Teoria da Informação

Trabalho Prático nº 2

Descompactação de Ficheiros 'gzip'

Introdução

Período de execução: 6 aulas práticas

Ritmo de execução esperado para avaliação:

- Semana 1: 1 a 2
- Semana 2: 3
- Semana 3: 4
- Semana 4: 5
- Semana 5: 6,7
- Semana 6: 8

Prazo de Entrega: **domingo, 18 de dezembro de 2022**

Esforço extra aulas previsto: 30 h / aluno

Linguagem de Programação: Python

Objectivo: Pretende-se que o aluno adquira sensibilidade para as questões fundamentais relacionadas com codificação usando árvores de Huffman e dicionários LZ77.

Trabalho Prático

Neste trabalho, pretende-se implementar o descodificador do algoritmo *deflate* (usado em ficheiros gzip). Em particular, será objectivo levar a cabo a descompactação de blocos comprimidos com **códigos de Huffman dinâmicos**. Todas as restantes situações de descodificação deverão ser ignoradas no âmbito do presente trabalho.

A. Preparação

1. Leitura dos documentos de apoio ao trabalho prático:
   - **(Doc1)**: Slides fornecidos nas aulas teórico-práticas.
   - **(Doc2)**: Request for Comment (RFC) do deflate.
   - **(Doc3)**: RFC do cabeçalho do gzip.
   - **(Doc4)**: ficheiro *byteStream.txt* → ficheiro com a sequência de bytes após o cabeçalho do gzip (para o exemplo fornecido, FAQ.txt.gz).
   - **(Doc5)**: ficheiro *Códigos.xls* → resultados esperados para os códigos de Huffman a obter nas várias etapas do algoritmo, para o exemplo FAQ.txt.gz
2. O seguinte código fonte é-lhe fornecido como base de trabalho. Poderá utilizá-lo, caso considere pertinente. Nesse caso, deverá estudar as funcionalidades implementadas.

   a) Ficheiro **gzip.py**: classe principal para descompactação de um ficheiro no formato gzip:
      - Linha de comando: gzip <nome.gz>
      - Classes principais
        - **GZIPHeader**: class relativa à leitura do cabeçalho do ficheiro .gz
        - **GZIP:** class relativa à descompactação do ficheiro .gz, lendo primeiro o header e depois passando para a descompressão bloco a bloco (parte a implementar pelos estudantes).

   b) Ficheiro **huffmantree.py**: contém a class HuffmanTree com um conjunto de funções para criação, acesso e gestão de árvores de Huffman:

      Observação: o ficheiro auxiliar **testhuffmantree.py**(ver abaixo) contém algums exemplos de utilização das funções para

manipulação de árvores de Huffman (inserção de um dado código na árvore, pesquisa de um código na árvore, ...); tal como se referiu, o ficheiro testhuffmantree.py é um ficheiro auxiliar, de modo que não deverá ser incluído no projecto;

- Classes principais:
  - **HFNode**: contém informação relativa a um nó da árvore de Huffman
    - Campos da class
      - *index*: guarda posição do nó no alfabeto, caso seja folha; -1 caso contrário;
      - *level*: nível na árvore em que se encontra o nó actual;
      - *left, right*: referências para os filhos esquerdo e direito do nó actual;
  - **HuffmanTree**: define uma árvore de Huffman
    - Campos da class
      - *root (HFNode)*: raiz da árvore;
      - *curNode (HFNode)*: nó actual da árvore;
- Funções principais:
  - *addNode(self, s, ind, verbose=False)*: adiciona nó à árvore:
    - recebe uma string (*s*) com o código (sequência de 0s e 1s), o índice no alfabeto (*ind*) e um campo 'verbose' para visualização ou não de resultados;
    - devolve -1 se o nó já existe; -2 se a inserção implicasse que o código deixasse de ser de prefixo; 0 se adicionou bem;
  - *nextNode(self, dir)*: actualiza o nó corrente na árvore com base no nó actual (curNode da árvore hft) e no próximo bit (*dir*):
    - recebe um caracter *dir* com valor '0' ou '1';

- devolve -1 se não encontrou o nó; -2 se encontrou mas não é folha; o índice no alfabeto se é folha.
- **É esta a função a utilizar na pesquisa bit a bit, tal como decorre da leitura de bits referentes a códigos de Huffman**

▪ *findNode(self, s, cur=None, verbose=False)*: procura código na árvore, a partir de um nó especificado:
- recebe uma string s com o código (sequência de 0s e 1s), o nó a partir do qual a pesquisa deve ser efectuada (se não especificado, começa da raíz) e um campo 'verbose'
- devolve -1 se não encontrou; -2 se é prefixo de código existente; índice no alfabeto se encontrou;

Nota: esta função procura um código completo (e não de forma iterativa), pelo que, na prática, não deverão ser utilizadas;

▪ *resetCurNode (self)*: reposiciona curNode na raiz da árvore.

c) Ficheiro **testhuffmantree.py**: contém exemplos de utilização de árvores de Huffman:
   - Apenas contém um script com alguns exemplos.

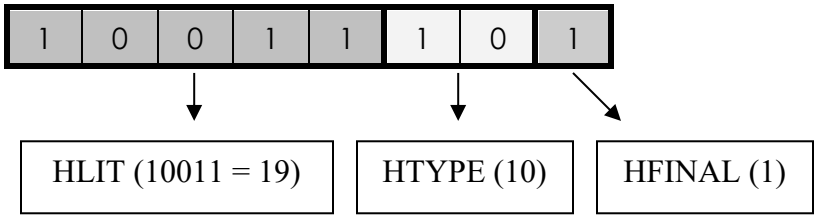
B. Implementação do descompactador:

Notas:

- As alíneas seguintes são apenas *sugestões* de implementação. Poderá seguir outra estratégia que considere mais adequada.
- Todas as funções desenvolvidas, assim como partes do código particularmente complexas, deverão estar **comentadas** de forma compreensível.

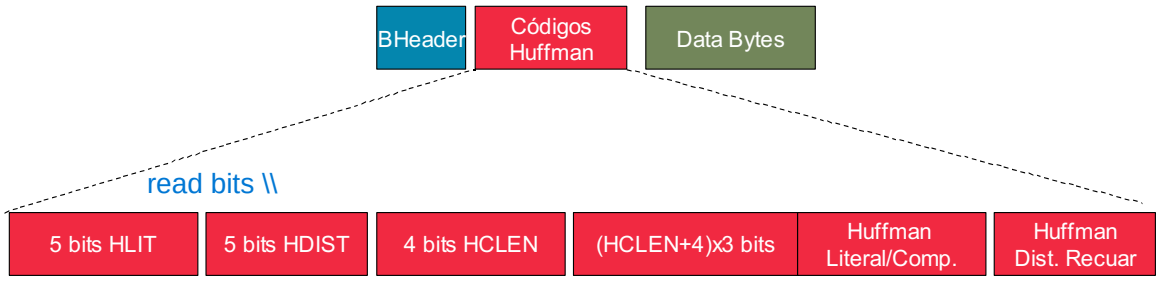
- É apresentada uma proposta de planeamento temporal, ao longo das 6s semanas do projecto.

- **Importante! Ordem dos bits nos bytes**:
  - No *deflate*, a sequência de bits correspondente a códigos de Huffman é ordenada no byte começando com o bit *mais* significativo.
    - Exemplo: byte '**01101**011', em que os bits em negrito correspondem a um código de Huffman:
      - Atendendo à regra acima, e lendo bit a bit, o código será 10110 (i.e., pela ordem inversa).
  - Em elementos que não sejam códigos de Huffman, os bits são ordenados no byte começando com o bit *menos* significativo.
    - Exemplo: determinação dos comprimentos dos códigos do alfabeto de comprimentos de códigos, em que um dado byte tem a informação '00**100**010' (os bits em negrito denotam os 3 bits do comprimento a ler);
    - Com base nesta regra, o comprimento será 100 = 4 bits.
  - Num byte que contenha vários elementos, os mesmos são armazenados da "direita para esquerda no byte"
    - Exemplo: block header



<u>1ª Semana</u>

1. Crie um método que leia o formato do bloco (i.e., devolva o valor correspondente a HLIT, HDIST e HCLEN), de acordo com a estrutura de cada bloco, apresentada na figura seguinte:



Quantos codigos foram feitos para o comprimento// Quantos códigos temos feitos

2. Crie um método que armazene num array os comprimentos dos códigos do "alfabeto de comprimentos de códigos", com base em HCLEN:
   - Tenha em atenção que as sequências de 3 bits a ler correspondem à ordem 16, 17, 18, 0, 8, 7, 9, 6, 10, 5, 11, 4, 12, 3, 13, 2, 14, 1, 15 no array de códigos (ver Doc1, Doc2; resultados a obter: Doc5) Doc 5 coluna B)

2ª Semana

3. Crie um método que converta os comprimentos dos códigos da alínea anterior em códigos de Huffman do "alfabeto de comprimentos de códigos" (ver Doc5); Resultado coluna c) DOC 5

Depois é preciso contruir a arvore com estes codigos: addNode()

3ª Semana

4. Crie um método que leia e armazene num array os HLIT + 257 comprimentos dos códigos referentes ao alfabeto de literais/comprimentos, codificados segundo o código de Huffman de comprimentos de códigos (ver Doc5):

Usar a função findNode() junto com a função readBits()

   - Recorra às funções do ficheiro huffmantree.py, nomeadamente às funções de pesquisa de códigos de forma sequencial (i.e., bit a bit);

Resultado, coluna B do comp.Literal, comp

- Tenha em atenção que alguns códigos requerem a leitura de alguns bits extra (nomeadamente os índices 16, 17 e 18 do alfabeto);

4ª Semana

5. Crie um método que leia e armazene num array os HDIST + 1 comprimentos de código referentes ao alfabeto de literais/comprimentos, codificados segundo o código de Huffman de comprimentos de códigos (ver Doc5):
   - Recorra às funções do ficheiro huffmantree.py, nomeadamente às funções de pesquisa de códigos de forma sequencial (i.e., bit a bit);
   - Tenha em atenção que alguns códigos requerem a leitura de alguns bits extra (nomeadamente os índices 16, 17 e 18 do alfabeto);

5ª Semana

6. Usando o método do ponto 3), determine os códigos de Huffman referentes aos dois alfabetos (literais / comprimentos e distâncias) e armazene-os num array (ver Doc5).

7. Crie as funções necessárias à descompactação dos dados comprimidos, com base nos códigos de Huffman e no algoritmo LZ77 (ver Doc1 e Doc2).
   - Recorra funções do ficheiro huffmantree.py, nomeadamente às funções de pesquisa de códigos de forma sequencial (i.e., bit a bit);
   - Tenha em atenção que alguns códigos requerem a leitura de alguns bits extra (por exemplo os índices 265 a 285 no alfabeto de literais/comprimentos ou os índices 4 a 29 no alfabeto de distâncias);

6ª Semana

8. Grave os dados descompactados num ficheiro com o nome original (consulte a estrutura *gzipHeader*, nomeadamente o campo *fName*).