Segurança em Redes IP

FEUP
MPR

Introdução

- Conceitos básicos
  - Criptografia
  - Segurança em redes IP
- IP Seguro
  - Associação de Segurança, Modos de funcionamento
  - AH, ESP, Processamento de tráfego, IKE
  - Aplicações tipo

(De)Cifragem

- Cifrar: mensagem aberta → mensagem cifrada
  - Função matemática + chave
- Decifrar: mensagem cifrada → mensagem aberta
  - Função matemática + chave
- Exemplo c/ DES
  - » Mensagem plana
    - *Encryption can make UNIX more secure*
  - » Chave
    - *nosmis*
  - » Mensagem cifrada
    - *M-itM-@g^B^?^B?^NM-XM-vZIM-U_h^X^$kM-^^sI^^M-f1M-^ZM-jM-gBM-6M->^@M-”^M-^JM-^JM-7M--M-^T*

(caracter de controlo precedido por ^. Bit mais sinificativo activo → M-)

Métodos de Cifra

- Chave privada
  - » 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 pública
  - » 2 chaves: pública e privada → chave assimétrica
    - RSA (Rivest, Shamir, Adleman) – chaves longas

Resumo de Mensagem / Assinatura Digital

- Resumo de mensagem
  - » Pequeno valor (128 a 512 bit) obtido a partir de uma mensagem
  - » 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 privada (chave assimétrica)
    - – Ex. MD5+RSA, SHA+RSA
  - » Resumo de mensagem cifrado com chave única
    - – Ex. Keyed MD5: [chave,mensagem,chave] → MD5→ assinatura
- Com assinatura digital consegue-se
  - » Integridade → sabe-se se mensagem foi modificada
  - » Autenticação → sabe-se quem assinou a mensagem (usando chave publica)

Problemas de Segurança Frequentes

- *Spoofing*
- *Session Hijacking*
- *Eaves dropping*
- *Man-in-the-Middle*

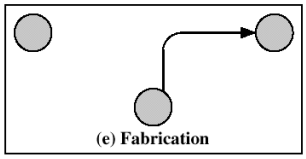
Spoofing

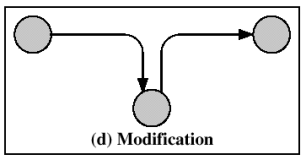
» Datagrama IP
- Cabeçalho → endereço origem, endereço destino, opções
- Dados → informação de níveis superiores

» Router
- Encaminha datagramas. Desconhece detalhes da arquitectura da rede

» Rota de um datagrama
- Não é controlada por origem nem destino
- Datagramas do mesmo fluxo podem seguir rotas diferentes. Qualquer rota é legítima

» Problema
- Cabeçalhos de datagrama IP → facilmente gerados/alterados em qualquer máquina
- Ex. Acesso a serviços configurados por endereços de rede. NFS





Roubo de Sessão. Monitoração de Tráfego

- Roubo de sessão (Session Hijacking)
  - Ex. Roubo de mail. Sobre ligação TCP/IP
  - Cliente estabelece ligação TCP/IP com servidor de mail. Autentica-se no servidor
  - Usurpador entra, depois da autenticação e
    - Termina ligação com o servidor
    - Continua ligação com o cliente, recebendo o mail
  - Identificação inicial -/→ segurança durante toda sessão

- Monitoração de tráfego (Eavesdropping)
  - LANs Ethernet → pacotes disponíveis em todos os nós da rede (hubs e cabo)
  - Carta de rede
    - Modo normal → copia tramas que lhe forem endereçadas
    - Modo promíscuo → copia todas as tramas. Outros nós não sabem da sua existencia.
  - Acesso a toda a informação

Man-in-the-Middle

- Solução para problemas anteriore
  → utilização técnicas de cifragem

- Cifragem
  - Algoritmos de cifragem → usados para cifrar /decifrar informação
  - chaves de cifra (= bits de informação)

- Problemas!
  - Troca de chaves não protegidas → intercepção → ataque *Man-in-the Middle*

  - Os comunicadores assumem que a comunicação é segura!!
  - Toda a comunicação pode ser espiada/ adulterada

Requisitos de Segurança em Redes

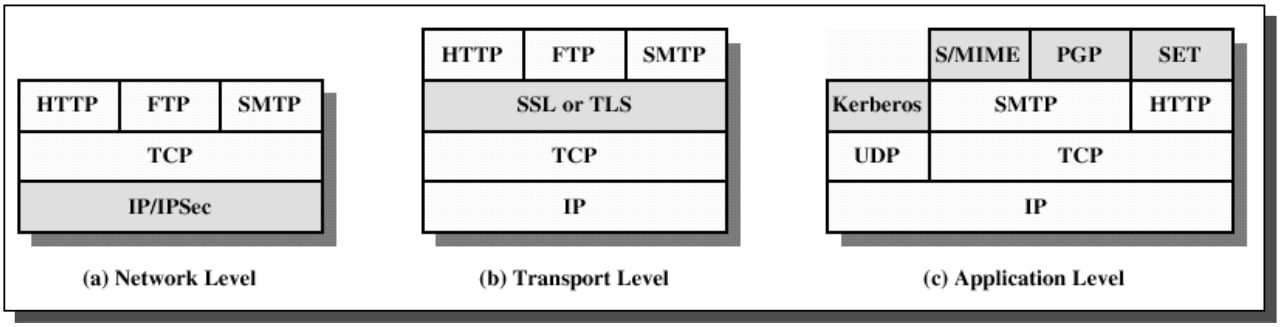
» Autenticação: O parceiro da comunicação deve ser o verdadeiro

» Confidencialidade: Os dados transmitidos não devem ser espiados

» Integridade: Os dados transmitidos não devem ser alterados

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

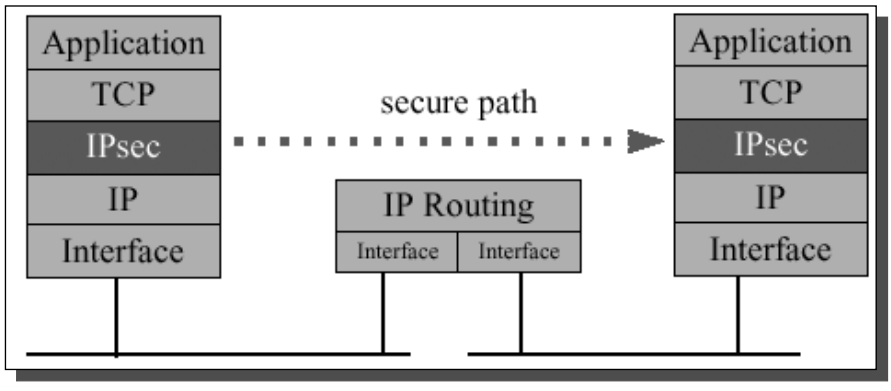


A Importância da Camada de Rede

- Comunicação TCP/IP modelizada em camadas. Cada camada
  - – Endereça um problema
  - – Oferece serviços ao nível superiror
- Camada de rede, em redes IP
  - – Homogénea, universal → todas as aplicações usam o IP
  - – Nas outras camadas podem ser usados protocolos alternativos
  - – IP seguro → rede segura

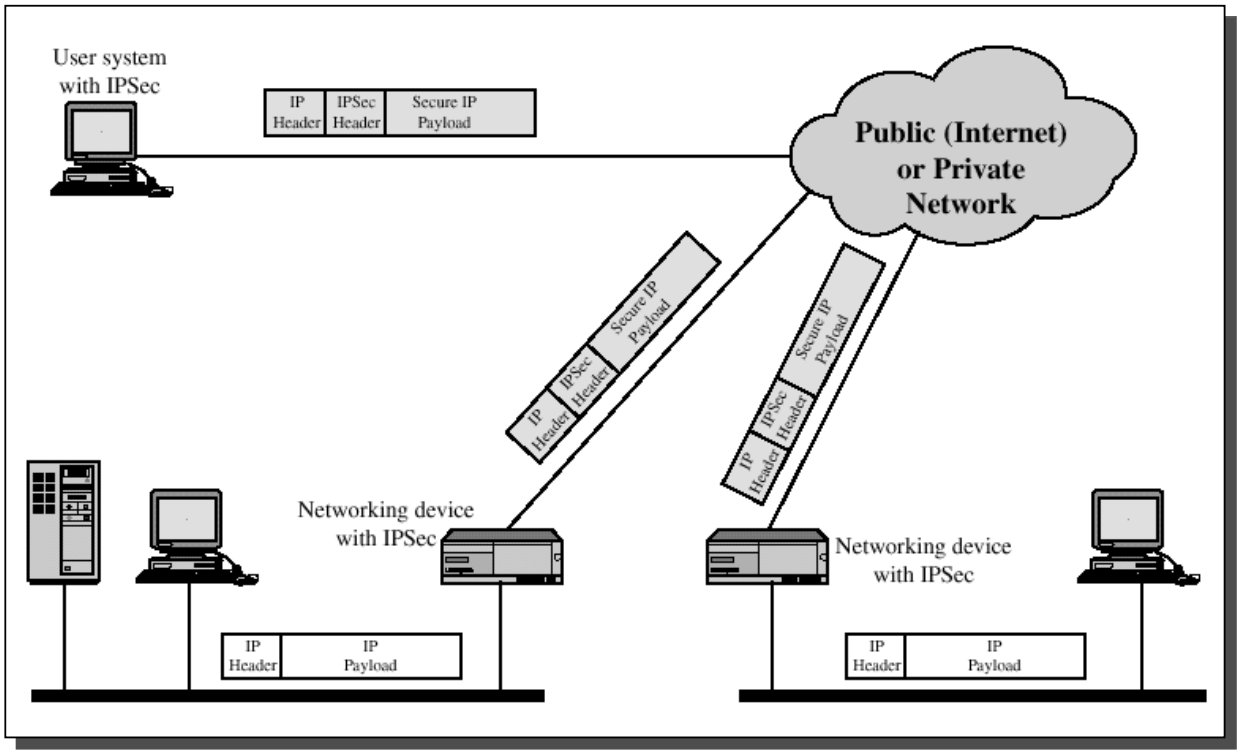
IPSec

IPSec



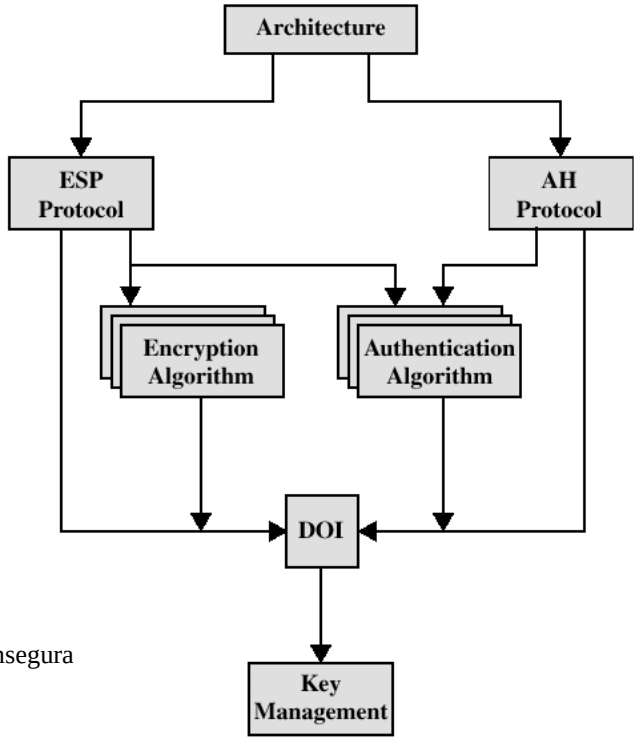
» Arquitectura segura para IP
- Aberta, normalizada
- Autenticação e integridade dos dados
- Protecção contra repetição de datagramas
- Algoritmos de cifra actuais
- Criação segura de chaves de segurança. Com duração limitada
- Integração de métodos adicionais de cifra / troca de chaves

Cenário de Utilização de IPSec

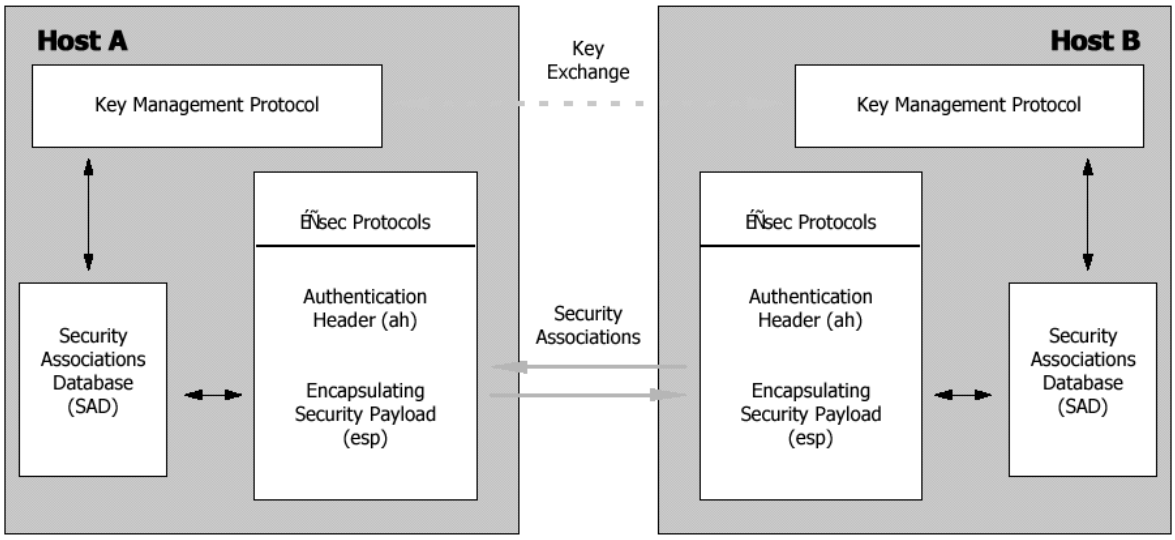


IPSec no IETF

- Grupo de trabalho do IETF →
  - » IP security (IPSec) protocol suite
  - » RFCs 2401, 2412, and 2451
- IPSec
  - » Compatível com IPv4
  - » Obrigatório com IPv6
  - » Transparente para utilizadores
  - » Escalável
- Quando usado,
  - » Protege comunicações, de todas as aplicações e todos os utilizadores
  - » Podem ser construídas VPN (Virtual Private Network) →
    - – Rede privada segura sobre rede pública insegura
    - – Estabelecida e terminada dinamicamente



Arquitectura



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

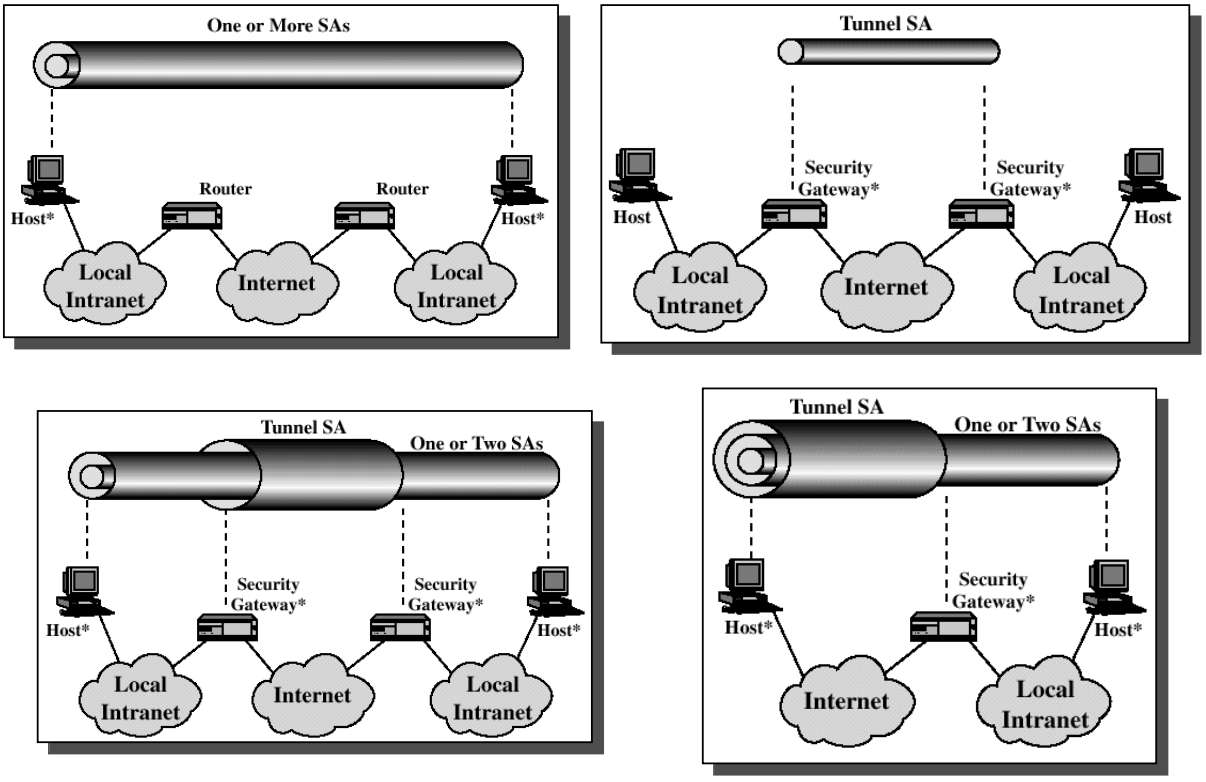
» Bidireccional c/ utilização de AH e ESP → estabelecimento de 4 SAs

Modos de Funcionamento de uma SA - Transporte, Túnel

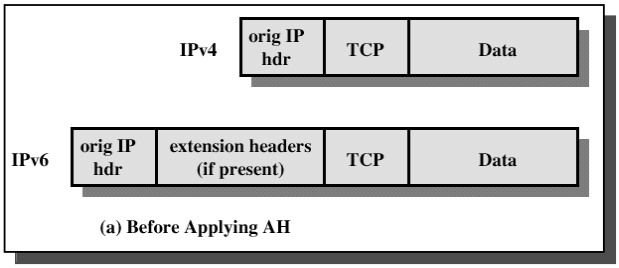
- Modo Transporte
  - » Cabeçalho do datagrama IP é mantido
  - » Usados endereços originais (globais)
  - » Alguns campos do cabeçalho não são autenticados
  - » Usado quando 2 máquinas querem comunicar directamente

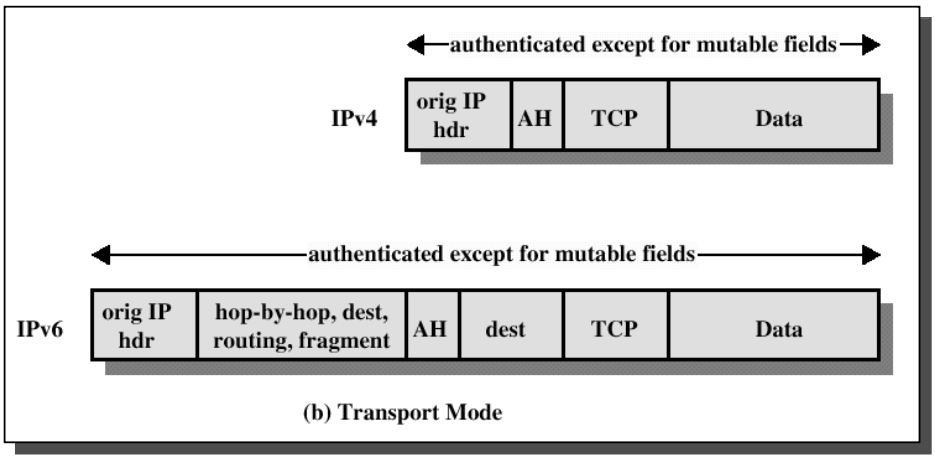
- Modo Túnel
  - » Datagrama original encapsulado dentro do novo pacote
  - » Protege completamente o datagrama original
  - » Datagrama original pode ter endereços internos (ilegais)
  - » Usado por gateways de segurança para implementar VPNs

Associações de Segurança

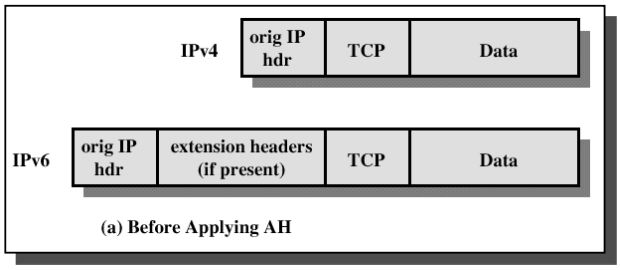


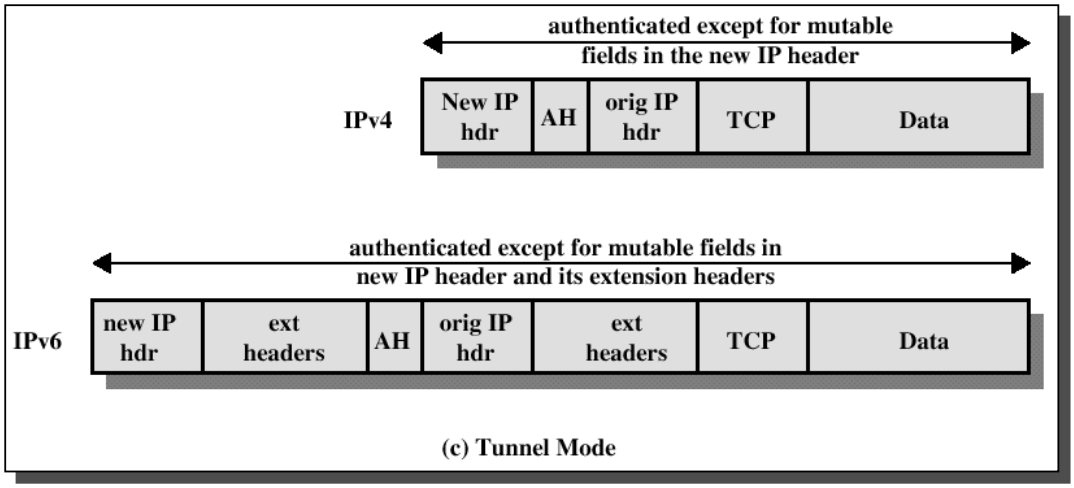
AH, Authentication Header – Modo Transporte



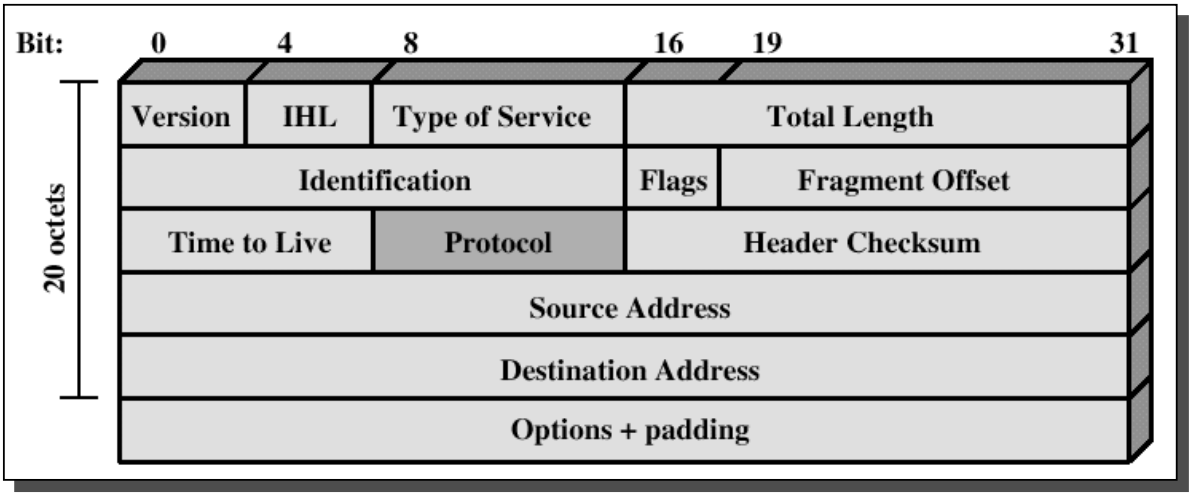


AH, Authentication Header – Modo de Túnel

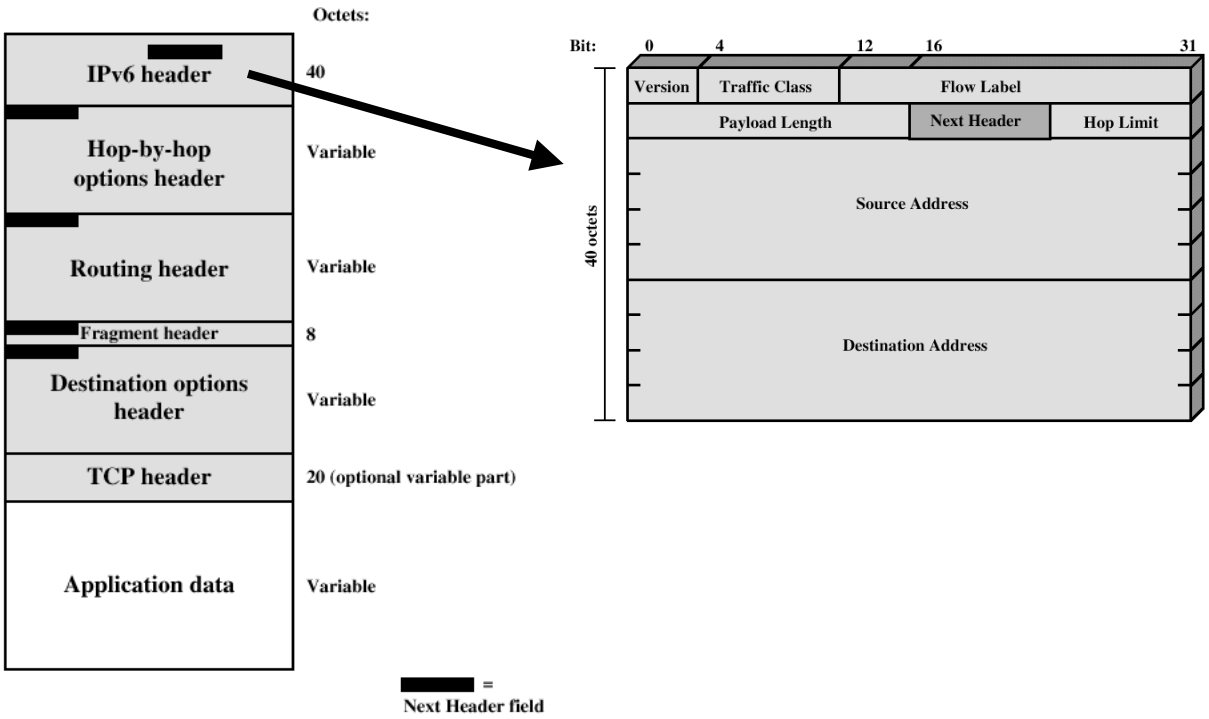




Cabeçalho IPv4

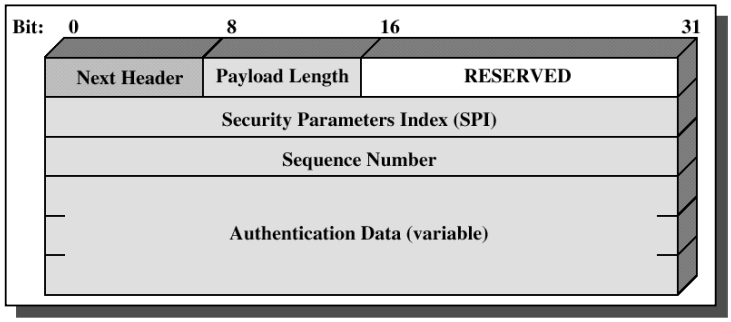


Pacote e Cabeçalho IPv6



Cabeçalho AH

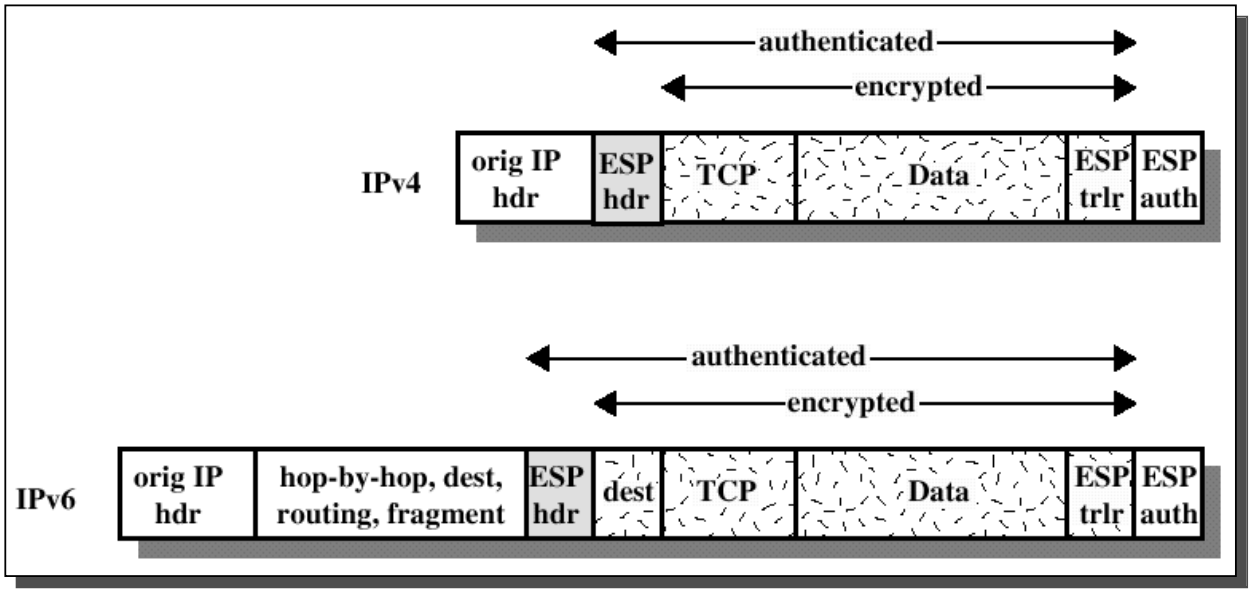
- Protocolo 51
- Campos
  - » Tipo do protocolo seguinte
    - – Ex. TCP (6), ESP (50)
  - » Comprimento cabeçalho
    - – Palavras 32 bits (-2)
  - » SPI
    - – Identificador do grupo de segurança
  - » Número de sequência
  - » Assinatura digital
    - – Cálculo do resumo do datagrama
      - Campos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



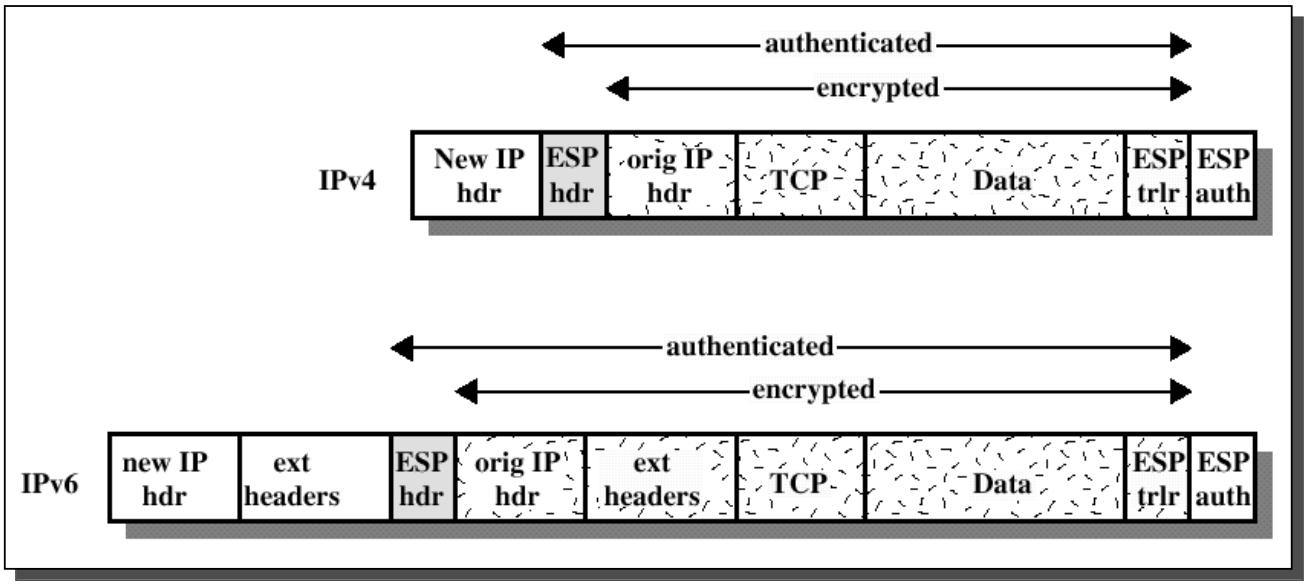
AH, Authentication Header

- 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

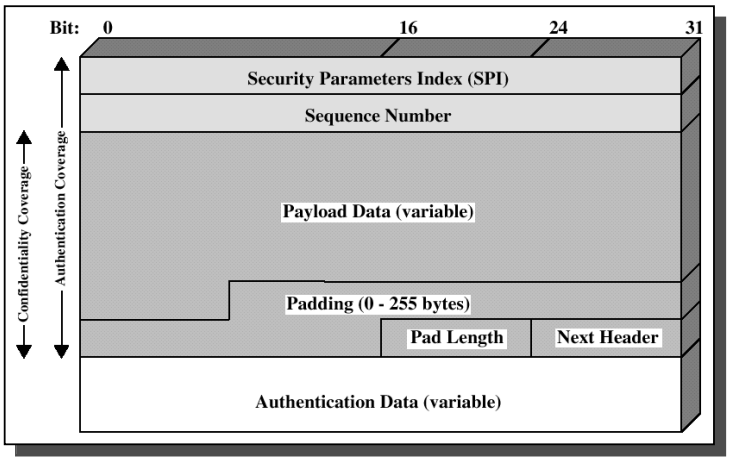


ESP, Encapsulating Security Payload – Modo Túnel



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*
    - – Tipo do protocolo seguinte



Encapsulating Security Payload (ESP)

- Cifra o conteúdo do pacote. Segredo (chave) partilhado
  - – Algoritmos de cifra: DES, IDEA, 3DES, etc

- Opcionalmente, permite (como o AH)
  - » Autenticar o cabeçalho do datagrama
  - » Verificar a integridade dos dados
  - » Técnicas de autenticação iguais às do AH

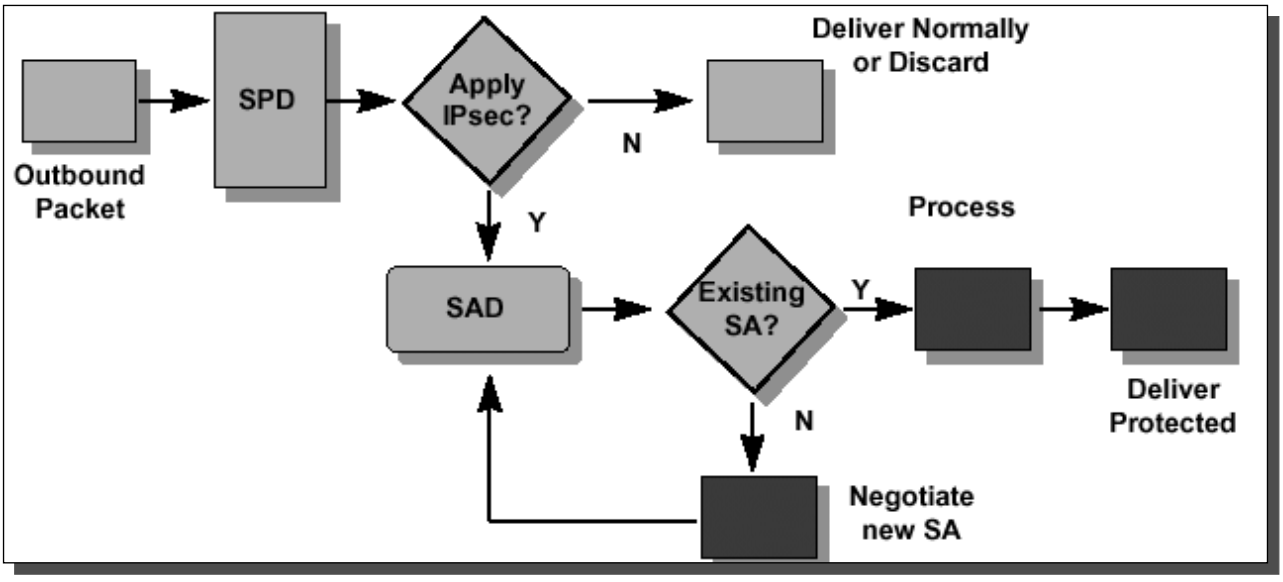
Bases de Dados de SAs

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

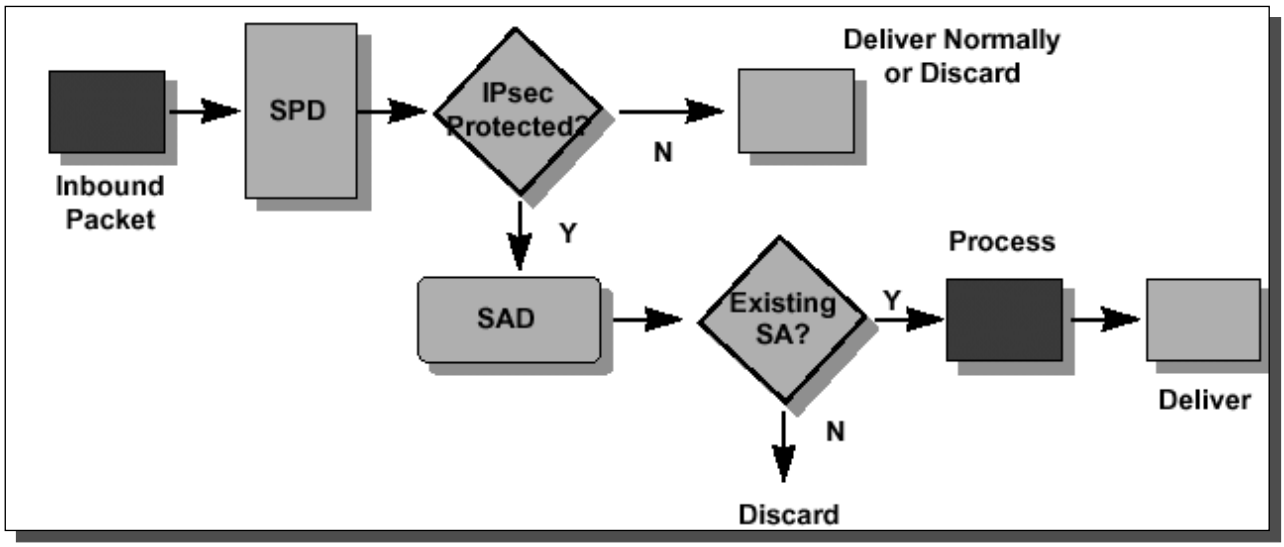
» SPD, Security Policy Database
- Lista ordenada de políticas de segurança. Selecção do tráfego IP a
  1) Eliminar; 2) Processar pelo IPSec; 3) Não processar por IPSec
- Políticas descritas com base em
  - Tipo de endereços: origem, destino
  - Tipo de tráfego: inbound (de entrada na interface), outbound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

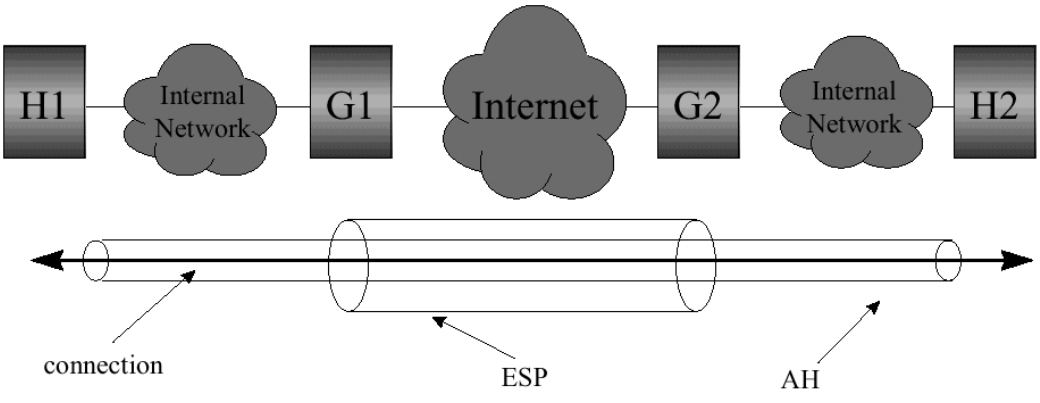


Processamento de Tráfego Inbound



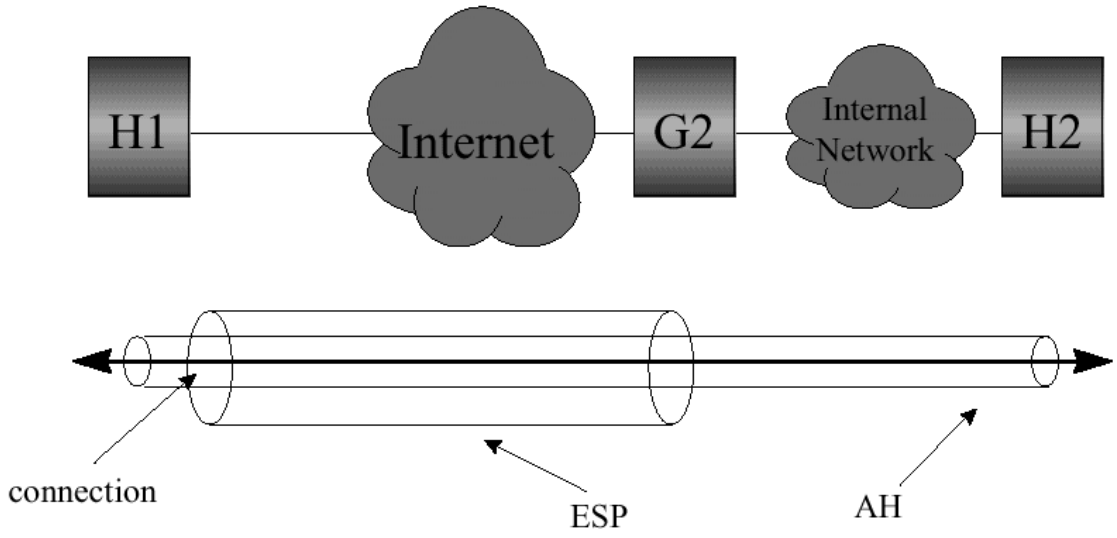
Aplicações Tipo do IPSec – VPN

- 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, impraticavel

➔ Necessidade de mecanismos para

  - » Negociar, estabelecer e terminar SAs

Gestão de Chaves IPSec – Requisitos

- Independente dos métodos de cifra
- Independência dos protocolos de troca de chaves
- Autenticação das entidades gestoras de chaves
- Estabelecimento de SAs sobre meios de transporte não seguros
- Utilização eficiente de recursos
- Criação dinâmica de SAs, por
  - » Utilizador e sessão

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

Fases do IKE

» 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
  - Geração periódica e independente de chaves
- Verificação de identidade do parceiro

» Fase 2 → negociação de SAs genéricas, através do SA IKE

IKE Authentication Methods

Authentication method	How authentication is performed	Advantages	Disadvantages
Pre-shared keys	By creating hashes over exchanged information	• Simple	• Shared secret must be distributed out-of-band prior to IKE negotiations. • Can only use IP address as ID
Digital signatures (RSA or DSS)	By signing hashes created over exchanged information	• Can use IDs other than IP address • Partner certificates need not be available before	• Requires certificate operations (inline or out-of-band)
RSA public key encryption	By creating hashes over nonces encrypted with public keys	• Better security by adding public key operation to DH exchange • Allows ID protection with aggressive mode	• Public keys (certificates) must be available before IKE negotiations • Performance-intensive public key operations
Revised RSA public key encryption	Same as above	• Same as above • Fewer public key operations by using an intermediate secret	• Public keys (certificates) must be available before IKE negotiations