U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Redes de Computadores

PROTOCOLO DE LIGAÇÃO DE DADOS

3MIEIC04 - GRUPO 7

Diogo Almeida – up201806630@fe.up.pt

Pedro Queirós – up201806329@fe.up.pt

Índice

Sumário 2
Introdução 2
Arquitetura 3
Estrutura do Código 3
ll.c / ll.h 3
application.c / application.h 4
utils.h 4
proj.c 5
Casos de Uso Principais 5
Protocolo de Ligação Lógica 5
llopen 5
llwrite 6
llread 6
llclose 6
Protocolo de aplicação 6
sendFile 6
receiveFile 7
Validação 7
Eficiência do Protocolo de Ligação de Dados 8
Conclusões 9
Anexos 10
Anexo I – Código fonte 10
application.h 10
application.c 11
ll.h 16
ll.c 17
utils.h 28
proj.c 29
Anexo II – Resultados em Ambiente de Laboratório 31

Sumário

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Redes de Computadores com o objetivo de implementar e analisar um protocolo de ligação de dados. Este protocolo consiste na transferência de dados entre computadores através da porta série.

O trabalho foi concluído com sucesso, visto que a aplicação desenvolvida estabelece a ligação entre dois computadores eficientemente sem qualquer perda de dados.

Introdução

O objetivo do trabalho consiste na criação de software, segundo o guião fornecido, que permita estabelecer um protocolo de ligação de dados, ou seja, a transferência de ficheiros entre dois computadores.

Este relatório, com o objetivo de detalhar a componente teórica do projeto, aborda os seguintes temas:

- **Arquitetura**
  - Blocos funcionais e interfaces
- **Estrutura do código**
  - APIs, principais estruturas de dados, principais funções e sua relação com a arquitetura
- **Casos de usos principais**
  - Identificação
  - Sequências de chamada de funções
- **Protocolo de ligação lógica**
  - Identificação dos principais aspetos funcionais
  - Descrição da estratégia de implementação destes aspetos
- **Protocolo de aplicação**
  - Identificação dos principais aspetos funcionais
  - Descrição da estratégia de implementação destes aspetos
- **Validação**
  - Descrição dos testes efetuados com apresentação quantificada dos resultados, se possível
- **Eficiência do protocolo de ligação de dados**
  - Caraterização estatística da eficiência do protocolo, feita com recurso a medidas sobre o código desenvolvido
- **Conclusões**
  - Síntese da informação apresentada nas secções anteriores
  - Reflexão sobre os objetivos de aprendizagem alcançados

Arquitetura

O software que implementa o protocolo de ligação de dados está divido em dois módulos independentes entre si: o módulo que estabelece a **ligação de dados** e o módulo da **aplicação**.

O módulo da ligação de dados trata de toda a comunicação com a porta série, isto é, a sua abertura e fecho, bem como a sua leitura e escrita. Além disso, este módulo é também responsável pela criação e processamento de cada trama, tratando da sua delimitação, transparência, proteção e retransmissão em caso de erro.

O módulo da aplicação, utilizando o módulo de ligação de dados, é responsável pelo envio e receção de pacotes, quer de controlo quer de informação. Cada pacote é ainda estruturado por este mesmo módulo, efetuando o tratamento do seu cabeçalho e definindo a sua numeração.

A **independência** entre módulos/camadas é assegurada pelos seguintes factos:

- No módulo de ligação de dados não é efetuado qualquer tipo de distinção entre pacotes de controlo e de dados, nem é tida em conta a numeração dos pacotes;
- No módulo da aplicação não há conhecimento acerca do método de ligação de dados, ou seja, este módulo desconhece a estruturação das tramas, a sua criação, e o *stuffing*/*destuffing* a que estão sujeitas. No entanto, tem acesso às funções do módulo de ligação de dados, para o envio e receção de informação.

Estrutura do Código

Para o desenvolvimento do protocolo de ligação de dados foram utilizadas diversas funções e estruturas de dados em cada um dos módulos.

ll.c / ll.h

- **checkBaudrate –** Função que converte a *baudrate* de *string* para o respetivo valor (*speed_t*);
- **ConnectionInfo –** *Struct* que contém informação relativa à conexão entre os dois computadores: número de tentativas, *flag* do alarme, número de sequência da trama, baudrate e *flag* que sinaliza o envio da primeira trama;
- **infoSetup –** Função que inicializa corretamente os valores dos parâmetros da *Struct ConnectionInfo;*
- **verifyControlByte –** Função que verifica se o byte de controlo está correto;
- **responseStateMachine –** Função que implementa a máquina de estados que processa as respostas por parte do emissor e do transmissor;
- **informationFrameStateMachine –** Função que implementa a máquina de estados que processa as tramas de informação enviadas pelo transmissor e recebidas pelo recetor;
- **verifyFrame –** Função que verifica se existem erros na trama recebida através dos bytes de controlo de erros, designados *bcc1* e *bcc2*;

- **processControlByte –** Função que processa a resposta do recetor, indicando se este recebeu a trama corretamente ou não;
- **readReceiverResponse –** Função que lê a resposta do recetor;
- **readTransmitterResponse –** Função que lê a resposta do emissor;
- **readTransmitterFrame –** Função que lê a trama de informação enviada pelo emissor;
- **llopen –** Função que abre a ligação da porta série do emissor/recetor e inicializa a ligação de dados;
- **llwrite –** Função que efetua o *stuffing*, criação da trama e envio desta para o recetor. Após a transmissão, aguarda uma resposta do emissor, agindo em conformidade com a mesma;
- **llread –** Função que efetua a leitura da trama, *destuffing* e envia a resposta para o transmissor de acordo com a trama recebida;
- **llclose –** Função que termina a ligação de dados encerrando, de seguida, a porta série do emissor/recetor;
- **sigAlarmHandler –** Função que processa o sinal após o alarme ter sido ativado;
- **initializeAlarm –** Função que inicializa o alarme;
- **disableAlarm –** Função que desativa o alarme.

application.c / application.h

- **ApplicationLayer –** *Struct*, utilizada pelo emissor, que armazena as informações do módulo da aplicação: descritor do ficheiro, descritor da porta série, tamanho do ficheiro em bytes, nome do ficheiro e tamanho do pacote de dados;
- **ControlPacketInformation –** *Struct, utilizada pelo recetor,* que armazena o nome do ficheiro e o tamanho do mesmo;
- **applicationSetUp –** Função que inicializa corretamente os parâmetros da *Struct* ApplicationLayer;
- **readFileInformation –** Função que abre o ficheiro a ser transmitido guardando as informações relativas ao mesmo;
- **sendControlPacket –** Função que envia cria o pacote de controlo a ser enviado;
- **sendDataPacket –** Função que lê do ficheiro a ser transmitido o número de bytes fornecido pelo utilizador, montando o pacote de dados e enviando para a porta série através da ligação de dados;
- **sendFile –** Função que envia o ficheiro a ser transmitido;
- **readStartControlPacket –** Função que lê o pacote de controlo de inicialização através da ligação de dados;
- **processDataPackets –** Função que escreve o conteúdo do ficheiro no recetor**;**
- **readEndControlPacket –** Função que lê o pacote de controlo de finalização e verifica se o seu conteúdo relativo ao ficheiro é igual ao do pacote de controlo de inicialização recebido anteriormente;
- **receiveFile -** Função que recebe a informação do ficheiro que está a ser transmitido.

utils.h

Este ficheiro contém todas as macros utilizadas ao longo do programa.

proj.c

Este ficheiro contém a função main, partilhada pelo recetor e transmissor.

Casos de Uso Principais

Neste trabalho estão presentes dois casos de uso principais: a interface, no qual o utilizador pode escolher o ficheiro a ser transmitido, e a porta série que estabelece a comunicação entre os dois computadores envolvidos.

Após a compilação do programa, o utilizador deverá passar como argumentos do programa qual a porta série a utilizar, identificação relativa ao emissor/recetor, o ficheiro a ser transmitido, o tamanho do pacote de dados e a *baudrate* a que vai ser transmitido.

Sequência de chamadas de funções por parte do transmissor:

- abertura da ligação de dados através da função *llopen*;
- leitura do nome e do tamanho do ficheiro a ser transmitido através da função *readFileInformation*;
- criação e envio do pacote de controlo START através da função *sendControlPacket*;
- criação e envio dos pacotes de dados através da função *sendDataPacket*;
- criação e envio do pacote de controlo END através da função *sendControlPacket*;
- fecho da ligação de dados através da função *llclose.*

Sequência de chamadas de funções por parte do recetor:

- abertura da ligação de dados através da função *llopen*;
- leitura, efetuada pela função *receiveFile*, e processamento do pacote de controlo START através da função *readStartControlPacket*;
- leitura, efetuada pela função *receiveFile*, processamento dos pacotes de dados através da função *processDataPackets*;
- leitura, efetuada pela função *receiveFile*, processamento do pacote de controlo END através da função *readEndControlPacket*;
- fecho da ligação de dados através da função *llclose*;

Protocolo de Ligação Lógica

llopen

Esta função é responsável pelo estabelecimento da ligação entre os dois computadores envolvidos. Assim sendo, quer no transmissor quer no recetor, efetua a abertura da porta série pela qual será transmitida a informação.

No caso do transmissor é ainda enviado numa trama de controlo um SET, indicando ao recetor que será iniciada a transferência de dados, esperando pela confirmação deste através de uma trama de controlo com um UA. Se essa confirmação não chegar ao fim de 20 segundos,

ocorre um TIMEOUT e é reenviada a trama de controlo contendo o SET e o processo inicia se de novo.

No caso do recetor é recebido o SET numa trama de controlo e enviada a confirmação de que a transferência de dados poderá começar através de uma trama de controlo contendo um UA.

llwrite

Esta função é responsável pelo envio de tramas de informação.

Primeiramente esta função cria o cabeçalho da trama a ser enviada. De seguida, é feito o *stuffing* da mensagem a ser enviada assim como o cálculo do *bcc2*. Após este processo, é ainda efetuado o *stuffing* do *bcc2*. Por fim, a trama de informação é enviada para a porta série, ficando à espera da resposta do recetor. Caso esta resposta seja negativa, NACK, ou ocorra um TIMEOUT, a função reenvia a trama de informação. Caso contrário, a função termina corretamente uma vez que recebeu uma resposta positiva, ACK.

llread

Esta função é responsável pela receção de tramas de informação.

Primeiramente, é efetuada a leitura byte a byte da porta série. De seguida, é efetuado o *destuffing* do campo de dados da trama de informação recebida. Depois, são analisados os campos de proteção, ou seja, o *bcc1* e *bcc2* para ser determinada a resposta a ser enviada para o transmissor. Em caso de algum erro ser detetado, é enviado um NACK, uma resposta negativa. Em caso de não terem sido detetados erros, é enviado um ACK, uma resposta positiva e o conteúdo do campo de dados é guardado num *array* passado como parâmetro da função.

llclose

Esta função é responsável pela terminação da ligação entre os dois computadores envolvidos.

No caso do transmissor, é enviada uma trama de controlo contendo um DISC, indicando que a ligação de dados será terminada, ficando à espera de receber uma trama de controlo contendo um DISC por parte do recetor. Se ao fim de 20 segundos essa trama não chegar, irá ocorrer um TIMEOUT e o processo inicia-se de novo. Após a receção do DISC, é enviada uma trama de controlo contendo um UA, terminando de seguida a ligação de dados.

No caso do recetor, é recebida uma trama de controlo contendo um DISC, enviada uma trama semelhante à recebida e, por fim, recebida uma trama de controlo contendo UA. Após a receção da última trama de controlo, a ligação de dados é terminada.

Protocolo de aplicação

Para a implementação do protocolo da aplicação foram implementadas duas funções principais: *sendFile*, no caso do transmissor, e *receiveFile*, no caso do recetor.

sendFile

Esta função executa todos os procedimentos necessários à transmissão do ficheiro.

Primeiramente, com a ajuda da função *readFileInformation*, armazena a informação relativa ao ficheiro a ser enviado, ou seja, o seu nome e tamanho. De seguida, envia um pacote de controlo START através da função *sendControlPacket*. Este pacote de controlo contém o nome e o tamanho do ficheiro. Após o envio deste pacote, são enviados os pacotes de dados contendo o conteúdo do ficheiro a ser transmitido, utilizando para isso a função *sendDataPackets*. Após o envio do último pacote de dados, é enviado o pacote de controlo END, novamente através da função *sendControlPacket*, contendo também o tamanho e nome do ficheiro transmitido. Todas as funções que enviam um pacote utilizam a função *llwrite* da ligação de dados para o escrever na porta série.

receiveFile

Esta função efetua a leitura dos pacotes de dados, através da função *llread* da ligação de dados, e o seu processamento.

Ao receber um pacote de controlo START é criado um ficheiro com o nome contido nesse pacote de controlo, utilizando para isso a função *readStartControlPacket*. De seguida, são recebidos os pacotes de dados, processados e a informação relativa ao ficheiro é escrita no ficheiro criado anteriormente através da função *processDataPackets*. Ao receber um pacote de controlo END, a função *readEndControlPacket* irá verificar se o conteúdo deste pacote é igual ao do pacote de controlo *Start* recebido inicialmente, isto é, verificar se o tamanho e nome do ficheiro é igual nos dois pacotes, terminando assim a receção do ficheiro transmitido.

Validação

Para testar o funcionamento correto do programa, este foi sujeito aos seguintes testes:

- Envio de ficheiros de diversos tamanhos;
- Envio de um mesmo ficheiro com pacotes de tamanhos diferentes;
- Envio de um mesmo ficheiro com várias *baudrates*;
- Interrupção da ligação da porta série durante o envio do ficheiro;
- Introdução de ruído na porta série durante o envio do ficheiro.

O programa concluiu com sucesso todos os testes expostos anteriormente.

Eficiência do Protocolo de Ligação de Dados

Foram efetuados testes em ambiente virtual e em ambiente físico. Contudo, neste relatório apenas são apresentados dados dos testes efetuados nos laboratórios da FEUP, ou seja, em ambiente físico.

Os testes efetuados à eficiência do programa revelaram que esta é afetada significativamente pelo tamanho dos pacotes de dados. Com os dados apresentados no anexo II, conclui-se que a eficiência do protocolo aumenta à medida que o tamanho dos pacotes de dados aumenta. Contudo, este aumento não é representado por uma função linear, mas sim por uma função semelhante à função logarítmica - até pacotes de 256 bytes a eficiência aumenta significativamente (de 37% para 70%), tendo incrementos mais baixos (apenas de 70% para 75%) a partir deste valor.

O aumento do FER (*Frame Error Ratio*) influência também de forma significativa a eficiência do protocolo de ligação de dados. À medida que a frequência de erros no bcc1 e no bcc2 aumenta, a eficiência do programa diminui.

Conclusões

Este projeto teve como propósito a implementação de um protocolo de ligação de dados que permitisse a transferência de informação entre dois sistemas através de um meio de comunicação, nomeadamente, a porta série. Após a sua implementação, este programa foi também sujeito a vários testes ao seu desempenho e eficiência que verificaram o seu correto funcionamento.

Em suma, a criação do protocolo de ligação de dados foi bem sucedida, cumprindo todos os objetivos propostos no guião. Ao longo do desenvolvimento do software, foram também adquiridos importantes conhecimentos teórico-práticos em relação ao tema abordado, aprofundando a aprendizagem de conceitos como a independência entre camadas/módulos do programa e o protocolo *Stop&Wait*.

Anexos

Anexo I – Código fonte

application.h

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include "ll.h"

typedef struct{
    int fdFile;
    int fdPort;
    int fileSize;
    char* fileName;
    int packetSize;

} ApplicationLayer;

typedef struct
{
    char* fileName;
    int fileSize;

} ControlPacketInformation;

void applicationSetUp(char * fileName, int packetSize, int fdPort);

int readFileInformation(char* fileName);

int sendControlPacket(unsigned char controlByte);

int sendDataPacket();

int sendFile();

int readStartControlPacket(unsigned char * packet);

int processDataPackets(unsigned char* packet);

void readEndControlPacket(unsigned char* packet);

int receiveFile();
```

application.c

```
#include "application.h"


ApplicationLayer app;

ControlPacketInformation packetInfo;

void applicationSetUp(char * fileName, int packetSize, int fdPort){
    app.fileName = fileName;
    app.packetSize = packetSize;
    app.fdPort = fdPort;
}

int readFileInformation(char* fileName){

    int fd;
    struct stat status;

    if((fd = open(fileName,O_RDONLY)) < 0){
        perror("Error opening file!\n");
        return -1;
    }

    if(stat(fileName,&status) < 0){
        perror("Error reading file information!\n");
        return -1;
    }

    app.fdFile = fd;
    app.fileName = fileName;
    app.fileSize = status.st_size;

    return 0;
}


int sendControlPacket(unsigned char controlByte){
    int packetIndex = 0;
    int numBytesFileSize = sizeof(app.fileSize);

    unsigned char packet[5+numBytesFileSize + strlen(app.fileName)];

    packet[packetIndex] = controlByte;
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = FILE_NAME_FLAG;  //flag nome do ficheiro
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = strlen(app.fileName);  // lenght do nome do
ficheiro
    packetIndex++;

    for (size_t i = 0; i < strlen(app.fileName); i++)
    {
        packet[packetIndex] = app.fileName[i];
        packetIndex++;
    }

    packet[packetIndex] = FILE_SIZE_FLAG;   //flag que indica o
tamanho do ficheiro
```

```
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = numBytesFileSize;
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = (app.fileSize >> 24) & BYTE_MASK;
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = (app.fileSize >> 16) & BYTE_MASK;
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = (app.fileSize >> 8) & BYTE_MASK;
    packetIndex++;

    packet[packetIndex] = app.fileSize & BYTE_MASK;
    packetIndex++;

    if(llwrite(app.fdPort,packet,packetIndex) < packetIndex){
        printf("Error writing control packet to serial port!\n");
        return -1;
    }

    return 0;
}


int sendDataPacket(){

    int numPacketsSent = 0;
    int numPacketsToSend = app.fileSize/app.packetSize;             //
numero máximo de de octetos num packet
    unsigned char buffer[app.packetSize];
    int bytesRead = 0;
    int length = 0;

    if(app.fileSize%app.packetSize != 0){
        numPacketsToSend++;
    }

    while(numPacketsSent < numPacketsToSend){

        if((bytesRead = read(app.fdFile,buffer,app.packetSize)) < 0){
            printf("Error reading file\n");
        }
        unsigned char packet[4+app.packetSize];
        packet[0] = DATA_FLAG;
        packet[1] = numPacketsSent % 255;
        packet[2] = bytesRead / 256;
        packet[3] = bytesRead % 256;
        memcpy(&packet[4],buffer,bytesRead);
        length = bytesRead + 4;

        if(llwrite(app.fdPort,packet,length) < length){
            printf("Error writing data packet to serial port!\n");
            return -1;
        }
        numPacketsSent++;
    }

    return 0;
}
```

```
int sendFile(){

    if(readFileInformation(app.fileName) < 0){
        printf("Error reading file information!\n");
        return -1;
    }

    if(sendControlPacket(START_FLAG) < 0){
        printf("Error sending start control packet!\n");
        return -1;
    }

    if(sendDataPacket() < 0){
        printf("Error sending data packet!\n");
        return -1;
    }

    if(sendControlPacket(END_FLAG) < 0){
        printf("Error sending end control packet!\n");
        return -1;
    }

    return 0;
}


int readStartControlPacket(unsigned char * packet){
    int packetIndex = 1;
    int fileNameLength = 0;
    int fileSize = 0;
    char* fileName;


    if(packet[packetIndex] == FILE_NAME_FLAG){              //flag do
nome do ficheiro
        packetIndex++;
        fileName = (char*) malloc(packet[packetIndex]+1);
        fileNameLength = packet[packetIndex];
        packetIndex++;

        for (size_t i = 0; i < fileNameLength; i++)
        {
            fileName[i] = packet[packetIndex];
            packetIndex++;

            if(i == fileNameLength-1){
                fileName[fileNameLength] = '\0';
            }
        }
    }

    if(packet[packetIndex] == FILE_SIZE_FLAG){
        packetIndex+=2;
        fileSize += packet[packetIndex] << 24;
        packetIndex++;
        fileSize += packet[packetIndex] << 16;
        packetIndex++;
        fileSize += packet[packetIndex] << 8;
        packetIndex++;
        fileSize += packet[packetIndex];
```

```
    }

    packetInfo.fileName = fileName;
    packetInfo.fileSize = fileSize;

    app.fdFile = open(fileName,O_WRONLY | O_CREAT | O_APPEND, 0664);

    return 0;
}

void readEndControlPacket(unsigned char* packet){
    int packetIndex = 1;
    int fileNameLength = 0;
    int fileSize = 0;
    char* fileName;

    if(packet[packetIndex] == FILE_NAME_FLAG){              //flag do
nome do ficheiro
        packetIndex++;
        fileName = (char*) malloc(packet[packetIndex]+1);
        fileNameLength = packet[packetIndex];
        packetIndex++;

        for (size_t i = 0; i < fileNameLength; i++)
        {
            fileName[i] = packet[packetIndex];
            packetIndex++;

            if(i == fileNameLength-1){
                fileName[fileNameLength] = '\0';
            }
        }
    }

    if(packet[packetIndex] == FILE_SIZE_FLAG){
        packetIndex+=2;
        fileSize += packet[packetIndex] << 24;
        packetIndex++;
        fileSize += packet[packetIndex] << 16;
        packetIndex++;
        fileSize += packet[packetIndex] << 8;
        packetIndex++;
        fileSize += packet[packetIndex];

    }

    if(packetInfo.fileSize != fileSize ||
strcmp(packetInfo.fileName,fileName)!= 0){
        printf("Start packet and end packet have different file name
and/or different file size\n");
    }

}

int processDataPackets(unsigned char* packet){

    int informationSize = 256*packet[2]+packet[3];

    write(app.fdFile,packet+4,informationSize);
    return 0;
```

```
}

int receiveFile(){
    unsigned char buffer[app.packetSize+4];
    int stop = 0;
    int lastSequenceNumber = -1;
    int currentSequenceNumber;


    while(!stop){
        llread(app.fdPort,buffer);
        if(buffer[0] == START_FLAG){
            readStartControlPacket(buffer);
        }
        else if(buffer[0] == DATA_FLAG){
            currentSequenceNumber = (int)(buffer[1]);
            if(lastSequenceNumber >= currentSequenceNumber &&
lastSequenceNumber != 254)
                continue;
            lastSequenceNumber = currentSequenceNumber;
            processDataPackets(buffer);
        }
        else if(buffer[0] == END_FLAG){
            readEndControlPacket(buffer);
            stop = 1;
        }
    }

    close(app.fdFile);

    return 0;
}
```

ll.h

```
#include "utils.h"
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <signal.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>


//ConnectionInfo struct setup
speed_t checkBaudrate(char * baudRate);
void infoSetup(char * baudRate);

//Auxiliary functions
int verifyControlByte(unsigned char byte);
void responseStateMachine(enum state* currentState, unsigned char
byte, unsigned char* controlByte);
void informationFrameStateMachine(enum state* currentState, unsigned
char byte, unsigned char* controlByte);
int verifyFrame(unsigned char* frame,int length);
int processControlByte(int fd, unsigned char *controlByte);

//Transmitter
void readReceiverResponse(int fd);

//Receiver
void readTransmitterResponse(int fd);
int readTransmitterFrame(int fd, unsigned char * buffer);

// ll functions
int llopen(char* port, int flag, char* baudrate);
int llwrite(int fd, unsigned char* packet, int length);
int llread(int fd, unsigned char* buf);
int llclose(int fd, int flag);

void sigAlarmHandler();

void initializeAlarm();

void disableAlarm();


typedef struct {
    //alarm info
    int numTries;
    int alarmFlag;
    int ns;
    speed_t baudRate;
    int firstTime;

}   ConnectionInfo;
```

ll.c

```
#include "ll.h"


ConnectionInfo info;

//struct termios
struct termios oldtio;


void sigAlarmHandler(){
  printf("Timeout!\n");
  info.alarmFlag = 1;
  info.numTries++;
}

void initializeAlarm(){
  struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = &sigAlarmHandler;
    sigemptyset(&sa.sa_mask);
    sa.sa_flags = 0;
  info.alarmFlag = 0;

    sigaction(SIGALRM, &sa, NULL);

  alarm(20);

}

void disableAlarm(){
  struct sigaction sa;
    sa.sa_handler = NULL;

  sigaction(SIGALRM, &sa, NULL);

  info.alarmFlag = 0;

  alarm(0);
}



speed_t checkBaudrate(char * baudRate){
    long br = strtol(baudRate, NULL, 16);
    switch (br){
        case 0xB50:
            return B50;
        case 0xB75:
            return B75;
        case 0xB110:
            return B110;
        case 0xB134:
            return B134;
        case 0xB150:
            return B150;
        case 0xB200:
            return B200;
        case 0xB300:
            return B300;
        case 0xB600:
            return B600;
```

```
        case 0xB1200:
            return B1200;
        case 0xB1800:
            return B1800;
        case 0xB2400:
            return B2400;
        case 0xB4800:
            return B4800;
        case 0xB9600:
            return B9600;
        case 0xB19200:
            return B19200;
        case 0xB38400:
            return B38400;
        case 0xB57600:
            return B57600;
        case 0xB115200:
            return B115200;
        case 0xB230400:
            return B230400;
        default:
          return B38400;
    }
}

void infoSetup(char * baudRate){
    info.alarmFlag = 0;
    info.numTries = 0;
    info.ns = 0;
    info.baudRate = checkBaudrate(baudRate);
    info.firstTime = 1;
}


int verifyControlByte(unsigned char byte){
  return byte == CONTROL_BYTE_SET || byte == CONTROL_BYTE_DISC || byte
== CONTROL_BYTE_UA || byte == CONTROL_BYTE_RR0 || byte ==
CONTROL_BYTE_RR1 || byte == CONTROL_BYTE_REJ0 || byte ==
CONTROL_BYTE_REJ1;
}

void responseStateMachine(enum state* currentState, unsigned char
byte, unsigned char* controlByte){
    switch(*currentState){
        case START:
            if(byte == FLAG){    //flag
                *currentState = FLAG_RCV;
            }
            break;
        case FLAG_RCV:
            if(byte == ADDRESS_FIELD_CMD){   //acknowlegement
                *currentState = A_RCV;
            }
            else if(byte != FLAG){
              *currentState = START;
            }
            break;
        case A_RCV:
            if(verifyControlByte(byte)){
              *currentState = C_RCV;
              *controlByte = byte;
```

```
            }
            else if(byte == FLAG){
                *currentState = FLAG_RCV;
            }
            else{
                *currentState = START;
            }
            break;
        case C_RCV:
            if(byte == (ADDRESS_FIELD_CMD^(*controlByte))){
              *currentState = BCC_OK;
            }
            else if(byte == FLAG){
              *currentState = FLAG_RCV;
            }
            else{
              *currentState = START;
            }
            break;
        case BCC_OK:
            if(byte == FLAG){
              *currentState = STOP;
            }
            else{
              *currentState = START;
            }
            break;
        case STOP:
            break;
        default:
            break;
    }
}

void readReceiverResponse(int fd){
  unsigned char byte;
  enum state state = START;
  unsigned char controlByte;
  while(state != STOP && info.alarmFlag == 0){
      if(read(fd,&byte,1) < 0){
        perror("Error reading byte of the receiver response");
      }
      responseStateMachine(&state,byte,&controlByte);
  }
}

void readTransmitterResponse(int fd){
  unsigned char byte;
  enum state state = START;
  unsigned char controlByte;
  while(state != STOP && info.alarmFlag == 0){
    if(read(fd,&byte,1) < 0){
      perror("Error reading byte of the transmitter response");
    }
    responseStateMachine(&state,byte,&controlByte);
  }
}


int llopen(char *port,int flag, char* baudrate){
    struct termios newtio;
```

```
    infoSetup(baudrate);
    printf("BAUD: %d\n", info.baudRate);
    //Open the connection
    int fd;
    fd = open(port, O_RDWR | O_NOCTTY );
    if (fd <0) {perror(port); exit(-1); }

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

    bzero(&newtio, sizeof(newtio));
    newtio.c_cflag = info.baudRate | CS8 | CLOCAL | CREAD;
    newtio.c_iflag = IGNPAR;
    newtio.c_oflag = 0;

    /* set input mode (non-canonical, no echo,...) */
    newtio.c_lflag = 0;

    newtio.c_cc[VTIME] = 10;   /* inter-unsigned character timer
unused */
    newtio.c_cc[VMIN] = 1;   /* blocking read until 5 unsigned chars
received */

    cfsetspeed(&newtio,info.baudRate);

    tcflush(fd, TCIOFLUSH);

    if (tcsetattr(fd,TCSANOW,&newtio) == -1) {
        perror("tcsetattr");
        exit(-1);
    }

    printf("New termios structure set with baudrate: IN: %d | OUT:
%d\n", newtio.c_ispeed, newtio.c_ospeed);

    //First frames' transmission
    if(flag == TRANSMITTER){
      unsigned char controlFrame[5];
      controlFrame[0] = FLAG;
      controlFrame[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
      controlFrame[2] = CONTROL_BYTE_SET;
      controlFrame[3] = controlFrame[1] ^ controlFrame[2];
      controlFrame[4] = FLAG;
      do{
       write(fd,controlFrame,5);  //write SET
       printf("Sent SET\n");
       info.alarmFlag = 0;
       initializeAlarm();
       readReceiverResponse(fd);  //read UA
       if(info.alarmFlag == 0){
         printf("Received UA\n");
       }
      } while(info.numTries < MAX_TRIES && info.alarmFlag);

      disableAlarm();

      if(info.numTries >= MAX_TRIES){
        printf("Exceeded number of maximum tries!\n");
```

```
        return -1;
      }
    }

    else if(flag == RECEIVER){
      readTransmitterResponse(fd);
      printf("Received SET\n");

      unsigned char controlFrame[5];
      controlFrame[0] = FLAG;
      controlFrame[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
      controlFrame[2] = CONTROL_BYTE_UA;
      controlFrame[3] = controlFrame[1] ^ controlFrame[2];
      controlFrame[4] = FLAG;
      write(fd,controlFrame,5);  //send UA
      printf("Sent UA\n");
    }

    else{
        printf("Unknown function, must be a TRANSMITTER/RECEIVER\n");
        return 1;
    }

    return fd;
}

int processControlByte(int fd, unsigned char *controlByte){
    unsigned char byte;
    enum state state = START;
    while(state != STOP && info.alarmFlag == 0){
        if(read(fd,&byte,1) < 0){
          perror("Error reading byte");
        }
        responseStateMachine(&state,byte,controlByte);
    }

    if(*controlByte == CONTROL_BYTE_RR0 && info.ns == 1){
      printf("Received postive ACK 0\n");
      return 0;
    }
    else if(*controlByte == CONTROL_BYTE_RR1 && info.ns == 0){
      printf("Received postive ACK 1\n");
      return 0;
    }
    else if(*controlByte == CONTROL_BYTE_REJ0 && info.ns == 1){
      printf("Received negative ACK 0\n");
      return -1;
    }
    else if(*controlByte == CONTROL_BYTE_REJ1 && info.ns == 0){
      printf("Received negative ACK 1\n");
      return -1;
    }
    else
    {
      return -1;
    }

    return 0;
}
```

```
int llwrite(int fd, unsigned char* buffer, int length){
    int unsigned charactersWritten = 0;
    unsigned char controlByte;
    info.numTries = 0;
    if(info.ns == 0 && !info.firstTime)
      info.ns = 1;
    else if(info.ns == 1)
      info.ns = 0;
    do{
      //write frame
      unsigned char frameToSend[2*length+7];
      int frameIndex = 4, frameLength = 0;
      unsigned char bcc2 = 0x00;

      //Start to make the frame to be sent
      frameToSend[0] = FLAG;    //FLAG
      frameToSend[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;    //UA
      if(info.ns == 0)
        frameToSend[2] = CONTROL_BYTE_0;
      else
      {
        frameToSend[2] = CONTROL_BYTE_1;
      }
      frameToSend[3] = frameToSend[1] ^ frameToSend[2];

      for (size_t i = 0; i < length; i++){
        bcc2 ^= buffer[i];
        if(buffer[i] == FLAG || buffer[i] == ESC_BYTE){   //if the
byte its equal to the flag or to the escape byte
          frameToSend[frameIndex] = ESC_BYTE;
          frameIndex++;
          frameToSend[frameIndex] = buffer[i] ^ STUFFING_BYTE;
          frameIndex++;
        }
        else{
          frameToSend[frameIndex] = buffer[i];
          frameIndex++;
        }
      }

      if(bcc2 == FLAG || bcc2 == ESC_BYTE){
        frameToSend[frameIndex] = ESC_BYTE;
        frameIndex++;
        frameToSend[frameIndex] = bcc2 ^ STUFFING_BYTE;
        frameIndex++;
      }
      else{
        frameToSend[frameIndex] = bcc2;
        frameIndex++;
      }

      frameToSend[frameIndex] = FLAG;

      frameLength = frameIndex+1;
      printf("Before writing to serial...\n");
      charactersWritten = write(fd,frameToSend,frameLength);
      printf("Sent frame with sequence number %d\n\n",info.ns);

      initializeAlarm();

      //read receiver response
```

```
      if(processControlByte(fd,&controlByte) == -1){  // if there is
an error sending the message, send again
        disableAlarm();
        info.alarmFlag = 1;
      }

    }while(info.numTries < MAX_TRIES && info.alarmFlag);
    info.firstTime = 0;
    disableAlarm();

    if(info.numTries >= MAX_TRIES){
        printf("Exceeded number of maximum tries!\n");
        return -1;
    }

    return charactersWritten;
}

void informationFrameStateMachine(enum state* currentState, unsigned
char byte, unsigned char* controlByte){
    switch(*currentState){
        case START:
            if(byte == FLAG)      //flag
                *currentState = FLAG_RCV;
            break;
        case FLAG_RCV:
            if(byte == ADDRESS_FIELD_CMD)    //acknowlegement
                *currentState = A_RCV;
            else if(byte != FLAG)
                *currentState = START;
            break;
        case A_RCV:
            if(byte == CONTROL_BYTE_0 || byte == CONTROL_BYTE_1){
              *currentState = C_RCV;
              *controlByte = byte;
            }
            else if(FLAG == 0x7E){
                *currentState = FLAG_RCV;
            }
            else{
                *currentState = START;
            }
            break;
        case C_RCV:
            if(byte == (ADDRESS_FIELD_CMD^(*controlByte)))
              *currentState = BCC_OK;
            else if(byte == FLAG)
              *currentState = FLAG_RCV;
            else
              *currentState = START;

            break;
        case BCC_OK:
            if(byte != FLAG)
              *currentState = DATA_RCV;
            break;
        case DATA_RCV:
            if(byte == FLAG)
              *currentState = STOP;
            break;
        case STOP:
```

```
            break;
    }
}


int readTransmitterFrame(int fd, unsigned char * buffer){
    int length = 0;
    unsigned char byte;
    unsigned char controlByte;
    enum state state = START;
    while(state != STOP){
      if(read(fd,&byte,1) < 0){
          perror("Error reading byte");
      }
      informationFrameStateMachine(&state,byte,&controlByte);
      buffer[length] = byte;
      length++;
    }
    return length;
}

int verifyFrame(unsigned char* frame,int length){
  unsigned char addressField = frame[1];
  unsigned char controlByte = frame[2];
  unsigned char bcc1 = frame[3];
  unsigned char bcc2 = frame[length-2];
  unsigned char aux = 0x00;

  //verify if the bcc1 is correct
  if(controlByte != CONTROL_BYTE_0 && controlByte != CONTROL_BYTE_1){
    printf("Error in control byte!\n");
    return -1;
  }
  else if(bcc1 == (addressField^controlByte)){
    //check bcc2
    for (size_t i = 4; i < length-2; i++)
    {
      aux^=frame[i];
    }
    if(bcc2 != aux){
      printf("Error in bcc2!\n");
      return -2;
    }
  }

  return 0;
}

int llread(int fd,unsigned char* buffer){
  int received = 0;
  int length = 0;
  unsigned char controlByte;
  unsigned char auxBuffer[131087];
  int buffIndex = 0;
  info.numTries = 0;
  while(received == 0){
    length = readTransmitterFrame(fd,auxBuffer);
    printf("Received frame\n");

    if(length > 0){
      unsigned char originalFrame[2*length+7];
```

```
        //destuffing

        originalFrame[0] = auxBuffer[0];
        originalFrame[1] = auxBuffer[1];
        originalFrame[2] = auxBuffer[2];
        originalFrame[3] = auxBuffer[3];

        int originalFrameIndex = 4;
        int escapeByteFound = 0;

        for (size_t i = 4; i < length-1; i++)
        {
          if(auxBuffer[i] == ESC_BYTE){
            escapeByteFound = 1;
            continue;
          }
          else if(auxBuffer[i] == (FLAG^STUFFING_BYTE) &&
escapeByteFound == 1){
            originalFrame[originalFrameIndex] = FLAG;
            originalFrameIndex++;
            escapeByteFound = 0;
          }
          else if(auxBuffer[i] == (ESC_BYTE^STUFFING_BYTE) &&
escapeByteFound == 1){
            originalFrame[originalFrameIndex] = ESC_BYTE;
            originalFrameIndex++;
            escapeByteFound = 0;
          }
          else{
            originalFrame[originalFrameIndex] = auxBuffer[i];
            originalFrameIndex++;
          }
        }
        originalFrame[originalFrameIndex] = auxBuffer[length-1];
        controlByte = originalFrame[2];

        if(verifyFrame(originalFrame,originalFrameIndex+1) != 0){
          if(controlByte == CONTROL_BYTE_0){
            printf("Frame has 0 as sequence number\n");
            unsigned char frameToSend[5];
            frameToSend[0] = FLAG;
            frameToSend[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
            frameToSend[2] = CONTROL_BYTE_REJ0;
            frameToSend[3] = frameToSend[1] ^ frameToSend[2];
            frameToSend[4] = FLAG;
            write(fd,frameToSend,5);
            printf("Sent negative ACK 0\n");
          }
          else if(controlByte == CONTROL_BYTE_1){
            printf("Frame has 1 as sequence number\n");
            unsigned char frameToSend[5];
            frameToSend[0] = FLAG;
            frameToSend[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
            frameToSend[2] = CONTROL_BYTE_REJ1;
            frameToSend[3] = frameToSend[1] ^ frameToSend[2];
            frameToSend[4] = FLAG;
            write(fd,frameToSend,5);
            printf("Sent negative ACK 1\n");
          }
          return 0;
        }
```

```
      else{
        for (size_t i = 4; i < originalFrameIndex-1; i++)
        {
          buffer[buffIndex] = originalFrame[i];
          buffIndex++;
        }
        if(controlByte == CONTROL_BYTE_0){
          printf("Frame has 0 as sequence number\n");
          unsigned char frameToSend[5];
          frameToSend[0] = FLAG;
          frameToSend[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
          frameToSend[2] = CONTROL_BYTE_RR1;
          frameToSend[3] = frameToSend[1] ^ frameToSend[2];
          frameToSend[4] = FLAG;
          write(fd,frameToSend,5);
          printf("Sent positive ACK 1\n");
        }
        else if(controlByte == CONTROL_BYTE_1){
          printf("Frame has 1 as sequence number\n");
          unsigned char frameToSend[5];
          frameToSend[0] = FLAG;
          frameToSend[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
          frameToSend[2] = CONTROL_BYTE_RR0;
          frameToSend[3] = frameToSend[1] ^ frameToSend[2];
          frameToSend[4] = FLAG;
          write(fd,frameToSend,5);
          printf("Sent positive ACK 0\n");
        }
        received = 1;
      }
    }
  }

  return buffIndex;
}

int llclose(int fd, int flag){
    //Last frames' transmission
    if(flag == TRANSMITTER){
        if(info.numTries >= MAX_TRIES){
            return -1;
        }
        unsigned char controlFrameDISC[5];
        controlFrameDISC[0] = FLAG;
        controlFrameDISC[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
        controlFrameDISC[2] = CONTROL_BYTE_DISC;
        controlFrameDISC[3] = controlFrameDISC[1] ^
controlFrameDISC[2];
        controlFrameDISC[4] = FLAG;
        do{
            write(fd,controlFrameDISC,5);  //write DISC
            printf("Sent DISC\n");
            info.alarmFlag = 0;
            initializeAlarm();
            readReceiverResponse(fd);  //read DISC
        } while(info.numTries < MAX_TRIES && info.alarmFlag);

        if(info.alarmFlag == 0){
          printf("Received DISC\n");
        }
```

```
        disableAlarm();

        if(info.numTries >= MAX_TRIES){
            printf("Exceeded number of maximum tries!\n");
            return -1;
        }
        else{
            unsigned char controlFrameUA[5];
            controlFrameUA[0] = FLAG;
            controlFrameUA[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
            controlFrameUA[2] = CONTROL_BYTE_UA;
            controlFrameUA[3] = controlFrameUA[1] ^ controlFrameUA[2];
            controlFrameUA[4] = FLAG;

            write(fd,controlFrameUA,5); //write UA after receiving
DISC
            printf("Sent UA\n");
            sleep(1);
        }
    }

    else if(flag == RECEIVER){
        if(info.numTries >= MAX_TRIES){
            return -1;
        }

        readTransmitterResponse(fd);
        printf("Receveid DISC\n");

        unsigned char controlFrame[5];
        controlFrame[0] = FLAG;
        controlFrame[1] = ADDRESS_FIELD_CMD;
        controlFrame[2] = CONTROL_BYTE_DISC;
        controlFrame[3] = controlFrame[1] ^ controlFrame[2];
        controlFrame[4] = FLAG;

        write(fd,controlFrame,5);  //send DISC
        printf("Sent DISC\n");

        readTransmitterResponse(fd);
        printf("Received UA\n");

    }

    else{
        printf("Unknown function, must be a TRANSMITTER/RECEIVER\n");
        return 1;
    }
    //Close the connection

    tcflush(fd, TCIOFLUSH);

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

    close(fd);

  return 0;
}
```

utils.h

```
#include <termios.h>


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

#define TRANSMITTER 0
#define RECEIVER 1


#define FLAG 0x7E
#define ADDRESS_FIELD_CMD 0x03
#define CONTROL_BYTE_0   0x00
#define CONTROL_BYTE_1   0x40
#define CONTROL_BYTE_SET 0x03
#define CONTROL_BYTE_DISC 0x0B
#define CONTROL_BYTE_UA 0x07
#define CONTROL_BYTE_RR0 0x05
#define CONTROL_BYTE_RR1 0x85
#define CONTROL_BYTE_REJ0 0x01
#define CONTROL_BYTE_REJ1 0x81

#define ESC_BYTE 0x7D
#define STUFFING_BYTE 0x20

#define START_FLAG 0x02
#define END_FLAG 0x03
#define FILE_NAME_FLAG 0x01
#define FILE_SIZE_FLAG 0x00
#define DATA_FLAG 0x01
#define BYTE_MASK 0xFF


#define MAX_TRIES 3

enum state{START, FLAG_RCV, A_RCV, C_RCV, BCC_OK, STOP, DATA_RCV};
```

proj.c

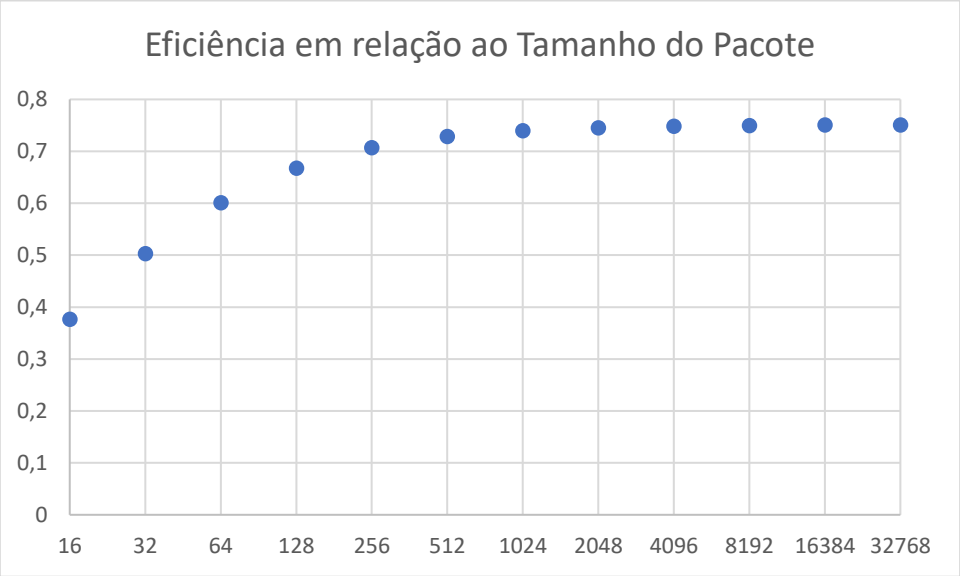
```
#include "application.h"
#include <sys/time.h>

int main(int argc, char** argv)
{
    if(argc < 6){
      printf("Usage: serialPort flag file packetSize baudrate\n");
      return -1;
    }

    if (
    ((strcmp("/dev/ttyS0", argv[1])!=0) &&
    (strcmp("/dev/ttyS1", argv[1])!=0) &&
    (strcmp("/dev/ttyS10", argv[1])!=0) &&
    (strcmp("/dev/ttyS11", argv[1])!=0))) {
      printf("Usage:\tnserial SerialPort\n\tex: nserial
/dev/ttyS1\n");
      exit(1);
    }

    int fd;
    int flag;
    int packetSize = atoi(argv[4]);

    if(strcmp("1",argv[2]) == 0){
      flag = RECEIVER;
    }
    else if(strcmp("0",argv[2]) == 0){
      flag = TRANSMITTER;
    }
    else{
      printf("Invalid argument for flag\n");
      exit(2);
    }

    if(strcmp(argv[5],"B50") != 0 && strcmp(argv[5],"B75") != 0 &&
strcmp(argv[5],"B110") != 0 && strcmp(argv[5],"B134") != 0 &&
      strcmp(argv[5],"B150") != 0 && strcmp(argv[5],"B200") != 0 &&
strcmp(argv[5],"B300") != 0 && strcmp(argv[5],"B600") != 0 &&
strcmp(argv[5],"B1200") != 0 &&
      strcmp(argv[5],"B1800") != 0 && strcmp(argv[5],"B2400") != 0 &&
strcmp(argv[5],"B4800") != 0 && strcmp(argv[5],"B9600") != 0 &&
strcmp(argv[5],"B19200") != 0 &&
      strcmp(argv[5],"B38400") != 0 && strcmp(argv[5],"B57600") != 0
&& strcmp(argv[5],"B115200") != 0 && strcmp(argv[5],"B230400") != 0)
    {
      printf("Baurate must be one of the following values: B50, B75,
B110, B134, B150, B200, B300, B600, B1200, B1800, B2400, B4800, B9600,
B19200, B38400, B57600, B115200, B230400\n");
      return -2;
    }

    struct timeval start, end;
    double time_taken;


    gettimeofday(&start, NULL);

    fd = llopen(argv[1],flag, argv[5]);
```

```
    applicationSetUp(argv[3],packetSize,fd);

    if(fd > 0){
      if(flag == RECEIVER){
        receiveFile();
      }
      else if(flag == TRANSMITTER){
        sendFile();
      }
      llclose(fd,flag);
    }

    gettimeofday(&end, NULL);

    time_taken = end.tv_sec + end.tv_usec / 1e6 -
                 start.tv_sec - start.tv_usec / 1e6; // in seconds

    printf("Time spent: %lf\n",time_taken);

    return 0;
}
```

Anexo II – Resultados em Ambiente de Laboratório

Baudrate	115200
Tamanho do ficheiro (bytes)	186160

Tamanho dos pacotes (bytes)	**Tempo(segundos)**	**Bit Rate(bits/segundo)**	**Eficiência**	**Eficiência Média**
16	34,445066	43236,38108	0,375315808	0,3764666
	34,294896	43425,70393	0,376959236	
	34,279844	43444,7718	0,377124755	
32	25,718336	57907,3234	0,502667738	0,502729429
	25,711655	57922,37022	0,502798353	
	25,71555	57913,59703	0,502722196	
64	21,513826	69224,32114	0,600905565	0,600764748
	21,511072	69233,18373	0,600982498	
	21,53172	69166,79206	0,600406181	
128	19,368117	76893,38101	0,667477266	0,66744755
	19,366155	76901,17114	0,667544888	
	19,372667	76875,3213	0,667320497	
256	18,291416	81419,61235	0,706767468	0,706786067
	18,290829	81422,22531	0,70679015	
	18,290559	81423,42724	0,706800584	
512	17,748392	83910,70019	0,728391495	0,728288903
	17,752556	83891,01828	0,728220645	
	17,751729	83894,92652	0,72825457	
1024	17,481011	85194,15725	0,739532615	0,739511393
	17,481644	85191,07242	0,739505837	
	17,481883	85189,90775	0,739495727	
2048	17,347021	85852,20483	0,745244834	0,745221035
	17,347155	85851,54165	0,745239077	
	17,348549	85844,64326	0,745179195	
4096	17,281079	86179,80393	0,748088576	0,748086904
	17,282242	86174,00451	0,748038234	
	17,280032	86185,02558	0,748133903	
8192	17,245917	86355,51244	0,749613823	0,749612418
	17,245835	86355,92304	0,749617387	
	17,246096	86354,61614	0,749606043	
16384	17,229597	86437,30901	0,750323863	0,750318289
	17,229337	86438,6134	0,750335186	
	17,230241	86434,07832	0,750295819	
32768	17,220743	86481,75053	0,75070964	0,750709117
	17,220852	86481,20314	0,750704888	
	17,22067	86482,11713	0,750712822	


Eficiência em relação ao Tamanho do Pacote
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
16
32
64
128
256
512
1024
2048
4096
8192
16384
32768