2001 년 한국정보처리학회 춘계 학술발표논문집 제 8 권 제 1 호

해쉬을 추가한 안전한 IV 전송 알고리즘

이영지, 김태윤, 현은실, 박남섭
고려대학교 컴퓨터학과
e-mail : {yjlee, tykim, eunsil, nspark}@netlab.korea.ac.kr

IV safe transfer algorithm adding hashing

Lee, young-ji, Kim, tai- yun
Dept. of Computer Science, Korea University

요 약

IPSec(IP Security)은 데이터가 공개적으로 전송되는 네트워크에서 데이터에 암호화와 인증, 무결성을 제공하기 위해 사용되는 프로토콜이다. IPSec 안에는 여러 프로토콜이 있는데, 그 중에 실제 패킷에 암호화와 인증, 무결성을 추가해 전달하기 위해서는 ESP(Encapsulation Security Payload)라는 프로토콜이 사용된다. 이 ESP 는 패킷을 암호화하기 위해 DES-CBC 모드를 사용하는데, 여기에서 IV(Initialization Vector) 값이 쓰인다.

이 값은 패킷 복호화를 하기 위해 공개적으로 전달이 되기 때문에 중간에 공격자에 의해 공격 당할 위험이 많다.

본 논문에서는 IV 공격을 방지하기 위해 IV 의 값을 해쉬 함수를 통해 한번 해쉬을 한 다음에, IV 값을 안전하게 전달하는 방법을 제시하고자 한다.

1. 서론

네트워크 상으로 점점 많고, 중요한 데이터들이 전송됨에 따라 그 데이터들에 대한 안정성과 인증이 필요하게 되었다.

IPSec(IP Security)은 인터넷과 같은 공개적인 공중 통신망에서 데이터를 전송할 때 데이터를 보호하기 위한 프로토콜이다. IPSec 안에는 기본적으로 여러 프로토콜이 포함된다.

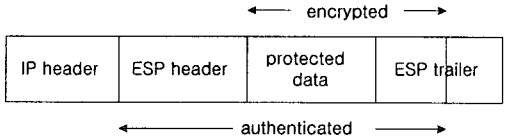
AH(Athentication Header)는 실제 데이터 패킷에 무결성과 인증을 제공해 주는 프로토콜이고, AH 의 기능에 암호화를 더한 기능의 ESP(Encapsulation Security Payload)가 있다. 그리고 두 통신 호스트 사이에 데이터 패킷을 주고받기 위한 여러 가지 사항들에 대한 내용을 결정하는 SA(Security Association)을 협상하기 위한 IKE(Internet Key Exchange) 프로토콜이 있다.

본 논문에서는 이 중에서도 ESP 에서 받기 쉬운 공격인 'IV 공격'을 방어하기 위한 해결책을 제시한다.

2. 관련 연구

• ESP

ESP 는 IP 패킷에 대해 데이터 무결성, 인증, 암호화, replay 공격에 대한 방어 등의 기능을 제공하는 프로토콜이다. 원래의 IP 패킷과 헤더 사이에 새로운 ESP 헤더를 삽입하게 된다. ESP 는 다음 그림과 같이 헤더와 트레일러로 구성이 된다. 트레일러는 암호화가 되지만, 헤더 부분은 암호화가 되지 않은, 공개된 상태로 전송이 된다.



ESP 에서 쓰이는 모든 암호 알고리즘은 CBC(Cipher Block Chaining) 모드를 사용한다. CBC 모드로 암호화 하려면 데이터가 암호 블록 사이즈의 배수의 길이가 되어야 한다. 이것은 데이터의 끝에 패딩(padding)을 덧붙여서 해결한다. 이 패딩은 데이터와 같이 암호화가 되어 송신자로부터 복호화 된다.

• SA

SA(Security Association)는 IPSec 을 통해 데이터를 전송하는 수행 과정에 필요한 키, 패킷 안전화, 전송 형태 등 여러 가지 사항들을 결정한다. SA 는 두 통신 개체 사이의 협상이므로 실제 패킷을 전달하기 전에 모든 협상이 끝나야 한다.

SA 는 단방향이기 때문에, 나가는 패킷과 들어오는 패킷에 대해 각각의 SA 를 사용한다. 이런 작업은 IKE(Internet Key Exchange)를 통해서 이루어진다. IKE 는 공유된 비밀 파라미터와 인증된 키들을 생성한다.

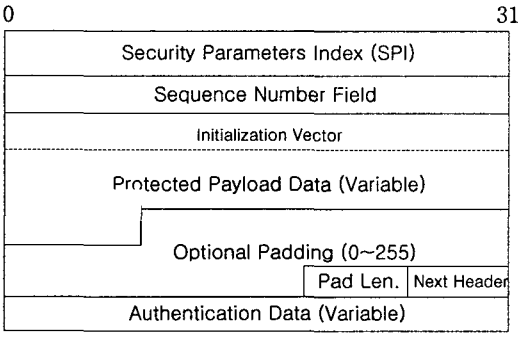
SA 에는 두 단계가 있다. 우선 암호화된 데이터를 전송할 때 필요한 사항을 협상하는 SA(quick mode)와 이 SA 를 또 설정하기 위한 SA 에 대한 SA(main mode)가 있다.

• IV

CBC 모드에서의 암호는 IV(Initialization Vector)를 필요로 하는데, 이것은 데이터 페이로드 필드에 첫번째 바이트로 포함이 된다. 이것은 암호화 알고리즘에 따라 틀리게 되는데, 예를 들면 IPSec 에서 쓰이는 DES-CBC 모드에서는 보호되는 데이터 필드의 첫 번째 8 바이트가 IV 가 된다.

IV 는 암호화된 데이터를 송신자가 해쉬 함수를 통해 다시 복호화를 하는데 사용이 된다.

아래는 ESP 에서 IV 가 포함되는 패킷을 나타낸 그림이다.



<그림 2 ESP 에 의해 보호되는 IP 패킷>

이 중에서 Payload Data 까지만 암호화가 되고 IV 값은 그대로 전송이 된다. 공격자들은 네트웍에서 패킷을 가로챈 다음에 이 IV 값을 변형시키게 된다.

•해쉬 함수(hash function)

해쉬 함수는 임의의 입력 비트열에 대하여 일정한 길이의 안전한 출력 비트열을 내는 함수로써 주어진 해쉬 코드에 대하여 이 해쉬 코드를 생성하는 데이터 스트링을 찾아내는 것은 계산상 불가능하고, 주어진 데이터 스트링에 대해 같은 해쉬 코드를 생성하는 또 다른 데이터 스트링을 찾아내는 것 또한 불가능하다는 성질을 만족하는 함수이다.

해쉬 함수 h 는 만족시켜야 하는 네 가지 사항이 있는데, 우선 함수 h 는 임의의 크기의 입력 M 에 적용할 수 있어야 하고, 입력받은 값에 대해 일정한 길이의 출력값 H = h(M)을 낼 수 있어야 한다. 함수 h 와 출력값 H 가 주어졌을 때 H = h(M)을 계산하기 쉬워야 하고, 입력값 M 을 구하는 역계산이 불가능해야 한다.

3. IV 공격

IV(Initialization Vector)는 3DES-CBC 모드에서 ESP 의 데이터에 대한 암호화를 제공하는 초기 값이다. ESP 의 처음 패킷은 IV 와의 XOR 을 통해 암호화가 이루어진다. IV 는 ESP 패킷에서 암호화되지 않고, 공개적으로 보내지기 때문에 공격당할 위험이 많다. 이렇게 IV 를 변경시켜서 일어나는 것을 'IV 공격(IV attack)'이라고 한다. 이 공격은 CBC 암호에서 IV 를 변경하여 인증되지 않은 IV 를 사용한다. 공격자는 그 변경된 IV 를 사용하여 데이터를 복호화할 수 없게 만들고, 또 복호화된 평문의 첫 번째 블록을 바꿀 수도 있다.

IV 공격은 특히 IPSec 에서 문제가 된다.

첫째, IPSec 에서는 CBC 모드에서의 블록 암호를 사용하도록 하고 있다. 블록 암호는 데이터를 일정한 크기의 블록 단위 별로 묶어서 암호화를 하는 것이다. 그렇기 때문에 IV 가 손상이 되면 그 블록 안의 모든 데이터를 잃어버리게 된다. 게다가, 이 알고리즘의 거의 대부분은 인증되지 않고 공개된 상태로 전송되는 IV 를 사용하도록 하고 있다. IV 는 ESP 데이터를 복호화 하는데 필요하기 때문에 IV 를 조금만 바꿔도 송신자는 원하는 데이터를 얻을 수가 없다.

이와 같은 문제점 때문에 IV 값을 안전하게 전송할 수 있는 방법이 연구되었다.

4. 제안된 IV 해쉬 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 공개적으로 전송되는 IV 의 값에 해쉬을 적용해서 좀 더 안전한 상태로 전송을 하는 것이다.

SA 에서는 호스트 간에 여러 가지 프로토콜과 패킷들에 대한 사항들을 결정하게 된다. IV 를 해쉬한 값은 이 SA 중에 아직 사용되지 않은 필드들에 저장이 되어서 같이 전송이 되게 된다.

SA 과정에서 여러 가지 필드들이 전송이 되는데, 아래의 그림은 그런 필드들을 체이닝 방식(Chaining)을 통해 하나로 묶어서 전송하기 위한 헤더를 나타낸 것이다.

<table>
<tr><td colspan="4">Initiator Cookie</td></tr>
<tr><td colspan="4">Responder Cookie</td></tr>
<tr><td>Next Pay = 1</td><td>Major Ver.</td><td>Minor Ver.</td><td>Flags</td></tr>
<tr><td colspan="4">Message ID</td></tr>
<tr><td colspan="4">Length</td></tr>
<tr><td>Next Pay = 2</td><td>0</td><td colspan="2">Payload Length</td></tr>
<tr><td colspan="4">1</td></tr>
<tr><td colspan="4">Situation</td></tr>
<tr><td>Next Pay = 0</td><td>0</td><td colspan="2">Payload Length</td></tr>
<tr><td>Proposal #= 1</td><td>Proto ID = ESP</td><td>SPI size</td><td># of Trsfms= 2</td></tr>
<tr><td colspan="4">SPI</td></tr>
<tr><td>Next Pay= 3</td><td>0</td><td colspan="2">Payload Length</td></tr>
<tr><td>Trsfrm #= 1</td><td>Transform ID</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="4">SA Attributes (See Attribute Payload Congifuration)</td></tr>
<tr><td>Next Pay= 0</td><td>0</td><td colspan="2">Payload Length</td></tr>
<tr><td>Trsfrm #= 2</td><td>Transform ID</td><td colspan="2">0</td></tr>
<tr><td colspan="4">SA Attributes (See Attribute Payload Congifuration)</td></tr>
</table>

<그림 3 체이닝 페이로드를 위한 제너릭 헤더>

IV 를 해쉬하기 위한 함수는 IPSec 에서 기본적으로 제공하는 DES-CBC 모드를 사용하게 된다.

아래는 IV 패킷을 암호화하는 알고리즘이다. IPSec 에서 쓰이는 암호 알고리즘을 다시 한번 불러주면 되는 것이다.

IV 를 송신자에서 다시 해쉬하는데 필요한 초기값은 이 체이닝 SA 의 아직 사용되지 않은 필드에 저장이 되어서 전송하게 된다.

본 논문에서는 SA attributes 의 필드에 추가해서 전송하고자 한다.

SA 의 두번째 단계에서는 상호간에 대한 인증이 끝난 상태이기 때문에 이렇게 직접 값을 주고 받아도 문제가 없어진다

이렇게 함으로써 IV 의 값이 보호될 수 있다.

```
#include <crypto.h>
/*암호 해더 파일을 추가한다.*/.....

extern void IV_crypto(void);
/*변수를 선언한다.*/
.....
bool new_ IV_set = TRUE;

/* hash and prf routines */

const struct hash_desc IV_hasher[IV_TIGER+1] =
{
        { 0, NULL, NULL, NULL },
/* no specified hasher */

        { MD5_DIGEST_SIZE,
            (void (*)(union hash_ctx *)) MD5Init,
                  (void (*)(union hash_ctx *,
              const u_char *, unsigned int))
              MD5Update,
                (void (*)(u_char *, union
            hash_ctx *)) MD5Final},
/* IV_MD5 */

        { SHA1_DIGEST_SIZE,
            (void (*)(union hash_ctx *))
SHA1Init,
            (void (*)(union hash_ctx *, const
u_char *, unsigned int)) SHA1Update,
            (void (*)(u_char *, union hash_ctx *))
SHA1Final},
          /* IV_SHA */

        { 0, NULL, NULL, NULL }
      };
```

<표 1. IV 해쉬 알고리즘>

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서 제안된 알고리즘은 IPSec 의 ESP 패킷과 IV 를 좀 더 안전하게 전송하고자 제안되었다. 제안된 알고리즘은 IV 에 해쉬 함수를 적용함으로써 안전성을 추가하는 장점을 가졌지만, 송신자가 그 암호화된 IV 를 또 풀어야 하는 부가적인 작업이 따라야 한다는 면에서 시간과 비용이 걸리는 단점이 있다.

이것은 데이터의 기밀성을 유지하기 위해서 추가되는 트레이드 오프(trade off) 이지만, 앞으로 좀 더 연

구를 통해서 많은 부분을 개선하는 것을 향후 과제로 삼고 있다.

참고문헌

[1] Christopher B. MaCubbin and Ali Aydin Selcuk, "Initialization Vector Attacks on the IPSec Protocol Suite," IEEE Trans. Commun., vol. 17, NO. 6. June 2000

[2] Naganand Doraswamy and Dan Harkins, "IPSec The New Security Standard for the Internet, Intranets, and Virtual Private Networks" Prentice Hall. Networking, vol. 4, pp. 885-901, Dec. 1996

[3] S. Kent and R. Alkinson, "IP Encapsulation Security Payload(ESP)", rfc-2406

[4] P.Karn , P.Metsger and W.Simpson, "The ESP DES-CBC Transform" rfc-1829

[5] Tiller and James S, "A Technical Guide to IPSec Virtual Private Networks ", CRC Press, 2000

[6] Steven M. Bellovin, "Problem Areas for the IP Security Protocols", 1996