

Protocolos em Redes de Dados

- Aula 13 -

Mobilidade

Luís Rodrigues

ler@di.fc.ul.pt

DI/FCUL

- 6 Mobile IP.
- 6 Encaminhamento em redes *ad hoc*

Mobile IP

- 6 Permitir que um nó esteja sempre acessível usando o mesmo endereço, independentemente da sua localização física.
- 6 Problema:
 - △ O endereço IP possui um componente que identifica a “rede”.
 - △ Se um nó muda de rede, tem de mudar necessariamente de endereço.

Terminologia

- 6 O nó móvel designa-se por (surpresa!), “Mobile Node” (MN).
- 6 O endereço pelo qual o MN é conhecido designa-se por “Home Address”.
- 6 Quando um MN se liga numa rede hospedeira, obtém um endereço temporário, designado por “Care-of-address” (COA).
- 6 Um nó que tenta comunicar com o MN designa-se por “Corresponding Node” (CN).

Terminologia

- 6 A arquitectura utiliza dois novos componentes:
 - ▲ Um agente na rede de origem do MN, designado por “Home Agent” (HA).
 - ▲ Um agente na rede hospedeira, designado por “Foreign Agent” (FA).

Registo de localização

- 6 Quando se liga numa rede hospedeira descobre um FA.
 - ▲ Os FA anunciam-se periodicamente (nos “router advertisement”).
 - ▲ Os FA indicam os COA disponíveis.
- 6 regista-se no FA, fornecendo a sua identificação e a identificação do seu HA.
- 6 O FA contacta o HA do MN como parte de autenticação do pedido de registo, regista o COA do MN no HA, e confirma o registo ao MN.

Comunicação

- 6 O CN envia os pacotes para o Home Address do MN.
- 6 O Home Agent recebe os pacotes (ou através de proxy ARP ou instalando o HA no gateway) destinados ao MN.
- 6 Os pacotes são re-encaminhados para o FA através de um túnel.
- 6 O FA extrai o pacote original e envia-o ao MN através de um protocolo do nível de comunicação de dados.

Comunicação

- 6 Os pacotes do MN para o Corresponding Node (CN) poderiam (em princípio) ser enviados directamente para o CN, utilizando como endereço de origem o Home Address do MN.
 - ▲ Nota: o FA assume o papel de “default router” para o MN.
 - ▲ Só assim se assegura total transparência para o CN.
- 6 Fluxo assimétrico dos pacotes (também conhecido por “dogleg routing” ou “triangle routing”).

Comunicação

- ⑥ Limitação prática:
 - △ A maioria dos sistemas autónomos filtra pacotes à saída, eliminando pacotes cujo endereço de origem não pertença a uma rede do SA.
 - △ Isto permite limitar alguns tipos de ataques de segurança (por exemplo, negação de serviço).
- ⑥ Para contornar esta limitação, os pacotes do MN para o CN podem ter de ser enviados por um túnel até ao HA, antes de serem de novo injectados na rede.

Arquitectura alternativa

- ⑥ O FA é um componente lógico, que pode executar-se no próprio MN.
 - △ Solução designada por “co-located COA”.
- ⑥ Permite que um nó móvel obtenha o COA por outro meio (por exemplo DHCP) e depois contacte o HA directamente.

Hand-off

- ⑥ O processo de alteração de rede hospedeira designa-se por hand-off.
- ⑥ Quando suportado pelo Mobile IP, designa-se também por macro-mobilidade.
- ⑥ Limitações:
 - △ O processo de obtenção e registo do novo COA pode ser demorado.
 - △ Entretanto os pacotes enviados para o antigo COA perdem-se.
 - △ Pode afectar seriamente as ligações de dados activas, sobretudo os fluxos multimédia.

Micro-mobilidade

- ⑥ Extensões ao Mobile-IP que permitem reduzir o tempo de hand-off dentro do mesmo sistema autónomo.
 - △ Requerem a utilização de componentes adicionais.
 - △ No limite, podem exigir encaminhamento especializado em todo o sistema autónomo (por exemplo, Hawaii).

Mobile IP Hierárquico

- ⑥ Exemplo simples de suporte à micro-mobilidade.
- ⑥ Em vez de existir um único FA, estabelece-se uma hierarquia de FA (tipicamente em árvore).
- ⑥ A raiz da árvore de FA faz a fronteira da rede hospedeira com o resto do mundo.
 - △ O MN regista-se num FA folha, que por sua vez se regista no FA de nível seguinte, etc.
 - △ O FA raiz regista-se no HA.

Mobile IP Hierárquico

- ⑥ Quando o nó móvel faz um hand-off dentro do mesmo sistema autónomo, este só é visível, no pior caso, para o FA raiz e nunca para o HA.
 - △ Vantagens: menor latência na reconfiguração.
 - △ Desvantagens: maior número de túneis.

Mobile IP no IPv6

- ⑥ Pressupõe-se que todos os nós possuem suporte para Mobile IP.
 - △ Já não necessita de ser transparente para o CN.
 - △ Permite otimizar o hand-off.
 - △ Normaliza um conjunto de extensões opcionais ao Mobile IP para IPv4.

Novas funcionalidades

- ⑥ Os pacotes do MN para o CN são enviados usando o COA como endereço de origem. O Home Address é enviado num "extension header"
- ⑥ Os vários componentes devem manter uma cache da localização do MN: isto permite ao CN enviar os pacotes directamente para o MN e evitar o "triangle routing" para a maioria dos pacotes.

Novas funcionalidades

- 6 O maior espaço de endereçamento, permite a auto-configuração do COA e elimina a necessidade de existir um FA.
- 6 Várias extensões no âmbito da segurança (com utilização de IPsec).
- 6 Os túneis não são baseados em encapsulamento, mas sim na utilização da opção "Routing Header" do IPV6.

Binding cache no IPv6

- 6 Cada nó mantém uma cache que faz a tradução entre o Home Address e o COA dos nós móveis com os quais comunica.
- 6 Cada entrada possui um prazo de validade e indica qual foi o número de sequência da mensagem que criou a entrada.
- 6 As entradas são actualizadas por informação de controlo designada por "Binding Update".
- 6 O nó móvel deve memorizar qual a última actualização que enviou para cada correspondente.

Binding Update

- 6 Um MN, ao mudar de COA, pode enviar actualizações para:
 - △ O seu HA (obrigatório).
 - △ Os CNs activos.
 - △ O último encaminhador por omissão: este pode re-encaminhar os pacotes que entretanto receber para minimizar a perda de pacotes durante hand-off.

Encaminhamento em redes ad hoc

- 6 Redes *ad hoc*: redes em que não existe uma infra-estrutura fixa de suporte à comunicação.
 - △ O encaminhamento é feito com a colaboração de todos os nós da rede.
- 6 Dois grandes tipos de cenários:
 - △ Redes ad hoc de nós com mobilidade.
 - △ Redes de sensores.

Encaminhamento em redes *ad hoc*

- 6 Vasta gama de soluções descritas na literatura.
- 6 Solução ótima depende de vários factores como: a métrica que se pretende otimizar (latência, energia, etc.), o padrão de movimento, a duração da rede, os gastos de energia em cada operação, etc.
 - △ Ainda é cedo para saber qual o protocolo que virá a ter maior implantação.

Dynamic Source Routing (DSR)

- 6 Um exemplo de um protocolo reactivo:
 - △ Cria estado de encaminhamento apenas quando é solicitada a comunicação.
 - △ Pressupõe que apenas alguns dos nós estarão a comunicar e que a topologia muda frequentemente, pelo que não se justifica manter rotas que não são usadas por nenhum nó.

DSR: Descoberta de Rotas

- 6 Se um nó não tem uma rota para um alvo, inicia uma fase de descoberta.
- 6 A rede é inundada com um pedido de rota (route request).
- 6 Quando o pedido é encaminhado, o identificador do nó intermédio é acrescentado à mensagem.

DSR: Descoberta de Rotas

- 6 Quando o pedido chega ao alvo, este pode extrair o caminho do pacote.
 - △ É enviada uma resposta com este caminho (route reply).
 - △ Se a rede for simétrica, o próprio caminho pode ser usado no sentido inverso.
 - △ Caso contrário, é necessário começar um processo idêntico para descobrir a rota inversa (embora agora se indique já o caminho numa das direcções, ou seja o conteúdo do "route reply" é incluído no novo "route request").

DSR: Descoberta de Rotas

- ⑥ Os nós que encaminham a resposta (route reply) fazem cache do caminho até ao alvo.
- ⑥ Outros nós vizinhos que escutem estes pacotes, actualizam também as suas caches.
 - △ É possível que, deste modo, fiquem a conhecer rotas alternativas para o mesmo destino.
- ⑥ Quando a resposta chega ao emissor, este fica com uma rota explicita para o alvo.
- ⑥ Os pacotes de dados são enviados usando rotas explicitas (indicadas pelo emissor).

DSR: Descoberta de Rotas

- ⑥ Quando um nó recebe um pedido de rota, caso tenha já uma entrada na cache para o alvo, responde de imediato.
 - △ Isto reduz o tempo de obtenção de rotas.

DSR: Manutenção de rotas

- ⑥ Se devido a uma falha ou ao movimento uma das ligações no percurso se quebra, é enviada uma mensagem de erro até a fonte.
 - △ Em paralelo, se existir na cache um percurso alternativo até ao destino, este é usado para tentar encaminhar o pacote.
- ⑥ Esta mensagem apaga a entrada na cache de todos os nós por onde passa.
- ⑥ A fonte tenta criar uma nova rota até ao destino.

Optimização dos cabeçalhos

- ⑥ O DSR usa tipicamente encaminhamento na origem para os pacotes de dados.
 - △ Permite distribuir a carga por diferentes caminhos.
 - △ Obriga a incluir o percurso no cabeçalho das mensagens.
 - △ Pode representar uma sobrecarga excessiva.
- ⑥ A última versão prevê a utilização de identificadores de fluxo para reduzir o tamanho dos cabeçalhos.
 - △ Cada fluxo é identificado pelo endereço de origem, endereço de destino e um identificador de fluxo escolhido pela fonte.

Resumo

- ⑥ Mobile IPv4.
- ⑥ Mobile IPv6.
- ⑥ DSR.