Segurança em Redes IP

FEUP
MPR

Requisitos de Segurança em Redes

» Autenticação: O parceiro da comunicação deve ser o verdadeiro

» Confidencialidade: Os dados transmitidos não devem ser espiados

» Integridade: Os dados transmitidos não devem ser alterados

Conceitos

- Cifrar: mensagem aberta → mensagem cifrada
  - Função matemática + chave
- Decifrar: mensagem cifrada → mensagem aberta
  - Função matemática + chave

- Chave simétrica
  - » chave única para cifrar e decifrar → chave simétrica
    - DES_CBC (Data Encryption Standard, Chipher Block Chaining). Chave de 56 bits
    - IDEA (International Data Encryption Algorithm). Chave de 128 bits
    - 3DES – 3 chaves de 56 bits (1ª pode ser igual a 3ª)
- Chave assimétrica
  - » 2 chaves: pública e privada → chave assimétrica
    - RSA (Rivest, Shamir, Adleman) – chaves longas
  - » Em redes,
    - chaves assimétricas normalmente usadas para gerar chaves simétricas

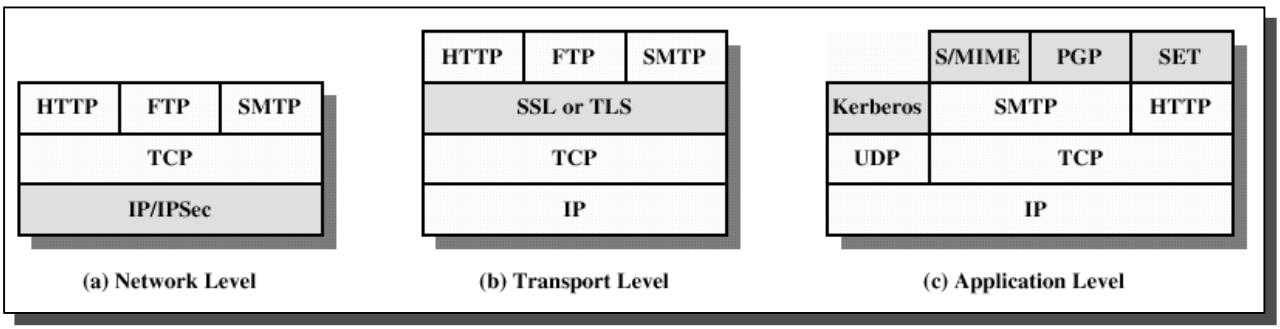
Resumo de Mensagem / Assinatura Digital

- Resumo de mensagem
  - » Pequeno valor (128 a 512 bit) obtido a partir de uma mensagem
  - » Usada função de Hash
  - » Algoritmos comuns
    - MD5 (Message Digest 5). 128 bit
    - SHA (Secure Hash Algorithm). 160 bit
- Assinatura digital
  - » Resumo de mensagem cifrado com chave chave assimétrica (a privada)
    - Ex. MD5+RSA, SHA+RSA
  - » Resumo de mensagem cifrado com chave simétrica
    - Ex. Keyed MD5: [chave,mensagem,chave] → MD5→ assinatura ; mais usado em redes

- Com assinatura digital consegue-se verificar
  - » Integridade → saber se mensagem foi modificada
  - » Autenticidade → saber quem assinou a mensagem

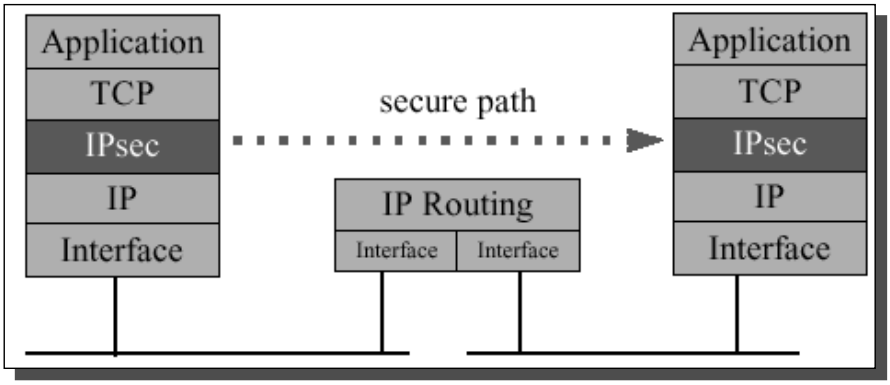
Segurança na Pilha TCP/IP

- Aplicação
  - » Kerberos → sistema de autenticação global. Baseado em bilhetes. Chave privada (DES)
  - » PGP (Pretty Good Privacy). Usado com mail para (de)cifrar mensagens. Assinaturas digitais
  - » S/MIME → Cifra de mensagens + assinaturas electónicas
  - » SSH → Secure Shell. Substituto seguro do rsh / rlogin
- Transporte
  - » TLS (Transport Layer Security). Nome antigo → SSL. Segurança de sessões HTTP
- Rede
  - » IPSec



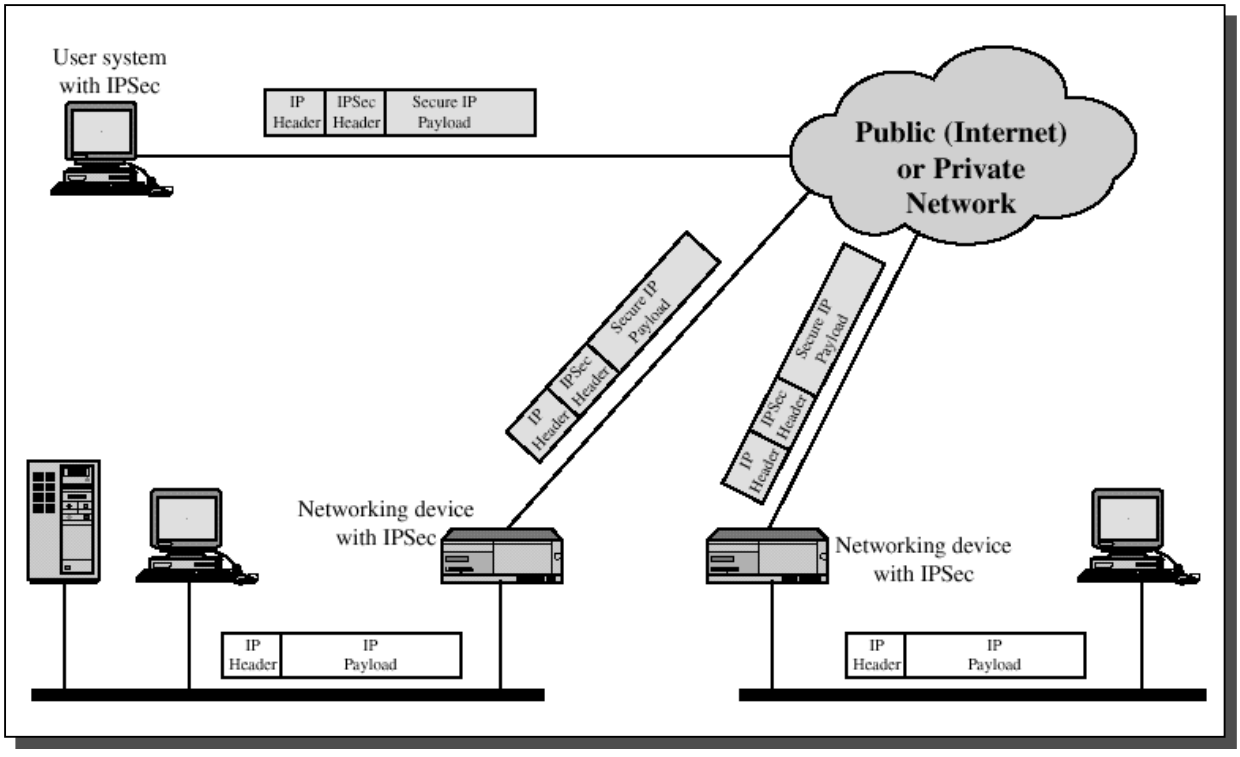
IPSec

IPSec



- Arquitectura segura para IP
  - » Aberta, normalizada
  - » Autenticação e integridade dos dados
  - » Protecção contra repetição de datagramas
  - » Algoritmos de cifra actuais
  - » Criação segura de chaves de segurança, com duração limitada

Cenário de Utilização de IPSec



Associação de Segurança

- SA – Security Association
  - Ligação lógica unidireccional
  - Funcionamento (exclusivo) em modo túnel ou modo transporte
  - Suporta (apenas) 1 protocolo de segurança (ESP ou AH)

- Identificado por 3 valores
  - SPI, Security Parameter Index → 32 bit
  - Indereço IP de destino (só endereços unicast)
  - Protocolo de segurança → AH ou ESP

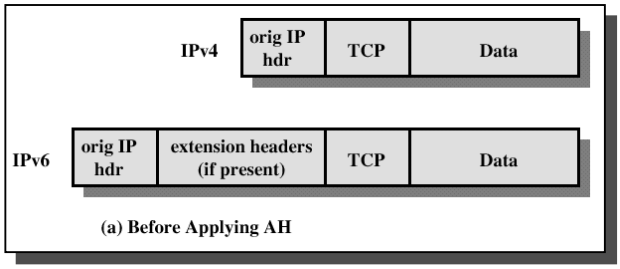
» 1 ligação bidireccional → estabelecimento de 2 SAs
» Bidireccional c/ utilização de AH e ESP → estabelecimento de 4 SAs

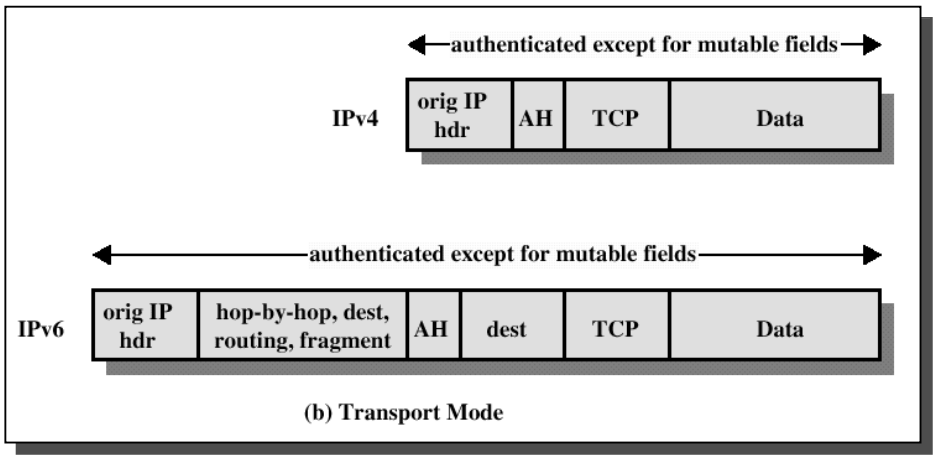
Modos de Funcionamento de uma SA - Transporte, Túnel

- Modo Transporte
  » Cabeçalho do datagrama IP é mantido
  » Usados endereços originais (globais)
  » Alguns campos do cabeçalho não são protegidos

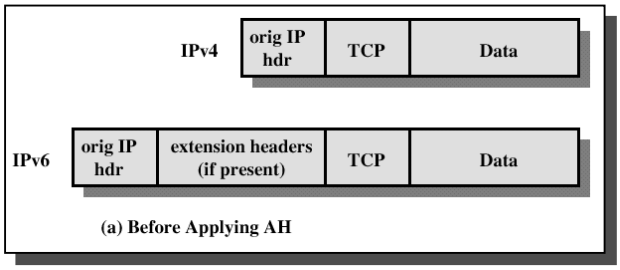
- Modo Túnel
  » Datagrama original encapsulado dentro do novo pacote
  » Protege completamente o datagrama original
  » Datagrama original pode ter endereços internos (ilegais)

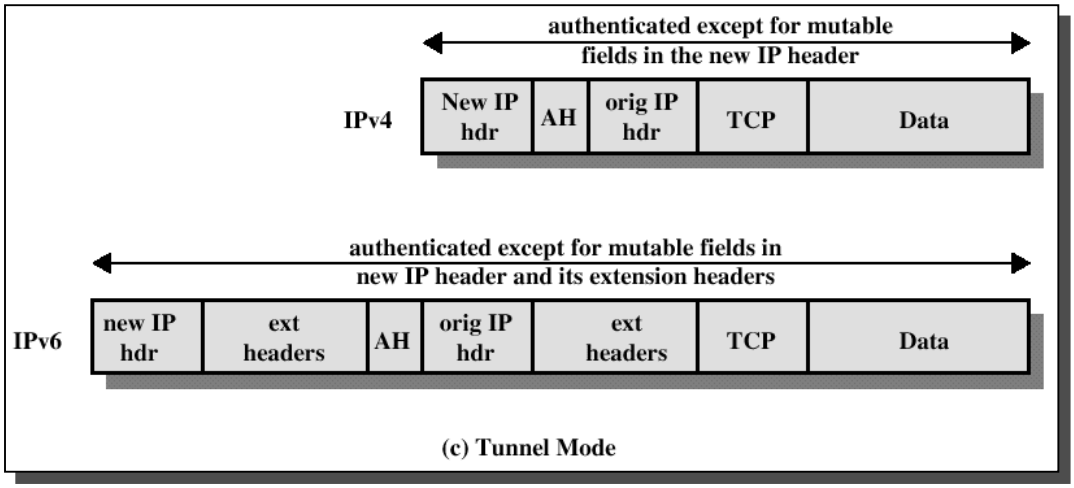
AH, Authentication Header – Modo Transporte



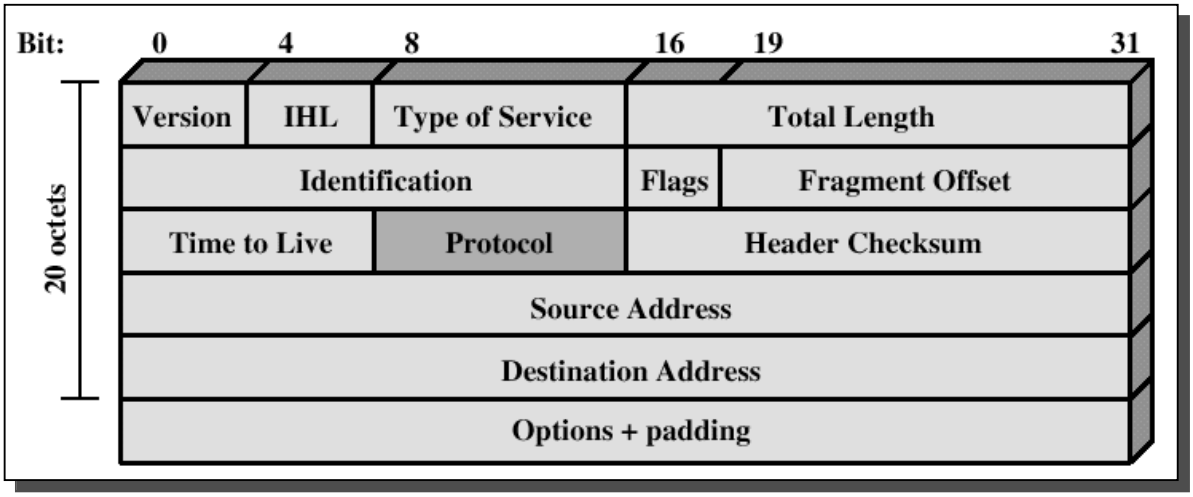


AH, Authentication Header – Modo de Túnel

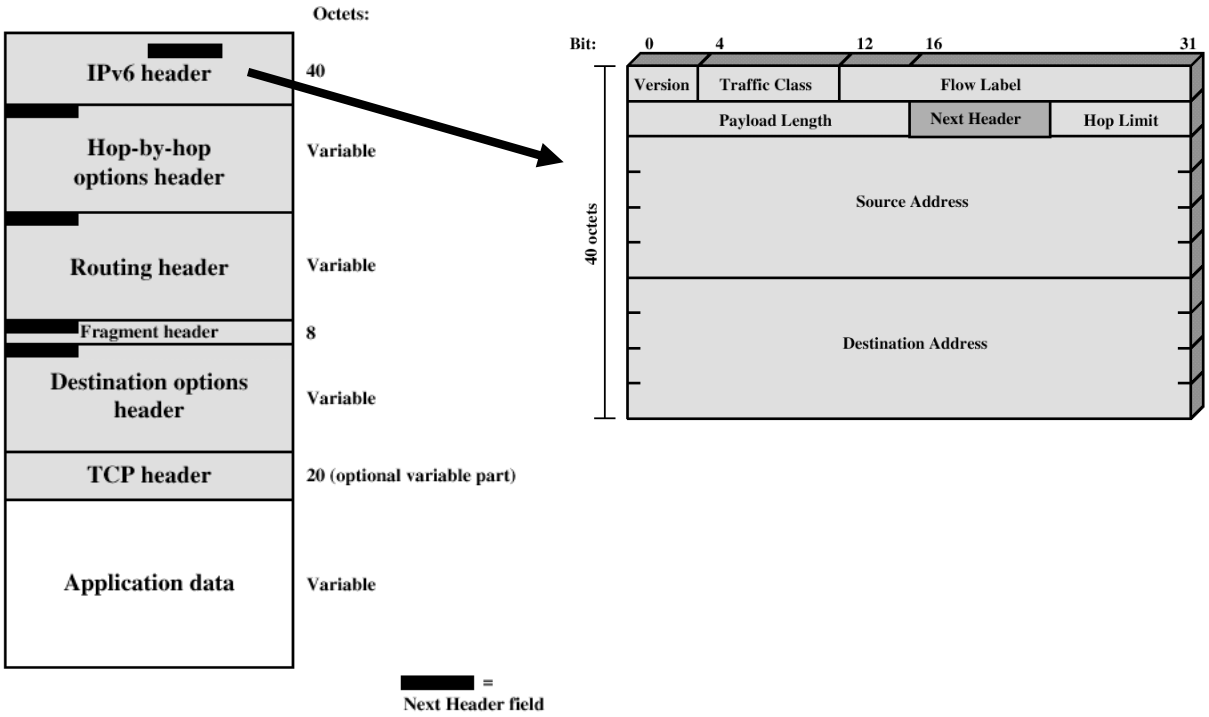




Cabeçalho IPv4

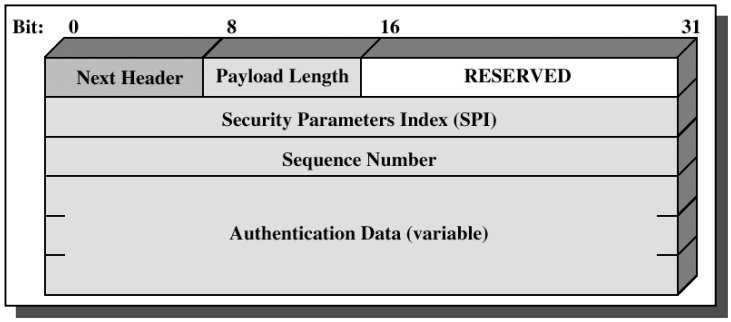


Pacote e Cabeçalho IPv6



Cabeçalho AH

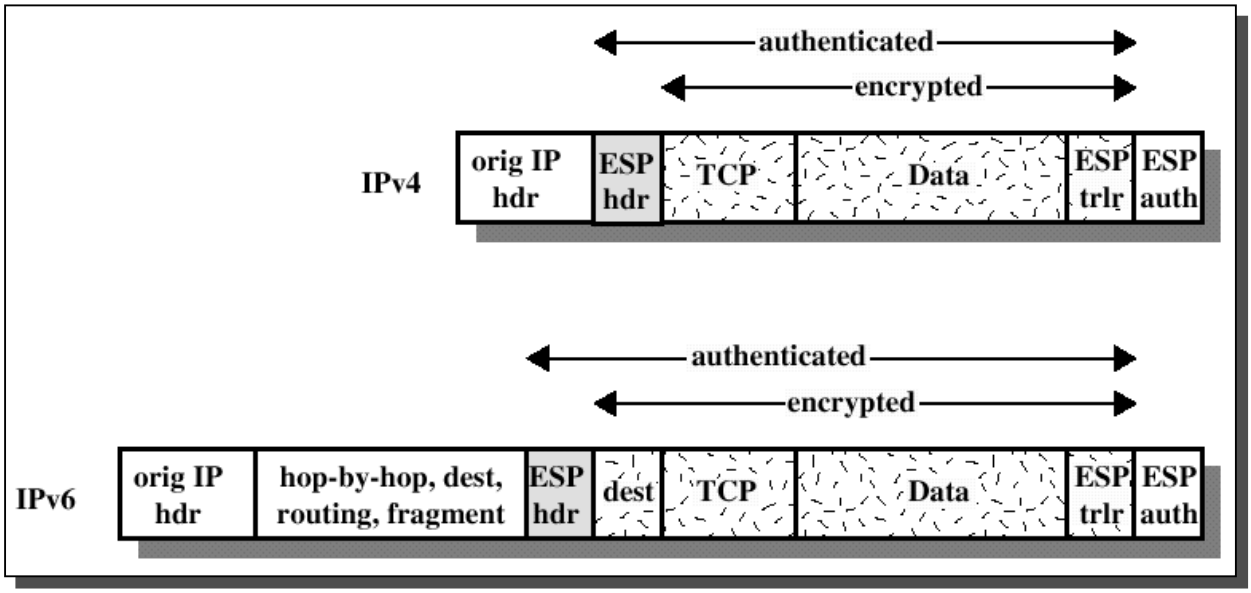
- Protocolo 51
- Campos
  - » Tipo do protocolo seguinte
    - – Ex. TCP (6), ESP (50)
  - » Comprimento cabeçalho
    - – Palavras 32 bits (-2)
  - » SPI
    - – Identificador do grupo de segurança
  - » Número de sequência
  - » Assinatura digital
    - – Cálculo do resumo do datagrama
      - ◆ Campos variaveis excluídos (ex. TTL)
      - ◆ Algoritmos de hash MD5, SHA
    - – Utilização de uma chave secreta *comum*
    - – RFC2403, RFC2404



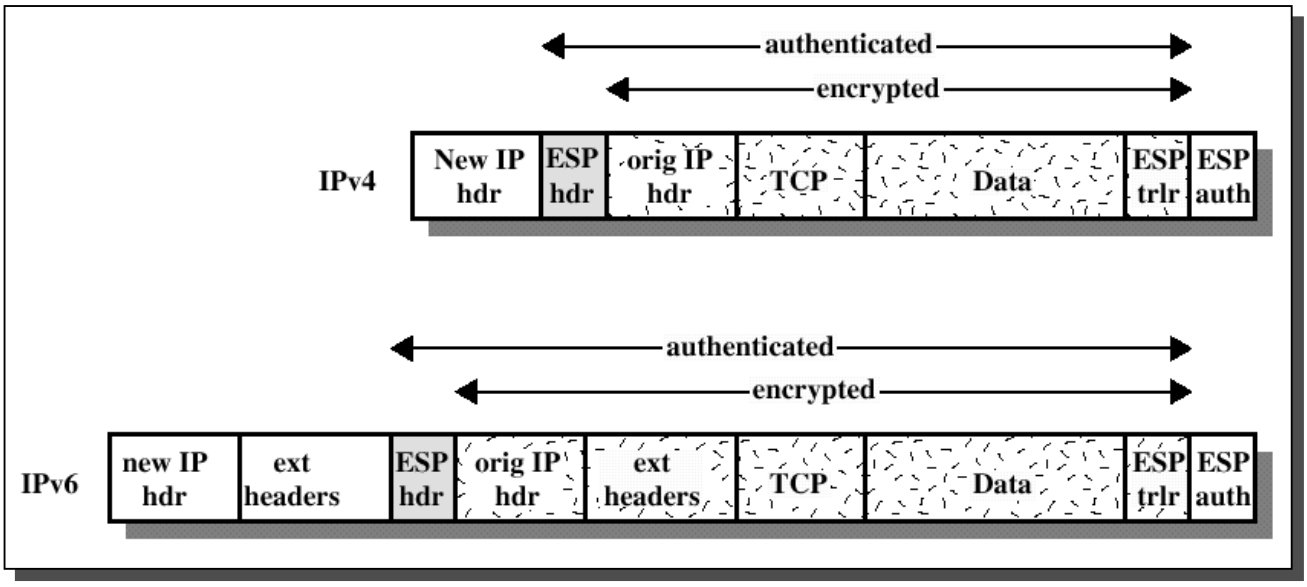
AH, Authentication Header

- Permite
  - » Autenticar o cabeçalho do datagrama
  - » Verificar a integridade dos dados
- Conteúdo do pacote não é cifrado
- Campos variáveis são excluídos do cálculo do resumo
  - » TOS, Flags, TTL, checksum, ...
- 24 octetos adicionados por datagrama

ESP, Encapsulating Security Payload – Modo Transporte

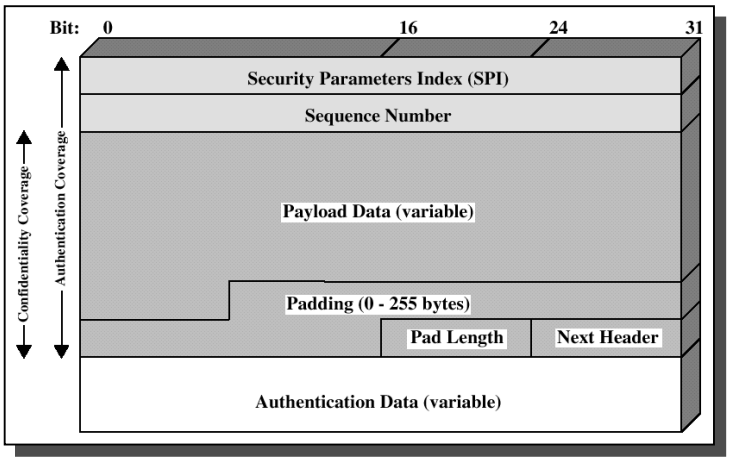


ESP, Encapsulating Security Payload – Modo Túnel



Cabeçalho ESP

- Protocolo 50
- Não cifrado
  - » SPI – Security Parameter Index
    - Grupo de segurança
  - » Número sequência
  - » Assinatura digital (opcional)
    - – Calculada sobre os outros campos do cabeçalho ESP
- Cifrado
  - » Dados
    - – (ex. Cabeçalho TCP + dados)
  - » *Padding*
    - – Para algoritmos de cifra de comprimentos pre determinados
  - » Comprimento do *padding*
  - » Protocolo seguinte



Encapsulating Security Payload (ESP)

- Cifra o conteúdo do pacote. Segredo (chave) partilhado
  - – Algoritmos de cifra: DES, IDEA, 3DES, etc
- Opcionalmente, permite
  - » Autenticar parte do cabeçalho do datagrama
  - » Verificar a integridade dos dados
  - » Com técnicas de autenticação iguais às do AH

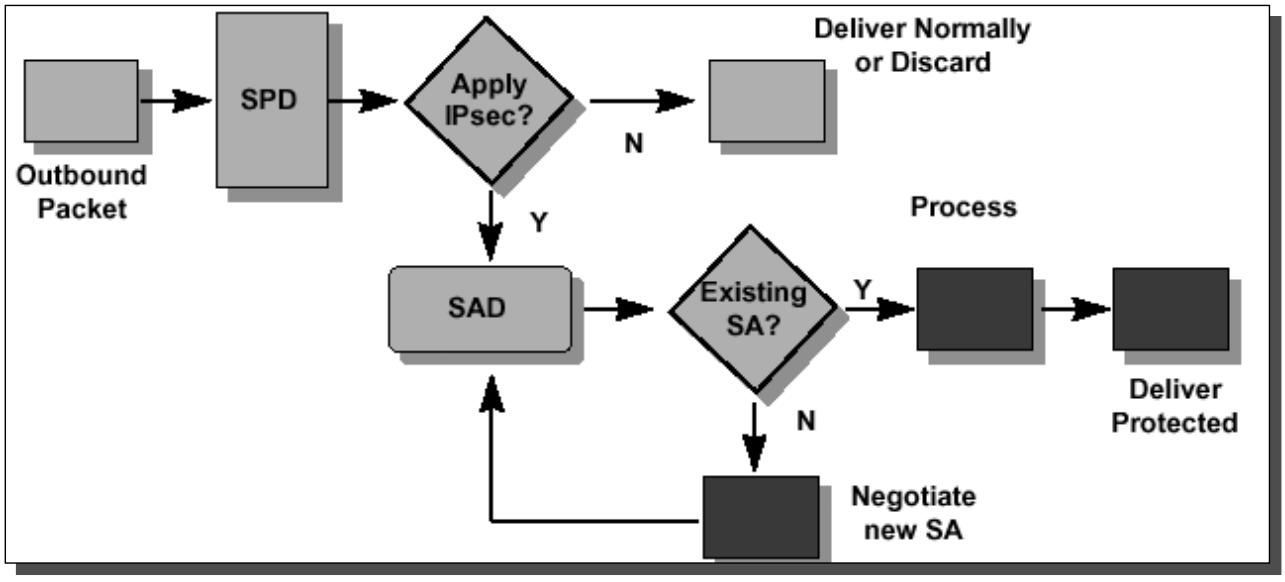
Bases de Dados de SAs

» 2 bases de dados por cada interface IPSec → SPD, SAD

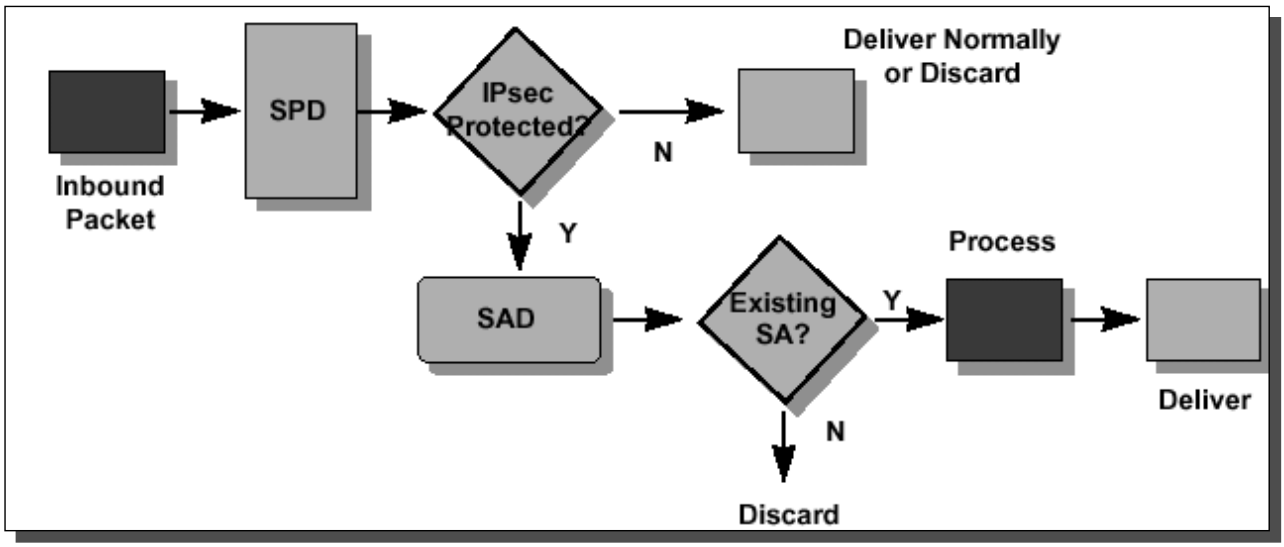
» SPD, Security Policy Database
- Lista ordenada de políticas de segurança. Selecção do tráfego IP a
  1) Eliminar; 2) Processar pelo IPSec; 3) Não processar por IPSec
- Políticas descritas com base em
  - Tipo de endereços: origem, destino
  - Tipo de tráfego: inbound (de entrada na interface), outbound (de saída)
- Políticas segurança ←→ Regras de filtragem (de pacotes) nas firewalls

» SAD, Security Associations Database
- Informação sobre as SAs estabelecidos
  - Protocolo, algoritmos de assinatura e cifragem

Processamento de Tráfego Outbound

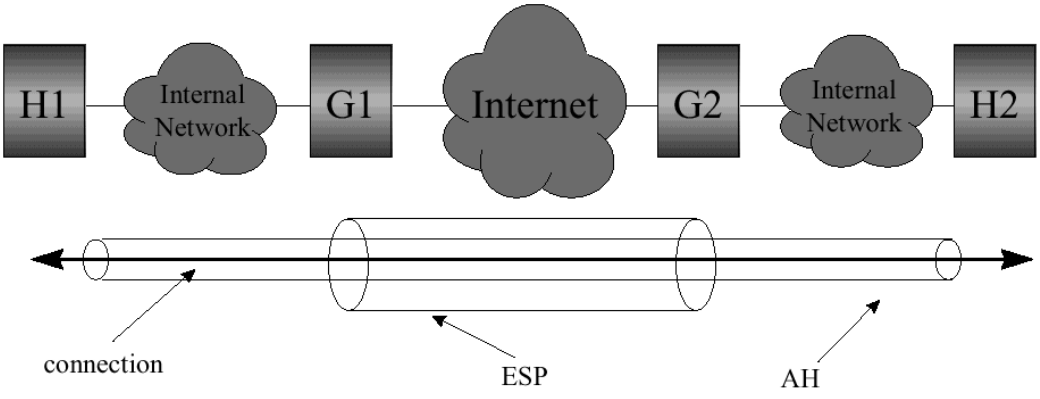


Processamento de Tráfego Inbound



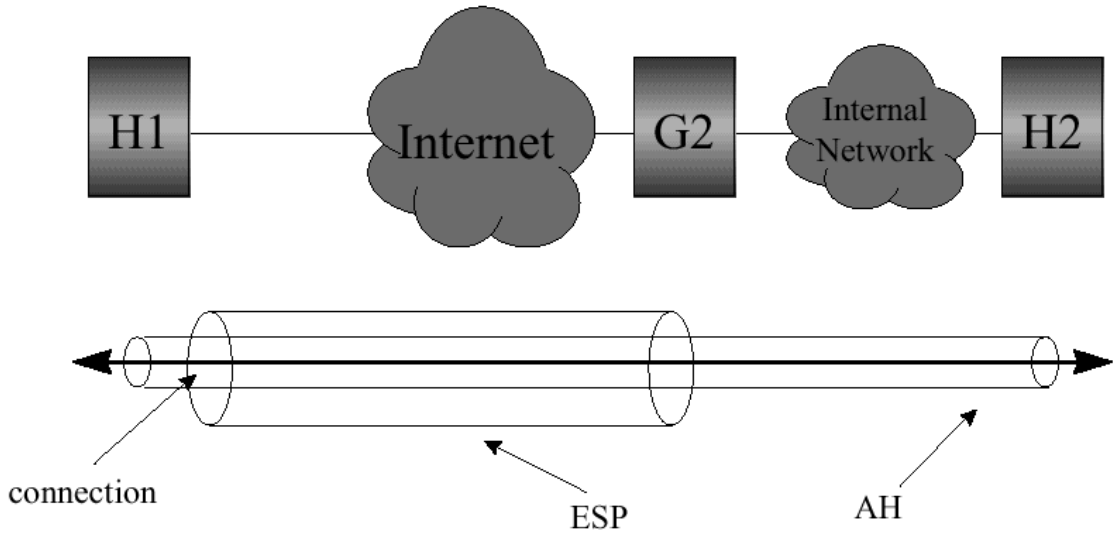
Aplicações Tipo do IPSec – VPN

- VPN c/ segurança extremo a extremo
- ESP protege (cifra) dados sobre a Internet pública
  - Pode ser usado em modo túnel
- AH assegura integridade dos dados extremo a extremo



Aplicações Tipo do IPSec – Guerreiro da Estrada

- Utilizador liga-se à empresa através da Internet pública
- ESP pode ser usado em modo túnel



Combinação de SAs

- Número of SAs cresce rapidamente
  - » Número de ligações
  - » 1 par de SAs para cada ligação
  - » Combinação de protocolos IPSec (AH, ESP, AH sobre ESP)
  - » Modos de funcionamento
  - » Gateway VPN → centenas de SAs

➔ Gestão manual de SAs → complexa, impraticável

➔ Necessidade de mecanismos para

  - » Negociar, estabelecer e terminar SAs

IKE - Internet Key Exchange

- Protocolo usado para
  - » Estabelecer e terminar SAs
    - – Protocolos, algoritmos e chaves
  - » Autenticar as partes
  - » Gerir as chaves trocadas
- Sobre UDP, Porta 500. RFC 2409

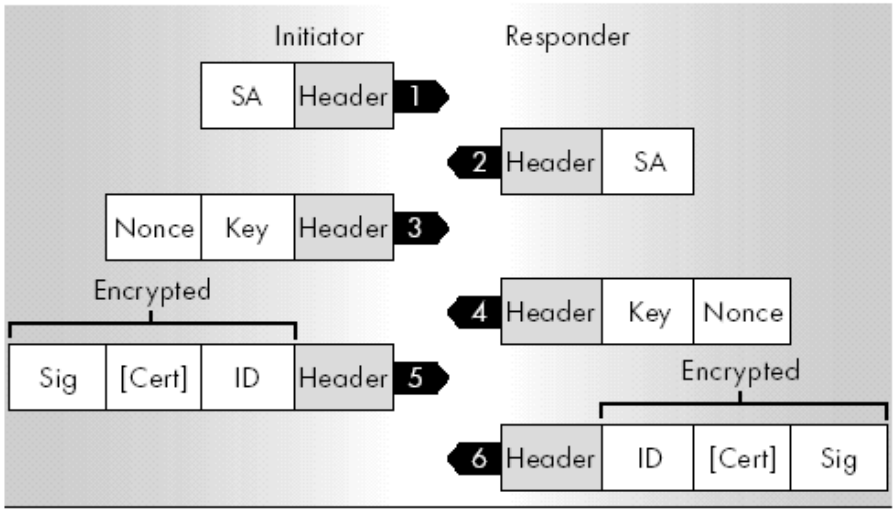
IKE

- Fases de negociação
  - » Fase 1 → partes estabelecem 1 canal seguro (SA IKE), em 3 passos
    - Negociação de tipos de resumo e algoritmos de cifra a usar
    - Troca de chaves públicas (método Diffie-Hellman)
      - – Chaves de cifra comuns obtidas a partir de chaves públicas
    - Verificação de identidade do parceiro
  - » Fase 2 → negociação de SAs genéricas, através do SA IKE
- Modos de negociação
  - » Fase 1
    - – Modo principal
    - – Modo agressivo: mais simples, mais rápido; não fornece protecção de identidade
  - » Fase 2
    - – Modo rápido

Modo Principal

- Objectivo
  - » Negociar algoritmos de autenticação/confidencialidade, hashes e chaves
- 3 trocas bidireccionais entre as 2 partes
  - » 1. Negociação de algoritmos básicos e hashes
  - » 2. Troca de chaves públicas
    - método de Diffie-Hellman
    - Troca de nonces → número aleatório que a outra parte deve assinar e retornar
  - » 3. Verificação das identidades
- As partes usam o valor de Diffie-Hellman recebido para
  - » Obter chave de geração de futuras chaves
  - » Gerar chave de autenticação
  - » Gerar chave de encriptação, usada no IKE SA

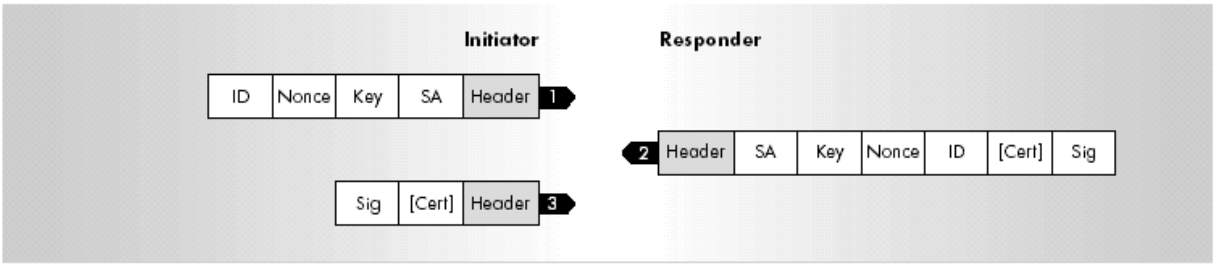
Modo Principal



Cert: a certification payload
ID: an identification payload
Key: a key exchange payload
Nonce: a nonce payload
SA: a Security Association/proposal payload
Sig: a signature payload

Modo Agressivo

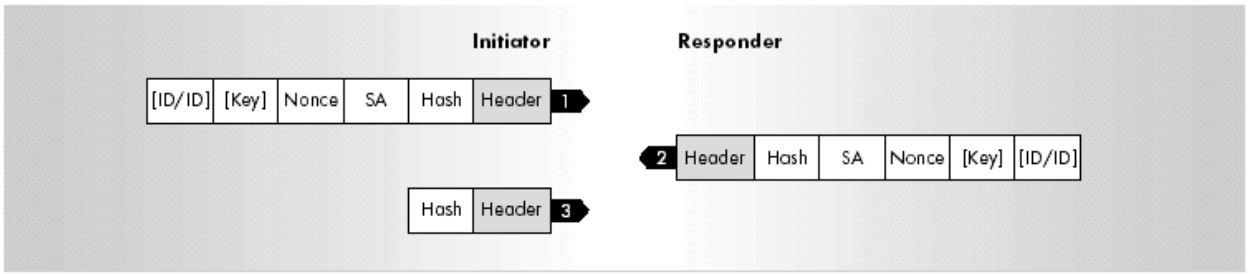
- 2 trocas
- Partes trocam informação de identidade não cifrada
- É possível conhecer a identidade dos comunicadores. É mais rápido



Cert: a certification payload
ID: an identification payload
Key: a key exchange payload
Nonce: a nonce payload
SA: a Security Association/proposal payload
Sig: a signature payload

Modo Rápido

- 2 objectivos: negociar nova SA; gerar chaves frescas
- Mensagens em túnel seguro → mensagens encriptadas
- 3 pacotes
  - Initiator envia info de SA, nonce, hash sobre tudo
  - Responder envia SA, seu nonce, e hash feito também sobre nonce do initiator
  - Initiator envia hash sobre os 2 nonces
- Initiator e Responder
  - Fazem hash sobre nonces, SPI, valores dos protocolos; com chave de geração
  - Novo hash → chave da nova SA



ID: an identification payload
Key: a key exchange payload
Nonce: a nonce payload
SA: a Security Association/proposal payload

Negociação de 1 SA

- Para gerar nova SA
  - » Initiator envia mensagem de Modo Rápido, protegida por IKE SA
- Uma negociação de SA resulta em 2 SAs
  - » Entrada e saída (para o Initiator)
  - » SAs são sempre formadas aos pares
- Pares têm os mesmos parâmetros
  - » Chaves, algoritmos de autenticação e encriptação
  - » SPI são diferentes!

MIPv6 Seguro

Ameaça Principal e Soluções

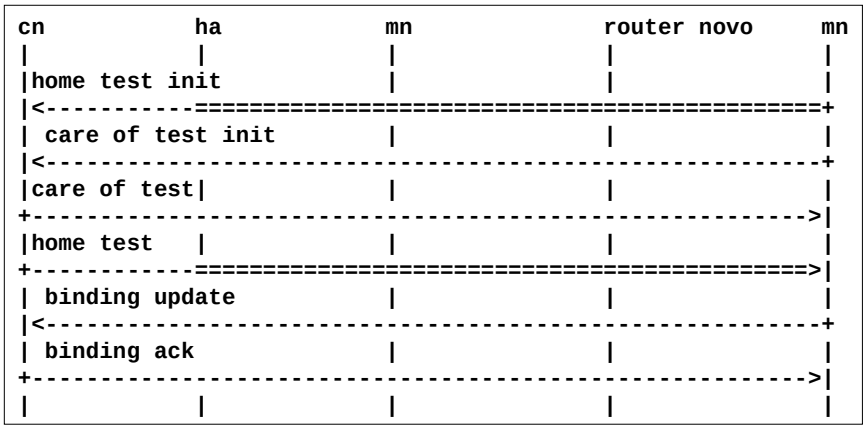
- Ameaça principal → *Binding Update* falso
- Solução
  - » Túnel bidireccional obrigatório
  - » Protecção dos *Binding Updates* enviados ao HA
  - » Protecção dos *Binding Updates* enviados aos CNs

Binding Updates, MN ←→ HA

- MN e HA
  - » Usam Associações de Segurança
    - – para proteger integridade e autenticidade de
    - – *BindingUpdates, Binding Acknowledgements*
  - » ESP em modo de transporte, com autenticação
- Gestão automática de chaves de segurança com IKE

Binding Update, MN ←→ CN

- Utilização do procedimento Return Routability
- Complexo!



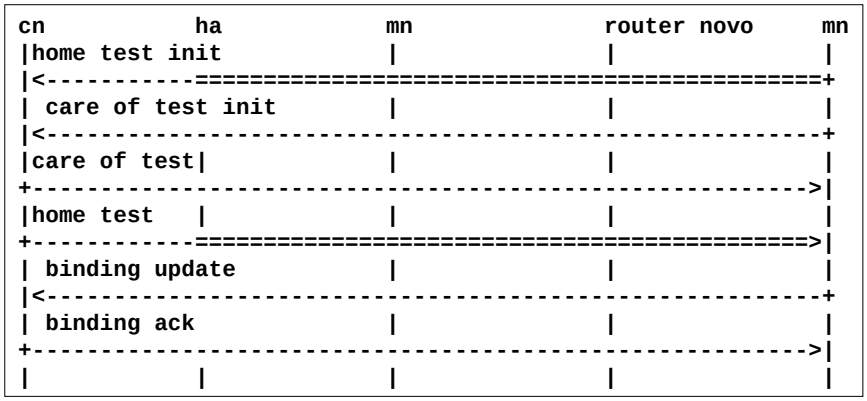
Terminologia – Kcn, Nonces, Cookies, Tokens

- *Kcn*
  - » Pertence ao CN, segredo; usado para gerar ***keygen token***
- *Nonce*
  - » CN gera nonces regularmente; identificado por índice
- *Cookies*
  - » Enviado por MN ao CN, devolvido por CN ao MN; não repetidos
  - » ***Home init cookie*** - enviado em Home Test Init; devolvido em Home Test
  - » ***Care-of init cookie*** - env em Care-of Test Init, devolv em Care-of Test
- *Tokens*
  - » Valores enviados por CN ao MN
  - » ***home keygen token*** – em Home Test, via HA
  - » ***care-of keygen token –*** em Care-of Test message

Funções Criptográficas

- Função geradora de valores Hash → SHA1
- Códigos de autenticação de mensagens (MAC), gerados com
  - » HMAC_SHA1(K,m) → MAC baseado em mensagem m e chave K.

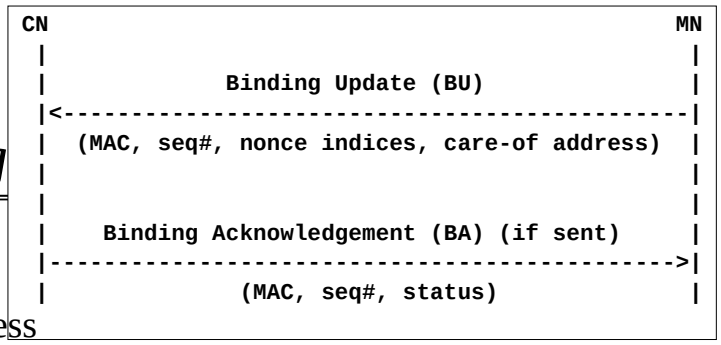
Procedimento de Return Routability



Procedimento de Return Routability

- Home Test Init
  - Source Address = home address; Destination Address = CN
  - Parâmetros → home init cookie; retornado por CN
  - Qunado recebe Home Test Init, CN gera
    - ***home keygen token*** := First (64, HMAC_SHA1 (Kcn, (home address | nonce | 0)))
- Home Test
  - Source Address = CN; Destination Address = home address
  - Parâmetros: home init cookie, home keygen token, home nonce index
- Care-of Test Init
  - Source Address = care-of address; Destination Address = CN
  - Parâmetros → care-of init cookie; retornado por CN
  - Quando recebe Care-of Test Init message, CN gera
    - ***care-of keygen token*** :=First (64, HMAC_SHA1 (Kcn, (care-of address | nonce | 1)))
- Care-of Test
  - Source Address = CN; Destination Address = care-of address
  - Parâmeters: care-of init cookie, care-of keygen token, care-of nonce index
- Quando MN recebe ***Home Test*** e ***Care-of Test***
  - usa os 2 tokens para formar a chave de binding Kbm:
    - ***Kbm*** = SHA1 (home keygen token | care-of keygen token)
  - Usa Kbm para autenticar *Binding Update* e *Binding Ack*

Mensagens de Binding



- *Binding Update*
  - Source Address = care-of address
  - Destination Address = CN
  - Parâmetros
    - home address; sequence number
    - home nonce index; care-of nonce index
    - First (96, HMAC_SHA1 (Kbm, (care-of address | correspondent | BU)))
- *Binding Acknowledgement*
  - Source Address = CN
  - Destination Address = care-of address
  - Parâmetross:
    - sequence number (within the Binding Update message header)
    - First (96, HMAC_SHA1 (Kbm, (care-of address | correspondent | BA)))
  - ***Binding Ack*** contém mesmo número sequência que ***Bind Update***