

Redes de Computadores

# Protocolo de Ligação de Dados

Ângela Cardoso e Bruno Madeira



6 de Novembro de 2015

# Sumário

Relatório relativo ao primeiro projeto da unidade curricular Redes de Computadores do curso Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação. O projeto consiste na implementação de uma aplicação que transfere imagens entre dois computadores fazendo uso da porta-série. O objectivo é colocar em prática alguns dos conceitos leccionados na unidade curricular relativos a protocolos de ligação de dados.

Este documento apresenta o estado final do projecto, assim como as considerações dos estudantes responsáveis pela sua implementação face ao resultado obtido.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Arquitetura, Estrutura de Código e Casos de uso</b>	<b>4</b>
2.1	Arquitetura . . . . .	4
2.2	Estrutura do código . . . . .	4
2.2.1	Estruturas de dados . . . . .	4
2.2.2	Funções privadas da DataLinkProtocol . . . . .	4
2.2.3	Funções privadas da AppProtocol.c . . . . .	5
2.2.4	Funções disponibilizadas por FileFuncs.h . . . . .	5
2.2.5	Funções da App.c . . . . .	5
2.3	Casos de Uso . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Protocolo de ligação lógica</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Protocolo de aplicação</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Elementos de valorização</b>	<b>8</b>
5.1	Registo de ocorrências . . . . .	8
5.2	Definições básicas . . . . .	8
5.3	Gerador aleatório de erros e REJs . . . . .	8
5.4	Representação do progresso . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Validação</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Conclusões</b>	<b>10</b>
	<b>Anexos</b>	<b>11</b>
<b>A</b>	<b>Código Fonte</b>	<b>12</b>
A.1	App.c . . . . .	12
A.2	AppProtocol.c . . . . .	17
A.3	AppProtocol.h . . . . .	22
A.4	DataLinkProtocol.c . . . . .	23
A.5	DataLinkProtocol.h . . . . .	42
A.6	FileFuncs.c . . . . .	43
A.7	FileFuncs.h . . . . .	44
A.8	user_interface.c . . . . .	45
A.9	user_interface.h . . . . .	48
A.10	Utilities.h . . . . .	48
<b>B</b>	<b>Tipos de Tramas Usadas</b>	<b>50</b>
<b>C</b>	<b>Diagrama de chamadas a funções (Fluxo)</b>	<b>51</b>

D Diagrama de Módulos	53
E Imagens da aplicação	54

# 1 Introdução

No âmbito da unidade curricular Redes de Computadores, do Mestrado Integrado em Engenharia Informática, foi-nos proposta a realização de um projecto laboratorial, que consiste na implementação de uma aplicação que transfere imagens entre dois computadores fazendo uso da porta-série.

A aplicação usa o protocolo de ligação de dados *Stop N Wait ARQ* híbrido, que deve assegurar a fiabilidade da emissão mesmo em caso de desconexão. É também usado um protocolo de aplicação que é responsável pelo envio da imagem. O código desenvolvido está estruturado em camadas, respeitando o princípio de encapsulamento, de modo a assegurar que cada protocolo funciona de forma independente.

O projeto utiliza a linguagem de programação C num ambiente com um sistema operativo baseado em Linux. Durante o desenvolvimento foram utilizadas máquinas virtuais, que simulam a ligação da porta de série, e máquinas reais, com uma ligação de porta de série por cabo. O código pode ser verificado em anexo e será referenciado em algumas secções do relatório.

Este relatório tem como objectivo reportar qual o estado final da aplicação desenvolvia, clarificar detalhes do processo de implementação/código e a opinião dos estudantes face ao projecto realizado. No Capítulo 2 são expostas as estruturas e os mecanismos implementados na concepção da aplicação numa perspectiva macro. Os detalhes relativos à implementação dos protocolos são apresentados nos Capítulos 3 e 4. Os detalhes relativos à implementação de componentes extra são apresentados no Capítulo 5. O Capítulo 6 é relativo à validação e aos testes efectuados.

# 2 Arquitetura, Estrutura de Código e Casos de uso

## 2.1 Arquitectura

Cada módulo desenvolvido no projecto pode ser identificado pelos *header files* do código fonte que são:

- `DataLinkProtocol` implementa e disponibiliza as funcionalidades da camada de ligação de dados.
- `AppProtocol` implementa e disponibiliza as funcionalidades da camada de aplicação relacionadas com o envio/recepção de pacotes.
- `user_interface` implementa segmentos e disponibiliza funcionalidades ligadas ao interface de utilizador.
- `FileFuncs` disponibiliza funções para leitura e escrita de ficheiros.
- `App.c` onde está a função `main` e são chamadas as principais funções de outro módulos em conjunto com as operações adicionais necessárias.
- `utilities.h` foi criada com o intuito de ter métodos, estruturas e funcionalidades úteis a todos os módulos desenvolvidos. O seu uso principal no projecto é auxiliar o debug dos diversos modelos desenvolvidos.

Podem verificar-se no diagrama de módulos, disponível no anexo D, as relações entre estes módulos.

## 2.2 Estrutura do código

Seguidamente são apresentadas as principais estruturas e funções desenvolvidas em cada módulo. Algumas funções estão omissas, dado que são referidas em maior detalhe nos capítulos relativos aos protocolos implementados.

### 2.2.1 Estruturas de dados

- `applicationLayer`: declarada na `App.c` contem informações básicas ao programa, como o seu *status* enquanto emissor ou receptor.
- `linkLayer`: declarada no `DataLinkProtocol.c` serve para guardar as definições básicas da camada de ligação de dados, como qual a porta série a ser usada.
- `occurrences_Log`: declarada no `DataLinkProtocol.h` serve para registar ocorrências, como o número de REJs recebidos.

### 2.2.2 Funções privadas da `DataLinkProtocol`

- `genBCC2` e `validateBCC2` tratam respectivamente de gerar e de validar o BCC2.
- `write_UorS` e `write_I` responsáveis pelo envio de tramas.
- `apply_stuffing` e `apply_destuffing` realizam o stuffing e destuffing dos dados nas tramas I.
- `update_state_machine` função auxiliar que funciona como máquina de estados.

- `llopen_receiver`, `llopen_transmitter`, `llclose_receiver` e `llclose_transmitter` ajudam a organizar o código de `llopen` e `llclose`, uma vez que a sua execução difere do receptor para o emissor.
- `startAlarm` e `stopAlarm` gerem o uso do alarme em conjunto com as funções que as invocam.

### 2.2.3 Funções privadas da `AppProtocol.c`

- `receivePacket` trata da recepção de um pacote que pode ser de controlo ou de dados.
- `getControlPacket` e `getInfoPacket` responsáveis, respectivamente, pela criação de um pacote de controlo e de dados.
- `sendControlPacket` e `sendInfoPacket` responsáveis, respectivamente, pela emissão de um pacote de controlo e de dados.
- `show_progress` responsável por mostrar ao utilizador o estado actual da transferência/recepção do ficheiro.

### 2.2.4 Funções disponibilizadas por `FileFuncs.h`

- `getFileBytes` e `save2File` são responsáveis, respectivamente, pela escrita e leitura dos ficheiros.

### 2.2.5 Funções da `App.c`

- `receiveImage` e `sendImage` chamam as funções do Protocolo de Aplicação com os ajustes necessários, de modo a enviar/receber uma imagem.
- `config` quando o utilizador termina a selecção de opções no interface, esta função transmite-as para o Protocolo de Ligação de Dados.

## 2.3 Casos de Uso

A aplicação desenvolvida deve ser chamada na linha de comandos recebendo como argumentos a porta de série a usar (`/dev/ttyS0` ou `/dev/ttyS4`) e um carácter indicador(`t` ou `r`) se a aplicação deve correr em modo emissor ou receptor.

Uma vez invocado o programa será mostrado um menu ao utilizador. No emissor pode escolher seleccionar uma imagem a enviar ou enviar uma que já tenha seleccionado. Do lado do receptor pode ser iniciada a recepção. Ambas as versões da aplicação têm um submenu de para seleccionar opções, estas serão abordadas numa outra secção do relatório.

As funções invocadas no seguimento das escolhas do utilizador podem ser averiguadas no diagrama de chamada de funções que pode ser consultado no anexo C.

### 3 Protocolo de ligação lógica

Para implementar o protocolo de ligação lógica, seguimos as indicações do enunciado do projeto. Sendo assim, usamos a variante *Stop N Wait*, o que significa que o Emissor, após cada mensagem, aguarda uma resposta do Recetor antes de enviar a mensagem seguinte. Isto significa, entre outras coisas, que podemos utilizar uma numeração módulo 2 para as mensagens, dado que nunca temos mais do que 2 mensagens em jogo (aquela que foi enviada e a que se pretende enviar de seguida).

O interface deste protocolo disponibiliza 6 funções. Quatro são as definidas pelo guião do trabalho (`llopen`, `llread`, `llwrite`, `llclose`). As únicas alterações efectuadas foram relativas à assinatura e funcionamento de `llclose`, de modo a permitir fechar a porta-série em caso de erro, e no `llopen`, que não recebe a porta a abrir.

Estas 4 funções utilizam a função `update_state_machine` para determinar a cada instante o estado em que está. Com a concepção desta função evitou-se alguma repetição de código, mas foi necessário cuidado extra na implementação pois existe troca de informação entre esta e a função que a invoca. De facto, a função `update_state_machine` recebe o tipo de trama esperada, de forma a identificar a função que a invocou e atualizar os estados corretamente, e guarda numa variável auxiliar, `received_C_type`, o tipo de trama recebida. Quando a função que a invocou detecta que se atingiu o estado `STATE_MACHINE_STOP`, verifica o `received_C_type` para saber qual tipo de trama recebido e como deve proceder.

Para obter a trama que se pretende enviar são usadas as funções `write_UorS`, para envio de tramas de Supervisão ou Não numeradas, e `write_I`, para tramas de Informação. Elas fazem uso da função `getMessage` que tem como parâmetros o Emissor original, o tipo e o número da trama e o array de caracteres onde será colocada a flag e o cabeçalho da trama. Posteriormente a estes bytes, em tramas de Informação, serão adicionados os dados e o respetivo BCC2. Em todas as tramas, é apenas reutilizada a flag que está na primeira posição do array. A sua especificação pode ser encontrada no Anexo B.

As outras 2 funções disponibilizadas pelo interface são `set_basic_definitions` e `get_occurrences_log` que servem, respectivamente, para guardar as opções escolhidas pelo utilizador e para receber o registo de ocorrências na camada da aplicação.



## 4 Protocolo de aplicação

O protocolo de aplicação foi implementado no ficheiro `AppProtocol.c`. e apenas disponibiliza as funções `sendFile` e `receiveFile` para módulos externos. Estas funções são responsáveis pelo envio e recepção de uma imagem completa, sendo que a recepção e envio de pacotes individuais é tratada dentro de `AppProtocol.c`.

O protocolo foi implementado de acordo com o enunciado e é responsável pelo envio de pacotes de controlo e de dados. Os pacotes de controlo são enviados antes e após o envio dos dados e têm como parâmetros o nome e tamanho (em bytes) da imagem. Quando a informação destes pacotes não coincide, não é realizado o output da imagem, dado não haver garantias que os pacotes de dados pertençam todos à mesma imagem ou que foram todos recebidos.

O envio/recepção de imagens atualiza uma variável, recebida por um apontador, externa ao Protocolo (definida num outro módulo), que indica os bytes já enviados/recebidos. Tal variável é usada atualmente dentro do protocolo para o display do estado de envio da imagem, que inicialmente estava implementado no ficheiro `user_interface.c`. Esta variável serviria também para tentar reenviar uma imagem em caso de um envio falhar a meio. Este mecanismo de reenvio não foi completado e o display foi movido pois o sua implementação inicial interferia com o envio/recepção de dados. A estrutura do código actual reflecte os planos inicialmente concebidos.

# 5 Elementos de valorização

## 5.1 Registo de ocorrências

A camada de ligação de dados regista o número de tramas do tipo I e REJs recebidas/enviadas e o número de ocorrências de timeouts de uma emissão. A informação fica registada numa variável do tipo `occurrences_Log` e pode ser acedida pela componente de interface através do método `get_occurrences_log`, como pode ser observado na Figura E.1 no Anexo E.

## 5.2 Definições básicas

O utilizador pode definir qual o `baudrate` a usar, o `packetSize` (numero de bytes máximos que envia da imagem em cada trama I antes de se realizar o stuffing) e o número máximo de tentativas consecutivas de conexão. Uma vez escolhidas as opções, o intervalo de duração de um timeout é calculado em função do `baudrate` e do `packetSize` escolhidos pelo utilizador, como se pode verificar no anexo A.4 nas linhas 187 a 209. Na nossa implementação o receptor pode e deve configurar o `baudrate` e `packetSize` iguais aos do emissor, pois são necessários para calcular um intervalo de timeout que seja fiável face às definições do emissor.

## 5.3 Gerador aleatório de erros e REJs

São gerados erros aleatoriamente nas tramas enviadas pelo emissor. Estes erros podem ocorrer no cabeçalho ou nos dados da trama, com probabilidades independentes. Para tal, são usadas as funções `randomErrorCabe` e `randomErrorData`. A frequência destes erros é definida a partir das constantes `CABE_PROB` e `DATA_PROB` que representam quantas tramas são enviadas por cada um que apresenta um erro do tipo correspondente. Pode ser verificada a função `randomErrorData` no anexo A.4 nas linhas 517 a 526. A função `randomErrorCabe` está no mesmo anexo e é muito semelhante.

Também foram implementadas tramas do tipo REJ. Quando o receptor consegue identificar ocorrência de erro(s) no bloco de dados envia uma mensagem ao emissor e este trata de reenviar a pacote novamente. Por exemplo, os REJ observados na Figura E.1 no Anexo E são resultado de erros aleatórios nos dados. Já os *timeouts*, na mesma figura, são devidos a erros no cabeçalho, dado que neste caso o receptor ignora a trama e o emissor fica à espera de uma resposta que não vem.

## 5.4 Representação do progresso

Na `AppProtocol.c`, quando a aplicação está enviar/receber uma imagem, trata de imprimir na consola a quantidade de bytes enviados/recebidos e quantos faltam para enviar/receber a imagem na totalidade. Este *display* (impressão na consola) é actualizado a cada pacote ou após o tempo mínimo definido na constante `UPDATE_DISPLAY_MIN_TIME_INTERVAL`, de modo a evitar que ocorra com elevada frequência, o que poderia tornar difícil a sua leitura ou afectar o envio/recepção dos dados. Um exemplo do progresso pode ser observado na Figura E.2 no Anexo E.

## 6 Validação

Foram realizados cerca de 10 testes ao longo das aulas práticas e fora destas usando máquinas com uma ligação física por cabo da porta-série. Além disso, realizamos aproximadamente 30 testes nas máquinas virtuais usadas para desenvolver a aplicação quando esta já se encontrava pronta para a entrega.

Relativamente à qualidade dos testes não foi usado nenhum auxiliar para verificar se as imagens recebidas eram iguais às enviadas nem nenhuma automatização de testes, sendo estes todos realizados manualmente. Tivemos o cuidado de escolher imagens de tamanhos variados entre os 263 bytes (a mais pequena) e 712K bytes (a maior) e de experimentar diferentes baudrates. Os tipos de imagens também variavam entre os tipos gif, jpeg e png.

Uma vez atingido um nível estável de desenvolvimento da aplicação, todos os testes realizados foram bem sucedidos, à excepção de 1 que apresentou um aviso inesperado e do qual não conseguimos apurar o problema, nem reproduzir.

## 7 Conclusões

Neste projecto, como acontece frequentemente em projetos desta natureza, há certamente melhorias a efetuar. Em todo o caso, consideramos que a aplicação foi implementada com sucesso dentro do prazo estabelecido. De facto, a aplicação é capaz de transferir imagens entre 2 computadores através de uma porta-série, sendo o envio bem sucedido mesmo em situações de quebra de ligação ou interferência, como ficou claro na demonstração do projeto.

Adicionalmente, a implementação foi feita em camadas, tendo sido observados os princípios de encapsulamento. Consideramos ainda que os conceitos e implicações práticas dos protocolos usados ficaram claros.

# Anexos

# A Código Fonte

## A.1 App.c

```
1
2 #include <sys/types.h>
3 #include <sys/stat.h>
4 #include <fcntl.h>
5 #include <termios.h>
6 #include <stdio.h>
7 #include <stdlib.h>
8 #include <string.h>
9 #include <unistd.h>
10 #include <pthread.h>
11
12 #include "utilities.h"
13 #include "user_interface.h"
14 #include "DataLinkProtocol.h"
15 #include "FileFuncs.h"
16 #include "AppProtocol.h"
17
18 #define BAUDRATE B38400 //default baudrate
19 #define _POSIX_SOURCE 1 // POSIX compliant source
20
21
22 //
23 // =====
24 // PROGRAM VARIABLES
25 // =====
26
27 struct applicationLayer {
28     int fd; /*Descriptor correspondente a porta serie*/
29     int status; /*TRANSMITTER 0 | RECEIVER 1*/
30     unsigned char l2; /* info packet size = l2 * 256 + l1 */
31     unsigned char l1; /* defaults are L2 and L1 defined in
32                         AppProtocol.h */
33 };
34
35 struct applicationLayer app;
36
37 occurrences_Log_Ptr datalink_log;
38
39 bool conection_open = FALSE;
40
41 //pthread_t display_thread;
42 bool show_display;
43
44 //bool image_loaded = NO; //check with image bytes length nstead
45 unsigned int image_already_bytes; //num of image's bytes sent or
46 received
47 char* image_bytes;
48 unsigned int image_bytes_length;
49 char image_name[255]; //name is not path!!!
50 unsigned char image_name_length = 0;
51
52 //
```

```

=====
50 // PROGRAM FUNCS
51 //
=====

52
53 int connect()
54 {
55
56     if ((app.fd = llopen(app.status)) < 0) return -1;
57
58     return 0;
59 }
60
61
62 void setPacketSize(int packetSize) {
63     app.l2 = (unsigned char) (packetSize / 256);
64     // printf("l2: %u\n", app.l2);
65     app.l1 = (unsigned char) (packetSize % 256);
66     // printf("l1: %u\n", app.l1);
67 }
68
69 void config(char baud, char recon, char timeo, int packetSize)
70 {
71     int baudrate = -1;
72     switch (baud) {
73     case 'a':
74         baudrate = B0; break;
75     case 'b':
76         baudrate = B50; break;
77     case 'c':
78         baudrate = B75; break;
79     case 'd':
80         baudrate = B110; break;
81     case 'e':
82         baudrate = B134; break;
83     case 'f':
84         baudrate = B150; break;
85     case 'g':
86         baudrate = B200; break;
87     case 'h':
88         baudrate = B300; break;
89     case 'i':
90         baudrate = B600; break;
91     case 'j':
92         baudrate = B1200; break;
93     case 'k':
94         baudrate = B1800; break;
95     case 'l':
96         baudrate = B2400; break;
97     case 'm':
98         baudrate = B4800; break;
99     case 'n':
100         baudrate = B9600; break;
101     case 'o':
102         baudrate = B19200; break;
103     case 'p':
104         baudrate = B38400; break;
105     case 'q':
106         baudrate = B57600; break;
107     case 'r':
108         baudrate = B115200; break;
109     case 's':
110         baudrate = B230400; break;

```

```

111     case 't':
112         baudrate = B460800; break;
113     default: break;
114 }
115
116 int reconnect_tries = -1;
117 switch (recon) {
118     case 'a':
119         reconnect_tries = 1; break;
120     case 'b':
121         reconnect_tries = 3; break;
122     case 'c':
123         reconnect_tries = 5; break;
124     case 'd':
125         reconnect_tries = 7; break;
126     default: break;
127 }
128 /*
129 int timeout = -1;
130 switch (timeo) {
131     case 'a':
132         timeout = 2; break;
133     case 'b':
134         timeout = 3; break;
135     case 'c':
136         timeout = 5; break;
137     case 'd':
138         timeout = 8; break;
139     default: break;
140 }
141 */
142 set_basic_definitions(/*timeout,*/ reconnect_tries, 0, baudrate,
143                       packetSize);
144 setPacketSize(packetSize);
145
146 }
147
148 //return -1 if failed to send complete image, -2 if not even start was
149 //sent
150 int sendImage() {
151     //send
152     int ret = 0;
153     image_already_bytes = 0;
154     ret = sendFile(app.l2, app.l1, app.fd, image_name_length,
155                   image_name, image_bytes_length, image_bytes, &
156                   image_already_bytes);
157
158     //if(ret==-1) can_reconnect=YES;
159     return ret;
160 }
161
162 //return 0 if ok, -1 if image was not received, -2 start faled, -3 if
163 //connection failed on disk
164 int receiveImage() {
165     //receive
166     int ret = 0;
167     image_already_bytes = 0;
168     ret = receiveFile(app.fd, image_name, &image_bytes, &
169                      image_bytes_length, &image_already_bytes);
170
171     //if(ret==-1) can_reconnect=YES;

```



```

170
171 //receive disk(do this before saving image to avoid delays)
172 char* packet; int llread_result = 0;
173 llread_result = llread(app.fd, &packet);
174 if (llread_result != -2)//read returns -2 when receives disk
175 {
176     if (llread_result > 0) free(packet);
177     ret = -3;
178 }
179
180 return ret;
181 }
182
183
184 int reconnect()
185 {
186     if (image_already_bytes == 0 || image_already_bytes ==
187         image_bytes_length)
188     {
189         if (app.status) printf("\nNot possible:There is nothing to re-
190             send");
191         else printf("\nNot possible:There is no data already received
192             or all the data as already been received.");
193         return OK;
194     }
195     return OK;
196 }
197 //
198 //=====
199 // MAIN
200 //=====
201
202 int main(int argc, char** argv)
203 {
204     time_t t;
205     srand((unsigned) time(&t)); // seed for random numbers for random
206         error generator
207
208     if ((argc < 3) ||
209         ((strcmp("/dev/ttyS0", argv[1]) != 0) &&
210          (strcmp("/dev/ttyS4", argv[1]) != 0))
211         || ((strcmp("t", argv[2]) != 0) && (strcmp("r", argv[2]) != 0)))
212     {
213         printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial /dev/ttyS0 \
214             nAppStatus: t (=transmitter) or r (=receiver)\n");
215         exit(1);
216     }
217
218     if (strcmp("t", argv[2]) == 0) app.status = APP_STATUS_TRANSMITTER;
219     else app.status = APP_STATUS_RECEIVER;
220
221     app.l2 = L2; /* info packet size = 12 * 256 + l1 */
222     app.l1 = L1; /* defaults are L2 and L1 defined in AppProtocol.h
223         */
224
225     image_bytes_length = 0;
226     set_basic_definitions(3, argv[1], BAUDRATE, L2 * 256 + L1);

```

```

225
226 char anws = ' ';
227 while (anws != 'f'){
228     anws = main_menu(app.status);
229     switch (anws){
230
231     case 'a':
232         if (app.status == APP_STATUS_TRANSMITTER &&
233             image_bytes_length <= 0)
234         {
235             printf("\nNO IMAGE SELECTED!");
236         }
237         else if (connect() == 0)
238         {
239             conection_open = TRUE;
240
241             if (
242                 (app.status == APP_STATUS_TRANSMITTER ?
243                 sendImage() : receiveImage()) == 0)
244             {
245                 show_display = NO;
246                 llclose(app.fd, 0); // normal close
247
248                 //save file if receiver
249                 if (app.status == APP_STATUS_RECEIVER){
250                     if (save2File(image_bytes, image_bytes_length,
251                         image_name) != OK){
252                         free(image_bytes);
253                         image_bytes_length = 0;
254                         printf("\nImage was not saved sucessfully.\n");
255                         return -1;
256                     }
257                     free(image_bytes);
258                     image_bytes_length = 0;
259                     printf("\nImage was saved sucessfully.\n");
260                 }
261             }
262             else llclose(app.fd, 1); // hard close
263             conection_open = FALSE;
264
265             show_display = NO;
266         }
267         break;
268
269     case 'b':printf("\nNOT IMPLEMENTED");//reconnect();
270         break;
271
272     case 'c':select_config(config);
273         break;
274
275     case 'd':
276         if (app.status == APP_STATUS_TRANSMITTER)
277         {
278             if (image_bytes_length > 0) free(image_bytes);
279             image_bytes_length = selectNload_image(&image_bytes,
280                 image_name, &image_name_length);
281         }
282         else printf("\nNOT IMPLEMENTED");
283         break;
284
285     case 'e':
286         datalink_log = get_occurrences_log();

```

```

286         show_prog_stats(datalink_log->num_of_Is, datalink_log->
            total_num_of_timeouts, datalink_log->num_of_REJs, app.
            status);
287         break;
288
289         case 'f': printf("\nNow exiting...\n"); sleep(1);
290         break;
291
292         default: printf("\nNo valid command recognized."); sleep(1);
            break;
293     }
294 }
295
296 //devia de ser feito um exit handler com isto para caso haja uma
    terminacao inesperada
297 //if (conection_open) close_tio(app.fd); //nao podemos fazer isto
    porque AppProtocol nao conhece close_tio
298 if (image_bytes_length > 0) free(image_bytes);
299
300 return 0;
301 }

```

## A.2 AppProtocol.c

```

1
2
3 #include <sys/stat.h>
4 #include <stdio.h>
5 #include <string.h>
6 #include <stdlib.h>
7 #include <time.h>
8
9 #include "utilities.h"
10 #include "DataLinkProtocol.h"
11 #include "AppProtocol.h"
12 #include "FileFuncs.h"
13
14 //
    =====
15 //AUX DISPLAY
16 //
    =====
17 //will call show progress if packet send/received and if at least <
    UPDATE_DISPLAY_MIN_TIME_INTERVAL> seconds have elapsed
18 time_t start, end; //get elapsed time to avoid spamming interface
19 double timedif; //avoid interface spam
20 #define UPDATE_DISPLAY_MIN_TIME_INTERVAL 0.3f
21 int progress_icon_state = 0;
22 const int NUMBER_OF_BARS_IN_PROGRESS_BAR = 20;
23 const char progress_bar_character = '#';
24 char progress_icon = 0;
25 void show_progress(int appstatus, unsigned int image_already_bytes,
    unsigned int image_bytes_length)
26 {
27
28     switch (progress_icon_state){
29     case 0: progress_icon = '~'; break;
30     case 1: progress_icon = '\\'; break;
31     case 2: progress_icon = '|'; break;
32     case 3: progress_icon = '/'; break;
33     default: progress_icon = ' ';
34     }
35     progress_icon_state = (progress_icon_state + 1) % 4;

```

```

36
37 // - - - - -
38 system("clear");
39
40
41 /*if (data->estimate_recBytesPerSec > 1000)
42 printf("\n Rate:%d KB/sec", data->estimate_recBytesPerSec /
    1000);
43 else
44 printf("\n Rate:%d B/sec", data->estimate_recBytesPerSec);
45 */
46
47 if (appstatus) printf("Received ");
48 else printf("Sent ");
49
50 printf("\n %dKB of %dKB", (image_already_bytes) / 1000, (
    image_bytes_length) / 1000);
51
52 printf("\n-----");
53 printf("\n      PROGRESS %c", progress_icon);
54 printf("\n<");
55 int number_of_block_2_print = image_already_bytes / (
    image_bytes_length / NUMBER_OF_BARS_IN_PROGRESS_BAR);
56 int num_of_blanks_2_print = NUMBER_OF_BARS_IN_PROGRESS_BAR -
    number_of_block_2_print;
57 for (; number_of_block_2_print > 0; --number_of_block_2_print)
    printf("%c", progress_bar_character);
58 for (; num_of_blanks_2_print > 0; --num_of_blanks_2_print)
    printf(" ");
59 printf(">\n");
60 //}
61
62 //return 0;
63 }
64
65 //
=====
66 //MAIN FUNCS
67 //
=====
68
69 int getControlPacket(char control, unsigned int size, unsigned char
    nameSize, const char *name, char *controlPacket) {
70     char fileSize[32];
71     unsigned int n = 0;
72     while (size != 0) {
73         fileSize[n] = (char)size;
74         size >>= 8; // next byte
75         n++;
76     }
77     controlPacket[0] = ((control == START) ? CS : CE);
78     controlPacket[1] = TSIZE;
79     controlPacket[2] = n;
80     unsigned int i;
81     for (i = 0; i < n; i++) controlPacket[3 + i] = fileSize[i];
82     controlPacket[3 + n] = TNAME;
83     controlPacket[4 + n] = nameSize;
84     for (i = 0; i < nameSize; i++) controlPacket[5 + n + i] = name[i];
85     return 5 + n + nameSize; // 1 byte for C, 2 bytes for T and L, n
        bytes for size, 2 bytes for T and L, nameSize bytes for name
86 }
87
88 int getInfoPacket(unsigned char N, unsigned int infoSize, char *info,

```

```

    char *infoPacket) {
89     infoPacket[0] = CD;
90     infoPacket[1] = N;
91     infoPacket[2] = (unsigned char) (infoSize / 256);
92     infoPacket[3] = (unsigned char) (infoSize % 256);
93     unsigned int i;
94     for (i = 0; i < infoSize; i++) infoPacket[4 + i] = info[i];
95     return 4 + infoSize;    // 1 byte for C, 1 byte for N, 2 bytes for
        L2 and L1, L2 * 256 + L1 bytes for info
96 }
97
98 int sendControlPacket(int fd, char *controlPacket, int
    sizeControlPacket) {
99     unsigned char try = 0;
100     while (try < MAX_TRY) {
101         if (llwrite(fd, controlPacket, sizeControlPacket) > 0) return
            OK;
102         try++;
103     }
104     return -1;
105 }
106
107 int sendInfoPacket(int fd, char *infoPacket, int sizeInfoPacket) {
108     unsigned char try = 0;
109     while (try < MAX_TRY) {
110         if (llwrite(fd, infoPacket, sizeInfoPacket) > 0) return OK;
111         try++;
112     }
113     return -1;
114 }
115
116
117
118 int sendFile(unsigned char l2, unsigned char l1, int fd, unsigned char
    fileNameSize, const char *fileName, unsigned int image_bytes_length,
    const char *image_bytes, unsigned int* out_already_sent_bytes) {
119     timedif = 0;
120     char controlPacket[MAX_CTRL_P];
121     int sizeControlPacket;
122     char infoPacket[MAX_INFO_P];
123     int sizeInfoPacket;
124     unsigned int infoSize;
125     unsigned int maxInfoSize = l2 * 256 + l1;
126     //printf("packet size: %u\n", maxInfoSize);
127     char info[maxInfoSize];
128     unsigned char N = 0;
129
130     //(unsigned int)image_bytes_length: this casting is not the ideal
        solution but works for now
131     sizeControlPacket = getControlPacket(START, (unsigned int)
        image_bytes_length, fileNameSize, fileName, controlPacket); //
        START control packet
132
133     if (sendControlPacket(fd, controlPacket, sizeControlPacket) != OK)
134         return -2;
135
136     //printf("\n--fileName;%s\nimglength:%l\n", fileName,
        image_bytes_length);
137     long i = 0;
138     while (1) {
139
140         time(&start); //avoid interface spam
141
142         infoSize = 0;
143         while (i < image_bytes_length && infoSize < maxInfoSize) {

```

```

144         info[infoSize] = image_bytes[i];
145         infoSize++;
146         i++;
147     }
148     if (infoSize == 0) break;
149     sizeInfoPacket = getInfoPacket(N, infoSize, info, infoPacket);
150     if (sendInfoPacket(fd, infoPacket, sizeInfoPacket) == OK) {
151         *out_already_sent_bytes+=infoSize;
152         N++;
153
154         //interface stuff
155         time(&end); //avoid interface spam
156         timedif += difftime(end, start);
157         if (timedif >= UPDATE_DISPLAY_MIN_TIME_INTERVAL){
158             timedif = 0;
159             show_progress(1, *out_already_sent_bytes,
160                           image_bytes_length);
161         }
162     }
163     else {
164         return -1;
165     }
166 }
167 controlPacket[0] = CE; // END control packet
168 if (sendControlPacket(fd, controlPacket, sizeControlPacket) == OK)
169     return OK;
170
171 return -1;
172 }
173
174 int receivePacket(int fd, char **packet, int *sizePacket) {
175     *sizePacket = llread(fd, packet);
176     if (*sizePacket > 0) return OK;
177     //else if (*sizePacket == -2) return -2; /*received disk*/
178     else return -1;
179 }
180
181 #define DEBUG_RECEIVE_STEPS 1
182 int receiveFile(int fd, char* out_imagename, char** out_imagebuffer,
183                 unsigned int* out_image_buffer_length, unsigned int*
184                 out_already_received_imgbytes) {
185     timedif = 0;
186     char* packet;
187     int sizePacket;
188     unsigned int infoSize;
189     unsigned char N = 0;
190     char fileName[255];
191     unsigned char fileNameSize;
192     unsigned int fileSize;
193     if (receivePacket(fd, &packet, &sizePacket) == OK) {
194         if (packet[0] != CS) {
195             free(packet);
196             return -2;
197         }
198         if (packet[1] != TSIZE){
199             free(packet);
200             return -2;
201         }
202         unsigned char sizeFileSize = packet[2];
203         fileSize = 0;
204         unsigned int multiply = 1;
205         unsigned int i;
206         for (i = 0; i < sizeFileSize; i++) {

```

```

206         //printf("\n>>> %u\n", ((unsigned int)packet[3 + i]));
207         /*char to uint faz signal extend!!!*/
208         fileSize += (0x00ff & ((unsigned int)packet[3 + i])) *
            multiply;
209         multiply *= 256;
210     }
211
212     *out_already_received_imgbytes = 0;
213     *out_image_buffer_length = fileSize;
214     *out_imagebuffer = (char*)malloc(fileSize);
215     DEBUG_SECTION(DEBUG_RECEIVE_STEPS,
216         printf("\nfileSize: %d\n", fileSize));
217
218     if (packet[3 + sizeFileSize] != TNAME) {
219         free(packet); return -2;
220     }
221
222     fileNameSize = packet[4 + sizeFileSize];
223     for (i = 0; i < fileNameSize; i++)
224         fileName[i] = packet[5 + sizeFileSize + i];
225
226     memmove(out_imagename, fileName, (int) fileNameSize);
227     out_imagename[(int)((int)fileNameSize > 255 ? 255 : fileNameSize)
228         ] = 0; //some extra precaution
229
230     DEBUG_SECTION(DEBUG_RECEIVE_STEPS,
231         printf("\nfileName: %s\n", out_imagename));
232
233     free(packet);
234     time(&start); //avoid interface spam
235     while (receivePacket(fd, &packet, &sizePacket) == OK) {
236         if (packet[0] == CD) {
237             if ((unsigned char) packet[1] == N) {
238                 infoSize = (((unsigned int) packet[2]) & 0x00ff) *
239                     256 + (((unsigned int) packet[3]) & 0x00ff);
240                 for (i = 0; i < infoSize; i++)
241                 {
242                     if (fileSize <= (*out_already_received_imgbytes)
243                         )
244                     {
245                         printf("\nERROR: receiveFile(...) received
246                             more data bytes than expected\n");
247                         free(packet);
248                         return -1;
249                     }
250                     (*out_imagebuffer)[(*
251                         out_already_received_imgbytes)] = packet[4 +
252                         i];
253                     (*out_already_received_imgbytes)++; //counts
254                     received bytes
255                 }
256                 N++;
257
258                 //interface stuff
259                 time(&end); //avoid interface spam
260                 timedif += difftime(end, start);
261                 if (timedif >= UPDATE_DISPLAY_MIN_TIME_INTERVAL){
262                     timedif = 0;
263                     show_progress(1, *out_already_received_imgbytes
264                         , *out_image_buffer_length);
265                 }
266             }
267         }
268     }
269     else {

```

```

262         printf("\nERROR: receiveFile(...) not valid N\n");
263         free(packet);
264         return -1;
265     }
266 }
267 else if (packet[0] == CE) {
268
269     if (packet[1] != TSIZE) { printf("\nERROR: receiveFile
270 (...) got CE with non valid TSIZE\n"); free(packet);
271         return -1; }
272
273     if (packet[2] != sizeFileSize) { printf("\nERROR:
274 receiveFile(...) got CE with non valid sizeFileSize
275 \n"); free(packet); return -1; }
276
277     unsigned int finalFileSize = 0;
278     multiply = 1;
279     for (i = 0; i < sizeFileSize; i++) {
280         finalFileSize += (0x00ff & ((unsigned int)packet[3
281 + i])) * multiply;
282         multiply *= 256;
283     }
284
285     if (finalFileSize != fileSize) { printf("\nERROR:
286 receiveFile(...) got CE with non valid fileSize\n")
287 ; free(packet); return -1; }
288
289     if (packet[3 + sizeFileSize] != TNAME) { printf("\
290 nERROR: receiveFile(...) got CE with non valid
291 TNAME\n"); free(packet); return -1; }
292
293     if (packet[4 + sizeFileSize] == fileNameSize) {
294         for (i = 0; i < fileNameSize; i++)
295             if (packet[5 + sizeFileSize + i] != fileName[i
296 ]) return -1;
297         free(packet);
298         return OK;
299     }
300     else {
301         printf("\nERROR: receiveFile(...) END file name !=
302 START file name\n");
303         free(packet);
304         return -1;
305     }
306 }
307 else{
308     printf("\nERROR: receiveFile(...) end CE not received\n
309 ");
310     free(packet);
311     return -1;
312 }
313
314 free(packet);
315
316 time(&start); //avoid interface spam
317 } //---(receieve packets loop) endwhile---
318 return -1;
319 }
320 printf("\nERROR:receiveFile(...) ???\n");
321 return -1;
322 }

```

### A.3 AppProtocol.h

```

1
2 #ifndef APPPROTOCOL
3 #define APPPROTOCOL

```



```

4
5 #define CD 0b00000000 // campo de controlo no caso de um pacote de
   dados
6 #define CS 0b00000001 // campo e controlo no caso de um pacote de start
7 #define CE 0b00000010 // campo e controlo no caso de um pacote de end
8 #define TSIZE 0b00000000 // type para pacote de controlo no caso de ser
   tamanho do ficheiro
9 #define TNAME 0b00000001 // type para pacote de controlo no caso de ser
   nome do ficheiro
10 #define START 1
11 #define END 2
12 #define L2 50
13 #define L1 100
14 #define MAX_CTRL_P 264 /* maximum size of control packet: 1 byte for C,
   2 bytes for T and L, 4 bytes for size, 2 bytes for T and L, 255
   bytes for name */
15 #define MAX_INFO_P 65540 /* maximum size of info packet: 1 byte for C,
   1 byte for N, 2 bytes for L2 and L1, 255 * 256 + 255 bytes for info
   */
16 #define MAX_TRY 1
17
18 /**
19 @return 0(OK) if no errors/problems. -1 if failed to send everything,
   -2 failed on sending start
20 */
21 int sendFile(unsigned char l2, unsigned char l1, int fd, unsigned char
   fileNameSize, const char *fileName, unsigned int image_bytes_length
   , const char *image_bytes, unsigned int* out_already_sent_bytes);
22
23 /**
24 @param out_imagename will get the name of the file to be used later.
   must be a 255 char array
25 @param out_imagebuffer will get the image bytes. Must be a dynamic
   array and be freed outside ths method
26 @return 0(OK) if no errors/problems. something else otherwise. -1
   failed to receive everything, -1 failed to recive start
27 */
28 int receiveFile(int fd, char* out_imagename, char** out_imagebuffer,
   unsigned int* out_image_buffer_length, unsigned int*
   out_already_received_imgbytes);
29
30 #endif /*APPPROTOCOL*/

```

## A.4 DataLinkProtocol.c

```

1
2 #include <stdlib.h>
3 #include <sys/types.h>
4 #include <sys/stat.h>
5 #include <fcntl.h>
6 #include <stdio.h>
7 #include <signal.h>
8 #include <unistd.h>
9
10 #include <termios.h>
11 #include <unistd.h>
12 #include <string.h>
13
14 #include "utilities.h"
15 #include "DataLinkProtocol.h"
16
17 // #define MAX_FRAME_SIZE 64
18 struct linkLayer{
19     char port[20]; /*Dispositivo /dev/ttySx, x = 0, 4*/
20     int baudRate; /*Velocidade de transmissao*/

```

```

21     unsigned int sequenceNumber; /*Numero de sequencia da trama: 0, 1*/
22     int timeout; /*Valor do temporizador: 1 s*/
23     int numTransmissions; /*Numero de tentativas em caso de
24                             falha*/
25     //int lframe_numdatabytes;
26     //char frame[MAX_FRAME_SIZE]; /*trama*/
27 };
28
29
30 typedef char message_type;
31 #define MESSAGE_SET      1
32 #define MESSAGE_DISC     2
33 #define MESSAGE_UA       3
34 #define MESSAGE_RR       4
35 #define MESSAGE_REJ      5
36 #define MESSAGE_I        6
37
38
39 //X=X=X=X    general debug stuff
40 #if (1)
41 //
42     =====
43 #define DEBUG_READ_BYTES      1
44 int total_read; /*variable used for debug purposes, increment when
45                 reading bytes*/
46 //send a bcc with 0 to tests the answer when errors occur
47 bool genObcc = FALSE;
48 #define DEBUG_REJ_WITHWRONG_BCCS      0
49
50 #define DEBUG_PRINT_SECTION_NUM 0
51 #endif
52     //=====
53 //X=X=X=X    basic definitions
54 #if (1)
55 //
56     =====
57 // #define BAUDRATE B38400
58 // #define MODEMDEVICE "/dev/ttyS1"
59 // #define _POSIX_SOURCE 1 /* POSIX compliant source */
60
61 struct linkLayer link_layer_data; /*contains data related to the link
62     layer*/
63 struct termios oldtio, newtio; /*termios old and new configuration*/
64 //int private_tio_fd;           /*termios file descriptor*/
65
66 struct occurrences_Log occ_log;
67 occurrences_Log_Ptr get_occurrences_log()
68 {
69     return &occ_log;
70 }
71
72 app_status_type app_status; //indicates i fits transmissor or receiver
73
74 int OPENED_TERMIOS = FALSE; /*indicates if termios is open. could be
75     used in handlers if anything goes wrong*/
76 int NS = 0;

```

```

77 int NR = 0;
78 //int CONNECTION_TYPE; /*emissor or receptor*/
79
80 #endif
    //=====

81
82 //X=X=X=X    ALARM related
83 #if (1)
    //=====

84
85 //define TIMEOUTS_ALLOWED 3
86 //int timeout_inseconds;
87 volatile int STOP = FALSE; //STOP s used to repeat a prcedure before
    the alarm handler rings /*volatile:used in cycles that could be
    interrupted from another thread or interrupt*/
88 volatile int timeouts_done;
89
90 void timeout_alarm_handler()                // atende alarme
91 {
92     printf("\nalarme # %d\n", timeouts_done);
93     timeouts_done++;
94     STOP = TRUE;
95     /*update occurrences log*/ ++occ_log.total_num_of_timeouts;
96 }
97
98
99 void startAlarm() {
100     STOP = FALSE;
101     alarm(link_layer_data.timeout);
102 }
103
104 void stopAlarm() {
105     STOP = TRUE;
106     alarm(0);
107 }
108
109 #endif
    //=====

110
111 //X=X=X=X    tramas
112 #if (1)
113 //
    =====

114
115 #define FLAG 0b01111110 // FLAG no inicio e fim da trama
116 #define ATRANS 0b00000011 // A se for o emissor a enviar a trama e o
    receptor a responder
117 #define ARECEI 0b00000001 // A se for o receptor a enviar a trama e o
    emissor a responder
118 #define SET 0b00000111 // C se for uma trama de setup
119 #define DISC 0b00001011 // C se for uma trama de disconnect
120 #define UA 0b00000011 // C se for uma trama de unnumbered
    acknowledgement
121 #define RR0 0b00000001 // C se RR se S = 1, pede mensagem seguinte, com
    R = 0
122 #define RR1 0b00100001 // C se RR se S = 0, pede mensagem seguinte, com
    R = 1
123 #define REJ0 0b00000101 // C se REJ se R = 0, pede novamente mensagem
    com R = 0
124 #define REJ1 0b00100101 // C se REJ se R = 1, pede novamente mensagem
    com R = 1

```

```

125 #define IO 0b00000000 //C se I se S = 0
126 #define I1 0b00100000 //C se I se S = 1
127 #define ESCAPE 0b0111101 //usado no stuffing e destuffing
128
129 #define BCC_ON_SET 0b00000100//A TRANS ^ SET
130 #define BBC_ON_UA 0b00000000//A RECEI ^ UA
131 const char SET_MSG[5] = { FLAG, ATRANS, SET, BCC_ON_SET, FLAG };
132 const char UA_MSG[5] = { FLAG, ATRANS, UA, BBC_ON_UA, FLAG };
133
134 /* C se for uma trama de positive acknowledgment */
135 char getRR(int R) {
136     if (R == 0) return RR0;
137     else return RR1;
138 }
139
140 /* C se for uma trama de negative acknowledgment, R identifica a trama
    a que estamos a responder */
141 char getREJ(int R) {
142     if (R == 0) return REJ0;
143     else return REJ1;
144 }
145
146 /* C se for uma trama de I, S */
147 char getI(int S) {
148     if (S == 0) return I0;
149     else return I1;
150 }
151
152 /* A depende do sentido da trama original */
153 char getA(app_status_type status) {
154     if (status == APP_STATUS_TRANSMITTER) return ATRANS; // A se for o
        emissor a enviar a trama e o receptor a responder
155     else return ARECEI; // A se for o receptor a enviar a trama e o
        emissor a responder
156 }
157
158 /* C depende do tipo de trama e, se for positive ou negative
    acknowledgment, do numero da mensagem R (S se for I)*/
159 char getC(message_type message, int R) {
160     if (message == MESSAGE_SET) return SET;
161     else if (message == MESSAGE_DISC) return DISC;
162     else if (message == MESSAGE_UA) return UA;
163     else if (message == MESSAGE_I) return getI(R);
164     else if (message == MESSAGE_RR) return getRR(R);
165     else return getREJ(R);
166 }
167
168 /* BCC1 codigo de verificacao, depende de A e de C: BCC1 = A ^ C (A ou
    exclusivo C) */
169 char getBCC1(app_status_type status, message_type message, int R) {
170     return getA(status) ^ getC(message, R);
171 }
172
173 /* F | A | C | BCC1 | F */
174 void getMessage(app_status_type status, message_type message, int R,
    char* msg) {
175     msg[0] = FLAG;
176     msg[1] = getA(status);
177     msg[2] = getC(message, R);
178     msg[3] = getBCC1(status, message, R);
179 }
180
181 #endif
    //=====

```

```

182
183 //X=X=X=X    SET BASICS, OPEN AND CLOSE TERMIOS
184 #if (1)
185 //
=====

186 bool port_name_was_set = NO;
187 void set_basic_definitions(int number_of_tries_when_failing, char* port
    , int baudrate, int packetSize)
188 {
189     DEBUG_SECTION(DEBUG_PRINT_SECTION_NUM,
190         printf("\n-section1-");
191     sleep(1);
192     );
193
194     signal(SIGALRM, timeout_alarm_handler);
195
196     int realbauds[20] = {0, 50, 75, 110, 134, 150, 200, 300, 600, 1200,
197         1800, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400,
198         460800};
199     int realBaudrate;
200     if (baudrate <= 15) realBaudrate = realbauds[baudrate];
201     else realBaudrate = realbauds[baudrate - 4081];
202
203     int timeout_in_seconds = ((packetSize + 4 + 1) * 2 + 5) / (
204         realBaudrate / 8) + 1;
205     printf("size: %d\n", packetSize);
206     printf("baudrate: %d\n", realBaudrate);
207     printf("timeout: %d\n", timeout_in_seconds);
208     link_layer_data.timeout = timeout_in_seconds;
209     link_layer_data.numTransmissions = number_of_tries_when_failing;
210     if (port_name_was_set == NO) { strcpy(link_layer_data.port, port);
211         port_name_was_set = YES; }
212     link_layer_data.baudRate = baudrate;
213 }
214
215 int open_tio(int* tio_fd, int vtime, int vmin)
216 {
217     total_read = 0;
218
219     int private_tio_fd = open(link_layer_data.port, O_RDWR | O_NOCTTY);
220     if (private_tio_fd < 0) { perror(link_layer_data.port); exit(-1); }
221
222     if (tcgetattr(private_tio_fd, &oldtio) == -1) { /* save current
223         port settings */
224         perror("tcgetattr");
225         exit(-1);
226     }
227
228     bzero(&newtio, sizeof(newtio));
229     newtio.c_cflag = link_layer_data.baudRate | CS8 | CLOCAL | CREAD;
230     newtio.c_iflag = IGNPAR;
231     newtio.c_oflag = OPOST;
232
233     /* set input mode (non-canonical, no echo,...) */
234     newtio.c_lflag = 0;
235     newtio.c_cc[VTIME] = vtime; //link_layer_data.timeout * 10; /*
236         inter-character timer unused */
237     newtio.c_cc[VMIN] = vmin; /* blocking read until X chars received
238         */
239
240     tcflush(private_tio_fd, TCIFLUSH);
241     if (tcsetattr(private_tio_fd, TCSANOW, &newtio) == -1) {
242         perror("tcsetattr in open_tio");
243     }
244 }

```

```

237         exit(-1);
238     }
239
240     if (private_tio_fd != 0) *tio_fd = private_tio_fd;
241
242     return OK;
243 }
244
245 int close_tio(int tio_fd)
246 {
247     printf("\n- - - - -");
248     printf("\nnow sleeping for 2 seconds before closing fd...\n");
249     sleep(2); //just a precaution
250
251     printf("\n- - - - -");
252     printf("\ntotal: %d\nattemp to close fd...", total_read);
253     if (tcsetattr(/*private_*/tio_fd, TCSANOW, &oldtio) == -1) {
254         perror("\ntcsetattr in close_tio");
255         close(/*private_*/tio_fd);
256         exit(-1);
257     }
258     close(/*private_*/tio_fd);
259     printf("\nfd closed without problems.");
260     printf("\n- - - - -");
261     return OK;
262 }
263
264 #endif
    //=====
265
266 //X=X=X=X    PROTOCOL AUX FUNCS
267 #if (1)
268 //
    =====
269
270
271 //-----    GET MSGS STATE MACHINE - - - - -
    - - - - -
272 #if (1)
273
274 typedef int state_machine_state;
275 #define STATE_MACHINE_START          1
276 #define STATE_MACHINE_FLAG_RCV      2
277 #define STATE_MACHINE_A_RCV         3
278 #define STATE_MACHINE_C_RCV         4
279 #define STATE_MACHINE_BCC_RCV       5
280 #define STATE_MACHINE_STOP           6
281 #define STATE_MACHINE_ESCAPE        7
282
283 /*msgExpectedType SET; UA ; DISC ; RR ; I (DONT USE REJ IT WILL BE
    CONSIDERED WHEN USING RR)
284 !!! !!! !!! IMPORTANT: AFTER REACHING TERMINAL STATES THE STATE MUST BE
    RESETED FROM OUTSIDE !!! !!! !!!
285
286 appStatus      indica o tipo de estado da aplicacao (transmissor ou
    receptor)
287 adressStatus   indica o tipo de campo de endereco
288 state          o estado actual a atualizar
289 msgExpectedType o tipo de mensaem que se esta a espera de receber
    (antes de receber o C)

```

```

290 rcv          o que caracter que foi lido da porta serie
291
292 SO VAI TRANSITAR SE APANHAR DO TIPO ESPERADO,
293 EXCEPTO O READ Q PODE APANHAR SETS OU DISKS
294 E O WRITE PODE APANHAR REJ MSM ESPERANDO RRs
295
296 use received_C_type to confirm the type of packet received or check S/R
    for possible missing packet
297 */
298 message_type received_C_type = -1; //not sure if the most correct
    approach but simplifies the state machine a lot, indicates type of
    message received and is reused outside ethod when _STOP state is
    reached
299 char received_C=0;
300 #define DEBUG_LLO_STATE_MACHINE 0
301 #define DEBUG_STATE_MACHINE_GETC 0
302 int update_state_machine(app_status_type appStatus, app_status_type
    adressStatus, message_type msgExpectedType, char rcv,
    state_machine_state* state)
303 {
304     DEBUG_SECTION(DEBUG_LLO_STATE_MACHINE,
305         printf("\nappstatus:%d tramastatus(A):%d msgtype:%d state:%d rcv:" PRINTBYTETO_BINARY, appStatus, adressStatus,
            msgExpectedType, *state, BYTETO_BINARY(rcv));
306     );
307
308     if (*state < STATE_MACHINE_BCC_RCV)
309     {
310         if (rcv == FLAG)
311         {
312             *state = STATE_MACHINE_FLAG_RCV;
313             return OK;
314         }
315     }
316
317     switch (*state)
318     {
319     case STATE_MACHINE_START: return OK; /*flag checked before switch*/
320
321     case STATE_MACHINE_FLAG_RCV:
322         if (rcv == getA(adressStatus)) *state = STATE_MACHINE_A_RCV;
323         else *state = STATE_MACHINE_START;
324         return OK;
325
326     case STATE_MACHINE_A_RCV:
327         if (msgExpectedType == MESSAGE_I) //no READ c/ tramas I pra
            apanhar possiveis sets ou discs
328         {
329             if (rcv == getC(MESSAGE_I, 0) || rcv == getC(MESSAGE_I, 1))
330             { *state = STATE_MACHINE_C_RCV; received_C_type =
                MESSAGE_I; }
331             /*catch set on read()*/ else if (appStatus ==
                APP_STATUS_RECEIVER && rcv == getC(MESSAGE_SET, 0)) { *
                state = STATE_MACHINE_C_RCV; received_C_type =
                MESSAGE_SET; }
332             else if (appStatus == APP_STATUS_RECEIVER && rcv == getC(
                MESSAGE_DISC, 0)) { *state = STATE_MACHINE_C_RCV;
                received_C_type = MESSAGE_DISC; }
333             else *state = STATE_MACHINE_START;
334             //WRITE RR/REJ
335             else if (msgExpectedType == MESSAGE_RR || msgExpectedType ==
                MESSAGE_REJ)
336             {
337                 if (rcv == getC(MESSAGE_RR, 0) || rcv == getC(MESSAGE_RR,

```

```

1)) { *state = STATE_MACHINE_C_RCV; received_C_type =
MESSAGE_RR; }
338 else if (rcv == getC(MESSAGE_REJ, 0) || rcv == getC(
MESSAGE_REJ, 1)) { *state = STATE_MACHINE_C_RCV;
received_C_type = MESSAGE_REJ; }
339 else *state = STATE_MACHINE_START;
340 }
341 //SET,GET or DISC
342 else if (rcv == getC(msgExpectedType, 0)) {
343 *state = STATE_MACHINE_C_RCV;
344 received_C_type = msgExpectedType;
345 }
346 else *state = STATE_MACHINE_START;
347 received_C=rcv;
348 return OK;
349
350 case STATE_MACHINE_C_RCV:
351 //note:C type already received so it is a valid msg type (if it
wasn't state would go back to START) unless we have an
error in which bcc will hopefully fail
352 //BBC1 is not generating REJ, only BBC2. should I change this
behaviour???
353 if (rcv == getBBC1(adressStatus, received_C_type,
354 /*will only work on RR and REJ*/(received_C>>5 & 0b00000001))
355 ) *state = STATE_MACHINE_BCC_RCV;
356 else *state = STATE_MACHINE_START;
357
358 DEBUG_SECTION(DEBUG_STATE_MACHINE_GETC,
359 char aux = getBBC1(adressStatus, received_C_type,(received_C>>5
& 0b00000001));
360 printf("\n--" PRINTBYTETO_BINARY , BYTETO_BINARY(aux));
361 );
362
363 return OK;
364
365 case STATE_MACHINE_BCC_RCV://also goes 2 this state after
STATE_MACHINE_ESCAPE
366 if (rcv == FLAG) *state = STATE_MACHINE_STOP;
367 else if (received_C_type == MESSAGE_I)
368 {
369 if (rcv == ESCAPE) *state = STATE_MACHINE_ESCAPE;
370 }
371 else *state = STATE_MACHINE_START;
372 return OK;
373
374 case STATE_MACHINE_ESCAPE://could be done outside but makes more
sense to be here
375 *state = STATE_MACHINE_BCC_RCV;
376 return OK;
377
378 default:
379 printf("\nWARNING(usm2):Not valid/expected state (%d) reached
in --> int state_machine(app_status_type status) => from =>
Protocol.c\n", *state);
380 return 1;
381 }
382
383 return 1;
384 }
385
386 #endif /*GET MSGS STATE MACHINE*/
387
388 //----- STTUFING AND DESTUFFING - - - - -
389 #if (1)

```



```

390 /*buf deve entrar ja com o dobro do tamanho dos caracteres que tem
391 pode ser dinamico ou nao
392 data_size deve ser o tamanho efectivo ocupado
393 assim poupasse processamento extra usando a solucao em 1) ou 2) e
    evitasse possiveis erros de memoria
394 */
395 int apply_stuffing(char* buf, int /*bufSize*/data_size)
396 {
397     int newSize = data_size;
398     int i = 0;
399
400     /*
401     //(1)count prev 2 avoid multiple reallocs
402     for (; i < bufSize; ++i)/
403         if (*buf[i] == FLAG || *buf[i] == ESCAPE)
404             ++newSize;
405     *buf = (char)realloc(*buf, newSize);
406     */
407
408     i = 0;
409     for (; i < newSize; ++i)
410         if (buf[i] == FLAG || buf[i] == ESCAPE)
411         {
412             /*(2)using multiple reallocs*/*buf = (char)realloc(*buf,++
                newSize);
413             ++newSize;
414             memmove(buf + i + 1, buf + i, newSize - i);
415             buf[i] = ESCAPE;
416             buf[i + 1] ^= 0x20;
417             i++;
418         }
419
420     return newSize;
421 }
422
423 //buf nao precisa de ser array dinamico
424 #define DEBUG_DESTUFFING 0
425 int apply_destuffing(char* buf, int bufSize)
426 {
427     //int newSize = bufSize;
428     int i = 0;
429     for (; i < bufSize; ++i)
430         if (buf[i] == ESCAPE)
431         {
432             --bufSize;
433             memmove(buf + i, buf + i + 1, bufSize - i);
434             buf[i] ^= 0x20;
435
436             DEBUG_SECTION(DEBUG_DESTUFFING,
437                 printf("\n");
438                 printf("ZZ-");
439                 int a=0;
440                 for(;a<bufSize;++a)
441                     printf(PRINTBYTETOBINARY " ", BYTETOBINARY(buf[a])););
442             }
443
444     return bufSize;
445 }
446 #endif /*STTUFING AND DESTUFFING*/
447
448 //----- BCC2 GENERATION AND VALIDATION - - - - -
449 #if (1)
450 #define BCC2_EVEN 0
451 #define BCC2_ODD 1

```

```

452 #define DEBUG_GENBBC 0
453 char genBCC2(char* buf, int bufsize) {
454     /*send (almost always) invalid bcc*/if (gen0bcc) return 0;
455
456     char BCC2;
457     if (BCC2_EVEN) BCC2 = 0b11111111;
458     else          BCC2 = 0b00000000;
459
460     int i = 0;
461     for (; i < bufsize; i++)
462     {
463         BCC2 ^= buf[i];
464         DEBUG_SECTION(DEBUG_GENBBC, printf("\ngenbcc2debug(i:%d):"
465             PRINTBYTETO_BINARY, i, BYTETO_BINARY(BCC2))););
466     }
467     return BCC2;
468 }
469
470 #define DEBUG_VALIDATEBBC 0
471 char validateBCC2(char* buf, int bufsize) {
472     char valid = buf[0];
473     int i = 1;
474     for (; i < bufsize; i++)
475         valid ^= buf[i];
476
477     DEBUG_SECTION(DEBUG_VALIDATEBBC, printf("\nvalbcc2debug:"
478         PRINTBYTETO_BINARY, BYTETO_BINARY(valid))););
479
480     if (BCC2_EVEN) { if (valid == 0b11111111) return OK; }
481     else if (valid == 0b00000000) return OK;
482
483     return 1;
484 }
485 #endif /*BCC2 GENERATION AND VALIDATION */
486
487 //----- WRITE AND READ MSGS AUX - - - - -
488
489 #if (1)
490 void write_UorS(app_status_type adressStatus, message_type msg_type,
491     int SorR, int fd)
492 {
493     char msg[4];
494     getMessage(adressStatus, msg_type, SorR, msg);
495     if (write(fd, msg, 4) != 4)
496     {
497         perror("write_UorS()");
498     }
499     if (write(fd, msg, 1) != 1)
500     {
501         perror("write_UorS()");
502     }
503 }
504
505 #define CABE_PROB 100 // significa que em cada CABE_PROB cabecalhos
506                       // houvera um erro, em media. 0 se nao quisermos erros
507 #define DATA_PROB 100 // significa que em cada DATA_PROB campos
508                       // de dados houvera um erro, em media. 0 se nao quisermos erros
509
510 void randomErrorCabe(char* msg) {
511     int trama_byte;
512     if (CABE_PROB > 0) {
513         int cabe_error = rand() % CABE_PROB;
514         if (cabe_error == 0) {

```

```

511         trama_byte = rand() % 3 + 1;           // escolher erro
512         entre A, C e BCC1
513         msg[trama_byte]++;                       // o erro e
514         incrementar o byte escolhido
515     }
516 }
517 void randomErrorData(char* trama, int data_size) {
518     int trama_byte;
519     if (DATA_PROB > 0) {
520         int data_error = rand() % DATA_PROB;
521         if (data_error == 0) {
522             trama_byte = rand() % data_size;       // escolher o byte
523             de erro na zona dos dados da trama
524             trama[trama_byte]++;                   // o erro e
525             incrementar o byte escolhido
526         }
527     }
528 }
529 #define DEBUG_WRITE_I 0
530 //data must come in without stuffing
531 int write_I(int SorR, int fd, char* data, int data_size)
532 {
533     char msg[4];
534     getMessage(APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_I, SorR, msg);
535
536     randomErrorCabe(msg);
537
538     if (write(fd, msg, 4) != 4)
539     {
540         perror("write_I():");
541         return -1;
542     }
543
544     DEBUG_SECTION(DEBUG_WRITE_I,
545         printf("\n");
546         int i=0;
547         for(;i<data_size;++i)
548     printf(PRINTBYTETOBINARY " ", BYTETOBINARY(data[i]));
549 );
550
551     char finalMessage2Send[(data_size+1)*2]; //char* finalMessage2Send =
552     (char*)malloc(data_size + 1);
553     memcpy(finalMessage2Send, data, data_size);
554     finalMessage2Send[data_size] = genBCC2(data, data_size);
555     randomErrorData(finalMessage2Send, data_size);
556
557     DEBUG_SECTION(DEBUG_REJ_WITHWRONG_BCCS,
558         gen0bcc = gen0bcc? FALSE: TRUE;);
559
560     data_size = apply_stuffing(finalMessage2Send, data_size + 1);
561
562     DEBUG_SECTION(DEBUG_WRITE_I,
563         printf("\nDEBUG WRITTE I SECT 2, data_size=%d",data_size)
564         ;
565         printf("\n");
566         int i=0;
567         for(;i<data_size;++i)
568     printf(PRINTBYTETOBINARY " ", BYTETOBINARY(finalMessage2Send[i]));
569 );

```

```

570 //set size to max available
571 if (write(fd, finalMessage2Send, data_size) != data_size)
572 {
573     perror("write_I()");
574     return -1;
575 }
576
577 if (write(fd, msg, 1) != 1)
578 {
579     perror("write_I()");
580     return -1;
581 }
582
583 //free(finalMessage2Send);
584
585 return 5 + data_size;
586 }
587 #endif /*WRITE AND READ MSGS AUX*/
588
589 // - - - LLOPEN AUXS - - - - -
590 #if (1)
591 #define DEBUG_LLOPEN_RECEIVER_OVERFLOW 0
592 int llopen_receiver(int fd)
593 {
594     state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
595     char buf[20]; //used to receive stuff
596     int res; //number of bytes read or sent
597     // - - - - -
598     //receive SET
599     while (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type !=
        MESSAGE_SET)
600     {
601         if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("llopen_receiver:");
602
603         DEBUG_SECTION(DEBUG_LLOPEN_RECEIVER_OVERFLOW,
604             if (res > 5)
605                 printf("\nWARNING:llopen_receiver received more than 5
                    characters at 1 time\n");
606         );
607
608         int i = 0;
609         for (; i < res && (state != STATE_MACHINE_STOP ||
            received_C_type != MESSAGE_SET); ++i)
            update_state_machine(APP_STATUS_RECEIVER,
                APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_SET, buf[i], &state);
610
611         DEBUG_SECTION(DEBUG_LLOPEN_RECEIVER_OVERFLOW,
612             if (res > i)
613                 printf("\nWARNING:llopen_receiver received more
                    characters than expected\n");
614         );
615     }
616     // - - - - -
617     write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_UA, 0, fd);
618
619     return OK;
620 }
621
622 #define DEBUG_LLOPEN_TRANSMITTER_OVERFLOW 0
623 //should send set and receive UA
624 int llopen_transmitter(int fd)
625 {
626     int res;
627     state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;

```

```

629     timeouts_done = 0;
630     char buf[20]; //used to receive stuff
631     bool QUIT = NO;
632
633     DEBUG_SECTION(DEBUG_PRINT_SECTION_NUM,
634         printf("\n-section2-");
635         sleep(1);
636     );
637
638     while (QUIT == NO && timeouts_done < link_layer_data.
        numTransmissions)
639     {
640         write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_SET, 0, fd);
641
642         startAlarm(); //ready alarm for possible timeout
643
644         DEBUG_SECTION(DEBUG_PRINT_SECTION_NUM,
645             printf("\n-section3-");
646             sleep(1);
647         );
648
649         while (STOP == FALSE)
650         {
651             //get response
652             if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("
                llopen_transmitter:");
653
654             DEBUG_SECTION(DEBUG_PRINT_SECTION_NUM,
655                 printf("\n-section4-");
656                 sleep(1);
657             );
658
659             DEBUG_SECTION(DEBUG_LLOPEN_TRANSMITTER_OVERFLOW,
660                 if (res > 5)
661                     printf("\nWARNING:llopen_transmitter received more
                        than 5 characters at 1 time\n");
662             );
663
664             //update state machine and stop loop if valid
665             int i = 0;
666             for (; i < res && (state != STATE_MACHINE_STOP ||
                received_C_type != MESSAGE_UA); ++i)
667                 update_state_machine(APP_STATUS_TRANSMITTER,
                    APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_UA, buf[i], &state);
668
669             if (state == STATE_MACHINE_STOP && received_C_type ==
                MESSAGE_UA)
670             {
671                 stopAlarm(); QUIT = YES; break;
672             }
673
674             DEBUG_SECTION(DEBUG_LLOPEN_TRANSMITTER_OVERFLOW,
675                 if (res > i)
676                     printf("\nWARNING:llopen_transmitter received more
                        characters than expected\n");
677             );
678         }
679     }
680 }
681
682 //END AND RETURN
683 //if did not receive confirmation UA
684 if (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type != MESSAGE_UA)
685 {
686     printf("\nllopen: No confirmation of the reception was received

```

```

        !");
687     if (timeouts_done >= link_layer_data.numTransmissions)
688         printf("\nllopen: Max tries (timeouts) reached.\n");
689     return -1;
690 }
691 //or else
692 printf("\nllopen: Connection established.\n");
693 return OK;
694 }
695
696 #endif /*LLOPEN AUXS*/
697
698 // - - - LLCLOSE AUXS - - - - -
699 #if (1)
700
701 int llclose_receiver(int fd)
702 {
703     int res;
704     state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
705     timeouts_done = 0;
706     char buf[20]; //used to receive stuff
707     bool QUIT = NO;
708
709     while (QUIT == NO && timeouts_done < link_layer_data.
        numTransmissions)
710     {
711         //done in read when disc is received
712         //write_UorS(APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_DISC, 0, fd);
713
714         startAlarm(); //ready alarm for possible timeout
715
716         while (STOP == FALSE)
717         {
718             //get response
719             if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("llclose_receiver
                :");
720
721             //update state machine and stop loop if valid
722             int i = 0;
723             for (; i < res && (state != STATE_MACHINE_STOP ||
                received_C_type != MESSAGE_UA); ++i)
724                 update_state_machine(APP_STATUS_TRANSMITTER,
                    APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_UA, buf[i], &state);
725
726             //quit if received confirmation from transmitter
727             if (state == STATE_MACHINE_STOP && received_C_type ==
                MESSAGE_UA)
728             {
729                 stopAlarm(); QUIT = YES; break;
730             }
731         }
732     }
733
734     //END AND RETURN
735     //if did not receive confirmation UA
736     if (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type != MESSAGE_UA)
737     {
738         printf("\nllclose: No confirmation of the reception was
            received!");
739         if (timeouts_done >= link_layer_data.numTransmissions)
740             printf("\nllclose: Max tries (timeouts) reached.\n");
741         return -1;
742     }
743     //or else

```

```

744     printf("\nllclose: Connection was properly closed.\n");
745     return OK;
746 }
747
748 int llclose_transmitter(int fd)
749 {
750     int res;
751     state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
752     timeouts_done = 0;
753     char buf[20]; //used to receive stuff
754     bool QUIT = NO;
755
756     while (QUIT == NO && timeouts_done < link_layer_data.
              numTransmissions)
757     {
758         write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_DISC, 0, fd);
759
760         startAlarm(); //ready alarm for possible timeout
761
762         while (STOP == FALSE)
763         {
764             //get response
765             if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("llclose_receiver
              :");
766
767             //update state machine and stop loop if valid
768             int i = 0;
769             for (; i < res && (state != STATE_MACHINE_STOP ||
              received_C_type != MESSAGE_DISC); ++i)
770                 update_state_machine(APP_STATUS_TRANSMITTER,
              APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_DISC, buf[i], &state);
771
772             if (state == STATE_MACHINE_STOP && received_C_type ==
              MESSAGE_DISC)
773             {
774                 stopAlarm(); QUIT = YES; break;
775             }
776         }
777     }
778
779     //END AND RETURN
780     //if did not receive confirmation UA
781     if (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type != MESSAGE_DISC)
782     {
783         printf("\nllclose: No confirmation of the reception was
              received!");
784         if (timeouts_done >= link_layer_data.numTransmissions)
785             printf("\nllclose: Max tries (timeouts) reached.\n");
786         return -1;
787     }
788     //or else
789     write_UorS(APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_UA, 0, fd);
790     printf("\nllclose: Connection was properly closed.\n");
791     return OK;
792 }
793
794 #endif /*LLCLOSE AUXS*/
795
796 #endif
797 //=====
798 //X=X=X=X    PROTOCOL MAIN FUNCS
799 #if (1)
800 //

```

```

=====
801
802 int llopen(app_status_type status)
803 {
804     int fd;
805
806     if (open_tio(&fd, 0, 0) != OK) {
807         printf("\nERROR: Could not open terminal\n");
808         return -1;
809     }
810
811     occ_log.num_of_Is = 0;
812     occ_log.total_num_of_timeouts = 0;
813     occ_log.num_of_REJs = 0;
814     if (status == APP_STATUS_TRANSMITTER)
815     {
816         app_status = APP_STATUS_TRANSMITTER;
817         if( llopen_transmitter(fd) != OK) {
818             close_tio(fd);
819             return -1;
820         };
821     }
822     else if (status == APP_STATUS_RECEIVER)
823     {
824         app_status = APP_STATUS_RECEIVER;
825         if( llopen_receiver(fd) != OK) {
826             close_tio(fd);
827             return -1;
828         };
829     }
830     else
831     {
832         printf("\nWARNING(llo):invalid app_status found on llopen().\n"
833             );
834         close_tio(fd);
835         return 1;
836     }
837 }
838
839 // - - - - -
840 #define DEBUG_LLREAD_WARN_UNEXPECTED_MSG 1
841 #define LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE 131085
842 #define LLREAD_AUXDATABUFFER_SIZE 1310850 //valor maximo necessario
843 // para 1 mensagem com dados: 131085 = (255 * 256 + 255 + 4 + 1) * 2 + 5
844 // = (L2 * 256 + L1 + 4bytes_overhead_app_protocol + 1
845 // byte_bcc2_data_link_protocol) * 2_stuffing + 5
846 // bytes_overhead_data_link_protocol
847 //buffer must be dynamic!
848 int llread(int fd, char** buffer)
849 {
850     STOP = FALSE; /*doesn't do anything right now. could define timeout
851         later 4 receiver*/
852     state_machine_state = STATE_MACHINE_START;
853     state_machine_state prevstate = 0;
854     char auxReadBuf[LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE]; //aux buffer used to
855         receive stuff on read
856     char auxReceiveDataBuf[LLREAD_AUXDATABUFFER_SIZE]; //aux buffer used
857         to store data
858     int auxReceiveDataBuf_length = 0;
859     int res; //number of bytes read or sent
860

```



```

855 //devia usar 1 timeout pro read tb nao?
856
857 //bool RECEIVE = YES;//used to cycle
858 //-----
859 //receive stuff
860 timeouts_done = 0;
861 while (timeouts_done < link_layer_data.numTransmissions)
862 {
863     startAlarm();
864     //STOP = FALSE;
865     while (STOP == FALSE) {
866         /*clear buf*/memset(auxReadBuf, 0,
867             LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE);
868         res = read(fd, auxReadBuf, LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE);
869
870         //UPDATE STATE MACHINE - UPDATE STATE MACHINE - UPDATE
871         //STATE MACHINE
872         int i = 0;
873         //int lastStart = 0;
874         for (; i < res; ++i)
875         {
876             prevstate = state;
877             update_state_machine(APP_STATUS_RECEIVER,
878                 APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_I, auxReadBuf[i], &
879                 state);
880             //if (state == STATE_MACHINE_START;) lastStart = i;
881
882             //receive data to auxReceiveDataBuf
883             if (
884                 (prevstate == STATE_MACHINE_BCC_RCV || prevstate ==
885                     STATE_MACHINE_ESCAPE)
886                 && (state == STATE_MACHINE_BCC_RCV || state ==
887                     STATE_MACHINE_ESCAPE)
888                 && received_C_type == MESSAGE_I)
889             {
890                 auxReceiveDataBuf[auxReceiveDataBuf_length] =
891                     auxReadBuf[i];
892                 ++auxReceiveDataBuf_length;
893             }
894
895             if (state == STATE_MACHINE_STOP){
896
897                 if (received_C_type == MESSAGE_I)//RECEIVED DATA;
898                     SEND RR or REJ; destuff and retrieve DATA
899                 {
900                     if (auxReceiveDataBuf_length == 0)
901                     {
902                         printf("\nllread:empty I message received!
903                             (? ? ?)");
904                         stopAlarm();
905                         return -1;
906                     }
907
908                     auxReceiveDataBuf_length = apply_destuffing(
909                         auxReceiveDataBuf, auxReceiveDataBuf_length)
910                     ;
911
912                     if (validateBCC2(auxReceiveDataBuf,
913                         auxReceiveDataBuf_length)==OK)
914                     {
915                         NR = received_C == IO? 1:0;
916
917                         --auxReceiveDataBuf_length;//leave BCC2 out
918                         of data
919                         write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER,

```

```

907         MESSAGE_RR, NR, fd);
//note: the original pointer must be
        updated so a pointer to the pointer must
        be used
908     if ((*buffer = (char*)malloc(
        auxReceiveDataBuf_length)) == NULL)
909     {
910         perror("llread:");
911         stopAlarm();
912         return -1;
913     }
914     //memset(auxReadBuf, 0,
        LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE);
915     memcpy(*buffer, auxReceiveDataBuf,
        auxReceiveDataBuf_length);

916     /*update Occurrences_Log*/++occ_log.
        num_of_Is;
917     stopAlarm();
918     return auxReceiveDataBuf_length;
919 }
920 else
921 {
922     write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER,
        MESSAGE_REJ, (received_C == IO ? 0 : 1),
923         fd);
924     state = STATE_MACHINE_START;
925     /*update Occurrences_Log*/++occ_log.
        num_of_REJs;
926     auxReceiveDataBuf_length = 0;
927 }
928 }
929 //RECEIVED DISC ; SEND DISC BACK
930 else if (received_C_type == MESSAGE_DISC)
931 {
932     write_UorS(APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_DISC,
        0, fd);
933     stopAlarm();
934     return -2; //should notify the upper layer
935 }
936 //RECEIVED SET ; SEND UA BACK
937 else if (received_C_type == MESSAGE_SET)
938 {
939     write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_UA,
        0, fd);
940     state = STATE_MACHINE_START;
941     auxReceiveDataBuf_length = 0;
942 }
943 else
944 {
945     DEBUG_SECTION(DEBUG_LLREAD_WARN_UNEXPECTED_MSG,
        printf("\nllread:received unexpected msg of
        type %d", received_C_type));
946     state = STATE_MACHINE_START;
947     auxReceiveDataBuf_length = 0;
948     //return OK;
949 }
950 }
951 }
952 }
953 }
954 }
955 //-----
956
957 return -1;

```

```

958 }
959
960 /*
961 manda I
962 espera RR ou REJ
963 se RR sai
964 se REJ repete de inicio
965 */
966 #define DEBUG_LLWRITER_BADRR_R 0
967 #define DEBUG_LLWRITER_REJ 0
968 int llwrite(int fd, char * buffer, int length)
969 {
970     int res;
971     state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
972     timeouts_done = 0;
973     char buf[20]; //used to receive stuff
974     //bool QUIT = FALSE;
975
976     while (/*QUIT == NO &&*/ timeouts_done < link_layer_data.
          numTransmissions)
977     {
978         int num_of_writen_bytes = write_I(NS, fd, buffer, length);
979
980         startAlarm(); //ready alarm for possible timeout
981
982         while (STOP == FALSE)
983         {
984             //get response
985             if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("llwriter:");
986
987             //update state machine and stop loop if valid
988             int i = 0;
989             for (; i < res && (state != STATE_MACHINE_STOP); ++i)
990                 update_state_machine(APP_STATUS_TRANSMITTER,
          APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_RR, buf[i], &state);
991
992             if (state == STATE_MACHINE_STOP)
993             {
994                 if (received_C_type == MESSAGE_RR)
995                 {
996                     //check NR 2 c if it's ok to send next I
997                     if (received_C != (NS ? RR0 : RR1))
998                     {
999                         state = STATE_MACHINE_START;
1000                         stopAlarm();
1001                         //update statistics
1002
1003                         DEBUG_SECTION(DEBUG_LLWRITER_BADRR_R,
1004 printf("\nllwriter debug: received a RR which C had
          not expected R"));
1005
1006                         break;
1007                     }
1008
1009                     stopAlarm();
1010                     NS = NS ? 0 : 1;
1011
1012                     /*update Occurrences_Log*/ ++occ_log.num_of_Is;
1013
1014                     return num_of_writen_bytes; //QUIT = YES; break;
1015                 }
1016                 else if (received_C_type == MESSAGE_REJ)
1017                 {
1018                     state = STATE_MACHINE_START;
1019                     stopAlarm();

```

```

1020                                     if(received_C != (NS ? REJ1 :REJ0) )
1021                                     {
1022                                         //if this happens means a reject from
1023                                         //another message was received
1024                                         //in this case I'm not sure what 2 do.
1025                                         //maybe the program should be aborted
1026                                         //because the transmission failed somewhere
1027                                         //and we cannot trace it back
1028
1029                                         printf("\nllwriter:REJ with R different than
1030                                             expected !!!"
1031                                             "\nthis means the some of the data was lost and
1032                                             cannot be recovered!\n"
1033                                             "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!");
1034                                         );
1035                                         //DO SOMETHING HERE;
1036                                     }
1037
1038                                     DEBUG_SECTION(DEBUG_LLWRITER_REJ ,
1039                                     printf("\nllwriter debug: received REJ"););
1040
1041                                     /*update Occurrences_Log*/++occ_log.num_of_REJs;
1042                                     break;
1043                                 }
1044                             else return 0;
1045                         }
1046                     }
1047                 }
1048             }
1049         }
1050     }
1051     return -1;
1052 }
1053
1054
1055 int llclose(int fd, int hard)
1056 {
1057     if (!hard) {
1058         int ret;
1059         if (app_status == APP_STATUS_RECEIVER)          ret =
1060             llclose_receiver(fd);
1061         else if (app_status == APP_STATUS_TRANSMITTER)  ret =
1062             llclose_transmitter(fd);
1063         else ret = -1;
1064         close_tio(fd);
1065         return ret;
1066     }
1067     else {
1068         close_tio(fd);
1069         return OK;
1070     }
1071 }
1072 #endif
1073 //=====

```

## A.5 DataLinkProtocol.h

```
1
2 #ifndef TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
3 #define TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
4 typedef char bool; //in case utilities is not included first...
```

```

5  #endif /* TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED */
6
7  #ifndef DATALINKPROTOCOL
8  #define DATALINKPROTOCOL
9
10 //
=====
11 //basic definitions
12 //
=====
13
14 //should be relative to a single transmission
15 struct occurrences_Log{
16
17     unsigned long num_of_Is;//sent if host(only counts when
        confirmation is received) | received by client
18     unsigned long total_num_of_timeouts;
19     unsigned long num_of_REJs;//received if host | sent if client
20 };
21
22 typedef struct occurrences_Log* occurrences_Log_Ptr;
23
24 typedef char app_status_type;//in case utilities is not included first
    ...
25 #define APP_STATUS_TRANSMITTER      0
26 #define APP_STATUS_RECEIVER         1
27
28 void set_basic_definitions(/*int timeout_in_seconds*/int
    number_of_tries_when_failing, char* port, int boudrate, int
    packetSize);
29
30 //self explanatory
31 occurrences_Log_Ptr get_occurrences_log();
32
33 //
=====
34 //PROTOCOL MAIN FUNCS
35 //
=====
36
37 int llopen(app_status_type status);
38
39 int llwrite(int fd, char * buffer, int length);
40
41 int llread(int fd, char** buffer);
42
43 int llclose(int fd, int hard);
44
45 #endif /* DATALINKPROTOCOL */

```

## A.6 FileFuncs.c

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>
3  #include "utilities.h"
4  #include "FileFuncs.h"
5
6  /*dest_buf must be freed outside!*/
7  long getFileBytes(char* filename, char** dest_buf)
8  {
9      FILE *pFile;

```

```

10
11  /*adapted from cplusplus.com examples*/
12
13  pFile = fopen(filename, "rb");//read,binary
14  if (pFile == NULL) { fputs("File error", stderr); exit(1); }
15
16  // obtain file size:
17  fseek(pFile, 0, SEEK_END);
18  long lSize = ftell(pFile);
19  rewind(pFile);
20
21  // allocate memory to contain the whole file:
22  *dest_buf = (char*)malloc(sizeof(char)*lSize);
23  if (*dest_buf == NULL) { perror("\ngetBytes(1):"); return -1; }
24
25  printf("\nCCC\n");
26
27  // copy the file into the buffer:
28  size_t result = fread(*dest_buf, 1, lSize, pFile);
29  if (result != lSize) {
30      perror("\ngetBytes(2):"); return -1;
31  }
32
33  //close file
34  if (fclose(pFile) != OK)
35  {
36      perror("\nsave2File:");
37      return -1;
38  }
39
40  return lSize;
41 }
42
43
44 int save2File(char* data, int data_size, const char* filename)
45 {
46     FILE *pFile;
47
48     //write: Create an empty file for output operations.
49     //If a file with the same name already exists, its contents are
50     //discarded and the file is treated as a new empty file.
51     if ((pFile = fopen(filename, "wb")) == NULL) //write,binary
52     {
53         perror("\nsave2File:");
54         return -1;
55     }
56     fwrite(data, sizeof(char), data_size, pFile); // write 10 bytes to
57     //our buffer
58     if (fclose(pFile) != OK)
59     {
60         perror("\nsave2File:");
61         return -1;
62     }
63
64     return OK;
65 }

```

## A.7 FileFuncs.h

```

1  #ifndef FILEFUNCS
2  #define FILEFUNCS
3

```

```

4 //copies file data to *dest_buf array. dest_buf must be dynamic and not
  initialized
5 //returns the length of the dest_buf
6 long getFileBytes(char* filename, char** dest_buf);
7
8 int save2File(char* data, int data_size, const char* filename);
9
10 #endif /*FILEFUNCS*/

```

## A.8 user\_interface.c

```

1  #include <stdlib.h>
2  #include <stdio.h>
3  #include <unistd.h>
4  #include <string.h>
5  #include "utilities.h"
6  #include "user_interface.h"
7  #include "FileFuncs.h"
8
9  //should have a start bigger than zero
10 int getIntPositiveRange(int start, int end) {
11     int num;
12     char get[50];
13     int done = NO;
14
15     while (!done) {
16         //printf("(%d,%d)", start, end);
17
18         gets(get);
19         //fgets(get, 50, stdin);
20         ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c !=
          EOF);
21         num = atoi(get);
22
23         if (num != 0 && start <= num && num <= end)
24             done = YES;
25         else printf("Invalid input/range, please select again:\n==>");
26     }
27
28     return num;
29 }
30
31 char getAnswer(int numOfChoices)
32 {
33     char get[20];
34     do {
35         gets(get);
36         //fgets(get, 2, stdin);
37         ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c !=
          EOF);
38         if (get[0] < 'a' || get[0] >= 'a' + numOfChoices || get[1] !=
          0)
39             printf("\nOption not recognized, please select again:");
40     } while (get[0] < 'a' || get[0] >= 'a' + numOfChoices || get[1] !=
          0);
41
42     return get[0];
43 }
44
45 char main_menu(bool receiver)
46 {
47     system("clear");
48
49

```

```

50     printf("\nWELCOME TO THE APP! PLEASE SELECT ONE OF THE FOLLOWING
        OPERATONS");
51
52     if (receiver)
53         printf("\na) Establish Conection and receive picture");
54     else
55         printf("\na) Establish Conection and send picture");
56
57     printf("\nb) Try to re-establish lost conection");
58     printf("\nc) Change configurations");
59
60     if (receiver != 0) printf("\nd) Choose path to save picture");
61     else printf("\nd) Choose picture to send");
62
63     printf("\ne) Show Ocurrances Log");
64
65     printf("\nf) Quit\n\n==>");
66
67     return getAnswer(6);
68 }
69
70
71 int select_config(void(*apply_options) (char, char, char, int))
72 {
73     char boudOpt, reconnectOpt, timetoutOpt;
74     int packetSize;
75
76     system("clear");
77
78     printf("Select baudrate:");
79     printf("\na)B0 - Hang Up      b)B50");
80     printf("\nc)B75                d)B110");
81     printf("\ne)B134                f)B150");
82     printf("\ng)B200                h)B300");
83     printf("\ni)B600                j)B1200");
84     printf("\nk)B1800             l)B2400");
85     printf("\nm)B4800             n)B9600");
86     printf("\no)B19200            p)B38400 - Default");
87     printf("\nq)B57600            r)B115200");
88     printf("\ns)B230400          t)B460800\n=>");
89     boudOpt = getAnswer(20);
90
91     printf("\nSelect max Reconnect Tries: \na)1 \nb)3 \nc)5 \nd)7\n");
92     reconnectOpt = getAnswer(4);
93
94     /* printf("\nSelect timeout interval: \na)2 secs \nb)3 secs \nc)5 secs
        \nd)8 secs \n=>");
95     timetoutOpt = getAnswer(4);
96 */
97
98     printf("\nInput packet size (number of file bytes per packet 1 -
        65535):\n");
99     packetSize = getIntPositiveRange(1, 65535);
100
101     apply_options(boudOpt, reconnectOpt, timetoutOpt, packetSize);
102
103     return 0;
104 }
105
106
107
108
109 void show_prog_stats(unsigned long num_of_Is,
110                     unsigned long total_num_of_timeouts,
111                     unsigned long num_of_REJs, int appstatus)

```



```

112 {
113     system("clear");
114
115     printf("- - - Ocurrances log - - -");
116
117     if (appstatus/*receiver*/)
118         printf("\nNumber of Is received: %lu", num_of_Is);
119     else /*transmitter*/ printf("\nNumber of I's sent (RR confirmed): %
120         lu", num_of_Is);
121
122     printf("\nTotal number of timeouts: %lu", total_num_of_timeouts);
123
124     if (appstatus/*receiver*/)
125         printf("\nTotak number of REJs sent: %lu", num_of_REJs);
126     else /*transmitter*/printf("\nTotal number of REJs received: %lu",
127         num_of_REJs);
128
129     printf("\n- - - - - \nPress Enter key to return
130         to previous menu...\n");
131
132     char get[20];
133
134     gets(get);
135     //fgets(get, 2, stdin);
136     ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c != EOF);
137 }
138
139 unsigned int selectNload_image(char** image_buffer, char*
140     out_image_name, unsigned char* out_image_name_length)
141 {
142     system("clear");
143     printf("Please input image file path (relative or not):\n>");
144
145     char get_path[100];
146
147     gets(get_path);
148     //fgets(get_path, 100, stdin);
149     ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c != EOF);
150
151     char* image_path;
152     while (TRUE){
153         image_path = realpath(get_path, NULL);
154         if (image_path != NULL) break;
155         printf("\nInvalid path/file. Please choose another.\n");
156
157         gets(get_path);
158         //fgets(get_path, 100, stdin);
159         ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c !=
160             EOF);
161     }
162
163     long imageSize;
164     if ((imageSize = getFileBytes(image_path, image_buffer)) < 0)
165     {
166         printf("\nFailed to load image.\n");
167         return -1;
168     }
169
170     //get name from path
171     image_path = strrchr(get_path, '/');
172     if (image_path==NULL)
173     {
174         strcpy(out_image_name, get_path);
175     }
176 }

```

```

172     }
173     else {
174         //((image_path - get_path + 1)
175         strcpy(out_image_name, image_path+1);
176     }
177
178     *out_image_name_length = strlen(out_image_name);
179
180     printf("\nImage sucessfully loaded.<%s , %ld bytes>\n",
181           out_image_name, imageSize);
182     sleep(2);
183     return (unsigned int) imageSize;
184 }

```

## A.9 user\_interface.h

```

1  #ifndef USER_INTERFACE
2  #define USER_INTERFACE
3
4  char main_menu(bool receiver);
5
6  /*@brief display menu configuration
7   * @param apply_options must be a pointer to a func that receives a
8   * pointer to an array of 4 chars. The chosen options will be sent to
9   * this method that should apply them.
10 */
11 int select_config(void(*apply_options) (char, char, char, int));
12
13 //void* show_progress(void* args);
14
15 void show_prog_stats(unsigned long num_of_Is,
16                     unsigned long total_num_of_timeouts,
17                     unsigned long num_of_REJs, int appstatus);
18
19 unsigned int selectNload_image(char** image_buffer, char*
20                               out_image_name, unsigned char* out_image_name_length);
21
22 #endif /*USER_INTERFACE*/

```

## A.10 Utilities.h

```

1  #ifndef UTILITIES
2  #define UTILITIES
3
4  // section: should be a definition created by the programmer that must
5  // be equal to zero to avoid running the debug code.
6
7  #define DEBUG_SECTION(SECT, CODE) {\
8  if (SECT != 0)\
9  {\
10 CODE\
11 }\
12 }
13
14 #ifndef TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
15 #define TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
16 typedef int bool;
17 #endif /* TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_*/
18
19 #define TRUE 1

```

```

19 #define YES      1
20 #define FALSE    0
21 #define NO       0
22 #define OK        0
23
24 #define PRINTBYTETO_BINARY "%d%d%d%d%d%d%d%d"
25 #define BYTETO_BINARY(byte) \
26 (byte & 0x80 ? 1 : 0), \
27 (byte & 0x40 ? 1 : 0), \
28 (byte & 0x20 ? 1 : 0), \
29 (byte & 0x10 ? 1 : 0), \
30 (byte & 0x08 ? 1 : 0), \
31 (byte & 0x04 ? 1 : 0), \
32 (byte & 0x02 ? 1 : 0), \
33 (byte & 0x01 ? 1 : 0)
34
35 #endif /* UTILITIES */

```

# B Tipos de Tramas Usadas

As tramas que utilizamos podem ser de três tipos:

- Informação (I) - transportam dados;
- Supervisão (S) - são usadas para iniciar e terminar a emissão, assim como para responder a tramas do tipo I;
- Não Numeradas (U) - são usadas para responder a tramas de início e fim de emissão.

Todas as tramas são delimitadas pelas *Flags* F - 01111110. Além disso, independentemente do tipo da trama, o cabeçalho é sempre o mesmo conjunto de 3 bytes:

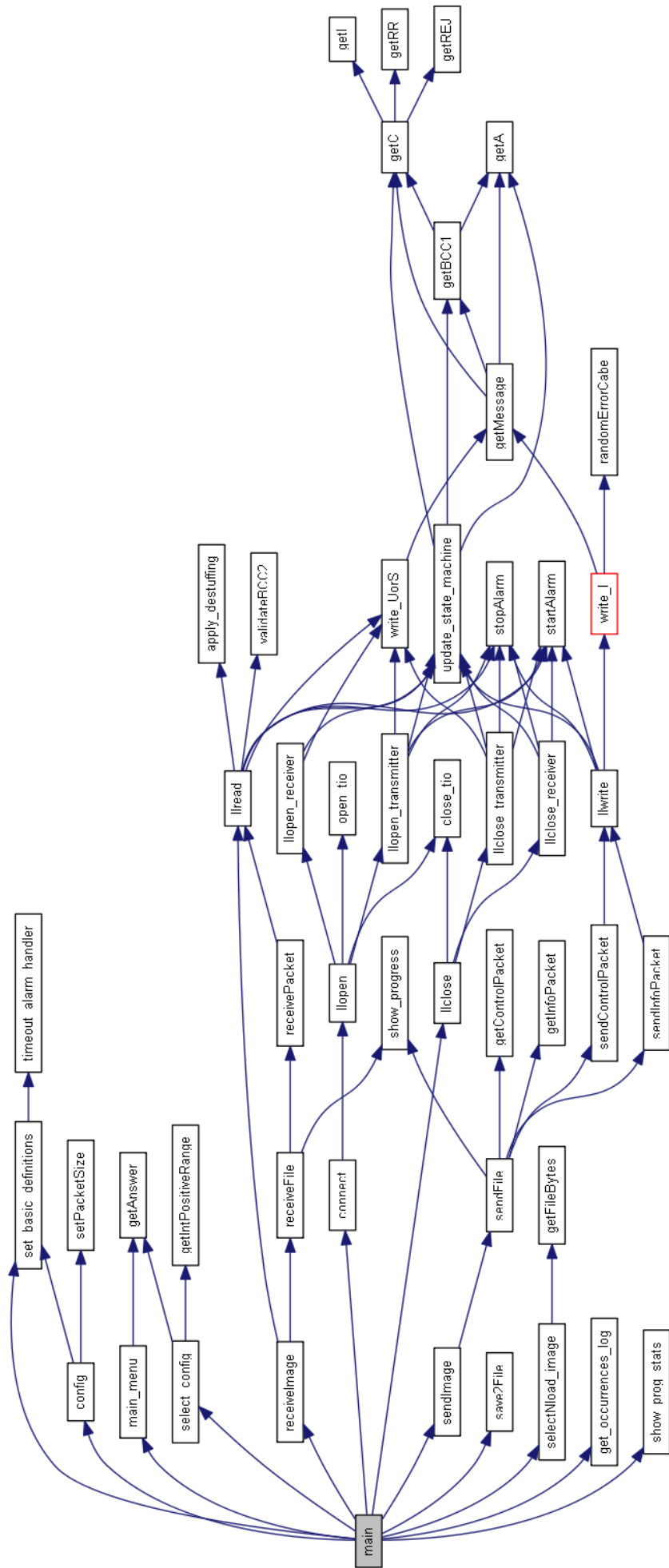
1. A - Campo de Endereço - 00000011 em comandos enviados pelo Emissor e respostas enviadas pelo Receptor, 00000001 na situação inversa;
2. C - Campo de Controlo:
  - tramas I - 00S00000, onde S é o bit que identifica a trama;
  - tramas SET (*set up*) - 00000111;
  - tramas DISC (*disconnect*)- 00001011;
  - tramas UA (*unnumbered acknowledgment*) - 00000011;
  - tramas RR (*positive acknowledgment*) - 00R00001, onde R identifica a trama;
  - tramas REJ (*negative acknowledgment*) - 00R00101, onde R identifica a trama;
3. BCC1 (*Block Check Character*) - Campo de Proteção do Cabeçalho - é obtido realizando a disjunção exclusiva bit a bit de A e C.

Se se tratar de uma trama I, após o cabeçalho temos:

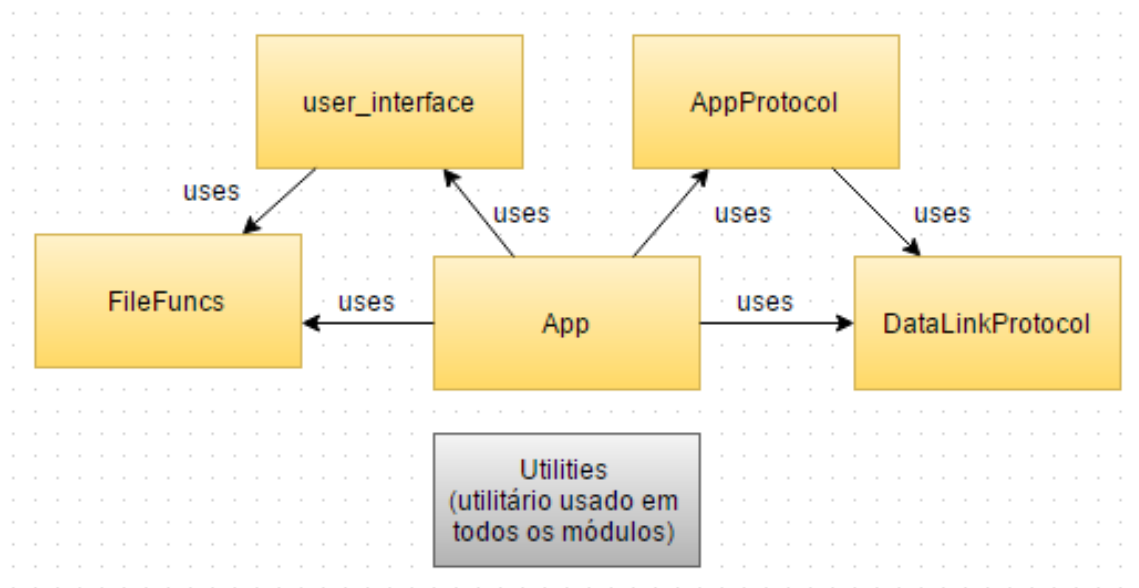
- $D_1, D_2, \dots, D_N$  - bytes de dados;
- BCC2 - Campo de Proteção dos Dados - calculado de forma que exista um número par de 1s em cada bit dos dados, incluindo o BCC2.

As restantes tramas apenas têm o respetivo cabeçalho delimitado por flags.

## C Diagrama de chamadas a funções (Fluxo)



## D Diagrama de Módulos



## E Imagens da aplicação

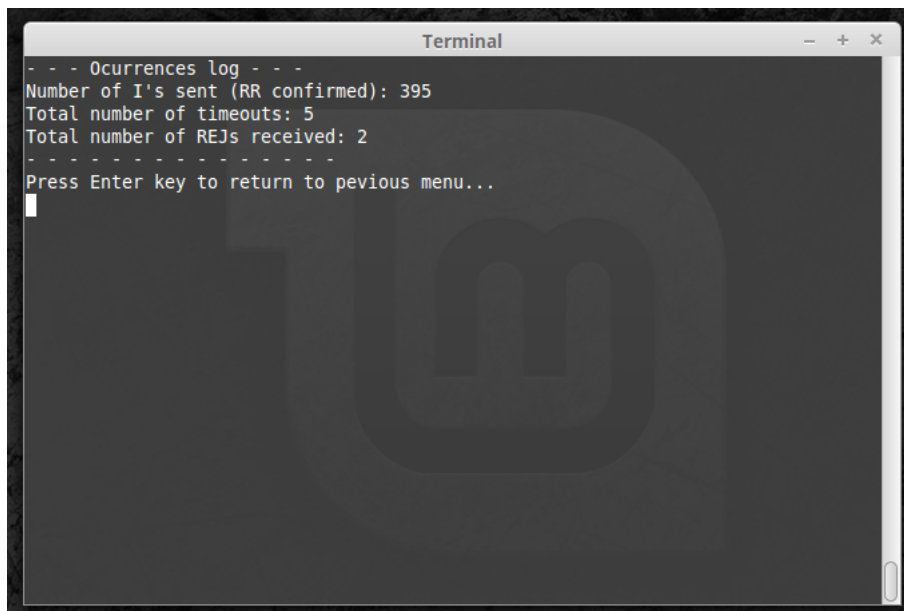


Figura E.1: Registo de ocorrências da aplicação



Figura E.2: Representação do progresso de envio/receção