

1. Introducción

Este reporte detalla el diseño, desarrollo e implementación de un sistema de software en C++ capaz de decodificar el protocolo industrial "PRT-7". El desafío principal radica en que el protocolo no envía datos, sino **instrucciones** para ensamblar un mensaje oculto.

El sistema recibe dos tipos de tramas de un flujo serial (simulado):

- **Tramas de Carga (LOAD):** Contienen un fragmento de dato (un carácter).
- **Tramas de Mapeo (MAP):** Contienen instrucciones para reordenar el alfabeto de decodificación.

Para resolver este problema, se implementaron estructuras de datos manuales (sin STL) y un diseño polimórfico que permite procesar las diferentes tramas de forma dinámica. El proyecto fue compilado y probado en Ubuntu 24.04 utilizando CMake y el compilador G++.

2. Manual Técnico

2.1 Diseño y Arquitectura (POO Polimórfica)

La base del sistema es un diseño de Programación Orientada a Objetos (POO) que utiliza **polimorfismo** para manejar los distintos tipos de tramas. Esto permite que el bucle principal del programa (`main.cpp`) procese cualquier tipo de trama futura (ej. `TramaEncrypt`, `TramaPing`, etc.) sin necesidad de modificar el código existente.

Se definió una jerarquía de clases:

- **TramaBase (Clase Abstracta):** Es la interfaz común. Define un método virtual puro `procesar()` que todas las tramas concretas deben implementar. Crucialmente, incluye un **destructor virtual** (`virtual ~TramaBase()`) para garantizar la correcta liberación de memoria al usar punteros de la clase base.
 - **TramaLoad (Clase Derivada):** Hereda de `TramaBase`. Almacena un `char` como *payload*. Su lógica `procesar()` consiste en pedir al rotor el mapeo del carácter y luego insertarlo en la lista de carga.
 - **TramaMap (Clase Derivada):** Hereda de `TramaBase`. Almacena un `int` como *payload* (la rotación). Su lógica `procesar()` es simple: le ordena al rotor que rote N posiciones.
-

2.2 Estructuras de Datos Implementadas

De acuerdo a los requisitos, se prohibió el uso de la STL (`std::list`, `std::vector`). Por lo tanto, todas las estructuras de datos se implementaron manualmente.

ListaDeCarga (Lista Doblemente Enlazada)

Esta estructura almacena el mensaje final decodificado. Se eligió una lista doblemente enlazada por la eficiencia al insertar al final (operación $O(1)$ si se mantiene un puntero a la cola).

- **Nodos:** `NodoCarga` (almacena `char dato`, `NodoCarga* previo`, `NodoCarga* siguiente`).
- **Métodos Clave:**
 - `insertarAlFinal(char dato)`: Añade un nuevo nodo al final de la lista, actualizando el puntero `cola`.
 - `imprimirMensaje()`: Recorre la lista desde la `cabeza` hasta el final, imprimiendo el `dato` de cada nodo.
 - `~ListaDeCarga()`: El destructor recorre la lista y libera la memoria de cada `NodoCarga` uno por uno para evitar fugas de memoria.

RotorDeMapeo (Lista Circular Doblemente Enlazada)

Esta es la estructura más compleja; actúa como el "disco de cifrado" dinámico. Es una lista circular que contiene el alfabeto (A-Z).

- **Nodos:** `NodoRotor` (almacena `char dato`, `NodoRotor* previo`, `NodoRotor* siguiente`).
- **Constructor:** El constructor `RotorDeMapeo()` se encarga de crear los 26 nodos (A-Z), enlazarlos y finalmente "cerrar el círculo" conectando el nodo 'Z' con el nodo 'A'.
- **Puntero `cabeza`:** Este puntero es el estado del rotor. Indica la posición 'cero' actual (a qué carácter se mapea 'A').
- **Métodos Clave:**
 - `rotar(int N)`: Es una operación $O(N)$ muy eficiente. Simplemente mueve el puntero `cabeza` N posiciones (hacia `siguiente` si N es positivo, o `previo` si N es negativo).
 - `getMapeo(char in)`: Calcula el carácter decodificado. Primero, calcula el *offset* del carácter de entrada (ej. 'A'=0, 'B'=1, 'C'=2). Luego, avanza ese *offset* de posiciones desde el puntero `cabeza` actual para encontrar el carácter mapeado.

2.3 Componentes del Sistema (Archivos)

El proyecto se organizó en una estructura modular estándar de CMake:

- **CMakeLists.txt**: Define el proyecto, enlaza los ejecutables y las carpetas `include/src`. También incluye un objetivo `doc` para generar la documentación Doxygen.
- **include/DataStructures.h**: Define las interfaces de `ListaDeCarga` y `RotorDeMapeo`.
- **include/Trama.h**: Define la jerarquía de clases (`TramaBase`, `TramaLoad`, `TramaMap`) y el `namespace SerialParser`.
- **include/SerialPort.h**: Define la interfaz de la clase `SerialPort` (la versión simulada).
- **src/DataStructures.cpp**: Contiene la implementación (la lógica) de `ListaDeCarga` y `RotorDeMapeo`.
- **src/Trama.cpp**: Contiene la implementación de los métodos `procesar()` de cada trama y la lógica de `SerialParser::parse()` para convertir texto (ej. "L,A") en objetos.
- **src/SerialPort.cpp**: Implementación del simulador de puerto serial que entrega las tramas de ejemplo con un retardo de 1 segundo.
- **src/main.cpp**: El orquestador. Inicializa las estructuras, se "conecta" al puerto, lee líneas en un bucle, usa el `SerialParser` para crear objetos `TramaBase*` en el `heap` (`new`), ejecuta `trama->procesar()`, y finalmente libera la memoria (`delete trama`).

3. Pantallazos de la Implementación

A continuación, se presentan capturas de pantalla que evidencian el funcionamiento del sistema.

1. Código Fuente (Ej. `main.cpp` y la jerarquía `Trama.h`)

```

src > main.cpp > main()
1  #include <stdio.h> // Para printf
2  #include "DataStructures.h"
3  #include "Trama.h"
4  #include "SerialPort.h"
5
6  int main() {
7      // 1. Inicialización
8      ListaDeCarga miListaDeCarga;
9      RotorDeMapeo miRotorDeMapeo;
10     SerialPort serial;
11
12     printf("Iniciando Decodificador PRT-7.\n");
13
14     // 2. Conexión Serial (Simulada)
15     // En una implementación real, aquí iría el nombre real del puerto
16     const char* port = "COM3"; // Para Windows
17     // const char* port = "/dev/ttyUSB0"; // Para Linux
18
19     if (!serial.connect(port, 9600)) {
20         printf("Error: No se pudo conectar al puerto %s.\n", port);
21         return -1;
22     }
23
24     printf("Conexión establecida. Esperando tramas...\n");
25
26     // Buffer para leer las líneas (C-style)
27     char buffer[256];
28
29     // 3. Bucle de Procesamiento
30     while (serial.readLine(buffer, 256)) {
31
32         printf("Trama recibida: [%s]", buffer);
33
34         // 4. Parsear e Instanciar (Polimorfismo)
35         TramaBase* trama = SerialParser::parse(buffer);
36
37         if (trama != nullptr) {
38             // 5. Ejecutar
39             printf("-> Procesando...");
40             trama->procesar(&miListaDeCarga, &miRotorDeMapeo);
41
42             // Imprimir estado actual del mensaje
43             printf(" Mensaje: [");
44             miListaDeCarga.imprimirMensaje();
45             printf("]\n");
46
47             // 6. Limpiar
48             delete trama;
49         } else {

```

2. Compilación Exitosa (Salida de [Build])

```
src > 6- main.cpp > [main]
1 #include <stdio.h> // Para printf
2 #include "DataStructures.h"
3 #include "Trama.h"
4 #include "SerialPort.h"
5
6 int main() {
7     // 1. Inicialización
8     ListaDeCarga miListaDeCarga;
9     RotorDeMapeo miRotorDeMapeo;
10    SerialPort serial;
11
12    printf("Iniciando Decodificador PRT-7\n");
13}

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE PORTS TERMINAL Filter CMake/Build
[main] Building folder: /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/build
[build] Starting build
[proc] Executing command: /usr/bin/cmake --build /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/build --config Debug --target doc -j 8 --
[build] [ 63%] Built target prt7_decoder
[build] [100%] Generando documentación Doxygen...
[build] /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/SerialPort.h:9: warning: Compound SerialPort is not documented.
[build] Doxygen version used: 1.9.8
[build] Searching for include files...
[build] Searching for example files...
[build] Searching for images...
[build] Searching for dot files...
[build] Searching for msc files...
[build] Searching for dia files...
[build] Searching for files to exclude
[build] Searching INPUT for files to process...
[build] Searching for files in directory /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src
[build] Searching for files in directory /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include
[build] Reading and parsing tag files
[build] Parsing files
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/DataStructures.cpp...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/DataStructures.cpp...
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/main.cpp...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/main.cpp...
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/SerialPort.cpp...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/SerialPort.cpp...
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/Trama.cpp...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/src/Trama.cpp...
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/DataStructures.h...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/DataStructures.h...
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/SerialPort.h...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/SerialPort.h...
[build] Preprocessing /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/Trama.h...
[build] Parsing file /home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/include/Trama.h...
[build] Building macro definition list...
[build] Building group list...
[build] Building directory list...
@ build
```

3. Ejecución del Programa (Salida de [Run])

```
src > 6- main.cpp > [main]
1 #include <stdio.h> // Para printf
2 #include "DataStructures.h"
3 #include "Trama.h"
4 #include "SerialPort.h"
5
6 int main() {
7     // 1. Inicialización
8     ListaDeCarga miListaDeCarga;
9     RotorDeMapeo miRotorDeMapeo;
10    SerialPort serial;
11
12    printf("Iniciando Decodificador PRT-7\n");
13}

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE PORTS TERMINAL CMake/Build
/home/denilson/Escritorio/PRT7_DECODER/build/prt7_decoder
denilson@denilson-VivoBook-ASUSLaptop-X415EA-X415EA:~/Escritorio/PRT7_DECODER/build$ ./prt7_decoder
Iniciando Decodificador PRT-7.
Simulando conexión a COM3 con 9600 baudios...
Conexión establecida. Esperando tramas...

Trama recibida: [L,H] -> Procesando... -> Fragmento 'H' decodificado como 'H'. Mensaje: [H]
Trama recibida: [L,O] -> Procesando... -> Fragmento 'O' decodificado como 'O'. Mensaje: [HO]
Trama recibida: [L,L] -> Procesando... -> Fragmento 'L' decodificado como 'L'. Mensaje: [HOL]
Trama recibida: [M,2] -> Procesando... -> ROTANDO ROTOR +2. Mensaje: [HOL]
Trama recibida: [L,A] -> Procesando... -> Fragmento 'A' decodificado como 'C'. Mensaje: [HOLC]
Trama recibida: [L,Space] -> Procesando... -> Fragmento 'Space' decodificado como ' '. Mensaje: [HOLC ]
Trama recibida: [L,W] -> Procesando... -> Fragmento 'W' decodificado como 'Y'. Mensaje: [HOLC Y]
Trama recibida: [W,-2] -> Procesando... -> ROTANDO ROTOR -2. Mensaje: [HOLC Y]
Trama recibida: [L,O] -> Procesando... -> Fragmento 'O' decodificado como 'O'. Mensaje: [HOLC YO]
Trama recibida: [L,R] -> Procesando... -> Fragmento 'R' decodificado como 'R'. Mensaje: [HOLC YOR]
Trama recibida: [L,L] -> Procesando... -> Fragmento 'L' decodificado como 'L'. Mensaje: [HOLC YORL]
Trama recibida: [L,D] -> Procesando... -> Fragmento 'D' decodificado como 'D'. Mensaje: [HOLC YORLD]

---
Flujo de datos terminado.
MENSAJE OCULTO ENSAMBLADO:
HOLC YORLD
---
Simulando cierre de puerto...
Liberando memoria... Sistema apagado.
denilson@denilson-VivoBook-ASUSLaptop-X415EA-X415EA:~/Escritorio/PRT7_DECODER/build$ ^C
denilson@denilson-VivoBook-ASUSLaptop-X415EA-X415EA:~/Escritorio/PRT7_DECODER/build$
```

4. Documentación Doxygen Generada

