

本节内容

哈夫曼树

王道考研/CSKAOYAN.COM

1

知识总览

哈夫曼树

带权路径长度

哈夫曼树的定义

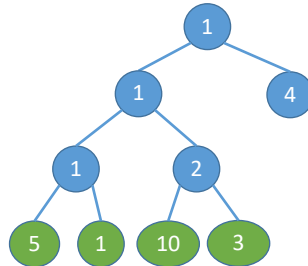
哈夫曼树的构造

哈夫曼编码

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

带权路径长度



结点的**权**：有某种现实含义的数值（如：表示结点的重要性等）

结点的带权路径长度：从树的根到该结点的路径长度（经过的边数）与该结点上权值的乘积

树的带权路径长度：树中所有**叶结点**的带权路径长度之和（WPL, Weighted Path Length）

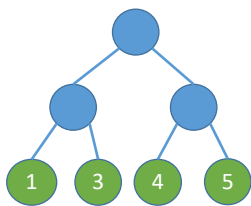
$$WPL = \sum_{i=1}^n w_i l_i$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

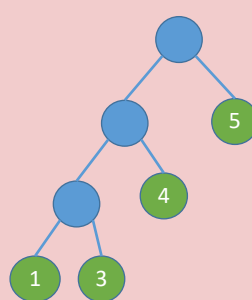
3

哈夫曼树的定义

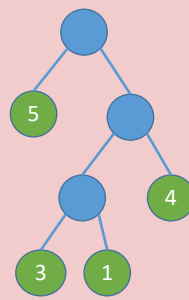
都是哈夫曼树



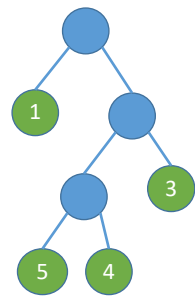
$$WPL = 2 \times 1 + 2 \times 3 + 2 \times 4 + 2 \times 5 = 26$$



$$WPL = 1 \times 5 + 2 \times 4 + 3 \times 1 + 3 \times 3 = 25$$



$$WPL = 1 \times 5 + 2 \times 4 + 3 \times 1 + 3 \times 3 = 25$$



$$WPL = 1 \times 1 + 2 \times 3 + 3 \times 5 + 3 \times 4 = 34$$

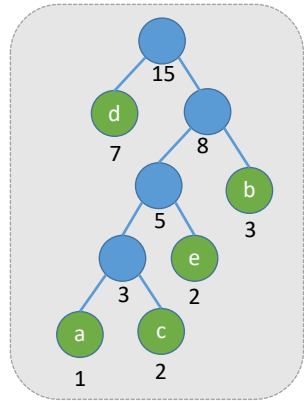
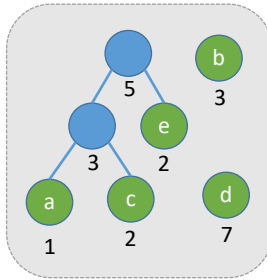
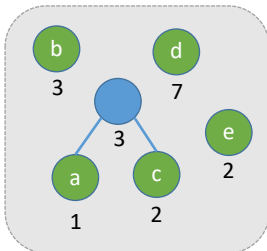
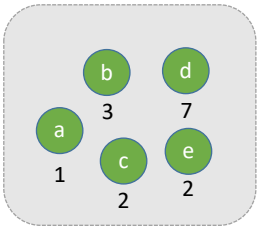
在含有 n 个带权叶结点的二叉树中，其中**带权路径长度（WPL）最小的二叉树**称为**哈夫曼树**，也称**最优二叉树**

4

哈夫曼树的构造

给定 n 个权值分别为 w_1, w_2, \dots, w_n 的结点，构造哈夫曼树的算法描述如下：

- 1) 将这 n 个结点分别作为 n 棵仅含一个结点的二叉树，构成森林 F 。
- 2) 构造一个新结点，从 F 中选取两棵根结点权值最小的树作为新结点的左、右子树，并且将新结点的权值置为左、右子树上根结点的权值之和。
- 3) 从 F 中删除刚才选出的两棵树，同时将新得到的树加入 F 中。
- 4) 重复步骤2) 和3)，直至 F 中只剩下一棵树为止。



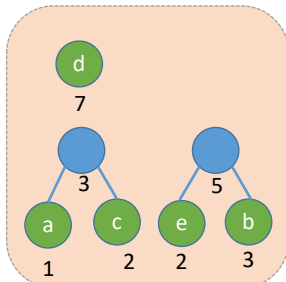
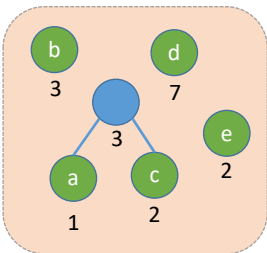
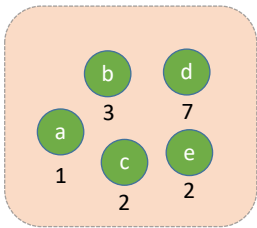
- 1) 每个初始结点最终都成为叶结点，且权值越小的结点到根结点的路径长度越大
- 2) 哈夫曼树的结点总数为 $2n - 1$
- 3) 哈夫曼树中不存在度为1的结点。
- 4) 哈夫曼树并不唯一，但WPL必然相同且为最优

$WPL_{min}=1*7+2*3+3*2+4*1+4*2=31$

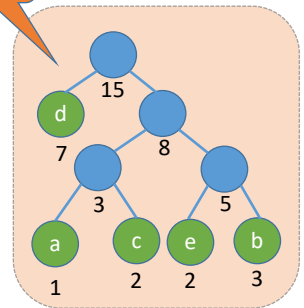
王道考研/CSKAOYAN.COM

5

哈夫曼树的构造



左右顺序任意



$WPL=1*7+3*(1+2+2+3)=31$

王道考研/CSKAOYAN.COM

6

哈夫曼编码



电报——点、划 两个信号（二进制0/1）

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

哈夫曼编码

固定长度编码——每个字符用相等长度的二进制位表示

A—0100 0001
B—0100 0010
C—0100 0011
D—0100 0100

ASCII编码

A—00
B—01
C—10
D—11

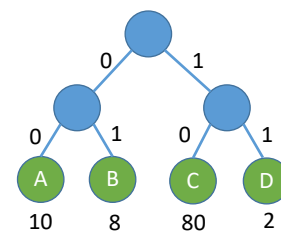
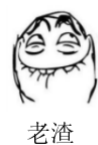
每个字符用长度为2的二进制表示

假设，100题中有80题选C，10题选A，8题选B，2题选D

所有答案的二进制长度=80*2+10*2+8*2+2*2=200 bit



100个选择题



$$WPL = 80 \times 2 + 10 \times 2 + 8 \times 2 + 2 \times 2 = 200$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

8

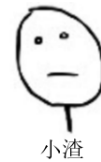
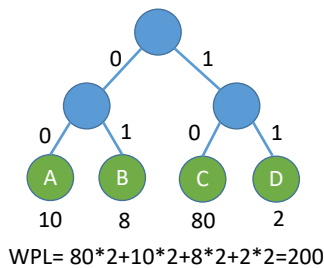
哈夫曼编码

固定长度编码——每个字符用相等长度的二进制位表示

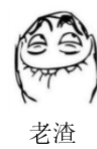
A—00
B—01
C—10
D—11

每个字符用长度为2的二进制表示

假设，100题中有80题选C，10题选A，8题选B，2题选D
所有答案的二进制长度=80*2+10*2+8*2+2*2=200 bit

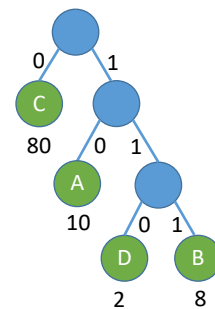


100个选择题



C—0
A—10
B—111
D—110

可变长度编码——允许对不同字符用不等长的二进制位表示



王道考研/CSKAOYAN.COM

9

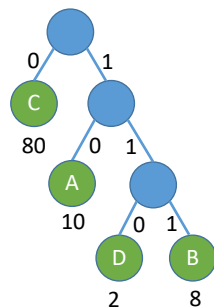
哈夫曼编码

可变长度编码——允许对不同字符用不等长的二进制位表示

若没有一个编码是另一个编码的前缀，则称这样的编码为前缀编码

前缀码解码无歧义

C—0
A—10
B—111
D—110

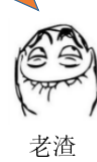


CAAABD: 0101010111110

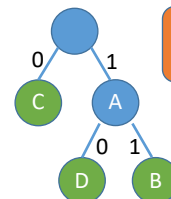


CAAABD

好的收到，CBBD



C—0
A—1
B—111
D—110



非前缀码解码有歧义

王道考研/CSKAOYAN.COM

10

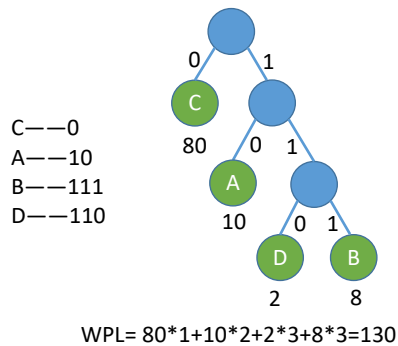
哈夫曼编码

固定长度编码——每个字符用相等长度的二进制位表示

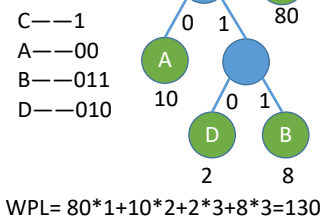
可变长度编码——允许对不同字符用不等长的二进制位表示

若没有一个编码是另一个编码的前缀，则称这样的编码为前缀编码

有哈夫曼树得到哈夫曼编码——字符集中的每个字符作为一个叶子结点，各个字符出现的频度作为结点的权值，根据之前介绍的方法构造哈夫曼树



哈夫曼树不唯一，因此哈夫曼编码不唯一



哈夫曼编码可用于数据压缩



王道考研/CSKAOYAN.COM

11

英文字母频次

英文字母使用频率表:(%)

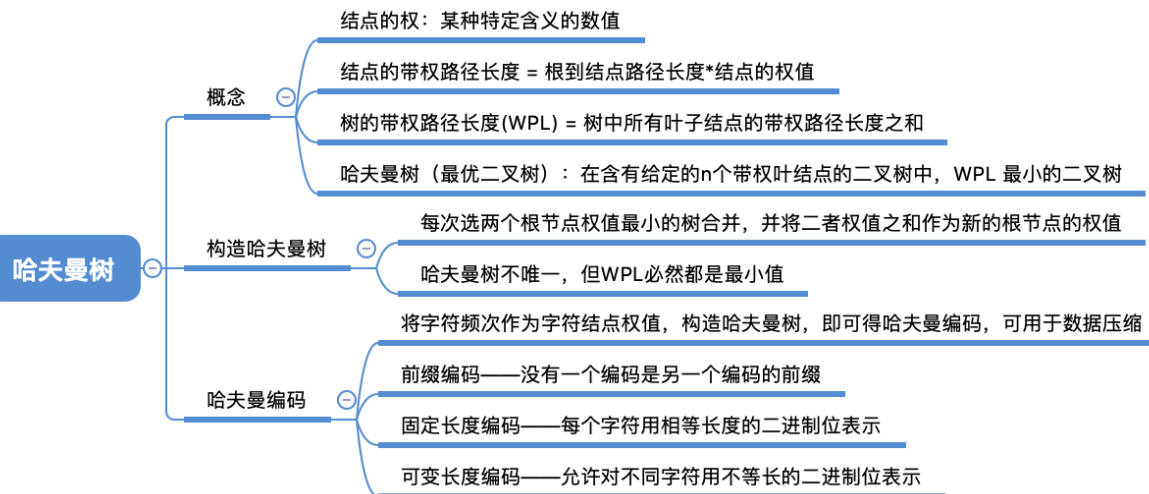
A 8.19	B 1.47	C 3.83	D 3.91	E 12.25	F 2.26	G 1.71
H 4.57	I 7.10	J 0.14	K 0.41	L 3.77	M 3.34	N 7.06
O 7.26	P 2.89	Q 0.09	R 6.85	S 6.36	T 9.41	
U 2.58	V 1.09	W 1.59	X 0.21	Y 1.58	Z 0.08	

试试设计哈夫曼编码，并计算数据压缩率

王道考研/CSKAOYAN.COM

12

知识回顾与重要考点



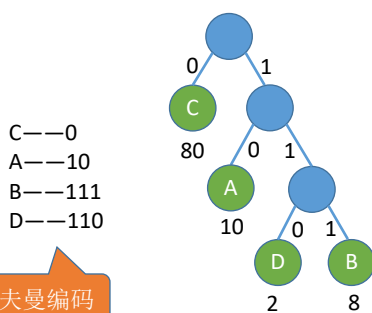
王道考研/CSKAOYAN.COM

13

结局

可变长度编码——允许对不同字符用不等长的二进制位表示

若没有一个编码是另一个编码的前缀，则称这样的编码为**前缀编码**



$$WPL = 80 \times 1 + 10 \times 2 + 2 \times 3 + 8 \times 3 = 130 \text{ bit}$$



100道选择题



王道考研/CSKAOYAN.COM

14