

Consultoria e Comércio Ltda

Rua Euclides Miragaia, 433 – s/302 – Centro

São José dos Campos – SP – Cep.12245-550

Fone : 012 3941 50 54 Fone/Fax : 012 3922 91 81

E-mail : beta@betatelecom.com.br Web Site: www.betatelecom.com.br

Parte 4

Esta é a quarta e última parte do artigo BT.466/01.

Nesta parte serão analisados os cálculos de enlace de rádios por Espalhamento Espectral considerando as margens necessárias. É apresentada também toda a bibliografia utilizada na redação do artigo.

Publicado na revista Engenharia de Televisão, nº 58, Outubro-Novembro/2001.

VIII) ENLACES DE RÁDIO

Uma das principais e mais populares aplicações dos sistemas por Espalhamento Espectral é a comunicação de dados em redes sem fios. A Figura VIII.1 apresenta o caso mais comum, onde geralmente se deseja transmitir informação entre dois pontos separados por distâncias que podem variar de alguns metros até dezenas de quilômetros.

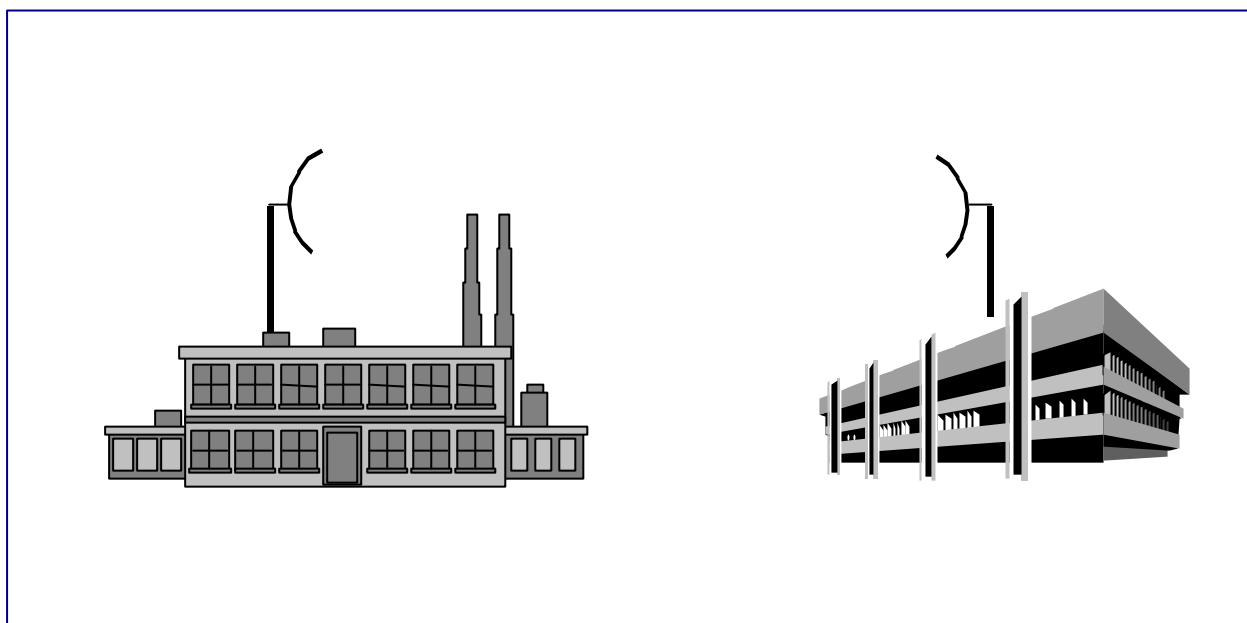


Fig.VIII.1 – Enlaces de Rádio

A solução com rádios que utilizam Espalhamento Espectral é indicada ^[61] e, na maioria das vezes, apresenta-se também como a mais vantajosa do ponto de vista econômico, se comparada com soluções tradicionais como o uso de linhas físicas dedicadas (LPs), ou rádios de microondas em bandas mais altas. A maioria dos equipamentos hoje disponíveis no mercado nacional e internacional tem interface do tipo Ethernet e permite conexão direta com os pontos de rede de computadores. Sistemas ponto-multiponto podem também ser facilmente implementados usando o protocolo residente nos rádios. Outras interfaces disponíveis para os rádios por Espalhamento Espectral são: RS232, V35, RS 485, E1/T1. A velocidade de comunicação varia entre 64 kbps e 11 Mbps, com modulações básicas do tipo simples como a BPSK e QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) ^[24] ^[62]. Existem também modos mais complexos, para altas taxas de bits, como a modulação CCK (Complementary Code Keying) onde parte das palavras digitais que compõem o trem de pulsos da mensagem é utilizada para definir uma função de espalhamento ^[45]. A norma 802.11, na sua forma final, emitida no ano de 1997 ^[10] limitava a taxa de bits para os rádios por Espalhamento Espectral em 2 Mbps, e levou mais de oito anos para ser definida por

causa da prolongada e detalhada avaliação dos fabricantes americanos que queriam adaptá-la ao máximo para as condições já existentes em seus equipamentos . Portanto, quando foi terminada, a 802.11 já estava ultrapassada e a maioria dos fabricantes já tinha desenvolvido equipamentos com taxa de bits acima de 2 Mbps. A modulação CCK foi a solução encontrada pelos pesquisadores para tentar compatibilizar a norma 802.11 com os equipamentos já existentes e as necessidades de altas taxas de bits de comunicação exigidas pelo mercado.

Em enlaces ponto a ponto do tipo apresentado na Figura VIII.1, onde as influências do ruído e sinais interferentes podem ser desconsideradas , o principal parâmetro de avaliação a ser calculado é o valor da potência de sinal recebido ^{[34][63][64]}. Enlaces do tipo ponto-multiponto podem ser considerados, sob o ponto de vista de análise de propagação, como sendo constituídos por vários enlaces ponto a ponto.

Nos enlaces ponto-multiponto os sistemas regularizados pela norma IEEE 802.11 seguem um protocolo de anti-colisão, chamado CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Nesse protocolo qualquer ponto da rede deve, antes de transmitir uma mensagem, verificar o meio para ver se não existe outro ponto transmitindo. Se houver, o nó que deseja emitir a mensagem espera um intervalo de tempo aleatório e tenta de novo até conseguir ^[10]. O CSMA/CA difere do protocolo de redes com fio, que usam o CSMA/CD (onde "CD" significa "Collision Detection" – detecção de colisão). Os rádios não podem detectar colisão, mas sim tentar evitá-la através do mecanismo "escuta antes de transmitir".

Para distâncias menores que 10 km entre os pontos do enlace, a curvatura da Terra pode ser desprezada ^{[63] [65]} e o enlace pode ser considerado sobre uma superfície plana. Nessas condições o nível de sinal recebido é obtido pela equação de Friis ^{[63] [66] [67]} :

$$P_R(\text{dBm}) = P_T(\text{dBm}) - L_T + G_T + G_R - L_R - A \quad (\text{VIII.1})$$

Onde :

$P_R(\text{dBm})$	-	potência do sinal recebido em dBm
$L_T(\text{dB})$	-	perdas entre o transmissor e a antena
$G_T(\text{dBi})$	-	ganho da antena transmissora em relação à antena isotrópica
$G_R(\text{dBi})$	-	ganho da antena receptora em relação à antena isotrópica
$L_R(\text{dB})$	-	perdas entre o receptor e a antena

A = Perda no espaço entre o transmissor e o receptor, calculada por ^{[68][69]}:

$$A = 20 \log \left(\frac{4P}{I} \right) + 10n \log R \quad (\text{VIII.2})$$

Onde :

\log	-	logaritmo na base 10
R	-	distância em metros entre o transmissor e o receptor

- λ - comprimento de onda de operação
n - fator que depende do ambiente

O valor de “n” na Expressão VIII.2 depende das condições de propagação no meio entre os pontos de transmissão e recepção. No caso do espaço livre de obstáculos entre o transmissor e o receptor, o valor de n é igual a 2 e “A” assume o valor de

$$A = 20 \log \left(\frac{4PR}{I} \right) \quad (\text{VIII.3})$$

É importante notar que o valor de atenuação A, dado pelas Equações VIII.2 e VIII.3, não leva em conta perdas dissipativas do meio, as quais, se existirem, devem ser adicionadas as perdas totais do enlace [66] [70]. Deve ser também enfatizado que, embora esse modelo de atenuação seja amplamente aceito e utilizado, ele é só uma aproximação e, no melhor dos casos, fornece apenas uma atenuação média. Além do mais ele deve ser considerado como de faixa estreita e não necessariamente prevê as atenuações de todas as frequências contidas em um sinal por Espalhamento Espectral de faixa larga.

Em ambientes considerados interiores, como armazéns, prédios, etc., o valor de n pode variar entre 2 e 3,5. Nesses casos o valor a ser adotado é determinado empiricamente, e depende da frequência de operação [68] [71][72].

Para facilidade de análise, costuma-se ainda definir os três primeiros termos da Expressão VIII.1 por :

$$EIRP(dBm) = P_T(dBm) - L_T + G_T \quad (\text{VIII.4})$$

onde :

EIRP - potência efetiva isotropicamente irradiada

A maioria dos fabricantes de rádios por Espalhamento Espectral sugere ainda, no procedimento de cálculo dos enlaces, que seja adotada uma margem de nível de sinal de recepção (M), de modo a garantir uma relação sinal ruído compatível com a taxa de erro de bits (BER) prevista para o funcionamento correto do sistema [63][64]. Por exemplo, no caso de enlaces sobre cidades com grande densidade de prédios e pontos de reflexões, o nível de sinal de recepção segue uma distribuição de probabilidade do tipo Rayleigh, que, como já dito em outra parte deste artigo, é caracterizada por uma combinação de inúmeros sinais com fases e amplitudes regularmente distribuídas que chegam no receptor em tempos diferentes. Para essas condições a disponibilidade do enlace pode ser calculada de acordo com a Tabela VIII.1 abaixo, onde são apresentados vários valores de margem [63][73].

Tabela VIII.1 –Disponibilidade do enlace em Função da Margem, para Distribuição do tipo Rayleigh

Margem (dB)	Disponibilidade %
0	50,00
10	90,00
20	99,00
30	99,90
40	99,99

Um exemplo típico de parâmetros definidos para rádios de Espalhamento Espectral na faixa de 2,4 a 2,483 GHz existentes no mercado internacional é:

$P_T = 100 \text{ mW}$ (20 dBm)

Margem = 20dB

Nível mínimo de recepção para BER de $10^{-6} = -90 \text{ dBm}$

Considerando que um determinado enlace utilize antenas com ganhos de transmissão e recepção de 16 dBi ($G_t=G_r=16 \text{ dBi}$) e perdas de transmissão e recepção iguais a 2dB ($L_T=L_R=2\text{dB}$), a maior distância R no espaço livre em que o enlace será viável pode ser calculada das Expressões VIII.1 e VIII.3, resultando em:

$$R = 7,7 \text{ Km}$$

Uma rápida análise da Expressão VIII.1 permite concluir que aumentando o ganho das antenas de transmissão e recepção, ou a potência de transmissão, o valor de R pode ser aumentado desde que a relação de potência e ganho da antena sigam as diretrizes da Resolução 209 da Anatel.

Por outro lado, em enlaces a grandes distâncias, o cálculo simplificado apresentado anteriormente deve ser substituído pelos tradicionais processos de avaliação de enlaces que levam em conta as variações da troposfera, o raio equivalente da Terra, difrações, reflexões e a liberação dos elipsóides de Fresnell no espaço entre o transmissor e o receptor ^{[66][70][74][75]}.

Alguns modelos de rádios tem ainda uma limitação de distância máxima especificada devido ao processamento do protocolo adotado ^[33].

Uma outra importante consideração sobre os enlaces de rádios por Espalhamento Espectral é a taxa líquida de transmissão dos dados ("throughput"). Normalmente os fabricantes especificam os sistemas em função da taxa de transmissão de RF. Contudo, devido ao ciclo de trabalho do sistema, que exige períodos de verificação e gerenciamento de protocolos, a taxa com que os dados são realmente transmitidos é reduzida. Esse valor pode ser da ordem de 80% a 50% da taxa nominal indicada pelo fabricante. Ou seja, um sistema de rádio de 1,6 Mbps, por exemplo, pode ter um "throughput" da ordem de 500 kbps ^[76].

O "throughput" pode também ser reduzido devido à influência de reflexões e interferências. A Figura VIII.2 apresenta a configuração simples de um enlace com um ponto de reflexão especular. Em distâncias grandes, comparadas com a altura das antenas, o ângulo "θ" entre o raio incidente e a superfície que contém o ponto de reflexão é pequeno, e o coeficiente de reflexão pode ser considerado igual a 1, com fase de 180 graus ^{[77][78]}. Essa condição que pode existir, por exemplo, em um enlace sobre a água.

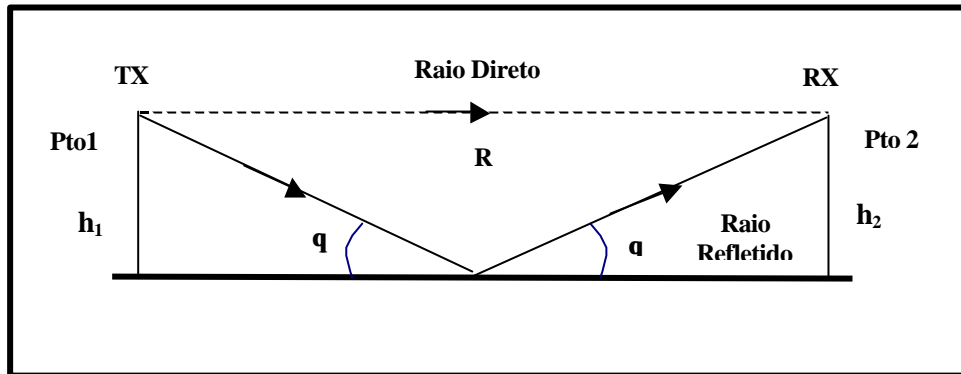


Figura VIII.2 – Enlace com um ponto de reflexão

Na configuração da Figura VIII.2, O nível de sinal recebido, levando-se em conta o somatório dos raios direto e refletido, é dado por ^[80] :

$$\sqrt{\frac{P_r}{P_0}} = 2 \operatorname{sen} \frac{2p h_1 h_2}{I R} \quad (\text{VIII.5})$$

Onde :

Po = potência de recepção prevista no espaço livre

Pr = potência recebida considerando as reflexões

A Figura VIII.3 apresenta uma simulação de um enlace ponto a ponto, onde foi considerada uma comunicação FH na faixa de 2,400 a 2,483 GHz, com um ponto de reflexão especular ^[80].

Os resultados foram obtidos para as seguintes condições (ver Figura VIII.2):

Altura do ponto1 (h1) = 200m

Altura do ponto 2 (h2) = 200m

Distância (R) entre os pontos 1 e 2 = 6000m

Margem = 20dB

Os histogramas pontilhados representam o nível de sinal recebido, de acordo com a frequência central de cada salto do sistema FH sem o acréscimo da margem. Os histogramas com preenchimento em preto representam o nível de sinal recebido quando é acrescida uma margem de 20 dB ao sistema. O nível de 0 dB representa o limiar de recepção do sistema para a distância de operação do enlace. Note que em várias frequências o nível de sinal recebido (quando a margem não é considerada) está muito abaixo do limiar do receptor, inviabilizando a comunicação (em torno de 2411 MHz, por exemplo, existem 7 saltos com nível abaixo do limiar). Nos saltos de frequências correspondentes aos níveis abaixo do limiar não há transferência de informação e o protocolo do rádio repete as informações em outro salto que esteja acima do limiar. O resultado disso é que o "throughput" do sistema fica reduzido devido a necessidade de repetição da informação. A margem melhora a condição de "throughput" porque viabiliza a comunicação em mais saltos (no exemplo apresentado a margem reduziu para 1 (um) o número de saltos perdidos em torno de 2411 MHz). É importante notar também que, embora haja uma diminuição do "throughput", não há perda total da comunicação. O resultado da análise da Figura VIII.3, embora simplificado, mostra também que o mesmo efeito pode ocorrer quando um sinal interferente degrada a comunicação em várias posições de saltos. O "throughput" é reduzido porque o sistema tem que repetir as informações degradadas nos saltos de frequências que sofrem interferências.

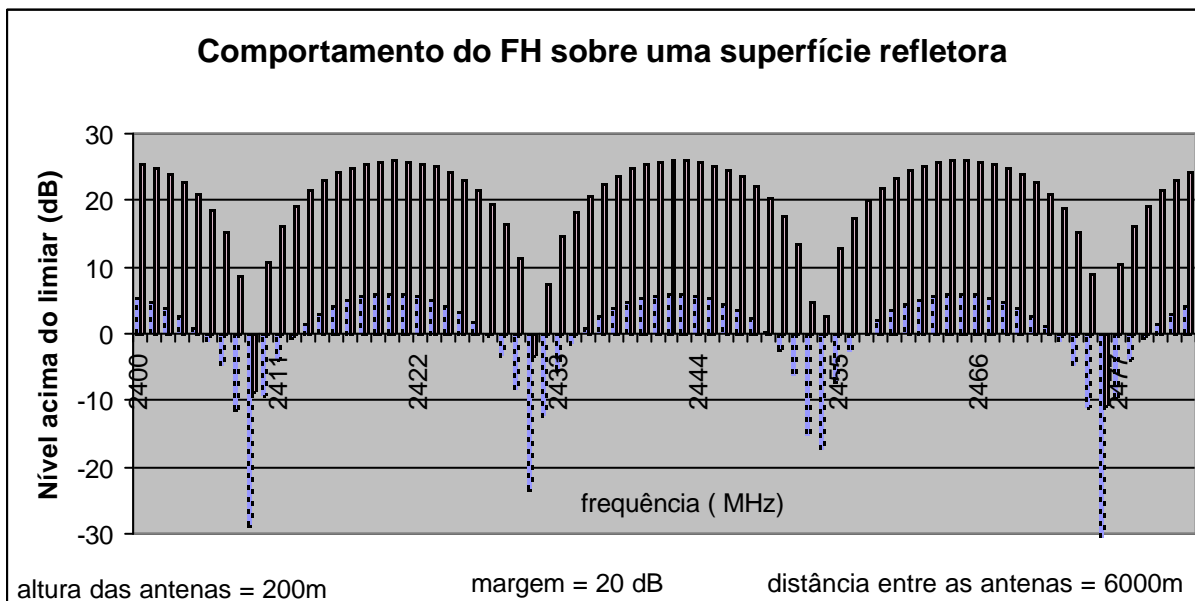


Figura VIII.3 – Comportamento previsto de um sistema FH para as condições da Figura VIII.2

Uma outra aplicação importante de enlaces de rádios por Espalhamento Espectral é o sistema denominada Bluetooth ^{[81][82]}, que deve se tornar um mercado de telecomunicações muito lucrativo.

O projeto Bluetooth, inicialmente formado por cinco companhias (Ericsson, IBM, Intel, Nokia e Toshiba), já tem hoje mais de 700 empresas associadas.

A idéia da tecnologia Bluetooth é permitir a substituição de todos os cabos proprietários por enlaces de rádio de curto alcance. Por exemplo, o Bluetooth aplicado à interligação entre um telefone celular e um Lap-Top iria substituir o cabo de interligação entre eles.

Para ser usado em todas as aplicações, os modelos do Bluetooth devem ser pequenos e baratos. Espera-se que as dimensões máximas de 12mm quadrados e preço de U\$ 20,00 já sejam obtidos para as primeiras unidades.

Os transceptores deverão funcionar com a tecnologia de Espalhamento Espectral (Frequency Hopping) na banda ISM. Para reduzir a complexidade dos transceptores, uma modulação básica em FM será utilizada. A taxa de dados prevista nas especificações iniciais é de 1 Mbps. O sistema atende às normas do FCC, com 75 saltos de frequências, separadas de 1 MHz, ocupando a faixa de 2,402 a 2,480 GHz. O alcance nominal será de 10 metros, mas poderá ser estendido até 100 metros. O Bluetooth suporta a configuração ponto-multiponto e diversas “picoredes” (definidas como uma coleção de dispositivos conectados via Bluetooth em pequenas distâncias) podem ser estabelecidas e conectadas, de modo que cada “picorede” é identificada por uma seqüência de saltos diferente.

IX) CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados os princípios e principais parâmetros de definição dos sistemas de Espalhamento Espectral, que permitem aos usuários definir e comparar dispositivos que melhor se adaptem às suas aplicações. Nenhuma tentativa foi feita em apresentar outra forma de análise que não fossem os conceitos fundamentais aplicados à engenharia e implantação dos sistemas. Na verdade uma análise teórica profunda dos conceitos deveria ser objetivo de textos mais extensos, segmentados em cada aplicação em particular.

A técnica de Espalhamento Espectral é, sem dúvida, uma dos mais importantes recursos da moderna teoria de telecomunicações. Já há muito anos a congestão do espectro de frequências tem se tornado um problema de difícil solução para as organizações mundiais que definem as faixas de operação para os diversos serviços de comunicações ^[81]. Um das principais razões desse dilema é que, no passado, quando a atual configuração do espectro eletromagnético foi definido e acordado internacionalmente, não havia muita escolha no tipo de modulação a ser utilizada e também não havia a explosão de sinais em vários segmentos prestadores de serviços como atualmente. Nos países desenvolvidos já está em andamento o procedimento de reutilização do espectro, no qual serviços tradicionais como transmissão de TV e FM serão realocados em outra parte do espectro com novos tipos de modulação, (por exemplo com o uso da compressão de áudio e vídeo) e a parte do espectro atualmente ocupado por esses serviços serão redistribuídos de maneira mais eficaz ^[83]. A tecnologia de Espalhamento Espectral é também um dos pilares dessa reformulação do espectro. A capacidade dos sistemas DS e FH de permitirem a coexistência de dezenas de canais em uma mesma faixa aumenta consideravelmente a eficácia da ocupação do espectro. Por outro lado, a rápida evolução da velocidade máxima de

transmissão e a queda vertiginosa dos preços dos equipamentos mostra que as aplicações para os sistemas desse tipo irão crescer muito para complementar, e até mesmo substituir, as atuais redes de computadores com fios. Um exemplo disso é a crescente utilização de sistemas por Espalhamento Espectral para levar as conexões de Internet aos usuários. Utilizando sistemas semelhantes aos descritos neste artigo, com preços que já chegam a ser comparáveis ao preço que se paga por uma placa de modem de boa qualidade, vários provedores de Internet já oferecem aos usuários a conexão direta via rádio, com melhor velocidade e com a grande vantagem de não utilizar as linhas telefônicas. O próprio projeto "Bluetooth", que será o próximo "boom" da telemática, só foi possível pela possibilidade de utilização da tecnologia de Espalhamento Espectral.

Referências

1. Utlaut, William F.; "Spread Spectrum 'Principles and Possible Application to Spectrum Utilization and Allocation", ITU Telecom Journal, Vol. 45, 20-32, Jan/78, reprint from IEEE Communications Society Magazine, Vol.16, nº 5, 21-31, Sep/78.
2. Dixon, R.C.; "Why Spread Spectrum?", Reprint from IEEE Communication Society Magazine, vol.13, 21-25, Jul/75.
3. Fleming, W.J.; "Projeto de cobertura para Implantação do Sistema de Comunicação de Dados Via Rádio CKD-GM", Nota de Aplicação Beta Telecom, BT.513/96-603, Beta Telecom, SJCampos, SP, Mai/96.
4. Nishinaga, E.; et al;"Wireless Advanced Automatic Train Control ", Reprinted from Proceedings of the 1994 ASME /IEEE Joint Railroad Conference,13-28 ,May/94.
5. Scholtz, R.A.; "The Origin of Spread Spectrum Communications", IEEE Transactions on Communications, vol.Com-30, nº5, 822-854, May/82.
6. Hong Y. Peter; "A Starlet's Secret Life as Inventor", Microwave Journal, vol.42, nº2, 70-74, Feb/99.
7. Hum, Jeff, "GPS – A Guide to the Next Utility", Trimble Navigation – USA, 51-73, 1989.
8. Schiling L. D. et al; "Spread Spectrum For Personal Communications", Microwave Journal, 26-38, Sep/91.
9. Federal Communications Commission (FCC); "Part 15 - Radio Frequency Devices [Title 47, Volume 1, Parts 0 to 19] (pags 663-665) [Revised as of October 1, 1997].
10. Chapness, Angela; "IEEE Stamp of approval Spurs Wireless Lan Technology", RF Design, 50-54, Jun/98.

BETA TELECOM Consultores

11. Anatel; “Anexo à Resolução 209, de 14 de janeiro de 2000 – Regulamento sobre equipamentos de radiocomunicação de radiação restrito”, Janeiro de 2000.
12. Schumacher D. M.; “Understand the Basics of Spread Spectrum Communications”, Microwaves & RF, 149-159, May/93.
13. Dixon R. C.; "Spread Spectrum Systems", Second Edition, New York, Wiley & Sons, 1975.
14. Fleming, W.J.; Comdex 96, "Wireless Lan - Conceitos do Sistema de Espalhamento Espectral e Aplicações", Set/96.
15. Viterbi,A.J.; "Spread Spectrum Communications- Myths and Realities ", Reprinted from IEEE Communications Society Magazine, vol.17, nº3, 11-18, May 1979.
16. Fleming, W.J.; “Uso de dispositivos SAW para Compressão e Expansão de Pulsos em Sistemas de Radares”, Nota de Aplicação Beta Telecom BT65A/94, São José dos Campos, SP, Abr/94.
17. Lathi, B.P.; “Sistemas de Comunicação, Editora Guanabara, 350-375, 1979.
18. Feher Kamilo; “Digital Communications”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 266-268, 1981.
19. Carlson, A B.; “Communications Systems”, Second Edition, McGraw-Hill Company, 355-356, 1975.
20. Fleming, W. J.; Curso Petrobrás, “Rádio Digital Com Modulação por Espalhamento Espectral”, Apostila Beta Telecom, São José dos Campos, SP, Mai/97.
21. Lee, W.C.Y.; “Estimate of Channel Capacity in Rayleigh Fading Environment”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT 39, nº 3, 187 – 189, Aug/90.
22. Vincent, J.; “Voice Link Over Spread Spectrum Radio”, Electronics World + Wireless World, vol.99, nº 1690, 716-721, Sep/93.
23. Feher, K.; “Digital Modulation and Spread Spectrum”, RF Exp East, 1-17, 10-21, October, 1993.
24. Ferreira Filho, M.P.; “Espalhamento de Espectro : Mais Segurança às Comunicações”, Revista SET (Sociedade de Engenharia de Televisão), ano V, nº 23, 24-33, Dez/94.
25. Kestelooop, A; Hutchusos, C.L.; “The ARRL Spread Spectrum Sourcebook”, The American Radio Relay League, Inc., USA, 1991.

BETA TELECOM Consultores

26. Breed, G.A; "Wireless Communications Handbook", RF Design, 39 – 42, USA, 1992.
27. Amaral, G.; Bousquet M.; "Satellite Communications Systems", 120–127, John Wiley & Sons, Great Britain, 1986.
28. Murota, Kazuaki; "GMSK Modulation for digital Mobile Radio Telephony", IEEE Transactions on Communications, vol. Com-29, n° 7, 1044 – 1050, Jul/81.
29. Elnoulvi, Said M.; "Analysis of GMSK with Differential Detection in Land Mobile Radio Channels"; IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-35, n°4, 162 – 167, Nov/86.
30. Gaston, Dean ; "Spread Spectrum Systems: Evaluating Performance Criteria for Your Application", Proceedings of the Second Annual Wireless Symposium, 1-19, Santa Clara, CA -USA, February 1994.
31. Zavrel Jr, Robert J.; "Digital Asics for Spread Spectrum Applications", Stanford Telecom Applications Note 105, Apr/90.
32. Hershey, J.E.; "Proposed Direct Sequence Spectrum Voice Techniques for the Amateurs Radio Service, Appendix B : A cursory look at Synchronization following clock Recovery." U.S. Department of Commerce, Nov/82.
33. Radioconnect Corp; "Radiowire System Overview and Planning Manual", Ver. C, 4.1-4.2, PN 9500001-00, Radioconnect, Culvercity, CA, USA, Set/98.
34. Klein, Denis; "Faster, Less Expensive Internet Access", Reprinted from Communications News, Aug/97.
35. McAndle, Brian P.; "Wideband Wireless Data Elektor Electronics, 40-44, Apr/93.
36. Holtz,P.R.L. et al; "Theory of Spread Spectrum Communications – A Tutorial", IEEE Transaction on Communications, Vol. Com-30, n° 5, 855-884, May/82.
37. Brown, Harry B., "An Improved Tau Dither Technique for Spread Spectrum Code Tracking",Reprint from RF Design, Apr/91.
38. Rodrigues, O . C.; Pereira, R.G ;"Simulação de Aquisição de Sincronismo em Sistemas Spread Spectrum de Sequência Direta", CDV-621397-7, ITA/CTA, 1990.
39. Kwan,Soo et al; "Design a Direct Sequence Spread Spectrum Secure Communications System", Reprinted from RF Design, April 1991.
40. Parker, B. A . et al ;"Acoustic Surface Wave Bandpass Filters", Mullard Technical Communications, n° 133, 110-124, Jan/1977.

41. Lee, W.C.Y; “Overview of Cellular CDMA”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT 40, nº 2, 291–302, May/91.
42. Qualcomm, “An overview of the application of code division multiple access (CDMA) to digital cellular systems and personal cellular networks, document number EX60-10010, May/92.
43. Huang, Chia Chi; “Computer Simulation of a Direct Sequence Spread Spectrum Cellular Radio Architecture”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT 41, nº4, 544–549, Nov/92.
44. Proakis, J.C.; “Digital Communications”, McGraw Hill – USA, 419-507, 1983.
45. Andrew Carl, Webster Mark; “CCK Modulation Delivers 11Mbps for a High Rate 802.11 Extension”, Wireless System Design, 31-39, vol.4, nº 5, May/99.
46. IEEE Vehicular Technology Society Committal on Radio Propagation; “Appendix III – Received Signal Fading Distribution”, IEEE on Vehicular Technology special issue on Mobile Radio Propagation, vol. VT 37, nº1, 57–60, Feb/88.
47. Carey, Tim, “Fading and Multipath Testing in Communications Systems”, Microwave Journal, vol.39, nº11, 90–98, Nov/96.
48. Lee, W.C.Y.; Overview of Cellular CDMA, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT 40, nº2, 291-302, May/91.
49. TIA/EIA/IS-95; “Mobile Station – Base Station compatibility Standard for Dual Model Wideband Spread Spectrum Cellular Systems.
50. Mangir, Tulus E.; “Wireless Via Satellite : Systems for Personal / Mobile Communications and Computation”, Applied Microwave & Wireless, vol.9,nº1, 24-42, Jan/Feb/97.
51. Lucek, J.; “Design and LNA for a CDMA Front End”, RF Design, 20-30, Feb/99.
52. Tiepermann, K.; “CDMA Signals : Challenge for Power Amplifiers”, RF Design, 72-78, Sep/99.
53. Erst, S.J.; “Receiving System Design, 2ª edition, USA, 1985.
54. Fleming, W.J.; “Ponto de Interceptação de Terceira Ordem – Conceitos e Análise”, Nota de Aplicação Beta Telecom BT276/99, São José dos Campos, SP, Mai/99.
55. Ku, Nian Fu, “Spread Spectrum System Provides Positioning Data”, Microwaves & RF, vol.37, nº 3, 63-68, Mar/98.

BETA TELECOM Consultores

56. Xenakis, B.; Evans Allan, "Vehicle locator Uses Spread Spectrum Technology, RF Design, 58-65, October 1992.
57. Datum Inc.; "Timing Technology user CDMA for Antenna Synchronization", Wireless System Design, vol.4, n° 5, 41 – 42, May/99.
58. Lesea, Austin; "Knowing your Bits", reprint from America's Network, Feb/98.
59. Lesea, Austin; "Live, Via Satellite : transmission Clarity", reprint from America's Network, Aug/97.
60. Stiglitz, M.R.; "The Global Position System", Microwave Journal, 34-59, Apr/86.
61. Kamerman, A. D.; "Spread Spectrum Schemes for Microwave-Frequency WLANS", Microwave Journal, vol.40, n° 2, 80-90, February 1997.
62. Mcanne Jr. , Earl, W.; "Digital Communications Using Direct Digital Synthesis", Reprinted from RF Design, Jan/90.
63. Cylink.; "Airlink S-Band Multipoint Modem – Installation Guide, Package 81908-00A; 2-1 to 2-6 Sep/94.
64. Aironet ; "Spreadsheet for range calculations of radiobridges"; Aironet, USA, 1997.
65. Andrew Jones Resource Information Group, "Where in the World are we, Government of South Australia", 1-4, March /98.
66. Fleming, W.J.; "Propagação", Cedetec Inatel, 30-34, Jun/96.
67. Kraus, J.D.; Carver, K.R.; "Eletromagnetismo", 2ª edição, 660 – 662, Guanabara 2, RJ.
68. Marrow, Robert K., "Site Specific Engineering Applied Microwave & Wireless", vol.11, n° 3, 30-38, Mar/99.
69. McCune, Earl; Feher, Kamilo; "Near-Far Interference in Digital Wireless Communications", Applied Microwaves & Wireless, vol.9, n°1, 62-72, Jan/Feb/97.
70. Barradas, O ; "Sistemas em Radiovisibilidade", Livros Técnicos e Científicos, 2ª edição, 1978.
71. Rappaport, T.S., "Factory Radio Communications", reprint from RF Design, Jan/89.

BETA TELECOM Consultores

72. Honcharenko, W. et al; “Mechanisms Governing UHF Propagation on Single Floors in Modern Office Buildings”, IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol. VT 41, nº4, 496 – 504, Nov/92.
73. Kosmir, Bernard, “Communications Range and Reliability of part 15 Devices”, reprint from RF Design, Apr/91.
74. Delisle, G.Y., et al; “Propagation Loss Prediction : A comparative Study with Application to the Mobile Radio Channels”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT 34, nº2, 86 – 95, May/85.
75. Norma para o cálculo de atenuação de Propagação em Frequências na Faixa de 30MHz a 10GHz (019/94), Portaria 606 de 17/08/94, publicado no DOU 18/08/94.
76. Proxim, Inc; “RangeLan2 Fact Sheet Ver.2”; Proxim Corporation, Mountain View, CA, USA, 1995.
77. Moeller, A .W. “The Effect of ground reflections on Antenna Test Range Measurements “, Microwave Journal, 47-54, March/1966.
78. “Fleming. W.J. ; “Avaliação de Reflexões no Solo com o Uso de Planilhas de Cálculo”, Nota de Aplicação Beta Telecom, BT 958/99, São José dos Campos, Maio de 1999.
79. Jasik, H., Bullington, K. “Antenna Engineering Handbook”, First Edition, 33.1-33.27 McGraw-Hill, USA, 1961.
80. ”Fleming, W.J.; “Análise de reflexões em Sistemas FH”; Nota de Aplicação Beta Telecom, BT 584/97, São José dos Campos, SP , Maio/1997.
81. Cedric R. Braun; “Bluetooth Initiative Gaining Increased Industry Support”, Wireless System Design, vol.3, nº 12 , 9-12 , Dec/ 1998.
82. Schneiderman, R.; “Bluetooth Attracts Growing List of Component Firms”, Wireless System Design, vol. 4, nº 5 , 6 – 10, May/99.
83. Schone, George; “Spectrum Management – Tomorrows Communications Designed Today”, L&S Hochfrequenztechnik, Lichtenau ,Germany, 1998.