

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA  
DA COMPUTAÇÃO

**NEYLOR MICHEL**

**UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA PROBLEMAS DE  
COLISÕES DO PADRÃO IEEE 802.11B**

Orientadora

Prof.<sup>a</sup> Anita Maria da Rocha Fernandes, Dr.<sup>a</sup>

Florianópolis, Dezembro de 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA  
DA COMPUTAÇÃO

**NEYLOR MICHEL**

**UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA PROBLEMAS DE  
COLISÕES DO PADRÃO IEEE 802.11B**

Dissertação de Mestrado submetido à Universidade Federal de Santa Catarina para a  
obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientadora

Prof.<sup>a</sup> Anita Maria da Rocha Fernandes, Dr.<sup>a</sup>

Florianópolis, Dezembro de 2002

# UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA PROBLEMAS DE COLISÕES DO PADRÃO IEEE 802.11B

Neylor Michel

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistema de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

---

Prof. Dr. Fernando Alvaro Ostuni Gauthier (Coordenador)

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>ta</sup>. Dr<sup>a</sup>. Anita Maria da Rocha Fernandes (Orientadora)

---

Prof. Dr. Vitorio Bruno Mazzola

---

Prof. Dr. Roberto Willrich

*"O que transforma as pessoas em verdadeiros campeões são seus sonhos,  
pois sem eles não haveria sentido nossas disputas e batalhas por uma vida melhor."*

*Autor Desconhecido*

*“Quando queres plantar para um ano plante uma flor,  
Quando quiseres plantar para uma década, plantes uma árvore,  
Mas quando quiser plantar para uma vida, educa o homem.”*

## AGRADECIMENTOS

A Professora e Orientadora Anita Maria da Rocha Fernandes, pela paciência, incentivo e dedicação, durante a realização deste Mestrado.

Agradeço em modo especial minha família, minha mãe Neusa pelas horas e horas de sonos perdidas..., pelos conselhos em momentos difíceis e pelo simples fato de ser minha mãe o qual tenho um orgulho sem fim... ...Por meu pai Neri por ser um exemplo de homem trabalhador... Minha querida irmã Fernanda pela atenção prestada, idéias trocadas... e meu irmão André pelo carinho, amizade, momentos de diversão e descontração prestados durante esta jornada.

Aos amigos e colegas Betzek, Cardoso, Paulo, Rosane, Soelaine e Vilson pela amizade, carinho, sugestões, críticas, conselhos e principalmente pelos momentos de diversão e descontração que passamos juntos.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná e, em particular, ao curso de Sistemas de Informação, pelo apoio e paciência expressados neste período.

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>13</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	14
1.3 OBJETIVOS .....	14
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	14
1.3.2 <i>Objetivo Específico</i> .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>16</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	16
2.2 A SUBCAMADA MAC .....	19
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>22</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	22
3.2 FREQUENCY HOPPING SPREAD SPECTRUM (FHSS).....	25
3.3 DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM (DSSS).....	28
3.4 COMPARAÇÕES ENTRE AS TÉCNICAS DE ESPALHAMENTO .....	31
3.5 FHSS x DSSS.....	35
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>36</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	36
4.2 MULTIPLEXAÇÃO .....	36
4.3 ESPECTRO DE EXPANSÃO .....	39
4.4 PRINCÍPIO BÁSICO DO ESPECTRO DE EXPANSÃO DE SEQÜÊNCIA DIRETA .....	42
4.4.1 <i>Modulação</i> .....	42
4.4.2 <i>Demodulação</i> .....	43
4.4.3 <i>Modulador e Demodulador por Salteamento de Frequência</i> .....	45
4.4.4 <i>Performance na presença de interferência</i> .....	46
4.4.5 <i>Narrowband Interference</i> .....	47
4.2.5 <i>Wideband Interference</i> .....	48
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>49</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	49
5.2 O SISTEMA DE TRANSMISSÃO .....	50
5.3 O FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE .....	55
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>59</b>
6.1 CONCLUSÃO .....	59
6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	60
6.3 RECOMENDAÇÕES .....	60
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

AM	Amplitude Modulada
AP	Ponto de Acesso
CCK	Complementary Code Keying
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
DSMA/CD	Digital Sense Multiple Access with Collision Detection
DS-CDMA	Direct Sequence - Carrier Sense Multiple Access
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
ESS	Ad-Hoc de Serviço Estendido
ETS	European Telecommunication Standard
FM	Frequência Modulada
FCC	Federal Communications Commission
FFH	Fast Frequency Hopping
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FSK	Frequency Shift Key
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile communications
IAPP	Inter Access Point Protocol
IBSS	Serviço Básico Independente
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LLC	Logic Link Control
MAC	Medium Access Control
MIB	Management Information Base
PLCP	Physical Layer Convergence Procedure
PMD	Physical Medium Dependent
RF	Radio Frequência
SFH	Slow Frequency Hopping
TDMA	Time Division Multiple Access



WEP	Wired Equivalent Privacy
WLANs	Wireless Local Area Network

## LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 2.1 BANDA ISM .....	18
FIGURA 2.2 MODELO DE REFERENCIA PADRÃO 802.11 .....	19
FIGURA 3.1 INFRAESTRUTURA DA REDE .....	24
FIGURA 3.2 CANAIS DO FHSS .....	26
FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE BLOCOS DO FHSS.....	28
FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE BLOCOS DO DSSS.....	31
FIGURA 3.4 EXPANSÃO E MODULAÇÃO.....	32
FIGURA 3.5 CANAIS NA FREQUÊNCIA.....	33
FIGURA 4.1 MULTIPLEXAÇÃO PEÇA DIVISÃO DA FREQUÊNCIA (FDM) .....	37
FIGURA 4.2 MULTIPLEXAÇÃO PELA DIVISÃO ESTATÍSTICA DE TEMPO (STDM).....	38
FIGURA 4.3 SALTOS DE FREQUÊNCIA .....	40
FIGURA 4.4 SALTO DE CANAIS .....	41
FIGURA 4.6 MODULAÇÃO.....	43
FIGURA 4.7 DEMODULAÇÃO.....	44
FIGURA 4.8 MODELO DE INTERFERÊNCIA.....	44
FIGURA 4.9 ESPALHAMENTO DE FREQUÊNCIA.....	45
FIGURA 4.10 INTERFERÊNCIA EM NORROWBAND .....	47
FIGURA 4.11 INTERFERÊNCIA WIDEBAND .....	48
FIGURA 5.1 FLUXOGRAMA DO COMUTADOR.....	50
FIGURA 5.2 VISÃO DO CIRCUITO GERAL.....	51
FIGURA 5.3 MACRO GERADOR 8 B .....	52
FIGURA 5.4 MACRO DO MULTIPLEXADOR .....	52
FIGURA 5.5 MACRO DO MULTIPLEXADOR PARALELO/SERIAL .....	53
FIGURA 5.6 VISÃO GERAL DO COMUTADOR .....	54
FIGURA 5.7 MACRO DO COMUTADOR.....	54
FIGURA 5.8 MACRO DO DEMULTIPLEXADOR.....	55
FIGURA 5.9 VISÃO GLOBAL DO CIRCUITO .....	56
FIGURA 5.10 MACRO DO MULTIPLEXADOR .....	57
FIGURA 5.11 VISÃO GERAL DO CIRCUITO 3 .....	58

## RESUMO

O desenvolvimento das telecomunicações e da informática, nos últimos anos unido à necessidade do homem de estar cada vez mais informado esteja onde estiver, tem provocado que as redes wireless sejam a próxima geração nas redes de computadores. As redes *Wireless*, surgem como a quarta revolução na computação, antecedida pelos centros de processamento de dados na década de sessenta, o surgimento dos terminais nos anos setenta e das redes de computadores na década de oitenta. A evolução conjunta da comunicação sem fio e da tecnologia da informática busca atender muitas das necessidades do mercado: serviços celulares, redes locais sem fio, transmissões de dados via satélites, TV, rádio modem, sistemas de navegação, base de dados geográfica. A combinação da comunicação sem fio com a mobilidade de computadores criou novos problemas nas áreas de informática e telecomunicações, em especial, com o problema de interferências entre equipamentos transmissores/receptores pela padronização não estar completamente pronta. Este dissertação procura concentrar através de uma revisão da literatura juntamente com implementações de outras tecnologias, mostrando uma solução alternativa para os problemas de colisões da tecnologia *Spread Spectrum*

## ABSTRACT

The development in the last years of the telecommunications and of the computer science, joined to the man's need of being more and more informed anywhere he is, it has provoked that the nets without thread are the next generation in the nets of computers. The Wireless, appear as the fourth revolution in the computation, preceded by the data processing centers in the decade of sixty, the appearance of the terminals in the seventies and of the nets of computers in the decade of eighty. The united evolution of the communication without thread and of the technology of the computer science tries to assist many of the needs of the market: cellular services, local nets without thread, transmissions of data through satellites, TV, radio modems, navigation systems, base of geographical data. The combination of the communication without thread with the mobility of computers created new problems in the computer science areas and telecommunications, especially, with the problem of interferences among equipments transmitters/receivers for the standardization not to be completely ready. This dissertation tries to ponder together through a revision of the literature with implementation of other technologies, showing an alternative solution for the problems of collisions of the technology Spread Spectrum .

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

Com o grande avanço da tecnologia móvel não é mais possível atuar no mercado de trabalho competitivo sem atualização e aprofundamento constante visando ofertar aos usuários cada vez mais flexibilidade, mobilidade, rapidez, qualidade e segurança, no serviço de transmissão de dados.

As redes sem fio, segundo KATZ (1994), refere-se a sistemas de informática conectados a um ambiente de trabalho via ligações sem fio, utilizando tecnologias como rádio-frequência (RF), infravermelho, microondas ou laser. Dê uma maneira geral, *Wireless* é o termo aplicado aos dispositivos de informática envolvidos em uma LAN sem fio ou até mesmo uma WAN que contenham ou não elementos que utilizem conexões sem fio.

O conceito chave é a habilidade de participar em um grupo de dispositivos de informática, tais como *workstations*, impressoras e servidores, compartilhando dados e informações em um ambiente em que a conectividade seja simples e flexível, pois o ar ou espaço livre constitui-se de um meio natural para a propagação de sinais eletromagnéticos, provendo uma interconexão completa e permitindo uma grande flexibilidade na localização das estações.

A evolução da computação móvel tem obrigado as empresas a procurarem alternativas aos tradicionais meios para transmissão de dados. O uso de rádio para interligar redes locais-LAN's ou regionais-WAN's, ganha mais espaço à medida que a tecnologia oferece mais recursos, onde um dos principais resultados tem sido a maior utilização das soluções *Wireless*. Esta tecnologia embora já tenha seu próprio padrão aprovado em 26 de junho de 1997, o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), aprovando assim o primeiro padrão de mercado para redes sem fio, o

IEEE 802.11. Esse padrão fornece diretrizes claramente definidas para fabricantes de hardware desenvolverem produtos de redes sem fio totalmente compatíveis, operando dentro da faixa de 2,4 GHz. Mas não foi levado em conta o problema de colisões, caso haja outro equipamento transmitindo dentro da mesma área e em mesma faixa de frequência, tratando-se então de uma nova área para testes e pesquisa.

## **1.2 Justificativa**

Uma das primeiras questões que vem à tona no uso do rádio é a faixa de frequência utilizada, pois são poucas as faixas que dispensam autorização prévia dos órgãos de controle de uso do espectro de frequências (Ex.: Anatel no Brasil, FCC nos EUA, etc.). Inicialmente selecionou-se a faixa de 902Mhz a 928Mhz, que é uma faixa livre, isto é, não há necessidade de licenciamento para uso, mas proporcionava uma velocidade limitada de 1 a 2Mbps, sendo assim, a maioria dos sistemas *Wireless* via rádio, migraram para a faixa dos 2,4Ghz a 2,4835Ghz, que permite velocidades de até 11Mbps. Esta faixa também é considerada “livre”, sendo destinada para uso industrial, científico e médico, assim conhecido de ISM. Sendo uma faixa livre, surge logo seu primeiro problema. Qualquer um pode utilizar-se desta faixa de frequência, dentro dos limites de potência (que determinam o alcance) especificados pelos órgãos reguladores, assim, deve-se observar para que não existam produtos que operem na mesma faixa de frequência e no mesmo ambiente, caso contrário, interferências certamente ocorrerão comprometendo o desempenho ou até inviabilizando a comunicação.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo desta dissertação é propor um modelo de transmissão de dados para a tecnologia de Espectro Espalhado (*Spread Spectrum*), que verifique a cada novo quadro a ser transmitido se o canal está livre, garantindo assim uma maior confiabilidade nas informações trafegadas. Caso o comutador escute algum sinal que esteja sendo trafegado no mesmo canal, então saltará ao próximo canal, (impedindo

assim que os dados sofram uma colisão), ao saltar de canal este novamente escutará o meio e caso esteja ocioso inicia-se então a transmissão, caso contrário saltará novamente de canal.

### 1.3.2 Objetivo Específico

- Abordar os conceitos do Padrão *Wireless* sob a norma IEEE 802.11b.
- Explorar as formas de transmissão do Espectro de Expansão.
- Propor um modelo alternativo, para transmissão dos dados que verifique o meio antes de realizar a transmissão do quadro.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro, são apresentados uma introdução, a motivação os objetivos, as limitações e a estrutura do trabalho como um todo.

O segundo capítulo apresenta o Padrão IEEE 802.11, a arquitetura de funcionamento e a funcionalidade na subcamada MAC nas camadas física e enlace de dados, no que tange a transferência e a importância da utilização deste modelo de tecnologia.

No terceiro capítulo descreve-se o padrão IEEE 802.11, fazendo um estudo das aplicações da tecnologia *Spread Spectrum* e seus modos de transmissão, *Frequency Hopping Spread Spectrum* e *Direct Sequence Spread Spectrum* existentes. O local mais apto a ser empregado tal sistema e juntamente a sua arquitetura utilizada. Algumas comparações entre os modelos também podem ser observados.

O quarto capítulo apresenta através de uma revisão da literatura o Espectro do Expansão, tanto no modo Direto quanto no modo em Saltos, como são realizadas as modulações dos sinais, juntamente com os mecanismos para tentar impedir as interferências.

No quinto capítulo está a solução proposta ilustrada através de um simulador, descrevendo seu funcionamento.

Em seguida no capítulo seis tem-se a conclusões e recomendações.

## CAPÍTULO II

### A ARQUITETURA DO IEEE 802.11

#### 2.1 Introdução

O padrão IEEE 802.11b também é conhecido por Redes Wi-Fi. Esta tecnologia utiliza-se de equipamentos rádios transmissores, que operam na faixa de 2,4Ghz e realizam transmissões de até 11Mbps

A primeira idéia é a de utilizar a estrutura à rádio para comunicação, que é um meio popular, por possuir soluções para ambientes internos (*Indoor*) e externos (*Outdoor*). Dentre estes ainda existem sistemas para operarem em mesmas faixas de frequências simultaneamente DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) ou em saltos dentro de uma faixa de frequência FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*). É por esses motivos que a utilização do rádio é o meio mais difundido para comunicação de dados sem fio.

O padrão IEEE 802.11 define basicamente uma arquitetura para as WLANs que abrange os níveis físico e de enlace. No nível físico são tratadas apenas as transmissões com frequência de rádio (RF) e infravermelho (IR), embora outras formas de transmissão sem fio possam ser usadas, como microondas e laser, por exemplo. No nível de enlace, o IEEE definiu um protocolo de controle de acesso ao meio (protocolo MAC), bastante semelhante ao protocolo usado em redes locais Ethernet (CSMA/CD). O padrão IEEE 802.11 possibilita a transmissão de dados numa velocidade de 1 à 2Mbps, e especifica uma arquitetura comum, métodos de transmissão, e outros aspectos de transferência de dados sem fio, permitindo a interoperabilidade entre os diversos produtos WLAN (SOARES, 1995).

Apesar da significativa elevação da taxa de transferência de dados que subiu de algumas poucas dezenas de kilobits por segundo para 2Mbps, as WLANs não atendiam satisfatoriamente a necessidade de banda das empresas. Com isso, o IEEE investiu no melhoramento do padrão 802.11 (que passou a ser chamado de 802.11b),



com a mesma arquitetura e tecnologia, mas com taxa de transferência de dados maiores, entre 5 e 11 Mbps, impulsionando de vez a tecnologia e estimulando as comunidades científica e industrial a padronizarem, projetarem e produzirem produtos para essas redes.

Portanto, a adoção de sistema sem fio vem crescendo significativamente, em que muitas soluções WLAN estão ou já foram implantadas em empresas, universidades e outras instituições do mundo inteiro. Isso indica, sem dúvida, que as redes de computadores sem fio são uma realidade e, provavelmente, nos próximos anos serão adicionais aos sistemas com fio já existentes, passando a ser uma solução bastante interessante para as organizações, pois desta forma os pontos que necessitam de mobilidade são conectados à rede pelo meio “Wireless” e as estações fixas são ligadas à rede via cabo. “Fibra ótica e comunicação sem fio são as tecnologias do futuro” (TANENBAUM, 1996).

Não só isso. Há uma tendência moderna de se implantar cada vez mais as redes sem fio ao invés de redes com fio. Essa propensão é motivada tanto por aspectos da inviabilidade da instalação de redes com fio em certos lugares, como pelo barateamento dos equipamentos sem fio e da interoperabilidade oferecida pela tecnologia Wireless. Outros fatores relacionam-se com as facilidades de mobilidade e flexibilidade que as comunicações sem fio oferecem.

A tecnologia sem fio não é recente, mas seus produtos caros e sua baixa taxa de transferência de dados, inviabilizaram seu uso. Porém, a tecnologia WLAN (*Wireless Local Area Network*) vem sendo muito usada na medicina móvel no atendimento aos pacientes, transações comerciais e bancárias, usadas onde não possa transpassar fios como construções antigas ou tombadas pelo patrimônio histórico, entre outros, lugares onde há a necessidade de mobilidade e flexibilidade nas estações de trabalho.

A primeira rede a combinar comutação de pacotes e comunicação de rádio foi desenvolvida no Havaí, EUA, em 1971, para interligar sete campi distribuídos por quatro ilhas com o computador central da ilha de Oahu. Ironicamente, nasceu desta experiência a tecnologia amplamente utilizada em redes locais fixas: *Ethernet*. Limitações de largura de banda e da tecnologia de transmissão não permitiram que o projeto resultasse na utilização em massa de redes sem fio. Contudo, dois fenômenos consolidados ao longo da última década, miniaturização e comunicações pessoais sem

fio, devolveram as redes locais sem fios, grande interesse em pesquisa e desenvolvimento, culminando com o aparecimento das primeiras redes sem fios comerciais na primeira metade dos anos 1990.

As primeiras redes locais sem fio de rádio-freqüência implementaram a transmissão *Spread Spectrum* ou transmissão infravermelha difusa (GEIER, 1996). A transmissão *Spread Spectrum* destas redes utiliza as bandas ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) conforme pode ser observado na Figura 2.1, compostas por três bandas, de 902 a 928 MHz; de 2,40 a 2,4835 GHz e de 5,725 a 5,85 GHz. Todavia, apresentavam baixa interoperabilidade, pois cada rede apresentava um conjunto de características único, já que fabricantes construía suas redes conforme critérios próprios. É possível encontrar, portanto, redes com vazões e alcances diferentes, empregando diversos critérios de segurança e definindo a subcamada MAC (*Medium Access Control*) com abordagens particulares.

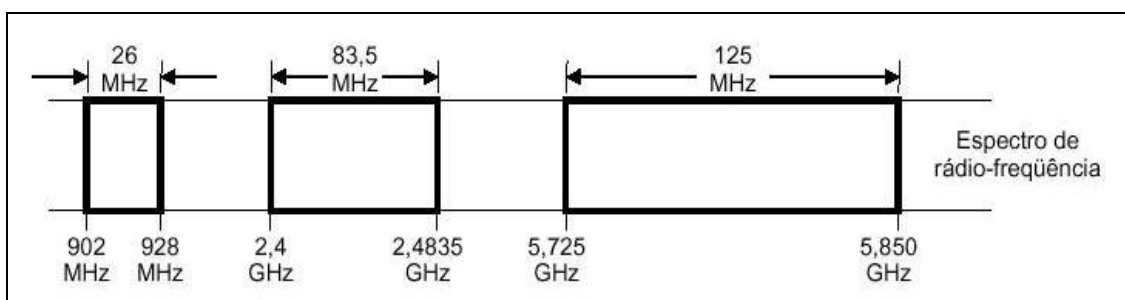


Figura 2.1 Banda ISM

Esta falta de padronização dificultou o desenvolvimento e sobretudo, a adoção de redes locais sem fio. Em maio de 1991, foi submetido ao IEEE, organização responsável, entre outras atividades, pela elaboração dos padrões adotados em redes locais e metropolitanas, agrupadas dentro da família IEEE 802, um pedido de autorização para formar o Grupo de Trabalho 802.11, cujo objetivo é definir uma especificação para conectividade sem fio entre estações de uma área local.

À medida em que se elaborava o padrão, os fabricantes de rede passaram a formular planos de migração de seus produtos, de acordo com as exigências feita pela norma 802.11. O atraso na elaboração do padrão juntamente com um mercado aquecido, determinou que muitos produtos fossem lançados no mercado, mas com garantias de uma transição suave para as especificações do 802.11.

## 2.2 A Subcamada MAC

As entidades do padrão 802.11 (Figura 2.2) dividem o nível físico em duas subcamadas, onde a inferior trata das diferentes técnicas de transmissão (PMD – *Physical Medium Dependent*), cuidando da modulação e codificação do sinal, e a superior provê os pontos de acesso de serviço comuns ao nível físico (PLCP – *Physical Layer Convergence Procedure*). A subcamada MAC, por sua vez, é responsável pelo mecanismo de controle de acesso básico ao meio. A entidade de Gerência da subcamada MAC implementa uma MIB (*Management Information Base*) da camada MAC que cuida da autenticação e de *roaming* das estações entre pontos de acesso. A função da entidade de Gerência do nível físico é anotar as estatísticas para a MIB da camada física. Três formas de transmissão podem constituir a subcamada PMD: duas de rádio-frequência *Spread Spectrum* e uma de raios Infravermelhos difusos.

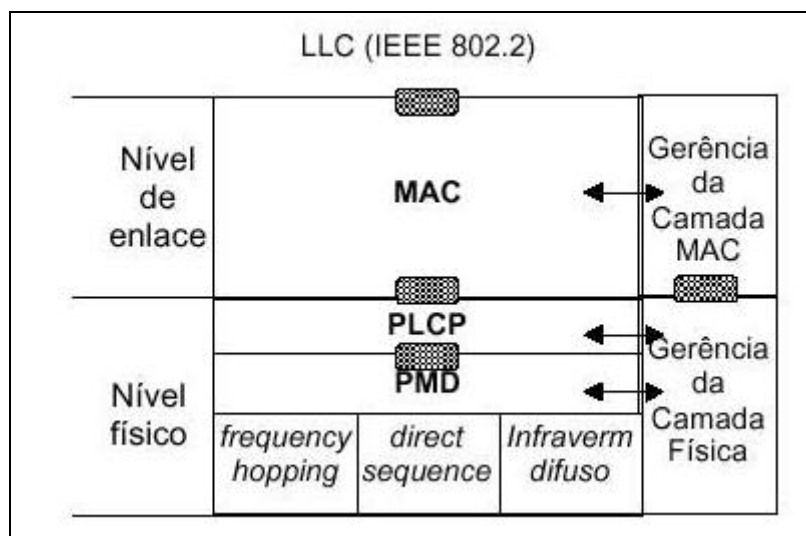


Figura 2.2 Modelo de referencia padrão 802.11

Em particular, sistemas de rádio-frequência herdam alguns atributos que caracterizam este meio segundo, (BAUCHOT, 1995) é de domínio público, o intervalo de comunicação é limitado, que por restrições de órgãos reguladores, e por leis da física, detecção de portadora de ondas eletromagnéticas não é confiável e não pode ser realizada durante a transmissão a um custo de produto razoável, alta taxa de erros de bits transmitidos quando comparadas a redes locais fixas.

Por não ser propriedade privativa e normalmente, propagar-se além da área geográfica destinada à cobertura da rede, o meio de transmissão não é percebido pelo usuário como seguro. Ou seja, o usuário tem que alguém não autorizado consiga captar o sinal de sua rede fora dos domínios de sua organização. Para diminuir os problemas com segurança, o padrão utiliza-se de métodos criptográficos no nível da subcamada MAC, garantindo uma privacidade equivalente a redes fixas WEP (*Wired Equivalent Privacy*).

Outra consequência do fato do meio ser de domínio público reside na inabilidade em controlar e gerenciar o acesso ao canal, sujeitando-se a interferências de toda ordem. Pior, há o risco da sabotagem eletrônica, onde um ruído ocupa a banda para transmissão, paralisando completamente a operação da rede.

Finalmente, o domínio público implica em gerência estatal de algum tipo para disciplinar a utilização deste meio. Padrões internacionais devem satisfazer exigências de múltiplos órgãos reguladores de diversas nações, disponibilizando uma largura de banda limitada e menor quando comparada a disponível por redes fixas. Em consequência, redes 802.11 têm vazão de no máximo 3 Mbit/s. Com esta vazão, nem todos os aplicativos comuns a redes fixas podem ser empregadas em redes sem fio.

Aspecto relevante para a inserção destas redes no mercado, o custo do equipamento e de sua operação não pode ser alto. Para tanto, utilizam-se bandas que não precisam de licenciamento e, conseqüentemente, em pagamento de taxas para serem operadas. Tal política resultou na adoção da banda ISM de 2,4 GHz.

Contudo, o órgão regulamentador norte-americano FCC (*Federal Communications Commission*) determina que, para serem utilizadas, as bandas ISM devem ser operadas através da forma de transmissão *Spread Spectrum*, que se afirma que não é a mais adequada para redes sem fio (BAUCHOT, 1995). Daí, tem-se que das três formas de transmissão padronizadas, encontram-se duas *Spread Spectrum*: e dois novos nomes para os administradores de redes a *Frequency Hopping Spread Spectrum* e *Direct Sequence Spread Spectrum*.

Economia de energia também está prevista pelo padrão, pois esta é um fator crítico em relação a equipamentos portáteis. De um lado, estima-se que até 2005 a quantidade de energia armazenada em baterias cresça no máximo 20% (SOUZA 1997), por outro, avanços em Pesquisa e Desenvolvimento de circuitos integrados de baixo

consumo têm ocorrido muito lentamente. Aspecto relevante, administração do consumo de energia é decisivo para uma boa aceitação de mercado.

Finalmente, oferece-se dois tipos de serviços de transferência de dados: assíncronos e sensíveis a latência. Serviços assíncronos são aqueles usualmente encontrados em redes de computadores típicas (transferências de arquivos, consulta à banco de dados...). Serviços sensíveis a latência são empregados por aplicações cujos atrasos de transferência e suas respectivas variâncias devem observar intervalos bastante restritos. Aplicações multimídia como voz digitalizada e videoconferência comumente empregam este tipo de serviço.

# CAPÍTULO III

## APLICAÇÕES SPREAD SPECTRUM

### 3.1 Introdução

Segundo KATZ (1994), a comunicação sem fio vem se tornando cada vez mais comum e acessível nos últimos anos. Seguindo essa tendência, as *Wireless LANs* (WLANs) consolidaram-se como uma boa opção de rede local onde haja necessidade de mobilidade dos pontos da rede ou que existam dificuldades de cabeamento.

Cada vez mais a comunicação sem fio faz parte do nosso dia-a-dia: satélites, telefones celular, estações de rádio AM e FM, etc. Seguindo essa tendência, os meios de comunicação de dados corporativos estão se voltando para essa tecnologia como método eficiente para obter conectividade aliada a mobilidade e flexibilidade. Neste instante começam a surgir alguns termos novos para os administradores de rede, *Spread Spectrum*, *Frequency Hopping Spread Spectrum*, *Direct Sequence Spread Spectrum*.

As WLAN's são uma alternativa para as redes tradicionais, baseadas fios e cabos metálicos ou fibra ótica. As redes sem fio têm o mesmo propósito que uma rede cabeada, dispor informações a todos os dispositivos ligados à rede. Contudo, sem o cabeamento físico para amarrar a localização de um nó, a rede torna-se muito mais flexível sendo fácil mover um nó sem fio. As redes locais sem fio também são uma boa opção quando a arquitetura de um prédio torna difícil (ou impossível) a passagem de cabos convencionais.

Redes sem fio se potencializam com o uso de computadores portáteis. Uma conexão sem fio permite que os computadores portáteis continuem sendo portáteis sem sacrificar as vantagens de estar conectado a uma rede. Virtualmente, tais máquinas podem ser usadas em qualquer lugar dentro de um prédio que possua uma *Wireless LAN*.

As redes *Wireless* podem ser usadas em combinação com LANs cabeadas, onde os pontos que necessitam mobilidade são conectados à rede pelo meio *Wireless* e as estações fixas são ligadas à rede via cabo.

A transmissão com tecnologia *Spread Spectrum* atravessa obstáculos com mais facilidade que sistemas que utilizam microondas, por utilizar frequências mais baixas, portanto mais fáceis de ultrapassar barreiras como paredes, por exemplo. Outra tecnologia também conhecida é a CDMA (*Code-Division Multiple Access*), atualmente é a tecnologia de transmissão mais utilizada em *Wireless* LANs, devido ao fato de ser menos sensível a interferência do meio que as outras tecnologias.

Afirma TANEMBAUM (1994), que existem várias maneiras de transmitir informações via sinais de rádio cada uma dessas maneiras possui vantagens e desvantagens. Como exemplo a amplitude modulada (AM) é o método mais antigo utilizado até hoje.

Como cada método possui características diferentes deve-se então escolher o mais adequado para cada aplicação. A modulação AM por exemplo é a mais antiga e mais simples. Tanto o transmissor como o receptor AM possui um custo muito baixo, porém o AM sofre muito com qualquer ruído e não transmite bem sinais de alta frequência. Por outro lado os rádios FM são mais sofisticados porém tem uma imunidade maior a ruído e transmitem com boa fidelidade sinais de alta frequência.

O *Spread Spectrum* é outro método de transmissão de dados via rádio que surgiu a partir de uma necessidade militar. Como transmitir informações via rádio sem que o inimigo consiga interceptar a mensagem ou interferir na comunicação. Desse trabalho que começou na I Guerra Mundial, surgiu um método de modulação muito sofisticado com algumas características muito interessantes:

- Alta imunidade a ruídos.
- Baixa interferência em outros sistemas.
- Difícil de ser interceptado ou monitorado.

Depois do final da Guerra Fria (final da década de 80) essa tecnologia foi liberada para uso civil, que junto com os avanços na tecnologia, permitiram com que os custos de sua utilização fossem reduzidos, segundo LAMANNA (1998).

Hoje a modulação *Spread Spectrum* é utilizada em vários sistemas aonde confiabilidade é essencial como satélites, telefonia celular CDMA, sistemas de localização global via satélite (GPS), etc.

Além disso, devido a suas características, para os sistemas de rádio *Spread Spectrum* foram reservadas algumas faixas de frequência dentro das quais ele pode ser utilizado sem a necessidade de registro ou qualquer tipo de burocracia o que ajudou a popularizá-la ainda mais.

A modulação *Spread Spectrum* via rádio existe em duas modalidades básicas: FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) e DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). Cada uma também tem com suas diferenças o que torna o FHSS ideal para comunicação *Outdoor* e o DSSS ideal para ambientes *Indoor*.

A IEEE 802.11 é o primeiro padrão internacionalmente reconhecido para redes de área Locais sem fios WLANs, introduzindo a tecnologia de computação móvel.

Um *Ad-hoc-Network* de Serviço Básico Independente (IBSS) é uma rede simples onde comunicações são estabelecidas entre dois ou mais nodos *Wireless* ou estações em uma dada área de cobertura sem o uso de um Ponto de Acesso (AP) ou servidor. As estações reconhecem uma a outra e comunicam diretamente com outra em um nível par-a-par.

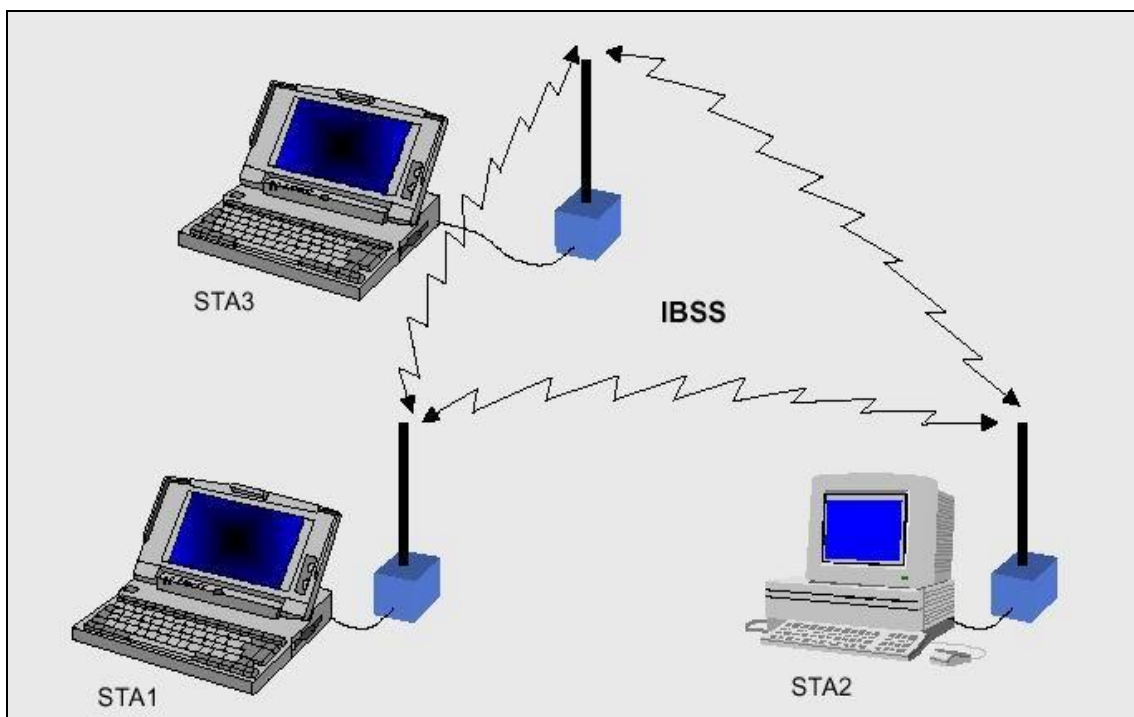


Figura 3.1 Infraestrutura da rede



Uma rede conforme pode ser visualizado na Figura 3.1 é a mais flexível configuração no qual cada estação móvel de Serviço Básico (BSS) contém um ponto de acesso (AP). O AP forma a ponte entre a LAN sem fio e a cabeada. As estações não comunicam base par-a-par em vez disso, todas as comunicações entre estações ou entre uma estação e uma rede cliente com fios é por AP. Os pontos de acesso não são móveis e formam parte da infraestrutura da rede cabeada.

A estrutura móvel de Serviço Estendido (ESS) consiste de uma série de BSSs (cada um contendo um AP) conectado junto por meio de Sistema Distribuído. Embora os sistemas distribuídos pudessem ser qualquer tipo de rede (incluindo uma rede sem fio), quase invariavelmente é uma LAN Ethernet. Dentro de um ESS, estações podem passar de uma forma BSS para outra e comunicar com qualquer cliente móvel ou fixo até certo ponto que é completamente transparente na pilha do protocolo sobre a subcamada MAC. O ESS permite cobertura para estender além do alcance do rádio WLANs.

### **3.2 Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)**

A modulação FHSS funciona através de troca de frequência de trabalho de tempos em tempos. Uma rádio FM, por exemplo, trabalha transmitindo na mesma frequência todo o tempo, já um sistema FHSS transmite um curto período de tempo, 20ms por exemplo, e depois muda para outra frequência próxima por outro período e assim por diante, dessa forma, se existe uma fonte de ruído em uma frequência a transmissão de dados será afetada aquele período de tempo.

Se na mesma área houver um outro sistema FHSS trabalhando a comunicação será afetada durante aquele período, pois como ambos sistemas vão estar pulando de maneira diferente eles vão utilizar as mesmas frequências apenas algumas vezes, o que garantirá a continuidade da comunicação.

Desta forma, os sistemas FHSS são ideais para transmissão de dados em ambientes abertos, onde existem ruídos e outros sistemas FHSS também podem entrar em operação na mesma área. Por isso os sistemas *WaveAccess*, que utilizam FHSS, são idéias para a distribuição de dados em área metropolitanas.

Nesta técnica, um transmissor envia o sinal sobre uma série aparentemente randômica de freqüências de rádio. Um receptor, "saltando" entre tais freqüências em sincronia com o transmissor, capta o sinal. A mensagem é totalmente recebida apenas se a série de freqüências é conhecida, ou seja, apenas o receptor que conhecer as freqüências nas quais o transmissor "saltará" para enviar o sinal, poderá receber com sucesso todos os dados. Na *Frequency Hopping*, a velocidade de transmissão de dados pode chegar até a 11Mbps.

De acordo com a FCC (*Federal Communications Comission*), os transmissores de *Frequency Hopping* não devem gastar mais que 0,4 segundos de um canal a cada 20 segundos na banda de 902MHz e a cada 30 segundos com a banda de 2,4GHz. Da mesma forma, os transmissores devem poder "saltar" por pelo menos 50 canais na banda de 902MHz e 75 canais na banda de 2,4GHz (um canal é uma faixa de freqüências pré-determinada). Na Figura 3.2 é possível visualizar a distribuição dos canais.

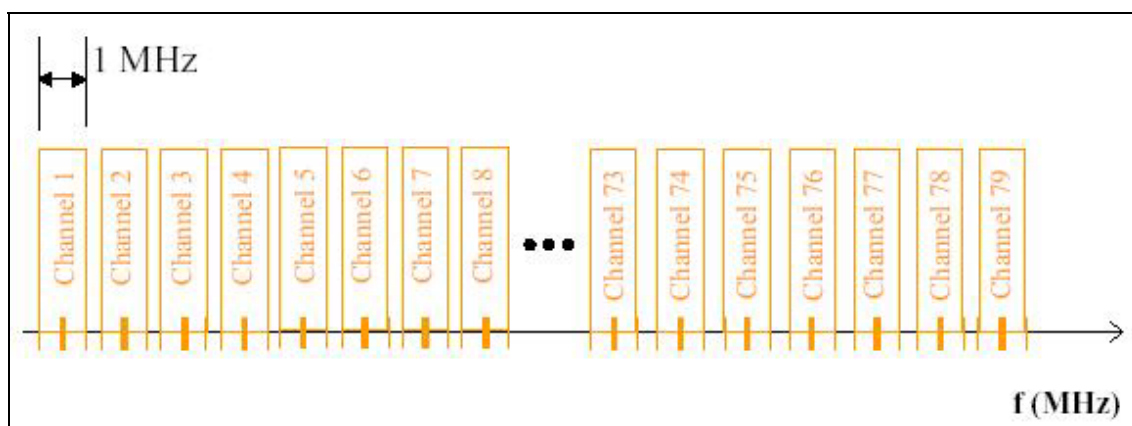


Figura 3.2 Canais do FHSS

A cada instante a portadora assume um dos  $2k$  valores possíveis de freqüências, onde  $k$  é o tamanho da seqüência de código utilizada. O código de *Spread* neste caso, não modula diretamente a portadora ( $f_0$ ) que contém a informação, sendo utilizado na determinação das freqüências que serão geradas pelo sintetizador. Em contraste com o sistema de *Direct Sequence*, onde a seqüência de *Spread* é utilizada seqüencialmente (um bit de cada vez), aqui ela é utilizada em paralelo ( $k$  bits de cada

vez), fornecendo ao sintetizador a cada instante, um número pseudo-aleatório de 0 a  $2k - 1$ , correspondente à frequência que será gerada.

O sinal a ser transmitido consistirá da frequência da portadora  $f_0$  modulada inicialmente pelos dados a serem transmitidos e translada para a frequência  $f_0 + f_N$  (através de uma modulação MFSK – modulação por chaveamento de frequência, que é a mais empregada), onde  $f_N$  é a frequência gerada pelo sintetizador a cada salto. Em um dado salto, a faixa e frequência ocupada pelo sinal é idêntica a de um sinal MFSK convencional, que é tipicamente muito menor do que a banda de *Spread*

Entretanto, numa média realizada ao longo de muitos saltos, o espectro do sinal resultante ocupará toda a banda de *Spread*. Diz-se que o sistema realiza um salto em frequência rápida (FFH – *Fast Frequency Hopping*), quando ele executa vários saltos durante um bit de informação e um salto em frequência lenta (SFH – *Slow Frequency Hopping*) quando são transmitidos vários bits de informação em cada salto.

A tecnologia atual permite bandas de salto em frequência de ordem de vários GHz, que é um valor maior do que aqueles possíveis de serem obtidos para bandas de *Spread* por *Direct Sequence*. Com relação à taxa de salto, encontram-se hoje sistemas capazes de realizar centenas de Ksalto/seg, e outros, em desenvolvimento, já realizam testes de salto maiores do que 1 Msalto/seg.

Cabe aqui ressaltar a distinção entre termos *Frequency Hopping* utilizado nos sistemas de *Spread Spectrum* que trabalham na faixa de comunicações (VHF/UHF) e agilidade em frequência (*Frequency Agility*), comumente utilizado nos sistemas de radar que utilizam técnicas de medidas de proteção eletrônicas. Embora o resultado final obtido seja o mesmo, ou seja, a cada instante o sinal de interesse é transmitido por uma portadora diferente cuja frequência varia no tempo segundo a sequência de *Spread*, nas altas frequências torna-se crítico o projeto de sintetizadores que cubram uma larga faixa de frequências, e neste caso, os saltos (agilidade em frequência) são realizados em um número reduzido de frequências pré-selecionadas e escolhidas por um algoritmo próprio por ocasião da transmissão, (PROAKIS, 1994).

Portanto, quanto maior o número de frequências utilizadas na agilidade, mais complexo e caro torna-se o sistema de *Spread Spectrum* em altas frequências. Uma outra limitação segundo (KATZ, 1994), na banda de *Spread* em sistemas radar é devido ao fato de que, o *Spread* em um número maior de frequências imporia ao sistema um

maior tempo de retardo necessário para o sincronismo inicial, retardo este indesejável nos sistemas radar, que se caracterizam pela detecção de pulsos rápidos e estreitos.

Uma variedade de modelos estão disponíveis para acomodar diversas configurações. É possível iniciar com uma configuração mínima e ir crescendo com o tempo. O que levaria ao investimento se pagar em poucos meses.

A Figura 3.3, mostra o diagrama de blocos de um sistema FHSS utilizando modulação FSK (*Frequency Shift Key*). Pode-se observar que o código de espalhamento altera a frequência da portadora com a qual é modulado o sinal de informação.

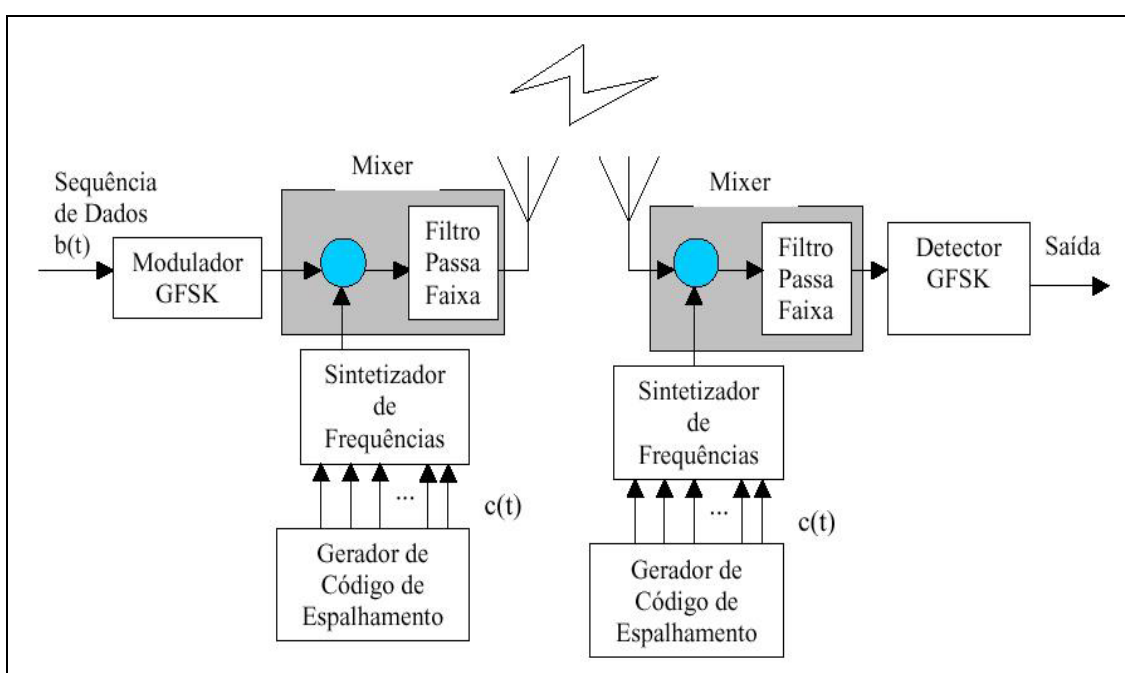


Figura 3.3 Diagrama de Blocos do FHSS

### 3.3 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Ao contrário do FHSS, o DSSS transmite em uma faixa de frequência fixa porém muito larga e distribuída por igual. Por Exemplo, uma rádio FM transmite a maior parte do seu sinal em uma única frequência (se um rádio receptor FM estiver um pouco fora de sintonia o sinal já se torna fraco e ruidoso); no caso de DSSS o sinal não é muito forte em nenhuma frequência, ele tem a mesma força por uma grande faixa de frequências (SOUZA, 1999).

Dessa forma, uma interferência em uma certa frequência irá afetar apenas uma parte do sinal, sobrando ainda os sinais transmitidos em outras frequências próximas, além disso se houver algum outro sistema de rádio utilizando uma frequência dentro da faixa de frequências utilizadas pelo DSSS, ele será pouco afetado, pois o sinal gerado pelo DSSS é fraco. Na Figura 3.4 é possível visualizar a distribuição dos canais.

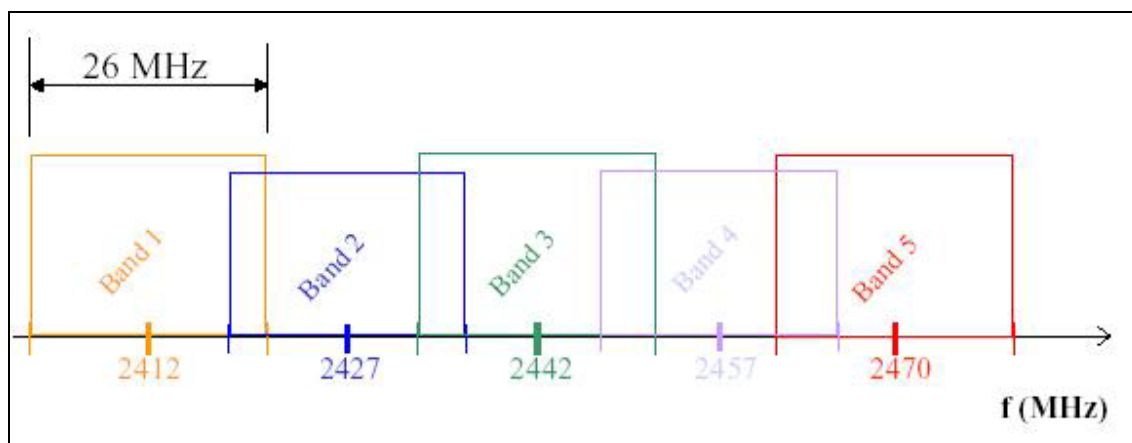


Figura 3.4 Distribuição dos canais do DSSS

O DSSS tem uma capacidade de transmissão muito maior que o FHSS, porém se dois sistemas idênticos DSSS forem instalados na mesma área (e operarem na mesma faixa de frequência) eles irão se interferir muito fortemente e acabar afetando a troca de informações.

Por isso, os sistemas DSSS são ideais para operação dentro de escritórios, lojas hotéis e qualquer lugar onde a existência de paredes atenuam as interferência externas. Redes sem fio *WaveLan* trabalham em DSSS, pois foram desenhados especialmente para operar nesses ambientes.

Também conhecida como *pseudonoise* (pseudoruído), esta é uma técnica utilizada na maioria das *Wireless LANs*. Os transmissores utilizados nessa tecnologia, enviam o sinal com a adição de bits redundantes de dados chamados "*chips*", ou seja, com um "falso ruído". São adicionados pelo menos dez chips (placas controladoras) para cada bit de dado (TENNENHOUSE, 1997).

*Direct Sequence* precisa conhecer o código de difusão de um transmissor para poder decifrar os dados corretamente. Uma vez que o receptor tenha captado todos os sinais de dados, ele usa um correlator, baseado no código de difusão, para remover os

*chips* e trincar o sinal ao tamanho original. O código de difusão é o que permite que diversos sistemas de *Direct Sequence Spread Spectrum* operem em uma mesma área sem um interferir no outro, (VALADAS, 1998).

Através de estudos de algumas normas da FCC, cada sinal deve ter dez ou mais *chips*. Isso limita a velocidade máxima dos transmissores de *Direct Sequence* a 2Mbps na banda de 902MHz e 8Mbps na banda de 2,4GHz. Infelizmente, o número de *chips* está diretamente relacionado com imunidade do sinal a interferências. Num área com muita interferência de rádio, é preciso diminuir a velocidade (aumentar os *chips*) para evitar a corrupção de dados. O padrão IEEE 802.11 determinou o número de onze *chips* para a *Direct Sequence Spread Spectrum* (TOH, 1997).

Aparelhos para *Frequency Hopping* trabalham com menos potência que os para *Direct Sequence* e, geralmente, custam menos. A escolha sobre que método utilizar depende de qual performance deseja ser atingida, logo se for necessária uma alta velocidade e interferências não forem problemas, a *Direct Sequence* pode ser utilizada tranquilamente. Por outro lado, se não houver necessidade de velocidade maior que 2Mbps, a *Frequency Hopping* oferece uma solução mais barata e igualmente confiável.

Qualquer que seja o método de *Spread Spectrum* utilizado, o resultado final é um sistema extremamente confiável no que diz respeito à intrusão, que não interfere em outros serviços e ainda assim carrega uma razoável largura de banda de dados.

Como exemplos desta tecnologia tem-se:

O ProxLink que suporta três modos de operação:

- Modo *pass-through*: A unidade transmite dados conforme os recebe, sem qualquer interferência, a menos que esteja ativada a opção XON/XOF.
- Modo *broadcast*: Permite que uma unidade transmita a várias, simultaneamente.
- Modo *packetized*: A unidade pode ser dinamicamente reprogramada, inclusive o gerenciamento de energia.

Estes aparelhos não são necessários do uso de licença para operação no Brasil, conforme a portaria 814/96 do Ministério das Comunicações.

O Espectro Espalhado, foi desenvolvido, pelo exército nos anos 40 para transmissão de rádio segura. O Espectro Espalhado foi patenteado em 1941 para guiar torpedos à seus alvos sem serem detectados ou interferidos. Já hoje o espectro espalhado tem como maiores clientes as comunicações do governo americano usa rádios de

Espectro Espalhado. Outro exemplo é toda a comunicação militar americana de dados e voz usa espectro espalhado. A comunicação com as naves espaciais da NASA usa Espectro Espalhado na faixa de 2,4 GHz para evitar interferência e por motivos de segurança.

O Espectro Espalhado oferece alguns benefícios como:

- Melhor imunidade a interferências;
- A Transmissão Sequência Direta é espalhada;
- Não precisa de licenciamento.

A Figura 3.3, mostra o diagrama de blocos para um sistema DSSS simples. No diagrama, o sinal  $b(t)$  (seqüência de bits) é multiplicado pelo sinal  $c(t)$  (código de espalhamento) dando origem ao sinal  $m(t)$ , que é em seguida modulado por uma portadora senoidal, na freqüência central da banda utilizada, usando BPSK (*Binary Phase Key Shiting*).

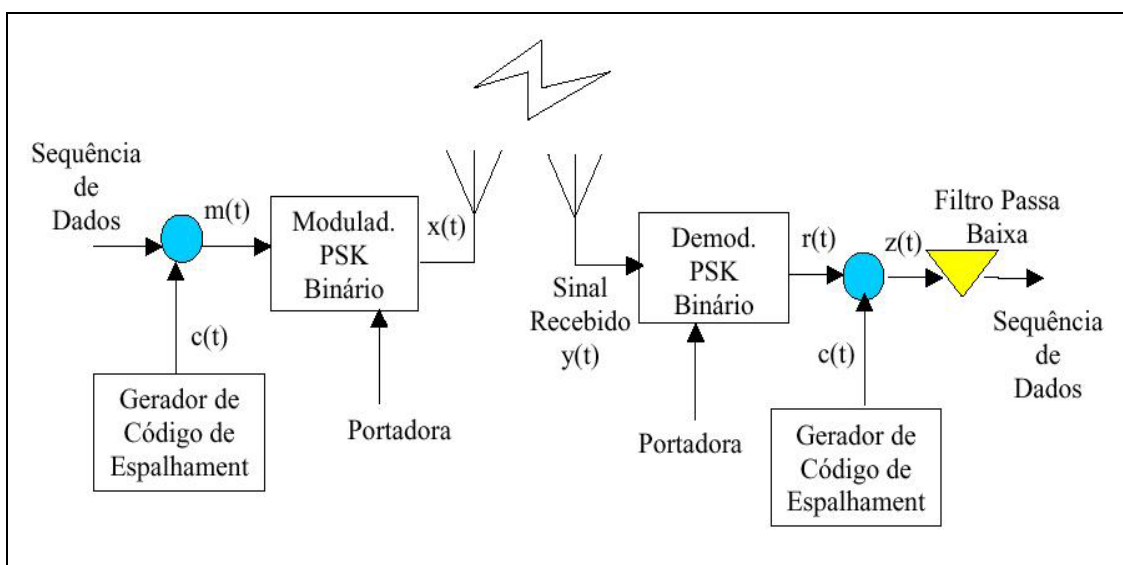


Figura 3.3. Diagrama de Blocos do DSSS  
Fonte: VIBERTI (1996)

### 3.4 Comparações entre as Técnicas de Espalhamento

Nos sistemas DSSS comerciais, as taxa típicas entre a seqüência de espalhamento e o sinal situa-se entre 10 e 100. Esse número é conhecido como o fator de espalhamento. IEEE 802.11 define três variações da Camada Física: infra-vermelho

(IR) e duas transmissões Radio Freqüência (RF) na não-licenciada banda ISM 2,4 GHz, requerendo espectro de expansão: DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) e FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*). Segundo CLARK, (1999), somente a transmissão RF tem presença significativa no mercado.

A camada física DSSS usa seqüência de *Barker* de 11-bit para propagar os dados antes de serem transmitidos. Esta seqüência dá um ganho de processamento de 10.4 dB satisfazendo as exigências mínimas do FCC 15.247 e ETS 300 328.

Na Figura 3.4, pode-se visualizar o fluxo da banda base 11 Mcps conforme é modulado sobre uma freqüência de portador (2.4 GHz banda ISM, com 11 canais possíveis espaçados com 5 MHz) usando:

- DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*): taxa de dados = 1 Mbps
- DQPSK (*Differential Quaternary Phase Shift Keying*): taxa de dados = 2Mbps

Na camada física FHSS a informação é primeiro modulada usando:

- 2-GFSK (*2-level Gaussian Frequency Shift Keying*): taxa de dados = 1 Mbps.
- 4-GFSK (*4-level Gaussian Frequency Shift Keying*): taxa de dados = 2 Mbps.

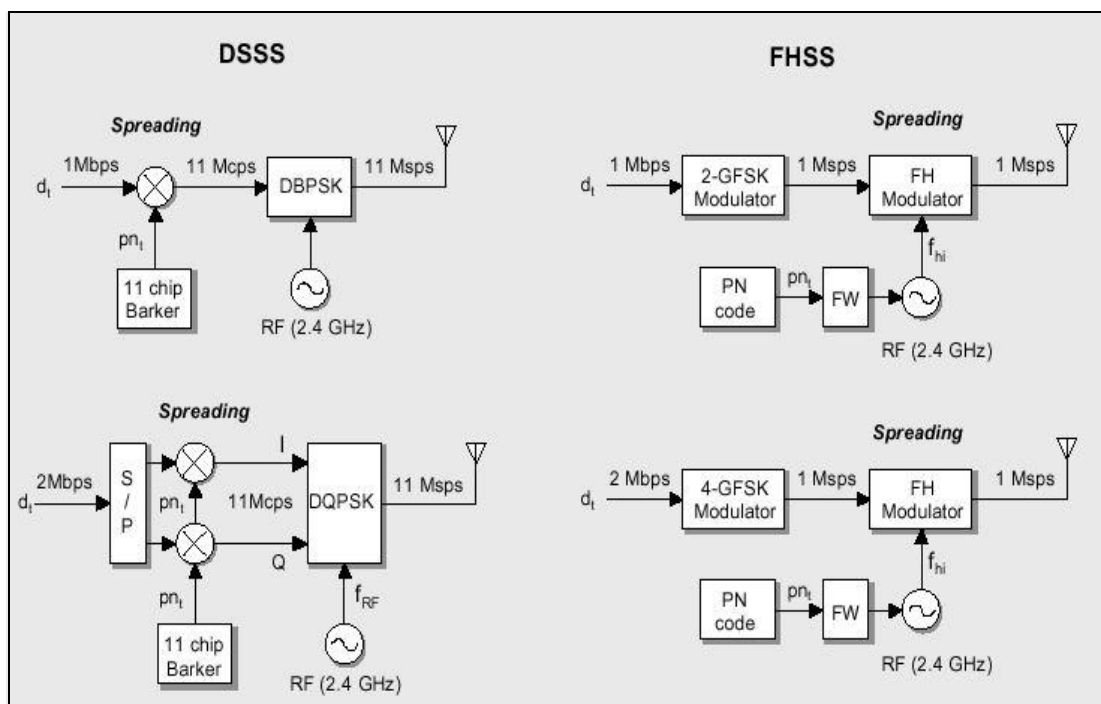


Figura 3.4 Expansão e Modulação  
Fonte: VIBERTI (1996)



Ambas modulações resultam em uma taxa de símbolos de 1 Msps. A frequência de portador 2.4 Ghz banda ISM, com 79 canais possíveis espaçados com 1 Mhz, saltam de canal para canal de uma maneira *pseudo-random* preparada, de uma maneira pré-arranjada pseudo-randômica (padrão de salto). Há 78 padrões de salto diferentes divididos em 3 *sets* de 26 padrões. Os regulamentos FCC e ETC requerem uma taxa de salto mínima de 2.5 saltos/s ou um canal de tempo com menos de 400 ms.

O espectro dos sinais transmitidos determina o pacote de rede com uma taxa de símbolos de 11 Mbps a amplitude de banda do canal do lóbulo principal é 22 MHz. Há 11 canais identificados por sistemas DSSS, conforme Figura 3.5, mas há muita sobreposição (somente 5 MHz espaçados).

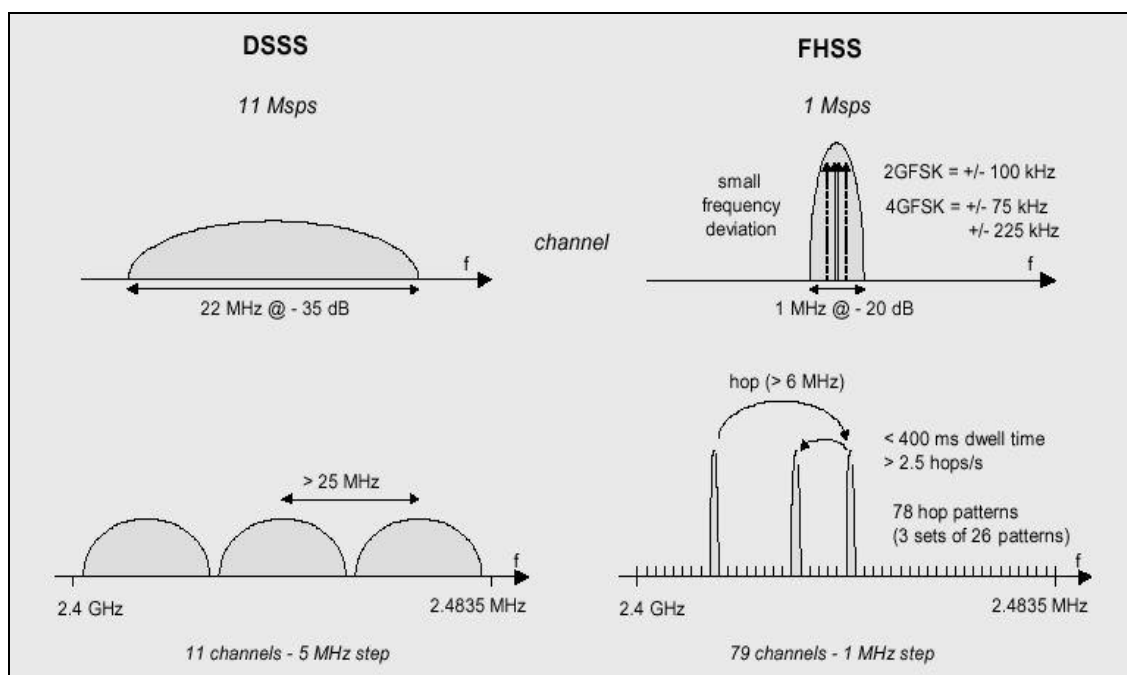


Figura 3.5 Canais na Frequência  
Fonte:GLOVER (1997)

Todos os produtos submissos IEEE 802.11 utilizam o mesmo código PN. Como não há um conjunto de códigos disponíveis a rede DSSS não pode empregar CDMA. Quando múltiplos APs são localizados muito próximos, é recomendada o uso de separações de frequência de pelo menos 25 MHz. Então a banda ISM 2.4 GHz acomodará 3 canais não-sobrepostos. Somente 3 redes podem operar dispostas.

Já no modo FHSS, quando os padrões de saltos são bem selecionados, vários APs podem ser localizados muito próximos com probabilidade bastante baixa de colisão em um determinado canal.

Até 13 redes FHSS podem ser dispostas antes da interferência. Isto é baseado na probabilidade de colisões quando duas redes escolhem o mesmo canal dos 79 canais ao mesmo tempo. Quando a probabilidade de colisões torna-se alta, o processamento da rede sofre. A Tabela 1, apresenta algumas comparações entre os dois modelos.

CARACTERÍSTICA	DSSS	FHSS
Geração de Interferência de Densidade Espectral	Reduzido com ganho de processamento Expansão contínua do poder de Tx dá interferência mínima	Reduzido com ganho de processamento Só a média poder de Tx é Expandido, isto dá menos redução de interferência
Transmissão	Contínua, banda larga	Descontínua, banda estreita
Susceptibilidade de Interferência	Interferência na banda estreita no mesmo canal é reduzida pelo PG	Interferência na banda estreita no mesmo canal não é reduzida Interferência na banda estreita em canais diferentes não tem influência
Modulação	BPSK e QPSK tem muito poder de eficiência	GFSK tem menos poder de eficiência em operações de banda estreita
Alta taxa de dados	A taxa de dados pode ser aumentada aumentando-se a taxa de tempo e/ou a complexidade da modulação (múltiplos níveis)	Uma amplitude de banda mais larga é precisa mas não disponível (cortaria o número de canais para saltar dentro)
Sinais múltiplos	Somente 3 redes dispostas Processamento total maior	Até 13 redes dispostas Processamento total menor
Sincronização	Mesma sincronização	Mais canais de busca
Tempo Real (Voz)	<i>No timing constrains</i> Se uma estação é <i>jammed</i> ,	Se um canal é <i>jammed</i> , o próximo tempo de transmissão disponível em um canal limpo pode estar a 400 ms
Implementação	Complexo processamento de banda base	<i>Simple analogl imiter /discriminator receiver</i>
Poder de Consumo	Mais poder de consumo devido a maior velocidade e processo mais complexo	Circuito mais simples

Tabela 1. Comparação entre DSSS e FHSS

### 3.5 FHSS x DSSS

O FHSS não requer uma contínua alocação de banda, é mais fácil e barato de implementar, mais seguro e permite múltiplas transmissões simultâneas. Por outro lado, o DSSS é mais fácil de efetuar *handoff* entre células e possibilita maiores taxas de transmissão em certas circunstâncias.

Alguns motivos determinantes que mostram a superioridade do FHSS sobre o DSSS.

- O FHSS é mais imune à interferências. Redes DSSS podem ser debilitadas por frequências de mesma faixa por que não tem variação de frequências, ou seja, a frequência é pré-selecionada e não pode evitar interferências. Por outro lado, o FHSS varia suas frequências pela fonte de ruído. (PERKINS 1994; KO 1998).

- O FHSS tem maior valor de banda agregada. O máximo de canais não-interferentes é de 3 para um total de 6Mbps. Tipicamente sistemas FHSS provêm mais de 15 canais de 1 Mbps não-interferentes para uma capacidade de 15 Mbps, (KO 1998).

- O FHSS têm maior escalabilidade. Se um sistema FHSS precisar lidar com uma célula adicional, basta adicionar um novo AP, dobrando a capacidade. Isto porque APs vizinhos são naturalmente não-interferentes, ou interferem muito pouco uns com os outros. (PERKINS 1994; RANDMANABHAN 1995; KO 1998).

- Sistemas FHSS têm vantagens físicas. Dispositivos FHSS são usualmente mais leves que os DSSS, que além disso requerem mais potência para operar. (PERKINS 1994).

No próximo capítulo será possível verificar como é o funcionamento da tecnologia utilizando o Espectro de Expansão.

# CAPÍTULO IV

## ESPECTRO DE EXPANSÃO

### 4.1 Introdução

Cada provedor pode variar a frequência, amplitude ou fase, fazendo combinações dentro dos limites autorizados. A modulação é o processo de variação de um desses atributos. A modulação em amplitude (AM) e em frequência (FM) são as mais conhecidas. A primeira usa o sistema de chaveamento de amplitude ASK (*Amplitude Shift Keying*) e a segunda o chaveamento de frequência FSK (*Frequency Shift Keying*). Outras formas são a modulação em fase PM (*Phase Modulation*), PCM (*Pulse Code Modulation*) e QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) usada em sistemas digitais. A combinação de diferentes tecnologias podem gerar combinações de formas de modulação.

A forma AM é mais usada nas transmissões comerciais e é bastante sensível a ruídos, portanto, é pouco indicada para comunicação de dados. Pela modulação caracterizamos a forma de apresentação da informação que se transforma em tráfego. Visando maiores velocidades de transmissão, esse tráfego deve ser cursado o mais rápido possível neste sentido surge a idéia de multiplexação.

### 4.2 Multiplexação

A multiplexação é a agregação de várias informações para acelerar a transmissão. Dentre as técnicas de multiplexação sem fio, destacam-se: a FDM (*Frequency division Multiplexing*) e a TDM (*Time Division Multiplexing*). Estas técnicas são utilizadas pelos métodos ou arquiteturas de acesso de usuários FDMA (*Frequency Division Multiplexing Access*) e o TDMA (*Time Division Multiplexing*

*Access*), também destaca-se o método de acesso mais recente, o CDMA (*Code Division Multiplexing Access*). As técnicas FDM e TDM dividem a largura de banda em canais disponibilizados aos usuários do sistema como pode ser visualizado na Figura 4.1, por sua vez, o CDMA disponibiliza toda a banda para todos os usuários, sem a caracterização de canais com uma banda préfixada. Essa subdivisão do espectro torna o FDMA uma arquitetura de faixa estreita, o TDMA de faixa estreita ou larga, e o CDMA de faixa larga.

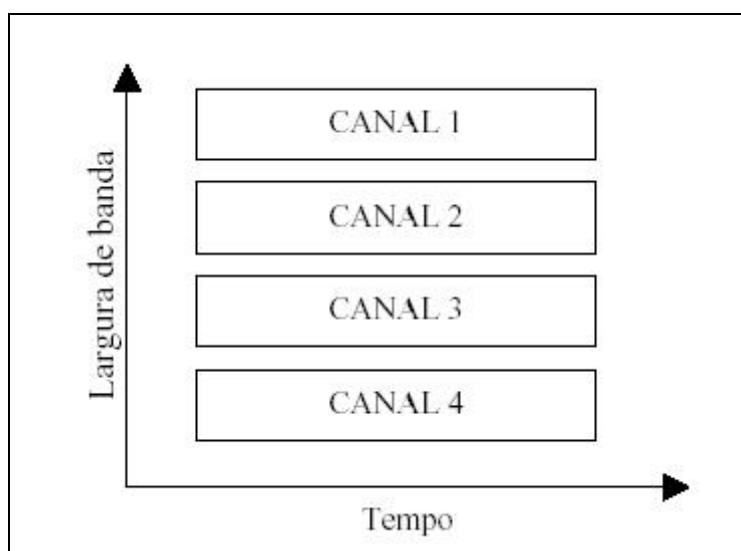


Figura 4.1 Multiplexação por divisão de frequência (FDM)

A multiplexação FDM predominava até inícios dos anos 90, mas ainda é usada em comunicação via satélite, telefonia, sistemas microondas e televisão a cabo (CATV). A largura de banda é subdividida em canais de banda menor, com uma portadora para cada canal, capaz de cursar um sinal de voz ou dados. A arquitetura FDMA explora FDM e os canais são alocados conforme a demanda, reservando alguns canais de controle. Dependendo do sistema, torna-se necessário a alocação de dois canais para cada usuário, um para cada sentido da comunicação: canal duplex.

FDMA é explorado, principalmente, em sistemas analógicos, mas pode também ser usado em sistemas de transmissão digital. A primeira geração dos sistemas celulares analógicos (conhecida como 1G *Wireless*), baseia-se no FDMA, entre eles o AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*), sistema que ainda predominam nos EUA, Brasil e outros 40 países. Cada canal ocupa uma banda de 30 kHz, a largura de banda

total é de 25 MHz para faixa A (ou também conhecida por banda A, faixa de 824 a 849 MHz) e 25 MHz para faixa B (banda B, faixa de 869 a 894 MHz). Para cada faixa, a multiplexação gera 833 canais, como são necessários canais duplex, para cada comunicação, resulta a capacidade de atendimento simultâneo de 416 usuários por faixa.

A multiplexação TDM disponibiliza toda a largura de banda para um canal, mas cada um usa apenas um slot de tempo. Uma mesma portadora é usada por todos os canais em intervalos de tempo. Os sinais são discretizados, cabendo a cada usuário um canal que recebe o sinal a cada seqüência de slots. Uma das limitações desta técnica consiste na geração de slots de tempo mesmo para canais sem transmissão. Essa desvantagem é corrigida pela STDM (*Statistical Time Division Multiplexing*), com a alocação dinâmica de slots apenas aos terminais em uso, como pode ser visto na Figura 4.2. O maior número de canais, implica em maior faixa de transmissão, mas o número de slots por canal depende do projeto e pode superar o FDM.

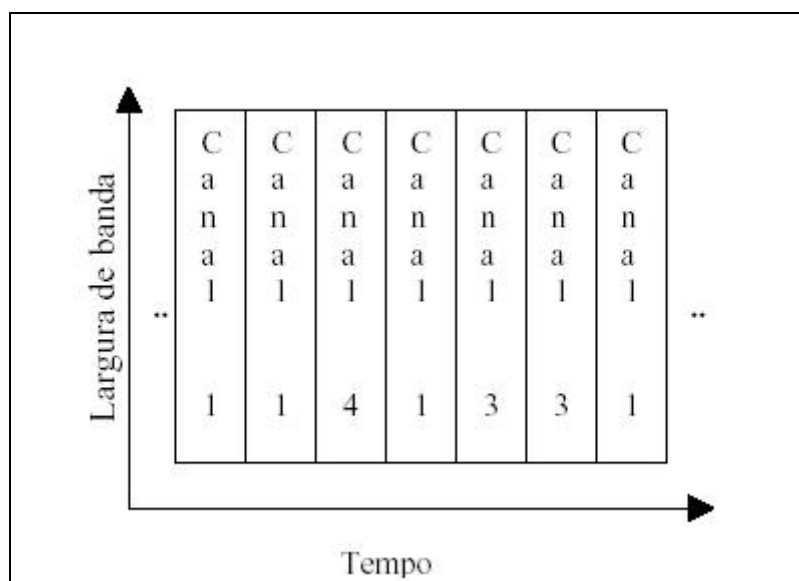


Figura 4.2 Multiplexação pela divisão estatística de tempo (STDM)

A Segunda geração de sistemas celulares (2G *Wireless*) baseia-se no TDMA que, em geral, são similares ao STDM. (ROCHOL, 1995)

O TDMA tem sido bastante usado pelos atuais sistemas móveis e sem fio. Nessa arquitetura de acesso, o sinal de voz é digitalizado, armazenado em um buffer na estação e, então, transmitido pela alocação aos slots de tempo, com intervalos distintos

para transmissão e recepção. Esta arquitetura também pode ser vista como uma combinação das técnicas FDM e TDM. O FDM no sentido que divide a largura de banda em canais e uma portadora para cada canal, e o TDM porque os sinais digitais são enviados pela mesma portadora. Isso exige um maior custo para manter a qualidade do sinal. Os sinais dos usuários, apesar de ocuparem a mesma frequência, não interferem entre si, pois ocupam diferentes slots de tempo. No sistema celular predominante na Europa, o mais popular na linha digital é o GSM (*Global System for Mobile communications*), o qual explora o TDMA, atuando nas faixas de 890 a 915 MHz, e 935 a 960 MHz. O sistema digital D-AMPS (*Digital AMPS*), também em uso no Brasil, faz uso da técnica de multiplexação FDM, própria do AMPS, mas também do TDM, que gera sinais digitais. Como cada portadora gerada pelo FDM é multiplexada em três canais pelo TDM, a capacidade do D-AMPS é multiplicada por três.

A arquitetura CDMA disponibiliza toda a largura de banda para todos os usuários e cada conexão recebe um código específico, o qual é aleatório ou ortogonal aos demais, mas os sinais dos usuários cursam o mesmo canal ao mesmo tempo, permitindo inclusive a interferência entre eles.

### 4.3 Espectro de Expansão

Espectro de Expansão segundo (MEEL, 1999) é uma técnica de transmissão na qual um código *pseudo-noise*, independente dos dados de informação, é empregado na modulação em forma de onda para propagar o sinal elétrico sobre uma amplitude de banda maior que a amplitude de banda do sinal de informação. No receptor o sinal é "desexpandido" usando uma réplica sincronizada do código *pseudo-noise*.

Na Figura 4.1 é possível visualizar no sistema DSSS uma seqüência *pseudo-noise* ( $pn_i$ ) gerada no modulador é usada em conjunto com uma modulação *M-ary* PSK para mudar a fase do sinal *pseudo* randômico PSK à proporção  $R_c = 1 / T_c$  a razão é um múltiplo inteiro da taxa de símbolo  $R_s = 1 / T_s$  (MEEL, 1999).

A transmissão na banda é determinada pelo *chip rate* e pelo filtro da banda base. A implementação limita o *chip rate*  $R_c$  e assim a máxima propagação.

O esquema da modulação PSK requer uma modulação coerente. Um sistema de código curto usa um código PN de comprimento igual aos dados. Um sistema de código longo usa um código PN de tamanho muito maior que os dados, mas cada *chip pattern* diferente é associado com cada símbolo (GLOVER, 1997).

Na mesma Figura 4.3 a FHSS usa uma seqüência *pseudo-noise* ( $pn_i$ ) gerada ao modulador é usada em conjunto com uma modulação *M-ary* FSK para mudar a freqüência de portador no sinal *pseudo-randomico* FSK, saltando à taxa  $R_h$ . O sinal transmitido ocupa várias freqüências no tempo, cada período de tempo  $t_h = 1 / R_h$  refere *dwell time* FHSS divide a banda avaliada em  $n$  canais e salta entre estes canais de acordo com a seqüência PN. A cada pulso de freqüência o gerador PN alimenta para o sintetizador de freqüência uma palavra de freqüência  $f_w$  (uma seqüência de partes) que dita um de  $2^n$  posições de freqüência  $f_{hi}$ . Transmissor e receptor seguem o mesmo padrão de saltos de freqüência, (MATHIAS, 2000).

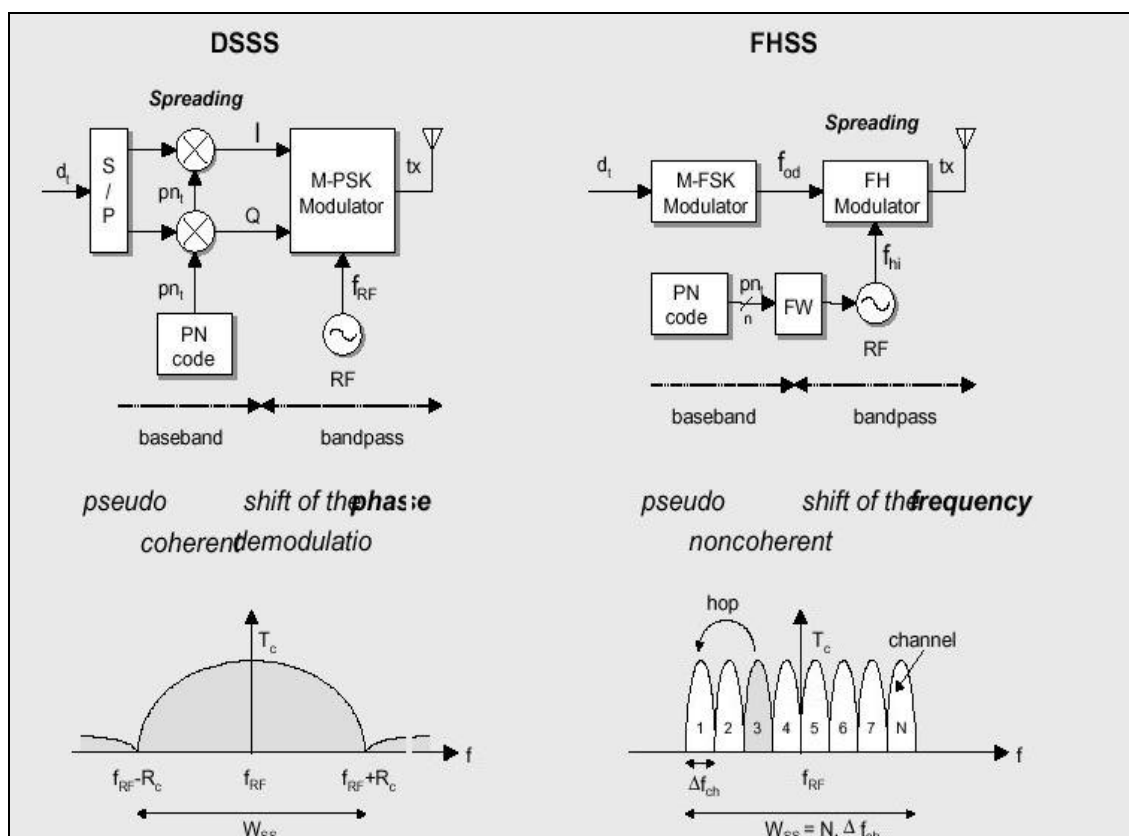


Figura 4.3 Saltos de Freqüência  
 Fonte: MATHIAS (2000)



A amplitude da banda transmitida é determinada pelas mais baixas e mais altas posições de pulso e pela amplitude da banda por posição de pulso ( $tf_{ch}$ ). Para um determinado pulso, a banda ocupada instantânea é idêntica à banda do M\_FSK convencional, que é tipicamente muito menor que  $W_{ss}$ . Assim o sinal FHSS é um sinal de banda estreita, todo o poder de transmissão é concentrado em um canal. Calculada a média sobre muitos pulsos, o espectro FH / M\_FSK ocupa a banda inteira do espectro de expansão. (MATHIAS, 2000).

Pela amplitude da banda de um sistema FHSS só depende da *tuning range* pode ser saltado sobre uma amplitude de banda maior que um sistema DSSS. Como que os pulsos geralmente resultam em fases descontínuas (dependendo da implementação particular) uma demodulação incoerente é feita ao receptor. Com saltos lentos há múltiplos símbolos de dados por pulso e com saltos rápidos há múltiplos pulsos por símbolo de dados. Como pode ser observado na Figura 4.4.

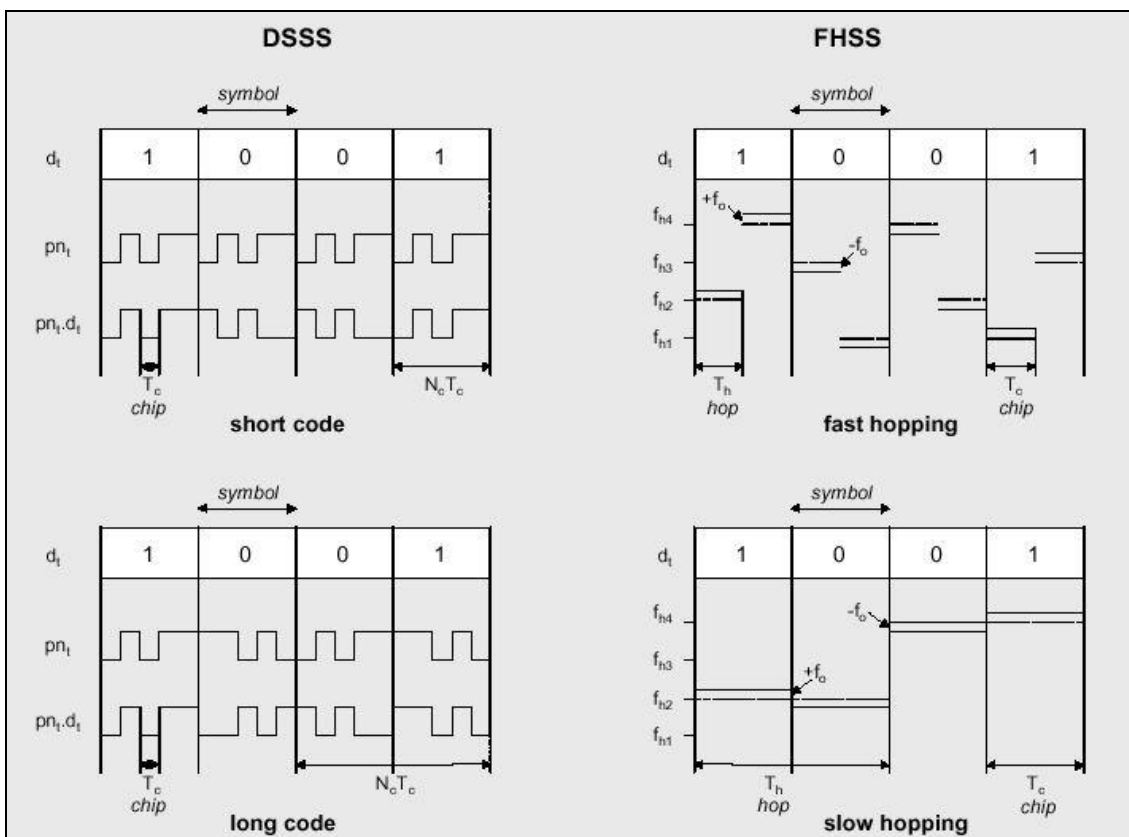


Figura 4.4 Salto de Canais

## 4.4 Princípio Básico do Espectro de Expansão de Seqüência Direta

O efeito da multiplicação de  $d_t$  com a seqüência PN é expandir a amplitude de banda da banda base  $R_s$  de  $d_t$  para uma banda base de amplitude de banda  $R_c$ . Se  $pn_r$  diferente de  $pn_t$ , então não há ação de compressão. O sinal  $d_r$  tem um espectro de expansão. Um receptor não conhecendo a seqüência PN do transmissor não pode reproduzir os dados transmitidos, (GLOVER, 1997).

Para simplificar a descrição da modulação e demodulação, o sistema de espectro de expansão é considerado para banda base de comunicação BPSK (sem filtrar) acima de um canal ideal, Figura 4.5.

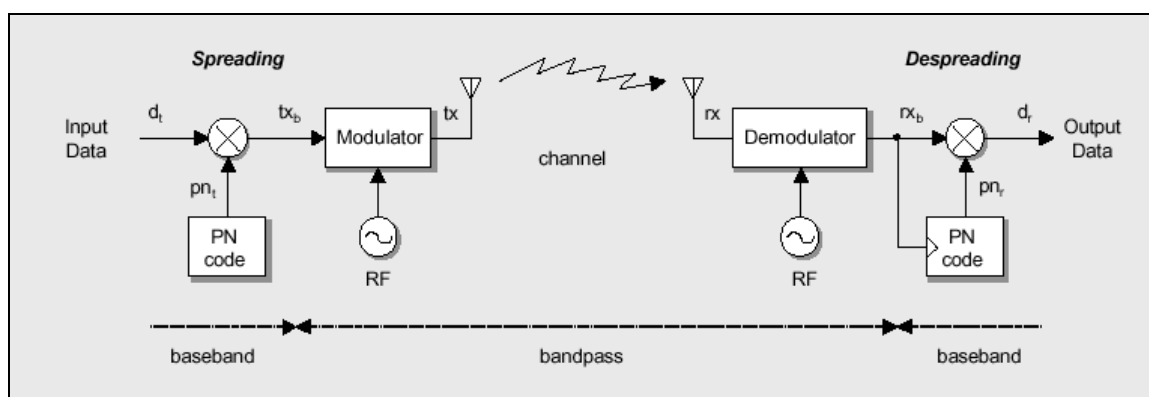


Figura 4.5 Modulação e Demodulação

### 4.4.1 Modulação

Segundo (MEEL, 1999) Sistemas *Spread Spectrum* estão propagando o sinal de informação  $d_t$  que tem um  $BW_{info}$  sobre uma banda muito maior  $BW_{SS}$ :

$$BW_{info} \cong R_s \ll BW_{SS} \cong R_c$$

A amplitude é portanto o poder no sinal *Spread Spectrum*  $t_{xb}$  é igual ao sinal da informação original  $d_t$ . Devido ao aumento da amplitude da banda do sinal *Spread Spectrum* o poder da densidade espectral deve ser menor. O fator de expansão da amplitude da banda, sendo a relação da taxa  $R_c$ , é usualmente selecionado para ser um inteiro em práticos sistemas *Spread Spectrum*, conforme mostra a Figura 4.6.

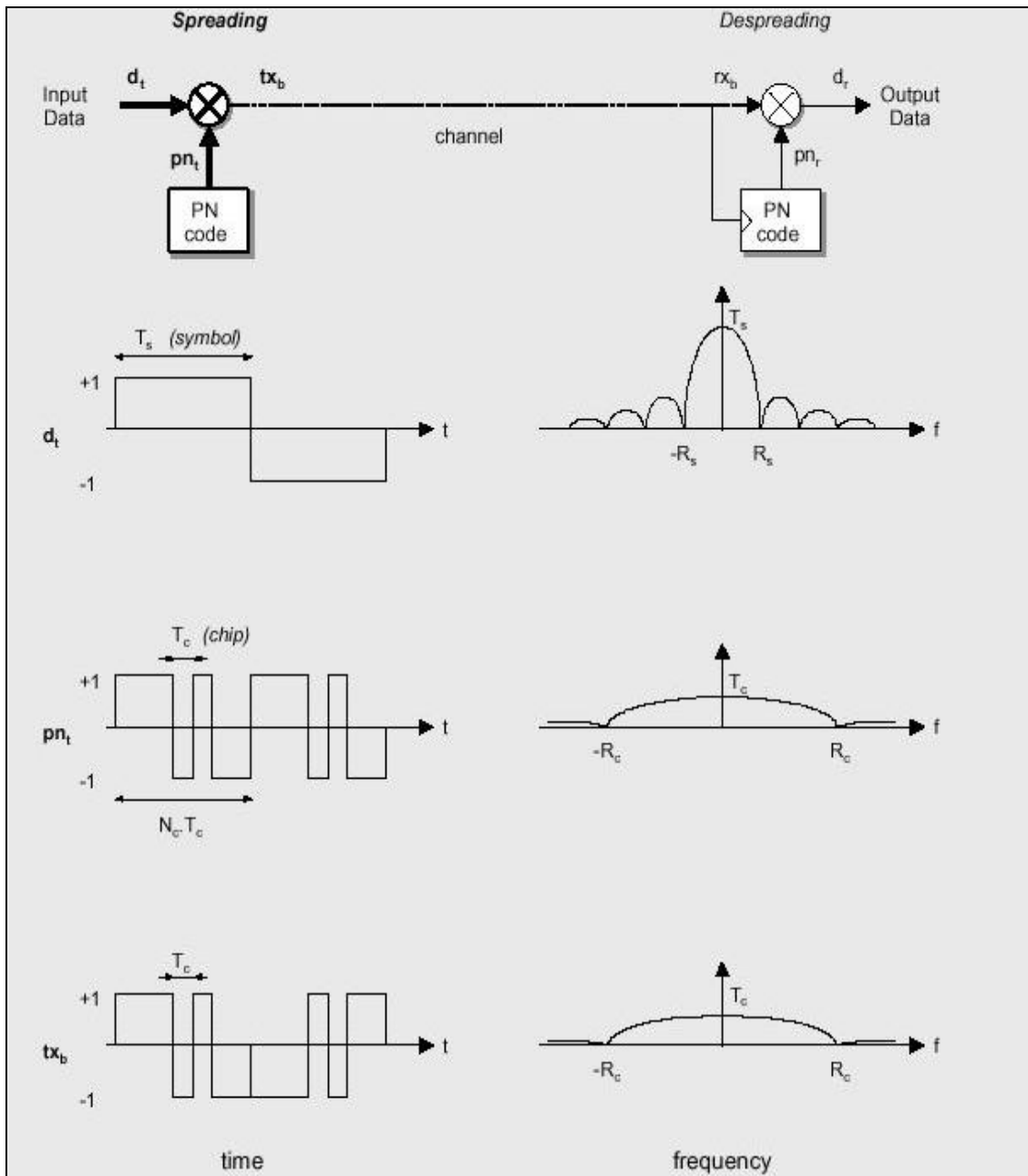


Figura 4.6 Modulação

#### 4.4.2 Demodulação

A Figura 4.7, ilustrada por (MEEL 1999), para demodular, o sinal recebido é multiplicado pelo  $pn_r$ , esta é a mesma seqüência PN como  $pn_t$  (o código pseudo-ruído usado no transmissor), sincronizado à seqüência PN no sinal recebido  $rx_b$ . Esta operação é chamada (espectro) comprimido, desde que o efeito seja desfazer a operação de

expansão ao transmissor. A produção do multiplicador no receptor é então desde que  $pn_r = pn_t$  sincronizado, (MEEL, 1999).

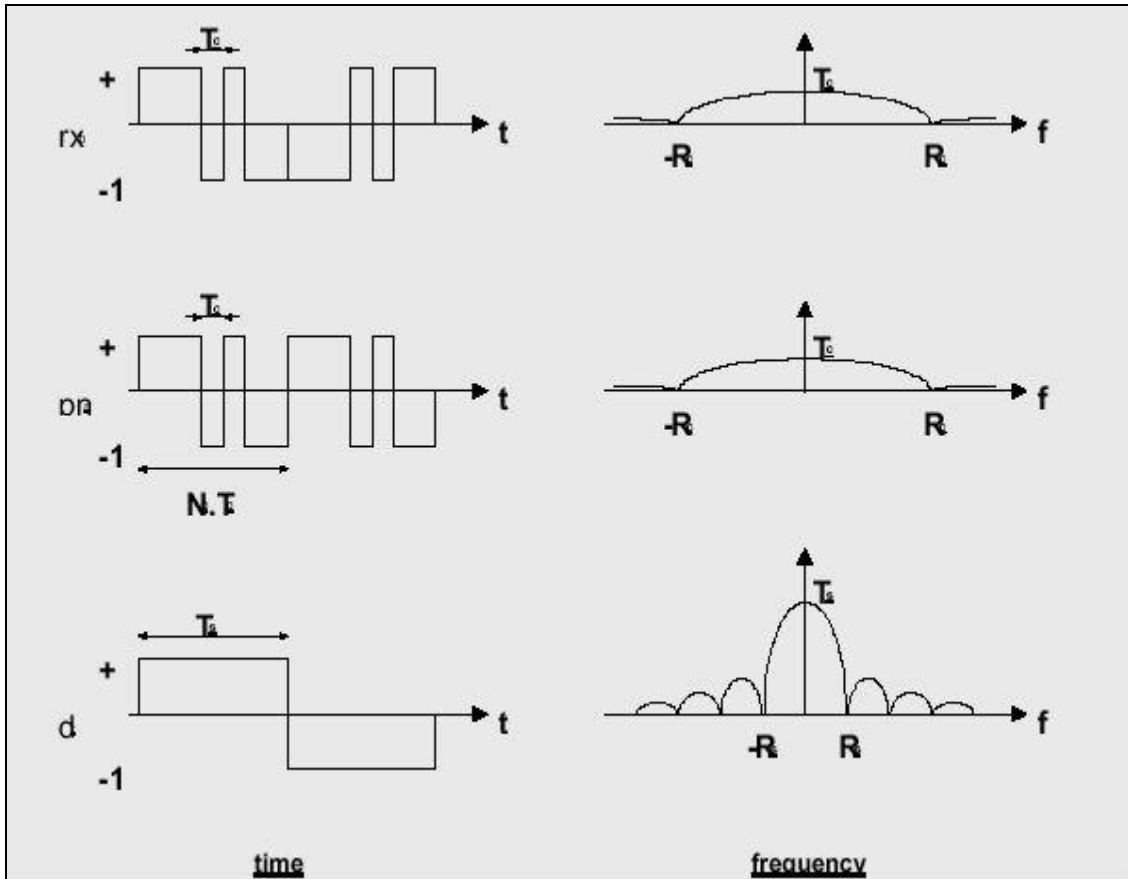


Figura 4.7 Demodulação

O sinal de dados é reproduzido à saída do multiplicador:  $d_r = d_t$ . Se a seqüência PN no receptor não for corretamente sincronizada ao sinal recebido, o dado não pode ser recuperado, para visualizar este método observe a Figura 4.8.

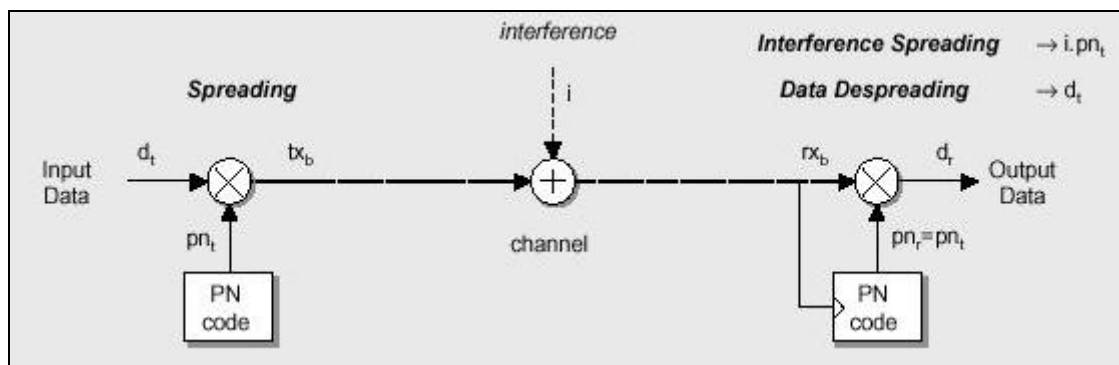


Figura 4.8 Modelo de Interferência

#### 4.4.3 Modulador e Demodulador por Salteamento de Frequência

No espalhamento por seqüência direta, para que se obtenha uma ampla largura de faixa é necessário que a taxa de chips  $1/T_c$  seja muito maior que a largura de faixa  $B$  do sinal modulador, fato que pode ser de difícil realização prática dependendo das freqüências envolvidas. Além disso, uma modulação AM deve ser executada, antes ou depois do processo de espalhamento, a fim de que o espectro espalhado seja deslocado para a freqüência central  $F$ .

O processo de espalhamento por freqüência saltada (FHSS - *frequency hopping spread spectrum*) utiliza um modulador FM para aumentar a largura de faixa do sinal que irá produzir o espalhamento do espectro. Desta forma, utilizando-se um alto índice de modulação  $b$  e um VCO com freqüência central  $F$ , tem-se a solução para os problemas citados acima. A taxa de variação  $1/(N \cdot T_c)$  da freqüência do VCO tem como **unidade hps** (*hops / second* - saltos / segundo). Pela unidade, sabe-se de imediato se o sistema é DSSS ou FHSS, (MATHIAS, 2000).

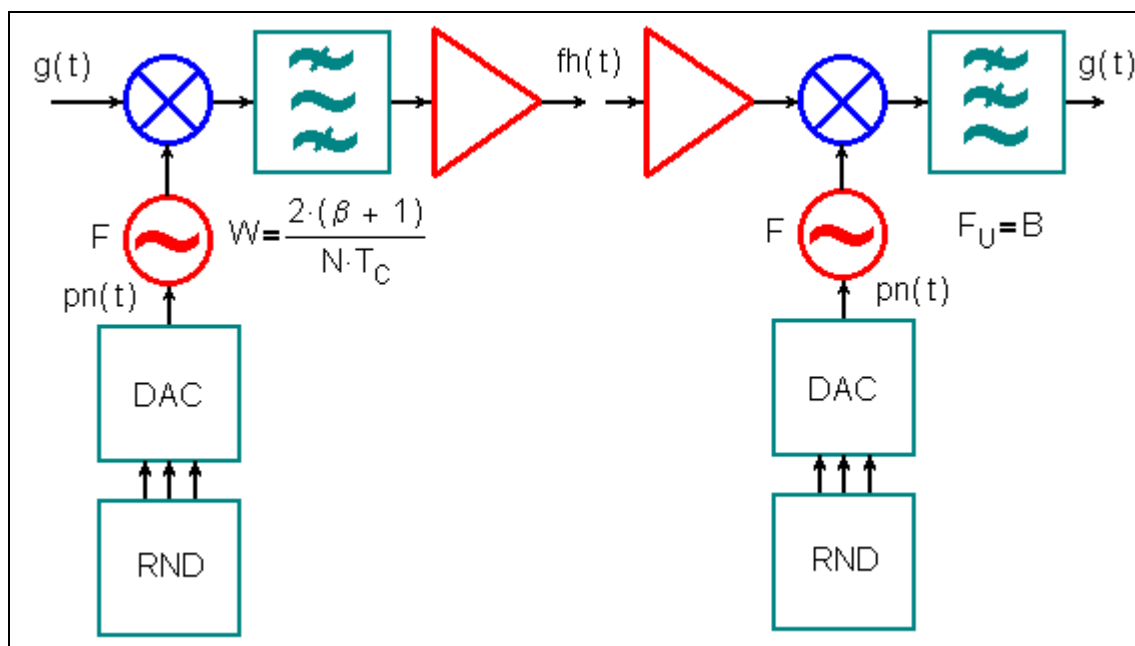


Figura 4.9 Espalhamento de freqüência

Na Figura 4.9 é possível visualizar um gerador digital de palavras aleatórias RND tem sua saída aplicada a um conversor digital-analógico DAC o qual produz um sinal com pulsos retangulares de duração  $N \cdot T_c$ , onde  $T_c$  é a duração de um chip e  $N$  é o

número de bits do DAC. Examinando-se a densidade espectral de potência do sinal gerado pelo DAC, dada pela equação (6-2) com  $N.T_c$  no lugar de  $T_c$ , verifica-se que 90% da potência média encontra-se na faixa de 0 a  $1/(N.T_c)$ . Utilizando-se a Regra de Carson, obtém-se a largura de faixa do sinal FM que por sua vez será modulado em amplitude pelo sinal  $g(t)$ . Como a largura de faixa  $W$  do sinal FM é muito maior que a largura de faixa  $B$  do sinal modulador, a largura de faixa resultante do sinal espalhado será aproximadamente igual a  $W$  e estará centrada na frequência  $F$ .

Caso haja um sinal de interferência presente na entrada do demodulador, este terá o seu espectro espalhado, da mesma forma com o que acontece na demodulação DSSS, logo, para FHSS continua sendo válida a mesma definição para o ganho de processamento.

#### 4.4.4 Performance na presença de interferência

Para simplificar a influência da interferência, o sistema de espectro de expansão é considerado comunicação banda base BPSK (sem filtração).

O sinal recebido  $r_{xb}$  consiste no sinal transmitido  $t_{xb}$  mais uma interferência adicional  $t$  (barulho, ruído, outros usuários).

Para recuperar o dado original, o sinal recebido é multiplicado com uma sequência PN gerada nas proximidades, que é uma réplica exata daquele modelo usado no transmissor ( $p_{nr} = p_{nt}$  e sincronizado).

O sinal de dados  $d_t$  é multiplicado duas vezes pela sequência PN  $p_{nt}$ , enquanto a indesejável interferência  $t$  é multiplicada somente uma vez. Devido à propriedade da sequência PN:

A multiplicação segundo (MEEL, 1999) torna-se:

$$d_r = d_t + t p_{nt}$$

O sinal de dados  $d_t$  é reproduzido à multiplicação no receptor, exceto pela interferência representada pelo termo adicional  $t p_{nt}$ . A multiplicação da interferência  $t$  pela sequência PN gerada localmente, significa que o código de expansão afetará a interferência da mesma maneira que fez com a informação que porta o sinal até o transmissor. Ruído e interferência, sendo incoerente com a sequência PN, se tornam

*noise-like*, aumentam em amplitude de banda e diminuem em densidade de poder depois do multiplicador, (VITERBI, 1995).

Depois da compressão (desexpansão), o componente dos dados  $d_t$  está na banda estreita ( $R_s$ ) enquanto o componente interferência está na banda larga ( $R_c$ ). Aplicando o sinal  $d_r$  na banda base *low-pass* filtrar com uma amplitude de banda larga o suficiente para acomodar a recuperação do sinal de dados, a maior parte do componente interferência  $t$  é filtrada fora.

#### 4.4.5 Narrowband Interference

O ruído de *narrowband* é expandido pela multiplicação com a seqüência PN  $pn_r$  do receptor. A densidade do poder do ruído está reduzida de acordo com o sinal de dados de compressão. São partidos só  $1/G_p$  do poder de ruído original na banda base de informação ( $R_s$ ). Expandir e comprimir habilita uma amplitude de banda por processar ganho contra banda estreita que interfere sinais.

A essência atrás da capacidade de rejeição de interferência de um sistema de espectro de expansão: o sinal útil (dados) é multiplicado duas vezes pela sucessão de PN, mas o sinal de interferência só é multiplicado uma vez. É possível verificar na Figura 4.10, (DINAN 1996).

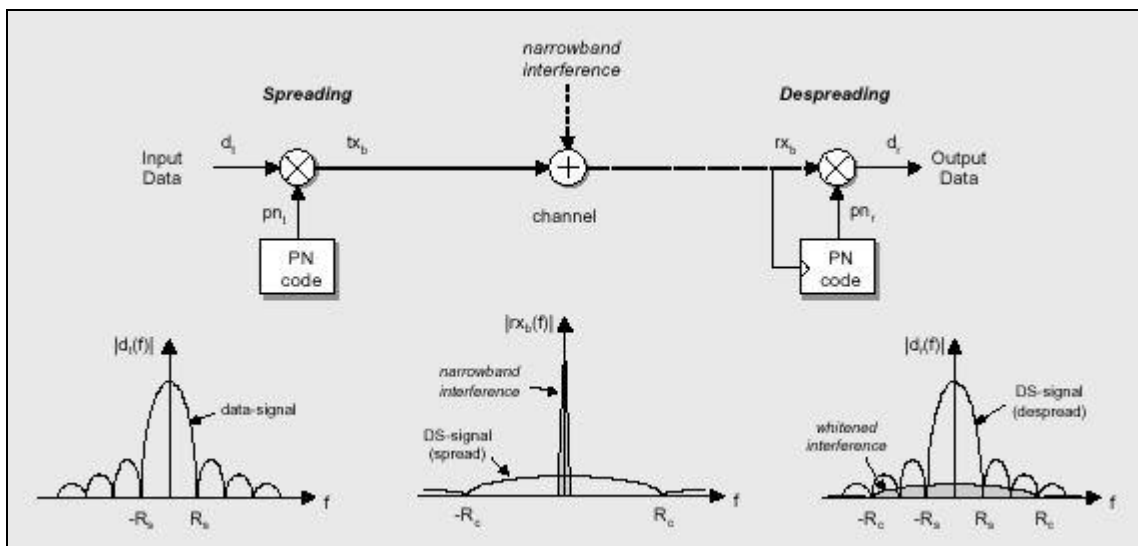


Figura 4.10 Interferência em Narrowband

#### 4.2.5 Wideband Interference

A multiplicação do sinal recebido com a seqüência PN do receptor dá uma compressão seletiva do sinal de dados (menor amplitude de banda, maior poder de densidade). A interferência no sinal é incoerente com a seqüência PN e é expandida.

Origem do ruído em banda larga:

- Múltiplos usuários *Spread Spectrum*: mecanismo múltiplo acesso
- Gaussian Noise: não há aumento em SNR com espectro de expansão. O maior canal de banda ( $R_c$  em vez de  $R_s$ ) aumenta o poder de ruído recebido com  $G_p$ :

$$N_{\text{info}} = N_0 \cdot BW_{\text{info}} \rightarrow N_{\text{ss}} = N_0 \cdot BW_{\text{ss}} = N_{\text{info}} \cdot G_p$$

Segundo DINAN (1996), o sinal de espectro de expansão tem uma densidade mais baixa que o sinal diretamente transmitido. Conforme pode ser observado na Figura 4.11.

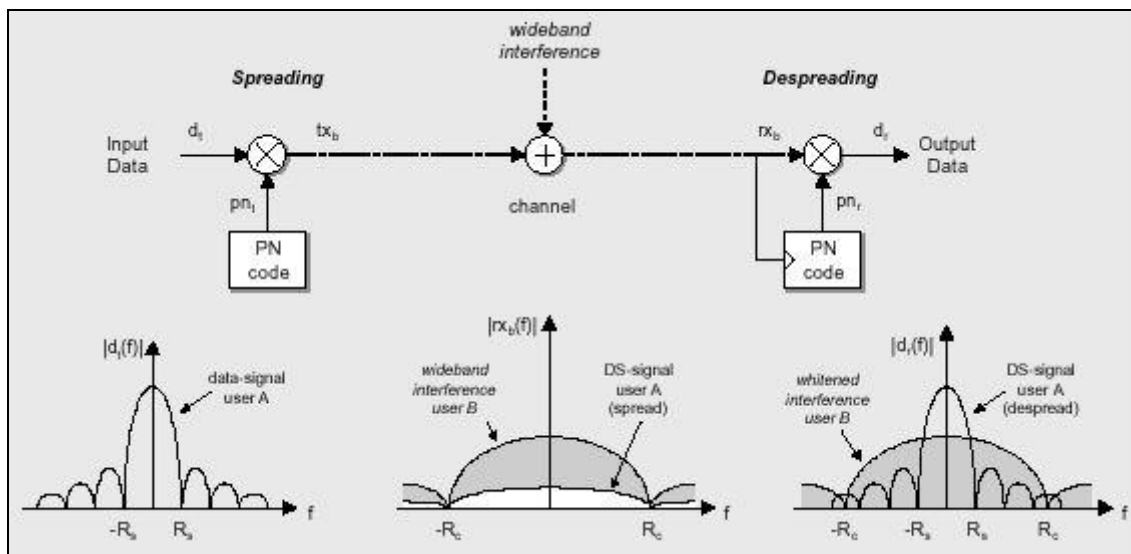


Figura 4.11 Interferência Wideband  
Fonte: DINAN (1996)



## CAPÍTULO V

### A SOLUÇÃO ALTERNATIVA PROPOSTA

#### 5.1 Introdução

No centro de Porto Alegre, agências bancárias que implementam esta solução de transmissão *Spread Spectrum* estão se deparando com o seguinte problema. Muitos equipamentos que trabalham na mesma faixa de frequência acabam conflitando seus dados. A solução encontrada inicialmente pelas agências foi a seguinte: Banco A utiliza os canais 1 até 10, Banco B canal 11 até 20, Banco C canal 21 até 30 e assim por diante, este foi o esquema utilizado pelas agências para transmitir seus dados entre seus postos. A questão é que no centro de Porto Alegre não existem apenas agências bancárias, mas sim inúmeras outras empresas que também se utilizam desta tecnologia para interligarem suas unidades, tornando-se quase que impossível a ocorrência de não haver as colisões.

É a partir desta referência que propõe-se esta solução, executando uma abordagem sobre os conceitos do padrão *Wireless* sob a norma IEEE 802.11b e explorando as formas de transmissão do espectro de expansão, apresentando questões relacionadas a garantia de entrega dos dados, em redes ponto a ponto.

O padrão 802.11 define uma interface que é compatível com o *Ethernet* cabeado, chamada de CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*), na verdade uma variação do CSMA/CD usada no *Ethernet*. O motivo que levou-me a escolher a tecnologia da Ethernet foi embasado no quesito que o *Ethernet* domina mais de 80% do mercado mundial das redes LAN's sendo assim não será necessário uma alteração dos quadros para levá-los de uma rede a outra, o que acelera o processo de transmissão de dados.

Caso mais de uma estação venha a ouvir o mesmo canal e iniciarem uma transmissão juntas, poderá ser implementado a tecnologia CSMA/CA, sobre a CSMA/CD que entra em ação nas estações que estão colidindo e determina tempos de transmissão alternados a estas estações evitando assim que estas venham a colidir.

Com o fluxograma ilustrado na Figura 5.1 pode se observar que ao escutar o canal, o equipamento transmissor terá a possibilidade de analisar se este está ocupado ou não. Se estiver saltará ao próximo canal até encontrar um livre.

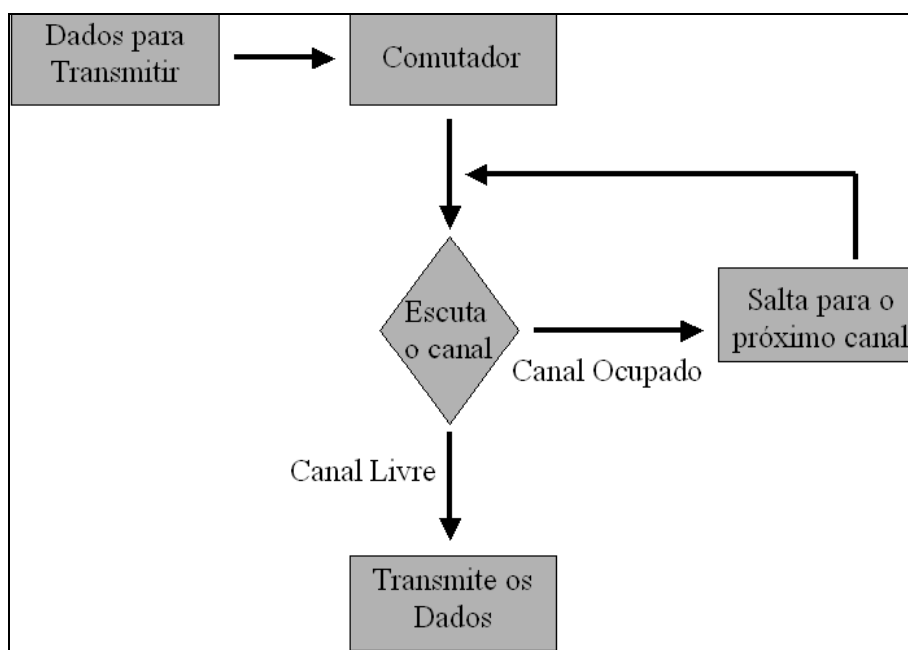


Figura 5.1 Fluxograma do Comutador

## 5.2 O Sistema de Transmissão

Diante deste contexto foi utilizado o software Digital Works para simular como serão as transmissões. Este foi escolhido por ser uma ferramenta de projeto gráfico para o desenho e a simulação do esquemático de um circuito digital. Por simulação entende-se a análise do comportamento do circuito via software. A interface gráfica do Digital Works consiste de uma área de desenho dos circuitos *workspace*.

Neste simulador foi implementado suas transmissões de forma serial, ou seja bit a bit será analisado pelo comutador a ser enviado em uma rota livre. Em um sistema real não será analisado bit a bit por ser inviável, mas sim a cada novo quadro.

Para a alimentação do circuito, ou seja, a entrada dos dados foi utilizado um contador binário assíncrono para gerar os bits em seqüência, fazendo então uma entrada de dados mais interativa. A saída ou a transmissão pode ser visualizada através dos LED's. Na Figura 5.2, é possível observar a visão superficial do circuito sendo simulado.

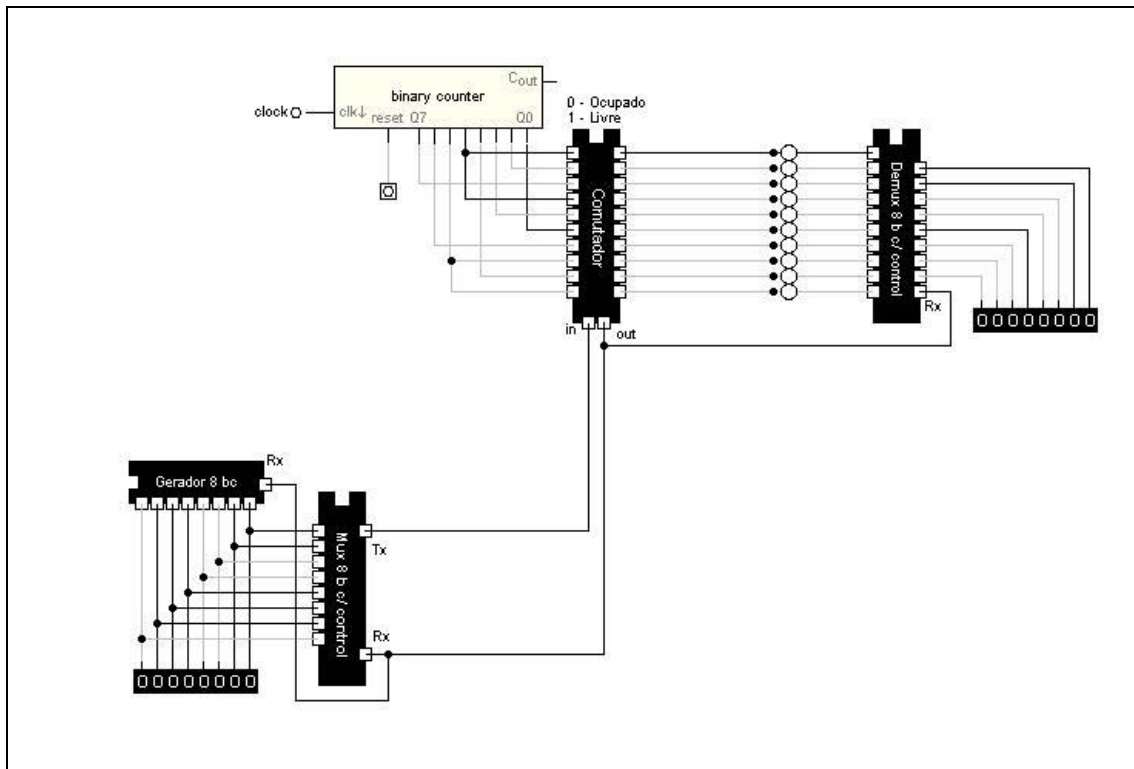


Figura 5.2 Visão do Circuito Geral

A Figura 5.3 é um Gerador assíncrono de 8 bits. Abrindo a macro deste componente podemos observar que este contador possui a função de gerar a seqüência de bits a ser transmitida em uma ordem pseudo-aleatória nos canais de determinada faixa de freqüência.

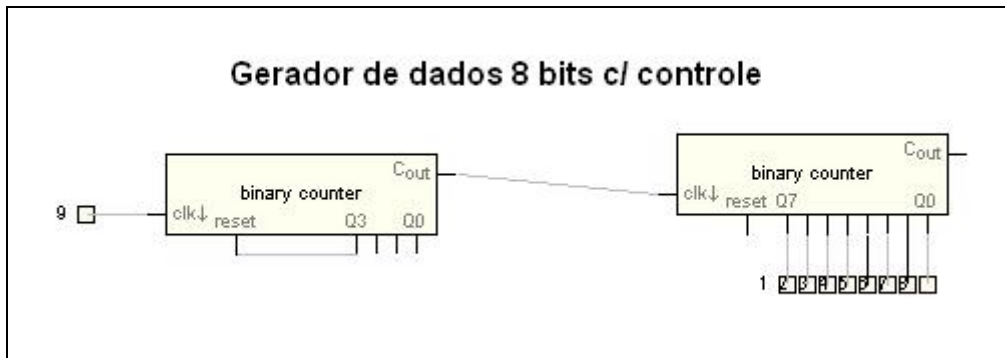


Figura 5.3 Macro Gerador 8b

Os dados gerados pelo contador binário são transferidos para o *Multiplexador* de oito bits Figura 5.4, composto por *flip-flops* tipo D síncronos.

O *flip-flop* é uma célula de memória cuja função é armazenar o bit transferido no momento. Quando receber um bit o armazenará até receber um novo.

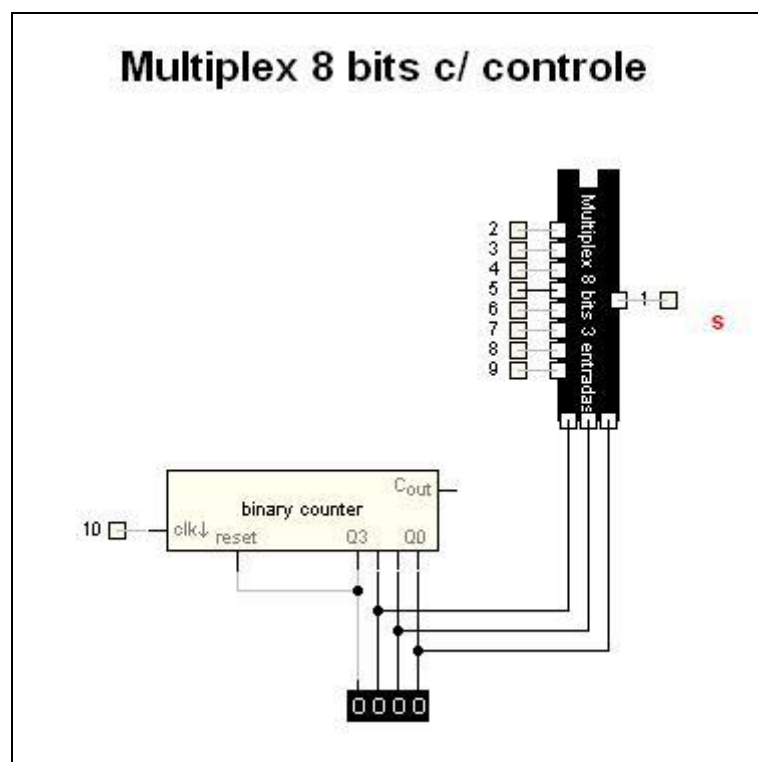


Figura 5.4 Macro do Multiplexador

Depois de ser enviados ao *Multiplexador*, de forma paralela, estes são passados ao comutador em forma serial, esta alteração de paralela para serial pode ser observada abrindo a macro do multiplexador conforme mostra a Figura 5.5.

O *Multiplexador* trabalha de acordo com um contador binário de três bits, cuja cada combinação de bits implica no envio de um dos bits armazenados no registrador ao comutador.

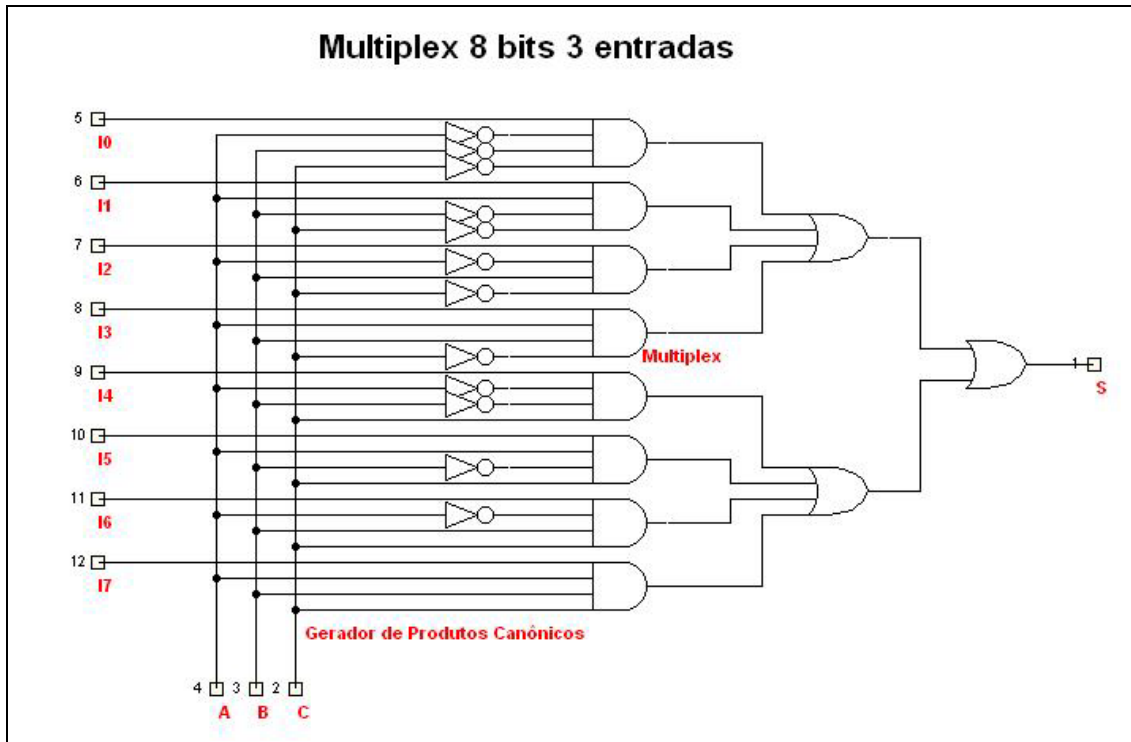


Figura 5.5 Macro do Multiplexador Paralelo/serial

O comutador ilustrado na Figura 5.6, por sua vez, ao receber cada bit enviado do *multiplexador* escolhe o primeiro canal livre para a transmissão do mesmo. Estes sistemas possuem 79 canais onde o administrador de rede pode definir em quais canais quer realizar a transmissão. Neste modelo foram adicionados apenas dez canais, para simplificar o modelo. O *multiplexador* vai escolher o primeiro canal livre desta faixa pré-definida.

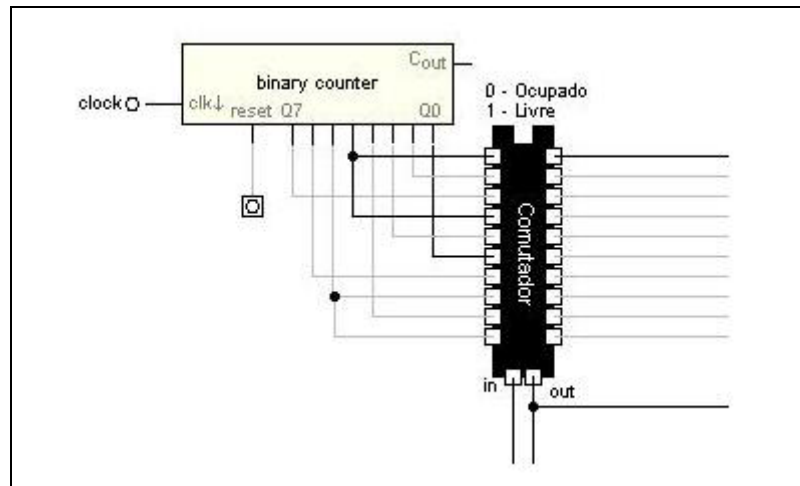


Figura 5.6 Visão Geral do Comutador

A Figura 5.7 é a macro do comutador aberta, onde podemos observar que é muito simples seu funcionamento pois só são portas E.

O responsável por liberar ou ocupar os canais e um outro contador binário assíncrono. Este contador está ligado aleatoriamente ao comutador, na medida em que os bits são alterados no contador este irá oscilar as possibilidades de rotas de escolha para realizar a transmissão.

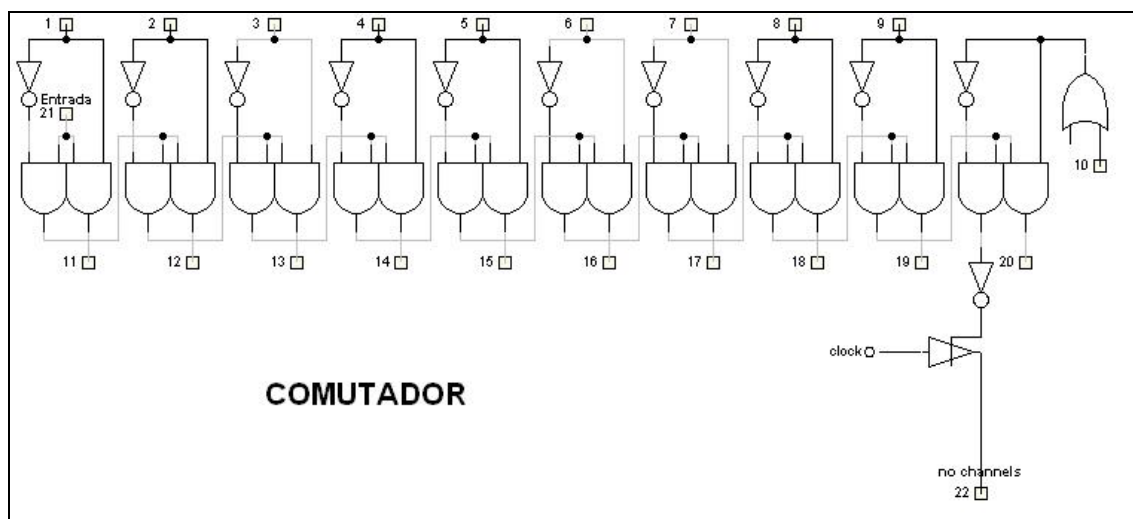


Figura 5.7 Macro do Comutador

É possível observar os *led's* na Figura 5.6, cuja função é colaborar para a visualização do canal que está sendo utilizado no momento pelo comutador para o envio de bit atual. Por uma questão de limitação do *Digital Works*, não é possível fazer com

que o led do canal que envia um bit 0 acenda. Sendo assim estará sendo trafegado o bit a 0 e o led não acionará.

O comutador possui um mecanismo chamado de *Out* que se todos os canais estiverem ocupados, através de um retorno implementado no próprio comutador o bit para, e é acionado para que o gerador de bits não gere uma nova seqüência. O gerador de bit só ira gerar uma nova seqüência quando tiver um canal livre.

O *demultiplexador* Figura 5.8 é sincronizado com o *multiplexador* Figura 5.4, para que seja mantida a ordem dos bits enviados. Este é responsável por, ao receber um bit de qualquer um dos canais, determinar a posição (via sincronismo) que o mesmo deverá ocupar em relação ao byte; e transferi-lo ao registrador que o armazenará.

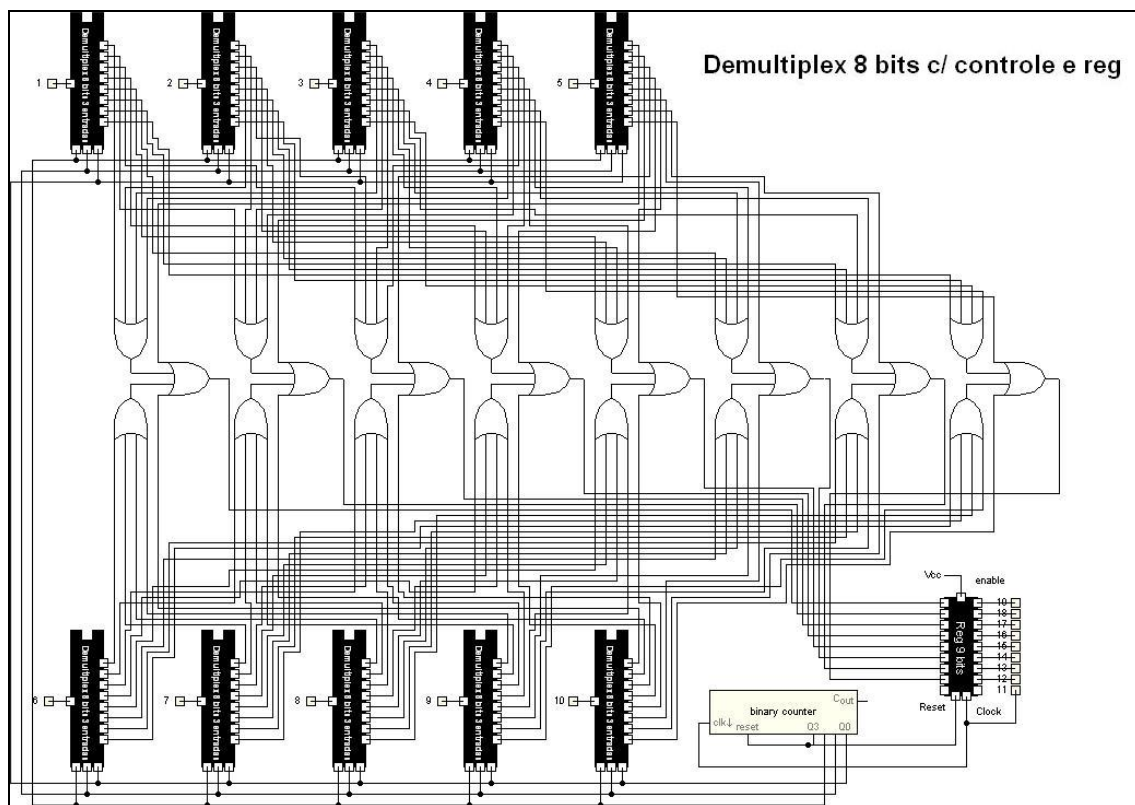


Figura 5.8 Macro do Demultiplexador

### 5.3 O Funcionamento do Software

Quando o *Digital Works* é inicializado, são iniciados os contadores binários simultaneamente, o primeiro deles pode ser visualizado na Figura 5.9, através da seta

número um, este, possui a função de ocupar os canais e desocupa-los. Através deste mecanismo que fará o comutador sempre escolher um canal livre, para realizar a transmissão. Conforme pode ser observado as ligações do contador binário com o comutador, estes estão ligadas de forma aleatórias evitando assim que siga uma seqüência determinada.

O segundo contador binário indicado pela seta número dois e esta dentro desta macro que pode ser visualizada na Figura 5.9 cuja função é gerar bits a serem transmitidos ao receptor, realizando uma entrada de dados mais interativa.

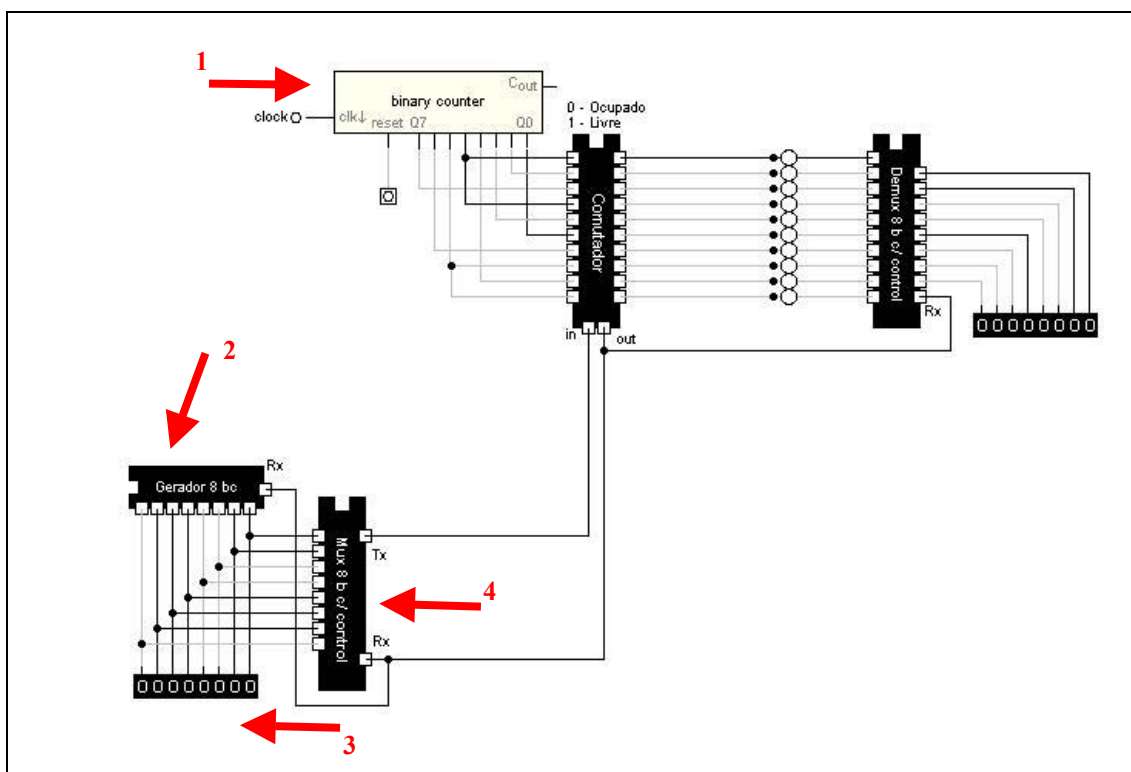


Figura 5.9 Visão Global do Circuito

A seqüência de bits gerada pelo contador binário pode ser visualizada no contador, indicado através da seta número três. Estes são transferidos para o registrador de oito bits, visualizado na Figura 5.9 através da seta número quatro. Neste registrador os bits entram de forma paralela e são repassados ao *Multiplexador*, observado a Figura 5.10 é a macro aberta podendo assim ser observado através da seta número cinco.

O *Multiplexador* ao receber o byte do registrador, o encaminhara ao comutador de forma serial, ilustrado na seta seis.



Decidiu-se por realizar as transmissões ao comutador de forma serial, ganhando assim na segurança dos dados, mas se segurança não for tão primordial pode realizar as transmissões de forma paralela, ganhando então em velocidade.

Desta maneira a solução implementada atende as duas necessidades se velocidade é importante e segurança é segundo plano, o software atende realizando transmissões em modo paralelo. Ou seja, a verificação se o canal esta ou não livre será a cada byte. Se a segurança é o ponto principal e velocidade não é problema então a solução é realizar a transmissão na forma serial. Em simulações reais esta escolha por rotas livres ou não será a cada novo quadro.

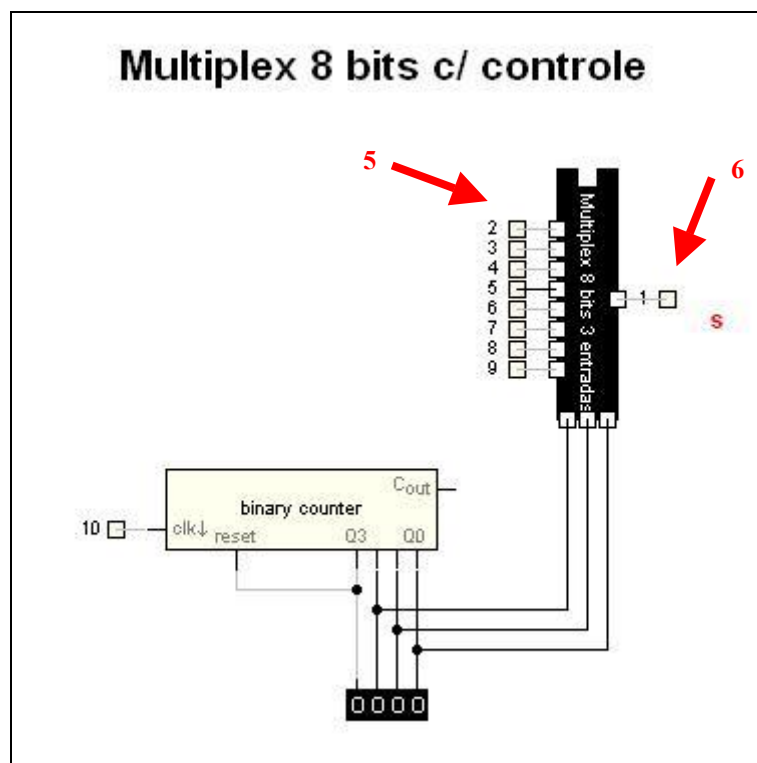


Figura 5.10 Macro do Multiplexador

A finalidade do comutador é escolher a primeira rota livre para transmitir o bit, a cada bit enviado do *Multiplexador* ao comutador. Nesta ferramenta o *led* acionará informando em qual canal está ocorrendo a transmissão. Existe um pequeno problema de limitação nesta ferramenta, quando estiver sendo transmitido o bit a 0 este não acionará o *led*, mas a transmissão ocorrerá da mesma maneira, conforme teste feitos com o software.

Através da Figura 5.11, na seta número sete pode ser visualizado o *Demultiplexador* este é sincronizado com o *Multiplexador*, conforme mencionado anteriormente, para que seja mantida a ordem dos bits enviados. Ao receber um bit em qualquer um dos canais, deverá determinar em qual posição via sincronismo, que o mesmo deverá ocupar em relação ao byte e transferi-lo ao registrador que o armazenará. Por exemplo, se for enviado a seqüência 00100000, será através deste sincronismo que o receptor saberá em qual ordem deverá montar os bits. Encerrando assim o processo de transmissão.

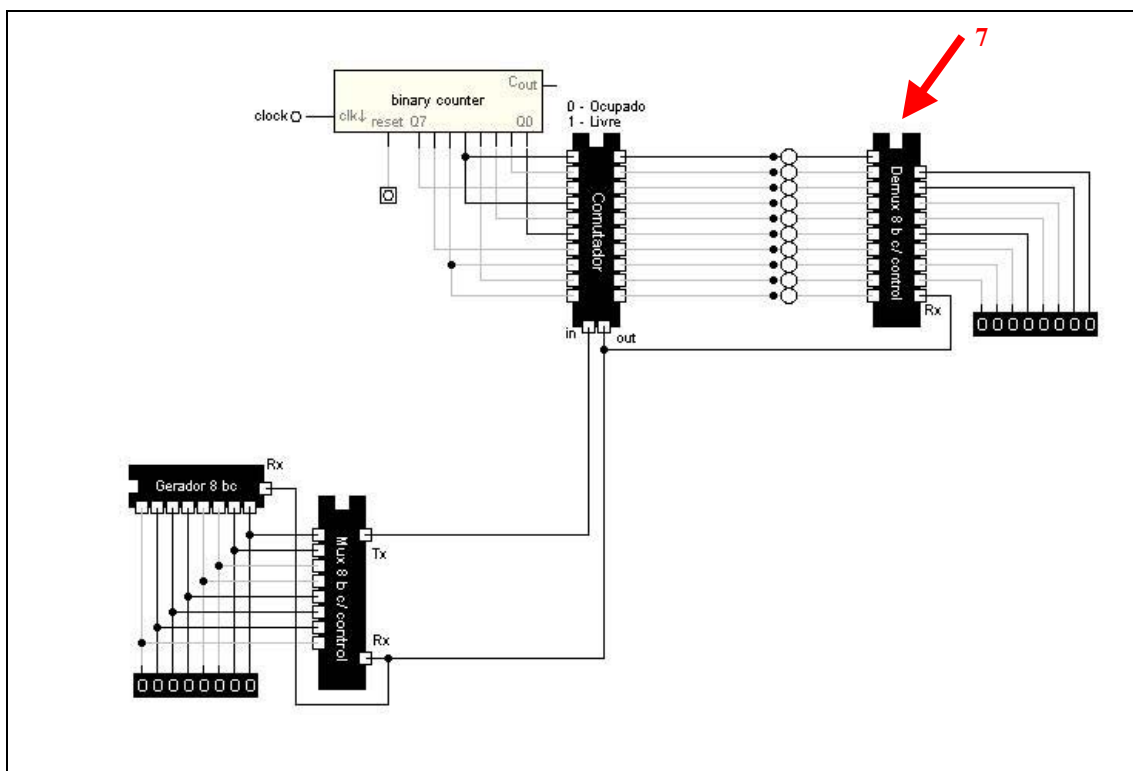


Figura 5.11 Visão Geral do Circuito 3

Os resultados obtidos com as simulações indicam que a proposta é perfeitamente viável. Todos os testes simulados, apresentaram os resultados esperados, ou seja, as condições de colisão foram, em sua maioria, contornadas.

## CAPÍTULO VI

### 6.1 Conclusão

O crescimento das redes de computadores tem sido uma realidade e vem acontecendo de forma muito rápida. As formas de acesso a dados também têm mudado radicalmente, em que transações que antes eram feitas de formas fixas e centralizadas, hoje podem ser feitas de formas móveis e distribuídas. A rede local de computadores sem fio é um exemplo de que essa realidade já faz parte do avanço tecnológico. Por isso que a IEEE tem investido no melhoramento da tecnologia sem fio, para impulsionar a tecnologia e permitir que empresas projetem, construam e comercializem componentes para a comunicação sem fio. Baseado nesse pensamento, teremos sem dúvida, uma adoção crescente a sistemas sem fio no contexto das redes locais, substituindo gradativamente as redes tradicionais cabeadas, para que no futuro tenham as transmissões locais totalmente sem fio.

Um caso especial de multiplexação por divisão de frequência envolve o uso de múltiplas portadoras para aumentar a confiabilidade. A técnica é chamada de espectro espalhado (*spread spectrum*) e é usada por uma variedade de razões. Uma das razões principais para usar-se espectro espalhado é melhorar a confiabilidade quando o sistema subjacente de transmissão possui interferência esporádica em algumas frequências. Se considerarmos que uma rede use ondas de rádio, se o transmissor e o receptor estão próximos de fontes de interferência eletromagnética ou se objetos grandes se moverem na área entre o transmissor e o receptor, a frequência ótima da portadora pode variar com o tempo. Em um dado momento, uma frequência de portadora pode funcionar enquanto outras não. Mais tarde, uma frequência diferente de portadora pode funcionar enquanto a original não. O espectro espalhado resolve o problema fazendo com que um transmissor envie o mesmo sinal em um conjunto de frequências da portadora. Um receptor é configurado para verificar todas as frequências da portadora e usar aquela que está funcionando no momento.

Este trabalho apresentou um novo modelo para realização das transmissões.

As simulações executadas no Software Digital Works, comprovam que o modelo proposto, atingiu com precisão, os canais para realizar as transmissões evitando que os dados sofressem colisões. A probabilidade de haver uma colisão neste mecanismo se comparada com a atual tecnologia disponível é significativamente menor.. Espera-se que, com estas contribuições, esta área deixe de ser vista por problemas de interferência gerando assim as colisões, para ser vista como uma alternativa no desenvolvimento de sistemas de redes de computadores, complementando assim as tradicionais redes cabeadas.

Diante da ausência de resultados práticos, este trabalho é de grande significância, uma vez que ele se propõe a realizar um estudo prático do desempenho de um novo mecanismo de transmissão de dados.

## **6.2 Dificuldades encontradas**

A principal dificuldade encontrada para o desenvolvimento deste trabalho foi a falta de padrões devido à imaturidade desta subárea do IEEE 802.11b. Esta dificuldade, porém, serviu como principal motivação para a realização deste trabalho, uma vez que um dos seus objetivos é propor um modelo alternativo para transmissão dos dados.

## **6.3 Recomendações**

Este trabalho apresentou diversos aspectos do paradigma da transmissão de dados, portanto, oferece uma série de perspectivas onde pesquisas podem e precisam ser realizadas para que o desenvolvimento de sistemas deste tipo seja impulsionado .

Por ser uma proposta inovadora, muito se tem a fazer e a descobrir. Os domínios de aplicação apresentados carecem de implementações em escalas em ambiente real de transmissão, para que esta tecnologia amadureça e impulse novas aplicações. Tendo em vista que o trabalho atual teve-se a teste simulados, a continuação do mesmo consiste em implementar e testar em ambiente real.

Uma implementação a ser estudada como sendo um recurso opcional, chamado de rajada de quadros, para melhorar o desempenho em quadros curtos enviados nos canais. Isso permite que uma estação envie mais de um quadro durante um

determinado evento de transmissão, melhorando a eficiência do sistema para quadros curtos.

O primeiro quadro da transmissão é sempre enviado normalmente, e concorrerá sempre na disputa para encontrar um canal livre. Quando o primeiro quadro for enviado, após ganhar o canal, uma estação equipada com o modo de rajada de quadros poderá continuar a enviar os quadros até um determinado limite, em tempos de bits. Para conseguir isso, a estação transmissora precisa evitar que o canal se torne ocioso entre as transmissões de quadro.

A estação habilitada com a opção de rajada de quadros mantém o canal ativo, transmitindo símbolos especiais que são entendidos por todas as estações como sendo símbolos não de dados, durante os tempos de lacuna entre os quadros. Isso garantirá a posse do canal durante a transmissão das rajadas.

Essencialmente, a transmissão do primeiro quadro limpa o canal para os quadros da rajada subsequente. Quando o primeiro quadro tiver sido transmitido com sucesso em uma rede projetada corretamente, o restante dos quadros em uma rajada, com certeza, não terão de procurar por um canal livre.

## BIBLIOGRAFIA

Agrawal, P. and Sreenan, C. J. "Get Wireless: A Mobile Technology Spectrum". IT Pro. July/August 1999.

Alexander, S. and Droms, R. "DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions". Request for Comments 2132. March 1997.

Balakrishnan, H.; Seshan, S. and Katz, R.H. "Improving Reliable Transport and Handoff Performance in Cellular Wireless Networks". Proceedings of the ACM Mobile Computing and Networking Conference. 1995.

Bakne, A. and Badrinath, B.R. "I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts". Proceedings of the Fifteenth International Conference on Distributed Computer Systems". 1995.

Bantz, D.F. e Banchot, F.J. "Wireless LAN Design Alternatives" , IEEE Network Magazine, Vol.8, março/abril 1994.

Bauchot, F.J. and Lanne, F. "IBM Wireless RF LAN Design and Architecture" IBM Systems journal. vol. 34, n. 3. 1995

Bernardi, P.; Cavagnaro, M. e Pisa, S. "Assesment of the Potential Risk for Humans exposed to millimeter-wave Wireless LANs: the power absorbed in the eye". Wireless Networks, Vol 3, No. 6, November 1997.

Billinghurst, M. and Starner, T. "Wearable devices: New ways to manage information". Computer, vol 1. No1,. January 1999.

Bradner, S. and Mankin, A. "The Recommendation for IP Next Generation Protocol". Request for Comments 1752. January. 1995.

Câmara, Daniel Câmara. “Proposta para Cobertura de Área de Sombra em Redes Wireless”, UFMG, 2000.

Clark, D. “Preparing for a New Generation of Wireless Data”. Computer. August 1999.

Chen, K-C. “Medium Access Control of Wireless LANs for Mobile Computing”. IEEE Network. vol 8. n 5. 1994

Chess, D.; Grosf, B.; Harrison, C.; Levine, D.; Parris, C. and Tsudik, G. “Itinerant Agents for Mobile Computing”. IEEE Personal Communications. Vol 2. No 5. October 1995.

Dayen, R. “Mobile data and Wireless LAN Technologies”. New Jersey, Estados Unidos: Prentice-Hall, 1997.

Derfler, F.J. Jr, Freed L.: "Como funcionam as redes" Editora Quark, 1993

Dixon R.C. “Spread Spectrum System with Commercial Applications”, John Wiley & sons, Inc., 1994.

Dinan E. and Jabbari B. “ Spreading Codes for Direct Sequence CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks” IEEE Communications Magazine, October 1996, pp.124-136.

Droms, R. “Dynamic Host Configuration Protocol”. Request for Comments 2131. March 1997.

Dube, R; Rais, D.D.; Wang, K. and Tripathi; S.K. “Signal stability based adaptive routing (SSA) for ad hoc mobile networks”. *IEEE Personal Communications*, February 1997.

Ferreira, A.A. e Robson, G. "O Paradigma computacional da Próxima Década", I Escola de Informática da SBC, Edição Norte, Pará 1999.

Geier, Jim. "Wireless Networking Handbook". Indianapolis, Estados Unidos: New Riders Publishing, 1996, 413p.

Glisic, Savo G. "Spread Spectrum CDMA System for Wireless Communications" Artech House Publishers, Boston, 1999.

Glover and Grand, "Digital Communications", Prentice-Hall, 1997, chap 15.

Haas, Z.J. and Pearlman, M.R. "The zone routing protocol (ZRP) for ad hoc networks". Internet-draft, August 1998.

Housel, B.C.; Samaras, G. and Lindquist, D.B. "WebExpress: A Client/Intercept Based System for Optimizing Web Browsing in a Wireless Environment". Mobile Networking and Applications (MONET). 1997.

IEEE Standards Department. "IEEE Draft Standard for Wireless LAN – Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification" Documento P802.11D6.1, 1997

Joseph, D.; Tauber, J. and Kaashoek, M. F. "Mobile Computing with Rover Toolkit". IEEE Transactions on Computers. February 1997.

Kaashoek, M.F.; Pinckney, T. and Tauber, J.A. "Dynamic Documents: Mobile Wireless Access to the WWW". Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. USA 1994.

Katz, R.H.: "Adaptation and Mobility in Wireless Information Systems", IEEE Personal Communications Magazine, vol.1, No. 1, 1994



Ko, Y-B and Vaidya, N.H. "Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks". Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking. USA, October 1998.

Lin, J.C. "Biological Aspects of Mobile Communication Filed". Wireless Networks, Vol 3, No. 6, November 1997.

Meel Ir. J. " Spread Spectrum Introducion", 1999

Mathias, André Pimenta, "IEEE 802.11 – Redes Sem Fio", UFRJ, 2000.

Menezes, Rodrigo Saldanha, "IEEE 802.11 – Wireless", UFRJ, 2000.

Oracle. "Oracle Mobile Agentts Technical Product Summary". 1997.

Perkins, C.E. and Bhagwat, P. "Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers". ACM SIGCOMM Symposium on Communication, Architectures and Protocols. 1994.

Proakis, J.G., "Communications System Engineering" Prentice-Hall, 1994, chap 11.

Radmanabhan, V.N. and Mogul, J. C. "Improving HTTP Latency". Computer Networks and ISDN Systems. Vol 28. No 1. December 1995.

Ramos, C.; Rochol, J. "Análise de Desempenho por Simulação de Subcamada MAC do Padrão IEEE 802.11 para Redes Locais sem Fio". Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 25- 28 de Maio de 1998.

Reiher, P.; Popek, J.; Gunter, M.; Salomone, J. and Ratner, D. "Peer-to-Peer Reconciliation Based Replication for Mobile Computers". Proceedings of the European Conference on Object Oriented Programmi ng. June 1996.

Ribeiro, V.F. "A Família Miner de Agentes para Web". Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciência da Computação. Universidade Federal de Minas Gerais. Março. 1998.

Rocha, H. e Martins, P. "Redes Sem Fio - Alternativas e Tendências", UFPb. 1994.

Rochol, J, Barcelos, M. e Pufal, H. "Comunicação de Dados em Redes Celulares de Telefonia Móvel (RCTM)". I Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Brasil. 1995.

Salford, L.G.; Burn, A. e Persson, B.R.R. "Brain Tumour Development in Rats Exposed to Electromagnetic Fields used in Wireless Cellular Communication". Wireless Networks, Vol 3, No. 6, November 1997.

Samaras, G. and Pitsillides, A. "Cliente/Interceot: A Computational Model for Wireless Environments". Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on telecommunications. Australia. April 1997.

Satyanarayanan, M. "Mobile Information Access. IEEE Personal Communications. Vol 3. No 1. February 1996.

Soares, L. F.; Lemos, G. e Colcher, S. "Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM". Editora Campus. 1997.

Souza, Adriano A. de; CUNHA, Paulo R. F. Uma Extensão da Plataforma ANSAware para Suportar a Comunicação Móvel. In: XV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Maio de 1997, São Carlos, SP. Anais...: São Carlos, SP: SBC, Maio de 1997. p.401-16.

Shimon Moshavi, Bellcore, Multi-user Detection for DS-CDMA Communications" IEEE Communications Magazine, October 1996, pp124-136.

Souza, A. e Cunha, P. R. F. "Uma Extensão da Plataforma ANSAware para Suportar a Comunicação móvel". XV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Maio 1997.

Stevens, W. "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, fast retransmit and Fast Recovery Algorithms". Request For Comments 2001. January 1997.

Tait, C.D. and Duchamp, D. "Service Interface and Replica Management Algorithm for Mobile File System". Proceedings of the First International Conference on Parallel and Distributed Information Systems. 1994.

Tanenbaum, Andrew S. "Redes de Computadores". Editora Campus. 1997.

Tennenhouse, D.L.; Smith, J.M.; Sincoskie, W.D. and Minden G.J. "A Survey of Active Network Research". IEEE Communication Magazine. Vol 35. No 1. January 1996.

Toh, C.K. "A Novel Distributed Routing Protocol to support ad hoc Mobile Computing" Wireless Personal Communications, January, 1997.

Valadas, R.T., Tavares R.A. e Oliveira A.M.: "The infrared Physical Layer of the IEEE 802.11 Standard for Wireless local Area Networks". IEEE Communication, vol 36, Nr.12, pp 107-112, December, 1998.

Viterbi, "CDMA Principles of Spread Spectrum Communications" Addison-Wesley, 1995.

Zander, Jens "Radio Resource Management for Wireless Network" Artech House, Boston, 2001.

Waldam, H. e Daoud, M. "Telecomunicações. Princípios e Tendências". Editora Érica. 1998.