# 《信息安全基础综合实验》课程实验报告

**实验题目：ElGamal 公钥密码算法**

**班级：1718039　　学号 1：17189110002　　姓名 1：祝佳磊**

**班级：1718039　　学号 2：17180210027　　姓名 2：李欣**

## 一、实验目的

实验环境:

1.Visual Studio2017

2.miracl 库

实现目标：实现 ElGamal 加密

## 二、方案设计

**（包括背景、原理、必要的公式、图表、算法步骤等等）**

**背景：**

ELGamal 密码是除了 RSA 密码之外最有代表性的公开密钥密码。

ELGamal 密码建立在离散对数的困难性之上。

ElGamal 算法是由 Taher Elgamal 于 1985 年在 Differ-Hellman 密钥交换协议基础上改进而来。:

**原理：**

2、离散对数问题：

（1）设$p$为素数，则模$p$的剩余构成域：

$$F_p = \{0,1,2,\cdots,p-1\}。$$

$F_p$的非零元构成循环群$F_p{}^*$：

$$F_p{}^* = \{a^1, a^2, \cdots, a^{p-1}\}$$

则称$a$为$F_p{}^*$的生成元，或模$p$的本原根。

（2）设$p$是素数，$a$为模$p$的本原根，$a$的幂乘运算为

$$y = a^x \bmod p, 1 \le x \le p-1。$$

则称$x$为模$p$下以$a$为底y的对数。

2、离散对数问题：

求解对数$x$的运算为

$$x = log_a y \bmod p, 1 \le x \le p-1$$

上述运算是定义在有限域上的，称为离散对数运算。

（3）从$x$计算$y$是容易的，但是由$y$计算$x$就困难的多，只要$p$足够大，求解离散对数问题就是相当困难的。

## ElGamal的密钥生成

ElGamal公钥密码算法的密钥包括公钥和私钥两部分，假设通信过程中A方负责生成密钥，其他方使用密钥，A方生成密钥的过程如下：

(1)生成随机大素数$p$，求得$p$ 的本原根$g$。

(2)随机选择私钥$x$，1<$x$ <$p$-2。

(3)计算$y = g^x \bmod p$。

计算得到的公钥为$(p,g,y)$，对外公布。

私钥是$x$，自己私藏。

## ElGamal的加密过程

假设B要与A进行通信，B所要加密的明文为$m$，使用ElGamal 密码算法，B方执行的加密过程如下：

(1)从A方获得加密所需的公钥$(p, g, y)$。

(2) 选择一随机数 $k, (k, p-1) = 1, 1 \leq k \leq p-2$ 。

(3)计算

$$y_1 = g^k \bmod p$$ (随机数$k$被加密)。

再用公钥$y$，计算：

$$y_2 = my^k \bmod p$$(明文被随机数$k$和公钥$y$加密)

密文$c$=$(y_1, y_2)$。

## ElGamal的解密过程

当A接收到密文$c$=$(y_1, y_2)$之后，解密过程如下：

使用自己的私钥$x$ 计算

$$m = ({y_1}^{-x})y_2 \bmod p$$

获得明文$m$。

上述解密过程的原理为：

$$({y_1}^{-x})y_2 = g^{-xk}my^k = g^{-xk}mg^{xk} \equiv m \bmod p$$

特点：密文由明文和所选随机数$k$来确定，因而是非确定性加密，一般称之为随机化加密，对同一明文由于不同时刻的随机数$k$不同而给出不同的密文。代价是使数据扩展一倍。

三、方案实现

```
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <miracl.h>
#include <mirdef.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <time.h>

void encrypt(big m, big p, big g, big y, big cs[2])
{
    big one, psubone, k, tmp;
    one = mirvar(1);
    psubone = mirvar(0);
    k = mirvar(0);
    tmp = mirvar(0);
    cs[0] = mirvar(0);
    cs[1] = mirvar(0);

    decr(p, 1, psubone);
    while (1)
    {
        bigrand(psubone, k);
        if (mr_compare(k, one) >= 0)
        {
            egcd(k, y, tmp);
            if (mr_compare(tmp, one) == 0)
                break;
        }
    }
    powmod(g, k, p, cs[0]);
    powmod(y, k, p, cs[1]);
    multiply(cs[1], m, cs[1]);
    powmod(cs[1], one, p, cs[1]);

    mirkill(one);
    mirkill(psubone);
    mirkill(k);
    return;
}
```

引入对应的库，定义加密函数，需要传入 m,p,g,y,cs 五个参数

循环生成随机数 k，求 k 和 y 对应的最大公因数，

计算 y1 = g^k mod p，再计算 y2 = m*y^k mode p

```
big decrypt(big cs[2], big p, big x)
{
    big tmp, one, ret;

    tmp = mirvar(0);
    ret = mirvar(0);
    one = mirvar(1);

    powmod(cs[0], x, p, tmp);
    xgcd(tmp, p, tmp, tmp, tmp);
    fft_mult(cs[1], tmp, tmp);
    powmod(tmp, one, p, ret);

    mirkill(tmp);
    mirkill(one);

    return ret;
}
```

定义解密函数

```
59  int main(int argc, char* argv[])
60  {
61      miracl *mip = mirsys(1000, 10);
62      char buf[1001] = { 0 };
63      char msg[151] = { 0 };
64      FILE* fp = NULL;
65      big two, one, p, q, g, x, y, m, c, tmp, psubtwo;
66      big cs[2], ret;
67
68      mip->IOBASE = 10;
69      //读取文件数据
70      if (argc != 2)
71      {
72          fprintf(stderr, "usage: %s <message-file-path>\n", argv[0]);
73          goto exit;
74      }
75      if ((fp = fopen(argv[1], "r")) == NULL)
76      {
77          fprintf(stderr, "file open err: can't open file %s !\n", argv[1]);
78          goto exit;
79      }
80      if (fread(msg, sizeof(char), 150, fp) <= 0)
81      {
82          fprintf(stderr, "file read err: can't read file %s !\n", argv[1]);
83          fclose(fp);
84          goto exit;
85      }
86      fclose(fp);
```

主函数，读取需要加密的文件信息

```
88      //初始化大数
89      one = mirvar(1);
90      two = mirvar(2);
91      p = mirvar(0);
92      q = mirvar(0);
93      g = mirvar(2);
94      x = mirvar(0);
95      y = mirvar(0);
96      m = mirvar(0);
97      c = mirvar(0);
98      tmp = mirvar(0);
99      psubtwo = mirvar(0);
100     irand(time(NULL));
101
102     //
103     cinstr(m, msg);
104
105
106     //选取随机素数q和p
107     //生成强素数p, p=2q+1
108     while (1)
109     {
110         bigbits(499, q);
111         if (isprime(q))
112             break;
113     }
```

初始化大数，选取随机素数 q 和 p，p=2q+1

```
115     while (1)
116     {
117         add(q, two, q);
118         if (!isprime(q))
119         {
120             continue;
121         }
122         add(q, q, p);
123         add(p, one, p);
124         if (isprime(p))
125         {
126             break;
127         }
128     }
```

检验 q 和 p

```
131     do {
132         powmod(g, two, p, tmp);
133         if (mr_compare(tmp, one) > 0)
134         {
135             powmod(g, q, p, tmp);
136             if (mr_compare(tmp, one) > 0) {
137                 break;
138             }
139         }
140         add(g, one, g);
141 
142     } while (mr_compare(g, p) < 0);
143 
144     //随机取x,  1<x<p-2
145     decr(p, 2, psubtwo);
146     do {
147         bigrand(psubtwo, x);
148     } while (mr_compare(x, one) <= 0);
149 
150     //计算y,y=g^x mod p
151     powmod(g, x, p, y);
152 
```

生成元 g，取随机 x

```
153     //输出公钥
154     printf("公钥：\n");
155     memset(buf, 0, 501);
156     cotstr(p, buf);
157     printf("p = %s\n", buf);
158     memset(buf, 0, 501);
159     cotstr(g, buf);
160     printf("g = %s\n", buf);
161     memset(buf, 0, 501);
162     cotstr(y, buf);
163     printf("y = %s\n", buf);
164     printf("\n");
165 
166     //输出私钥
167     printf("私钥：\n");
168     memset(buf, 0, 501);
169     cotstr(x, buf);
170     printf("x = %s\n", buf);
171     printf("\n");
172 
173     //加密
174     encrypt(m, p, g, y, cs);
175 
```

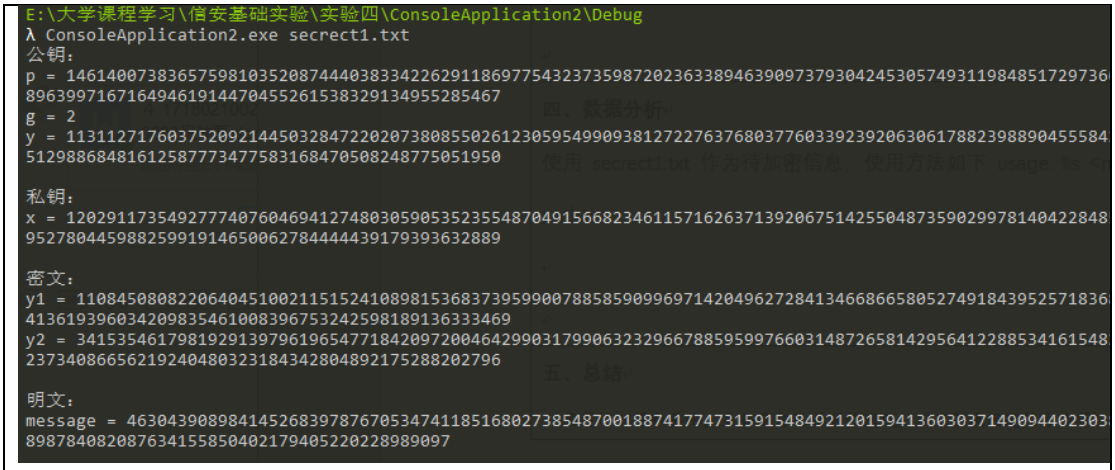
输出密钥和公钥，进行加密

```
176     //输出y1和y2
177     printf("密文：\n");
178     memset(buf, 0, 501);
179     cotstr(cs[0], buf);
180     printf("y1 = %s\n", buf);
181     memset(buf, 0, 501);
182     cotstr(cs[1], buf);
183     printf("y2 = %s\n", buf);
184     printf("\n");
185
186     //解密
187     ret = decrypt(cs, p, x);
188
189     //输出还原的消息
190     printf("明文：\n");
191     memset(buf, 0, 501);
192     cotstr(ret, buf);
193     printf("message = %s\n", buf);
194     printf("\n");
195
196     system("pause");
197 exit:
198     mirexit();
199     return 0;
200 }
```

解密并输出还原的信息，程序结束

**四、数据分析**

使用 secrect1.txt 作为待加密信息，使用方法如下 usage: %s <message-file-path>




公私钥对如图所示，解密出的明文和之前的信息一致，成功实现了加解密。

## 五、总结

**（完成的心得和其他，主要是自己碰到的问题，以及解决问题的方法等）**

整个实验的过程较为顺利，实验主要就是实现 ElGamal 算法的加解密公式。

并对强素数 p 的生成进行优化。