

Acústica – Comunicações Subaquáticas

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M. v1.0, 2021

Comunicações sub-aquáticas

Victor Lobo

Mestrados Integrados de M (Acústica, Sonar e Armas Submarinas) e EN-AEL (Sistemas de Detecção e Armamento Submarino)

1

Comunicações Sub-aquáticas

The graph shows Bit Rate (Y-axis: 10 bps to 1 Gbps) versus Range (X-axis: 10 cm to 50 km). RF and Optical communication are shown as triangles that decrease in bit rate as range increases. Acoustic communication is shown as a large trapezoid that maintains a higher bit rate over a much larger range.

- RF**
 - Hardware simples
 - Baixo consumo
 - Não há Tecnologia bem estabelecida
 - Requiere linha-de-vista
 - Sensível a trepidez da água
 - Sensível a "fouling"
- Óptico**
 - Hardware simples
 - Baixo consumo
 - Imune a "fouling"
 - Não há sistemas estabelecidos
- Acústica**
 - Tecnologia madura
 - Capacidade de estabelecer redes
 - MUITO sensível a condições ambientais (propagação e ruído)
 - Sensível a "fouling"

2

Funcionamento de um sistema de comunicações

The diagram shows the flow from data bits (0110) through encoding, modulation, amplification, and transmission via an acoustic transducer. On the receiving end, it goes through detection, demodulation, and decoding back to data bits (0110).

- Codificação (Encoding):** passar de bits a símbolos ou "códigos de bits"
- Modulação (Modulation):** passar a uma forma de onda
- Desmodulação (Demodulation):** passar de forma de onda a código
- Descodificação (Decoding):** passar de código a bits

Baud rate versus Bit rate

3

Tipos de modulação

- Analógicas**
 - AM – Amplitude
 - FM – Fase
- Digitais**
 - Muito mais robustas a ruído
 - ASK
 - Amplitude Shift Keying

Porque não usar banda de base?

4

Tipos de modulação

- FSK**
 - Frequency Shift Keying
- PSK**
 - Phase Shift Keying
- QAM**
 - Quadrature

The diagrams show how binary data (1010101) is converted into different waveforms: FSK (two frequencies), PSK (two phases), and QAM (complex waveforms). A constellation diagram for QAM is also shown.

5

Tipos de modulação

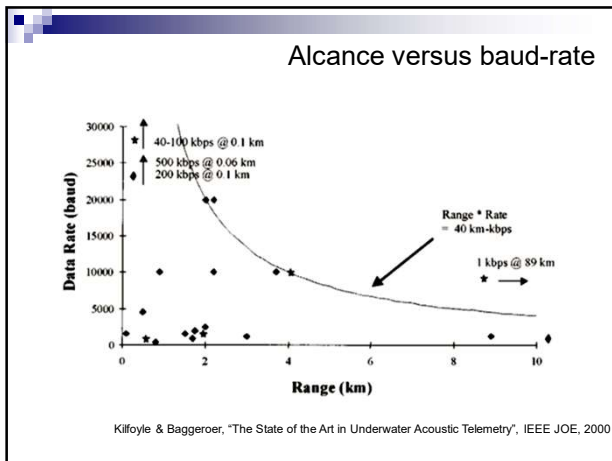
- TCM**
 - Trellis Coded Modulation
 - Boa codificação numa banda limitado
 - Usado pelo modem V.34 (33.9Kbps)
 - Usado em vários modems acústicos

The diagram shows 2 data bits being encoded into 3 coded bits using a TCM encoder. These 3 coded bits are then mapped to a point on an 8-PSK constellation diagram, resulting in 1 channel symbol.

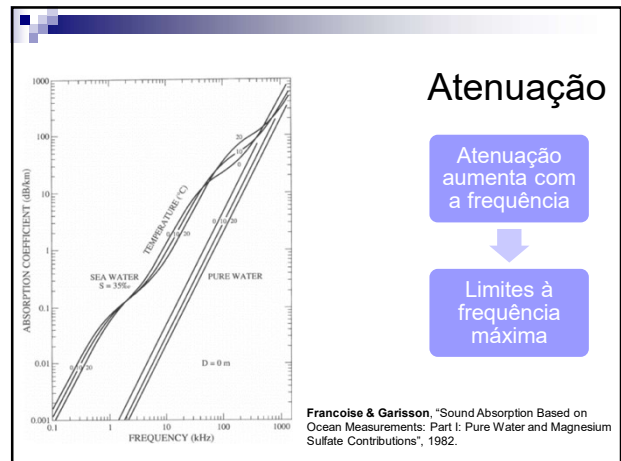
6

Acústica – Comunicações Subaquáticas

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M. v1.0, 2021



7



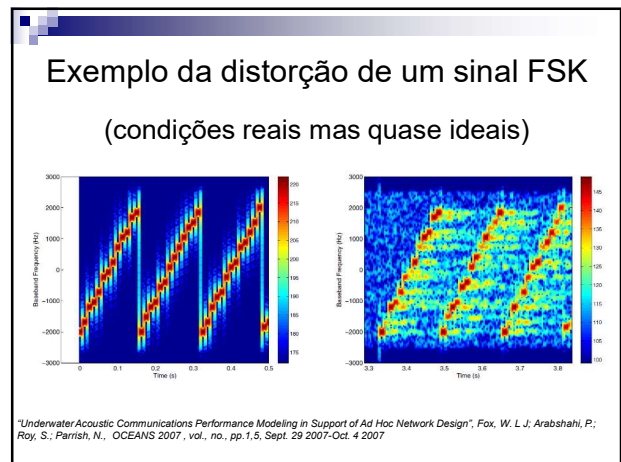
8

Largura de banda vs. Alcance

■ Valores típicos

Tipo de Alcance	Alcance (km)	Largura de banda (kHz)	Frequencia Central (kHz)
Muito longo	1000	< 1	500 Hz
Longo	10-100	2-5	3 kHz
Médio	1-10	5-10	10 kHz
Muito curto	< 0.1	> 100	100 kHz

9



10

Alguns modems acústicos comerciais

Modem	Figure	Characteristics
Evologics (also USBL)		Various Freq. 7-80kHz Bit rate: 7-62kbps (with integrated MAC and point-to-point link) Up to 64 Bytes at 1kbps (with no MAC)
WHOI Micro-Modem		Freq. 10, 15, 25kHz Bit rate 80-5400bps Integrated control message for MAC Multiple packet sizes Rate 0: 32Bytes at 80bps
Teledyne Benthos (also USBL)		Various Freq. 9-27kHz (Low, Med, High) Bit rate 140 bps -15.3kbps Integrated control message for MAC 1 sec. header before each message
Kongsberg (SSBL and LBL)		Various Freq. 21-31kHz Bit rate up to 6kbps Not sure about MAC messages

11

Comparação das características de alguns sistemas de comunicação sub-aquática

Company	Band (kHz)	range (km)	bit rate (bps)	Technology
Subnero (SIN)	16 - 32	3	500 15000	FSK PSK + OFDM
Evologics (GER)	18 - 34 120 - 180	3,5 0,3	13900 62500	Sweep spread carrier
Teledyne (USA)	9 - 14	2 - 6	140-2400 2560 - 15360	FSK PSK + DFE
Micromodem (USA)	8 - 12	few km	80 498 - 5400	FSK PSK + DFE
Sonardyne (UK)	21 - 32.5	1 - 2	200 - 9000	FSK
AppliCon (ITA)	25 - 35		750 - 2250	FSK
Kongsberg (NOR)	21-31		4500	FSK

12

Acústica – Comunicações Subaquáticas

4ºAno EN-AEL, 3ºAno M. v1.0, 2021

Normas militares para comunicações acústicas

- STANAG 1074
 - Telefone Submarino (UT, ou UWT)
 - Analógico, com aprox 2.7kHz de largura de banda
 - STANAG 1475 para salvamento submarine (DISSUB)
- STANAG 4748 – JANUS
 - Digital (incluindo voz, texto, imagem, dados genéricos)
 - Modulação BH-BFSK

13



14