

# Protocolo de Ligação de Dados

Relatório do 1º trabalho laboratorial



Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Redes de Computadores

**Grupo 03:**

Francisco Rodrigues - 2013056271

João Nogueira - 201303882

Marta Lopes - 201208067

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Rua Roberto Frias, sn, 4200-465 Porto, Portugal

31 de Outubro de 2015

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Sumário</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Arquitetura</b>	<b>4</b>
3.1	<i>Application Layer</i> e <i>Link Layer</i> . . . . .	4
3.2	<i>Interface</i> . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Estrutura do código</b>	<b>4</b>
4.1	<i>Application Layer</i> . . . . .	4
4.2	<i>Link Layer</i> . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Casos de uso principais</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Protocolo de ligação lógica</b>	<b>6</b>
6.1	Principais aspectos funcionais . . . . .	6
6.2	Funções implementadas na <i>linkLayer</i> . . . . .	6
6.2.1	<i>ll_open</i> e <i>ll_close</i> . . . . .	6
6.2.2	<i>llwrite</i> e <i>llread</i> . . . . .	6
<b>7</b>	<b>Protocolo de aplicação</b>	<b>7</b>
7.1	Principais aspectos funcionais . . . . .	7
7.2	Funções implementadas na <i>applicationLayer</i> . . . . .	7
<b>8</b>	<b>Validação</b>	<b>8</b>
<b>9</b>	<b>Elementos de valorização</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	<b>Conclusões</b>	<b>10</b>
<b>11</b>	<b>Anexos</b>	<b>11</b>
11.1	Headers . . . . .	11
11.1.1	<i>applicationLayer.h</i> . . . . .	11
11.1.2	<i>linkLayer.h</i> . . . . .	12
11.1.3	<i>linkLayerAux.h</i> . . . . .	13
11.1.4	<i>utilities.h</i> . . . . .	14
11.1.5	<i>cli.h</i> . . . . .	16
11.2	*.c files . . . . .	17
11.2.1	<i>applicationLayer.c</i> . . . . .	17
11.2.2	<i>linkLayer.c</i> . . . . .	25
11.2.3	<i>utilities.c</i> . . . . .	39
11.2.4	<i>cli.c</i> . . . . .	40

# 1 Sumário

Este relatório tem como objetivo explicar o primeiro projeto, realizado para esta unidade curricular, denominado "Protocolo de Ligação de Dados". Este projeto consiste no envio de informação de um computador para outro, através do uso de porta de série. Foram assim implementados programas para ler e escrever a informação a ser enviada.

O projeto foi finalizado com sucesso, sendo que os dados foram enviados e recebidos de forma correcta. Foram também incluídos a prevenção e correção de erros ao longo da transmissão, restabelecendo a transmissão quando os erros acontecem.

# 2 Introdução

Iremos então descrever o nosso trabalho, que consiste em implementar um protocolo de ligação de dados, de acordo com a especificação descrita no guião, de uma forma mais teórica e pormenorizada para assim poderem ser avaliados certos aspectos que não seriam possíveis avaliar durante a apresentação na aula. O ambiente de desenvolvimento utilizado foi em PC's com *Linux*, a linguagem de programação foi C e as portas de série existentes realizavam comunicação assíncrona.

O protocolo de ligação de dados pretende assim fornecer um serviço de comunicação de dados fiável entre dois sistemas ligados por um cabo de série. As funções utilizadas serão a de criação e sincronismo de tramas que irão organizar os dados a ser enviados (*framing*), a do estabelecimento/-conclusão da ligação, a numeração de tramas, o controlo de fluxo, a confirmação de envio sem erros e o controlo dos erros que poderão ser criados por *timeouts*, tramas fora da sequência esperada ou retransmissões.

O nosso relatório terá então as **secções principais** seguintes:

- **Arquitetura:** especificação dos blocos funcionais e da *interface*;
- **Estrutura do código:** API's, principais estruturas de dados, principais funções e a sua relação com a arquitetura;
- **Casos de uso principais:** identificar os principais aspectos, abordando as sequências de chamadas de funções;
- **Protocolo de ligação lógica:** identificar os principais aspectos funcionais da *linkLayer*, descrevendo a estratégia de implementação;
- **Protocolo de aplicação:** identificar os principais aspectos funcionais da *applicationLayer*, descrevendo a estratégia de implementação;
- **Validação:** testes efetuados ao programa com apresentação de resultados;
- **Elementos de valorização:** identificação dos elementos implementados, descrevendo a estratégia de implementação.

## 3 Arquitetura

### 3.1 *Application Layer* e *Link Layer*

O projeto está organizado em duas *layers* que vão ser responsáveis pela correta funcionalidade do mesmo. A *layer* que vai servir para a aplicação tem os ficheiros *applicationLayer.c* e *applicationLayer.h* e a ligação lógica está representada nos ficheiros *linkLayer.c* e *linkLayer.h* com um ficheiro \*.h auxiliar, o *linkLayerAux.h*.

A **camada de ligação lógica**, contém várias funções, servindo estas para a configuração e abertura da porta de série, o envio de comandos, envio e receção de mensagens e para a realização dos processos de *stuffing* e *destuffing*.

A **camada de aplicação**, que vai depender da camada de ligação lógica utilizando algumas das suas funções, disponibilizará funções onde serão especificados o envio e receção de pacotes de dados, o envio e receção de pacotes de controlo e finalmente a leitura e a escrita do ficheiro a enviar.

### 3.2 *Interface*

A interface na linha de comandos está implementada nos ficheiros *cli.c* e *cli.h* que têm as funções que vão permitir a escolha de valores de alguns parâmetros referentes à transferência do ficheiro, existindo limites impostos de acordo com o guião. Os parâmetros a serem especificados pelo utilizador serão a *baudrate*, o tamanho máximo para a mensagem, o número de *timeouts* máximo no caso de falha de comunicação e a duração de cada *timeout*. Além disso, o utilizador terá também de dizer se será o transmissor ou o recetor e qual é a sua porta de série. Depois de o utilizador especificar cada um destes valores a aplicação vai iniciar, sendo que terá uma informação inicial mostrando os parâmetros com a escolha feita pelo utilizador.

## 4 Estrutura do código

### 4.1 *Application Layer*

A camada da aplicação está implementada nos ficheiros *applicationLayer.c* e *applicationLayer.h* e é representada por uma estrutura na qual se encontram um *char* que representa o modo do programa (Receptor/Transmissor) e um inteiro chamado debug que permite fazer o *debugging* através de prints ao longo do código.

```
1 typedef struct {  
2     char status;  
3  
4     int debug;  
5 } applicationLayer;
```

Struct linkLayer

## 4.2 Link Layer

É nos ficheiros *linkLayer.c*, *linkLayer.h* e *linkLayerAux.h* que está implementada a camada de ligação de dados representada por uma estrutura na qual se encontram:

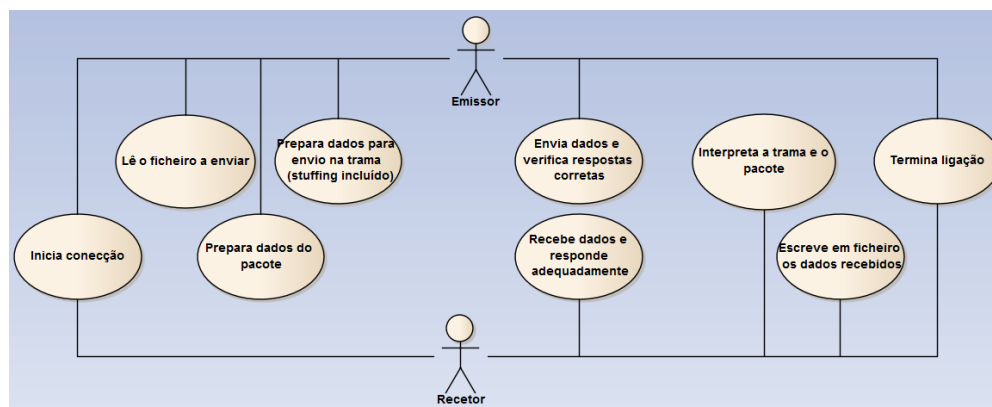
- A porta de série;
- O Baud Rate;
- O número de sequência;
- O timeout;
- O número de tentativas;
- O tamanho máximo de cada pacote;
- Estrutura de estatísticas.

```
1 typedef struct {  
2     int fd;  
3     char port[20];  
4     int baudRate;  
5     unsigned int sequenceNumber;  
6     unsigned int timeout;  
7     unsigned int numTransmissions;  
8     int packSize;  
9     char status;  
10    int debug;  
11    Statistics * stat;  
12 } linkLayer;
```

Struct linkLayer

## 5 Casos de uso principais

Na imagem abaixo estão os casos de uso principais por ordem de execução do programa.



## 6 Protocolo de ligação lógica

O protocolo de ligação lógica está implementado na camada *linkLayer*, camada da qual depende a camada *applicationLayer*.

### 6.1 Principais aspectos funcionais

- Configurar a porta de série como é pretendido;
- Repor a configuração da porta de série como originalmente após a transferência dos dados;
- Estabelecer a ligação de dados utilizando a porta de série;
- Enviar comandos e enviar/receber mensagens;
- Processo de *Stuffing* e *Destuffing* dos *packets* recebidos da camada *applicationLayer*.

### 6.2 Funções implementadas na *linkLayer*

#### 6.2.1 *ll\_open* e *ll\_close*

A função **ll\_open** vai fazer a configuração da porta de série com as opções pretendidas e depois da configuração ser feita, do lado do emissor envia o comando SET e aguarda a resposta UA do recetor que, ao ser recebida, termina a função. Utiliza o alarme para controlar os *timeouts*. Do lado do recetor aguarda a receção do comando SET e, ao recebê-lo, responde com o comando UA. A função **ll\_close** do lado do recetor, começa por aguardar a receção do comando DISC, respondendo com o mesmo comando. Após o envio deste e antes de reestabelecer as configurações originais da porta de série, aguarda a receção do comando UA por parte do emissor. Do lado do emissor esta função começa por enviar o comando DISC e aguarda a resposta com o mesmo comando. Após a receção de DISC envia o comando UA. Termina ao fazer *resetConfiguration*, função na qual é feito um *sleep* para garantir que as configurações originais não são reestabelecidas antes que a informação tenha sido passada.

#### 6.2.2 *llwrite* e *llread*

A função **llwrite** vai começar por alocar memória num *buffer*, organizando a informação antes do processo de *stuffing*. Após a alocação começa por atribuir os valores de FLAG, A, C e BCC de acordo com o número de sequência da trama. A partir de BCC, vai ser copiada para o *buffer* toda a informação recebida por argumento correspondente ao *packet* a enviar. Antes de terminar o preenchimento do *buffer* coloca o BCC2 e a FLAG para terminar. Depois da trama ser preenchida e antes de começar o envio, é enviado o *buffer* para a função *stuff* que retorna um *buffer* com a trama pronta para envio. A trama é então enviada através da porta de série, aguardando a resposta por parte do recetor, o que vai determinar o caminho a seguir pela função, que pode terminar a função pois houve receção de RR ou re-enviar a mesma trama por ter sido rejeitada. A mesma trama também pode ser re-enviada por ocorrência de *timeouts* ou terminar pela ocorrência de demasiados *timeouts*. A função **llread** também vai começar por alocar memória para o *buffer* que vai ser recebido, entrando num ciclo do qual apenas sai quando algo é lido da porta de série. Após a leitura, o *buffer* lido é passado para o *destuffing* que descodifica a trama de informação. Os valores de BCC e de BCC2 são verificados para garantir que a trama seja recebida sem erros, caso o tenha sido é interpretado o número de sequência e se estiver correcto é enviado o comando RR, caso contrário é enviado o comando REJ, pedindo que a mesma seja reenviada.

## 7 Protocolo de aplicação

O protocolo de aplicação está implementado na camada *applicationLayer*, camada esta que depende, como dito anteriormente, da camada *linkLayer*.

### 7.1 Principais aspectos funcionais

- Envio e recepção de pacotes de dados;
- Envio e recepção de pacotes de controlo;
- Leitura do ficheiro a enviar;
- Escrita do ficheiro a enviar.

### 7.2 Funções implementadas na *applicationLayer*

A primeira função a ser implementada em *applicationLayer* foi a função **main** que chama e gere as diversas funções da *Interface* para o programa inicializar com as configurações desejadas pelo utilizador. Vai também chamar as funções *ll\_open*, *ll\_close*, *readFile* e *sendFile*.

De seguida, é implementada a função **initStat** que será responsável por inicializar os valores da *struct* que vai conter as estatísticas finais do programa.

É implementada também a função **fillLinkLayer** que inicializa a *struct linkLayer* onde estão atributos como *baudRate*, *timeout*, etc.

A próxima função implementada foi a **createFirstControlPacket** que vai gerir o primeiro pacote de controlo, é neste pacote que é enviado o tamanho do ficheiro a enviar bem como o nome do mesmo.

Foram também implementadas as funções **sendFile** e **readFile**. Na função *sendFile* vai ser lida toda a informação do ficheiro a enviar e guarda-la num *buffer* de chars, a partir do qual a informação será lida para o envio. Após a leitura chama a função responsável pelo envio do primeiro *control packet* e envia-o para o recetor, o *llwrite*. Depois do envio do primeiro *control packet* é calculado o número de pacotes necessários a enviar tendo em conta o tamanho máximo definido pelo utilizador. Os pacotes de dados vão sendo criados com a informação necessária e com os dados do ficheiro em si, sendo chamada a função *llwrite* para enviar os vários pacotes individualmente. Em *readFile* o ficheiro vai sendo recebido e escrito em disco. Cada pacote vai ser interpretado, depois de passar pela função *llread*, e vão ser tomadas medidas diferentes dependendo de que pacote for (primeiro, último ou um pacote de dados). Se for o primeiro *control packet* é guardada a informação do nome e tamanho do ficheiro. Se for o último é criado o ficheiro e toda a informação lida é escrita em disco. Se for um pacote de dados a informação é adicionada ao final do *buffer* de leitura.

## 8 Validação

Para verificar se a transferência do ficheiro *pinguim.gif* foi efetuada com sucesso decidimos colocar uma verificação de início e fim de envio, durante o envio do ficheiro adicionamos uma barra de progresso que iria sendo actualizada à medida que os packets iam sendo enviados.

```
***** RCOM project - 1 *****
# Initial Information #

Mode: Transmitter
Baud rate: B57600
Msg Max Size: 300
Attempts: 3
Timeout: 3

*****

#### Attempting connection... ####
#### Connection established. ####

Size of file expected: 10968
Completed: 100.00% [=====]

# Final Statistics #

Sent Messages: 38
Received RR: 40
Received REJ: 0

Total Timeouts: 2

*****

#### Terminating connection... ####
#### Connection terminated. ####

***** RCOM project - 1 *****
# Initial Information #

Mode: Receiver
Baud rate: B57600
Msg Max Size: 300
Attempts: 3
Timeout: 3

*****

#### Attempting connection... ####
#### Connection established. ####

Completed: 100.00% [=====]

# Final Statistics #

Received Messages: 38
Sent RR: 40
Sent REJ: 0

*****

#### Terminating connection... ####
#### Connection terminated. ####
```

Figura 1: Início e conclusão do envio do ficheiro - Transmitter e Receiver

Adicionamos também o modo *debug* em que iriam ser feitos mais *prints* à medida que o ficheiro ia sendo enviado, sendo também possível verificar quando houvesse *timeouts* ou envio/receção de REJ's.



## 9 Elementos de valorização

### Seleccção de parâmetros pelo utilizador

Ao executar o programa irá inicializar uma interface onde o utilizador vai escolher se será o transmissor ou o recetor, qual a porta de série que irá usar, *baud rate*, tamanho máximo do campo de informação de tramas I, número máximo de retransmissões e intervalo de *timeout*.

### Implementação de REJ

```
1 if (ll->debug == TRUE) {
2     printf("\nBcc2-2: 0x%x", bcc2);
3 }
4
5 if ((*buffer + 3) != ((*buffer + 1) ^ (*buffer + 2))) || ((*buffer + sizeofInfoRead - 2) != bcc2) {
6     if ((*ll).sequenceNumber == 0) {
7
8         if (ll->debug == TRUE) {
9             printf("\n****n2nd ERROR receiving 1, wanted 0, sending REJ 0\n****");
10        }
11        ll->stat->numSentREJ++;
12        writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_0);
13        free(buffer_2);
14        return -5;
15    } else if ((*ll).sequenceNumber == 1) {
16        if (ll->debug == TRUE) {
17            printf("\n****n2nd ERROR receiving 0, wanted 1, sending REJ 1\n****");
18        }
19        ll->stat->numSentREJ++;
20        writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_1);
21        free(buffer_2);
22        return -4;
23    }
24 }
25 else if ((*ll).sequenceNumber == 0 && (*buffer + 2) == C_0) {
26     writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_RR_1);
27     ll->stat->numSentRR++;
28     (*ll).sequenceNumber = 1;
29 } else if ((*ll).sequenceNumber == 1 && (*buffer + 2) == C_1) {
30     writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_RR_0);
31     ll->stat->numSentRR++;
32     (*ll).sequenceNumber = 0;
33 } else if ((*ll).sequenceNumber == 0 && (*buffer + 2) == C_1) {
34     writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_0);
35     if (ll->debug == TRUE) {
36         printf("\n****nERROR receiving 1, wanted 0, sending REJ 0\n****");
37     }
38     ll->stat->numSentREJ++;
39     free(buffer_2);
40     return -2;
41 } else if ((*ll).sequenceNumber == 1 && (*buffer + 2) == C_0) {
42     writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_1);
43     if (ll->debug == TRUE) {
44         printf("\n****nERROR receiving 0, wanted 1, sending REJ 1\n****");
45     }
46     ll->stat->numSentREJ++;
47     free(buffer_2);
48     return -3;
49 }
```

Envio de REJ aquando do erro do tipo BCC2

### Verificação da integridade dos dados pela Aplicação

O programa verifica o tamanho do ficheiro recebido.

### Registo de Ocorrências

É registado na *struct* de estatísticas o número de tramas I (re)transmitidas/recebidas, número de ocorrências de *timeouts* e número de REJ enviados/recebidos.

## 10 Conclusões

Achamos que o objetivo principal para este projecto foi alcançado com sucesso. Durante os primeiros dias não conseguíamos interpretar bem o guião de trabalho fornecido, mas em conjunto com outros grupos tiramos as dúvidas existentes e a partir daí todos os pontos do guião foram bem compreendidos.

No que diz respeito ao trabalho realizado, serviu para que todos os elementos do grupo realmente compreendessem o funcionamento da independência entre as camadas. Como foi anteriormente abordado neste mesmo relatório existe uma independência nítida entre a camada da aplicação e a camada de ligação de dados. A camada da aplicação depende da de ligação de dados, o que ao contrário não se verifica.

A realização deste projecto ajudou-nos a entender melhor os conceitos desta unidade curricular e a aprofundar conhecimentos no que toca a comunicação em redes a partir do uso de portas de série.

## 11 Anexos

### 11.1 Headers

#### 11.1.1 applicationLayer.h

```
1  #include "linkLayer.h"
2  // #include "cli.h"
3
4  int main(int argc, char** argv);
5
6  void fillLinkLayer();
7
8  char * createFirstControlPacket(int * packetSize, char ** fileSizeChar, char
   ** name);
9
10 int sendFile();
11
12 void getNameAndSizeOfFile(char ** packet_1, int sizeOfPacket, int * fileSize,
   char ** fileName);
13
14 Statistics* initStat(Statistics * stats);
```

Anexo 1 - applicationLayer.h

### 11.1.2 linkLayer.h

```
1  #include "utilities.h"
2  #include "linkLayerAux.h"
3
4
5  int ll_open(int * flag, int * stop, int * count, linkLayer * ll, struct
    termios * oldtio);
6
7  int ll_close(int * flag, int * stop, int * count, linkLayer * ll, struct
    termios * oldtio);
8
9  int llwrite(int * stop, linkLayer * ll, char * buffer, int length);
10
11 int llread(linkLayer * ll, char ** buffer);
```

Anexo 2 - linkLayer.h

### 11.1.3 linkLayerAux.h

```
1 void writeMsg(int * fd, char aFlag, char cFlag);
2
3 int readResponse(int * fd, int * flag, char aFlag, char cFlag);
4
5 void configure(linkLayer * ll, struct termios * oldtio);
6
7 void resetConfiguration(int * fd, struct termios * oldtio);
8
9 void triggerAlarm();
10
11 int readSenderResponse(linkLayer * ll);
12
13 char * stuff(char **deStuffed, int deStuffedLength, int * bufSize);
14
15 int readInfo(int * fd, int * flag, char * buffer);
16
17 int desStuff(char * destuffed, char ** stuffed, linkLayer * ll);
18
19 int removeFrameHeaderAndTrailer(char ** buffer, int sizeOfInfoRead);
```

Anexo 3 - linkLayerAux.h

#### 11.1.4 utilities.h

```
1  #include <sys/types.h>
2  #include <sys/stat.h>
3  #include <fcntl.h>
4  #include <termios.h>
5  #include <stdio.h>
6  #include <stdlib.h>
7  #include <string.h>
8  #include <unistd.h>
9  #include <signal.h>
10 #include <stdint.h>
11
12 #define BAUDRATE B9600
13 #define MODEMDEVICE "/dev/ttyS0"
14 #define _POSIX_SOURCE 1 // POSIX compliant source
15 #define FALSE 0
16 #define TRUE 1
17
18 #define FLAG 0x7e
19 #define A_1 0x03
20 #define A_2 0x01
21
22 #define C_0 0x0
23 #define C_1 0x20
24
25 #define C_RR_0 0x1
26 #define C_RR_1 0x21
27 #define C_REJ_0 0x5
28 #define C_REJ_1 0x25
29
30 #define C_SET 0x07
31 #define C_UA 0x03
32 #define C_DISC 0x0b
33
34 #define ESCAPE 0x7d
35 #define FLAG_EXC 0x5e
36 #define ESCAPE_EXC 0x5d
37
38 #define BCC A^C_SET
39 #define SETLEN 5
40 #define TIMEOUT 3
41 #define ATTEMPTS 3
42
43 #define MAX_PACKET_SIZE 350
44
45 #define UALENGTH 5
46
47 typedef struct {
48     char status;
49
50     int debug;
51 } applicationLayer;
52
53 typedef struct {
54     int sentMessages;
```

```

55     int receivedMessages;
56
57     int timeouts;
58
59     int numSentRR;
60     int numReceivedRR;
61
62     int numSentREJ;
63     int numReceivedREJ;
64 } Statistics;
65
66 typedef struct {
67     int fd;
68     char port[20];
69     int baudRate;
70     unsigned int sequenceNumber;
71     unsigned int timeout;
72     unsigned int numTransmissions;
73     int packSize;
74
75     char status;
76     int debug;
77
78     Statistics * stat;
79 } linkLayer;
80
81
82
83 int getFileSize(FILE* file);
84
85 char * getLine(void);

```

Anexo 4 - utilities.h

### 11.1.5 cli.h

```
1  // #include <stdio.h>
2  #include "utilities.h"
3
4  void clearScreen();
5
6  int initialMenu();
7
8  void flushIn();
9
10 int chooseBaudrate();
11
12 int chooseMaxSize();
13
14 int chooseTimeout();
15
16 int chooseNumTransmissions();
17
18 void showInitialInfo(linkLayer * ll, applicationLayer * al);
19
20 void printProgressBar(int current, int total);
21
22 void printStats(applicationLayer * al, Statistics * stats);
23
24 void chooseFileName(char ** fileName);
```

Anexo 5 - cli.h



## 11.2 \*.c files

### 11.2.1 applicationLayer.c

```
1  #include "applicationLayer.h"
2
3
4  int * flag;
5  int * count;
6  int * stop;
7
8  applicationLayer * al;
9  linkLayer * ll;
10
11 int main(int argc, char** argv) {
12
13     //***** Check if the arguments are corrected
14     //*****
15     if (argc != 1)
16     {
17         printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial /dev/ttyS1\n");
18         exit(1);
19     }
20     //
21     //*****
22
23     al = (applicationLayer *) malloc(sizeof(applicationLayer));
24     ll = (linkLayer *) malloc(sizeof(linkLayer));
25     fillLinkLayer();
26
27     int firstChoice = -1;
28     while (firstChoice < 0) { firstChoice = initialMenu(); }
29
30     if (firstChoice == 1) { (*al).status = 'W'; }
31     else { (*al).status = 'R'; }
32
33     firstChoice = -1;
34     while (firstChoice < 0) { firstChoice = choosePort(); }
35
36     char port[] = "/dev/ttySX\0";
37     if (firstChoice == 1) { port[9] = '0'; }
38     else { port[9] = '4'; }
39     strncpy((*ll).port, port, 11);
40
41     firstChoice = -1;
42     while (firstChoice == -1) { firstChoice = chooseBaudrate(); }
43     switch(firstChoice) {
44         case 1:
45             (*ll).baudRate = B300;
46             break;
47         case 2:
48             (*ll).baudRate = B600;
49             break;
50         case 3:
```

```

51         (*ll).baudRate = B1200;
52         break;
53     case 4:
54         (*ll).baudRate = B1800;
55         break;
56     case 5:
57         (*ll).baudRate = B2400;
58         break;
59     case 6:
60         (*ll).baudRate = B4800;
61         break;
62     case 7:
63         (*ll).baudRate = B9600;
64         break;
65     case 8:
66         (*ll).baudRate = B19200;
67         break;
68     case 9:
69         (*ll).baudRate = B38400;
70         break;
71     case 10:
72         (*ll).baudRate = B57600;
73         break;
74     case 11:
75         (*ll).baudRate = B115200;
76         break;
77     default:
78         printf("\nError in choice of baudrate\n");
79         return -1;
80 }
81
82 firstChoice = -1;
83 while (firstChoice < 0) { firstChoice = chooseMaxSize(); }
84 (*ll).packSize = firstChoice;
85
86 firstChoice = -1;
87 while (firstChoice < 0) { firstChoice = chooseTimeout(); }
88 (*ll).timeout = firstChoice;
89
90 firstChoice = -1;
91 while (firstChoice < 0) { firstChoice = chooseNumTransmissions(); }
92 (*ll).numTransmissions = firstChoice;
93
94 count = malloc(sizeof(int));
95 flag = malloc(sizeof(int));
96 stop = malloc(sizeof(int));
97 *count = 0;
98 *flag = TRUE;
99 *stop = FALSE;
100
101 struct termios oldtio;
102
103 (void) signal(SIGALRM, triggerAlarm); // instala rotina que atende interrupcao
104
105 showInitialInfo(ll, al);
106

```

```

107 printf("\n#### Attempting connection...   ####\n");
108 if (ll_open(flag, stop, count, ll, &oldtio) < 0) {
109     printf("\nError in ll_open\n");
110     return -1;
111 }
112 printf("\n#### Connection established.   ####\n");
113
114 if ((*al).status == 'W') {
115     if ((*al).debug == TRUE) {
116         printf("\n-----Sending control packet 1
117             -----\n");
118     }
119     if (sendFile() < 0) {
120         printf("\nError in sendFile\n");
121         return -1;
122     }
123     if ((*al).debug == TRUE) {
124         printf("\n-----Sent control packet 1
125             -----\n");
126     }
127 }
128 else if ((*al).status == 'R') {
129     if ((*al).debug == TRUE) {
130         printf("\n-----Receiving control packet 1
131             -----\n");
132     }
133     printf("\n");
134     if (readFile() < 0) {
135         printf("\nError in readFile\n");
136         return -1;
137     }
138     if ((*al).debug == TRUE) {
139         printf("\n-----Received control packet 1
140             -----\n");
141     }
142 }
143
144 printStats(al, ll->stat);
145
146 printf("\n\n#### Terminating connection...   ####\n");
147 if (ll_close(flag, stop, count, ll, &oldtio) < 0) {
148     printf("\nError in ll_close\n");
149     return -1;
150 }
151 printf("\n#### Connection terminated.   ####\n");
152
153 free(count);
154 free(flag);
155 free(stop);
156
157 free(al);
158 free((*ll).stat);
159 free(ll);
160
161 //printf("\nTerminated!\n");

```

```

159
160     return 0;
161 }
162
163 Statistics* initStat(Statistics * stats) {
164     (*stats).sentMessages = 0;
165     (*stats).receivedMessages = 0;
166     (*stats).timeouts = 0;
167     (*stats).numSentRR = 0;
168     (*stats).numReceivedRR = 0;
169     (*stats).numSentREJ = 0;
170     (*stats).numReceivedREJ = 0;
171     return;
172 }
173
174 void fillLinkLayer() {
175     (*ll).baudRate = BAUDRATE;
176     (*ll).sequenceNumber = 0;
177     (*ll).timeout = TIMEOUT;
178     (*ll).numTransmissions = ATTEMPTS;
179     (*ll).packSize = MAX_PACKET_SIZE + 6;
180     (*al).debug = FALSE;
181
182     (*ll).status = (*al).status;
183
184     (*ll).stat = malloc(sizeof(Statistics));
185     initStat((*ll).stat);
186 }
187
188 char * createFirstControlPacket(int * packetSize, char ** fileSizeChar, char **
    name) {
189     *packetSize = 24;
190     char * control = malloc(sizeof(char) * (*packetSize));
191     int sizeOfName = 11;
192     uint8_t size = (sizeOfName & 0xFF);
193     //char con[] = "10 ola.txt18";
194     char * co = malloc(sizeof(char) * 100);
195     *co = '1';
196     *(co+1) = '0';
197     *(co+2) = size;
198     int i = 3;
199     while (i < (i + (int)strlen(*name))) {
200         *(co + i) = *(*name + (i-3));
201         i++;
202     }
203     *(co + i) = '1';
204     *(co + i + 1) = '8';
205     *(co + i + 2) = '\0';
206     /*char con[] = "10 pinguim.gif18";
207     con[2] = size;*/
208     strcpy(control, co);
209     free(co);
210
211     //strncpy(control + 12, *fileSizeChar, 8);
212     strncpy(control + 16, *fileSizeChar, 8);
213

```

```

214     return control;
215 }
216
217 int sendFile() {
218     int packetSize;
219
220     char * fileName;
221     fileName = malloc(sizeof(char) * 100);
222     chooseFileName(&fileName);
223
224     printf("\n\nChosen is: [%s] Size is: [%d]\n\n", fileName, (int)strlen(fileName));
225
226     FILE * pfd = fopen("./pinguim.gif", "r");
227     int fileSize = getFileSize(pfd);
228
229     printf("\n\nSize of file expected: %d\n\n", fileSize);
230
231     char * fullFile = malloc(sizeof(char) * fileSize);
232     char * fullFileStart = fullFile;
233     fread(fullFile, fileSize, 1, pfd);
234     char * fileSizeChar = malloc(sizeof(char) * 8);
235     sprintf(fileSizeChar, "%d", fileSize);
236
237     char * packet_1 = createFirstControlPacket(&packetSize, &fileSizeChar, &
        fileName);
238     free(fileSizeChar);
239
240     //Sends First control packet
241     if ((*al).debug == TRUE) {
242         printf("\n-----\nFirst Control
        Packet");
243     }
244     llwrite(stop, ll, packet_1, packetSize);
245
246     int packetCounter = 0;
247     int numberOfPackets = fileSize / (((*ll).packSize - 6) - 4);
248     if ((fileSize % (((*ll).packSize - 6) - 4)) > 0)
249         numberOfPackets++;
250     while (packetCounter < numberOfPackets) {
251
252         if ((*al).debug == TRUE) {
253             printf("\n-----\nPacket Number
                : %d", packetCounter);
254         }
255         char * infoPacket = malloc(sizeof(char) * ((*ll).packSize - 6));
256         *infoPacket = '0';
257         *(infoPacket + 1) = (char) packetCounter;
258         char k = (char) (((*ll).packSize - 6) - 4);
259         uint8_t l1 = ((k & 0xFF00) >> 8);
260         *(infoPacket + 2) = l1;
261         uint8_t l2 = (k & 0x00FF);
262         *(infoPacket + 3) = l2;
263
264         int i = 4;
265         while (i < ((*ll).packSize - 6) && ((packetCounter*((*ll).packSize - 6)

```

```

266         -4) + (i-4)) < fileSize)) {
267             *(infoPacket + i) = *fullFile;
268             fullFile++;
269             i++;
270         }
271
272         if ((*al).debug == TRUE) {
273             printf("\nPacket size is: %d\n", i);
274         }
275         if (llwrite(stop, ll, infoPacket, i) < 0)
276         {
277             printf("\nError in llwrite\n");
278             free(packet_1);
279             free(fullFileStart);
280             fclose(pfd);
281             free(infoPacket);
282
283             printProgressBar((packetCounter*((*ll).packSize - 6)-4) + (i-4)),
284                             fileSize);
285
286             return -1;
287         }
288
289         printProgressBar((packetCounter*((*ll).packSize - 6)-4) + (i-4)),
290                             fileSize);
291
292         free(infoPacket);
293         packetCounter++;
294         (*ll).stat->sentMessages++;
295     }
296     printf("\n");
297
298     //Sends Last control Packet
299     *packet_1 = '2';
300     if ((*al).debug == TRUE) {
301         printf("\n-----\nLast Control
302             Packet");
303     }
304     llwrite(stop, ll, packet_1, packetSize);
305
306     free(packet_1);
307     free(fullFileStart);
308     fclose(pfd);
309     free(fileName);
310     return 0;
311 }
312
313 int readFile() {
314     char * finalFile;
315     char * finalFileToStore;
316     char * fileName;
317     int fileSize;
318     int packetCounter = 0;
319
320     int cn = FALSE;

```

```

318 while (cn == FALSE) {
319     char * packet_1;
320     int sizeOfPacket = -1;
321     if ((*al).debug == TRUE) {
322         printf("\n
n-----\n
nPacket Received\n");
323     }
324     while (sizeOfPacket < 0) {
325         sizeOfPacket = llread( ll, &packet_1);
326         if (sizeOfPacket < 0)
327             free(packet_1);
328     }
329     if ((*al).debug == TRUE) {
330         printf("\nSize of packet is: %d\n", sizeOfPacket);
331     }
332
333     if (sizeOfPacket < 0) {
334         free(packet_1);
335         continue;
336     } else if (*packet_1 == '2') {
337         cn = TRUE;
338
339         char * name = malloc(sizeof(char) * 50);
340         char path [] = "./received/";
341         int i = 0;
342         while (i < 11) {
343             *(name + i) = path[i];
344             i++;
345         }
346         strcpy(name+i, fileName);
347
348         FILE * pfd = fopen(name, "w");
349         fwrite(finalFile, fileSize, 1, pfd);
350
351         fclose(pfd);
352     } else if (*packet_1 == '1') {
353         getNameAndSizeOfFile(&packet_1, sizeOfPacket, &fileSize, &fileName);
354
355         finalFile = malloc(sizeof(char) * fileSize);
356         finalFileToStore = finalFile;
357     } else if (*packet_1 == '0') {
358         int i = 4;
359         while (i < sizeOfPacket) {
360             *finalFileToStore = *(packet_1 + i);
361             i++;
362             finalFileToStore++;
363         }
364
365         printProgressBar((packetCounter*(((ll).packSize - 6)-4) + (i-4)),
            fileSize);
366         packetCounter++;
367         ll->stat->receivedMessages++;
368
369     } else {
370         free(packet_1);

```

```

371     }
372 }
373 printf("\n");
374
375 free(fileName);
376 free(finalFile);
377
378 return 0;
379 }
380
381 void getNameAndSizeOfFile(char ** packet_1, int sizeOfPacket, int * fileSize, char
    ** fileName) {
382     int j =>(*packet_1 + 2);
383     int i = 3;
384
385     *fileName = malloc(sizeof(char) * (j + 2));
386
387     //Get the name of the file
388     while (i < (j + 3)) {
389         *(*fileName + (i - 3)) =>(*packet_1 + i);
390         i++;
391     }
392     *(*fileName + (i - 3)) = '\0';
393
394     //Get the size of the file
395     //i++; //Size of the byte that describes the size
396     i++; //Because of the 8 (size of 2 bytes)
397     char rest[sizeOfPacket - i];
398     j = i;
399     j++;
400
401     while (i < sizeOfPacket) {
402         rest[i - j] =>(*packet_1 + i);
403         i++;
404     }
405
406     rest[i - j] = '\0';
407
408     *fileSize = atoi(rest);
409 }
410 }

```

Anexo 6 - applicationLayer.c



### 11.2.2 linkLayer.c

```
1  #include "linkLayer.h"
2
3  int * flagPointer;
4  int * countPointer;
5  int * timeoutAlarm;
6
7  //***** Function to send the message *****
8  void writeMsg(int * fd, char aFlag, char cFlag) {
9      tcflush(*fd, TCOFLUSH); // Clean output buffer
10
11     //***** Setting the flags to send *****
12     unsigned char SET[SETLEN];
13     SET[0] = FLAG;
14     SET[1] = aFlag;
15     SET[2] = cFlag;
16     SET[3] = SET[1] ^ SET[2]; //BCC
17     SET[4] = FLAG;
18     //*****
19
20     write(*fd, SET, SETLEN); //Sending the info
21 }
22 //*****
23
24 //***** Read the response of the receiver *****
25 int readResponse(int * fd, int * flag, char aFlag, char cFlag) {
26
27     int res;
28     char response[5];
29
30
31     //***** While that controls the reading of the response of the
32         receiver *****
33     unsigned int stateMachine = 0;
34     while (stateMachine < 5) { // state machine control
35         char readChar;
36         res = read(*fd, &readChar, 1); // returns after 1 char input
37
38         if (!*flag && (res == 1)) {
39             switch (stateMachine) {
40                 case 0:
41                     if (readChar == FLAG) {
42                         response[stateMachine] = readChar;
43                         stateMachine = 1;
44                     }
45                     break;
46                 case 1:
47                     if (readChar == FLAG) {
48                         break;
49                     } else if (readChar == aFlag) {
50                         response[stateMachine] = readChar;
51                         stateMachine = 2;
52                     }
53                     break;
54                 } else {
55                     stateMachine = 0;
56                 }
57             }
58         }
59     }
```

```

54         break;
55     }
56     case 2:
57     if (readChar == FLAG) {
58         stateMachine = 1;
59         break;
60     } else if (readChar == cFlag) {
61         response[stateMachine] = readChar;
62         stateMachine = 3;
63         break;
64     } else {
65         stateMachine = 0;
66         break;
67     }
68     case 3:
69     if (readChar == FLAG) {
70         stateMachine = 1;
71         break;
72     } else if (readChar == (aFlag^cFlag)) {
73         response[stateMachine] = readChar;
74         stateMachine = 4;
75         break;
76     } else {
77         stateMachine = 0;
78         break;
79     }
80     case 4:
81     switch(readChar) {
82         case FLAG:
83             response[stateMachine] = readChar;
84             stateMachine = 5;
85             break;
86         default:
87             stateMachine = 0;
88             break;
89     }
90     break;
91     }
92 }
93 else if (*flag)
94     break;
95 }
96
97 //
98
99     if(*flag)
100     return -1;
101
102     return 0;
103 }
104
105 //***** Read the response of the receiver *****
106 int readInfo(int * fd, int * flag, char * buffer) {
107

```

```

108     int res;
109     int end = FALSE;
110     char * bufferP = buffer;
111     int c = 0;
112
113     tcflush(*fd, TCIFLUSH);
114     //***** While that controls the reading of the response of the
115         receiver *****
116     while (end == FALSE) { // state machine control
117         char readChar;
118         res = read(*fd,&readChar,1); // returns after 1 char input
119
120         if (!*flag && (res == 1)) {
121             *bufferP = readChar;
122
123             if (c > 3) {
124                 if ((*bufferP) == FLAG) {
125                     end = TRUE;
126                 }
127             }
128             c++;
129             bufferP++;
130         }
131         else if (*flag)
132             break;
133     }
134     //
135     *****
136
137     if(*flag)
138         return -1;
139
140     return c;
141 }
142 //***** Function to configure the port and store the old configurations
143         *****
144 void configure(linkLayer * ll, struct termios * oldtio) {
145     //Initialized variable to set the new config to the port
146     struct termios newtio;
147     if (ll->debug == TRUE) {
148         printf("\nConfiguration started!");
149     }
150
151     //Open the serial port
152     ll->fd = open((*ll).port, O_RDWR | O_NOCTTY | O_NONBLOCK );
153
154     //Check for errors of opening the port
155     if (ll->fd < 0) {
156         perror((*ll).port);
157         exit(-1);
158     }
159

```

```

160     if ( tcgetattr(ll->fd,oldtio) == -1) { // save current port settings
161         perror("tcgetattr");
162         exit(-1);
163     }
164
165     if (ll->debug == TRUE) {
166         printf("\nOld config saved...");
167     }
168
169     //***** Set the new configuration of the port *****
170     bzero(&newtio, sizeof(newtio));
171     newtio.c_cflag = (*ll).baudRate | CS8 | CLOCAL | CREAD;
172     newtio.c_iflag = IGNPAR;
173     newtio.c_oflag = OPOST;
174     // set input mode (non-canonical, no echo,...)
175     newtio.c_lflag = 0;
176     newtio.c_cc[VTIME] = 0.1;
177     newtio.c_cc[VMIN] = 1; // blocking read until 1 chars received
178
179     if (ll->debug == TRUE) {
180         printf("\nSaving new config! ");
181     }
182
183     if ( tcsetattr(ll->fd,TCSANOW,&newtio) == -1)
184     {
185         perror("tcsetattr");
186         exit(-1);
187     }
188     //*****
189
190     if (ll->debug == TRUE) {
191         printf("\nConfiguration set");
192     }
193 }
194 //
195
196 //***** Reset the serial port configuration *****
197 void resetConfiguration(int * fd, struct termios * oldtio) {
198
199     //Sleep before resetting the configuration to prevent errors in communication
200     sleep(1);
201     if ( tcsetattr(*fd,TCSANOW,oldtio) == -1)
202     {
203         perror("tcsetattr");
204         exit(-1);
205     }
206
207     close(*fd);
208 }
209 //*****
210
211 //***** Function to trigger alarm *****
212 void triggerAlarm() {
213     *flagPointer = TRUE;

```

```

214     *countPointer = *countPointer + 1;
215     *timeoutAlarm = *timeoutAlarm + 1;
216
217     //printf("\nTimeout Expired");
218
219 }
220 //*****
221
222 int ll_open(int * flag, int * stop, int * count, linkLayer * ll, struct termios *
oldtio) {
223
224     ll->debug = FALSE;
225
226     if (ll->debug == TRUE) {
227         printf("\n-----\nStarted
ll_open()");
228     }
229
230     configure(ll, oldtio);
231
232     flagPointer = flag;
233     countPointer = count;
234     timeoutAlarm = &(ll->stat->timeouts);
235
236     //***** While cycle to control the sending of the message *****
237     if (ll->status == 'W') {
238         if (ll->debug == TRUE) {
239             printf("\nThis is the sender...");
240         }
241
242         tcflush(ll->fd, TCIFLUSH);
243         while(*count < (*ll).numTransmissions) {
244
245             if(&flag) {
246                 alarm((*ll).timeout);
247
248                 //printf("\nAttempts remaining: %d ", (ATTEMPTS - *count - 1));
249
250                 tcflush(ll->fd, TCOFLUSH);
251
252                 writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_SET);
253                 tcflush(ll->fd, TCIFLUSH);
254                 *flag = FALSE;
255                 if (ll->debug == TRUE) {
256                     printf("\nwaiting...");
257                 }
258                 if(readResponse(&(ll->fd), flag, A_1, C-UA) == 0) {
259                     if (ll->debug == TRUE) {
260                         printf("\n-> Response received!");
261                     }
262                     break;
263                 }
264             }
265         }
266         //
*****

```

```

267         if (*count == (*ll).numTransmissions)
268             return -1;
269     }
270     else if (ll->status == 'R') {
271         if (ll->debug == TRUE) {
272             printf("\nThis is the receiver");
273         }
274         int flagT = FALSE;
275         tcflush(ll->fd, TCIFLUSH);
276         while (readResponse(&ll->fd, &flagT, A_1, C_SET) != 0) { continue; }
277         writeMsg(&ll->fd, A_1, C_UA);
278     }
279
280     if (ll->debug == TRUE) {
281         printf("\n-----\nFinished
282             ll_open()");
283     }
284     return 0;
285 }
286
287 int ll_close(int * flag, int * stop, int * count, linkLayer * ll, struct termios *
288     oldtio) {
289     if (ll->debug == TRUE) {
290         printf("\n-----\nStarted
291             ll_close()");
292     }
293
294     flagPointer = flag;
295     countPointer = count;
296
297     *flagPointer = FALSE;
298
299     //***** While cycle to control the sending of the message *****
300     if (ll->status == 'W') {
301         if (ll->debug == TRUE) {
302             printf("\nWill send DISC...");
303         }
304
305         tcflush(ll->fd, TCIFLUSH);
306         while(*count < (*ll).numTransmissions) {
307
308             if(&flag) {
309                 alarm((*ll).timeout);
310
311                 //printf("\nAttempts remaining: %d ", (ATTEMPTS - *count - 1));
312                 writeMsg(&ll->fd, A_1, C_DISC);
313                 tcflush(ll->fd, TCIFLUSH);
314                 *flag = FALSE;
315                 if (ll->debug == TRUE) {
316                     printf("\nwaiting...");
317                 }
318                 if(readResponse(&ll->fd, flag, A_2, C_DISC) == 0) {
319                     if (ll->debug == TRUE) {
320                         printf("\n-> Response received!");
321                     }
322                 }
323             }
324         }
325     }

```

```

319         }
320         break;
321     }
322 }
323 }
324 if (*count == (*ll).numTransmissions)
325     return -1;
326
327 if (ll->debug == TRUE) {
328     printf("\nSending last message (C-UA)");
329 }
330 writeMsg(&ll->fd, A_2, C-UA);
331 //
332     *****
333 }
334 else if (ll->status == 'R') {
335     if (ll->debug == TRUE) {
336         printf("\nWill receive DISC and respond the same\n");
337     }
338     int flagT = FALSE;
339     tcflush(ll->fd, TCIFLUSH);
340     while (readResponse(&(ll->fd), &flagT, A_1, C_DISC) != 0) { continue; }
341     writeMsg(&(ll->fd), A_2, C_DISC);
342     while (readResponse(&(ll->fd), &flagT, A_2, C-UA) != 0) { continue; }
343 }
344
345 resetConfiguration(&ll->fd, oldtio);
346
347 if (ll->debug == TRUE) {
348     printf("\n-----\nFinished
349         ll_close()");
350 }
351 }
352
353 int llread(linkLayer * ll, char ** buffer) {
354     int flagT = FALSE;
355
356     char * buffer_2 = malloc(sizeof(char) * (((*ll).packSize - 6) * 2) + 16));
357
358     int nRead = -1;
359     while (nRead < 0) {
360         nRead = readInfo(&ll->fd, &flagT, buffer_2);
361     }
362
363     int sizeOfInfoRead = deStuff(buffer_2, buffer, ll);
364
365     if ((*buffer + 2) == C_0) {
366         if (ll->debug == TRUE) {
367             printf("\nSequence number received was: 0");
368         }
369     }
370
371     else if ((*buffer + 2) == C_1) {
372         if (ll->debug == TRUE) {
373             printf("\nSequence number received was: 1");
374         }
375     }
376 }

```

```

372     }
373
374     if (ll->debug == TRUE) {
375         printf(" | Sequence number asked was: %d", (*ll).sequenceNumber);
376
377         printf("\nA: 0x%x", (*buffer + 1));
378         printf("\nC: 0x%x", (*buffer + 2));
379         printf("\nBcc1: 0x%x", (*buffer + 3));
380         printf("\nBcc2: 0x%x", (*buffer + sizeofInfoRead - 2));
381     }
382
383     int length = sizeofInfoRead - 6;
384     int q = 4;
385     char bcc2 = 0x0;
386     while (q < (length + 4)) {
387         bcc2 = bcc2 ^ (*buffer + q);
388         q++;
389     }
390
391     if (ll->debug == TRUE) {
392         printf("\nBcc2-2: 0x%x", bcc2);
393     }
394
395     if ((*buffer + 3) != ((*buffer + 1) ^ (*buffer + 2))) || ((*buffer +
396         sizeofInfoRead - 2) != bcc2)) {
397         if ((*ll).sequenceNumber == 0) {
398             if (ll->debug == TRUE) {
399                 printf("\n****\n2nd ERROR receiving 1, wanted 0, sending REJ 0\n****
400                     ");
401             }
402             ll->stat->numSentREJ++;
403             writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_0);
404             free(buffer_2);
405             return -5;
406         } else if ((*ll).sequenceNumber == 1) {
407             if (ll->debug == TRUE) {
408                 printf("\n****\n2nd ERROR receiving 0, wanted 1, sending REJ 1\n****
409                     ");
410             }
411             ll->stat->numSentREJ++;
412             writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_1);
413             free(buffer_2);
414             return -4;
415         }
416     }
417
418     if ((*ll).sequenceNumber == 0 && (*buffer + 2) == C_0) {
419         writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_RR_1);
420         ll->stat->numSentRR++;
421         (*ll).sequenceNumber = 1;
422     } else if ((*ll).sequenceNumber == 1 && (*buffer + 2) == C_1) {
423         writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_RR_0);
424         ll->stat->numSentRR++;
425         (*ll).sequenceNumber = 0;
426     } else if ((*ll).sequenceNumber == 0 && (*buffer + 2) == C_1) {
427         writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_0);

```



```

425         if (ll->debug == TRUE) {
426             printf("\n****\nERROR receiving 1, wanted 0, sending REJ 0\n****");
427         }
428         ll->stat->numSentREJ++;
429         free(buffer_2);
430         return -2;
431     } else if ((*ll).sequenceNumber == 1 &&>(*buffer + 2) == C_0) {
432         writeMsg(&(ll->fd), A_1, C_REJ_1);
433         if (ll->debug == TRUE) {
434             printf("\n****\nERROR receiving 0, wanted 1, sending REJ 1\n****");
435         }
436         ll->stat->numSentREJ++;
437         free(buffer_2);
438         return -3;
439     }
440
441     free(buffer_2);
442
443     sizeOfInfoRead = removeFrameHeaderAndTrailer(buffer, sizeOfInfoRead);
444
445     return sizeOfInfoRead;
446 }
447
448 int llwrite(int * stop, linkLayer * ll, char * buffer, int length) {
449
450     //Fill the toSend char array
451     char * toSend = malloc(sizeof(char) * (length + 6));
452     *toSend = FLAG;
453     *(toSend + 1) = A_1;
454
455     if ((*ll).sequenceNumber == 0) {
456         *(toSend + 2) = C_0;
457     }
458     else {
459         *(toSend + 2) = C_1;
460     }
461
462     *(toSend + 3) = *(toSend + 1) ^ *(toSend + 2);
463
464     unsigned int j = 0;
465     while (j < length) {
466         *(toSend + j + 4) = *buffer;
467         buffer++;
468         j++;
469     }
470
471     *(toSend + length + 4) = 0x0;
472     int q = 4;
473     while (q < (length + 4)) {
474         *(toSend + length + 4) = *(toSend + length + 4) ^ *(toSend + q);
475         q++;
476     }
477
478     *(toSend + length + 5) = FLAG;
479
480     if (ll->debug == TRUE) {

```

```

481     printf("\nA: 0x%x", *(toSend + 1));
482     printf("\nC: 0x%x", *(toSend + 2));
483     printf("\nBcc1: 0x%x", *(toSend + 3));
484     printf("\nBcc2: 0x%x", *(toSend + length + 4));
485 }
486
487 //Finished filling the char array
488
489 int bufSize = 0;
490
491 char *toSendStuffed = stuff(&toSend, length + 6, &bufSize);
492
493 *countPointer = 0;
494 //***** While cycle to control the sending of the message *****
495 int rr = FALSE;
496 while(*countPointer < (*ll).numTransmissions && rr == FALSE) {
497     if (ll->debug == TRUE) {
498         printf("\nSending Packet with seqNum: 0x%x", *(toSendStuffed + 2));
499     }
500     if(&flagPointer) {
501         alarm((*ll).timeout);
502         //printf("\nAttempts remaining: %d ", (ATTEMPTS - *countPointer - 1));
503
504         tcflush(ll->fd, TCOFLUSH);
505         write(ll->fd, toSendStuffed, bufSize); //Sending the info
506         //*****
507
508         *flagPointer = FALSE;
509         int resp = readSenderResponse(ll);
510         if(resp == 0) {
511             (*ll).sequenceNumber = 0;
512             if (ll->debug == TRUE) {
513                 printf("\n-> Received RR | Receiver asking for packet 0");
514             }
515             ll->stat->numReceivedRR++;
516             rr = TRUE;
517         }
518         else if(resp == 1) {
519             (*ll).sequenceNumber = 1;
520             if (ll->debug == TRUE) {
521                 printf("\n-> Received RR | Receiver asking for packet 1");
522             }
523             ll->stat->numReceivedRR++;
524             rr = TRUE;
525         }
526         else if (resp == -2) {
527             if (ll->debug == TRUE) {
528                 printf("\n-> Received REJ | Receiver asking for packet 0");
529             }
530             ll->stat->numReceivedREJ++;
531         }
532         else if (resp == -3) {
533             if (ll->debug == TRUE) {
534                 printf("\n-> Received REJ | Receiver asking for packet 1");
535             }
536             ll->stat->numReceivedREJ++;

```

```

537     } else {
538         if (ll->debug == TRUE) {
539             printf("\nTIMEOUT - did not read response");
540         }
541     }
542     if (ll->debug == TRUE) {
543         printf("\n");
544     }
545     usleep(0.5 * 1000000);
546     //*****
547 } else {
548     if (ll->debug == TRUE) {
549         printf("\nTIMEOUT expired");
550     }
551 }
552
553 }
554 if (*countPointer == (*ll).numTransmissions) {
555     free(toSendStuffed);
556     free(toSend);
557     return -1;
558 }
559 free(toSendStuffed);
560 free(toSend);
561 //*****
562 }
563
564 //***** Read the response of the receiver *****
565 int readSenderResponse(linkLayer * ll) {
566
567     int res;
568     char response[5];
569
570     //***** While that controls the reading of the response of the
571         receiver *****
572     unsigned int stateMachine = 0;
573     while (stateMachine < 5) { // state machine control
574         char readChar;
575         res = read(ll->fd,&readChar,1); // returns after 1 char input
576
577         if (!*flagPointer && (res == 1)) {
578             switch (stateMachine) {
579                 case 0:
580                     if (readChar == FLAG) {
581                         response[stateMachine] = readChar;
582                         stateMachine = 1;
583                     }
584                     break;
585                 case 1:
586                     if (readChar == FLAG) {
587                         break;
588                     } else if (readChar == A_1) {
589                         response[stateMachine] = readChar;
590                         stateMachine = 2;
591                         break;
592                     } else {

```

```

592         stateMachine = 0;
593         break;
594     }
595     case 2:
596     if (readChar == FLAG) {
597         stateMachine = 1;
598         break;
599     } else if ((readChar == C_REJ_0) || (readChar == C_REJ_1) || (
600         readChar == C_RR_0) || (readChar == C_RR_1)) {
601         response[stateMachine] = readChar;
602         stateMachine = 3;
603         break;
604     } else {
605         stateMachine = 0;
606         break;
607     }
608     case 3:
609     if (readChar == FLAG) {
610         stateMachine = 1;
611         break;
612     } else if (readChar == (response[1]^response[2])) {
613         response[stateMachine] = readChar;
614         stateMachine = 4;
615         break;
616     } else {
617         stateMachine = 0;
618         break;
619     }
620     case 4:
621     switch(readChar) {
622         case FLAG:
623             response[stateMachine] = readChar;
624             stateMachine = 5;
625             break;
626         default:
627             stateMachine = 0;
628             break;
629     }
630     break;
631 }
632 else if (*flagPointer)
633     break;
634 }
635
636 //
637
638 if(*flagPointer)
639     return -1;
640
641 if (response[2] == C_REJ_0 && (stateMachine == 5))
642     return -2;
643 else if (response[2] == C_REJ_1 && (stateMachine == 5))
644     return -3;

```

\*\*\*\*\*

```

645     else if (response[2] == C_RR_0 && (stateMachine == 5)) {
646         return 0;
647     }
648     else if (response[2] == C_RR_1 && (stateMachine == 5)) {
649         return 1;
650     } else {
651         return -1;
652     }
653 }
654
655 char * stuff(char ** deStuffed, int deStuffedLength, int * bufSize) {
656     int totalLength = ((deStuffedLength + 1) * 2) + 5;
657
658     char * toRet = malloc(sizeof(char) * totalLength);
659     int i = 4;
660     int j = 0;
661     while (j < 4) {
662         *(toRet + j) = *(*deStuffed + j);
663         j++;
664     }
665     while (i < (deStuffedLength - 1)) {
666         if ((*deStuffed + i) == FLAG) {
667             *(toRet + j) = ESCAPE;
668             j++;
669             *(toRet + j) = FLAG_EXC;
670         }
671         else if ((*deStuffed + i) == ESCAPE) {
672             *(toRet + j) = ESCAPE;
673             j++;
674             *(toRet + j) = ESCAPE_EXC;
675         }
676         else {
677             *(toRet + j) = *(*deStuffed + i);
678         }
679         i++;
680         j++;
681     }
682     *(toRet + j) = FLAG;
683     j++;
684
685     *bufSize = j;
686     return toRet;
687 }
688
689 int deStuff(char * deStuffed, char ** stuffed, linkLayer * ll) {
690
691     char * temp = malloc(sizeof(char) * (((*ll).packSize - 6) * 2) + 16));
692
693     int stuffedC = 0;
694     int end = FALSE;
695     while (end == FALSE) {
696
697         if (((*deStuffed) == ESCAPE) && ((*deStuffed + 1) == FLAG_EXC)) {
698             *(temp + stuffedC) = FLAG;
699             deStuffed++;
700         }

```

```

701     else if (((*deStuffed) == ESCAPE) && ((*deStuffed + 1) == ESCAPE_EXC)) {
702         (*(temp + stuffedC)) = ESCAPE;
703         deStuffed++;
704     }
705     else {
706         (*(temp + stuffedC)) = (*deStuffed);
707     }
708
709
710     if ((stuffedC > 2) && ((*deStuffed + 1) == FLAG)) {
711         deStuffed++;
712         stuffedC++;
713         *(temp + stuffedC) = FLAG;
714         end = TRUE;
715     }
716
717     deStuffed++;
718     stuffedC++;
719 }
720
721 *stuffed = malloc(sizeof(char) * stuffedC);
722 int i = 0;
723 while (i < stuffedC) {
724     (*(stuffed + i) = *(temp + i);
725     i++;
726 }
727 free(temp);
728
729 return stuffedC;
730 }
731
732 int removeFrameHeaderAndTrailer(char ** buffer, int sizeOfInfoRead) {
733     char * finalB = malloc(sizeof(char) * (sizeOfInfoRead - 6));
734
735     int counter = 4;
736     int i = 0;
737     while (i < sizeOfInfoRead - 6) {
738         *(finalB + i) = (*(buffer + counter);
739         i++;
740         counter++;
741     }
742
743     free(*buffer);
744     *buffer = finalB;
745
746     return sizeOfInfoRead - 6;
747 }

```

## Anexo 7 - linkLayer.c

### 11.2.3 utilities.c

```
1  #include "utilities.h"
2
3  int getFileSize(FILE* file) {
4      long int currentPosition = ftell(file);
5
6      if (fseek(file, 0, SEEK_END) == -1) {
7          printf("ERROR: Could not get file size.\n");
8          return -1;
9      }
10
11     long int size = ftell(file);
12
13     fseek(file, 0, currentPosition);
14
15     return size;
16 }
17
18 char * getLine(void) {
19     char * line = malloc(100), * linep = line;
20     size_t lenmax = 100, len = lenmax;
21     int c;
22
23     if(line == NULL)
24         return NULL;
25
26     for(;;) {
27         c = fgetc(stdin);
28         if(c == EOF)
29             break;
30
31         if(--len == 0) {
32             len = lenmax;
33             char * linen = realloc(linep, lenmax * 2);
34
35             if(linen == NULL) {
36                 free(linep);
37                 return NULL;
38             }
39             line = linen + (line - linep);
40             linep = linen;
41         }
42
43         if((*line++ = c) == '\n')
44             break;
45     }
46     *(line-1) = '\0';
47     return linep;
48 }
```

Anexo 8 - utilities.c

### 11.2.4 cli.c

```
1  #include "cli.h"
2
3  int bRate;
4
5  void clearScreen() {
6      printf("\033[2J");
7  }
8
9  int initialMenu() {
10     clearScreen();
11
12     printf("\n\n\n"
13         "*****\n"
14         "***** RCOM project - 1 *****\n"
15         "*****\n"
16         "**\n"
17         "**          Choose Which side of the program:          **\n"
18         "**\n"
19         "**          1 - Transmitter\n"
20         "**          2 - Receiver\n"
21         "**\n"
22         "*****\n"
23         "\n\n");
24
25     int choice = -1;
26
27     scanf("%d", &choice);
28
29     flushIn();
30
31     if (choice == 1 || choice == 2) {
32         return choice;
33     }
34
35     return -1;
36 }
37
38 int choosePort() {
39     clearScreen();
40
41     printf("\n\n\n"
42         "*****\n"
43         "***** RCOM project - 1 *****\n"
44         "*****\n"
45         "**\n"
46         "**          Choose the port you want to use:          **\n"
47         "**\n"
48         "**          1 - /dev/ttyS0\n"
49         "**          2 - /dev/ttyS4\n"
50         "**\n"
51         "*****\n"
52         "\n\n");
53
54     int choice = -1;
```



```

55
56     scanf("%d", &choice);
57
58     flushIn();
59
60     if (choice == 1 || choice == 2) {
61         return choice;
62     }
63
64     return -1;
65 }
66
67 int chooseBaudrate() {
68     clearScreen();
69
70     printf("\n\n\n"
71         "*****\n"
72         "***** RCOM project - 1 *****\n"
73         "*****\n"
74         "**\n"
75         "          Choose the Baudrate you want to use:    **\n"
76         "**\n"
77         "**      1 - B300                                **\n"
78         "**      2 - B600                                **\n"
79         "**      3 - B1200                               **\n"
80         "**      4 - B1800                               **\n"
81         "**      5 - B2400                               **\n"
82         "**      6 - B4800                               **\n"
83         "**      7 - B9600                                **\n"
84         "**      8 - B19200                               **\n"
85         "**      9 - B38400                               **\n"
86         "**     10 - B57600                               **\n"
87         "**     11 - B115200                              **\n"
88         "**\n"
89         "*****\n"
90         "\n\n");
91
92     int choice = -1;
93
94     scanf("%d", &choice);
95
96     flushIn();
97
98     if (choice >= 1 && choice <= 11) {
99         switch(choice) {
100             case 1:
101                 bRate = 300;
102                 break;
103             case 2:
104                 bRate = 600;
105                 break;
106             case 3:
107                 bRate = 1200;
108                 break;
109             case 4:
110                 bRate = 1800;

```

```

111         break;
112     case 5:
113         bRate = 2400;
114         break;
115     case 6:
116         bRate = 4800;
117         break;
118     case 7:
119         bRate = 9600;
120         break;
121     case 8:
122         bRate = 19200;
123         break;
124     case 9:
125         bRate = 38400;
126         break;
127     case 10:
128         bRate = 57600;
129         break;
130     case 11:
131         bRate = 115200;
132         break;
133     default:
134         printf("\nError in choice of baudrate\n");
135         return -1;
136 }
137     return choice;
138 }
139
140 return -1;
141 }
142
143 int chooseMaxSize() {
144     clearScreen();
145
146     printf("\n\n\n"
147         "*****\n"
148         "***** RCOM project - 1 *****\n"
149         "*****\n"
150         "**\n"
151         "**      Choose the Maximum size of bytes/packet:      **\n"
152         "**\n"
153         "**                      [11 - 2000]                      **\n"
154         "**\n"
155         "*****\n"
156         "\n\n");
157
158     int choice = -1;
159
160     scanf("%d", &choice);
161
162     flushIn();
163
164     if (choice >= 11 && choice <= 2000) {
165         return choice;
166     }

```

```

167
168     return -1;
169 }
170
171 int chooseTimeout() {
172     clearScreen();
173
174     printf("\n\n\n"
175           "*****\n"
176           "***** RCOM project - 1 *****\n"
177           "*****\n"
178           "**\n"
179           "**          Choose the timeout in seconds:    **\n"
180           "**\n"
181           "**          [1 - 60]                               **\n"
182           "**\n"
183           "**          0 - default value                       **\n"
184           "**\n"
185           "*****\n"
186           "\n\n");
187
188     int choice = -1;
189
190     scanf("%d", &choice);
191
192     if (choice == 0) choice = 3;
193
194     flushIn();
195
196     if (choice >= 1 && choice <= 60) {
197         return choice;
198     }
199
200     return -1;
201 }
202
203 int chooseNumTransmissions() {
204     clearScreen();
205
206     printf("\n\n\n"
207           "*****\n"
208           "***** RCOM project - 1 *****\n"
209           "*****\n"
210           "**\n"
211           "**          Choose the number of attempts:        **\n"
212           "**\n"
213           "**          [1 - 60]                               **\n"
214           "**\n"
215           "**\n"
216           "*****\n"
217           "\n\n");
218
219     int choice = -1;
220
221     scanf("%d", &choice);
222

```

```

223     flushIn();
224
225     if (choice >= 1 && choice <= 60) {
226         return choice;
227     }
228
229     return -1;
230 }
231
232 void showInitialInfo(linkLayer * ll, applicationLayer * al) {
233     clearScreen();
234
235     char modeW[] = "Transmitter\0";
236     char modeR[] = "Receiver\0";
237     int s = -1;
238
239     if ((*al).status == 'W') {
240         s = 0;
241     } else {
242         s = 1;
243     }
244
245     if (s == 0) {
246
247         printf("\n\n\n"
248             "*****\n"
249             "***** RCOM project - 1 *****\n"
250             "*****\n"
251             "                \n"
252             "          # Initial Information #          \n"
253             "                \n"
254             "                \n"
255             "                Mode: %s\n"
256             "                Baud rate: B%d\n"
257             "                Msg Max Size: %d\n"
258             "                Attempts: %d\n"
259             "                Timeout: %d\n\n"
260             "*****\n"
261             "\n\n", modeW, bRate, (*ll).packSize, (*ll).numTransmissions, (*ll).timeout);
262
263     } else {
264         printf("\n\n\n"
265             "*****\n"
266             "***** RCOM project - 1 *****\n"
267             "*****\n"
268             "                \n"
269             "          # Initial Information #          \n"
270             "                \n"
271             "                \n"
272             "                Mode: %s\n"
273             "                Baud rate: B%d\n"
274             "                Msg Max Size: %d\n"
275             "                Attempts: %d\n"
276             "                Timeout: %d\n\n"
277             "*****\n"
278             "\n\n", modeR, bRate, (*ll).packSize, (*ll).numTransmissions, (*ll).timeout);

```

```

279
280     }
281
282     return;
283 }
284
285 void flushIn() {
286     char ch;
287     while ((ch = getchar()) != '\n' && ch != EOF);
288 }
289
290 const int PROGRESS_BAR_LENGTH = 51;
291
292 void printProgressBar(int current, int total) {
293     float percentage = 100.0 * current / (float) total;
294
295     if (percentage > 100.0)
296         percentage = 100.0;
297
298     printf("\rCompleted: %6.2f%% [" , percentage);
299     int i;
300     int len = PROGRESS_BAR_LENGTH;
301     int pos = percentage * len / 100.0;
302     for (i = 0; i < len; i++)
303         i <= pos ? printf("=") : printf(" ");
304     printf("]");
305     fflush(stdout);
306 }
307
308 void printStats(applicationLayer * al, Statistics * stats){
309
310     int numReceivedRR;
311     int numReceivedREJ;
312
313     if ((*al).status == 'W') {
314         printf("\n"
315             "
316             # Final Statistics #
317             "
318             "
319             Sent Messages: %d\n"
320             "
321             Received RR: %d\n"
322             "
323             Received REJ: %d\n\n"
324             "
325             Total Timeouts: %d\n\n"
326             "*****\n"
327             "\n", stats->sentMessages, stats->numReceivedRR, stats->numReceivedREJ, stats
328             ->timeouts);
329     } else {
330         printf("\n"
331             "
332             # Final Statistics #
333             "
334             "
335             Received Messages: %d\n"

```

```

334         "                Sent RR: %d\n"
335         "                Sent REJ: %d\n\n"
336         "*****\n"
337         "\n", stats->receivedMessages, stats->numSentRR, stats->numSentREJ);
338     }
339
340
341     return;
342 }
343
344 void chooseFileName(char ** fileName) {
345     clearScreen();
346
347     printf("\n\n\n"
348         "*****\n"
349         "***** RCOM project - 1 *****\n"
350         "*****\n"
351         "**                                **\n"
352         "**                Type the name of the file to send:                **\n"
353         "**                                **\n"
354         "                Name is: ");
355
356     *fileName = getLine();
357
358     printf("\n\n");
359     return;
360 }

```

Anexo 9 - cli.c