# Project #5

2018044893 이수정

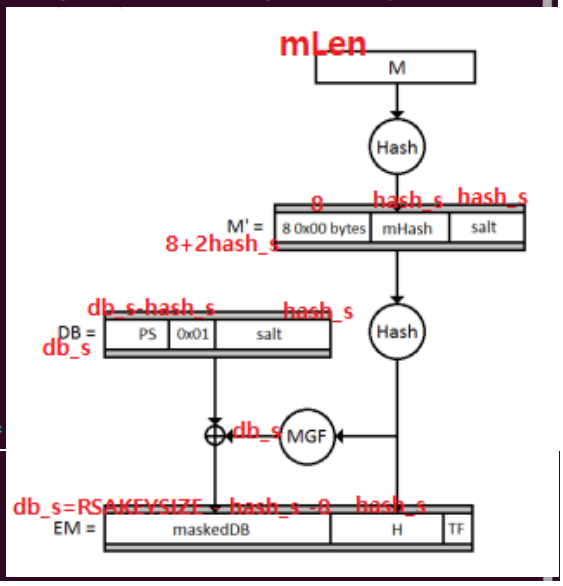
목차



## <함수 설명>

- int rsassa_pss_sign(const void *m, size_t mLen, const void *d, const void *n, void *s)

```
170  * rsassa_pss_sign - RSA Signature Scheme with Appendix
171  */
172 int rsassa_pss_sign(const void *m, size_t mLen, const void *d, const void *n, void *s)
173 {
174         unsigned char mhash[HASH_S];
175         unsigned char salt[HASH_S];
176         unsigned char M_prime[8 + HASH_S * 2];
177
178         unsigned char H[HASH_S];
179         unsigned char mgf_H[DB_S];
180
181         unsigned char DB[DB_S];
182
183         unsigned char maskedDB[DB_S];
184         unsigned char EM[RSA_S];
185
186         uint64_t is_long = 1;
187         uint8_t bc = 0xbc;
188         is_long = (is_long << 60) - 1;//2^61-1 (2^64bit =
```




```
20 #define HASH_S SHASIZE/8
21 #define RSA_S RSAKEYSIZE/8
22 #define DB_S (RSAKEYSIZE - SHASIZE - 8)/8
23 #define PAD2_S (DB_S - SHASIZE/8)
24
```

자료형은 *mgf에서 사용한 unsigned char을 이용하였다. unsigned char의 자료형 크기는 1byte이므로 이에 맞게 변수를 define하였다.

Padding2는 또한 자주사용 되어 추가로define하였다.

```
191 // --- error check ---
192         if(m >= n)      return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE 메세지의 길이는 n보다 >
    작아야함.
193
194         if(mLen > is_long && SHASIZE <= 256)    return EM_MSG_TOO_LONG;//EM_MSG_TOO_LONG
195
196         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
197
```

메시지 m이 n보다 크거나 같다면 메세지의 오류처리 해준다.

```
Steps:

   1.   If the length of M is greater than the input limitation for
        the hash function (2^61 - 1 octets for SHA-1), output
        "inconsistent" and stop.
```

(rfx8017.pdf 중)

공지에 올라온 [과제 #5] SHA 알고리즘 특성을 고려하여 SHASIZE가 256보다 작거나 같은 경우 메시지 사이즈가 $2^{64}$ bit보다 작아야 하므로 $2^{61}$byte보다 작아야 한다.

```
   3.   If emLen < hLen + sLen + 2, output "inconsistent" and stop.
```

(rfx8017.pdf 중)

이를 참고하여 hash길이가 너무 커 EM이 수용하지 못하는 경우의 예외를 설정하였다.

```
198 // --- M_prime ---
199         memset(M_prime, 0x00, 8);//padding1
200         sha(m, mLen, mhash);    //mhash = hash(m)
201         *salt = arc4random_uniform(SHASIZE);    //upperbound가 SHASIZE인 random # salt 생성
202         memcpy(M_prime + 8, mhash, HASH_S); //M_prime = pad1 || mhash
203         memcpy(M_prime + 8 + HASH_S, salt, HASH_S); // M_prime = pad1 || mhash || salt
204
```

M'의 padding1값을 memset을 이용하여 초기화 하였고 mhash = hash(m)을 함수 sha를 이용하였다.

Arc4random_uniform()은 bit사이즈를 이용하므로 SHASIZE를 넣어 난수를 생성해주었다.

생성된 mhash와 salt를 padding1이 추가된 M'에 추가해준다 (M' = padding1 || mhash || salt)

```
205 // --- H ---
206         sha(M_prime, 8 + HASH_S * 2, H);//H = hash(M_prime);
207
```

H = hash(M')이므로 mhash와 같이 함수 sha를 이용하였다.

```
208 // --- DB ---
209         memset(DB, 0x00, pad2_s );//padding2
210         DB[pad2_s - 1] = 0x01; // padding2 : 0x01
211
212         memcpy(DB + pad2_s, salt, hash_s ); // DB = padding2 || salt
213
```

DB는 padding2와 salt로 만드는데 salt size에 따라 padding값이 유동적으로 바뀐다.

RSAKEYSIZE에서 H와 TF(0xbc)의 사이즈를 뺀 것이 DB의 사이즈가 되므로 db_s = (RSAKEYSIZE – SHASIZE – 8)/8 로 설정하였고 padding은 DB사이즈에서 salt사이즈를 뺀 것이므로 pad2_s = db_s – SHASIZE/8로 설정하였다.

memset을 이용하여 pad2_s만큼 DB를 0으로 채워준 후 0의끝을 알려주는 0x01을 추가하였고 salt를 추가하였다. (DB = padding2 || salt)

```
215 // --- maskedDB ---
216         mgf(H, HASH_S, mgf_H, DB_S);//mgf_H = mgf(H)
217
218         for(int i = 0; i < DB_S; i++)   maskedDB[i] = DB[i] ^ mgf_H[i];//maskedDB = DB ^ mgf_H;
219
220         maskedDB[0] = 0x00;//MSB bit 0
221
```

maskedDB 는 DB XOR mgf(H)이므로 mgf 함수를 이용하여 mgf_H = mgf(H)를 생성하였다.

for문을 통해 DB와 mgf_H의 XOR연산을 해주었다.

MSB bit가 1일 때 0으로 바꿔줘야 해 MSB bit는 항상 0이므로 0인지 1인지 확인과정을 거치지 않고 0으로 설정하였다.

```
222 // --- EM ---
223
224         memcpy(EM, maskedDB, DB_S); //EM = masked_DB
225         memcpy(EM + DB_S, H, HASH_S); //EM = maskedDB || H
226         memcpy(EM + RSA_S - 1, &bc,1); // EM = maskedDB || TF(0xbc)
227
228
```

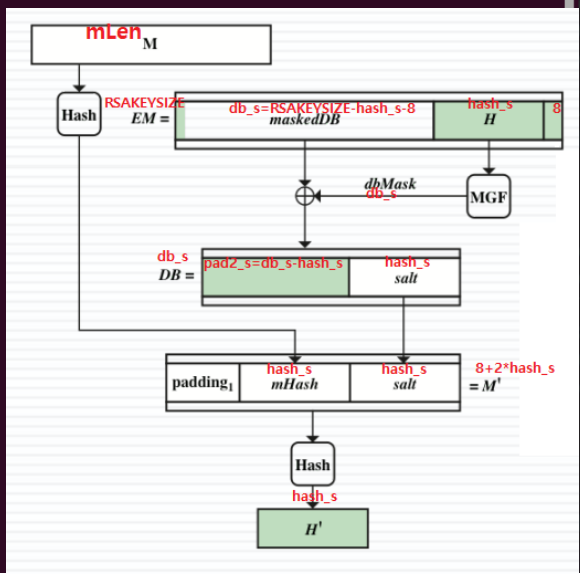
EM = maskedDB || H || 0xbc 를 해주고 MSB는 maskedDB를 생성하는 과정에서 0으로 설정해두었다.

```
229 // --- error check ---
230         if(rsa_cipher(EM, d, n))        return EM_MSG_OUT_OF_RANGE; //EM cipher & EM_MSG_OUT_OF_
    RANGE
231
232 // ---
233         memcpy(s, EM, RSA_S);//s = EM
234         return 0;
235 }
```

EM을 rsa_cipher함수로 암호화 해주고 EM >= n 인경우 rsa_cipher(EM, d, n)의 결과가 1이기 때문에 EM_MSG_OUT_OF_RANGE를 return해주고 오류없이 작동하였을 때 EM을 s에 저장한다.

- int rsassa_pss_verify(const void *m, size_t mLen, const void *e, const void *n, const void *s)

```
237 /*
238  * rsassa_pss_verify - RSA Signature Scheme with Appendix
239  */
240 int rsassa_pss_verify(const void *m, size_t mLen, const void *e, const void *n, const void *s)
241 {
242         unsigned char mhash[HASH_S];
243
244         unsigned char EM[RSA_S];
245         unsigned char maskedDB[DB_S];
246         unsigned char H[HASH_S];
247         unsigned char mgf_H[DB_S];
248
249         unsigned char DB[DB_S];
250         unsigned char salt[HASH_S];
251
252         unsigned char M_prime[8 + HASH_S * 2];
253
254         unsigned char H_prime[HASH_S];
255
256         uint64_t is_long = 1;
257         uint8_t bc = 0xbc;
258         is_long = (is_long << 60) - 1;//2^61-1
259
260         memcpy(EM, s, RSA_S);//EM = s
261
```




rsassa_pss_sign과 마찬가지로 변수를 설정하였고 확인 알고리즘에 맞게 H'을 추가하였다.

EM에 s값을 옮겨주었다.

```
262 // --- error check ---
263         if(m >= n)      return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE
264
265         if(mLen > is_long)      return EM_MSG_TOO_LONG;//EM_MSG_TOO_LONG
266
267         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
268
269         if(rsa_cipher(EM, e, n))        return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE
270
271         if(EM[RSAKEYSIZE/8 - 1] ^ bc)   return EM_INVALID_LAST;//EM_INVALID_LAST
272
273         if(EM[0] >> 7 & 1)      return EM_INVALID_INIT;//EM_INVALID_INIT
274
```

Sign과 마찬가지로 메시지 m이 n보다 크거나 같다면 메세지의 오류처리 해준다.

```
Steps:

   1.  If the length of M is greater than the input limitation for
       the hash function (2^61 - 1 octets for SHA-1), output
       "inconsistent" and stop.
```

(rfx8017.pdf 중)

공지에 올라온 [과제 #5] SHA 알고리즘 특성을 고려하여 SHASIZE가 256보다 작거나 같은 경우 메시지 사이즈가 $2^{64}$ bit보다 작아야 하므로 $2^{61}$byte보다 작아야 한다.

```
   3.  If emLen < hLen + sLen + 2, output "inconsistent" and stop.
```

(rfx8017.pdf 중)

이를 참고하여 hash길이가 너무 커 EM이 수용하지 못하는 경우의 예외를 설정하였다.

EM을 rsa_cipher함수로 암호화 해주고 EM >= n 인경우 rsa_cipher(EM, d, n)의 결과가 1이기 때문에 EM_MSG_OUT_OF_RANGE를 return해준다.

```
   4.  If the rightmost octet of EM does not have hexadecimal value
       0xbc, output "inconsistent" and stop.
```

복호화 된 EM의 마지막 바이트가 0xbc가 아닌 경우  EM_INVALID_LAST를 리턴 해준다.

```
   6.  If the leftmost 8emLen - emBits bits of the leftmost octet in
       maskedDB are not all equal to zero, output "inconsistent" and
       stop.
```

EM의 첫 번째 비트가 0이 아닐 경우 EM_INVALID_INIT을 리턴 해준다

```
275 // --- M ---
276         sha(m,mLen,mhash); //mhash = hash(m) step2
277
```

메시지 M에대해 sha를 이용하여 해쉬를 해주었다.

```
278 // --- EM ---
279         memcpy(maskedDB, EM, DB_S );// pick maskedDB from EM
280         memcpy(H, EM + DB_S, HASH_S);// pick H from EM
281
282         mgf(H, HASH_S , mgf_H, DB_S );//mgf_H = mgf(H)
283
```

EM에서 db_s크기의 maskedDB와 hash_s크기의 H를 가져온 후 mgf함수를 사용하여 mgf_H = mgf(H)를 해준다.

```
287 // --- DB ---
288         for(int i = 0; i < db_s; i++)   DB[i] = maskedDB[i] ^ mgf_H[i];
289         memcpy(salt, DB + pad2_s , hash_s);//pick salt from DB
290
291         //-- check padding2 --
292         for(int j = 1;j < pad2_s - 1; j++){
293                 if(DB[j] & 1)   return 6;//EM_INVALID_PD2
294         }
295         if(DB[pad2_s - 1] != 0x01)      return 6;//EM_INVALID_PD2
296
```

sign함수에서 maskedDB = DB XOR mgf(H)이므로 verify에서는 DB = maskedDB XOR mgf(H)를 연산을 해주었다.

DB에서 hash_s크기의 salt값을 가져온다.

연산 된 DB에서 padding2를 확인하는 과정을 통해 EM_INVALID_PD2 오류를 확인한다. (padding2에 대한 내용은 뒤에서 추가 설명)

```
295 // --- M_prime ---
296         memset(M_prime, 0x00, 8); //M_prime = padding1
297         memcpy(M_prime + 8, mhash, HASH_S); //M_prime = padding1 || mhash
298         memcpy(M_prime + 8 + HASH_S, salt, HASH_S); //M_prime = padding || mhash || salt
299
```

검증을 위한 M을 해쉬한 mhash와 sign에서 가져온 salt을 합쳐 M′을 만든다.

```
300 //H_prime
301         sha(M_prime,8 + HASH_S * 2, H_prime); // H_prime = hash(M_prime)
302
```

M′을 hash함수를 이용하여 H′을 만든다

```
303 // --- error7 check
304         if(memcmp(H, H_prime, HASH_S)!=0)       return EM_HASH_MISMATCH;//compare H, H_prime
305
306 // ---
307         return 0;
308 }
```

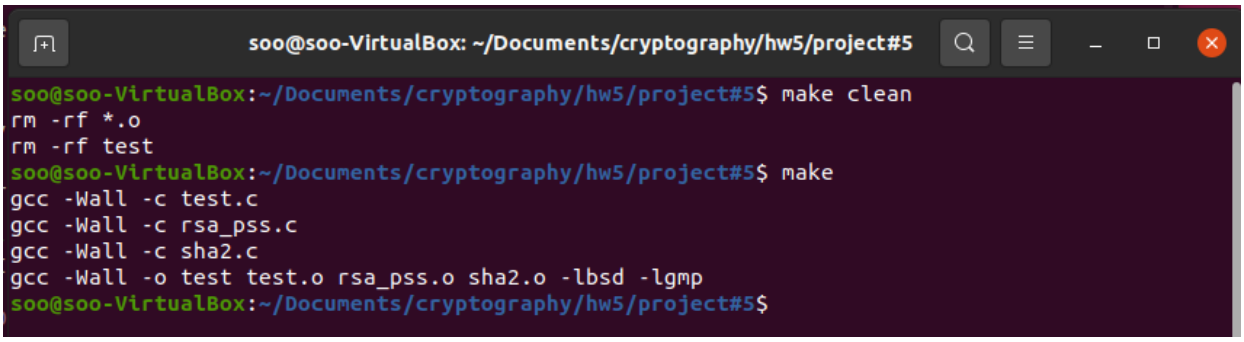
H와 H′을 비교하여 해시 값이 일치한지 확인하고 일치하지 않으면 EM_HASH_MISMATCH을 리턴해준다.

한번에 볼 수 있는 전체 코드는 보고서 마지막에서 볼 수 있습니다.

## <컴파일 과정>

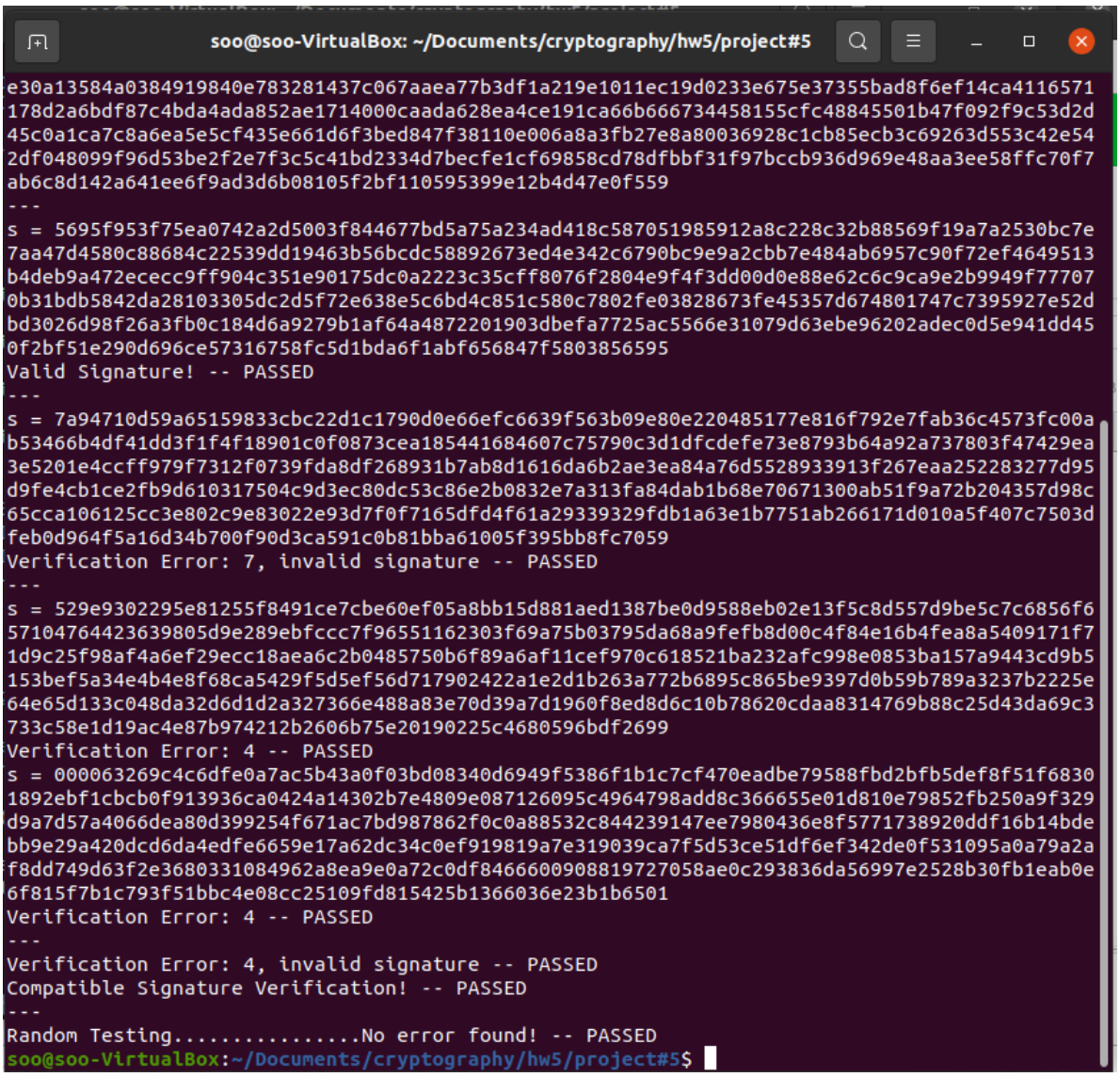
환경 : ubuntu-20.04.3-desktop-amd64(리눅스)

리눅스 환경을 고려하여 arc4random()을 사용하기 위해 2가지를 변경하였다




1. test.c 함수의 #include<stdlib.h>를 #inlcude<bsd/stdlib.h>로 변경하였다.
2. gcc 링크 시 -lbsd옵션을 사용하기 위해서 Makefile에 -lbsd를 추가하였다.

## <실행 결과물>




No error found!를 확인하였다.

## <소감/어려웠던점>

1. 자료형에 대한 고민

(수정 전)

```
165 int rsassa_pss_sign(const void *m, size_t mLen, const void *d, const void *n, void *s)
166 {
167         uint32_t *M, *pad1, *mhash, *salt, *DB, *ps, *EM, *maskedDB, *H, *hmgf;
168         uint32_t tmp_1 = 1;
169         uint32_t tmp_0 = 0;
170         if(rsa_cipher(s,d,n) == 1) return 1;//out of range
171
172         sha(m,mLen,&mhash);//mhash = hash(m)
173         salt = arc4random_uniform(SHASIZE);
174
175         mhash = (mhash << SHASIZE);
176         M = (tmp_0 << 2*SHASIZE);
177         M = (M | mhash | salt);///M_prime = pad1 || mhash || salt
178
179         DB = (tmp_0 << RSAKEYSIZE - 1) | (tmp_1 << SHASIZE) | salt;
180         //DB = ps || 0x01 || salt
181
182         sha(&M,8 + (SHASIZE/8) * 2, &H);
                                                                    167,2-9       90%
```

(수정 후)

```
172 int rsassa_pss_sign(const void *m, size_t mLen, const void *d, const void *n, void *s)
173 {
174         unsigned char mhash[hash_s];
175         unsigned char salt[hash_s];
176         unsigned char M_prime[8+hash_s*2];
177
178         unsigned char H[hash_s];
179         unsigned char mgf_H[db_s];
180
181         unsigned char DB[db_s];
182
183         unsigned char maskedDB[db_s];
184         unsigned char EM[rsa_s];
185
186         uint64_t is_long = 1;
187         uint8_t bc = 0xbc;
188         is_long = (is_long << 60) - 1;//2^61-1
189
```

Arc4random을 통해 난수를 생성하기 때문에 uint32_t를 이용하여 연산하려 하였지만 비트 연산에서 어려움을 느껴 주소 값을 이용하여 계산할 수 있도록 코드를 수정하였다.

2. 배열 입력의 순서에 대한 고민

```
180         memset(M_prime,0,8+SHASIZE/8*2);//padding1
181         memcpy(M_prime + SHASIZE/8, mhash, SHASIZE/8); //M_prime = pad1 || mhash
182         memcpy(M_prime,salt, SHASIZE/8);
183
```

```
199         memset(M_prime, 0x00, 8);//padding1
200         sha(m, mLen, mhash);    //mhash = hash(m)
201         *salt = arc4random_uniform(SHASIZE);    //upperbound가 SHASIZE인 random # salt 생성
202         memcpy(M_prime + 8, mhash, hash_s); //M_prime = pad1 || mhash
203         memcpy(M_prime + 8 + hash_s, salt, hash_s); // M_prime = pad1 || mhash || salt
204
```

예를 들어 M′ = padding || mhash || salt일 때 padding값이 M′[0]부터 적용되는지 M′[8 + 2*hash_s]부터 역으로 적용되는지 확신이 들지 않아 직접 확인해보았다.

3. verify함수에서 padding2 검증

전

```
294         //-- check padding2 --
295         for(int j=0;j<(DB_size - SHASIZE)/8 - 1;j++){
296                 if(DB[j] & 1)   return 6;
297         }
298         if(DB[(DB_size - SHASIZE)/8 - 1] != 0x01)       return 6;
299
```

후

```
290
291         //-- check padding2 --
292         for(int j = 1;j < pad2_s - 1; j++){
293                 if(DB[j] & 1)   return 6;//EM_INVALID_PD2
294         }
295         if(DB[pad2_s - 1] != 0x01)      return 6;//EM_INVALID_PD2
296
```

j = 0 부터 확인할 때 error가 발생하였다. EM에서 MSB를 강제로 0으로 설정하였기 때문에 verify에서 만들어낸 DB의 첫 번째 padding바이트가 0x00이 아닐 수도 있기 때문에 j = 1부터 검증하였고 padding2의 마지막 비트가 1인지 확인하였다.

4. M'생성 시 실수한 부분

```
276         memset(M_prime,0x00,8);
277         memcpy(M_prime + 8,mhash,mLen);
278         memcpy(M_prime + 8 + SHASIZE/8, salt, SHASIZE);
279
280         sha(M_prime,8 + SHASIZE/8 *2,H_prime);
```

```
294         memset(M_prime, 0x00, 8); //M_prime = padding1
295         memcpy(M_prime + 8, mhash, hash_s); //M_prime = padding1 || mhash
296         memcpy(M_prime + 8 + hash_s, salt, hash_s); //M_prime = padding || mhash || salt
297
298 //H_prime
299         sha(M_prime,8 + hash_s * 2, H_prime); // H_prime = hash(M_prime)
```

mhash를 M'에 추가해 줄 때 해쉬의 길이가 아닌 메시지의 길이를 붙여 넣어 오류가 발생하였고 알고리즘적으로 확인을 여러 번 했지만 찾지 못해 가장 오래동안 헤맨 부분이었다.

4번을 통해 전체 코드를 재정리할 수 있었고 공지내용 [과제 #5] 범하기 쉬운 오류: 확장성에 고려하여 RSA와 SHA가 변화되었을 때도 적용될 수 있도록 자주 쓰는 변수들을 define하였다.

이 과제를 진행하면서 익숙해진 비트연산을 이용하기 위해 자료형을 오랫동안 고민 해보았지만 헤더파일의 #include <string.h>라는 힌트를 통해 메모리 주소를 이용하는 연산으로 선회할 수 있었다.

변수의 실수 덕분에 전체적인 알고리즘을 오랫동안 다시 고민해보았고 주석처리도 평소보다 더욱 깔끔하게 할 수 있었다. 배열의 크기에 대해서도 수치적으로 깔끔하게 define할 수 있었다.

**<피드백 반영>**

- 피드백 내용 1. 틀린 것은 아니지만 전처리로 정의한 것은 일반 변수와 구분하기 위해 대문자를 사용하는 곳이 전세계 관례이다.

수정 전

```
20 #define hash_s SHASIZE/8
21 #define rsa_s RSAKEYSIZE/8
22 #define db_s (RSAKEYSIZE - SHASIZE - 8)/8
23 #define pad2_s (db_s - SHASIZE/8)
```

수정 후

```
20 #define HASH_S SHASIZE/8
21 #define RSA_S RSAKEYSIZE/8
22 #define DB_S (RSAKEYSIZE - SHASIZE - 8)/8
23 #define PAD2_S (DB_S - SHASIZE/8)
```

변수와 구분을 위해 피드백 내용을 반영하여 대문자로 변경하였다.

- 피드백 내용 2. 아래 EM_HASH_TOO_LONG 계산에 단위에서 오류가 있는 것 같다. 다시 한번 확인해라.

수정 전

```
196         if(RSAKEYSIZE < SHASIZE * 2 + 2)        return 3; //EM_HASH_TOO_LONG
```

```
266         if(RSAKEYSIZE < SHASIZE * 2 + 2)        return 3; //EM_HASH_TOO_LONG
```

수정 후

```
196         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
```

```
267         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
```

Rfc8017.pdf에서 제공한 `3. If emLen < hLen + sLen + 2, output "inconsistent" and stop.` 이 내용은 byte단위지만 비트 단위로 착각하여 계산단위 오류가 발생하였다.

- **피드백 내용 3. EM_HASH_TOO_LONG을 검증하는 과정에서 Padding2에서 공간이 부족하면 PS는 없어도 되지만 0x01은 필수로 처리한 것처럼 보인다. 우리는 salt의 길이를 알고 있기 때문에 PS와 0x01 둘 다 생략할 수 있는 것 아닌가? 그 문제에 대해서 너는 어떻게 생각하는가? 보고서에 네 의견을 서술하기 바란다.**
- **질문의 요지는 공간이 부족하면 0x01도 생략할 수 있냐?였다. 가능한지 아님 불가능한지, 그 이유는 무엇인지.** 잘 생각해보고 다시 답변해라. --- 나머지는 옳게 수정했다.

```
208 // --- DB ---
209         memset(DB, 0x00, pad2_s );//padding2
210         DB[pad2_s - 1] = 0x01; // padding2 : 0x01
211
212         memcpy(DB + pad2_s, salt, hash_s ); // DB = padding2 || salt
213
```

**공간이 부족하면 0x01도 생략할 수 있는가?**

➔ **생략하면 안된다고 생각합니다.**

**그 이유는?**

➔ RSA = padding2 || salt || H || 0xbc 이고 여기서 salt || H || 0xbc 의 크기는 HASH_S * 2 + 1 입니다.

곰곰히 **다시** 생각해 본 결과 제 코드에서는 해쉬의 길이에 대한 에러를 처리하는 과정을 거쳤습니다.

```
if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
```

**RSA_S >= HASH_S * 2 + 2** 이기 때문에 padding2의 0x01이 존재할 수 있는 공간이 **충분**합니다.

0x01을 생략할 만큼 공간이 부족하려면 EM_HASH_TOO_LONG에서 처리되기 때문에 0x01은 **생략하지 않아도 된다고 생각합니다.**

- 피드백 내용 4. 상수를 피하려고 오류 메시지를 정의했는데, 그 사용의 의미가 퇴색됨.

return 3; //EM_HASH_TOO_LONG → return EM_HASH_TOO_LONG;

```
228 // --- error check ---
229         if(rsa_cipher(EM, d, n))        return EM_MSG_OUT_OF_RANGE; //EM cipher & EM_MSG_OUT_OF_
    RANGE
230
```

```
191 // --- error check ---
192         if(m >= n)      return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE 메세지의 길이는 n보다 >
    작아야함.
193
194         if(mLen > is_long && SHASIZE <= 256)    return EM_MSG_TOO_LONG;//EM_MSG_TOO_LONG
195
196         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
197
```

```
261 // --- error check ---
262         if(m >= n)      return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE
263
264         if(mLen > is_long)      return EM_MSG_TOO_LONG;//EM_MSG_TOO_LONG
265
266         if(RSAKEYSIZE < SHASIZE * 2 + 2)        return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
267
268         if(rsa_cipher(EM, e, n))        return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE
269
270         if(EM[RSAKEYSIZE/8 - 1] ^ bc)   return EM_INVALID_LAST;//EM_INVALID_LAST
271
272         if(EM[0] >> 7 & 1)      return EM_INVALID_INIT;//EM_INVALID_INIT
```

```
288         //-- check padding2 --
289         if(PAD2_S > 0){
290                 for(int j = 1;j < PAD2_S - 1; j++){
291                         if(DB[j] & 1)   return EM_INVALID_PD2;//EM_INVALID_PD2
292                 }
293                 if(DB[PAD2_S - 1] != 0x01)      return EM_INVALID_PD2;//EM_INVALID_PD2
294         }
```

```
301 // --- error7 check
302         if(memcmp(H, H_prime, HASH_S)!=0)       return EM_HASH_MISMATCH;//compare H, H_prime
303
```

공지 내용 [과제 #5] 범하기 쉬운 오류: 확장성에 위배된 내용으로 RSA와 SHA만 고려한 나머지 error메시지에 대한 확장성을 고려하지 못했다. 코드 전체의 오류 메시지를 수정하였다.

전체 코드 입니다.

```
172 int rsassa_pss_sign(const void *m, size_t mLen, const void *d, const void *n, void *s)
173 {
174         unsigned char mhash[HASH_S];
175         unsigned char salt[HASH_S];
176         unsigned char M_prime[8 + HASH_S * 2];
177
178         unsigned char H[HASH_S];
179         unsigned char mgf_H[DB_S];
180
181         unsigned char DB[DB_S];
182
183         unsigned char maskedDB[DB_S];
184         unsigned char EM[RSA_S];
185
186         uint64_t is_long = 1;
187         uint8_t bc = 0xbc;
188         is_long = (is_long << 60) - 1;//2^61-1 (2^64bit = 2^61byte)
189
190
191 // --- error check ---
192         if(m >= n)      return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE 메세지의 길이는 n보다 작아야함.
193
194         if(mLen > is_long && SHASIZE <= 256)    return EM_MSG_TOO_LONG;//EM_MSG_TOO_LONG
195
196         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
197
198 // --- M_prime ---
199         memset(M_prime, 0x00, 8);//padding1
200         sha(m, mLen, mhash);    //mhash = hash(m)
201         *salt = arc4random_uniform(SHASIZE);    //upperbound가 SHASIZE인 random # salt 생성
202         memcpy(M_prime + 8, mhash, HASH_S); //M_prime = pad1 || mhash
203         memcpy(M_prime + 8 + HASH_S, salt, HASH_S); // M_prime = pad1 || mhash || salt
204
205 // --- H ---
206         sha(M_prime, 8 + HASH_S * 2, H);//H = hash(M_prime);
207
208 // --- DB ---
209
210         memset(DB, 0x00, PAD2_S);//padding2
211         DB[PAD2_S - 1] = 0x01; // padding2 : 0x01
212
213         memcpy(DB + PAD2_S, salt, HASH_S); // DB = padding2 || salt
214
215 // --- maskedDB ---
216         mgf(H, HASH_S, mgf_H, DB_S);//mgf_H = mgf(H)
217
218         for(int i = 0; i < DB_S; i++)   maskedDB[i] = DB[i] ^ mgf_H[i];//maskedDB = DB ^ mgf_H;
219
220         maskedDB[0] = 0x00;//MSB bit 0
221
222 // --- EM ---
223
224         memcpy(EM, maskedDB, DB_S); //EM = masked_DB
225         memcpy(EM + DB_S, H, HASH_S); //EM = maskedDB || H
226         memcpy(EM + RSA_S - 1, &bc,1); // EM = maskedDB || TF(0xbc)
227
228
229 // --- error check ---
230         if(rsa_cipher(EM, d, n))        return EM_MSG_OUT_OF_RANGE; //EM cipher & EM_MSG_OUT_OF_RANGE
231
232 // ---
233         memcpy(s, EM, RSA_S);//s = EM
234         return 0;
235 }
```

```
240 int rsassa_pss_verify(const void *m, size_t mLen, const void *e, const void *n, const void *s)
241 {
242         unsigned char mhash[HASH_S];
243
244         unsigned char EM[RSA_S];
245         unsigned char maskedDB[DB_S];
246         unsigned char H[HASH_S];
247         unsigned char mgf_H[DB_S];
248
249         unsigned char DB[DB_S];
250         unsigned char salt[HASH_S];
251
252         unsigned char M_prime[8 + HASH_S * 2];
253
254         unsigned char H_prime[HASH_S];
255
256         uint64_t is_long = 1;
257         uint8_t bc = 0xbc;
258         is_long = (is_long << 60) - 1;//2^61-1
259
260         memcpy(EM, s, RSA_S);//EM = s
261
262 // --- error check ---
263         if(m >= n)      return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE
264
265         if(mLen > is_long)      return EM_MSG_TOO_LONG;//EM_MSG_TOO_LONG
266
267         if(RSA_S < HASH_S * 2 + 2)      return EM_HASH_TOO_LONG; //EM_HASH_TOO_LONG
268
269         if(rsa_cipher(EM, e, n))        return EM_MSG_OUT_OF_RANGE;//EM_MSG_OUT_OF_RANGE
270
271         if(EM[RSAKEYSIZE/8 - 1] ^ bc)   return EM_INVALID_LAST;//EM_INVALID_LAST
272
273         if(EM[0] >> 7 & 1)      return EM_INVALID_INIT;//EM_INVALID_INIT
274
275 // --- M ---
276         sha(m,mLen,mhash); //mhash = hash(m) step2
277
278 // --- EM ---
279         memcpy(maskedDB, EM, DB_S );// pick maskedDB from EM
280         memcpy(H, EM + DB_S, HASH_S);// pick H from EM
281
282         mgf(H, HASH_S , mgf_H, DB_S );//mgf_H = mgf(H)
283
284 // --- DB ---
285         for(int i = 0; i < DB_S; i++)   DB[i] = maskedDB[i] ^ mgf_H[i];
286         memcpy(salt, DB + PAD2_S , HASH_S);//pick salt from DB
287
288         //-- check padding2 --
289         for(int j = 1;j < PAD2_S - 1; j++){
290                 if(DB[j] & 1)   return EM_INVALID_PD2;//EM_INVALID_PD2
291         }
292                 if(DB[PAD2_S - 1] != 0x01)      return EM_INVALID_PD2;//EM_INVALID_PD2
293
294 // --- M_prime ---
295         memset(M_prime, 0x00, 8); //M_prime = padding1
296         memcpy(M_prime + 8, mhash, HASH_S); //M_prime = padding1 || mhash
297         memcpy(M_prime + 8 + HASH_S, salt, HASH_S); //M_prime = padding || mhash || salt
298
299 //H_prime
300         sha(M_prime,8 + HASH_S * 2, H_prime); // H_prime = hash(M_prime)
301
302 // --- error7 check
303         if(memcmp(H, H_prime, HASH_S)!=0)       return EM_HASH_MISMATCH;//compare H, H_prime
304
305 // ---
306         return 0;
307 }
```