现代密码学第二次作业

计34 2013011377 杨志灿

## 第一题

1. **SHA-1算法简述**

SHA-1杂凑算法以一长度小于264的01串（原文）为输入，输出是一个160位的杂凑值。

SHA-1先将原文分成512位一组，其中最后一组的后64位是原文的长度（位数）。剩余的不足部分使用100000…（1后若干个零）补齐。

分组后，SHA-1算法依次处理每个分组，迭代计算杂凑值，具体过程较复杂，可参考代码或FIPS PUB 180-4中的伪代码。

1. **寻找碰撞**

考虑到寻找到碰撞的两个信息最好可以转换为ASCII码显示，故不能采用前一次的输出作为下一次的输入的方法（不能保证输入的是可见字符）。故最终决定采用随机生成原文的方式寻找碰撞。

在随机生成输入文本的时候使用了一个小技巧，就是使用固定的初始化随机种子。这样只需存储是生成的第几个输入，就可以还原出文本而不需记录文本，可以大大节约内存空间的使用。

1. **工程概述**

SHA-1.h中实现了SHA-1算法，其中

uint32\_t**\*** SHA1**(**const char **\*** msg**,** bool print **=** **false)**

其中msg是字符数组格式的原文，print表示是否输出中间过程。输出5个32位整型数，共同组成160位杂凑值。

值得注意的是，本次实验的输入文本都比较短，只有一个分组，迭代次数为1，所以中间过程只有初始化和最终结果两个，而SHA-1算法的初始化状态是常数，就不在本文中赘述了。

uint32\_t**\*** SHA1**(**const bool **\*** msg**,** uint64\_t size**,** bool print **=** **false)**

其中msg是bool数组格式的原文，size表示原文的位数，print表示是否输出中间过程。输出5个32位整型数，共同组成160位杂凑值。

main.cpp是使用SHA-1算法计算文本的杂凑值，运算结果见第4节。

collision.cpp是寻找碰撞的程序，其中

void find\_collision**(**int len **=** 10**)**

find\_collision寻找杂凑值前50位相同的碰撞对，len表示随机文本的长度，寻找到碰撞对会输出碰撞对的生成编号。根据这两个生成编号，可以重新调用如下函数还原文本。

void print\_msg**(**unsigned int id**,** int len **=** 10**)**

其中id表示生成编号，len表示生成的文本长度。

1. **实验结果**

|  |  |
| --- | --- |
| Plaintext | SHA-1 |
| yangzhican2013011377 | 70d6cde6226cf95cf7a0e5b4a6eca6168e7b3cac |
| yezipeng2013011404 | 19f45aa3b28665b0fdbe3480408e3d0d581c2ff4 |
| D2/;q<IVQq | 6179f4612671b706258304541701437890943446 |
| e,N>rF 5es | 6179f4612671b15d162c5282f97a8ee4e222ed77 |

后两个文本是寻找到的长度为10的一对碰撞对，他们的杂凑值的前50位是相同的。

## 第二题

1. **AES加密算法简述**

AES加密算法是一种对称加密算法，同时AES也是一种分组密码，分组长度为128比特。常见的AES有三种不同的密钥和对应的轮数，分别是：

AES-128：128比特密钥/10轮

AES-192：192比特密钥/12轮

AES-256：256比特密钥/14轮

此次实现的是AES-128，即密钥与分组均为128比特。

在将原文分组后，组与组之间的加密有多种操作模式，常见的有ECB、CBC、CFB、OFB、CTR等。因此次加密的原文只有一个分组，故不用考虑操作模式的问题。

AES的操作大多以128比特为单位，且划分为4\*4个8比特字称为状态。首先要生成10个轮密钥，包括初始密钥在内则共有11个轮密钥。生成轮密钥后，进行十次循环，每次使用一个轮密钥并进行相关操作(SubBytes, ShiftRows, MixColumns, AddRoundKeys)。第一轮使用原文作为输入，此后每轮接着使用上一轮的输出作为输入，最终输出密文。

1. **工程概述**

AES.h中实现了AES加密算法，其中比较重要的函数有：

uint8\_t**\*** cipher**(**const uint8\_t**\*** plaintext**,** const uint8\_t key**[**4**\***Nk**])**

其中plaintext是128比特的原文，以字为单位传入，如本题的原文输入即为：

const uint8\_t plaintext**[**16**]** **=** **{**0x32**,**0x43**,**0xF6**,**0xA8**,**0x88**,**0x5A**,**0x30**,**0x8D**,**0x31**,**0x31**,**0x98**,**0xA2**,**0xE0**,**0x37**,**0x07**,**0x34**};**

key是128比特的密钥，本题中的密钥即为：

const uint8\_t key**[**16**]** **=** **{**0x3A**,**0xE1**,**0x15**,**0x62**,**0xA8**,**0xF3**,**0xC7**,**0x1A**,**0x2B**,**0xF6**,**0xDF**,**0xA1**,**0x50**,**0x9B**,**0xCA**,**0xF1**};**

输出是128比特的密钥，以16个字为格式输出。

除了AES主算法，AES.h中还提供了一些中间函数的接口，如扩展轮密钥的函数keyExpansion：

void keyExpansion**(**const uint8\_t key**[**4**\***Nk**],** uint8\_t w**[**Nr**+**1**][**Nb**][**4**])**

以密钥key作为输入，输出11个轮密钥w，轮密钥的格式是4\*4的8比特字，也即AES主算法使用的状态表示。

同时也可以直接使用轮密钥作为密钥输入来进行AES加密：

uint8\_t**\*** cipher**(**const uint8\_t**\*** plaintext**,** const uint8\_t w**[**Nr**+**1**][**Nb**][**4**])**

1. **实验结果**

Plaintext:

3243f6a8885a308d313198a2e0370734

Key:

3ae11562a8f3c71a2bf6dfa1509bcaf1

Round Keys:

Round 0: 3ae11562a8f3c71a2bf6dfa1509bcaf1

Round 1: 2f95b4318766732bac90ac8afc0b667b

Round 2: 06a6958181c0e6aa2d504a20d15b2c5b

Round 3: 3bd7acbfba174a1597470035461c2c6e

Round 4: afa633e515b179f082f679c5c4ea55ab

Round 5: 385a51f92deb2809af1d51cc6bf70467

Round 6: 70a8d4865d43fc8ff25ead4399a9a924

Round 7: e37be268be381ee74c66b3a4d5cf1a80

Round 8: e9d92f6b57e1318c1b878228ce4898a8

Round 9: a09fede0f77edc6cecf95e4422b1c6ec

Round 10: 5e2b2373a955ff1f45aca15b671d67b7

Cryptotext:

d448fce815633ad1b43a7ae2489a2a69

## 第三题

1. **GCM认证加密算法简述**

GCM认证加密算法的实现主要参考的是《The Galois/Counter Mode of Operation (GCM)》[[1]](#footnote-1)，与课堂讲解的有些许不同，但算法本质是一样的。

GCM认证加密算法的输入包括原文P(Plaintext),密钥K(secret Key)，初始向量IV(Initial Vector)以及附加认证消息AAD(Additional Authenticated Data)。输出包括密文C(Ciphertext)和认证标签T(Tag)。

在本次实验中，加密算法使用第二问中的AES-128，且只有附加认证消息，即原文P为空，此时自然有密文C也为空。这种情况下的GCM认证加密算法只有认证的功能，此时GCM即为GMAC认证算法。

1. **工程概述**

首先，uint128\_t.h中封装了一种数据类型uint128\_t，顾名思义，就是一个128比特的数据，支持一些正常的位运算以及GMAC算法中涉及的操作，还有一些接口上的转换，如uint128\_t与uint8\_t指针之间的双向转换等。

GMAC.h中实现了GMAC认证算法，其中最重要的是两个encrypt函数：

uint128\_t encrypt**(**const bool **\*** A**,** uint64\_t lenA**,** const uint8\_t IV**[**12**],** const uint8\_t key**[**16**],** bool print **=** **false)**

其中A是比特格式的附加认证消息，lenA是附加认证消息的位数，IV是初始向量，key是密钥，print表示是否打印中间过程信息。输出128位的认证标签。

uint128\_t encrypt**(**const char **\*** A**,** const uint8\_t IV**[**12**],** const uint8\_t key**[**16**],** bool print **=** **false)**

这个encrypt函数接受另一种格式的附加认证消息：即字符串格式。

1. **实验结果**

在如下实验结果中，H = E(K, 0128)，K是密钥，E(K, 0128)指的是128位的空向量与密钥K的加密结果，在本次实验中采用AES-128进行加密。

当初始向量IV长度是96时，Y0是IV||0311，否则Y0为GHASH(H, {}, IV)。

GHASH(H, A, C)是GCM认证算法中的一个函数，输入是哈希值H，附加认证消息A以及密文C（在本次实验中为空）。

T即认证标签，也即程序的最终输出结果。

H:

66e94bd4ef8a2c3b884cfa59ca342b2e

E(K, Y0):

58e2fccefa7e3061367f1d57a4e7455a

GHASH(H, A, C):

00000000000000000000000000000000

T:

58e2fccefa7e3061367f1d57a4e7455a

---------------------------------

Key:

3ae11562a8f3c71a2bf6dfa1509bcaf1

A:

yangzhican2013011377

H:

aba31e4ecb741bf0ce521dbf7e2d77f7

E(K, Y0):

80521c59ee0c2766f91fddc7b8dc9b79

GHASH(H, A, C):

4d5259507a686963616e323031333031

T:

cd00450994644e059871eff789efab48

分割线以上是《The Galois/Counter Mode of Operation (GCM)》文中提供的一个测例。分割线以下即以“yangzhican2013011377”作为认证消息输入的话，输出的tag内容是0xcd00450994644e059871eff789efab48。

1. http://csrc.nist.gov/groups/ST/toolkit/BCM/documents/proposedmodes/gcm/gcm-spec.pdf [↑](#footnote-ref-1)