Data Structures & Algorithms

Các thuật toán nén dữ liệu
(Data Compression Algorithms)

Nguyễn Tri Tuấn
Khoa CNTT – ĐH.KHTN.Tp.HCM
Email: nttuan@fit.hcmus.edu.vn

Data Compression

Giới thiệu

Giải thuật nén RLE

Giải thuật nén Huffman

Giới thiệu

- Các thuật ngữ thường dùng:
  - Data Compression
  - Lossless Compression
  - Lossy Compression
  - Encoding
  - Decoding
  - Run / Run Length
  - RLE, Huffman, LZW

Giới thiệu (tt)

- Mục đích của nén dữ liệu:
  - Giảm kích thước dữ liệu:
    - Khi lưu trữ
    - Khi truyền dữ liệu
  - Tăng tính bảo mật

Giới thiệu (tt)

- Có 2 hình thức nén:
  - Nén bảo toàn thông tin (Lossless Compression):
    - Không mất mát thông tin nguyên thuỷ
    - Hiệu suất nén không cao: 10% - 60%
    - Các giải thuật tiêu biểu: RLE, Arithmetic, Huffman, LZ77, LZ78,…
  - Nén không bảo toàn thông tin (Lossy Compression):
    - Thông tin nguyên thủy bị mất mát
    - Hiệu suất nén cao 40% - 90%
    - Các giải thuật tiêu biểu: JPEG, MP3, MP4,…

Giới thiệu (tt)

- Hiệu suất nén (%):
  - Tỉ lệ % kích thước dữ liệu giảm được sau khi áp dụng thuật toán nén
  - $D\ (\%) = (N - M)/N*100$

    D: Hiệu suất nén

    N: kích thước data trước khi nén

    M: kích thước data sau khi nén

- Hiệu suất nén tùy thuộc
  - Phương pháp nén
  - Đặc trưng của dữ liệu

Giới thiệu (tt)

- Nén tập tin:
  - Dùng khi cần Backup, Restore,… dữ liệu
  - Dùng các thuật toán nén bảo toàn thông tin
  - Không quan tâm đến định dạng (format) của tập tin
  - Các phần mềm: PKzip, WinZip, WinRar,…

Data Compression

- Giới thiệu
- Giải thuật nén RLE
- Giải thuật nén Huffman

Giải thuật nén RLE

- RLE = Run Length Encoding: mã hoá theo độ dài lặp lại của dữ liệu
- Ý tưởng
- Dạng 1: RLE với file *.PCX
- Dạng 2: RLE với file *.BMP
- Nhận xét

Giải thuật nén RLE (tt)

- Ý tưởng:

  Hình thức biểu diễn thông tin dư thừa đơn giản: "đường chạy" (run) – là dãy các ký tự lặp lại liên tiếp

  - "đường chạy" được biểu diễn ngắn gọn: <Số lần lặp> <Ký tự>
  - Khi độ dài đường chạy lớn → Tiết kiệm đáng kể

Ví dụ:

Data = AAAABBBBBBBBBCCCCCCCCCCDEE (# 25 bytes)

$Data_{nén}$ = 4A8B10C1D2E (# 10 bytes)

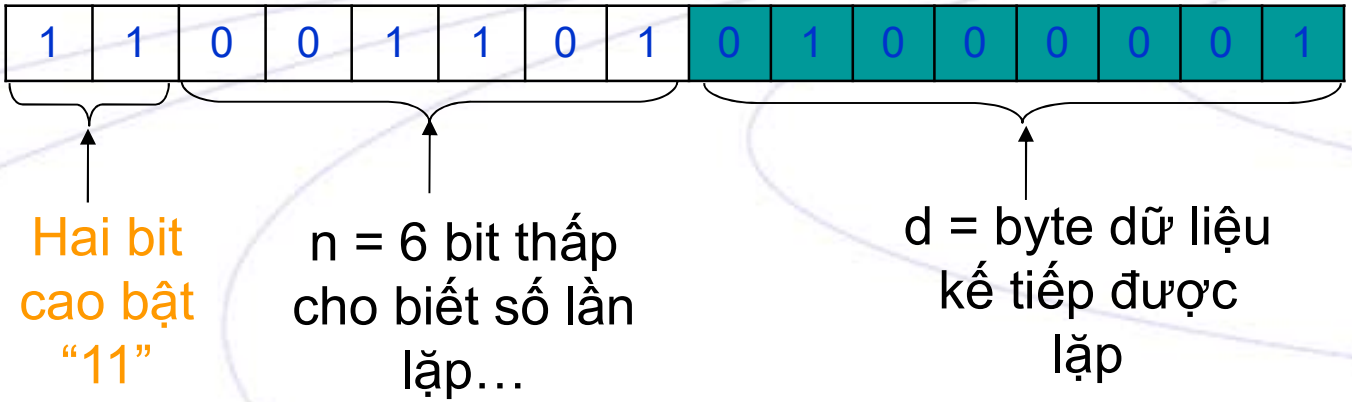
Giải thuật nén RLE (tt)

- Ý tưởng: (tt)
  - Khi vận dụng thực tế, cần có biện pháp xử lý để tránh trường hợp "phản tác dụng" đối với các "run đặc biệt chỉ có 1 ký tự"

X (# 1 bytes) → 1X (# 2 bytes)

Giải thuật nén RLE (tt)

- Dạng 1: RLE trong định dạng file *.PCX



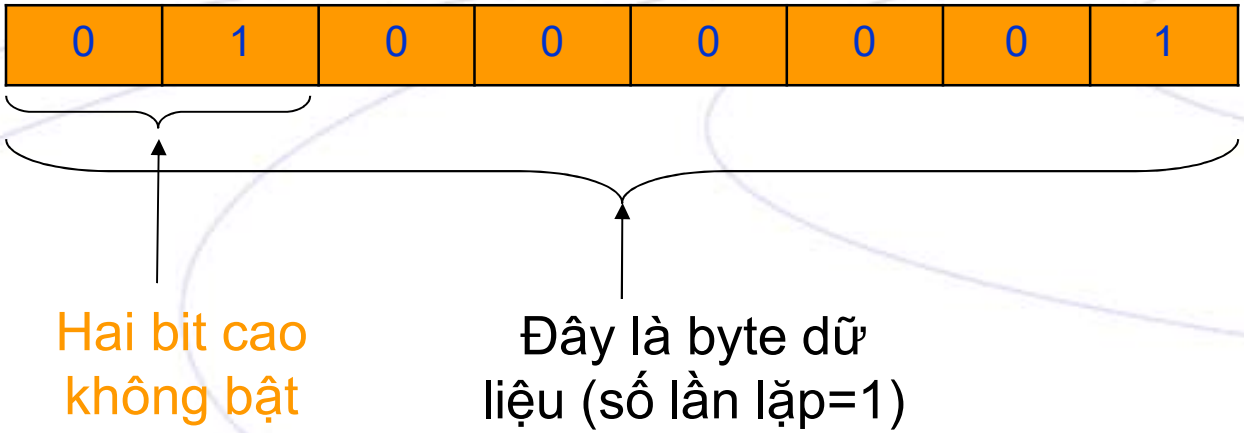
Trường hợp "run bình thường":

AAAAAAAAAAAAA → 13 A (biểu diễn 2 bytes)

→ 0xCD 0x41

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong định dạng file *.PCX (tt)



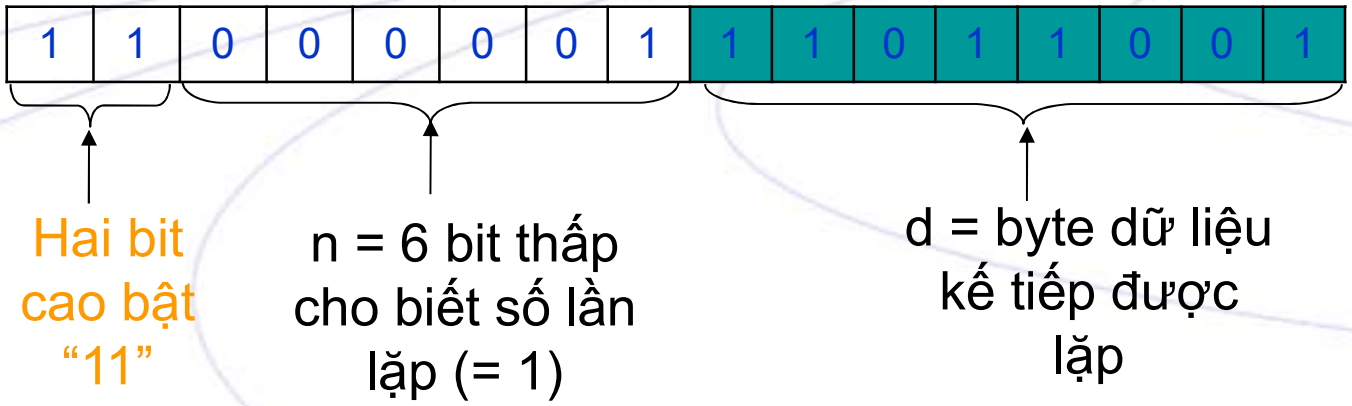
Trường hợp "run đặc biệt":

A → A (biểu diễn 1 byte)

→ 0x41

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong định dạng file *.PCX (tt)



Trường hợp "run đặc biệt":

0xD9 (217 d) → 1 0xD9 (biểu diễn 2 bytes)

→ 0xC1 0xD9

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong định dạng file *.PCX (tt)
  - Ưu điểm:
    - Cài đặt đơn giản
    - Giảm 75% các trường hợp "phản tác dụng" của những run đặc biệt
  - Khuyết điểm:
    - Dùng 6 bit biểu diễn số lần lặp → chỉ thể hiện được chiều dài run max = 63 → Các đoạn lặp dài hơn sẽ phải chia nhỏ để mã hóa
    - Không giải quyết được trường hợp "phản tác dụng" với run đặc biệt có mã ASCII >= 192_d

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong định dạng file *.PCX (tt)

Vì sao dùng 2 bits làm cờ hiệu, mà không dùng 1 bit ?

Giải thuật nén RLE (tt)

```
#define MAX_RUNLENGTH  63

int PCXEncode_a_String(char *aString, int nLen, FILE *fEncode)
{
   unsigned char cThis, cLast;
   int i;
   int nTotal = 0;              // Tổng số byte sau khi mã hoá
   int nRunCount = 1;           // Chiều dài của 1 run

   cLast = *(aString);
   for (i=0; i<nLen; i++) {
        cThis = *(++aString);
        if (cThis == cLast)  {      // Tồn tại 1 run
            nRunCount++;
            if (nRunCount == MAX_RUNLENGTH)  {
               nTotal +=
                       PCXEncode_a_Run(cLast,nRunCount,fEncode);
               nRunCount = 0;
            }
        }
```

Continued…

Giải thuật nén RLE (tt)

```
        else            // Hết 1 run, chuyển sang run kế tiếp
        {
            if (nRunCount)
                nTotal +=
                        PCXEncode_a_Run(cLast,nRunCount,fEncode);
            cLast = cThis;
            nRunCount = 1;
        }
    } // end for

    if (nRunCount)          // Ghi run cuối cùng lên file
        nTotal += PCXEncode_a_Run(cLast, nRunCount, fEncode);

    return (nTotal);

}  // end function
```

Giải thuật nén RLE (tt)

```
int PCXEncode_a_Run(unsigned char c, int nRunCount,
                    FILE *fEncode)
{
   if (nRunCount) {

        if ((nRunCount == 1) && (c < 192))
        {
                putc(c, fEncode);
                return 1;
        }

        else
        {
                putc(0xC0 | nRunCount, fEncode);
                putc(c, fEncode);
                return 2;
        }
}
```

Giải thuật nén RLE (tt)

```
int PCXDecode_a_File(FILE *fEncode, FILE *fDecode) {
   unsigned char c, n;

   while (!feof(fEncode))
   {
        c = (unsigned char) getc(fEncode);
        if (c == EOF) break;
        if ((c & 0xC0) == 0xC0)    // 2 bit cao bật
        {
           n = c & 0x3f;    // Lấy 6 bit thấp → số lần lặp…
           c = (unsigned char) getc(fEncode);
        }
        else n = 1;

        // Ghi dữ liệu đã giải mã lên file fDecode
        for (int i=0; i<n; i++)    putc(c, fDecode);
   }
   fclose(fDecode);
}
```

Giải thuật nén RLE (tt)

- Dạng 2: RLE trong định dạng file *.BMP
  - File *.BMP
    - Định dạng file chuẩn của Windows dùng để lưu ảnh bitmap
    - Có khả năng lưu trữ ảnh B&W, 16 màu, 256 màu, 24bits màu
    - Có sử dụng thuật toán nén RLE khi lưu trữ dữ liệu điểm ảnh

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong trong định dạng file *.BMP (tt)

AAA.....A

lặp 255 lần

Neùn PCX

Dữ liệu lưu lặp lại vì số lần lặp chỉ sử dụng có 6 bits

0xFF'A'0xFF'A'

0xFF'A'0xFF'A'

0xC3'A'

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong trong định dạng file *.BMP (tt)

  Ý tưởng:

  - Dữ liệu có 2 dạng
    - Dạng 1: Run với độ dài > 1. **VD. AAAAAAAAAAA**
    - Dạng 2: Dãy các ký tự đơn lẻ. **VD. BCDEFG**

  - Biểu diễn: phân biệt 2 dạng bằng cách dùng "mã nhận dạng" **(ESCAPE 0x00)**
    - Dạng 1: <Số lần lặp> <Ký tự lặp>

      VD. 0x0C 'A'
    - Dạng 2: <ESCAPE> <n> <Dãy ký tự>

      VD. 0x00 0x06 'B''C''D''E''F''G'

Giải thuật nén RLE (tt)

- RLE trong trong định dạng file *.BMP (tt)

AAA.....**ABCDEFG**

lặp 255 lần

0xFF 'A' 0x00 0x06 "BCDEFG"

Giải thuật nén RLE (tt)

So sánh giữa PCX RLE và BMP RLE ?

Giải thuật nén RLE (tt)

```
int BMPDecode_a_File(FILE *fEncode, FILE *fDecode) {

  unsigned char cMode, cData;
  int i, n;

  while (!feof(fEncode))
  {
      cMode = (unsigned char) getc(fEncode);
      if (cMode==EOF) break;
      if (cMode==0) {          // Dạng 2
            n = (unsigned char) getc(fEncode);
            for (i=0; i<n; i++) {
                  cData = (unsigned char) getc(fEncode);
                  putc(cData, fDecode);
            }
      }
```

Continued…

Giải thuật nén RLE (tt)

```
        else  // Dạng 1
        {
              n = cMode;          // Số lần lặp
              cData = (unsigned char) getc(fEncode);

              for (i=0; i<n; i++)
                    putc(cData, fDecode);
        }
   }    // end while

}       // end
```

Giải thuật nén RLE (tt)

- Nhận xét / Ứng dụng:
  - Dùng để nén các dữ liệu có nhiều đoạn lặp lại (run)
  - Thích hợp cho dữ liệu ảnh → ứng dụng hẹp
  - Chưa phải là một thuật toán nén có hiệu suất cao
  - Đơn giản, dễ cài đặt

Data Compression

- Giới thiệu
- Giải thuật nén RLE
- Giải thuật nén Huffman

Giải thuật nén Huffman

- Giới thiệu
- Huffman tĩnh (Static Huffman)
- Huffman động (Adaptive Huffman)

Giải thuật nén Huffman – Giới thiệu

- Hình thành
  - Vấn đề:
    - Một giải thuật nén bảo toàn thông tin;
    - Không phụ thuộc vào tính chất của dữ liệu;
    - Ứng dụng rộng rãi trên bất kỳ dữ liệu nào, với hiệu suất tốt
  - Tư tưởng chính:
    - Phương pháp cũ: dùng 1 dãy cố định (8 bits) để biểu diễn 1 ký tự
    - Huffman:
      - Sử dụng vài bits để biểu diễn 1 ký tự (gọi là "mã bit" – bits code)
      - Độ dài "mã bit" cho các ký tự không giống nhau:
        Ký tự xuất hiện nhiều lần → biểu diễn bằng mã ngắn;
        Ký tự xuất hiện ít → biểu diễn bằng mã dài
        → Mã hóa bằng mã có độ dài thay đổi (Variable Length Encoding)
  - David Huffman – 1952: tìm ra phương pháp xác định mã tối ưu trên dữ liệu tĩnh

Giải thuật nén Huffman – Giới thiệu (tt)

- Giả sử có dữ liệu như sau:

  f = "ADDAABBCCBAAABBCCCBBBCDAADDEEAA"

- Biểu diễn bình thường (8 bits/ký tự):

  Sizeof(f) = 10*8 + 8*8 + 6*8 + 5*8 + 2*8

  = 248 bits

Ký tự	Số lần xuất hiện trong file f
A	10
B	8
C	6
D	5
E	2

Giải thuật nén Huffman – Giới thiệu (tt)

- Biểu diễn bằng mã bit có độ dài thay đổi (theo bảng):

```
Sizeof(f) = 10*2 + 8*2 + 6*2 + 5*3 + 2*3
          = 69 bits
```

Ký tự	Mã bit
A	11
B	10
C	00
D	011
E	010

Static Huffman

- Thuật toán nén
- Tạo cây Huffman
- Phát sinh bảng mã bit
- Lưu trữ thông tin dùng để giải nén
- Thuật toán giải nén

Static Huffman (tt)

- Thuật toán nén:
  - [b1] Duyệt file → Lập bảng thống kê số lần xuất hiện của mỗi loại ký tự
  - [b2] Phát sinh cây Huffman dựa vào bảng thống kê
  - [b3] Từ cây Huffman → phát sinh bảng mã bit cho các ký tự
  - [b4] Duyệt file → Thay thế các ký tự bằng mã bit tương ứng
  - [b5] Lưu lại thông tin của cây Huffman dùng để giải nén

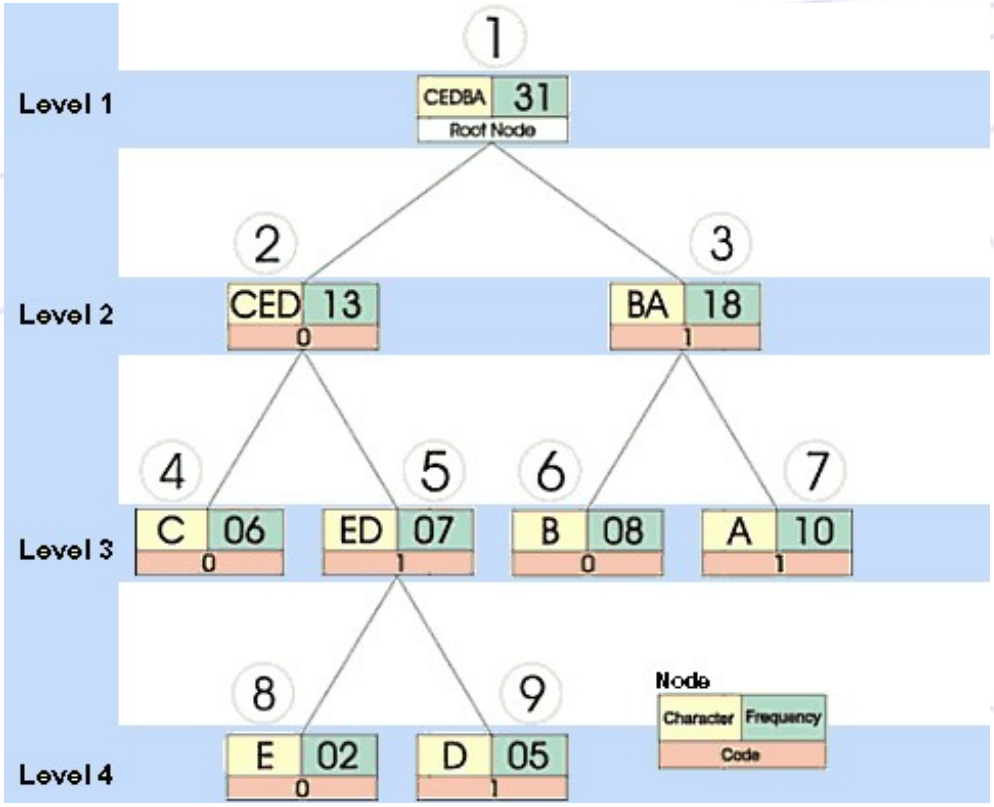
Static Huffman (tt)

f = "ADDAABBCCBAAABBCCCBBBCDAADDEEAA"

[b1]

Ký tự	Số lần xuất hiện
A	10
B	8
C	6
D	5
E	2

[b2]



[b3]

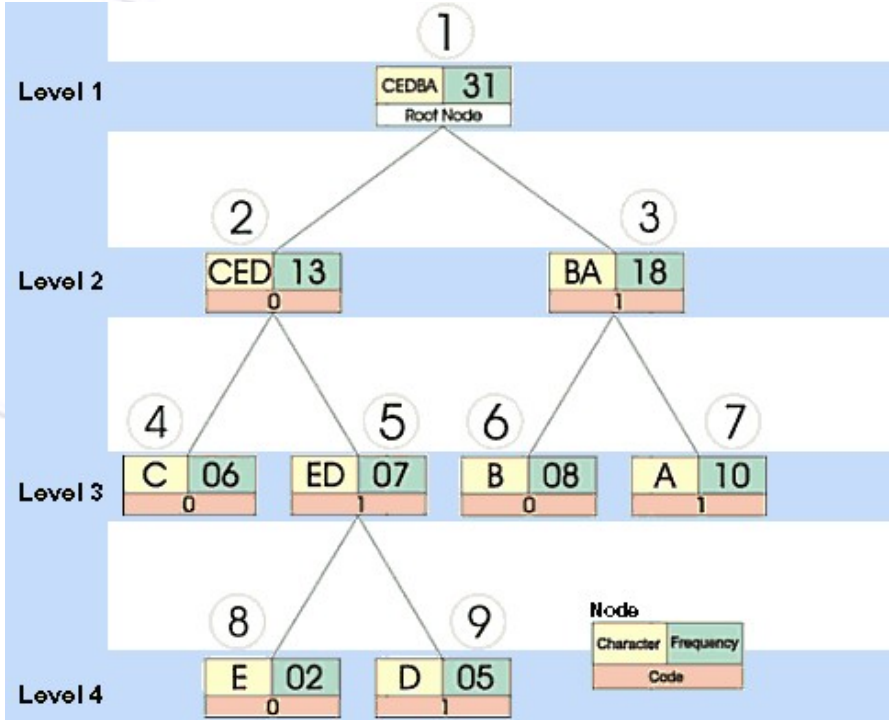
Ký tự	Mã bit
A	11
B	10
C	00
D	011
E	010

[b4]

$f_{nén}$ = 11011011111110100000101111111010000000
10101000011111101101101001011111

Static Huffman (tt)

- Tạo cây Huffman:
  - Mô tả cây Huffman: mã Huffman được biểu diễn bằng 1 cây nhị phân
    - Mỗi nút lá chứa 1 ký tự
    - Nút cha sẽ chứa các ký tự của những nút con
    - Mỗi nút được gán một trọng số:
      - Nút lá có trọng số bằng số lần xuất hiện của ký tự trong file
      - Nút cha có trọng số bằng tổng trọng số của các nút con



Static Huffman (tt)

- Tạo cây Huffman: (tt)
  - Tính chất cây Huffman:
    - Nhánh trái tương ứng với mã hoá bit ‘0’; nhánh phải tương ứng với mã hoá bit ‘1’
    - Các nút có tần số thấp nằm ở xa gốc → mã bit dài
    - Các nút có tần số cao nằm ở gần gốc → mã bit ngắn
    - Số nút của cây: **(2n-1)**

Static Huffman (tt)

```
// Cấu trúc dữ liệu lưu trữ cây Huffman
#define  MAX_NODES  511          // 2*256 - 1

typedef struct {
  char     c;                    // ký tự
  bool     used;                 // đã sử dụng/chưa
  long     nFreq;                // trọng số
  int      nLeft;                // cây con trái
  int      nRight;               // cây con phải
} HUFFNode;

HUFFNode HuffTree[MAX_NODES];
```

Static Huffman (tt)

- Tạo cây Huffman: (tt)
  - Thuật toán phát sinh cây:

    [b1] Chọn trong bảng thống kê 2 phần tử **x,y** có trọng số thấp nhất → tạo thành nút cha **z**:

    ```
    z.c = min(x.c + y.c);
    z.nFreq = x.nFreq + y.nFreq;
    z.nLeft = x (*)
    z.nRight = y (*)
    ```

    [b2] Loại bỏ nút **x và y** khỏi bảng;

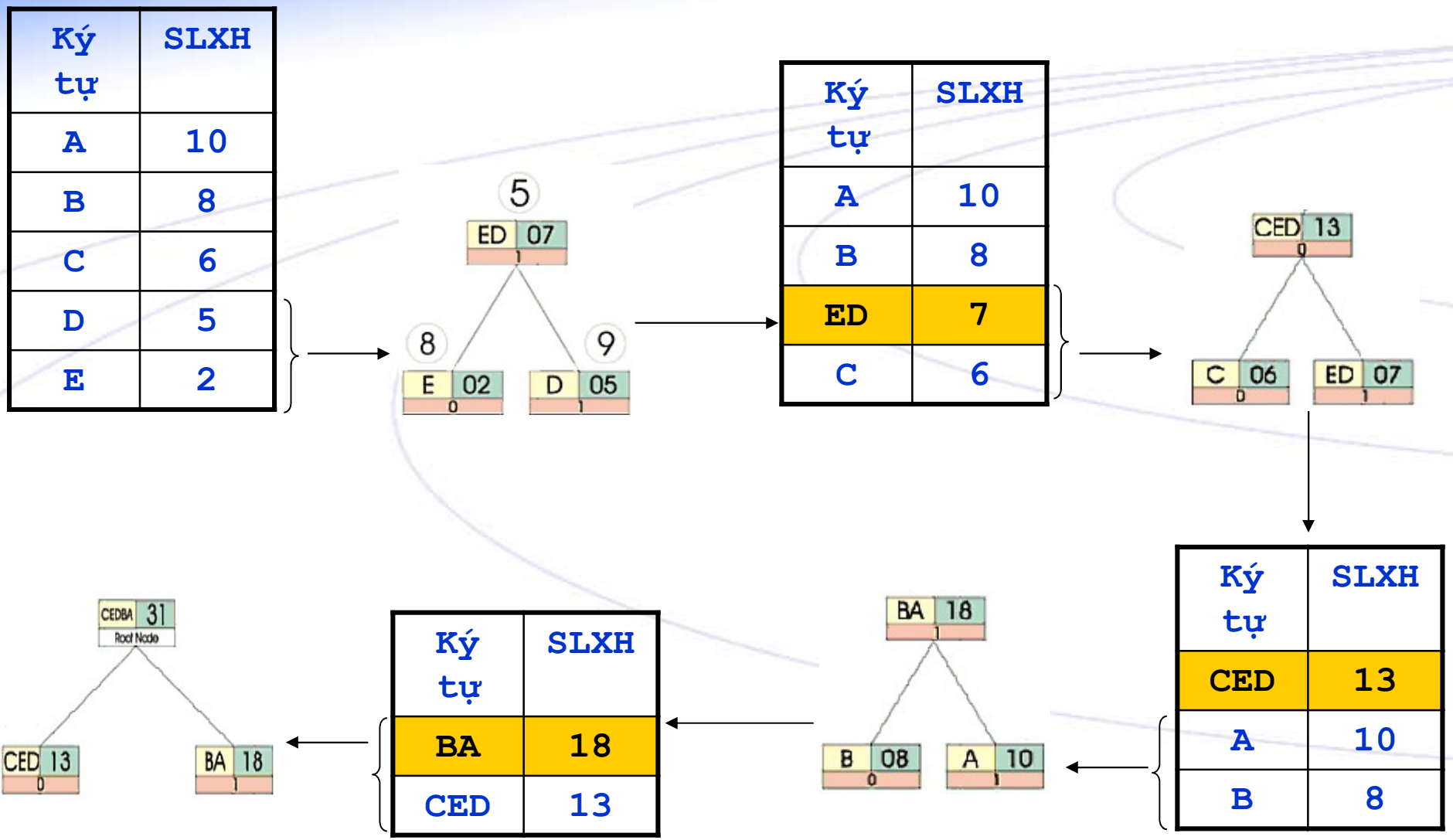
    [b3] Thêm nút **z** vào bảng;

    [b4] Lặp lại bước [b1] - [b3] cho đến khi chỉ còn lại 1 nút duy nhất trong bảng

(*) Qui ước:

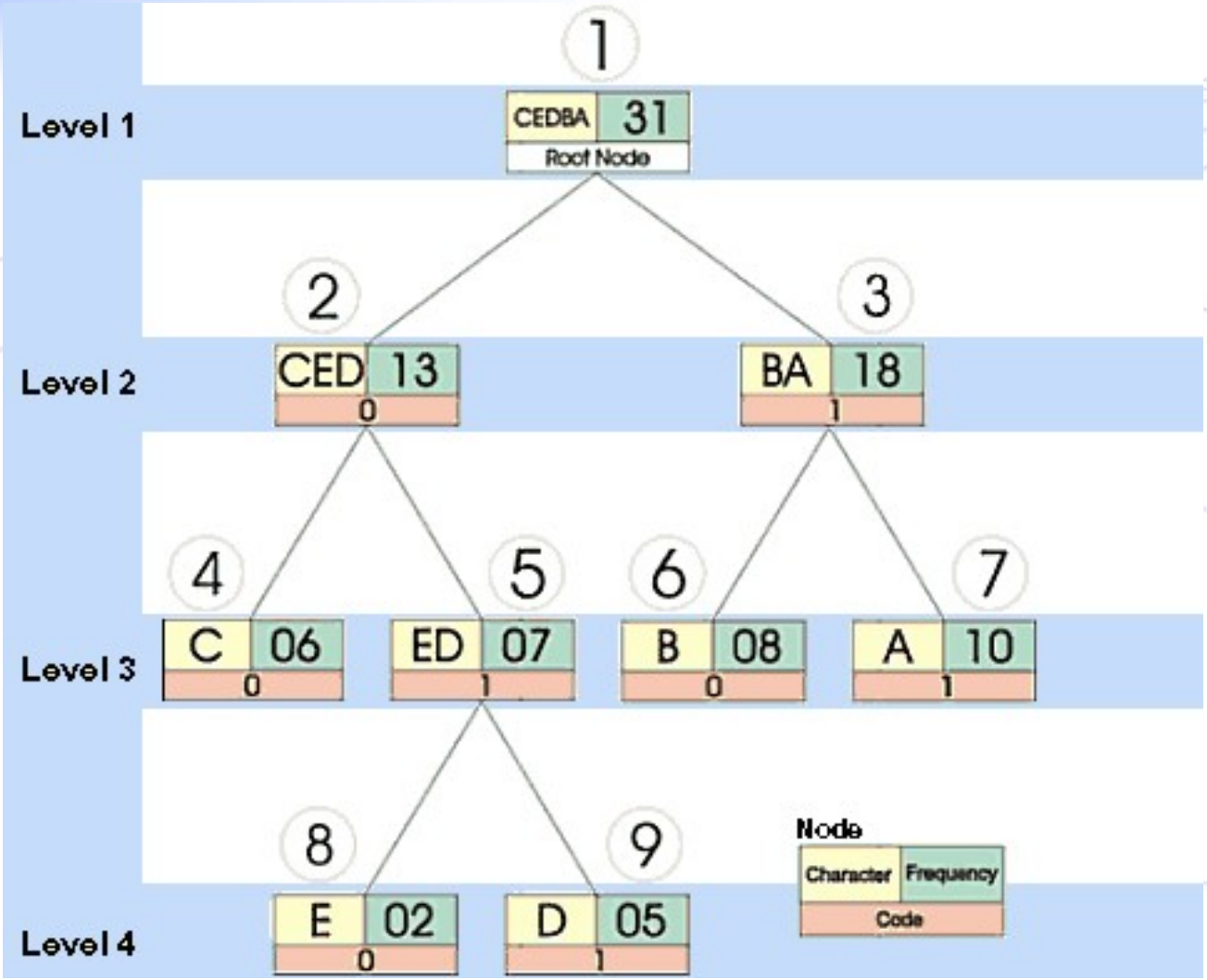
- nút có trọng số nhỏ nằm bên nhánh trái; nút có trọng số lớn nằm bên nhánh phải;
- nếu trọng số bằng nhau, nút có ký tự nhỏ nằm bên nhánh trái; nút có ký tự lớn nằm bên nhánh phải
- nếu có các node có trọng số bằng nhau → ưu tiên xử lý các node có ký tự ASCII nhỏ trước

Static Huffman (tt)



Minh họa quá trình tạo cây

Static Huffman (tt)

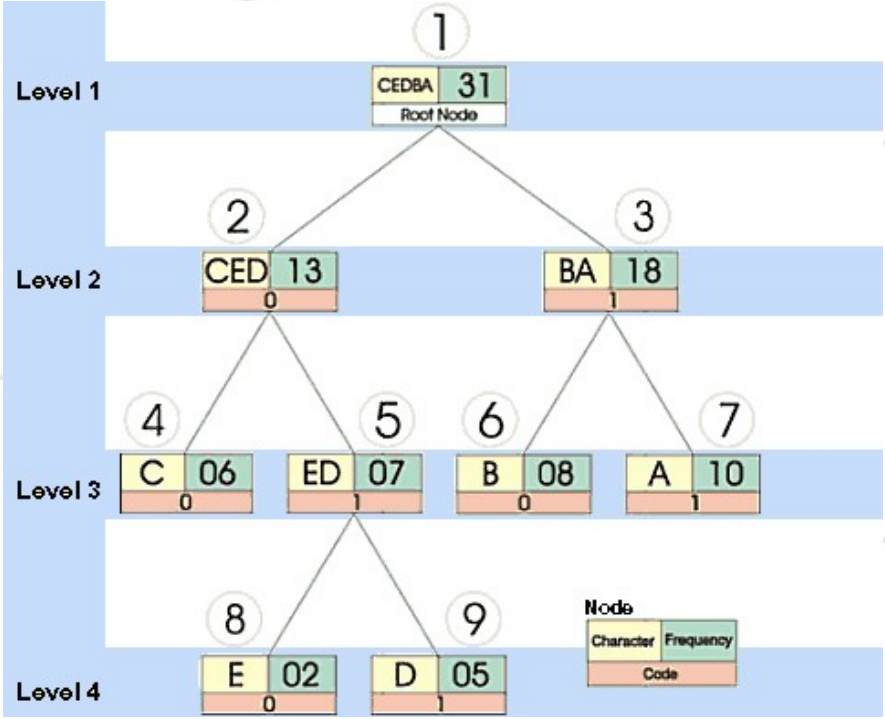


Cây Huffman sau khi tạo

Static Huffman (tt)

- Phát sinh mã bit cho các ký tự:
  - Mã của mỗi ký tự được tạo bằng cách duyệt từ nút gốc đến nút lá chứa ký tự đó;
  - Khi duyệt sang trái, tạo ra 1 bit 0;
  - Khi duyệt sang phải, tạo ra 1 bit 1;

Ký tự	Mã
A	11
B	10
C	00
D	011
E	010



Static Huffman (tt)

- Lưu trữ thông tin dùng để giải nén:

P.Pháp 1: lưu bảng mã bit

Ký tự	Mã
A	11
B	10
C	00
D	011
E	010

P.Pháp 2: lưu số lần xuất hiện

Ký tự	Số lần xuất hiện
A	10
B	8
C	6
D	5
E	2

Static Huffman (tt)

- Thuật toán giải nén:

  [b1] Xây dựng lại cây Huffman (từ thông tin được lưu)

  [b2] Khởi tạo nút hiện hành **`pCurr = pRoot`**

  [b3] Đọc 1 bit **`b`** từ file nén **f_n**

  [b4] Nếu **`(b==0)`** thì **`pCurr = pCurr.nLeft`**

  ngược lại **`pCurr = pCurr.nRight`**

  [b5] Nếu **`pCurr`** là nút lá thì:

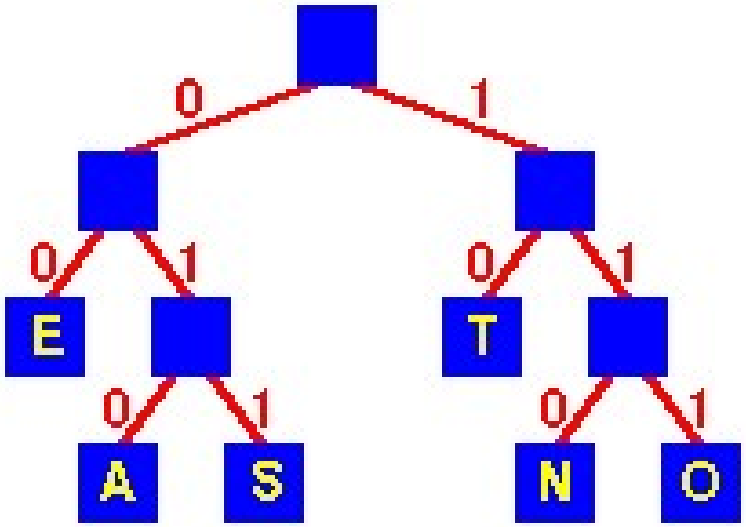
  - Xuất ký tự tại **`pCurr`** ra file
  - Quay lại bước [b2]

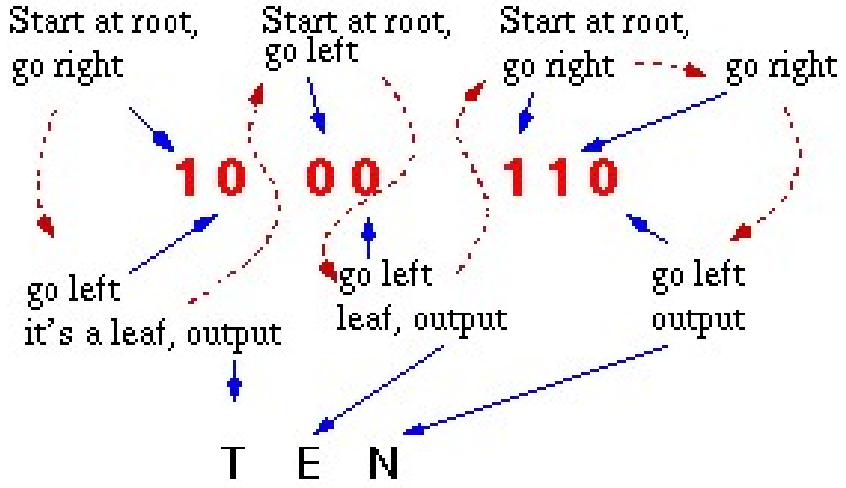
  ngược lại

  - Quay lại bước [b3]

  [b6] Thuật toán sẽ dừng khi hết file **f_n**

Static Huffman (tt)





Cây Huffman và qui trình giải nén cho chuỗi được mã hoá "1000110"

Adaptive Huffman

- Giới thiệu
- Thuật toán tổng quát
- Cây Huffman động
- Thuật toán nén (Encoding)
- Thuật toán giải nén (Decoding)

Adaptive Huffman (tt)

- Giới thiệu:
  - Hạn chế của Huffman tĩnh:
    - Cần 2 lần duyệt file (quá trình nén) → chi phí cao
    - Cần phải lưu trữ thông tin để giải nén → tăng kích thước dữ liệu nén
    - Dữ liệu cần nén phải có sẵn → không nén được trên dữ liệu phát sinh theo thời gian thực

Adaptive Huffman (tt)

- Giới thiệu: (tt)
  - Lịch sử hình thành:
    - Được đề xuất bởi Faller (1973) và Gallager (1978)
    - Knuth (1985) đưa ra một số cải tiến và hoàn chỉnh thuật toán → thuật toán còn có tên "thuật toán FGK"
    - Vitter (1987): trình bày các cải tiến liên quan đến việc tối ưu cây Huffman

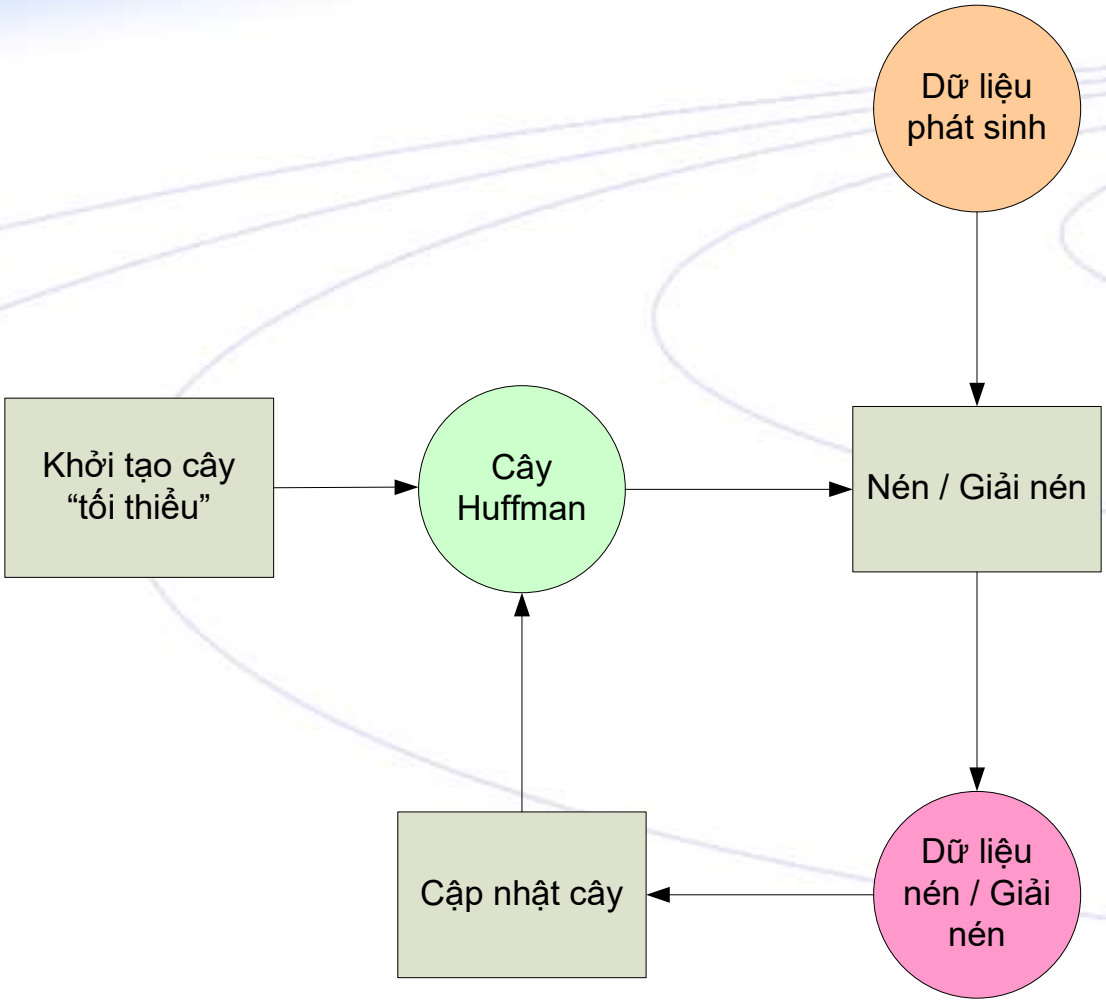
Adaptive Huffman (tt)

- Giới thiệu: (tt)
  - Ưu điểm:
    - Không cần tính trước số lần xuất hiện của các ký tự
    - Quá trình nén: chỉ cần 1 lần duyệt file
    - Không cần lưu thông tin phục vụ cho việc giải nén
    - Nén “on-line”: trên dữ liệu phát sinh theo thời gian thực

Adaptive Huffman (tt)

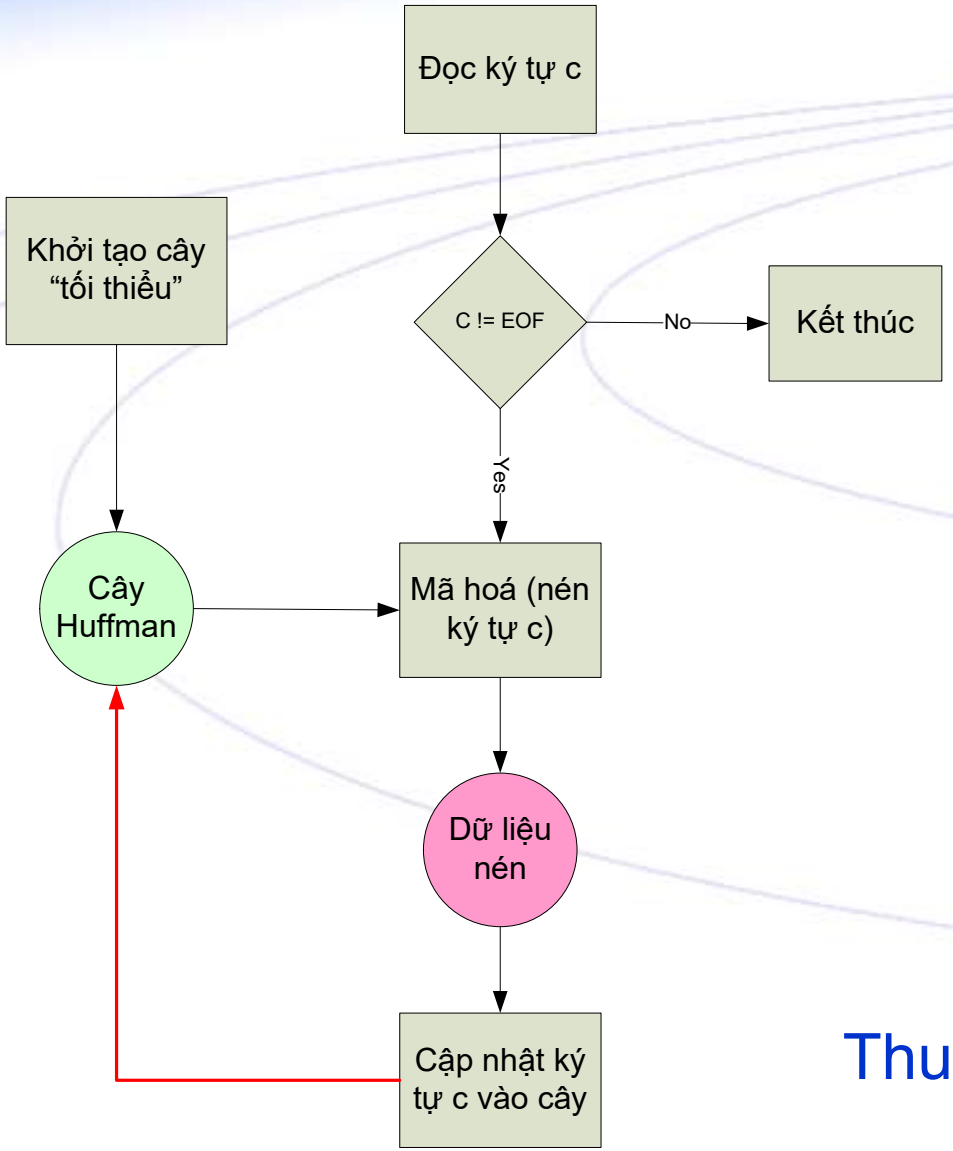
- Thuật toán tổng quát:
  - Huffman tĩnh: cây Huffman được tạo thành từ bảng thống kê số lần xuất hiện của các ký tự
  - Huffman động:
    - Nén "on-line" → không có trước bảng thống kê
    - Tạo cây như thế nào ?
    - Phương pháp: khởi tạo cây "tối thiểu" ban đầu; cây sẽ được "cập nhật dần dần" (~ thích nghi – Adaptive) dựa trên dữ liệu phát sinh trong quá trình nén/giải nén

Adaptive Huffman (tt)



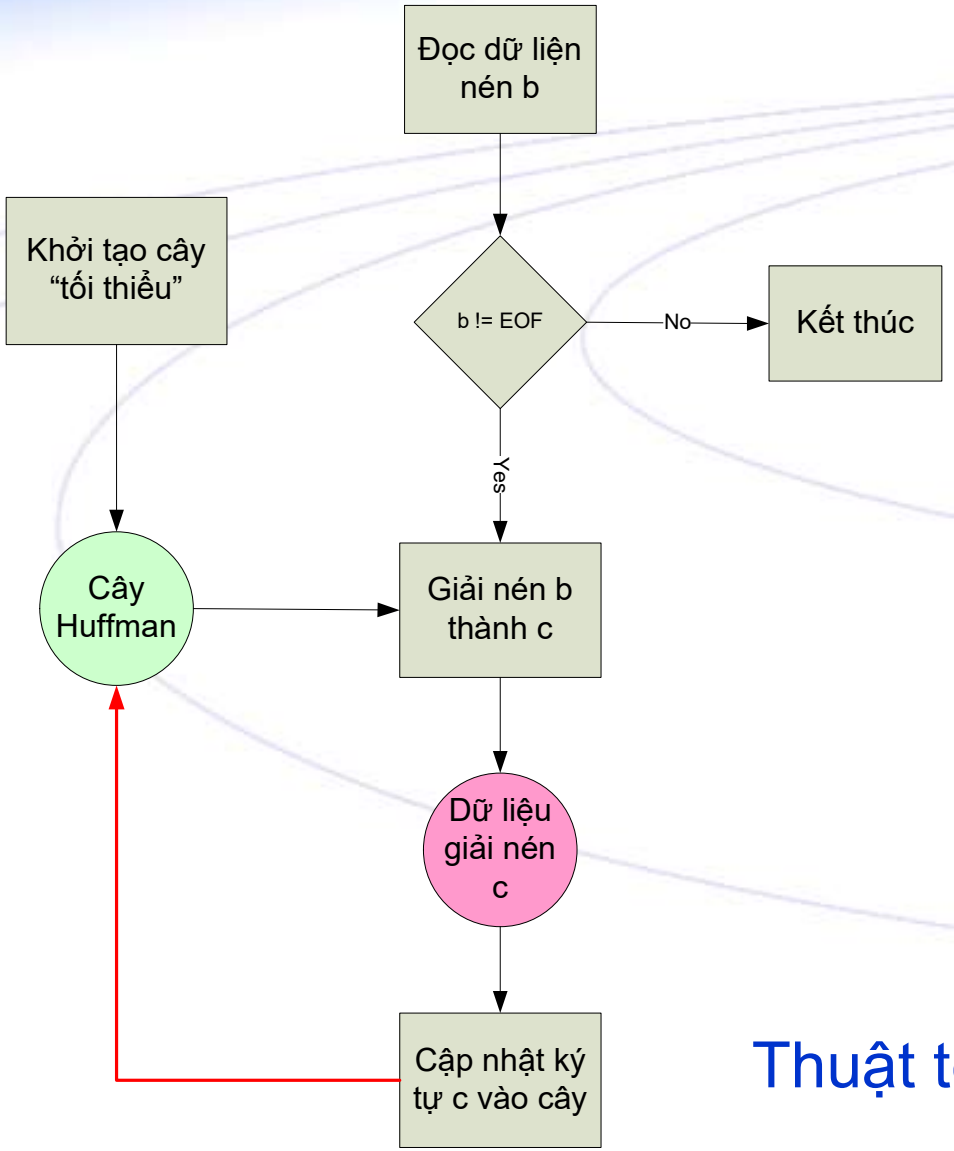
Sự phối hợp giữa việc dùng cây (cho thuật toán nén/giải nén) và cập nhật cây

Adaptive Huffman (tt)



Thuật toán nén

Adaptive Huffman (tt)



Thuật toán giải nén

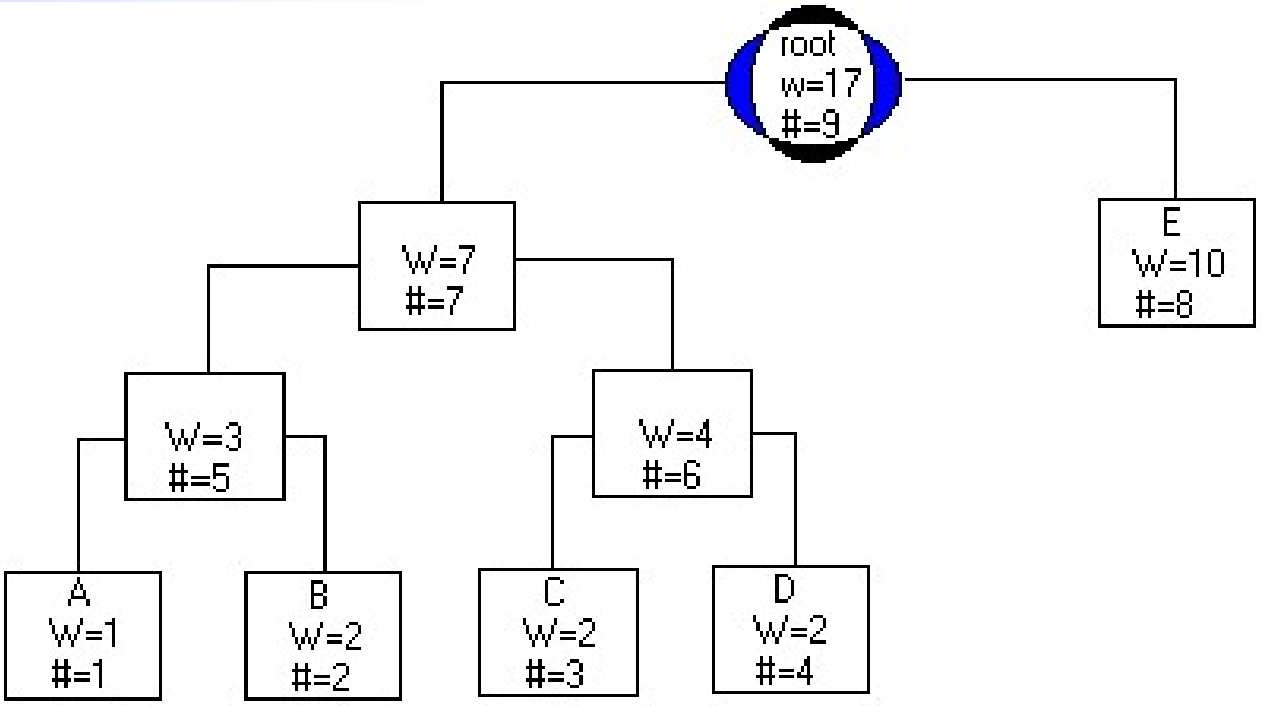
Adaptive Huffman (tt)

- Cây Huffman (động):

  Một cây nhị phân có n nút lá được gọi là cây Huffman nếu thỏa:

  - Các nút lá có trọng số $W_i >= 0, i \in [1..n]$
  - Các nút nhánh có trọng số bằng tổng trọng số các nút con của nó
  - Tính chất Anh/Em (Sibling Property):
    - Mỗi nút, ngoại trừ nút gốc, đều tồn tại 1 nút anh/em (có cùng nút cha)
    - Khi sắp xếp các nút trong cây theo thứ tự tăng dần của trọng số thì mỗi nút luôn ở kề với nút anh/em của nó

Adaptive Huffman (tt)



A binary tree is a Huffman tree if and only if it obeys the sibling property.
symbol weights: A=1, B=2, D=2, E=10

Thứ tự	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9
W_i	1	2	2	2	3	4	7	10	17
Giá trị	A	B	C	D				E	Root

Adaptive Huffman (tt)

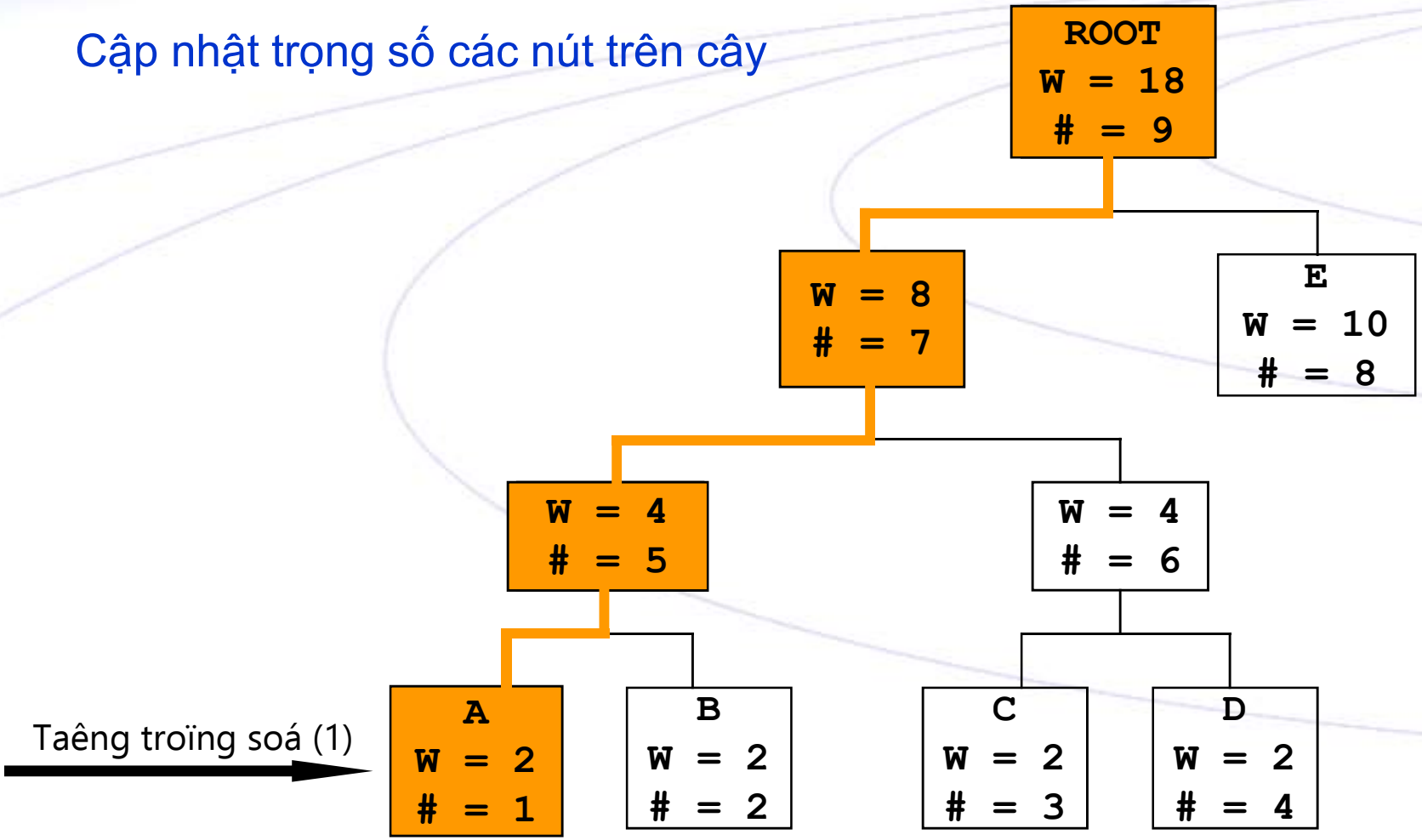
- Cách thức tạo cây:
  - Khởi tạo cây "tối thiểu", chỉ có nút Escape (0-node)

Cây "tối thiểu" chỉ có 1 nút Escape

  - Cập nhật 1 ký tự c vào cây:
    - Nếu c chưa có trong cây → thêm mới nút lá c
    - Nếu c đã có trong cây → tăng trọng số nút c lên 1 (+1)
    - Cập nhật trọng số của các nút liên quan trong cây

Adaptive Huffman (tt)

Cập nhật trọng số các nút trên cây



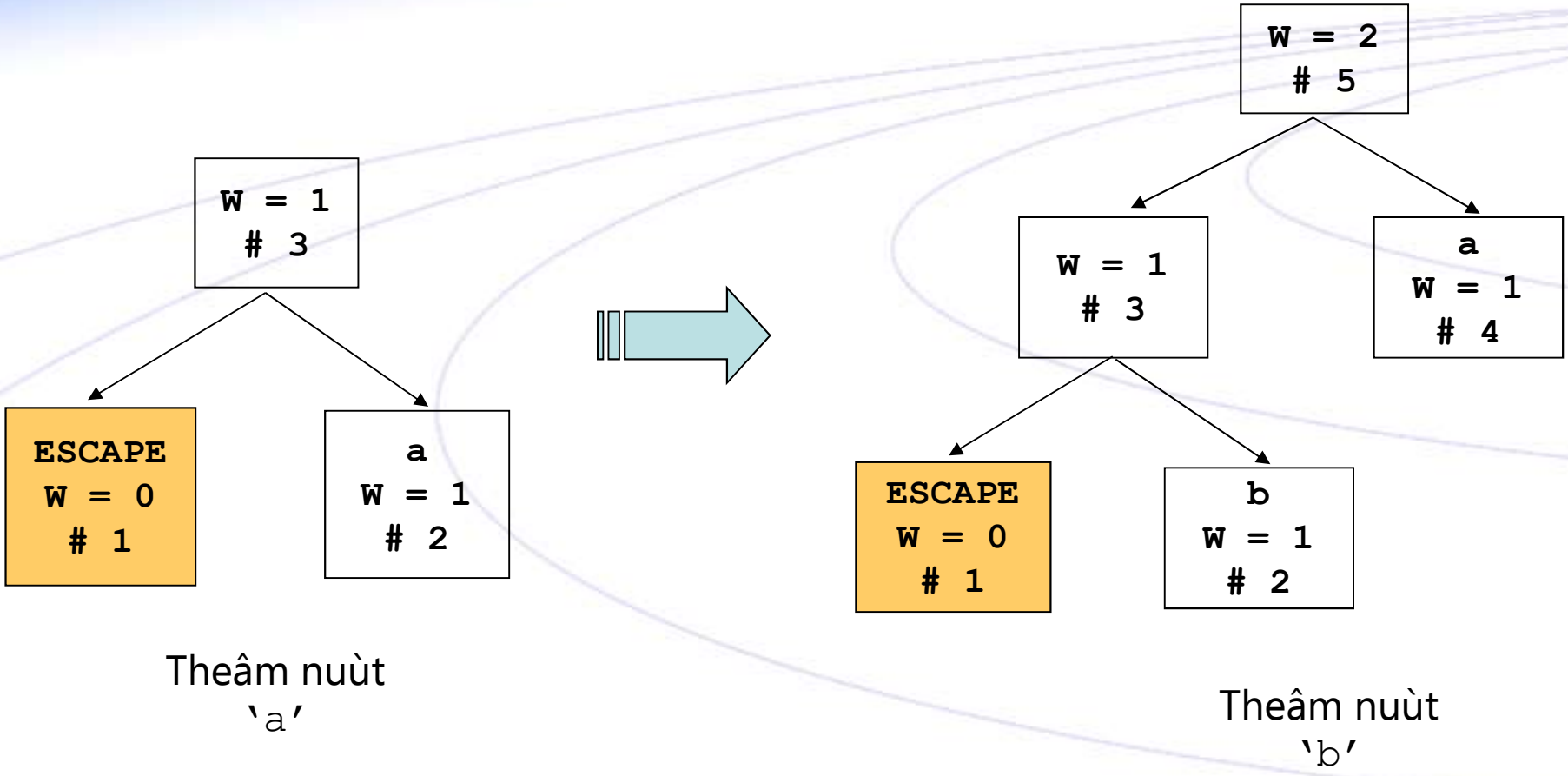
Adaptive Huffman (tt)

- Cách thức tạo cây: (tt)

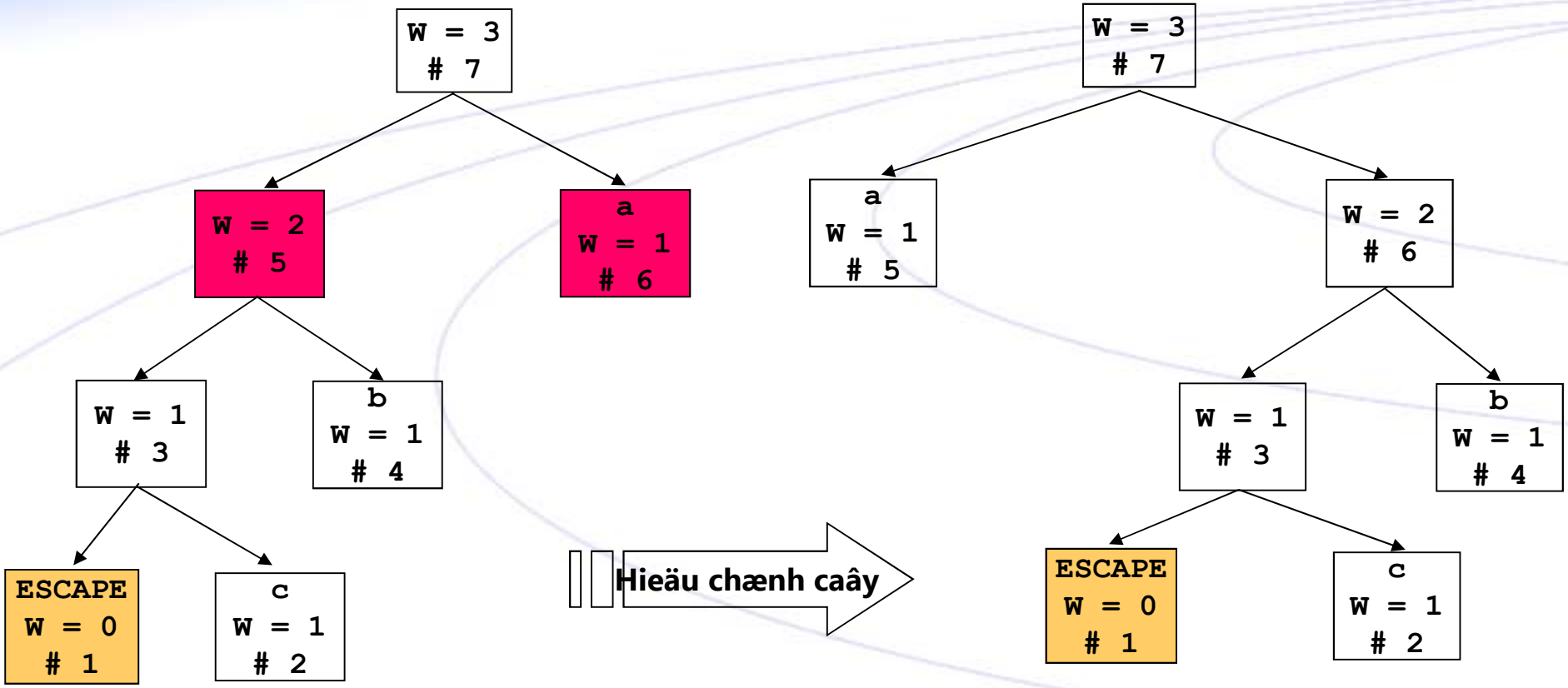
  Thuật toán "Cập nhật trọng số":

  - Tăng trọng số của nút lá lên 1
  - Đi từ nút lá → nút gốc: tăng trọng số của các nút lên 1
  - Kiểm tra tính chất anh/em và hiệu chỉnh lại cây (nếu vi phạm)

Adaptive Huffman (tt)



Adaptive Huffman (tt)



Theâm nuùt 'c'

Adaptive Huffman (tt)

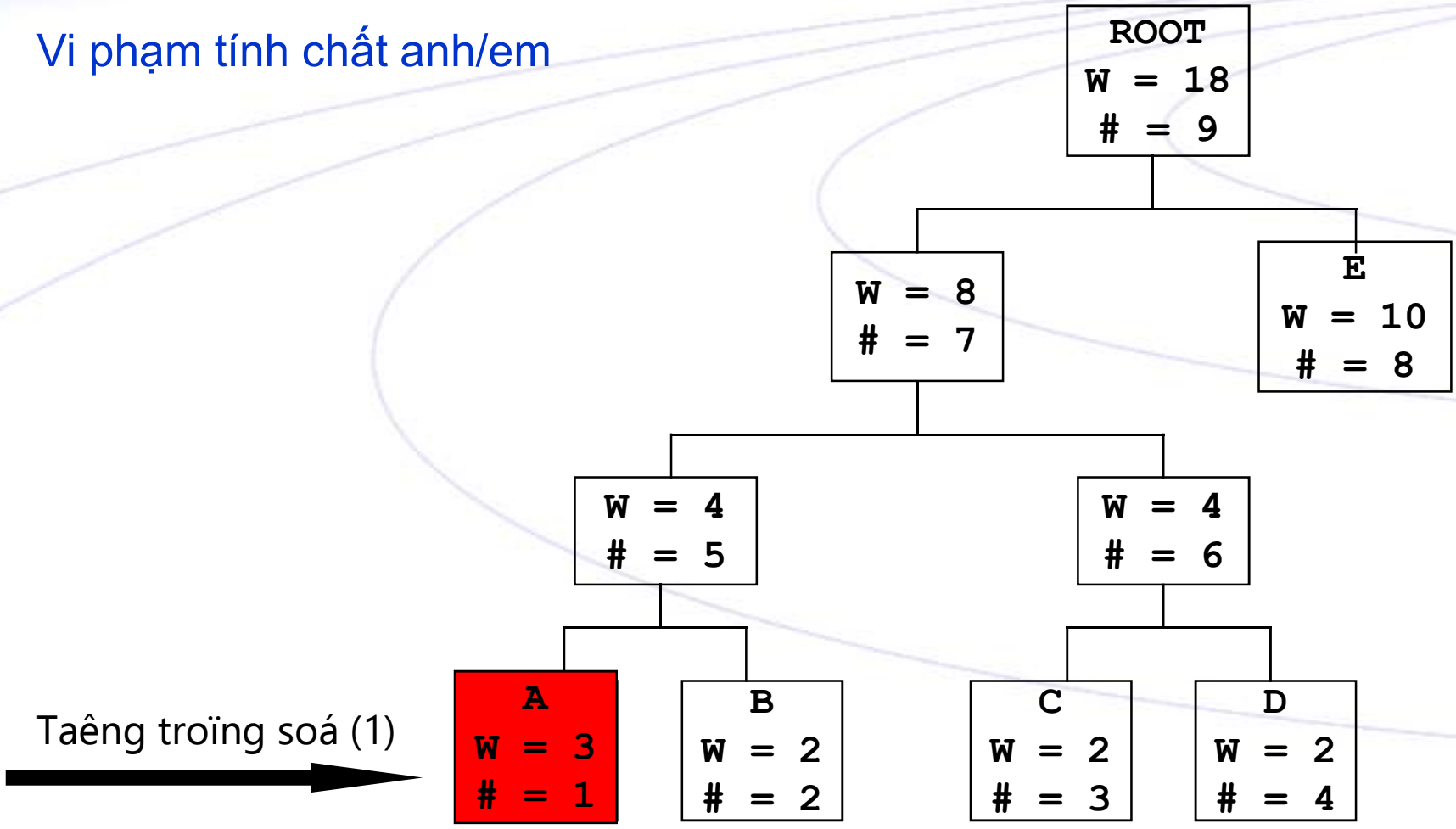
- Cách thức tạo cây: (tt)

  Khi thêm 1 nút mới hoặc tăng trọng số:

  - Vi phạm tính chất anh/em
  - Tràn số

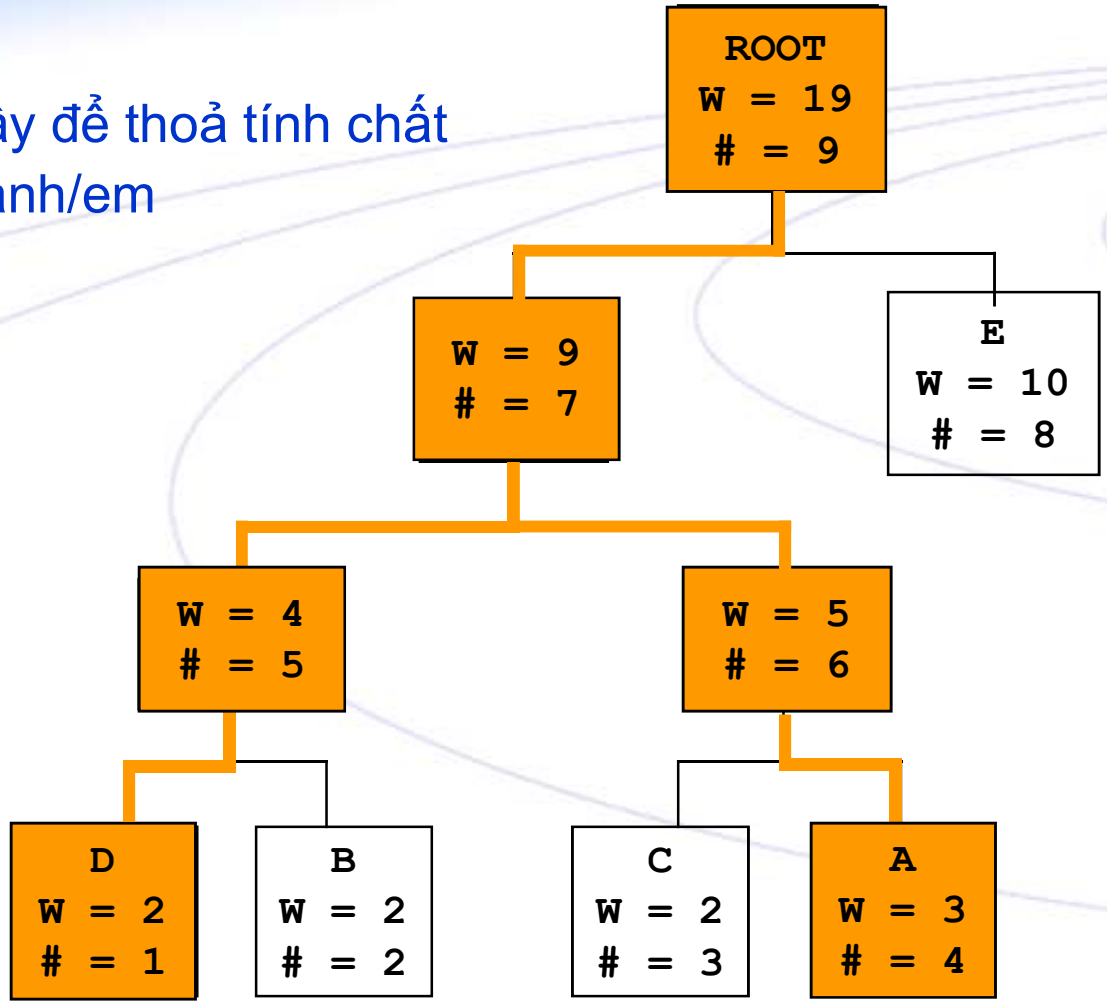
Adaptive Huffman (tt)

Vi phạm tính chất anh/em

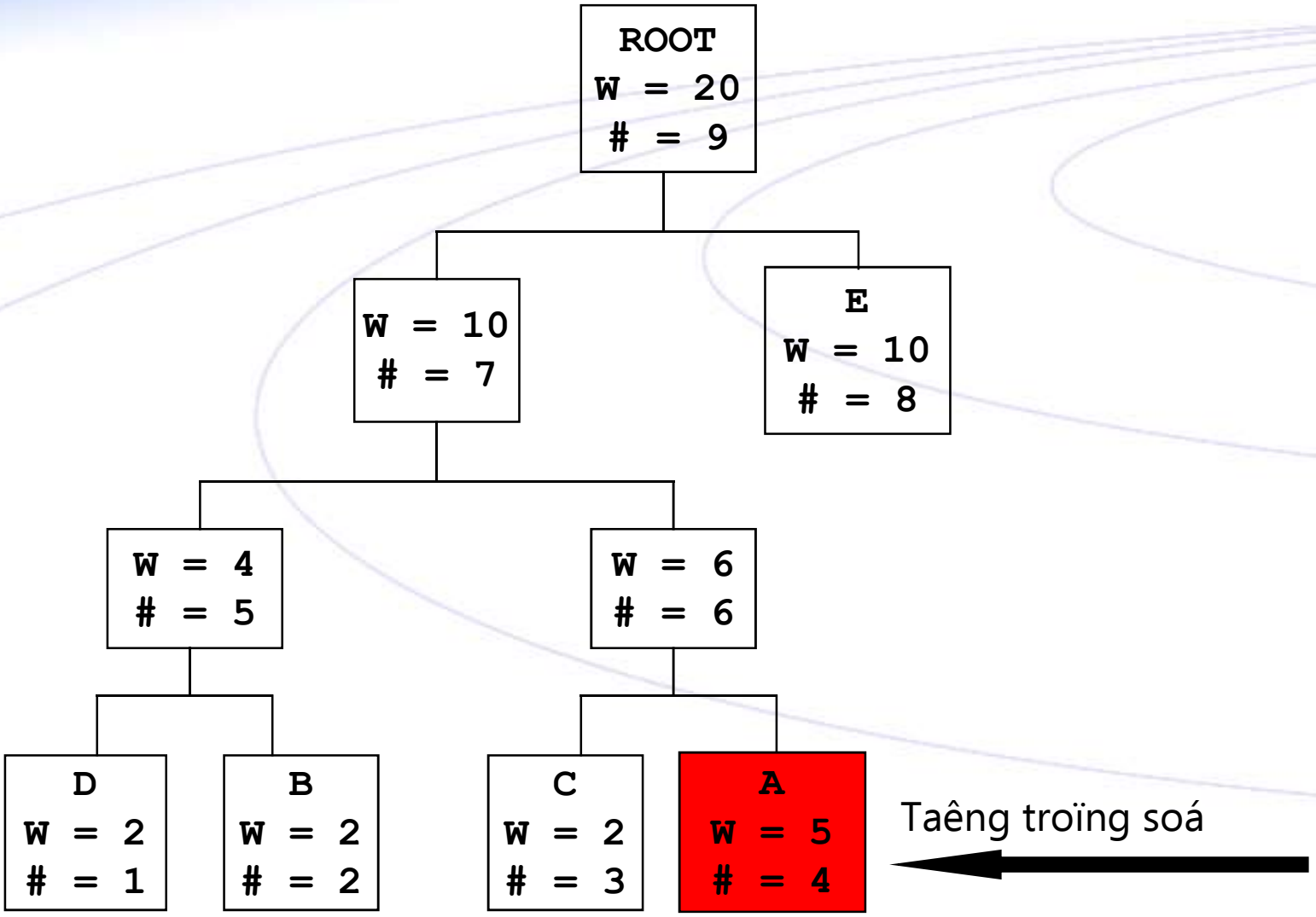


Adaptive Huffman (tt)

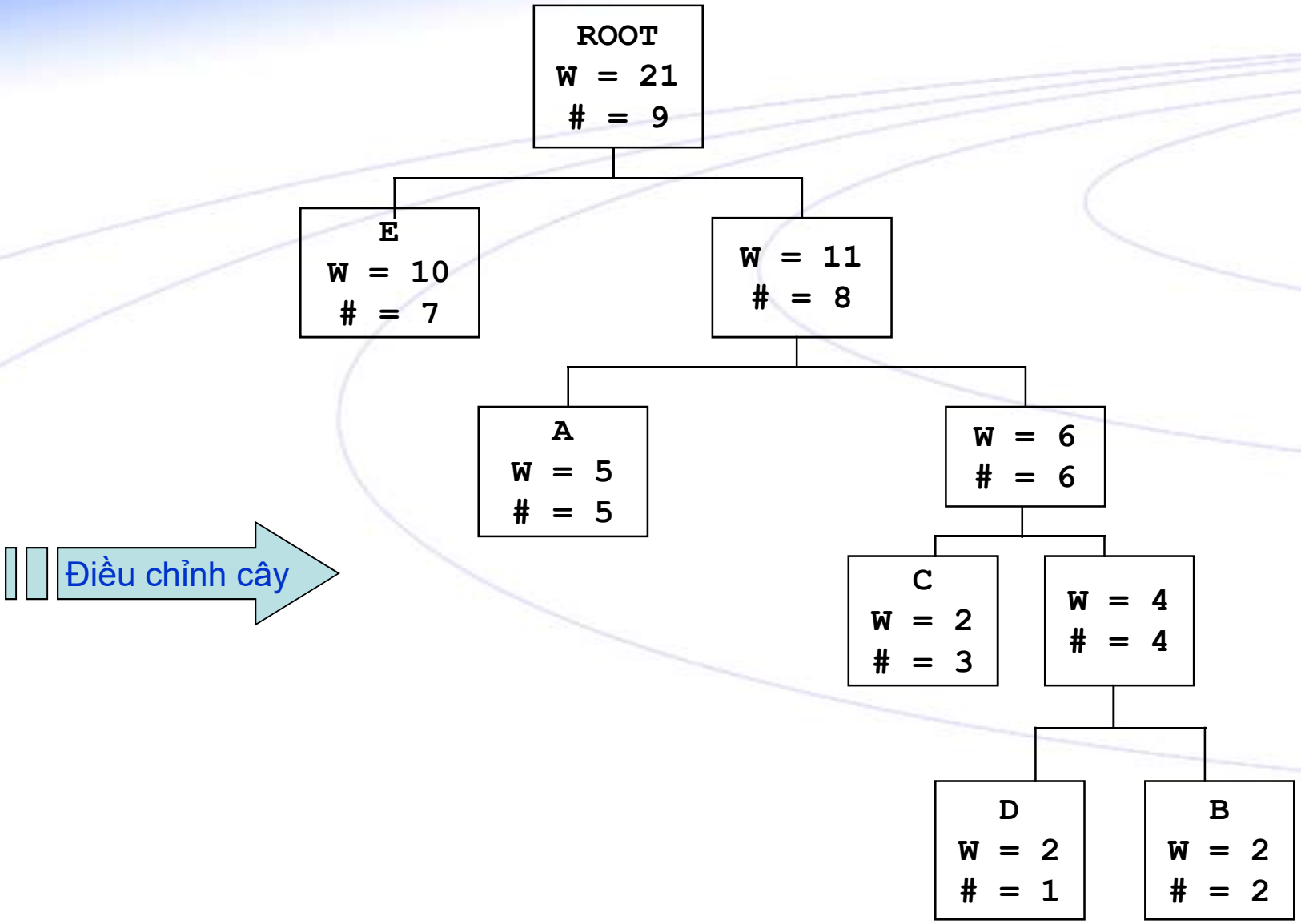
Điều chỉnh cây để thoả tính chất anh/em



Adaptive Huffman (tt)



Adaptive Huffman (tt)



Adaptive Huffman (tt)

- Cách thức tạo cây: (tt)

  Thuật toán "Xác định nút vi phạm":

  - Gọi **`x`** là nút hiện hành
  - So sánh **`x`** với các nút tiếp theo sau (từ trái → phải, từ dưới → trên)
  - Nếu ∃**`y`** sao cho: **`y.Weight < x.Weight`** → **`x`** là nút bị vi phạm

Adaptive Huffman (tt)

- Cách thức tạo cây: (tt)

  Thuật toán "Điều chỉnh cây thỏa tính chất anh/em":

  - Gọi **`x`** là nút vi phạm
  - Tìm nút **`y`** ***xa nhất***, phía sau **`x`**, thoả:

    `y.Weight < x.Weight`
  - Hoán đổi nút **`x`** và nút **`y`** trên cây
  - Cập nhật lại các nút cha tương ứng
  - Lặp lại bước [1] cho đến khi không còn nút vi phạm

Adaptive Huffman (tt)

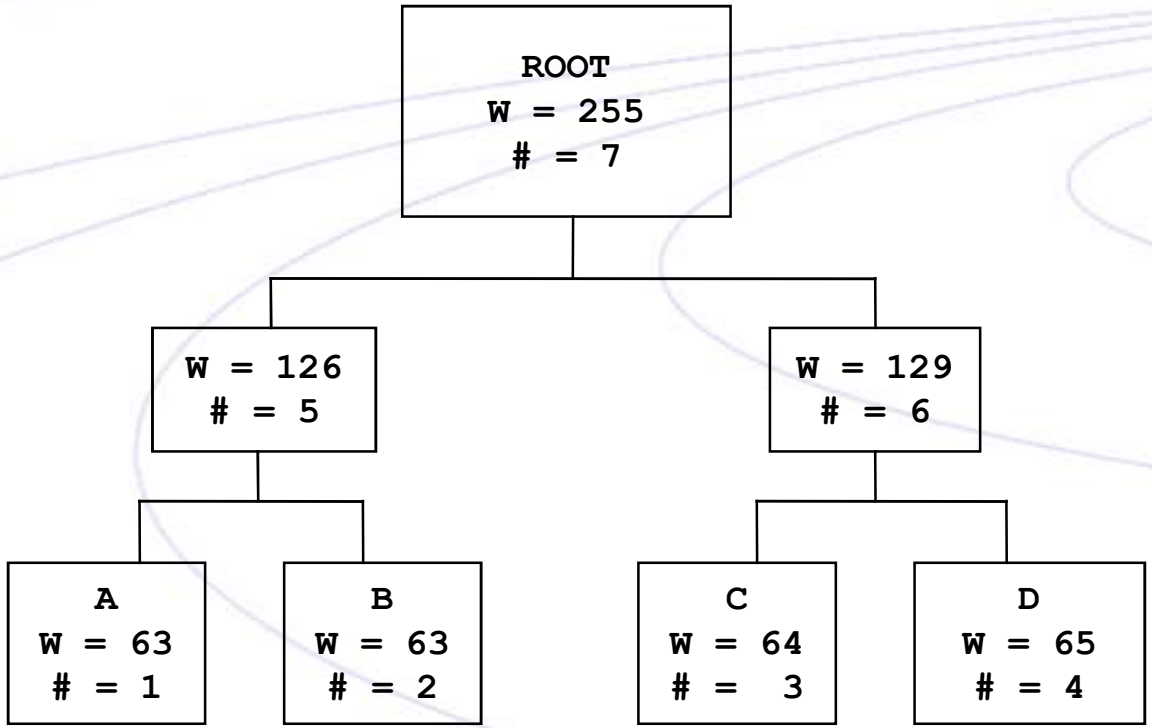
- Cách thức tạo cây: (tt)

  Vấn đề "tràn số"

  - Quá trình cập nhật cây → tăng trọng số của các nút
  - Trọng số của nút gốc tăng rất nhanh…
    → giá trị trọng số vượt quá khả năng lưu trữ của kiểu dữ liệu

```
VD. unsigned int Weight;  // Giá trị max 65535
```

Adaptive Huffman (tt)



Nút gốc sẽ bị tràn số khi ta tăng trọng số của bất kỳ nút nào

Adaptive Huffman (tt)

- Cách thức tạo cây: (tt)

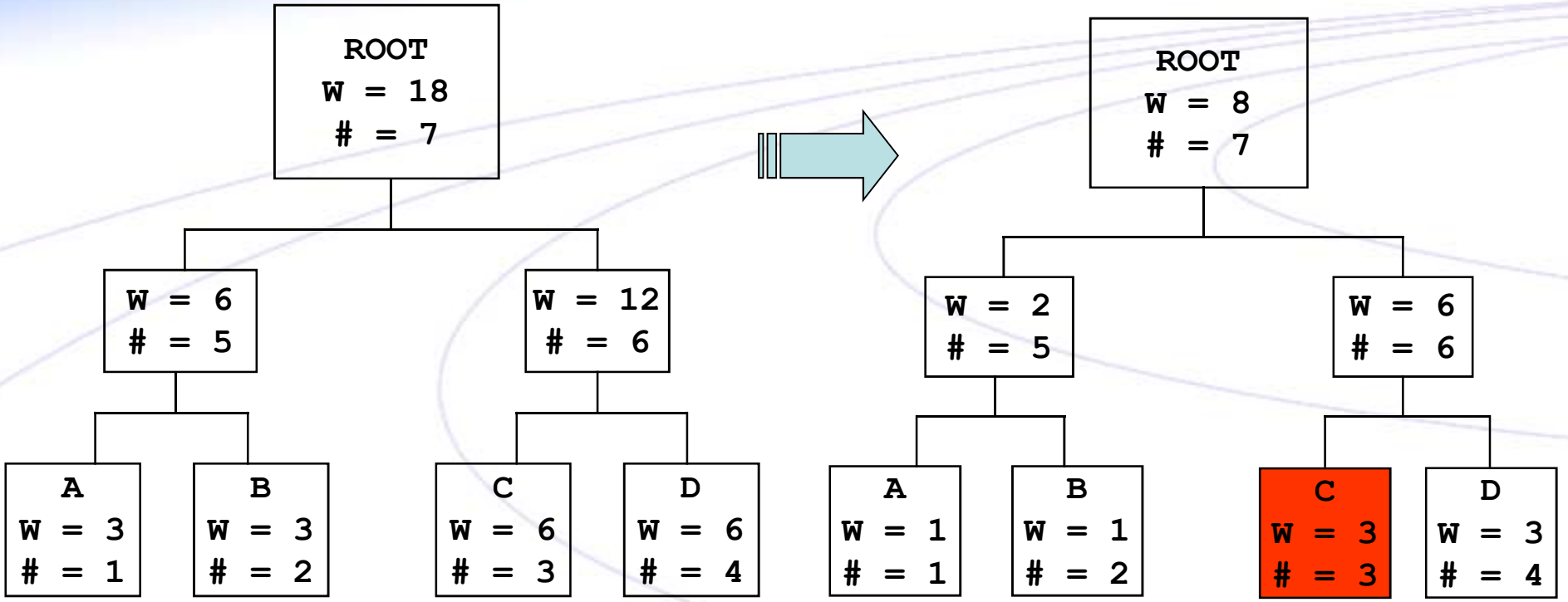
  Thuật toán "Xử lý trường hợp tràn số":

  - Khi cập nhật trọng số, kiểm tra trọng số của nút gốc

  - Nếu trọng số của nút gốc > **`MAX_VALUE`**
    - Giảm trọng số các nút lá trong cây (chia cho 2)
    - Cập nhật trọng số các nút nhánh
    - Kiểm tra tính chất anh/em và điều chỉnh lại cây (*)

    (*) do phép chia cho 2 làm mất phần dư của số nguyên

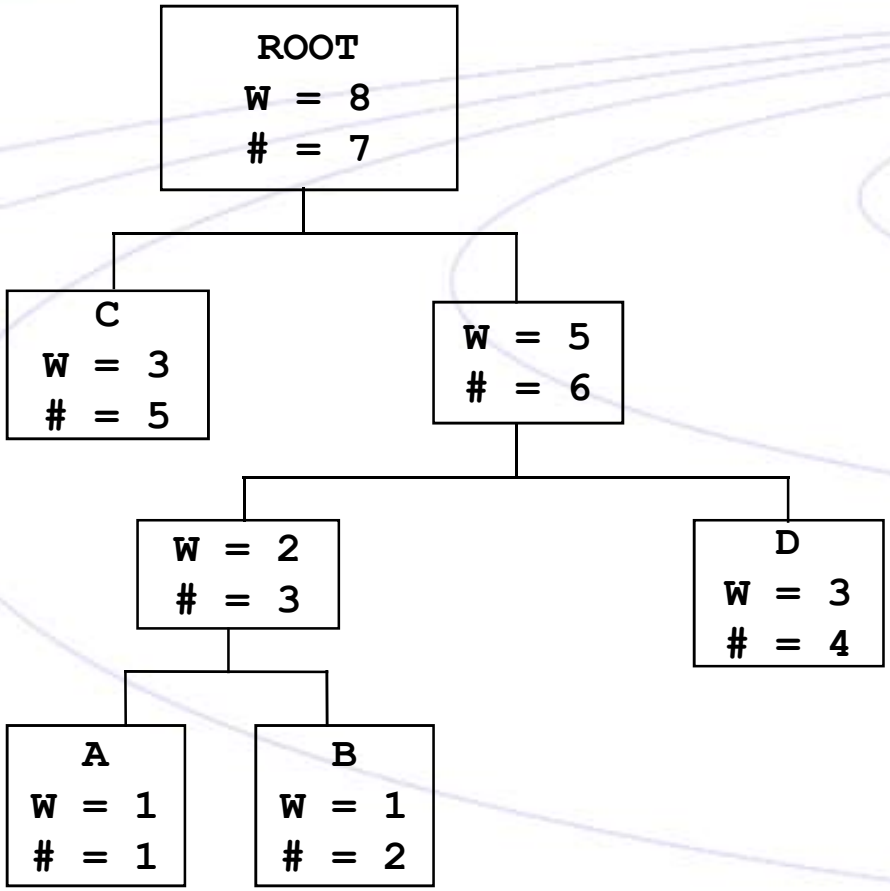
Adaptive Huffman (tt)



Cây bị tràn số

Cây sau khi chia trọng số các nút lá cho 2
và cập nhật lại trọng số các nút nhánh
→ vi phạm tính chất anh/em

Adaptive Huffman (tt)



Cây sau khi điều chỉnh

Adaptive Huffman (tt)

- Thuật toán nén (Encoding):

```
// inputfile: dữ liệu cần nén
// outputfile: dữ liệu đã nén
initialize_Tree(T);   // khởi tạo cây "tối thiểu"
while(c != EOF)  {
    c = getchar(inputfile);  // đọc 1 byte dữ liệu
    encode(T, c, outputfile);// mã hoá (nén) c
    update_Tree(T, c);       // cập nhật c vào cây
}
```

Adaptive Huffman (tt)

- Thuật toán nén (Encoding): (tt)

```
// Mã hoá ký tự c và ghi lên outputfile
encode(T, c, outputfile)
```

  - Nếu **c** chưa có trong cây T
    - Duyệt cây T tìm mã bit của **Escape**, và ghi lên file **outputfile**
    - Ghi tiếp 8 bits mã ASCII của **c** lên file **outputfile**
  - Nếu **c** đã có trong cây
    - Duyệt cây T tìm mã bit của **c**, và ghi lên file **outputfile**

Adaptive Huffman (tt)

- Thuật toán giải nén (Decoding)

```
// inputfile: dữ liệu ở dạng nén
// outputfile: dữ liệu giải nén
initialize_Tree(T);   // khởi tạo cây "tối thiểu"

while((c = decode(T, inputfile)) != EOF)  {
    putchar(c, outputfile); // ghi c lên outputfile
    update_Tree(T, c);      // cập nhật c vào cây
}
```

Adaptive Huffman (tt)

- Thuật toán giải nén (Decoding): (tt)

```
// Giải mã 1 ký tự c từ inputfile
decode(T, inputfile)
```

  - Bắt đầu từ vị trí hiện tại trên **`inputfile`**
  - Lấy từng bit **`b`**, duyệt trên cây (**`b`**==0: left; **`b`**==1: right)
    - Nếu đi đến 1 nút lá **`x`** → **`return`** (**`x.char`**)
    - Nếu đi đến nút **`Escape`**:
      - **`c`** = 8 bit tiếp theo từ **`inputfile`**
      - **`return c`**

Hỏi & Đáp