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

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 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 caracter 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 defina 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 recetor 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/receção 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 a implementação 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). 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 // PROGRAM VARIABLES
24 //
      ================================================================================
25
26 struct applicationLayer {
27     int fd; /*Descritor correspondente a porta serie*/
28     int status; /*TRANSMITTER 0 | RECEIVER 1*/
29     unsigned char l2;    /* info packet size = l2 * 256 + l1 */
30     unsigned char l1;    /* defaults are L2 and L1 defined in
          AppProtocol.h */
31 };
32
33 struct applicationLayer app;
34
35 occurrences_Log_Ptr datalink_log;
36
37 bool conection_open = FALSE;
38
39 //pthread_t display_thread;
40 bool show_display;
41
42 //bool image_loaded = NO; //check with image bytes length nstead
43 unsigned int image_already_bytes;//num of image's bytes sent or
      received
44 char* image_bytes;
45 unsigned int image_bytes_length;
46 char image_name[255]; //name is not path!!!
47 unsigned char image_name_length = 0;
48
49 //
```

```
    ============================================================================

// PROGRAM FUNCS
//
    ============================================================================


int connect()
{

    if ((app.fd = llopen(app.status)) < 0) return -1;

    return 0;

}

void setPacketSize(int packetSize) {
    app.l2 = (unsigned char) (packetSize / 256);
//  printf("l2: %u\n", app.l2);
    app.l1 = (unsigned char) (packetSize % 256);
//  printf("l1: %u\n", app.l1);
}

void config(char baud, char recon, char timeo, int packetSize)
{
    int baudrate = -1;
    switch (baud) {
    case 'a':
        baudrate = B0; break;
    case 'b':
        baudrate = B50; break;
    case 'c':
        baudrate = B75; break;
    case 'd':
        baudrate = B110; break;
    case 'e':
        baudrate = B134; break;
    case 'f':
        baudrate = B150; break;
    case 'g':
        baudrate = B200; break;
    case 'h':
        baudrate = B300; break;
    case 'i':
        baudrate = B600; break;
    case 'j':
        baudrate = B1200; break;
    case 'k':
        baudrate = B1800; break;
    case 'l':
        baudrate = B2400; break;
    case 'm':
        baudrate = B4800; break;
    case 'n':
        baudrate = B9600; break;
    case 'o':
        baudrate = B19200; break;
    case 'p':
        baudrate = B38400; break;
    case 'q':
        baudrate = B57600; break;
    case 'r':
        baudrate = B115200; break;
    case 's':
        baudrate = B230400; break;
```

```
111     case 't':
112         baudrate = B460800; break;
113     default: break;
114     }
115 
116     int reconect_tries = -1;
117     switch (recon) {
118     case 'a':
119         reconect_tries = 1; break;
120     case 'b':
121         reconect_tries = 3; break;
122     case 'c':
123         reconect_tries = 5; break;
124     case 'd':
125         reconect_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,*/ reconect_tries, 0, baudrate,
        packetSize);
143 
144     setPacketSize(packetSize);
145 
146 }
147 
148 //return -1 if failed to send complete image, -2 if not even start was
    sent
149 int sendImage() {
150 
151     //send
152     int ret = 0;
153     image_already_bytes = 0;
154     ret = sendFile(app.l2, app.l1, app.fd, image_name_length,
        image_name, image_bytes_length, image_bytes, &
        image_already_bytes);
155 
156     //if(ret==-1) can_reconect=YES;
157 
158     return ret;
159 }
160 
161 //return 0 if ok, -1 if image was not received, -2 start faled, -3 if
    connection failed on disk
162 int receiveImage() {
163 
164     //receive
165     int ret = 0;
166     image_already_bytes = 0;
167     ret = receiveFile(app.fd, image_name, &image_bytes, &
        image_bytes_length, &image_already_bytes);
168 
169     //if(ret==-1) can_reconect=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 ==
        image_bytes_length)
187     {
188         if (app.status) printf("\nNot possible:There is nothing to re-
            send");
189         else printf("\nNot possible:There is no data already received
            or all the data as already been received.");
190         return OK;
191     }
192
193     return OK;
194 }
195
196
197 //
    ================================================================================

198 // MAIN
199 //
    ================================================================================

200
201 int main(int argc, char** argv)
202 {
203
204     time_t t;
205     srand((unsigned) time(&t)); // seed for random numbers for random
        error generator
206
207     if ((argc < 3) ||
208         ((strcmp("/dev/ttyS0", argv[1]) != 0) &&
209         (strcmp("/dev/ttyS4", argv[1]) != 0))
210         || ((strcmp("t", argv[2]) != 0) && (strcmp("r", argv[2]) != 0))
211         )
212     {
213         printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial /dev/ttyS0 \
            nAppStatus: t (=transmitter) or r (=receiver)\n");
214         exit(1);
215     }
216
217     if (strcmp("t", argv[2]) == 0) app.status = APP_STATUS_TRANSMITTER;
218     else app.status = APP_STATUS_RECEIVER;
219
220     app.l2 = L2;    /* info packet size = l2 * 256 + l1 */
221     app.l1 = L1;    /* defaults are L2 and L1 defined in AppProtocol.h
        */
222
223     image_bytes_length = 0;
224     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 &&
                    image_bytes_length <= 0)
233             {
234                 printf("\nNO IMAGE SELECTED!");
235             }
236             else if (connect() == 0)
237             {
238                 conection_open = TRUE;
239
240                 if (
241                     (app.status == APP_STATUS_TRANSMITTER ?
242                     sendImage() : receiveImage()) == 0)
243                 {
244                     show_display = NO;
245                     llclose(app.fd, 0); // normal close
246
247                     //save file if receiver
248                     if (app.status == APP_STATUS_RECEIVER){
249                         if (save2File(image_bytes, image_bytes_length,
                                image_name) != OK){
250                             free(image_bytes);
251                             image_bytes_length = 0;
252                             printf("\nImage was not saved sucessfully.\
                                    n");
253                             return -1;
254                         }
255                         free(image_bytes);
256                         image_bytes_length = 0;
257                         printf("\nImage was saved sucessfully.\n");
258                     }
259
260                 }
261                 else llclose(app.fd, 1); // hard close
262                 conection_open = FALSE;
263
264                 show_display = NO;
265
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,
                        image_name, &image_name_length);
280             }
281             else printf("\nNOT IMPLEMENTED");
282             break;
283
284         case 'e':
285             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,
                        image_bytes_length);
160             }
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,
       unsigned int* out_image_buffer_length, unsigned int*
       out_already_received_imgbytes) {
183     timedif = 0;
184     char* packet;
185     int sizePacket;
186     unsigned int infoSize;
187     unsigned char N = 0;
188     char fileName[255];
189     unsigned char fileNameSize;
190     unsigned int fileSize;
191     if (receivePacket(fd, &packet, &sizePacket) == OK) {
192         if (packet[0] != CS) {
193             free(packet);
194                 return -2;
195         }
196         if (packet[1] != TSIZE){
197             free(packet);
198             return -2;
199         }
200 
201         unsigned char sizeFileSize = packet[2];
202         fileSize = 0;
203         unsigned int multiply = 1;
204         unsigned int i;
205         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)
                ] = 0;//some extra precaution
228
229         DEBUG_SECTION(DEBUG_RECEIVE_STEPS,
230             printf("\nfileName: %s\n", out_imagename););
231
232         free(packet);
233         time(&start);//avoid interface spam
234         while (receivePacket(fd, &packet, &sizePacket) == OK) {
235             if (packet[0] == CD) {
236                 if ( ((unsigned char) packet[1]) == N) {
237
238                     infoSize = (((unsigned int) packet[2]) & 0x00ff) *
                            256 + (((unsigned int) packet[3]) & 0x00ff);
239                     for (i = 0; i < infoSize; i++)
240                     {
241                         if (fileSize <= (*out_already_received_imgbytes
                                ) )
242                         {
243                             printf("\nERROR: receiveFile(...) received
                                    more data bytes than expected\n");
244                             free(packet);
245                             return -1;
246                         }
247                         (*out_imagebuffer)[(*
                                out_already_received_imgbytes)] = packet[4 +
                                 i];
248                         (*out_already_received_imgbytes)++;//counts
                                received bytes
249                     }
250                     N++;
251
252                     //interface stuff
253                     time(&end);//avoid interface spam
254                     timedif += difftime(end, start);
255                     if (timedif >= UPDATE_DISPLAY_MIN_TIME_INTERVAL){
256                         timedif = 0;
257                         show_progress(1, *out_already_received_imgbytes
                                , *out_image_buffer_length);
258                     }
259
260                 }
261                 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
                    (...) got CE with non valid TSIZE\n"); free(packet);
                     return -1; }
270 
271                 if (packet[2] != sizeFileSize) { printf("\nERROR:
                    receiveFile(...) got CE with non  valid sizeFileSize
                    \n"); free(packet); return -1; }
272 
273                 unsigned int finalFileSize = 0;
274                 multiply = 1;
275                 for (i = 0; i < sizeFileSize; i++) {
276                     finalFileSize += (0x00ff & ((unsigned int)packet[3
                        + i])) * multiply;
277                     multiply *= 256;
278                 }
279 
280                 if (finalFileSize != fileSize) { printf("\nERROR:
                    receiveFile(...) got CE with non  valid fileSize\n")
                    ; free(packet); return -1; }
281                 if (packet[3 + sizeFileSize] != TNAME)  { printf("\
                    nERROR: receiveFile(...) got CE with non  valid
                    TNAME\n"); free(packet); return -1; }
282                 if (packet[4 + sizeFileSize] == fileNameSize) {
283                     for (i = 0; i < fileNameSize; i++)
284                         if (packet[5 + sizeFileSize + i] != fileName[i
                            ]) return -1;
285                     free(packet);
286                     return OK;
287                 }
288                 else {
289                     printf("\nERROR: receiveFile(...) END file name !=
                        START file name\n");
290                     free(packet);
291                     return -1;
292                 }
293             }
294             else{
295                 printf("\nERROR: receiveFile(...) end CE not received\n
                    ");
296                 free(packet);
297                 return -1;
298             }
299 
300             free(packet);
301 
302             time(&start);//avoid interface spam
303         }//---(receeive packets loop) endwhile---
304         return -1;
305     }
306     printf("\nERROR:receiveFile(...) ???\n");
307     return -1;
308 }
```

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 Iframe_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
        reading bytes*/
45
46  //send a bcc with 0 to tests the answer when errors occur
47  bool gen0bcc = 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
        layer*/
62
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 transmisser or receiver
73
74  int OPENED_TERMIOS = FALSE; /*indicates if termios is open. could be
        used in handlers if anything goes wrong*/
75
76  int NS = 0;
```

```
77  int NR = 0;
78  //int CONECTION_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 unumbered
       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 I0 0b00000000 //C se I se S = 0
126 #define I1 0b00100000 //C se I se S = 1
127 #define ESCAPE 0b01111101 //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,
        1800, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400,
       460800};
197     int realBaudrate;
198     if (baudrate <= 15) realBaudrate = realbauds[baudrate];
199     else realBaudrate = realbauds[baudrate - 4081];
200
201     int timeout_in_seconds = ((packetSize + 4 + 1) * 2 + 5) / (
       realBaudrate / 8) + 1;
202     printf("size: %d\n", packetSize);
203     printf("baudrate: %d\n", realBaudrate);
204     printf("timeout: %d\n", timeout_in_seconds);
205     link_layer_data.timeout = timeout_in_seconds;
206     link_layer_data.numTransmissions = number_of_tries_when_failing;
207     if (port_name_was_set == NO) { strcpy(link_layer_data.port, port);
       port_name_was_set = YES; }
208     link_layer_data.baudRate = baudrate;
209 }
210
211 int open_tio(int* tio_fd, int vtime, int vmin)
212 {
213     total_read = 0;
214
215     int private_tio_fd = open(link_layer_data.port, O_RDWR | O_NOCTTY);
216     if (private_tio_fd < 0) { perror(link_layer_data.port); exit(-1); }
217
218     if (tcgetattr(private_tio_fd, &oldtio) == -1) { /* save current
       port settings */
219         perror("tcgetattr");
220         exit(-1);
221     }
222
223     bzero(&newtio, sizeof(newtio));
224     newtio.c_cflag = link_layer_data.baudRate | CS8 | CLOCAL | CREAD;
225     newtio.c_iflag = IGNPAR;
226     newtio.c_oflag = OPOST;
227
228     /* set input mode (non-canonical, no echo,...) */
229     newtio.c_lflag = 0;
230     newtio.c_cc[VTIME] = vtime;//link_layer_data.timeout * 10;   /*
       inter-character timer unused */
231     newtio.c_cc[VMIN] = vmin;   /* blocking read until X chars received
         */
232
233
234     tcflush(private_tio_fd, TCIFLUSH);
235     if (tcsetattr(private_tio_fd, TCSANOW, &newtio) == -1) {
236         perror("tcsetattr in open_tio");
```

```
            exit(-1);
        }

        if (private_tio_fd != 0) *tio_fd = private_tio_fd;

        return OK;
}

int close_tio(int tio_fd)
{
        printf("\n- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -");
        printf("\nnow sleeping for 2 seconds before closing fd...\n");
        sleep(2);//just a precaution

        printf("\n- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -");
        printf("\ntotal: %d\nattemp to close fd...", total_read);
        if (tcsetattr(/*private_*/tio_fd, TCSANOW, &oldtio) == -1) {
            perror("\ntcsetattr in close_tio");
            close(/*private_*/tio_fd);
            exit(-1);
        }
        close(/*private_*/tio_fd);
        printf("\nfd closed without problems.");
        printf("\n- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -\n");
        return OK;
}

#endif //=================================================================================

//X=X=X=X   PROTOCAL AUX FUNCS
#if (1)
// ===================================================================================


//-----   GET MSGS STATE MACHINE - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
#if (1)

typedef int state_machine_state;
#define STATE_MACHINE_START        1
#define STATE_MACHINE_FLAG_RCV     2
#define STATE_MACHINE_A_RCV        3
#define STATE_MACHINE_C_RCV        4
#define STATE_MACHINE_BCC_RCV      5
#define STATE_MACHINE_STOP         6
#define STATE_MACHINE_ESCAPE       7

/*msgExpectedType SET; UA ; DISC ; RR ; I (DONT USE REJ IT WILL BE CONSIDERED WHEN USING RR)
!!! !!! !!! IMPORTANT: AFTER REACHING TERMINAL STATES THE STATE MUST BE RESETED FROM OUTSIDE !!! !!! !!!

appStatus    indica o tipo de estado da aplicacao (transmissor ou receptor)
adressStatus indica o tipo de campo de endereco
state        o estado actual a atualizar
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:" PRINTBYTETOBINARY, appStatus, adressStatus,
                msgExpectedType, *state, BYTETOBINARY(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))
                    { *state = STATE_MACHINE_C_RCV;  received_C_type =
                    MESSAGE_I; }
330             /*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; }
331             else if (appStatus == APP_STATUS_RECEIVER && rcv == getC(
                    MESSAGE_DISC, 0)) { *state = STATE_MACHINE_C_RCV;
                    received_C_type = MESSAGE_DISC; }
332             else *state = STATE_MACHINE_START;
333         }
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 == getBCC1(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 = getBCC1(adressStatus, received_C_type,(received_C>>5
                & 0b00000001));
360         printf("\n--" PRINTBYTETOBINARY , BYTETOBINARY(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
455     /*send (almost always) invalid bcc*/if (gen0bcc) return 0;
456
457     char BCC2;
458     if (BCC2_EVEN) BCC2 = 0b11111111;
459     else           BCC2 = 0b00000000;
460
461     int i = 0;
462     for (; i < bufsize; i++)
463     {
464       BCC2 ^= buf[i];
465       DEBUG_SECTION(DEBUG_GENBBC,printf("\ngenbcc2debug(i:%d):"
             PRINTBYTETOBINARY,i ,BYTETOBINARY(BCC2)););
466     }
467
468     return BCC2;
469 }
470
471 #define DEBUG_VALIDATEBBC 0
472 char validateBCC2(char* buf, int bufsize) {
473     char valid = buf[0];
474     int i = 1;
475     for (; i < bufsize; i++)
476         valid ^= buf[i];
477
478     DEBUG_SECTION(DEBUG_VALIDATEBBC,printf("\nvalbcc2debug:"
        PRINTBYTETOBINARY, BYTETOBINARY(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 #if (1)
489 void write_UorS(app_status_type adressStatus, message_type msg_type,
      int SorR, int fd)
490 {
491     char msg[4];
492     getMessage(adressStatus, msg_type, SorR, msg);
493     if (write(fd, msg, 4) != 4)
494     {
495         perror("write_UorS():");
496     }
497     if (write(fd, msg, 1) != 1)
498     {
499         perror("write_UorS():");
500     }
501 }
502
503 #define CABE_PROB 100   // significa que em cada CABE_PROB cabecalhos
      havera um erro, em media. 0 se nao quisermos erros
504 #define DATA_PROB 100       // significa que em cada DATA_PROB campos
      de dados havera um erro, em media. 0 se nao quisermos erros
505
506 void randomErrorCabe(char* msg) {
507     int trama_byte;
508     if (CABE_PROB > 0) {
509         int cabe_error = rand() % CABE_PROB;
510         if (cabe_error == 0) {
```

```
511             trama_byte = rand() % 3 + 1;            // escolher erro
                    entre A, C e BCC1
512             msg[trama_byte]++;                      // o erro e
                    incrementar o byte escolhido
513         }
514     }
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
                    de erro na zona dos dados da trama
523             trama[trama_byte]++;                    // o erro e
                    incrementar o byte escolhido
524         }
525     }
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 =
        (char*)malloc(data_size + 1);
552     memcpy(finalMessage2Send, data, data_size);
553     finalMessage2Send[data_size] = genBCC2(data, data_size);
554
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               printf("\n");
565               int i=0;
566               for(;i<data_size;++i)
567     printf(PRINTBYTETOBINARY "  ", BYTETOBINARY(finalMessage2Send[i]));
568     );
569
```

```c
    //set size to max available
    if (write(fd, finalMessage2Send, data_size) != data_size)
    {
        perror("write_I():");
        return -1;
    }

    if (write(fd, msg, 1) != 1)
    {
        perror("write_I():");
        return -1;
    }

    //free(finalMessage2Send);

    return 5 + data_size;
}
#endif /*WRITE AND READ MSGS AUX*/

// - - - LLOPEN AUXS - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
#if (1)
#define DEBUG_LLOPEN_RECEIVER_OVERFLOW 0
int llopen_receiver(int fd)
{
    state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
    char buf[20];//used to receive stuff
    int res;//number of bytes read or sent
    //- - - - - - - - - - -
    //receive SET
    while (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type != MESSAGE_SET)
    {
        if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("llopen_receiver:");

        DEBUG_SECTION(DEBUG_LLOPEN_RECEIVER_OVERFLOW,
            if (res > 5)
                printf("\nWARNING:llopen_receiver received more than 5 characters at 1 time\n");
        );

        int i = 0;
        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);

        DEBUG_SECTION(DEBUG_LLOPEN_RECEIVER_OVERFLOW,
            if (res > i)
                printf("\nWARNING:llopen_receiver received more characters than expected\n");
        );
    }
    //- - - - - - - - - - -
    write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_UA, 0, fd);

    return OK;
}

#define DEBUG_LLOPEN_TRANSMITTER_OVERFLOW 0
//should send set and receive UA
int llopen_transmitter(int fd)
{
    int res;
    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 respose
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
```

```
!");
        if (timeouts_done >= link_layer_data.numTransmissions)
            printf("\nllopen: Max tries (timeouts) reached.\n");
        return -1;
    }
    //or else
    printf("\nllopen: Connection established.\n");
    return OK;
}

#endif /*LLOPEN AUXS*/

// - - - LLCLOSE AUXS - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
#if (1)

int llclose_receiver(int fd)
{
    int res;
    state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
    timeouts_done = 0;
    char buf[20];//used to receive stuff
    bool QUIT = NO;

    while (QUIT == NO && timeouts_done < link_layer_data.numTransmissions)
    {
        //done in read when disc is received
        //write_UorS(APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_DISC, 0, fd);

        startAlarm();//ready alarm for possible timeout

        while (STOP == FALSE)
        {
            //get respose
            if ((res = read(fd, buf, 20)) < 0) perror("llclose_receiver:");

            //update state machine and stop loop if valid
            int i = 0;
            for (; i < res && (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type != MESSAGE_UA); ++i)
                update_state_machine(APP_STATUS_TRANSMITTER, APP_STATUS_RECEIVER, MESSAGE_UA, buf[i], &state);

            //quit if received confirmation from transmitter
            if (state == STATE_MACHINE_STOP && received_C_type == MESSAGE_UA)
            {
                stopAlarm(); QUIT = YES; break;
            }
        }
    }

    //END AND RETURN
    //if did not receive confirmation UA
    if (state != STATE_MACHINE_STOP || received_C_type != MESSAGE_UA)
    {
        printf("\nllclose: No confirmation of the reception was received!");
        if (timeouts_done >= link_layer_data.numTransmissions)
            printf("\nllclose: Max tries (timeouts) reached.\n");
        return -1;
    }
    //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 respose
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   PROTOCAL 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         close_tio(fd);
834         return 1;
835     }
836     return fd;
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
    para 1 mensagem com dados: 131085 = (255 * 256 + 255 + 4 + 1) * 2 +
    5
843 // = (L2 * 256 + L1 + 4bytes_overhead_app_protocol + 1
    byte_bcc2_data_link_protocol) * 2_stuffing + 5
    bytes_overhead_data_link_protocol
844 //buffer must be dynamic!
845 int llread(int fd, char** buffer)
846 {
847     STOP = FALSE;/*doesn't do anything right now. could define timeout
        later 4 receiver*/
848     state_machine_state state = STATE_MACHINE_START;
849     state_machine_state prevstate = 0;
850     char auxReadBuf[LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE];//aux buffer used to
        receive stuff on read
851     char auxReceiveDataBuf[LLREAD_AUXDATABUFFER_SIZE];//aux buffer used
         to store data
852     int auxReceiveDataBuf_length = 0;
853     int res;//number of bytes read or sent
854
```

```
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,
                    LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE);
867             res = read(fd, auxReadBuf, LLREAD_AUXREADBUFFER_SIZE);
868
869             //UPDATE STATE MACHINE - UPDATE STATE MACHINE - UPDATE
                    STATE MACHINE
870             int i = 0;
871             //int lastStart = 0;
872             for (; i < res; ++i)
873             {
874                 prevstate = state;
875                 update_state_machine(APP_STATUS_RECEIVER,
                        APP_STATUS_TRANSMITTER, MESSAGE_I, auxReadBuf[i], &
                        state);
876                 //if (state == STATE_MACHINE_START;) lastStart = i;
877
878                 //receive data to auxReceiveDataBuf
879                 if (
880                     (prevstate == STATE_MACHINE_BCC_RCV || prevstate ==
                            STATE_MACHINE_ESCAPE)
881                     && (state == STATE_MACHINE_BCC_RCV || state ==
                        STATE_MACHINE_ESCAPE)
882                     && received_C_type == MESSAGE_I)
883                 {
884                     auxReceiveDataBuf[auxReceiveDataBuf_length] =
                        auxReadBuf[i];
885                     ++auxReceiveDataBuf_length;
886                 }
887
888                 if (state == STATE_MACHINE_STOP){
889
890                     if (received_C_type == MESSAGE_I)//RECEIVED DATA;
                        SEND RR or REJ; destuff and retrieve DATA
891                     {
892                         if (auxReceiveDataBuf_length == 0)
893                         {
894                             printf("\nllread:empty I message received!
                                (? ? ?)");
895                             stopAlarm();
896                             return -1;
897                         }
898
899                         auxReceiveDataBuf_length = apply_destuffing(
                            auxReceiveDataBuf, auxReceiveDataBuf_length)
                            ;
900
901                         if (validateBCC2(auxReceiveDataBuf,
                            auxReceiveDataBuf_length)==OK)
902                         {
903                             NR = received_C == I0? 1:0;
904
905                             --auxReceiveDataBuf_length;//leave BCC2 out
                                of data
906                             write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER,
```

```
                                MESSAGE_RR, NR, fd);
907                             //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
917                             /*update Occurrences_Log*/++occ_log.
                                    num_of_Is;
918                             stopAlarm();
919                             return auxReceiveDataBuf_length;
920                         }
921                         else
922                         {
923                             write_UorS(APP_STATUS_TRANSMITTER,
                                    MESSAGE_REJ, (received_C == I0 ? 0 : 1),
                                     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 respose
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
1021                        if(received_C != (NS ? REJ1 :REJ0) )
1022                        {
1023                          //if this happens means a reject from
1024                          //another message was received
1025                          //in this case I'm not sure what 2 do.
1026                          //maybe the program should be aborted
1027                          //because the transmission failed somewhere
1028                          //and we cannot trace it back
1029
1030                          printf("\nllwriter:REJ with R different than
                                expected !!!"
1031                          "\nthis means the some of the data was lost and
                                cannot be recovered!\n"
1032                           "!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!"
1033                          );
1034                          //DO SOMETHING HERE;
1035                        }
1036
1037                        DEBUG_SECTION(DEBUG_LLWRITER_REJ,
1038                        printf("\nllwriter debug: received REJ"););
1039
1040                        /*update Occurrences_Log*/++occ_log.num_of_REJs;
1041
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 =
                   llclose_receiver(fd);
1060            else if (app_status == APP_STATUS_TRANSMITTER)  ret =
                   llclose_transmitter(fd);
1061            else ret = -1;
1062            close_tio(fd);
1063            return ret;
1064        }
1065        else {
1066            close_tio(fd);
1067            return OK;
1068        }
1069    }
1070
1071    #endif
       //=============================================================================
```

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...
```

```
#endif /* TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_*/

#ifndef DATALINKPROTOCOL
#define DATALINKPROTOCOL

//
    ================================================================================

//basic definitions
//
    ================================================================================


//should be relative to a single transmission
struct occurrences_Log{

    unsigned long num_of_Is;//sent if host(only counts when
       confirmation is received) | received by client
    unsigned long total_num_of_timeouts;
    unsigned long num_of_REJs;//received if host | sent if client
};

typedef struct occurrences_Log* occurrences_Log_Ptr;

typedef char app_status_type;//in case utilities is not included first
    ...
#define APP_STATUS_TRANSMITTER       0
#define APP_STATUS_RECEIVER          1

void set_basic_definitions(/*int timeout_in_seconds*/int
    number_of_tries_when_failing, char* port, int boudrate, int
    packetSize);

//self explanatory
occurrences_Log_Ptr get_occurrences_log();

//
    ================================================================================

//PROTOCOL MAIN FUNCS
//
    ================================================================================


int llopen(app_status_type status);

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

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

int llclose(int fd, int hard);

#endif /* DATALINKPROTOCOL */
```

A.6 FileFuncs.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "utilities.h"
#include "FileFuncs.h"

/*dest_buf must be freed outside!*/
long getFileBytes(char* filename, char** dest_buf)
{
    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("\ngetFileBytes(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("\ngetFileBytes(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
            discarded and the file is treated as a new empty file.
50      if ((pFile = fopen(filename, "wb")) == NULL)  //write,binary
51      {
52          perror("\nsave2File:");
53          return -1;
54      }
55
56      fwrite(data, sizeof(char), data_size, pFile); // write 10 bytes to
            our buffer
57
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
41     } while (get[0] < 'a' || get[0] >= 'a' + numOfChoices || get[1] !=
           0);
42
43     return get[0];
44 }
45
46 char main_menu(bool receiver)
47 {
48     system("clear");
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 Ocurrences 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, reconectOpt, 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 Reconect Tries: \na)1 \nb)3 \nc)5 \nd)7\n");
92      reconectOpt = 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, reconectOpt, 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("- - - Ocurrences 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): %
        lu", num_of_Is);
120 
121     printf("\nTotal number of timeouts: %lu", total_num_of_timeouts);
122 
123     if (appstatus/*receiver*/)
124         printf("\nTotak number of REJs sent: %lu", num_of_REJs);
125     else /*transmitter*/printf("\nTotal number of REJs received: %lu",
        num_of_REJs);
126 
127     printf("\n- - - - - - - - - - - - - - -\nPress Enter key to return
        to pevious menu...\n");
128 
129     char get[20];
130 
131     gets(get);
132     //fgets(get, 2, stdin);
133     ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c != EOF);
134 }
135 
136 
137 
138 unsigned int selectNload_image(char** image_buffer, char*
    out_image_name, unsigned char* out_image_name_length)
139 {
140     system("clear");
141     printf("Please input image file path (relative or not):\n>");
142 
143     char get_path[100];
144 
145     gets(get_path);
146     //fgets(get_path, 100, stdin);
147     ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c != EOF);
148 
149     char* image_path;
150     while (TRUE){
151         image_path = realpath(get_path, NULL);
152         if (image_path != NULL) break;
153         printf("\nInvalid path/file. Please choose another.\n");
154 
155         gets(get_path);
156         //fgets(get_path, 100, stdin);
157         ///*clean buf*/char c; while ((c = getchar()) != '\n' && c !=
            EOF);
158     }
159 
160     long imageSize;
161     if ((imageSize = getFileBytes(image_path, image_buffer)) < 0)
162     {
163         printf("\nFailed to load image.\n");
164         return -1;
165     }
166 
167     //get name from path
168     image_path = strrchr(get_path, '/');
169     if (image_path==NULL)
170     {
171         strcpy(out_image_name, get_path);
```

```
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",
            out_image_name, imageSize);
181     sleep(2);
182     return (unsigned int) imageSize;
183 }
```

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
       pointer to an array of 4 chars. The chosen options will be sent to
       ths method that should apply them.
8  */
9  int select_config(void(*apply_options) (char, char, char, int));
10
11
12 //void* show_progress(void* args);
13
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*
       out_image_name, unsigned char* out_image_name_length);
20
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
       be equal to zero to avoid running the debug code.
5
6  #define DEBUG_SECTION(SECT,CODE) {\
7  if (SECT != 0)\
8  {\
9  CODE\
10 }\
11 }
12
13 #ifndef TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
14 #define TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_
15 typedef int bool;
16 #endif /* TYPEDEF_BOOLEAN_DECLARED_*/
17
18 #define TRUE  1
```

```
19 #define YES   1
20 #define FALSE 0
21 #define NO    0
22 #define OK    0
23
24 #define PRINTBYTETOBINARY "%d%d%d%d%d%d%d%d"
25 #define BYTETOBINARY(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:

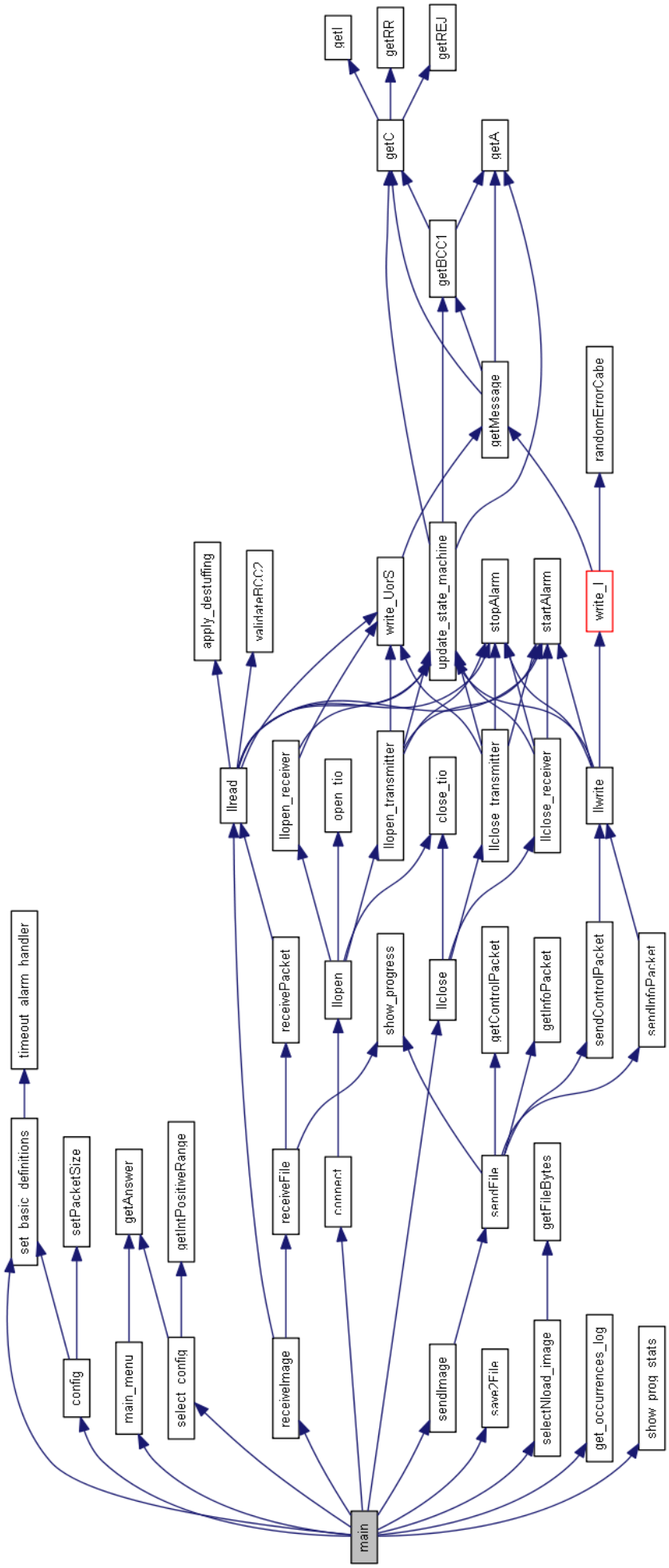
1. A - Campo de Endereço - 00000011 em comandos enviados pelo Emissor e respostas enviadas pelo Receptor, 00000001 na situação inversa;
2. C - Campo de Controlo:
   - tramas I - 00S00000, onde S é o bit que identifica a trama;
   - tramas SET (*set up*) - 00000111;
   - tramas DISC (*disconnect*)- 00001011;
   - 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:

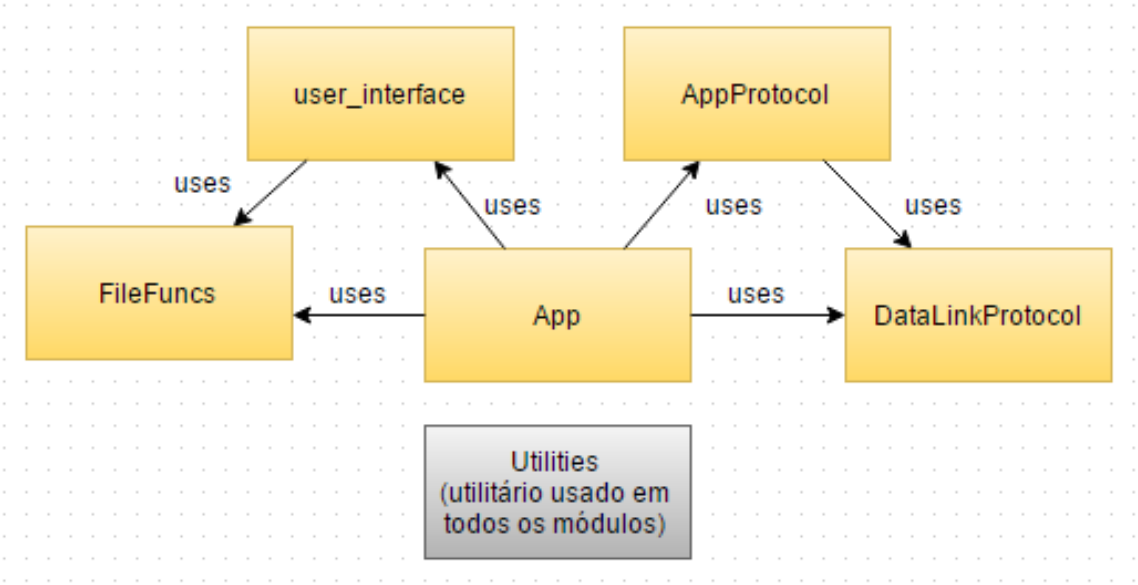
- $D_1, D_2, \ldots, D_N$ - bytes de dados;
- BCC2 - Campo de Proteção dos Dados - calculado de forma que exista um número par de 1s em cada bit dos dados, incluindo o BCC2.

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

C Diagrama de chamadas a funções (Fluxo)


timeout_alarm_handler
set_basic_definitions
setPacketSize
getAnswer
getIntPositiveRange
config
main_menu
select_config
receiveImage
receiveFile
connect
receivePacket
llopen
show_progress
sendImage
saveFile
sendFile
getFileBytes
selectNload_image
get_occurrences_log
show_prog_stats
llread
llopen_receiver
open_tio
llopen_transmitter
close_tio
llclose
getControlPacket
getInfoPacket
sendControlPacket
sendInfoPacket
llclose_transmitter
llclose_receiver
llwrite
apply_destuffing
validateBCC2
write_UorS
update_state_machine
stopAlarm
startAlarm
write_I
randomErrorCabe
getMessage
getBCC1
getC
getA
getI
getRR
getREJ

D Diagrama de Módulos



E Imagens da aplicação

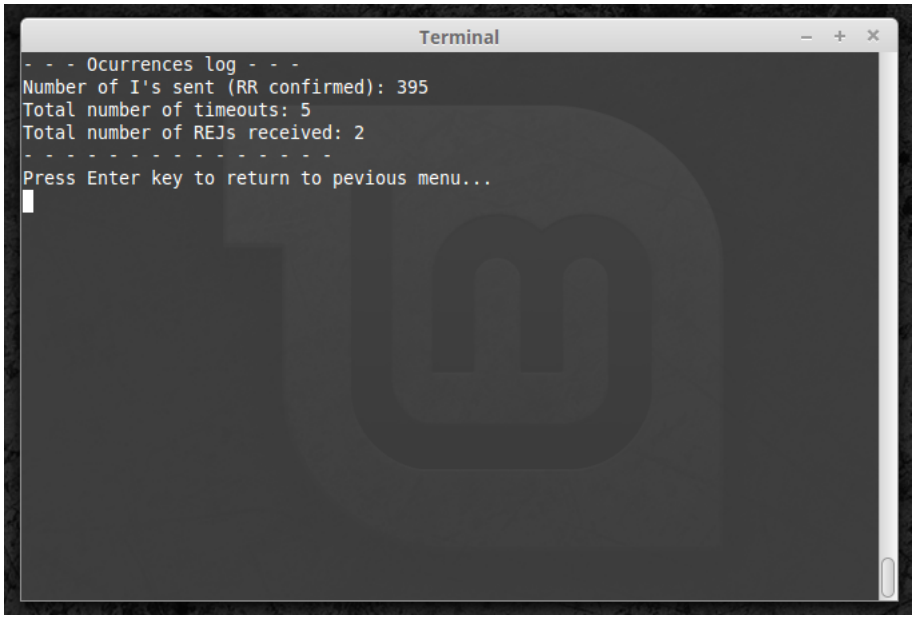


Figura E.1: Registo de ocorrências da aplicação

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