# 基于 eNSP 的 VLAN 标签处理综合实验教学设计与仿真实现

曹光亚
上海建桥学院，上海 201306
DOI: 10.61369/RTED.2026150034

**摘　　要：** 本文基于华为 eNSP 仿真平台，设计了一个综合实验教学项目。实验面向多用户多业务隔离场景，将基本 QinQ、灵活 QinQ 和 VLAN Mapping 三种标签处理技术集成到同一张网络拓扑中进行对比。通过连通性测试，验证了三种技术在标签封装和替换中的效果，并比较了各自的应用场景。教学实践表明，该实验设计有助于学生深入理解 VLAN 标签处理原理。

**关 键 词：** VLAN 标签处理；QinQ；VLAN Mapping；eNSP；实验教学

## Comprehensive Experimental Teaching Design and Simulation Implementation of VLAN Tag Processing Based on eNSP

Cao Guangya
Shanghai Jian Qiao University, Shanghai 201306

**Abstract:** Based on the Huawei eNSP simulation platform, this paper designs a comprehensive experimental teaching project. Targeting the scenario of multi-user and multi-service isolation, the experiment integrates three tag processing technologies including basic QinQ, flexible QinQ and VLAN Mapping into a unified network topology for comparative research. Through connectivity tests, this paper verifies the effects of the three technologies in tag encapsulation and replacement, and compares their respective application scenarios. Teaching practice shows that the proposed experimental design helps students deeply understand the basic principles of VLAN tag processing.

**Keywords:** VLAN tag processing; QinQ; VLAN Mapping; eNSP; experimental teaching

## 引言

园区与城域网络建设中，VLAN 资源枯竭、多业务隔离困难、跨域 VLAN ID 冲突等问题日益突出 [1]。QinQ 通过添加外层标签，扩展了 VLAN 空间，按实现方式分为基于端口的基本 QinQ 和基于流分类的灵活 QinQ[2-4]；VLAN Mapping 则通过替换标签解决不同域间的标识冲突。

在目前的实验教学中，学生易停留在配置命令层面，难以形成贯通理解；硬件与拓扑调整成本也制约了多技术对比实验的开展 [5]。

华为 eNSP 仿真平台支持上述技术的配置和验证。本文利用该平台设计了 VLAN 标签处理综合实验。在相同拓扑结构中，对三种技术进行对比、配置和分析，加深学生对 VLAN 技术的理解。

## 一、技术原理

QinQ（802.1Q-in-802.1Q）通过在802.1Q 标签报文之上再添加一层802.1Q 标签，实现 VLAN 空间的扩展。原始报文的内层标签称为 C-VLAN，公网边缘设备添加的外层标签称为 S-VLAN。在公网中仅根据 S-VLAN 转发数据，C-VLAN 作为内层标签保持不变。

基本 QinQ 基于端口实现，对经过的所有报文统一添加该端口的缺省 VLAN 作为外层标签，适用于统一隧道传输。

灵活 QinQ 又称 VLAN Stacking，基于报文内层 VLAN ID 及优先级等流信息，选择性地添加外层标签，可实现业务差异化分流，节约 S-VLAN 资源。

VLAN Mapping 不增加标签数量，而是将 VLAN 标签值替换为新值，以解决不同管理域之间的 VLAN 标识冲突。

## 二、教学设计

本实验先修课程为《路由与交换技术》，学生已掌握 VLAN

作者简介：曹光亚（1975.11—），男，汉族，籍贯：辽宁省锦州市，职称：助教，学历：硕士研究生，研方向：网络工程。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License. 

基本原理和配置。课程教学包含：理论讲解1学时、实验操作2学时、总结讨论1学时。

教学目标包括：

（1）知识层面：掌握 QinQ、VLAN Mapping 的工作原理及适用场景。

（2）能力层面：能独立在 eNSP 中完成三种技术的配置及验证。

（3）素质层面：能根据网络需求选择合适的标签处理技术，形成对比分析思维。

教学重点为灵活 QinQ 的流分类配置和 VLAN Mapping 的映射关系设置；难点在于理解不同双层标签处理技术对 S-VLAN 资源的影响。

教学过程采用“问题驱动 + 对比验证”模式。三个实验场景遵循“提出问题—配置验证—对比总结”的统一教学流程，每个场景均设置前置思考问题，引导学生带着问题操作。课前，学生在 eNSP 中搭建拓扑并预习基本配置；课中，教师首先回顾 VLAN 标签结构，通过板书图解三种技术的标签处理过程；然后学生依次完成三个场景的配置与测试，并记录连通性结果和抓包截图；课后，学生撰写实验报告，对比三种技术的配置命令、连通性结果和适用场景等情况，并分析选型依据。4. 实验设计

**（一）网络拓扑**

在 eNSP 中构建如图1所示拓扑。两台核心交换机 PE1 与 PE2 互联，模拟运营商骨干网络。

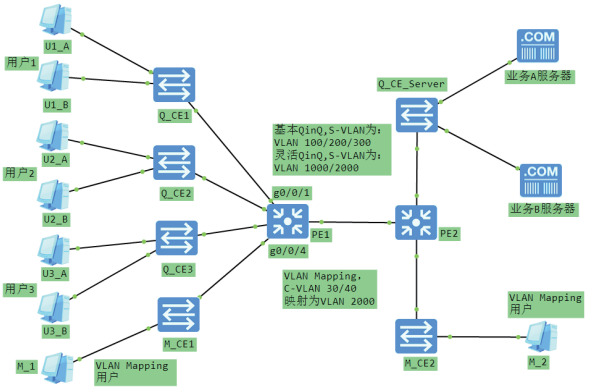



图1 网络拓扑图

左侧设备：PE1下联四台接入交换机，其中 Q_CE1 ~ Q_CE3 分别接入3个 QinQ 用户（用户1 ~用户3），每个用户包含 A、B 两种业务终端；M_CE1接入 VLAN Mapping 用户终端 M_1。右侧设备：PE2下联 Q_CE_Server（挂载业务 A/B 服务器）和 M_CE2（接入 M_2）。基本 QinQ 与灵活 QinQ 共用 Q_CE1 ~ Q_CE3及终端，通过更改核心交换机下联口配置进行对比；VLAN Mapping 独立使用 M_CE1至 M_CE2支路。

**（二）VLAN 规划**

基本 QinQ 场景：3个用户均拥有业务 A（C-VLAN 10）和业务 B（C-VLAN 20），根据连接的 PE1下联口的不同，S-VLAN 取值分别为100、200、300。

灵活 QinQ 场景：使用相同的 C-VLAN 划分，业务 A 统一添加 S-VLAN 1000，业务 B 统一添加 S-VLAN 2000。

VLAN Mapping 场景：左侧用户 VLAN 为30，右侧用户 VLAN 为40，在 PE1、PE2的下联口均映射为 VLAN 2000。

**（三）实验场景一：基本 QinQ**

1. 教学引导

引导学生关注基本 QinQ 场景中，物理端口与 S-VLAN 的一一对应关系。

2. 主要配置过程

以 PE1为例。PE1的下联口工作在 dot1q-tunnel 模式，以各自的缺省 VLAN（100、200、300）用作 S-VLAN。上联口 Trunk 放行相应的 S-VLAN。下联口 g 0/0/1主要配置命令为：

```
interface g0/0/1
port link-type dot1q-tunnel
port default vlan 100
```

其他下联口、上联口配置命令省略。

3. 预期结果

PE1将3个用户的数据流分别添加各自对应的 S-VLAN 后转发至 PE2。PE2的下联口仅能剥掉其缺省 VLAN 对应的某一个 S-VLAN 标签（本实验中为100）。因此仅有 S-VLAN 为100的数据流可转发到相应的业务服务器。

4. 观察要点

配置完成后，提示学生在 PE2下联口抓包，观察不同用户报文的 S-VLAN 标签，逐一测试连通性并记录。

**（四）实验场景二：灵活 QinQ**

1. 教学引导

配置前引导学生思考：“当用户数量远超业务数量时，能否基于业务流而非物理端口来规划外层标签，从而节约 S-VLAN 资源？”

2. 主要配置过程

本实验中，PE1为 C-VLAN 10（业务 A）添加 S-VLAN 1000，为 C-VLAN 20（业务 B）添加 S-VLAN 2000；3个用户的同类业务共享 S-VLAN 标签。

以 PE1为例。下联口 g0/0/1改为 Hybrid 模式并启用 VLAN 转换功能：

```
interface g0/0/1
port link-type hybrid
qinq vlan-translation enable
port hybrid untagged vlan 1000 2000
port vlan-stacking vlan 10 stack-vlan 1000
port vlan-stacking vlan 20 stack-vlan 2000
```

其他下联口、上联口配置省略。

3. 预期结果

PE2下联口可同时处理 S-VLAN 1000和2000，确保3个用户均能访问业务服务器。

4. 观察要点

配置完成后，让学生对比本场景与场景一，重点关注 S-VLAN 标签的数量变化，并验证所有终端是否全部可达。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

**（五）实验场景三：VLAN Mapping**

1. 教学引导

配置前引导学生思考：‘改标签’与‘加标签’的区别？若两个管理域对同一业务分配了不同 VLAN ID，能否在不增加报文长度的前提下实现二层互通？引导学生关注映射前后的 VLAN ID 对应关系。

2. 主要配置过程

本实验中，在核心交换机下联口配置 VLAN Mapping，将两侧不同的 VLAN 均替换为 VLAN 2000。

以 PE1 为例。下联口 g0/0/4 的主要配置如下：

```
sys
vlan batch 2000
interface g0/0/4
port link-type trunk
port trunk allow-pass vlan 2000
qinq vlan-translation enable
port vlan-mapping vlan 30 map-vlan 2000
```

PE1 上联口配置为 Trunk 模式并放行 VLAN 2000。

3. 预期结果

配置完成后，左侧 VLAN 30 与右侧 VLAN 40 的终端均被替换为 VLAN 2000，可二层互通。

4. 观察要点

配置完成后，让学生重点关注 VLAN ID 的变化。

## 三、实验结果与分析

**（一）连通性测试**

Ping 测试结果：基本 QinQ 场景中，仅用户 1 的终端（U1_A、U1_B）可访问业务服务器，用户 2、3 失败；灵活 QinQ 场景中，3 个用户的业务 A 和业务 B 的终端均可访问对应服务器。VLAN Mapping 场景中，M_1 与 M_2 互通。

**（二）对比分析**

在教学总结讨论环节进行对比分析。

基本 QinQ 的“统一封装”导致每个物理端口只能绑定唯一的 S-VLAN。当多用户汇聚时，只有匹配端口缺省 VLAN 的用户可通，扩展性差。

灵活 QinQ 连通性测试结果说明：

（1）灵活 QinQ 实验只需 2 个 S-VLAN，就可以承载所有用户的两种业务。而基本 QinQ 每个物理端口需要绑定唯一的 S-VLAN，用户数增加时 S-VLAN 数量随之增长。因此，在多租户网络中，灵活 QinQ 可显著减少 S-VLAN 资源消耗。

（2）虽然本实验没有配置优先级，但利用灵活 QinQ 识别内层 VLAN 的能力，可以在 S-VLAN 上按业务类型设置不同的 802.1p 优先级，提供 QoS 差异化服务。这是基本 QinQ 不具备的能力。

（3）灵活 QinQ 将 S-VLAN 与业务类型绑定，与具体的物理端口无关，实现了业务类型与接入位置的解耦，降低了运维难度。

VLAN Mapping 连通性测试结果表明，当不同管理域因独立规划导致 VLAN ID 不一致时，标签替换可以有效解决二层互通问题。

三种技术的本质差异在于：基本 QinQ 按端口加标签以扩展空间，灵活 QinQ 按业务加标签以节约 S-VLAN，Mapping 则通过改标签解决冲突。

## 四、结语

本文设计了基本 QinQ、灵活 QinQ 和 VLAN Mapping 的对比实验，用同一套分析框架展示了三种技术的区别。教学实践中，引导学生在对比中进行技术选型，理解标签处理背后的设计思想。课堂反馈显示，多数学生能在灵活 QinQ 实验后捕捉到其‘节约 S-VLAN 资源’的关键优势，印证了对比教学的有效性。下一步计划引入 VXLAN 等 Overlay 技术，进一步丰富标签处理与封装的教学内容。

*参考文献*


[1] 文祥麟，杜佳慧，刘全 . 基于 eNSP 的 VLAN QinQ 和 VLAN Mapping 实验设计与结果分析 [J]. 科技资讯，2025,23 (18)：41-46.

[2] 侯加兵，吕家云，霍文强 . 基于 QinQ 技术的校园定位系统的设计与研究—以巢湖学院为例 [J]. 巢湖学院学报，2018,20 (03)：36-40.

[3] 邓丽云 . 浅析 QINQ 技术及应用网络 [J]. 数字通信世界，2019 (05)：47,175.

[4] 李晓明，解社锋 . 城域网中 Vlan Stacking 组网及典型应用 [J]. 邯郸职业技术学院学报，2013,26 (02)：47-53.

[5] 彭嘉玮，谢碧洪 . 基于 eNSP 的 VLAN 和 ACL 综合实验设计与仿真实现 [J]. 电脑知识与技术，2025,21 (31)：90-93.


Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License. 