

# Aula 19 – Segurança: VPNs, IPSec

Diego Passos

Universidade Federal Fluminense

Redes de Computadores II

# Na Última Aula...

- SSL: Secure Sockets Layer.
  - “TCP Seguro”.
  - **Amplamente difundido** na Internet.
    - Suporte nativo de *browsers*.
    - Base do HTTPS.
  - Pode ser entendido como uma camada de segurança **entre TCP e aplicação**.
- SSL provê:
  - **Confidencialidade, integridade, autenticação**.
- SSL: fases.
  - *Handshake*: autenticação, escolha de cifras, segredo compartilhado.
  - Derivação de chaves: **4 chaves**.
  - Transferência de dados: em **registros**.
  - Fechamento de conexão: importante, mensagens especiais.

## individuais.

- Computado sobre dados, cabeçalho e **número de sequência implícito**.
- Número de sequência evita ataques do tipo *man-in-the-middle*.
- SSL: autenticação.
  - Feita através de **certificados**.

## Segurança na Camada de Rede: IPsec

# O Que Confidencialidade na Camada de Rede?

- **Entre duas entidades de rede:**

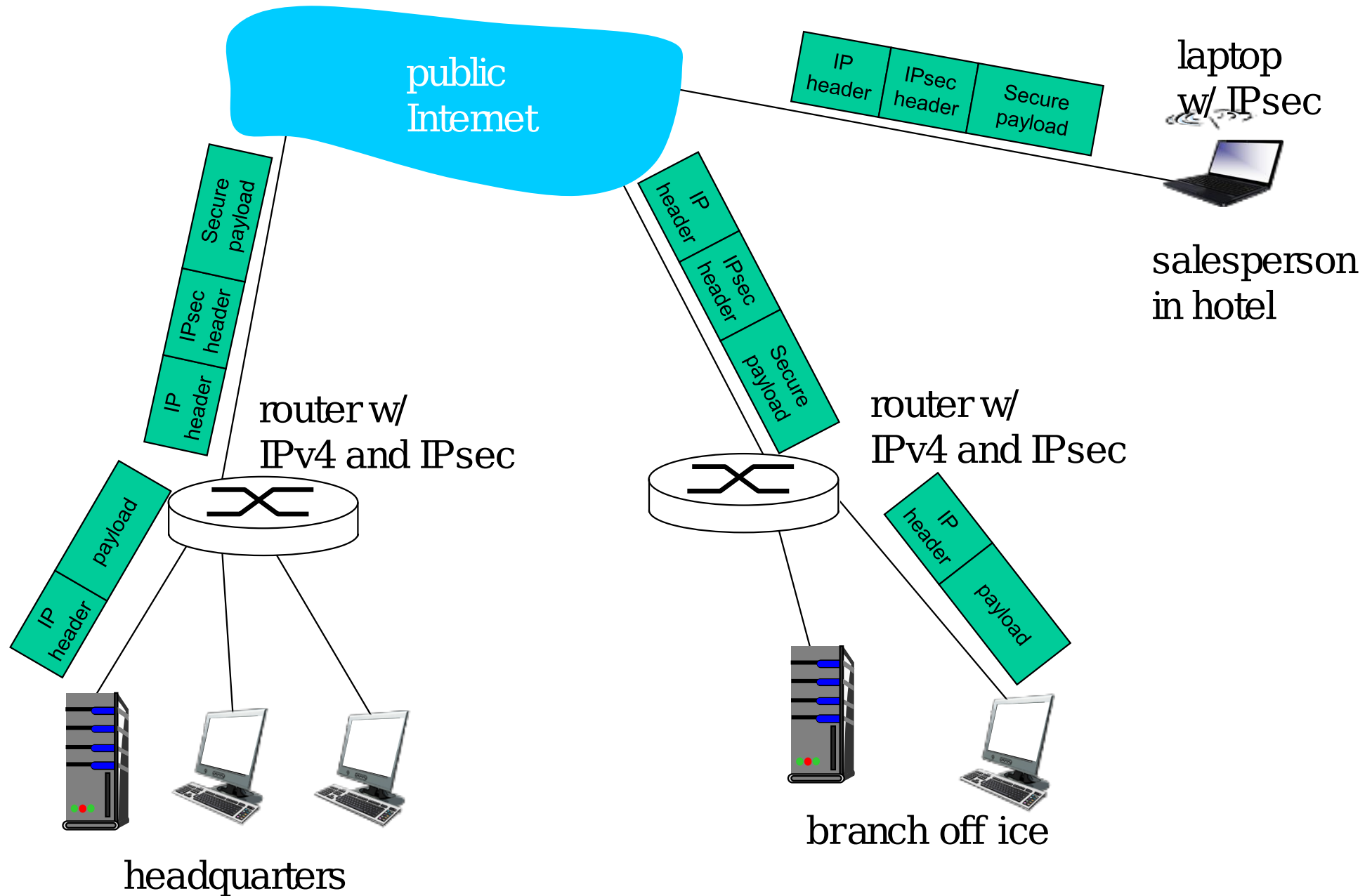
- Entidade transmissora cifra *payload* do datagrama. *Payload* pode ser:
  - Segmento TCP ou UDP, mensagem ICMP, mensagem OSPF...
- Todos os dados enviados de uma entidade para outra seria escondidos.
  - Páginas web, e-mail, transferências de arquivos P2P, pacotes TCP SYN...
- “Cobertura total”.

# VPNs: Virtual Private Networks (I)

- **Motivação:**

- Instituições comumente desejam ter redes privadas por razões de segurança.
  - Alto custo: roteadores separados, enlaces próprios, infraestrutura de DNS.
- VPN: tráfego interno da instituição é transmitido através da Internet pública, ao invés de usar estrutura dedicada.
  - Criptografado antes de entrar na Internet pública.
  - Logicamente separado de outros tráfegos.

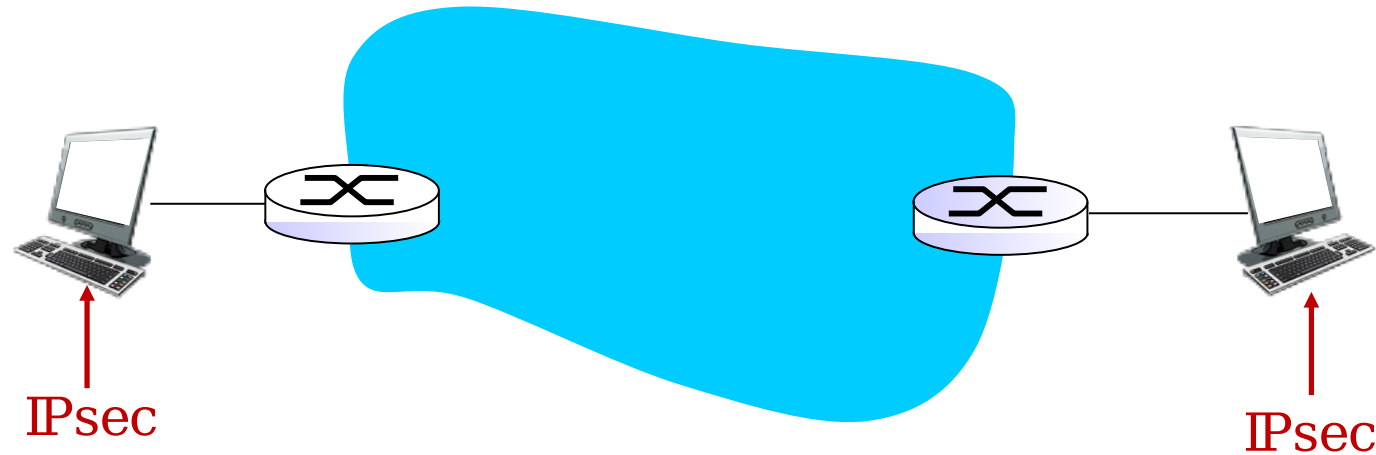
# VPNs: Virtual Private Networks (II)



# Serviços do IPSec

- Integridade de dados.
- Autenticação da origem.
- Prevenção de ataques de repetição.
- Confidencialidade.
- Dois protocolos proveem diferentes modelos de serviço:
  - AH.
  - ESP.

# IPSec: Modo Transporte

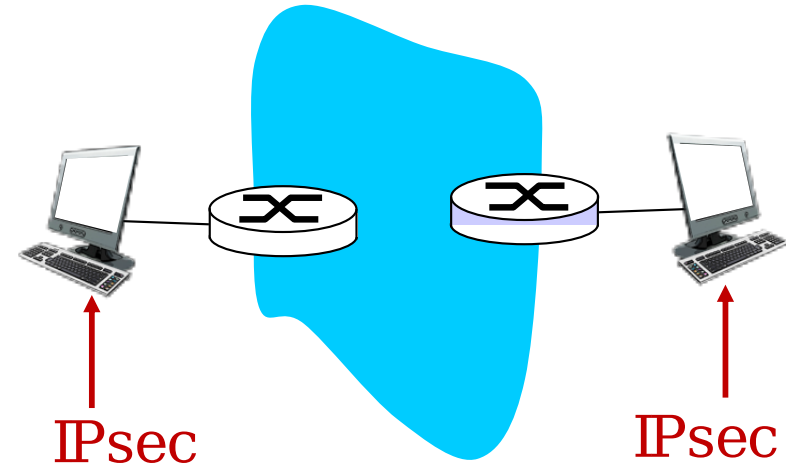
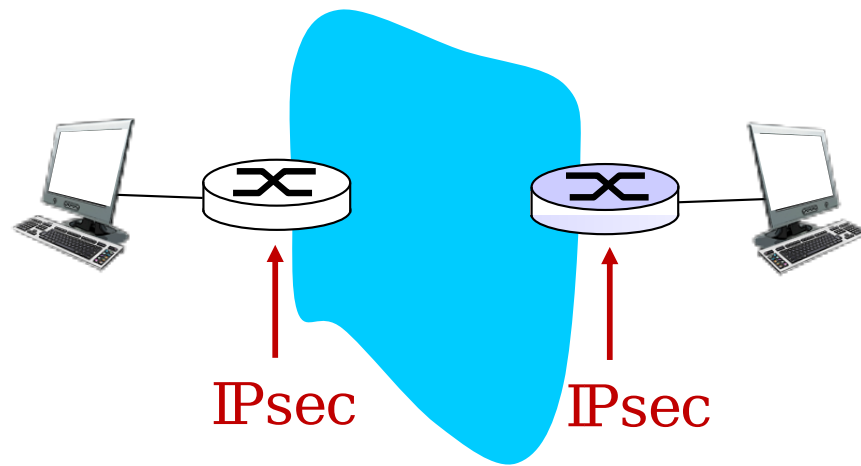


- Datagrama IPSec emitido e recebido por sistemas finais.
- Protege protocolos de camadas superiores.
  - Pacote da camada de transporte (incluindo cabeçalhos) é protegido e encapsulado em datagrama IP.



# IPSec: Modo Túnel

- Datagrama IP **original** é encapsulado em um cabeçalho IPSec.
- Esta unidade, por sua vez, é **encapsulada em um novo cabeçalho IP**.



- Roteadores de borda são IPSec-Aware.

- Hosts são IPSec-Aware.

# IPSec: Dois Protocolos

- *Authentication Header (AH) Protocol*:
  - Provê autenticação da origem e integridade de dados, mas não confidencialidade.
- *Encapsulation Security Protocol (ESP)*:
  - Provê autenticação da origem, integridade de dados **e confidencialidade**.
  - Mais comumente utilizado que o AH.
  - Foco da aula.

# Quatro Possíveis Combinações!

Modo Transporte com AH	Modo Transporte com ESP
Modo Túnel com AH	Modo Túnel com ESP

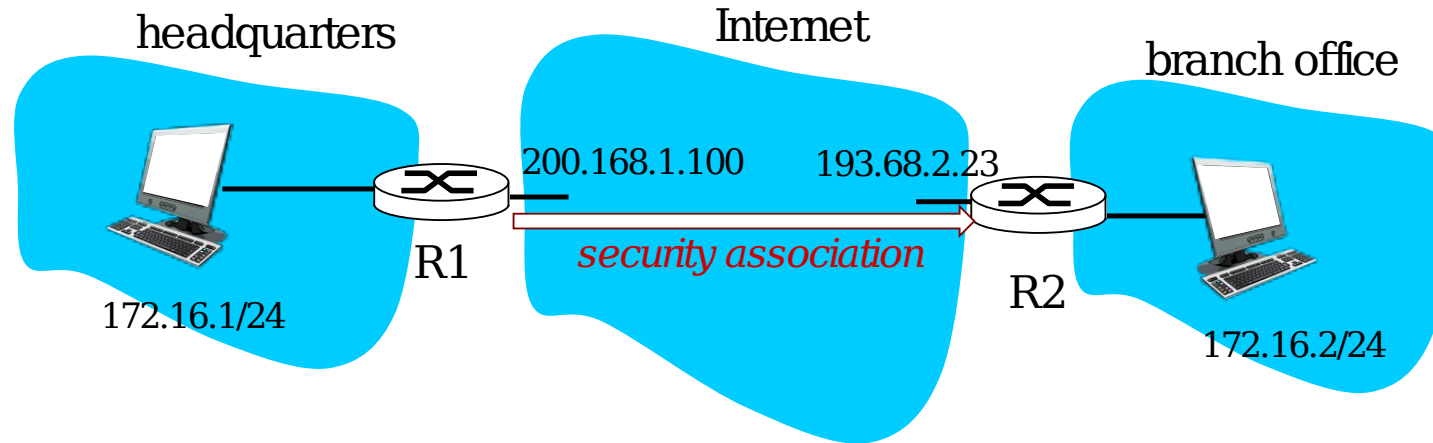


**Mais comum e importante!**

# Associações Seguras (SAs)

- Antes de enviar dados, uma “**associação segura**” é estabelecida entre as entidades de origem e destino.
  - SAs são simplex: funcionam apenas em uma direção.
- Entidades de origem e destino mantêm informação sobre a SA.
  - Lembre-se: os terminais de uma conexão TCP também mantêm estado.
  - IP não é orientado a conexão. Mas o IPSec é!
- Quantas SAs em uma VPN com matriz, franquias e  $n$  vendedores viajantes?

# Exemplo de SA de R1 para R2



- **R1 armazena para a SA:**

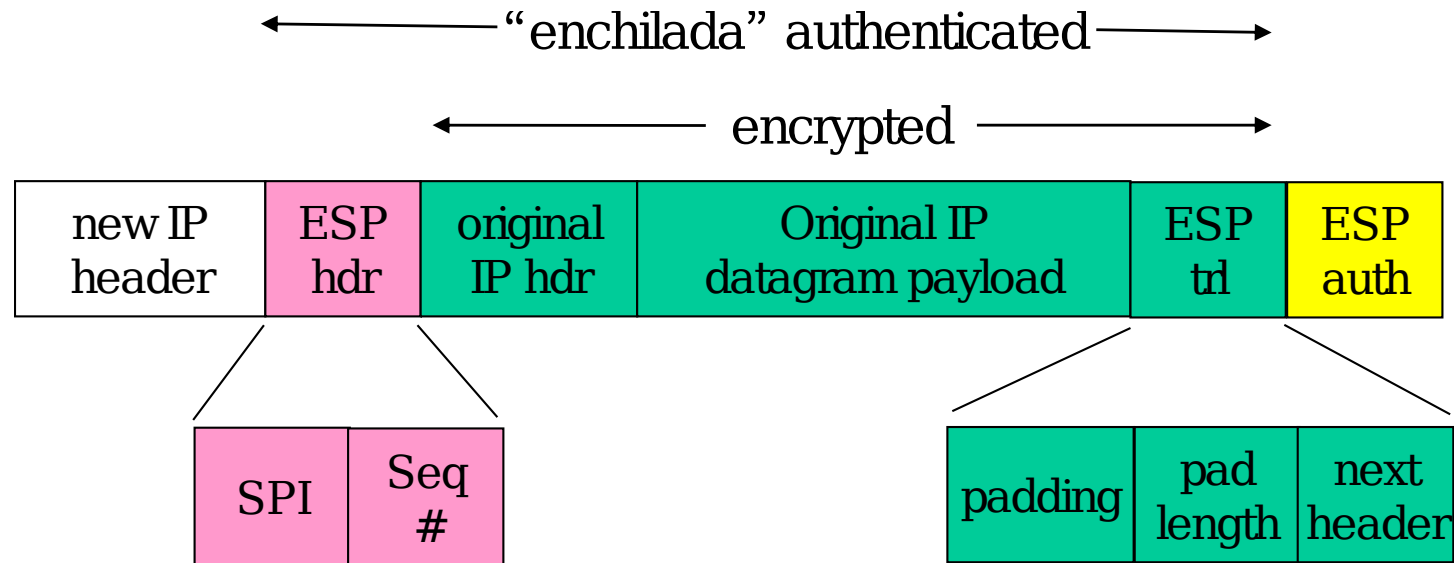
- Identificador de 32 bits da SA: *Security Parameter Index (SPI)*.
- Interface de origem da SA (200.168.1.100).
- Interface de destino da SA (193.68.2.23).
- Tipo de criptografia usada (e.g., 3DES com CBC).
- Chave de criptografia.
- Tipo de verificação de integridade (e.g., HMAC com MD5).
- Chave de autenticação.

# Base de Dados de Associações Seguras (SAD)

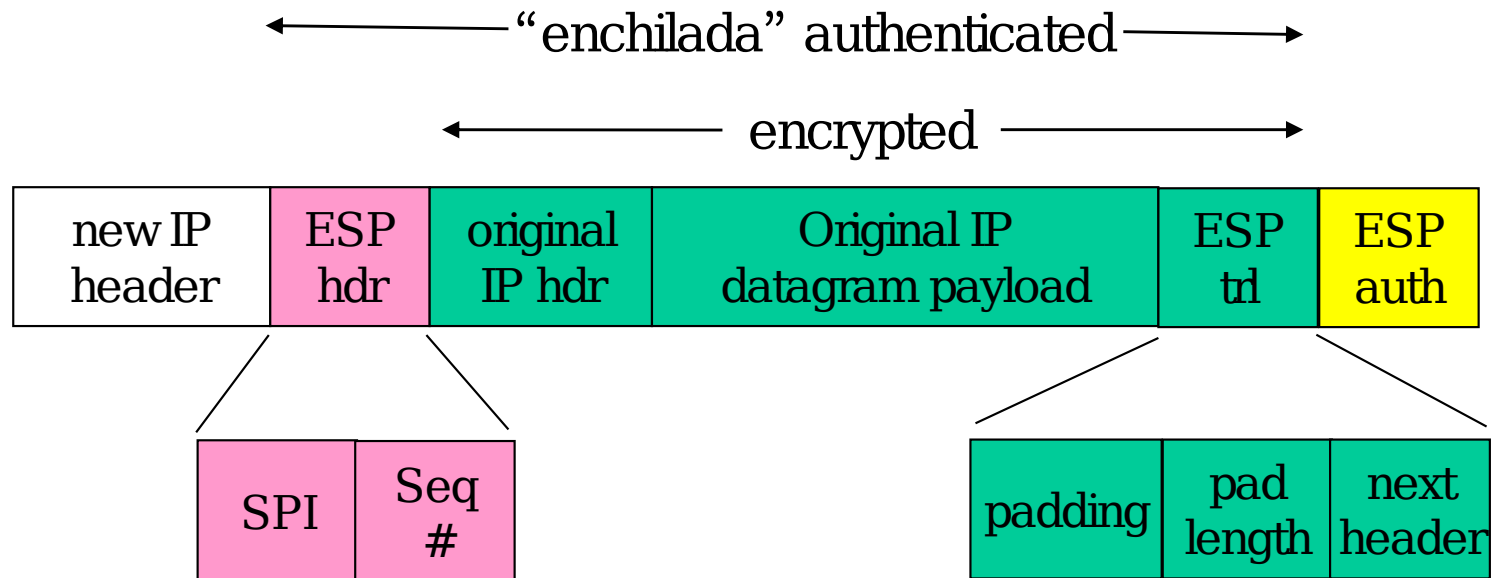
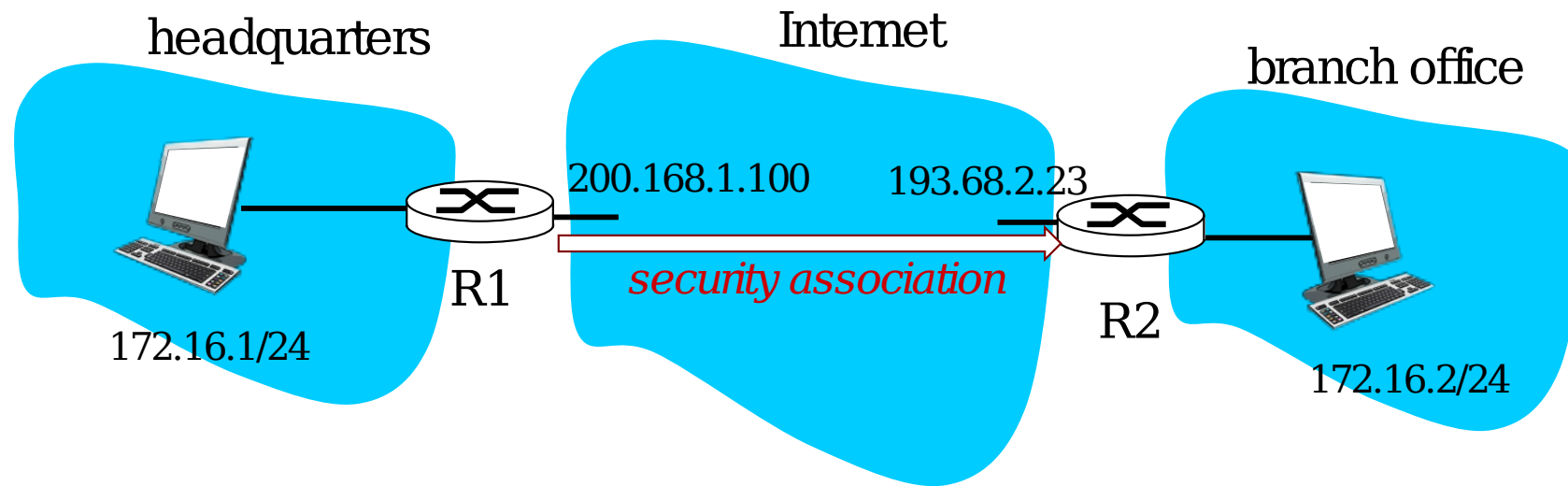
- Terminal armazena estado da SA em uma **Base de Dados de Associações Seguras (SAD)**.
  - Informações das SAs podem ser consultadas quando necessário.
- Com  $n$  vendedores,  $2 + 2n$  SAs na SAD de R1.
- Quando um datagrama IPSec é enviado, R1 acessa a SAD para determinar como processar o datagrama
- Quando o datagrama IPSec chega a R2, R2 encontra o SPI no pacote, usa-o para indexar a SAD e processa o datagrama de acordo.

# Datagrama IPSec

- Modo túnel com ESP.



# O Que Acontece?

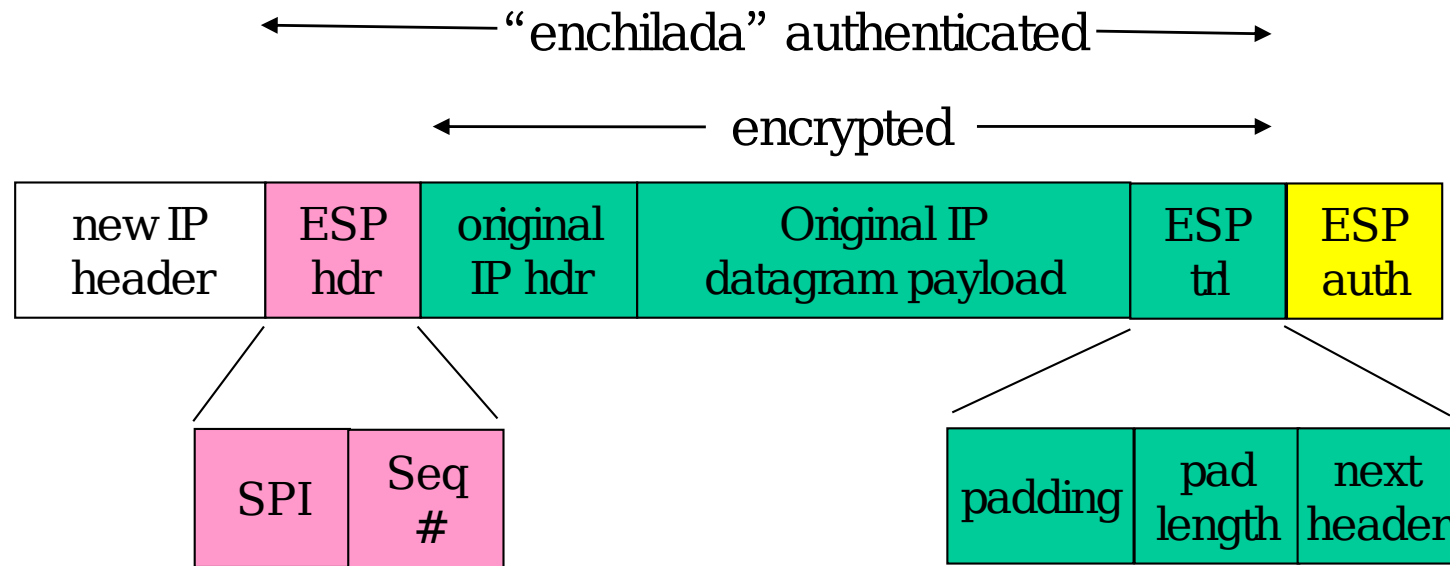




# R1: Converter o Datagrama Original em um Datagrama IPSec

- Adiciona ao final do datagrama original (o que inclui os cabeçalhos originais!) um campo “ESP trailer”.
- Criptografa o resultado usando o algoritmo e chave especificados pela SA.
- Adiciona ao início desta unidade criptografada o “cabeçalho ESP”, criando uma “enchilada”.
- Cria um MAC sobre toda a “enchilada”, usando o algoritmo e chave especificados pela SA.
- Adiciona o MAC ao final da “enchilada”, formando um *payload*.
- Cria um novo cabeçalho IP, com todos os campos clássicos do IPv4, o qual é adicionado ao início do *payload*.

# Dentro da Enchilada



- ESP trailer: padding usado para as cifras de bloco.
- ESP header:
  - SPI, para que entidade receptora saiba o que fazer.
  - Número de sequência, para evitar ataques de repetição.
- O MAC no campo ESP auth é criado com uma chave secreta compartilhada.

# IPSec: Números de Sequência

- Para cada novo SA, origem inicializa o número de sequência para 0.
- A cada novo datagrama enviado no SA:
  - Origem incrementa o número de sequência.
  - Valor é colocado no campo seq #.
- Objetivo:
  - Prevenir que atacante monitore e repita um pacote.
  - Recebimento de pacote autenticado duplicado pode interromper o serviço.
- Metodologia:
  - Destino verifica se pacotes estão duplicados.
  - Não guarda informação de **todos** os pacotes recebidos. Ao invés disso, utiliza uma janela.

# Base de Políticas de Segurança (SPD)

- Política: para um dado datagrama, entidade de origem precisa saber se deve usar IPSec.
- Também precisa saber qual SA usar.
  - Informações disponíveis: endereços IP de origem e destino, e número do protocolo.
- Informação no SPD indica “o que” fazer com datagrama recebido.
- Informação no SAD indica “como” fazer.

# Serviços IPSec: Sumário



- Suponha que Trudy está em algum ponto da rede entre R1 e R2. Ela não conhece as chaves.
  - Trudy será capaz de ver o conteúdo original do datagrama? E quanto aos endereços IP de origem e destino, protocolo de transporte e porta da aplicação?
  - Será capaz de alterar bits sem que isso seja detectado pelo receptor?
  - Se passar por R1 utilizando o endereço IP de R1?
  - Repetir um datagrama original de R1?

# IKE: Internet Key Exchange

- **Exemplos anteriores:** estabelecimento manual dos SAs do IPsec nos terminais IPsec.  
**Exemplo de SA:**
  - SPI: 12345.
  - IP de origem: 200.168.1.100.
  - IP de destino: 193.68.2.23.
  - Protocolo: ESP.
  - Algoritmo de criptografia: 3DES-cbc.
  - Algoritmo HMAC: MD5.
  - Chave de criptografia: 0x7aeaca...
  - Chave do HMAC: 0xc0291f...
- Estabelecimento manual de chaves para VPNs de centenas de terminais é impraticável.
- Ao invés disso, utiliza-se o **IPsec IKE (Internet Key Exchange)**.

# IKE: PSK e PKI

- Autenticação (provar sua identidade) com uma de duas alternativas:
  - Uma chave pré-compartilhada (PSK).
  - Uma PKI (chaves pública/privada e certificados).
- PSK: ambos os lados já começam com um segredo.
  - IKE é executado para autenticar os lados e para gerar as SAs do IPsec (uma em cada direção), incluindo chaves de criptografia e autenticação.
- PKI: ambos os lados começam com um par de chaves pública/privada e um certificado.
  - IKE é executado para autenticar os lados, obter as SAs do IPsec (uma em cada direção).
  - Similar ao *handshake* no SSL.

# Fases IKE

- Duas fases:
  - **Fase 1:** estabelecer uma SA bidirecional do IKE.
    - Note que a SA do IKE é diferente da SA do IPsec.
    - Diffie-Hellman.
  - **Fase 2:** a SA do IKE é usada para a negociação segura do par de SAs do IPsec.
- A fase 1 tem dois modos: agressivo e principal.
  - Modo agressivo usa menos mensagens.
  - Modo principal provê proteção da identidade e é mais flexível.



- Troca de mensagens IKE para algoritmos, chaves secretas e números de SPI.
- Ou protocolo AH ou protocolo ESP (ou ambos).
  - AH provê integridade, autenticação da origem.
  - ESP (com AH) adicionalmente provê criptografia.
- Pares IPsec podem ser dois sistemas finais, dois roteadores/firewalls, ou uma combinação destes.

# Resumo da Aula...

- IPSec: provê segurança na camada de rede.
  - Confidencialidade, integridade, autenticação da origem.
- IPSec: dois protocolos.
  - AH: integridade e autenticação.
  - ESP: integridade, autenticação e confidencialidade.
- IPSec: dois modos.
  - Transporte: carga útil do datagrama IP é cifrada/autenticada.
  - Túnel: datagrama IP **completo é encapsulado** em novo datagrama.
    - Esconde **completamente protocolo de transporte, portas, ...**
- Associações seguras: SA.
  - Canal de comunicação virtual entre duas entidades IPSec.
  - **Simplex, mantém estado.**
    - Algoritmos de criptografia, integridade, chaves, ...
- IPSec: Gerenciamento de Chaves.
  - Protocolo próprio: IKE.

# Leitura e Exercícios Sugeridos

- IPSec:
  - Páginas 526 a 531 do Kurose (Seção 8.6).
  - Exercícios de fixação 24, 25 e 26 do capítulo 8 do Kurose.
  - Problemas 22 e 23 do capítulo 8 do Kurose.

# Próxima Aula...

- Terminaremos nossa discussão sobre segurança.
- Últimos tópicos abordados:
  - Segurança em WLANs.
  - Segurança operacional.
    - *Firewalls*.
    - *Gateways* de aplicação.
    - Sistemas de detecção de intrusão.