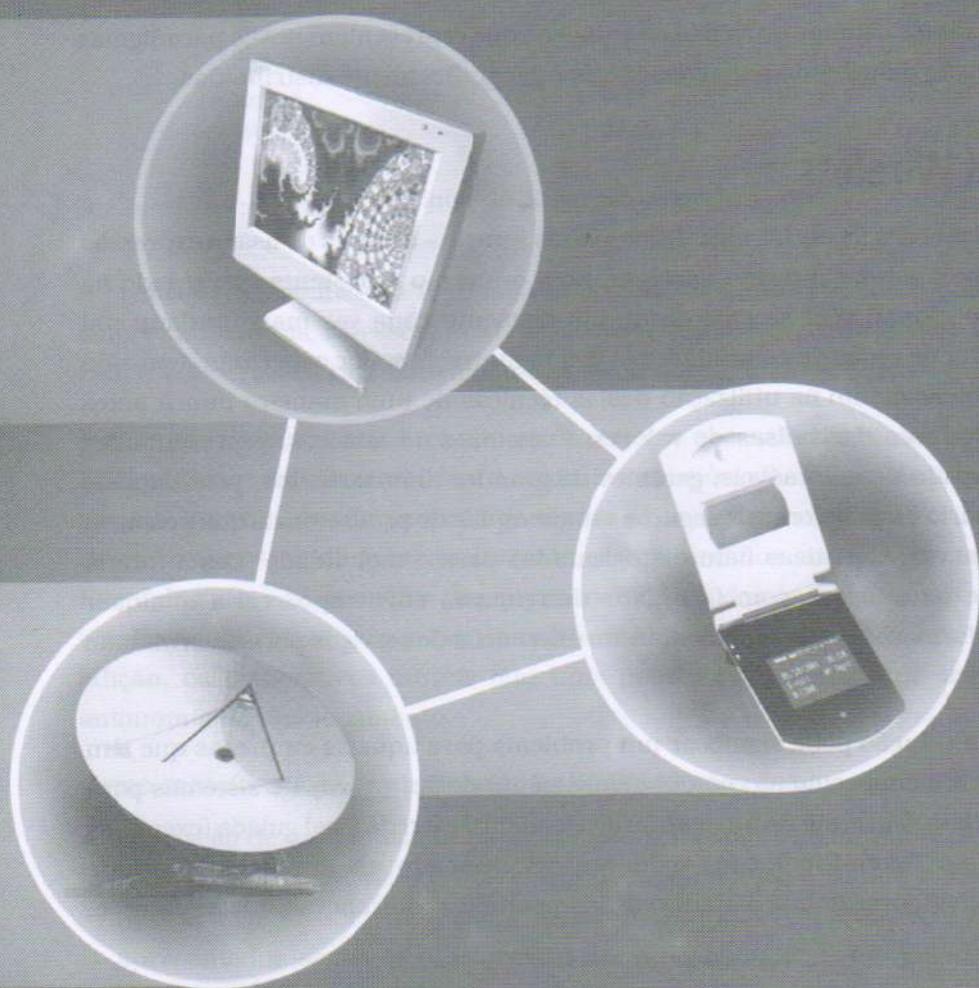


Capítulo

10

Ambientes Wireless,
Cluster e Grid Computing



Introdução

Os ambientes de redes locais sem fio (*wireless*) são configurações interessantes para agregar valor às redes locais das corporações. O diferencial destes ambientes pode ser ilustrado pelo custo reduzido da sua infra-estrutura e o suporte a aplicações móveis. As redes locais wireless oferecem ganhos para os processos móveis envolvidos na utilização desta tecnologia, tais como a eficiência, a precisão e o baixo custo da solução quando comparado com uma rede local guiada.

Duas abordagens que vêm ganhando uma importância fundamental nos ambientes computacionais das organizações são o *cluster* e o *grid computing*. Estes paradigmas objetivam uma melhor utilização dos recursos computacionais e a melhoria de desempenho de aplicações de maneira local e geograficamente distribuída, respectivamente. É notório que, muitas vezes, por determinados períodos, os recursos computacionais das organizações ficam ociosos ou são mal utilizados. Em adição, é interessante que as aplicações complexas das organizações possam ser executadas de maneira satisfatória considerando o ambiente computacional existente.

Neste capítulo, vamos estudar estas três abordagens que representam novos paradigmas para a computação distribuída nas redes locais e geograficamente distribuídas.

Ambientes Wireless

As tecnologias das *redes locais wireless* (redes locais sem fio – ao invés de usar a expressão sem fio, decidimos adotar o termo *wireless*, pois o mesmo é bastante empregado na literatura internacional) vêm se mostrando um elemento cada vez mais fundamental para agregar valor às redes de computadores das organizações. Por esta razão, tem sido observado um crescimento na utilização destas técnicas de uma maneira nunca antes imaginada. Corretores das bolsas de valores, inspetores de fábricas, representantes comerciais na venda de automóveis, gerentes de grandes almoxarifados, profissionais do ramo imobiliário e vendedores de seguros são exemplos de profissionais que possuem suas tarefas com características naturais orientadas para a mobilidade. Desta forma, uma solução de rede móvel, com facilidade de resposta em tempo real a qualquer solicitação de informação, pode representar um diferencial de serviços para determinado ambiente de rede.

Por outro lado, a solução pode significar um problema para aquelas empresas que têm pouca experiência e conhecimento no desenvolvimento de aplicativos de sistemas para redes locais wireless. Diferente de um padrão convencional de rede local guiada (exemplos são a Ethernet e o Token-Ring), uma rede local wireless tem um grande conjunto de parâmetros de configuração que afetam o desempenho e a interoperabilidade da rede.

Pelas razões expostas, o pessoal envolvido no projeto e implementação de uma rede local wireless deve conhecer a parametrização adequada para a rede e seus efeitos.

WAP (Wireless Application Protocol)

O WAP é uma especificação de arquitetura de protocolo voltada para atender aos dispositivos móveis para que suas aplicações tenham acesso ao ambiente de rede Internet. Em outras palavras, podemos dizer que o WAP é uma arquitetura de protocolos que permite que dispositivos móveis executem aplicações através de redes wireless, fazendo acesso aos serviços disponíveis no ambiente Internet. (Exemplos destes dispositivos são os telefones celulares, PDAs – acrônimo para Personal Digital Assistant, em português seria o Assistente Digital Pessoal – e os pagers). A Figura 10.1 ajuda na visualização de exemplo de ambiente WAP.

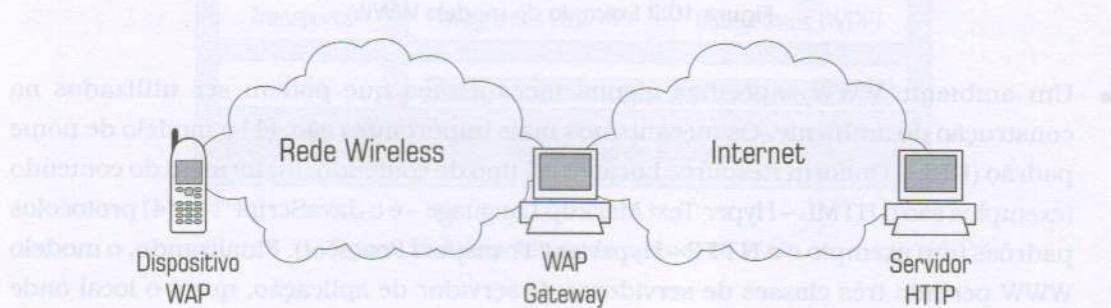


Figura 10.1 Exemplo de ambiente WAP.

A proposta da arquitetura WAP nasceu no final dos anos 90, como uma iniciativa das empresas Motorola, Ericsson, Nokia e Unwired Planet. O grupo de fornecedores envolvidos com o WAP cresceu rapidamente, o que levou à criação do *WAP Forum*.

Dentre um vasto número de exemplos de serviços que estão disponíveis para os usuários WAP, podemos citar o acesso aos bancos, informações das bolsas de valores, notícias de jornais, informações de previsão de tempo e atividades culturais. Por outro lado, para prover os serviços de maneira eficiente, alguns desafios ainda devem ser transpostos. Exemplos são a segurança e desempenho eficiente das aplicações utilizando uma rede wireless cujo retardo de acesso é considerável e a largura de banda é pequena. Em adição, os dispositivos móveis têm uma pequena capacidade de armazenamento e autonomia de funcionamento.

Como características fundamentais do WAP podemos listar:

- Utilização de um modelo de programação semelhante ao da WWW (World Wide Web) convencional. O modelo WWW, exemplificado na Figura 10.2, é reconhecido por ser flexível e poderoso quanto a sua forma de programação. Aplicações e conteúdos são apresentados segundo um formato padrão por aplicativos denominados de web

browsers. Um web browser cliente faz uma requisição de nomes de objetos a um servidor de web na rede. O servidor responde ao cliente retornando o objeto solicitado em uma codificação de formato padrão.

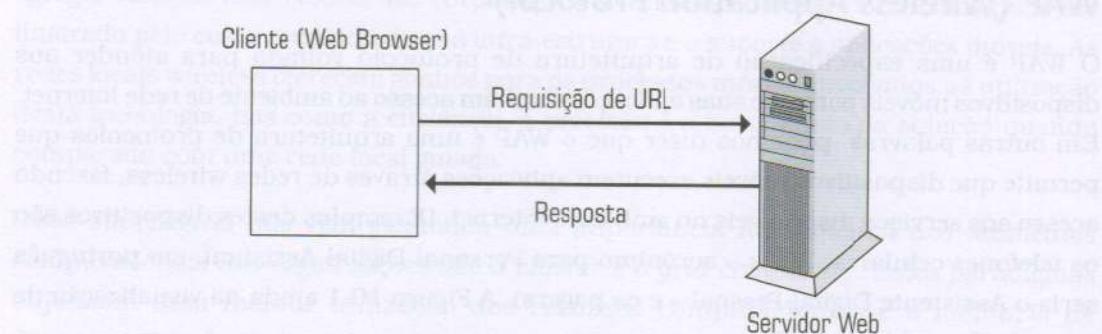


Figura 10.2 Exemplo do modelo WWW.

- Um ambiente WWW especifica alguns mecanismos que podem ser utilizados na construção do ambiente. Os mecanismos mais importantes são: (1) o modelo de nome padrão (URL – Uniform Resource Locate); (2) tipo de conteúdo; (3) formato do conteúdo (exemplos são o HTML – Hyper Text Markup Language – e o JavaScript™) e (4) protocolos padrões (um exemplo é o HTTP – Hypertext Transport Protocol). Finalizando, o modelo WWW permite três classes de servidores. O servidor de aplicação, que é o local onde estará armazenado o recurso; o servidor proxy, que efetua algum tratamento na solicitação e depois repassa para o servidor de aplicação; e os gateways, que são servidores que atuam como intermediários entre servidores. De outra forma, podemos dizer que os servidores do tipo gateway recebem as solicitações como se fossem servidores de aplicação, mas repassam a solicitação para um outro servidor.
- Uso do WML (Wireless Markup Language), que é uma linguagem de criação de serviços similar ao HTML na WWW, mas desenvolvida para ser utilizável por dispositivos móveis com pouca memória.
- Utilização da linguagem WMLScript, que é uma linguagem de scripts baseada no JavaScript™ e que tem uma orientação de lógica procedural.
- Uso do WTA (Wireless Telephony Application) e WTAI (Wireless Telephony Application Interface), que caracterizam um conjunto de extensões específicas para serviços de telefonia e de interface de programação.
- Arquitetura de protocolos organizada em pilha.

Diferenças mais significativas que podemos apontar entre um ambiente de Internet convencional e um ambiente WAP são que o tipo de transmissão no segundo ambiente deve garantir uma alta compressão de dados e uma tentativa de aproveitar ao máximo a largura de banda. Razões para estes pontos são a menor largura de banda, maior latência, menor estabilidade da conexão e disponibilidade menos previsível de uma configuração WAP.

Quanto ao modelo e arquitetura de protocolos WAP, ilustrados na Figura 10.3, estes são compostos por cinco níveis. É importante verificar que a camada de rede, representada pelas portadoras de sinal móvel, não é um nível definido na arquitetura WAP. Em outras palavras, o padrão faz uso deste nível, que é padronizado por outras entidades.

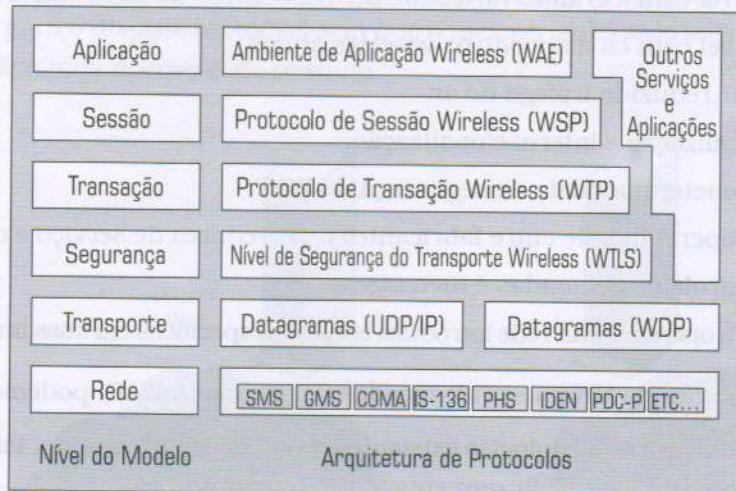


Figura 10.3 Arquitetura de protocolos WAP.

WAE (Wireless Application Environment)

Decidimos começar nosso estudo sobre a arquitetura WAP pelo quinto nível, denominado de *ambiente de aplicação wireless* (WAE - Wireless Application Environment). Para o entendimento desta camada, é sempre importante relembrar as características da rede WAP, onde existe menor largura de banda, maior latência, menor estabilidade da conexão e disponibilidade menos previsível. Em adição, os dispositivos para entrada de dados (celulares, pagers e PDAs) têm um pequeno poder de processamento, pouca memória e ainda pequenas telas e teclados.

O WAE é um ambiente de aplicações de propósito geral baseado em uma combinação de WWW e tecnologias de telefonia móvel. As especificações técnicas desse nível são baseadas em novas abordagens e em outras já existentes. Exemplos são:

- Unwired Planet's Hand Held Mark-up Language (HDML).
- Hypertext Mark-up Language (HTML).
- ECMAScript Language Specification, base do JavaScript™ usando o formato IMC de troca de dados de calendário (vCalendar) e o formato de troca de dados para agendas (vCard).
- Tecnologias da WWW como URLs e HTTP (Hypertext Transfer Protocol).
- Tecnologias de redes móveis como controle de chamada GSM.

A camada WAE foi proposta para atender os seguintes propósitos:

- Proporcionar ambientes eficientes, significativos e poderosos de desenvolvimento e execução.
- Não assumir que um browser controla o dispositivo.
- Ser compatível com a grande variedade de dispositivos de capacidade limitada.
- Ser compatível com os dispositivos wireless atuais.
- Proporcionar reduzido tráfego no ar.
- Suportar localização e internacionalização.
- Não comprometer o modelo de segurança do WAP.
- Prover interoperabilidade entre fabricantes e provedores de serviço e conteúdos.
- Permitir controle de chamadas e mensagens.
- Permitir que a operadora da rede introduza recursos específicos em suas implementações.

Como pontos que ainda faltam ser alcançados pela camada WAE, podemos citar:

- Integração com outras tecnologias existentes ou em desenvolvimento, tais como smart cards, SIM cards e Java Environments, entre outros ambientes.
- Semântica para caches.

Quando fazemos uma comparação entre o modelo WAE e o da Web, observamos que a arquitetura do WAE é baseada na arquitetura dos proxies WWW. Neste ambiente, como comentamos anteriormente, o servidor proxy efetua algum tratamento em uma determinada solicitação e depois repassa para o servidor de aplicação (veja Figuras 10.1 e 10.2). Em outras palavras, o nível WAE assume a existência de um gateway cuja função é codificar/decodificar os dados transferidos. Com a codificação dos dados, seu armazenamento para transmissão será menor, como também será o esforço de energia para efetuar a operação. Os principais componentes do WAE são:

- Agentes de usuário: software que executa no dispositivo móvel fornecendo funcionalidades específicas para o usuário final. Estes agentes são integrados na arquitetura WAP, interpretando um conteúdo WAP por uma URL. O modelo WAE inclui agentes para dois tipos primários de conteúdos: o codificador de WML e um compilador de WMLScript. Um exemplo é o microbrowser.
- Geradores de conteúdo: são serviços que residem nos servidores de aplicação responsáveis por gerar formatos de conteúdo padronizado decorrente de solicitações dos agentes no dispositivo móvel. Não existe uma determinação de nenhum gerador de conteúdo específico no WAE; espera-se que sejam empregados geradores compatíveis com o da WWW.
- Codificadores de conteúdo padronizados: foi estabelecido um conjunto de codificadores padrão permitindo que os browsers naveguem na Web de forma conveniente. Como exemplo desse conjunto, temos a codificação de compressão para o WML, bytecode para WMLScript e para formatos padrão de imagens e calendários.

- WTA (Wireless Telephony Application): é uma coleção de extensões específicas de telefonia que inclui mecanismos de controle de chamada e que provê, para os usuários finais, acesso aos serviços de telefonia convencional.

Um agente de dispositivo móvel é, geralmente, o responsável pela solicitação de conteúdo. Existe, porém, a operação conhecida por *pushing*, na qual o servidor de aplicação envia um conteúdo para o dispositivo móvel sem que o mesmo tenha sido solicitado. A Figura 10.4 exemplifica uma operação de *pushing*.

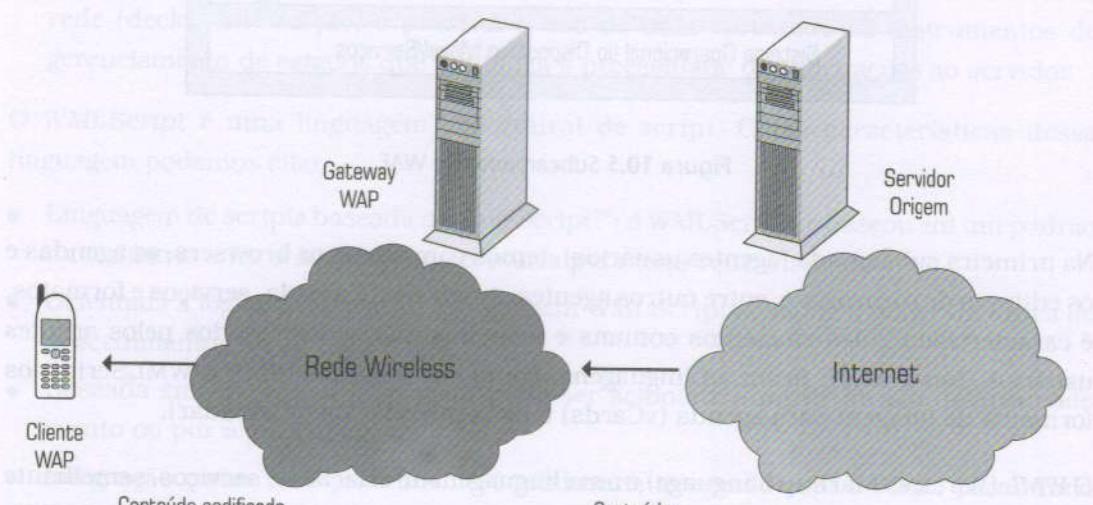


Figura 10.4 Exemplo de *pushing*.

O uso do modelo URL (*Uniform Resource Locator*) no ambiente WAE pode ser entendido pela conexão entre um dispositivo móvel à rede wireless. Essa operação é efetuada segundo os seguintes passos:

1. O usuário com um dispositivo móvel solicita um determinado conteúdo usando uma URL.
2. O browser do dispositivo se conecta a um gateway do provedor WAP usando o protocolo WSP (Wireless Session Protocol) e enviando um comando de solicitação de resposta com a URL que deseja.
3. O elemento gateway resolve o endereço URL solicitado e estabelece uma sessão HTTP com o computador destinatário, solicitando o conteúdo ao servidor.
4. O servidor solicitado envia o conteúdo requisitado para o elemento gateway.
5. O gateway, então, codifica os dados, transmitindo-os a seguir para o browser do dispositivo móvel em um formato adequado.

Para um melhor funcionamento do ambiente WAE, este foi dividido em duas camadas. Os dois módulos WAE são denominados de agentes usuários e de serviços e formatos (Figura 10.5).

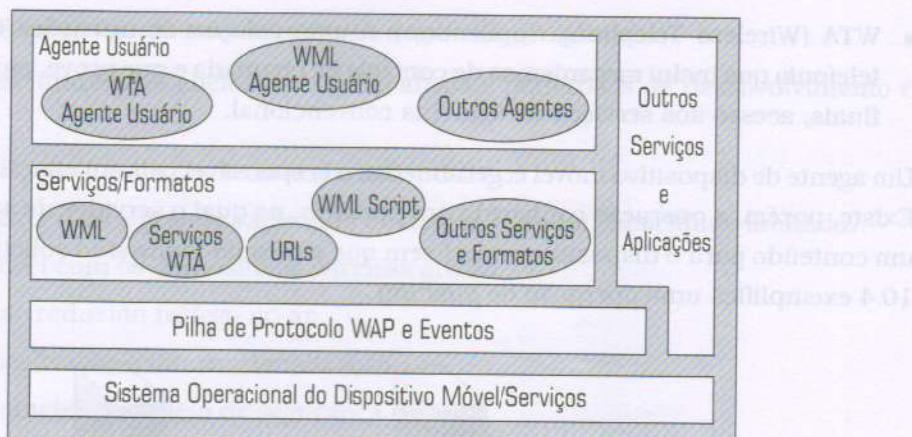


Figura 10.5 Subcamadas do WAE.

Na primeira subcamada (agentes usuários), temos como itens os browsers, as agendas e os editores de mensagens, entre outros agentes. A outra subcamada, serviços e formatos, é caracterizada pelos elementos comuns e formatos que são acessados pelos agentes usuários. Neste nível, ficam as linguagens, como por exemplo WML e WMLScript, os formatos de imagem para agenda (vCards) e para calendários (vCalendar).

O WML (Wireless Markup Language) é uma linguagem de criação de serviços, semelhante ao HTML na WWW, mas desenvolvida para ser suportada nos dispositivos de mão. Esta linguagem é baseada no XML (eXtensible Markup Language), guardando semelhanças com a linguagem desenvolvida pela empresa Unwired Planet, conhecida como *HMDL* (Handheld Device Markup Language). A linguagem é estruturada em elementos chamados de cards e decks. Um deck pode ter múltiplos cards. Em adição, um usuário pode navegar através dos cards verificando seus conteúdos, efetuando solicitações e ainda podendo fazer escolhas e mover-se para outros cards. As instruções contidas nos cards podem acionar serviços que estão em um servidor, permitindo a interação dos serviços com o usuário. Cada card pode ser apresentado como um todo ou fracionado em unidades menores, dependendo da limitação da tela do dispositivo. Por outro lado, os decks podem ser armazenados de forma estática em um servidor de aplicação ou podem ser gerados de forma dinâmica por um gerador de conteúdo (como os pacotes de software CGI ou ASP). O WML provê uma série de recursos como:

- **Texto e imagens:** suporte de texto em itálico, negrito, entre outros, além do formato de imagem WBMP (Wireless BitMap).
- **Entrada de dados dos usuários:** esses elementos podem ser combinados em um ou mais cards. Definidos de uma forma abstrata, permitem que os usuários optimizem os recursos de um dispositivo em particular (exemplos são soft-button, controle de navegação e sobre o histórico do navegador).

- Suporte a um conjunto de caracteres internacional: o tipo de caractere que o WML suporta é o Universal Character Set do padrão ISO/IEC – 10646. Este padrão da ISO é idêntico ao conhecido Unicode 2.0.
- Independente MMI (*Man Machine Interface*): a especificação abstrata de layout e apresentação, que permite que os fabricantes tenham um controle sobre as MMI de seus dispositivos.
- Otimização do uso da largura de banda: um exemplo é permitir que múltiplas interações de usuários (cards) sejam efetuadas através de uma única transferência de rede (deck). Em adição, é possível o uso de uma variedade de instrumentos de gerenciamento de estados que minimiza a necessidade de solicitações ao servidor.

O *WMLScript* é uma linguagem procedural de script. Como características dessa linguagem podemos citar:

- Linguagem de scripts baseada no JavaScript™: o WMLScript se baseou em um padrão da indústria e fez a adaptação necessária para uma rede wireless.
- Orientada à lógica procedural: a linguagem WMLScript adiciona o poder da lógica de procedimentos no ambiente WAE.
- Baseada em eventos: a linguagem pode ser acionada a partir de um determinado evento ou por algum usuário.
- Integração como WAE: o ambiente é totalmente integrado com o WML, permitindo que os programadores construam seus serviços usando as duas tecnologias. O WMLScript tem acesso ao modelo de estado do WML e pode obter e modificar as variáveis do WML. Este fato provê uma série de facilidades, como por exemplo uma validação dos usuários.
- Implementa mecanismos convenientes de acesso ao dispositivo e periféricos.
- Suporte internacional: utilização do padrão UNICODE 2.0.
- Suporte eficiente a bibliotecas extensíveis: o que significa dizer que o WMLScript pode ser usado para adicionar funcionalidades ao dispositivo sem a necessidade de modificação do software.

A comunicação entre um determinado cliente e o gateway/proxy WAP pode ser efetuada de modo orientado e não-orientado à conexão, cada modo com ou sem segurança. Desta forma, dispomos de quatro modos básicos para a comunicação. Existem quatro protocolos, que vamos estudar a seguir, que tratam a comunicação entre um cliente e o gateway/proxy WAP. Estes protocolos são o Wireless Session Protocol (WSP), Wireless Transaction Protocol (WTP), Wireless Transport Layer Security (WTLS) e Wireless Datagram Protocol (WDP).

WSP (Wireless Session Protocol)

O protocolo de sessão wireless (WSP – *Wireless Session Protocol*) é responsável pelas operações remotas entre um cliente e o proxy (ou servidor). Este protocolo foi projetado para dar suporte a um serviço orientado à conexão sobre a camada de transação (WTP – *Wireless Transaction Protocol*) e a outro serviço sem orientação à conexão em datagramas (WDP – *Wireless Datagram Protocol*). O protocolo WSP consiste de serviços para a aplicação browser, tendo as seguintes características:

- Extensão binária do HTTP 1.1 compactada voltada para a transmissão wireless: efetua uma redução da informação enviada pela rede compactando os dados. O HTTP 1.1 tem uma codificação não suficientemente compacta, sem facilidade de push, ineficiente capacidade de negociação, modo orientado à conexão e comunicação de longa duração.
- Manutenção, suspensão e reinicialização de uma sessão: a capacidade de negociação é usada entre pontos fim-a-fim visando um acordo com relação ao nível aceitável de serviço e à otimização da operação do provedor de acordo com os requisitos atuais do serviço do usuário.
- Capacidade de negociação de protocolos.
- Esquema de pushing confiável e não-confiável: o WSP provê três mecanismos de transferência de dados por push. O primeiro é o push de dados confirmado em uma sessão existente. O segundo é o push de dados não-confirmado em uma sessão existente. Por último, o push de dados não-confirmado sem uma sessão existente. Uma sessão pode ser suspensa quando a mesma estiver ociosa para liberar recursos da rede e o seu estado permanece preservado. A comunicação pode voltar quando a sessão for resumida. O servidor sabe quando o cliente pode aceitar um push.

WTP (Wireless Transaction Protocol)

O protocolo de *transação wireless* (WTP – *Wireless Transaction Protocol*) é definido para prover os serviços necessários para aplicações interativas de browsing (request/reply). O objetivo do WTP é efetuar a transação de uma forma confiável, fazendo um balanço entre a quantidade de confiabilidade requerida para a aplicação com o custo de entrega desta confiabilidade. Como benefícios do protocolo podemos listar:

- Confiabilidade sobre serviços de datagramas.
- Eficiência sobre serviços orientados à conexão.
- O WTP é orientado às mensagens e projetado para serviços orientados a transações, como por exemplo o browsing.

Ainda com relação às características do WTP temos:

- Confiabilidade alcançada através do uso de identificadores únicos de sessão, reconhecimentos, remoção de duplicações e retransmissões.

- Sem fases de conexão explícita, início ou fechamento.
- Confiabilidade opcional usuário-usuário.
- Opcionalmente, o último reconhecimento da transação pode conter informações sobre a transação.

O protocolo provê eficiente request/reply baseado nos mecanismos de transporte apropriados para dispositivos com recursos limitados em redes com média ou baixa largura de banda.

WTLS (Wireless Transport Layer Security)

O nível de segurança do transporte wireless (WTLS – Wireless Transport Layer Security) é um protocolo baseado no padrão conhecido como Transport Layer Security (TLS), anteriormente conhecido como SSL (Secure Sockets Layer). O protocolo é otimizado para uso em uma banda estreita da comunicação wireless e projetado para funcionar com protocolos de transporte orientados à conexão e/ou a datagramas. A camada oferece os seguintes recursos:

- Integridade de dados: o WTLS pode garantir que os dados transmitidos entre um dispositivo móvel e uma aplicação servidora estão corretos e íntegros.
- Privacidade: o protocolo pode garantir que os dados transmitidos entre um dispositivo móvel e uma aplicação servidora não serão inteligíveis por possíveis interceptores.
- Autenticação: o WTLS tem a facilidade de estabelecer a autenticidade de dispositivos móveis e aplicações servidoras.
- Proteção contra negação de serviços (denial-of-service): o protocolo tem facilidades para detectar e rejeitar dados que estão sendo replicados ou que não obtiveram sucesso na verificação.

As aplicações podem desabilitar (ou habilitar) o uso deste protocolo, dependendo da necessidade de um esquema de segurança ou da característica da rede utilizada. Um exemplo que ilustra esta característica é encontrado nas redes que têm sistemas de codificação; neste ambiente, pode-se desabilitar o recurso de privacidade.

WDP (Wireless Datagram Protocol)

O protocolo de datagrama wireless (WDP – Wireless Datagram Protocol) na arquitetura WAP é o correspondente do nível de transporte do modelo RM-OSI. Opera sobre os diversos serviços de portadoras (bearer) com suporte a dados das redes de comunicações. O protocolo ainda oferece serviços consistentes para as camadas superiores (WTLS, WTP, WSP) através de comunicações transparentes sobre as portadoras. A Figura 10.6 ilustra uma comunicação através da pilha WAP.

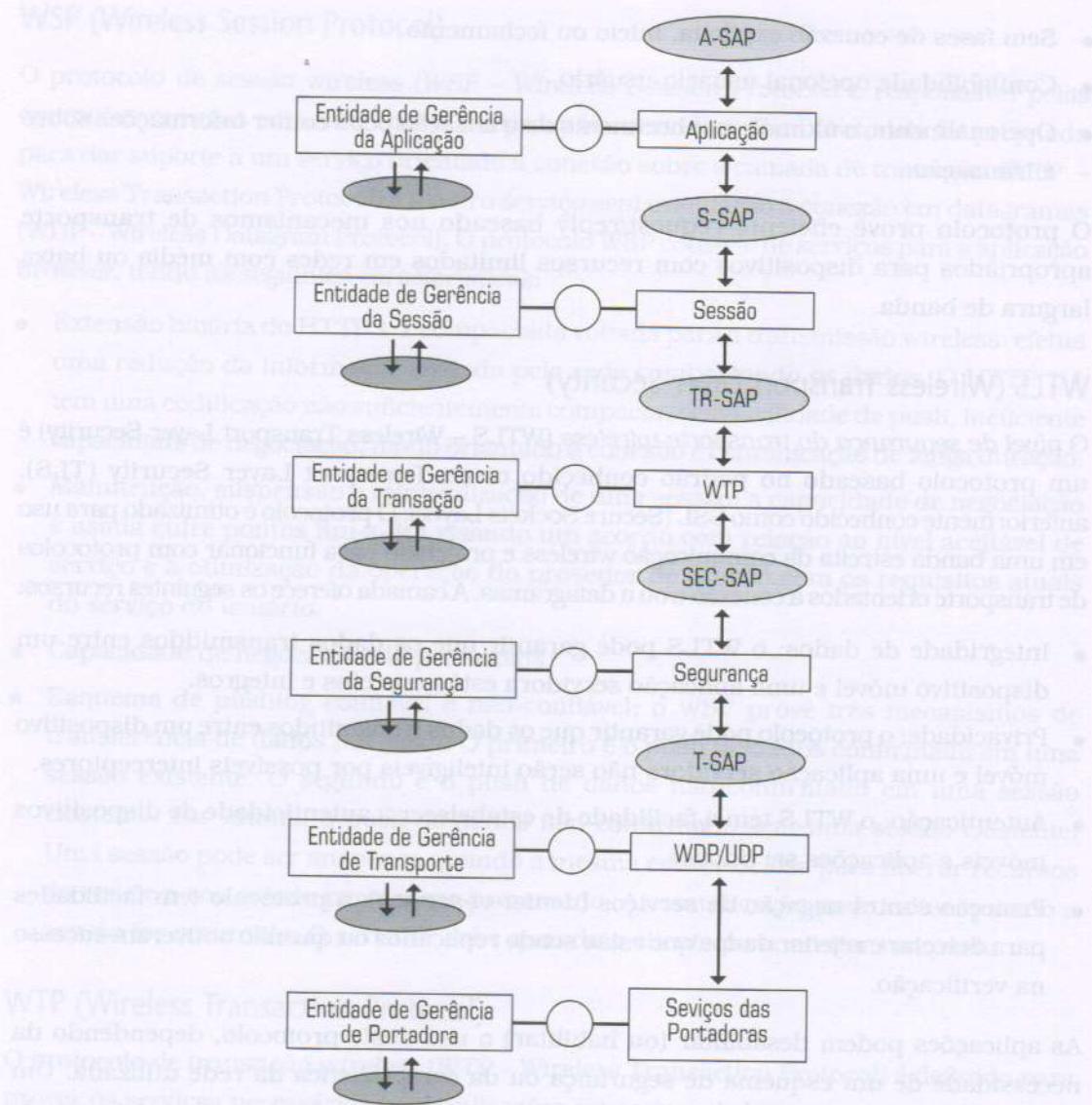


Figura 10.6 Exemplo de uma comunicação na pilha WAP.

Exemplos de serviços oferecidos pelo WDP são:

- Endereçamento de aplicativos através de número de portas.
- Segmentação e remontagem de dados opcionais.
- Detecção de erros opcional.
- Transparência para as aplicações independentemente da camada inferior.

O protocolo dispõe de uma entidade de gerenciamento cuja interface entre o ambiente do dispositivo e o protocolo tem, por exemplo, as seguintes condições que podem ser verificadas:

- O dispositivo móvel está dentro da área correspondente ao serviço solicitado.
- O dispositivo móvel tem energia suficiente e esta está ligada.

- Recursos suficientes (como, por exemplo, poder de processamento e memória) do dispositivo móvel estão disponíveis para o WDP.
- Protocolo WDP está corretamente configurado.
- O usuário está disposto a receber/transmitir dados.

Na Figura 10.7, apresentamos um exemplo no uso do WDP, onde em: (a), existe um detalhamento das camadas abaixo do SAP (Service Access Point) de transporte; (b), contém uma comunicação considerando todas as camadas da arquitetura WAP.

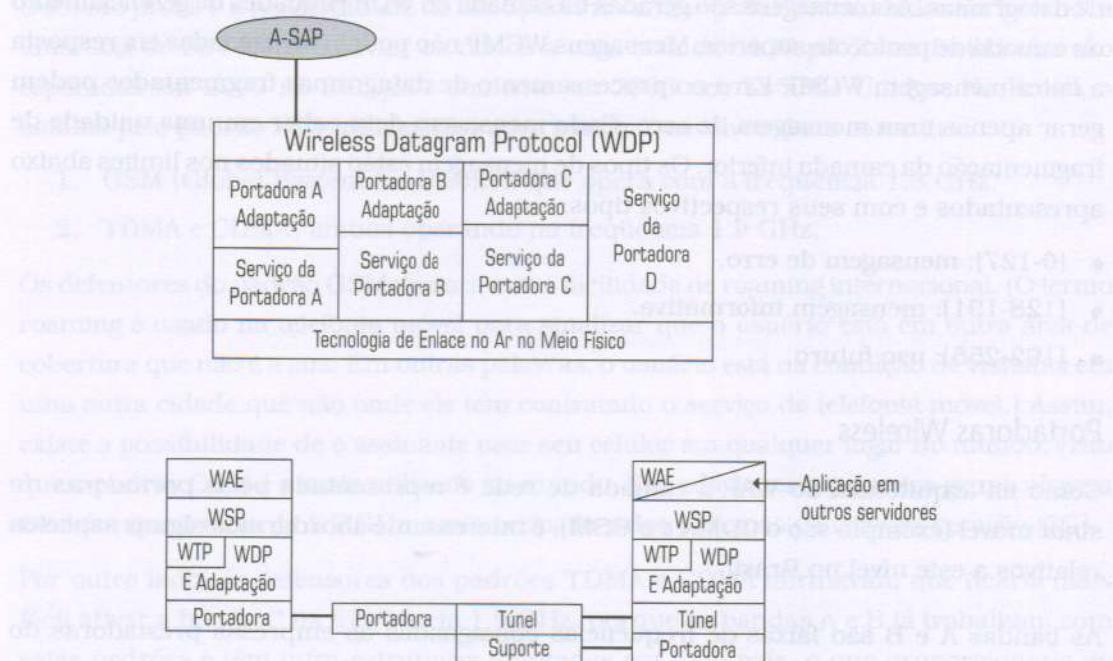


Figura 10.7 Detalhe do uso do WDP.

Por outro lado, na Figura 10.8, ilustramos os datagramas e seus respectivos campos. Esta figura apresenta um exemplo de segmentação de dois datagramas.

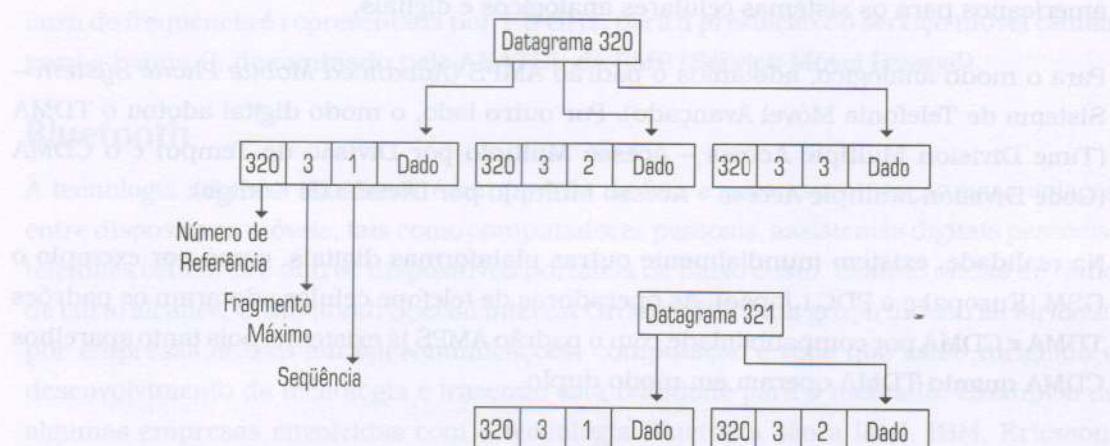


Figura 10.8 Exemplo de um datagrama e seus campos.

É possível o mapeamento WDP sobre IP, o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) é adotado como protocolo WDP. Neste ambiente, o UDP oferece o endereçamento utilizando o número de portas e o IP provê a segmentação e remontagem em um serviço de comunicação de datagramas sem conexão (*connectionless*).

O processamento de erros no WDP é efetuado pelo protocolo WCMP (*Wireless Control Message Protocol*). Este protocolo é usado em ambientes que não utilizam serviço de portadoras IP (ICMP). São geradas mensagens para informar erros no processamento de datagramas. As mensagens são geradas na camada do WDP, entidades de gerenciamento ou camada de protocolo superior. Mensagens WCMP não podem ser enviadas em resposta a outra mensagem WCMP. Erro no processamento de datagramas fragmentados podem gerar apenas uma mensagem de erro. Cada mensagem deve caber em uma unidade de fragmentação da camada inferior. Os tipos de mensagem estão situados nos limites abaixo apresentados e com seus respectivos tipos:

- [0-127]: mensagem de erro.
- [128-191]: mensagem informativa.
- [192-255]: uso futuro.

Portadoras Wireless

Como na arquitetura do WAP a camada de rede é representada pelas *portadoras de sinal móvel* (exemplo são o CDMA e o GSM), é interessante abordarmos alguns aspectos relativos a este nível no Brasil.

As bandas A e B são faixas de freqüências consignadas às empresas prestadoras do serviço de telefonia celular. A faixa de freqüência atribuída ao serviço móvel celular estava, no Brasil, subdividida em duas subfaixas (bandas) A e B.

Isto permite que, em uma mesma localidade, o serviço possa ser operado por duas empresas prestadoras distintas, em regime de concorrência. Uma empresa ocupando a banda A e outra ocupando a banda B. O Brasil, a princípio, adotou os padrões norte-americanos para os sistemas celulares analógicos e digitais.

Para o modo analógico, adotamos o padrão AMPS (*Advanced Mobile Phone System – Sistema de Telefonia Móvel Avançado*). Por outro lado, o modo digital adotou o TDMA (*Time Division Multiple Access – Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo*) e o CDMA (*Code Division Multiple Access – Acesso Múltiplo por Divisão de Código*).

Na realidade, existem mundialmente outras plataformas digitais, como por exemplo o GSM (Europa) e o PDC (Japão). As operadoras de telefone celular adotaram os padrões TDMA e CDMA por compatibilidade com o padrão AMPS já existente, pois tanto aparelhos CDMA quanto TDMA operam em modo duplo.

Os dispositivos móveis de comunicação (telefones celulares) são cada vez mais conhecidos como PCS (Personal Communications System – o PCS; no Brasil é, também, conhecido por SMP – Serviço Móvel Pessoal) devido ao grande número de facilidades disponíveis, além de efetuar apenas ligações telefônicas. Exemplos de serviços adicionais que um PCS pode efetuar são o envio de vídeo, fotografias, e-mail e baixar músicas e desenhos animados curtos da Internet. Esta nova geração de dispositivos móveis é conhecida como 3G (terceira geração). No Japão, em outubro de 2001, a empresa NTT DoCoMo foi a primeira empresa no mundo a disponibilizar tais serviços a seus usuários. Um exemplo de serviço que a DoCoMo provê é a possibilidade de um aparelho celular poder baixar dados da Internet a uma taxa de 384 Kbps e enviar os dados a uma taxa de 64 Kbps. Estas facilidades são esperadas em 2002 na Europa e somente em 2003 nos Estados Unidos. No Brasil, a batalha pelo padrão PCS utilizando a nova banda C envolveu duas correntes:

1. GSM (Global System for Mobile), que opera com a freqüência 1.8 GHz.
2. TDMA e CDMA, ambos operando na freqüência 1.9 GHz.

Os defensores do padrão GSM destacavam a facilidade de roaming internacional. (O termo roaming é usado na telefonia móvel para sinalizar que o usuário está em outra área de cobertura que não é a sua. Em outras palavras, o usuário está na condição de visitante em uma outra cidade que não onde ele tem contratado o serviço de telefonia móvel.) Assim, existe a possibilidade de o assinante usar seu celular em qualquer lugar do mundo, visto que o padrão GSM é o mais utilizado no mundo. Em adição, este primeiro grupo alegava também que a faixa de 1.9 GHz seria ocupada pelos sistemas de terceira geração (3G).

Por outro lado, as defensores dos padrões TDMA e CDMA afirmavam que ficaria mais fácil ativar a banda C na freqüência 1.9 GHz, porque as bandas A e B já trabalham com estes padrões e têm infra-estruturas montadas em todo país, o que proporcionaria ao usuário um roaming automático nacional.

Ao abrir uma licitação para mais uma banda de telefonia celular no país (a banda C), a intenção da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) foi aumentar a concorrência entre as operadoras de telefonia móvel, elevar a qualidade dos serviços oferecidos ao consumidor e reduzir os custos. Em junho de 2000, foi escolhido o padrão GSM, cuja faixa de freqüência é representada por 1.8 GHz, para a prestação do serviço móvel celular para a banda C, denominado pela ANATEL de SMP (Serviço Móvel Pessoal).

Bluetooth

A tecnologia wireless *Bluetooth* é um padrão de fato e uma especificação para enlaces entre dispositivos móveis, tais como computadores pessoais, assistentes digitais pessoais, telefones celulares e outros dispositivos portáteis de baixo custo, usando ondas de rádio de curto alcance. O Bluetooth Special Interest Group (SIG) é um grupo industrial formado por empresas líderes em telecomunicações, computação e rede que estão dirigindo o desenvolvimento da tecnologia e trazendo esta realidade para o mercado. Exemplos de algumas empresas envolvidas com a tecnologia Bluetooth são a Intel, IBM, Ericsson,

Toshiba, Lucent, Nokia, 3Com e Microsoft, entre tantas outras, formando um grupo com um total de 1.882 membros.

A proposta da tecnologia Bluetooth é habilitar os usuários para a conexão de uma grande variedade de dispositivos de computação e telecomunicações de maneira simples e fácil, sem a necessidade de carregar, comprar ou conectar cabos. Como a tecnologia é baseada em enlace via rádio, é fácil a transmissão rápida e segura de voz e dados na rede. A operação do Bluetooth é efetuada em uma banda de frequência entre 2.402 e 2.480 GHz que está globalmente disponível e tem compatibilidade mundial, sendo portanto um padrão global para conectividade wireless. Outro fato interessante é que a tecnologia é uma especificação aberta, o que significa dizer que qualquer empresa pode obter a especificação para desenvolvimento de seus produtos.

Os dispositivos equipados com tecnologia Bluetooth carregam um pequeno chip capaz de se conectar automaticamente a outros dispositivos semelhantes por intermédio das ondas de rádio. Os fabricantes, de forma geral, garantem que as interferências são pequenas nos dispositivos Bluetooth. A argumentação é que a tecnologia é muito resistente às intempéries e dificuldades eletromagnéticas do mundo moderno.

Por usar ondas de rádio, a tecnologia também permite transmissão de voz em tempo real e tem dois modos de funcionamento no que diz respeito à potência de transmissão. No primeiro modo, mais leve, o chip consome muito pouca energia e é capaz de cobrir uma área pequena, como, por exemplo, uma sala. No outro modo, de maior potência, é esperado um consumo maior de energia, e os dispositivos Bluetooth já podem cobrir uma casa inteira. Mesmo considerando este segundo modo, o consumo de energia é mínimo, atingindo na pior das hipóteses cerca de 3% do consumo de um telefone celular convencional. Como resultado, temos chips com baixo custo. Para visualizarmos os custos envolvidos, estudos mostram que o custo de se inserir um chip Bluetooth em um dispositivo como um telefone celular (ou PDA) está na ordem dos US\$ 20. Por esta razão, as empresas envolvidas com a tecnologia estimam que dispositivos com Bluetooth instalados (celulares, computadores e PDAs) até o ano de 2005 serão mais de 670 milhões de equipamentos.

As configurações das redes com a tecnologia Bluetooth oferecem soluções interessantes, permitindo que até sete dispositivos escravos se conectem a um dispositivo mestre. As microredes (piconets) são interoperáveis e podem formar uma rede maior e flexível, na qual vários dispositivos podem entrar e sair, sem maiores prejuízos para o conjunto. A rede Bluetooth tem uma largura de banda de aproximadamente 700 Kbps, podendo atingir os 2 Mbps mediante algumas adaptações.

Alguns pesquisadores prevêem que, em futuro próximo, muitos objetos domésticos (portas, lâmpadas, máquinas de lavar, televisores, entre vários outros) estarão conectados à Internet de maneira wireless. Desta forma, podemos imaginar que, no dia em que um dispositivo doméstico apresentar problema, um aplicativo previamente instalado neste aparelho poderá enviar uma mensagem para o telefone celular do proprietário para

alertar sobre o ocorrido.¹ Outros aplicativos permitem, por exemplo, a captura de imagens e a sua transmissão para dispositivos como os palmtops. Esta facilidade provê um interessante serviço móvel de monitoração em tempo real.

O Bluetooth é uma resposta para a necessidade de conexão wireless de equipamentos em distâncias curtas (até 10 m) nas seguintes áreas:

- Pontos de acesso de dados e voz.
- Substituição de cabos.
- Redes *ad-hoc* (temporárias).
- A transmissão ocorre via rádio, na frequência de 2,4 GHz.
- A especificação engloba tanto o hardware quanto o software.

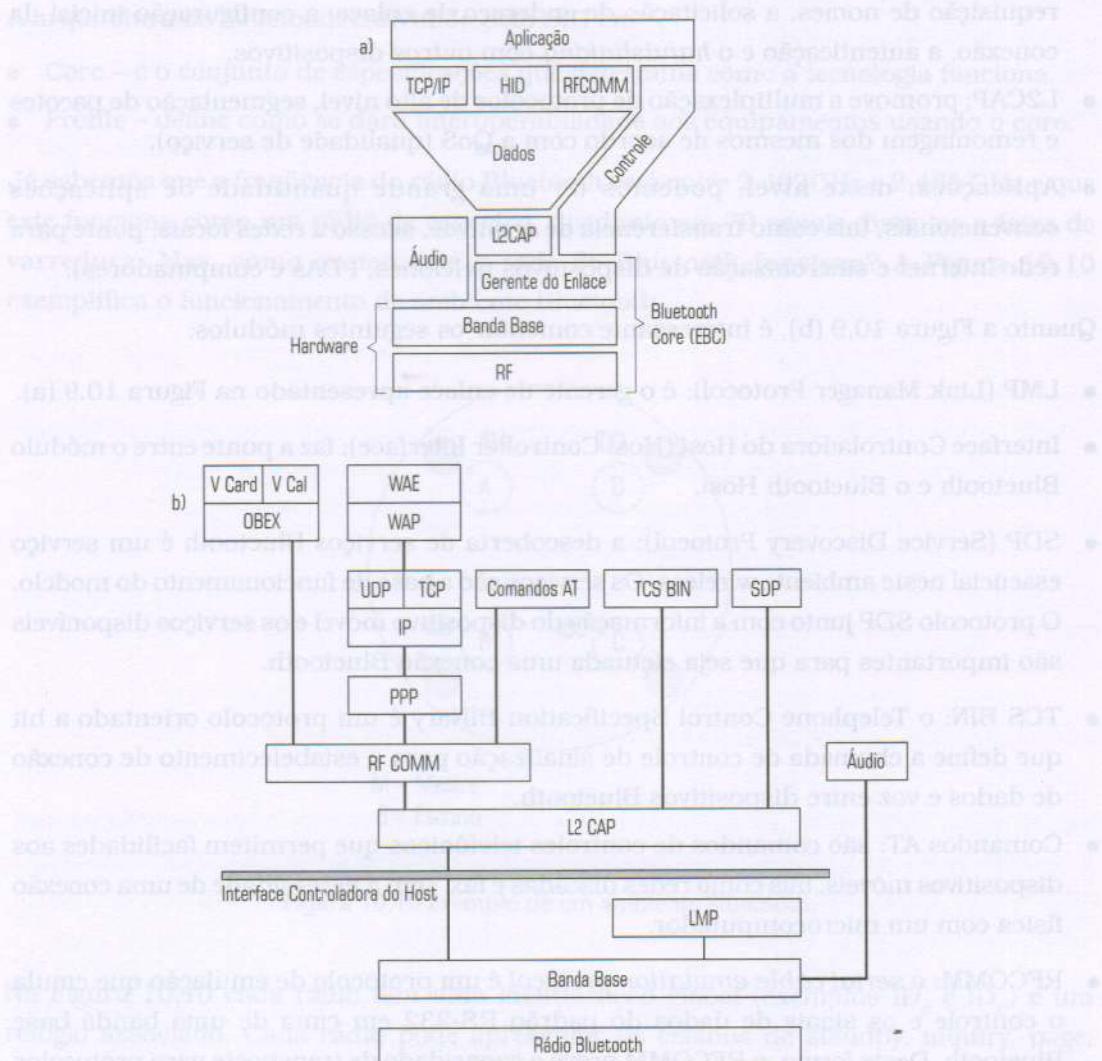


Figura 10.9 Arquitetura de protocolos do Bluetooth.

A Figura 10.9 apresenta (a) o esquema da arquitetura de protocolos da tecnologia Bluetooth e (b) um detalhamento da arquitetura. Vamos, a seguir, comentar os níveis e funções da Figura 10.9 (a):

- RF (Rádio Freqüência): é onde está localizado o transmissor de rádio (Bluetooth) de pequeno alcance, operando na banda livre de 2,4 GHz. Permite a transmissão simultânea de dados e voz a cerca de 1 Mbps.
- Banda Base: neste nível, temos um processador que especifica os procedimentos necessários para suportar o fluxo de voz e dados em tempo real.
- Gerente de enlace: é a porção de software responsável por descobrir outras unidades Bluetooth remotas dentro de sua área de atuação e de estabelecer a comunicação entre as mesmas através do *link manager protocol*. Os serviços oferecidos são a requisição de nomes, a solicitação de endereço de enlace, a configuração inicial da conexão, a autenticação e o *handshaking* com outros dispositivos.
- L2CAP: promove a multiplexação de protocolos de alto nível, segmentação de pacotes e remontagem dos mesmos de acordo com a QoS (qualidade de serviço).
- Aplicações: neste nível, podemos ter uma grande quantidade de aplicações convencionais, tais como transferência de arquivos, acesso a redes locais, ponte para rede Internet e sincronização de dispositivos (telefones, PDAs e computadores).

Quanto a Figura 10.9 (b), é interessante comentar os seguintes módulos:

- LMP (Link Manager Protocol): é o gerente de enlace apresentado na Figura 10.9 (a).
- Interface Controladora do Host (Host Controller Interface): faz a ponte entre o módulo Bluetooth e o Bluetooth Host.
- SDP (Service Discovery Protocol): a descoberta de serviços Bluetooth é um serviço essencial neste ambiente wireless. Os serviços são a base de funcionamento do modelo. O protocolo SDP junto com a informação do dispositivo móvel e os serviços disponíveis são importantes para que seja efetuada uma conexão Bluetooth.
- TCS BIN: o Telephone Control Specification BINary é um protocolo orientado a bit que define a chamada de controle de sinalização para o estabelecimento de conexão de dados e voz entre dispositivos Bluetooth.
- Comandos AT: são comandos de controles telefônicos que permitem facilidades aos dispositivos móveis, tais como redes discadas e fax, sem a necessidade de uma conexão física com um microcomputador.
- RFCOMM: o *serial cable emulation protocol* é um protocolo de emulação que emula o controle e os sinais de dados do padrão RS-232 em cima de uma banda base Bluetooth. Deste forma, o RFCOMM provê a capacidade de transporte para protocolos de mais alto nível que usam um mecanismo de transferência baseado em linha serial.

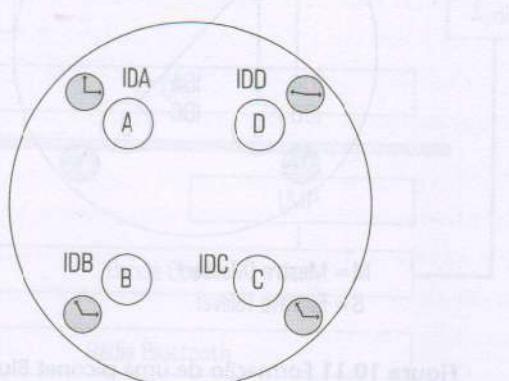
O protocolo OBEX (OBject EXchange Protocol) é um exemplo de protocolo que é suportado pelo RFCOMM.

- OBEX: é um protocolo de sessão desenvolvido pela IrDA (Infrared Data Association) para a troca de objetos de maneira simples. Provê uma função semelhante ao HTTP, todavia de maneira mais leve, empregando um modelo cliente-servidor e independência do protocolo de transporte.
- vCard e vCal(endar) são especificações abertas controladas pelo consórcio de mail da Internet (Internet Mail Consortium) que definem: (a), o formato de um cartão de negócios eletrônico; (b), um calendário pessoal e informações de tarefas. As especificações vCard e vCal não definem nenhum mecanismo de transporte, apenas estabelecem o formato dos dados a serem transportados.

A arquitetura do Bluetooth é dividida pelo SIG em:

- Core – é o conjunto de especificações que determina como a tecnologia funciona.
- Profile – define como se dará interoperabilidade aos equipamentos usando o core.

Já sabemos que a frequência do rádio Bluetooth está entre 2.402GHz e 2.480 GHz e que este funciona como um rádio de espectro, dividindo em 79 canais distintos a faixa de varredura. Mas, como exatamente a rede de Bluetooth funciona? A Figura 10.10 exemplifica o funcionamento de ambiente Bluetooth.



M = Mestre

S = Escravo

Figura 10.10 Exemplo de um ambiente Bluetooth.

Na Figura 10.10 cada rádio tem uma identificação global (exemplos ID_A e ID_D) e um relógio associado. Cada rádio pode apresentar os estados de standby, inquiry, page, transmit data, connected, park, sniff e hold.

O AMA (Active Members Address) é um identificador de 3 bits. Isto permite que haja em cada piconet, no máximo, oito rádios ativos simultaneamente. O PMA (Passive Member Address) de 8 bits é atribuído aos rádios não-ativos, mas que ainda fazem parte da piconet, permitindo até 256 rádios.

Uma rede Bluetooth, denominada de piconet, se forma quando dois (ou mais) rádios passam a pular os canais na mesma freqüência. Vamos simular a formação de uma piconet; para sua formação cada rádio deve entender:

- Padrão de pulo (hoping pattern).
- Deslocamento de relógios para aderir ao padrão.

As fases de formação são caracterizadas por três etapas. Na primeira, existe o reconhecimento da vizinhança através de troca de mensagens Inquire. Na segunda fase, ocorre a entrada dos dispositivos na piconet, empregando-se a mensagem page. Na última etapa, existe a aderência à rede como mestre ou escravo. Na Figura 10.11, ilustramos a formação de um piconet Bluetooth, composta por três dispositivos (A, B e C), baseada na Figura 10.10. O título de mestre não é fixo, podendo ser trocado entre os rádios ativos.

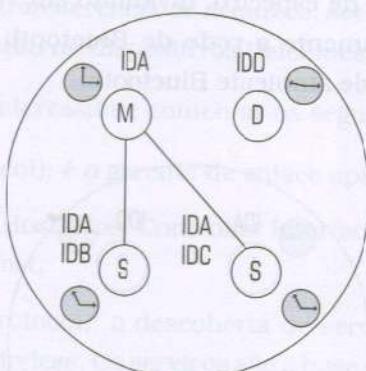


Figura 10.11 Formação de uma piconet Bluetooth.

Finalizando, a Figura 10.12 apresenta um exemplo de interseção de piconets Bluetooth. A transferência de arquivos de diversos formatos (exemplos são .xls, .ppt, .wav, .jpg e .doc) é um dos serviços disponíveis no ambiente Bluetooth para dispositivos móveis. Ainda com relação à transferência, os dispositivos Bluetooth podem enviar de pastas e diretórios inteiros. O modelo de transferência também engloba a facilidade de consulta (browsing) do conteúdo de pastas em dispositivos remotos. A Figura 10.13 ilustra a pilha de protocolos utilizados na transferência de arquivos.

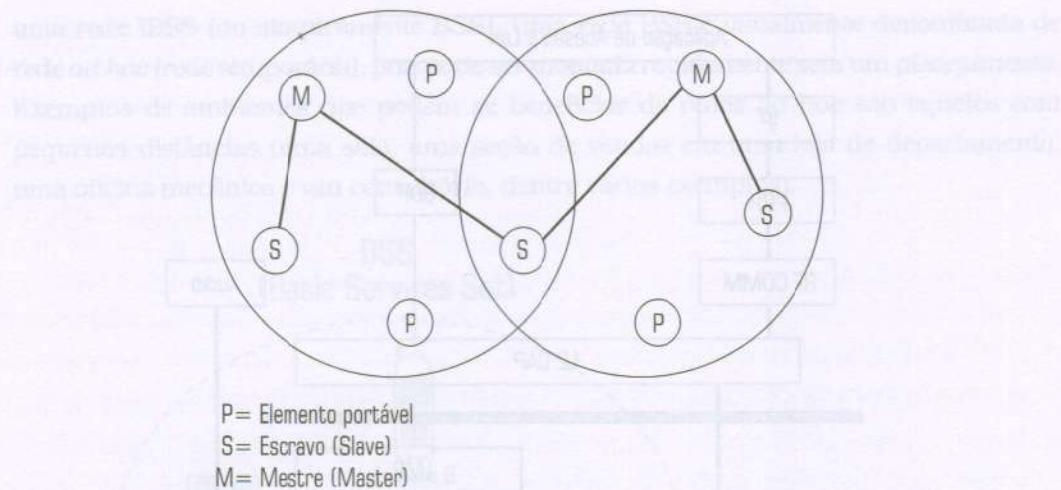


Figura 10.12 Interseção de piconets Bluetooth.

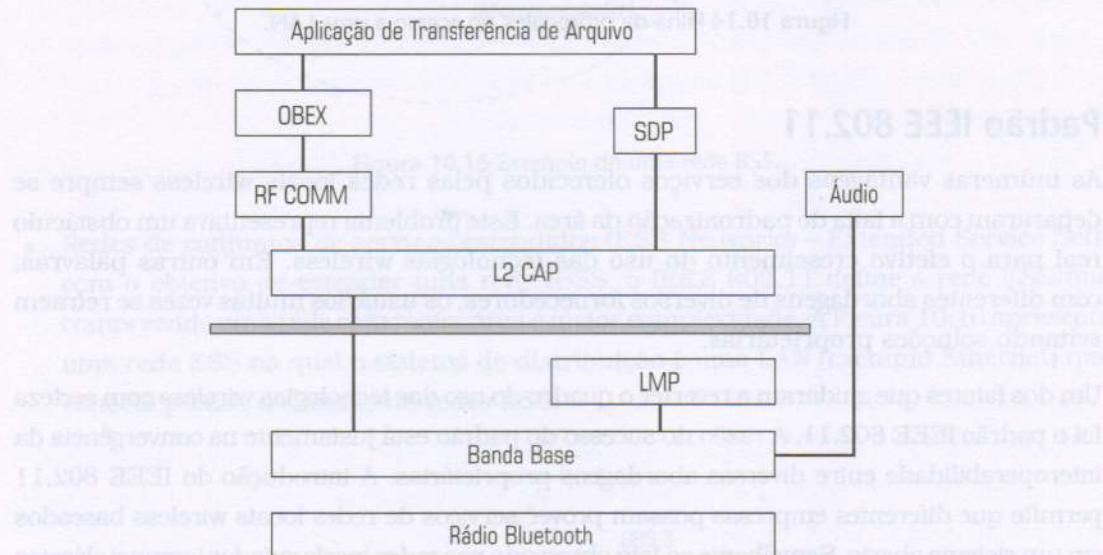


Figura 10.13 Pilha de protocolos na transferência de arquivos.

Uma das facilidades mais importantes do ambiente Bluetooth é o acesso às redes locais. Uma vez que um determinado dispositivo móvel esteja conectado a uma LAN, este poderá ter acesso a todas as facilidades disponíveis no ambiente de rede local. Desta forma, apresentamos, na Figura 10.14, a pilha de protocolos utilizados no acesso a uma LAN empregando o IP como um dos exemplos.

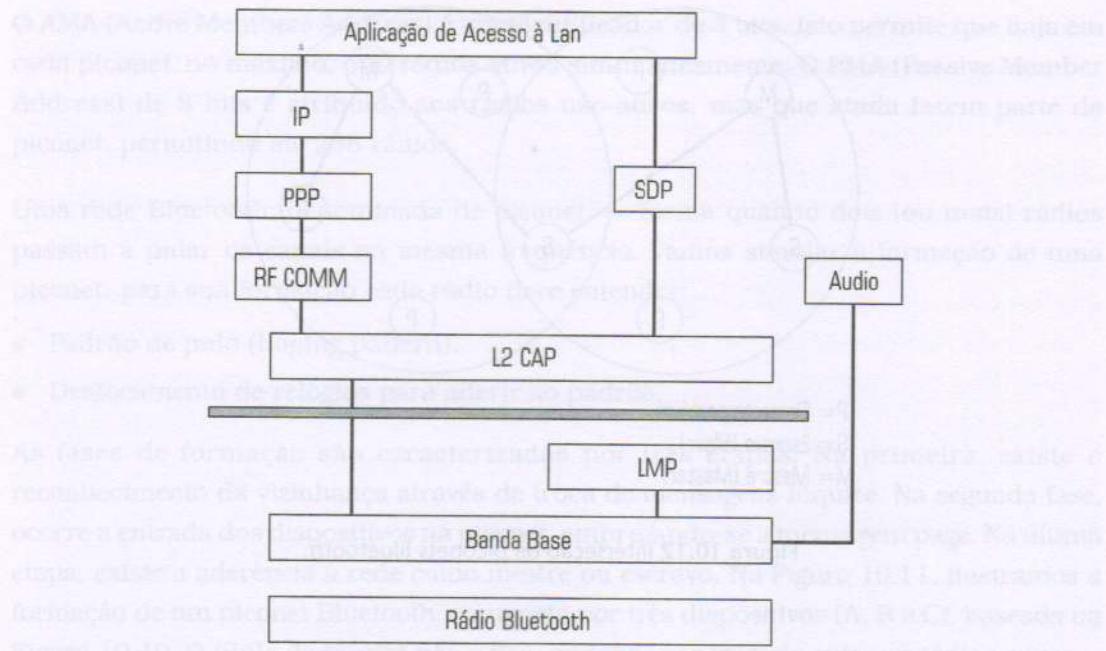


Figura 10.14 Pilha de protocolos no acesso a uma LAN.

Padrão IEEE 802.11

As inúmeras vantagens dos serviços oferecidos pelas redes locais wireless sempre se depararam com a falta de padronização da área. Este problema representava um obstáculo real para o efetivo crescimento do uso das tecnologias wireless. Em outras palavras, com diferentes abordagens de diversos fornecedores, os usuários muitas vezes se retraem evitando soluções proprietárias.

Um dos fatores que ajudaram a reverter o quadro do uso das tecnologias wireless com certeza foi o padrão IEEE 802.11. A razão do sucesso do padrão está justamente na convergência da interoperabilidade entre diversas abordagens proprietárias. A introdução do IEEE 802.11 permite que diferentes empresas possam prover serviços de redes locais wireless baseados em um sistema aberto. Semelhante ao fato observado nas redes locais guiadas (como o clássico exemplo da Ethernet), o padrão permitiu um aumento no número de fabricantes que, por sua vez, levou a uma redução nos custos da solução (exemplo das placas e dispositivos).

A topologia 802.11 tem por objetivo a interação transparente dos componentes móveis da LAN com relação a níveis superiores, um exemplo é o controle de enlace lógico. Desta forma, as funções do padrão são caracterizadas pela implementação na placa de rádio-freqüência de rede do equipamento móvel, na interface de software que orienta a comunicação e no ponto de acesso a rede. O IEEE 802.11 suporta às duas topologias:

- Redes de conjuntos de serviços básicos independentes (IBSS Networks – Independent Basic Service Set): esta topologia é caracterizada por não ter uma estrutura de backbone e ser constituída de, pelo menos, dois dispositivos wireless. A Figura 10.15 exemplifica

uma rede IBSS (ou simplesmente BSS). Uma rede BSS é usualmente denominada de rede *ad hoc* (rede temporária), pois pode ser montada rapidamente sem um planejamento. Exemplos de ambientes que podem se beneficiar de redes ad hoc são aqueles com pequenas distâncias (uma sala, uma seção de vendas em uma loja de departamento, uma oficina mecânica e um consultório, dentre vários exemplos).

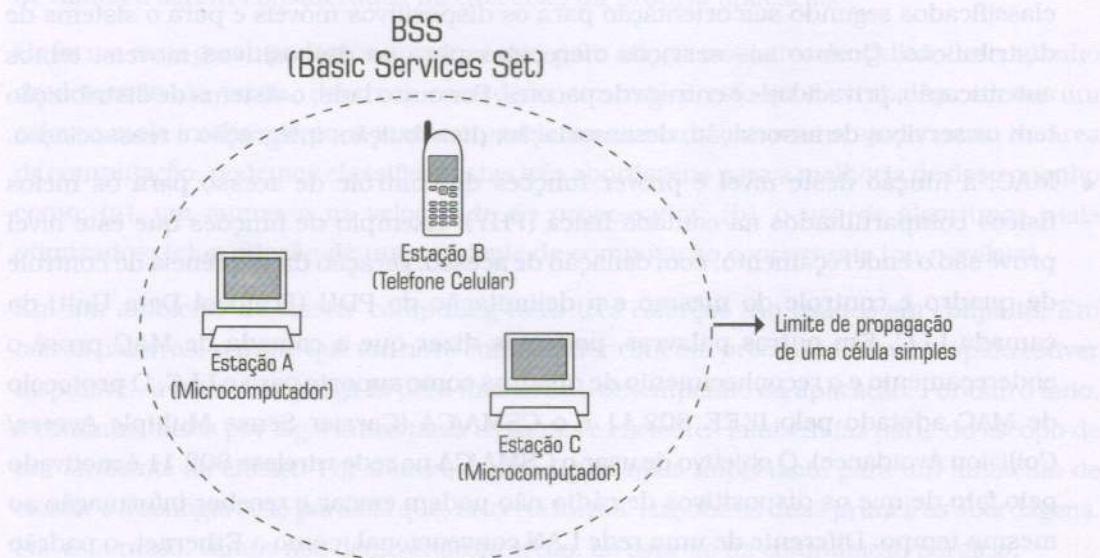


Figura 10.15 Exemplo de uma rede BSS.

- Redes de conjuntos de serviços estendidos (ESS Networks – Extended Service Set): com o objetivo de estender uma rede IBSS, o IEEE 802.11 define a rede ESS que compreende uma rede com maior área e maior complexidade. A Figura 10.16 apresenta uma rede ESS na qual o sistema de distribuição é uma LAN (exemplo Ethernet) que conecta pontos de acesso de redes BSS.

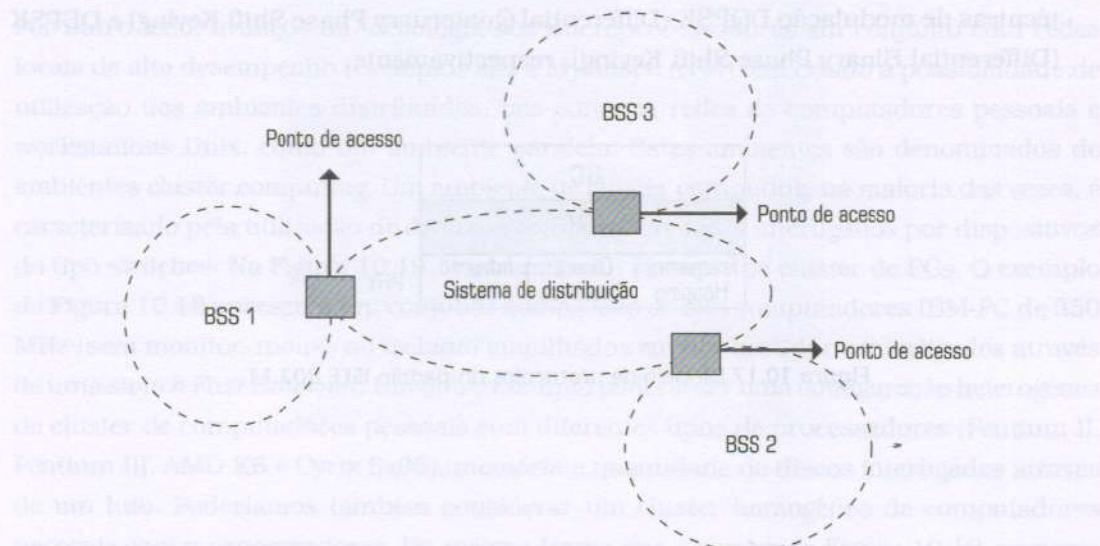


Figura 10.16 Exemplo de uma rede ESS.

O modelo de protocolos do padrão IEEE 802.11 é apresentado na Figura 10.17. O 802.11 estabelece as três camadas: LLC (Logical Link Control), MAC (Medium Access Unit) e PHY (Physical). Comentamos, a seguir, as três camadas:

- Serviços IEEE 802.11: os serviços definidos no padrão são importantes, pois estes orientam o tipo de suporte que a camada de MAC deverá suportar. Os serviços são classificados segundo sua orientação para os dispositivos móveis e para o sistema de distribuição. Quanto aos serviços oferecidos para os dispositivos móveis, temos autenticação, privacidade e entrega de pacotes. Por outro lado, o sistema de distribuição tem os serviços de associação, desassociação, distribuição, integração e reassociação.
- MAC: a função deste nível é prover funções de controle de acesso para os meios físicos compartilhados na camada física (PHY). Exemplo de funções que este nível provê são o endereçamento, coordenação de acesso, geração da seqüência de controle de quadro e controle do mesmo e a delimitação do PDU (Protocol Data Unit) da camada LLC. Em outras palavras, podemos dizer que a camada de MAC provê o endereçamento e o reconhecimento de quadros como suporte para o LLC. O protocolo de MAC adotado pelo IEEE 802.11 é o CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance). O objetivo de usar o CSMA/CA na rede wireless 802.11 é motivado pelo fato de que os dispositivos de rádio não podem enviar e receber informação ao mesmo tempo. Diferente de uma rede LAN convencional, como a Ethernet, o padrão não visa detectar a colisão; a meta é evitar colisões.
- PHY: O padrão IEEE 802.11 decidiu concentrar seus esforços no espectro de freqüência conhecido como ISM (Industrial, Scientific and Medicine). Esta banda de freqüência da ordem de 2,4 GHz é padronizada para seqüência direta (direct sequence) e pulo de freqüência (frequency hopping). A escolha sobre a freqüência de 2,4 GHz foi motivada por estar disponível e não ter custo de licença na maior parte do mundo (record-se da tabela da ANATEL do Capítulo 2). A seqüência direta tem as taxas de transmissão de 1 e 2 Mbps como taxas padronizadas de transmissão, empregando as técnicas de modulação DQPSK (Differential Quaternary Phase Shift Keying) e DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying), respectivamente.

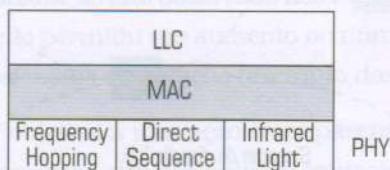


Figura 10.17 Modelo de protocolos do padrão IEEE 802.11.

Cluster Computing

O paradigma de *cluster computing* pode ser compreendido como uma abordagem que visa um aumento no desempenho das aplicações. Como aumento de desempenho podemos entender uma maior velocidade na execução dos aplicativos e um maior número de dados a serem considerados na execução da própria aplicação.

De forma mais geral, podemos imaginar que, para atingir o objetivo de melhor desempenho de determinada tarefa, devemos considerar um maior esforço de trabalho, adotar um esforço mais inteligente para atacar o problema ou ainda obter uma ajuda extra. Na área de computação, podemos classificar estas três abordagens para a melhoria de desempenho como: (a), um aumento na velocidade do processador; (b), o uso de algoritmos mais otimizados; (c), a adoção de um ambiente de computação concorrente (ou paralela).

Em um ambiente de cluster computing estes três esforços são usados em conjunto. Em outras palavras, sempre que um novo computador com um processador mais rápido estiver disponível, a idéia é empregá-lo para melhorar o desempenho da aplicação. Por outro lado, a contínua busca por algoritmos mais elegantes e eficientes também faz parte do escopo de um ambiente de cluster. Por último, o paradigma mais importante para um ambiente de cluster é a configuração paralela que, de certa forma, engloba as duas primeiras abordagens. Por esta razão, vamos nos dedicar, nesta seção, ao aspecto da computação paralela.

Arquitetura do Ambiente Paralelo

A arquitetura de um ambiente paralelo pode ser caracterizada pela utilização de um computador com uma configuração paralela nativa ou, por exemplo, por um cluster de computadores pessoais interligados por uma rede LAN. No caso de computadores paralelos, temos como exemplos a linha SP da IBM, SX da NEC, Origin da Silicon e a Enterprise da SUN. A Figura 10.18 exemplifica uma máquina paralela da NEC.

Por outro lado, avanços na tecnologia dos microprocessadores em conjunto com redes locais de alto desempenho (exemplos são a Myrinet e ATM) têm criado a possibilidade de utilização dos ambientes distribuídos, tais como as redes de computadores pessoais e workstations Unix, como um ambiente paralelo. Estes ambientes são denominados de ambientes cluster computing. Um ambiente de cluster computing, na maioria das vezes, é caracterizado pela utilização de diversos computadores PCs interligados por dispositivos do tipo switches. Na Figura 10.19, ilustramos um exemplo de cluster de PCs. O exemplo da Figura 10.19 apresenta um conjunto homogêneo de oito computadores IBM-PC de 350 MHz (sem monitor, mouse ou teclado) empilhados em um bastidor e interligados através de uma switch *Fast Ethernet*. Um outro exemplo poderia ser uma configuração heterogênea de cluster de computadores pessoais com diferentes tipos de processadores (Pentium II, Pentium III, AMD K6 e Cyrix 6x86), memória e quantidade de discos interligados através de um hub. Poderíamos também considerar um cluster homogêneo de computadores pessoais com n processadores. Da mesma forma que o cluster da Figura 10.19, somente um monitor com teclado existiria para o controle dos outros ambientes.

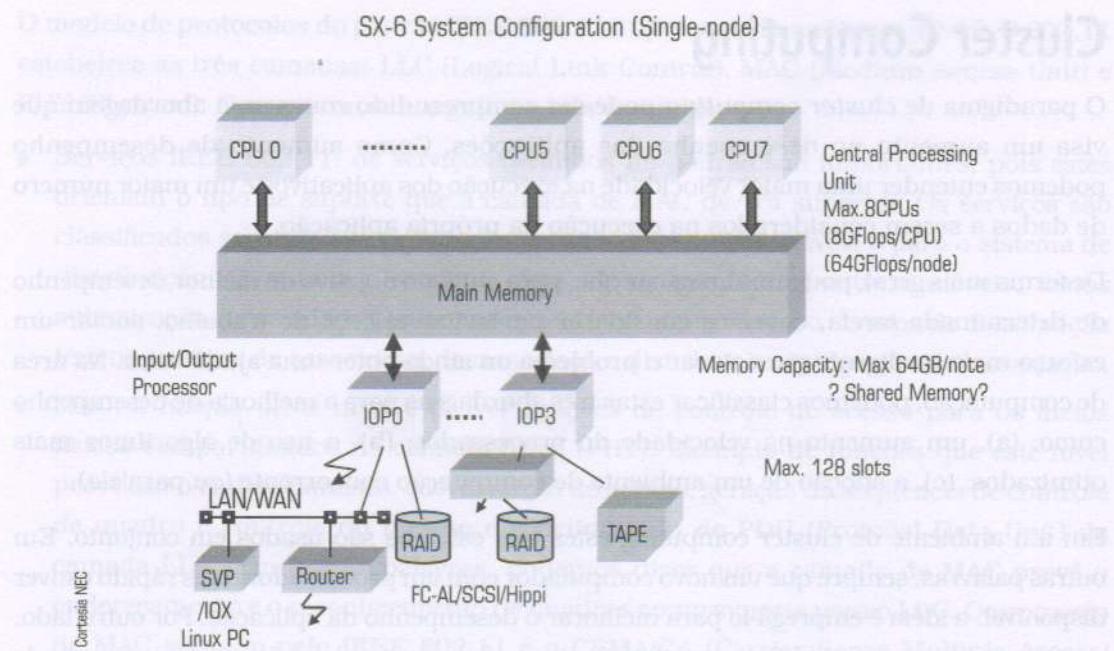


Figura 10.18 Exemplo do computador paralelo da NEC.



Figura 10.19 Exemplo de cluster de PCs.

É importante que o leitor entenda que existe uma série de parâmetros para a classificação das arquiteturas paralelas. Em outras palavras, estamos dizendo que tanto os computadores paralelos quanto as configurações de cluster devem observar alguns pontos para sua classificação. Os seguintes aspectos são os mais considerados na configuração dos ambientes paralelos:

- Mecanismos de controle: uma arquitetura paralela pode ser caracterizada por um controle global único (*SIMD – Single Instruction stream Multiple Data stream*), como ilustrado na Figura 10.20 (a), ou por um controle local por processador, como exemplificado na Figura 10.20 (b). Esta segunda forma de controle é denominada de *MIMD (Multiple Instruction stream Multiple Data stream)*. Computadores com arquitetura SIMD são melhores para aplicações que requeiram muitas sincronizações, ou seja, aquelas aplicações que devem ter inúmeras etapas de comunicação. Por outro lado, ambientes computacionais MIMD (exemplos são computadores e ambientes de clusters) são mais apropriados para aplicações que têm computação intensiva e cuja comunicação entre os processos é pequena quando comparada com a quantidade computacional.

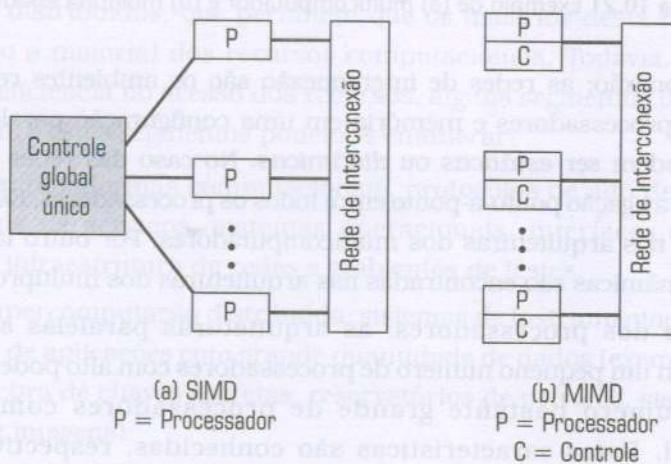


Figura 10.20 Ambientes (a) SIMD e (b) MIMD.

- Organização do espaço de memória: uma arquitetura paralela pode ser classificada como uma arquitetura de troca de mensagem ou memória compartilhada. No primeiro caso, ilustrado na Figura 10.21 (a), cada processador tem sua memória local e a comunicação entre processadores é efetuada através da troca de mensagens. Estes ambientes são denominados de *multicomputadores*. Por outro lado, um exemplo dos ambientes de *multiprocessadores* é apresentado na Figura 10.21 (b), onde os processadores fazem o compartilhamento de uma memória global única (*shared-memory*). É importante o leitor compreender que, em algumas configurações shared-memory, como a do nosso exemplo na figura, os processadores podem dispor de uma memória cache local para melhorar o desempenho da arquitetura. Devido à diferença de desempenho dos multiprocessadores quanto ao acesso à memória

compartilhada, os mesmos são classificados como UMA (*Uniform Memory Access*) e NUMA (*Non-Uniform Memory Access*). Em um ambiente paralelo UMA, o tempo de acesso à memória única compartilhada é semelhante ao tempo de acesso à memória do processador. Já em um ambiente NUMA existe uma diferença de tempo de acesso à memória única global e acesso à memória local do processador.

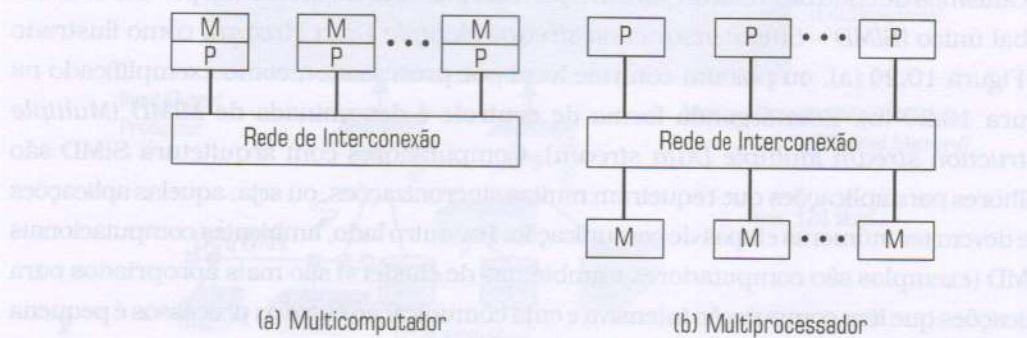


Figura 10.21 Exemplo de (a) multicomputador e (b) multiprocessador.

- **Rede de Interconexão:** as redes de interconexão são os ambientes responsáveis pela interligação de processadores e memória em uma configuração paralela. As redes de interconexão podem ser *estáticas* ou *dinâmicas*. No caso das redes de interconexão estáticas, temos a ligação ponto-a-ponto entre todos os processadores. Este tipo de ligação é característico nas arquiteturas dos multicomputadores. Por outro lado, as redes de interconexão dinâmicas são encontradas nas arquiteturas dos multiprocessadores.
- **Granulosidade dos processadores:** as arquiteturas paralelas são usualmente construídas com um pequeno número de processadores com alto poder computacional ou por um número bastante grande de processadores com menor poder computacional. Estas características são conhecidas, respectivamente, como *granulosidade fina* e *grossa*. De uma forma geral, os multicomputadores são ambientes de granulosidade grossa e os multiprocessadores são exemplos de configurações com granulosidade fina

Ambientes de Software Paralelos

Como apresentamos na seção anterior, de forma macro podemos pensar em ambientes de software para as configurações onde existe o sistema de troca de mensagem e ambientes com a memória compartilhada.

No caso dos ambientes voltados para a troca de mensagem, o leitor deve considerar pacotes de software como o MPI (Message Passing Interface) e o PVM (Parallel Virtual Machine). Estes dois pacotes permitem que as aplicações paralelas do usuário possam ser executadas em ambientes de cluster com uma ótima relação custo-desempenho. Em outras palavras, uma configuração de cluster é similar a uma arquitetura de um computador paralelo com

uma configuração de multicomputador. É relevante ressaltar que a rede local tem a mesma função de uma rede de interconexão de um computador paralelo; assim, a LAN tem facilidades que permitem o acesso concorrente dos processadores.

Por outro lado, pacotes de software, tais como o Treadmarks e Jiajia, representam uma abordagem de memória compartilhada em configurações de cluster.

Grid Computing

Um esforço recente dos pesquisadores na área de computação de alto desempenho, e em especial na computação paralela geograficamente distribuída, é conhecido como *grid computing*. O governo americano, da mesma forma que apoiou financeiramente 100% da pesquisa e do desenvolvimento da Internet, tem patrocinado massivamente a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas que permitam tornar real o uso dos ambientes de grid.

Uma configuração de grid pode ser imaginada como ambientes de alto desempenho geograficamente distribuídos, que permitem que os usuários desta rede WAN possam utilizar todos (ou a maioria) dos recursos computacionais. Todavia, para atingir esta transparência e eficiência no acesso dos recursos, alguns segmentos de pesquisa foram priorizados. Dentre estes segmentos podemos enumerar:

- Infraestrutura: plataformas computacionais, protocolos de alto desempenho, redes com qualidade de serviços, sistemas operacionais, interfaces de redes de alto desempenho, infraestrutura de redes e ambientes de testes.
- Aplicações: supercomputação distribuída, sistemas de instrumentação em tempo real e computação de aplicações com grande quantidade de dados (exemplos são previsão do tempo, quebra de chaves secretas, reservatórios de petróleo, sistemas sísmicos e tratamento de imagens).
- Serviços: escalonadores de tarefas de alta performance, gerenciadores de recursos com alto throughput, ferramentas de instrumentação e medição de desempenho, ambientes de visualização e análise de performance, ambientes de segurança e contabilidade de utilização.
- Ferramentas de programação: ferramentas específicas para a programação paralela e distribuída, compiladores, linguagens e bibliotecas, ambientes orientados a objetos e ambientes voltados ao compartilhamento dos recursos computacionais.

A Figura 10.22 exemplifica um ambiente de *grid computing*. Entendemos que estes ambientes têm facilidades muito interessantes para as aplicações dos usuários, uma vez que estas configurações dispõem das mesmas vantagens dos ambientes de cluster, mas em uma rede geograficamente distribuída. A implementação de infra-estrutura de redes de alta velocidade, muitas vezes chamadas de *superhighways*, auxilia no sentido da interligação com taxas de transferências, mas vários aspectos devem ser

desenvolvidos para que a transparência já existente nos cluster possa ser verificada nos ambientes de grid.

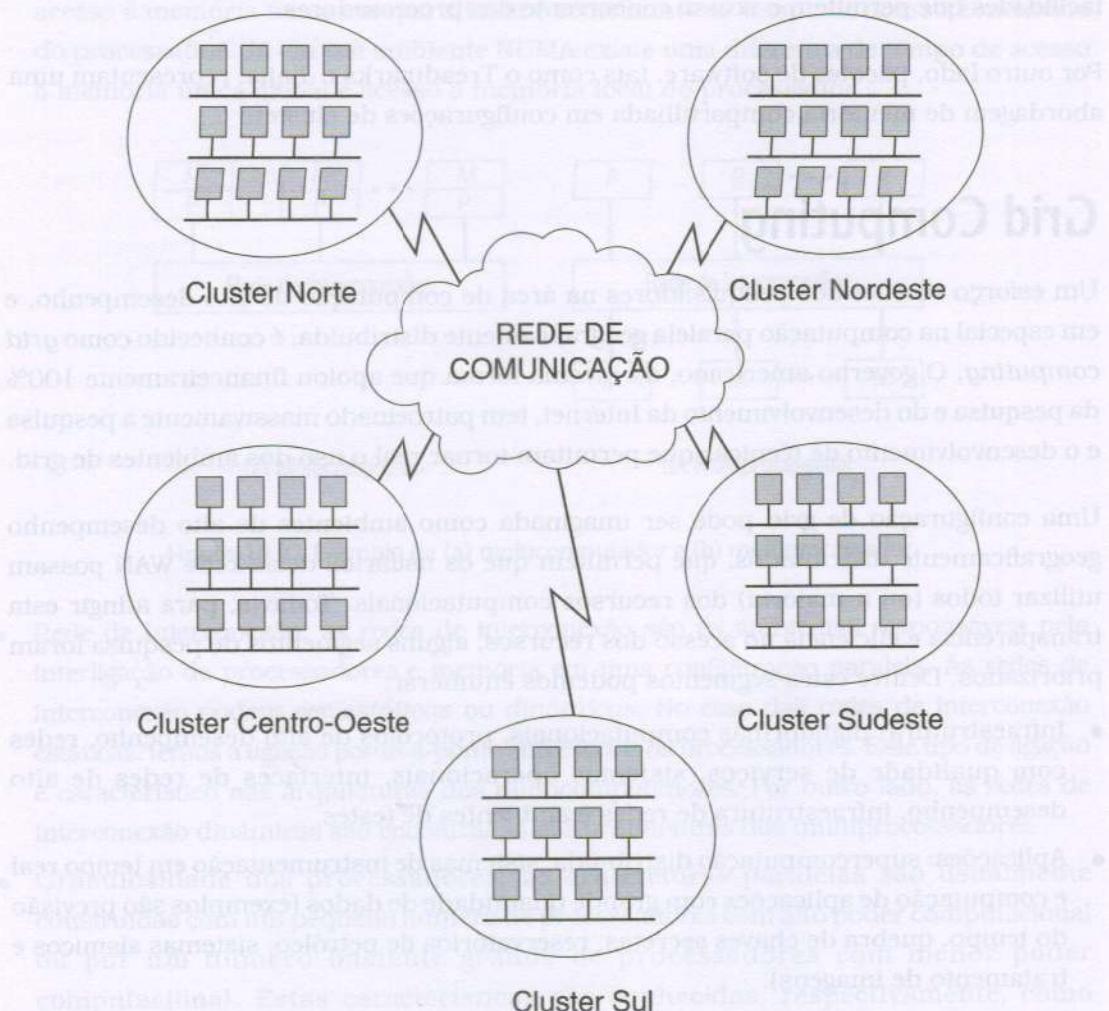


Figura 10.22: Exemplo de um ambiente de grid computing.

Exercícios

- 1) O que você entende por rede wireless?
- 2) Esboce um ambiente WAP, descrevendo cada um dos elementos da configuração.
- 3) Faça uma comparação de um ambiente WWW com um outro WAP.
- 4) Descreva as funções da WAE.
- 5) Qual a importância do nível WSP?
- 6) Comente sobre as principais facilidades da camada de transação.
- 7) Com respeito ao nível de segurança, como funciona o modelo WAP?

- 8) Comente sobre os protocolos de transporte na arquitetura WAP.
- 9) Com relação às portadoras, descreva as características técnicas das bandas A, B e C no Brasil.
- 10) Explique os objetivos de uma configuração wireless Bluetooth.
- 11) Comente sobre a faixa de freqüência utilizada nas redes Bluetooth.
- 12) Esboce a arquitetura de protocolos Bluetooth comentando cada camada.
- 13) Descreva a formação de uma piconet.
- 14) Qual a função dos elementos mestre e escravo em uma configuração Bluetooth?
- 15) Comente a função do RFCOMM e OBEX no modelo Bluetooth.
- 16) Descreva como é efetuada a transmissão de arquivos e o acesso a uma LAN em um dispositivo móvel Bluetooth.
- 17) Comente sobre a importância do padrão IEEE 802.11.
- 18) Esboce o modelo de referência do IEEE 802.11.
- 19) Faça um desenho e comente as diferença de uma rede BSS e outra ESS.
- 20) Explique o que é a banda de freqüência ISM e o porquê da escolha no padrão IEEE 802.11.
- 21) Comente sobre um ambiente de Cluster computing abordando sobre suas principais características.
- 22) Explique a diferença dos mecanismos de controle encontrados em configurações paralelas.
- 23) Qual a diferença de uma ambiente paralelo de troca de mensagem e outro de memória compartilhada?
- 24) Quanto ao ambiente de memória compartilhada, qual a diferença entre as configurações UMA e NUMA?
- 25) Qual a diferença entre os multicomputadores e os multiprocessadores?
- 26) Quanto ao acesso à memória (multicomputador ou multiprocessador), como você classificaria um cluster de PCs?
- 27) Qual a função de uma rede de interconexão em uma configuração paralela?
- 28) Qual a função de uma rede local em um ambiente de cluster?
- 29) Qual a diferença das arquiteturas com granulosidade fina e grossa?
- 30) Comente sobre um ambiente de *Grid Computing* abordando suas principais características e problemas relacionados.

Referências

As melhores referências com relação as tecnologias WAP e Bluetooth são, com certeza, aquelas disponíveis nos sites dos grupos envolvidos com estas abordagens. Assim,

recomendamos as referências Allwap (2001), Bluetooth (2001), Ericsson (2001), Motorola (2001) e WAP (2001). Em adição, Geier (2001) e SCN (2000) são duas referências com uma abordagem profissional para redes wireless. Quanto ao padrão IEEE 802.11, sem dúvida uma boa recomendação é RFC (2001).

Quando ao tópico de Cluster Computing, podemos classificar a consulta em configurações, algoritmos e ambientes paralelos. Desta forma, quanto a configurações, o leitor deve consultar Buyya (1999 – Volume 1), Dowd (1993) e Culler (1996). Quanto aos algoritmos Almasi (1994), Foster (1995), Kumar (1994), Lewis (1992), Netlib (2001), Quinn (1994). Os ambientes paralelos são encontrados em Almasi (1994), Gropp (1994), Krishnamurth (1989), Pfister (1998), Sterling (1999) e Snir (1996). Com relação a computadores paralelos, o leitor deve consultar IBM (2001), NEC (2001), SGI (2001) e SUN (2001).

Quanto aos ambientes de *Grid Computing*, o leitor deve consultar Foster (1999).

Bibliografia

- ALMASI, G., GOTTLIEB, A. *Highly Parallel Computing*. The Benjamin, Cummings Publishing Company, 1994.
- ALLWAP, <http://uk.allwap.com/bluetooth/>, 2001.
- BLUETOOTH, <http://www.bluetooth.com>, 2001.
- BUYYA, R., *High Performance Cluster Computing. Architectures And Systems*, v.1, Prentice-Hall, 1999.
- _____, *High Performance Cluster Computing. Programming And Applications*, v.2, Prentice-Hall, 1999.
- CULLER, D. et al, *Parallel Computer Architecture; A Hardware/Software Approach*, Morgan Kaufmann Publisher, 1999.
- DOWD, K., *High Performance Computing*, O'Reilly & Associates, 1993.
- ERICSSON, <http://www.ericsson.se/bluetooth>, 2001.
- FOSTER, I. *Designing and Building Parallel Programs; Concepts and Tools for Software Engineering*, Addison Wesley, 1995.
- _____, KESSELMAN, C. *The Grid Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan Kaufmann, 1999.
- GEIER, J. *Wireless LANs*, Macmillian Technical Publishing, 2001.
- GROPP, W. et al. *Using MPI – Portable Parallel Programming with Message-Passing Interface*. Mit Press, 1994.
- IBM, <http://www.ibm.com.br>, 2001.
- KRISHNAMURTHY, E.V. *Parallel Processing Principles and Practice*. Addison Wesley, 1989.

- KUMAR, V. et al.; *Introduction to Parallel Computing; Design and Analysis of Algorithms*. The Benjamin Cummings Publishing Company, 1994.
- LEWIS, T., EL-REWINI, H. *Introduction to Parallel Computing*, Prentice-Hall, 1992.
- MOTOROLA, <http://www.mot.com/bluetooth>, 2001.
- NEC, <http://www.nec.com>, 2001.
- NETLIB, <http://www.netlib.org>, 2001.
- PFISTER, G., *In Search of Clusters*, Prentice-Hall, 1998.
- QUINN, M.J., *Parallel Computing; Theory and Practice*, McGraw Hill, 1994.
- RFC, <http://www.faqs.org/rfcs/np.html>, 2001.
- SCN, Education, Mobile Networking with WAP, Vieweg, Alemanha, 2000.
- SGI, <http://www.sgi.com/origin/2000>, 2001
- SNIR, M. et al. *MPI – The Complete Reference*. Mit Press, 1996.
- STERLING et al. *How to Build a Beowulf – A Guide to the Implementation and Application of PC Clusters*, MIT Press, 1999.
- SUN, <http://www.sun.com.br>, 2001.
- WAP, <http://www.wapforum.org>, 2001.