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

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. 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 f
alha*/
  char frame[MAX_SIZE*2+7];          /*Trama*/
  int frameSize;
};
```

2.2. 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, do lado de leitura é responsável por receber os pacotes da camada de protocolo e escreve-los para um ficheiro.

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, devendo a ordem destes ser respeitada.

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 **número de série** da mensagem (varia entre 0 e 1 quando a mensagem recebida conter a informação correta).

No caso em que **BCC da informação** (BCC2) 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. No caso em que o **BCC do cabeçalho** (BCC1) falha, a trama é ignorada esperando que o emissor reenvie a mensagem.

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, estando os ficheiros idênticos.

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 aleatórios) 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.

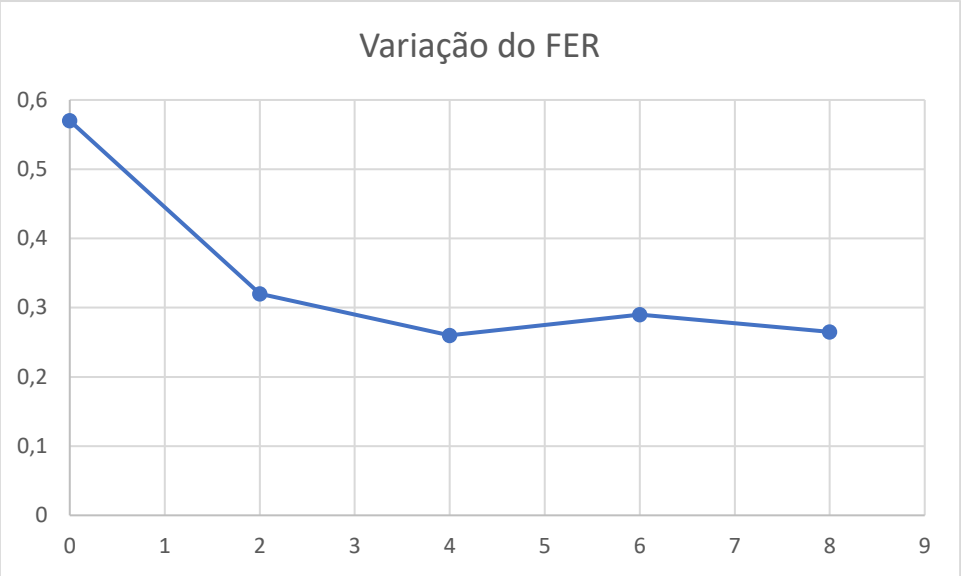
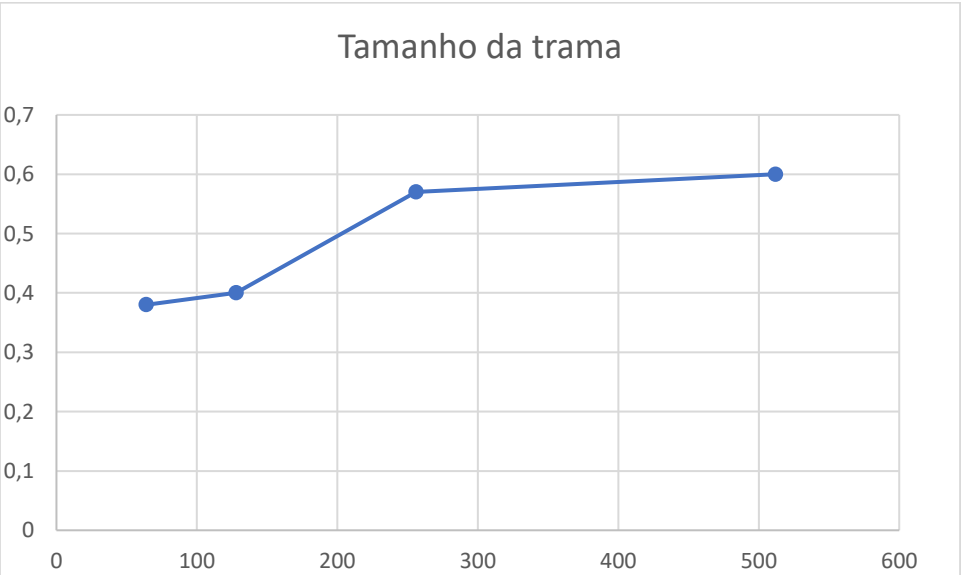


Gráfico obtido usando um ficheiro de tamanho 10968 bytes, baudrate 38400 e chunk size de 250. O eixo x corresponde à taxa de erros causados no BCC1 (erros no BCC do cabeçalho) e BCC2 (erros no BCC de informação) e o y ao FER.

7.2. Variação do tamanho das tramas

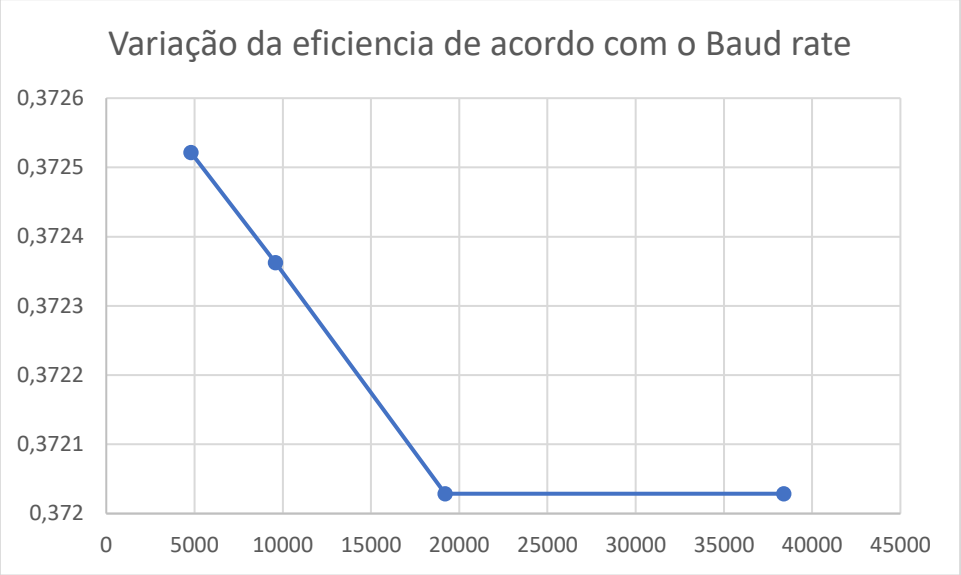
Como se pode verificar pelo gráfico a baixo, ao aumentar o tamanho da trama, a eficiência do programa aumenta, até atingir um valor em que, para se notar melhoramentos significativos, seria necessário alterar outros valores.



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

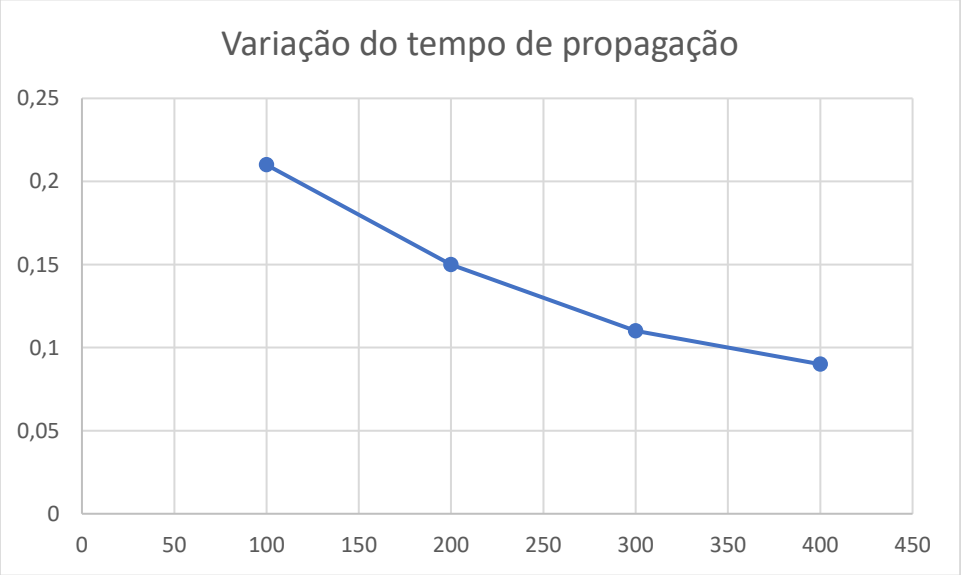
Como se pode verificar pelo gráfico a baixo, o baud rate tem uma influência insignificativa na eficiência do programa, apesar de o tempo ser inversamente proporcional ao baud rate.



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

7.4. Variação do tempo de propagação

Como se pode ver pelo seguinte gráfico, quanto maior o tempo de propagação, menor a eficiência do programa.



No eixo y encontra-se a eficiência do programa e no eixo x encontram-se os tempos de propagação simulados com auxilio da função **usleep(),** usando pacotes de tamanho 250 com um ficheiro de tamanho 10968 bytes.

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.

Anexo I

Application.h

```
#pragma once

#define TRANSMITTER 0
#define RECEIVER 1
#define DATA_C 0x01
#define CONTROL_START 0x02
#define CONTROL_END 0x03
#define FILESIZE 0
#define FILENAME 1
#define READ_C 0
#define READ_NEXT_START 1
#define READ_NEXT_END 2
#define READ_DATA 3

struct applicationLayer
{
    int fileDescriptor; /*Descritor correspondente à porta série*/
    int status;         /*TRANSMITTER | RECEIVER*/
};

int llopen(char * port, int status);

int llwrite(int fd, unsigned char * buffer,int length);

int llread(int fd, unsigned char * buffer);

int buildDataPacket(char *buf, unsigned char *packet, int length);

int buildControlPacket(char *filename, long filesize, unsigned char *pack
, char controlField);

int decodeAppPacket(unsigned char *appPacket, int bytesRead);

int llclose(int fd);
```

Application.c

```c
#include "writenoncanonical.h"
#include "noncanonical.h"
#include "application.h"
#include "common.h"

struct applicationLayer app;
int serialNumber = 0;
char *fileName; //saves the file name to compare at the end
long fileSize; //saves the file size to compare at the end
char *writeToFile;
int currentFileArrayIndex;
int finished = FALSE; //indicates if the 'end' packed has been received

int llopen(char *port, int status)
{
    int fd;

    if (status == TRANSMITTER)
    {
        fd = openWriter(port);
        setupWriterConnection(fd);
    }
    if (status == RECEIVER)
    {
        fd = openReader(port);
        setupReaderConnection(fd);
    }
    return fd;
}

int llwrite(int fd, unsigned char *buffer, int length)
{
    int bytesRead = sendInfo(buffer, length, fd);
    readRR(app.fileDescriptor);
    return bytesRead;
}

int llread(int fd, unsigned char *appPacket)
{
    int size = readInfo(app.fileDescriptor, appPacket);
    return size;
}

int buildDataPacket(char *buf, unsigned char *packet, int length)
{
```

```
    packet[0] = DATA_C;
    packet[1] = serialNumber % 255;
    packet[2] = length / 256;
    packet[3] = length % 256;
    int i = 0;
    for (; i < length; i++)
    {
        packet[4 + i] = buf[i];
    }
    serialNumber++;
    return 4 + i;
}

int buildControlPacket(char *filename, long filesize, unsigned char *pack
, char controlField)
{
    pack[0] = controlField;
    pack[1] = FILESIZE;
    pack[2] = sizeof(long);
    memcpy(pack + 3, &filesize, sizeof(long));
    pack[3 + sizeof(long)] = FILENAME;
    pack[4 + sizeof(long)] = strlen(filename);
    memcpy(pack + 5 + sizeof(long), filename, strlen(filename));
    int sizeWritten = 5 + sizeof(long) + strlen(filename);

    return sizeWritten;
}

int decodeAppPacket(unsigned char *appPacket, int bytesRead)
{
    int state = READ_C;
    static int nextPackSequenceNumber = 0;
    int bytesToSkip = 0;
    int filenameOK = FALSE;
    int filesizeOK = FALSE;

    while (1 + bytesToSkip < bytesRead)
    {
        switch (state)
        {
        case READ_C:
            if (appPacket[0] == CONTROL_START)
            {
                state = READ_NEXT_START;
            }
            else if (appPacket[0] == CONTROL_END)
            {
                state = READ_NEXT_END;
            }
```

```
            else if (appPacket[0] == DATA_C)
            {
                state = READ_DATA;
            }
            else
            {
                bytesToSkip = 100000;
            }
            break;
        case READ_NEXT_START:
            if (appPacket[1 + bytesToSkip] == FILENAME)
            {

                int size = (int)appPacket[2 + bytesToSkip];
                fileName = malloc(sizeof(char) * size);
                for (int j = 0; j < size; j++)
                {
                    fileName[j] = appPacket[3 + bytesToSkip + j];
                }
                bytesToSkip += (2 + size);
            }
            else if (appPacket[1 + bytesToSkip] == FILESIZE)
            {
                int size = (int)appPacket[2 + bytesToSkip];
                unsigned char *filesize = malloc(sizeof(char) * size);
                for (int i = 0; i < size; i++)
                {
                    filesize[i] = appPacket[3 + bytesToSkip + i];
                    fileSize |= (filesize[i] << 8 * i);
                }
                writeToFile = malloc(sizeof(char) * fileSize);
                bytesToSkip += (2 + size);
            }
            break;
        case READ_NEXT_END:
            if (appPacket[1 + bytesToSkip] == FILENAME)
            {
                int size = (int)appPacket[2 + bytesToSkip];
                char *filename = malloc(sizeof(char) * size);
                for (int i = 0; i < size; i++)
                {
                    filename[i] = appPacket[3 + bytesToSkip + i];
                }
                if (!strcmp(filename, fileName))
                {
                    filenameOK = TRUE;
                }
                free(filename);
                bytesToSkip += (2 + size);
```

```
                if (bytesToSkip + 1 >= bytesRead)
                {
                    finished = TRUE;
                }
            }
            else if (appPacket[1 + bytesToSkip] == FILESIZE)
            {
                int size = (int)appPacket[2 + bytesToSkip];
                unsigned char *filesize = malloc(sizeof(char) * size);
                long aux = 0;
                for (int i = 0; i < size; i++)
                {
                    filesize[i] = appPacket[3 + bytesToSkip + i];
                    aux |= (filesize[i] << 8 * i);
                }
                if (aux == fileSize)
                {
                    filesizeOK = TRUE;
                }
                bytesToSkip += (2 + size);
                if (bytesToSkip + 1 >= bytesRead)
                {

                    finished = TRUE;
                }
            }
            break;
        case READ_DATA:
            if ((int)appPacket[1] == nextPackSequenceNumber)
            {
                int size = (int)appPacket[2] * 256;
                size += (int)appPacket[3];
                bytesToSkip += 3 + size;
                for (int i = 0; i < size; i++)
                {
                    writeToFile[i + currentFileArrayIndex] = appPacket[4
+ i];
                }
                currentFileArrayIndex += size;
                nextPackSequenceNumber = (nextPackSequenceNumber + 1) % 2
55;
            }
            else
            {
                bytesToSkip = 10000;
            }
            break;
        }
    }
```

```
    if (filesizeOK && filenameOK)
    {
        printf("Control Packets matched, file received\n");
    }

    return TRUE;
}

int llclose(int fd)
{
    if (app.status == TRANSMITTER)
    {
        return transmitterDisconnect(fd);
    }
    if (app.status == RECEIVER)
    {
        return receiverDisconnect(fd);
    }
    return -1;
}

int main(int argc, char **argv)
{
    FILE *f1;
    if (!strcmp(argv[2], "transmitter"))
    {
        if (argc < 4)
        {
            printf("Usage : ./application [port] transmitter [path_to_fil
e]");
            exit(1);
        }
        f1 = fopen(argv[3], "r");
        if(f1 == NULL){
            printf("File does not exist\n");
            exit(1);
        }
        app.status = TRANSMITTER;
        char port[20] = "/dev/ttyS";
        char portNumber[20];
        strcpy(portNumber,argv[1]);
        strcat(port,portNumber);
        app.fileDescriptor = llopen(port, TRANSMITTER);
    }
    else if (!strcmp(argv[2], "receiver"))
    {
        if (argc < 2)
        {
```

```
            printf("Usage : ./application [port] receiver");
            exit(1);
        }
        app.status = RECEIVER;
        char port[20] = "/dev/ttyS";
        char portNumber[20];
        strcpy(portNumber,argv[1]);
        strcat(port,portNumber);
        app.fileDescriptor = llopen(port, RECEIVER);
    }
    else
    {
        printf("Usage : ./application [port] transmitter [path_to_file] o
r ./application [port] receiver");
        exit(1);
    }

    if (!strcmp(argv[2], "transmitter"))
    {
        unsigned char pack[MAX_SIZE];


        fseek(f1, 0, SEEK_END);
        long filesize = ftell(f1);

        int packSize = buildControlPacket(argv[3], filesize, pack, CONTRO
L_START);
        printf("Started sending file\n");
        llwrite(app.fileDescriptor, pack, packSize);

        fseek(f1, 0, SEEK_SET);

        int sizeRemaining = filesize;

        while (sizeRemaining > 0)
        {
            unsigned char packet[MAX_SIZE];
            char buf[MAX_SIZE - 4];

            int bytesRead = fread(buf, 1, MAX_SIZE - 4, f1);

            int size = buildDataPacket(buf, packet, bytesRead);

            sizeRemaining -= bytesRead;

            llwrite(app.fileDescriptor, packet, size);
        }
        packSize = buildControlPacket(argv[3], filesize, pack, CONTROL_EN
D);
```

```
        llwrite(app.fileDescriptor, pack, packSize);
        printf("Finished sending file\n");

        llclose(app.fileDescriptor);
        closeWriter(app.fileDescriptor);
    }
    else if (!strcmp(argv[2], "receiver"))
    {
        printf("Started receiving file\n");
        while (!finished)
        {
            unsigned char appPacket[MAX_SIZE];
            int bytesRead = llread(app.fileDescriptor, appPacket);
            decodeAppPacket(appPacket, bytesRead);
        }
        FILE *newFile;
        char path[256] = "../";
        strcat(path, fileName);
        newFile = fopen(path, "wb");
        fwrite(writeToFile, sizeof(char), fileSize, newFile);
        fclose(newFile);
        printf("File saved in %s\n",path);
        llclose(app.fileDescriptor);
        closeReader(app.fileDescriptor);
        free(writeToFile);
        free(fileName);
    }
}
```

writenoncanonical.h

```
##pragma once


int sendInfo(unsigned char *info, int size, int fd);

int stuffChar(char info, unsigned char *buf);

int setupWriterConnection(int fd);

int openWriter(char * port);

void closeWriter(int fd);

int readRR(int fd);

int readUA(int fd);
```

```
int transmitterDisconnect(int fd);

int writerReadDISC(int status, int fd);

int rrStateMachine(unsigned char *buf, int fd);
```

writenoncanonical.c

```
/*Non-Canonical Input Processing*/

#include "writenoncanonical.h"
#include <sys/types.h>
#include "common.h"
#include "application.h"

struct linkLayer protocol;
struct termios oldtio, newtio;

static int currentState = 0; //current state in the state machine
static int currentIndex = 0; //index of the size of the packet received

static int activatedAlarm = FALSE; //indicates if the alarm has been trig
gered
static volatile int STOP = FALSE;


static void atende(int signo) // atende alarme
{
  switch (signo){
    case SIGALRM:

      if(protocol.currentTry>=protocol.numTransmissions)
        exit(1);
      protocol.currentTry++;
      activatedAlarm = TRUE;
      break;
  }
}

int writerReadDISC(int status, int fd)
{
  STOP=FALSE;
  unsigned char recvBuf[5];
  while (STOP == FALSE)
  {
    read(fd, recvBuf, 1);
    if(activatedAlarm)
    {
      activatedAlarm = FALSE;
```

```
      write(fd,protocol.frame,protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
    }
    if (discStateMachine(status, recvBuf, &currentState,&currentIndex))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        alarm(0);
        protocol.currentTry = 0;
        currentIndex = 0;
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
  }
  return 0;
}

int openWriter(char * port)
{

    fillProtocol(&protocol, port, 0);
    int fd = open(protocol.port, O_RDWR | O_NOCTTY);
    if (fd < 0)
    {
        perror(protocol.port);
        exit(-1);
    }

    if (tcgetattr(fd, &oldtio) == -1)
    { /* save current port settings */
        perror("tcgetattr");
        exit(-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] = 5;  /* blocking read until 5 chars received */

    /*
    VTIME e VMIN devem ser alterados de forma a proteger com um temporiza
dor a
```

```
    leitura do(s) pr?ximo(s) caracter(es)
  */

    tcflush(fd, TCIOFLUSH);

    if (tcsetattr(fd, TCSANOW, &newtio) == -1)
    {
        perror("tcsetattr");
        exit(-1);
    }
    printf("Connection established at: %s\n",port);
    return fd;
}

void closeWriter(int fd)
{
   sleep(1);
    if (tcsetattr(fd, TCSANOW, &oldtio) == -1)
    {
        perror("tcsetattr");
        exit(-1);
    }
}

int stuffChar(char info, unsigned char *buf)
{
  if (info == FLAG)
  {
    buf[0] = ESCAPE;
    buf[1] = ESCAPEFLAG;
    return TRUE;
  }
  else if (info == ESCAPE)
  {
    buf[0] = ESCAPE;
    buf[1] = ESCAPEESCAPE;
    return TRUE;
  }
  else
  {
    buf[0] = info;
    return FALSE;
  }
}

int sendInfo(unsigned char *info, int size, int fd)
{
  int res = 0;
  int currentPos = 4;
```

```
char sendMessage[size*2+7];
sendMessage[0] = FLAG;
sendMessage[1] = SENDER_A;
if (protocol.sequenceNumber == 1)
  sendMessage[2] = INFO_C_1;
else if (protocol.sequenceNumber == 0)
  sendMessage[2] = INFO_C_0;

sendMessage[3] = SENDER_A ^ sendMessage[2];

unsigned char bcc = '\0';
int offset = 0;
for (int i = 0; i < size; i++)
{

  bcc = bcc ^ info[i];
  unsigned char stuffedBuf[2];

  if (stuffChar(info[i], stuffedBuf))
  {
    sendMessage[4 + i + offset] = stuffedBuf[0];
    offset++;
    sendMessage[4 + i + offset] = stuffedBuf[1];
  }
  else
    sendMessage[4 + i + offset] = stuffedBuf[0];
  currentPos++;
}

unsigned char stuffedBCC[2];
if (stuffChar(bcc, stuffedBCC))
{
  sendMessage[currentPos + offset] = stuffedBCC[0];
  offset++;
  sendMessage[currentPos + offset] = stuffedBCC[1];
}
else
  sendMessage[currentPos + offset] = stuffedBCC[0];
currentPos++;
sendMessage[currentPos + offset] = FLAG;
currentPos++;

res = write(fd, sendMessage, currentPos + offset + 1);
protocol.frame[0] = '\0';
memcpy(protocol.frame, sendMessage, currentPos + offset + 1);
protocol.frameSize = currentPos + offset + 1;

alarm(protocol.timeout);
```

```
  return res;
}

int transmitterDisconnect(int fd)
{
  sendSupervisionPacket(SENDER_A, DISC_C, &protocol,fd);
  alarm(protocol.timeout);
  protocol.currentTry = 0;
  writerReadDISC(RECEIVER_A,fd);
  sendSupervisionPacket(RECEIVER_A,UA_C, &protocol,fd);
  printf("Connection closed\n");
  return 1;
}

int rrStateMachine(unsigned char *buf, int fd)
{
  switch (currentState)
  {
  case START:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex++;
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    break;
  case FLAG_RCV:
    if (buf[0] == SENDER_A)
    {
      currentIndex++;
      currentState = A_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
      return TRUE;
    else
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = START;
    }
    break;
  case A_RCV:
    if (protocol.sequenceNumber == 0 && buf[0] == RR_C_1)
    {
      currentIndex++;
      currentState = C_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (protocol.sequenceNumber == 1 && buf[0] == RR_C_0)
```

```
    {

      currentIndex++;
      currentState = C_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (protocol.sequenceNumber == 0 && buf[0] == REJ_C_1)
    {
      protocol.currentTry=0;
      write(fd,protocol.frame,protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
      currentState = START;
      currentIndex = 0;
      return FALSE;
    }
    else if (protocol.sequenceNumber == 1 && buf[0] == REJ_C_0)
    {

      write(fd,protocol.frame,protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
      protocol.currentTry=0;
      currentState = START;
      currentIndex = 0;
      return FALSE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = START;
    }
    break;
  case C_RCV:
    if (protocol.sequenceNumber == 0 && buf[0] == (RR_C_1 ^ SENDER_A))
    {
      currentIndex++;
      currentState = BCC_OK;
      return TRUE;
    }
    else if (protocol.sequenceNumber == 1 && buf[0] == (RR_C_0 ^ SENDER_A
))
    {
      currentIndex++;
      currentState = BCC_OK;
```

```
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = START;
    }
    break;
  case BCC_OK:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex++;
      currentState = DONE;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = START;
    }
    break;

  default:
    break;
  }
  currentIndex = 0;
  return FALSE;
}

int writerReadUA(int status,int fd)
{
  STOP=FALSE;

  unsigned char recvBuf[5];
  while (STOP == FALSE)
  {
    read(fd, recvBuf, 1);
    if(activatedAlarm)
    {
      activatedAlarm = FALSE;
      write(fd,protocol.frame,protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
    }
```

```
    if (UAStateMachine(recvBuf,status,&currentState,&currentIndex))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        alarm(0);
        protocol.currentTry = 0;
        currentIndex = 0;
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
  }
  return 0;
}

int readRR(int fd)
{
  unsigned char recvBuf[5];
  STOP = FALSE;
  while (STOP == FALSE)
  {
    read(fd, recvBuf, 1);
    if(activatedAlarm)
    {
      activatedAlarm = FALSE;
      write(fd,protocol.frame,protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
    }
    if (rrStateMachine(recvBuf,fd))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        alarm(0);
        protocol.currentTry = 0;
        updateSequenceNumber(&protocol);
        currentIndex = 0;
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
  }
  return 0;
}

int setupWriterConnection(int fd)
{

  sendSupervisionPacket(SENDER_A, SET_C, &protocol, fd);
```

```
  struct sigaction psa;
  psa.sa_handler = atende;
  sigemptyset(&psa.sa_mask);
  psa.sa_flags=0;
  sigaction(SIGALRM, &psa, NULL);

  alarm(protocol.timeout);
  writerReadUA(SENDER_A,fd);

  return 0;
}
```

noncanonical.h

```
#pragma once

int verifyBCC();

int readInfo(int fd, unsigned char * appPacket);

int readSET();

void setupReaderConnection(int fd);

int openReader(char * port);

void closeReader(int fd);

int sendReaderDISC(int fd);

int receiverDisconnect(int fd);

int infoStateMachine(unsigned char *buf, int fd, unsigned char * msg);

int receiverReadUA(int status, int fd);

int setStateMachine(char *buf);
```

noncanonical.c

```c
/*Non-Canonical Input Processing*/

#include "noncanonical.h"
#include <sys/types.h>
#include "common.h"

struct linkLayer protocol;
struct termios oldtio, newtio;

static int currentState = 0;
static int currentIndex = 0;

static volatile int STOP = FALSE;
int activatedAlarm = FALSE;

static void atende(int signo) // atende alarme
{
  switch (signo)
  {
  case SIGALRM:

    if (protocol.currentTry >= protocol.numTransmissions)
      exit(1);
    protocol.currentTry++;
    activatedAlarm = TRUE;
    break;
  }
}

int verifyBCC(unsigned char* msg)
{
  unsigned char bccControl = '\0';
  for (int i = 0; i < currentIndex - 1; i++)
  {
    bccControl ^= msg[i];
  }
  if (msg[currentIndex - 1] == bccControl)
  {
    return TRUE;
  }

  return FALSE;
}
```

```
int infoStateMachine(unsigned char *buf, int fd, unsigned char * msg)
{

  static char C;
  switch (currentState)
  {
  case START:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      C = '\0';
      currentIndex = 0;
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    break;
  case FLAG_RCV:
    if (buf[0] == SENDER_A)
    {
      currentState = A_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
      return TRUE;
    else
    {
      currentState = START;
    }
    break;
  case A_RCV:
    if (protocol.sequenceNumber == 1 && buf[0] == INFO_C_0)
    {
      C = INFO_C_0;
      currentState = C_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (protocol.sequenceNumber == 0 && buf[0] == INFO_C_1)
    {
      C = INFO_C_1;
      currentState = C_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if ((protocol.sequenceNumber == 0 && buf[0] == INFO_C_0) || (pro
tocol.sequenceNumber == 1 && buf[0] == INFO_C_1))
    {
      C = '\0';
      currentState = START;
      if (protocol.sequenceNumber == 1)
        sendSupervisionPacket(SENDER_A, RR_C_0, &protocol, fd);
      else if (protocol.sequenceNumber == 0)
```

```
        sendSupervisionPacket(SENDER_A, RR_C_1, &protocol, fd);
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentState = START;
    }
    break;
  case C_RCV:
    if (protocol.sequenceNumber == 1 && buf[0] == (SENDER_A ^ INFO_C_0))
    {
      currentState = BCC_OK;
      return TRUE;
    }
    else if (protocol.sequenceNumber == 0 && buf[0] == (SENDER_A ^ INFO_C
_1))
    {
      currentState = BCC_OK;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentState = START;
    }
  case BCC_OK: //receives info
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      if (verifyBCC(msg))
      {
        currentState = DONE;
        if (protocol.sequenceNumber == 1 && C == INFO_C_1)
        {
          msg[0] = '\0';
        }
        else if (protocol.sequenceNumber == 0 && C == INFO_C_0)
        {
          msg[0] = '\0';
        }
        else
```

```
      {
        if (protocol.sequenceNumber == 0)
          sendSupervisionPacket(SENDER_A, RR_C_0, &protocol, fd);
        else if (protocol.sequenceNumber == 1)
          sendSupervisionPacket(SENDER_A, RR_C_1, &protocol, fd);
        updateSequenceNumber(&protocol);
      }
      return TRUE;
    }
    else
    {
      if (protocol.sequenceNumber == 0)
        sendSupervisionPacket(SENDER_A, REJ_C_0, &protocol, fd);
      else if (protocol.sequenceNumber == 1)
        sendSupervisionPacket(SENDER_A, REJ_C_1, &protocol, fd);

      currentState = START;
    }
  }
  else if (buf[0] == ESCAPE)
  {
    read(fd, buf, 1);
    if (buf[0] == ESCAPEFLAG)
    {
      msg[currentIndex] = '~';
      currentIndex++;
    }
    else if (buf[0] == ESCAPEESCAPE)
    {
      msg[currentIndex] = '}';
      currentIndex++;
    }
    else
    {
      msg[currentIndex] = '}';
      currentIndex++;
      msg[currentIndex] = buf[0];
      currentIndex++;
    }
    return TRUE;
  }
  else
  {
    msg[currentIndex] = buf[0];
    currentIndex++;
    return TRUE;
  }
  break;
```

```
  default:
    break;
  }

  return FALSE;
}

int receiverReadDISC(int status, int fd)
{
  STOP = FALSE;
  unsigned char recvBuf[5];
  while (STOP == FALSE)
  {
    read(fd, recvBuf, 1);
    if (activatedAlarm)
    {
      activatedAlarm = FALSE;
      write(fd, protocol.frame, protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
    }
    if (discStateMachine(status, recvBuf, &currentState, &currentIndex))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        alarm(0);
        protocol.currentTry = 0;
        currentIndex = 0;
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
  }
  return 0;
}

int receiverReadUA(int status, int fd)
{
  STOP = FALSE;

  unsigned char recvBuf[5];
  while (STOP == FALSE)
  {
    read(fd, recvBuf, 1);
    if (activatedAlarm)
    {
      activatedAlarm = FALSE;
      write(fd, protocol.frame, protocol.frameSize);
      alarm(protocol.timeout);
    }
```

```
    if (UAStateMachine(recvBuf,status,&currentState,&currentIndex))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        alarm(0);
        protocol.currentTry = 0;
        currentIndex = 0;
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
  }
  return 0;
}

int receiverDisconnect(int fd)
{
  receiverReadDISC(SENDER_A, fd);
  sendSupervisionPacket(RECEIVER_A, DISC_C, &protocol, fd);
  alarm(protocol.timeout);
  protocol.currentTry = 0;
  receiverReadUA(RECEIVER_A, fd);
  printf("Connection closed\n");
  return 1;
}

int setStateMachine(char *buf)
{

  switch (currentState)
  {
  case START:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentState = FLAG_RCV;
      currentIndex++;
      return TRUE;
    }
    break;
  case FLAG_RCV:
    if (buf[0] == SENDER_A)
    {
      currentState = A_RCV;
      currentIndex++;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex = 1;
```

```
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentState = START;
    }
    break;
  case A_RCV:
    if (buf[0] == SET_C)
    {
      currentState = C_RCV;
      currentIndex++;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex = 1;
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentState = START;
    }
    break;
  case C_RCV:
    if (buf[0] == (SET_C ^ SENDER_A))
    {
      currentIndex++;
      currentState = BCC_OK;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex = 1;
      currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      currentState = START;
    }
  case BCC_OK:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      currentIndex++;
      currentState = DONE;
      return TRUE;
    }
```

```
    else
    {
      currentIndex = 0;
      currentState = START;
    }
    break;

  default:
    break;
  }
  currentIndex = 0;
  return FALSE;
}

int readInfo(int fd, unsigned char *appPacket)
{

  STOP = FALSE;
  unsigned char msg[MAX_SIZE];
  unsigned char buf[2];
  while (STOP == FALSE)
  {
    buf[0] = '\0';
    read(fd, buf, 1);

    if (infoStateMachine(buf, fd,msg))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
    else
    {
      msg[0] = '\0';
    }
  }
  int ret = 0;
  for (int i = 0; i < currentIndex - 1; i++)
  {
    appPacket[i] = msg[i];
  }

  ret = currentIndex - 1;
  currentIndex = 0;
  return ret;
}
```

```
int readSET(int fd)
{
  STOP = FALSE;

  char buf[5];
  while (STOP == FALSE)
  {
    read(fd, buf, 1);

    if (setStateMachine(buf))
    {
      if (currentState == DONE)
      {
        currentIndex = 0;
        currentState = START;
        STOP = TRUE;
      }
    }
  }
  return 0;
}

void closeReader(int fd)
{
  sleep(1);
  tcsetattr(fd, TCSANOW, &oldtio);
  close(fd);
}

int openReader(char *port)
{
  fillProtocol(&protocol, port, 1);
  int fd = open(protocol.port, O_RDWR | O_NOCTTY);
  if (fd < 0)
  {
    perror(protocol.port);
    exit(-1);
  }

  if (tcgetattr(fd, &oldtio) == -1)
  { /* save current port settings */
    perror("tcgetattr");
    exit(-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 1 char received */

  /*
    VTIME e VMIN devem ser alterados de forma a proteger com um temporiza
dor a
    leitura do(s) pr?ximo(s) caracter(es)
  */

  tcflush(fd, TCIOFLUSH);

  if (tcsetattr(fd, TCSANOW, &newtio) == -1)
  {
    perror("tcsetattr");
    exit(-1);
  }
  printf("Connection established at: %s\n", port);
  return fd;
}

void setupReaderConnection(int fd)
{
  readSET(fd);

  struct sigaction psa;
  psa.sa_handler = atende;
  sigemptyset(&psa.sa_mask);
  psa.sa_flags = 0;
  sigaction(SIGALRM, &psa, NULL);

  sendSupervisionPacket(SENDER_A, UA_C, &protocol, fd);
}
```

common.h

```
#pragma once

#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <termios.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <signal.h>
```

```c
#include <unistd.h>
#include <string.h>


#define BAUDRATE B38400
#define MODEMDEVICE "/dev/ttyS1"
#define _POSIX_SOURCE 1 /* POSIX compliant source */
#define FALSE 0
#define TRUE 1

#define FLAG 0x7E
#define SENDER_A 0x03
#define RECEIVER_A 0x01
#define SET_C 0x03
#define UA_C 0x07
#define START 0
#define FLAG_RCV 1
#define A_RCV 2
#define C_RCV 3
#define BCC_OK 4
#define DONE 5
#define INFO_C_0 0x00
#define INFO_C_1 0x40
#define DISC_C 0x0B
#define ESCAPE 0x7D
#define ESCAPEFLAG 0x5E
#define ESCAPEESCAPE 0x5D
#define RR_C_0 0x05
#define RR_C_1 0x85
#define REJ_C_0 0x01
#define REJ_C_1 0x81
#define MAX_SIZE 250


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 f
alha*/
  char frame[MAX_SIZE*2+7];          /*Trama*/
  int frameSize;
};

void fillProtocol(struct linkLayer *protocol ,char* port, int Ns);
```

```
int sendSupervisionPacket(char addressField, char controlByte,struct link
Layer * protocol, int fd);

void updateSequenceNumber(struct linkLayer *protocol);

int discStateMachine(int status, unsigned char *buf, int * currentState,
int* currentIndex);

int UAStateMachine(unsigned char *buf, char aField, int *currentState, in
t*currentIndex);
```

common.c

```
#include "common.h"

int sendSupervisionPacket(char addressField, char controlByte,struct link
Layer* protocol, int fd)
{
  unsigned char sendBuf[5];
  sendBuf[0] = FLAG;
  sendBuf[1] = addressField;
  sendBuf[2] = controlByte;
  sendBuf[3] = addressField ^ controlByte;
  sendBuf[4] = FLAG;

  write(fd, sendBuf, 5);
  protocol->frame[0] = '\0';
  memcpy(protocol->frame, sendBuf, 5);
  protocol->frameSize = 5;
  return 0;
}

int UAStateMachine(unsigned char *buf, char aField, int *currentState, in
t*currentIndex)
{
  switch (*currentState)
  {
  case START:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentState = FLAG_RCV;
      *currentIndex = *currentIndex+1;;
      return TRUE;
    }
    break;
  case FLAG_RCV:
    if (buf[0] == aField)
```

```
    {
      *currentState = A_RCV;
      *currentIndex = *currentIndex+1;;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
      return TRUE;
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
    }
    break;
  case A_RCV:
    if (buf[0] == UA_C)
    {
      *currentIndex = *currentIndex+1;;
      *currentState = C_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
    }
    break;
  case C_RCV:
    if (buf[0] == (UA_C ^ aField))
    {
      *currentIndex = *currentIndex+1;;
      *currentState = BCC_OK;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
```

```
    }
    break;
  case BCC_OK:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentIndex = *currentIndex+1;;
      *currentState = DONE;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
    }
    break;

  default:
    break;
  }
  *currentIndex = 0;
  return FALSE;
}

int discStateMachine(int status, unsigned char *buf, int * currentState,
int* currentIndex)
{
  switch (*currentState)
  {
  case START:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentState = FLAG_RCV;
      *(currentIndex) = *currentIndex+1;
      return TRUE;
    }
    break;
  case FLAG_RCV:
    if (buf[0] == status)
    {
      *currentState = A_RCV;
      *currentIndex = *currentIndex+1;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
      return TRUE;
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
```

```
    }
    break;
  case A_RCV:
    if (buf[0] == DISC_C)
    {
      *currentIndex = *currentIndex+1;
      *currentState = C_RCV;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
    }
    break;
  case C_RCV:
    if (buf[0] == (DISC_C ^ status))
    {
      *currentIndex = *currentIndex+1;
      *currentState = BCC_OK;
      return TRUE;
    }
    else if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = FLAG_RCV;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      *currentIndex = 0;
      *currentState = START;
    }
  case BCC_OK:
    if (buf[0] == FLAG)
    {
      *currentIndex = *currentIndex+1;
      *currentState = DONE;
      return TRUE;
    }
    else
    {
      *currentIndex = 0;
```

```
      *currentState = START;
    }
    break;

  default:
    break;
  }
  *currentIndex = 0;
  return FALSE;
}

void fillProtocol(struct linkLayer *protocol ,char* port, int Ns){
  strcpy(protocol->port,port);
  protocol->port[strlen(port)] = '\0';
  protocol->baudRate = BAUDRATE;
  protocol->sequenceNumber = Ns;
  protocol->timeout = 1;
  protocol->numTransmissions = 3;
  protocol->frame[0] = '\0';
  protocol->frameSize = 0;
  protocol->currentTry = 0;
}

void updateSequenceNumber(struct linkLayer *protocol)
{
  protocol->sequenceNumber = (protocol->sequenceNumber + 1) % 2;
}
```