

Estrutura de Dados e Algoritmos
Projeto 06: Senha fraca
Ciência da Computação

Prof. Daniel Saad Nogueira Nunes



1 Contextualização

O objeto de estudo desse projeto são os filtros de Bloom aplicados à cibersegurança. Para contextualizá-lo melhor, precisamos de alguns conceitos.

1.1 Filtros de Bloom

Filtros de Blooms são estruturas de dados probabilísticas capazes de responder consultas de pertinência sobre um conjunto S , isto é, elas permitem dizer se, para um dado x :

- $x \notin S$;
- ou se $x \in S$ com alta probabilidade.

Repare que os filtros de Bloom não respondem com 100% de acerto de um elemento x está no conjunto, isto é, ele permite a ocorrência de falsos positivos. Isto acontece por conta dos mecanismos que envolvem o Filtro de Bloom: **funções de hashing**.

Um filtro de Bloom possui os seguintes elementos:

- Um vetor de bits $B[0, m - 1]$, de tamanho m , inicializados com 0s;
- e uma coleção de funções de hashing (f_1, f_2, \dots, f_k) .

Para inserir um elemento x em um filtro de Bloom:

- Computamos $y_1 = f_1(x), y_2 = f_2(x), \dots, y_k = f_k(x)$;
- Atribuimos 1 nas posições, $B[y_1], B[y_2], \dots, B[y_k]$.

Para consultar a pertinência de um elemento x no filtro:

- Computamos $y_1 = f_1(x), y_2 = f_2(x), \dots, y_k = f_k(x)$;
- Se todos os valores $B[y_1], B[y_2], \dots, B[y_k]$ são 1, então x **provavelmente** está no conjunto S , caso contrário, x **certamente** não está em S .

Considere a Figura 1.1. Na inserção do elemento x , os bits 1, 5 e 13 são ligados. Em seguida, após o elemento y ser inserido, ligam-se os bits 4, 11 e 16. Por fim, após a inserção do elemento z , os bits 3, 5 e 11 estão ligados. Suponha agora que queremos verificar se w está no conjunto. Após aplicar as funções de hash sobre w , retornam-se as posições 4, 14 e 15, e, como $B[15] = 0$, podemos concluir que **certamente** $w \notin S$.

Contudo, não podemos afirmar que um dado elemento **certamente** está em S utilizando um filtro de Bloom por conta das colisões das funções de hash. Se as funções de hash sobre w na 1.1 retornassem as posições 4, 11 e 16, o filtro, incorretamente, responderia que $w \in S$, um caso de **falso positivo**, oriundo das inserções de x , y e z no filtro.

Quanto maior o filtro de Bloom, menos colisões existirão e, conseqüentemente, menor será a ocorrência de falsos positivos.

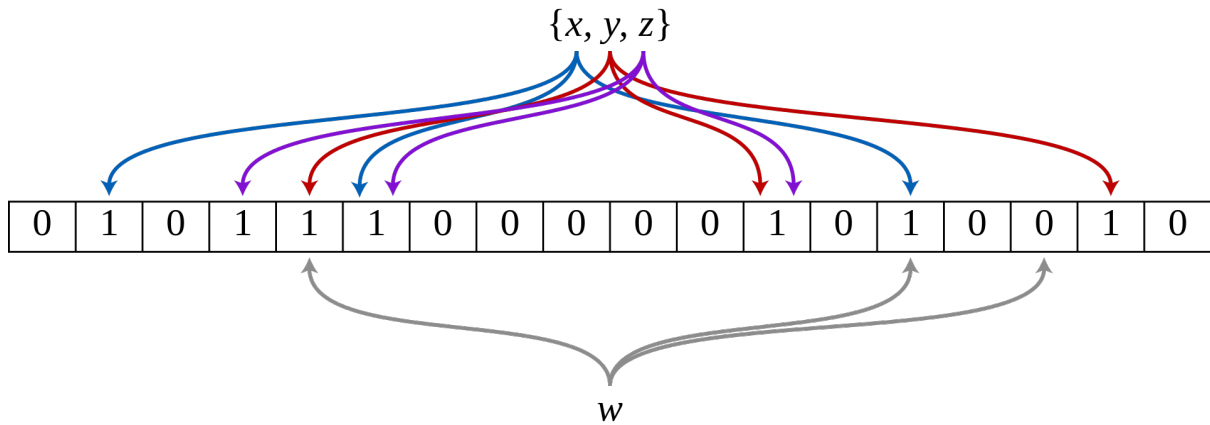


Figura 1: Filtro de Bloom. Após a inserção dos elementos x , y e z no filtro, temos uma negativa ao perguntar para o filtro se w está no conjunto de itens, pois as funções de hashing sobre w retornam uma posição em que o valor é 0. Figura retirada de [Wik22].

1.2 O método de Rabin para obtenção de fingerprints de strings

Fingerprints (impressões digitais) são representações de um objeto grande em um padrão de bits menor. O método de Rabin para obtenção de uma fingerprint sob uma string consiste em transformar uma string em um inteiro sem sinal de 32 ou 64 bits. Suponha que Σ seja o alfabeto sob o qual a string é composta e tome $\sigma = |\Sigma|$. Por exemplo, se consideramos o alfabeto $\Sigma = \{a, b, c, \dots, z\}$, temos $\sigma = 26$ e podemos dizer que a palavra $W = \text{abracadabra}$ é uma palavra composta por símbolos de Σ . Para obter a fingerprint de uma palavra $W[0, n-1]$ qualquer sobre o alfabeto Σ , aplicamos a seguinte transformação polinomial:

$$h = \sum_{i=0}^{n-1} (\sigma^{n-i-1} \cdot W[i] \mod k) \mod k$$

em que o parâmetro k é escolhido de modo que h caiba em um inteiro sem sinal.

Para a string $W = \text{abra}$, $\Sigma = \{a, \dots, z\}$ e o parâmetro $k = 50$, temos que:

$$\begin{aligned} h &= \sum_{i=0}^3 (26^{n-i-1} \cdot W[i] \mod 50) \mod 50 \\ h &= (26^3 \cdot 0 \mod 50) + (26^2 \cdot 1 \mod 50) + (26^1 \cdot 17 \mod 50) + (26^0 \cdot 0 \mod 50) \mod 50 \\ h &= (0 + 26 + 42 + 0) \mod 50 \\ h &= 68 \mod 50 \\ h &= 18 \end{aligned}$$

Repare que o caractere a , por ser o primeiro símbolo do alfabeto, possui valor 0, b o valor 1 e r o valor 17.

Para evitar overflows, é importante notar algumas propriedades da aritmética modular:

- $a + b \bmod k = (a \bmod k + b \bmod k) \bmod k$
- $a \cdot b \bmod k = ((a \bmod k) \cdot (b \bmod k)) \bmod k$
- $x^a \bmod k = ((x^{a-1} \bmod k) \cdot x) \bmod k$

em que a , b , x e k são inteiros.

1.3 Funções de hash

As duas funções de hash a serem aplicadas no filtro de Bloom a ser projetado, atuam sobre strings sobre o alfabeto das letras minúsculas $\Sigma = \{a, \dots, z\}$, e são calculadas como:

$$f(x) = h(x) \bmod m$$

e

$$g(x) = \lfloor m \cdot (h(x) \cdot A \bmod 1) \rfloor$$

em que x é uma string sobre o alfabeto Σ , m é o tamanho do filtro de Bloom, h é a função de fingerprinting da Seção 1.2 e A uma constante no intervalo $0 < A < 1$. A função $f(x)$ corresponde é baseada no método de divisão e a função $g(x)$ é baseada no método de multiplicação de funções de hash.

1.4 Dicionário de senhas fracas

Uma forma de garantir que usuários não criem senhas fracas é construir um filtro de Bloom para uma coleção de senhas fracas e, quando o usuário propõe a sua senha, o sistema verifica se aquela senha está no filtro de Bloom e, em caso positivo (ou falso positivo), o sistema recomenda que o usuário crie outra senha, pois a proposta é considerada fraca. A vantagem de utilizar filtros de Bloom nesta aplicação é pela sua rapidez na resposta às consultas e pelo baixo consumo de espaço.

1.5 Objetivos

O objetivo do projeto consiste em implementar o filtro de Bloom, para verificação de senhas fracas. Serão fornecidos os parâmetros:

- m : o tamanho do filtro de Bloom (Seção 1.1).
- k , o parâmetro de resto da função $h(x)$ (Seção 1.2).
- A : a constante envolvida no método de multiplicação (Seção 1.3).

2 Especificação

O projeto deverá ser executado através da linguagem C.

A entrada deve ser lida da entrada padrão (`stdin`), enquanto a saída deverá ser impressa na saída padrão (`stdout`).

O programa deverá obedecer rigorosamente o formato de saída especificada, pois parte da correção será automatizada.

Obrigatoriamente o filtro de Bloom deve ser implementado neste trabalho.

2.1 Entrada

A primeira linha da entrada possui um inteiro m , o tamanho do filtro de Bloom, uma constante real A , utilizada no método da multiplicação, e um inteiro sem sinal de 32-bits k , utilizado no cálculo das fingerprints, separados por um espaço. A próxima linha possui um inteiro n , indicando o número de palavras no dicionário de senhas fracas. As próximas n linhas descrevem, cada uma, uma palavra do dicionário de senhas fracas. Em seguida, temos uma linha com um inteiro q , indicando o número de consultas. As próximas q linhas indicam uma palavra a ser consultada no dicionário de senhas fracas.

Restrições:

- $1 \leq n \leq 10^4$;
- $1 \leq m \leq 10^4$;
- $1 \leq q \leq 10^4$;
- $0 < A < 1$;
- $0 \leq k \leq 2^{26} - 1$;
- As palavras a serem inseridas no dicionário ou serem consultadas possuem no máximo 30 caracteres sobre o alfabeto $\Sigma = \{a, \dots, z\}$ das letras minúsculas.

2.2 Saída

Para cada consulta, seu programa deverá responder uma linha com “**provavelmente fraca**”, caso o filtro de Bloom diga que a palavra está no dicionário de senhas fracas e uma linha com “**forte**”, caso contrário.

3 Exemplos

Entrada:

5 0.141569 50
2
abra
cadabra
5
teste
inconstitucionalissimamente
pe
de
cabra

Saída:

forte
provavelmente fraca
forte
provavelmente fraca
forte

Neste exemplo, as fingerprints de `abra` e `cadabra` são, respectivamente, 18 e 48. Assim, temos $f(18) = 3$, $g(18) = 2$, $f(48) = 3$ e $g(48) = 3$. Ficam ligadas as posições 2 e 3 do filtro de Bloom B .

- A palavra `teste` tem fingerprint 14, $f(14) = 4$ e $g(14) = 4$. Como $B[4] = 0$, `teste` é considerada forte.
- A palavra `inconstitucionalissimamente` tem fingerprint 48, $f(48) = 3$ e $g(48) = 3$. Como $B[3] = 1$, `inconstitucionalissimamente` é considerada provavelmente fraca.
- A palavra `pe` tem fingerprint 44, $f(44) = 4$ e $g(44) = 1$. Como $B[4] = 0$ e $B[1] = 0$, `pe` é considerada forte.
- A palavra `de` tem fingerprint 32, $f(32) = 2$ e $g(32) = 2$. Como $B[2] = 1$, `de` é considerada provavelmente fraca.
- A palavra `cabra` tem fingerprint 20, $f(20) = 0$ e $g(20) = 4$. Como $B[0] = 0$ e $B[4] = 0$, `cabra` é considerada forte.

4 Compilação

Um arquivo `Makefile` deve ser disponibilizado para compilação do projeto.

5 Limites de Tempo e Memória

Para cada caso de teste, será permitido a execução do programa por apenas 1 segundo com utilização máxima de 256 MB de memória. Caso o programa leve mais tempo ou memória do que isso, será considerado que o algoritmo empregado foi ineficiente.

6 Documentação

Junto do(s) código(s) necessário(s) para resolver o problema, deverá ser disponibilizado um arquivo README, identificando o autor do trabalho e especificando as instruções para compilação e execução do(s) código(s).

7 Critérios de Correção

Fazem partes dos critérios de correção:

- Eficiência do programa.
- Utilização de estruturas de dados adequadas.
- Documentação: além do arquivo README, o código deve estar bem documentado.
- Legibilidade.

7.1 Ambiente de Correção

Os projetos serão corrigidos em uma máquina com sistema GNU/Linux e compilador gcc 10.2.0.

Trabalhos que não compilarem não serão avaliados.

8 Considerações

- Este projeto deve ser executado individualmente.
- Os trabalhos que incidirem plágio serão avaliados automaticamente com nota 0 para os envolvidos. Medidas disciplinares também serão tomadas.
- O trabalho deve ser entregue dentro de uma pasta zipada com a devida identificação do(s) aluno(s) através da sala de aula virtual da disciplina na data estipulada no ambiente.

Referências

[Wik22] Wikipedia, *Bloom Filter*, https://en.wikipedia.org/wiki/Bloom_filter, 2022, Acessado em 26 de julho de 2022.