

CPE710: Redes Móveis

Prof. Miguel Elias Mitre Campista

`http://www.gta.ufrj.br/~miguel`

CPE710: Redes Móveis

MOBILIDADE

Introdução

- A Internet está se tornando móvel
 - Nos próximos anos, quantos nós serão móveis?
 - Milhares?
 - Milhões?
 - Qual será o impacto da mobilidade nos protocolos atuais?
 - Extensões?
 - Ruptura?

História

- Final dos anos 70
 - A Internet engatinhava
 - Computadores eram na maioria pesados e ficavam confinados em salas
 - Dispositivos móveis existiam, mas eram desenvolvidos para aplicações militares específicas
- Década de 90
 - Explosão da telefonia móvel celular e do número de computadores portáteis
 - Necessidade de suporte à mobilidade na Internet

Computação Móvel

- Conceito amplo
 - Portabilidade
 - Computadores são transportados e conectados em lugares remotos
 - Mobilidade
 - Computadores permanecem conectados durante o deslocamento
 - Redes Móveis
 - Computadores se deslocam em conjunto e permanecem conectados entre si

Computadores Portáteis

- Um dos segmentos com crescimento mais acelerado no mercado de computação
 - Provavelmente perde apenas para o crescimento da Internet
- Possíveis requisições
 - Configuração dinâmica
 - Endereçamento IP dinâmico
 - Presença de conexão em qualquer lugar
 - Modems, telefone celular etc.

Computadores Móveis

- O deslocamento dos computadores requer...
 - Manutenção da conectividade
 - Alcance limitado dos computadores
 - Problemas com o TCP
 - Associação com a estação com o sinal mais claro
 - "*Roaming*"

Redes Móveis

- Todos as estações de uma rede se deslocam
 - Estações se deslocam em conjunto
 - Ex.: Redes veiculares → Comunicação intra-veículo
 - Estações se deslocam individualmente
 - Ex.: Redes veiculares → Comunicação inter-veículo
- Além da posição, o caminho até a estação móvel deve estar atualizado
 - Estações móveis podem se conectar a uma outra rede móvel e não somente a um ponto de interconexão



Requisições dos Usuários Móveis

- Definidas pelo IETF para o IP móvel
 - Uma estação móvel deve ser capaz de...
 - Manter a conectividade usando o mesmo endereço IP após se desconectar da Internet e se reconectar em um ponto diferente
 - Manutenção de conexões TCP
 - Interoperar com estações existentes, roteadores e serviços
 - Adoção gradual da tecnologia
 - Não oferecer novas vulnerabilidades ao IP, implementar *multicast* e privacidade de localização

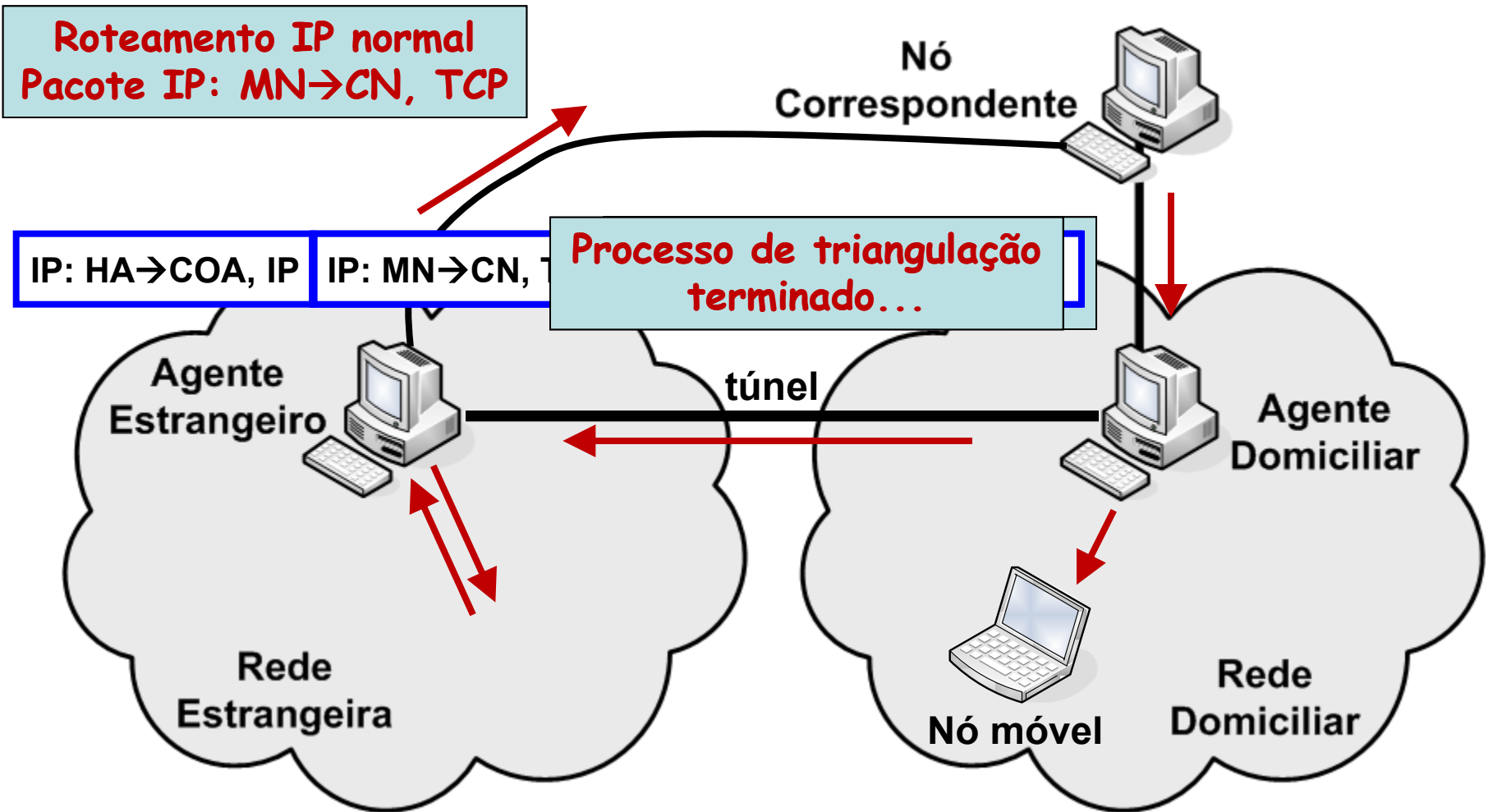
Modelo Básico do IP Móvel

- Nó móvel (*Mobile Node - MN*)
 - Possui um Endereço Domiciliar (*Home Address*) na sua Rede Domiciliar (*Home Network*)
 - Obtém um *Care-of-Address (COA)* quando visita uma Rede Estrangeira (*Foreign Network*)
 - COA é o endereço normalmente do **Agente Estrangeiro**

Modelo Básico do IP Móvel

- Agente Domiciliar (Home Agent)
 - Pertence a Rede Domiciliar e serve o Endereço Domiciliar
- Agente Estrangeiro (*Foreign Agent - FA*)
 - Serve nós móveis visitantes
- Nó correspondente (*Corresponding Node - CN*)
 - Troca dados com o nó móvel e pode ser tanto móvel quanto fixo

Modelo Básico do IP Móvel



Modelo Básico do IP Móvel

- Processo de triangulação pode ser ineficiente
 - Exemplo:
 - Nó correspondente e nó móvel no Brasil
 - Agente domiciliar no Japão

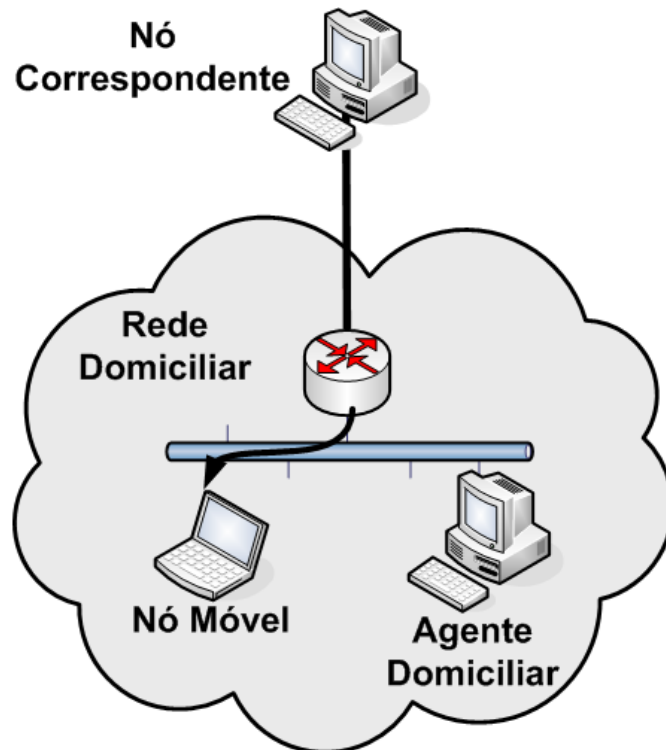
Tráfego do nó correspondente para o nó móvel tem que ir ao Japão antes de ser entregue...

Requisitos do Modelo Básico

- **Agente Domiciliar**
 - Precisa se "anunciar" como o roteador do nó móvel
 - Precisa manter a localização do nó móvel
- **Nó móvel**
 - Precisa descobrir o *Agente Estrangeiro*
 - Precisa se registrar no *Agente Estrangeiro*
- **Agente Estrangeiro**
 - Precisa concordar em encaminhar o tráfego do nó móvel

Requisitos do Modelo Básico

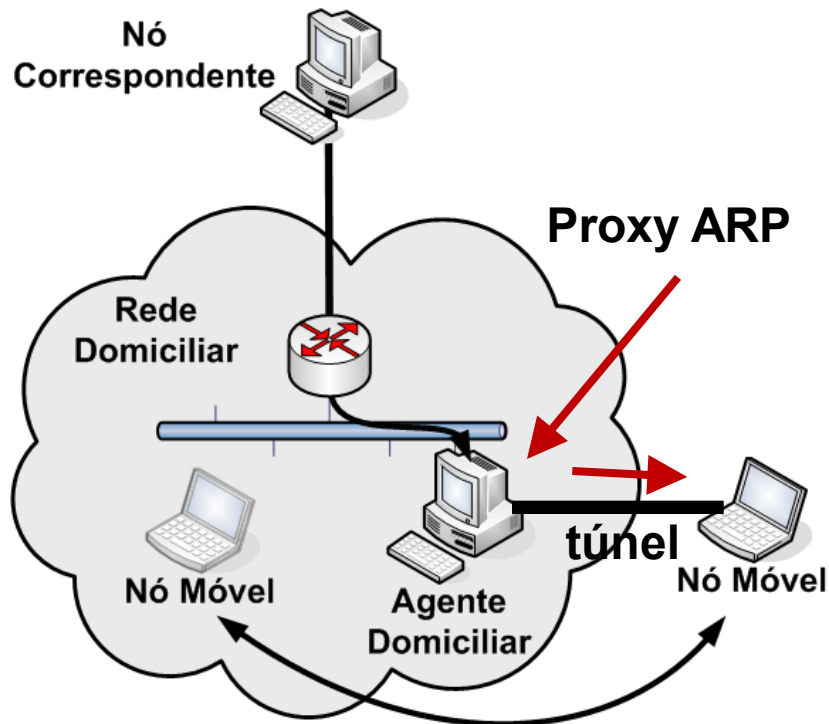
- Agente Domiciliar
 - Precisa se “anunciar” como o roteador do nó móvel
 - Manter a localização do nó móvel



Quando o nó móvel está na rede: Ele mesmo recebe os pacotes enviados na LAN

Requisitos do Modelo Básico

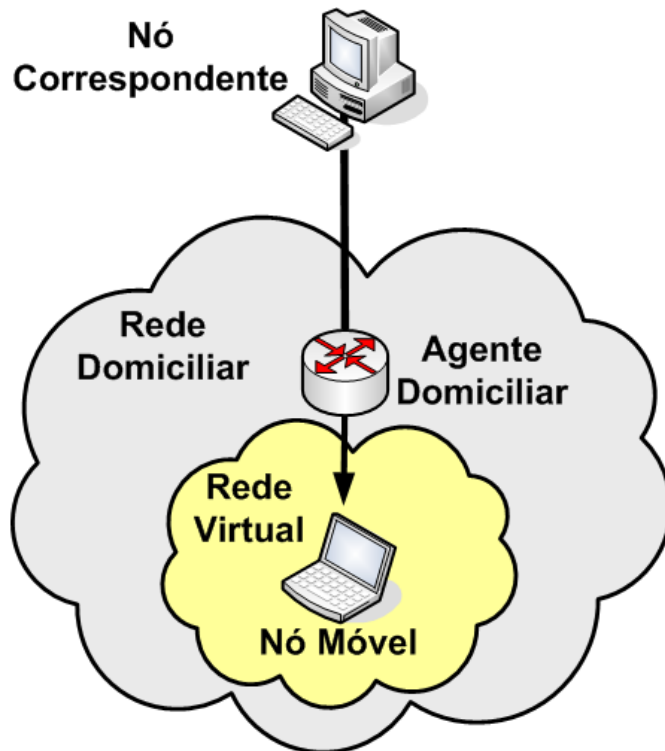
- Agente Domiciliar
 - Precisa se “anunciar” como o roteador do nó móvel
 - Manter a localização do nó móvel



Quando o nó móvel sai da rede: Agente Domiciliar responde requisições ARP no lugar do nó móvel

Requisitos do Modelo Básico

- Agente Domiciliar
 - Precisa se “anunciar” como o roteador do nó móvel
 - Manter a localização do nó móvel



Agente Domiciliar pode atuar como um roteador e anunciar uma “rede virtual” para estações móveis usando o protocolo de roteamento intra-domínio, mesmo se essa rede não existir fisicamente

Requisitos do Modelo Básico

- Agente Domiciliar
 - Precisa se "anunciar" como o roteador do nó móvel
 - Manter a localização do nó móvel
 - Mensagens de sinalização precisam ser trocadas entre...
 - Agentes Estrangeiro e Domiciliar ou
 - Agente Domiciliar e Nó Móvel

Requisitos do Modelo Básico

- Agente Domiciliar
 - Precisa se "anunciar" como o roteador do nó móvel
 - Manter a localização do nó móvel
 - Mensagens de sinalização precisam ser trocadas entre...
 - Agentes Estrangeiro e Domiciliar ou
 - Agente Domiciliar e Nó Móvel

Considerando o último caso, será que existiria algum risco de segurança caso o nó móvel possa atualizar a sua localização ao agente domiciliar?

Requisitos do Modelo Básico

- Agente Domiciliar
 - Precisa se "anunciar" como o roteador do nó móvel
 - Manter a localização do nó móvel
 - Mensagens de sinalização precisam ser trocadas entre...
 - Agentes Estrangeiro e Domiciliar ou
 - Agente Domiciliar e Nó Móvel

Considerando o último caso, será que existiria algum risco de segurança caso o nó móvel possa atualizar a sua localização ao agente domiciliar?

Um nó malicioso poderia se passar por um nó legítimo e "atualizar" a sua posição!

REQUER USO DE PROTOCOLOS SEGUROS

Requisitos do Modelo Básico

- Nó móvel
 - Precisa descobrir o Agente Estrangeiro e se registrar
 - Agente estrangeiro pode se anunciar, iniciando o processo de registro do Nó Móvel com o Agente Estrangeiro
 - Se tudo ocorrer bem, o Nó Móvel envia ao Agente Domiciliário o seu *Care-of-Address (COA)*

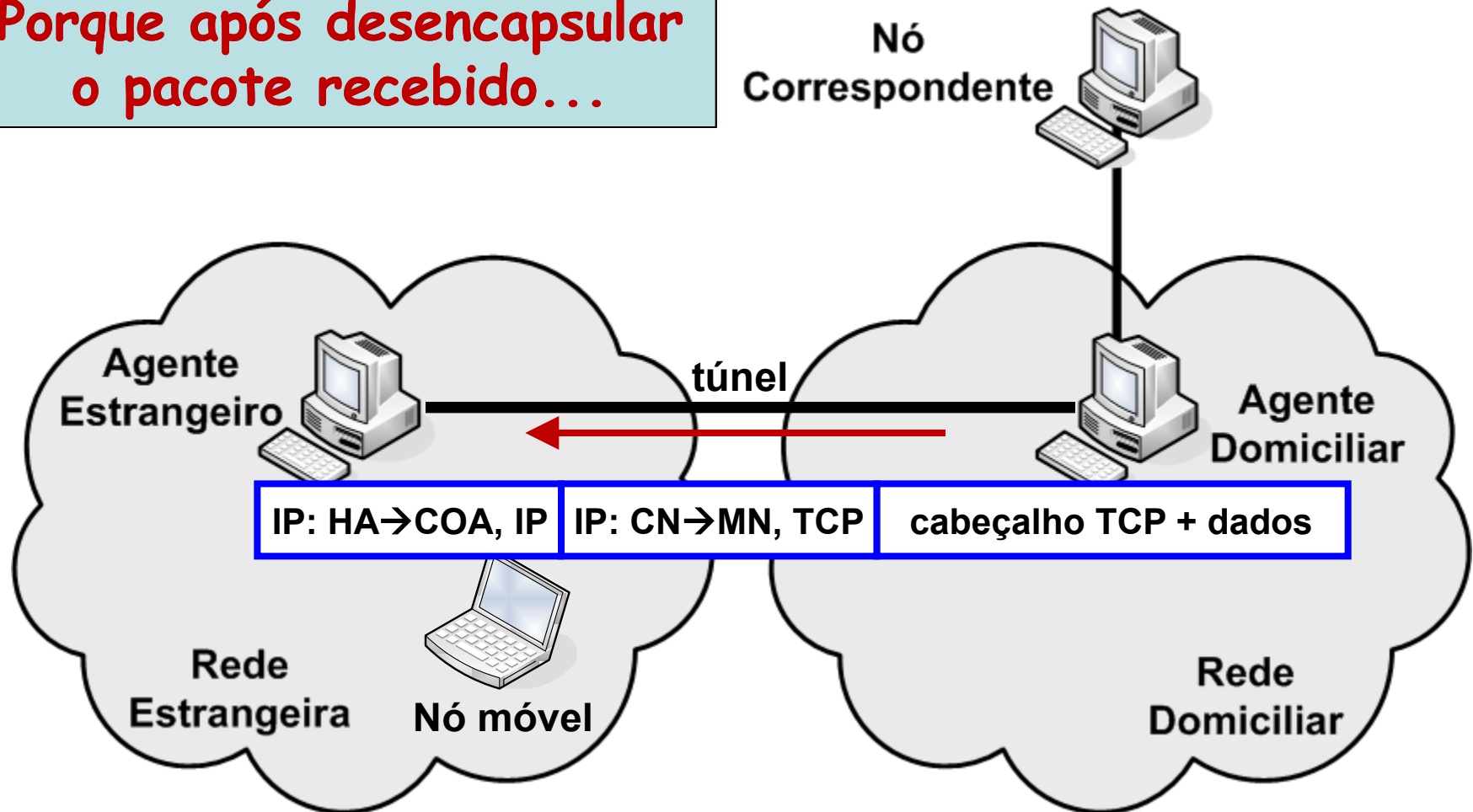
Requisitos do Modelo Básico

- Nó móvel
 - Precisa descobrir o Agente Estrangeiro e se registrar
 - Agente estrangeiro pode se anunciar, iniciando o processo de registro do Nó Móvel com o Agente Estrangeiro
 - Se tudo ocorrer bem, o Nó Móvel envia ao Agente Domiciliário o seu *Care-of-Address* (COA)

Mas por que o nó móvel precisa se registrar?

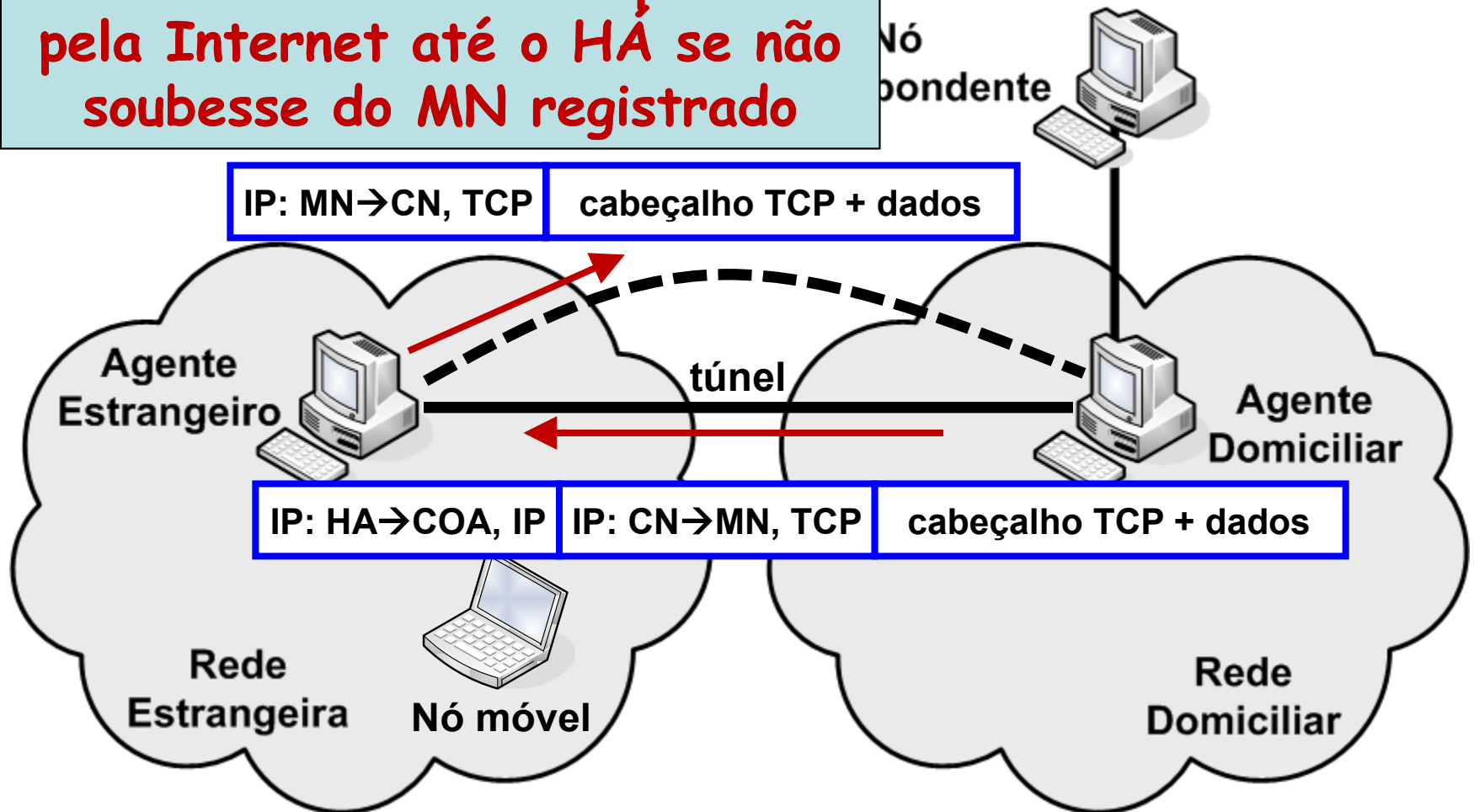
Requisitos do Modelo Básico

Porque após desencapsular o pacote recebido...



Requisitos do Modelo Básico

O FA iria devolver o pacote pela Internet até o HA se não soubesse do MN registrado

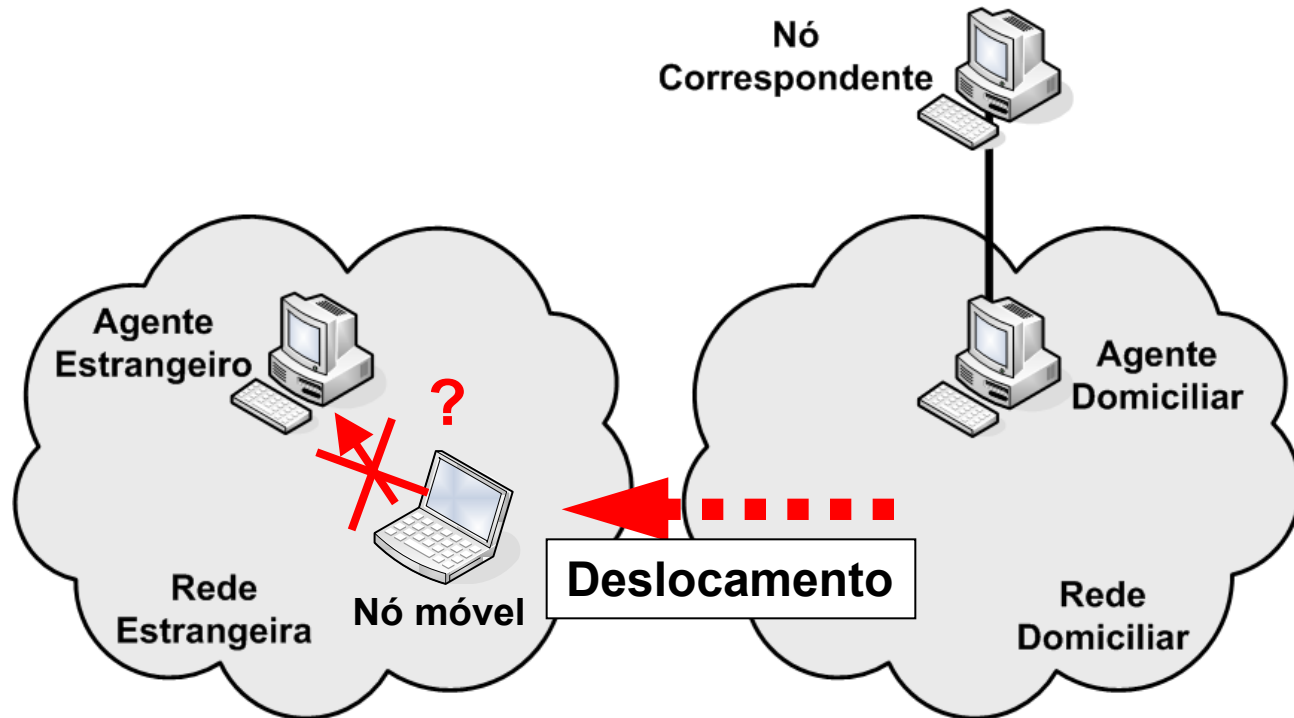


Movimentação de Rede em Rede

- Distâncias menores
 - Resolvidas por protocolos de camadas mais baixas
 - Grupo de células que se comportam como uma única rede
- Nós móveis não sabem que se deslocam...
 - Descubrem ao receber anúncios de novos Agentes Estrangeiros
 - Anúncios possuem endereço IP e físico do FA
 - Nós móveis se registram no FA e negociam o encaminhamento de pacotes
 - Nós móveis comunicam o novo COA ao Agente Domiciliar para que os pacotes sejam encaminhados através do FA
 - Similarmente, descobrem que voltaram para a Rede Domiciliar ao receber anúncios do Agente Domiciliar

E Se Não Houver Agente Estrangeiro?

- Agente Estrangeiros podem...
 - Não existir
 - Não concordar em encaminhar o tráfego do nó móvel



E Se Não Houver Agente Estrangeiro?

- Nó móvel pode obter conectividade via DHCP ou PPP
 - Obtenção de endereço IP temporário na rede visitada
- Consequências...
 - Nó móvel torna-se o próprio FA
 - IP temporário torna-se COA
 - Túnel é estabelecido entre o HA e o Nó Móvel

E Se Não Houver Agente Estrangeiro?

- Possíveis problemas...
 - Maior cabeçalho consome mais recursos da rede
 - Caso último salto seja um enlace de banda estreita
 - Consumo maior de endereços IP na rede visitada
 - Perda de pacotes em trânsito
 - Desaparecimento do FA imediatamente após o deslocamento do nó móvel para outra rede
- Possíveis benefícios...
 - Evita desencapsulamento em nó intermediário
 - Caso último salto seja um enlace de banda larga
 - Caso estação móvel permaneça por mais tempo na rede visitada

Suporte ao IP Móvel

- Protocolo proposto - RFC 2002
 - Simplicidade
 - Padronização e desenvolvimento mais rápido
 - Divisão em duas fases principais
 - Protocolo de descoberta
 - Procedimento de registro
 - Procedimentos adicionais:
 - Procedimento de encapsulamento

Protocolo de Descoberta

- Agentes Estrangeiros e agentes Domiciliares
 - Implementados como processos especiais em roteadores
 - Protocolo de descoberta é uma extensão do protocolos de descoberta de roteadores em redes locais do ICMP
 - Envia periodicamente uma mensagem de anúncio de agente
 - Mensagem enviada em *multicast*

Protocolo de Descoberta

- Mensagens de anúncio de agentes
 - Mensagem ICMP possui além de endereços de roteadores:
 - Número de sequência
 - Tempo de vida do registro
 - Flags
 - Indicam se registro é necessário, se há agentes domiciliares/estrangeiros disponíveis, que tipo de encapsulamento (tunelamento) é suportado etc.
 - Lista com pelo menos um COA
 - Endereço não é necessariamente o anunciado pelo FA normalmente
 - Tamanho dos prefixos anunciados na parte padrão

Protocolo de Descoberta

- Nó móvel escuta anúncio para determinar mudança de rede
 - Nó móvel detecta que mudou quando:
 - Pára de receber anúncios do agente selecionado
 - Determina que o endereço IP e o prefixo anunciado pelo agente não é o mesmo conhecido
 - Nó móvel detecta a volta a sua rede domiciliar quando:
 - Recebe anúncios do seu Agente Domiciliar

Protocolo de Descoberta

- Caso o nó detecte que mudou de rede...
 - Deve realizar procedimento de registro
- Caso o nó detecte que voltou à Rede Domiciliar...
 - Nó móvel cancela registro com o Agente Domiciliar
 - Volta a receber tráfego através de roteamento IP normal

Protocolo de Descoberta

- Caso o agente perca o registro (*reboot* do agente)...
 - Nó detecta a partir do número de sequência das mensagens ICMP
 - Incrementado de uma unidade a cada envio
 - Caso o número de sequência seja reinicializado
 - Nó móvel reinicia processo de registro pois o agente não armazena estado

Protocolo de Descoberta

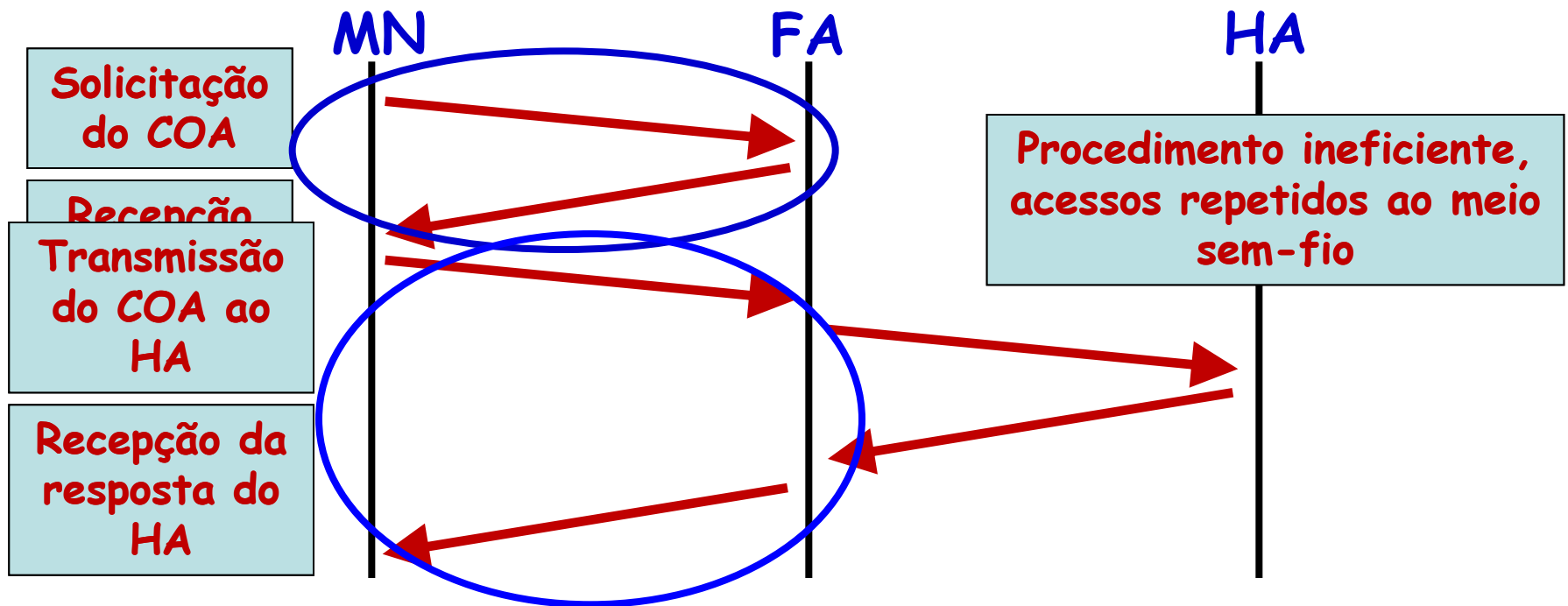
- Envio de anúncios
 - Periódicos
 - Frequência de envio deve ser ajustada cuidadosamente
 - Limitações das redes sem-fio
 - Enviado em broadcast
 - Após solicitação explícita da estação móvel
 - Estação móvel detecta mudança de rede sem precisar de anúncios
 - Monitoramento da potência do sinal recebido
 - Estação móvel faz requisição a um endereço IP "*all-bases*"
 - Enviado em *unicast* ao nó solicitante

Procedimento de Registro

- Após descobrir o novo FA, o nó móvel deve...
 - Registrar com o novo agente
 - Transmitir o COA ao Agente Domiciliat
- Pode ser feito de duas formas
 - Usando seis ou quatro mensagens

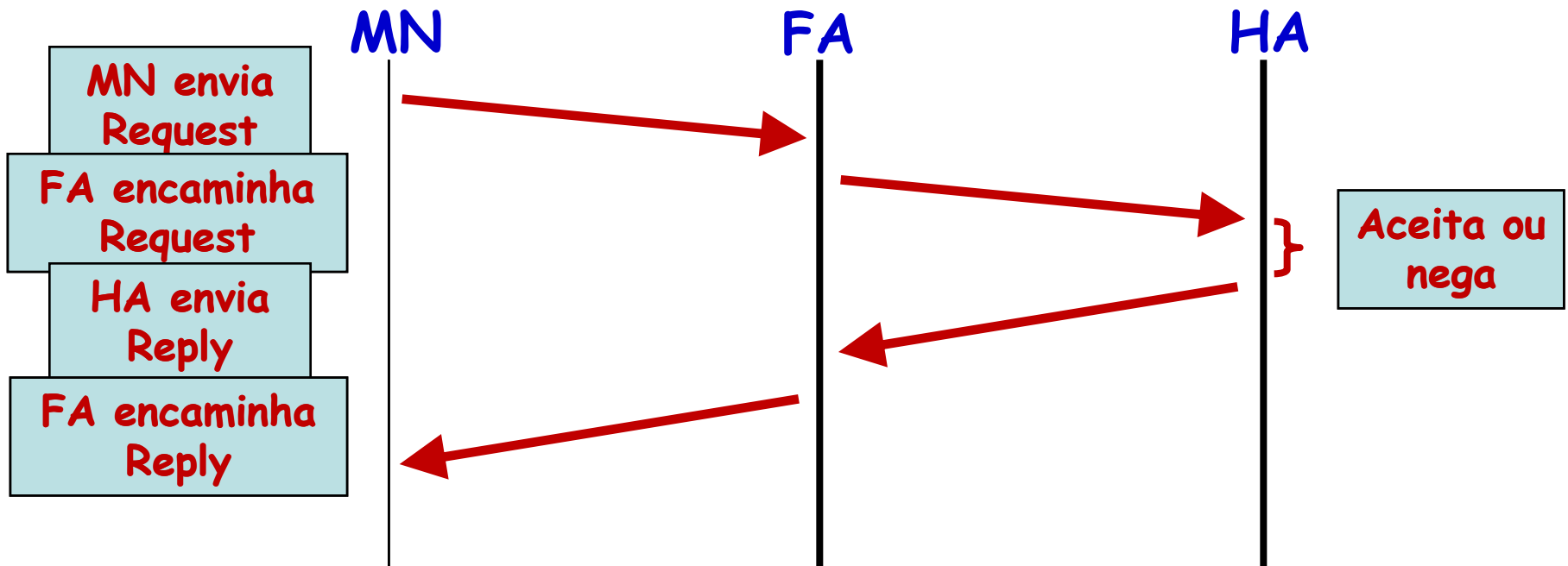
Procedimento de Registro

- Primeiro procedimento de registro
 - Usando seis mensagens



Procedimento de Registro

- Segundo procedimento de registro
 - Maneira mais eficiente com quatro mensagens
 - Request MN→FA e FA→HA
 - Reply MN→FA e FA→HA



Procedimento de Registro

- Request e Reply são enviados sobre UDP
- Mensagem de Request contém:
 - Tipo da mensagem (Request, 1)
 - Flags
 - Indica se FA = MN e tipo de encapsulamento preferido
 - Tempo de vida do registro
 - Endereços do MN, HA e COA
 - Identificação da requisição (64 bits)
 - Parâmetros de extensão
 - Inclui extensão para autenticação

Problema do Procedimento de Registro

- Problema principal → Segurança
 - Nós maliciosos podem se fazer passar pelo FA
 - Tráfego do Nó Móvel é encaminhado pelo nó malicioso
 - Solucionado através de autenticação das comunicações
 - » Algoritmo MD5
 - Nós maliciosos podem reenviar mensagens de registro
 - Nó Móvel pode ser removido da rede
 - Solucionado através do uso de identificadores por mensagens
 - » Duas mensagens Request não podem ter o mesmo identificador (uso do NTP *timestamp* como identificador)

Problema do Procedimento de Registro

- Confiabilidade
 - Perda de uma mensagem Request ou Reply
 - Dispara novo processo a partir do Nó Móvel
 - Identificador da mensagem diferente
 - Agentes apenas encaminham tráfego
 - Participação passiva no processo

Procedimento de Encapsulamento

- Procedimento de tunelamento em outras ocasiões...
 - Estabelecimento de circuitos virtuais entre áreas desconectadas de uma mesma rede
 - Estabelecimento de circuitos virtuais entre roteadores *multicast* em uma rede *não-multicast*

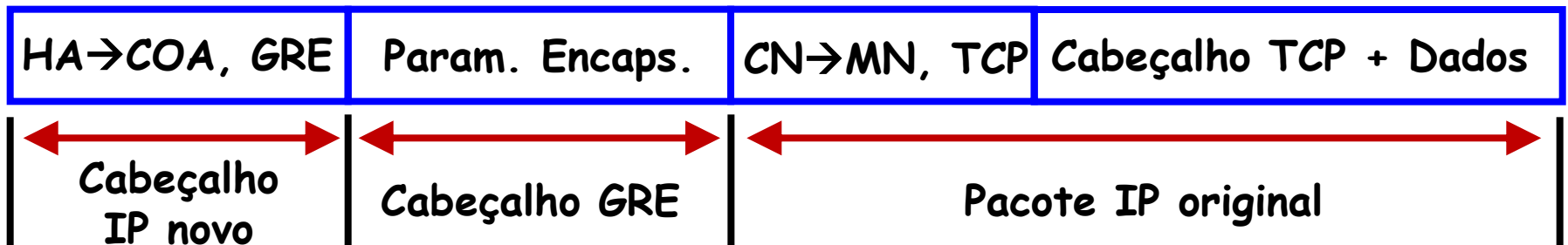
Tunelamento é uma solução genérica para tratar exceções do roteamento

Procedimento de Encapsulamento

- IP Móvel oferece três tipos de tunelamento:
 - Encapsulamento genérico de roteamento (*Generic Routing Encapsulation - GRE*)
 - RFC 1701
 - Procedimento básico
 - RFC 2003
 - Encapsulamento mínimo
 - RFC 2004

Encapsulamento Genérico de Roteamento (GRE)

- Procedimento genérico desenvolvido pela CISCO antes do IP Móvel
 - Cabeçalho GRE entre o cabeçalho IP novo ("cabeçalho de entrega") e o cabeçalho IP original



Encapsulamento Genérico de Roteamento (GRE)

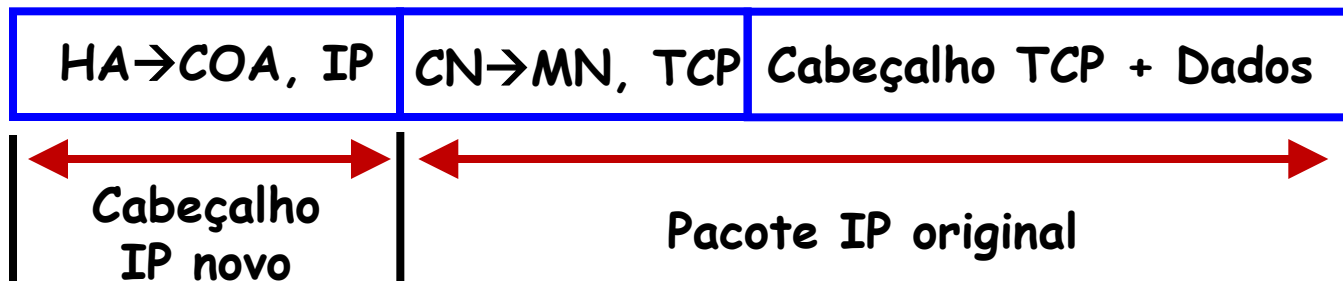
- Cabeçalho GRE
 - Tipo de protocolo do pacote encapsulado
 - GRE pode encapsular qualquer protocolo que pode ser carregado sobre o Ethernet
 - Campos opcionais
 - Checksum (16 bits)
 - Número de sequência (32 bits)
 - Chave para autenticar a fonte dos pacotes (32 bits)
 - Campo de roteamento para implementar roteamento por fonte
 - Conjunto de Flags
 - Identificação de cada um dos campos opcionais presentes

Procedimento Básico

- GRE é útil quando o tunelamento é usado:
 - Em interconexões de redes
 - Em roteamento baseado em políticas
 - No caso do IP Móvel
 - Soluções mais simples podem ser empregadas

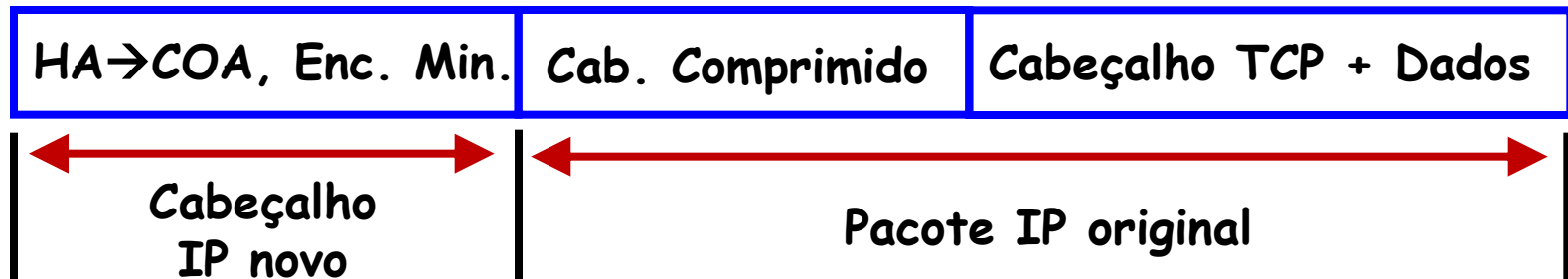
Procedimento Básico

- Procedimento básico de encapsulamento
 - Não há cabeçalho intermediário
 - Há apenas o "cabeçalho de entrega" seguido pelo cabeçalho IP original



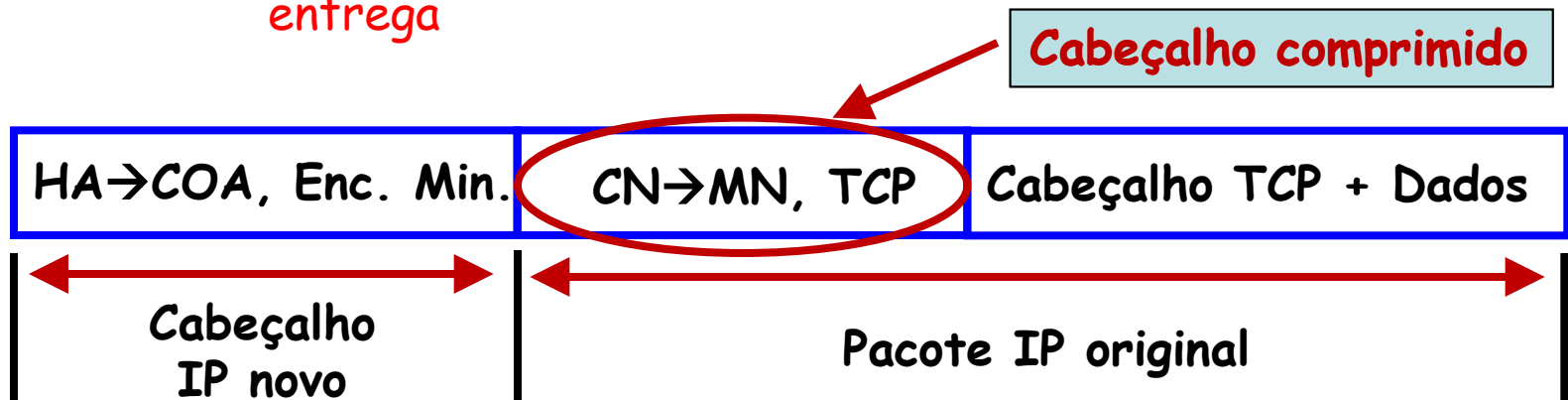
Encapsulamento Mínimo

- Algumas informações do cabeçalho IP original podem ser deduzidas do "cabeçalho de entrega"
 - Ex.: Comprimento do pacote e checksum
- Encapsulamento mínimo substitui cabeçalho IP original por um cabeçalho comprimido
 - Objetivo: Aumentar a eficiência da transmissão



Encapsulamento Mínimo

- Cabeçalho comprimido
 - Tipo do protocolo do pacote encapsulado (Ex.: TCP)
 - Endereço IP de destino do pacote encapsulado
 - Checksum do cabeçalho comprimido (16 bits)
 - Campos opcionais
 - Endereço de origem do pacote encapsulado
 - Se não for igual ao endereço de origem do cabeçalho de entrega



Encapsulamento Mínimo

- Recepção de uma mensagem comprimida
 - FA reconstitui o cabeçalho original
 - Combina as informações do cabeçalho comprimido com as informações do cabeçalho de entrega
 - Campos como o checksum têm que ser recalculados

Encapsulamento Utilizado

- Negociação entre o MN, FA e HA
 - Processo realizado durante os procedimentos de descoberta e registro
- Disponibilidade de encapsulamento
 - Todos devem suportar Encaps. Básico (IP-sobre-IP)
 - Alguns podem suportar GRE ou Encaps. Mínimo

Encapsulamento Utilizado

- Cuidados ao se utilizar GRE ou Encaps. Básico
 - Decrementar o TTL do pacote antes de encapsulá-lo
 - Evita possíveis loops já que o TTL não é decrementado no túnel (visto como um único salto!)
 - Caso o FA não ache o MN, ele envia o pacote por roteamento IP normal e então o pacote pode voltar ao HA que reenvia o pacote ao FA ...

... Mas por que o loop pode acontecer?

Encapsulamento Utilizado

- Cuidados ao se utilizar GRE ou Encaps. Básico
 - Decrementar o TTL do pacote antes de encapsulá-lo
 - Evita possíveis loops já que o TTL não é decrementado no túnel (visto como um único salto!)
 - Caso o FA não ache o MN, ele envia o pacote por roteamento IP normal e então o pacote pode voltar ao HA que reenvia o pacote ao FA ...

... Mas por que o loop pode acontecer?

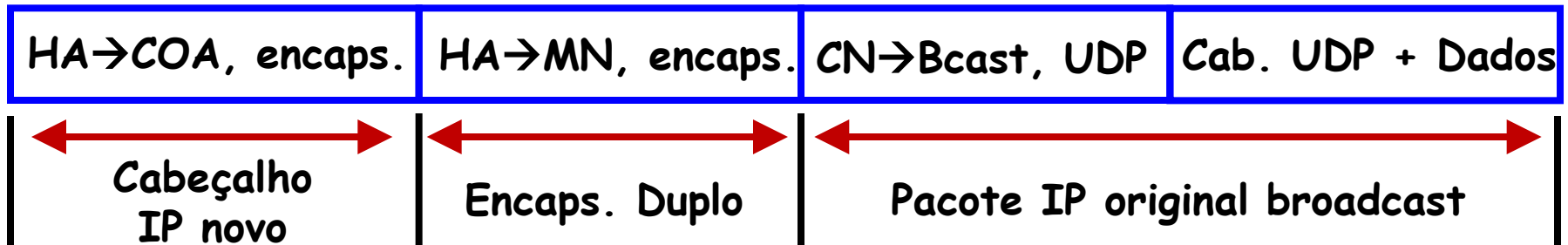
Porque ao enviar pela Internet, o endereço de destino passa a ser o da rede domiciliar...

Broadcast e Multicast

- Uma vez na Rede Domiciliar...
 - Nós Móveis recebem cópias de mensagens enviadas em *broadcast e multicast*
- Uma vez na Rede Estrangeira...
 - Nós móveis poderiam receber mensagens enviadas em *broadcast e multicast* nas suas Redes Domiciliares
 - HA pode encaminhar as mensagens através do túnel
 - Envio de cópias individuais *multicast* para MN em outras redes é ineficiente
 - Delimitação do escopo *multicast* é perdida
 - *Broadcast* na Rede Domiciliar não deve gerar um novo *broadcast* em uma Rede Estrangeira

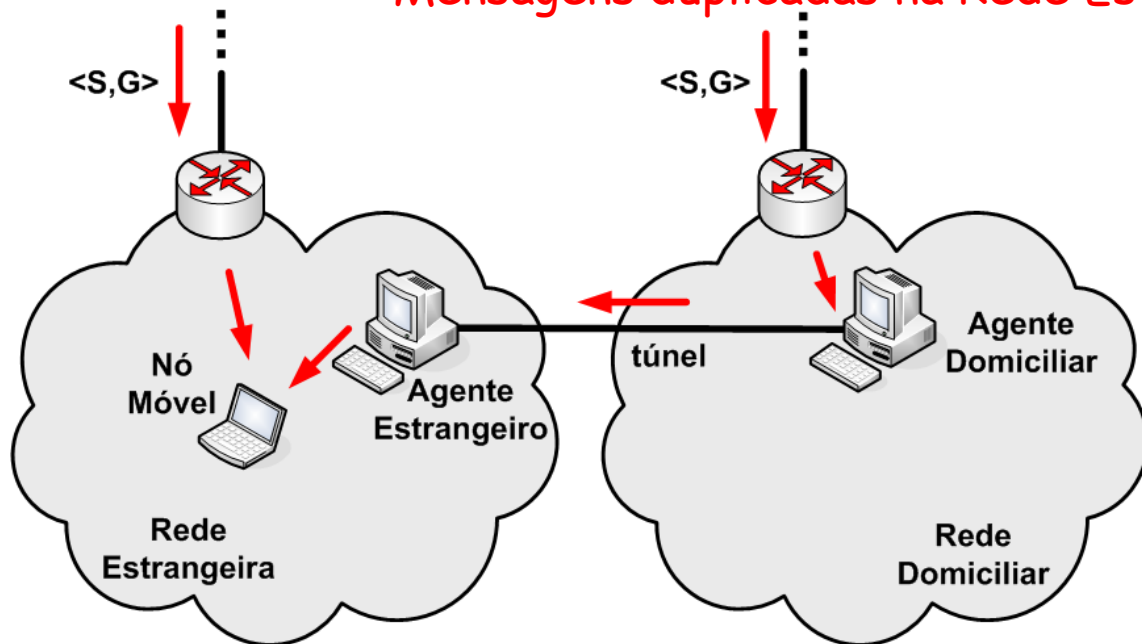
Broadcast e Multicast

- Como resolver?
 - Durante o procedimento de registro do IP Móvel
 - Descubre-se se o túnel termina no próprio Nó Móvel
 - HA pode encaminhar o tráfego *broadcast/multicast* ao Nó Móvel diretamente
 - Caso contrário (presença de FA)
 - Agente Domiciliar pode usar Encapsulamento Duplo



Encapsulamento Duplo

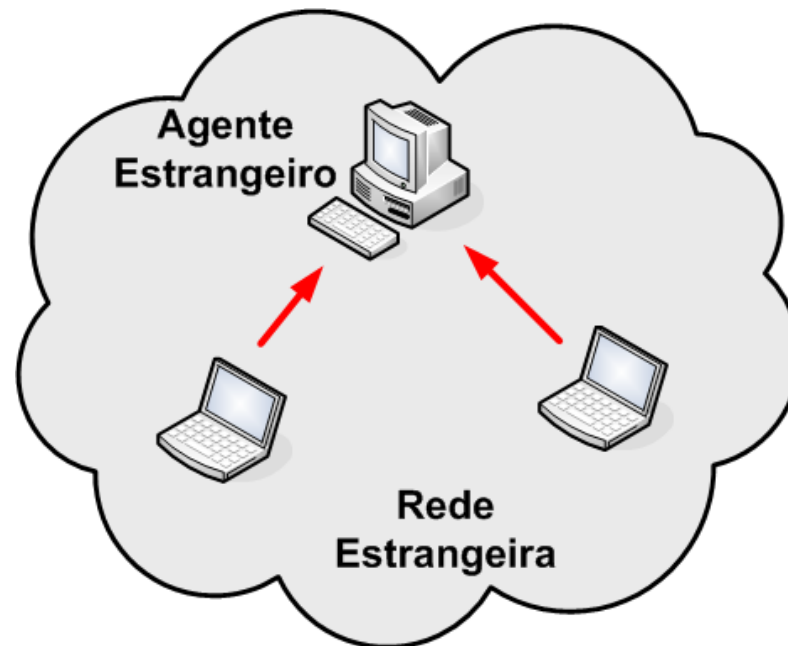
- Utilizado para mensagens *multicast* e *broadcast*
 - Nós Móveis podem se inscrever remotamente a grupos *multicast* na sua Rede Domiciliar
 - MN envia mensagens IGMP através do túnel até o seu HA
 - Entretanto, forma pouco eficiente...
 - Mensagens duplicadas na Rede Estrangeira



**Nós Móveis
podem se
inscrever em
grupos
multicast na
própria Rede
Estrangeira**

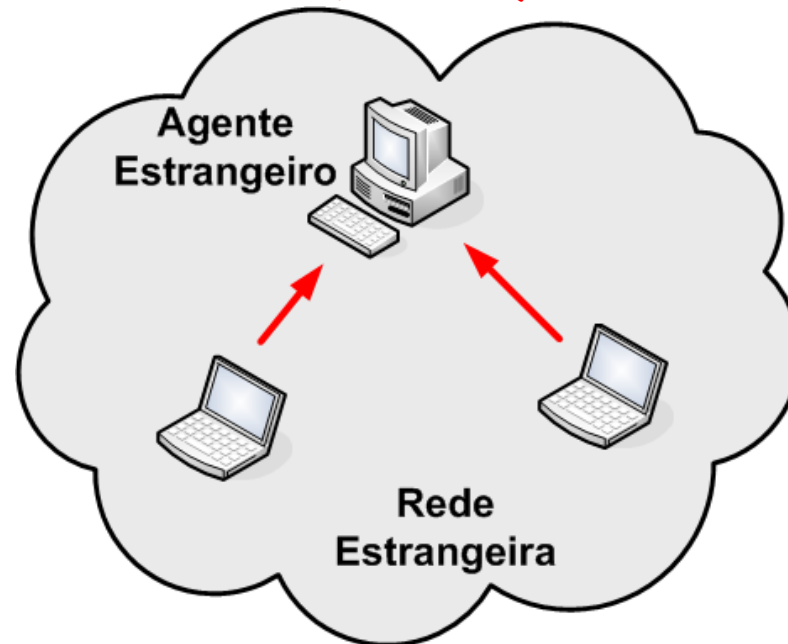
Redes Móveis

- Até o momento...
 - Mobilidade está restrita a **um** nó móvel



Redes Móveis

- E se ao invés de um nó fosse uma rede móvel inteira?
 - Um nó móvel poderia assumir o papel de roteador
 - **Múltiplos saltos sem-fio**
 - *Redes sem-fio ad hoc, NeMo (Network Mobility) etc.*



Futuras Direções do IP Móvel

- Projeto do IP Móvel
 - Simplicidade para convergir com maior rapidez
- Refinamentos das versões futuras
 - Maior robustez, eficiência e segurança
 - Múltiplos Agentes Domiciliares
 - Aglomerados de Agentes Estrangeiros
 - Redes móveis ad hoc
 - Eliminação de roteamento não-ótimo
 - Verificação do endereço de origem

Múltiplos Agentes Domiciliares

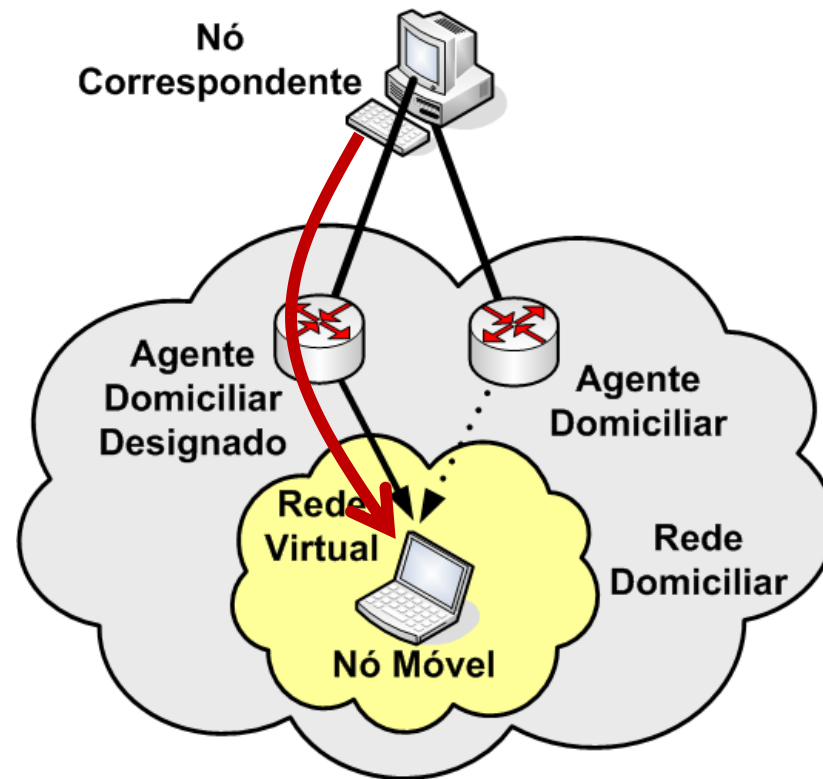
- Modelo com apenas um Agente Domiciliar
 - Simplicidade, porém...
 - Fragilidade
 - Caso o Agente Domiciliar falhar
 - Nó Móvel fica inalcançável
- Modelo com múltiplos Agentes Domiciliares
 - Problemas de compatibilidade com o IP Móvel
 - Mensagens consideram apenas um HA

Múltiplos Agentes Domiciliares

- Possível solução para suporte a múltiplos HA
 - Eleição de HA designado → Semelhante ao OSPF
 - HA designado captura os pacotes enviados ao HA convencional
 - HA mantém os roteadores da mesma área informados sobre a localização do MN por inundação
 - Qualquer HA pode localizar o MN, capturar os pacotes para ele e encaminhar através do túnel

Múltiplos Agentes Domiciliares

- Possível solução para suporte a múltiplos HA



Aglomerados de Agentes Estrangeiros

- Modelo com apenas um Agente Estrangeiro
 - Simplicidade, porém...
 - Problemas com dinamicidade da rede
 - Caso o Nó Móvel se desloque em alta velocidade
 - Procedimentos de descoberta e registro tornam-se custosos
- Modelo com Agentes Estrangeiros aglomerados
 - COA sempre diferente do endereço IP do FA
 - Endereço do COA = Qualquer endereço de FA nesta área
 - Todos os Agentes Estrangeiros encaminham pacotes ao MN
 - Agentes Estrangeiros não avisam ao HA que o MN se deslocou
 - » MN precisa permanecer na mesma área

Redes Móveis Ad Hoc

- Em detalhes na próxima aula...

Eliminação do Roteamento Não-ótimo

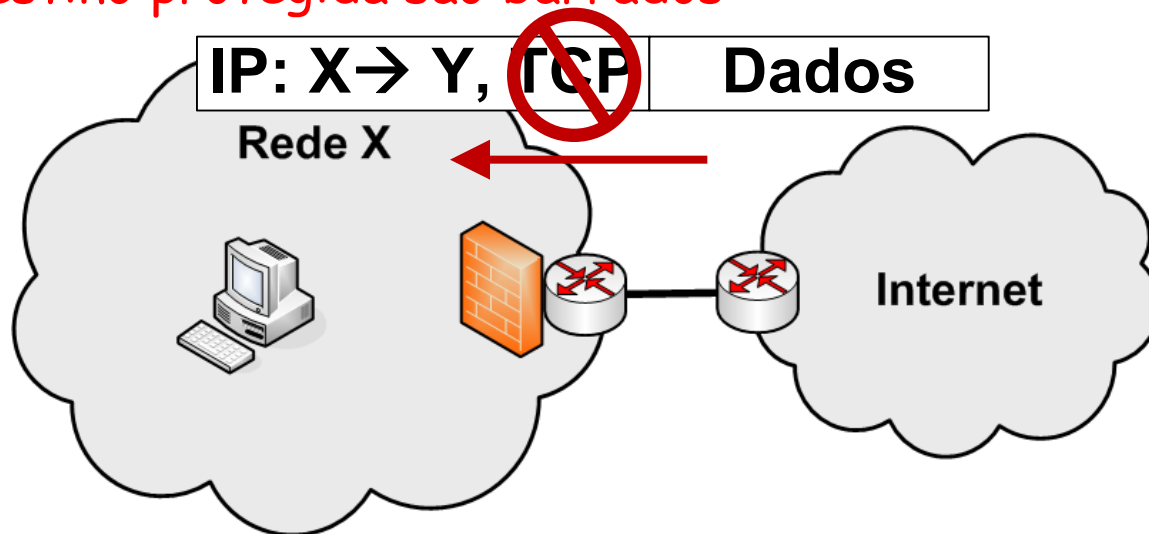
- Processo de triangulação do IP Móvel
 - Ineficiente se MN e CN estiverem próximos e HA distante
- Possível solução
 - MN envia mensagem de redirecionamento ou com rota pela fonte ao CN
 - CN utiliza mesmo caminho no sentido contrário
 - MN envia mensagens para todos os seus CNs ativos
 - Se a mensagem para um dado CN for perdida, este continua enviando mensagens para o FA antigo
 - Roteamento não-ótimo pode ser melhor nesse caso

Eliminação do Roteamento Não-ótimo

- Problema de segurança
 - Intruso envia um pacote de redirecionamento ao CN
 - Absorção do tráfego entre MN e CN
- Possível solução
 - Autenticação entre todas as possíveis partes
 - MN e seus Nós Correspondentes

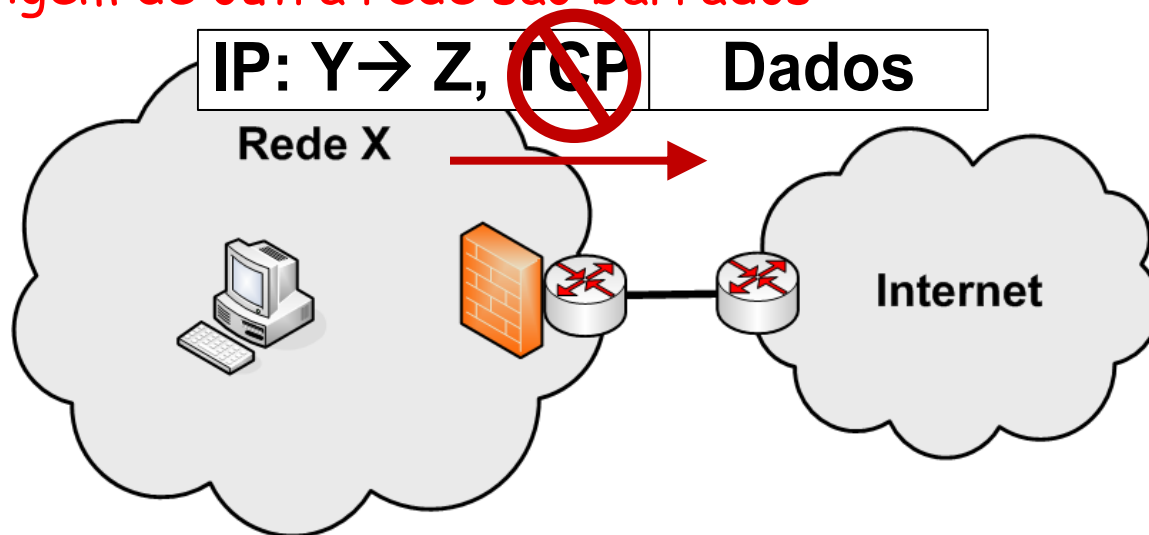
Verificação do Endereço de Origem

- Facilidade de forjar endereços IP de origem
 - Ocultamento do endereço IP de um atacante
 - Ataque por refletor
- Consequência...
 - Filtragem de pacotes em Firewalls
 - Pacotes com endereço IP de origem igual ao da rede de destino protegida são barrados



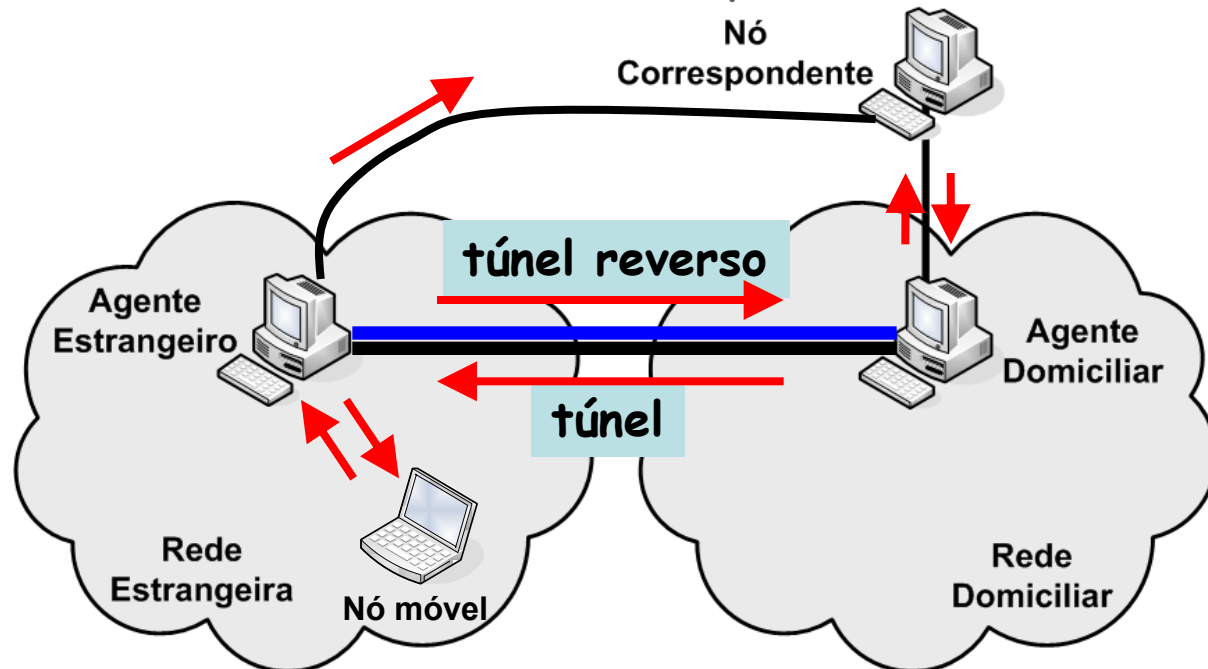
Verificação do Endereço de Origem

- Facilidade de forjar endereços IP de origem
 - Ocultamento do endereço IP de um atacante
 - Ataque por refletor
- Consequência...
 - Filtragem de pacotes em Firewalls
 - Pacotes originados na rede protegida com endereço IP de origem de outra rede são barrados



Verificação do Endereço de Origem

- Incompatibilidade com a especificação do IP Móvel
 - MN mantém o endereço IP independente da sua posição
- Solução empregada
 - Tunelamento reverso → MN requisita ao HA no registro



Mobilidade e o IPv6

- Requerimentos e arquitetura → **Mesmos do IPv4 Móvel**
 - Nós Móveis continuam...
 - Usando seus Endereços Domiciliares
 - Comunicando seus COAs aos seus HAs durante o registro

Mobilidade e o IPv6

- Implementação → Diferente do IPv4 Móvel
 - Mecanismo de descoberta
 - Realizado pelo procedimento de descoberta de vizinhança e configuração de endereços do IPv6
 - Segurança
 - Permite MNs de notificarem o COA não somente ao HA, mas também ao CN
 - Roteamento por fonte
 - Permite encapsulamento mais eficiente

Mecanismos de Descoberta

- Mecanismo de descoberta de vizinhança do IPv6
 - Mecanismo nativo para descoberta das características do enlace local
 - Estações escutam anúncios de rotas
 - **Aprendem prefixos e verificam se estão na Rede Domiciliar**
 - Não há Agentes Estrangeiros por padrão
 - **Estações Móveis recebem endereços da rede visitada**

Binding Updates

- Mensagens de atualização enviadas aos HAs
 - Carregam um cabeçalho de segurança para autenticação
 - Opção de segurança é utilizada para autenticar a fonte
 - Podem utilizar quatro opções de destino definidas pelo MIPv6
 - Informa ao HA o novo COA
 - Reconhece a recepção do novo COA
 - Requisição do COA atual
 - Identificação do Endereço Domiciliar do MN
 - Endereço na rede domiciliar é o único que não pode obtido através do de origem/destino do pacote

Encapsulamento

- MIPv6 usa dois endereços para roteamento pela fonte
 - Endereço do COA e endereço do MN na rede domiciliar
- Enquanto o uso do cabeçalho IPv6 é uma pequena mudança comparado com encapsulamento IP-sobre-IP convencional...
 - A opção de endereço domiciliar usado como destino representa um aprimoramento considerável

Encapsulamento

- Nó correspondente envia pacotes para o Nó Móvel através do seu COA
 - Procedimento de roteamento por fonte do IPv6
 - CN envia pacote para o endereço domiciliar do MN
 - HA intercepta o pacote e reescreve o cabeçalho, direcionando o pacote até o COA
 - MN recebe o pacote através do seu COA
 - MN envia pacote com endereço IP de origem igual ao do COA e opção de destino com o seu endereço na Rede Domiciliar ao CN
 - CN identifica que o pacote foi enviado pelo MN e envia pacotes destinados ao MN usando roteamento pela fonte passando pelo COA

Futuro da Mobilidade

- Computação móvel está em fase inicial
 - Extensões para mobilidade estão sendo padronizadas
 - Serviços para redes sem-fio estão sendo desenvolvidos
- Especialistas consideram que todos computadores serão móveis
- Para isso, avanços precisam ser realizados
 - Protocolos de roteamento devem ser propostos
 - Segurança precisa ser garantida
 - Comunicações baseadas em temporização e controle de congestionamento precisam ser abordadas
 - Exemplo típico → TCP

Leitura Recomendada

- Capítulo 13 do livro Christian Huitema, "Routing in the Internet", 2ª. edição, Prentice Hall
- Request For Comments 2002 - IP Mobility Support
 - <http://tools.ietf.org/html/rfc2002>