

REDES SEM FIO

MOBILIDADE EM REDES SEM FIO

Autor: Me. Ubiratan Roberte Cardoso Passos

Revisor: Rogério de Campos

INICIAR

introdução

Introdução

Uma das maiores realizações da tecnologia voltada para dispositivos sem fio foi o desenvolvimento das possibilidades de mobilidade em redes sem fio. Não se trata da possibilidade de conectar em diversas redes distintas, sempre realizando registro nessas redes, mas da possibilidade do dispositivo poder migrar de uma rede para outra de forma totalmente transparente e em plena conexão.

Ao longo do conteúdo, questões como conceito de mobilidade, elementos de uma arquitetura móvel, mobilidade em redes sem fio, roteamento direto e indireto, IP Móvel, mobilidade em redes celular e handoffs serão amplamente estudados, com indicações de leituras e vídeos que podem melhorar a compreensão dos conceitos.



Mobilidade em Redes sem Fio



A convergência da Internet com as comunicações móveis sem fio, somada ao rápido crescimento do número de usuários de dispositivos móveis, evidencia um importante e desafiador problema desse tipo de rede: o gerenciamento da comunicação móvel sem fio pela internet.

Gerenciamento de Localização

Por meio do gerenciamento de localização, as redes podem rastrear seus nós móveis. As principais tarefas do gerenciamento de localização são: **registro de localização**, que consiste no envio periódico de sinais específicos a partir do nó móvel, e **entrega ou paginação de chamadas**, executado após a conclusão do registro do local. Durante o procedimento de entrega de chamadas, é feita a consulta da rede sobre a exata localização do dispositivo móvel.

O projeto de um esquema de gerenciamento de localização deve abordar os seguintes problemas: **minimização da sobrecarga de sinalização e latência na prestação de serviços; atendimento à qualidade de serviço garantida**

(QoS) dos aplicativos; e sobreposição total . Em um ambiente no qual várias redes coexistem, um algoritmo eficiente e robusto deve ser projetado para selecionar a rede por meio da qual o dispositivo móvel irá se registrar, decidir local e frequência do registro de informações de localização e como será determinada a localização exata do dispositivo móvel.

Gerenciamento de Handoff

O gerenciamento de *handoff* é o processo pelo qual um nó móvel mantém sua conexão ativa enquanto se move de um ponto de acesso para outro. Existem três estágios em um processo de *handoff* . O **primeiro** refere-se ao início da transferência e é acionado pelo dispositivo móvel, por um agente de rede ou pelas mudanças nas condições da rede. O **segundo** estágio é para uma nova geração de conexão na qual a rede deve encontrar novos recursos para a conexão de transferência e executar quaisquer operações de roteamento adicionais. A **terceira etapa** , por sua vez, trata do controle do fluxo de dados garantindo a entrega dos dados do caminho de conexão antigo para o novo caminho de conexão, de acordo com as garantias de QoS acordadas.

Em um sentido mais amplo, os *handoffs* podem ser de dois tipos: **intrassistema** (transferência horizontal), que ocorre quando a forma do sinal da estação base (*Base Station - BS*) servidora fica abaixo de um determinado valor limite; outro tipo de *handoff* é o **intersistema** (transferência vertical), que, em redes heterogêneas, pode ocorrer em três cenários:

1. quando o usuário sai da rede de atendimento e entra em uma rede subjacente;
2. quando um usuário conectado a uma rede escolhe ser transferido para uma rede subjacente ou sobreposta para seus requisitos de serviço;
3. quando a carga geral na rede precisa ser distribuída entre diferentes sistemas.

Um projeto de técnicas de gerenciamento de *handoff* em redes sem fio baseadas em IP deve considerar os seguintes problemas: **os requisitos de**

sobrecarga e energia de sinalização para processamento de mensagens de transferência devem ser minimizados; garantias de QoS devem ser feitas; os recursos da rede devem ser usados com eficiência; e o mecanismo de transferência deve ser escalável, confiável e robusto.

Gerenciamento de Mobilidade em Diferentes Camadas

Em redes heterogêneas, o gerenciamento da mobilidade envolve a utilização de diversas camadas da pilha de protocolos TCP/IP. Nesse sentido, os mecanismos de comunicação utilizados podem ser classificados como: **protocolos na camada de redes, protocolos na camada de enlace e protocolos de camada cruzada** . Para se manterem independentes de tecnologias, esses protocolos utilizam mensagens na camada IP.

Os mecanismos de mobilidade da camada de link são os responsáveis por fornecer recursos relacionados à mobilidade nos sistemas de rádio subjacentes - em redes heterogêneas, faz-se necessário a implementação de gateways adicionais para lidar com as operações de roaming -. Como nesses protocolos os sinais são transmitidos por meio de links sem fio, existe forte acoplamento entre os protocolos e as tecnologias sem fio utilizadas.

Os protocolos de camada cruzada são mais comuns para o gerenciamento de *handoffs* . Esses protocolos visam obter transferência da camada de rede com a ajuda da comunicação e sinalização da camada de link. Ao receber e analisar, com antecedência, os relatórios de intensidade do sinal e as informações sobre a direção do movimento do nó móvel da camada de enlace, o sistema se prepara para uma *handoff* da camada de rede, minimizando a perda de pacotes e a latência.

praticar

Vamos Praticar

O gerenciamento de localização permite que as redes rastreiem os locais dos nós móveis. O gerenciamento de localização possui duas subtarefas principais. Assinale, dentre as alternativas a seguir, aquela que apresenta corretamente cada uma dessas subtarefas.

- ☐ **a)** Registro de localização ou entrega e paginação de chamadas.
- ☐ **b)** Registro de localização e entrega ou paginação de chamadas
- ☐ **c)** Pesquisa de localização e entrega ou paginação de chamadas
- ☐ **d)** Registro de localização e registro de paginação ou chamadas
- ☐ **e)** Registro de localização ou registro de paginação e chamadas

Camadas de Gerenciamento de Mobilidade

As diferentes estruturas de gerenciamento de mobilidade podem ser divididas em duas partes: **protocolo de gerenciamento de mobilidade de dispositivos para mobilidade localizada (ou micromobilidade)**, dado pelo movimento de um nó móvel (NM) dentro de um mesmo subdomínio, e **protocolos para mobilidade interdomínio ou macromobilidade**, movimento de um NM de uma sub-rede A para uma sub-rede B. Um exemplo de macro e micromobilidade é apresentado na Figura 4.1.

Protocolo de Macromobilidade

O IP móvel é o protocolo mais usado para o gerenciamento de macromobilidade, além dele, outras três arquiteturas são frequentemente utilizadas, os protocolos dessas arquiteturas são: **gerenciamento de mobilidade baseado em SIP** (Session Initiation Protocol), **protocolo SIP híbrido** e **IP móvel de várias camadas** e **protocolo de mobilidade baseado em agente de interoperabilidade em rede**.

Gerenciamento de Mobilidade

Baseado em SIP

O gerenciamento de mobilidade usando extensão SIP (MMUSE) suporta transferências verticais em redes sem fio de última geração. Nele, um host móvel (MH) é equipado com várias interfaces de rede. Cada um deles recebe um endereço IP separado quando conectado a diferentes redes de acesso (ANs) e utiliza o protocolo SIP para configurar as sessões de multimídia (TANEMBAUM; WETHERALL, 2011). Também ligado ao MMUSE, encontra-se o SBC (*Session Border Controller*), que é um dispositivo normalmente localizado na borda de uma rede IP e gerencia todas as sessões dessa rede.

Dentro do SBC reside uma entidade, chamada servidor de gerenciamento de mobilidade (MMS). Esta entidade coopera com outra entidade - cliente de gerenciamento de mobilidade (MMC) que reside em cada MH -. Os agentes de usuário SIP (UAs) no MH e no host correspondente (CH) permanecem desconhecidos de todos os procedimentos de transferência que são tratados pelo MMC e pelo MMS. No MH, o UA vê apenas o MMC como seu proxy de saída e encaminha a sinalização SIP normal e os fluxos de mídia para ele.

Ao MMC cabe a retransmissão dos pacotes para o MMS / SBC, a partir daí, os pacotes seguem o caminho determinado pelo procedimento de roteamento SIP usual. Sempre que o MH se move entre duas ANs, uma mensagem SIP de atualização do local é enviada ao MMS. Quando o MH altera seu AN enquanto está em uma chamada, o procedimento é quase idêntico, exceto pelo fato de o MMC enviar ao MMS uma mensagem SIP que contém as informações adicionais necessárias para identificar a chamada a ser deslocada para a nova interface.

Para minimizar a duração do *handoff* , o fluxo do protocolo de transporte em tempo real (RTP) do MH é duplicado usando o MMC. Assim, ao iniciar os procedimentos de transferência, o MMC começa a duplicar os pacotes RTP nas duas interfaces. Tão logo o MMS recebe a mensagem de transferência, os pacotes provenientes da nova interface já estão disponíveis. O MMS executa a

alternância e envia a resposta de volta ao MMC. Quando o MMC recebe a mensagem de resposta, ele para de duplicar os pacotes.

Gerenciamento de Mobilidade Baseado em Agentes

No caso de redes sem fio, a integração é responsabilidade da *Network Inter-Working Agent* - NIA, que também lida com problemas de autenticação, cobrança e gerenciamento de mobilidade durante o roaming entre sistemas. Neste caso, dois tipos de movimento de NH devem ser considerados, são eles: movimento entre diferentes sub-redes de um domínio (mobilidade intradomínio) e movimento entre diferentes redes de acesso pertencentes a domínios diferentes (mobilidade entre domínios).

No movimento entre domínios, um protocolo de gerenciamento de mobilidade entre camadas faz uma detecção precoce da possibilidade de transferência entre domínios e permite autenticação, autorização e registro do MH no novo domínio antes da transferência real.

IP Móvel

Por esse sistema, os pacotes são redirecionados para seus MNs em sua localização atual. Sete elementos são observados nesse sistema: o nó móvel (MN) - um dispositivo ou roteador que pode alterar seu ponto de conexão com a Internet; nó correspondente (CN) - o parceiro com o qual a MN se comunica; a página inicial de rede (HN) - a sub-rede à qual o MN pertence; a rede estrangeira (FN) - a sub-rede atual na qual o MN está visitando; o home agent (HA) - fornece serviços para o MN e está localizada no HN; agente estrangeiro (FA) - presta serviços ao MN enquanto visita no FN; e o cuidado de endereço (CoA) - define a localização atual do MN.

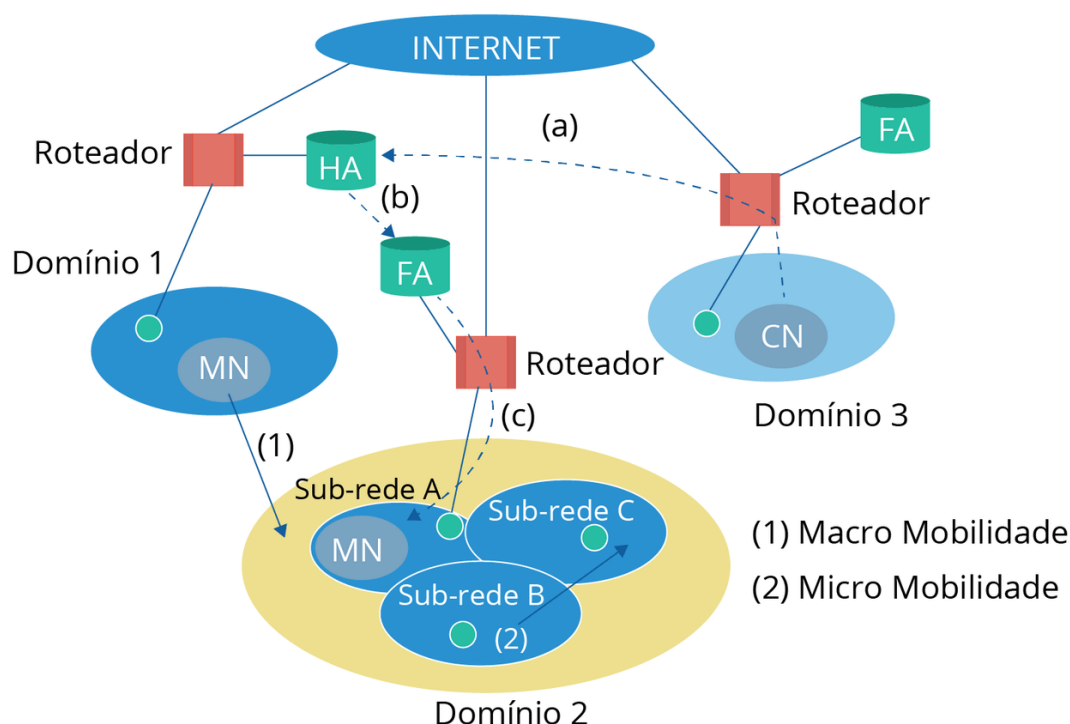


Figura 4.1 - Arquitetura de IP Móvel

Fonte: Adaptada de Sen (2010).

Todos os pacotes enviados para o MN são entregues ao CoA. O protocolo IP móvel possui três etapas: **detecção de agentes, registro e roteamento e encapsulamento**.

- **Detecção de agente:** Um MN é capaz de detectar se foi movido para uma nova sub-rede por meio de dois métodos - **anúncio** e **solicitação de agente**. No método de anúncio do agente, FAs e HAs anunciam sua presença periodicamente, usando mensagens de anúncio do agente. Essas mensagens publicitárias podem ser vistas como transmissões de beacon nas sub-redes. Um MN em uma sub-rede pode receber anúncios de agentes. Se nenhuma mensagem de anúncio do agente for encontrada ou o tempo de chegada for muito alto, o MN poderá enviar solicitações do agente. Após a etapa de anúncio ou solicitação do agente, o MN recebe um CoA. O CoA pode ser um FA ou um CoA localizado. Um CoA colocalizado é encontrado usando o DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) ou o protocolo ponto a ponto (PPP).
- **Registro:** Depois que o MN recebe seu CoA, ele o registra no HA. O principal objetivo do registro é informar o HA sobre a localização

atual do MN. O registro pode ser feito de duas maneiras, dependendo da localização do CoA. Se o CoA for o FA, o MN envia seu pedido de registro para o FA, que por sua vez o encaminha para o HA. Se o CoA for colocalizado, o MN poderá enviar a solicitação diretamente ao HA.

- **Roteamento e encapsulamento:** Quando um CN envia um pacote IP ao MN, o pacote é interceptado pelo HA. O HA encapsula o pacote e o encapsula no CoA do MN. Com FA CoA, o pacote encapsulado atinge a FA servindo o MN. O FA desencapsula o pacote e o encaminha para o MN. Com o CoA colocalizado, os pacotes encapsulados alcançam o MN, que os desencapsula.

Extensão de Paginação para IP Móvel

Um procedimento de paginação normalmente inclui uma solicitação para um MN em um conjunto de locais. O conjunto de locais é chamado de área de paginação e consiste em um conjunto de estações base vizinhas. Uma rede que suporta paginação permite que as MNs operem em dois estados diferentes - um **estado ativo** e um **estado de espera**. Este método busca principalmente a economia de energia dos dispositivos.

No estado ativo, a granularidade do rastreamento do MN é mais fina, já no estado de espera, a granularidade é muito mais grossa e com áreas de paginação e a rede é atualizada com menos frequência. Contudo, a complexidade dos algoritmos e dos protocolos e o atraso na localização de uma MN são maiores.

Desvantagens

Algumas das desvantagens dos sistemas de IPs Móveis são o roteamento triangular, que ocorre pelo fato dos pacotes enviados de um CN para um MN serem recebidos pela HA antes mesmo de serem encapsulados pela MN, o que é muito ineficiente, principalmente pelo fato de resultar em rotas mais longas e atrasos na entrega dos pacotes.

saiba mais

Técnicas de otimização foram propostas para resolver o problema do roteamento triangular. A ideia é informar a CN sobre a localização atual do MN, a fim de contornar o HA. O CN pode aprender a localização dos CoAs do MN armazenando-os em caches de ligação no CN. Quando um CN envia pacotes para um MN, ele primeiro verifica se possui uma entrada de cache de ligação para o MN. Se houver uma entrada, o CN encapsulará os pacotes diretamente no CoA. Caso nenhuma entrada de cache de ligação esteja disponível, o CN envia os pacotes ao HA, que por sua vez os encaminha para o CoA (SEN, 2010).

O IP móvel não é um mecanismo eficiente em um cenário altamente móvel, pois exige que uma MN envie uma atualização de local para a HA sempre que alterar sua sub-rede.

Protocolo de Micromobilidade

Os protocolos de micromobilidade IP são projetados para ambientes em que os MHs alteram seu ponto de conexão com a rede com tanta frequência que o mecanismo IP móvel básico introduz uma sobrecarga significativa na rede em termos de maior atraso, perda de pacotes e sinalização.

reflita

Reflita

O estabelecimento de novos caminhos pode introduzir atrasos adicionais no processo de *handoff*, causando perda de pacotes e atraso na entrega de dados aos aplicativos. Esse atraso é inerente à viagem de ida e volta efetuada pelo IP móvel, quando a solicitação de registro é enviada ao HA e a resposta é enviada de volta ao FA. A otimização de rota pode melhorar a qualidade do serviço (PERKINS; JOHNSON, 2011), mas não pode eliminar o fraco desempenho quando um MH se move enquanto se comunica com um CH distante (SEN, 2010).

Os protocolos de micromobilidade lidam com movimento local de MHs sem interação com a Internet, o que reduz os atrasos e perda de pacotes, além de eliminar o registro entre MHs e HAs, o que, além de outras coisas, reduz a carga na rede. Os esquemas de gerenciamento de micromobilidade podem ser amplamente divididos em dois grupos: **esquemas baseados em túneis e esquemas baseados em roteamento**.

Nas abordagens baseadas em túnel, o banco de dados de localização é mantido de forma distribuída por um conjunto de FAs na rede de acesso. Cada FA lê o endereço de destino original do pacote recebido e pesquisa na lista de visitantes uma entrada correspondente. Exemplos de protocolos

baseados em túneis são: **Registro regional de IP móvel (MIP-RR)**, **IP móvel hierárquico (HMIP)** e o **protocolo de gerenciamento de mobilidade intradomínio (IDMP)**.

As abordagens baseadas em roteamento encaminham pacotes para o ponto de conexão de um MH usando rotas específicas para dispositivos móveis. No caso do **IP celular**, os MHs conectados a uma rede de acesso usam o endereço IP do gateway como seu Mobile IP CoA. O IP celular (CIP) e a infraestrutura de Internet de acesso sem fio compatível com *handoff* (HAWAII) são protocolos de micromobilidade baseados em roteamento.

Registro Local de IP Móvel

No IP móvel, um MN registra seu HA toda vez que altera seu CoA. Se a distância entre a rede visitada e a rede doméstica do MN for grande, o atraso da sinalização para esses registros pode ser longo. Como solução, o Registro Local de IP Móvel (MIP-RR) tenta minimizar o número de mensagens na rede.

Para isso, um novo nó chamado GFA (Gateway Foreign Agent) é introduzido à rede. O endereço do GFA é anunciado pelos FAs em um domínio visitado. Quando um MN chega a esse domínio visitado pela primeira vez, ele realiza um registro residencial, ou seja, um registro com seu HA. Neste momento, o MN registra o endereço do GFA como seu CoA. Quando o MN se move entre diferentes FAs no mesmo domínio visitado, ele precisa apenas fazer um registro regional no GFA.

Quando o MN se move de uma rede regional para outra, ele realiza um registro residencial com seu HA. Os pacotes para o MN são interceptados primeiro pelo seu HA, que os encapsula para o GFA registrado. O GFA verifica sua lista de visitantes e encaminha os pacotes para o FA correspondente do MN. O FA retransmite ainda os pacotes para o MN.

IPv6 Móvel Hierárquico

A ideia básica do IP móvel hierárquico (HMIP) é a mesma do esquema de registro regional. O HMIP apresenta um novo nó IP móvel chamado de ponto de ancoragem da mobilidade (MAP). Um MN recebe dois CoAs - CoA regional (RCoA) e CoA on-link (LCoA). O MN obtém o RCoA das redes visitadas. RCoA é um endereço na sub-rede do MAP. O LCoA é o CoA baseado no prefixo anunciado pelo roteador de acesso (AR). O AR é o roteador padrão do MN e recebe todo o tráfego de saída dele.

Quando um MN entra em uma nova rede, recebe um anúncio de roteador que contém os MAPs disponíveis e suas distâncias do MN. O MN seleciona um MAP, obtém o RCoA no domínio do MAP e o LCoA do AR. O MN envia uma atualização de ligação ao MAP. O MAP registra a ligação e a insere no cache de ligação (registro estrangeiro). O MAP envia a mensagem de atualização obrigatória também para a HA do MN e para as CNs (registro residencial). Quando o MN está fora de sua rede doméstica, os dados recebidos no MN passam pela hierarquia do MAP. Mensagens do CN ou HA são recebidas pelo MAP, que as encapsula para o LCoA. À medida que o MN circula localmente, ele recebe um novo LCoA de seu novo AR. O RCoA permanece inalterado enquanto o MN estiver na mesma rede (TANEMBAUM; WETHERALL, 2011).

Protocolo de Gerenciamento de Mobilidade Intradomínio - IDMP

Esse protocolo trata-se de um sistema hierárquico de dois níveis. O primeiro nível da hierarquia consiste em diferentes domínios de mobilidade, enquanto o segundo consiste em sub-redes IP em cada domínio. O IDMP consiste em dois tipos de entidades: agente de Mobilidade (MA) e agente de Sub-rede (SA).

O MA fornece um ponto de acesso estável em todo o domínio para um MN. Uma SA lida com a mobilidade de MNs dentro de uma sub-rede. Semelhante ao HMIP, cada MN pode obter dois CoAs - CoA global (GCoA) e CoA local (LCoA). O GCoA especifica o domínio ao qual o MN está atualmente conectado. O LCoA identifica a sub-rede atual do MN. Os pacotes destinados a um MN são recebidos primeiro pelo HA, que envia os pacotes para o MA usando o

GCoA do MN. O MA primeiro desencapsula os pacotes, determina o LCoA atual do MN usando sua tabela interna e os encapsula no LCoA. Os pacotes encapsulados são recebidos pela SA. Finalmente, o SA desencapsula os pacotes e os encaminha para o MN.

Quando o MN se move de uma sub-rede para outra dentro do mesmo domínio, ele recebe um novo LCoA. O MN registra o endereço do novo LCoA com seu MA. Até que o registro do novo LCoA esteja completo, o MA encaminha todos os pacotes do MN ao antigo LCoA, o que resulta em quedas de pacotes. Para resolver a questão, um procedimento de antecipação de *handoffs* de conectividade entre as redes e as MNs pode ser aplicado.

A antecipação do movimento da MN é baseada em um gatilho da camada de link que inicia uma transferência da camada de rede antes que a transferência da camada de link seja concluída. Depois que o MN detecta uma transferência, ele envia uma solicitação ao MA para multicast dos pacotes para suas SAs. O MA faz multicast dos pacotes recebidos para cada SAs vizinha. Cada SA armazena em buffer os pacotes para evitar qualquer perda de pacotes em trânsito durante a transferência. Depois que o MN termina o registro, o novo SA transfere todos os pacotes em buffer para o MN.

IP Celular

O IP celular é um protocolo de gerenciamento de mobilidade que fornece acesso a uma Internet habilitada para IP móvel para MHs em movimento rápido (CAMPBELL *et al* , 2000). Ela consiste em três componentes principais: **no IP celular ou a estação base (BS); gateway IP celular (GW); e host móvel IP celular (MH).**

Uma rede IP celular consiste em BSs interconectados. Os BSs encaminham pacotes IP dentro da rede celular e se comunicam com os MHs via interface sem fio. O GW é um nó IP celular conectado a uma rede IP regular por pelo menos uma de suas interfaces. Os BSs emitem periodicamente sinais de sinalização. Os MHs usam esses sinais de sinalização para localizar os BSs mais próximos. Todos os pacotes IP transmitidos por um MH são roteados do

BS para o GW pelo roteamento de caminho mais curto salto a salto, independentemente do endereço de destino.

Os BSs mantêm o cache da rota. Pacotes transmitidos pelo MH criam e atualizam entradas no cache do BS. Uma entrada mapeia o endereço IP do MH para o vizinho a partir do qual o pacote chegou ao host. A cadeia de mapeamentos em cache referentes a um MH constitui um caminho reverso para pacotes de downlink para o MH. Para evitar o tempo limite desses mapeamentos, um MH transmite periodicamente pacotes de controle. Os MHs que não estão transmitindo ou recebendo dados ativamente podem permanecer acessíveis, mantendo caches de paginação. Os MHs ouvem os sinalizadores transmitidos pelos BSs e iniciam a transferência com base na força do sinal.

Para executar uma transferência, um MH sintoniza seu rádio no novo BS e envia um pacote de atualização de rota. Isso cria mapeamentos de cache de roteamento na rota para o novo BS. Latência de *handoff* é o tempo decorrido entre o *handoff* e a chegada do primeiro pacote pela nova rota. Os mapeamentos associados ao BS antigo são limpos após o término de um timer. Antes do tempo limite, as rotas antiga e nova de downlink permanecem válidas e os pacotes são entregues por meio dos BSs. Esse recurso usado nos algoritmos de transferência semissoft IP de celular melhora o desempenho da transferência.

Infraestrutura de Internet para Acesso Sem Fio à *HandOff*

A Infraestrutura de Internet para Acesso Sem Fio à *Handoff* (HAWAII) é uma abordagem baseada em domínio para oferecer suporte à mobilidade. O gerenciamento de mobilidade em um domínio é tratado por um gateway chamado DRR (Domain Root Router). Supõe-se que cada MH tenha um endereço IP e um domínio doméstico. Enquanto se move em seu domínio de origem, o MN mantém seu endereço IP. Os pacotes destinados ao MH atingem o DRR com base no endereço de sub-rede do domínio e são

encaminhados para o MH. Os caminhos para o MH são estabelecidos dinamicamente.

Quando o MH está em um domínio externo, os pacotes para o MH são interceptados por seu HA, o qual encapsula os pacotes no DRR do MH. O DRR roteia os pacotes para o MH usando as entradas de roteamento baseadas em host. Se o MH se mover por meio de diferentes sub-redes no mesmo domínio, a rota do DRR para o BS que atende o MN é modificada, enquanto os outros caminhos permanecem inalterados. Isso causa uma redução na mensagem de sinalização e na latência da transferência durante a transferência dentro do domínio, assim, cada transferência causa uma alteração no endereço IP do MH, resultando em falta de escalabilidade.

O HAWAII também suporta paginação IP. Ele usa multicast de IP para paginar MHs ociosos quando pacotes destinados a um MH chegam ao roteador raiz do domínio e nenhuma informação de roteamento recente está disponível.

praticar

Vamos Praticar

O estabelecimento de novos túneis pode introduzir atrasos adicionais no processo de transferência, causando perda de pacotes e atraso na entrega de dados aos aplicativos. Esse atraso é inerente à viagem de ida e volta efetuada pelo IP móvel, quando a solicitação de registro é enviada ao HA e a resposta é enviada de volta ao FA. Uma alternativa para minimizar o problema é:

- **a)** a otimização de rota, que pode melhorar a qualidade do serviço, mas não pode eliminar o fraco desempenho quando um MH se move enquanto se comunica com um CH distante.

- **b)** a otimização de rota, que pode melhorar a qualidade do serviço e eliminar o fraco desempenho quando um MH se move enquanto se comunica com um CH distante.
- **c)** a otimização de rota, que pode melhorar a qualidade do serviço, mas não eliminar a perda de pacotes por envios a estações incorretas quando um MH se move enquanto se comunica com um CH distante
- **d)** a reutilização de rota, que pode melhorar a qualidade do serviço, mas não pode eliminar o fraco desempenho quando um MH se move enquanto se comunica com um CH distante.
- **e)** a reutilização de rota, que pode melhorar a qualidade do serviço, além eliminar o fraco desempenho quando um MH se move enquanto se comunica com um CH distante

Gerenciamento de Mobilidade da Camada de Link

Os mecanismos de gerenciamento de mobilidade da camada de link lidam com questões relacionadas ao roaming entre sistemas entre redes de acesso heterogêneas com diferentes tecnologias de rádio e protocolos de gerenciamento de rede. Duas considerações importantes para o design de padrões de roaming entre sistemas: **os protocolos para interface aérea e a parte de aplicativos móveis (MAP).**

Nas situações em que um nó móvel entra em uma rede de acesso sem fio de outra que suporta os mesmos protocolos de interface aérea e MAP, os serviços são migrados sem problemas. No entanto, quando os MAPs são diferentes para as duas redes, outras entidades de rede precisam ser colocadas e o tráfego de sinalização deve ser transmitido para interoperabilidade. Como cada rede possui seus próprios protocolos de gerenciamento de mobilidade, as novas entidades que trabalham entre si não devem substituir os sistemas existentes. Em vez disso, as entidades devem coexistir e trabalhar em conjunto.

Protocolos de Gerenciamento de Localização

Para redes sem fio heterogêneas, a função de interoperabilidade é sugerida para acomodar o roaming entre redes diferentes. Para sistemas práticos existentes, várias soluções são propostas para alguns pares específicos de sistemas interfuncionais. Alguns exemplos envolvem o **gerenciamento de localização para redes adjacentes** e outros, que serão apresentados a seguir.

Protocolo de Registro de Local de Gateway

Para habilitar o roaming entre sistemas, um novo nível foi introduzido na hierarquia das entidades de gerenciamento de local para redes UMTS / IMT-2000. O novo nível consiste em um registro de localização de gateway (GLR). O GLR é um gateway que permite o trabalho entre duas redes, convertendo adequadamente os formatos de sinalização e dados. Ele está localizado entre o registro de localização do visitante (VLR) e o nó de suporte GPRS (SGSN) e o registro de localização residencial (HLR).

Quando um assinante faz roaming, o GLR desempenha o papel do HLR em relação ao VLR e SGSN em uma rede móvel pública terrestre visitada (VPLMN) e o papel do VLR e SGSN ao HLR em uma rede móvel terrestre pública doméstica (HPLMN). O protocolo GLR ajuda os operadores a reduzir custos e otimizar o tráfego de roaming. No entanto, o protocolo não foi projetado para conexão contínua de chamadas durante o roaming entre sistemas. As chamadas recebidas são roteadas para a rede doméstica, mesmo quando o MN está em roaming. Isso torna o protocolo ineficiente.

Protocolo de Registro de Localização de Fronteira

Envolve um mecanismo para atualizações e paginação entre locais do sistema. A atualização da localização entre sistemas é implementada usando o conceito de uma área de localização de contorno (BLA) existente na fronteira entre dois sistemas. O BLA é controlado por uma unidade de intertrabalho de

contorno (BIU), conectada aos centros de comutação móvel (MSCs) nos dois sistemas. A BIU consulta as informações de serviço do usuário, converte os formatos de mensagem, verifica a compatibilidade das interfaces aéreas e executa a autenticação dos usuários móveis.

Quando um MN está dentro de seu BLA, ele envia uma solicitação de registro de local para o novo sistema. Um mecanismo de atualização de local com base na distância relata a localização do MN quando sua distância do limite é menor que um limite predefinido. Uma entidade chamada BLR (Registro de Localização de Fronteira) é usada para paginação entre sistemas.

O BLR mantém em seu cache as informações de localização do MN e suas informações de roaming quando cruza um limite entre sistemas. Durante o processo de paginação entre sistemas, apenas um sistema (X ou Y) é pesquisado. O protocolo MAP associado é projetado para nós, móveis, com conexões contínuas durante o roaming entre sistemas. Em vez de executar o registro do local depois que um nó móvel chega ao novo sistema, o protocolo BLR permite que o nó atualize sua localização e informações do usuário ativamente antes de entrar no novo sistema. Dessa maneira, as chamadas recebidas para o MN durante o roaming entre sistemas são entregues no nó.

Gerenciamento de Localização em Redes Heterogêneas

Nele, um MN é acessível por meio de várias redes quando suas áreas de serviço são totalmente sobrepostas. Como redes heterogêneas usam diferentes formatos de sinalização, procedimentos de autenticação e mensagens de registro, é difícil mesclar HLRs heterogêneas em um único HLR. Um HLR multicamada (MHLR) proposto sugere um gerente de níveis e está conectado a todos os HLRs. Dois tipos de registro de local são possíveis: registro único (SR) e registros múltiplos (MR).

No esquema SR, um MN se associa ao nível mais baixo do MHLR e recebe serviços com baixo custo e alta largura de banda. Sob o método MR, o MN registra em várias camadas simultaneamente. As camadas individuais executam seu próprio gerenciamento de roaming. Além disso, o gerente de

camada controla os VLRs de alta e baixa camada atualmente visitados da MN. Verificou-se que o esquema de RM envolve menos sobrecarga de sinalização. No entanto, como o nível atual do MN não é conhecido pelo MHLR, ocorre uma perda alta quando um nível errado é selecionado.

praticar

Vamos Praticar

Para habilitar o roaming entre sistemas, um novo nível foi introduzido na hierarquia das entidades de gerenciamento de local para redes UMTS / IMT-2000. O novo nível consiste em um registro de localização de gateway (GLR). A respeito do roaming entre sistemas, é correto afirmar que:

- ☐ **a)** mesmo que o protocolo GLR tenha sido projetado para conexão contínua de chamadas durante o roaming entre sistemas, ele é ineficiente.
- ☐ **b)** o protocolo GLR não foi projetado para conexão contínua de chamadas durante o roaming entre sistemas. Contudo, isso não interfere em nada no protocolo.
- ☐ **c)** o protocolo GLR não foi projetado para conexão contínua de chamadas durante o roaming entre sistemas. Contudo, isso não torna protocolo ineficiente.
- ☐ **d)** o protocolo GLR foi projetado para conexão contínua de chamadas durante o roaming entre sistemas, o que torna o protocolo ineficiente.
- ☐ **e)** o protocolo GLR não foi projetado para conexão contínua de chamadas durante o roaming entre sistemas, o que torna o protocolo ineficiente.

Protocolo de Gerenciamento de Handoff

Handoff ou *handover* é um processo pelo qual um MN se move de um ponto de conexão de rede para outro. As transferências podem ser classificadas como homogêneas ou heterogêneas. Uma transferência heterogênea ocorre quando um MN se move entre redes com diferentes tecnologias de acesso ou entre domínios diferentes. À medida que a diversidade de redes disponíveis aumenta, é importante que as tecnologias de mobilidade se tornem agnósticas para vincular as tecnologias da camada e possam operar de maneira otimizada e segura, sem incorrer em atraso e complexidade irracionais.

Oferecer suporte a transferências por meio de redes de acesso heterogêneas, como IEEE 802.11 (Wi-Fi), sistema global de comunicações móveis (GSM), acesso múltiplo por divisão de código (CDMA) e interoperabilidade mundial para acesso a micro-ondas (WiMAX) é um desafio, pois cada uma possui características diferentes de qualidade de serviço (QoS), segurança e largura de banda. Da mesma forma, a movimentação entre diferentes domínios administrativos representa um desafio, pois as MNs precisam executar autenticação e autorização de acesso no novo domínio. Assim, é desejável

desenvolver uma técnica de otimização de mobilidade que possa reduzir esses atrasos e que não seja fortemente acoplada a um protocolo de mobilidade específico.

Taxonomia dos Mecanismos

Handoffs

Diferentes tipos de transferências podem ser classificados com base em três parâmetros, a seguir: **sub-redes, domínios administrativos e tecnologias de acesso** (RAPPAPORT, 2009).

Entre tecnologias: esse tipo de transferência é possível com um MN equipado com várias interfaces que suportam diferentes tecnologias. Uma transferência entre tecnologias ocorre quando os dois pontos de conexão usam tecnologias de acesso diferentes. Durante a transferência, o MN pode sair do alcance de uma rede (por exemplo, Wi-Fi) para o de uma rede diferente (por exemplo, CDMA). Isso também é conhecido como transferência vertical.

- **Intratecnologia:** esse tipo de transferência ocorre quando um MN se move entre pontos de anexos que suportam a mesma tecnologia de acesso, como entre dois pontos de acesso Wi-Fi. Uma transferência intratecnologia pode ocorrer devido ao movimento intrassub-rede ou intersub-rede e, portanto, pode envolver o gatilho da camada 3.
- **Entre domínios:** quando os pontos de anexação de um MN pertencem a domínios diferentes, esse tipo de transferência ocorre. Um domínio é definido como um conjunto de recursos de rede gerenciados por uma única entidade administrativa que autentica e autoriza o acesso para as MNs. Uma entidade administrativa pode ser um provedor de serviços ou uma empresa. Uma transferência entre domínios possivelmente também envolve uma transferência entre sub-redes.
- **Dentro do domínio:** transferências deste tipo ocorrem quando o movimento de um MN é confinado dentro de um domínio administrativo. O movimento intradomínio também pode envolver

transferências entre sub-redes, intersub-redes, intratecnologia e / ou intertecnologia.

- **Intersub-rede:** uma transferência entre sub-redes ocorre quando os dois pontos de anexo pertencem a sub-redes diferentes. O MN adquire um novo endereço IP e, possivelmente, passa por um novo procedimento de segurança. Uma entrega deste tipo pode ocorrer juntamente com uma entrega inter ou intradomínio e também com uma entrega inter ou intratecnologia.
- **Intrassub-rede:** uma transferência intrassub-rede ocorre quando os dois pontos de conexão pertencem à mesma sub-rede. Normalmente, é uma transferência de camada de link entre dois pontos de acesso em redes WLAN ou entre diferentes setores celulares em redes celulares. É administrado pela rede de rádio e não requer procedimentos adicionais de autenticação e segurança.

Atrasos em *Handoffs*

Todas as camadas na pilha do protocolo de comunicação contribuem para o atraso em uma transferência. Os atrasos podem ser classificados como:

Atraso na camada de link: dependendo da tecnologia de acesso, um MN pode passar por várias etapas, cada uma adicionando sua contribuição ao atraso geral antes que um novo link seja estabelecido. Por exemplo, um link Wi-Fi passa pelo processo de verificação, autenticação e associação antes de ser anexado a um novo ponto de acesso. Para transferências entre sub-redes, em que as configurações da camada de rede são necessárias, a camada de link contribui com o máximo para o atraso geral.

Atraso da camada de rede: após a conclusão dos procedimentos da camada de link, pode ser necessário iniciar uma transição da camada de rede. Uma transição desta pode envolver etapas como: adquirir um novo endereço IP; detectar um endereço duplicado; atualização do protocolo de resolução de endereço (ARP) e autenticação no nível de sub-rede.

Atraso da camada de aplicativo: o atraso desse tipo é devido ao

restabelecimento e modificação das propriedades da camada de aplicativo, como endereço IP, ao usar o SIP (Session Initiation Protocol). O procedimento de autenticação e autorização, como o protocolo de autenticação extensível (EAP), inclui várias mensagens de ida e volta entre o MN e o servidor de autorização e contabilidade (AAA), causando atraso na transferência.

Mecanismos *Handoffs* de Camadas Cruzadas

Os protocolos de camada cruzada para gerenciamento de mobilidade são aplicados principalmente para *handoffs*. A maioria desses mecanismos usa informações da camada de link para fazer uma transferência eficiente da camada de rede. A utilização das informações da camada de link reduz o atraso na detecção de movimento do MN, para que o atraso geral da transferência seja minimizado.

***Handoffs* Rápida Assistida por Camada de Link Sobre WLAN:** No protocolo IP Móvel, o movimento MN pode ser detectado a partir de anúncios dos FAs que diferem do anúncio recebido anteriormente. O novo CoA é registrado no HA. No entanto, os pacotes de dados não são encaminhados para a nova FA antes que o registro seja concluído. Essa interrupção pode degradar a QoS, especialmente em aplicativos em tempo real. Para resolver esse problema, é proposto um mecanismo de transferência em que os APs em uma WLAN e em uma ponte MAC dedicada são usados em conjunto para eliminar a perda de pacotes.

Yokota et al. (2002) observaram que o atraso na transferência do IP móvel é agravado por dois elementos: **o atraso na detecção de movimento do MN e o atraso devido à sinalização para registro**. Também dividido em duas partes é o mecanismo proposto para reduzir o atraso na detecção de movimento, são elas: **transferência para a direção direta (isto é, dados terminados em dispositivos móveis)** e **transferência para a direção reversa (isto é, dados originados por dispositivos móveis)**.

Os pontos de acesso na WLAN têm a capacidade de notificar o endereço MAC de um MN que se move para suas áreas de cobertura. A ponte MAC é configurada de forma a enviar apenas os quadros MAC, cujos endereços de

destino estão registrados no banco de dados de filtragem (DB). A transferência na direção direta acontece da seguinte maneira: os pacotes destinados ao MN são encapsulados pelo HA e tunelados para FA1 - o FA do MN. O FA1 desencapsula os pacotes e os envia diretamente para o MN. Quando a intensidade do sinal do canal de comunicação entre o AP1 e o MN cai abaixo de um limite, o MN tenta encontrar um novo AP. O MN estabelece associação com um novo AP-AP2. O AP2 coloca o endereço MAC do MN em uma mensagem de solicitação de registro de endereço MAC e o transmite no segmento local. A ponte MAC recebe a solicitação de registro de endereço. Em seguida, ele faz uma entrada do endereço MAC contido na mensagem e a porta na qual a mensagem foi recebida no banco de dados de filtragem. Quando a ponte MAC recebe um quadro MAC em uma porta, ela se refere ao banco de dados de filtragem para verificar se o endereço MAC de destino está registrado. Se o endereço estiver registrado, a ponte MAC o envia para a porta correspondente.

Os pacotes do FA1 são, portanto, interligados da porta A à porta B da ponte MAC e entregues à rede 2, à qual o MN está agora conectado. O MN detecta seu movimento ao receber novos anúncios de agentes do FA2 e registra o novo CoA no HA. Quando o registro é concluído, os pacotes destinados ao MN são encaminhados para o FA2 e entregues ao MN. Como nenhum pacote é ponte desde esse momento em diante, a entrada para o MN no banco de dados de filtragem deve ser removida após o término do tempo de envelhecimento. Assim, o MN recebe pacotes mesmo antes do término do registro do IP móvel. Se a ponte MAC retransmitir apenas os quadros cujos endereços MAC de origem estão registrados no banco de dados de filtragem para a rede à qual o MN estava conectado anteriormente, também poderá reduzir a interrupção da transmissão na direção reversa.

No entanto, a interrupção da transmissão na direção reversa é possível se a ponte MAC tiver apenas duas portas. A ponte MAC com duas portas verifica o endereço MAC de origem de um quadro recebido de uma porta com o banco de dados de filtragem e o transfere para a outra porta. No entanto, se a ponte MAC tiver mais de duas portas, a direção na qual o quadro deve ser transferido dependerá da velocidade do MN e da rapidez com que o processo

de registro do IP móvel será concluído. Considerando que o próximo salto de um quadro enviado pelo MN é sempre o roteador padrão da rede onde o MN foi registrado, os autores propuseram um método de transferência rápida na direção inversa registrando o endereço MAC do padrão roteador no banco de dados de filtragem. O algoritmo explora a mensagem de anúncio do agente IP móvel que é transmitida periodicamente pelos FAs e recebida pelo MN.

Arquitetura de *Handoffs* sem Costura para IP Móvel: Arquitetura de *handoff* sem costura para IP móvel (S-MIP) é uma arquitetura que minimiza a latência de transferência em um ambiente interno grande (KUROSE; ROSS, 2014). É uma extensão da arquitetura HMIP com uma entidade adicional chamado motor de decisão (DE). O DE é idêntico ao mapa na HMIP e toma a decisão *handoff* para o respectivo domínio de rede. O MAP separa o tipo de mobilidade em micromobilidade e macromobilidade. O novo router de acesso (NAR) e o roteador de acesso velho devem manter a mesma funcionalidade e significado como em HMIP. Por meio de informações de retorno periódicas das ARs, o DE mantém uma visão global do estado da conexão de qualquer MN no seu domínio de rede. Além disso, o DE também controla os padrões de movimento de todos os MN no seu domínio, utilizando a informação de intensidade de sinal recebido a partir da camada de ligação e as identificações dos RAs (TANEMBAUM; WETHERALL, 2011).

Nos mecanismos HMIP e de transferência rápida, a perda de pacotes ocorre no MAP e nos ARs (perda de pacotes por segmento) ou entre os últimos ARs e o MN (perda de pacotes de borda). Embora as perdas de pacotes de borda ocorram devido à mobilidade de um MN e erros de transmissão, a perda de pacotes de segmentos se deve à natureza não determinística das transferências e à troca resultante do fluxo de dados no MAP após o recebimento da atualização de ligação do MA. O projeto do S-MIP minimiza as perdas de pacotes de borda e de segmento. A perda de pacotes de borda é minimizada mantendo o ponto de ancoragem do mecanismo de encaminhamento o mais próximo possível do MN. Por isso, está localizado no AR que liga a rede sem fio e a rede com fio. A perda de pacotes por segmento é minimizada usando um esquema de transmissão simultânea de pacotes sincronizados (SPS) e um mecanismo de transferência híbrido. O SPS

transmite pacotes à rede atual em que o MN está conectado e à rede de acesso potencial com a qual o MN é solicitado a alternar.

A estratégia de transferência híbrida é iniciada por MN, mas determinada pela rede. Neste caso, o nó móvel iniciará o procedimento de envio de pacotes, e a partir do feedback recebido da própria rede é que serão decididos quais serão os pontos de acesso a essa nova rede. Este feedback entre o nó móvel e a rede deve ser sincronizado, assim, a rede que retornar os melhores resultados (distância, velocidade etc.) será escolhida como ponto de acesso para o nó móvel.

Vamos Praticar

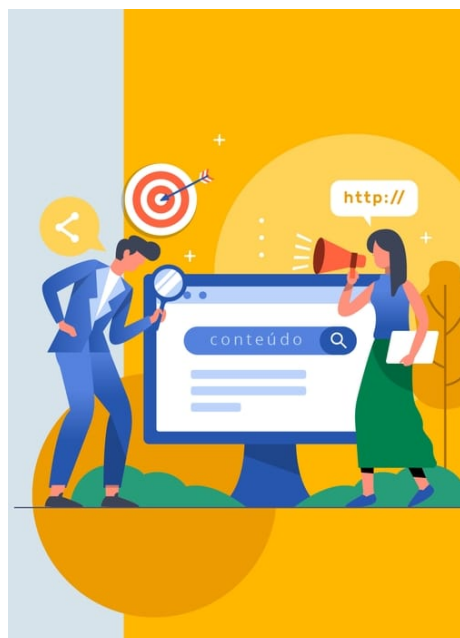
Arquitetura de *handoff* sem costura para IP móvel (S-MIP) é uma arquitetura que minimiza a latência de transferência em um ambiente interno grande (KUROSE; ROSS, 2014). É uma extensão da arquitetura HMIP com uma entidade adicional chamado motor de decisão (DE). O DE é idêntico ao mapa na HMIP e toma a decisão *handoff* para o respectivo domínio de rede. Sobre o ***handoff*** sem costura para IP, é correto afirmar que:

- **a)** apesar de as ARs retornarem informações periodicamente, o DE é capaz de manter uma visão geral do estado de qualquer nó móvel (NM), independente dos ARs.
- **b)** um dos problemas das redes sem fio com suporte à mobilidade é a perda de pacotes quando estes trafegam nas bordas da rede. Nessa arquitetura, nada foi feito para minimizar o problema.

- **c)** nesse tipo de arquitetura, as perdas de pacotes geralmente ocorrem devido à grande mobilidade dos nós móveis e por erros de transmissão, e as falhas de segmento sempre devido à natureza determinística da transmissão.
- **d)** a perda de pacotes por segmento é minimizada usando um esquema de transmissão simultânea de pacotes sincronizados (SPS) e um mecanismo de transferência híbrido.
- **e)** em mecanismos HMIP de transferência rápida, a perda de pacotes por segmento somente ocorre quando a transmissão é feita fora do MAP e ARs ou fora dos nós móveis e ARs.

indicações

Material Complementar



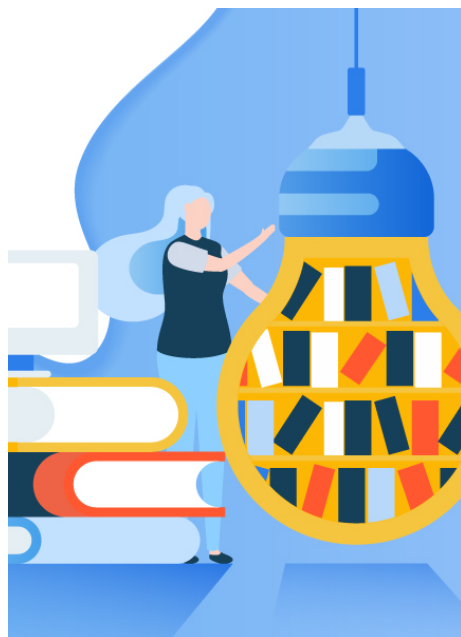
WEB

O novo avanço tecnológico da internet sem fio

Ano: 2015

Comentário: Nesse vídeo, é explicado de forma bem sucinta a evolução sofrida por dispositivos sem fio de acesso à Internet. É exatamente todo esse conjunto de melhorias que tornou possível a mobilidade em redes sem fio e, nesse vídeo, todos os conceitos abstratos se tornam mais claros.

ACESSAR



LIVRO

Sistemas de Comunicação Sem Fio - Conceitos e Aplicações. Volume 24

Editora: Bookman

Autor: Juergen Rochol

ISBN: 978-8582604557

Comentário: Livro com ótima didática, explicativo e completo. Demonstra com clareza as diversas tecnologias, protocolos e etapas da comunicação em e por dispositivos sem fio, além da mobilidade entre os dispositivos.

conclusão

Conclusão

Garantir a mobilidade de dispositivos em redes sem fio é uma atividade extremamente complexa. Para que tudo funcione corretamente, de forma totalmente transparente e com a qualidade necessária, diversos protocolos, técnicas e algoritmos complexos e eficientes devem ser implementados. Também devem ser implementados protocolos e técnicas que minimizem os problemas causados pelas perdas de pacotes.

A possibilidade da mobilidade de dispositivos em redes sem fio somente foi possível com o avanço das próprias tecnologias de comunicação sem fio, e a expansão deste tipo de recurso está intimamente ligado à evolução e expansão da Internet, das redes WiMAX, dos celulares e, até mesmo, dos protocolos de redes locais como Bluetooth e ZigBee.

referências

Referências Bibliográficas

CAMPBELL, A. T. et al. Design, implementation, and evaluation of cellular IP. **IEEE Personal Communications** , v. 7, n. 4, 2000. pp. 42-49.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de Computadores e a Internet** - Uma Abordagem Top-Down. 6 ed. São Paulo: Pearson, 2014.

PERKINS, C. E.; JOHNSON, D. B. **Route optimization in Mobile IP** . Internet draft, IETF, September, 2001.

RAPPAPORT, T. S. **Comunicação Sem Fio** - Princípios e Práticas. 2 ed. São Paulo: Pearson, 2009.

SEN, J. Mobility and Handoff Management in Wireless Network. Trends in Telecommunications Technologies, Christos J Bouras, **IntechOpen** , 2010. DOI: 10.5772/8482. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/trends-in-telecommunications-technologies/mobility-and-handoff-management-in-wireless-networks> . Acesso em: 16 fev. 2020.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. **Redes de Computadores** . 5 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

YOKOTA, H. et al. **Link layer assisted Mobile IP fast handoff method over wireless LAN networks** . Proceedings of ACM MOBICOM, 2002. pp. 131-139.