ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

CẤU TRÚC DỮ LIỆU VÀ THUẬT TOÁN

Tìm kiếm

Nội dung

- Tìm kiếm tuần tự
- Tìm kiếm nhị phân
- Cây nhị phân tìm kiếm
- Bảng băm

Tìm kiếm tuần tự

- Cho dãy *X*[*L*..*R*] và một giá trị *Y*. Tìm chỉ số *i* sao cho *X*[*i*] = *Y*

```
sequentialSearch(X[], int L, int R,
    int Y) {
  for(i = L; i <= R; i++)
     if(X[i] = Y) return i;
  return -1;
}
```

Tìm kiếm nhị phân

- Dãy đối tượng được sắp xếp theo thứ tự không tăng (hoặc không giảm) của giá trị khóa
- Dựa trên chia để trị:
  - So sánh khóa đầu vào Y với phần tử ở chính giữa của dãy, và quyết định tiếp tục tìm kiếm ở nửa bên trái hoặc nửa bên phải đối với phần tử ở chính giữa
- Độ phức tạp thời gian: O(log*n*)

```
binarySearch(X[], int L, int R,
    int Y) {
  if(L = R){
    if(X[L] = Y) return L;
    return -1;
  }
  int mid = (L+R)/2;
  if(X[mid] = Y) return mid;
  if(X[mid] < Y)
   return binarySearch(X,mid+1,R,Y);
  return binarySearch(X,L,mid-1,Y);
}
```

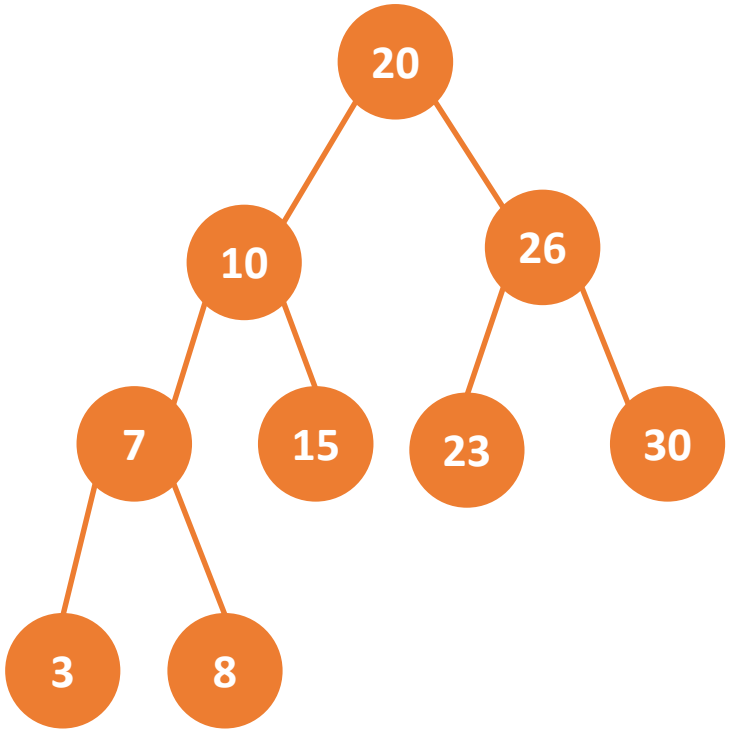
Tìm kiếm nhị phân

- **Bài tập** Cho dãy số gồm các phần tử đôi một khác nhau a_1, a_2, …, a_N và một giá trị b. Đếm số cặp (a_i, a_j) sao cho $a_i + a_j = b$ ($i < j$)

Cây nhị phân tìm kiếm - BST

- BST là một cấu trúc dữ liệu lưu trữ các đối tượng dưới dạng cây nhị phân:
  - Khóa của mỗi nút lớn hơn khóa của tất cả các nút ở cây con trái và nhỏ hơn khóa của tất cả các nút ở cây con bên phải

```
struct Node{
  int key;
  Node* leftChild;
  Node* rightChild;
};
Node* root;
```



Cây nhị phân tìm kiếm - BST

- Các thao tác
  - Node* makeNode(int v): tạo ra một nút mới có khóa v
  - Node* insert(Node* r, int v): tạo ra 1 nút có khóa là v và chèn vào BST có gốc là r
  - Node* search(Node* r, int v): tìm và trả về nút có khóa bằng v trong BST gốc r
  - Node* findMin(Node* r): tìm và trả về nút có khóa nhỏ nhất trên BST gốc r
  - Node* del(Node* r, int v): loại bỏ nút có khóa bằng v khỏi BST gốc r

Cây nhị phân tìm kiếm - BST

```
Node* makeNode(int v) {
  Node* p = new Node;
  p->key = v;
  p->leftChild = NULL;
  p->rightChild = NULL;
  return p;
}
```

```
Node* insert(Node* r, int v) {
  if(r == NULL)
    r = makeNode(v);
  else if(r->key > v)
    r->leftChild = insert(r->leftChild,v);
  else if(r->key <= v)
    r->rightChild = insert(r->rightChild,v);
  return r;
}
```

Cây nhị phân tìm kiếm - BST

```
Node* search(Node* r, int v) {
  if(r == NULL)
    return NULL;
  if(r->key == v)
    return r;
  else if(r->key > v)
    return search(r->leftChild, v);
  return search(r->rightChild, v);
}
```

```
Node* findMin(Node* r) {
  if(r == NULL)
    return NULL;
  Node* lmin = findMin(r->leftChild);
  if(lmin != NULL) return lmin;
  return r;
}
```

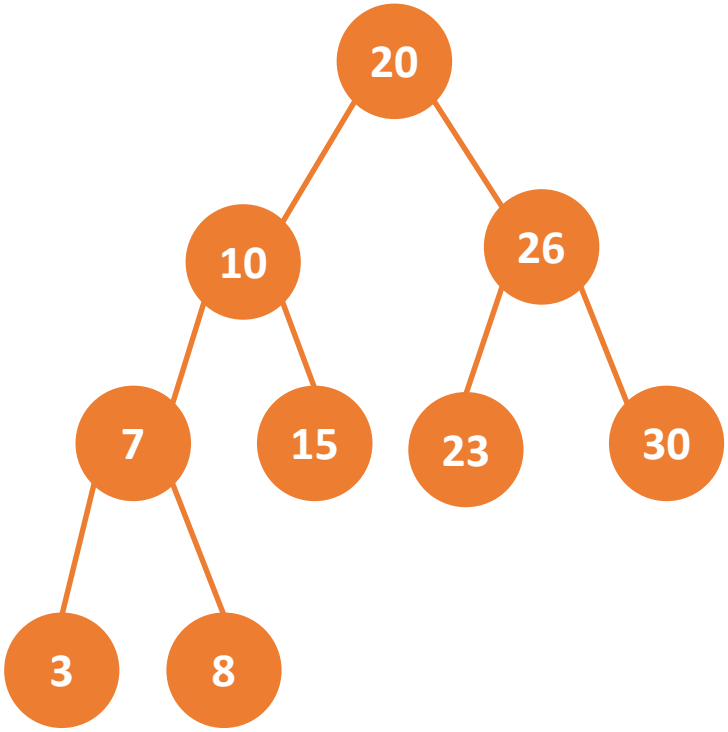
Cây nhị phân tìm kiếm - BST

```
Node* del(Node* r, int v) {
  if(r == NULL) return NULL;
  else if(v < r->key) r->leftChild = del(r->leftChild, v);
  else if(v > r->key) r->rightChild = del(r->rightChild, v);
  else{
    if(r->leftChild != NULL && r->rightChild != NULL){
      Node* tmp = findMin(r->rightChild);
      r->key = tmp->key;  r->rightChild = del(r->rightChild, tmp->key);
    }else{
      Node* tmp = r;
      if(r->leftChild == NULL) r = r->rightChild;
      else r = r->leftChild;
      delete tmp;
    }
  }
  return r;
}
```

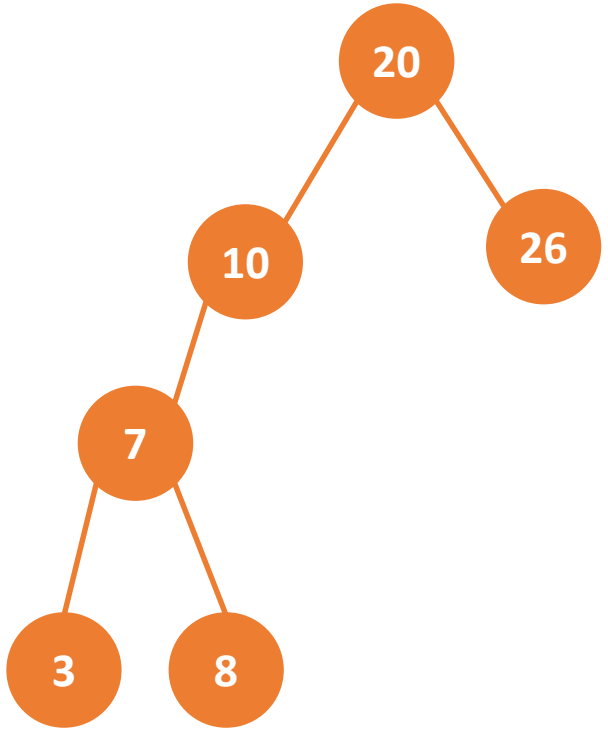
Cây nhị phân tìm kiếm cân bằng - AVL

- AVL là một BST với thuộc tính cân bằng
  - Chênh lệch độ cao của nút con trái và con phải của mỗi nút nhiều nhất là 1 đơn vị
  - Chiều cao của AVL là log*N* (*N* là số nút của cây)
  - Thao tác thêm 1 phần tử hoặc loại bỏ 1 phần tử khỏi AVL phải bảo tồn thuộc tính cân bằng

Cây nhị phân tìm kiếm cân bằng - AVL



AVL



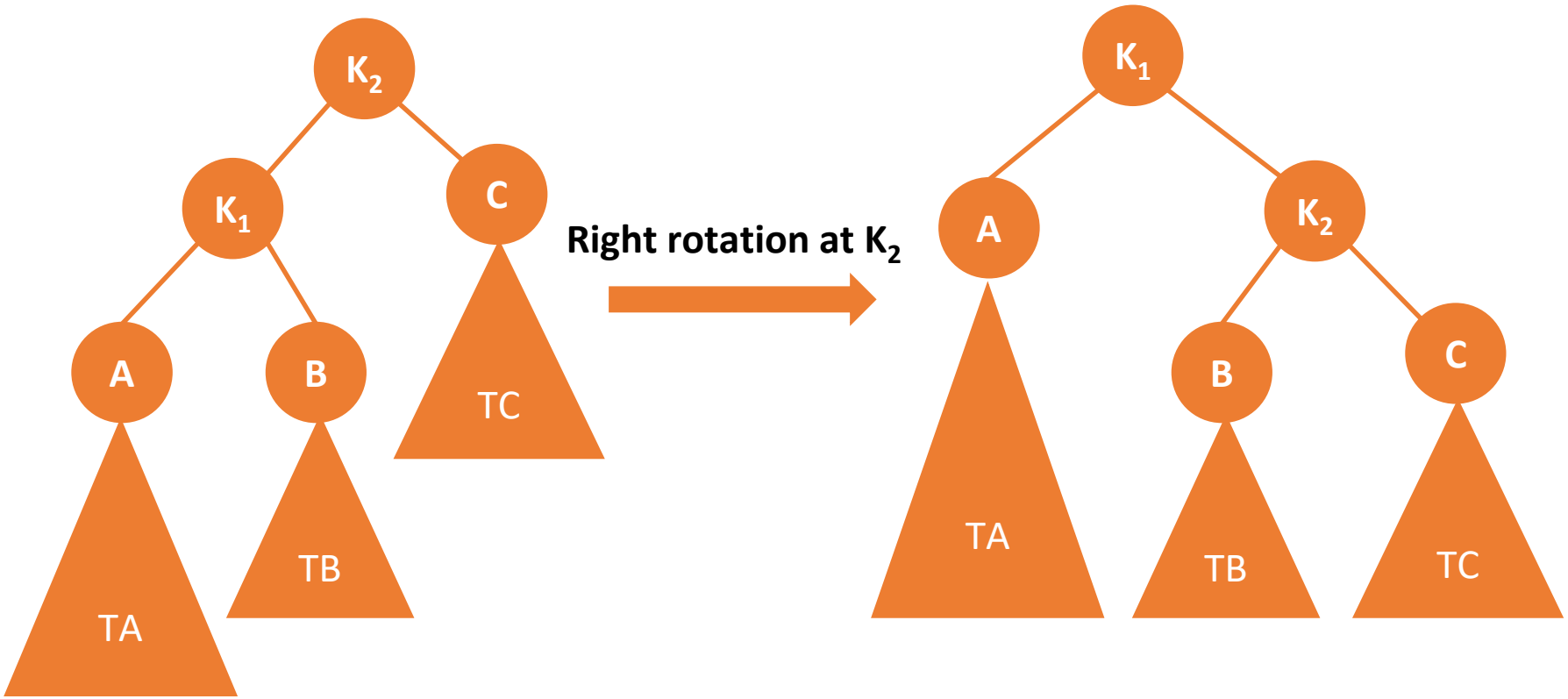
BST nhưng không phải AVL

Cây nhị phân tìm kiếm cân bằng - AVL

- Chênh lệnh độ cao của 2 nút con của một nút nào đó có thể bằng 2 sau khi thêm mới hoặc loại bỏ 1 nút khỏi AVL
- Thực hiện các phép xoay để khôi phục thuộc tính cân bằng của AVL

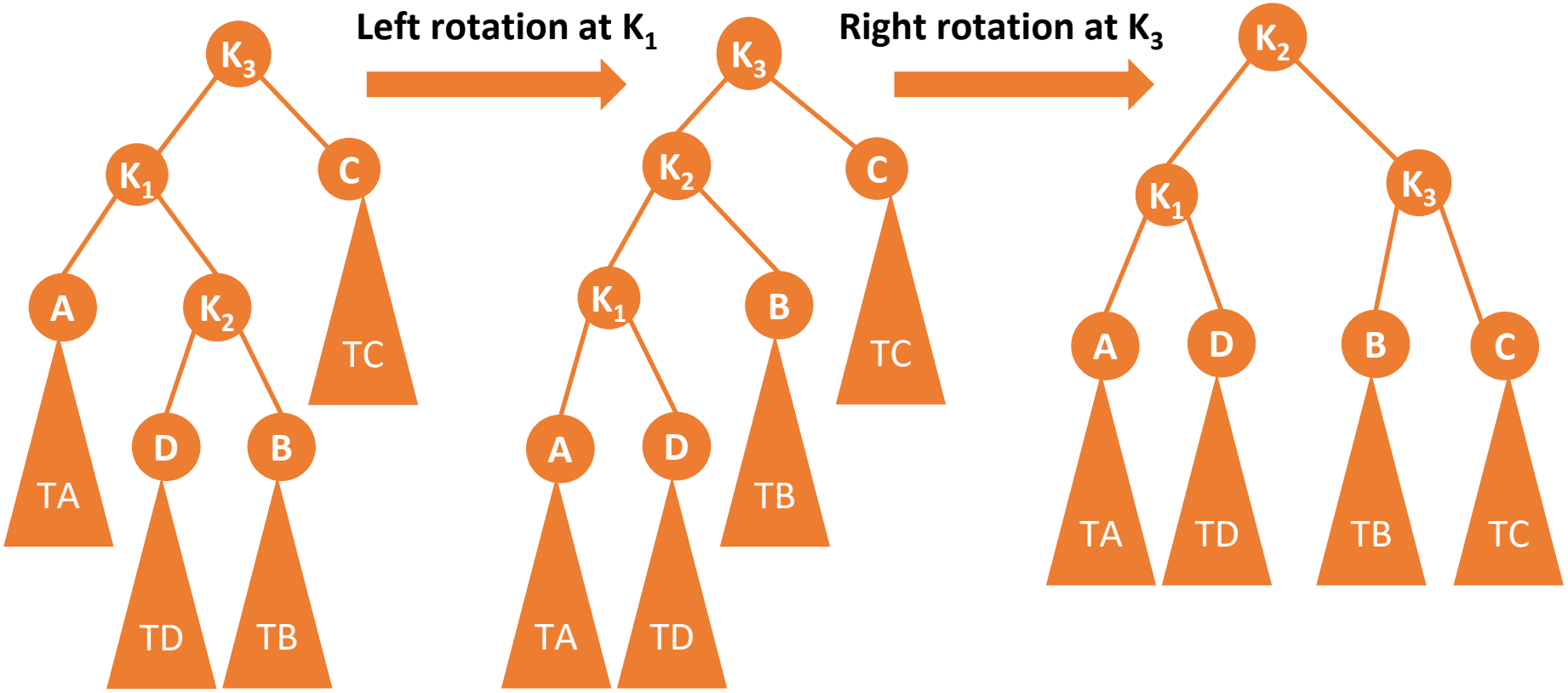
Cây nhị phân tìm kiếm cân bằng - AVL

Case 1: Thực hiện xoay phải



Balanced Binary Search Tree - AVL

Case 2

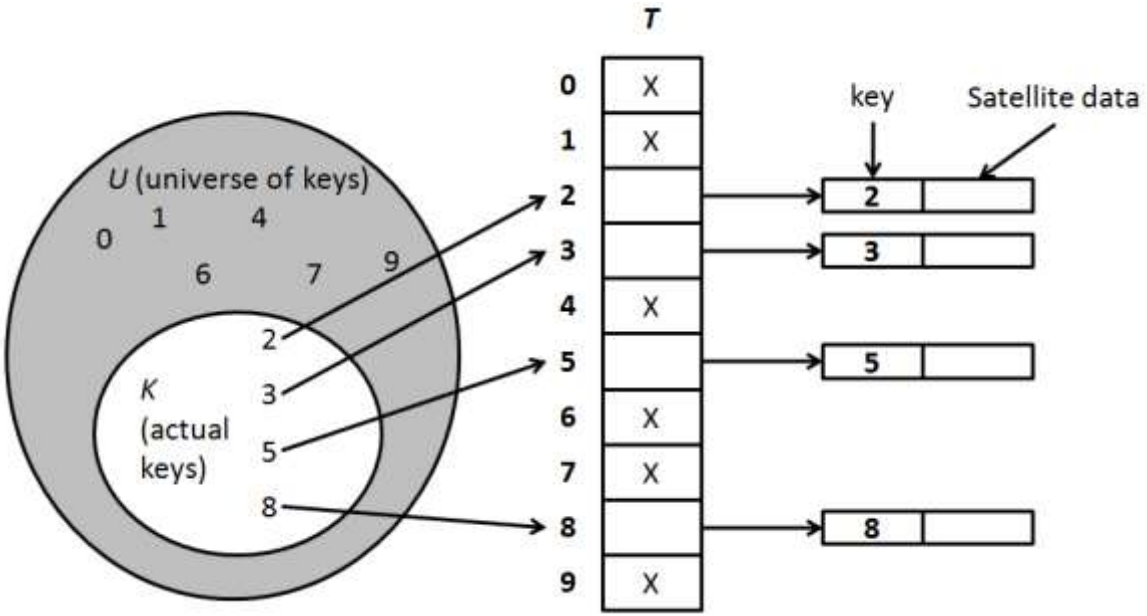


Bảng băm

- Ánh xạ: một cấu trúc dữ liệu lưu trữ các cặp khóa – giá trị (key, value)
  - put(*k*,*v*): Ánh xạ khóa *k* với giá trị *v*
  - get(*k*): trả về giá trị tương ứng với khóa *k*
- Cài đặt
  - Cây nhị phân tìm kiếm
  - Bảng băm

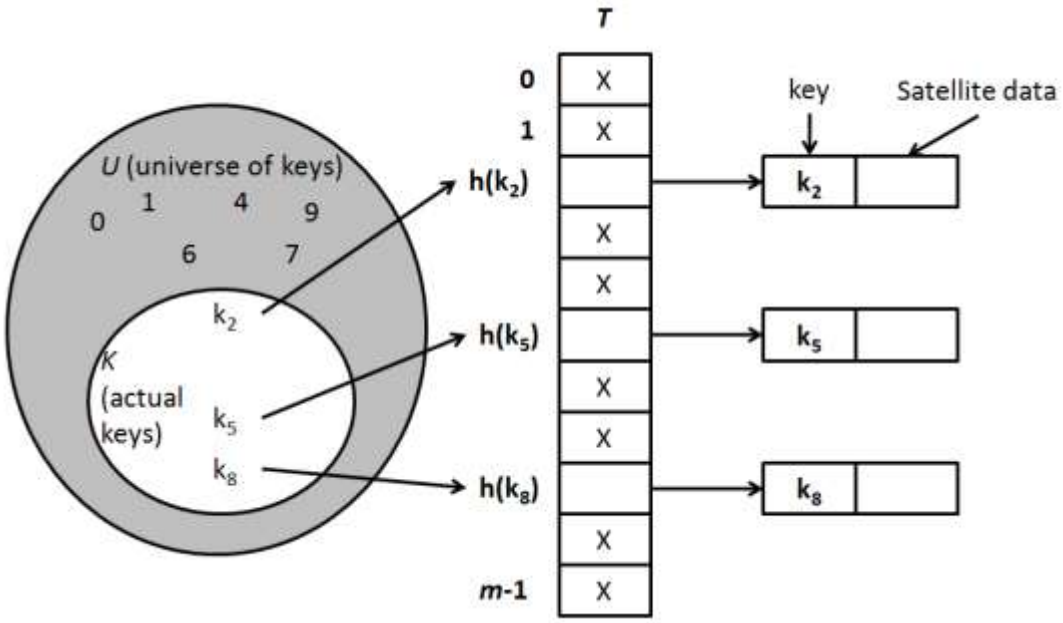
Bảng băm

- Địa chỉ trực tiếp
  - Giá trị của khóa *k* được sử dụng làm địa chỉ trực tiếp, xác định vị trí cặp khóa – giá trị (k,v) được lưu trữ
  - Ưu điểm: đơn giản, tìm kiếm nhanh
  - Nhược điểm: hiệu quả sử dụng bộ nhớ kém khi miền giá trị của khóa trải rộng và số lượng khóa được dung rất ít



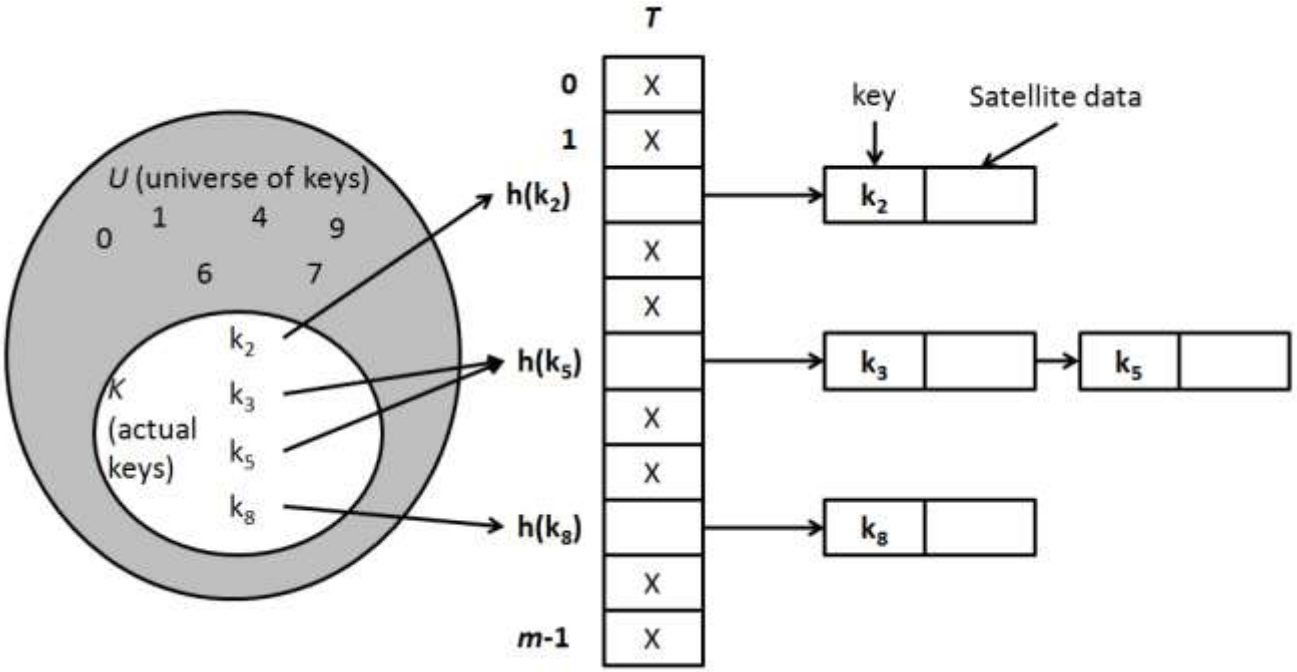
Bảng băm

- Hàm băm $h(k)$ xác định địa chỉ nơi (k, *value*) được lưu trữ
- $h(k)$ cần đơn giản và tính toán hiệu quả



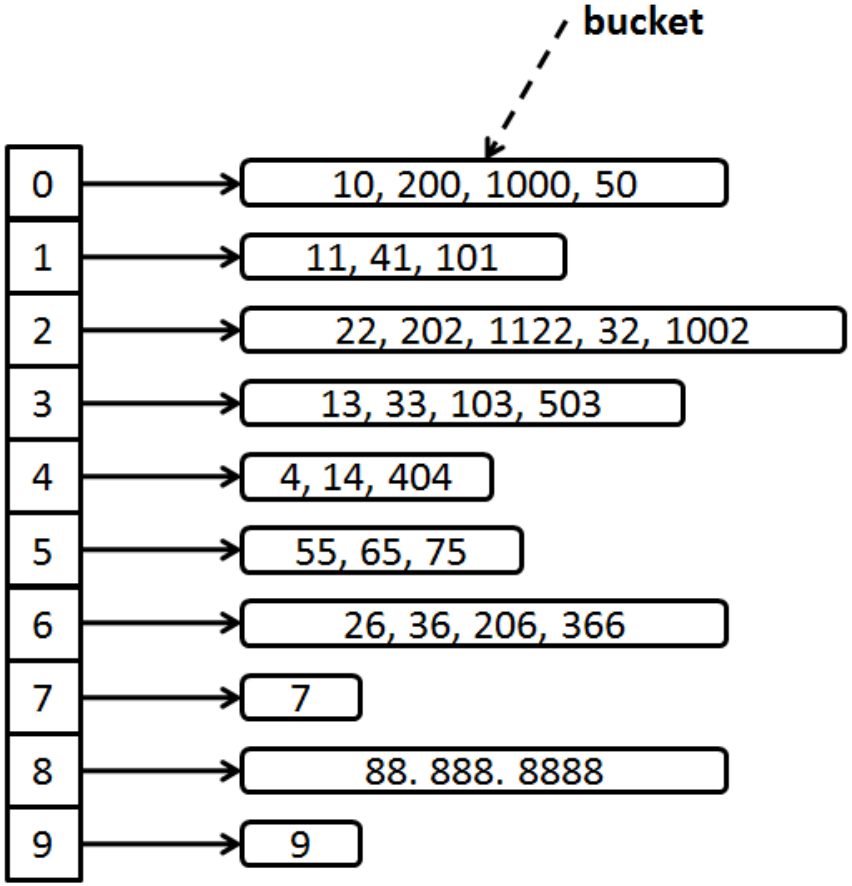
Bảng băm

- Xung đột: hai khóa khác nhau cho cùng giá trị hàm băm
- Giải quyết xung đột:
  - Nhóm chuỗi (chaining): nhóm các khóa có cùng giá trị hàm băm vào các cụm
  - Địa chỉ mở (Open addressing)



Hashing

- Modulo: $h(k) = k \bmod m$ trong đó m là kích thước bảng lưu trữ



Bảng băm: địa chỉ mở

- Cặp (key, value) được lưu vào các slot của bảng
- Các thao tác put(k, v) và get(k) cần thực hiện việc dò (probe) để tìm ra vị trí mong muốn trong bảng nới lưu trữ khóa – giá trị
  - put(k, v): dò để tìm ra vị trí trống để lưu (k, v)
  - get(k): dò để tìm ra vị trí trong bảng nơi k được lưu trữ
  - Thứ tự dò: $h(k, 0)$, $h(k, 1)$, $h(k, 2)$, …, $h(k, m\text{-}1)$
  - Các phương pháp dò
    - Dò tuyến tính: $h(k, i) = (h_1(k) + i) \bmod m$ trong đó h_1 làm hàm băm thông thường
    - Dò toàn phương: $h(k, i) = (h_1(k) + c_1 i + c_2 i^2) \bmod m$ trong đó h_1 là hàm băm thông thường
    - Băm kép: $h(k, i) = (h_1(k) + i * h_2(k) \bmod m$ trong đó h_1 và h_2 là các hàm băm thông thường

Bảng băm: địa chỉ mở

```
get(k)
{
  // T: the table
  i = 0;
  while(i < m) {
    j = h(k,i);
    if(T[j].key = k) {
      return T[j];
    }
    i = i + 1;
  }
  return NULL;
}
```

```
put(k, v)
{
  // T: the table
  x.key = k; x.value = v;
  i = 0;
  while(i < m) {
    j = h(k,i);
    if(T[j] = NULL) {
      T[j] = x; return j;
    }
    i = i + 1;
  }
  error("Hash table overflow");
}
```

Bảng băm: địa chỉ mở

- Bài tập: Một bảng có m ô lưu trữ, áp dụng chiến lược địa chỉ mở với $h(k, i)$ có dạng:

$$h(k, i) = (k \bmod m + i) \bmod m$$

- Ban đầu, bảng trống rỗng, hãy cho biết trạng thái của bảng sau khi thực hiện chèn lần lượt các khóa 7, 8, 6, 17, 4, 28 vào bảng với $m = 10$