OpenEmulator 使用手册

（版本 1.0）

OpenTSN 开源项目组

2022 年 5 月

目录

一、概述

TSN 网络在部署前需要对网络进行验证以确保可靠性，并且在真实的 TSN 网络环境中对各种故障情况模拟的难度比较大。基于这些问题，OpenTSN 项目组基于 OpenTSN3.4 架构，搭建了联合仿真调试平台 OpenEmulator，实现在仿真环境下进行软硬件的联合调试，并具有以下几个特性：

1.1 图形化操作

OpenEmulator 支持图形化操作，可通过图形化仿真控制程序一键启动和停止网络以及 TSN 应用程序（包括集中控制器 TSNLight 以及时钟同步控制程序 PTP）。

仿真控制程序可实时展示仿真网络状态，包括仿真推进时间、墙钟推进时间以及两者的比值，用于评估平台的运行性能。

图 1 图形化仿真控制程序

1.2 灵活支持 TSN 应用

OpenEmulator 内置了集中控制器 TSNlight 以及基于 PTP 协议的时钟同步控制程序，同时 OpenEmulator 还为用户提供了应用程序接口，以支持运行用户实现的 TSN 应用程序。

1.3 支持多种网络拓扑

OpenEmulator 内置了 6 节点的哑铃型网络拓扑，如图 2。同时支持通过修改 TSN 端系统和交换机连接方式实现自定义的网络拓扑。

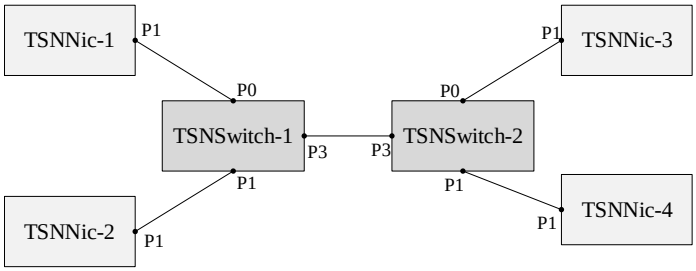


图 2 6 节点哑铃型网络拓扑

二、运行环境及依赖库

2.1 运行环境

- Linux 系统：在 CentOS6.9 以及 CentOS7 上通过测试
- C 语言开发环境：相关软件程序在 GCC4 通过编译
- EDA 仿真软件；
- Python3

2.2 依赖库及说明

- libxml2-dev

用于 xml 文件解析

- ttkbootstrap

用于构建图形化控制程序

三、使用说明

3.1 结构

```
### 结构
OpenEmualtor
    ├─── demo     //软硬件联合仿真组网示例，组网示例环境使用参考 OpenTSN3.4\TOOLS\OpenEmulator\doc\OpenEmulator 使用手册
    ├─── doc      //仿真器设计文档、环境安装、使用手册等文档
    ├─── lib      //仿真器依赖的库文件说明
    ├─── script   //仿真器运行脚本，脚本执行参看 OpenEmulator 使用手册
    └─── src      //仿真器源码
```

3.2 运行步骤

3.2.1 运行环境搭建

根据运行环境及依赖库的要求，搭建运行环境。建议在 CentOS7 的 Linux 发行版本上运行。主要依赖库的安装方法：

1.libxml2-dev

集中控制器 TSNlight 以及时钟同步控制程序需要依赖 lmxml2-dev 读取 xml 格式的配置文件。

在 CentOS7 下通过以下命令安装：yum install libxml2-dev

2.ttkbootstrap

图形化仿真控制程序依赖词库构建图形界面。

在 Python3 的环境中，通过以下命令安装：pip install ttkbootstrap

3.2.2 仿真相关配置

1. IP 核配置

在以下路径中需要依赖 IP 核，根据情况按照路径下的 README 文件说明进行配置。需要配置 IP 核的路径有以下：

- OpenEmulator\demo\libs
- OpenEmulator\demo\tsn_net_build\tsnnic\ipcore
- OpenEmulator\demo\tsn_net_build\tsnswitch\ipcore

2. 编写 Makefile

根据使用的 EDA 仿真软件，在 OpenEmulator\demo\sim_project 路径下编写 Makefile 文件，在已给的 Makefile 文件中“com”、“sim”、“clean”三处编写 make 命令（图形界面控制程序依赖该三个命令）。三个命令的含义如下：

- com：仿真编译
- sim：仿真启动

- clean：清理上次编译文件

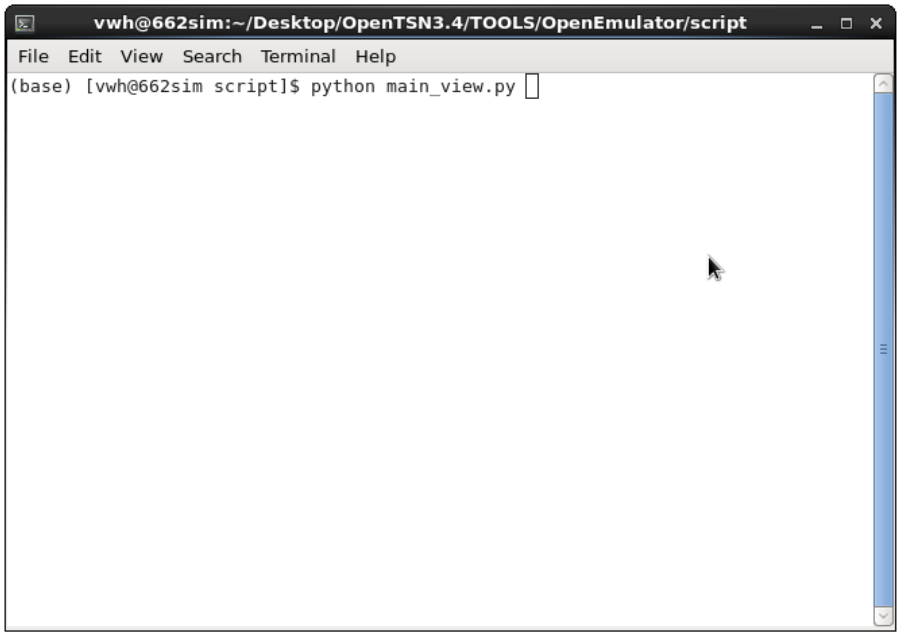
3.2.3 软件应用程序编译

分别进入以下路径进行使用以下命令进行编译：

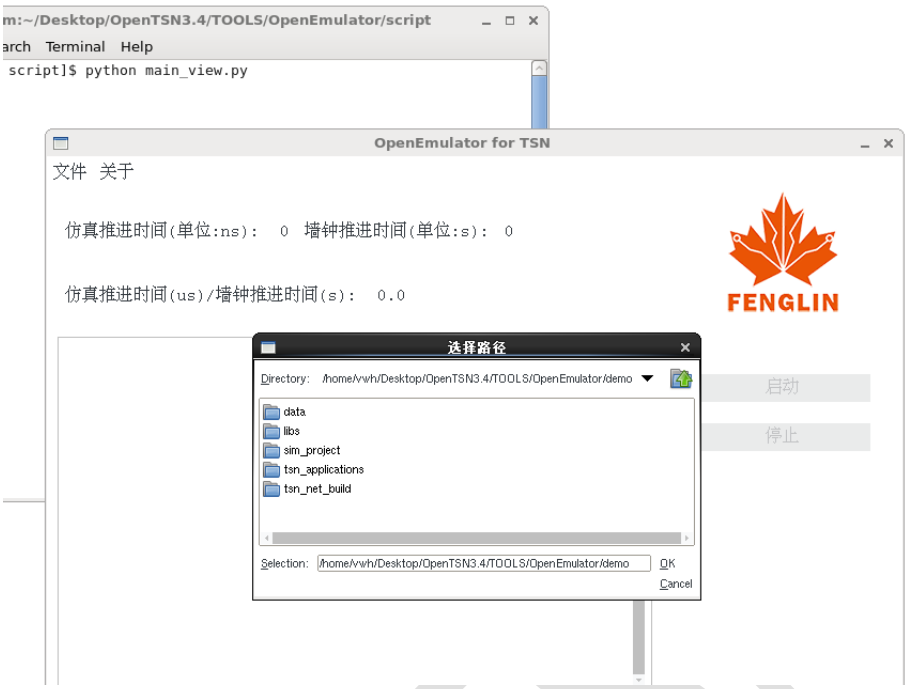
- OpenEmulator\lib\api：make clean && make
  ./Makefile 文件用于编译静态链接库，./Makefile_so 用于编译动态链接库（不修改源代码情况下不需重新编译，其中编译出的动态链接库 libsim.so 用于 python 程序调用，应置于/lib 目录下）
- OpenEmulator\src\emulation_lock：make clean && make
  编译时间互锁软件程序，编译依赖于 libsim.a 静态链接库
- \OpenEmulator\demo\tsn_applications\ptp：make clean && make TYPE=TSN_SIM
- OpenEmulator\demo\tsn_applications\tsnlight：make clean && make TYPE=TSN_SIM

3.2.3 运行

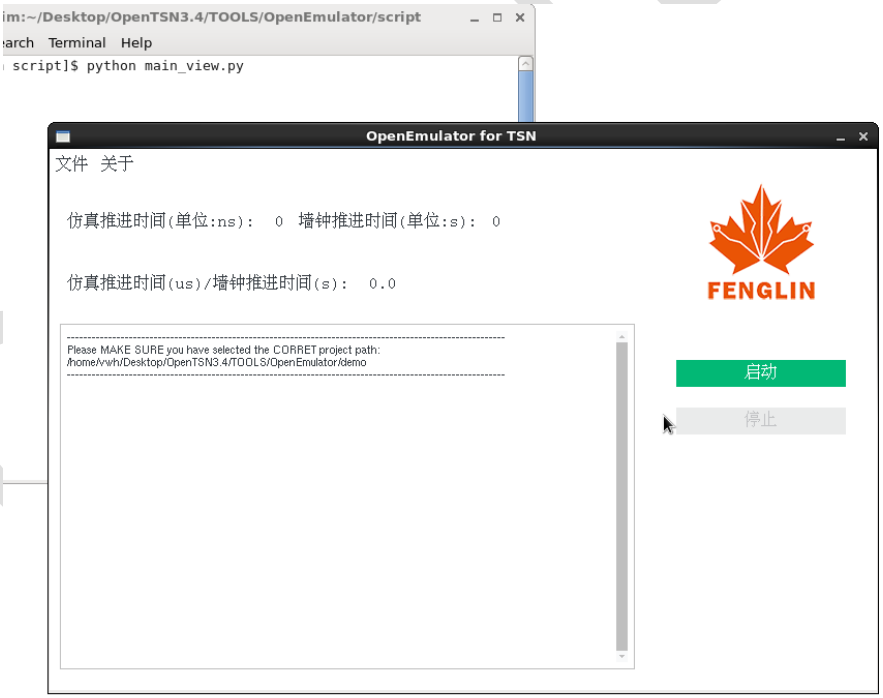
- 安装好仿真器运行环境之后，把 OpenTSN3.4 下载下来；
- 进入 OpenEmulator \script 路径，运行命令：python main_view.py；



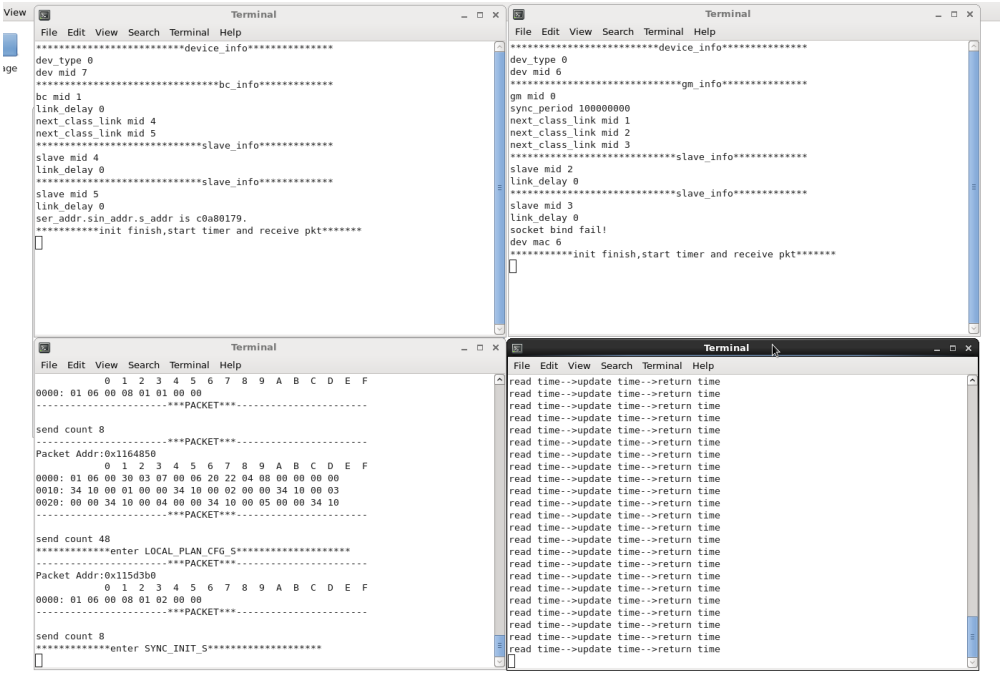
- 选择项目路径：点击菜单栏“文件”→“打开”，选择顶层路径 /OpenEmulator/demo，并点击“确定”；



- 点击“启动”，即可开始仿真，eda 仿真启动完成后，会自动启动 tsnlight 以及时钟同步控制程序；



- 运行过程中会新建时间同步窗口、控制器配置窗口、以及软硬件协同同步窗口；



- 点击“停止”可结束环境的运行，在 /log 路径下会保存运行时仿真时间以及墙钟时间的日志记录。

3.3 应用程序接口

3.3.1 接口定义

为支持用户自定义的 TSN 应用程序，如时间敏感流量注入应用，OpenEmulator 以静态链接库(libsim.a)的形式提供了应用程序接口：

(1)仿真网络时间获取接口

仿真网络时间获取接口可用户应用程序控制应用发送的周期，如时钟同步控制程序的同步报文发送周期、时间敏感流量报文周期等。

函数定义	struct timeval gettimeofdaytxt(u8* txtpath)
功能描述	获取仿真网络时间
输入参数	软件时间文本路径
输出参数	若成功则返回仿真时间，若失败则返回 0

（2）报文接收接口

接收报文接口包括数据报文接收初始化接口(data_pkt_receive_init)、数据报文接收处理接口(data_pkt_receive_dispatch_1)和数据报文接收销毁接口(data_pkt_receive_destroy)。

①数据报文接收初始化接口(data_pkt_receive_init)：

函数定义	int data_pkt_receive_init(u8* txtpath)
功能描述	完成数据报文接收资源的初始化。包括初始化 buff 空间、打开文本等
输入参数	报文接收文本路径
返回结果	成功返回 0，失败返回-1

②数据报文接收处理接口(data_pkt_receive_dispatch_1)：

函数定义	u8 *data_pkt_receive_dispatch_1(u16 *pkt_len);
功能描述	每次从文本中读取一个报文，然后对报文字符进行格式处理，再输出报文首地址指针和报文长度
输入参数	报文长度指针
返回结果	成功返回报文首地址指针，失败返回 NULL

③数据报文接收销毁接口(data_pkt_receive_destroy)：

函数定义	int data_pkt_receive_destroy ( )
功能描述	完成数据报文接收资源的销毁，包括关闭文本句柄，释放 buff 空间等
输入参数	无
返回结果	成功返回 0，失败返回-1

(3）发送报文接口

发送报文接口主要包括数据报文发送初始化接口(data_pkt_send_init)、数据报文发送处理接口(data_pkt_send_handle)和数据报文发送销毁接口(data_pkt_send_destroy)。

①数据报文发送初始化接口(data_pkt_send_init)：

函数定义	int data_pkt_send_init(u8* txtfile_data,u8* txtfile_state)
功能描述	完成数据报文发送资源的初始化。包括初始化 buff 空间、打开文本句柄等。
输入参数	报文发送文本路径，发送状态文本路径
返回结果	成功返回 0，失败返回-1

②数据报文发送处理接口(data_pkt_send_handle)：

函数定义	int data_pkt_send_handle(u8* pkt,u32 len)
功能描述	先对字符串进行文本格式的转换，然后再将数据写入文本，完成数据报文的发送，并向发送状态文本中写入状态标志字符
输入参数	数据报文指针、数据报文长度
返回结果	成功返回 0，失败返回-1
功能描述	完成数据报文的发送处理

③数据报文发送销毁接口(data_pkt_send_destroy)：

函数定义	int data_pkt_send_destroy()
功能描述	完成数据报文发送相关资源的销毁，包括关闭文本句柄、释放 buff 空间等
输入参数	无
返回结果	成功返回 0，失败返回-1

3.3.2 接口使用说明

在调用报文接收和报文使用接口时，在 6 节点哑铃型拓扑网络下规定了每个 TSN 网卡使用的报文交互文件，这些文件作为报文发送和接收接口的参数，具体每个 TSN 网卡对应的报文交互文件作为参数的使用说明如下（以 TSNNic-1 为例）：

接口名称	参数名称	参数值
data_pkt_receive_init	txtpath	data014.txt
data_pkt_send_init	txtfile_data	data114.txt
	txtfile_state	data214.txt

其他网卡（TSNNic-2、TSNNic-3、TSNNic-4）对应的交互文件分别为：data015/data115/data215、data016/data116/data216、data017/data117/data217，使用方法同TSNNic-1。