



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



Parâmetros de Desempenho de Sistemas de Comunicação

CMS60808 – 2015/1

Professor: Bruno Fontana da Silva



Taxa de Transmissão de Bits

Razão da quantidade de informação (em bits) transmitida em um intervalo de tempo.

$$R_b = \frac{\#bits}{\Delta t_b} \quad [\text{bps}]$$

Taxa de Transmissão Líquida de Bits

Razão da quantidade de informação útil ao usuário (sem os bits de redundância e overhead) transmitida em um intervalo de tempo.

$$R'_b = \frac{k_c}{n} R_b \quad [\text{bps}]$$

$k_c \rightarrow$ # de bits úteis (informação)

$n \rightarrow$ # total de bits transmitidos

Taxa de Transmissão de Símbolos

Em **modulações digitais**, diferentes combinações de parâmetros discretos e finitos (amplitudes, fases e/ou frequências) correspondem a diferentes sequências de bits.

A taxa de transmissão de símbolos é a razão entre o envio de sinais modulados com esses parâmetros (símbolos) pelo tempo de transmissão desses sinais.

$$R_s = \frac{\#símbolos}{\Delta t_s}$$

$$\left[\frac{\text{symbols}}{\text{s}} = \text{baud} \right]$$

Taxa de Transmissão de Símbolos

A taxa de símbolos está relacionada com a taxa de bits de acordo com a quantidade de símbolos (M) disponíveis na modulação.

Cada símbolo enviado corresponde ao envio de $k_m = \log_2(M)$ bits/símbolo.

$$R_b = k_m R_s$$

$$\left[\text{bps} = \frac{\text{bits}}{\text{symbol}} \times \frac{\text{symbols}}{\text{s}} \right]$$

Eficiência Espectral

Mede o aproveitamento do uso do canal de comunicação. Pode ser medida pela razão entre a taxa líquida de bits transmitidos pela taxa de símbolo (taxa de modulação).

$$r = \frac{R'_b}{R_s}$$

$$\left[\text{bpcu} = \frac{\text{bits}'}{s} \times \frac{s}{\text{symbols}} = \frac{\text{bits}'}{\text{symbol}} \right]$$

em que 1 “bit por uso do canal” (1 bpcu) corresponde a transmissão de 1 símbolo (duração T_s) contendo 1 bit de informação útil ao usuário.

Eficiência Espectral

Também pode ser medida comparando a taxa de transmissão com a banda disponível no canal de comunicação.

$$r = \frac{R'_b}{B}$$

$$\left[\text{bpcu} = \frac{\text{bits}'/s}{\text{Hz}} \right]$$

B → largura de banda disponível no canal de comunicação.

Capacidade de Canal

Teorema de Shannon-Hartley para um canal sem distorção mas que sofre com ruído aditivo gaussiano (AWGN) no receptor.

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR})$$

[bps]

B → largura de banda disponível no canal de comunicação.

SNR → razão sinal-para-ruído (em termos de potência).

Capacidade de Canal

Teorema de Shannon-Hartley para um canal sem distorção mas que sofre com ruído aditivo gaussiano (AWGN) no receptor.

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR})$$

[bps]

B → largura de banda disponível no canal de comunicação.

SNR → razão sinal-para-ruído (em termos de potência).

Comparação de Tecnologias

| | WiMAX | LTE | EVDO | HSDPA |
|----------------------------------|---|---|---|--|
| Modulation DL | OFDM | OFDM | Direct Sequence Spread Spectrum | Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) |
| Multiple Access DL | OFDMA | OFDMA | CDMA/TDMA | CDMA/TDMA |
| Modulation UL | OFDM | SCFDMA | DSSS | DSSS |
| Multiple Access UL | OFDMA | SC-FDMA | CDMA/TDMA | CDMA/TDMA |
| Duplexing | TDD | FDD/TDD | FDD | FDD |
| Channel Bandwidth | Scalable 3.5, 5, 7, 8.75, 10 MHz | Scalable 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz | 1.23 MHz | 5 MHz |
| Frame Length (feedback interval) | 5 msec | 1 msec | 1.667 msec (slot) | 2 msec |
| MIMO Schemes | Tx Diversity, OL MIMO, AAS | Tx Diversity, OL MIMO, CL MIMO | Alamouti STBCs | Alamouti STBCs CL MIMO |
| Maximum MIMO Rank | 2 | 4 | 1 | 2 |
| Multicodeword MIMO | No | Yes | No | Yes |
| Modulation | QPSK, 16QAM, 64QAM | QPSK, 16QAM, 64QAM | QPSK, 8PSK, 16QAM | QPSK, 16QAM, 64QAM |
| Channel Coding | Convolutional, Turbo and RS Codes $r = \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{5}{6}$ | Turbo Codes $r = \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$ | Turbo Codes $r = \frac{1}{3}, \frac{1}{5}$ | Turbo Codes $r = \frac{3}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$ |
| HARQ | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Persistent Scheduling | No* | Yes | No | No |



Referências Bibliográficas

RAPPAPORT, T. S. **Wireless Communications: Principles and Practice**, 2ª ed., 2002.

ANDREWS, J. G. **3G and 4G Cellular Standards**. University of Texas at Austin, Novembro de 2008.
Disponível em <http://users.ece.utexas.edu/~jandrews/pubs/WirelessStandardsSummary.pdf>