Protocolos em Redes de Dados

Aula 12
Mobilidade

Luís Rodrigues

FCUL

2005-2006

Sumário

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

Mobile IP

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

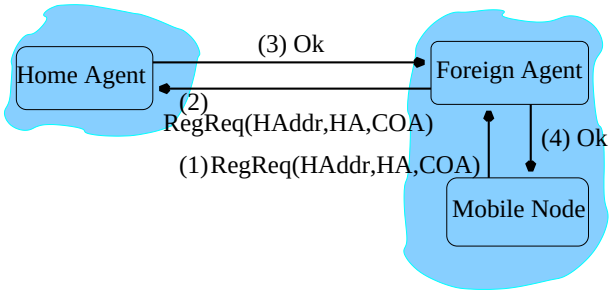
Terminologia

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

Terminologia

- 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



Protocolos em Redes de Dados
Luís Rodrigues
Sumário
Mobile IP
Micro-mobilidade
IPv6
Redes ad hoc
Resumo

Registo de localização

- Quando se liga numa rede hospedeira descobre um FA.
  - Os FA anunciam-se periodicamente (nos "router advertisement").
  - Os FA indicam os COA disponíveis.
- Regista-se no FA, fornecendo a sua identificação e a identificação do seu HA.
- 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.

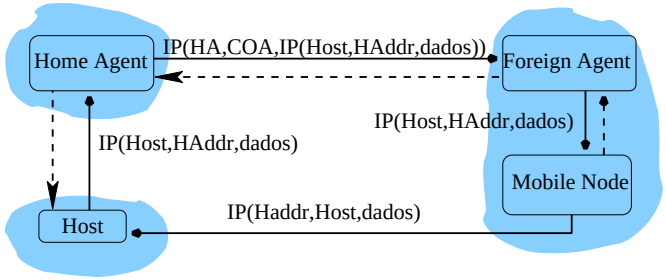
Protocolos em Redes de Dados
Luís Rodrigues
Sumário
Mobile IP
Micro-mobilidade
IPv6
Redes ad hoc
Resumo

Comunicação

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

Protocolos em Redes de Dados
Luís Rodrigues
Sumário
Mobile IP
Micro-mobilidade
IPv6
Redes ad hoc
Resumo

Comunicação



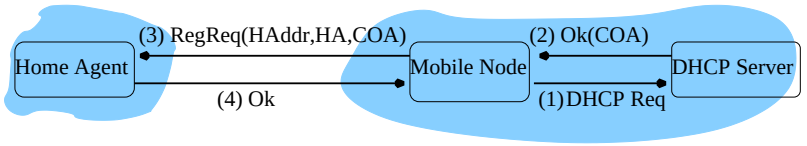
Comunicação

- 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.
- Fluxo assimétrico dos pacotes (também conhecido por "dogleg routing" ou "triangle routing").

Comunicação

- 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).
- 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



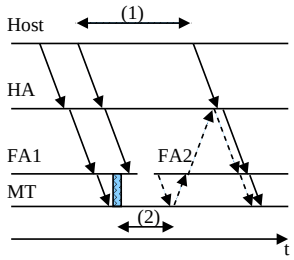
Arquitectura alternativa

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

Hand-off

- O processo de alteração de rede hospedeira designa-se por hand-off.
- Quando suportado pelo Mobile IP, designa-se também por macro-mobilidade.
- 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.

Hand-off



(1) Intervalo em que MT permanece incontactável pelo Host

(2) Intervalo em que o MT está incontactável na rede hospedeira (≥ 0)

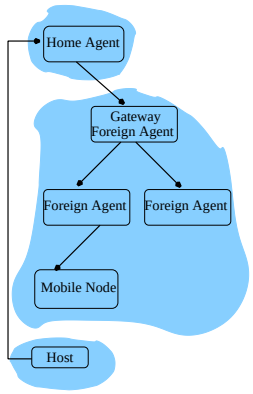
Objectivo Encontrar mecanismos que aproximem (1) de (2)

Micro-mobilidade

- 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

- Exemplo simples de suporte à micro-mobilidade.
- Em vez de existir um único FA, estabelece-se uma hierarquia de FA (tipicamente em árvore).
- 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

- 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

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

Novas funcionalidades

- Os pacotes do MN para o CN são enviados usando o COA como endereço de origem. O Home Address é enviado num "extension header"
- 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

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

Binding cache no IPv6

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

Binding Update

- 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

- 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.
- Dois grandes tipos de cenários:
  - Redes ad hoc de nós com mobilidade.
  - Redes de sensores.

Encaminhamento em redes ad hoc

- Vasta gama de soluções descritas na literatura.
- Solução óptima depende de vários factores como: a métrica que se pretende optimizar (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)

- 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

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

DSR: Descoberta de Rotas

- 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").

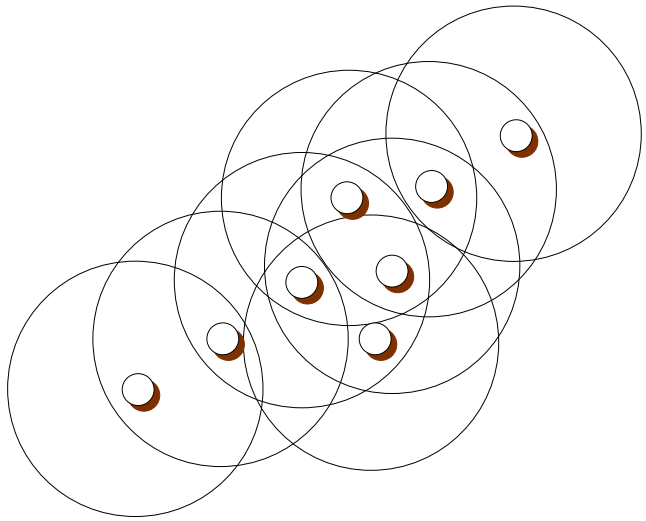
DSR: Descoberta de Rotas

- Os nós que encaminham a resposta (route reply) fazem cache do caminho até ao alvo.
- 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.
- Quando a resposta chega ao emissor, este fica com uma rota explicita para o alvo.
- Os pacotes de dados são enviados usando rotas explicitas (indicadas pelo emissor).

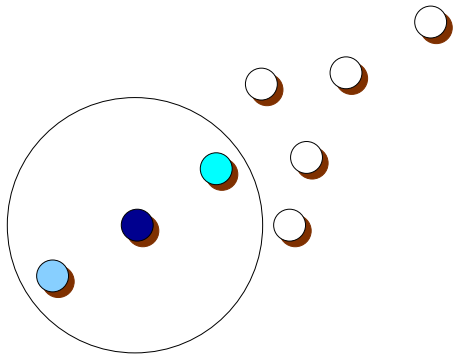
DSR: Descoberta de Rotas

- 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.

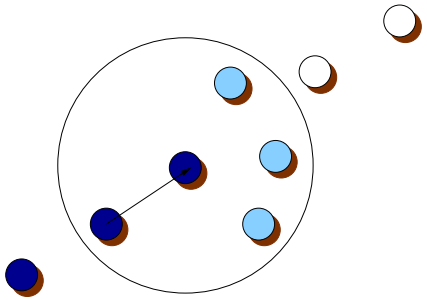
DSR: descoberta de rotas (1/9)



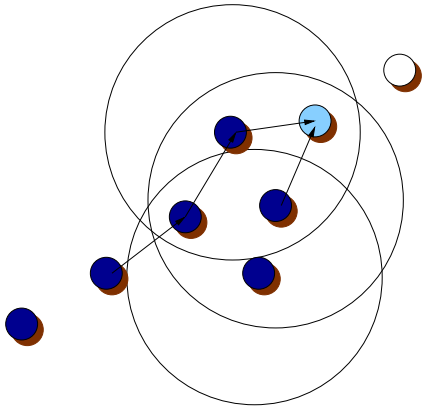
DSR: descoberta de rotas (2/9)



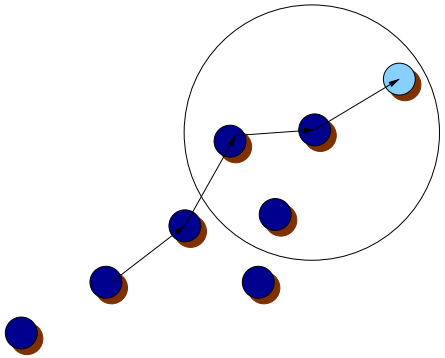
DSR: descoberta de rotas (3/9)



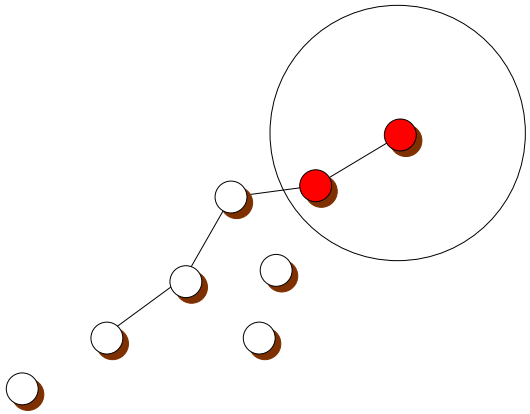
DSR: descoberta de rotas (4/9)



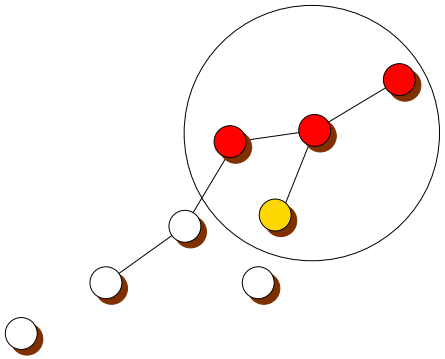
DSR: descoberta de rotas (5/9)



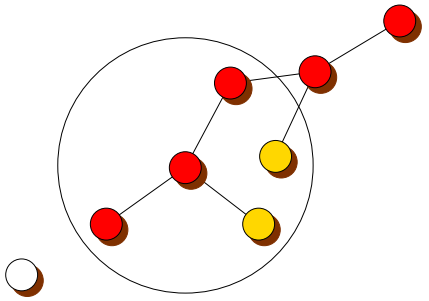
DSR: descoberta de rotas (6/9)



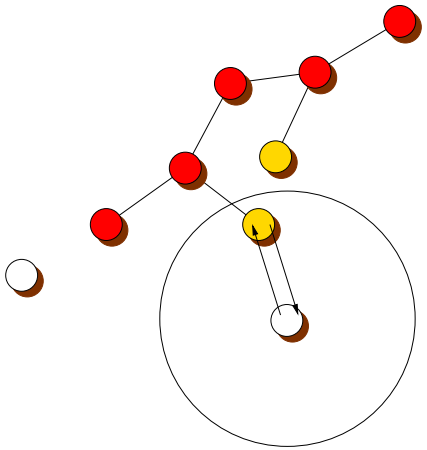
DSR: descoberta de rotas (7/9)



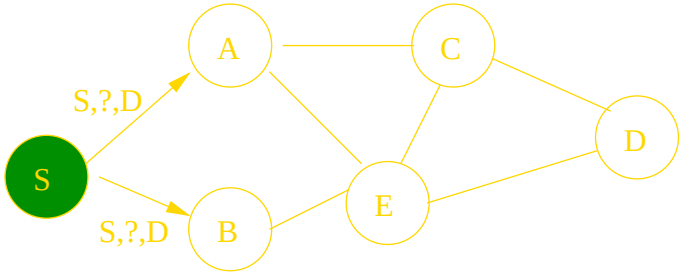
DSR: descoberta de rotas (8/9)



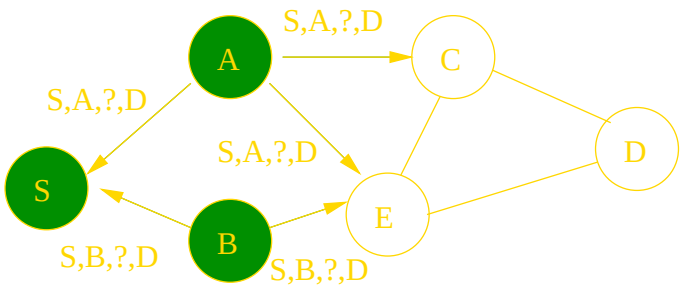
DSR: descoberta de rotas (9/9)



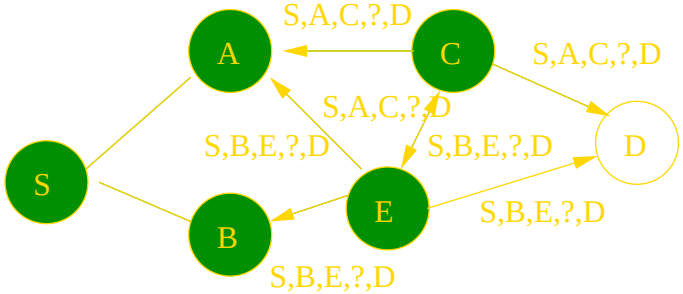
DSR: descoberta de rotas II (1/4)



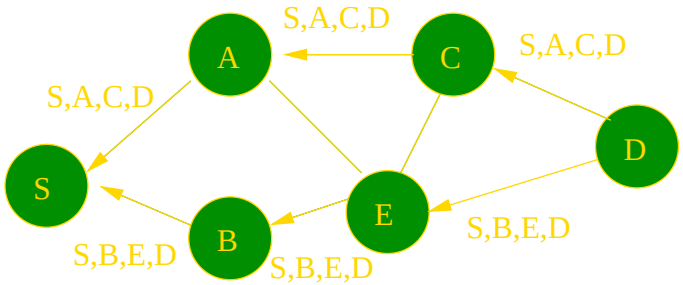
DSR: descoberta de rotas II (2/4)



DSR: descoberta de rotas II (3/4)



DSR: descoberta de rotas (4/4)



DSR: Manutenção de rotas

- 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.
- Esta mensagem apaga a entrada na cache de todos os nós por onde passa.
- A fonte tenta criar uma nova rota até ao destino.

Optimização dos cabeçalhos

- 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.
- 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

- Mobile IPv4.
- Mobile IPv6.
- DSR.