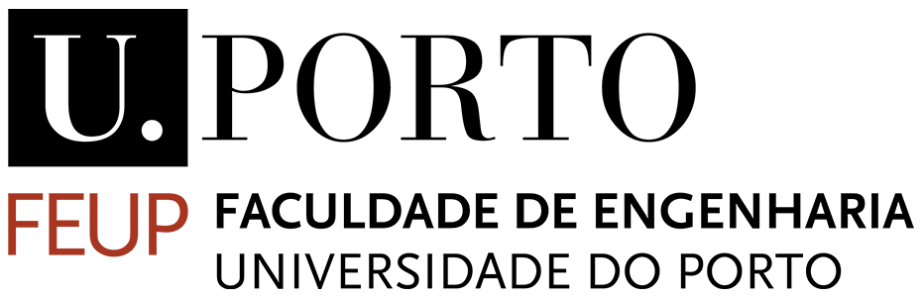
**1º Trabalho Laboratorial**

Relatório



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Redes de Computadores

**Trabalho realizado por:**

Maria Gonçalves Caldeira (up201704507)

Raul Manuel Fidalgo da Silva Teixeira Viana (up201208089)

18 de outubro de 2020

Índice

[Sumário 3](#_Toc54880484)

[Introdução 3](#_Toc54880485)

[Arquitetura 3](#_Toc54880486)

[Estrutura do código 4](#_Toc54880487)

[Casos de uso principais 5](#_Toc54880488)

[Protocolo de ligação lógica 5](#_Toc54880489)

[Protocolo de aplicação 6](#_Toc54880490)

[Validação 6](#_Toc54880491)

[Eficiência do protocolo de ligação de dados 6](#_Toc54880492)

[Conclusões 6](#_Toc54880493)

[Anexo – código fonte 7](#_Toc54880494)

[Anexo II – cálculos da eficiência da ligação 33](#_Toc54880495)

# **Sumário**

Este relatório foi elaborado no âmbito da unidade curricular de Redes e Computadores, do curso Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação, para descrever o primeiro trabalho prático, que consistiu no desenvolvimento de uma aplicação capaz de transferir ficheiros de um computador para o outro através de uma porta série.

Assim, é possível afirmar que o trabalho foi concluído com sucesso, visto que o objetivo estabelecido foi cumprido, tendo sido escrita uma aplicação funcional e capaz de transferir ficheiros sem perda de dados.

# **Introdução**

O objetivo principal deste trabalho foi implementar um protocolo de ligação de dados, de acordo com o guião fornecido, testando-o com uma aplicação simples de transferência de ficheiros. A transferência foi efetuada recorrendo a uma porta série do tipo RS-232. Para descrever a forma como a aplicação foi escrita e o seu funcionamento foi desenvolvido este relatório que pretende também relacionar a componente teórica com o trabalho desenvolvido e tem a seguinte estrutura:

**Arquitetura**: Exibição dos blocos funcionais e interfaces presentes;

**Estrutura do código**: demonstração das APIs, principais estruturas de dados, principais funções e sua relação com a arquitetura;

**Casos de uso principais**: identificação destes e demonstração das sequências de chamada de funções;

**Protocolo de ligação lógica**: identificação dos principais aspetos funcionais e descrição da estratégia de implementação dos mesmos com apresentação de extratos de código;

**Protocolo de aplicação**: identificação dos principais aspetos funcionais e descrição da estratégia de implementação dos mesmos com apresentação de extratos de código;

**Validação**: descrição dos testes efetuados com apresentação quantificada dos resultados;

**Eficiência do protocolo de ligação de dados**: caraterização estatística da eficiência do protocolo, feita com recurso a medidas sobre o código desenvolvido;

**Conclusão**: resumo da informação apresentada nas secções anteriores e conclusões finais.

# **Arquitetura**

O trabalho está dividido em dois blocos funcionais, tendo sido criado um emissor e um recetor. Cada um destes blocos incorpora a camada de aplicação. Depois existe um outro bloco comum ao emissor e ao recetor, que incorpora a camada da ligação de dados. Desta forma foi implementada o isolamento entre camadas.

# **Estrutura do código**

O código está dividido em três ficheiros de código principais, correspondentes às funções necessárias para a execução do programa. Assim, existe o ficheiro *send.c* – responsável pelas funções de envio da informação referente ao ficheiro a transferir, o ficheiro *receive.c* – responsável pelas funções de recebimento. Existe ainda um terceiro ficheiro principal: *link\_layer.c*, responsável pelo envio, receção e processamento das tramas inerentes ao protocolo descrito. Existe ainda um header file, *constants.h* no qual estão declaradas as constantes necessárias aos ficheiros *send.c* e *receive.c* e ainda um ficheiro *alarm.c* responsável pela implementação do alarme e os respetivos header files com a declaração de todas as funções.

**Sender**

**Funções principais**:

* *sendControlPacket* – constrói e envia o pacote de controlo que sinaliza o início da transferência dos dados de informação;
* *sendFile* – constrói e envia os pacotes de informação;
* *printStats* – imprime os dados da ligação.

**Receiver**

* *readControlPacket* – recebe e lê o pacote de controlo que sinaliza o início da transmissão de dados;
* *receiveFile* – recebe os pacotes de informação;
* *processData* - guarda em disco o ficheiro recebido e confirma a receção do pacote de controlo que sinaliza o fim da transmissão de dados;

**Link\_layer**

* *llopen* – inicia a ligação e retorna o file descriptor da porta utilizada;
* *llclose* – fecha a ligação;
* *startConnection* – abre a porta de série e guarda a sua configuração;
* *closeConnection* – fecha a porta de séries e volta a colocar as configurações no seu estado inicial;
* *readMessage* – lê a trama de controlo e envia-a para a state machine;
* *COM\_currentMachine* – state machine responsável por validar as tramas de controlo;
* *Data\_currentMachine* – state machine responsável por validar as tramas de informação;
* *llwrite* – responsável por receber o pacote da camada superior, construir a trama, enviá-la para o buffer da placa física e receber a resposta correspondente;
* *sendControl* – envia o pacote de controlo de início da ligação;
* *llread* – responsável por ler a trama recebida pela placa física, processá-la e retornar para a camada superior o pacote de dados;
* *readFrame* – lê a trama da placa física e valida-a através da chamada a *data\_currentMachine*;
* *destuffFrame* – realiza o de-stuff da trama;
* *confirmIntegrity* – confirma se o BCC1 e o BC2 recebidos são iguais ao esperado.

**Variáveis Globais**

* FILENAME – caminho para o ficheiro a transferir
* SENDER PORT – porta para envio´
* RECEIVER\_PORT – porta a receber
* BAUDERATE – capacidade da ligação
* MAX\_CHUNK\_SIZE – tamanho máximo do pacote de dados
* T\_PROP – tempo simulado de propagação adicionado
* fd – file descriptor da placa física
* tic e toc – variáveis para a contabilização do tempo total de envio

# **Casos de uso principais**

  A aplicação foi desenhada como um programa de teste, sem interface de utilizador. Assim, todas as variáveis personalizáveis são definidas no ficheiro *constans.h*. Estas variáveis são as portas a serem utilizadas, o caminho relativo do ficheiro a ser transferido, e as variáveis da própria transmissão como o bauderate, tempos de timeout e número de tentativas repetidas. Deste modo o principal caso de uso da aplicação é a transferência do ficheiro, via porta série, entre dois computadores, o transmissor e o recetor.

A transmissão de dados dá-se com a seguinte sequência:

▪ Configuração da ligação entre os dois computadores.

▪ Transmissor abre o ficheiro a enviar.

▪ Estabelecimento da ligação.

▪ Transmissor envia dados.

▪ Recetor recebe os dados.

▪ Recetor guarda os dados num ficheiro com o mesmo nome do ficheiro enviado pelo emissor.

▪ Terminação da ligação.

# **Protocolo de ligação lógica**

**LLOPEN** int llopen(int type);

Esta função tem a responsabilidade de estabelecer a ligação entre o emissor e o recetor.

No emissor, esta função envia a trama de controlo SET através da chamada da função ***sendControl*** e ativa o temporizador que é desativado depois de receber resposta (UA). Se não receber resposta dentro de um tempo definido em TIMEOUT, SET é reenviado. Este mecanismo de retransmissão é repetido um número máximo de vezes definido em MAX\_TRIES, se este número for atingido o programa termina.

No recetor, esta função espera pela chegada de uma trama de controlo SET, ao que responde com uma trama do tipo UA.

Tanto no recetor como no emissor é utilizada a função ***readMessage*** para ler a trama de controlo. A validação é feita por sua vez recorrendo à função ***COM\_currentMachine***.

As escritas são feitas trama a trama, no entanto a leitura é feita carater a carater.

**LLWRITE** int llwrite(int fd, unsigned char packet[], int index);

Esta função é a responsável por enviar tramas do emissor para o recetor. Inicialmente é construída a trama em volta do pacote recebido. É calculado e inserido o bcc1, é feito o stuffing da trama e finalmente calculado e inserido o bcc2. Por fim é enviada a trama, com recurso à função ***readResponse***, e acionado o mecanismo de espera e reenvio em caso de erro.

**LLREAD** int llread(int fd, unsigned char\* packet);

Nesta função, chamada pelo recetor, as tramas são recebidas e processadas. A leitura é feita caracter a caracter, pelo que se torna necessário à sua validação através da função ***data\_currentMachine***. Depois desta validação é chamada a função auxiliar ***destuffFrame*** onde é realizado o processo de destuff. Posteriormente a função ***confirmIntegrity*** efetua o cálculo do bcc1 e do bcc2 e compara-os aos recebidos retornando o resultado. Em caso de não se verificarem erros ***llread*** envia por fim uma trama de confirmação e pedido de nova trama, em caso de deteção de erro envia uma trama de rejeição e pedido de reenvio da trama de informação.

**LLCLOSE** int llclose(int fd, int type);

Esta função termina a ligação entre o emissor e o recetor. No emissor é enviada a trama DISC, e esperada uma trama UA. No recetor é esperada uma trama DISC e enviada de seguida uma trama UA.

Por fim é chamada a função ***closeConnection*** que recoloca os parâmetros iniciais da placa física.

# **Protocolo de aplicação**

O protocolo de aplicação implementado tem as seguintes características:

* Envio de um pacote de controlo START e END, respetivamente no início e no fim do envio dos dados, pacotes entes com as informações do tamanho e nome do ficheiro em transferência;
* A divisão do ficheiro em fragmentos a serem enviados, por parte do emissor e a reconstrução destes por parte do recetor;
* Construção dos pacotes de dados, com introdução de *header* contendo o número de sequência e o seu tamanho;
* Abertura e leitura do ficheiro a ser enviado e criação e escrita em disco do ficheiro recebido.

Para o correto funcionamento destas funcionalidades foram implementadas as seguintes funções:

sendControlPacket int sendControlPacket(int fd, int control\_type, FileInfo fileInfo)

Esta função recebe um argumento *control\_type* que define qual o tipo de pacote de controlo a enviar, START ou END. Constrói o pacote respetivo e envia-o.

sendFile int sendFile(FileInfo fileInfo)

Esta função recebe como argumento a estrutura *fileInfo* que contém toda a informação do ficheiro e ser enviado. De uma forma consistente vai lendo pedaços do ficheiro, construindo o pacote de dados em volta destes e enviado estes pacotes de dados para a camada de ligação.

readControlPAcket int readControlPacket()

Esta função recebe o pacote de controlo START. Depois de descodificar o tamanho e o nome do ficheiro abre o ficheiro em disco para escrita, com as permissões adequadas.

**reciveFIle** int receiveFile(FileInfo fileInfo)

Esta função recebe de forma consistente pacotes de informação contendo pedaços do ficheiro a receber. Se o pacote não for do tipo de controlo END a função *processData* é chamada para processar os dados contidos no pacote. Pelo contrário, se o pacote não for de dados, significa que a transmissão de dados acabou, a função retorna depois de fechar o ficheiro em disco.

**processData** int receiveFile(FileInfo fileInfo)

Esta função recebe os dados que estavam contidos no pacote de dados e escreve-os em disco.

# **Validação**

  (descrição dos testes efetuados com apresentação quantificada dos resultados, se possível)

# **Eficiência do protocolo de ligação de dados**

  (caraterização estatística da  eficiência do protocolo, feita com recurso a medidas sobre o código desenvolvido. A caracterização teórica de um protocolo Stop&Wait, que deverá ser usada como termo de comparação, encontra-se descrita nos slides de Ligação Lógica das aulas teóricas).

# **Conclusões**

  (síntese da informação apresentada nas secções anteriores; reflexão sobre os objectivos de aprendizagem alcançados)

# **Anexo – código fonte**

***contants.h***

|  |
| --- |
|  |
| #pragma once |
|  |  |
|  | /\*\*\*\*\*\*\*\* Alterável \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/ |
|  | #define FILENAME "pinguim.gif" // "pinguim.gif" |
|  | #define SENDER\_PORT "/dev/ttyS10" |
|  | #define RECEIVER\_PORT "/dev/ttyS11" |
|  | #define BAUDRATE B38400 |
|  | #define MAX\_CHUNK\_SIZE 21 //tem de caber o nome do ficheiro e o seu tamanho no pacote de controlo |
|  | //para pinguim.gif min = 21; |
|  | #define T\_PROP 5000000L // 500000 nanoseconds -> 500 microsends |
|  | #define TIME\_CORRECTION 100 //to seconds |
|  | /\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/ |
|  |  |
|  | #define \_POSIX\_SOURCE 1 /\* POSIX compliant source \*/ |
|  |  |
|  | #define MAX\_FRAME\_SIZE 2 \* MAX\_CHUNK\_SIZE |
|  |  |
|  | #define CONTROL\_SIZE 5 |
|  | #define DATA\_PACKET\_SIZE 4 |
|  |  |
|  |  |
|  | #define FALSE 0 |
|  | #define TRUE 1 |
|  |  |
|  | #define FLAG 0x7E |
|  | #define CONTROL\_SET 0x02 |
|  | #define CONTROL\_DISC 0x0b |
|  | #define CONTROL\_UA 0x07 |
|  | #define CONTROL 0x03 |
|  | #define START\_CONTROL 0x02 |
|  | #define END\_CONTROL 0x03 |
|  | #define BCC(X, Y) (X) ^ (Y) |
|  |  |
|  | #define C\_R0 0x05 |
|  | #define C\_R1 0x85 |
|  | #define C\_REJ0 0x81 |
|  | #define C\_REJ1 0x01 |
|  |  |
|  | #define C0 0x00 |
|  | #define C1 0x40 |
|  | #define BYTE\_STUFF 0x20 |
|  | #define ESC 0x7d |
|  |  |
|  | #define FILE\_SIZE\_FIELD 0x00 |
|  | #define FILE\_NAME\_FIELD 0x01 |
|  | #define DATA\_FIELD 0x01 |
|  |  |
|  |  |
|  | #define TIMEOUT 3 |
|  | #define MAX\_TRIES 3 |
|  |  |
|  | #define RECEIVER 2 |
|  | #define SENDER 1 |
|  |  |
|  | extern struct termios oldtio,newtio; |
|  |  |
|  | typedef struct{ |
|  | char\* send\_fileName; |
|  | char\* receive\_fileName; |
|  | int open\_fd; |
|  | int close\_fd; |
|  | int fileSize; |
|  | } FileInfo; |
|  |  |
|  | enum phase{ |
|  | OPENING\_CONNECTION, |
|  | SENDING\_DATA, |
|  | CLOSING\_CONNECTION |
|  | }; |
|  |  |
|  | int fd; |
|  |  |

**send.c**

|  |
| --- |
| #include <sys/types.h> |
|  | #include <sys/stat.h> |
|  | #include <fcntl.h> |
|  | #include <signal.h> |
|  | #include <termios.h> |
|  | #include <stdio.h> |
|  | #include <string.h> |
|  | #include <stdlib.h> |
|  | #include <unistd.h> |
|  | #include <strings.h> |
|  | #include <time.h> |
|  |  |
|  | #include "constants.h" |
|  | #include "link\_layer.h" |
|  | #include "alarm.h" |
|  |  |
|  | extern enum phase link\_phase; |
|  | int fd; |
|  | clock\_t tic, toc; |
|  |  |
|  | int sendControlPacket(int fd, int control\_type, FileInfo FileInfo); |
|  | int sendFile(FileInfo fileInfo); |
|  | void printStats(); |
|  |  |
|  | int main(int argc, char\*\* argv) |
|  | { |
|  | int c, res; |
|  | struct termios oldtio,newtio; |
|  | // if ( (argc < 2) || |
|  | // ((strcmp("/dev/ttyS10", argv[1])!=0) && |
|  | // (strcmp("/dev/ttyS11", argv[1])!=0) )) { |
|  | // printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial /dev/ttyS1\n"); |
|  | // exit(1); |
|  | // } |
|  |  |
|  | (void) signal(SIGALRM, atende); // instala rotina que atende interrupcao |
|  |  |
|  | printf(" -->SEnder<--\n"); |
|  |  |
|  | link\_phase = OPENING\_CONNECTION; |
|  | fd = llopen(SENDER); |
|  | if(fd == -1){ |
|  | perror("[ERROR] Could not establish connection\n"); |
|  | exit(-1); |
|  | } //else -> Connection online |
|  |  |
|  | printf("[CONNECTION ONLINE]\n"); |
|  |  |
|  |  |
|  | /\* +++++++DATA SEnding+++++++++++++++ \*/ |
|  | FileInfo fileInfo; |
|  | struct stat meta\_data; |
|  | int file\_fd; |
|  |  |
|  | //open file |
|  | file\_fd = open(FILENAME, O\_RDONLY); |
|  | if(file\_fd == -1){ |
|  | perror("[ERROR] Error opening file, aborting\n"); |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  | if(fstat(file\_fd, &meta\_data) == -1){ |
|  | perror("[ERROR] Error in fstat\n"); |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  | fileInfo.fileSize = meta\_data.st\_size; |
|  | fileInfo.open\_fd = file\_fd; |
|  | fileInfo.send\_fileName = FILENAME; |
|  |  |
|  | //start counting time |
|  | tic = clock(); |
|  | //construct and send opening control packet |
|  | link\_phase = SENDING\_DATA; |
|  | link\_control.N\_s = 1; |
|  | if(sendControlPacket(fd, START\_CONTROL, fileInfo) == -1){ |
|  | perror("[ERROR]\n Error sending start control packet\n"); |
|  | exit(1); |
|  | } |
|  |  |
|  | //send file |
|  | link\_phase = SENDING\_DATA; |
|  | link\_control.N\_s = 1; |
|  | link\_control.framesReceived = 0; |
|  | link\_control.framesSent = 0; |
|  | link\_control.RJreceived =0; |
|  | link\_control.RJsent = 0; |
|  | link\_control.RRreceived =0; |
|  | link\_control.RRsent = 0; |
|  | if(sendFile(fileInfo) == -1){ |
|  | printf("[ERROR]\n Error in llwrite\n"); |
|  | exit(2); |
|  | } |
|  | //construct and send closing control packet |
|  | if(sendControlPacket(fd, END\_CONTROL, fileInfo) == -1){ |
|  | perror("[ERROR]\n Error sending ending control packet\n"); |
|  | exit(-1); |
|  | } |
|  | //stop counting time |
|  | toc = clock(); |
|  | /\* +++++++++++++++++++++++++++++++++++ \*/ |
|  |  |
|  |  |
|  | llclose(fd, SENDER); |
|  | printf("[CONNECTION CLOSED]\n"); |
|  |  |
|  | printStats(); |
|  |  |
|  | return 0; |
|  | } |
|  |  |
|  | int sendControlPacket(int fd, int control\_type, FileInfo fileInfo){ |
|  | unsigned int index = 0; |
|  |  |
|  | unsigned int file\_size\_length = sizeof(fileInfo.fileSize); |
|  | //[C, T1, L1, ..., T2, L2, ...] = 5 (COntrol Size) |
|  | unsigned char packet[CONTROL\_SIZE + file\_size\_length + strlen(fileInfo.send\_fileName)]; |
|  |  |
|  | packet[index++] = control\_type; |
|  |  |
|  | //insert file size T1, L1 and value |
|  | packet[index++] = FILE\_SIZE\_FIELD; |
|  | packet[index++] = file\_size\_length; |
|  | unsigned char byteArray[file\_size\_length]; |
|  | //transformar int em array de chars |
|  | for (int i = 0; i < file\_size\_length; i++){ |
|  | byteArray[i] = (fileInfo.fileSize >> 8\*(file\_size\_length - 1 - i)); //masking |
|  | } |
|  | //colocar os chars no packet |
|  | for (int i = 0; i < file\_size\_length; i++){ |
|  | packet[index++] = byteArray[i]; |
|  | } |
|  |  |
|  | //insert file name |
|  | packet[index++] = FILE\_NAME\_FIELD; |
|  | packet[index++] = strlen(fileInfo.send\_fileName); |
|  | for (int i = 0; i < strlen(fileInfo.send\_fileName); i++){ |
|  | packet[index++] = fileInfo.send\_fileName[i]; |
|  | } |
|  | int res = llwrite(fd, packet, index); |
|  | if (res == -1){ |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | return 0; |
|  | } |
|  |  |
|  | int sendFile(FileInfo fileInfo){ |
|  | unsigned char buffer[MAX\_CHUNK\_SIZE]; |
|  | unsigned int chunks\_sent = 0; |
|  | unsigned int chunks\_to\_send = fileInfo.fileSize / MAX\_CHUNK\_SIZE + (fileInfo.fileSize % MAX\_CHUNK\_SIZE != 0); //se na divisão pelo tamanho máximo sobrarem bytes é necessário adicionar mais um chunk com menos bytes do que o tamanho máximo |
|  |  |
|  | unsigned int byte\_read = 0; |
|  | unsigned int bytes\_written = 0; |
|  | unsigned int total = 0; |
|  |  |
|  | printf("[INFO]\n Sending file %s with %d bytes in %d splited parts\n", FILENAME, fileInfo.fileSize, chunks\_to\_send); |
|  |  |
|  | while(chunks\_sent < chunks\_to\_send){ |
|  | byte\_read = read(fileInfo.open\_fd, &buffer, MAX\_CHUNK\_SIZE); |
|  | unsigned char packet[DATA\_PACKET\_SIZE + byte\_read]; |
|  |  |
|  | //construct packet |
|  | // [C, N, L2, L1, P1, ..., Pk] |
|  | packet[0] = DATA\_FIELD; |
|  | packet[1] = chunks\_sent % 255; |
|  | packet[2] = byte\_read / 256; |
|  | packet[3] = byte\_read % 256; //última posição é 256 \* L2 + L1 |
|  | memcpy(&packet[4], &buffer, byte\_read); //coloca o conteudo do buffer nas posições seguintes do packet |
|  |  |
|  | bytes\_written = llwrite(fd, packet,byte\_read + DATA\_PACKET\_SIZE); |
|  | if(bytes\_written == -1)return -1; |
|  | total += bytes\_written; |
|  | chunks\_sent++; |
|  | } |
|  | printf("[INFO]\n Sent %d data bytes in %d chunks\n", total - DATA\_PACKET\_SIZE \* chunks\_sent,chunks\_sent); |
|  | } |
|  |  |
|  | void printStats(){ |
|  | printf("\n \*\*\*Statistics\*\*\*\n"); |
|  | printf("Total transfer time: %f seconds\n", (double)(toc - tic) \* TIME\_CORRECTION / CLOCKS\_PER\_SEC); |
|  | printf("Number os frames sent: %d\n", link\_control.framesSent); |
|  | printf("Number of RR frames received: %d\n", link\_control.RRreceived); |
|  | printf("Number of REJ frames received: %d\n", link\_control.RJreceived); |
|  | printf(" \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\n"); |
|  | } |

**receive.c**

|  |
| --- |
| #include "constants.h" |
|  | #include "link\_layer.h" |
|  |  |
|  | #include <sys/types.h> |
|  | #include <sys/stat.h> |
|  | #include <fcntl.h> |
|  | #include <signal.h> |
|  | #include <termios.h> |
|  | #include <stdio.h> |
|  | #include <string.h> |
|  | #include <stdlib.h> |
|  | #include <unistd.h> |
|  | #include <strings.h> |
|  | #include <time.h> |
|  |  |
|  |  |
|  | extern enum phase link\_phase; |
|  | FileInfo fileInfo; |
|  | clock\_t tic, toc; |
|  |  |
|  | int readControlPacket(); |
|  | int receiveFile(FileInfo fileInfo); |
|  | void processData(unsigned char\* packet, FileInfo fileInfo); |
|  |  |
|  | int main(int argc, char\*\* argv) |
|  | { |
|  | int fd,c, res; |
|  | struct termios oldtio,newtio; |
|  | bzero(&fileInfo, sizeof(fileInfo)); |
|  |  |
|  | unsigned char packet[MAX\_FRAME\_SIZE + DATA\_PACKET\_SIZE]; |
|  | // if ( (argc < 2) || |
|  | // ((strcmp("/dev/ttyS10", argv[1])!=0) && |
|  | // (strcmp("/dev/ttyS11", argv[1])!=0) )) { |
|  | // printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial /dev/ttyS1\n"); |
|  | // exit(1); |
|  | // } |
|  |  |
|  | printf(" -->RECEIVER<--\n"); |
|  | link\_phase = OPENING\_CONNECTION; |
|  | fd = llopen(RECEIVER); |
|  | if(fd == -1){ |
|  | perror("[ERROR] Could not establish connection\n"); |
|  | exit(-1); |
|  | } //else -> Connection online |
|  |  |
|  | printf("[CONNECTION ONLINE]\n"); |
|  |  |
|  |  |
|  | /\* +++++++DATA Receiving+++++++++++++++ \*/ |
|  |  |
|  | //receive start control packet |
|  | link\_phase = OPENING\_CONNECTION; |
|  | link\_control.N\_s = 0; |
|  | if(readControlPacket() == -1){ |
|  | perror("[ERROR]\n Error reading start control packet\n"); |
|  | exit(1); |
|  | } |
|  | printf("[INFO]\n Ready to receive data\n"); |
|  | //receive data packets |
|  | link\_phase = SENDING\_DATA; |
|  | link\_control.RJreceived =0; |
|  | link\_control.RJsent = 0; |
|  | link\_control.RRreceived =0; |
|  | link\_control.RRsent = 0; |
|  | link\_control.framesReceived =0; |
|  | tic = clock(); |
|  | if(receiveFile(fileInfo) == -1){ |
|  | printf("[ERROR]\n Error in llread\n"); |
|  | exit(2); |
|  | } |
|  | /\* +++++++++++++++++++++++++++++++++++ \*/ |
|  | toc = clock(); |
|  | llclose(fd, RECEIVER); |
|  | printf("[CONNECTION CLOSED]\n"); |
|  |  |
|  | printStats(); |
|  |  |
|  | return 0; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int readControlPacket(){ |
|  | unsigned char packet[MAX\_FRAME\_SIZE]; |
|  | int res = llread(fd, packet); |
|  | if(res == -1){ |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  | int index = 1; //after flag |
|  | int file\_size = 0; |
|  |  |
|  | if( packet[index] != FILE\_SIZE\_FIELD){ |
|  | return -1; |
|  | } |
|  | else{ |
|  | index++; |
|  | int file\_size\_length = packet[index++]; |
|  | //transforming chars byte into an int again |
|  | for(int i = 0; i < file\_size\_length; i++){ |
|  | file\_size += packet[index++] << 8 \* (file\_size\_length - 1 - i); |
|  | } |
|  | } |
|  | if( packet[index] != FILE\_NAME\_FIELD) return -1; |
|  | else{ |
|  | index++; |
|  | int name\_length = packet[index++]; |
|  | char file\_name[name\_length + 1]; |
|  | for(int i = 0; i < name\_length; i++){ |
|  | file\_name[i] = packet[index++]; |
|  | } |
|  | file\_name[name\_length] = '\0'; |
|  | //testing |
|  | file\_name[0] = '1'; |
|  | // |
|  | fileInfo.receive\_fileName = file\_name; |
|  | remove(fileInfo.receive\_fileName); |
|  | fileInfo.close\_fd = open(fileInfo.receive\_fileName, O\_RDWR | O\_CREAT , 777); |
|  | printf("[INFO]\n Prepared to receive file: %s with size: %d\n", file\_name, file\_size); |
|  | } |
|  | return 0; |
|  | } |
|  |  |
|  | int receiveFile(FileInfo fileInfo){ |
|  | unsigned char max\_buf[MAX\_CHUNK\_SIZE + DATA\_PACKET\_SIZE]; |
|  |  |
|  | unsigned int bytes\_read = 0; |
|  | unsigned int received = 0; |
|  | int aux = 0; |
|  | while(! received){ |
|  | if((aux = llread(fd, max\_buf)) != 0){ |
|  |  |
|  | printf("[INFO]\n Received packet #%d\n", link\_control.framesReceived); |
|  |  |
|  | bytes\_read += aux; |
|  | if(max\_buf[0] == DATA\_FIELD) { |
|  | processData(max\_buf, fileInfo); |
|  | } |
|  | else if(max\_buf[0] == END\_CONTROL){ |
|  | received = 1; |
|  | } |
|  | } |
|  | } |
|  | close(fileInfo.close\_fd); |
|  | return 0; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | void processData(unsigned char\* packet, FileInfo fileInfo){ |
|  |  |
|  | int dataSize = 256 \* packet[2] + packet[3]; |
|  |  |
|  | int res = write(fileInfo.close\_fd, &packet[4], dataSize); |
|  | } |
|  |  |
|  | void printStats(){ |
|  | printf("\n \*\*\*Statistics\*\*\*\n"); |
|  | printf("Total transfer time: %f seconds\n", (double)(toc - tic) \* TIME\_CORRECTION / CLOCKS\_PER\_SEC); |
|  | printf("Number of frames received: %d\n", link\_control.framesReceived); |
|  | printf("Number of RR frames sent: %d\n", link\_control.RRsent); |
|  | printf("Number of REJ frames sent: %d\n", link\_control.RJsent); |
|  | printf(" \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\n"); |
|  |  |

**Link\_layer.h**

|  |
| --- |
| #pragma once |
|  |  |
|  | #include "constants.h" |
|  |  |
|  | #define SENDER 1 |
|  | #define RECEIVER 2 |
|  |  |
|  | enum state { |
|  | START, |
|  | READ\_FLAG, |
|  | READ\_CONTROL, |
|  | READ\_BCC, |
|  | BCC\_OK, |
|  | DATA, |
|  | STOP |
|  | }; |
|  |  |
|  | typedef struct { |
|  | unsigned int N\_s; |
|  | unsigned int framesSent; |
|  | unsigned int framesReceived; |
|  | unsigned int RRsent; |
|  | unsigned int RJsent; |
|  | unsigned int RRreceived; |
|  | unsigned int RJreceived; |
|  | }Link\_control; |
|  |  |
|  | extern Link\_control link\_control; |
|  |  |
|  | int llopen(int type); |
|  |  |
|  | int llclose(int fd, int type); |
|  |  |
|  | int readMessage(int fd, unsigned char commandExpected[]); |
|  |  |
|  | int startConnection(int type); |
|  |  |
|  | int closeConnection(int fd); |
|  |  |
|  | int llwrite(int fd, unsigned char packet[], int index); |
|  |  |
|  | int sendControl(); |
|  |  |
|  | unsigned char COM\_currentMachine(enum state\* current, unsigned char buf); |
|  | void data\_currentMachine(enum state\* current, unsigned char buf); |
|  |  |
|  | int llread(int fd, unsigned char\* packet); |
|  |  |
|  | int readFrame(int fd, unsigned char\* frame); |
|  |  |
|  | int destuffFrame(unsigned char\* frame, int frame\_length, unsigned char\* final\_frame); |
|  |  |
|  | int readResponse(int fd); |
|  |  |
|  | int confirmIntegrity(unsigned char\* final\_frame, int final\_frame\_length); |

**Link\_layer.c**

|  |
| --- |
| #include "link\_layer.h" |
|  | #include "constants.h" |
|  | #include "alarm.h" |
|  |  |
|  | #include <stdio.h> |
|  | #include <termios.h> |
|  | #include <sys/types.h> |
|  | #include <sys/stat.h> |
|  | #include <fcntl.h> |
|  | #include <termios.h> |
|  | #include <stdio.h> |
|  | #include <stdlib.h> |
|  | #include <string.h> |
|  | #include <unistd.h> |
|  | #include <signal.h> |
|  | #include <strings.h> |
|  | #include <time.h> |
|  |  |
|  | unsigned char SET[5] = { FLAG, CONTROL, CONTROL\_SET, BCC(CONTROL, CONTROL\_SET), FLAG}; |
|  | unsigned char UA[5] = {FLAG, CONTROL, CONTROL\_UA, BCC(CONTROL, CONTROL\_UA), FLAG}; |
|  | unsigned char DISC[5] = {FLAG, CONTROL, CONTROL\_DISC, BCC(CONTROL, CONTROL\_DISC), FLAG}; |
|  | unsigned char RR1[5] = {FLAG, CONTROL, C\_R1, BCC(CONTROL, C\_R1), FLAG}; |
|  | unsigned char RR0[5] = {FLAG, CONTROL, C\_R0, BCC(CONTROL, C\_R0), FLAG}; |
|  | unsigned char REJ0[5] = {FLAG, CONTROL, C\_REJ1, BCC(CONTROL, C\_REJ1), FLAG}; |
|  | unsigned char REJ1[5] = {FLAG, CONTROL, C\_REJ0, BCC(CONTROL, C\_REJ0), FLAG}; |
|  |  |
|  | struct termios newtio, oldtio; |
|  | enum state current; |
|  | Link\_control link\_control; |
|  | extern int fd; |
|  |  |
|  |  |
|  | int llopen(int type){ |
|  |  |
|  | fd = startConnection(type); |
|  | link\_control.N\_s = 0; |
|  | int res; |
|  | //sender |
|  | if(type == SENDER){ |
|  | //send SET |
|  | printf("[STARTING CONNECTION]\n"); |
|  | printf("[SENDING SET]\n"); |
|  | res = sendControl(); |
|  | //receive UA |
|  | setAlarm(TIMEOUT); // activa alarme |
|  | readMessage(fd, UA); |
|  | cancelAlarm(); |
|  | } |
|  |  |
|  | //receiver |
|  | else{ |
|  | //receive SET |
|  | readMessage(fd, SET); |
|  | printf("[SET RECEIVED]\n"); |
|  |  |
|  | res = write(fd, UA, sizeof(UA)); |
|  |  |
|  | printf("[UA SENDED]\n"); |
|  | } |
|  |  |
|  | //OK |
|  | return fd; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int llclose(int fd, int type){ |
|  |  |
|  | //sender |
|  | if(type == SENDER){ |
|  | //send DISC |
|  | printf("[CLOSING CONNECTION]\n[INFO]\n Sending DISC\n"); |
|  | write(fd, DISC, sizeof(DISC)); |
|  | //receive UA |
|  | setAlarm(TIMEOUT); // activa alarme de 3s |
|  | readMessage(fd, UA); |
|  | cancelAlarm(); |
|  | printf("[INFO]\n UA received\n"); |
|  | } |
|  | //receiver |
|  | else{ |
|  | //receive DISC |
|  | setAlarm(TIMEOUT); // activa alarme de 3s |
|  | readMessage(fd, DISC); |
|  | cancelAlarm(); |
|  | printf("[INFO]\n DISC received\n"); |
|  | //send UA |
|  | printf("[INFO]\n Sending UA\n"); |
|  | write(fd, UA, sizeof(UA)); |
|  | } |
|  |  |
|  | if(! closeConnection(fd)) return FALSE; |
|  |  |
|  | return TRUE; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int startConnection(int type){ |
|  |  |
|  | /\* |
|  | \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* |
|  | Open serial port device for reading and writing and not as controlling tty |
|  | because we don't want to get killed if linenoise sends CTRL-C. |
|  | \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* |
|  | \*/ |
|  | int fd; |
|  | if(type == SENDER) fd = open(SENDER\_PORT, O\_RDWR | O\_NOCTTY ); |
|  | else fd = open(RECEIVER\_PORT, O\_RDWR | O\_NOCTTY ); |
|  |  |
|  | if (fd <0) {perror(SENDER\_PORT); return -1; } |
|  |  |
|  | if ( tcgetattr(fd,&oldtio) == -1) { /\* save current port settings \*/ |
|  | perror("tcgetattr"); |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  | bzero(&newtio, sizeof(newtio)); |
|  | newtio.c\_cflag = BAUDRATE | CS8 | CLOCAL | CREAD; |
|  | newtio.c\_iflag = IGNPAR; |
|  | newtio.c\_oflag = 0; |
|  |  |
|  | /\* set input mode (non-canonical, no echo,...) \*/ |
|  | newtio.c\_lflag = 0; |
|  |  |
|  | newtio.c\_cc[VTIME] = 0; /\* inter-character timer unused \*/ |
|  | newtio.c\_cc[VMIN] = 1; /\* blocking read until 5 chars received \*/ |
|  |  |
|  | /\* |
|  | VTIME e VMIN devem ser alterados de forma a proteger com um temporizador a |
|  | leitura do(s) pr�ximo(s) caracter(es) |
|  | \*/ |
|  | tcflush(fd, TCIOFLUSH); |
|  |  |
|  | if ( tcsetattr(fd,TCSANOW,&newtio) == -1) { |
|  | perror("tcsetattr"); |
|  | return -1; |
|  | } |
|  | printf("New termios structure is set\n"); |
|  | /\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*/ |
|  | return fd; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int readMessage(int fd, unsigned char commandExpected[]){ |
|  | current = START; |
|  |  |
|  | unsigned char buf[1]; |
|  | int res; |
|  | while (current != STOP){ |
|  | res = read(fd, buf, 1); |
|  | COM\_currentMachine(&current, buf[0]); |
|  | } |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | unsigned char COM\_currentMachine(enum state\* current, unsigned char buf){ |
|  | unsigned char control\_byte; |
|  |  |
|  | switch (\*current){ |
|  | case START: |
|  | if (buf==FLAG) \*current = READ\_FLAG; |
|  | else \*current=START; |
|  | break; |
|  |  |
|  | case READ\_FLAG: |
|  | if(buf == CONTROL) \*current = READ\_CONTROL; |
|  | else if(buf==FLAG) |
|  | \*current = READ\_FLAG; |
|  | else |
|  | \*current= START; |
|  | break; |
|  |  |
|  | case READ\_CONTROL: |
|  | if((buf == CONTROL\_SET) || (buf == CONTROL\_UA) || (buf = CONTROL\_DISC) || (buf == C0) || (buf == C1)){ |
|  | control\_byte = buf; |
|  | \*current=READ\_BCC; |
|  | } |
|  | else if(buf==FLAG){ |
|  | \*current=READ\_FLAG; |
|  | } |
|  | else |
|  | \*current=START; |
|  | break; |
|  |  |
|  | case READ\_BCC: |
|  | if(buf == BCC(CONTROL, control\_byte)) \*current=BCC\_OK; |
|  | else if (buf==FLAG) \*current=READ\_FLAG; |
|  | else |
|  | \*current=START; |
|  | break; |
|  |  |
|  | case BCC\_OK: |
|  | if(buf==FLAG){ |
|  | \*current = STOP; |
|  | } |
|  | else \*current = FLAG; |
|  | break; |
|  |  |
|  | } |
|  | return control\_byte; |
|  | } |
|  |  |
|  | void data\_currentMachine(enum state\* current, unsigned char buf) { |
|  | unsigned char control\_byte; |
|  |  |
|  | switch(\*current) { |
|  | case START: |
|  | if(buf == FLAG){ |
|  | \*current = READ\_FLAG; |
|  | } |
|  | else \*current=START; |
|  | break; |
|  | case READ\_FLAG: |
|  | if(buf == CONTROL) \*current = READ\_CONTROL; |
|  | else if(buf==FLAG) |
|  | \*current = READ\_FLAG; |
|  | else |
|  | \*current= START; |
|  | break; |
|  | case READ\_CONTROL: |
|  | if((buf == C0) || (buf == C1)){ |
|  | control\_byte = buf; |
|  | \*current=READ\_BCC; |
|  | } |
|  | else if(buf==FLAG) |
|  |  |
|  | \*current=READ\_FLAG; |
|  | else |
|  | \*current=START; |
|  | break; |
|  | case READ\_BCC: |
|  | if(buf == BCC(CONTROL, control\_byte)) \*current=BCC\_OK; |
|  | else if (buf==FLAG) \*current=READ\_FLAG; |
|  | else |
|  | \*current=START; |
|  | break; |
|  | case BCC\_OK: |
|  | if(buf!=FLAG){ |
|  | \*current = DATA; |
|  | return; |
|  | } |
|  | else \*current=START; |
|  |  |
|  | break; |
|  |  |
|  | case DATA: |
|  | if(buf==FLAG){ |
|  | \*current = STOP; |
|  | return; |
|  | } |
|  | break; |
|  |  |
|  | case STOP: |
|  | break; |
|  | default: |
|  | break; |
|  | } |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int closeConnection(int fd){ |
|  |  |
|  | //Voltar a colocar a estrutura termios no estado inicial |
|  | sleep(2); |
|  | if ( tcsetattr(fd,TCSANOW,&oldtio) == -1) { |
|  | perror("tcsetattr"); |
|  | return FALSE; |
|  | } |
|  | close(fd); |
|  | return TRUE; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int llwrite(int fd, unsigned char packet[], int packet\_size){ |
|  | if(link\_control.N\_s == 0) link\_control.N\_s = 1; |
|  | else link\_control.N\_s = 0; |
|  |  |
|  | unsigned int continueFlag = TRUE; |
|  | int res; |
|  | unsigned int framePosition;; |
|  | unsigned int tries = 0; |
|  | unsigned char frame[2 \* packet\_size + 6]; // 6 = F+A+C+BCC1+BCC2+F || 2\*packet para assegurar que existe espaço suficiente para byte stuffing |
|  |  |
|  | do{ |
|  | if(tries >= MAX\_TRIES){ |
|  | printf("[ERROR]\n Max tries reached, aborting\n"); |
|  | return -1; |
|  | } |
|  | framePosition = 4; |
|  | //compose frame |
|  | //frame: [F, A, C, BCC1, [packet], BCC2, F] |
|  | //frame header |
|  | frame[0] = FLAG; |
|  | frame[1] = CONTROL; |
|  | if(link\_control.N\_s == 0) frame[2] = C0; |
|  | else frame[2] = C1; |
|  | frame[3] = BCC(CONTROL, frame[2]); |
|  |  |
|  | //process data |
|  |  |
|  | unsigned int packetPosition = 0; |
|  | unsigned char current\_packet\_char; |
|  |  |
|  | while(packetPosition < packet\_size){ |
|  | current\_packet\_char = packet[packetPosition++]; |
|  |  |
|  | if(current\_packet\_char == FLAG || current\_packet\_char == ESC){ |
|  | frame[framePosition++] = ESC; |
|  | frame[framePosition++] = current\_packet\_char ^ BYTE\_STUFF; |
|  | } |
|  | else frame[framePosition++] = current\_packet\_char; |
|  |  |
|  | } |
|  | unsigned char bcc2 = 0; |
|  | for (int i = 0; i < packet\_size; i++){//packing packet in frame |
|  | bcc2 ^= packet[i]; |
|  | } |
|  | //frame footer |
|  | if(bcc2 == FLAG || bcc2 == ESC){ |
|  | frame[framePosition++] = ESC; |
|  | frame[framePosition++] = bcc2 ^ BYTE\_STUFF; |
|  | } |
|  | else frame[framePosition++] = bcc2; |
|  | frame[framePosition++] = FLAG; |
|  |  |
|  | setAlarm(TIMEOUT); |
|  | res = write(fd, frame, framePosition); |
|  | if(readResponse(fd) == -1){ //Received REJ, have to resend frame |
|  | cancelAlarm(); |
|  | bzero(&frame, framePosition); |
|  | printf("[ALERT]\n Re-sending frame number %d with size %d\n", link\_control.framesSent, framePosition); |
|  | tries++; |
|  | continue; |
|  | } |
|  | else { |
|  | cancelAlarm(); |
|  | continueFlag = FALSE; |
|  | } |
|  | }while( continueFlag); |
|  | link\_control.framesSent++; |
|  | printf("[INFO]\n Sent frame number %d with size %d\n", link\_control.framesSent, framePosition); |
|  |  |
|  | return res; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int sendControl(){ |
|  | int res = write(fd, SET, sizeof(SET)); |
|  | return res; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int llread(int fd, unsigned char\* packet){ |
|  | unsigned char frame[MAX\_FRAME\_SIZE]; |
|  | unsigned char control\_field = 0x00; |
|  | int done = FALSE; |
|  | int frame\_length = 0; |
|  | int packet\_length = 0; |
|  |  |
|  | while(! done){ |
|  | frame\_length = readFrame(fd, frame); |
|  | if(frame\_length == -1){ |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  | // destuff frame |
|  | unsigned char final\_frame[frame\_length]; |
|  | int final\_frame\_length = destuffFrame(frame, frame\_length, final\_frame); |
|  |  |
|  | control\_field = frame[2]; |
|  | // //confirm data Integrity |
|  | if(! confirmIntegrity(final\_frame, final\_frame\_length)){ |
|  | printf("[ERROR]\n Packet with error, asking re-emission\n"); |
|  | if(control\_field == C0){ |
|  | write(fd, REJ1, sizeof(REJ1)); |
|  | link\_control.RJsent++; |
|  | printf("[INFO]\n REJ1 sent\n"); |
|  | } |
|  | else if(control\_field == C1){ |
|  | write(fd, REJ0, sizeof(REJ0)); |
|  | link\_control.RJsent++; |
|  | printf("[INFO]\n REJ0 sent\n"); |
|  | } |
|  | return 0; |
|  | } |
|  | else{ |
|  | // //Get the packet from within the frame |
|  |  |
|  | for (int i = 4; i < final\_frame\_length - 2; i++) { |
|  | packet[packet\_length] = final\_frame[i]; |
|  | packet\_length++; |
|  | } |
|  |  |
|  | //simulate propagation time |
|  | nanosleep((const struct timespec[]){{0, T\_PROP}}, NULL); |
|  |  |
|  | // //send proper response() |
|  | if(control\_field == C1){ |
|  | write(fd, RR0, sizeof(RR0)); |
|  | link\_control.RRsent++; |
|  | link\_control.framesReceived++; |
|  | printf("[INFO]\n RR0 sent\n"); |
|  | done == TRUE; |
|  | break; |
|  | } |
|  | else{ |
|  | write(fd, RR1, sizeof(RR1)); |
|  | link\_control.RRsent++; |
|  | link\_control.framesReceived++; |
|  | printf("[INFO]\n RR1 sent\n"); |
|  | done == TRUE; |
|  | break; |
|  | } |
|  | } |
|  | } |
|  | return packet\_length; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int readFrame(int fd, unsigned char\* frame){ |
|  | enum state current = START; |
|  | unsigned char byte\_read = 0x00; |
|  | int position = 0; |
|  | unsigned char state\_return; |
|  | while (current != STOP){ |
|  | read(fd, &byte\_read, 1); |
|  | data\_currentMachine(&current, byte\_read); |
|  | if(current == READ\_FLAG && position != 0) position = 0; |
|  | frame[position++] = byte\_read; |
|  | } |
|  | return position; |
|  | } |
|  |  |
|  |  |
|  | int destuffFrame(unsigned char\* frame, int frame\_length, unsigned char\* final\_frame){ |
|  |  |
|  | final\_frame[0] = frame[0]; |
|  | final\_frame[1] = frame[1]; |
|  | final\_frame[2] = frame[2]; |
|  | final\_frame[3] = frame[3]; // FLAG, A, C, BCC1 |
|  |  |
|  | int j = 4, i = 4; |
|  |  |
|  | while(i < frame\_length - 1){ |
|  | if(frame[i] != ESC){ |
|  | final\_frame[j++] = frame[i]; |
|  | } |
|  | else{ |
|  | i++; |
|  | if(frame[i] == (FLAG ^ BYTE\_STUFF)) final\_frame[j++] = FLAG; |
|  | else if (frame[i] == (ESC ^ BYTE\_STUFF)) final\_frame[j++] = ESC; |
|  | } |
|  | i++; |
|  | } |
|  |  |
|  | final\_frame[j++] = frame[i++]; |
|  |  |
|  | return j; |
|  | } |
|  |  |
|  | int readResponse(int fd){ |
|  | unsigned char byte\_read, control\_field; |
|  | current = START; |
|  |  |
|  | while(current != STOP){ |
|  | read(fd, &byte\_read, 1); |
|  | COM\_currentMachine(&current, byte\_read); |
|  | if(current == READ\_BCC){ |
|  | control\_field = byte\_read; |
|  | } |
|  | } |
|  | if(control\_field == C\_R0 && link\_control.N\_s == 1){ |
|  | link\_control.RRreceived++; |
|  | printf("[INFO]\n Received RR #%d\n", link\_control.RRreceived); |
|  | return 0; |
|  | } |
|  | else if(control\_field == C\_R1 && link\_control.N\_s == 0){ |
|  | link\_control.RRreceived++; |
|  | printf("[INFO]\n Received RR #%d\n", link\_control.RRreceived); |
|  | return 0; |
|  | } |
|  | else{ |
|  | link\_control.RJreceived++; |
|  | printf("[INFO]\n Received REJ #%d\n", link\_control.RJreceived); |
|  | return -1; |
|  | } |
|  |  |
|  | } |
|  |  |
|  | int confirmIntegrity(unsigned char\* final\_frame, int final\_frame\_length){ |
|  | unsigned char adress\_field = final\_frame[1]; |
|  | unsigned char control\_field = final\_frame[2]; |
|  | unsigned char BCC1 = final\_frame[3]; |
|  |  |
|  | if((BCC1 == BCC(adress\_field, control\_field)) && (control\_field == C0 || control\_field == C1)){ |
|  | //calculate expected bcc2 ( data packet is between 4 and size - 2 of frame) |
|  | unsigned char expected\_bcc2 = 0; |
|  | for( int i = 4; i < final\_frame\_length - 2; i++){ |
|  | expected\_bcc2 ^= final\_frame[i]; |
|  | } |
|  | unsigned char bcc2 = final\_frame[final\_frame\_length - 2]; |
|  |  |
|  | if(bcc2 != expected\_bcc2){ |
|  | printf("[ERROR]\n Error in bcc2\n"); |
|  | return FALSE; |
|  | } |
|  | } |
|  | else if ((control\_field != C1) || (control\_field != C0)){ |
|  | printf("[ERROR]\n Error in control field received\n"); |
|  | return FALSE; |
|  | } |
|  | return TRUE; |

**Alarm.h**

|  |
| --- |
| #pragma once |
|  |  |
|  | void setAlarm(int seconds); |
|  |  |
|  | void cancelAlarm(); |
|  |  |
|  | void atende(); |

**Alarm.c**

|  |
| --- |
| #include <sys/types.h> |
|  | #include <sys/stat.h> |
|  | #include <stdio.h> |
|  | #include <stdlib.h> |
|  | #include <string.h> |
|  | #include <unistd.h> |
|  | #include <signal.h> |
|  | #include <strings.h> |
|  |  |
|  |  |
|  | #include "alarm.h" |
|  | #include "constants.h" |
|  | #include "link\_layer.h" |
|  |  |
|  | int conta = 1; |
|  |  |
|  | enum phase link\_phase; |
|  |  |
|  | void setAlarm(int seconds){ |
|  | alarm(seconds); |
|  | } |
|  |  |
|  | void cancelAlarm(){ |
|  | alarm(0); |
|  | conta = 1; |
|  | } |
|  |  |
|  | void atende() // atende alarme |
|  | { |
|  | if(conta <= MAX\_TRIES){ |
|  | switch(link\_phase){ |
|  | case OPENING\_CONNECTION: |
|  | printf("[TIMEOUT]\n #%d: Return message not received\n", conta); |
|  | sendControl(); |
|  | conta++; |
|  | break; |
|  | case SENDING\_DATA: |
|  | printf("[TIMEOUT]\n #%d: No response packet\n", conta); |
|  | conta++; |
|  | break; |
|  | case CLOSING\_CONNECTION: |
|  | printf("[TIMEOUT]\n #d: No DISC received\n"); |
|  | conta++; |
|  | default: |
|  | break; |
|  | } |
|  | } |
|  | else{ |
|  | printf("[EXITING]\n Reached max timeout tries, aborting\n"); |
|  | exit(5); |
|  | } |
|  | setAlarm(TIMEOUT); |
|  | } |

# Anexo II – cálculos da eficiência da ligação

|  |  |
| --- | --- |
| **Valores de referência** |  |
| Total de bytes do ficheiro | 10968 |
| Total de bits do ficheiro | 87744 |
| C (baudrate) | 38400 |
| Tamanho de pacote | 200 |
| Tprop simulado | 0 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Probabilidade de erro (bcc1 + bcc2)** | **Tempo (s)** | **R (bits/s)** | **S (R/C)** |
| 0 + 0 |  |  |  |
| 2 + 2 |  |  |  |
| 4 + 4 |  |  |  |
| 6 + 6 |  |  |  |
| 8 + 8 |  |  |  |
| 10 + 10 |  |  |  |

Tabela 1: Valores da eficiência da ligação para diferentes quantidades de erro nos bcc

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tamanho de pacote** | **Tempo (s)** | **R (bits/s)** | **S (R/C)** |
| 20 |  |  |  |
| 40 |  |  |  |
| 60 |  |  |  |
| 80 |  |  |  |
| 100 |  |  |  |
| 140 |  |  |  |
| 160 |  |  |  |
| 180 |  |  |  |
| 200 |  |  |  |

Tabela 2: eficiência da ligação para diferentes tamanhos do pacote

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **C (baudrate)** | **Tempo (s)** | **R (bits/s)** | **S (R/C)** |
| 600 |  |  |  |
| 1200 |  |  |  |
| 1800 |  |  |  |
| 2400 |  |  |  |
| 4800 |  |  |  |
| 9600 |  |  |  |
| 19200 |  |  |  |
| 38400 |  |  |  |

Tabela 3: eficiência da ligação para diferentes capacidades

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tempo de propagação (ns)** | **Tempo (s)** | **R (bits/s)** | **S (R/C)** |
| 5\*102 |  |  |  |
| 5\*103 |  |  |  |
| 5\*104 |  |  |  |
| 5\*105 |  |  |  |
| 5\*106 |  |  |  |
| 5\*107 |  |  |  |

Tabela 4: eficiência da ligação para diferentes tempos de propagação