极客时间算法训练营
第三课
哈希表、集合、映射

李煜东

《算法竞赛进阶指南》作者

目录

哈希表的原理与实现

哈希表

哈希表（Hash table）又称散列表，是一种可以通过“关键码”（key）直接进行访问的数据结构。

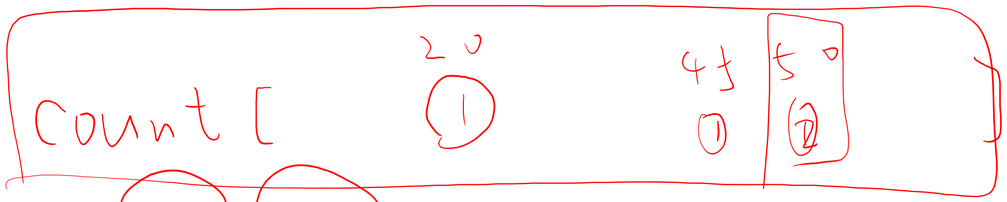
哈希表由两部分组成

- 一个数据结构，通常是链表、数组
- Hash 函数，输入“关键码”（key），返回数据结构的索引

对外表现为可以通过关键码直接访问：hash_table[key] = value

实际上是在数据结构的 hash(key) 位置处存储了 value：data_structure[hash(key)] = value

哈希表



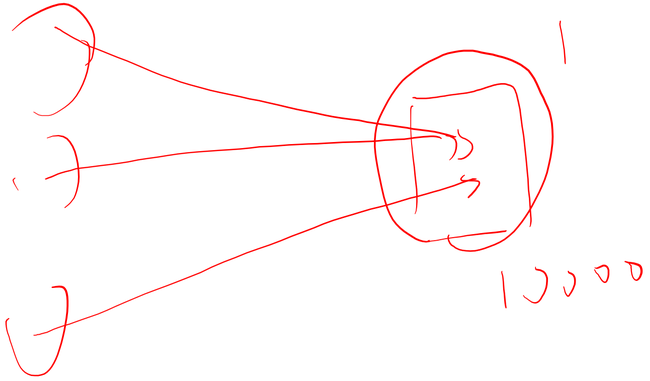
最简单的例子，关键码是整数，定义 hash(key) = key

那这个哈希表其实就是一个数组了，key 自己就是下标

当然，一般情况下，关键码 key 是一个比较复杂的信息，比如很大的数、字符串

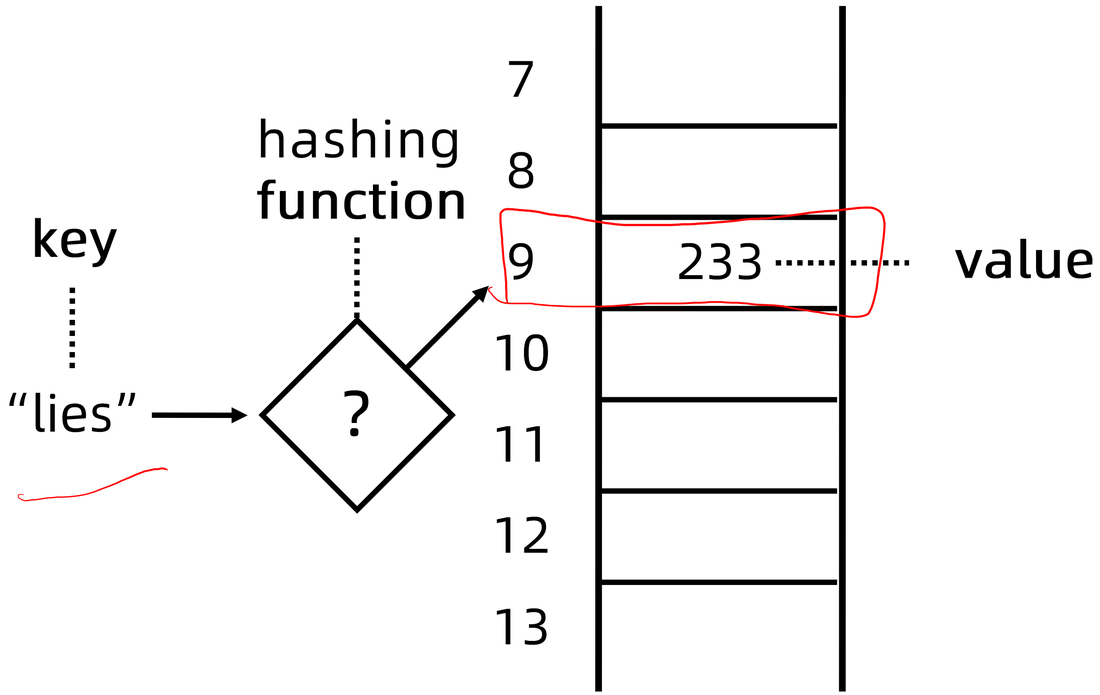
这时候 key 就不能直接作为数据结构的下标了

此时就需要设计一个 Hash 函数，把复杂信息映射到一个较小的值域内，作为索引



哈希表

一个简单的 hash_table["lies"] = 233 的例子，以各字符 ASCII 码相加 mod 20 为 Hash 函数



hash("lies") = 9

"l i e s"

108 + 105 + 101 + 115 = 429

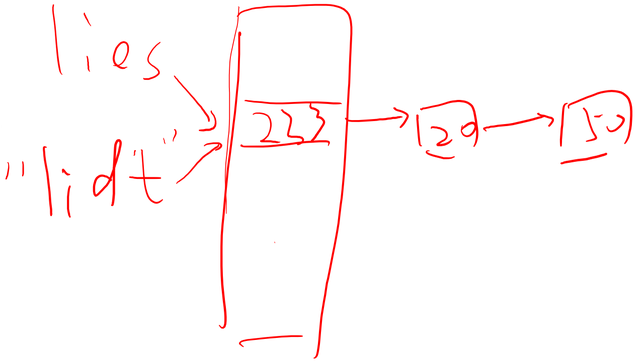
429 mod 20 = 9

哈希碰撞

哈希碰撞（Collisions）指的是两个不同的 key 被计算出同样的 Hash 结果

把复杂信息映射到小的值域，发生碰撞是不可避免的

好的 Hash 函数可以减少碰撞发生的几率，让数据尽可能地均衡分布



开散列是最常见的碰撞解决方案

- Hash 函数依然用于计算数组下标
- 数组的每个位置存储一个链表的表头指针（我们称它为表头数组）
- 每个链表保存具有同样 Hash 值的数据

形象描述：“挂链”——表头数组每个位置“挂”着一个链表

哈希碰撞 + 开散列

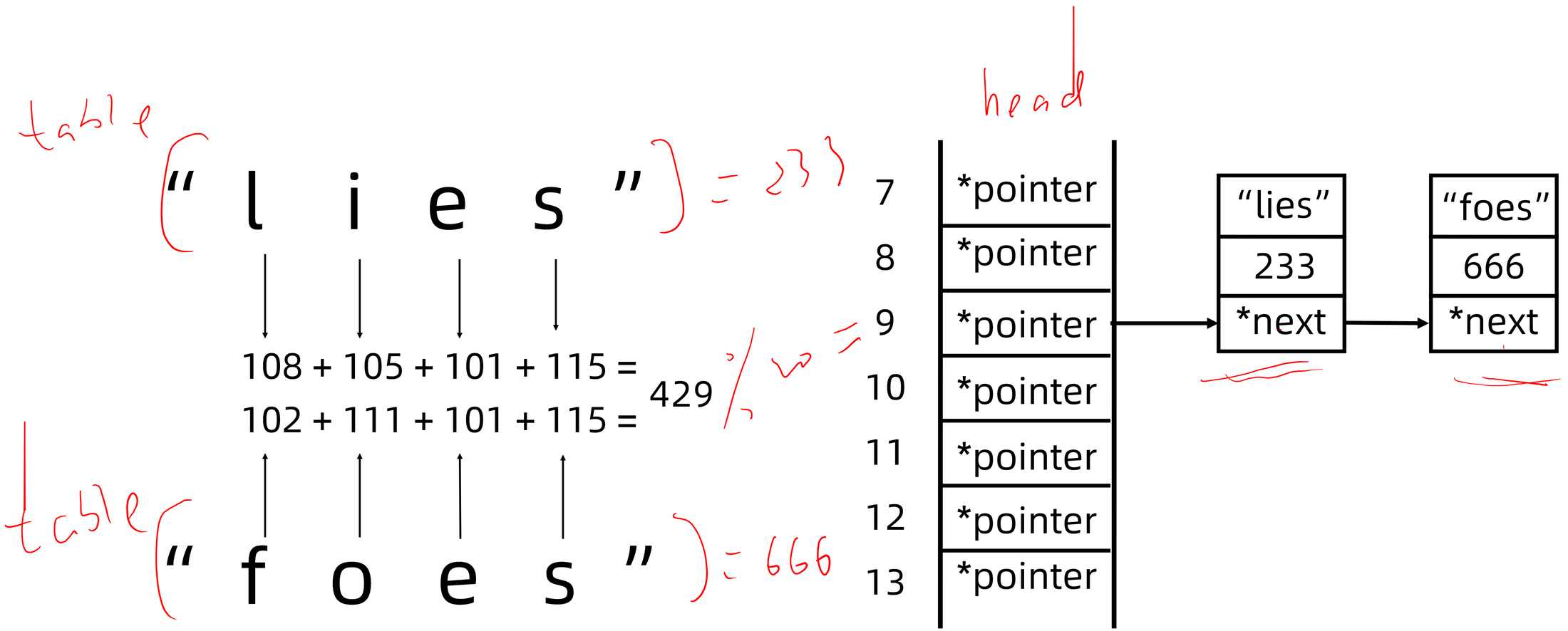
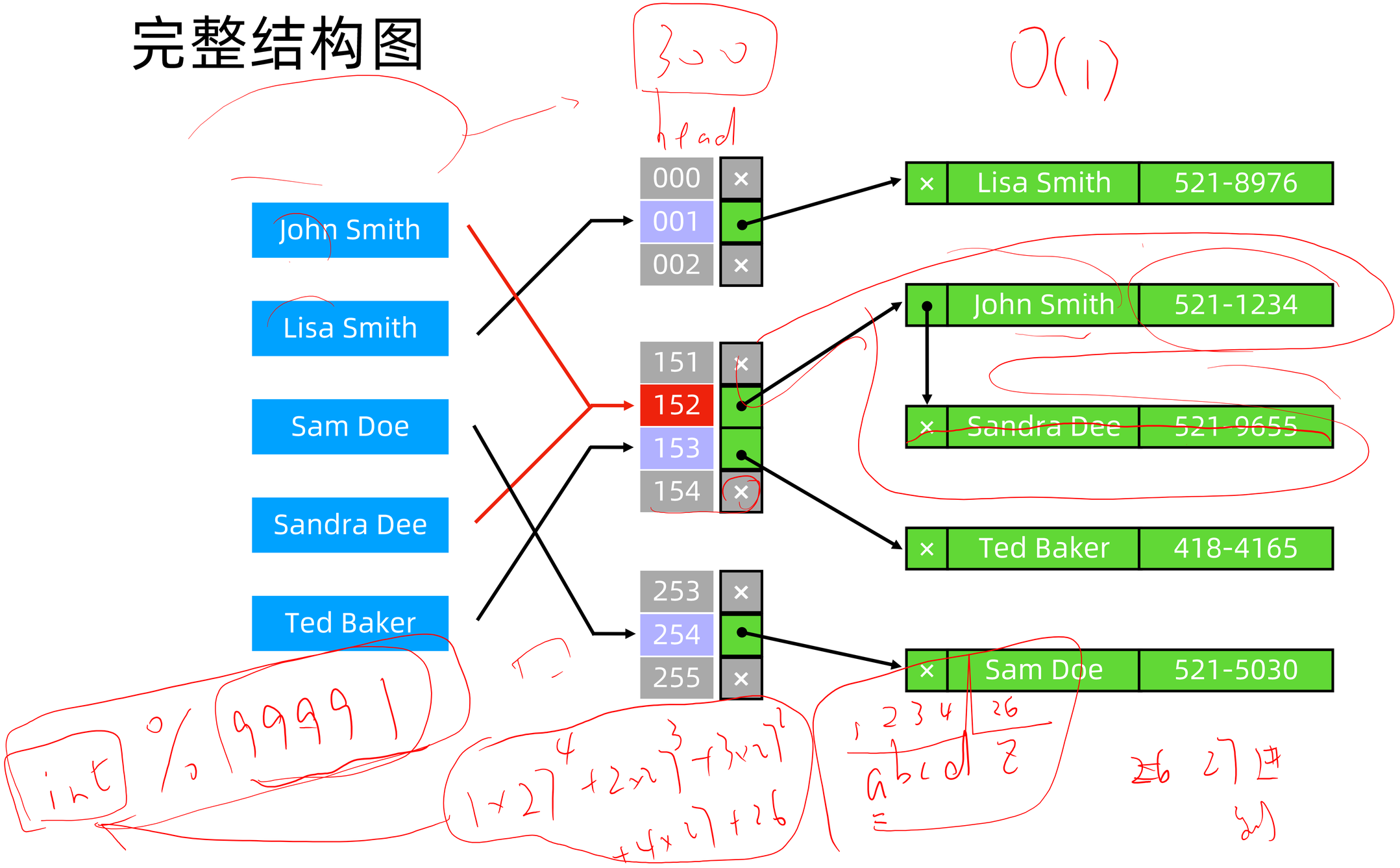


table
“ l i e s ”
= 233
108 + 105 + 101 + 115 =
102 + 111 + 101 + 115 =
429
% 10 =
table
“ f o e s ”
= 666
head
7
8
9
10
11
12
13
*pointer
*pointer
*pointer
*pointer
*pointer
*pointer
*pointer
“lies”
233
*next
“foes”
666
*next

工程应用

- 电话号码簿
- 用户信息表
- 缓存（LRU Cache）
- 键值对存储（Redis）

完整结构图


John Smith
Lisa Smith
Sam Doe
Sandra Dee
Ted Baker
000
001
002
151
152
153
154
253
254
255
Lisa Smith
521-8976
John Smith
521-1234
Sandra Dee
521-9655
Ted Baker
418-4165
Sam Doe
521-5030

时间复杂度

- 期望：插入、查询、删除 O(1)
    - 数据分布比较均衡时

- 最坏：插入、查询、删除 O(n)
    - 数据全部被映射为相同的 Hash 值时

无序集合、映射的实现与应用

集合与映射

集合（set）存储不重复的元素

- 有序集合，遍历时按元素大小排列，一般用平衡二叉搜索树实现，O(logN)
- 无序集合，一般用 hash 实现，O(1)

映射（map）存储关键码（key）不重复的键值对（key-value pair）

- 有序集合，遍历时按照 key 大小排列，一般用平衡二叉搜索树实现，O(logN)
- 无序集合，一般用哈希表实现，O(1)

对于语言内置的类型（int, string），已经有默认的优秀的 hash 函数，可以直接放进 set/map 里使用

C++ code

set 与 unordered_set

- 文档
- unordered_set<string> s;
- insert, find, erase, clear 等方法
- *multiset*

map 与 unordered_map

- 文档
- unordered_map<string, int> h;
- h[key] = value
- find(key), erase(key), clear 等方法
- *multimap*

Java code

Set：不重复元素的集合，文档，示例

- HashSet<...> set = new HashSet<>()
- set.add(value)
- set.contains(value)
- set.remove(value)

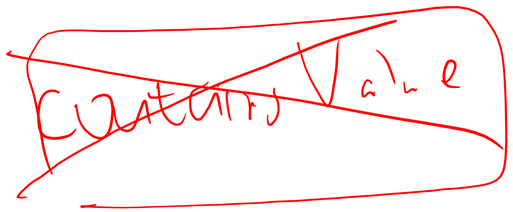
O(1)

Map：key-value对，key不重复，文档，示例

- HashMap<..., ...> map = new HashMap<>()
- map.put(key, value)
- map.get(key)
- map.remove(key)
- map.clear()

containsKey( )

O(1)



Python code

```
list_a = list([1, 2, 3, 4])
```

集合

```
set_a = {‘jack’, ‘selina’, ‘Andy’}
set_b = set(list_a)
```

字典

```
map_a = {
  ‘Jack’: 100,
  ‘张三’: 80,
  ‘Candela’: 90,
}
```

实战

两数之和

https://leetcode-cn.com/problems/two-sum/description/

第二课我们讲了排序的做法

本节课我们用哈希表来解决

基本思路：枚举一个数 x，找它前面有没有 $target - x$

所以建立一个数值到下标的hash map就可以了

对于每个数 x，先查询 $target - x$，再插入 x

时间复杂度 $O(n)$

实战

模拟行走机器人

https://leetcode-cn.com/problems/walking-robot-simulation/

可以用 set 或者 map 存储障碍物，从而快速判断一个格子里有没有障碍

可以利用方向数组简化实现（代替 if）

实战

字母异位词分组

https://leetcode-cn.com/problems/group-anagrams/

对字符串分组，其实就是进行 Hash

让同一组的字符串具有相同的 Hash 函数值，不同组的字符串具有不同的 Hash 函数值

然后就可以用 hash map 分组了

方案一：把每个字符串中的字母排序， 排序后的串作为 hash map 的 key

map<string, group>

方案二：统计每个字符串中各字母出现次数，把长度为 26 的计数数组作为 key

map<array<26, int>, group>（C++ std::array，Python tuple）

实战

串联所有单词的子串

https://leetcode-cn.com/problems/substring-with-concatenation-of-all-words/

遇到难题，先分解

不会求解，可以先想想判定：

给出一个 s 的子串、words，判定这个子串是不是 words 的串联？

把子串划分以后，其实就是比较两个 Hash map 是否相等

"barfoothefoobarman"

["foo","bar"]

mapA = {"bar": 1, "foo": 1}

mapB = {"bar": 1, "foo": 1}

mapA ?= mapB

实战

串联所有单词的子串

https://leetcode-cn.com/problems/substring-with-concatenation-of-all-words/

回到原问题：

枚举子串的所有起始位置，O(length of s * total length of words)

barfoothefoobarman → barfoothefoobarman → ...

枚举部分起始位置 + 滑动窗口，O(length of s * length of one word)

barfoothefoobarman → barfoothefoobarman → ...

barfoothefoobarman → barfoothefoobarman → ...

...

实战：实现一个 map

选做：自己动手，用哈希表（开散列）实现一个无序映射（map）

固定以 string 为关键码

支持 find, put, remove 方法即可

实战：实现一个 LRU

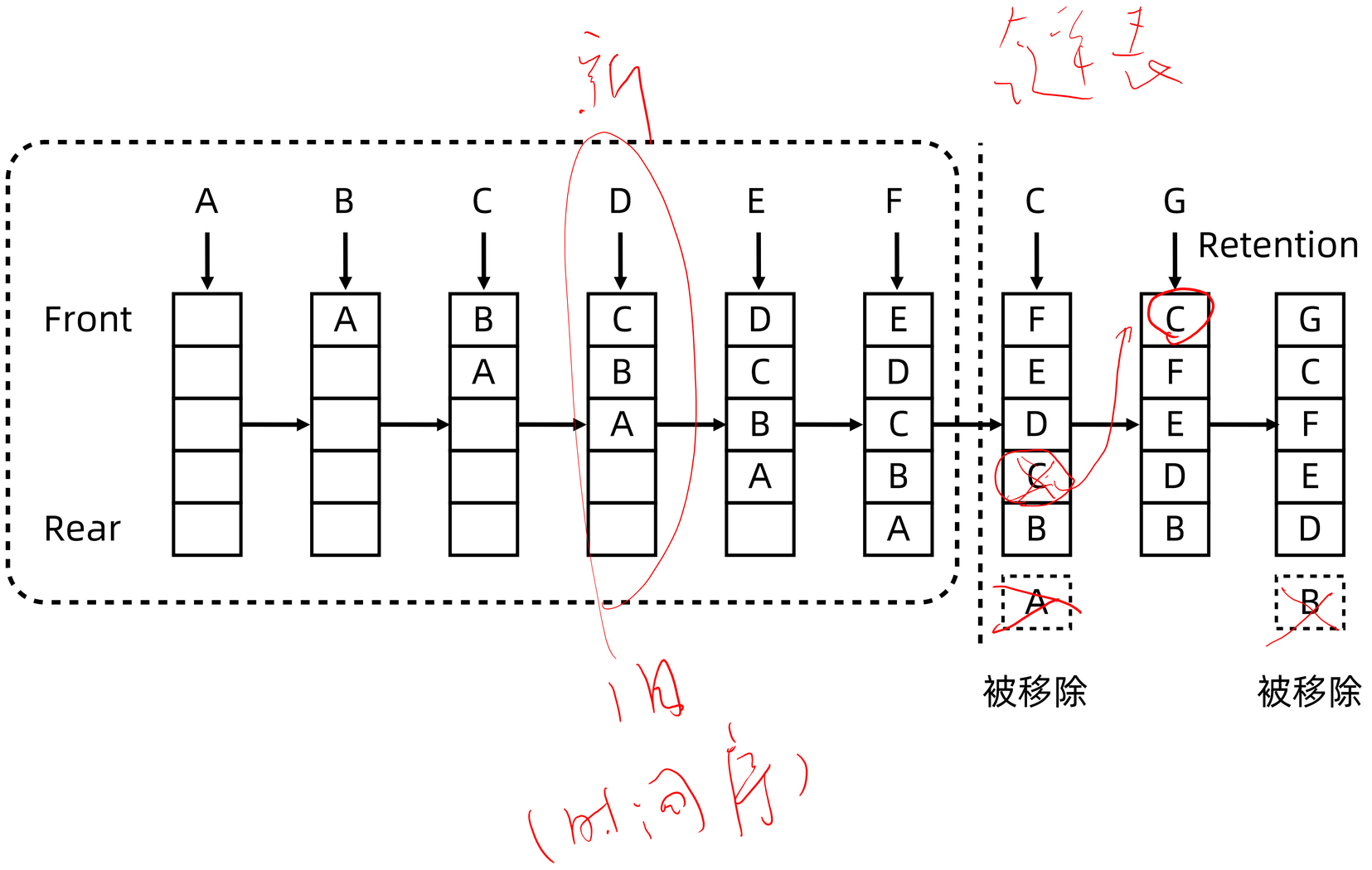
Cache

缓存的两个要素：大小、替换策略

常见替换算法：

- LRU - least recently used，最近最少使用（淘汰最旧数据）
- LFU - least frequently used，最不经常使用（淘汰频次最少数据）

LRU cache



实战：实现一个 LRU

https://leetcode-cn.com/problems/lru-cache/

哈希表 + 双向链表

- 双向链表用于按时间顺序保存数据
- 哈希表用于把 key 映射到链表结点（指针 / 引用）

O(1) 访问：直接检查哈希表

O(1) 更新：通过哈希表定位到链表结点，删除该结点（若存在），在表头重新插入

O(1) 删除：总是淘汰链表末尾结点，同时在哈希表中删除

THANKS