

Lab 1- Data Link Protocol

Characterization of the protocol efficiency

Redes de Computadores - L.EIC025 2025/2026

3LEIC04

Nuno Alexandre Fernandes Gomes up202306826

Vasco Costa Lemos up202306905

Índice

Sumário.....	3
Introdução	3
Conceitos.....	3
Metodologia.....	3
Medições da Eficiência.....	3
1. Variação do C	3
2. Variação do FER (através do BER)	4
3. Variação do L	4
4. Variação do Tprop	5
Conclusões.....	5

Sumário

Este relatório analisa a eficiência do protocolo de camada de ligação de dados desenvolvido no âmbito do primeiro trabalho laboratorial da unidade curricular de Redes de Computadores da FEUP (2025/2026). O estudo avalia o impacto da taxa de erro (FER/BER), baudrate (C), tamanho da trama (L) e tempo de propagação (Tprop) na eficiência do protocolo Stop-and-Wait ARQ, comparando resultados práticos com os modelos teóricos.

Introdução

O projeto consistiu na implementação de um protocolo de camada de ligação de dados capaz de assegurar comunicação fiável entre dois sistemas através de um cabo RS-232. O protocolo utiliza tramas delimitadas por flags, deteção de erros com BCC, retransmissões e o mecanismo Stop-and-Wait ARQ, garantindo a entrega correta dos dados. Este relatório apresenta a análise experimental da eficiência (S) em diferentes condições de transmissão, com o objetivo de comparar o desempenho obtido com os modelos teóricos estudados.

Conceitos

C – Baudrate (bits/s)

L – Tamanho da trama (bytes) Na fórmula da eficiência é convertido para bits.

FER – Frame Error Rate ou taxa de erro da trama (%)

BER – Bit Error Rate ou taxa de erro do bit (%)

Tprop – Tempo de propagação (s)

Tmeasured – Tempo medido na prática (s)

$$R(\text{bytes}/\text{s}) = \frac{\text{Tamanho do ficheiro(bytes)}}{\text{Tmeasured}} \quad FER = 1 - (1 - BER)^L$$

Formulas for efficiency:

$$S_{\text{measured}} = \frac{R}{C}$$

$$S_{\text{theoretical}} = \frac{1-FER}{1+\frac{2\times Tprop\times C}{L}} = \frac{(1-BER)^L}{1+\frac{2\times Tprop\times C}{L}}$$

Metodologia

Para alterar as variáveis nos nossos testes, usamos o ficheiro `cable.c` que nos foi dado, que nos permitia manipular o baudrate, o *BER* e o *Tprop*. No entanto, para modificar o tamanho da trama, o nosso próprio código foi temporariamente modificado, modificação essa que se resume a um `#define` que especificava o tamanho máximo da trama.

Os nossos resultados foram posteriormente analisados por meio de uma tabela e convertidos para um gráfico, permitindo comparar com facilidade as diversas configurações.

Medições da Eficiência

1. Variação do C

C	Tmeasured	R	Smeasured	Stheoretical
4800	23.499	466.743	0.7779054	1
9600	11.752	933.288	0.77774	1
19200	5.876	1866.576	0.77774	1
57600	1.971	5564.688	0.7728733	1
115200	0.992	11056.452	0.7678091	1

Tabela 1: Resultados após variações no C.

Ficheiro: 10968 bytes

$L = 1024$ bytes

$FEP = Tprop = 0$

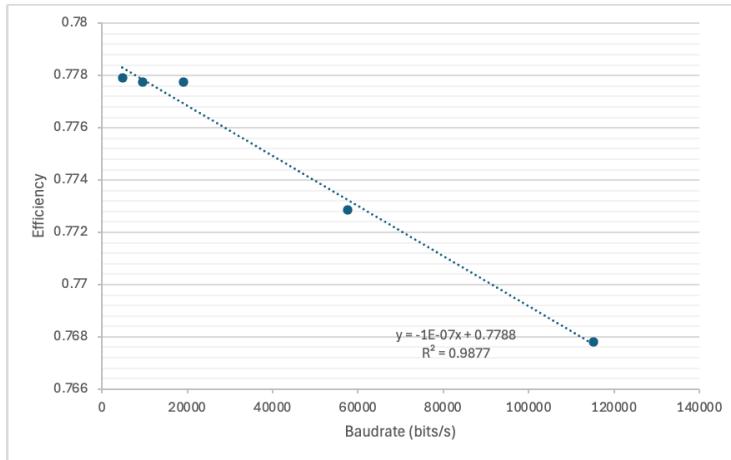


Gráfico 1: Variação da eficiência com o C.

É possível observar que a eficiência diminui de forma quase linear com o aumento do baudrate, pois o tempo de espera pelas confirmações torna-se mais relevante.

2. Variação do FER (através do BER)

Ficheiro: 10968 bytes

$L = 1024$ bytes

$C = 9600$ bits/s

$Tprop = 0$

BER	Tmeasured	R	Smeasured	Stheoretical
0	11.751	7466.939	0.7778061	1
0.000005	11.76	7461.224	0.7772109	0.9598674
0.00001	12.837	6835.242	0.7120044	0.9213453
0.00005	17.153	5115.373	0.5328514	0.663909
0.0001	21.499	5190.724	0.4251361	0.4407661

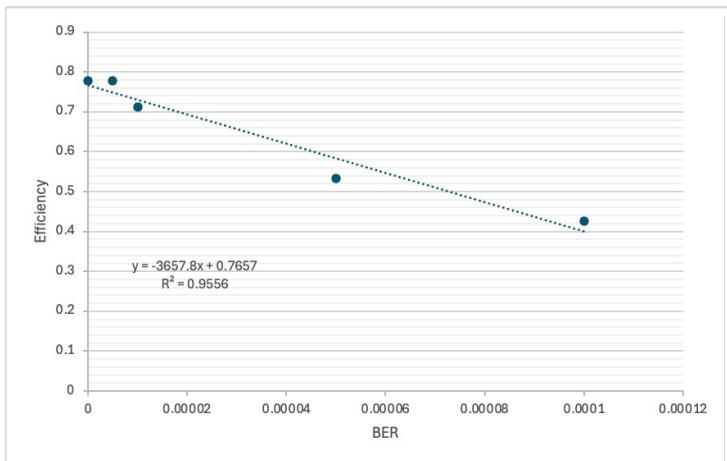


Tabela 2: Resultados após variações no BER.

Gráfico 2: Variação da eficiência com o BER.

A eficiência diminui com o aumento do BER, devido à necessidade de retransmissões frequentes, em concordância com o modelo teórico.

3. Variação do L

Ficheiro: 10968 bytes

$C = 9600$ bits/s

$Tprop = FER = 0$

L	Tmeasured	R	Smeasured	Stheoretical
128	12.966	6767.237	0.7049206	1
256	12.232	7173.316	0.7472204	1
512	11.918	7362.309	0.7669072	1
1024	11.752	7466.304	0.77774	1
2048	11.678	7513.615	0.7826683	1

Tabela 3: Resultados após variações no L.

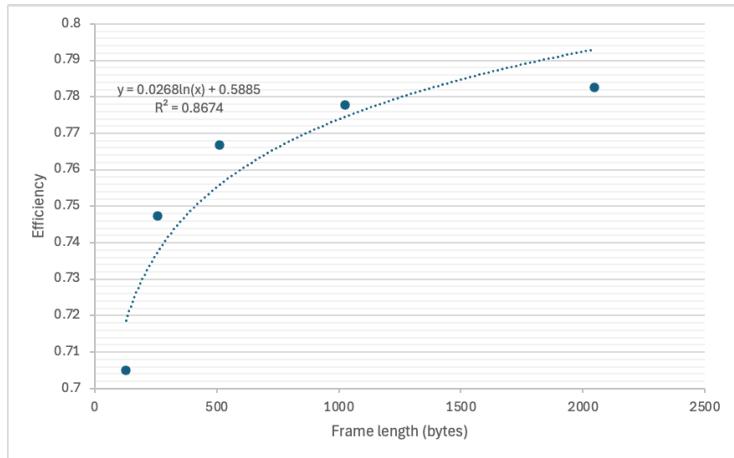


Gráfico 3: Variação da eficiência com o L.

Com o aumento de L, a eficiência cresce de forma logarítmica, pois o overhead de controlo torna-se menos significativo.

4. Variação do Tprop

Ficheiro: 10968 bytes

L = 1024 bytes

C = 9600 bits/s

FER = 0

Tprop	Tmeasured	R	Smeasured	Stheoretical
0	11.75	7467.574	0.7778723	1
0.001041	11.781	7447.925	0.7758255	0.9975661
0.005208	11.907	7369.111	0.7676157	0.987941
0.010416	12.062	7274.416	0.7577516	0.9761693
0.049999	13.25	6622.189	0.6898113	0.8951068

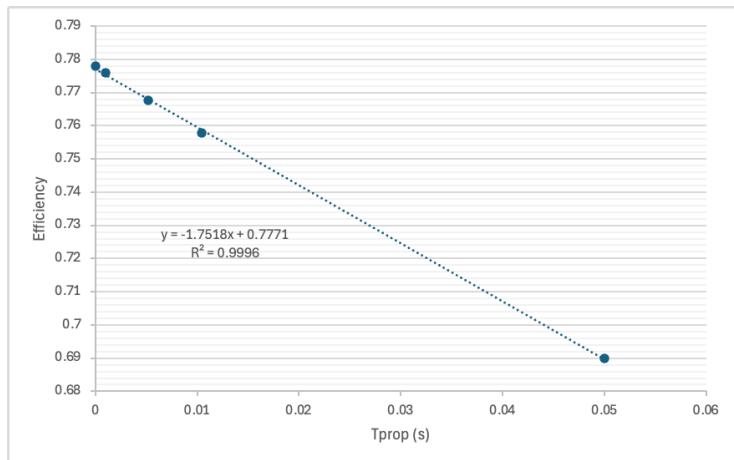


Tabela 4: Resultados após variações no Tprop.

Gráfico 4: Variação da eficiência com o Tprop.

Com o aumento de *Tprop*, verifica-se também uma diminuição na eficiência de forma linear.

Conclusões

Os resultados obtidos confirmam o comportamento esperado do protocolo Stop-and-Wait ARQ. A eficiência aumenta com o tamanho da trama e diminui com o baudrate, a taxa de erro e o tempo de propagação. As diferenças entre os valores teóricos e experimentais resultam do tempo de processamento e das trocas de tramas de controlo do protocolo.