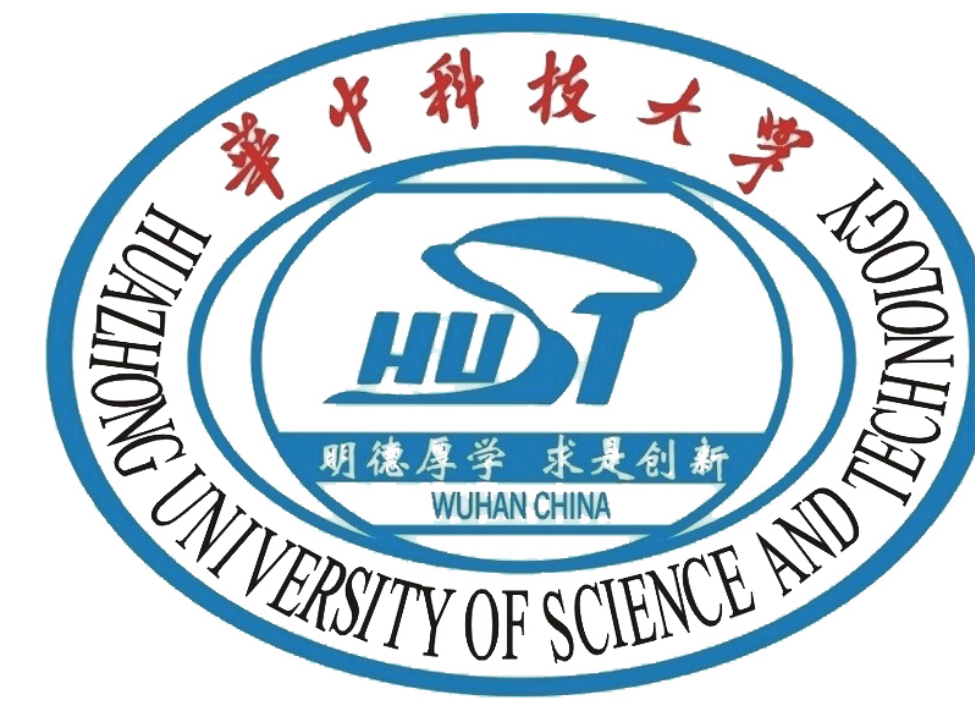


WPO-GC: A Whole Process Optimied Garbage Collection for SSDs



Fang Caihua, Liu Jingning, Tong Wei, Gao Yang, Lei Xia, Jiang Yu
Wuhan National Laboratory for Optoelectronics, School of Computer
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China

背景和动机

Flash NAND的物理特性

- 异地更新、写前擦除（需要GC）
- 擦除次数受限

SSD现存问题

- 有限的使用寿命
- 随着使用，性能降低（频繁GC）

现有垃圾回收策略存在的问题

- 针对垃圾回收操作中的单一问题进行设计和改进，没有进行全局考虑的研究，以达到进一步的优化

WPO-GC的设计与实现

不同优先级的垃圾回收请求策略

- 设置两级阈值，分别为不可中断阈值H和可中断阈值T,用于区分垃圾回收操作的紧迫程度；以下为计算公式

$$H = aE + B(1 - Vp)$$

$$T = AE + B(1 - Vp) + cIp$$

目标回收块选择策略的优化

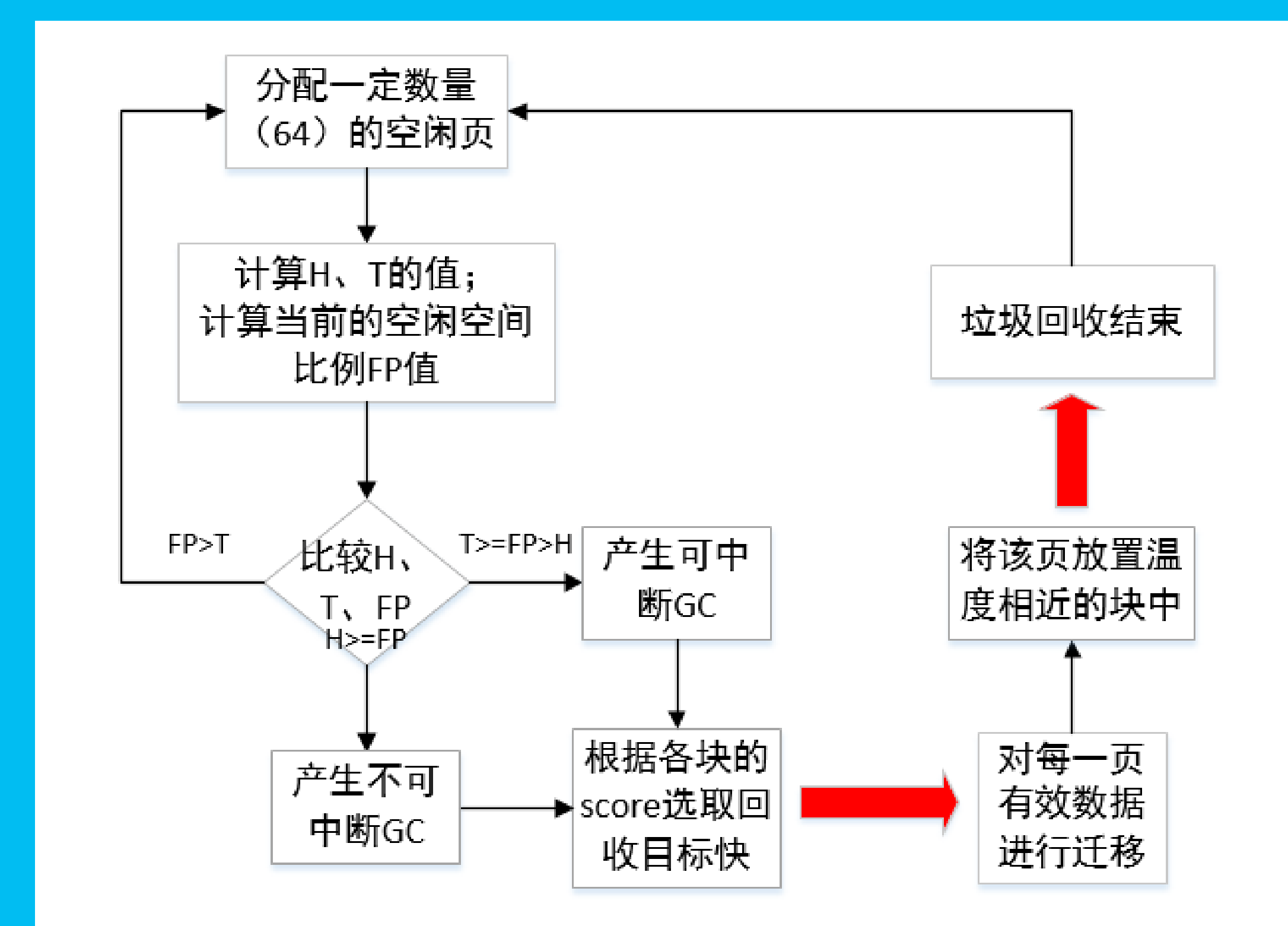
- 回收块的选择在更好的考虑SSD性能的同时，能够兼顾SSD的磨损均衡，提高SSD的寿命；以下为各块的得分

$$score = (1 - a) \left(\frac{page_block - invalid(i)}{page_block} \right) + a \left(\frac{erasures(i)}{1 + max} \right)$$

$$a = \frac{2}{k_e} \text{ if } \Delta_e \neq 0; \quad a = 0 \text{ if } \Delta_e = 0 \text{ and } \Delta_e = max - min$$

有效数据迁移策略的优化

- 增加了对‘页温度’和‘块温度’的逐级考虑，改进冷热数据分离算法。其目的是使冷热程度（访问频度）相近的数据尽量集中到一个或多个块中，以减少后续冷数据的无效迁移，提高垃圾回收的效率。



WPO-GC的工作流程

初步成果

实验平台——扩展SSDs im

- 实现WPO-GC策略
- 对照组：一种典型的GC算法（Basic-GC）

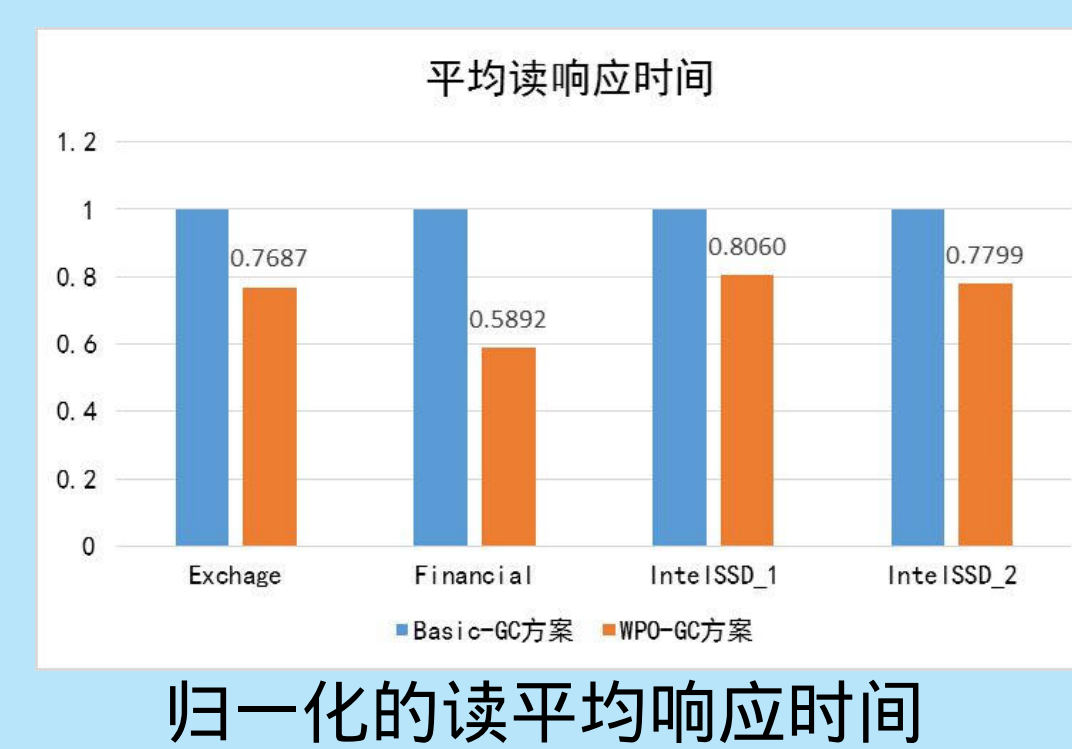
- 1) 垃圾回收过程不可被中断
- 2) 目标回收块采用贪婪策略
- 3) 有效数据迁移采用WECO的冷热数据分离

- 部分测试数据负载采自IntelSSD，真实模拟

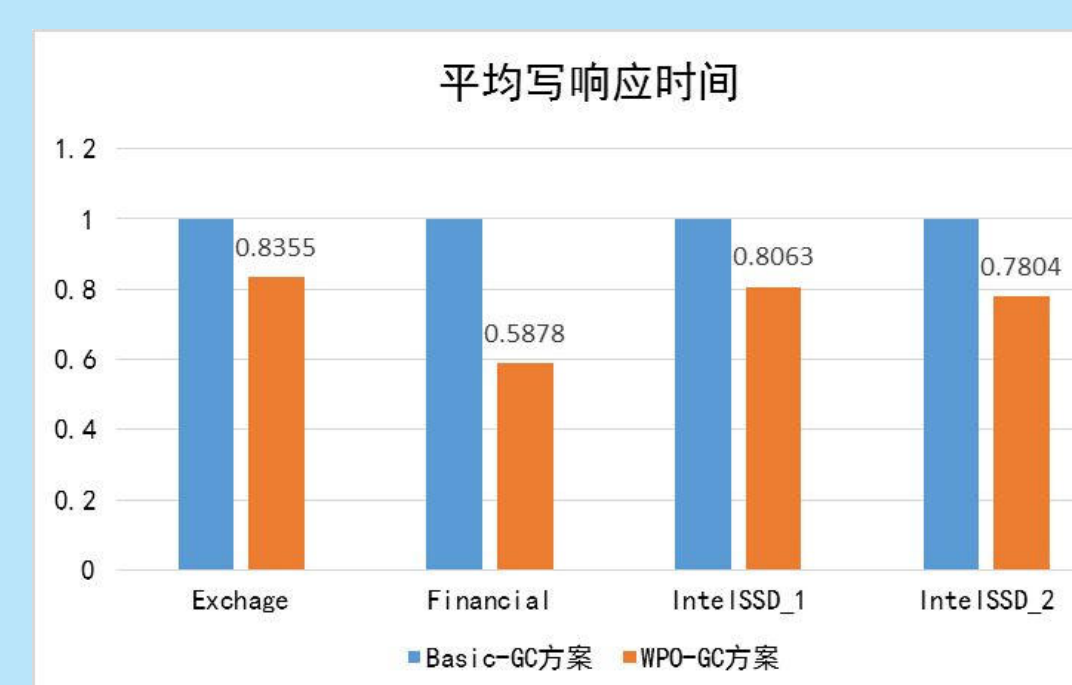
实验结果

- 同典型GC算法相比，WPO-GC可以减少SSD读请求延迟20%~40%，写请求延迟17%-40%，并能均衡磨损近30%从而延长其使用寿命。

性能方面

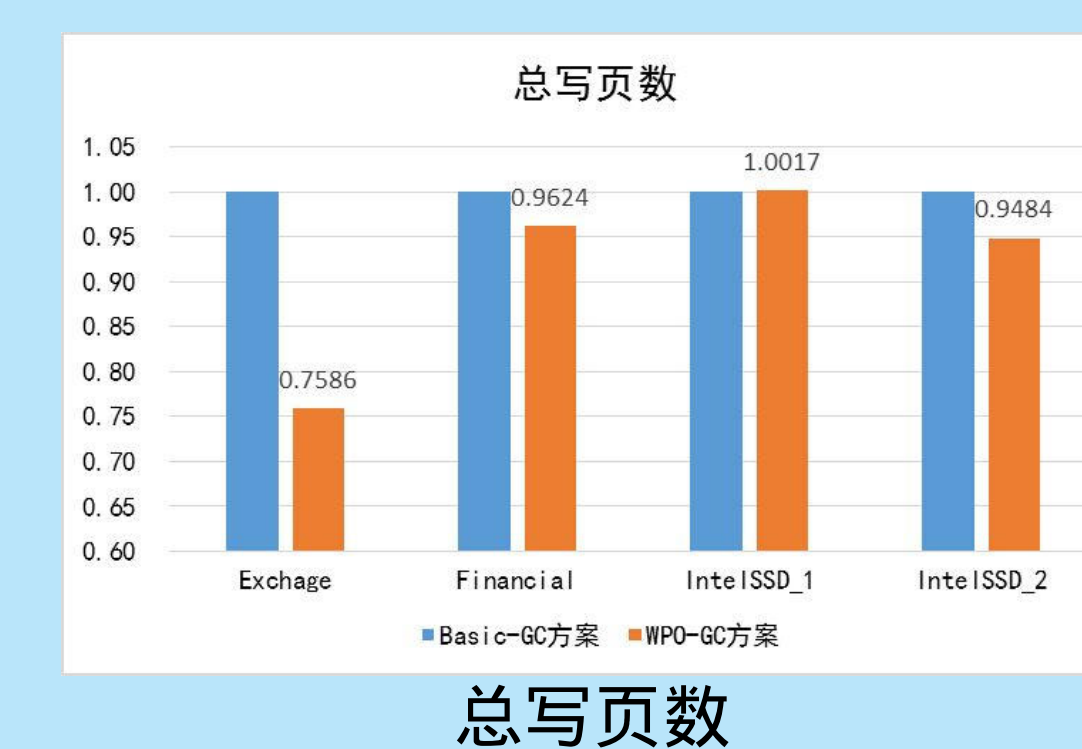


归一化的读平均响应时间

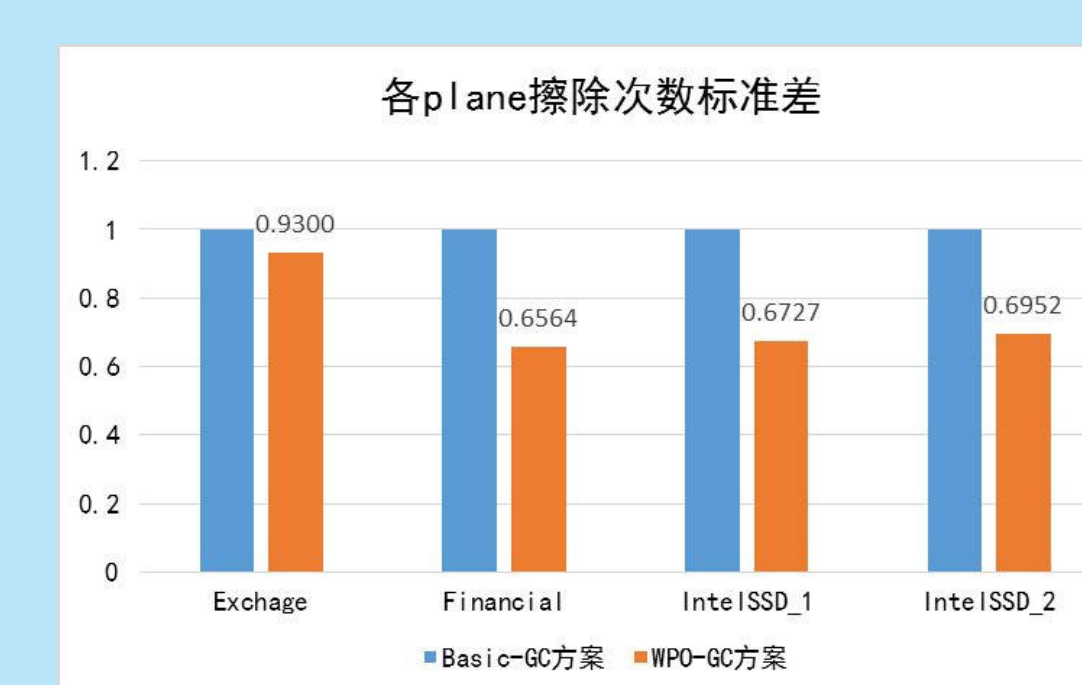


归一化的写平均响应时间

磨损方面



总写页数



归一化的块擦除次数标准差

后续工作

- 接下来的工作重心将放在如何将垃圾回收与缓存有效结合，在进行有效数据迁移时，判断该数据所对应的逻辑地址是否在缓存已经被更新，从而减少迁移耗时。