

Redes Locais sem Fio e o Padrão IEEE 802.11

Por
Bruno Astuto Arouche Nunes

Algumas transparências foram cedidas pelos professores:

José Rezende e Mauros Campello Queiroz

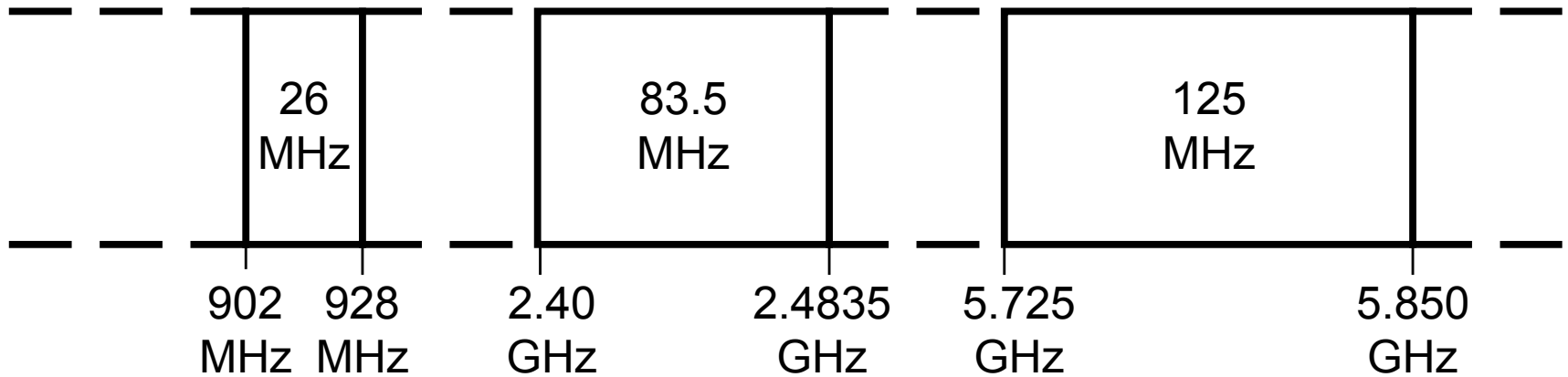
Padrão IEEE802.11

- Pertence ao grupo de LANS 802.x, tais como Ethernet, Token Ring, etc.
- Limitado aos níveis 1 e 2 do Modelo OSI.
- Define uma única camada MAC (acesso ao meio).
- Define diferentes camadas físicas.
 - infra-vermelho e rádio (espalhamento de espectro)
- Oferece a mesma interface para as camadas superiores.
 - entre um cliente sem-fio e um ponto de acesso
 - entre clientes sem-fio

Obs: 802 se refere ao ano e mês em foram iniciadas essas recomendações, fevereiro de 1980.

- **usado na maioria das redes**
- **GSM (900, 1800 e 1900 MHz), IEEE 802.11 e Bluetooth (2.4 GHz)**
- **vantagens:**
 - **pode cobrir grandes áreas e penetrar obstáculos**
 - **maiores taxas de transmissão (p.ex. 10 Mbps)**
- **desvantagens:**
 - **sofre e provoca interferências**
 - **poucas faixas de frequência são livres de licença e aquelas disponíveis não são as mesmas em todo o mundo**

Bandas de Frequência ISM



Potência do sinal deve ser menor que 1 W.

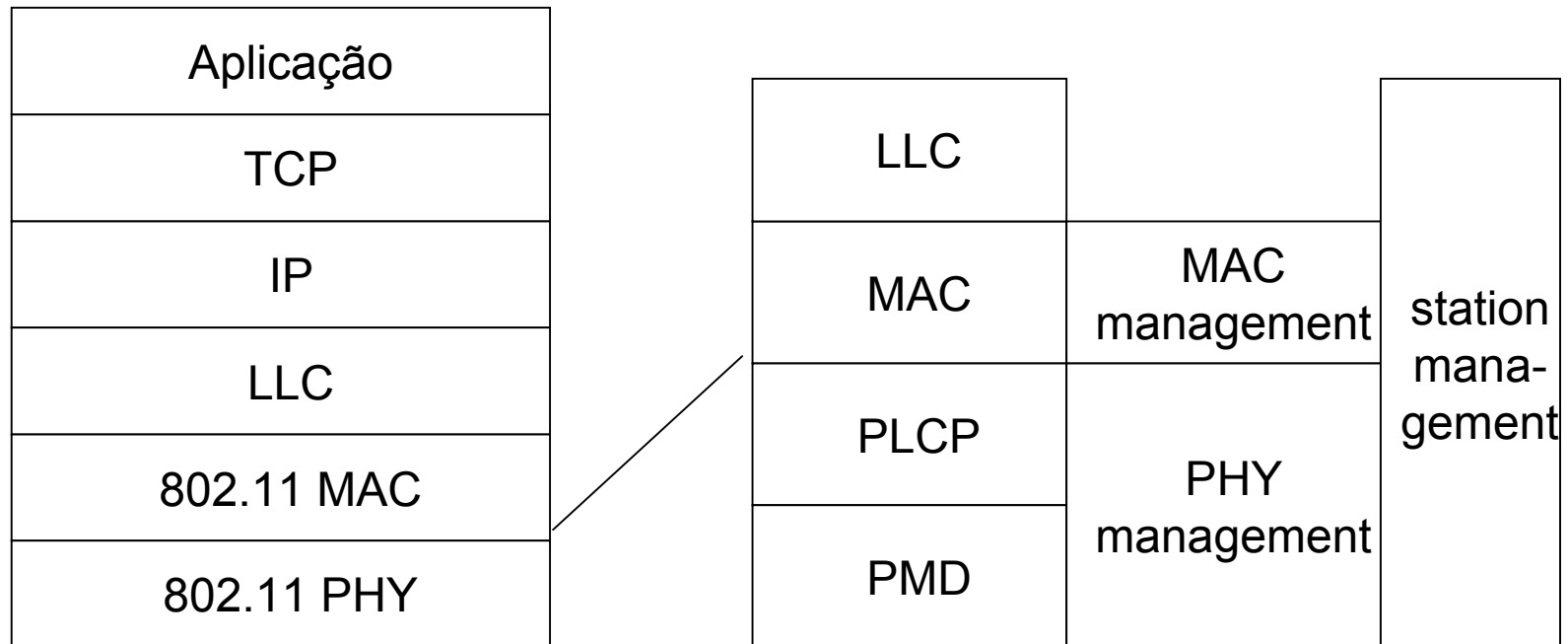
Arquitetura de Protocolos e Gerenciamento

LLC - Logical Link Control

PLCP - Physical Layer Convergence Protocol

MAC - Medium Access Control

PMD - Physical Medium Dependent



Funções de cada camada

- Camada MAC
 - endereçamento
 - controle de acesso ao meio
 - fragmentação dos dados do usuário
 - criptografia
- Subcamada PLCP (Physical Layer Convergence Procedure)
 - provê um sinal de detecção de portadora (CCA)
 - provê uma interface para o envio de dados (SAP) independente da tecnologia de transmissão
- Subcamada PMD (Physical Medium Dependent)
 - modulação
 - codificação/decodificação de sinais

Camadas de Gerenciamento

- camada de gerenciamento MAC
 - provê a associação/re-associação de uma estação a um ponto de acesso (AP)
 - suporta *roaming* entre pontos de acesso
 - controla autenticação, criptografia, sincronização entre estação e ponto de acesso e o consumo de energia
 - mantém uma MIB (*Management Information Base*)
- camada de gerenciamento PHY
 - funções de manutenção do canal e MIB
- camada de gerenciamento da estação
 - interação entre ambas as camadas de gerenciamento
 - controla a interconexão e a interação com o sistema de distribuição

Camada Física

- IEEE 802.11 suporta três camadas Físicas
 - infra-vermelho (850-950 nm)
 - FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)
 - Modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*)
 - 1 bit => 1 frequência - 1 Mbps
 - 2 bits => 1 frequência - 2 Mbps
 - DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*)
 - Modulação
 - DBPSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*)
 - DQPSK (*Differential Quadature Phase Shift Keying*)

Modulação

- É o processo de se variar as características de amplitude, frequência ou fase de um sinal chamado de portadora (carrier), de acordo com a amplitude de um sinal de informação, chamado de modulador (voz, dados, vídeo).
- **Portadora senoidal:**

$$e_c(t) = E_c \cdot \text{sen} [w_c \cdot t + \Phi(t)]$$

Modulação Analógica

- Se for variada a amplitude da portadora teremos uma MODULAÇÃO em AMPLITUDE
 - **(AM)**
- Se for variada a frequência da portadora teremos uma MODULAÇÃO em FREQUÊNCIA
 - **(FM)**
- Se for variada a fase da portadora teremos uma
 - MODULAÇÃO em FASE
 - **(PM)**

Modulação Digital

- Modulação de Portadora Senoidal por Moduladora Digital
- **ASK** – amplitude shift keying
- **FSK** – frequency shift keying
- **PSK** – phase shift keying
- Modulação Multi- nível (m-ária)
- **QPSK** – quadrature phase shift keying
- **QAM** – quadrature amplitude modulation
- **DPSK** – differential shift keying

Amplitude Shift Keying ASK

Cada binário 0 ou 1 será representado por um valor de pico da portadora

Exemplos:

binário 0 = 1 volt

binário 1 = 3 volts

Multinível (2 bits/símbolo, $m = 2$)

00 = 1 volt ; 01 = 3 volts ;

11 = 5 volts ; 10 = 7 volts ;

Frequency Shift Keying FSK

Cada binário 0 ou 1 será representado por uma frequência da portadora

Exemplo:

Binário 0 = 1600 Hz

Binário 1 = 2100 Hz

Multinível (2 bits/símbolo, $m = 2$)

Exemplo:

00 = 1600 Hz ; 01 = 2100 Hz

11 = 2600 Hz ; 10 = 3100 Hz

Phase Shift Keying PSK

Cada binário 0 ou 1 será representado por uma fase da portadora

Exemplo:

Binário 0 = 0°

Binário 1 = 180°

Multinível (2 bits/símbolo, $m = 2$)

$00 = 0^\circ$; $01 = 90^\circ$; $11 = 180^\circ$; $10 = 270^\circ$

Quadrature Amplitude Modulation QAM

Modulação híbrida em Amplitude e em Fase onde vários bits podem ser transmitidos por símbolo, aumentando a taxa de bits para uma mesma banda.

Exemplo:

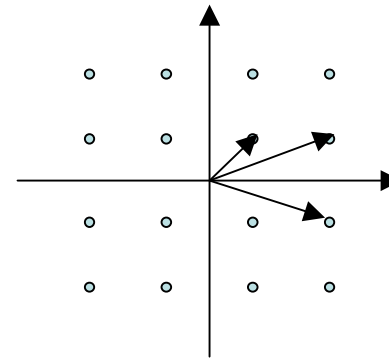
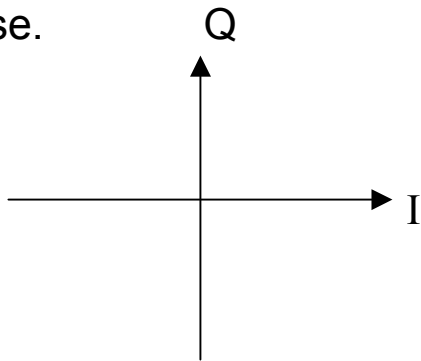
16 QAM = 4 bits por símbolo

64 QAM = 6 bits por símbolo

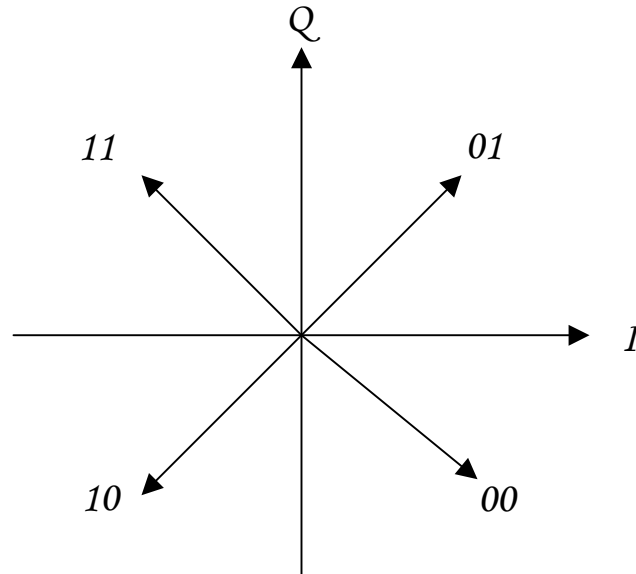
Na modulação QAM usam-se duas portadoras em quadratura (ortogonais), com amplitudes I e Q, da forma:

$$e_c(t) = I \sin w_c.t + Q \cos w_c.t ,$$

onde I e Q podem assumir valores ... - 5, -3, -1, 0, +1, +3, +5, ..., gerando os vetores de fase.



Quadrature Phase Shift Keying QPSK



Diferencial Bipolar Phase Shift Keying DBPSK

Na modulação diferencial cada símbolo depende do anterior da forma:

$$\Phi_n = \Phi_{n-1} + \Phi_d$$

Φ_n = fase atual

Φ_{n-1} = fase anterior

Φ_d = variação da fase:

se o binário atual for 0, $\Phi_d = 0^\circ$

se o binário atual for 1, $\Phi_d = 180^\circ$

Diferencial QPSK

São transmitidos 2 bits por símbolo, mas a fase atual de cada símbolo depende da fase anterior, da forma;

$$\text{fase atual} = \Phi_n = \Phi_{n-1} + \Phi_d$$

Φ_d = variação da fase:

se os dados são 00, $\Phi_d = 0^\circ$

se os dados são 01, $\Phi_d = 90^\circ$

se os dados são 11, $\Phi_d = 180^\circ$

se os dados são 10, $\Phi_d = 270^\circ$

Gaussian Frequency Shift Keying GFSK

A modulação FSK produz uma grande largura de espectro devido às componentes laterais geradas, que podem produzir interferências intersímbolos. Para que a banda necessária à transmissão seja diminuída, os pulsos retangulares dos bits são conformados por filtros passa-baixa, com resposta Gaussiana.

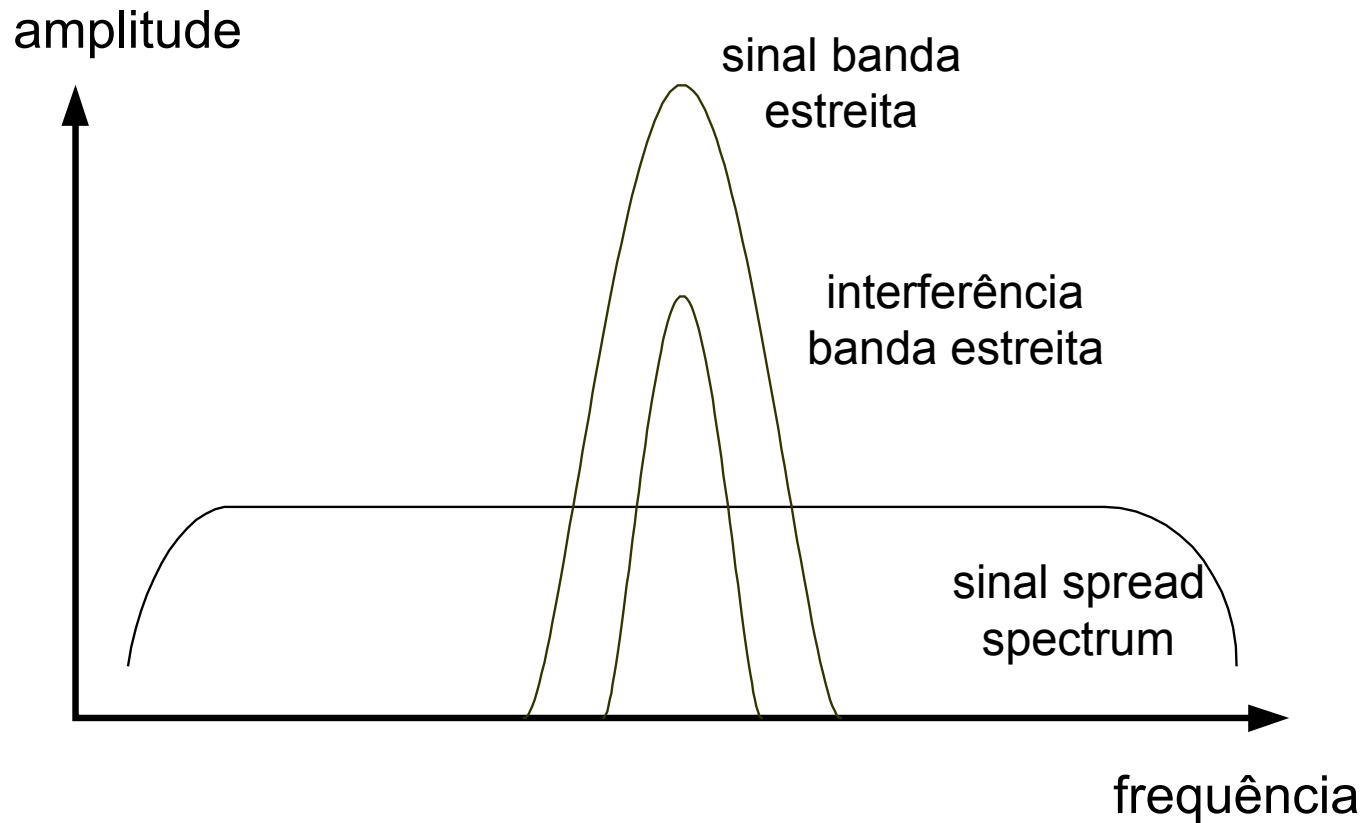
2-GFSK = 1 bits por freqüência

4-GFSK = 2 bits por freqüência

Camada Física: Modulação

- preparo do sinal para a transmissão em ondas de rádio
- espalhamento no espectro de frequência (*spread spectrum*)
 - espalha a potência do sinal numa larga faixa de frequências
 - desperdiça banda mas ganha no desempenho sinal-ruído
 - outras transmissões ou ruídos são na sua maioria de banda estreita
 - interferem somente numa pequena faixa do sinal
 - dois métodos
 - Frequency Hopping Spread Spectrum (**FHSS**)
 - Direct Sequence Spread Spectrum (**DSSS**)

Espalhamento de Espectro



Espalhamento de Espectro por Saltos em Frequência (FHSS)

- modulação com uma portadora que salta de frequência em frequência em função do tempo em uma determinada faixa
 - código de salto (*hopping code*) determina quais frequências serão utilizadas e a ordem das mesmas.
 - um sinal de banda estreita somente interfere se estiver transmitindo na mesma frequência num mesmo instante.
- recomendação do FCC (*Federal Communications Commission*):
 - 75 ou mais frequências por canal e um tempo máximo de permanência em cada frequência (*dwell time*) de 400ms.
- atinge no máximo taxas de 2 Mbps.
 - acima disso aumenta-se o número de erros .
- O padrão irá empregar 79 canais de 1MHz.

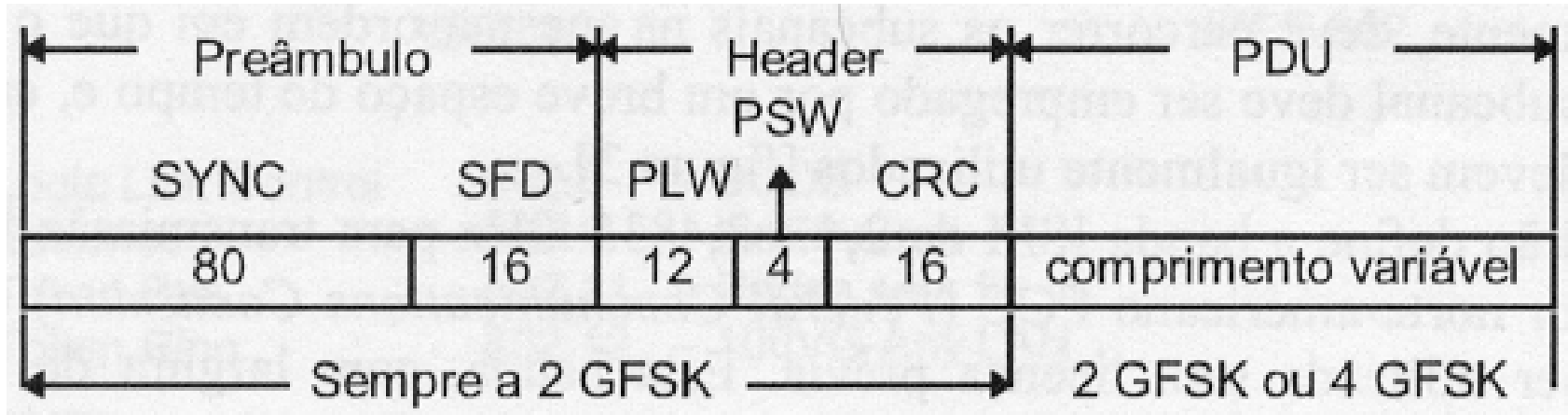
Espalhamento de Espectro por Saltos em Frequência (FHSS)- 2

- Critérios de projeto para FHSS:
 - Saltos devem ter uma distancia mínima de 6 canais.
 - Prevê-se, ainda, a operação simultânea de até 26 sistemas FHSS 802.11 em uma mesma área.
 - 3 conjuntos de 26 seqüências de saltos.
 - 5 colisões de seqüências de um mesmo conjunto.
- ***slow hopping***: uma única frequência é usada para a transmissão de vários bits
 - mais barato e menos imune a interferências
 - ex: IEEE 802.11 e GSM (opcional)

Espalhamento de Espectro por Saltos em Frequência (FHSS) - 3

- A modulação utilizada para transmissão em saltos em frequência é **GFSK**.
 - **1 Mbit/s**: GFSK de **dois** níveis;
 - **2 Mbit/s**: GFSK de **quatro** níveis;
- Vazão de 1 Mbit/s é obrigatória.
- Vazão de 2 Mbit/s é opcional.

Formato do Quadro FHSS



Formato do Quadro FHSS - 2

- Seqüência de sincronismo de 80 bits no formato 0101.
- **SFD**(Strat Frame Delimiter) 16 bits: 0000 1100 1011 1101
- **PLW**(PLCP_PDU Lenth Word) 12 bits que indicam o tamanho da PDU(Phisical Data Unit) em octetos, incluindo 32 bits de CRC no final da PDU.
- **PSW**(PLCP Signaling Word) 4 bits com 3 reservados e um para indicar a vazao da PDU.
- **CRC** do cabeçalho é gerado pelo polinomio
 - $P(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

Formato do Quadro FHSS - 3

- PDU: campo de dados das camadas superiores.
 - Dados embaralhados segundo o polinômio de feedback $G(x) = x^7 + x^4 + 1$ e convertidos para símbolos.
 - 1 Mbit/s – cada bit é convertido para um símbolo **2GFSK**.
 - 2 Mbit/s – cada 2 bits são convertidos para dois símbolos **4GFSK** utilizando mapeamento Gray.
 - A cada 32 símbolos acrescenta-se um para reduzir a componente DC.

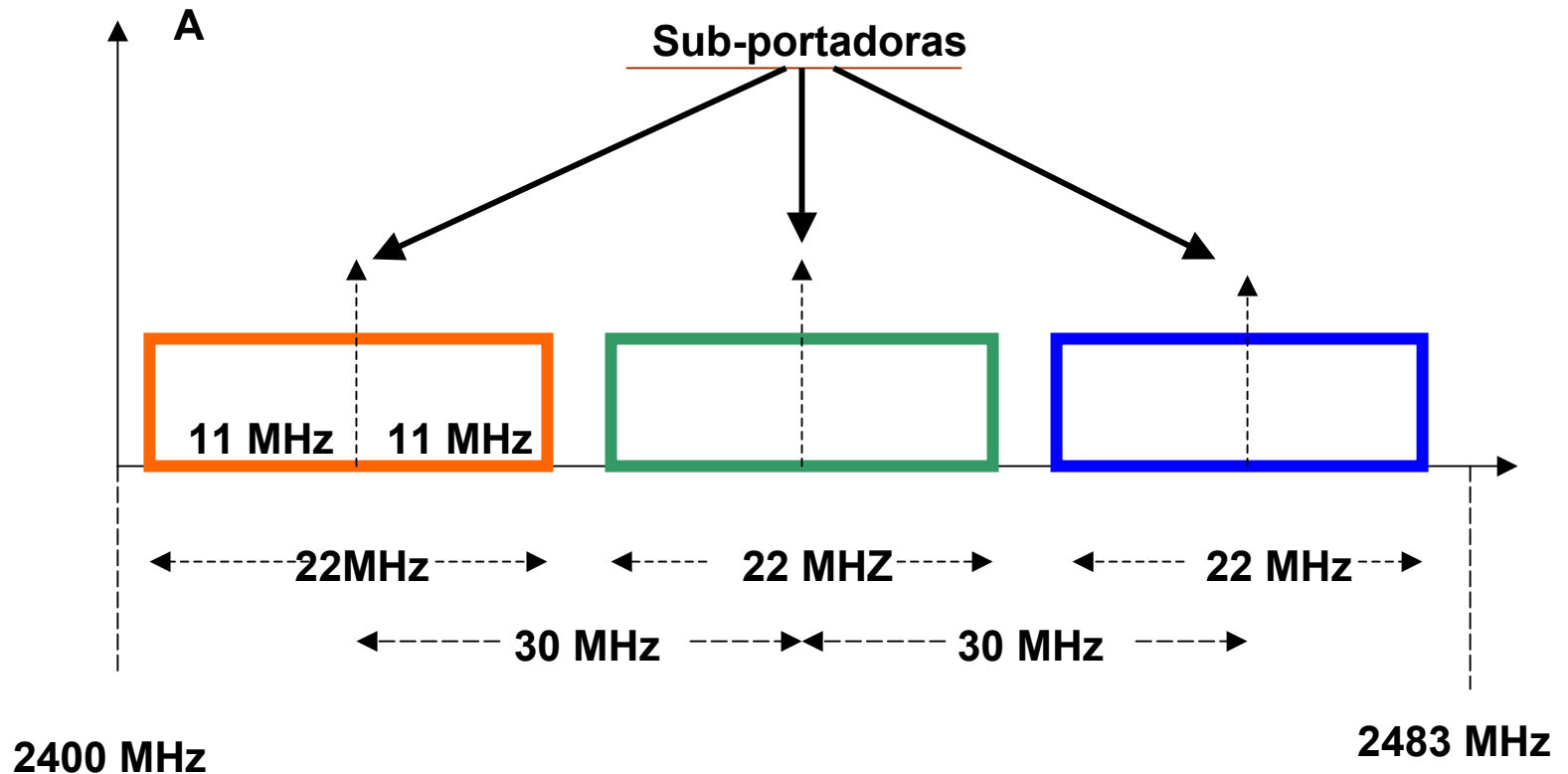
Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

- combinação (operação XOR) de um sinal digital com uma seqüência de bits de mais alta taxa (*chipping sequence*)
 - envio de uma seqüência de *chips* para cada bit de dado
 - a própria seqüência ou o seu complemento
 - uma escolha apropriada da seqüência de bits faz com que o sinal resultante seja espalhado
 - o número de bits da seqüência (ou fator de espalhamento) determina a banda passante do sinal resultante
- mais caro
- maior consumo de energia

A Faixa de 2,4 GHz-DSSS

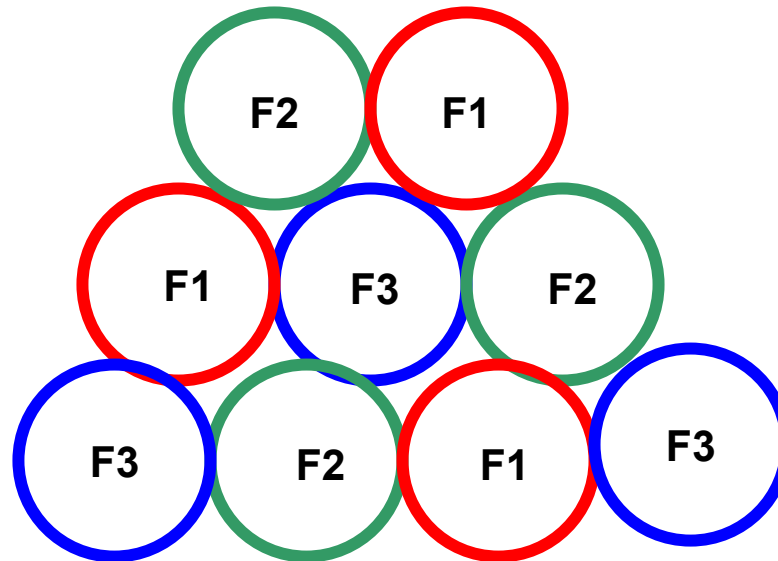
- Na Europa
 - 13 sub-portadoras separadas por 5 MHz de 2412 MHz a 2472 MHz
- Nos EUA:
 - para DSSS - 3 sub-portadoras com 22 MHz de banda separadas por bandas de guarda de 8 MHz (30 MHz entre as sub-portadoras) entre 2,400 GHz a 2,483 GHz.

Faixas para DSSS no padrão dos E.U.A



Reuso das Sub-Portadoras

As sub-portadoras F1, F2 e F3 poderão ser reutilizadas em células não adjacentes.



CDMA

- **É uma técnica de acesso ao meio através da qual os bits de dados na transmissão são multiplicados por um código, com uma taxa maior que a taxa de dados, chamado de Ortogonal ou Pseudo aleatório, e são assim transmitidos.**
- **Na recepção os bits de dados são recuperados multiplicado-se o resultado da recepção por um código ortogonal idêntico ao da transmissão**

CDMA - 2

- **DSSS** – Na transmissão os dados de cada um dos diferentes canais são multiplicados por um diferente código ortogonal, os resultados das multiplicações modulam uma única portadora e o espectro é espalhado em toda a banda.
- Na recepção todo o sinal detectado é multiplicado por cada um dos códigos referentes a cada canal. É obtida alta correlação quando o código é idêntico ao que foi usado na transmissão e o resto é ruído, que será filtrado.

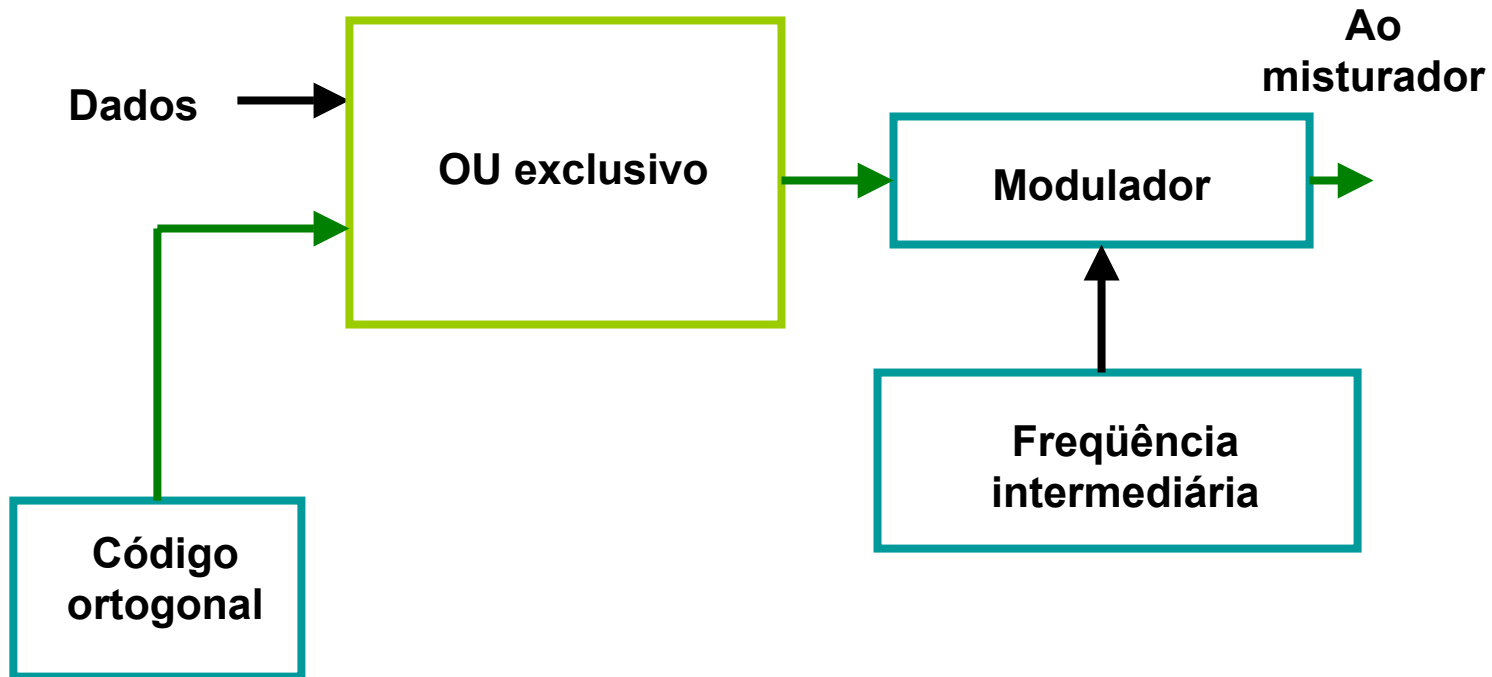
CDMA - 3

- **DSSS** - Combina o feixe de dados com um “código ortogonal” de alta velocidade. O feixe resultante é chamado “pseudonoise code” e cada bit desse código é chamado “chip”.
- A taxa de “chips” desse “n – bits pseudonoise code” é n vezes maior que a taxa de dados, o que resulta num aumento da banda de transmissão.
- O código usado no espalhamento empregado na IEEE 802.11 para as taxas de 1MHz e 2 MHz (seqüência de Barker) tem 11 “chips”.

Transmissor CDMA

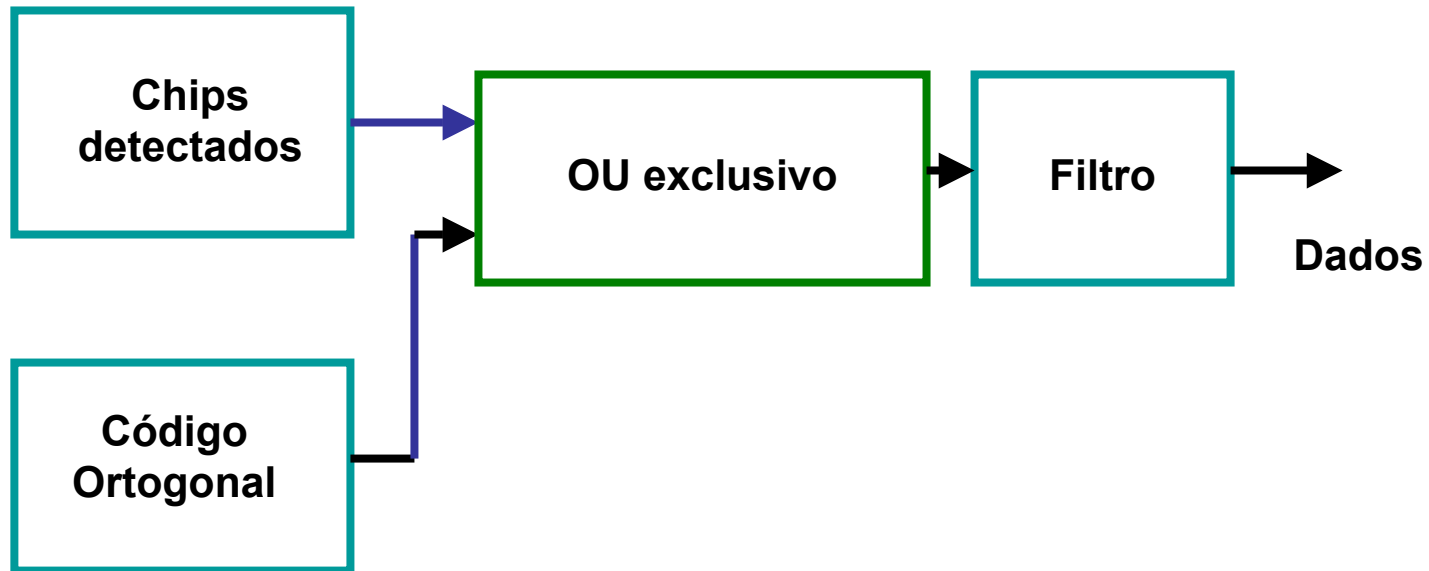
Os dados são multiplicados no XOR pelo código ortogonal e modulam uma subportadora em PSK

Em seguida serão misturados com um sinal de frequência mais elevada e filtrados, gerando a portadora de canal



Receptor CDMA

Os chips detectados de todos os canais da mesma banda de freqüências são multiplicados pelo mesmo código do canal usado na transmissão e, após filtrados, dão como resultado os dados originais



Códigos Ortogonais

- Considere dois códigos binários $A(n)$ e $B(n)$, onde $n = 1, 2, 3, \dots$ j é o número de bits dos códigos e A e B somente podem assumir valores $+1$ ou -1
- São chamados ortogonais se o somatório dos produtos dos bits j de $A(n)$ pelos bits j de $B(n)$ for igual a zero.

Códigos Ortogonais - 2

Código de HADAMARD (Walsh)

São gerados pela matriz:

$$H(2) = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix}$$

Para o caso geral de um número de bits igual a n :

$$H(n) = \begin{vmatrix} H(n/2) & H(n/2) \\ H(n/2) & -H(n/2) \end{vmatrix}$$

Códigos Ortogonais - 3

Gerando um código de $n = 4$ bits

$$H(4) = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

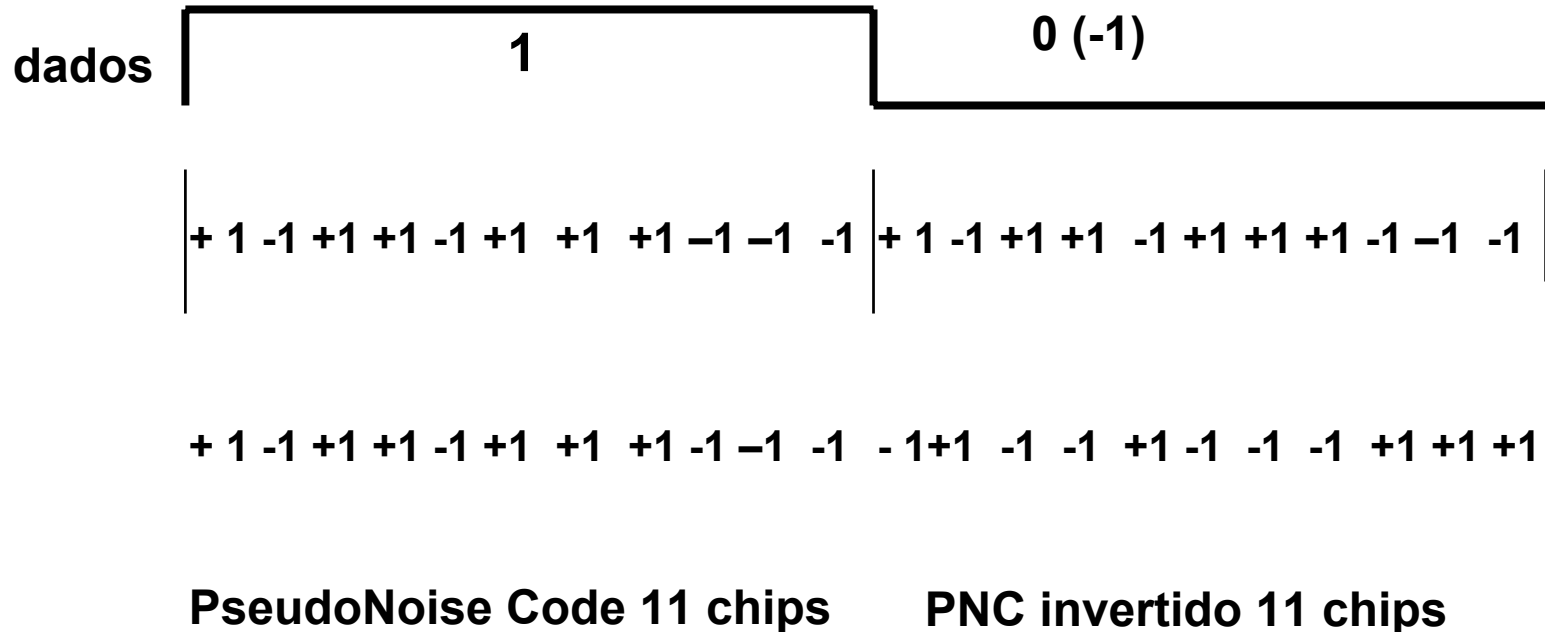
Produto da duas

primeiras linhas \rightarrow + 1 -1 + 1 - 1

Soma = 0

DSSS

- As seqüências abaixo mostram como dois bits 1 e 0 de um feixe de dados são multiplicados pelo feixe de 11 “chips” produzindo um “pseudonoise code” (seqüência de BARKER, códigos que são chamados ortogonais).

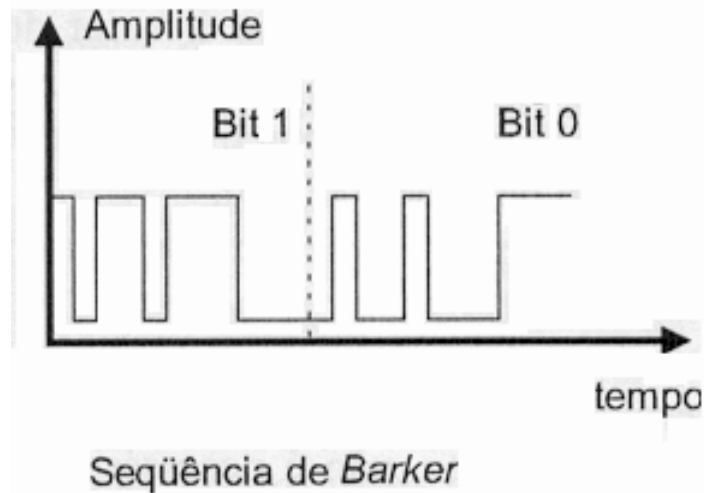


DSSS

- O número de “chips” por cada bit de dados é chamado de ganho de processamento ou de razão de espalhamento
- Um ganho de processamento muito alto aumenta a rejeição de interferências mas também aumenta a banda
- Com 11 “chips” por bit o ganho é de 10,4 dB

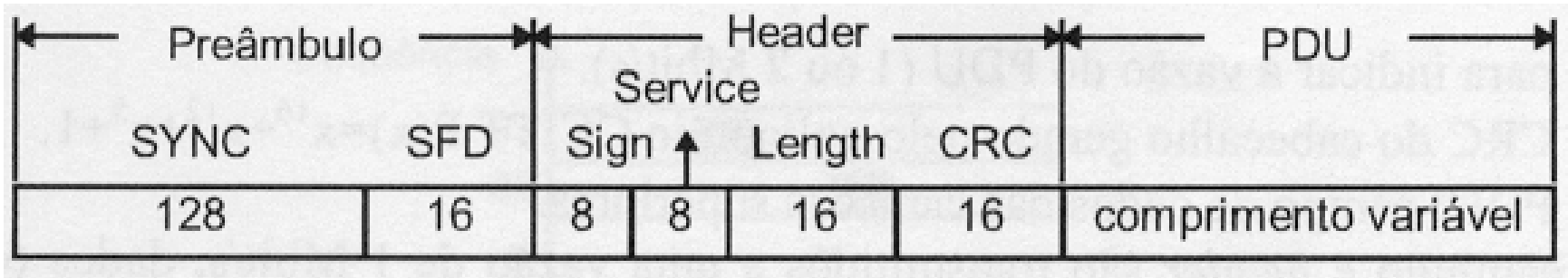
DSSS - Modulação

Barker = + 1 -1 +1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1



- Taxa 1Mbit/s – DBPSK
- Taxa 2Mbit/s – DQPSK

Formato do Quadro DSSS



Formato do Quadro DSSS – 2

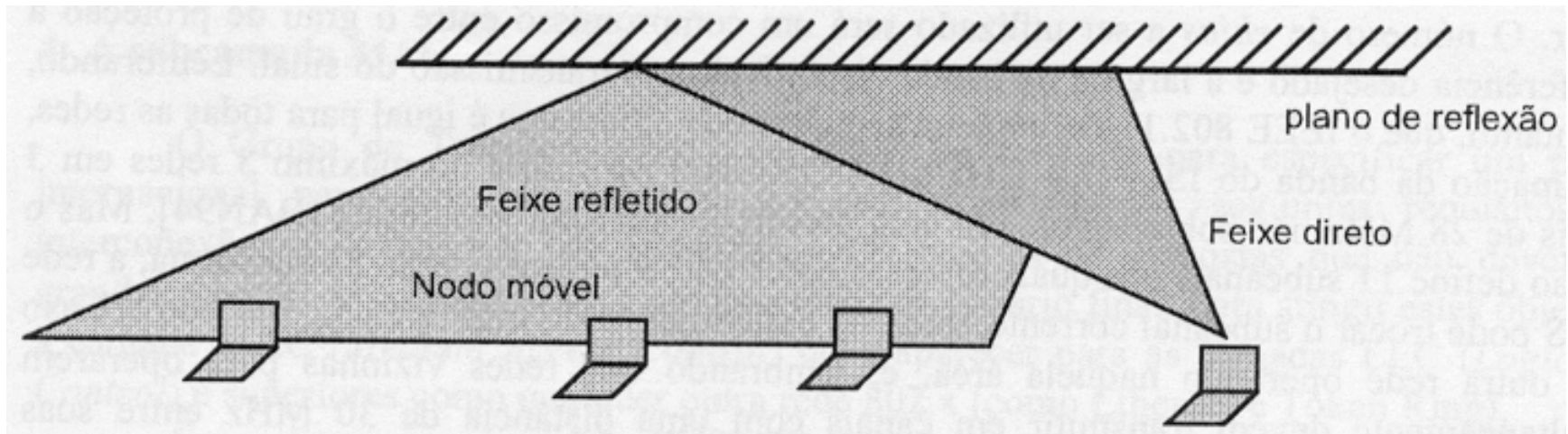
- **SYNC:** 128 bits embaralhados, utilizado para sincronismo do receptor (ressalta-se que cada bit é representado pela seqüência de *Barker*, e é esta seqüência que é embaralhada);
- **SFD:** (*Start Frame Delimiter*): provê a sincronização de quadro e de octeto para o receptor, consistindo de 16 bits com o seguinte conteúdo (do MSB para LSB): 1111 0011 1010 0000. Transmite-se a partir do bit menos significativo;
- **Signal:** vazão de transmissão dos dados do quadro. A velocidade é calculada pelo valor deste campo multiplicada por 100 kbit/s. O padrão define dois valores obrigatórios para este campo, 10 (para 1 Mbit/s) e 20 (2 Mbit/s);
- **Service:** reservada para uso futuro;
- **Length:** inteiro de 16 bits sem sinal, indica o número de microssegundos para a transmissão do PDU ;
- **CRC** do header gerado pelo polinômio $X^{16}+X^{12}+X^5+1$.

Técnicas de Espalhamento

Características	FHSS	DSSS
Grau de imunidade a interferências	Maior	Menor
Número de redes partilhando uma mesma área geográfica	19 redes	3 redes
Consumo de energia	Menor	Maior
Custo de Componentes	Maior	Menor
Base instalada	Menor	Maior
Alcance [PAH95]	de 30,5 a 91,5 m	de 30,5 a 245 m
Técnica de Modulação	2GFSQ/4GFSK	DBPSK/DQPSK
Vazão	1-2 Mbit/s (3 Mbit/s em estudo)	1-2 Mbit/s

Transmissão Infra-Vermelha Difusa

- Comprimento de onda (radiação infravermelha):
 - Entre 750 e 850 nanômetros.
- O transmissor envia seus quadros através de um plano de reflexão.



Transmissão Infra-Vermelha Difusa - 2

- Distância máxima entre nós e anteparo:
 - 10 metros.
- Modulação:
 - *Pulse Position Modulation* – PPM
 - 16 PPM – 1 Mbit/s
 - 4 PPM – 2 Mbit/s
- O quadro Iv. Também apresenta preâmbulo e *header*. (tx – 1 Mbit/s)