

Comunicação de Dados

Prof. Macêdo Firmino

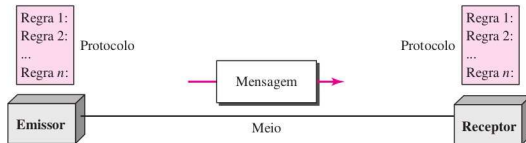
Aula 08 Espalhamento Espectral

“Aquele que cede ante ao obstáculo, que desiste diante da dificuldade já perdeu a batalha sem a ter enfrentado. Não raro, o obstáculo e a dificuldade são mais aparentes que reais, mais ameaçadores do que impeditivos.” (Joanna de Ângelis)

O que Aprenderemos?

Compreenderem os conceitos de espalhamento espectral, suas técnicas e aplicações em redes de comunicação, com ênfase na melhoria da eficiência espectral, resistência a interferências e segurança.





E como podemos nos proteger que intrusos tenham acesso as nossas informações? E se uma determinada frequência estiver ocorrendo interferência?

Espalhamento Espectral

Espalhamento Espectral é uma técnica utilizada, em redes sem fio, para distribuir o sinal sobre uma faixa de frequências maior do que a largura de banda mínima necessária para a transmissão do dado original. O principal objetivo do espalhamento espectral é tornar o sinal menos suscetível a interferências externas, como ruído e sinais indesejados, e também dificultar a interceptação ou a leitura do sinal, proporcionando uma camada adicional de segurança.



Espalhamento Espectral

Durante a Segunda Guerra Mundial, foi necessário desenvolver técnicas para evitar a interceptação e a jamming (bloqueio) das comunicações. O conceito de espalhamento espectral começou a ser explorado como uma maneira de dispersar o sinal em várias faixas de frequência forma que ficasse mais difícil de ser detectado.

A técnica foi inicialmente idealizada por Hedy Lamarr, atriz e inventora, em colaboração com o compositor George Antheil. Eles desenvolveram um sistema de “salto de frequência” (Frequency Hopping), que foi patenteado em 1942. O conceito era usar uma sequência de frequências de rádio variáveis para transmitir dados, dificultando a interceptação ou a interferência dos sinais.



Espalhamento Espectral

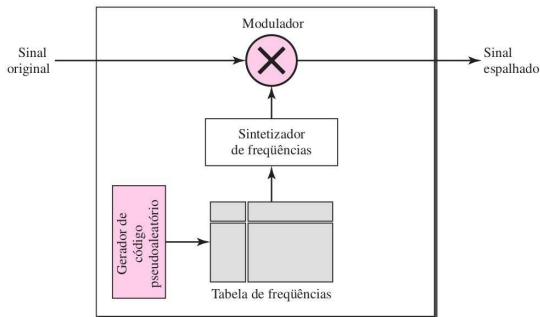
As duas principais técnicas de espalhamento espectral são:

- FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*): Espalhamento Espectral por Saltos em Frequência;
- DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*): Sequência Direta de Espalhamento Espectral.



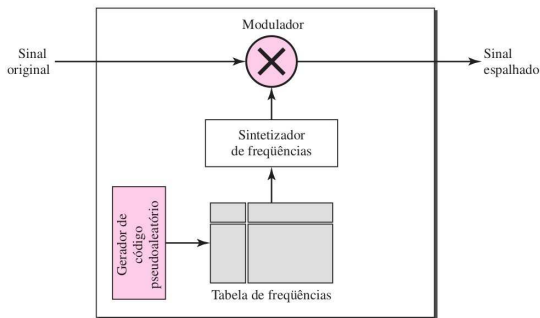
FHSS

No Espalhamento por Frequência (FHSS) o sinal de dados é modulado em uma portadora que é alterada de frequência ao longo do tempo. A sequência de frequências é gerada por um algoritmo pseudo-aleatório que define a ordem em que o sinal irá saltar entre diferentes canais de frequência.

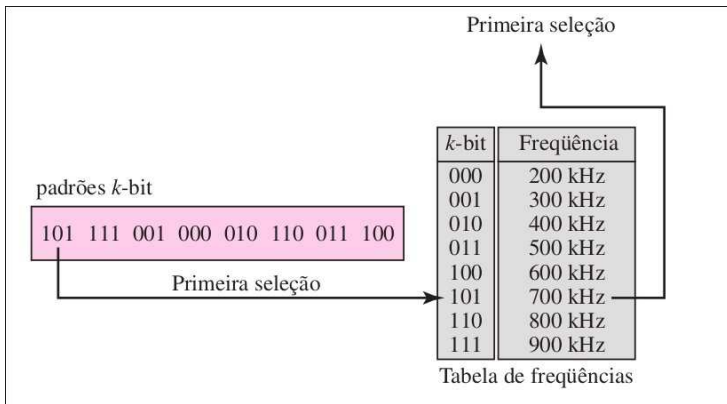


FHSS

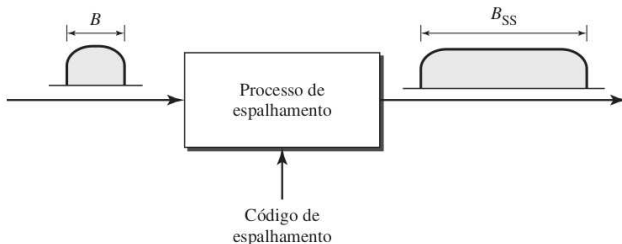
Este processo é realizado de acordo com a sequência de saltos sincronizada entre o transmissor e o receptor. Assim, ambos os lados (transmissão e recepção) compartilham a mesma sequência de saltos, permitindo a comunicação mesmo quando o sinal se move entre canais diferentes.



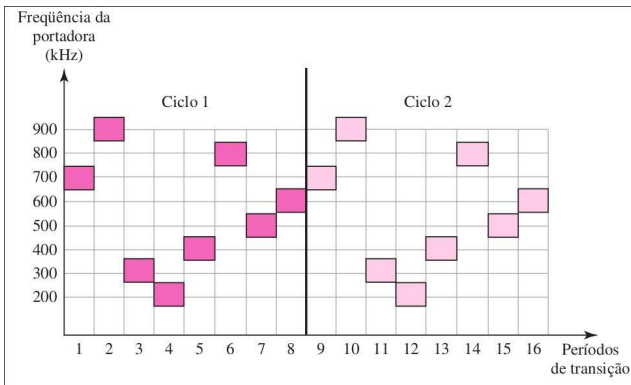
Em dado instante, o sinal modula uma frequência de portadora; no momento seguinte, o sinal modula outra frequência de portadora.



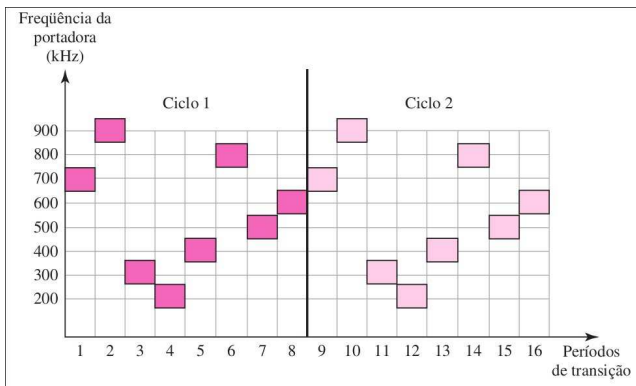
Após o sinal ser criado pela fonte, o processo de espalhamento usa um código de espalhamento e espalha as frequências ao longo da largura de banda maior. A largura de banda expandida possibilita que a fonte tente proteger sua mensagem, permitindo uma transmissão mais segura.



Como o sinal está constantemente mudando de frequência, é mais difícil para fontes de interferência (como ruídos e sinais de jamming) afetarem a comunicação. Mesmo que uma frequência seja temporariamente afetada por interferência, o sistema simplesmente muda para outra frequência, mantendo a comunicação estável. Além disso, esta faixa pode ser retirada das possibilidades de frequências utilizadas.

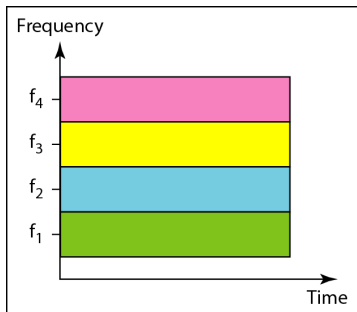


O FHSS oferece uma camada adicional de segurança, pois a sequência de saltos de frequência é difícil de ser interceptada por um adversário sem o conhecimento do padrão de saltos. Isso torna o sistema mais resistente a tentativas de espionagem ou interferência intencional.

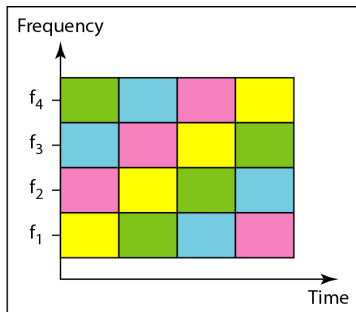


FHSS com FDM

A multiplexação FDM combina sinais de várias fontes para atingir máxima eficiência na transmissão. Para isso, a FDM utiliza várias faixas de frequência. Podemos utilizar o FHSS em conjunto com a multiplexação FDM. Enquanto uma estação está utilizando uma faixa de frequência, outras podem utilizar as demais faixas e utilizar toda a largura de banda.



a. FDM



b. FHSS

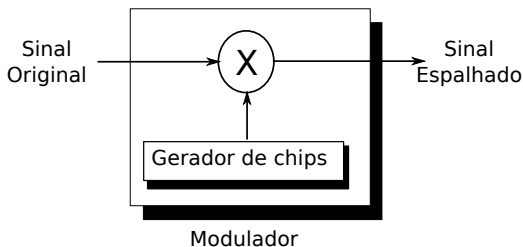
FHSS – Desvantagens

O FHSS requer algoritmos complexos para a geração e sincronização da sequência de saltos de frequência. Isso pode exigir um processamento mais avançado tanto no transmissor quanto no receptor, aumentando a complexidade dos sistemas.



DSSS

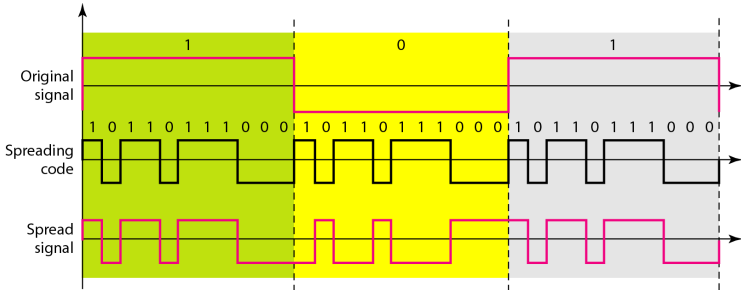
DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), ou Espalhamento Espectral por Sequência Direta, é uma técnica de espalhamento em que o sinal original (dados) é multiplicado por uma sequência pseudo-aleatória de bits, também chamada de código de espalhamento ou chip sequence. Essa sequência tem uma quantidade de bits muito maior do que os dados. Esse sinal espalhado é então transmitido no canal. Em outras palavras, para cada *bit* é representado por um código, chamado de *chips*. Este fato faz com que diminua a taxa de dados (velocidade) de transmissão.



DSSS

Por exemplo, considere a sequência de Barker utilizada em uma rede LAN sem fio (que possui código igual a 11 bits) com a codificação NRZ. Neste caso, o código de espalhamento é o padrão 10110111000. É realizada uma operação binária XNOR dos dados com o código para gerar o espalhamento.

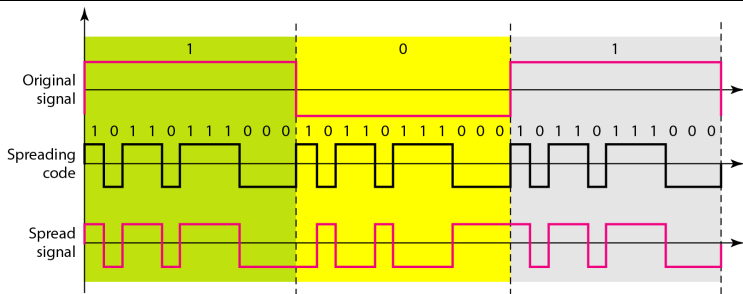
XNOR		
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



DSSS

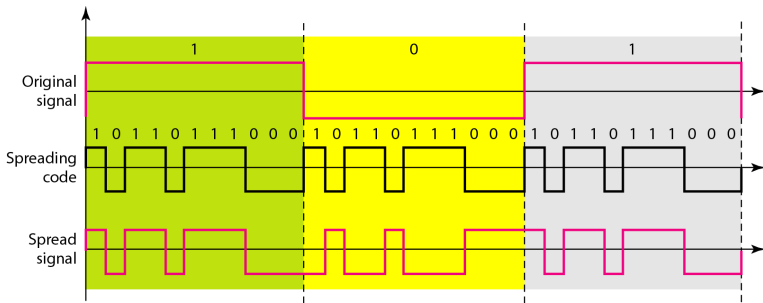
No receptor, o sinal espalhado é novamente aplicado o XNOR com a mesma sequência de espalhamento usada na transmissão. Esse processo refaz o sinal original, enquanto reduz a energia de ruídos e interferências, permitindo a recuperação dos dados. Apenas receptores que conhecem essa sequência conseguem desespalhar o sinal e recuperar os dados.

XNOR		
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



DSSS

O espalhamento do sinal pode prover privacidade se um intruso não conhece o código de espalhamento. Também provê imunidade contra interferências quando a estação utiliza códigos diferentes.



DSSS – Desvantagens

O DSSS é mais lento pois aumenta a quantidade de bits para transmissão.
O sistema requer sincronização precisa entre transmissor e receptor para que o código de espalhamento funcione corretamente.



Implementações e Espalhamento Espectral

Implementação	Espalhamento
Bluetooth	FHSS
IEEE 802.11b	DSSS
IEEE 802.11g	DSSS
2G	DSSS
GPS	DSSS

Tecnologias de comunicação via satélite frequentemente utilizam espalhamento espectral, especialmente em aplicações militares e comerciais.

1. Defina espalhamento espectral e informe quais são os principais objetivos?
2. Explique por que ele utiliza uma largura de banda maior do que a necessária.
3. Por que no FHSS dificulta a interceptação de atacantes?
4. Explique a diferença entre FHSS e DSSS.



Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE