

**Redes de Computadores**

**1º Trabalho Laboratorial – Ligação de dados**

**Mestrado Integrado em Engenharia Informática e computação**

**10 de Novembro de 2020**

**Diogo Guimarães do Rosário - up201806582**

**Henrique Melo Ribeiro - up201806529**

**Índice**

**Sumário** 3

**Introdução** 3

**Arquitetura e Estrutura de código** 4

Camada do protocolo

Camada de aplicação

**Casos de uso principais 5**

**Protocolo de ligação lógica 5**

Configuração da porta série

Estabelecer a conexão entre as duas portas série

Transferência dos pacotes de dados após operações de stuffing e destuffing

Deteção de erros nas transmissões

**Protocolo de aplicação 7**

Criação pacotes de controlo e de informação a partir da leitura do ficheiro

Leitura e escrita do ficheiro

Controlo do programa através das funções llread(), llwrite() ,llopen() e llclose();

**Validação 8**

**Eficiência do protocolo de ligação de dados 8**

Variação do FER

Variação do tamanho das tramas

**Conclusão 11**

**Sumário**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular Redes de computadores.

O projeto consistia no desenvolvimento de uma aplicação capaz de transferir dados de um computador para outro através de uma porta série assíncrona. A aplicação é resistente a erros na transmissão dos pacotes de dados e desconexão da porta série.

A aplicação foi desenvolvida com sucesso, sendo possível transferir ficheiros entre dois computadores sem qualquer perda de informação.

**1. Introdução**

Este relatório tem o propósito de expor o modo como a nossa aplicação está organizada bem como o funcionamento desta.

O objetivo deste trabalho é implementar um protocolo de ligação de dados especificado no guião do trabalho, de modo a permitir transferência fiável de dados entre dois dispositivos conectados pela porta série.

Assim o relatório estará organizado da seguinte forma:

2. Arquitetura e Estrutura do código - Demonstração dos blocos funcionais e interfaces e exposição das principais estruturas de dados, funções e sua relação com a arquitetura

3. Casos de uso principais - Identificação das sequências de chamada de funções

4. Protocolo de ligação lógica - Identificação dos principais aspetos funcionais, descrição da estratégia de implementação destes aspetos com apresentação de extratos de código

5. Protocolo de aplicação - Identificação dos principais aspetos funcionais, descrição da estratégia de implementação destes aspetos com apresentação de extratos de código

6. Validação - Descrição dos testes efetuados com apresentação dos resultados

7. Eficiência do protocolo de ligação de dados - Caraterização estatística da eficiência do protocolo

8. Conclusões - Síntese da informação apresentada nas secções anteriores

**2. Arquitetura e Estrutura de código**

O nosso projeto foi desenvolvido com duas camadas principais (protocolo e aplicação).

**2.1. Variáveis globais pertinentes**

* **Application:**

char \*fileName; //saves the file name to compare at the end

long fileSize; //saves the file size to compare at the end

int finished;//indicates if the 'end' packed has been received

* **Writenoncanonical e noncanonical:**

static int currentState; //current state in the state machine

static int currentIndex; // the size of the packet received

static int activatedAlarm ; //indicates if the alarm has been

triggered

**2.2. Camada do protocolo**

A camado do protocolo está definida no ficheiro common.h e é a camada de nível mais baixo do nosso programa. É responsável pela comunicação entre os dois computadores através da porta série.

Para além disso, faz uso dos ficheiros writenoncanonical.c, writenoncanonical.h, noncanonical.c e noncanonical.h.

Esta separação foi feita devido a certas funções não serem necessárias dos dois lados do protocolo (escrita e leitura), como por exemplo a função de leitura de dados e a sua máquina de estados.

Foi utilizada a seguinte estrutura de dados para facilitar este processo:

struct linkLayer

{

  char port[20];                 /*\*Dispositivo /dev/ttySx, x = 0, 1\**/

  int baudRate;                  /*\*Velocidade de transmissão\**/

  unsigned int sequenceNumber;   /*\*Número de sequência da trama: 0, 1\**/

  unsigned int timeout;          /*\*Valor do temporizador: 1 s\**/

  unsigned int numTransmissions; /*\*Número de tentativas em caso de falha\**/

  int currentTry;                /*\*Número da tentativa atual em caso de falha\**/

  char frame[MAX\_SIZE\*2+7];          /*\*Trama\**/

  int frameSize;

};

**2.3. Camada de aplicação**

A camada da aplicação está definida nos ficheiros application.c e application.h e é a camada que está imediatamente acima do protocolo.

Esta camada é responsável pela leitura do ficheiro no lado da escrita e criar os pacotes de dados que serão transmitidos à camada do protocolo.

Foi utilizada a seguinte estrutura de dados para facilitar este processo:

struct applicationLayer

{

    int fileDescriptor; /\*Descritor correspondente à porta série\*/

    int status;         /\*TRANSMITTER | RECEIVER\*/

};

**3. Casos de uso principais**

A aplicação necessita de diferentes parâmetros dependendo se é recetor ou transmissor.

Do lado do transmissor é necessário o número da porta série a ser usada, a string "transmitter" e o nome do ficheiro.

Exemplo : ./application 0 transmitter pinguim.gif

Do lado do recetor é necessário o número da porta série a ser usada e a string "receiver".

Exemplo : ./application 0 receiver

O recetor quando iniciado fica à espera de um transmissor para iniciar a conexão. Após estabelecer esta conexão o ficheiro começa a ser transmitido pelo transmissor em pacotes de dados.

**4. Protocolo de ligação lógica**

O protocolo de ligação lógica tem como objetivos:

\* Configurar a porta série

\* Estabelecer a conexão entre as duas portas série

\* Transferência dos pacotes de dados após operações de *stuffing* e *destuffing*

\* Deteção de erros nas transmissões

**4.1. Configuração da porta série**

**openWriter() e openReader()**

Estas funções recebem como argumento a porta séria com a qual será estabelecida uma ligação e são invocadas na função **llopen()** sendo que esta função consegue distinguir qual o estado do programa (transmitter ou receiver) que a chama.

Pala além do referido anteriormente também são responsáveis por preencher a struct da camada de protocolo com os valores corretos.

Caso seja impossível alcançar a porta série desejada o programa lança uma mensagem de erro e exit code -1.

**4.2. Estabelecer a conexão entre as duas portas série**

**setupWriterConnection() e setupReaderConnection()**

Estas funções são também invocadas pelo **llopen()** que lhes fornece o descritor das portas abertas pelas funções **openWriter()** ou **openReader()**.

O estabelecimento da conexão começa com o programa emissor a enviar uma mensagem de controlo *set* que quando recebida e processada pelo programa recetor responde com uma mensagem *UA.* Estas mensagens são processadas nas states machines correspondentes e enviadas pela função sendSupervisionPacket().

Nestas funções também se dá *setup* ao sinal de alarm (SIG\_ALARM). O alarm serve como controlo nas comunicações, fazendo o emissor reenviar a última mensagem escrita caso este não receba resposta por parte do recetor. Existe uma ocasião em que os papéis estão invertidos, sendo esta quando os programas se estão a desconectar da porta série.

**4.3. Transferência dos pacotes de dados após operações de *stuffing* e *destuffing***

Esta transferência é garantida pelas função **sendInfo()** e **readInfo()**.

A função **sendInfo()** da camada de protocolo recebe o descritor da porta série, a mensagem e o seu tamanho, e retorna o número de bytes escritos. Nesta função são feitas operações de *stuffing* da mensagem de forma a garantir a comunicação correta entre programas

Depois de escrever para a porta série a função **readRR()** é invocada, fazendo o emissor esperar por uma resposta enviada pelo recetor. Se esta mensagem recebida for uma mensagem *receiver ready* o programa passa para o tratamento do próximo conjunto de dados que tem de enviar, caso seja de *reject* o programa reenvia a última mensagem e volta a ficar à espera de uma mensagem.

A função **readInfo()** responsabiliza-se por fazer a leitura da informação da porta série e de enviar a resposta correta ao programa emissor. Na função **readInfo()** são feitas operações de *destuffing* de forma a restaurar a mensagem recebida para o estado anterior ao *stuffing*  que esta sofreu.

**4.4. Deteção de erros nas transmissões**

A deteção de erros é feita ao mesmo tempo que a leitura da mensagem é feita, comparando a mensagem recebida com o **BCC** final (o **BCC** é igual à operação lógica ‘ou exclusivo’ entre todos os bytes da informação), e verificando o **numero de série** da mensagem (varia entre 0 e 1 quando a mensagem recebida conter a informação correta).

No caso em que **BCC** está errado é enviada uma resposta *reject.* Caso o **número de** **série** esteja errado a informação recebida é considerada repetida e é enviada uma resposta *receiver ready* para o emissor enviar o próximo pacote de informação.

**5. Protocolo de aplicação**

O protocolo de aplicação tem como objetivos:

\* Gerar pacotes de controlo e de informação a partir da leitura do ficheiro

\* Leitura e escrita do ficheiro

\* Controlo do programa através das funções llread(), llwrite() ,llopen() e llclose();

**5.1. Criação pacotes de controlo e de informação a partir da leitura do ficheiro**

A criação de pacotes de controlo é realizada na função **buildControlPacket(),** função essa que recebe como argumentos o nome do ficheiro e o seu tamanho, bem como o byte do controlo (CONTROL\_START E CONTROL\_END no ficheiro application.h) e um buffer a preencher que corresponderá ao pacote completo. Este pacote será codificado no formato TLV (Type, length, value).

A criação de pacotes de informação é realizada na função **buildDataPacket(),** que receberá como parâmetros um *chunk* de tamanho MAX\_SIZE – 4 de modo a reservar 4 bytes para o byte de controlo, número de série e tamanho de bytes de informação. Este tamanho MAX\_SIZE corresponde ao tamanho que será lido de cada vez no ficheiro e está definido no ficheiro common.h

**5.2. Leitura e escrita do ficheiro**

A leitura do ficheiro só é realizada nos casos em que a aplicação é inicializada com o valor transmitter e é realizada num loop até o ficheiro ser inteiramente lido. Posteriormente a cada iteração do loop, é construído um pacote com esta informação e enviada para o protocolo de dados através da função **llwrite().** Do lado do recetor, a informação é lida e guardada num array com o tamanho do ficheiro alocado aquando da leitura do primeiro pacote de controlo, visto que neste pacote é recebida a informação do nome e tamanho do ficheiro.

No final do programa este array é inteiramente escrito para o ficheiro usando **fwrite(),** criando assim o ficheiro com toda a informação recebida.

**5.3. Controlo do programa através das funções llread(), llwrite() ,llopen() e llclose();**

Inicialmente, ambos os programas invocam **llopen()**, de modo a abrir a porta série e iniciar a comunicação destas através das sequências *set* e *ua*. Posteriormente é feito um loop na qual o transmissor lê o ficheiro e invoca **llwrite()**, enquanto que o recetor apenas invoca **llread()** também num loop controlado pela flag finished. Aquando da leitura do pacote de controlo final, verifica-se que este pacote é igual ao pacote controlo inicial e caso seja, a flag finished será posta a true, acabando o loop de leitura.

Posteriormente, é invocado **llclose()** nos 2 lados da aplicação, desconectando a porta série e escrevendo o ficheiro recebido do lado do recetor.

**6. Validação.**

Para verificar a integridade do nosso código, o programa foi sujeito a diversos testes:

-Passagem de um ficheiro com extensão .gif (11 KB)

-Passagem de um ficheiro com extensão .mp4 (13 MB)

-Interrupção do programa através de time-out.

-Desligar a o cabo da porta série aquando da transferência de um ficheiro sem a ligar novamente.

-Desligar a o cabo da porta série aquando da transferência de um ficheiro, voltando a ligá-lo novamente.

-Geração de erros na ligação da porta série.

-Variação do tamanho máximo da trama de informação (testes realizados com 250, 500 e 1000 bytes).

-Variação do baud rate da porta série.

Perante todos estes testes o programa conseguiu terminar com sucesso sendo posteriormente verificada esta integridade usando o comando *diff* nativo do Linux.

**7. Eficiência do protocolo de ligação de dados**

**7.1. Variação do FER**

Como se pode observar no seguinte gráfico, os erros causados no BCC1 e BCC2 (erros causados usando valores random) têm um impacto grande na eficiência do programa.

Após uma análise mais detalhada é possível observar que os erros que causam maior impacto na eficiência são os erros causados no BCC1 (cada erro causa por volta de 1 segundo de atraso visto que o programa terá de esperar pelo sinal de alarme para reenviar a informação) enquanto os erros causados pelo BCC2 quase que não têm impacto na eficiência do programa, visto que quando isto acontece, o recetor envia uma mensagem de *reject* que faz com que o emissor reenvie a mensagem imediatamente.

Gráfico obtido usando um ficheiro de tamanho 10968 bytes, baudrate 38400 e chunk size de 250. O eixo x corresponde à taxa de erros causados no BCC1 (erros no BCC do cabeçalho) e BCC2 (erros no BCC de informação) e o y ao FER.

**7.2. Variação do tamanho das tramas**

Como se pode verificar pelo gráfico a baixo, ao aumentar o tamanho da trama, a eficiência do programa aumenta.

No eixo x estão representados os vários tamanhos das tramas e no eixo y estão representadas as várias eficiências.

**7.3. Variação do baud rate**

Como se pode verificar pelo gráfico a baixo, o baud rate tem uma influência insignificativa na eficiência do programa, apesar de o tempo ser inversamente proporcional ao baud rate.

No eixo x estão representados os vários baud rates e no eixo y a eficiência.

**8. Conclusão**

O fundamento deste trabalho é a passagem de informação entre processos garantindo a sua integridade.

Algo muito importante para este fim é a separação de tarefas entre a camada de aplicação que trata da leitura e escrita de ficheiros e da camada de protocolo que trata da comunicação entre processos através de uma porta série, sem que nenhuma precise de saber os detalhes da outra, conseguindo realizar a sua funcionalidade com os dados fornecidos.

Em suma, pensamos que o objetivo global deste trabalho foi alcançado. Apesar de no início do projeto sentirmos que os fundamentos necessários para realizar o projeto fossem muito complexos após algumas leituras do enunciado e trocas de ideias com colegas achamos que conseguimos entender bem o necessário e colocar este conhecimento em prática.