实验七 DSA的实现

17341125 蒙亚愿 信息安全

一、实验目的

1. 了解数字签名的基本原理，掌握数字签名算法DSA的实现方法
2. 实现DSA算法并验证

二、实验要求

实现数字签名算法DSA，对消息签名并给出验证。

p：2048比特素数

q：可被p-1整除的256比特素数

hash函数：SHA-256（可以调库）

消息：SchoolofDataandComputerScience,Sunyat-senUniversity (无空格)

私钥：自己选取随机数，生成公钥并给出

三、实验介绍

3.1 实验综述

本次实验按照书中的DSA密码体制的介绍，可以简单的实现：

实验中已知变量p, q, α，私钥a可以自己确定，且$1 \leq a \leq q-1$，则可以通过

$$\beta = \alpha^a \ (mod\ p)$$

计算出公钥之一β。于是得到了整个密钥K：

$$K = \{\ (p,\ q,\ \alpha,\ a,\ \beta) : \beta = \alpha^a \ (mod\ p)\ \}$$

在签名中，选择一个随机数k : $1 \leq k \leq q-1$，就可以计算对消息x的签名：

$$sig_K(x,k) = (\ \gamma, \delta\ )$$
$$\gamma = (\alpha^k \ mod\ p) mod\ q$$
$$\delta = (\ SHA-256(x) + a\gamma\ ) k^{-1}\ mod\ q$$

如果$\gamma = 0$或者$\delta = 0$，则重新选随机数k计算（概率很小）。

验证过程：

$$e_1 = SHA-256(x)\delta^{-1}\ mod\ q$$
$$e_2 = \gamma\ \delta^{-1}\ mod\ 1$$

$$ver_K(x, (\ \gamma, \delta)\ ) = true \Leftrightarrow\ (\alpha^{e_1}\ \beta^{e_2}\ mod\ p\ ) mod\ q$$

3.2 实验环境

运行环境：Windows

使用语言：C++

编译器：CodeBlocks

库：gmp库

四、算法原理以及代码实现

4.1 SHA256函数

由于openssl、miracl和crypto库一直安装不了，所以采用网上的SHA-256的代码。在与DSA实现的衔接部分，由于SHA-256的输出是8个$unsigned\ int$类型的数组，所以在计算出SHA-256之后，还需要把这个数组串在一起，转成字符串类型：（123→"123"）。

总的来说，就是逐个数的转换成字符串，然后再拼接，最后返回mpz_class类型的结果。

1. 用sprintf函数，逐个把$unsigned\ int$类型转成$char*$类型。

   每个$unsigned\ int$的数字长度长度最多为10（十进制），所以声明一个长度为10的buff（char），用于存储每个数字的字符串类型。

2. 拼接已经转好类型的字符串。

   用Codeblocks似乎不能运行strcat函数，也就是strcat函数在Devc++能够正确运行，但是在Codeblock总是出错，debug之后发现，每次转换成字符串$buff$之后，之前拼接好的长字符串str的第一位就会变成'\0'，所以需要记下第一位，在每次转换完类型之后，把长字符串str的第一位恢复回来。

   并且即使这样，还是不能正确运行strcat函数，只能把转换好的字符串$buff$逐位复制给str。

3. 转成mpz_class类型。

   转换成长的字符串str之后，在用这个字符串初始化mpz_class类型的ans之前，需要检查第一位是否是'0'，是'0'的话，需要去掉，否则初始化ans时会报错。

_sha256 = _hash(x);

```
mpz_class _hash(UChar Y[Max]){
    char str[81] ;
    PAD(Y);
    //  codeblocks太奇怪了，只能这样子拼接
    char first ;
    int flag = 0 ;
    for(int i=0;i<8;i++){
        char buff[10] ="" ;
        sprintf(buff, "%010lu", M_D.H[i]) ;
        if(i>0)  str[0]=first ;  //  恢复第一位
        for(int j=0;j<10;j++){
            str[flag+j] = buff[j] ;
        }
        flag+=10 ;
        if(i==0)  first = str[0] ;
    }

    while(str[0]=='0'){  //消0
        for(int i=0;i<80;i++)   str[i] = str[i+1] ;
```

```
    }
    mpz_class ans ;
    ans = str ;
    return  ans;
}
```

4.2 DSA实现

4.2.1 初始化

用十六进制的字符串初始化p, q, α:

```
    mpz_init_set_str(key_p.get_mpz_t(),
 "008746338ba0d0b67ec6dde878f14d624dfe86a4663aaf170208b02b020c09199af1dbaaf0ba5a
70d52b3eb715f775b0989ff176d1d6c680042dab48d35d802c598036280c559ffb59ea4c82c01fae
4a227847cb715e03511602f7dedd0d0f1556c5e63c9b181a4a7ffb1416a3d6ef69cb9b413746aab5
e259c3b12bec3244a7e09f6718ecb721c528020a9ae09568f461512c526593563fad544106fb5fa9
0922aef456a0f110ccab7628d793ca3c5f6a4c6e22ee05227e1d3c395f99f52418c5dfdee1442d0a
a3ca1e9154cae569c25497c3445f2bed1e8de3cada7e2f1825d7341e591234df4053ca5b33c92e32
17967ca00211b68c1b0aafa5152b84557a81",
                    16 ) ;

    mpz_init_set_str(key_q.get_mpz_t(),
"00bdd727428445e6e4ad64978a4184de1f28ab3f298e79f11147bee060150040e1",
                    16 ) ;

    mpz_init_set_str(key_alpha.get_mpz_t(),
"75fd519cb49bcfd504dc7f8bfb100511dee71335ba07d7bf85e0b602441b121fc1b537f29b94125
4f85703d2aa41e2cf400e3be7d952ad9a32f461174873034631295c2bc86d5134779358e8f4c6d54
e591edc645dbd389088f9a7dfa3927fbeedce1bc57fa1e6dd3908daac26914ead4f40e8acab8b57a
303d1970a06393789c56decbb504f7ae3d9f8e2cd1850b9e77d4aa64f49218fd0f6c24ccb5aa6af9
d97e4d041b0676dda90dfbba0177df89b730ab1b8db5ef19ebd2fed52a790826fc507647576bebed
69e5a8a11ec25f89d445b56b738d2a7f713d74527a4e6ed99af43ebcdb2cfe2ccaee76fd543ea429
ec6402c273b030a63e6a686b2d299d8d7",
                    16 ) ;
```

规定好私钥a的取值，并计算$\beta = \alpha^a \ mod \ p$:

```
    key_a =
"135218913278074234814769032543597467661206692387502745588931666616395282964212
3" ;
    mpz_powm(key_beta.get_mpz_t(), key_alpha.get_mpz_t(), key_a.get_mpz_t(),
key_p.get_mpz_t()) ;
```

4.2.2 签名

先选择一个随机数$k : 1 \leq k \leq q-1$，再通过公式计算签名γ和δ:

$$sig_K(x,k) = (\ \gamma, \delta\ )$$
$$\gamma = (\alpha^k \ mod \ p) mod \ q$$
$$\delta = (\ SHA-256(x) + a\gamma\ )k^{-1} \ mod \ q$$

若$\gamma = 0$或者$\delta = 0$，就重新选择随机数k计算。

```
void signature(mpz_class x){
    cout<<"\n------------------------------ signature(message,k) ----------------
--------------------------------"<<endl;
    start:
    // 选1~q-1的随机数
    mpz_class k;
    gmp_randclass rr(gmp_randinit_default) ;
    rr.seed(time(NULL)) ;
    k = rr.get_z_bits(160) ;
    k += key_q ;
    k %= key_q ;

    cout<<"\n k is "<<k<<endl;

    mpz_powm(sig_gamma.get_mpz_t(), key_alpha.get_mpz_t(), k.get_mpz_t(),
key_p.get_mpz_t()) ;
    mpz_mod(sig_gamma.get_mpz_t(), sig_gamma.get_mpz_t(), key_q.get_mpz_t()) ;
    cout<<"\n gamma is "<<sig_gamma<<endl;

    mpz_class invert_k ;
    mpz_invert(invert_k.get_mpz_t(), k.get_mpz_t(), key_q.get_mpz_t()) ;
    sig_delta = ( _sha256+key_a*sig_gamma)*invert_k ;
    sig_delta %= key_q ;
    cout<<"\n delta is "<<sig_delta<<endl;

    if(sig_gamma==0 || sig_delta==0)  goto start ;
    cout<<"\n Neither gamma nor delta is equal to 0, continue…"<<endl;

}
```

4.2.3 验证

通过公式计算$e_1, e_2, \alpha^{e_1}, \beta^{e_2}$，验证$(\alpha^{e_1}\beta^{e_2} mod\ p) mod\ q$是否等于$\gamma$。

$$e_1 = SHA-256(x)\delta^{-1}\ mod\ q$$
$$e_2 = \gamma\ \delta^{-1}\ mod\ 1$$

```
bool vertify(mpz_class sig_gamma, mpz_class sig_delta){
    cout<<"\n--------------------------- verify(message, gamma, delta) ---------
-------------------------------"<<endl;
    mpz_class e1, e2 ;

    mpz_class invert_delta ;
    mpz_invert(invert_delta.get_mpz_t(), sig_delta.get_mpz_t(),
key_q.get_mpz_t()) ;

    e1 =  _sha256*invert_delta ;
    e1 %= key_q ;
    cout<<"\n e1 is "<<e1<<endl;

    e2 = sig_gamma*invert_delta ;
    e2 %= key_q ;
    cout<<"\n e2 is "<<e2<<endl;

    mpz_class test, t1, t2 ;
```

```
    mpz_powm(t1.get_mpz_t(), key_alpha.get_mpz_t(), e1.get_mpz_t(),
key_p.get_mpz_t()) ;
    mpz_powm(t2.get_mpz_t(), key_beta.get_mpz_t(), e2.get_mpz_t(),
key_p.get_mpz_t()) ;
    test = t1*t2 ;
    test %= key_p ;
    test %= key_q ;

    return test==sig_gamma?true:false ;
}
```

```
    if(vertify(sig_gamma, sig_delta)) {
       cout<<"\n Test is passed! Congratulations! "<<endl;
    }
    else  cout<<"\n Validation failed. Invalid signature!"<<endl;
```

五、实验效果即分析

每次实验都会显示公钥、私钥和消息以及消息的散列值。

规定
$a = 1352189132780742348147690325435974676612066923875027455889316666163952829642123$

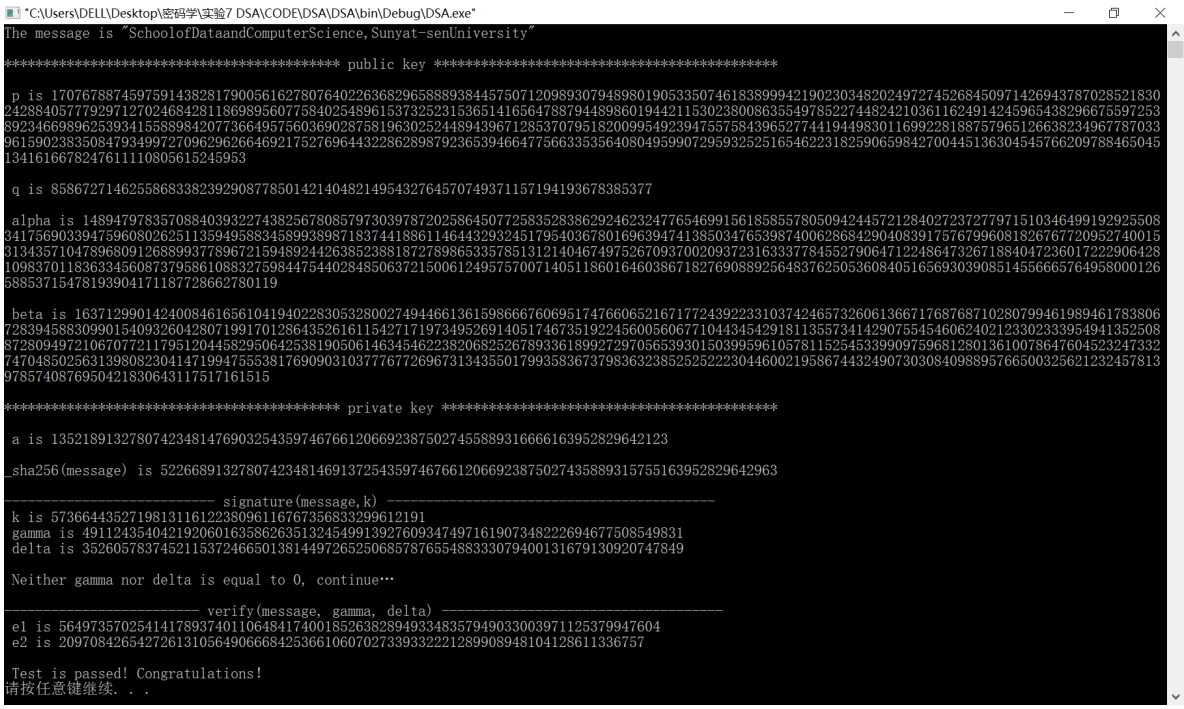
在签名过程中，显示随机数k以及签名γ，δ。

在验证过程中，显示变量e_1和e_2。

1. 规定消息是“SchoolofDataandComputerScience,Sunyat-senUniversity”。

   散列值为1f274b71a5bec2cc57914166d66d000d7b32c163105a626d5de878eba8a8ecd3

   验证通过。

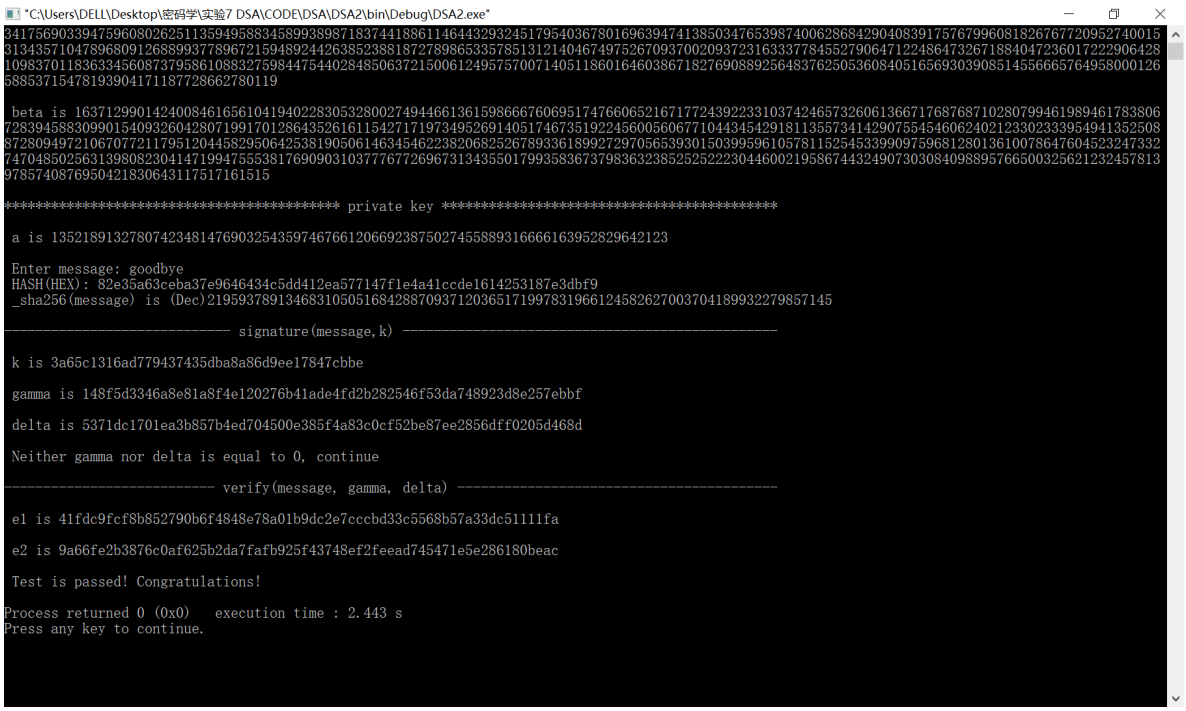


2. 任意消息验证

   输入消息为goodbye

   散列值为82e35a63ceba37e9646434c5dd412ea577147f1e4a41ccde1614253187e3dbf9

验证通过。



六、实验感想

1. 关于SHA-256。我最开始是想安装一下库，直接调用函数会比较方便，没想到安装了五天都不行，不知道什么原因，每次到最后一步就不行，后来就放弃了，既然SHA-256不需要自己实现，我就上网抄了一段运行正确的代码。只是在和DSA的接口那有点费劲，但总比安装库好解决。
2. 关于编译器。我先是在Devc++写的把散列值转成字符串，很快就写出来并且运行正确，但是在Codeblocks同一段代码就怎么都运行不对，百度也不知道咋回事，总是会把长字符串的第一个元素“吃”掉，并且strcat函数也运行不对，所以只能用最笨的方法慢慢实现，代码略长略啰嗦，但总比安装库好解决。
3. 关于DSA。其实DSA直接按照书上说的实现就可以，没有难度，很快就打出来了，并且通过这次实验对于DSA也有了更加深刻的理解和记忆。比安装库好解决。

   DSA与之前不一样的是，在Alice这里，签名是私有的，所以需要私钥，而验证是谁都可以的，所以不需要私钥。之前是双方都需要私钥进行加解密，所以私钥需要在安全的信道中传输。签名方案中也有很多脑洞很大的算法，总而言之都是共同算出相同的变量的话验证就成功了。

   这次实验很简单，希望下次随机数的实验更加简单，辛苦TA和老师啦~