现代密码学

第二十九讲 AES的密钥编排及伪代码

信息与软件工程学院

第二十九讲 AES的密钥编排及伪代码

- AES的密钥编排
- AES的伪代码

密钥编排

•密钥编排指从种子密钥得到轮密钥的过程，它由密钥扩展和轮密钥选取两部分组成。其基本原则如下：

•（1）轮密钥的比特数等于分组长度乘以轮数加1；例如要将128比特的明文经过10轮的加密，则总共需要（10+1）*128=1408比特的密钥。

•（2）种子密钥被扩展成为扩展密钥；

•（3）轮密钥从扩展密钥中取，其中第1轮轮密钥取扩展密钥的前N_b个字，第2轮轮密钥取接下来的N_b个字，如此下去。

密钥扩展

•扩展密钥是以4字节字为元素的一维阵列，表示为W[Nb*(N_r+1)]，其中前N_k个字取为种子密钥，以后每个字按递归方式定义。扩展算法根据$N_k \leq 6$和$N_k > 6$有所不同。

w_0	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	……	
k_{00}	k_{01}	k_{02}	k_{03}	k_{04}	k_{05}		
k_{10}	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{14}	k_{15}		
k_{20}	k_{21}	k_{22}	k_{23}	k_{24}	k_{25}		
k_{30}	k_{31}	k_{32}	k_{33}	k_{34}	k_{35}		

……

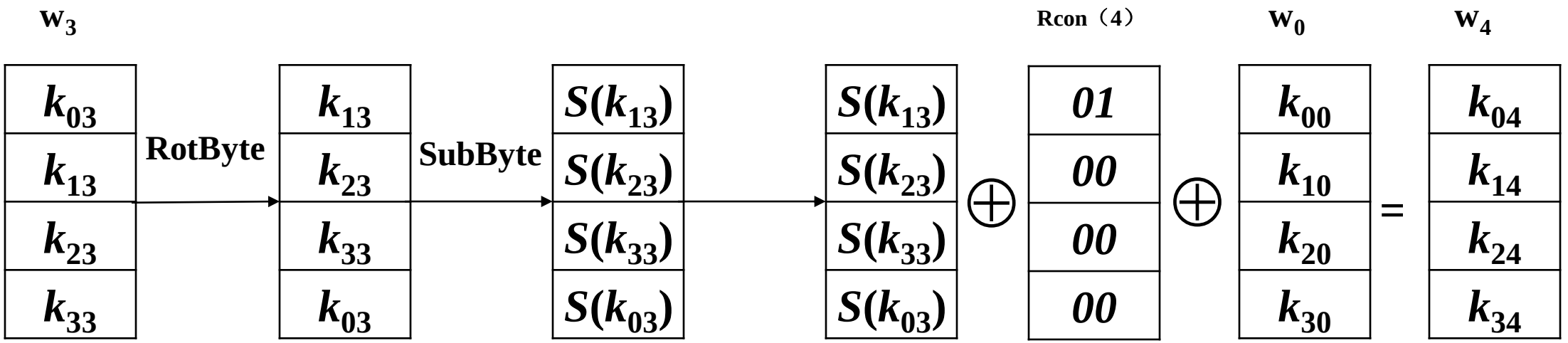
扩展算法（$N_k \leqslant 6$）

```
KeyExpansion (byteKey[4*Nk] , W[Nb*(Nr+1)])
{
   for (i =0; i < Nk; i ++)
                W[i]=(Key[4* i],Key[4* i +1],Key[4* i +2],Key[4* i +3] );
   for (i =Nk; i <Nb*(Nr+1); i ++)
   {
                temp=W[i-1];
                if (i % Nk= =0)
                        temp=SubByte (RotByte (temp))^Rcon[i /Nk];
                W[i]=W[i-Nk]^ temp;
   }
}
```

扩展算法（$N_k \leqslant 6$）（续）

w_0	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	……	
k_{00}	k_{01}	k_{02}	k_{03}	k_{04}	k_{05}		
k_{10}	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{14}	k_{15}		
k_{20}	k_{21}	k_{22}	k_{23}	k_{24}	k_{25}		
k_{30}	k_{31}	k_{32}	k_{33}	k_{34}	k_{35}		

……



扩展算法（$N_k \leqslant 6$）（续）

w_0	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	……	
k_{00}	k_{01}	k_{02}	k_{03}	k_{04}	k_{05}		
k_{10}	k_{11}	k_{12}	k_{13}	k_{14}	k_{15}		
k_{20}	k_{21}	k_{22}	k_{23}	k_{24}	k_{25}		
k_{30}	k_{31}	k_{32}	k_{33}	k_{34}	k_{35}		

……

w_1		w_4		w_5
k_{01}		k_{04}		k_{05}
k_{11}	$\oplus$	k_{14}	=	k_{15}
k_{21}		k_{24}		k_{25}
k_{31}		k_{34}		k_{35}

扩展算法（N_k>6）

```
KeyExpansion (byte  Key[4*Nk] , W[Nb*(Nr+1)])
{
        for (i=0; i < Nk; i ++)
            W[i]=(Key[4* i], Key[4* i +1], Key[4* i +2], Key[4* i +3] );
for (i =Nk; i <Nb*(Nr+1); i ++)
   {
            temp=W[i -1];
            if (i % Nk= =0)
               temp=SubByte (RotByte (temp))^Rcon[i /Nk];
     else if (i % Nk==4)
        temp=SubByte (temp);
W[i]=W[i - Nk]^ temp;
   }
}
```

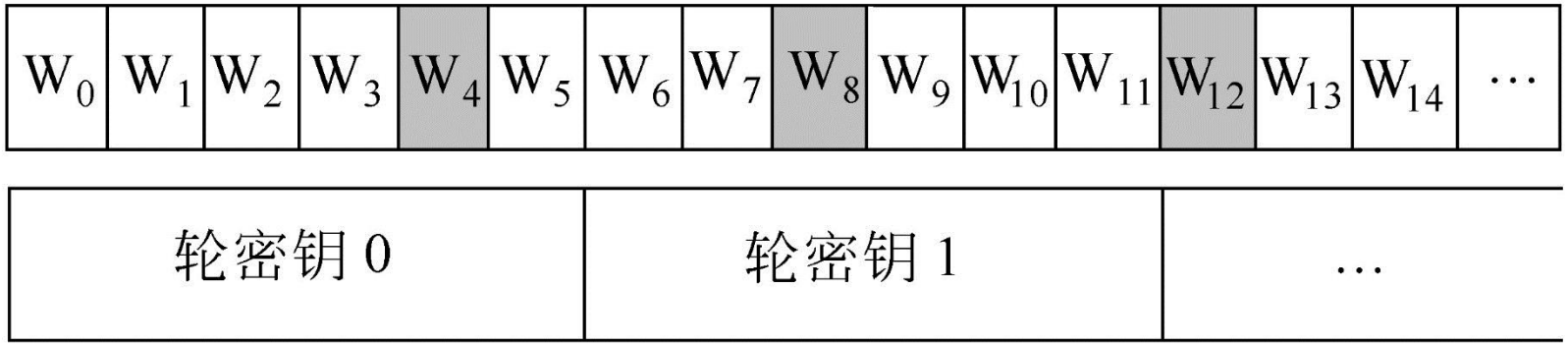
N_k>6与N_k≤6的密钥扩展算法的区别在于：当i-4为N_k的整数倍时，须先将前一个字W[i-1]经过SubByte变换

轮常数

- 以上两个算法中，**Rcon[i/Nk]** 为轮常数，其值与**Nk**无关，定义为（字节用十六进制表示，同时理解为**GF(2^8)**上的元素）：
- **Rcon [i]=(RC[i], ‘00’, ‘00’, ‘00’)**
- 其中**RC[i]** 是**GF(2^8)** 中值为x^{i-1}的元素，因此
- **RC[1] =1(即 ‘01’)**
- **RC[i] = x(即 ‘02’)·RC[i-1]= x^{i-1}**

轮密钥选取

•轮密钥i（即第i个轮密钥）由轮密钥缓冲字W[Nb* i]到W[Nb*(i+1)]给出，如图所示。



N_b=6且N_k=4时的密钥扩展与轮密钥选取

第二十九讲 AES的密钥编排及伪代码

- AES的密钥编排
- AES的伪代码

AES加密过程的伪代码

```
Cipher(byte in[4*Nb], byte out[4*Nb], word w[Nb*Nr+1])
begin
  byte state[4,Nb]
  state = in
  AddRoundKey(state, w[0, Nb-1])
  for round = 1 step 1 to Nr-1
    SubBytes(state)
    ShiftRows(state)
    MixColumns(state)
    AddRoundKey(state, w[round*Nb, (round+1)*Nb-1])
  end for
  SubBytes(state)
  ShiftRows(state)
  AddRoundKey(state, w[Nr*Nb, (Nr+1)*Nb-1])
  Out = state
end
```

AES解密过程的伪代码

```
InvCipher(byte in[4*Nb], byte out[4*Nb], word w[Nb*Nr+1])
begin
  byte state[4,Nb]
  state = in
  AddRoundKey(state, w[Nr*Nb, (Nr+1)*Nb-1])
  for round = Nr-1 step -1 downto 1
    InvShiftRows(state)
    InvSubBytes(state)
    AddRoundKey(state, w[round*Nb, (round+1)*Nb-1])
    InvMixColumns(state)
  end for
  SubBytes(state)
  ShiftRows(state)
  AddRoundKey(state, w[0, Nb-1])
  Out = state
end
```

AES密钥编排算法的伪代码

```
KeyExpansion (byte key[4*Nk] , word w[Nb*(Nr+1)], Nk)
begin
      word temp
      i=0
      while (i<Nk)
            w[i]=word(Key[4* i], Key[4* i +1], Key[4* i +2], Key[4* i +3] )
            i=i+1
       end while
       i=Nk
       while(i<Nb*(Nr+1))
            temp=W[i-1]
            if (I mod Nk= =0)
               temp=SubByte (RotByte (temp)) xor Rcon[i /Nk]
            else if (Nk>6 and i mod Nk = 4)
               temp=SubWord(temp)
             end if
               w[i]=w[i-Nk ] xor temp
         end while
end
```

感 谢 聆 听!

xynie@uestc.edu.cn