Semestrální práce z předmětu KIV/BIT

Implementace šifry SAFER K-64

Jméno: Jakub Záruba

Osobní číslo: A13B0476P

E-mail: eflyax@students.zcu.cz

Datum: 1. května 2016

Obsah

1 O šifře SAFER

Šifra SAFER K-64 (Secure And FAST Encryption Routine, s 64bitovým klíčem), je bloková šifra s 64bitovým plaintextem. Šifra SAFER k-64 spadá do rodiny šifer SAFER, které navrhnul James Massey (jeden z návrhářů šifry IDEA). Poprvé byla publikována v roce 1993. Všechny algoritmy z rodiny SAFER jsou nepatentované a jsou k dispozici pro neomezené použití.

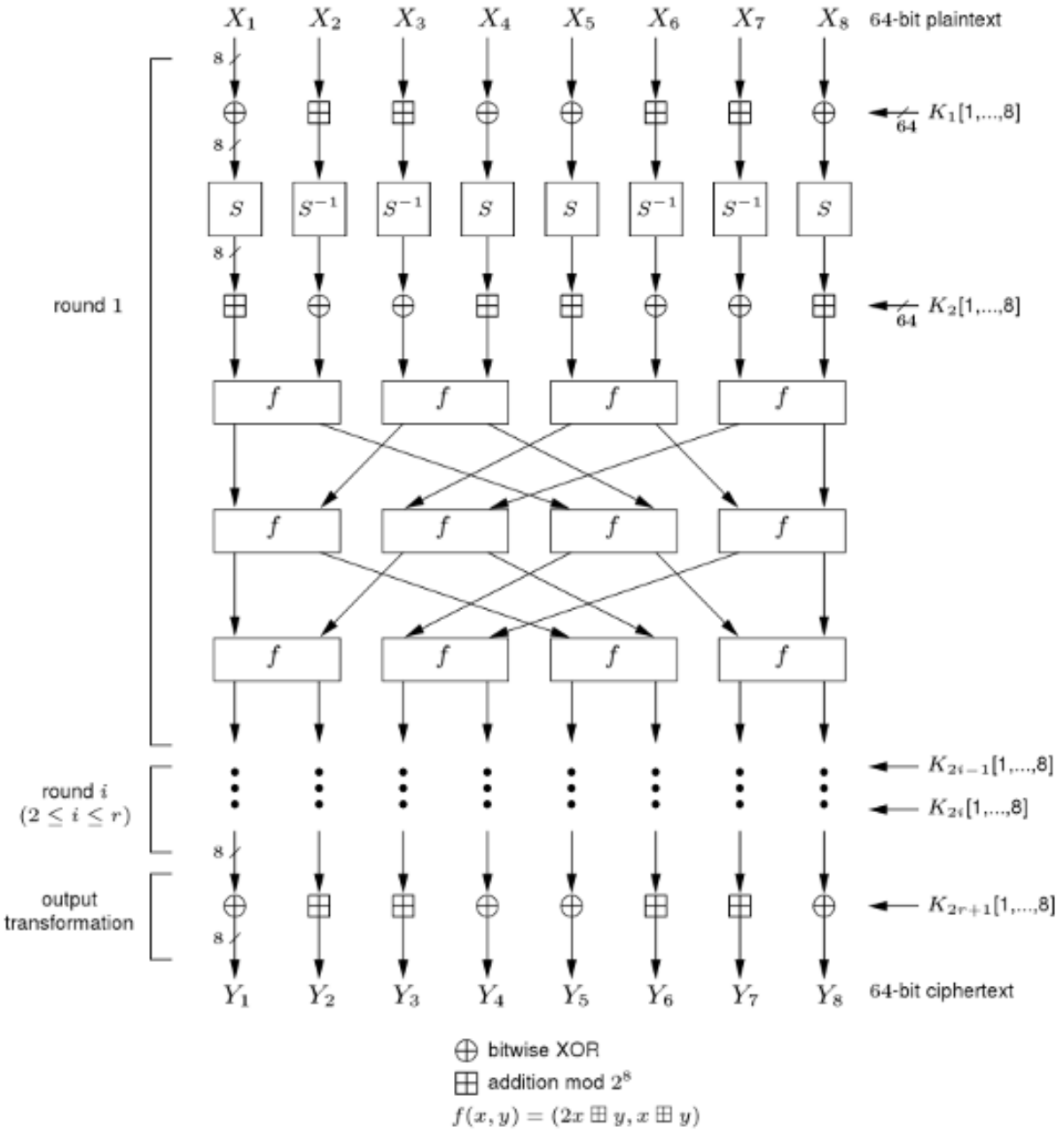
2 Popis algoritmů

Šifra používá r identických šifrovacích kol (rounds). Tato šifra standardně používá 6 rounds, počet může být volitelný. Maximum je však 10. Pro zadaný 64 bitový klíč se vytvoří 2r + 1 podklíčů, které mají také 64 bitů. 2 klíče se vždy použijí v jednom šifrovacím kole (2r) a poslední klíč (+1) se použije pro výstupní transformaci. Uživatelem zvolený vstup a klíč je dlouhý 8 bajtů (64 bitů).

2.1 Šifrování

- **Vstup**: r, $6 \leq$ r ≤ 10 ; 64 bitový text M = m_1 ... m_{64} ; klíč K = k_1 ... k_{64}
- **Výstup**: 64 bitový šifrovaný text (blok) Y = (Y_1, ..., Y_8)

1. Výpočet podklíčů K_1, ... , K_8 , viz kapitola xyz
2. (X_1,X_2,...X_8) $\leftarrow$ (m_1...m_8, m_9...m_{16},...m_{57}...m_{64}).
3. Pro i od 1 proveď akce: (XOR-addition, S-box, XOR-adittion, 3x lineární vrstvy)
4. (a) Pro j = 1,4,5,8: $X_j \leftarrow X_j \oplus K_{2i-1}|\mathrm{j}|$
   Pro j = 2,3,6,7: $X_j \leftarrow X_j \boxplus K_{2i-1}|\mathrm{j}|$
   (b) Pro j = 1,4,5,8: $X_j \leftarrow \mathrm{S}[X_j]$, Pro j = 2,3,6,7: $X_j \leftarrow S_{inv}[X_j]$.
   (c) Pro j = 1,4,5,8: $X_j \leftarrow \mathrm{S}[X_j] \boxplus K_{2i}|\mathrm{j}|$. Pro j =2,3,6,7: $X_j \leftarrow X_j \oplus K_{2i}|\mathrm{j}|$.
   (d) Pro j = 1,3,5,7: (X_j, X_{j+1}) $\leftarrow f$ (X_j, X_{j+1})
   (e) (Y_1, Y_2) $\leftarrow f(X_1, X_3)$, (Y_3, Y_4) $\leftarrow f(X_5, X_7)$
   (Y_5, Y_6) $\leftarrow f(X_2, X_4)$, (Y_7, Y_8) $\leftarrow f(X_6, X_8)$
   Pro j od 1 do 8 proveď: $X_j \leftarrow Y_j$
   (f) (Y_1, Y_2) $\leftarrow f(X_1,X_3)$, (Y_3, Y_4) $\leftarrow f(X_5,X_7)$
   (Y_5, Y_6) $\leftarrow f(X_2,X_4)$, (Y_7, Y_8) $\leftarrow f(X_6,X_8)$
   Pro j od 1 do 8 proveď: $X_i \leftarrow Y_j$
5. Výstupní transformace:
   Pro j = 1,4,5,8: $Y_j \leftarrow X_j \oplus K_{2r+1}|\mathrm{j}|$.
   Pro j = 2,3,6,7: $Y_j \leftarrow X_j \boxplus K_{2r+1}|\mathrm{j}|$



Obrázek 1: Schéma šifrování

2.2 Produkce podklíčů

- **Vstup:** 64 bitový klíč K = k_1 ... k_{64} ; počet šifrovacích kol $\boldsymbol{r}$
- **Výstup:** 64 bitové podklíče K_1,...K_{2r+1}

1. Nechť R[i] představuje 8 bitové úložiště dat a nechť $B_i[j]$ představuje bajt j v B_i
2. (R[1], R[2], ... R[8]) $\leftarrow (k_1...k_8, k_9...k_{16}, ..., k_{57}...k_{64})$
3. Pro i od 2 do *2r+1* proveď:
   (a) Pro j od 1 do 8 proveď: R[j] $\leftarrow$ (R[j] $\leftarrow$ 3)
   (b) Pro j od 1 do 8 proveď: $K_i[j] \leftarrow$ R[j] $\boxplus$ $B_i[j]$

2.3 Dešifrování

Proces dešifrování používá pro zadaný klíč K stejné hledání podklíčů, jako při šifrování. Proces začíná s se vstupní transformací s klíčem K_{2r+1} k výstupní transformaci. Veškeré modulární součty jsou nahrazeny modulárním odečítáním. Funkce f v lineárních vrstvách jsou nahrazeny jejich inverzními funkcemi: f_{inv}(L,R) = (L - R, 2R - L) s odečítáním mod 256 v tříkrokových sekvencích.

3 Dokumentace

3.1 Programátorská dokumentace

- **void SAFER_K_64_encryption(. . .)**

  Provádí šifrování vstupního textu se zadaným klíčem.

- **void SAFER_K_64_key_schedule(. . .)**

  Provádí rozklad klíče na podklíče, které se používají pro šifrování/dešifrování.

- **void generate_S_boxes(. . .)** Generuje tabulky konstant, které se používají při rozkladu klíče na podklíče. Funkce přijme v parametru tabulky (pole) S a $S\_$ s velikostí 512. Dle dokumentace šifry se aplikuje následující algoritmus, pro naplnění tabulek:

```
short g = 45, i, t;
S[0] = 1, S_inv[1] = 0;
for (i = 1; i <= 255; i++) {
        t = (short) ((g * S[i - 1]) % 257);
        S[i] = t;
        S_inv[t] = (uchar) i;
}
S[128] = 0, S_inv[0] = 128;
```

  Obě tabulky ($S - Boxy$) jsou vůči sobě inverzní. Obecně platí, že v tabulce S na indexu **X** s hodnotou **Y**, je v tabulce S_inv na indexu **Y** hodnota **X**.

- **void f(uchar x, uchar y, uchar *X, uchar *Y)**

  Jedná se o implementaci lineární transformace, použitou ve 3 vrstvě šifrovacího algoritmu. Tato funkce je také známá jako pseudo-Hadamardova transformace.

- **void f_inv(uchar L, uchar R, uchar *l, uchar *r)**

  Jedná se o inverzní funkci k funkci *f*. Tato inverzní transformace je využívána při dešifrování.

- **void SAFER_K_64_decryption(. . .)**

  Provádí deširování dle zadaného vstupu a klíče.

- **int check_user_inputs(. . .)**

  Validuje vstupy zadané od uživatele (vstupní text a šifrovací/dešifrovací klíč).

- **int main(int argc, char *argv[])** Hlavní procedura programu. Volá podprogram pro validaci vstupů, dle zadaných vstupů provede šifrování/dešifrování. Veškeré výstupy programu se vypisují do konzole.

3.2 Uživatelská dokumentace

Program jsem vytvořil v jazyce C, je spustitelný pod operačními systémy Windows a Linux. Program se spouští s 3 parametry:

```
./safer <akce> <text> <klic>
```

akce: hodnoty (e/d), e = šifrování, d = dešifrování

text: text, který bude program šifrovat/dešifrovat

klic: klíč, který se použije k šifrování/dešifrování

Například pro zašifrování slovo *kočka* s heslem *123456* použijete:

./safer e kočka 123456

4 Použitá literatura a zdroje

- Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot, Scott A. Vanstone. Handbook of Applied Cryptography. vyd: CRC Press, 1996. 755 s. ISBN 0-8493-8523-7.

- In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 11. 12. 2006, last modified on 12.12 2015 [cit. 20.4 2016].
  Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/SAFER

5 Závěr

Podařilo se mi úspěšně implementovat šifru SAFER K64, schopnou šifrovat a dešifrovat zadané vstupy. Při implementaci a studování algoritmů jsem využil vědomosti z přednášek, které mi při vývoji velmi pomohly. Práci jsem vytvářel na operačním systému Ubuntu 14.04. Nastudování potřebných materiálů, implementace a napsaní dokumentace mi zabralo zhruba 55 hodin.