UNIVERSIDAD AMERICANA

Redes de Comunicación – Unidad V

Seguridad en la capa de Red. – IPSec

Recopilación de teoría referente a la materia

Ing. Luis Müller
2011

Esta es una recopilación de la teoría referente a la asignatura Redes de Comunicación, a ser estudiada en clases con los alumnos, y que servirá como base para su aplicación también en clases en ejercicios prácticos.

Contenido

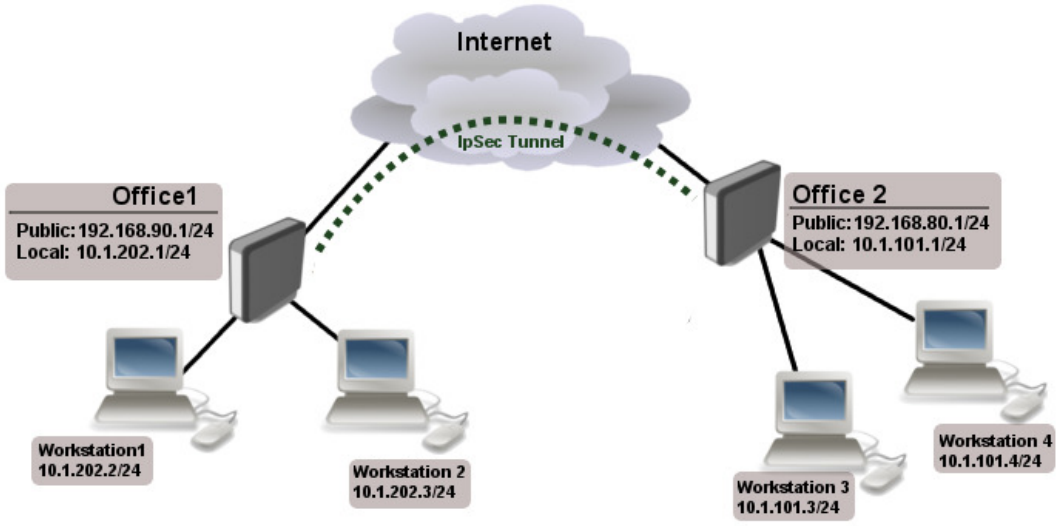
Unidad V – seguridad en la capa de red.
Conceptos básicos. IP sec. Modos IP sec. Utilizaciones. Ejemplos de diseños

¿Qué es IPsec?

IPsec es un protocolo que está sobre la capa del protocolo de Internet (IP). Este, permite a dos o más equipos comunicarse de forma segura (de ahí viene el nombre). La "pila de red" IPsec incluye soporte para las dos familias de protocolos, IPv4 e IPv6.

IPsec (abreviatura de Internet Protocol security) es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos. IPsec también incluye protocolos para el establecimiento de claves de cifrado.

IPsec emplea dos protocolos diferentes - AH y ESP - para asegurar la autenticación, integridad y confidencialidad de la comunicación. Puede proteger el datagrama IP completo o sólo los protocolos de capas superiores.

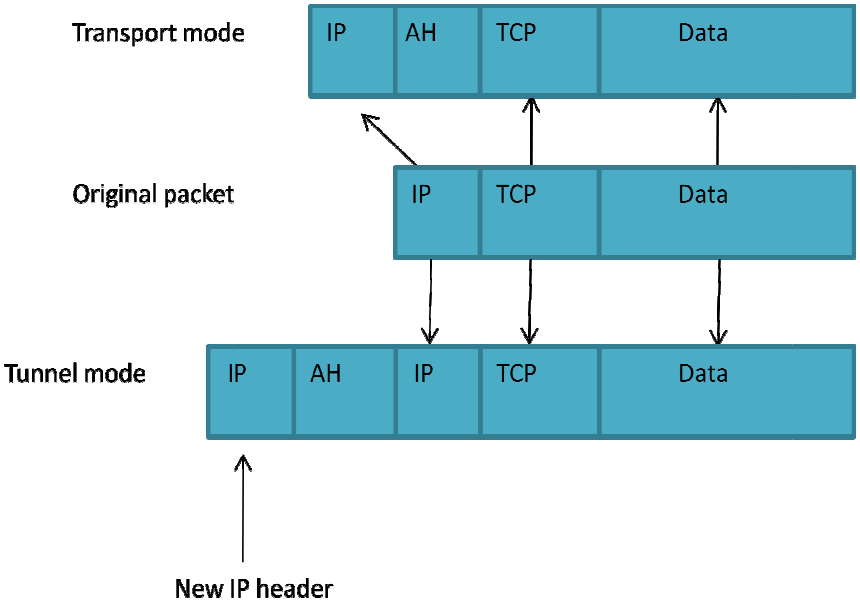


IPSec autentifica los equipos y cifra los datos para su transmisión entre hosts en una red, intranet o extranet, incluidas las comunicaciones entre estaciones de trabajo y servidores, y entre servidores.

El objetivo principal de IPSec es proporcionar protección a los paquetes IP. IPSec está basado en un modelo de seguridad de extremo a extremo, lo que significa que los únicos hosts que tienen que conocer la protección de IPSec son el que envía y el que recibe. Cada equipo controla la seguridad por sí mismo en su extremo, bajo la hipótesis de que el medio por el que se establece la comunicación no es seguro.

Estos modos se denominan, respectivamente, modo túnel y modo transporte. En modo túnel el datagrama IP se encapsula completamente dentro de un nuevo datagrama IP que emplea el protocolo IPsec.

En modo transporte IPsec sólo maneja la carga del datagrama IP, insertándose la cabecera IPsec entre la cabecera IP y la cabecera del protocolo de capas superiores.



Características de seguridad de IPSec

Las siguientes características de IPSec afrontan todos estos métodos de ataque:

Protocolo Carga de seguridad de encapsulación (ESP, Encapsulating Security Payload). ESP proporciona privacidad a los datos mediante el cifrado de los paquetes IP.

Claves basadas en criptografía. Las claves cifradas, que se comparten entre los sistemas que se comunican, crean una suma de comprobación digital para cada paquete IP. Cualquier modificación del paquete altera la suma de comprobación, mostrando al destinatario que el paquete ha sido cambiado en su tránsito. Se utiliza material de claves diferente para cada segmento del esquema de protección global y se puede generar nuevo material de claves con la frecuencia especificada en la directiva de IPSec.

Administración automática de claves. Las claves largas y el cambio dinámico de claves durante las comunicaciones ya establecidas protegen contra los ataques. IPSec usa el protocolo Asociación de seguridad en Internet y administración de claves (ISAKMP, Internet Security Association and Key Management Protocol) para intercambiar y administrar dinámicamente claves cifradas entre los equipos que se comunican.

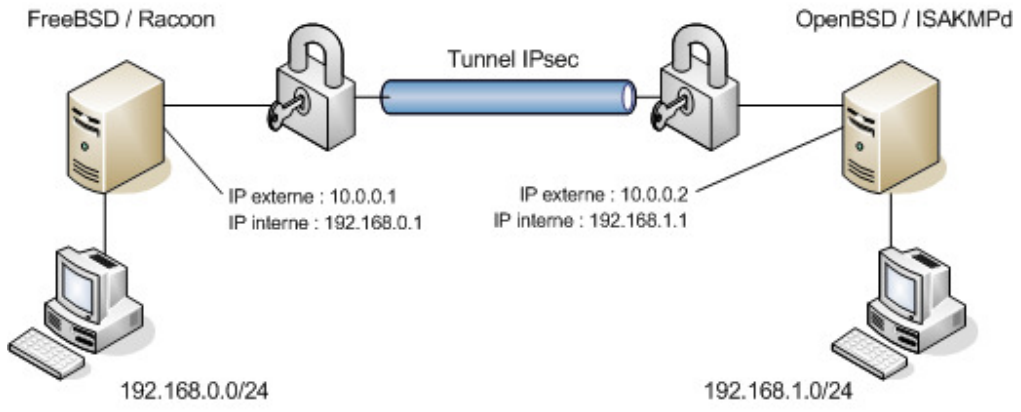
Seguridad a nivel de red. IPSec existe en el nivel de red, proporcionando seguridad automática a todas las aplicaciones.

Autenticación mutua. IPSec permite el intercambio y la comprobación de identidades sin exponer la información a la interpretación de un atacante. La comprobación mutua (autenticación) se utiliza para establecer la confianza entre los sistemas que se comunican. Sólo los sistemas de confianza se pueden comunicar entre sí. Los usuarios no tienen que estar en el mismo dominio para comunicar con la protección de IPSec. Pueden estar en cualquier dominio de confianza de la empresa. La comunicación se cifra, lo que dificulta la identificación e interpretación de la información.

Filtrado de paquetes IP. Este proceso de filtrado habilita, permite o bloquea las comunicaciones según sea necesario mediante la especificación de intervalos de direcciones, protocolos o, incluso, puertos de protocolo específicos.

Sumario

Los protocolos de IPsec actúan en la capa de red, la capa 3 del modelo OSI. Otros protocolos de seguridad para Internet de uso extendido, como SSL, TLS y SSH operan de la capa de transporte (capas OSI 4 a 7) hacia arriba. Esto hace que IPsec sea más flexible, ya que puede ser utilizado para proteger protocolos de la capa 4, incluyendo TCP y UDP, los protocolos de capa de transporte más usados. Una ventaja importante de IPsec frente a SSL y otros métodos que operan en capas superiores, es que para que una aplicación pueda usar IPsec no hay que hacer ningún cambio, mientras que para usar SSL y otros protocolos de niveles superiores, las aplicaciones tienen que modificar su código.



Arquitectura de seguridad

IPsec está implementado por un conjunto de protocolos criptográficos para:

Asegurar el flujo de paquetes

Garantizar la autenticación mutua

Establecer parámetros criptográficos.

La arquitectura de seguridad IP utiliza el concepto de **asociación de seguridad** (SA) como base para construir funciones de seguridad en IP. Una asociación de seguridad es simplemente el paquete de algoritmos y parámetros (tales como las claves) que se está usando para cifrar y autenticar un flujo particular en una dirección. Por lo tanto, en el tráfico normal bidireccional, los flujos son asegurados por un par de asociaciones de seguridad. La decisión final de los algoritmos de cifrado y autenticación (de una lista definida) le corresponde al administrador de IPsec.

Para decidir qué protección se va a proporcionar a un paquete saliente, IPsec utiliza el índice de parámetro de seguridad (SPI), un índice a la base de datos de asociaciones de seguridad (SADB), junto con la dirección de destino de la cabecera del paquete, que juntos identifican de forma única una asociación de seguridad para dicho paquete. Para un paquete entrante se realiza un procedimiento similar; en este caso IPsec toma las claves de verificación y descifrado de la base de datos de asociaciones de seguridad.

Propósito de diseño

IPsec fue proyectado para proporcionar seguridad en modo transporte (extremo a extremo) del tráfico de paquetes, en el que los ordenadores de los extremos finales realizan el procesado de seguridad, o en modo túnel (puerta a puerta) en el que la seguridad del tráfico de paquetes es proporcionada a varias máquinas (incluso a toda la red de área local) por un único nodo.

IPsec puede utilizarse para crear VPNs en los dos modos, y este es su uso principal. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que las implicaciones de seguridad son bastante diferentes entre los dos modos de operación.

La seguridad de comunicaciones extremo a extremo a escala Internet se ha desarrollado más lentamente de lo esperado. Parte de la razón a esto es que no ha surgido infraestructura de clave pública universal o universalmente de confianza (DNSSEC fue originalmente previsto para esto); otra parte es que muchos usuarios no comprenden lo suficientemente bien ni sus necesidades ni las opciones disponibles como para promover su inclusión en los productos de los vendedores.

Como el Protocolo de Internet no provee intrínsecamente de ninguna capacidad de seguridad, IPsec se introdujo para proporcionar servicios de seguridad tales como:

- Cifrar el tráfico (de forma que no pueda ser leído por nadie más que las partes a las que está dirigido)
- Validación de integridad (asegurar que el tráfico no ha sido modificado a lo largo de su trayecto)
- Autenticar a los extremos (asegurar que el tráfico proviene de un extremo de confianza)
- Anti-repetición (proteger contra la repetición de la sesión segura).

Modos

Así pues y dependiendo del nivel sobre el que se actúe, podemos establecer dos modos básicos de operación de IPsec: modo transporte y modo túnel.

Modo transporte

En modo transporte, sólo la carga útil (los datos que se transfieren) del paquete IP es cifrada o autenticada. El enrutamiento permanece intacto, ya que no se modifica ni se cifra la cabecera IP; sin embargo, cuando se utiliza la cabecera de autenticación (AH), las direcciones IP no pueden ser traducidas, ya que eso invalidaría el hash. Las capas de transporte y aplicación están siempre aseguradas por un hash, de forma que no pueden ser modificadas de ninguna manera (por ejemplo traduciendo los números de puerto TCP y UDP). El modo transporte se utiliza para comunicaciones ordenador a ordenador.

Modo túnel

En el modo túnel, todo el paquete IP (datos más cabeceras del mensaje) es cifrado o autenticado. Debe ser entonces encapsulado en un nuevo paquete IP para que funcione el enrutamiento. El modo túnel se utiliza para comunicaciones red a red (túneles seguros entre routers, p.e. para VPNs) o comunicaciones ordenador a red u ordenador a ordenador sobre Internet.

IPsec: modos túnel y transporte

Para proteger la integridad de los datagramas IP, los protocolos IPsec emplean códigos de autenticación de mensaje basados en resúmenes (HMAC - Hash Message Authentication Codes). Para el cálculo de estos HMAC los protocolos HMAC emplean algoritmos de resumen como MD5 y SHA para calcular un resumen basado en una clave secreta y en los contenidos del datagrama IP. El HMAC se incluye en la cabecera del protocolo IPsec y el receptor del paquete puede comprobar el HMAC si tiene acceso a la clave secreta.

Para que los participantes de una comunicación puedan encapsular y desencapsular los paquetes IPsec, se necesitan mecanismos para almacenar las claves secretas, algoritmos y direcciones IP involucradas en la comunicación.

Todos estos parámetros se almacenan en asociaciones de seguridad (SA - Security Associations). Las asociaciones de seguridad, a su vez, se almacenan en bases de datos de asociaciones de seguridad (SAD - Security Asocciation Databases).

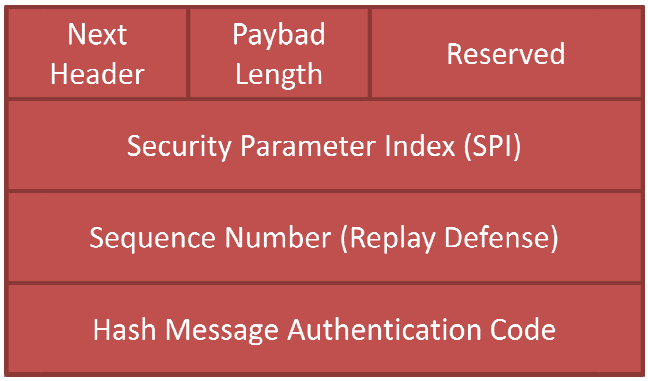
En una asociación de seguridad se definen las direcciones IP de origen y destino de la comunicación. Por ello, mediante una única SA sólo se puede proteger un sentido del tráfico en una comunicación IPsec full dúplex. Para proteger ambos sentidos de la comunicación, IPsec necesita de dos asociaciones de seguridad unidireccionales.

Los protocolos IPsec

La familia de protocolos IPsec está formada por dos protocolos: el AH (Authentication Header - Cabecera de autenticación) y el ESP (Encapsulated Security Payload - Carga de seguridad encapsulada). Ambos son protocolos IP independientes. AH es el protocolo IP 51 y ESP el protocolo IP 50 (ver /etc/protocols). Las siguientes secciones tratarán brevemente sobre sus propiedades:

AH - Cabecera de autenticación

El protocolo AH protege la integridad del datagrama IP. Para conseguirlo, el protocolo AH calcula una HMAC basada en la clave secreta, el contenido del paquete y las partes inmutables de la cabecera IP (como son las direcciones IP). Tras esto, añade la cabecera AH al paquete.



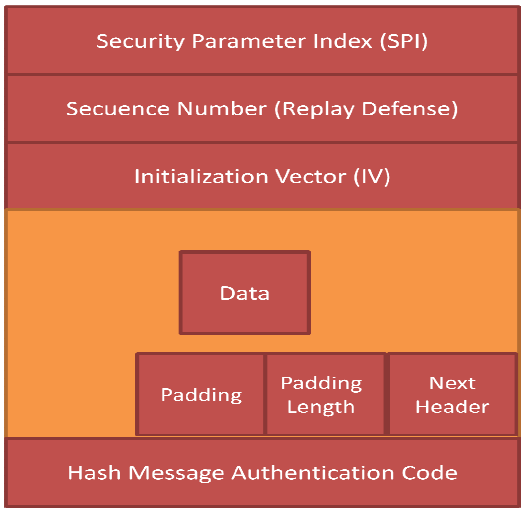
La cabecera AH protege la integridad del paquete

La cabecera AH mide 24 bytes. El primer byte es el campo *Siguiente cabecera*. Este campo especifica el protocolo de la siguiente cabecera. En modo túnel se encapsula un datagrama IP completo, por lo que el valor de este campo es 4. Al encapsular un datagrama TCP en modo transporte, el valor correspondiente es 6. El siguiente byte especifica la longitud del contenido del paquete. Este campo está seguido de dos bytes reservados. Los siguientes 4 bytes especifican en *Índice de Parámetro de Seguridad* (SPI). El SPI especifica la asociación de seguridad (SA) a emplear para el desencapsulado del paquete. El *Número de Secuencia* de 32 bit protege frente a ataques por repetición. Finalmente, los últimos 96 bit almacenan el *código de resumen para la autenticación de mensaje* (HMAC). Este HMAC protege la integridad de los paquetes ya que sólo los miembros de la comunicación que conozcan la clave secreta pueden crear y comprobar HMACs.

Como el protocolo AH protege la cabecera IP incluyendo las partes inmutables de la cabecera IP como las direcciones IP, el protocolo AH no permite NAT. NAT (Network address translation - Traducción de direcciones de red, también conocido como Enmascaramiento de direcciones) reemplaza una dirección IP de la cabecera IP (normalmente la IP de origen) por una dirección IP diferente. Tras el intercambio, la HMAC ya no es válida. La extensión a IPsec NAT-transversal implementa métodos que evitan esta restricción.

ESP - Carga de Seguridad Encapsulada

El protocolo ESP puede asegurar la integridad del paquete empleando una HMAC y la confidencialidad empleando cifrado. La cabecera ESP se genera y añade al paquete tras cifrarlo y calcular su HMAC. La cabecera ESP consta de dos partes.



La cabecera ESP

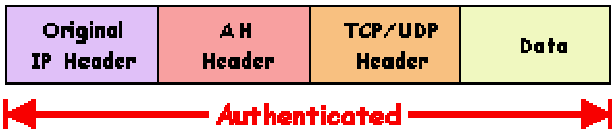
Los primeros 32 bits de la cabecera ESP especifican el *Índice de Parámetros de Seguridad* (SPI). Este SPI especifica qué SA emplear para desencapsular el paquete ESP. Los siguientes 32 bits almacenan el *Número de Secuencia*. Este número de secuencia se emplea para protegerse de ataques por repetición de mensajes. Los siguientes 32 bits especifican el *Vector de Inicialización* (IV - Initialization Vector) que se emplea para el proceso de cifrado. Los algoritmos de cifrado simétrico pueden ser vulnerables a ataques por análisis de frecuencias si no se emplean IVs. El IV asegura que dos cargas idénticas generan dos cargas cifradas diferentes.

IPsec emplea cifradores de bloque para el proceso de cifrado. Por ello, puede ser necesario rellenar la carga del paquete si la longitud de la carga no es un múltiplo de la longitud del paquete. En ese caso se añade la longitud del relleno (pad length). Tras la longitud del relleno se coloca el campo de 2 bytes *Siguiente cabecera* que especifica la siguiente cabecera. Por último, se añaden los 96 bit de HMAC para asegurar la integridad del paquete. Esta HMAC sólo tiene en cuenta la carga del paquete: la cabecera IP no se incluye dentro de su proceso de cálculo.

IPSec Authentication Header (AH): IP protocol number 51

Before applying AH

IPSec Transport Mode: After applying AH



IPSec Tunnel Mode: After applying AH