

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE**

REDES WIRELESS

Wellington José Bezerra da Silva

**NATAL
2002**

WELLINGTON JOSÉ BEZERRA DA SILVA

REDES WIRELESS

Wellington José Bezerra da Silva

Monografia apresentada e aprovada em 18 de dezembro de 2002 pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

REDES WIRELESS

Aluizio Ferreira da Rocha Neto

Orientador:

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Sistemas de Informação da Faculdade Natalense para o desenvolvimento do Rio Grande do Norte para obtenção do grau de Bacharelado em Sistemas de Informação.

Orientador:

Aluizio Ferreira da Rocha Neto

NATAL
2002

WELLINGTON JOSÉ BEZERRA DA SILVA

REDES WIRELESS



Monografia apresentada ao curso de Graduação em Sistemas de Informação da Faculdade Natalense para o desenvolvimento do Rio Grande do Norte para obtenção do grau de Bacharelado em Sistemas de Informação.

Silva, Wellington José Bezerra da
Redes *Wireless*/Wellington José Bezerra da
Silva. Natal: FARN, 2002.
60p.

Monografia (Graduação em Sistemas de In-
formação) – Faculdade Natalense para o Desen-
volvimento do Rio Grande do Norte.

1. Arquitetura de Redes – monografia. 2.
3. Redes Sem Fio – monografia. I - *Wireless*

RN/FARN/BC

CDU- 004.72

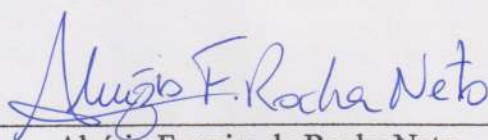
NATAL
2002

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
FACULDADE NATALENSE PARA O DESENVOLVIMENTO DO RIO GRANDE DO
NORTE

REDES WIRELESS

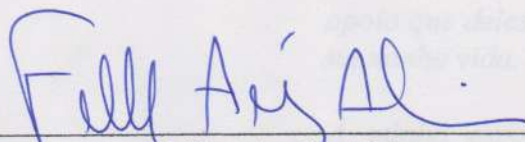
Wellington José Bezerra da Silva

Monografia apresentada e aprovada em 18 de dezembro de 2002 pela banca
examinadora composta pelos seguintes membros:



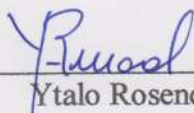
Aluizio Ferreira da Rocha Neto

Orientador



Felipe Araújo Aleixo

Membro de Avaliação



Ytalo Rosendo do Amaral

Membro de Avaliação

Natal, 18 de dezembro de 2002

AGRADECIMENTOS

Aos meus sinceros agradecimentos

Primeiramente, a Deus por ter dado a oportunidade de apresentar meus conhecimentos e a força de vontade para o término deste curso.

Ao meu orientador, Aluísio Pereira da Rocha Neto pelo seu incentivo, dedicação, disponibilidade e por acreditar que apesar das dificuldades enfrentadas, poderia alcançar meus sonhos e concluir com êxito meu objetivo.

Aos meus amigos: João Maria, Michelle Câmara, Rodrigo Pires, Luciano Nê, Luciano Neto, Jairo Maria, Jailson, Monique e Ana Angélica, pela força que me deram nos momentos de estresse vividos, pelas risadas e compartilhamento das suas paixões, pelo acolhimento e amizade construída ao decorrer deste curso.

A todos os Professores que ensinam e que atuaram para sua contribuição para meu crescimento e desenvolvimento na minha formação acadêmica.

Finalmente, a todas aquelas que dizem ou influenciam em minha vida para o resultado satisfatório que conquistei neste curso, dedico meu sincero e profundo agradecimento.

Aos meus pais dedico este trabalho, como resultado de meu esforço e também do apoio que deles recebi em todas as decisões na minha vida.

À minha esposa, Selma, uma dedicação muito especial pelo apoio constante e incansável no rumo deste trabalho.

À minha filha, Beatriz, que chegou no momento oportuno de minha vida, que contempla, com seu olhar de pureza e inocência para um mundo que começou a surgir em nossas vidas.

Aos meus sogros que contribuíram com perseverança e incentivos dedicados para a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os meus sinceros agradecimentos

Primeiramente, a Deus por ter dado a oportunidade de aumentar meus conhecimentos e a força de vontade para o término deste curso.

Ao meu orientador, Aluizio Ferreira da Rocha Neto pelo seu incentivo, dedicação, disponibilidade e por acreditar que apesar das dificuldades enfrentadas, poderia transpor meus limites e concluir com êxito meu objetivo.

Aos meus amigos: João Maria, Michelle Câmara, Rodrigo Pires, Luciana Sá, Luciano Brito, Auta Maria, Jailson, Mounarte e Ana Angélica, pela força que me deram nos momentos de ausência vividos, pelas ações e ensinamentos aos quais passei, pelo coleguismo e amizade construída no decorrer deste curso.

A todos os Professores que atuam e que atuaram com sua contribuição para meu crescimento e desenvolvimento na minha formação acadêmica.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o resultado satisfatório para conclusão deste curso, deixo meu sincero agradecimento na certeza de poder expor para a sociedade tal atenção recebida.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Wireless: Solução Tecnológica Para o Novo Milênio	9
1.2	Problemas e soluções	10
1.3	Organização do Trabalho	12
2	COMUNICAÇÃO VIA RÁDIO	14
2.1	Ondas Eletromagnéticas	14
2.2	Rádio e Radiação	17
2.2.1	Difração	18
2.2.2	Interferência	19
2.3	Bandas	19
2.3.1	Microondas	20
2.4	Tipos de Antenas	20
2.4.1	Antenas direcionais	21
2.4.1.1	Antenas de microondas	21
2.4.1.2	Antena tipo Yagi	23
2.4.1.3	Antena semiparabólica 2.4 GHz – Grid	24
2.4.2	Antena omnidirecional 2.4 GHz	24
2.4.3	Antena Patch Panel	25
2.4.4	Considerações	27
2.5	Analógico e Digital	28
3	TECNOLOGIAS WIRELESS	30
3.1	Padrão IEEE 802.11 (<i>Wireless LAN</i>)	30
3.1.1	Pontos de Acesso	33
3.1.2	Hubs e switches	34
3.2	Bluetooth	35
3.2.1	Perfis do <i>Bluetooth</i>	38
3.2.2	Aplicações para o Bluetooth	41
3.3	WAP (Wireless Application Protocol)	41
3.3.1	Arquitetura WAP	42
3.3.2	WWW: MMM	43
4	APLICAÇÕES PARA REDES SEM FIO	47
4.1	Planos de M-Business	48
4.1.1	Compras por comparação	49
4.1.2	Operações bancárias	49
4.1.3	Publicidade	51
4.1.4	Serviços específicos a um local	52
4.1.5	Fluxo de mídia	53
4.1.6	Jogos	55
5	CONCLUSÕES	56
5.1	Considerações para o uso de Wireless	56
5.2	O Futuro do wireless	57
5.3	Sugestão para trabalhos futuros	58

Figura 1: Transmissor e receptor de uma onda.....	15
Figura 2: Efeito de transmissão de uma onda	15
Figura 3: Sinais captados por um aparelho celular.....	16
Figura 4: A propagação das ondas eletromagnéticas	16
Figura 5: O espectro eletromagnético	17
Figura 6: Efeito da Difração	18
Figura 7: Antenas Simples/Standard (PS).....	21
Figura 8: Antenas de Alta Relação Frente – Costas (PB).....	22
Figura 9: Antena de Alto Desempenho	22
Figura 10: Antena de Ultra Alto Desempenho.....	23
Figura 11: Antena do tipo Yagi	23
Figura 12: Antena semiparabólica Grid	24
Figura 13: Antena omnidirecional	25
Figura 14: Topologia de rede sem fio como formato em estrela	26
Figura 15: Topologia de rede sem fio como formato em triângulo.....	27
Figura 16: LAN sem fio com e sem ponto de acesso	33
Figura 17: Soft handoff no roaming do IEEE 802.11	33
Figura 18: Máquina HiperLan funcionando como hub.....	34
Figura 19: Pontos de acesso (AP) funcionando como pontes (Bridges)	34
Figura 20: Hubs e Switches como pontos de acesso.....	35
Figura 21: Scatternet formada por sete piconets.....	37
Figura 22: Exemplo de Ambiente WAP	44
Figura 23: Arquitetura de Protocolos WAP	46

para a insulação física de diodos, cabos e conectores.

O objetivo deste trabalho é pesquisar as tecnologias de comunicação de dados sem fio, conceitualmente definida pelo simples termo *Wireless*.

2.1 Wireless: Solução Tecnológica Para o Novo Milênio

Com a disseminação crescente dos computadores em todos os setores da sociedade, criou-se uma necessidade por uma tecnologia de comunicação sem fio que fosse capaz de superar as limitações das redes cabeadas. A praticidade, facilidade e precisão que se conseguem através da utilização dos computadores nos deixou de certa forma dependentes das redes de comunicação sem fio. A tecnologia de comunicação sem fio sempre foi fundamental.

O surgimento dos laptops gerou uma certa mobilidade aos usuários dos computadores, mas devido a problemas de consumo de energia, mesmo com o uso das baterias, a portabilidade e o próprio tamanho dos dispositivos, a mobilidade ainda não foi completa. Os pesquisadores resolveram parte dos problemas, reduzindo seu tamanho, aumentando sua autonomia e mantendo um nível de processamento aceitável, ainda que não se queira a

1 INTRODUÇÃO

As Redes Sem Fio são sistemas de comunicações de dados flexíveis implementados como uma extensão, ou como uma alternativa, às redes locais tradicionais. Utilizando tecnologia de rádio-frequência, elas transmitem e recebem dados via ar, minimizando a necessidade de conexões via cabo. Redes locais sem fio combinam conectividade de dados com mobilidade do usuário.

Com as redes locais sem fio, usuários podem acessar informações compartilhadas sem se preocupar com um lugar para se conectar a rede, e administradores de rede podem gerenciar redes sem instalar ou mover cabos.

Atualmente, redes sem fio começam a serem reconhecidas como uma alternativa de conexão de propósito geral para um grande conjunto de mercados. Tem se apresentado como uma alternativa viável, na análise de custo/benefícios, para a instalação de redes de computadores, principalmente quando a infra-estrutura física das instalações é complexa e que inviabilize o uso de qualquer outro meio de transmissão.

O ponto mais positivo da utilização destes sistemas de comunicação é a grande flexibilidade de instalação e utilização da rede, pois não depende do ambiente e de terceiros para a instalação física de dutos, cabos e conectores.

O objetivo deste trabalho é pesquisar as tecnologias de comunicação de dados sem fio, conceitualmente definida pelo simples termo *Wireless*.

1.1 Wireless: Solução Tecnológica Para o Novo Milênio

Com a disseminação crescente do uso dos computadores em todos os setores da sociedade, estes se tornaram praticamente indispensáveis, de forma que cada vez mais são inseridos nas mais diversas atividades. A praticidade, facilidade e precisão que se consegue através da utilização dos computadores, nos deixou de certa forma dependentes dos mesmos e a limitação imposta pela fraca mobilidade sempre foi frustrante.

O surgimento dos *laptops* garantiu uma certa mobilidade aos usuários dos computadores, mas devido a problemas de consumo de energia, pouca autonomia das baterias, conectividade e o próprio tamanho destes dispositivos, a mobilidade atingida não foi completa. Os *palmtops* resolveram parte dos problemas, reduzindo seu tamanho, aumentando sua autonomia e mantendo um nível de processamento aceitável, ainda que menor que a dos

laptops. O problema de conectividade ainda é existente, pois o acesso à Internet com uma conexão feita através de telefone celular seja no *palmtop* ou no *notebook*, possui um custo proibitivo.

Quando se fala em tecnologias na Internet abrangem-se linguagens, bancos de dados, *softwares*, *hardwares* e sistemas telefônicos. A velocidade e a qualidade de acesso a dados na Rede é influenciada diretamente pela capacidade das linhas telefônicas e velocidade do modem. O acesso a dados se faz por intermédio de vários *softwares*, de acordo com a natureza da informação. E esses dados por sua vez são armazenados em algum *hardware* até que cheguem virtualmente em seu destino, podendo alocar espaço em duplicidade em *hardware* receptor. As informações que navegam pela Rede são encapsuladas por linguagens e algumas são produzidas por algum *software*, desta forma trafegam pela rodovia da informação na Internet. Escrever sobre tecnologias é algo bastante complexo, uma vez que o universo da informática é muito amplo, evolui e se transforma rapidamente.

Além de estar constantemente buscando formas de manter vivo seu espírito criativo, os profissionais da Internet precisam se atualizar tecnologicamente. Todos os dias novas linguagens, programas, computadores e periféricos são lançados no mercado. A Internet é potencialmente um canal multimídia, qualquer combinação de texto, arte gráfica, som, animação e vídeo transmitido por computador é multimídia. Trabalhar com multimídia é complicado, pois não é preciso apenas saber criar cada elemento que nela se insere, como também vinculá-las, utilizando as ferramentas e as tecnologias adequadas.

1.2 Problemas e soluções

As empresas têm enfrentado os seguintes problemas no uso de seus sistemas de informação baseados em redes de computadores:

- Instalação de pontos de redes nos locais de difícil acesso ou de grande circulação de pessoas. Às vezes, é interessante a instalação de quiosques para consultas rápidas às informações da empresa. Estes quiosques ficam normalmente em ambientes abertos de fácil acesso do público mais longe das instalações de rede da companhia.
- Utilização de dispositivos móveis, como *notebooks*, *handhelds* e celulares, para acesso às informações dos sistemas. Normalmente, os sistemas atuais, da maneira como eles foram concebidos, não estão preparados para tais tipos de plataformas clientes, o que inviabiliza o uso de tais equipamentos para facilitar o acesso às informações.

- Avanços tecnológicos que acarretem a mudança do cabeamento da rede, principalmente no que diz respeito à fibra-ótica. Novas tecnologias de transmissão exigem, em alguns casos, a instalação de outros meios físicos de comunicação, causando um desperdício do investimento feito na infra-estrutura atual da rede.

Face estas dificuldades e necessidades no uso de redes de computadores, surge o seguinte questionamento: como os projetistas de redes podem resolver estas questões sem perder potencialidade de uso e velocidade de comunicação? Outro aspecto relevante nesta análise diz respeito à flexibilidade de acesso aos sistemas em redes, isto é, não temos mais somente computadores convencionais acessando os sistemas, podemos e queremos utilizar todo tipo de computação móvel. Como tratar este novo paradigma de sistema de informação?

A solução para a independência de infra-estrutura predial nas corporações a fim de instalar redes de computadores, além de resolver a questão da mobilidade no uso destas redes, é utilizar a comunicação dados sem fio *wireless*.

Além disso, tentativas de utilização de uma Internet diferente da habitual, mas que garanta mobilidade aos usuários, parece ser a solução adotada no momento. Os telefones celulares, por já terem uma penetração grande nos mais variados setores da sociedade e devido ao fato de as redes de telefonia de segunda geração já permitirem esse tipo de operação, foram escolhidos como os dispositivos que nos garantiriam o acesso à Internet da forma totalmente *wireless*.

Segundo DEVELOPERS (2002), o surgimento do *Wireless Application Protocol* (WAP) foi a primeira tentativa nesse sentido. Disponibilizada através do telefone celular, o acesso à Internet com uma banda com largura de 14,4 kbps. A experiência da empresa NTTDoCoMo, no Japão, mostra que o verdadeiro problema do WAP na maioria dos casos que obtiveram fracasso até agora, não foi à largura da banda, mas sim a pouca capacidade dos dispositivos, o alto custo e, principalmente, a falta de serviços que levassem o usuário habituado a acessar a Internet de seu computador pessoal, a adquirir o hábito de acessar a Internet *wireless*, apesar de todas as suas limitações.

No Brasil, a maioria das operadoras de telefonia celular disponibilizaram o WAP a seus clientes, mas os mesmos problemas que levaram o WAP a fracassar nos outros países, continuaram no Brasil: fraco conteúdo, rede com problemas em boa parte do tempo e o agravante do custo de acesso ser ainda mais alto.

Surgida há pouco tempo no Brasil, a Internet *wireless* ainda demonstra certas características de uma tecnologia incipiente. Atualmente, suas vantagens ainda são visualizadas

por poucos, sendo estes geralmente do setor corporativo. A popularização da *Internet wireless* depende diretamente das operadoras de telecomunicação, que aos poucos vão implementando mais tecnologias em suas redes digitais, de empresas que desenvolvam soluções móveis de alto nível, possibilitando assim que o usuário final, sendo ele pessoa física ou jurídica, fique mais satisfeito em relação ao acesso à Internet através de dispositivos sem fio.

A *Internet wireless*, por outro lado, contorna em parte o problema do custo, oferecendo acesso através de dispositivos eletrônicos de menor custo, como o telefone celular. A popularização da utilização da *Internet wireless* tende a aumentar exponencialmente o número de pessoas conectadas à Internet, minimizando a exclusão digital que parte expressiva da população sofre. A criação de conteúdos relevantes que possam ser atrativos ao usuário mostra-se como essencial no processo de popularização do que se chama de convergência digital, ou seja, diversas mídias e informações acessadas em um dispositivo único. Um grau maior de interatividade entre o usuário e o conteúdo disponível também é outro aspecto essencial na popularização da *Internet wireless*. A interatividade garante que o dispositivo móvel também possa ser utilizado como meio de aprendizagem e disseminação do conhecimento (*m-learning*).

Aplicativos para *Internet wireless*, desenvolvidos de acordo com necessidades específicas, garantem uma obtenção da informação no momento em que ela ocorre, ou seja, em tempo real. O controle absoluto e em tempo real dos processos externos ao ambiente empresarial assegura produtividade, praticidade, agilidade e, conseqüentemente, competitividade. A independência de plataforma é uma das principais vantagens da *Internet* móvel, permitindo que seja feita uma interação entre o sistema existente e a aplicação desenvolvida para o dispositivo móvel, fato que também assegura a redução de custos.

1.3 Organização do Trabalho

O Capítulo 2 tratará sobre a comunicação via rádio, que é o alicerce de toda a tecnologia *wireless*. Além dos conceitos, também serão discutidos os diversos tipos de antenas necessárias para este tipo de comunicação.

O Capítulo 3 falará especificamente sobre as tecnologias de comunicação sem fio, tanto para redes locais, como para dispositivos portáteis, como *handhelds* e celulares.

O Capítulo 4 abordará os tipos de aplicações e serviços que foram ou podem ser desenvolvidas para tirar proveito da comunicação sem fio.

O Capítulo 5 fará as considerações finais sobre o uso das tecnologias *Wireless*.

2 COMUNICAÇÃO VIA RÁDIO

O rádio está no coração da comunicação sem fio. Seus princípios básicos existem a mais de um século, mas continuam a se desenvolver quase tão rapidamente quanto à computação. A transmissão digital tem conseguido obter maior proveito da capacidade das antigas faixas de ondas, enquanto novas tecnologias criam novas bandas. A persistente revolução eletrônica vem tornando os circuitos de rádio cada vez menores e mais leves, chegando ao ponto em que não é mais uma fantasia a existência de transceptores que cabem em um transmissor com um único *microchip*.

Apesar dos avanços tecnológicos, o espectro de rádio continua sendo um recurso limitado. Embora qualquer pessoa seja capaz de colocar cabos de fibra em seu terreno, não é tão simples iniciar sua própria rede de telefonia celular. O processo de licenciamento permanece sendo uma questão controversa com governos, empresas e outros interessados, incapazes de concordar sobre como o espectro deve ser dividido.

Existem algumas tecnologias *wireless* que não dependem do rádio. O infravermelho, por exemplo, é utilizado por dispositivos domésticos comuns, como controles remotos, além de ligar computadores a outros computadores ou outros periféricos. Os *links* ponto a ponto podem utilizar todos os outros tipos de sinais, incluindo raio laser. Mas ainda assim esses recursos são essencialmente nichos. Para o futuro imediato, em sua maioria, as aplicações sem fio continuarão dependentes de rádio.

2.1 Ondas Eletromagnéticas

Os sinais de rádios são um tipo de radiação eletromagnética, uma categoria que também inclui a luz, o infravermelho e muitos outros tipos de raios. Costumam ser considerado como *ondas transversas*, o que significa que têm comprimento de onda e frequência. O comprimento de onda é a distância entre os picos de ondas sequenciais; a frequência é o número de ciclos de ondas que ocorrem a cada segundo. Os ciclos por segundos geralmente são chamados de *hertz* (Hz), após o físico Heinrich Hertz ter descoberto o rádio.

As antenas são dispositivos destinados a transmitir ou receber ondas de rádio. Quando ligadas a um transmissor (de rádio, TV, radar, etc.) convertem os sinais elétricos em ondas eletromagnéticas. Quando ligadas a um receptor, captam essas ondas e as convertem em sinais

elétricos que são amplificados e decodificados pelo aparelho receptor (de rádio, televisão, radar, etc).

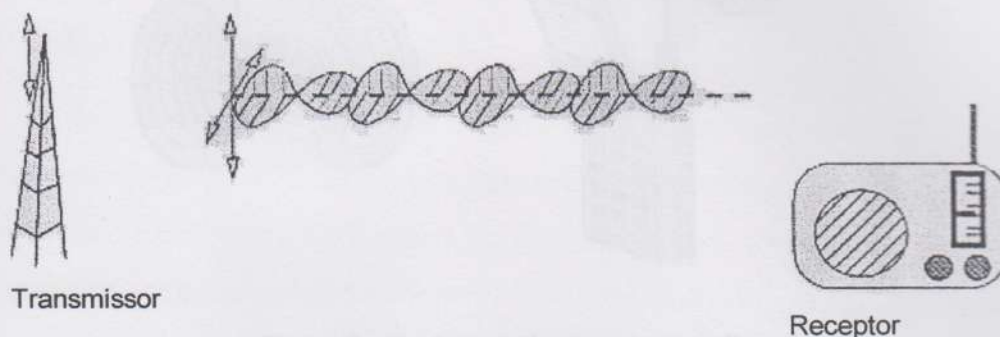


Figura 1: Transmissor e receptor de uma onda

O transmissor produz o sinal na forma de corrente alternada, ou seja, com rápida oscilação, indo e vindo ao longo de seu condutor. A frequência da oscilação pode ir desde milhares de vezes por segundo até milhões de vezes por segundo, e é medida em kilohertz ou megahertz. Ao oscilar na antena de transmissão, a corrente produz uma onda eletromagnética em sua volta, que se irradia pelo ar. Quando atinge uma antena receptora, a onda eletromagnética induz nela uma pequena corrente elétrica que se alterna para frente e para trás ao longo da antena, acompanhando as oscilações da onda. Essa corrente é muito mais fraca do que a presente na antena transmissora, mas pode ser amplificada pelo aparelho receptor.

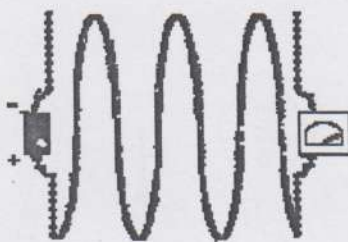


Figura 2: Efeito de transmissão de uma onda

A atmosfera encontra-se repleta de ondas eletromagnéticas de várias frequências, e todas elas atingem as antenas receptoras. Contudo, cada aparelho receptor possui meios próprios para selecionar uma faixa estreita de frequência, podendo sintonizar um sinal em particular. Ao ser sintonizado numa certa faixa de frequência, o receptor só responde aos sinais dessa faixa determinada, excluindo as demais.

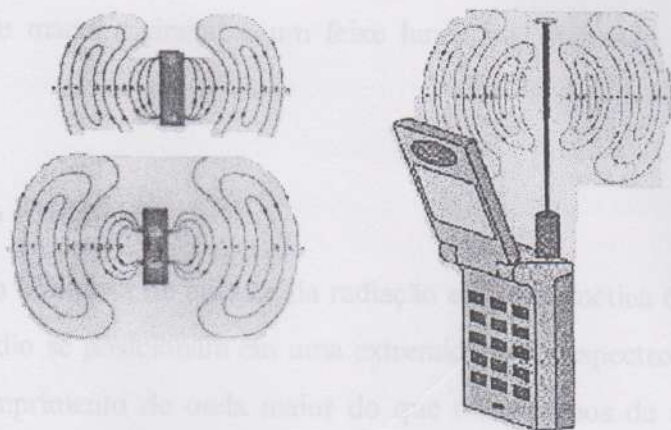


Figura 3: Sinais captados por um aparelho celular

Cada frequência está associada a um comprimento de onda. Quanto mais alta a frequência, menor é o comprimento de onda (o produto das duas é sempre igual à velocidade da luz). A eficiência de uma antena depende da relação correta entre seu comprimento físico e o comprimento de onda do sinal que transmite ou recebe. O ideal é que as antenas tenham exatamente a metade, ou um quarto, do comprimento de onda que recebem ou transmitem. Os princípios que regem o funcionamento das antenas receptoras ou transmissoras são idênticos.

As antenas de transmissão podem estar em posição horizontal ou vertical, mas requerem que as antenas receptoras de suas emissões observem o mesmo posicionamento. As montadas verticalmente causam pouco efeito nas receptoras horizontais (e vice-versa).

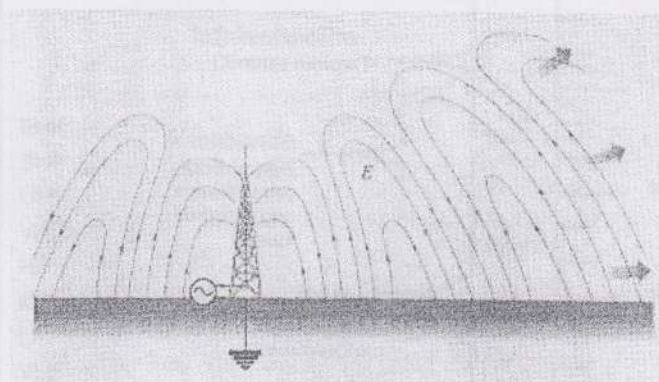


Figura 4: A propagação das ondas eletromagnéticas

Os sinais radiofônicos de ondas médias e longas seguem a curvatura da Terra, chegando a se propagar por centenas e até milhares de quilômetros com relativamente pouca perda de potência. Por outro lado, os comprimentos de onda menores, como as de frequência VHF ou UHF, usados para transmissão de alta-fidelidade, estereofonia ou televisão,

propagam-se de maneira similar a um feixe luminoso, limitando seu alcance até a linha do horizonte.

2.2 Rádio e Radiação

A área completa de alcance da radiação eletromagnética é conhecida como *espectro*. As ondas de rádio se posicionam em uma extremidade do espectro, com uma frequência mais baixa e um comprimento de onda maior do que outros tipos de radiação. O *espectro* é um contínuo; os limites entre os tipos diferentes existem naturalmente, mas foram inventados pelos cientistas na tentativa de classificá-los. Isso significa que existe alguma discordância sobre a posição exata de cada um e alguns se sobrepõem. A Figura 5 ilustra a classificação das frequências de onda.

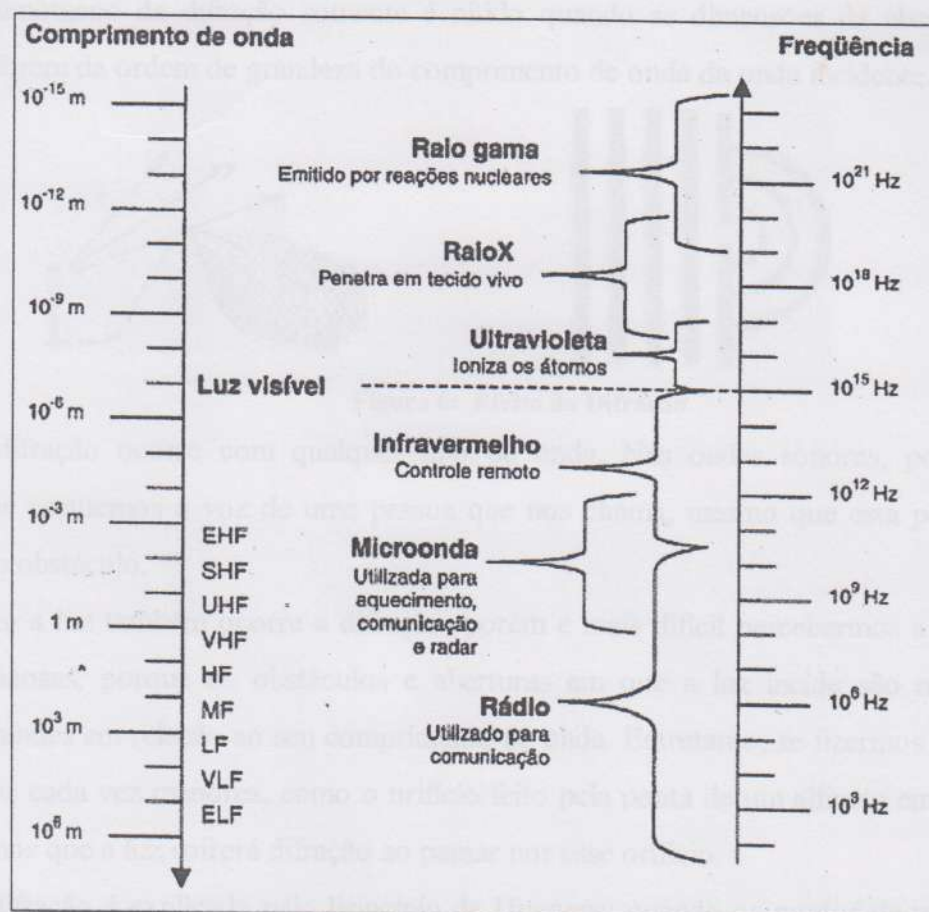


Figura 5: O espectro eletromagnético

Rádio é o nome atribuído aos tipos de ondas eletromagnéticas que podem ser utilizadas para o propósito de comunicação. Seu escopo está sempre se expandindo, por causa das novas tecnologias. Na extremidade de baixa frequência, ondas em torno de 5 kHz foram

empregadas para enviar sinais sobre a água. No limite superior, a sobreposição de ondas de rádio e *microondas* ganhou uma maior importância no final do século XX, pois essa região pode ser utilizada para comunicações de alta capacidade em uma área relativamente pequena. O rádio de microondas é empregado em todos os sistemas de telefonia celular e pela maioria dos satélites.

2.2.1 Difração

Consideremos que uma onda, propagando-se na superfície da água, encontre um obstáculo dotado de estreita abertura, como mostra a Figura 6. Observamos que a parte da onda que não foi interrompida não se mantém em linha reta. Ao passar pela abertura a onda se espalha em todas as direções. Quando isto acontece, dizemos que houve difração da onda.

O fenômeno da difração somente é nítido quando as dimensões da abertura ou do obstáculo forem da ordem de grandeza do comprimento de onda da onda incidente.

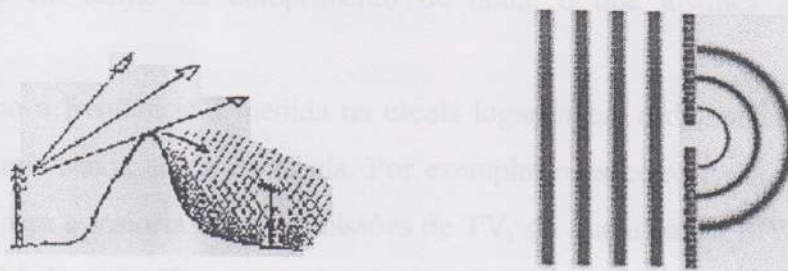


Figura 6: Efeito da Difração

A difração ocorre com qualquer tipo de onda. Nas ondas sonoras, por exemplo, permite que escutemos a voz de uma pessoa que nos chama, mesmo que esta pessoa esteja atrás de um obstáculo.

Com a luz também ocorre a difração, porém é mais difícil percebermos a difração de ondas luminosas, porque os obstáculos e aberturas em que a luz incide são normalmente bastante grandes em relação ao seu comprimento de onda. Entretanto, se fizermos a luz passar por orifícios cada vez menores, como o orifício feito pela ponta de um alfinete em um cartão, observaremos que a luz sofrerá difração ao passar por esse orifício.

A difração é explicada pelo Princípio de Huygens: quando os pontos de uma abertura ou de um obstáculo são atingidos pela frente de onda eles tornam-se fontes de ondas secundárias que mudam a direção de propagação da onda principal, contornando o obstáculo.

2.2.2 Interferência

A interferência é um fenômeno típico das ondas. Podemos observá-la, por exemplo, num tanque de água em que se produzem ondas por meio de duas pontas que tocam, periodicamente e sincronizadas, a superfície da água. Como resultado, forma-se na superfície um padrão característico, que denominamos figura de interferência. Ao longo de certas linhas, as duas perturbações se reforçam, ou seja, interferem de modo construtivo. Ao longo de outras linhas, as duas perturbações se anulam, ou seja, interferem de modo destrutivo.

2.3 Bandas

O *espectro* de rádio é subdividido em varias regiões conhecidas como bandas ou faixas de ondas. A Tabela 2.1 exibe seus nomes e utilizações, em ordem crescente de freqüência. Apesar de nomeadas de acordo com as freqüências, as bandas foram definidas originalmente em termo de comprimento de onda, o que justifica as potências de dez adequadas.

Como a freqüência é medida na escala logarítmica, cada banda contém dez vezes o espectro de uma banda acima da tabela. Por exemplo, o espectro é mil vezes maior na banda UHF, usada para a maioria das transmissões de TV, do que a banda MW, usada pela maioria dos rádios AM. Isso significa que as bandas de alta freqüência são mais úteis para os serviços de dados velozes, enquanto as de baixa freqüência são adequadas apenas para transmissões.

Comprimento de onda	Freqüência	Nome comum	Objetivos principais
Acima de 100 km	Inferior a 3 kHz	ELF (Extremely Low Comunicações Frequency)	Comunicações submarinas
10-100 km	3-30 kHz	VLF (Very Low Frequency)	Comunicações marítimas
1-10 km	20-300 kHz	LF (Low Frequency) ou LW (Long Wave)	Transmissões AM
100-1000 m	300-3000 kHz	MF (Medium Frequency) ou MW (Medium Wave)	Transmissões AM
10-100 m	3-30 MHz	HF (High Frequency) ou SW (Short Wave)	Transmissões AM, rádio amador
1-10m	30-300 MHz	VHF (Very High Frequency)	Transmissões FM e TV
0,1-1 m	300-3000 MHz	UHF (Ultra High Frequency)	TV e telefones celulares
10-100 mm	3-30 GHz	SHF (Super High Frequency)	Fixa sem fio e satélites
1-10 mm	30-300 GHz	EHF (Extra High Frequency)	Satélites, radar

Tabela 2.1 – Faixas de ondas de rádio (DORNAN, 2001)

A largura de banda do espectro não é a única diferença entre as bandas, os sinais de alta frequência têm uma faixa muito menor do que os de baixa frequência, porque os comprimentos de onda menores sofrem maior atenuação. Como as frequências de radiação são altas, mais coisas podem ocorrer para bloqueá-las. Isso explica por que a luz de alta frequência não pode atravessar paredes, enquanto o rádio de baixa frequência pode. A radiação da ionização pode ser bloqueada inteiramente por gases, o que é importante para nós - a radiação fatal do sol é (ou costumava ser) interrompida pela camada de ozônio, uma região de moléculas um pouco maiores.

2.3.1 Microondas

As bandas UHF, SHF e EHF são conhecidas coletivamente como microondas, por causa de seus pequenos comprimentos de ondas - pequenos em comparação com outras ondas de rádio e não em relação ao espectro eletromagnético como um todo. A alta largura de banda e a faixa curta fazem com que sejam muito úteis para comunicações. Tem desvantagens, principalmente serem facilmente bloqueadas por obstáculos como paredes e morros e enfraquecidas pelas chuvas e pelas nuvens.

O espectro de microondas é subdividido em bandas, apresentada na tabela 2.2. a maioria dos telefones celulares digitais usa a banda S, enquanto os satélites costumam transmitir na banda K e receber na banda C. de qualquer forma, todas têm algum objetivo nas comunicações sem fio.

Comprimento de onda	Frequência (GHz)	Banda	Principal utilização nas comunicações
193- 769 mm	0,4-1,5 GHz	L	Transmissões e celular
57,7-193 mm	1,5-5,2 GHz	S	Celular
48,4-76,9 mm	3,9-6,2 GHz	C	Satélites
27,5-57,7 mm	5,2-10,9 GHz	X	Fixas sem fio, satélite
8,34-27,5 mm	10,9-36 GHz	K	Fixas sem fio, satélite
6,52-8,34 mm	36-46 GHz	Q	Fixas sem fio
5,36-6,52 mm	46-56 GHz	V	Futuros satélites
3,00-5,36 mm	56-100 GHz	W	Futuros celulares

Tabela 2.2 – Bandas de microondas (DORNAN, 2001)

2.4 Tipos de Antenas

Fundamentalmente, existem dois tipos de antenas para aplicações wireless: omnidirecional e direcional. As antenas omnidirecionais cobrem 360º no plano horizontal. Elas

trabalham excepcionalmente bem em áreas amplas ou em aplicações multiponto. Usualmente, este tipo de antena é utilizado em estações base, com estações remotas colocadas ao seu redor.

As antenas direcionais concentram o sinal em uma única direção. Seus sinais podem ter alcance curto e amplo, ou longo e estreito. Via de regra, quanto mais estreito o sinal, maiores distâncias ele alcançará. Normalmente, este tipo de antena é utilizado em estações remotas para fazer a comunicação entre estas estações e uma ou mais estações base.

Dependendo das condições técnicas necessárias para a viabilização do projeto de link de rádio, serão utilizados conjuntos de antenas que variam no modelo e alcance. Normalmente empregam-se antenas do tipo 'semiparabólica' na frequência de 2.4 GHz com amplificação de 1 watt. Se a distância a ser transposta for inferior a 7 km, o *link* poderá ser feito sem amplificação (chamado link passivo).

2.4.1 Antenas direcionais

Refletores parabólicos são usados em casos como as transmissões de radar, comunicações telefônicas, recepção de satélites, etc onde se requer maior diretividade da antena. Eles têm a forma do refletor de um farol de automóvel e focalizam as ondas em um feixe bastante estreito. Esse tipo de antena proporciona a emissão de sinais dotados de grande nitidez e resolução.

2.4.1.1 Antenas de microondas

Antenas Simples/Standard (PS)

Antenas sem blindagem ou radome, usadas em regiões onde não é necessária alta supressão de níveis de irradiação lateral ou traseira.



Figura 7: Antenas Simples/Standard (PS)

Antenas de Alta Relação Frente -Costas (PB)

Antenas com blindagem reduzida e sem radome, indicadas para a grande maioria dos enlaces, pois apresentam alta discriminação de níveis de irradiação traseira a partir de 100 graus, referendados à direção de apontamento da antena.



Figura 8: Antenas de Alta Relação Frente – Costas (PB)

Antenas de Alto Desempenho (AD)

Antenas com blindagem, com elementos supressores de RF no seu interior e com radome. Indicadas para enlaces de grande congestionamento, pois apresentam alta discriminação de níveis de irradiação lateral e traseira.

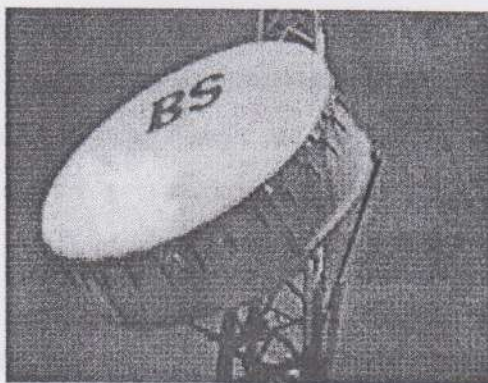


Figura 9: Antena de Alto Desempenho

Antenas de Ultra Alto Desempenho (UD)

Antenas com blindagem, com elementos supressores de RF no seu interior e com radome. Indicadas para enlaces críticos, principalmente entrada de grandes cidades, pois acrescentam alta discriminação de níveis de irradiação lateral, traseira e, principalmente, próximo à direção de apontamento.



Figura 10: Antena de Ultra Alto Desempenho

2.4.1.2 Antena tipo Yagi

São antenas rígidas usadas externamente em ambientes de condições hostis, foram projetadas para resistir à formação de gelo, chuva pesada, neve e ventos fortes. Produzidas com sinalização alta ou baixa.

As antenas do tipo 'Yagi' são empregadas nos enlaces de rádio internos, pelas dimensões e facilidade de instalação e operação. Medindo aproximadamente 40 cm de comprimento e 200 gramas de peso são empregadas em *links* passivos (não amplificados). É muito utilizada quando existe a necessidade de se instalar a antena dentro do próprio escritório, possibilitando que o link seja ativado através de uma das janelas do prédio (quando existem dificuldades técnicas para instalar no topo do prédio ou existe facilidade de visada pela janela).

Dependendo da distância, existem variações de alcance da antena que vão de 6 db até 14 db. A fixação da antena poderá ser feita numa haste de ferro ou numa mini-torre dependendo da necessidade de posicionamento das antenas. As antenas têm juntas de articulação, permitindo posicionamentos precisos.

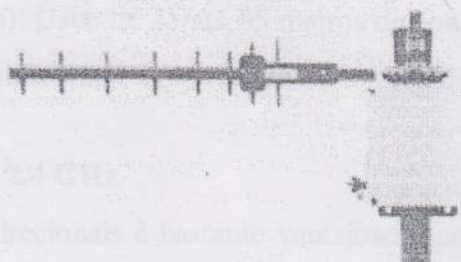


Figura 11: Antena do tipo Yagi

A conexão entre a antena e o equipamento 'Bridge,' é feita através de um cabo especial cujas distâncias padrões são as seguintes:

Antena ativa (amplificada): Cabo de até 25 a 85 metros de comprimento.

Antena passiva (sem amplificação): Cabo de até 10 metros de comprimento, dependendo da distância do link.

2.4.1.3 Antena semiparabólica 2.4 GHz – Grid

As antenas parabólicas canalizam o sinal em forma de cone, sendo indicadas para aplicações de longa distância. A antena semiparabólica, uma variação da parabólica, emite o sinal de forma elíptica. Os modelos *Grid* (grelha) são menos susceptíveis à ação dos ventos em razão dos mesmos passarem através de estrutura em forma de gaiola.

Dependendo de especificações técnicas do projeto, poderemos empregar antenas tipo grade na frequência de 2.4 GHz. Esse tipo de antena é mais posicional do que as antenas 'Yagi' e pode melhorar o alcance do enlace se houver interferências magnéticas no percurso do link. Medindo aproximadamente 80 cm de comprimento e 70 cm de altura, e 2,5 kg de peso, pode ser empregada em *links* ativos (amplificados) e *links* passivos (não amplificados).

A fixação da antena poderá ser feita numa haste de ferro ou numa mini-torre dependendo da necessidade de posicionamento das antenas.

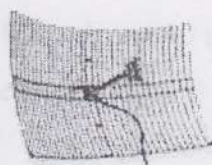


Figura 12: Antena semiparabólica Grid

A conexão entre a antena e o equipamento 'Bridge,' é feita através de um cabo especial cujas distâncias padrões são as seguintes:

Antena ativa (amplificada): Cabo de 25 até 85 metros de comprimento

Antena passiva (sem amplificação): Cabo de até 10 metros de comprimento

2.4.2 Antena omnidirecional 2.4 GHz

O uso de antenas omnidirecionais é bastante vantajoso quando existem várias redes a serem interligadas entre si numa distância de aproximadamente 4 km. Como a antena omnidirecional distribui as ondas num raio de 360°, qualquer outra antena que esteja dentro

desse alcance e que utilize a mesma tecnologia e frequência, participará da mesma rede (utiliza o mesmo NET-ID) e se comunicará com as outras redes.

Essa topologia de comunicação facilita a implementação da solução e reduz a complexidade e o custo quando os fatores de distância e visada direta não forem ofensores. A maior vantagem é que qualquer rede pode se comunicar com outra sem ter que efetuar um roteamento adicional.



Figura 13: Antena omnidirecional

A conexão entre a antena e o equipamento 'Bridge' é feita através de um cabo especial cujas distâncias padrões são a seguinte:

Antena ativa (amplificada): Cabo de 25 até 85 metros de comprimento

Antena passiva (sem amplificação): Cabo de até 10 metros de comprimento

Seguem algumas soluções de conexão em que é vantagem a utilização de antenas omnidirecionais.

2.4.3 Antena Patch Panel

As antenas *Patch Panel* têm formato amplo e plano, sendo, normalmente, montadas em paredes, podendo ser internas ou externas. São mais recomendadas para *links* entre prédios com distâncias de até 9,7 km.

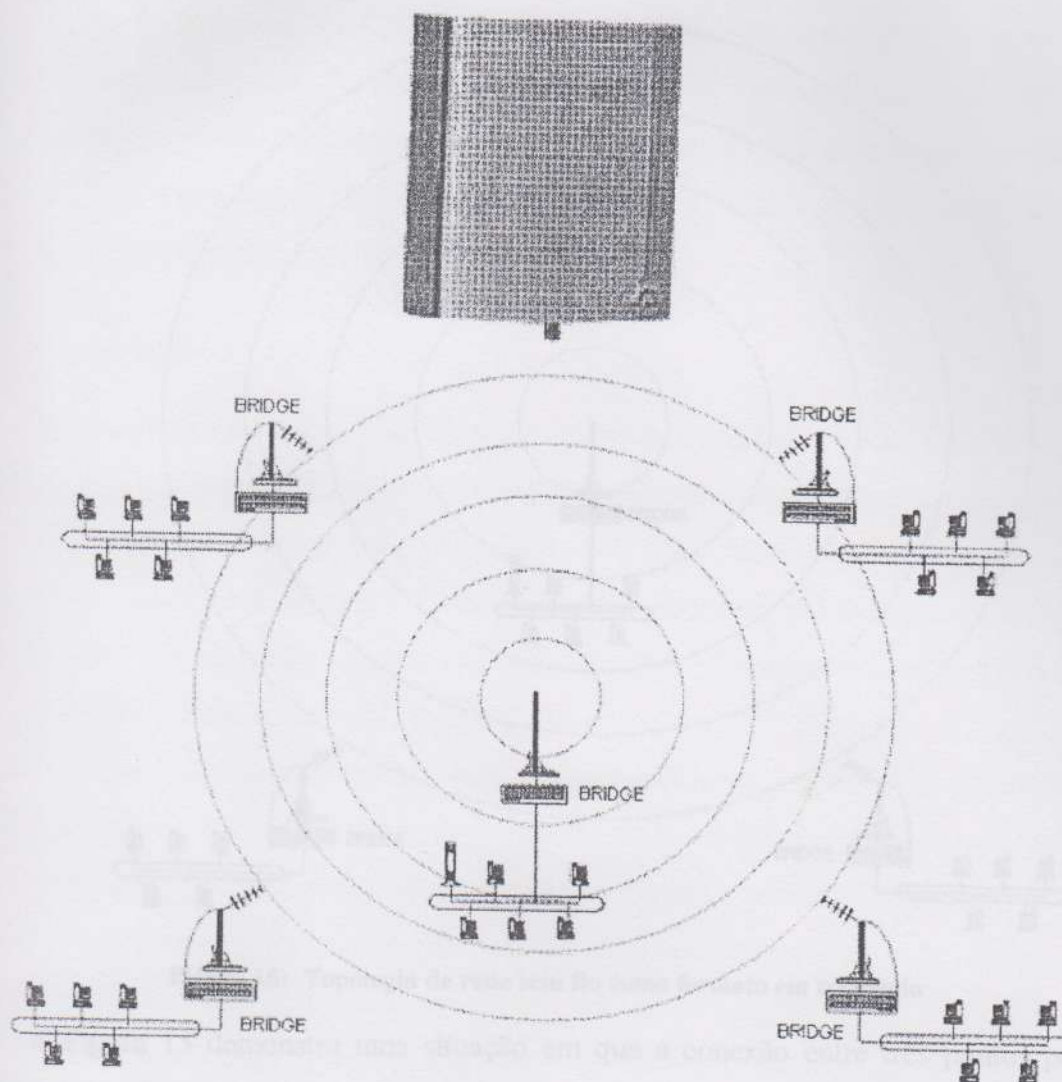


Figura 14: Topologia de rede sem fio como formato em estrela

A Figura 14 demonstra uma situação em que a conexão entre os pontos remotos utiliza uma topologia conhecida como formato em estrela. A rede central utiliza uma antena omnidirecional e as redes periféricas antenas do tipo 'yagi' ou 'semi-parabólicas' com ou sem amplificação, dependendo da distância a ser alcançada.

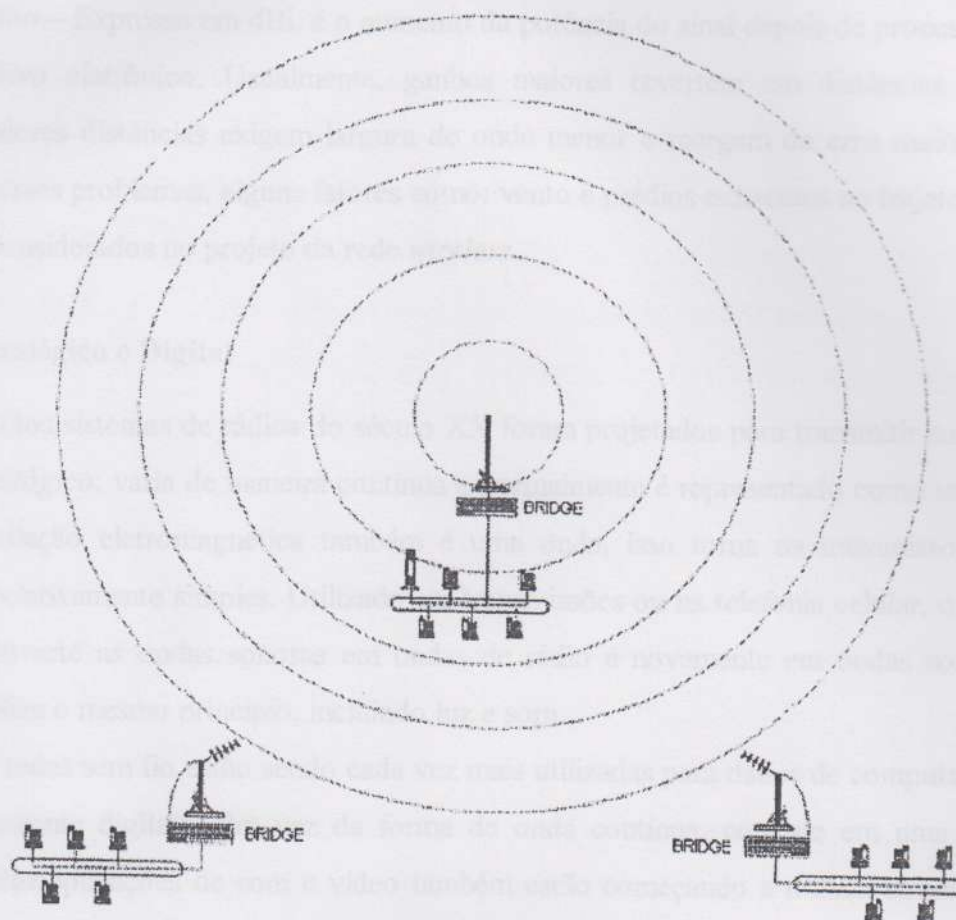


Figura 15: Topologia de rede sem fio como formato em triângulo

A Figura 15 demonstra uma situação em que a conexão entre três pontos pode ser simplificada numa topologia mista conhecida como formato em triângulo. Num dos vértices desse triângulo fica uma antena omnidirecional e nos outros dois vértices/antenas do tipo 'yagi' ou 'semiparabólicas'.

2.4.4 Considerações

Na escolha do modelo de antena mais adequado para a sua aplicação *wireless*, alguns cuidados devem ser considerados:

Distância – A antena a ser escolhida deve cobrir uma distância maior que a aplicação necessitará. Caso seja utilizada uma antena operando em sua capacidade máxima, provavelmente os sinais chegarão mais fracos que o exigido pela aplicação.

Largura da onda – Expressa em graus, a largura de onda denota o alcance de um sinal. Geralmente, quanto mais larga for a onda, mais curta será a área de cobertura. Por outro lado, as ondas mais largas compensam os fatores ambientais, como o vento, que afetam adversamente a performance da antena.

Ganho – Expresso em dBi, é o aumento da potência do sinal depois de processado por um dispositivo eletrônico. Usualmente, ganhos maiores revertem em distâncias maiores, contudo maiores distâncias exigem largura de onda menor e margem de erro muito menor. Para evitar esses problemas, alguns fatores como: vento e prédios existentes no trajeto do sinal devem ser considerados no projeto da rede *wireless*.

2.5 Analógico e Digital

Muitos sistemas de rádios do século XX foram projetados para transmitir som, que é um sinal *analógico*: varia de maneira contínua e normalmente é representado como uma onda. Como a radiação eletromagnética também é uma onda, isso torna os transmissores e os receptores relativamente simples. Utilizado em transmissões ou na telefonia celular, o terminal de rádio converte as ondas sonoras em ondas de rádio e novamente em ondas sonoras. A televisão utiliza o mesmo princípio, incluindo luz e som.

As redes sem fio estão sendo cada vez mais utilizadas para dados de computador, que são inerentemente digitais. Em vez da forma de onda contínua, consiste em uma série de pulsos. Muitas aplicações de som e vídeo também estão começando a utilizar sinais digitais, embora o lançamento de novos serviços digitais seja prejudicado pela ampla base de equipamentos analógicos instalada.

As ondas digitais apresentam diversas vantagens sobre as analógicas. Entre elas, estão as seguintes:

- **Redução de ruído.** Todos os canais de comunicação estão sujeito à interferência estática, um problema particular das redes sem fio. Na forma de onda analógica, o receptor não distinguir o ruído e o sinal real. A forma de onda digital é diferente; como é possível apenas ter dois níveis, qualquer coisa entre esses níveis pode ser descartada automaticamente pelos receptores ou estações de transmissão. Apesar de qualquer interferência afetar os sinais analógicos, é muito difícil evitar que os sinais digitais sejam recebidos intactos.
- **Confiabilidade.** Os sinais digitais podem ser codificados com bits extras chamados *checksums*. Os *checksums* são resultados de um cálculo matemático executado nos bits precedentes; permitem que o receptor verifique se interpretou o sinal corretamente. Se o *checksums* estiver incorreto, no mínimo bit perdido na transmissão e, portanto, uma parte do sinal precisará ser enviada novamente.

- **Compactação.** Os sinais digitais também permitem a compactação, o que reduz a quantidade de capacidade necessária para enviar dados, por causa da procura de padrões repetitivos. A compactação é utilizada normalmente em todas as formas de transmissão de dados, particularmente na transmissão de imagens, na qual é incorporada aos formatos de arquivo utilizados pelos navegadores de Internet.
- **Segurança.** O celular digital moderno criptografa todos os dados, utilizando algoritmos matemáticos. É possível empregar a criptografia em equipamentos analógicos, mas quase sempre não é confiável e é quebrada facilmente; isso explica o aparecimento de novos decodificadores ilegais para cabos analógicos e TVs por satélite. Os sinais digitais podem ser criptografados em níveis arbitrários, dependendo apenas do poder de processamento do transmissor e do receptor. Não importa a sofisticação da criptografia, o sinal digital criptografado utiliza mais capacidade do que um não-criptografado.
- **Temporização.** As informações digitais podem ser facilmente armazenadas na memória do computador, permitindo que um canal de comunicação seja compartilhado de maneira sofisticada. No sistema TDMA (time-division multiple access), cada usuário de um canal o utiliza apenas por uma parte do tempo, com os dados sendo mantidos na memória até poderem ser enviados. Os sistemas de *comutação de pacotes* utilizam capacidade somente quando necessário, armazenando os dados na memória de um computador especial chamado *roteador*, enquanto calcula o percurso mais eficaz para enviá-los. A comutação de pacotes é à base da Internet e das redes sem fio mais recentes.

3 TECNOLOGIAS WIRELESS

Neste capítulo descreveremos as principais tecnologias de redes sem fio. Destacamos estas três por serem as mais difundidas e utilizadas atualmente nas organizações.

3.1 Padrão IEEE 802.11 (*Wireless LAN*)

Muitas redes locais (*LAN*) têm uma estrutura tão complexa de cabos e fios, que algumas empresas precisam contratar técnicos em tempo integral somente para cuidar dos cabos. Encontrar conectores defeituosos ou soltos é tão difícil que surgiu um mercado de bilhões de dólares para a venda de ferramentas de gerenciamento de redes.

Para os administradores de redes que desejam viver de uma forma mais tranqüila, as *LANs* sem fio sempre foram uma alternativa atraente. Elas são bem mais flexíveis do que os sistemas dependentes de cabos e fios e, em princípio, têm custo menor – além de eliminarem os cabos, os sistemas sem fio também podem eliminar os *hubs* (ou concentradores de rede). Quando é preciso atualizar uma *LAN* sem fio para adequá-la ao aumento contínuo da demanda por capacidade, geralmente basta substituir as interfaces do computador.

O principal problema enfrentado pelas primeiras redes locais (*LAN*) sem fio era a inexistência de padrões reais. Cada empresa produzia seu próprio sistema proprietário, fornecendo aos clientes opções confusas. Muitos usuários simplesmente decidiam não comprar a *LAN* sem fio, por medo de ficarem preso a tecnologia de um único fornecedor. 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.

Os padrões começaram a surgir no final dos anos 90, mas os possíveis clientes mais uma vez eram obrigados a uma escolha. Como as *LANs* sem fio são uma tecnologia recente, ainda existem muitos padrões concorrentes. Vários participantes do setor esperam que alguns destes padrões desapareçam, como aconteceu com o formato vídeo *Betamax*. Infelizmente, é difícil prever com antecedência qual deles será o vencedor.

A maioria dos padrões de *LANs* sem fio é definida pelo IEEE (*Institute of electrical and electronic engineers*) ou pelo ETSI. O IEEE é responsável pelo sistema *Ethernet*, o

sistema a cabo dominante, e, por isso, suas recomendações talvez tenham maior repercussão na comunidade redes. Entretanto, o ETSI tem o apoio dos governos europeus, o que poderá aumentar sua importância.

Entre eles, o ETSI e o IEEE produziram pelo menos seis padrões incompatíveis, listados adiante na tabela 3.1. Observe que os valores referentes à capacidade são bastante otimistas, pois até metade da largura de banda é desperdiçada nos sistemas sem fio. A natureza da transmissão significa que os valores são apenas unidirecionais; por exemplo, a capacidade de 10 Mbps representa realmente apenas 5 Mbps em cada direção.

Sistema	Capacidade de dados	Espectro	Interface aérea
IEEE 802.11 (FHSS)	1 Mbps	2,4 GHz (ISM)	FHSS
IEEE 802.11 (DSS)	2 Mbps	2,4 GHz (ISM)	DSSS
IEEE 802.11b	11 Mbps	2,4 GHz (ISM)	DSSS
IEEE 802.11a	54 Mbps	5 GHz (U-NII)	OFDM
HiperLan 1	23,5 Mbps	5 GHz (U-NII)	FHSS
HiperLan 2	54 Mbps	5 GHz (U-NII)	OFDM
HomeRF	1 Mbps	2,4 GHz (ISM)	FHSS

Tabela 3.1 – Padrões de LANs sem fio (DORNAN, 2001)

O IEEE 802.11 foi o primeiro padrão de LAN sem fio a ser definido. Esse padrão utiliza os mesmos protocolos de comutação da *Ethernet* convencional, mas substituindo os cabos pelo rádio ISM. Para aumentar confusão, na verdade são dois padrões em um, cada um dos quais utiliza um tipo incompatível de *Spread Spectrum*.

A versão mais simples do padrão 802.11 utiliza a tecnologia FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*), com ciclos rápidos entre as frequências, varias vezes por segundo. Como dispõe de 79 frequências diferentes a serem escolhidas, mesmo que algumas fiquem bloqueadas por interferências, a teoria é que as demais deverão estar livres. Se as informações não passarem, serão enviadas novamente.

Uma versão mais complexa utiliza a tecnologia DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*), a mesma dos celulares CDMA: Transmite em todas as frequências simultaneamente. Isso aumenta a velocidade de dados de um máximo de 1 Mbps para 2 Mbps, mas também utiliza mais energia. O consumo de energia pode ser um fator importante para dispositivos que quase sempre operam alimentados por baterias.

A versão original do IEEE para o padrão também especificou uma terceira versão com utilização de infravermelho, mas esta nunca foi implementada.

- IEEE 802.11b é baseado na versão DSSS do IEEE 802.11. Utiliza técnicas melhores de modulação, aumentando a capacidade até máximo de 11 Mbps. Além de um

grande aumento em números brutos, essa velocidade também levou o padrão a superar uma importante barreira psicológica, alcançando a velocidade do padrão *Ethernet* original. Às vezes, é apresentado como *Wireless Ethernet* ou *Wi-Fi*, o nome de um consórcio que verifica a interoperabilidade de produtos de fabricantes diferentes.

- **IEEE 802.11a** alcança velocidades de 54 Mbps, abandonando o ISM e Spread Spectrum. Utiliza a banda U – NII e uma técnica chamada *coded OFDM* (*Orthogonal Frequency División Multiplexing*), projetada para minimizar a interferência causada pelos sinais refletidos nas paredes. Seu maior ponto fraco é não poder ser utilizado na Europa, por causa da norma que determina os padrões *HiperLan* do ETSI. Entretanto, algumas empresas estão formando um lobby forte e os governos europeus estão analisando a possibilidade de permitir a sua entrada.
- **HiperLan 1** foi o padrão proposto pelo ETSI em 1992, quando pela primeira vez reconheceu a necessidade de LANs sem fio de alta velocidade. Assim como a família IEEE 802.11, uma boa parte do padrão é baseada no padrão *Ethernet*, embora sua tecnologia de acesso de rádio tenha sido obtida diretamente do GSM. Como o GSM foi muito bem-sucedido, o ETSI quase sempre reutiliza alguns de seus componentes em novos padrões, aparentemente sem qualquer relação. Supõe-se que a velocidade de dados máxima seja de 23,5 Mbps, mas não se pode assegurar o que será alcançado, pois existem pouquíssimos equipamentos *HiperLan 1*.
- **HiperLan 2** utiliza o mesmo espectro que o *HiperLan 1*, mas está bem mais próximo do IEEE 802.11a. Oferece a mesma velocidade de dados máxima de 54 Mbps, obtida com a utilização da mesma tecnologia *coded OFDM*. Em determinado momento, houve planos de mesclar o *HiperLan 2* e o 802.11a em um único padrão, mas agora isso parece improvável.
- **HomeRF** é, conforme o nome indica, projetado para redes domésticas. É baseado na versão original FHSS do 802.11 e foi projetado para oferecer principalmente um bom preço, em vez de velocidade. Uma das suas maiores inovações é o suporte direto à telefonia, o que poderá ser importante para o mercado doméstico. Todos os outros padrões são destinados a transmissão de voz. O padrão também é conhecido como *SWAP* (*Shared Wireless Access Protocol*), pois é compartilhado por tipos diferentes de tráfego.

3.1.1 Pontos de Acesso

Todos os sistemas de *LANs* sem fio podem ser utilizados para a conexão *ad-hoc* (conexão ponto a ponto) de dois ou mais usuários quaisquer, que tenham uma placa instalada. Áreas, como escritórios ou casas, também podem ser ajustadas com *pontos de acesso* (*Access Points*), que estendem a faixa do sistema e permitem *links* para *LANs* comuns ou para a Internet. A Figura 16 mostra os dois tipos de redes.

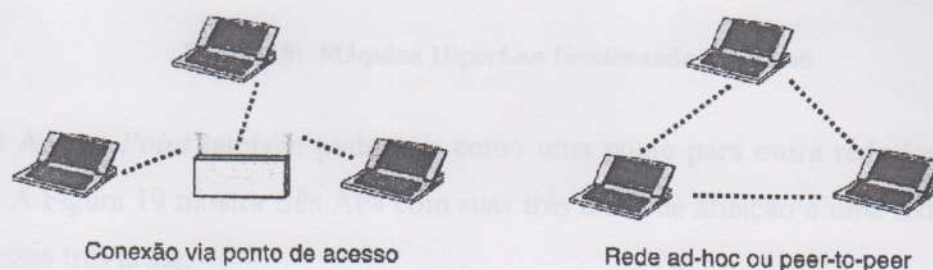


Figura 16: LAN sem fio com e sem ponto de acesso

Os usuários privados podem criar suas próprias redes celulares em miniatura, configurando vários pontos de acesso. Todos os padrões incluem um mecanismo de *handover*, semelhante aos das redes celulares públicas. A família IEEE 802.11 herda o sistema de *soft handoff* dos celulares CDMA, significando que a unidade móvel tenta formar um link com um novo ponto de acesso antes de se desconectar do link anterior. Isso é ilustrado na Figura 17. Os sistemas *HiperLan* utilizam um *hard handover* semelhante ao do GSM, o que significa que precisam se desconectar de um ponto de acesso antes de uma nova conexão a outro ponto. Essa característica é menos confiável e resulta em breves interrupções da conectividade.



Figura 17: Soft handoff no roaming do IEEE 802.11

O *HiperLan* se sobrepõe ao 802.11 em redes *ad-hoc*, porque qualquer máquina de uma rede *HiperLan* pode funcionar como ponto de acesso. Isso significa que uma nuvem de

máquinas *HiperLan* pode se estender bem além da faixa de um rádio individual, retransmitindo dados de uma máquina para outra, conforme ilustra a Figura 18. Se uma máquina da nuvem tiver uma conexão a uma rede fixa ou celular, as outras também poderão compartilhá-la.

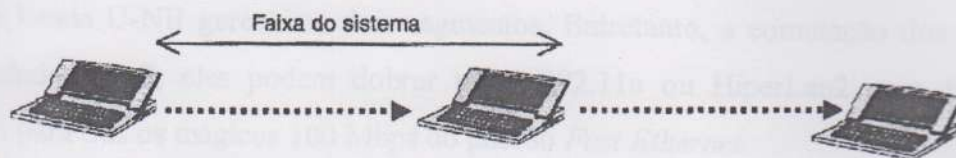


Figura 18: Máquina HiperLan funcionando como hub

O Access Point também pode agir como uma ponte para outra rede (cabada ou sem fio). A Figura 19 mostra três APs com suas três áreas de atuação e uma rede cabada ligando essas três áreas.

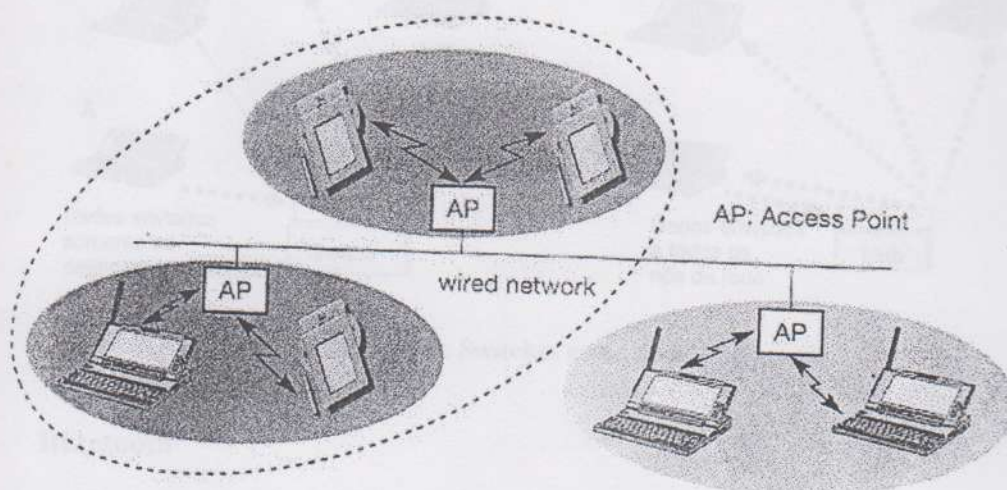


Figura 19: Pontos de acesso (AP) funcionando como pontes (Bridges)

3.1.2 Hubs e switches

Os pontos de acesso podem ter duas formas, *hubs* e *switches*. O *hub* é o mais simples, apenas retransmitindo tudo que recebe. O *switch* é mais seletivo, enviando transmissões somente a subgrupos menores, conhecidos como *segmentos*. Essa característica melhora o desempenho da rede, pois a capacidade total é compartilhada por segmento.

Em redes convencionais, não existem limites para o número de segmentos. O *switch* pode incluir todos os usuários em seu próprio segmento, proporcionando a cada um o acesso à capacidade completa o tempo todo. As redes sem fio não podem fazer o mesmo, pois cada segmento precisa do seu próprio espectro. Entretanto, tornam bem mais fácil realocar

máquinas entre segmentos diferentes, uma tarefa que costuma exigir mudança das posições de cabos. As redes sem fio podem realizar a nova alocação com o pressionar de um botão ou até automaticamente.

As redes da banda ISM geralmente são capazes de gerenciar três segmentos e as redes da banda U-NII gerenciam dois segmentos. Entretanto, a comutação dos pontos de acesso ainda é útil; eles podem dobrar redes 802.11a ou HiperLan2 para 108 Mbps, deixando para trás os mágicos 100 Mbps do padrão *Fast Ethernet*.

A Figura 20 mostra a vantagem do *switch* sobre o *hub* como ponto de acesso. Tanto nas redes baseadas no *hub* como nas baseadas no *switch*, o usuário A está transmitindo ao usuário C. Com o *hub*, os usuários B e D precisam também receber e decodificar a transmissão; com o *switch*, os usuários estão liberados para transmitir um ao outro.

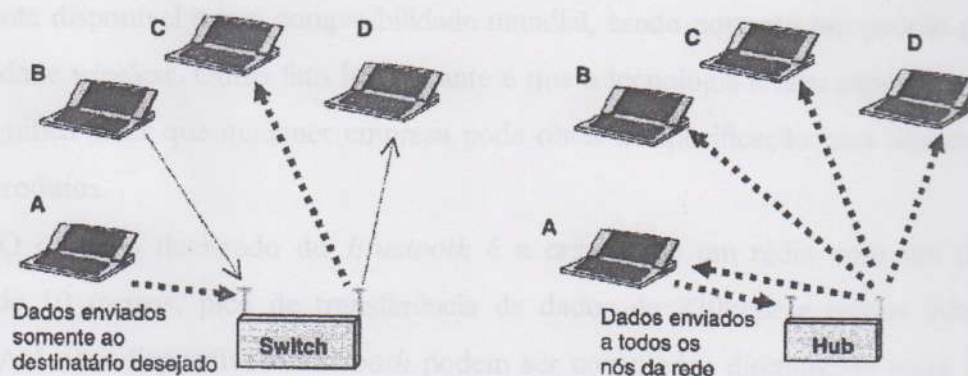


Figura 20: Hubs e Switches como pontos de acesso

3.2 Bluetooth

O *Bluetooth* talvez seja a mais atraente de todas as tecnologias *wireless* e isso é justificado. O *Bluetooth* promete incluir um sistema *wireless* completo em um único chip, suficientemente barato para ser embutido em todos os telefones móveis, PCs, PDAs e até em outros dispositivos. A tecnologia *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 2.000 novos membros.

Apesar do apoio significativo, o *Bluetooth* encontrou alguns problemas. Originalmente esperava-se que os produtos seriam lançados no início de 2000, mas um ano depois os resultados ainda são muito escassos. Trata-se de um projeto tão ambicioso que exige um período maior do que o esperado.

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 2480 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.

O objetivo declarado do *Bluetooth* é a criação de um rádio com um único chip, alcance de 10 metros, pico de transferência de dados de 720kbps e custos inferiores a 5 dólares. Até oito dispositivos *Bluetooth* podem ser conectados diretamente entre si em uma *piconet*. É possível montar redes com mais de oito dispositivos, mas, nesse caso, nem todos os dispositivos serão capazes de transmitir a todos os outros, cada um enxergará apenas oito dispositivos. As redes com mais de oito dispositivos são conhecidas como *scatternets* e é necessário subdividi-las em *piconets*, conforme Figura 21 abaixo.

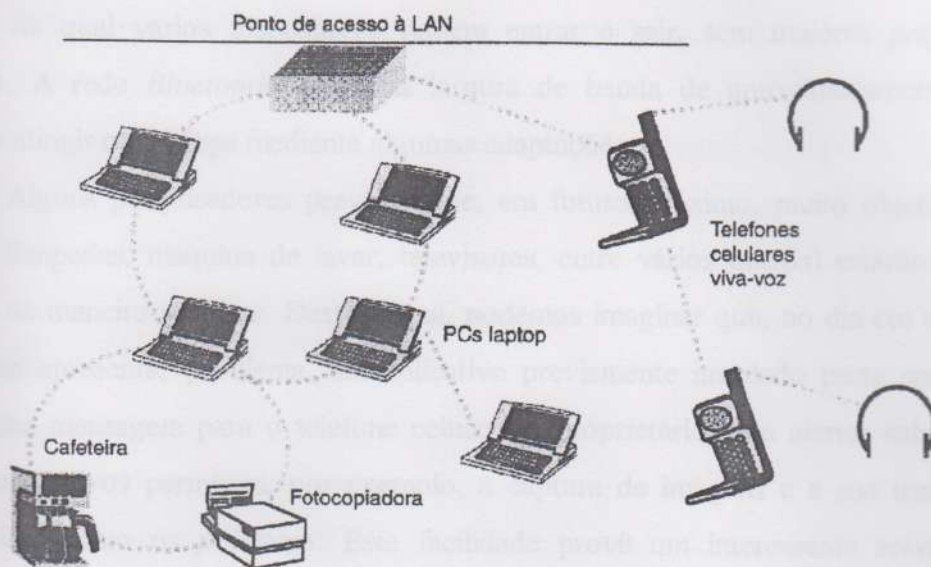


Figura 21: Scatternet formada por sete piconets

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 a 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 esta tecnologia estimam que dispositivos *Bluetooth* instalados (celulares, computadores e PDAs) até o ano de 2205 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 micro-redes (*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, muito objetos domésticos (portas, lâmpadas, máquina de lavar, televisores, entre vários outros) estarão conectados a *Internet* de maneira *wireless*. Desta forma, podemos imaginar que, no dia em 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. 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 de curtas (até 10 m) nas seguintes áreas:

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

O *Bluetooth* tem sido criticado pela forma como utiliza a já superlotada banda ISM de 2,4 GHz. É baseado livremente na técnica de saltos de frequência do padrão 802.11 original, mas realiza ciclos pelas frequências com muito maior rapidez, saltando até 3.200 vezes por segundo. Algumas pessoas da indústria de *LANs* sem fio o descrevem como um “rádio primitivo”, pois seus ciclos rápidos quase sempre interferem em outros sistemas. Entretanto, isso não deverá prejudicar o próprio *Bluetooth*; os padrões 802.11, *HomeRF* e *Bluetooth* concorrem no mesmo espectro e o ciclo rápido indica que o *Bluetooth* tem chances de vencer uma batalha bastante equilibrada.

3.2.1 Perfis do *Bluetooth*

O *Bluetooth* é destinado ao uso com muita aplicação futurísticas, mas existem nove delas na primeira especificação provisória. Cada aplicação é descrita por um conjunto de próprio de protocolos e procedimentos, chamado perfil. Nem todos os dispositivos *Bluetooth* permitirão todos os perfis e alguns dispositivos admitirão apenas um perfil.

O sistema de perfis causou algumas características, porque isso significa que, na verdade, o *bluetooth* possui nove padrões e não um, com a possibilidade de esse número aumentar à medida que mais perfis forem acrescentados. Entretanto, o SIG afirma que os perfis são necessários para assegurar a interoperabilidade. Os perfis compartilham vários protocolos, formando uma base comum que simplificará a adaptação do hardware existente às aplicações quando os perfis adicionais forem publicados.

A primeira especificação provisória inclui 13 perfis, listados adiante. Além das nove aplicações, existem quatro perfis de “sistema” (números 1, 2, 5 e 10), que incluem características comuns a uma ou a mais aplicações.

1. **Perfil de acesso genérico.** É o perfil de núcleo do *Bluetooth*, responsável pela manutenção dos *links* entre os dispositivos. Todos os dispositivos do *Bluetooth* precisam incluir esse perfil, mas ele próprio não é suficiente para uma aplicação útil. Inclui funções necessárias à utilização de todos os protocolos de núcleo do *Bluetooth*.
2. **Perfil de aplicação para descoberta de serviço.** Permite que o usuário tenha acesso direto ao SDP (*Service Discovery Protocol*), para descobrir quais serviços do *Bluetooth* estão disponíveis em um determinado dispositivo. O SDP é incluído como parte do núcleo, mas sem este perfil extra o SDP somente poderá ser acessado pelas aplicações e não pelo o usuário diretamente.
3. **Perfil de telefonia sem fio.** É destinado ao que o SIG do *Bluetooth* chama de “telefone 3 em 1”, significando um celular com chip *Bluetooth*, que permite utilizá-lo como telefone sem fio. Também pode ser empregado apenas para telefone sem fio ou para adicionar funções de telefone sem fio a outro dispositivo equipado com o *Bluetooth*, como um relógio digital. É executado sobre o protocolo TCS (*Telephony control Serviço*).
4. **Perfil Intercom.** Também baseado no perfil TCS, permite comunicação de voz bidirecional. É diferente do perfil de telefonia sem fio, por somente permitir conexão entre dois usuários do *Bluetooth* dentro da faixa de cada um deles e não uma capacidade completa no sistema de telefonia ou na *Internet*.
5. **Perfil de porta serial.** Permite que dois dispositivos *Bluetooth* emulem uma porta serial de PC, com a utilização do protocolo RFComm. É capaz de emular o antigo cabo RS232 ou o mais novo USB (Universal Serial Bus) e é utilizado por muitos perfis de nível superior.

6. **Perfil de fones de ouvidos.** Especifica como o *Bluetooth* fornece uma conexão *Wireless* a um conjunto contendo fones de ouvido e talvez um microfone, para uso com computadores ou telefones móveis. Utiliza o perfil de porta serial e os comandos AT (*Advanced Technology*), originalmente projetados para o controle de modems, que são assim chamados por serem provenientes de computadores IBM com o mesmo nome.
7. **Perfil de rede de discagem.** Destinado à conexão de computadores à Internet por um telefone celular. Atualmente, isso precisa ser realizado com um cabo especial ou talvez com o IrDA, mas futuramente deverão ser capazes de utilizar o *Bluetooth*. Inclui o perfil de porta serial e o PPP (*Point-to-Point Protocol*), que é o mesmo protocolo empregado pelos modems comuns para conexão à Internet.
8. **Perfil de fax.** Muito semelhante ao perfil de rede de discagem. Permite ao telefone móvel emular um fax-modem quando conectada via *Bluetooth* a um PC *laptop* com software de fax. Assim como o protocolo de rede de discagem utiliza o PPP e o perfil de porta serial.
9. **Perfil de acesso a LAN.** Talvez seja o perfil de maior utilidade. É destinada a rede de dados IP, permitindo que PCs equipado com o *Bluetooth* formem uma pequena LAN sem fio ou se conectem a outras LANs por um ponto de acesso especial. O SIG prevê que os pontos de acesso que serão colocados em redes privadas de empresas e também em lugares públicos para que pessoas com dispositivos *Bluetooth* sejam capazes de se conectarem a Internet.
10. **Perfil de intercambio genérico de objetos.** Controla como o *Bluetooth* utiliza o OBEX (*Object Exchange*), um protocolo cliente-servidor proveniente do IrDA. Permite que as aplicações troquem dados diretamente, sem necessidade utilizar pacotes no estilo da Internet.
11. **Perfil de envio de objeto.** Controla o intercambio de cartões visita eletrônicos, pequenos arquivos as mesmas informações de um cartão de visita convencional, mas que pode ser arquivado automaticamente na base de um dispositivo. O termo “envio” se refere ao fato de que as informações precisam ser fornecidas de maneira ativa por um usuário; para proteger a privacidade, os cartões de visita eletrônicos geralmente não são transmitidos a todos os dispositivos que se encontram dentro da faixa.
12. **Perfil de transferência de arquivo.** Permite que um dispositivo tenha acesso a arquivos armazenados em outro dispositivo. Pode ser utilizado por qualquer aplicação

que precise transferir arquivos entre dispositivos, de um dispositivo para o outro ou diretamente pelos usuários. Além da existência de link dos dois computadores, os dispositivos que podem utilizar este perfil incluem *mp3-players* e câmaras digitais.

13. **Protocolo de sincronização.** É destinado a manter atualizados os dados armazenados em dispositivos diferentes. Espera-se que automatize a sincronização, permitindo que o computador sincronize automaticamente os dados com um telefone móvel ou PDA, sempre que estiverem dentro da faixa do outro dispositivo.

3.2.2 Aplicações para o Bluetooth

Alguns analistas zombam, com alguma razão, dos anúncios mais exagerados sobre o *Bluetooth*. O novo chip transforma a “torradeira para Internet” de piada em proposta séria, pois empresas conhecidas por suas ferramentas apenas para cozinha já se juntaram ao SIG. Outro exemplo favorito inclui a geladeira para a qual os usuários podem discar do supermercado para verificar quais legumes precisam comprar ou para lata de lixo que encomenda automaticamente a compra de produtos assim que a respectiva embalagem vazia é jogada fora.

Embora essas idéias pareçam exageradas, realmente existe mercado para algumas aplicações em rede. Muitas pessoas não se incomodariam de pagar um pouco mais por um gravador de vídeo que pudesse ser programado remotamente pelo telefone móvel ou pela possibilidade de ter acesso a sua coleção de músicas em qualquer lugar onde estivessem. Será possível até salvar vidas – médicos estão experimentando marca – passos monitorado e até controlado remotamente. Se o paciente sofrer um ataque cardíaco ou outro acidente, o dispositivo *Bluetooth* chamará a ambulância imediatamente, transmitindo, ao mesmo tempo, a localização exata do paciente e um diagnóstico.

O significativo número de participantes do *Bluetooth* assinala seu futuro sucesso; são poucas as empresas importantes de computadores que não investiram milhões de dólares nessa tecnologia. O *Bluetooth* causará uma revolução nas redes ou um constrangimento para a indústria maior que o do *Iridium*.

3.3 WAP (Wireless Application Protocol)

Em 1997, a operadora norte-americana *Omnipoint* decidiu implementar um serviço de *Web* móvel. Como não tinha idéia de como implementá-lo ou quais tecnologia deveria utilizar, a operadora abriu um processo para uma concorrência de propostas. Qualquer pessoa ou

empresa que tivesse uma proposta para dados sem fio poderia submetê-la à *Omnipoint* e explicar como atenderia aos clientes da empresa e como aumentaria a receita.

Quatro empresas aceitaram o desafio. Os fornecedores de telefones celulares Nokia, Ericsson e Motorola sugeriram suas próprias variantes de serviços de mensagens, enquanto a *Planet* submeteu o HDML. Todas as propostas apresentavam vantagens, mas também a grande desvantagem de serem proprietárias: os clientes da *Omnipoint* ficariam obrigados a comprar telefones e software de um determinado fornecedor, de maneira semelhante ao que ocorre com muitos usuários de PC que se vêem limitados a Microsoft.

A *Omnipoint* informou aos proponentes que não aceitaria soluções proprietárias – os proponentes deveriam se reunir e definir um padrão. O resultado foi a formação do *WAP* Fórum, formado originalmente por essas quatro empresas, mas sem a própria *Omnipoint*. Um ano depois, o fórum foi aberto a novos membros e foi anunciada a primeira versão do *Wireless Application Protocol*.

O *WAP* não é a única solução não-proprietária. O C-HTML também é aberto e tem o apoio do consórcio W3C. Entretanto, o *WAP* difere de outros sistemas para a *Web* sem fio por não ser apenas uma linguagem de marcação – é uma nova pilha de protocolos completa, projetada para superar alguns problemas específicos das redes sem fio, como a alta latência e a flutuação. Isso o torna mais complicado do que o C-HTML, mas também mais confiável, se o *WAP* Fórum for merecedor de confiança.

3.3.1 Arquitetura WAP

Embora utilize seus próprios protocolos, o *WAP* é projetado para ser compatível com a Internet. As páginas escritas em WML (*Wireless Markup Language* - linguagem de programação utilizada para especificar páginas da Web otimizadas para dispositivos sem fio de pequenas dimensões, como os telefones móveis.) podem viajar pela Internet com a utilização do http comum sobre TCP/IP, sendo em seguida convertida para o *WAP* no *gateway* entre a Internet e as redes sem fio.

A conversão do protocolo leva a um enfraquecimento da segurança, pois as duas pilhas de protocolos utilizam sistemas diferentes de criptografia (processo de codificação de dados anterior à transmissão, impedindo que curiosos sejam capazes de decifrá-los, utilizando algoritmos para transferência de dados segura, que pertencem a duas categorias: simétricos assimétricos, que dependem de operações matemáticas, utilizando número secreto, conhecidos

como chave). Os dados são criptografados na Internet com a utilização de camada SSL; também são criptografados em um link sem fio com o WTLS.

Porém, entre as duas criptografias, os dados ficam vulneráveis. As operadoras de *sites* em que a segurança é importante precisam agir como os ISPs ou confiar inteiramente no que seus clientes estão utilizando para realizar a discagem. Na maioria dos casos, é a operadora móvel, mas pode ser qualquer outro meio.

O *WAP* costuma ser descrito como um protocolo centrado em redes, indicando que a maior parte da inteligência está embutida na rede e não no telefone comparativamente “burro”. Isso pode causar problemas de compatibilidade, principalmente quando é utilizado o WMLScript. Enquanto os navegadores comuns da Internet contêm um interpretador para sua linguagem de script, o mesmo não ocorre com a maioria dos telefones móveis. Em vez disso, o script precisa ser compilado pelo *gateway*, um processo que depende do tipo de chip do processador dentro do telefone. Para assegurar o funcionamento do *WAP*, os *gateway* precisam ser testados com todos os processadores e atualizados sempre que ocorrer o lançamento de um telefone baseado em um novo processador. Esse problema é agravado pela inexistência de um padrão para os processadores dos telefones; embora o x86 da Intel seja de fato um padrão para PCs, ainda não existe algo semelhante no mundo de telefones celulares.

3.3.2 WWW: MMM

Geralmente os telefones *WAP* não parecem diferentes dos que não têm capacidade de Internet. Às vezes tem uma tela um pouco maior ou um controle para navegar pela tela, mas, até nesses casos não se pode assegurar que estejam prontos para a Internet. Muitos telefones começaram a incluir telas para jogos ou exibição de mensagens SMS.

Para facilitar a identificação dos dispositivos *WAP*, muitos deles são marcados como WWW: MMM, que significa *World Wide Web: Mobile Media Mode*. As empresas de telefone esperam que isso se torne uma marca própria do setor, permanecendo até depois da existência do WAP.

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 *paggers*). A Figura 22 ilustra este cenário.

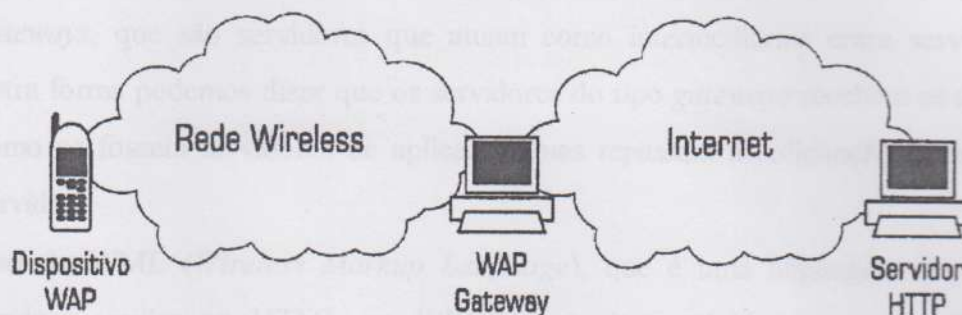


Figura 22: Exemplo de Ambiente WAP

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 Fórum*.

Dentre um vasto de exemplos de serviços que estão disponíveis para os usuários *WAP*, podemos citar o acesso aos bancos, informações da bolsa de valores, notícias de jornais, informações de previsões 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* (*word wide web*) convencional. O modelo *WWW* 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 browser*. Um *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.
- 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 Tansport 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 *gateways* 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 script baseada no *JavaScript*TM 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 23. 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.

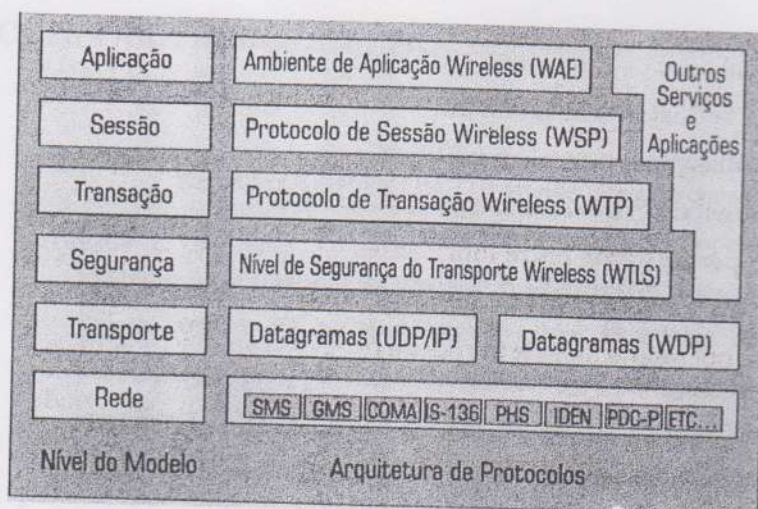


Figura 23: Arquitetura de Protocolos WAP

4 APLICAÇÕES PARA REDES SEM FIO

Segundo DORNAN (2001) o grande interesse comercial por dados móveis e pela *Web* sem fio está realmente direcionado a um aspecto: a promessa de um grande e novo mercado de produtos e serviços. Na Inglaterra, o primeiro país a leiloar licenças 3G, as operadoras pagaram 35 bilhões de dólares ao governo simplesmente pelo privilégio de utilizar uma parte do espectro de rádio. Isso corresponde a mais de 600 dólares por pessoa no país, e as operadoras devem acreditar que serão capazes de recuperar todo esse valor em tarifas.

Adicione a isso os custos de construção efetiva da rede, com subsídio de telefones e marketing e talvez as operadoras concluirão que será muito difícil obter lucro algum dia. Ainda assim existe a previsão de lucros e o valor das ações das empresas envolvidas no espaço *wireless* acompanhou seus predecessores da Internet fixa. Em abril de 2000, a *Vodafone* assumiu a respeitada *British Telecom* para se tornar a maior empresa de comunicação da Grã-Bretanha e também a maior empresa de qualquer tipo em termos de valor de mercado. Era grande o bastante para derrotar a *American Airtouch* e o poderoso conglomerado alemão *Mannesmann*, além de enfrentar o governo inglês em relação a tarifas e normas de planejamento. Principal fabricante de telefones celulares e empresa de maior valor da Europa, a Nokia é responsável por mais da metade do valor da bolsa finlandesa.

Ainda de acordo com DORNAN (2001), alguns dos lucros planejados serão obtidos pelos serviços de telecomunicações conhecidos: ligações telefônicas e acesso à Internet. Embora os preços nessa área estejam caindo continuamente, o valor geral que os usuários gastam com esses serviços está aumentando, por causa da grande popularidade dos telefones móveis e da Internet. As operadoras sem fio esperam ser capazes de fazer com que seus negócios cresçam até mais rapidamente do que o setor como um todo, conquistando clientes das empresas de telecomunicações de linhas fixas (telcos). Entretanto, apenas isso não produzirá a receita de que as empresas precisam para permanecer no negócio.

Considera-se que a maior parte da receita seja obtida com o comércio eletrônico móvel ou *m-commerce*. De acordo com o grupo de analistas da *Ovum*, o *e-commerce* será um mercado de vários trilhões de dólares em 2003, quando mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo serão proprietárias de um terminal sem fio de algum tipo, em sua maioria com capacidades de Internet. Os céticos apontam que as experiências de utilização de telefone WAP ou de tecnologias semelhantes proporcionam resultados muito aquém da navegação na

Web convencional, sem motivar o mundo off-line. Considerando-se que existem muitas outras oportunidades de comércio, por que as pessoas escolheriam a utilização do telefone móvel?

A resposta está mais relacionada às operadoras do que aos próprios clientes. Muitas pessoas portam seus telefones o tempo todo, mesmo quando estão distantes de uma loja, de um PC conectado à Internet ou de qualquer outro recurso que possa ser utilizado para lhes vender algo. O *m-commerce* fornece aos comerciantes a capacidade de entrar em contato com clientes potenciais a qualquer hora e de acompanhar seus movimentos no ciberespaço e no mundo real.

4.1 Planos de M-Business

Um negócio moderno de *e-commerce* não será necessariamente traduzido de maneira adequada para a *Web* sem fio, porque o telefone celular é mais apropriado para alguns tipos de compras. A urgência faz com que seja um tipo de negócio útil para transações em que o tempo é importante, mas a tela pequena desestimula as pessoas a navegar intensamente; é provável que um *site* de leilão ou de lances no último minuto seja mais bem-sucedido do que um *site* vendendo livros ou hardware de computador.

Isso não impediu que empresas do segundo tipo se aventurassem no *m-commerce*. Os custos dessa iniciativa são muitos baixos para e-comerciantes já estabelecidos e, por isso, quase todos têm algum tipo de plano para um *site WAP*. Existe menor unanimidade a respeito do objetivo exato desses novos *sites*. Com os analistas concordando que a tecnologia *wireless* é o próximo "grande acontecimento", às vezes parece que as empresas pontocom precisam ser vistas fazendo algo *wireless*, para manterem sua reputação de "mercado de tecnologia" entre os investidores.

Provavelmente os negócios *wireless* mais bem-sucedidos serão aqueles que não podem ser realizados na Internet fixa ou até no comércio tradicional. Serão negócios que oferecem vantagens exclusivas do telefone celular, ou seja, mobilidade e onipresença, dependendo menos do que a *Web* da existência de uma alta capacidade de dados e dispondo da atenção total do cliente. Muitas aplicações ainda não foram inventadas; como nos primeiros dias da *Web*, ainda estão se formando nas mentes dos futuros empresários. Entretanto, algumas são mais aparentes e já vêm atraindo bastante atenção.

4.1.1 Compras por comparação

A beleza da Internet, segundo o ponto de vista do comprador, é permitir fazer compras sem a necessidade de se deslocar fisicamente pelas lojas.

Basta um clique em uma série de *hyperlinks* ou executar um programa capaz de consultar automaticamente *sites* como *amazon.com*, *borders.com* e *bn.com* para se obter o preço de um livro. Tudo isso transformou a *Web* em um ambiente brutalmente competitivo para empresas envolvidas com o comércio eletrônico b2c (*business-to-consumer*) e tem até causado processos judiciais nos quais as empresas tentam bloquear ferramentas de compras automatizadas e impedi-las de verificar seus preços. Porém, tudo isso poderá proporcionar oportunidades na área da tecnologia *wireless*.

Um terminal móvel de Internet significa que os clientes podem acessar essa capacidade para fazer compras em qualquer lugar onde estejam. Se encontrar algo de que goste em uma loja, o cliente poderá comparar instantaneamente o preço desta loja com os *sites* de *e-commerce* (comércio eletrônico) em toda a Internet. Algumas empresas de telefonia estão até planejando terminais de dados com leitoras de código de barra embutidas exatamente com esse objetivo. O cliente poderá até não perder tempo com menus, nem visitar os *sites* – bastará digitalizar o código de barras e permitir que um agente de compras automatizado pesquise o preço mais barato na *Web*.

O sistema enfrenta alguns obstáculos e o mais óbvio é que as lojas reais desaparecerão, se as pessoas apenas as utilizarem para procurar produtos e, em seguida, gastarem seu dinheiro on-line. Outro obstáculo é que os shoppings são lugares notoriamente difíceis para se conseguir um sinal móvel. Costumam ficar próximo a estações do metrô ou embaixo de estacionamentos e sofrem muita interferência eletromagnética causada pelos sistemas de segurança de todas as lojas. Os proprietários de lojas podem melhorar a recepção, instalando micro-células, mas é improvável que façam isso, se a fraca recepção dos aparelhos móveis estiver de acordo com as suas próprias premissas.

4.1.2 Operações bancárias

A idéia é um telefone conectado permanentemente à conta bancária do cliente. Com a capacidade de realizar transações em tempo real, esse "banco em seu bolso" poderá substituir os pagamentos em dinheiro e os cartões de crédito no mundo off-line tanto quanto no ciberespaço. Com o pressionar de um botão, as pessoas enviarão dinheiro para máquinas de

venda automática e para caixas eletrônicos em lojas ou até pagarão aos filhos uma mesada eletrônica.

A realidade é muito mais primitiva, mas é esperado que avance rapidamente. Várias empresas afirmaram oferecer "banco por telefone móvel" em 1999, embora muitas vezes isso tenha significado pouco mais do que enviar ao cliente uma mensagem SMS, contendo o saldo da conta. Algumas ofereceram serviços mais interativos, utilizando aplicações personalizadas, executadas com o *SIM Toolkit*. Geralmente, as ferramentas permitem que os clientes realizem transferências de dinheiro, mas apenas entre suas próprias contas; as pessoas podem movimentar suas economias na conta corrente, mas não podem pagar a conta de luz.

Os bancos ficaram entusiasmados com o *WAP* e foram os primeiros a adotá-lo na primavera de 2000. Ao mesmo tempo, a empresa de análise *Datamonitor* previu que em 2004 o banco por telefone móvel será utilizado por 16 milhões de europeus, com outros 5 milhões acessando serviços semelhantes em suas TVs. Entretanto, esses clientes potenciais parecem menos entusiasmados com a idéia do que os próprios bancos e analistas. Como uma tentativa de impulsionar rapidamente seus serviços *WAP* e outros serviços de Internet, alguns bancos ingleses criaram deliberadamente longas filas nas agências, com a intenção de obrigar os clientes a visitá-los pessoalmente. Em sua defesa, afirmam que o fechamento de agências para redução de custos é a única maneira de competir com os novos bancos com acesso exclusivo via Internet.

O *WAP* oferece a possibilidade de muitos outros serviços além da simples notificação de saldo, dos quais o mercado de ações é o único capaz de entusiasmar os agentes de vendas. Sua publicidade afirma que as pessoas serão capazes de visualizar cotações em tempo real e de negociar transações enquanto estiverem fora de suas mesas de trabalho, o que vem se tornando necessário em um mundo no qual muitas empresas são listadas em mais de um índice e as bolsas estendem seus horários de funcionamento. Entretanto, os potenciais negociadores noturnos precisam lembrar que o serviço ininterrupto raramente é garantido e a própria natureza dos mercados de valores implica que provavelmente os sistemas ficarão sobrecarregados exatamente quando forem mais necessários. Muitos corretores da Web e até por telefone não conseguiram atender à demanda de vendas até durante a ocorrência de pequenas oscilações de cotações, impossibilitados de prestar qualquer ajuda aos investidores, que apenas recebiam mensagens de erro enquanto seu capital desaparecia. Sendo fixa ou móvel, a conexão é apenas tão boa, quanto o sistema que se encontra na outra extremidade.

O mesmo se aplica às operações bancárias mais comuns principalmente, a transferência de valores entre contas. Os bancos fazem o balanço de seus registros apenas uma vez por dia; se depositarmos dinheiro em um dia, geralmente só poderemos dispor deste valor no dia seguinte. Pior, ao transferir fundos entre contas com titulares de nomes diferentes, sem falar em bancos diferentes, poderão ser necessários dias ou até semanas. Isso ocorre por causa de um processo chamado compensação, herdado de uma época em que era necessário transportar fisicamente os cheques à sede do banco a cavalo ou em uma carruagem. A única forma de se movimentar dinheiro instantaneamente pelo mundo é enviá-lo por meio de empresas como a *Western Union*, que certamente cobra pelo serviço.

Para que o banco por telefone móvel funcione, os bancos precisarão de um sistema de compensação em tempo real, algo que levará muitos anos para ser configurado. Por enquanto, muitas empresas tentam promover seus sistemas proprietários de dinheiro digital – arquivos que não podem ser copiados e que são excluídos automaticamente quando movidos para outro computador. As unidades de dinheiro digital poderiam ser transferidas por *download* com a utilização de um telefone móvel e então empregadas para compras na Internet ou em qualquer outro lugar. Infelizmente, nenhum tipo de dinheiro digital obteve aceitação universal. As restrições às situações em que o dinheiro digital pode ser gasto faz com que se torne mais propriamente um bônus digital.

4.1.3 Publicidade

As operadoras móveis são responsáveis pelo sigilo sobre todos os tipos de informações relacionadas aos seus clientes, especificamente aonde vão e a quem telefonam. Essas informações têm valor óbvio para a publicidade e serão mais valiosas à medida que houver um número maior de serviços de dados disponíveis. A operadora que fornece aos clientes acesso a *Web* sem fio obtém informações sobre os *sites* que eles visitam e uma operadora com sistema de banco por telefone móvel pode saber como gastam seu dinheiro.

As operadoras móveis já podem registrar a localização exata de cada cliente, desde que o telefone esteja ligado e dentro da faixa. O cruzamento desses dados com um mapa permitiria descobrir em que período do dia o cliente está em casa, como utiliza seu tempo de lazer ou quais são as lojas que visita e com que frequência. O registro referente à localização do cliente poderia até ser comparado com o de outros clientes para revelar amizades e interesses

compartilhados, apesar de que essas informações talvez já sejam conhecidas pela operadora a partir dos registros de ligações telefônicas.

Esse tipo de análise é tecnicamente possível, mas raramente é realizado pelas operadoras. Pelo menos, por enquanto. Além de existir o risco de uma reação contrária dos clientes, a análise depende de tecnologias de exploração de dados que ainda são muito caras. Vários *sites* da *Web* tendo que o registro de localização, e apenas se depararam com uma massa enorme de dados, sem saber o que fazer para processá-los. Para muitos candidatos a Big Brother, o custo dos discos rígidos necessários ao armazenamento de um banco de dados tão extenso é muito superior ao seu valor comercial.

Entretanto, as operadoras móveis acreditam que, no futuro, a publicidade será um mercado importante. Sabendo que as pessoas simplesmente desligarão seus telefones, se ocorrer um *spam* de mensagens comerciais, em seu lugar as operadoras propõem serviços denominados "*pull*" (puxar). O cliente pode solicitar a localização da pizzeria mais próxima, por exemplo, e receber anúncios de outras pizzarias que não são necessariamente as mais próximas, mas oferecem ofertas especiais. Esse é o modelo das páginas amarelas: todos os negócios aparecem listados, mas aqueles que pagam um pouco mais são colocados em posição de destaque. A diferença está no fato de a operadora gerar receita nos dois lados da transação – com a publicidade e com a cobrança aos clientes que vêem a publicidade.

4.1.4 Serviços específicos a um local

Apesar de as pessoas muitas vezes não concordarem com a iniciativa de empresas ou agências governamentais saberem quem elas são, a capacidade de apontar sua própria localização pode ser muito útil. Muitas operadoras planejam versões mais avançadas de serviços baseados em localizações existentes, não só por sua exatidão estar aumentando, mas também porque a maior velocidade de dados permitirá que informações mais úteis sejam enviadas como resposta às solicitações do usuário.

O exemplo mais óbvio é o mapeamento. Em vez de carregar mapas de ruas, as pessoas poderão apenas pressionar um botão em um dispositivo móvel e visualizar um mapa completo com efeitos de zoom e uma seta apontando "você está aqui". Isso realmente é possível desde o início dos anos 90, mas exige um receptor GPS ligado a um computador laptop com todos os mapas relevantes armazenados na memória. A miniaturização integrará o dispositivo GPS em

um terminal móvel ou utilizará a rede para determinar a localização. Os mapas serão transferidos por *download* conforme necessário, em vez de ficarem armazenados localmente, permitindo sua atualização constante e utilização em qualquer parte do mundo.

Outros serviços específicos ao local, como previsões meteorológicas precisas, também podem ser implementados. Apesar de a previsão do tempo ser, na melhor das hipóteses, uma ciência inexata, os erros são comparativamente menores em relação a períodos curtos. Dificilmente as pessoas estão interessadas na previsão do tempo de uma semana em algum momento no futuro e apenas desejam saber a resposta para perguntas como "quando vai parar de chover?" Ou "haverá relâmpagos nas próximas duas horas?". Essas perguntas realmente podem ser respondidas com um alto grau de precisão, mas o problema sempre está relacionado a como levar essas informações aos clientes. A televisão e o rádio cobrem áreas muito extensas, impedindo informar a cada telespectador ou ouvinte o horário em que haverá um temporal no local onde residem. O telefone móvel poderá proporcionar essa informação.

Algumas operadoras consideram os serviços baseados em um local como um cavalo de Tróia para a publicidade baseada em locais. As operadoras sabem que os clientes não concordarão com o registro pelos comerciantes de sua posição exata, mas esperam que as vantagens dos serviços superem o temor com a privacidade.

4.1.5 Fluxo de mídia

Os fornecedores de telefones celulares costumam utilizar rádio estereofônico e até vídeo de alta definição como exemplos de aplicações que serão possíveis com as tecnologias 3G. A implementação de vídeo sob demanda tornará possível às operadoras móveis conquistar uma fatia do mercado de TV *pay-per-view*, permitindo que os clientes assistam a seus programas favoritos em qualquer parte do mundo onde estejam. O mesmo se aplica ao áudio – as pessoas serão capazes de ouvir estações de rádio em qualquer lugar, com interrupção automática ao receberem ligações.

Já existem telefones móveis com reprodução integrada de mp3, capazes de armazenar até uma hora de música. O grande problema é como fazer esse armazenamento; mesmo com qualidade inferior à de CD, uma hora de música equivale a pelo menos 32 MB, que, no ano 2000, exigiriam mais de sete horas para o *download* em um telefone GSM ou *cdma-One*. Música em tempo real com essa qualidade exigiria pelo menos 64 kbps, o equivalente a cinco

slots GPRS. Isso representa um grande e caro compromisso da largura de banda, principalmente no caso de aplicações já disponíveis para rádios à moda antiga.

Ainda longe de assumirem o lugar das transmissões de rádio e de TV, as operadoras móveis poderão perdê-las no mercado que procura serviços de dados lucrativos. Muitas estações de rádio FM oferecem serviços RDS (*Radio Data System*), uma forma de transmitir pequenos lotes de dados juntamente com o sinal analógico. Sua aplicação inicial era informar se destinava somente aos rádios de carros. A idéia era que, à medida que os motoristas se deslocavam entre as áreas do transmissor, o rádio poderia ser ajustado de maneira automática.

Conforme os serviços RDS foram adotados em sistemas estereofônicos domésticos e até em dispositivos *Walkman*, as transmissões adicionaram mais informações, como o nome do artista e a faixa que está sendo executada em uma estação de música. O sistema para carros também está sendo aperfeiçoado com um padrão ETSI chamado TPEG (*Transport Protocol Experts Group*). Esse padrão será capaz de sugerir automaticamente rotas alternativas aos motoristas que estejam próximos de um engarrafamento de trânsito ou até avisar que utilizem o transporte público, enviando uma lista de horários de ônibus e trens adequados.

O serviço RDS é limitado a uma velocidade de dados de cerca de 1 kbps, mas seu sucessor é bem mais assustador para o setor móvel. O DAB (*Digital Audio Broadcasting*) oferece a capacidade de 2,4 Mbps por canal, apesar de a regulamentação de muitos dos governos exigir que a maior parte seja utilizada para o fluxo de áudio. Mesmo assim, ainda resta disponibilidade suficiente para a transmissão de fotografias ou de desenhos vetoriais com muitos detalhes. Em 2000, vários países europeus já iniciaram alguns serviços comerciais DAB e a BBC (*British Broadcasting Corporation*) até utilizou o sistema para a transmissão de páginas da *Web*. A versão digital do *Teletext*, um popular sistema europeu capaz de codificar dados em canais de TV, também poderá ser empregado para o acesso de alta velocidade a *Web*.

O ponto fraco comum ao DAB, RDS e *Teletext* é a ausência de um canal de retorno e, por isso, as pessoas não podem solicitar informações. Entretanto, alguns serviços baseados em locais, como informações sobre viagens e o tempo, são tão populares, que até poderiam ser transmitidos a todas as pessoas. Um receptor incluindo o sistema GPS poderá adequar automaticamente as informações de acordo com a posição exata do usuário.

4.1.6 Jogos

Jogos simples já foram incluídos em telefones móveis e PDAs há algum tempo, mas a comunicação baseada em pacotes abre a possibilidade de se competir com outros jogadores. Um pequeno dispositivo portátil não é a plataforma ideal para jogos – os jogadores são o principal mercado para os PCs *desktop* mais rápidos e poderosos – mas sua portabilidade oferece uma vantagem. Quem não costuma investir seu tempo ou dinheiro em jogos ainda será capaz de apreciar a diversão proporcionada enquanto permanece na linha ou aguarda um ônibus.

Em conjunto com as operações bancárias on-line, os jogos entre vários jogadores fornecem a possibilidade de realizações de apostas. Embora seja ilegal na maioria dos estados dos Estados Unidos, o sistema de apostas já está sendo testado por muitas operadoras fora do país. Até a loteria nacional da Inglaterra tem planos para permitir que as pessoas façam seus jogos por telefones móveis, uma possibilidade que causou preocupação por parte de grupos de apoio antijogo. Esses grupos temem que os telefones funcionem como máquinas caça-níqueis de bolso, com linha direta para as contas bancárias dos usuários.

5.1 Considerações para o uso de Wireless

Apesar de estar evoluindo muito nos últimos anos, as tecnologias wireless para comunicação de dados, está é uma tecnologia que ainda está em desenvolvimento. Antes de decidir-se pelo seu uso imediato, considere as seguintes preocupações quando estivermos planejando uma rede sem fio:

• Avaliar se existe ou não alternativas (conhecidas) conhecidas que resolvam a necessidade, pois o investimento em tecnologias wireless neste momento pode não se pagar devido em vista a perspectiva de novos equipamentos muito em breve.

• Caso não existam alternativas viáveis imediatamente ou economicamente, deve-se fazer um teste prévio do equipamento que for ser utilizado, para se certificar que os

5 CONCLUSÕES

Este trabalho resultou de um estudo sobre as implantações de redes sem fios como uma alternativa viável para um futuro que dele não podemos fugir. Além disso, foram analisados os protocolos e as tecnologias aplicadas para um público que ainda não se sente à vontade com o mundo da tecnologia *Wireless LAN*.

As empresas nos países do primeiro mundo, tais como EUA e Canadá, estão investindo nesta tecnologia e mostrando que é viável fazer uso dos dispositivos sem fio. A segurança e a confiança são os principais requisitos para as tecnologias das redes sem fios conquistar este público, que olha com uma certa desconfiança e ao mesmo tempo com um certo interesse, em fazer uso de uma tecnologia que oferece uma facilidade de extrema necessidade para um mundo negócios competitivos.

A tecnologia que mais me chamou atenção, durante a realização deste trabalho, foi a tecnologia *BLUETOOTH*, pelos seus projetos ambiciosos e atraindo atenções das empresas não só de computação e telecomunicações, como também das empresas de produtos eletro-eletrônicos, formando uma interação entre elas e revolucionando o mundo da tecnologia sem fio. Não subestimando o mérito das outras tecnologias, *WAP* e a IEEE 802.11, mas o padrão *BLUETOOTH*, é uma tecnologia que provoca entusiasmo, sendo uma alternativa ao padrão IEEE 802.11b. Enfim, o *BLUETOOTH* apresenta-se como uma inovação para o mundo da comunicação sem fio.

5.1 Considerações para o uso de Wireless

Apesar de se ter evoluído muito nos últimos anos em tecnologia *wireless* para comunicação de dados, esta é uma tecnologia que ainda está em desenvolvimento. Assim, antes decidirmos pelo seu uso imediato, tomaremos as seguintes precauções, quando estivermos projetando uma rede sem fio:

- Avaliar se neste momento não existem alternativas (econômicas) com fio que resolvam a necessidade, pois o investimento em tecnologias *wireless* neste momento pode não se pagar tendo em vista a perspectiva de novos lançamentos muito em breve.
- Caso não existam alternativas viáveis tecnicamente ou economicamente, deve-se fazer um teste prévio do equipamento que for ser utilizado, para se certificar que no

ambiente não existem barreiras ou interferências que impeçam de se fazer à comunicação. O teste também é recomendável para conferir se a performance final obtida está de acordo com as expectativas.

- Não devemos esquecer que a instalação nem sempre é trivial, especialmente quando são utilizadas antenas especiais, como na interligação de redes entre edifícios distintos, requerendo técnicos especializados em RF (radiofrequência) para elaboração de projeto, instalação física e testes de avaliação.

5.2 O Futuro do wireless

A instalação de novas redes de telefonia digital, a chamada 2,5 G, bem como a especificação *WAP 2.0*, que agora inclui elementos de multimídia, são uma evolução importante para a popularização da utilização de dispositivos *wireless* para acesso à Internet. Essas novas redes sejam elas CDMA 1xRTT ou GSM/GPRS, aumenta a banda largura para até 144 kbps e combinadas com a evolução dos telefones celulares, com telas coloridas, maior capacidade de memória, a inserção de Java Virtual Machine (JVM) e baterias com maior duração, permitirão uma experiência mais agradável do que o *WAP* proporcionou. O uso de comutação de circuitos nessas redes permitirá ainda que se permaneça conectado indefinidamente, e a cobrança seja feita por bit trafegado, diferenciando dessa forma, a utilização do celular para acesso à Internet ou para conversação.

As tecnologias GSM/GPRS proporcionam a utilização dos *SIMCARD*, cartão que possui suas informações pessoais e pode ser destacado e colocado em outro telefone celular, pode facilitar a utilização destes dispositivos para *m-commerce* (*mobile commerce*) efetivamente, na medida que pode funcionar como certificação digital. Espera-se a resposta da *Qualcomm* (detentora da tecnologia CDMA e evoluções) para o *SIMCARD*. Por outro lado, as tecnologias CDMA proporcionam, normalmente, a maior banda largura e representam para as operadoras, uma alternativa de menor custo para a migração para a 3G (terceira geração).

As operadoras de telefonia se deparam atualmente com o que pode ser considerado um dilema. Os custos da troca da rede 2G para 2,5G são extremamente altos e espera-se para 2004 ou 2005 a chegada da 3G, que por enquanto, é realidade somente no Japão, ainda que tenha enfrentado alguns problemas no princípio. O resultado é que as operadoras não querem investir a quantia necessária para a migração para o 2,5G, sabendo que dificilmente recuperarão o investimento e obterão lucro até a entrada do 3G, que representa novamente um

custo de alteração da rede e migração para o CDMA2000 ou WCDMA, as duas “portas de entrada” para o 3G. No Brasil, até o presente momento, apenas uma operadora migrou para o 2,5G (CDMA para CDMA 1XRTT), espera-se até a chegada do segundo semestre de 2002, a migração de alguma outra operadora do TDMA para o GSM/GPRS.

Outra tecnologia que provoca reações de entusiasmo é o *Bluetooth*, especificação para redes sem fio que utiliza a faixa de frequência de 2,4GHz. Apesar de alguns problemas apontados na segurança das conexões e na faixa de frequência utilizada, o *Bluetooth* mostra-se como alternativa ao 802.11b, protocolo definido pelo IEEE para utilização de redes sem fio. O *Bluetooth* é um chip, portanto pode equipar diversos dispositivos, sejam eles computadores ou não. Essa característica contribui para o conceito de computação universal *wireless*, onde através da instalação do *Bluetooth*, poder-se-ia, por exemplo, ligar aparelhos eletrônicos através de um dispositivo *wireless*.

A utilização de um servidor central no local permitiria que essa operação fosse feita à distância, por exemplo: manda-se um e-mail para casa, avisando o servidor para gravar determinado programa de TV. O servidor envia a mensagem para o VCR equipado com o *Bluetooth*, que inicia a operação. O limite para a utilização do *Bluetooth* é a criatividade dos desenvolvedores. O custo do chip ainda deve reduzir para sua utilização em larga escala, mas as possibilidades e os investimentos por parte dos grandes *players* das telecomunicações e TI são grandes.

5.3 Sugestão para trabalhos futuros

Como sugestões de trabalhos a serem desenvolvidos nesta área, os seguintes assuntos poderão ser abordados: comparação mais precisa entre as várias tecnologias de comunicação de dados sem fio; problemas que podem surgir no uso das redes *wireless*; ampliações e melhorias no uso das tecnologias sem fio.

Referências Bibliográficas

- ✎ COLETTTO, Luiz Henrique. *Wireless*. Disponível em:
http://www.cirp.usp.br/cursos/cursos_wireless/wireless.html. Acesso em 18 out. 2002.
- ✎ DI AGUSTINI, Ana Patrícia M. Vilha. **Novos papéis da tecnologia para internet**. Disponível em: <http://www.revista.unicamp.br/infotec/artigos/anapatr2.html>. Acesso em 20 out. 2002
- ✎ DORNAN, ANDY. *Wireless Communication*: o guia essencial de comunicação sem fio. Tradução de Fábio Freitas. Rio de Janeiro: Campus, 2001
- ✎ DOLFO, Oscar; FRANCO, Cristiano Roberto; MACHADO, Dante Ozório; HEYMER, Mourylise. Wireless: Solução para o novo milênio. **Developers Magazine**. Rio de janeiro, n 67, p. 10-24, abril 2002.
- ✎ SOUZA, Maxuel Barbosa de. *Wireless*: sistemas de rede sem fio. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.
- ✎ TECNOLOGIA de rede sem fio. **Estadão**, São Paulo, 17 jun. 2002. Disponível em: <
<http://www.estadao.com.br/tecnologia/informatica/2002/jun/17/72.htm>. Acesso em 20 out. 2002
- ✎ ZANETTI, Alberto René; GONÇALVES, Leandro de Carvalho. **Redes Locais sem fio**. Disponível em: <http://www.dc.ufscar.br/~carvalho/WLAN/index.html> . Acesso em 21 out. 2002.