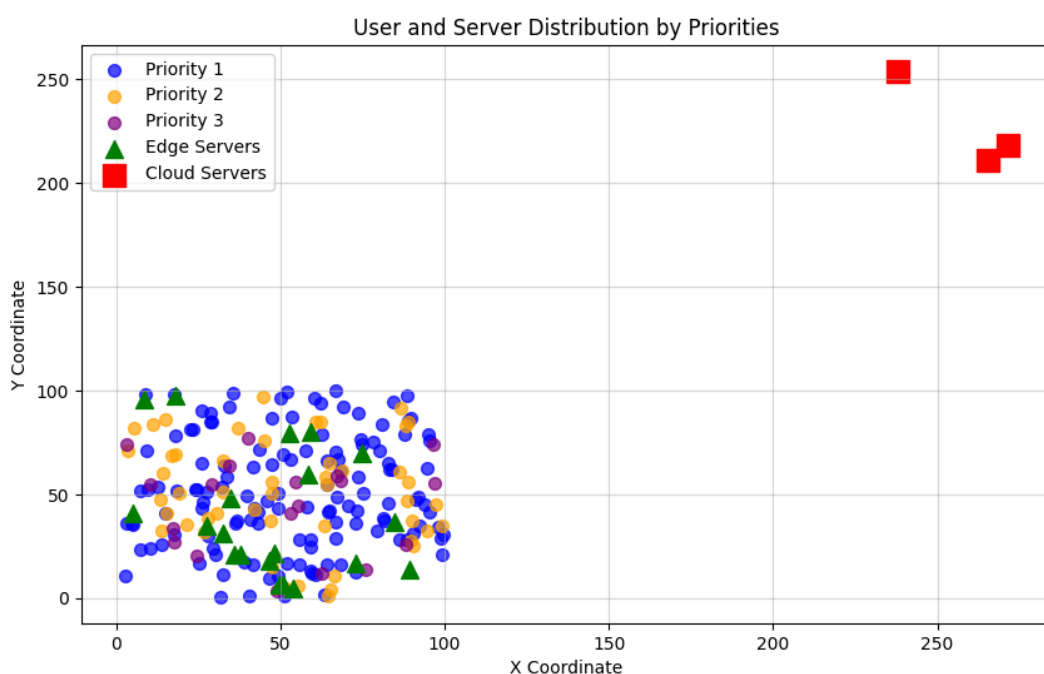
$$f = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot t_{ij}$$

1.3 实验结果

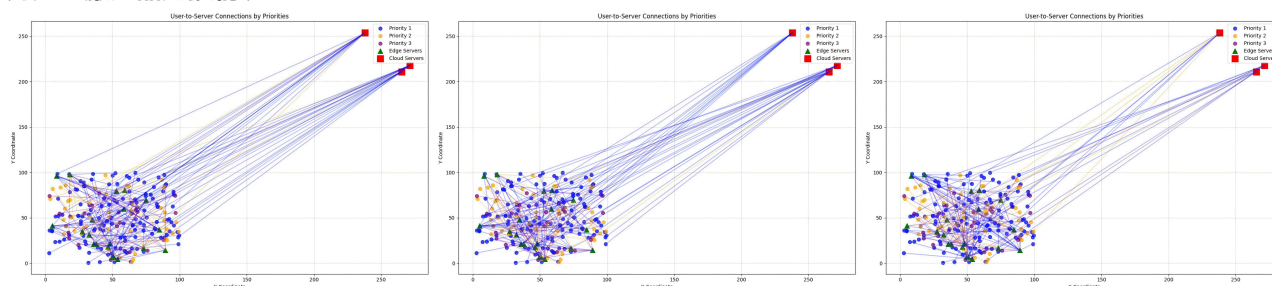
(公平性但资源分配均等) VS (公平性+按用户优先级资源分配) VS (无公平性)

■ 用户与服务器分布：

- 用户：200；
 - Priority 1: 132 users
 - Priority 2: 49 users
 - Priority 3: 19 users
- 边缘服务器：20；
- 云服务器：3



■ 用户与服务器连接情况



■ 不同优先级用户的响应时间分布

- 资源分配系数为：1: 1: 1 (即不同优先级用户资源分配情况相同)

Priority 1: Mean=16.49 ms (Limit: 25 ms) [OK]

Priority 2: Mean=10.25 ms (Limit: 12 ms) [OK]

Priority 3: Mean=7.47 ms (Limit: 8 ms) [OK]

平均响应时间: 14.10ms

■ 资源分配系数为：1：2：3（即高优先级用户分配更多资源）

Priority 1: Mean=15.61 ms (Limit: 25 ms) [OK]

Priority 2: Mean=7.24 ms (Limit: 12 ms) [OK]

Priority 3: Mean=4.08 ms (Limit: 8 ms) [OK]

平均响应时间: 12.47 ms

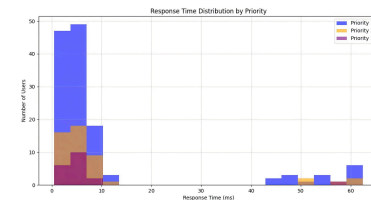
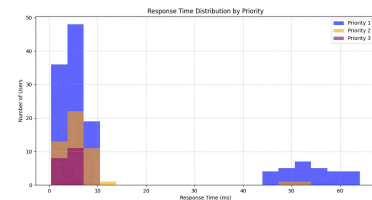
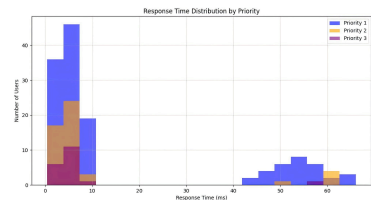
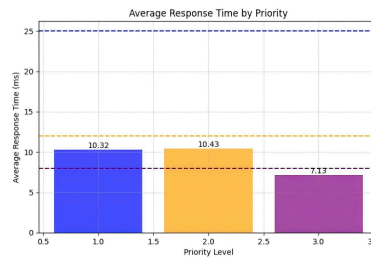
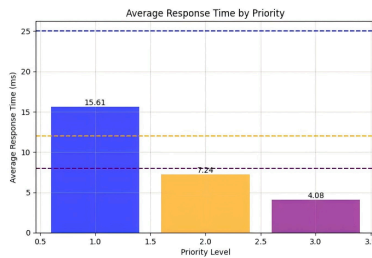
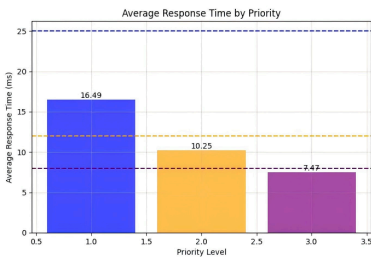
■ 不引入公平性

Priority 1: Mean=10.32 ms (Limit: 25 ms) [OK]

Priority 2: Mean=10.43 ms (Limit: 12 ms) [OK]

Priority 3: Mean=7.13 ms (Limit: 8 ms) [OK]

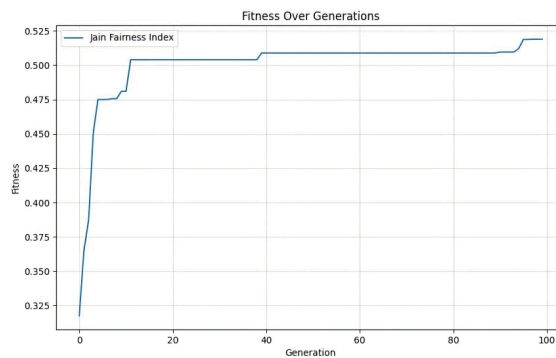
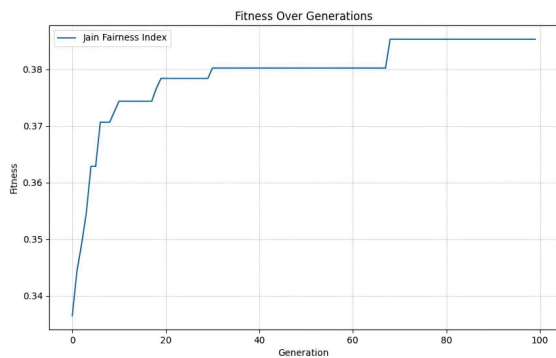
平均响应时间: 10.04 ms



■ Jain公平性指数变化情况

■ 第一组：0.3853

■ 第二组：0.5189



2. CPLEX求解器

2.1 将问题建模为混合整数线性规划问题 (MILP)

决策变量

- 用户与服务器的分配变量 $x_{i,j}$

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{如果用户 } i \text{ 被分配到服务器 } j \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

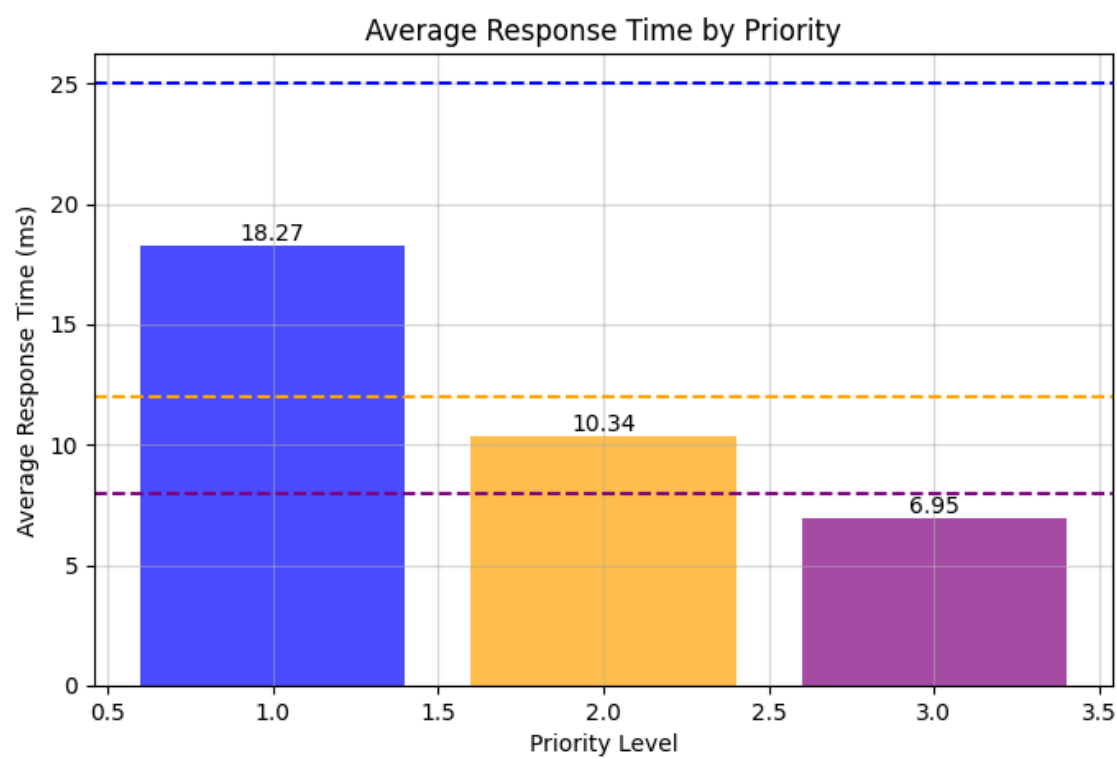
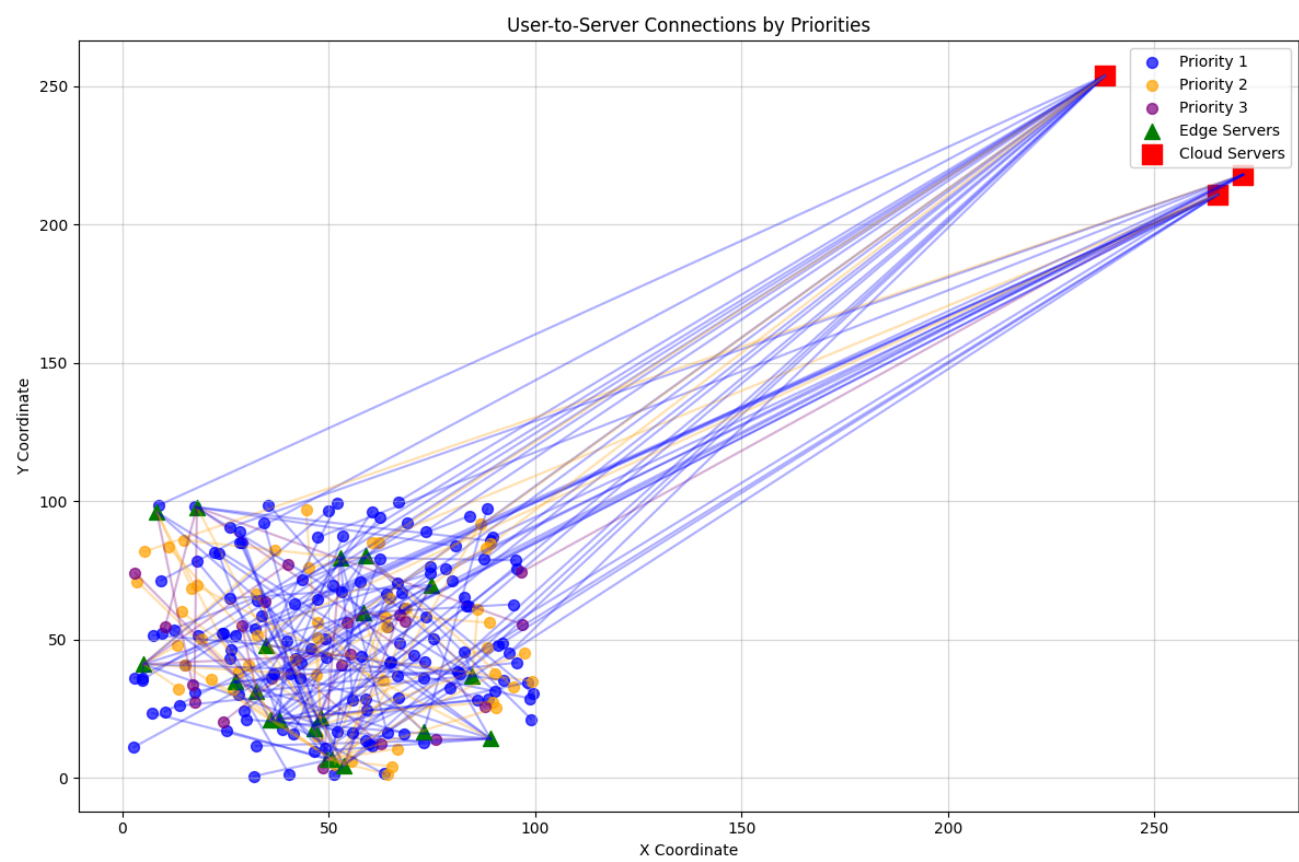
目标函数

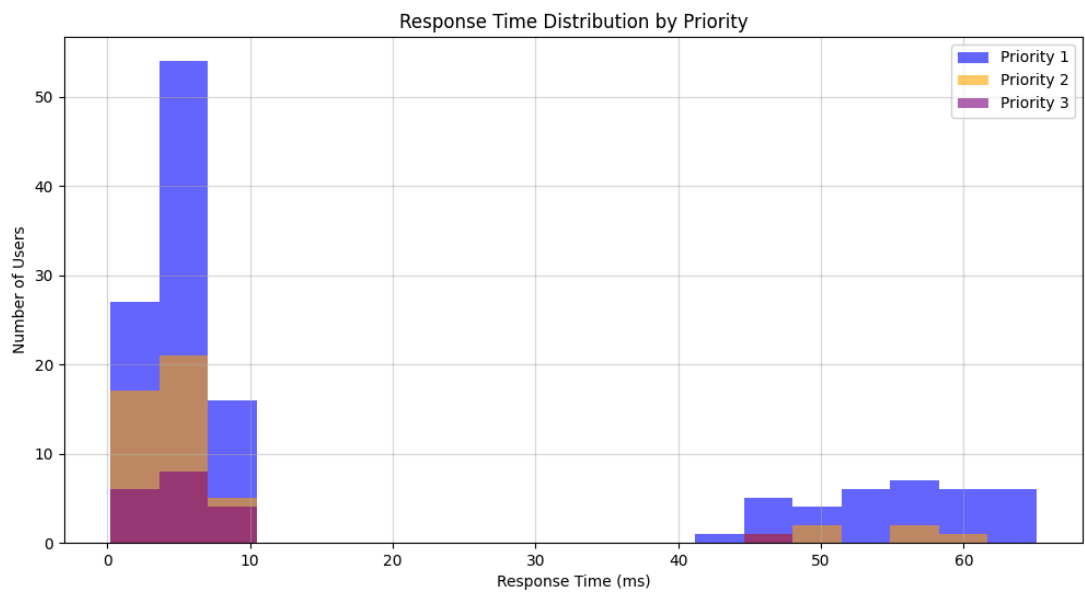
- 最大化 Jain 公平性指数 F_{jain}

约束条件

- 平均响应时间限制
- 服务器资源限制
- 部署成本限制
- 用户与服务器连接限制 (每个用户连接到唯一的服务器)

实验结果





▪ Jain 公平性指数: 0.2607601620244309