

# Sistemas de Comunicação Wireless

## Definição

Uma conexão wireless é qualquer forma de conexão entre dois sistemas transmissor e receptor de dados que não requeira o uso de fios. Para tanto são utilizadas frequências de rádio ou sinais luminosos, geralmente na faixa de infra-vermelho. Utiliza como meio de transmissão o ar ou o vácuo. Sistemas de comunicação wireless podem permitir o tráfego de voz, dados, ou ambos.

Os sistemas de comunicação wireless representam um mercado em elevado crescimento, com previsão de atingir US\$ 8 bilhões em vendas no ano 2000 (fonte: Texas Instruments, 1998).

## Características

### **Modulação**

Em um sistema de comunicação sem fio que utilize ondas de rádio a informação a ser transmitida é modulada em um portadora. Ou seja, ela é posicionada no espectro de frequências de modo que o mesmo meio físico possa trafegar informação de vários transmissores, desde que estes estejam utilizando uma faixa não ocupada. Por meio da modulação é possível fazer o deslocamento do espectro da informação para outra região não ocupada.

### **Elevada atenuação do meio físico**

A potência das ondas de rádio tem um gradiente de atenuação proporcional a  $1/r^3$ , valor bastante elevado quando comparado com um meio de transmissão como fios de cobre. Isto limita o alcance de um transmissor. Por outro lado evita a interferência entre transmissores operando na mesma faixa de frequências.

### **Elevada taxas de erros**

A taxa de erros média em um canal de comunicação com fios é melhor que  $10^{-6}$ . Em canais wireless, como a telefonia celular, a taxa de erros é de  $10^{-3}$ . Esta taxa elevada exige que dispositivos de comunicação wireless possuam sistemas de detecção e correção de erros.

### **Interferências**

Como o meio físico é compartilhado por todos os transmissores existe o problema da interferência quando estes possuírem potência suficiente e estiverem operando na mesma região do espectro. Para evitar este problema a utilização do espectro é regulamentada por agências governamentais (ITU, FCC, etc)

### **Espectro de frequências regulamentado**

O espectro de frequências foi internacionalmente regulamentado e dividido em regiões com finalidades bem definidas. Por exemplo, a faixa de frequências destinadas a radiodifusão (*radio broadcasting*) AM é 600-1600 KHz e FM é 88-108 MHz. De particular interesse são as faixas ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), que vão de 902-928 MHz, 2400-2483 MHz e 5725-6850 MHz, reservadas para transmissão de dados, e podem ser usadas sem licença para potências de transmissão menores que 1 W.

### **Baixa velocidade**

Devido a escassez do recurso que é o espectro de frequências, as regiões reservadas para o uso em comunicação de dados são limitadas em largura de faixa. Deste modo a informação a ser transmitida, que irá modular a portadora, não pode possuir uma frequência tal que o sinal modulado ultrapasse a região alocada a ele.

## Mobilidade

O fato de não existirem fios ligando os dispositivos de comunicação permite que estes ofereçam mobilidade. Para explorar esta vantagem torna-se vital o baixo consumo nos transmissores/receptores para que estes possam ser alimentados com baterias pequenas. Uma dificuldade decorrente desta característica é a necessidade de monitorar a localização do dispositivo de comunicação dentro das áreas de cobertura do sistema de comunicação, para que se possa contactá-lo onde ele estiver.

## Transmissão de Voz

### Características

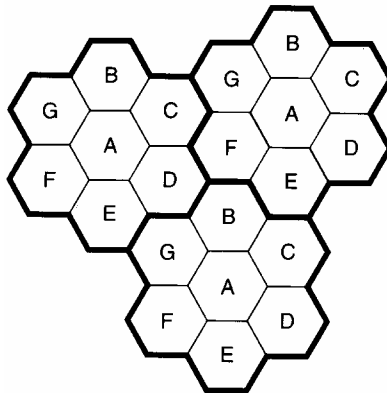
São sistemas de comunicação orientados a conexão, realizada por meio do estabelecimento de circuitos. A tarifação é feita baseada no tempo de conexão, pois as taxas de transmissão de dados são reduzidas. Como a comunicação é interativa o tempo de latência destes sistemas devem ser menores que 100ms.

### Telefonia Celular

A área de cobertura é dividida em células de tamanho limitado que são cobertas por uma estação-base, ligada às outras estações-base através da rede de comunicação normal, com fios. As estações-móveis são os telefones que comunicam-se com a estação-base que ofereça a melhor qualidade de comunicação. Quando uma estação-móvel sai da área de cobertura de uma estação-base (*roaming*) e passa para outra, isto é feito automaticamente pelo sistema (*handoff*) e uma central de chaveamento integrada ao sistema é alertada para permitir que a estação-base correta ser acionada para contactar a estação-móvel.

### Analógica

Existem vários padrões, desenvolvidos em vários países (AMPS, TACS, JTACS, etc). O padrão adotado no Brasil é o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), desenvolvido pela Bell nos anos 70 e instalado a partir de 1982. Possui células de 2-20 Km de diâmetro, o que permite que os transmissores portáteis possuam baixa potência, da ordem de 600 mW. Opera nas faixas de frequência de 824-849 MHz para transmissão e 869-894 MHz para recepção, com 30 KHz para cada canal, possuindo assim 832 canais full-duplex. Os canais são divididos em 7 grupos e arranjados de modo que um grupo não interfira com outros.



Se uma célula não suporta o número de conexões suficiente ela pode ser diminuída para elevar a densidade de usuários. O sistema de transmissão é analógico e não existe nenhum tipo de codificação na informação transmitida.

### Digital

Neste sistema o sinal de voz é digitalmente codificado e comprimido para permitir a existência de mais canais. Os padrões norte-americanos IS-54 e IS-95 são compatíveis com o sistema AMPS, utilizando as mesmas faixas de frequência. No padrão IS-54 o uso das frequências é mais eficiente que o AMPS devido ao

processamento digital do sinal de voz. Num mesmo canal este sistema pode oferecer até 3 canais de voz. Já o IS-95 é bastante diferente e não foi projetado com vistas a compatibilidade com o AMPS. As faixas de frequências de operação são outras, a largura dos canais é diferente e a modulação idem. A vantagem é que oferece mais canais que o IS-54. Ambos os sistemas oferecem uma taxa líquida de transmissão de dados equivalente a 9600 bps.

O padrão GSM é uma sistema de telefonia digital desenvolvido por um consórcio de países europeus e pretende ser adotado em toda a Europa, eliminando o problema dos vários padrões presentes no continente. No seu desenvolvimento não se buscou a compatibilidade com nenhum sistema analógico anterior. Opera em 890-915 MHz e 935-960 MHz ou em 1800 MHz. A taxa de transmissão de dados deste sistema também é de aproximadamente 9600 bps.

## CDMA

Esta é uma técnica de acesso a meio muito utilizada em telefonia celular digital, que permite o acesso ao meio simultâneo com outros transmissores, sem exigir reserva de meio ou detecção de colisão. Funciona através da operação XOR de cada bit da informação com um código binário com N bits (os códigos devem ser ortogonais entre si). O sinal assim processado tem uma frequência N vezes maior, e ocupa uma faixa de frequências também N vezes maior. Com o receptor ciente do código utilizado pelo transmissor, é possível decodificar apenas a informação transmitida utilizando aquele código.

Fazendo uma analogia, seria como ter várias duplas em uma sala, cada dupla se comunicando em um idioma diferente. Apesar de todos estarem falando ao mesmo tempo é possível compreender as palavras no idioma conhecido, enquanto as outras conversas são ignoradas, consideradas como ruído.

O bit de informação ao ser processado com código é dividido em N partes conhecidas como chips. O código utilizado para espalhar a informação é chamado de sequência de chips. Quando se deseja transmitir um bit “1”, envia-se o código e quando deseja-se um bit “0”, envia-se o código negado.

Sincronizando o transmissor e o receptor e negociando entre eles o uso do mesmo código, pode-se criar um canal de comunicação exclusivo entre eles. Se for necessária uma nova transmissão simultânea com outro receptor, negocia-se o uso de outro código e assim cria-se mais um canal de comunicação, ocupando a mesma faixa de frequências do primeiro e não interferindo com ele.

## Telefonia Global

A telefonia global é uma extensão do conceito da telefonia celular, com área de abrangência mundial. Isto pode ser conseguido por meio de uma rede de satélites fazendo o papel de estações-base gerenciando as células na superfície. Esta solução é complexa por vários fatores – os satélites devem ter órbita baixa para minimizar o tempo de latência da comunicação e a potência dos telefones portáteis, e nestas órbitas os satélites tem um período orbital de 90 minutos (segundo a lei de Kepler o período orbital é proporcional ao raio orbital elevado a 2/3). Assim as células se deslocam rapidamente e o *handoff* é muito frequente. Por outro lado uma órbita baixa permite células menores e um melhor re-uso de frequências, tendo como consequência maior densidade de usuários.

### Iridium

O sistema de telefonia global Iridium foi desenvolvido pela Motorola e baseia-se em um arranjo de 66 satélites em órbita polar baixa de 750 Km. Cada satélite pode implementar até 48 células, com 174 canais full-duplex por célula, com capacidade de 283.272 canais para todo o planeta.

As frequências de operação dos *up-links* e *down-links* são em torno de 1.6 GHz (banda L). Os satélites comunicam-se entre si utilizando outras faixas de frequências.

## Transmissão de Dados

### PCS

São serviços de comunicação de dados de ampla abrangência e baixa velocidade (*Personal Communicatios System*). O exemplo mais comum é o serviço de *pager*. Além destes existem outros serviços mais versáteis que permitem também acesso a correio eletrônico ou transferência de arquivos, mas as baixas taxas de transmissão (em média 9.600 bps) limitam o uso mais amplo destes sistemas (RAM, Ardis, etc).

Alguns exigem uma infra-estrutura de cobertura provida pela empresa operadora do serviço. Outros, como o CDPD, aproveitam a infra-estrutura do sistema de telefonia celular analógica, utilizando os canais de voz que estão livres no momento. Os sistemas de telefonia digital normalmente oferecem os mesmos serviços dos PCSs.

## WLANs

Implementam redes locais sem necessitar o uso de fios. As velocidades estão na ordem de 1 a 2 Mbps, ainda abaixo das redes locais comuns. Os objetivos destes sistemas são os mesmos de uma rede local, mas sem as limitações impostas por uma infra-estrutura de fiação. São particularmente interessantes para terminais de conferência de estoque, terminais de ponto de venda e sistemas de informações médicas.

A primeira rede de comunicação de computadores foi *wireless*. Implementada no Havai, a rede Aloha era ideal para as condições da região pois não exigia nenhum meio físico lançado através do oceano para interligar as ilhas.

## Classificação

Redes WLANs podem ser classificadas quanto a topologia como redes em estrela e ponto-a-ponto. No primeiro caso existe um ponto de acesso único, normalmente conectado a uma rede com fios, que recebe as transmissões de todos os pontos de rede e repassa-as para os seus destinos, na rede cabeada ou não. No segundo caso não é necessário este dispositivo, e as estações comunicam diretamente entre si, formando redes *ad-hoc*. Neste caso para permitir sua integração com a infra-estrutura cabeada é necessário que um dos pontos *wireless* implemente um *gateway* para a rede com fios.

WLANs podem existir baseadas em ondas de rádio ou raios luminosos. Ondas de rádio permitem maior alcance e omnidirecionalidade. Raios luminosos permitem maior sigilo na transmissão e maior direcionalidade.

## IEEE 802.11

A real difusão de WLANs passa pela padronização. Até o momento existiam muitas implementações de tecnologias proprietárias para WLANs, com o consequente prejuízo de interoperabilidade. Para evitar este problema o IEEE desenvolveu um padrão para WLANs chamado 802.11 para normatizar as técnicas de acesso ao meio (MAC) e convencionar frequências e amplitudes na camada física (PHY), da mesma forma que o padrão 802.3 garante a interoperabilidade de placas de rede Ethernet. Este padrão permite que se estabeleçam tanto redes baseadas em pontos de acesso como redes ponto-a-ponto. As frequências de operação são as ISM. Foi aprovado no início de 1998 e já existem produtos comerciais seguindo estas normas. Um deles é a WaveLan II, um sistema de WLANs desenvolvido pela Lucent Technologies. Este sistema será usado como exemplo para descrever os vários aspectos do padrão.

## CSMA/CA

Este protocolo de acesso ao meio significa *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*, e é similar ao CSMA/CD utilizado em Ethernet. A maior diferença é que devido a atenuação no ar ser muito maior que num fio, as estações de rede *wireless* podem não detectar a transmissão de outra estação distante e consequentemente se houve a colisão e corrupção na informação transmitida para uma estação intermediária.

Este problema é resolvido utilizando pacotes de negociação RTS (*Request To Send*) e CTS (*Clear To Send*). O transmissor envia requisição do meio durante um certo tempo e o receptor apenas libera a transmissão se o meio estiver livre nas imediações. Outros transmissores que ouvirem os pacotes de RTS e CTS omitem-se de utilizar o meio pelo tempo especificado nos pacotes. Assim minimiza-se a possibilidade de colisão e não é necessário detectá-la. Quando um RTS não é respondido, devido a ruído ou colisão, o transmissor não recebe um CTS, e após certo tempo solicita transmissão novamente por meio de outro RTS. Este tempo aumenta exponencialmente a cada nova tentativa mal sucedida, da mesma maneira que na Ethernet.

## WaveLAN II

É um sistema de WLAN operando na faixa ISM de 2.4 GHz. Oferece velocidades de transmissão desde 1 MHz a 10 MBps, dependendo das condições do ambiente.

Quando utilizada na topologia estrela este sistema suporta o *roaming* automático, permitindo troca de ponto de acesso quando o sinal de um deles esteja muito fraco.

Economia de energia é um fator importante para dispositivos portáteis. Este produto oferece uma série de opções, como opção de redução de potência do transmissor e um modo de economia de energia chamado DOZE. Quando neste modo o sistema de recepção apenas é ativado em períodos de 100 ms sincronizados com o ponto de acesso, que nestes momentos envia pacotes alertando que existe informação buferizada nele a ser entregue as estações móveis. Neste caso estas voltam ao modo normal de operação, descarregam o buffer do ponto de acesso e voltam ao estado de economia de energia.