Linux 基础网络设备

Linux 抽象网络设备简介

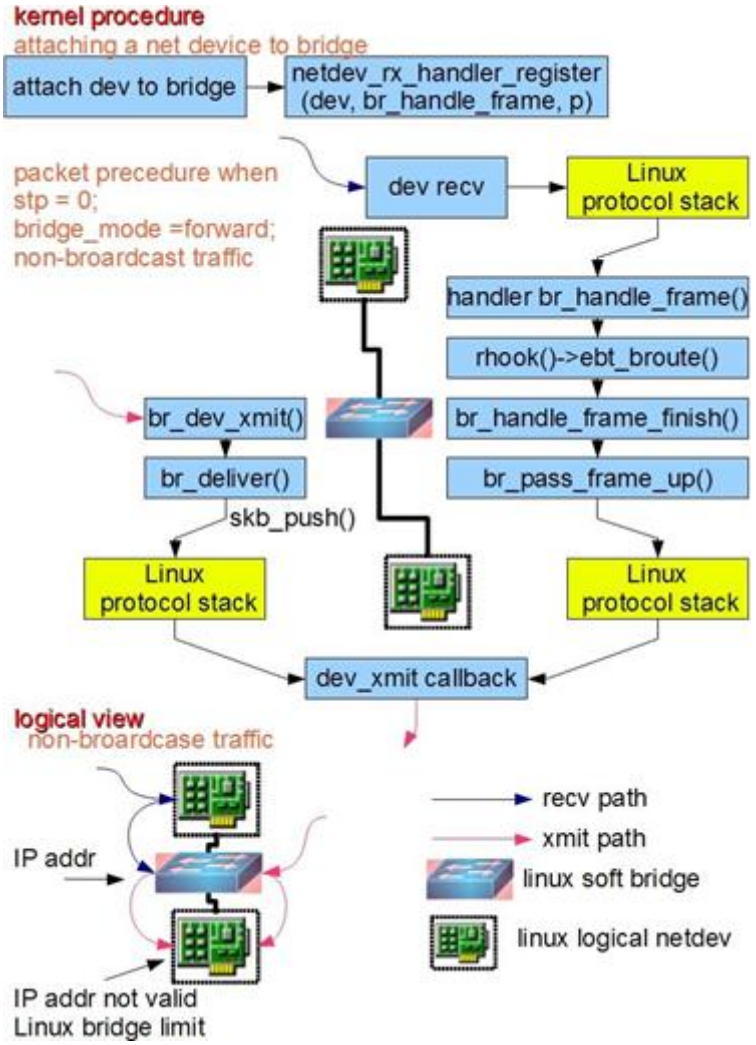
Linux 用户想要使用网络功能，不能通过直接操作硬件完成，而需要直接或间接的操作一个 Linux 为我们抽象出来的设备，即通用的 Linux 网络设备来完成。一个常见的情况是，系统里装有一个硬件网卡，Linux 会在系统里为其生成一个网络设备实例，如 eth0，用户需要对 eth0 发出命令以配置或使用它了。更多的硬件会带来更多的设备实例，虚拟的硬件也会带来更多的设备实例。随着虚拟化技术的发展，更多的高级网络设备被加入了到了 Linux 中，经常使用到的 Linux 网络设备抽象类型有：Bridge、802.1.q VLAN device、VETH、TAP。

相关网络设备工作原理

Bridge

Bridge是 Linux 上用来做 TCP/IP 二层协议交换的设备，与现实世界中的交换机功能相似。Bridge 设备实例可以和 Linux 上其他网络设备实例连接，即attach 一个从设备，类似于在现实世界中的交换机和一个用户终端之间连接一根网线。当有数据到达时，Bridge 会根据报文中的 MAC 信息进行广播、转发、丢弃处理。

如下图所示，Bridge 的功能主要在内核里实现。当一个从设备被 attach 到 Bridge 上时，相当于现实世界里交换机的端口被插入了一根连有终端的网线。这时在内核程序里，netdev_rx_handler_register()被调用，一个用于接收数据的回调函数被注册。以后每当这个从设备收到数据时都会调用这个函数可以把数据转发到 Bridge 上。当 Bridge 接收到此数据时，br_handle_frame()被调用，进行一个和现实世界中的交换机类似的处理过程：判断包的类别（广播/单播），查找内部 MAC 端口映射表，定位目标端口号，将数据转发到目标端口或丢弃，自动更新内部 MAC 端口映射表以自我学习。



Bridge 和现实世界中的二层交换机有一个区别，图中左侧画出了这种情况：数据被直接发到 Bridge 上，而不是从一个端口接收。这种情况可以看做 Bridge 自己有一个 MAC 可以主动发送报文，或者说 Bridge 自带了一个隐藏端口和寄主 Linux 系统自动连接，Linux 上的程序可以直接从这个端口向 Bridge 上的其他端口发数据。所以当一个 Bridge 拥有一个网络设备时，如 bridge0 加入了 eth0 时，实际上 bridge0 拥有两个有效 MAC 地址，一个是 bridge0 的，一个是 eth0 的，他们之间可以通讯。由此带来一个有意思的事情是，Bridge 可以设置 IP 地址。通常来说 IP 地址是三层协议的内容，不应该出现在二层设备 Bridge 上。但是 Linux 里 Bridge 是通用网络设备抽象的一种，只要是网络设备就能够设定 IP 地址。当一个 bridge0 拥有 IP 后，Linux 便可以通过路由表或者 IP 表规则在三层定位 bridge0，此时相当于 Linux 拥有了另外一个隐藏的虚拟网卡和 Bridge 的隐藏端口相连，这个网卡就是名为 bridge0 的通用网络设备，IP 可以看成是这个网卡的。当有符合此 IP 的数据到达 bridge0 时，内核协议栈认为收到了一包目标为本机的数据，此时应用程序可以通过 Socket 接收到它。一个更好的对比例子是现实世界中的带路由的交换机设备，它也拥有一个隐藏的 MAC 地址，供设备中的三层协议处理程序和管理程序使用。设备

里的三层协议处理程序，对应名为 bridge0 的通用网络设备的三层协议处理程序，即寄主 Linux 系统内核协议栈程序。设备里的管理程序，对应 bridge0 寄主 Linux 系统里的应用程序。

Bridge 的实现当前有一个限制：当一个设备被 attach 到 Bridge 上时，那个设备的 IP 会变的无效，Linux 不再使用那个 IP 在三层接收数据。举例如下：如果 eth0 本来的 IP 是 192.168.1.2，此时如果收到一个目标地址是 192.168.1.2 的数据，Linux 的应用程序能通过 Socket 操作接受到它。而当 eth0 被 attach 到一个 bridge0 时，尽管 eth0 的 IP 还在，但应用程序是无法接收到上述数据的。此时应该把 IP 192.168.1.2 赋予 bridge0。

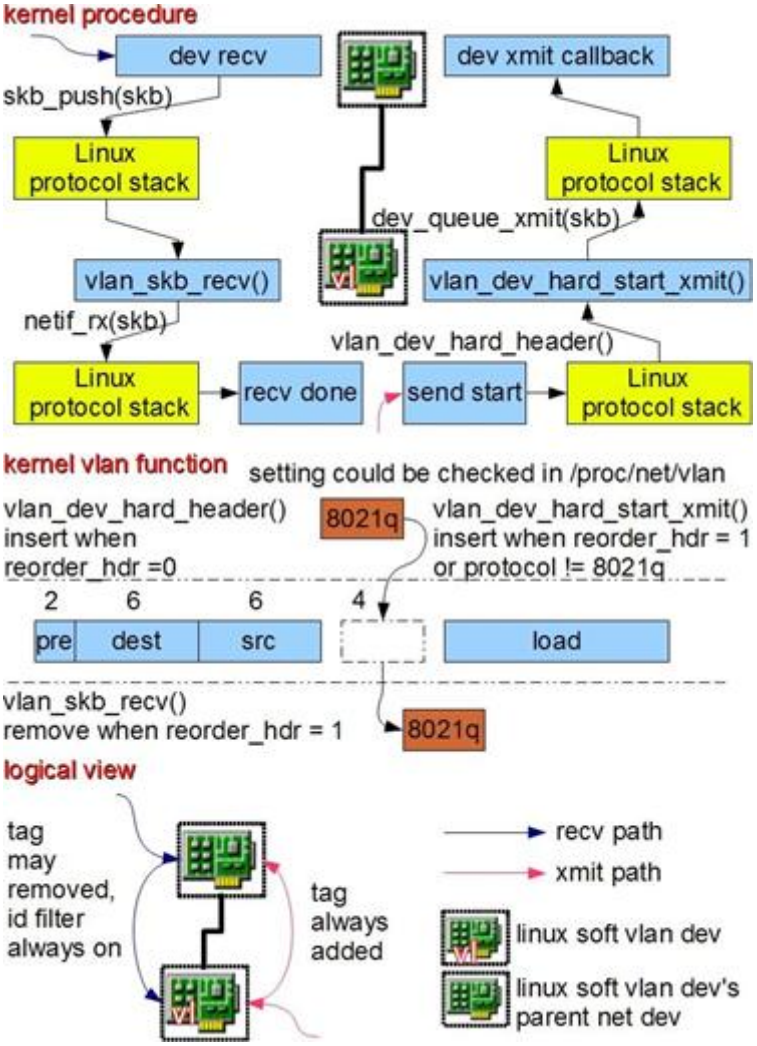
另外需要注意的是数据流的方向。对于一个被 attach 到 Bridge 上的设备来说，只有它收到数据时，此包数据才会被转发到 Bridge 上，进而完成查表广播等后续操作。当请求是发送类型时，数据是不会被转发到 Bridge 上的，它会寻找下一个发送出口。

VLAN DEVICE for 802.1Q

VLAN 又称虚拟网络，是一个被广泛使用的概念，有些应用程序把自己的内部网络也称为 VLAN。此处主要说的是在物理世界中存在的，需要协议支持的 VLAN。它的种类很多，按照协议原理一般分为：MACVLAN、802.1.q VLAN、802.1.qbg VLAN、802.1.qbh VLAN。其中出现较早，应用广泛并且比较成熟的是 802.1.q VLAN，其基本原理是在二层协议里插入额外的 VLAN 协议数据（称为 802.1.q VLAN Tag），同时保持和传统二层设备的兼容性。Linux 里的 VLAN 设备是对 802.1.q 协议的一种内部软件实现，模拟现实世界中的 802.1.q 交换机。

如下图所示，Linux 里 802.1.q VLAN 设备是以母子关系成对出现的，母设备相当于现实世界中的交换机 TRUNK 口，用于连接上级网络，子设备相当于普通接口用于连接下级网络。当数据在母子设备间传递时，内核将会根据 802.1.q VLAN Tag 进行对应操作。母子设备之间是一对多的关系，一个母设备可以有多个子设备，一个子设备只有一个母设备。当一个子设备有一包数据需要发送时，数据将被加入 VLAN Tag 然后从母设备发送出去。当母设备收到一包数据时，它将会分析其中的 VLAN Tag，如果有对应的子设备存在，则把数据转发到那个子设备上并根据设置移除 VLAN Tag，否则丢弃该数据。在某些设置下，VLAN Tag 可以不被移除以满足某些监听程序的需要，如 DHCP 服务程序。举例说明如下：eth0 作为母设备创建一个 ID 为 100 的子设备 eth0.100。此时如果有程序要求从 eth0.100 发送一包数据，数据将被打上 VLAN 100 的 Tag 从 eth0 发送出去。如果 eth0 收到一包数据，

VLAN Tag 是 100，数据将被转发到 eth0.100 上，并根据设置决定是否移除 VLAN Tag。如果 eth0 收到一包包含 VLAN Tag 101 的数据，其将被丢弃。上述过程隐含以下事实：对于寄主 Linux 系统来说，母设备只能用来收数据，子设备只能用来发送数据。和 Bridge 一样，母子设备的数据也是有方向的，子设备收到的数据不会进入母设备，同样母设备上请求发送的数据不会被转到子设备上。可以把 VLAN 母子设备作为一个整体想象为现实世界中的 802.1.q 交换机，下级接口通过子设备连接到寄主 Linux 系统网络里，上级接口通过主设备连接到上级网络，当母设备是物理网卡时上级网络是外界真实网络，当母设备是另外一个 Linux 虚拟网络设备时上级网络仍然是寄主 Linux 系统网络。



需要注意的是母子 VLAN 设备拥有相同的 MAC 地址，可以把它当成现实世界中 802.1.q 交换机的 MAC，因此多个 VLAN 设备会共享一个 MAC。当一个母设备拥有多个 VLAN 子设备时，子设备之间是隔离的，不存在 Bridge 那样的交换转发关系，原因如下：802.1.q VLAN 协议的主要目的是从逻辑上隔离子网。现实世界中的 802.1.q 交换机存在多个 VLAN，每个 VLAN 拥有多个端口，同一 VLAN 端口之间可以交换转发，不同 VLAN 端口之间隔离，所以其包含两层功能：交换与隔离。

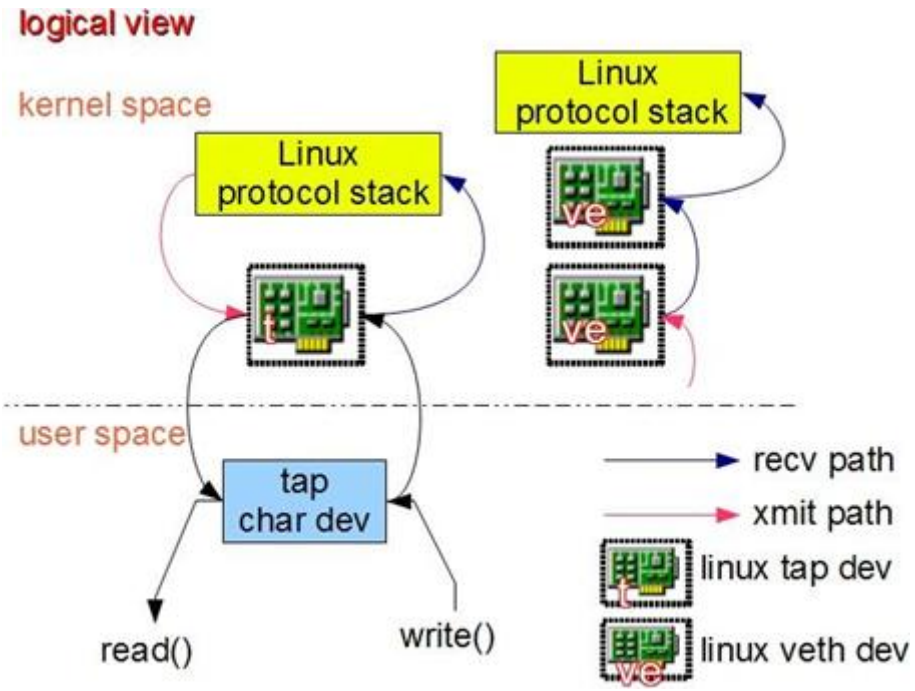
Linux VLAN device 实现的是隔离功能，没有交换功能。一个 VLAN 母设备不可能拥有两个相同 ID 的 VLAN 子设备，因此也就不可能出现数据交换情况。如果想让一个 VLAN 里接多个设备，就需要交换功能。在 Linux 里 Bridge 专门实现交换功能，因此将 VLAN 子设备 attach 到一个 Bridge 上就能完成后续的交换功能。总结起来，Bridge 加 VLAN device 能在功能层面完整模拟现实世界里的 802.1.q 交换机。

Linux 支持 VLAN 硬件加速，在安装有特定硬件情况下，图中所述内核处理过程可以被放到物理设备上完成。

TAP 设备与 VETH 设备

TUN/TAP 设备是一种让用户态程序向内核协议栈注入数据的设备，一个工作在三层，一个工作在二层，使用较多的是 TAP 设备。VETH 设备出现较早，它的作用是反转通讯数据的方向，需要发送的数据会被转换成需要收到的数据重新送入内核网络层进行处理，从而间接的完成数据的注入。

如下图所示，当一个 TAP 设备被创建时，在 Linux 设备文件目录下将会生成一个对应 char 设备，用户程序可以像打开普通文件一样打开这个文件进行读写。当执行 write()操作时，数据进入 TAP 设备，此时对于 Linux 网络层来说，相当于 TAP 设备收到了一包数据，请求内核接受它，如同普通的物理网卡从外界收到一包数据一样，不同的是其实数据来自 Linux 上的一个用户程序。Linux 收到此数据后将根据网络配置进行后续处理，从而完成了用户程序向 Linux 内核网络层注入数据的功能。当用户程序执行 read()请求时，相当于向内核查询 TAP 设备上是否有需要被发送出去的数据，有的话取出到用户程序里，完成 TAP 设备的发送数据功能。针对 TAP 设备的一个形象的比喻是：使用 TAP 设备的应用程序相当于另外一台计算机，TAP 设备是本机的一个网卡，他们之间相互连接。应用程序通过 read()/write()操作和本机网络核心进行通讯。

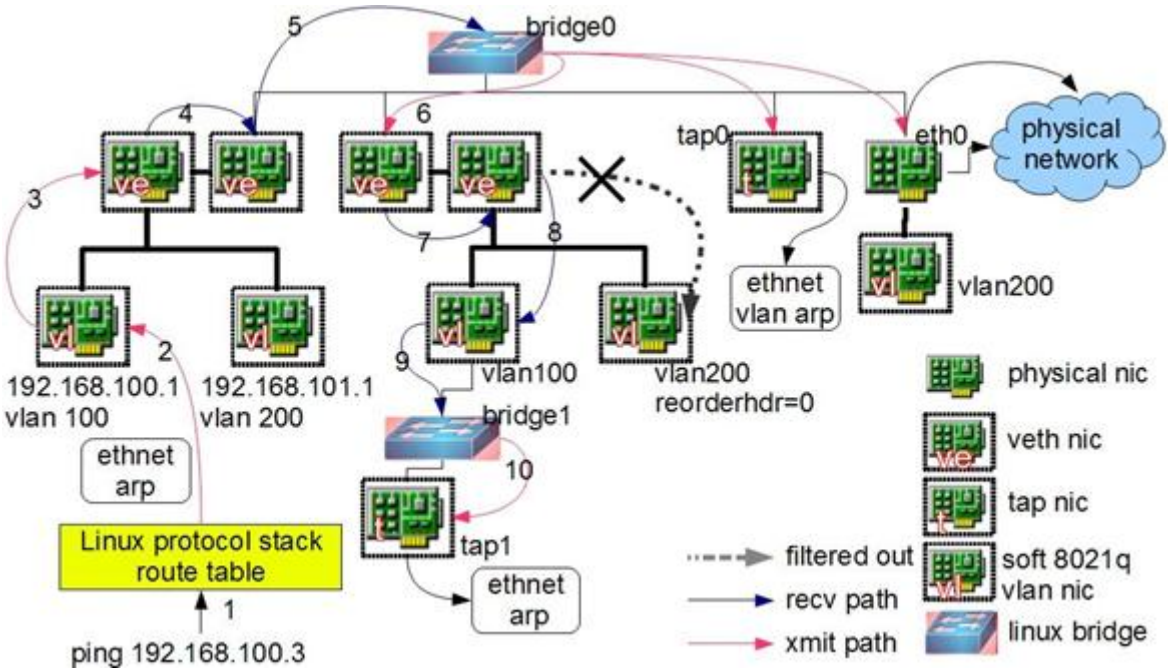


VETH 设备总是成对出现，送到一端请求发送的数据总是从另一端以请求接受的形式出现。该设备不能被用户程序直接操作，但使用起来比较简单。创建并配置正确后，向其一端输入数据，VETH 会改变数据的方向并将其送入内核网络核心，完成数据的注入。在另一端能读到此数据。

网络设置举例说明

为了更好的说明 Linux 网络设备的用法，下面将用一系列的例子，说明在一个复杂的 Linux 网络元素组合出的虚拟网络里，数据的流向。网络设置简介如下：一个中心 Bridge：bridge0 下 attach 了 4 个网络设备，包括 2 个 VETH 设备，1 个 TAP 设备 tap0，1 个物理网卡 eth0。在 VETH 的另外一端又创建了 VLAN 子设备。Linux 上共存在 2 个 VLAN 网络，即 vlan100 与 vlan200。物理网卡和外部网络相连，并且在它之下创建了一个 VLAN ID 为 200 的 VLAN 子设备。

从 vlan100 子设备发送 ARP 报文



如图所示，当用户尝试 ping 192.168.100.3 时，Linux 将会根据路由表，从 vlan100 子设备发出 ARP 报文，具体过程如下：

1) 用户 ping 192.168.100.3

2) Linux 向 vlan100 子设备发送 ARP 信息。

3) ARP 报文被打上 VLAN ID 100 的 Tag 成为 ARP@vlan100，转发到母设备上。

4) VETH 设备将这一发送请求转变方向，成为一个需要接受处理的报文送入内核网络模块。

5) 由于对端的 VETH 设备被加入到了 bridge0 上，并且内核发现它收到一个报文，于是报文被转发到 bridge0 上。

6) bridge0 处理此 ARP@vlan100 信息，根据 TCP/IP 二层协议发现是一个广播请求，于是向它所知道的所有端口广播此报文，其中一路进入另一对 VETH 设备的一端，一路进入 TAP 设备 tap0，一路进入物理网卡设备 eth0。此时在 tap0 上，用户程序可以通过 read()操作读到 ARP@vlan100，eth0 将会向外界发送 ARP@vlan100，但 eth0 的 VLAN 子设备不会收到它，因为此数据方向为请求发送而不是请求接收。

7) VETH 将请求方向转换，此时在另一端得到请求接受的 ARP@vlan100 报文。

8) 对端 VETH 设备发现有数据需要接受，并且自己有两个 VLAN 子设备，于是执行 VLAN 处理逻辑。其中一个子设备是 vlan100，与 ARP@vlan100 吻合，于是去除 VLAN ID 100 的 Tag 转发到这个子设备上，重新成为标准的以太网 ARP 报文。另一个子设备由于 ID 不吻合，不会得到此报文。

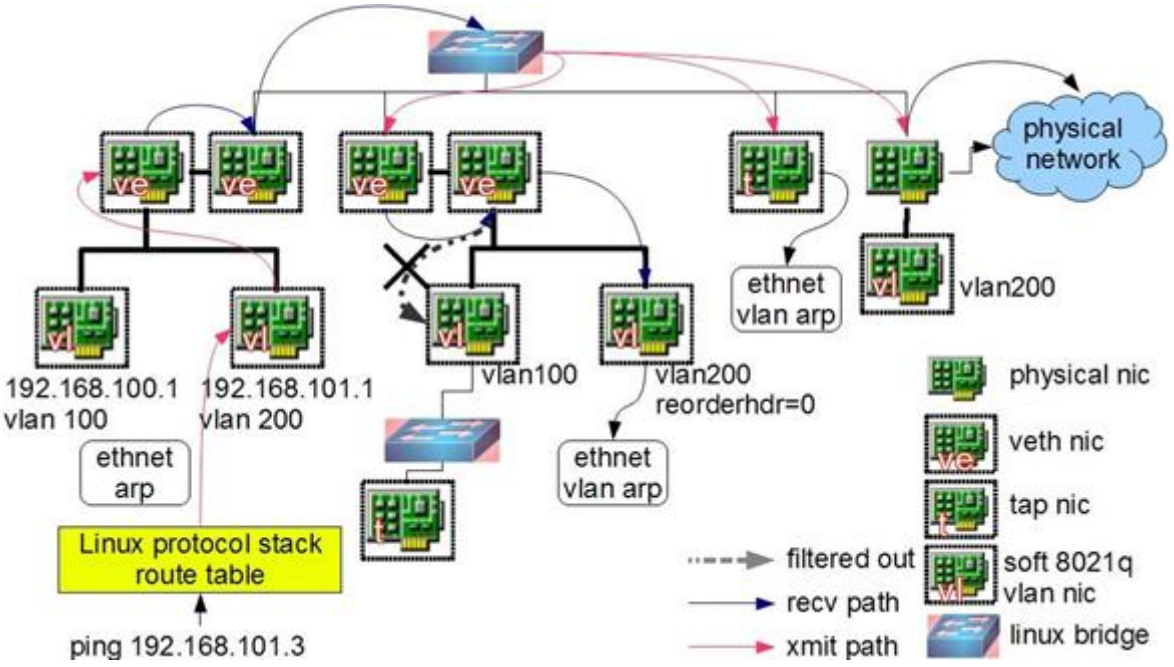
9) 此 VLAN 子设备又被 attach 到另一个桥 bridge1 上，于是转发自己收到的 ARP 报文。

10) bridge1 广播 ARP 报文。

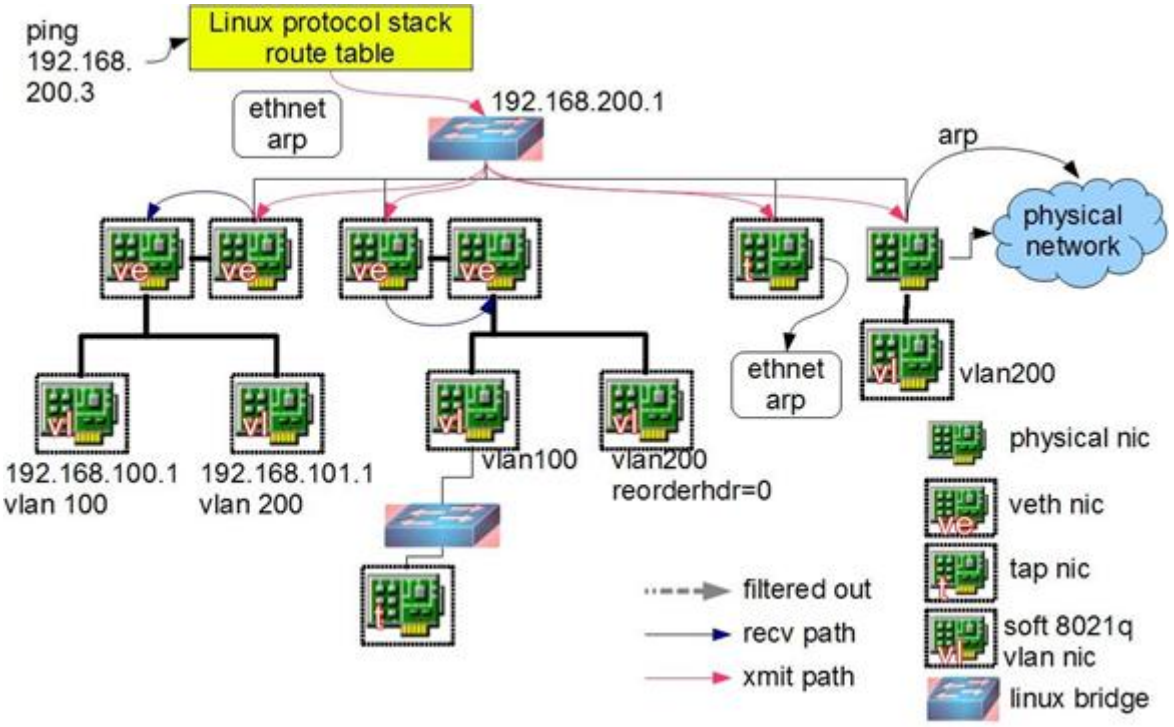
11) 最终另外一个 TAP 设备 tap1 收到此请求发送报文，用户程序通过 read()可以得到它。

从 vlan200 子设备发送 ARP 报文

和前面情况类似，区别是 VLAN ID 是 200，对端的 vlan200 子设备设置为 reorder_hdr = 0，表示此设备被要求保留收到的报文中的 VLAN Tag。此时子设备会收到 ARP 报文，但是带了 VLAN ID 200 的 Tag，即 ARP@vlan200。

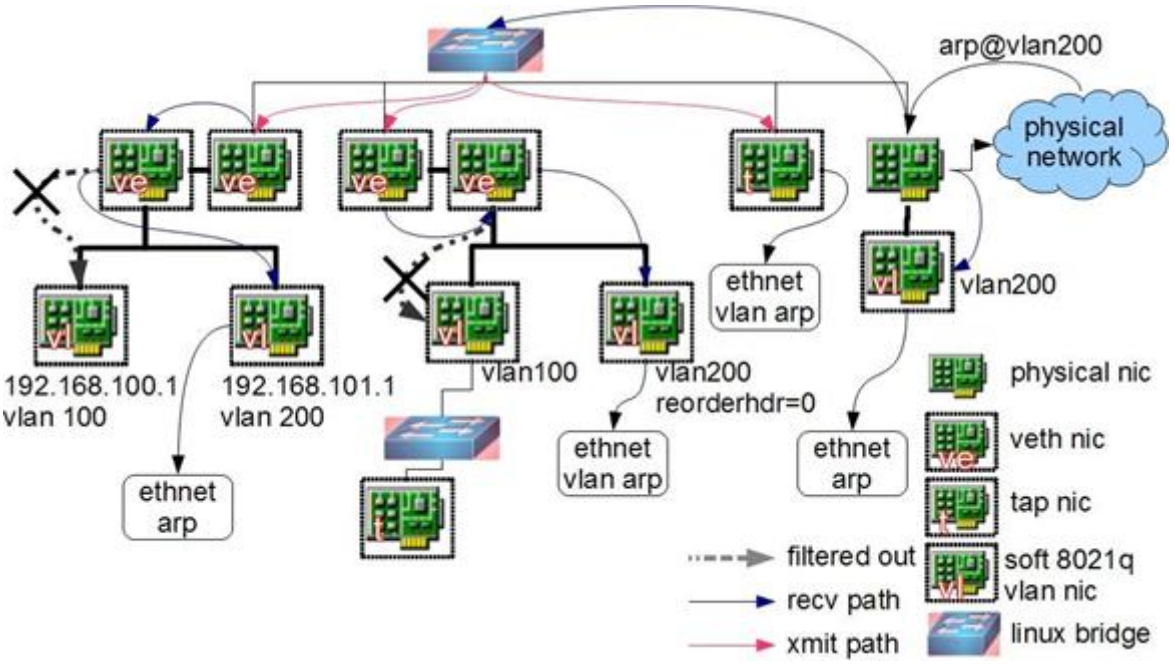


从中心 bridge 发送 ARP 报文



当 bridge0 拥有 IP 时，通过 Linux 路由表用户程序可以直接将 ARP 报文发向 bridge0。这时 tap0 和外部网络都能收到 ARP，但 VLAN 子设备由于 VLAN ID 过滤的原因，将收不到 ARP 信息。

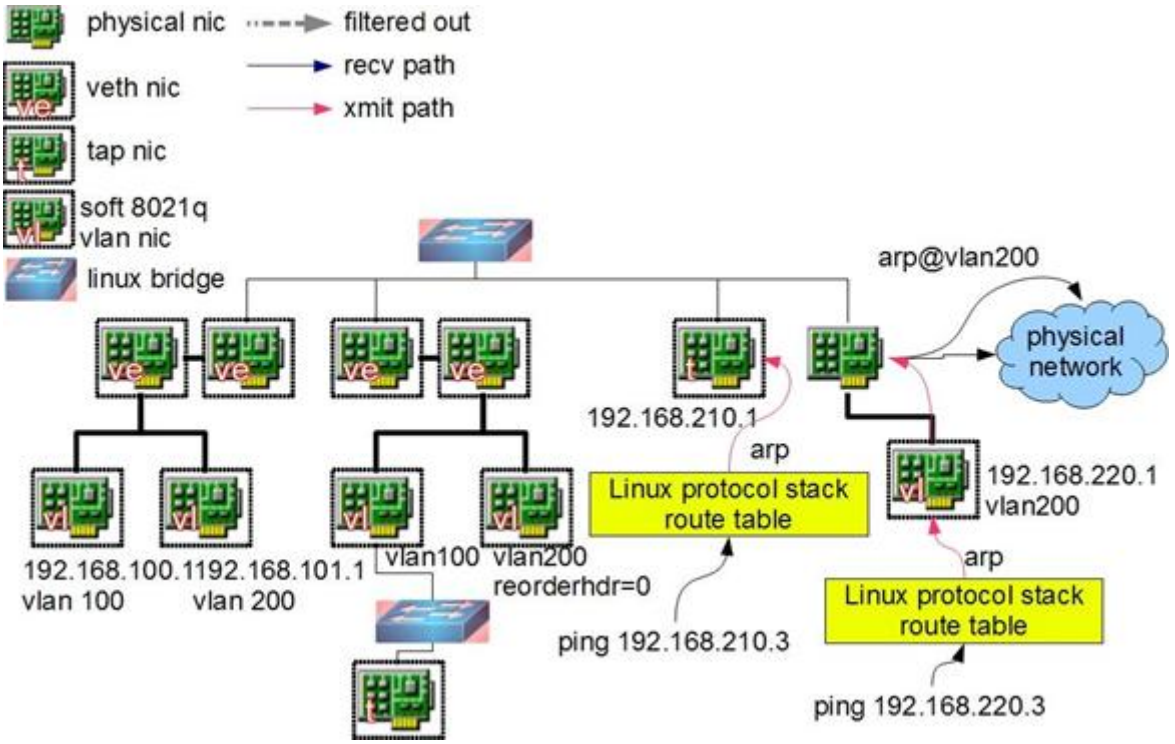
从外部网络向物理网卡发送 ARP@vlan200 报文



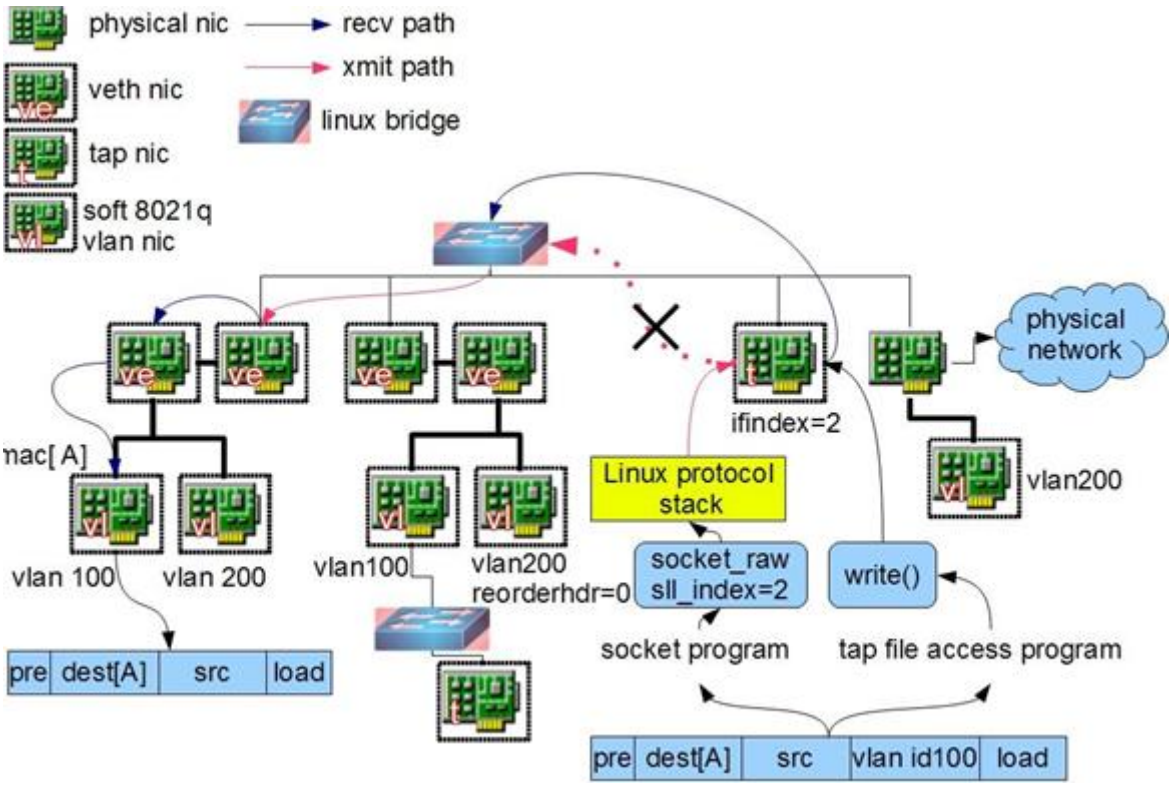
当外部网络连接在一个支持 VLAN 并且对应端口为 vlan200 时，此情况会发生。此时所有的 VLAN ID 为 200 的 VLAN 子设备都将接受到报文，如果设置 reorder_hdr=0 则会收到带 Tag 的 ARP@vlan200。

从 TAP 设备以 ping 方式发送 ARP

给 tap0 赋予 IP 并加入路由，此时再 Ping 其对应网段的未知 IP 会产生 ARP 发送请求。需要注意的是此时由于 tap0 上存在的是发送而不是接收请求，因此 ARP 报文不会被转发到桥上，从而什么也不会发生。图中右边画了一个类似情况：从 vlan200 子设备发送 ARP 请求。由于缺少 VETH 设备反转请求方向，因此报文也不会被转发到桥上，而是直接通过物理网卡发往外部网络。



以文件操作方式从 TAP 设备发送报文



用户程序指定 tap0 设备发送报文有两种方式：socket 和 file operation。当用 socket_raw 标志新建 socket 并指定设备编号时，可以要求内核将报文从 tap0 发送。但和前面的 ping from tap0 情况类似，由于报文方向问题，消息并不会被转发到 bridge0 上。当用 open()方式打开 tap 设备文件时，情况有所不同。当执行 write()操作时，内核认为 tap0 收到了报文，从而会触发转发动作，bridge0 将收到它。如果发送的报文如图所示，是一个以 A 为目的地的携带 VLAN ID 100 Tag 的单

点报文，bridge0 将会找到对应的设备进行转发，对应的 VLAN 子设备将收到没有 VLAN ID 100 Tag 的报文。

Linux 上配置网络设备命令举例

如果已安装 VLAN 内核模块和管理工具 vconfig，TAP/TUN 设备管理工具 tunctl，那么可以用以下命令设置前述网络设备：

- 创建 Bridge：brctl addbr [BRIDGE NAME]
- 删除 Bridge：brctl delbr [BRIDGE NAME]
- attach 设备到 Bridge：brctl addif [BRIDGE NAME] [DEVICE NAME]
- 从 Bridge detach 设备：brctl delif [BRIDGE NAME] [DEVICE NAME]
- 查询 Bridge 情况：brctl show
- 创建 VLAN 设备：vconfig add [PARENT DEVICE NAME] [VLAN ID]
- 删除 VLAN 设备：vconfig rem [VLAN DEVICE NAME]
- 设置 VLAN 设备 flag：vconfig set_flag [VLAN DEVICE NAME] [FLAG] [VALUE]
- 设置 VLAN 设备 qos：

vconfig set_egress_map [VLAN DEVICE NAME] [SKB_PRIORITY] [VLAN_QOS]
vconfig set_ingress_map [VLAN DEVICE NAME] [SKB_PRIORITY] [VLAN_QOS]

- 查询 VLAN 设备情况：cat /proc/net/vlan/[VLAN DEVICE NAME]
- 创建 VETH 设备：ip link add link [DEVICE NAME] type veth
- 创建 TAP 设备：tunctl -p [TAP DEVICE NAME]
- 删除 TAP 设备：tunctl -d [TAP DEVICE NAME]
- 查询系统里所有二层设备，包括 VETH/TAP 设备：ip link show
- 删除普通二层设备：ip link delete [DEVICE NAME] type [TYPE]

VLAN的核心概念

1.VLAN分离广播域；
2.单独的一个VLAN模拟了一个常规的交换以太网，因此VLAN将一个物理交换机分割

成了一个或多个逻辑交换机；

3.不同VLAN之间通信需要三层参与；

4.当多台交换机级联时，VLAN通过VID来识别，该ID插入到标准的以太帧中，被称作tag；

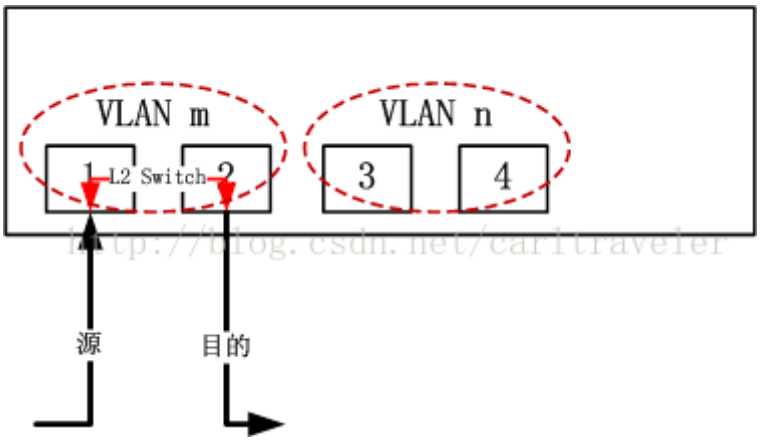
5.大多数的tag都不是端到端的，一般在上行路上第一个VLAN交换机打tag，下行链路的最后一个VLAN交换机去除tag；

6.只有在一个数据帧不打tag就不能区分属于哪个VLAN时才会打上tag，能去掉时尽早要去掉tag；

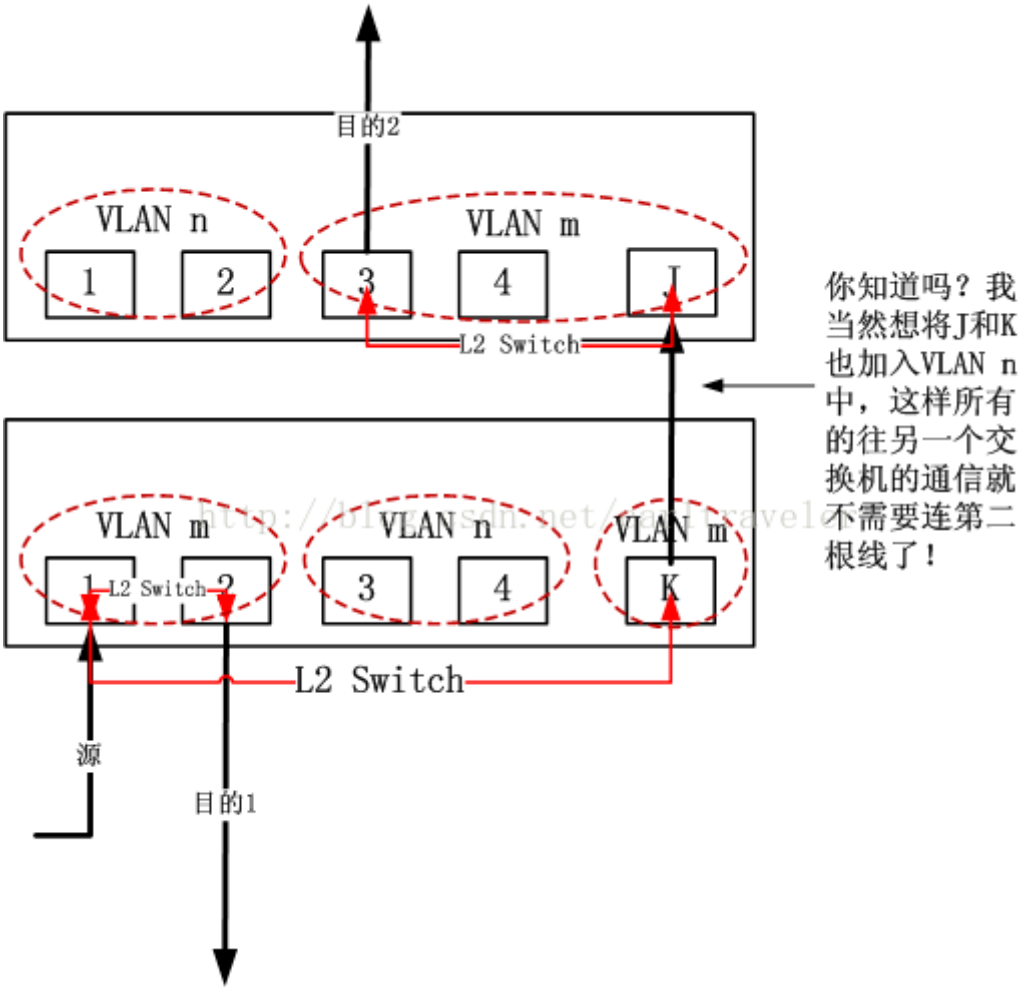
7.IEEE 802.1q解决了VLAN的tag问题。

1.情况一.同一VLAN内部通信

1.1.同一交换机同一VLAN的不同端口进行通信

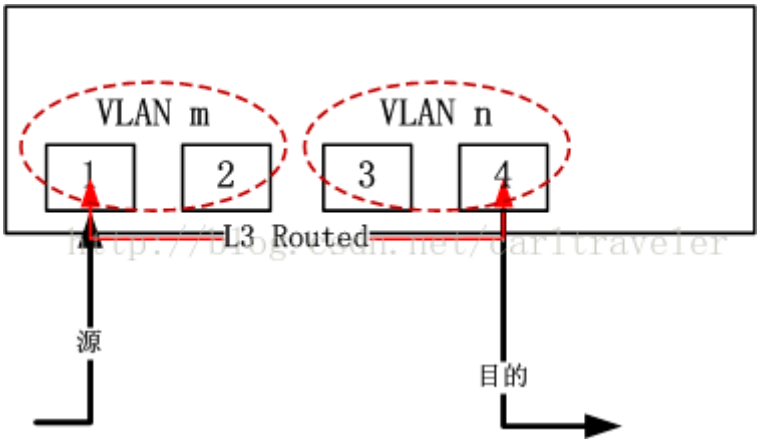


1.2.不同交换机的不同端口进行通信



2.情况二.不同VLAN之间通信

2.1.同一交换机不同VLAN之间进行通信



2.2.不同交换机的不同VLAN进行通信

从上述1.2可以看出，为了节省线缆和避免环路，两个VLAN交换机的两个端口之间的同一条链路需要承载不同的VLAN数据帧，为了使彼此能够识别每个数据帧到底属于哪个VLAN，十分显然的办法就是为数据帧打上tag，因此上述1.2中的端口J和端口K之间的链路上的数据帧需要打tag，端口J和端口K都同属于两个VLAN，分别为VLAN m和VLAN n。换句话说，只要一个端口需要传输和接收属于多个VLAN的数据帧，那么从该端口发出的数据帧就要打上tag，从该端口接收的数据帧可以通过tag

来识别它属于哪个VLAN，我们自己的术语来讲，它就是trunk端口，两个trunck端口之间的链路属于trunk链路。

一般而言，PC机直接连接在常规二层交换机或者支持VLAN的交换机端口上，而我们的PC机发出的一般都是常规的以太网数据帧，这些数据帧没有tag，它们可能根本不知道802.1q为何物，然而VLAN存在的目的就是把一些PC机划在一个VLAN中，而把另一些PC机划在另一个VLAN中从而实现隔离，那么很显然的一种办法就是将支持VLAN的交换机的某些端口划在一个VLAN，而另一些端口划在另一个VLAN中，一个VLAN的所有端口其实就形成了一个逻辑上的二层常规交换机，同属于一个VLAN的PC机连接在同属于同一个VLAN的端口上，为了扩展VLAN，鉴于单台交换机端口数量的限制，需要级联交换机，那么级联链路上则同时承载着不同VLAN流量，因此级联链路则成为trunk链路，所有不是级联链路的链路都是直接链路，即access链路，access链路两端的端口都是和tag无关的。

Linux上的VLAN

创建VLAN

Linux Bridge是软件实现的，所以一个Linux Box可以配置多个逻辑意义的Bridge，而多个Bridge设备之间必须通过第三层进行通信，加之第三层正是以太网的边界，因此一个Linux Box也就可以模拟多个以太网了，不同的Bridge设备就可以代表不同的VLAN。Linux上的VLAN和Cisco/H3C上的VLAN不同，后者是先有了LAN，再有VLAN，也就是说是先有一个大的LAN，再划分为不同的VLAN，而Linux则正好相反，由于Linux的Bridge设备是被创建出来的逻辑设备，因此Linux需要先创建VLAN，再创建一个Bridge关联到该VLAN。

创建VLAN很简单：

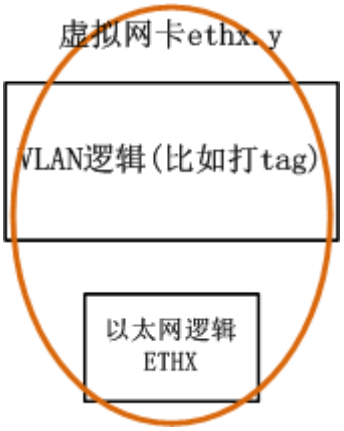
ifconfig eth0 0.0.0.0 up

vconfig eth0 10

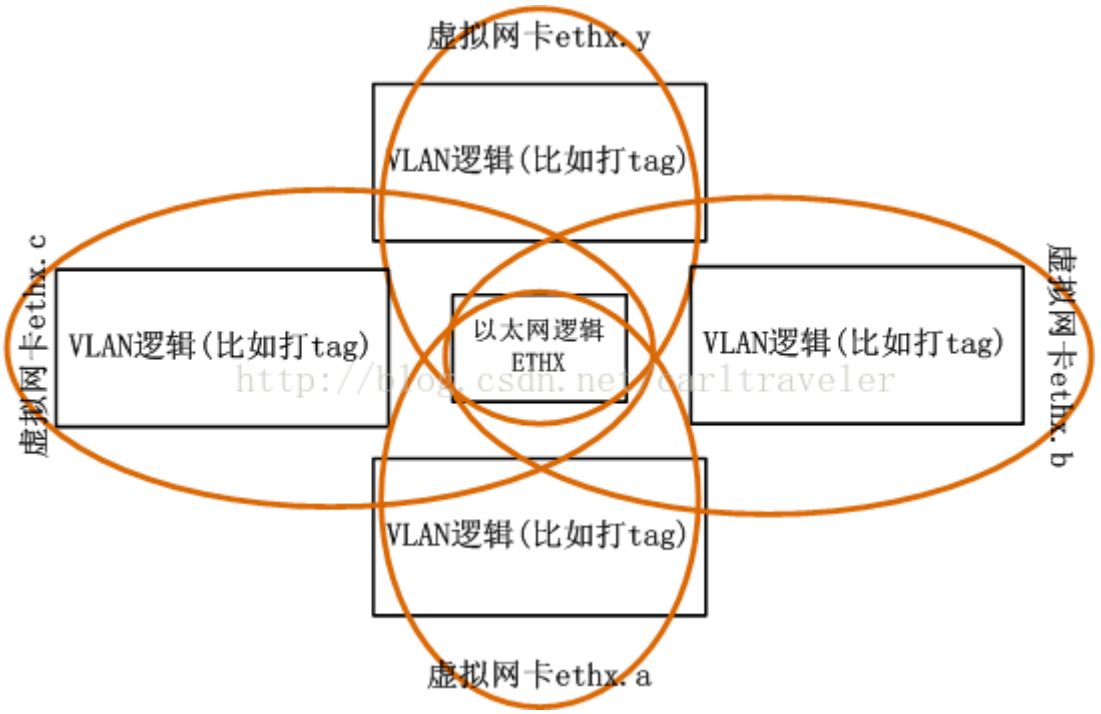
ifconfig eth0.10 up

TRUNK口

使用vconfig创建了eth0.10之后，即创建了一个有“真实意义”的虚拟网卡设备了，类似br0，tap0，bond0之类的，在这个虚拟网卡之下绑定的是一个真实网卡eth0，也就是数据从eth0这块真实网卡发出，eth0.10中的“.10”表示它可以承载VLAN 10的数据帧，并且在通过eth0发出之前要打上tag。那么打tag这件事自然而然就是通过eth0.10这个虚拟设备的hard_xmit来完成的，在这个hard_xmit中，打上相应的tag后，再调用eth0的hard_xmit将数据真正发出，如下图所示：



因此一个真实的物理网卡比如ethx，它可以承载多个VLAN的数据帧，因此它就是trunk端口了，如下所示：



linux的VLAN工具vconfig采用ethx.y的方式以ethx为trunk端口加入VLAN id为y的VLAN中。类比Cisco/H3C，我们已经创建了trunk，总结一下：使用vconfig创

建一个ethx.y的虚拟设备，就创建了一个trunk，其中ethx就是trunk口，而y代表该trunk口连接的trunk链路可以承载的VLAN数据帧的id，我们创建ethx.a，ethx.b，ethx.c，ethx.d，就说明ethx可以承载VLAN a，VLAN b，VLAN c，VLAN d的数据帧。

ACCESS口

接下来，我们看一下如何创建access端口。首先注意，由于Linux的Bridge是虚拟的，逻辑意义的，因此可以先创建了VLAN之后，再根据这个VLAN动态的创建Bridge，而不是“为每一个端口配置VLAN id”，我们需要做的很简单：

创建VLAN：

```
ifconfig eth0 0.0.0.0 up
vconfig eth0 10
ifconfig eth0.10 up
```

为该VLAN创建Bridge：

```
brctl addbr brvlan10
brctl addif brvlan10 eth0.10
```

为该VLAN添加网卡：

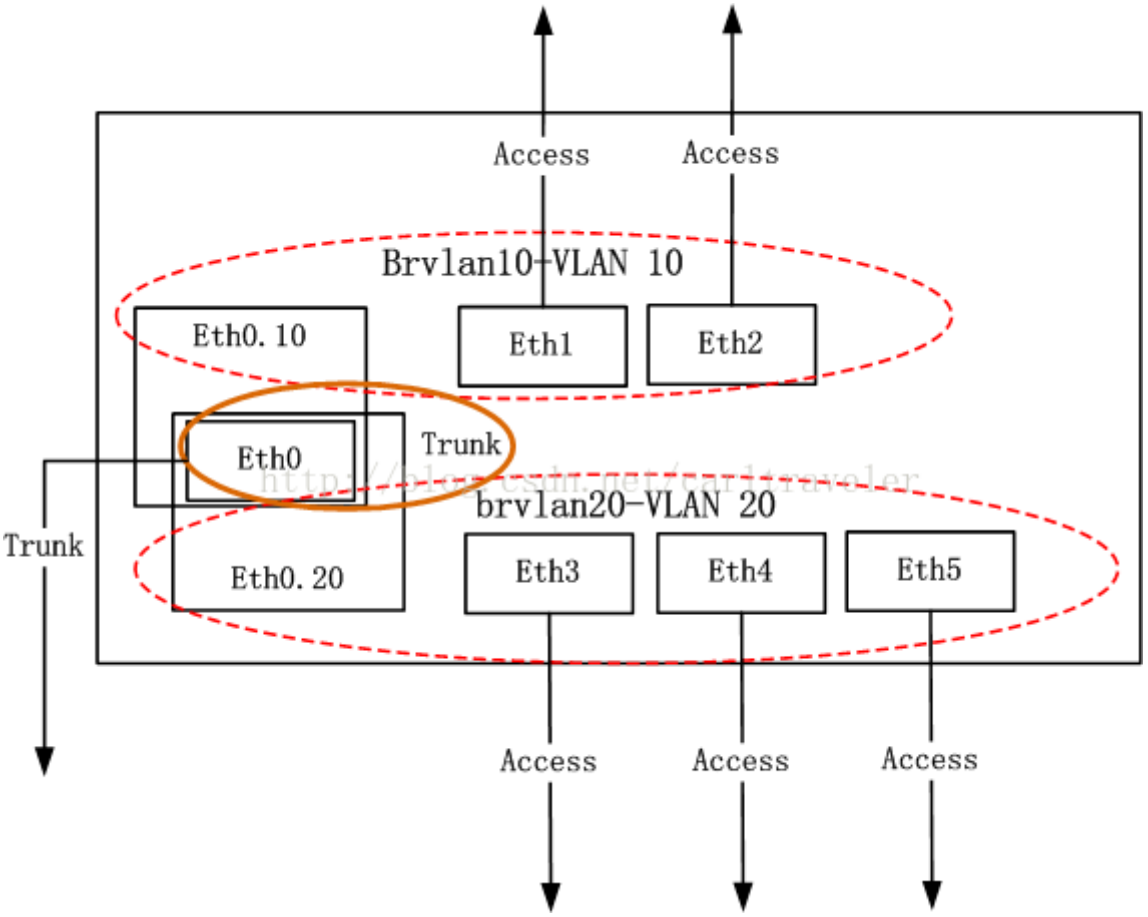
```
ifconfig eth1 0.0.0.0 up
brctl addif brvlan10 eth1
ifconfig eth2 0.0.0.0 up
brctl addif brvlan10 eth2
...
```

这就完了。从此，eth1和eth2就是VLAN 10的access端口了，而eth0则是一个trunk端口，级联VLAN的时候要用到，如果不需要级联VLAN，而仅仅需要扩展VLAN 10，那么你大可将eth1连接在一个二层常规交换机或者hub上...同样的，你可以再创建一个VLAN，同样通过eth0来级联上游VLAN交换机：

```
ifconfig eth0 0.0.0.0 up
vconfig eth0 20
ifconfig eth0.20 up
brctl addbr brvlan20
brctl addif brvlan20 eth0.20
ifconfig eth5 0.0.0.0 up
```

brctl addif brvlan20 eth5

如下图所示：



VLAN间通信

VLAN间通信要使用路由，为此很多人把支持VLAN的三层交换机和路由器等同起来。既然使用路由就需要一个IP地址作为网关，那么如何能寻址到这个IP地址自然就是一个不可回避的问题，我们要把这个IP配置在哪里呢？可以肯定的是，必须配置在当前VLAN的某处，于是我们有多个地方可以配置这个IP：

1.同属于一个VLAN的路由器接口上，且该路由器有到达目的VLAN的路由(该路由器接口为trunk口)。

2.同属于一个VLAN的ethx.y似的虚拟接口上，且该Linux Box拥有到指定VLAN a的路由(最显然的，拥有ethx'.a虚拟接口)。

3.同属于一个VLAN的Bridge设备上(Linux的Bridge默认带有一个本地接口，可以配置IP地址)，且该Linux Box拥有到指定VLAN a的路由(最显然的，拥有ethx'.a虚拟接口或者目标VLAN的Bridge设备)。

其中的1和2实际上没有什么差别，本质上就是找一个能配置IP地址的地方，大多数情况下使用2，但是如果出现同一个VLAN在同一个Linux Box配置了两个trunk端口，那么就要使用Bridge的地址了，比如下面的配置：

brctl addbr brvlan10

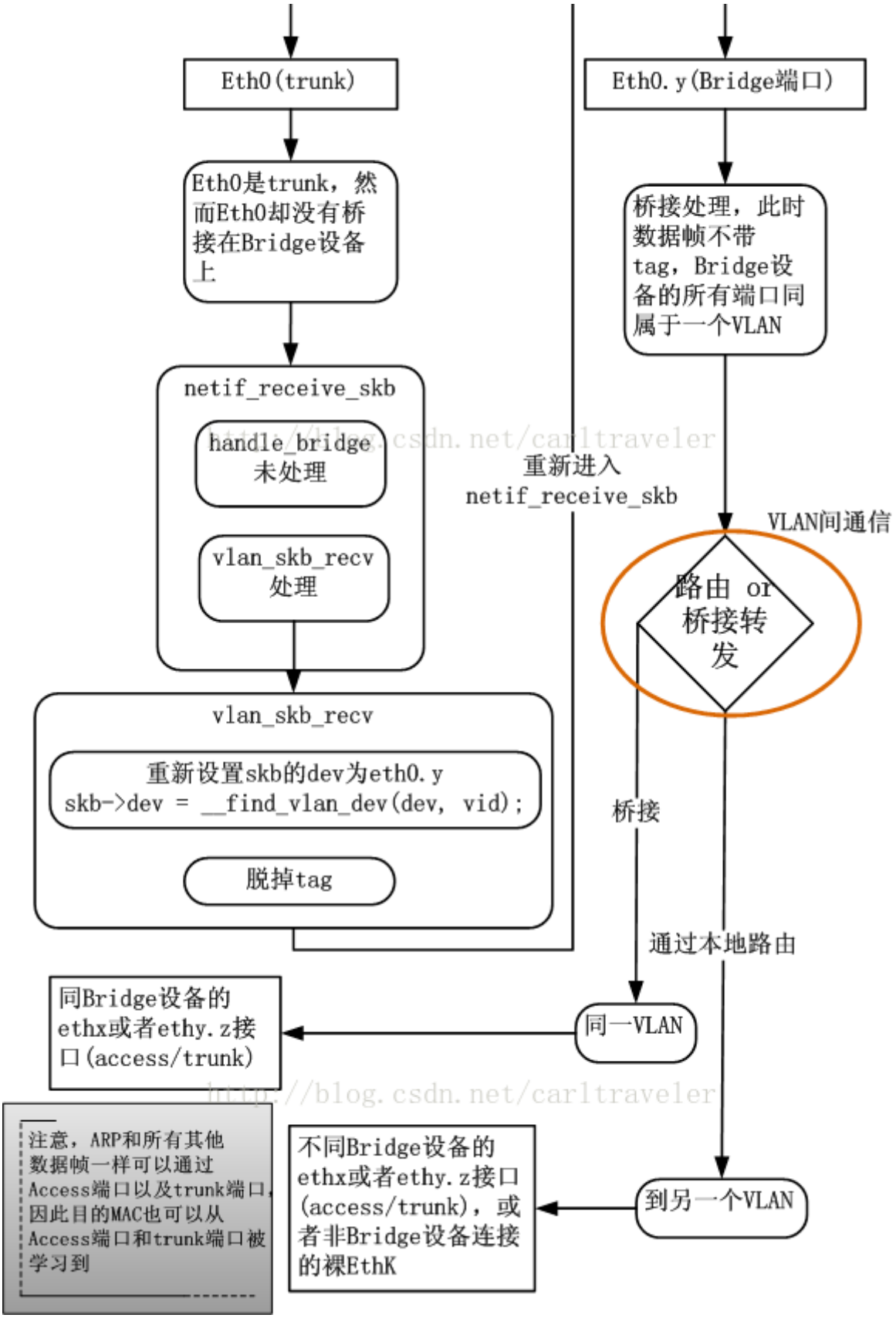
brctl addif brvlan10 eth0.10

brctl addif brvlan10 eth1.10

ifconfig brvlan10 up

此时有两个ethx.y型的虚拟接口，为了不使路由冲突，只能配置一个IP，那么此IP地址就只能配置在brvlan10上了。不管配置在Bridge上还是配置在ethx.y上，都是要走IP路由的，只要MAC地址指向了本地的任意的一个接口，在netif_receive_skb调用handle_bridge的时候都会将数据帧导向本地的IP路由来处理。Linux作为一个软件，其并没有原生实现硬件cache转发，因此对于Linux而言，所谓的三层交换其实就是路由。

我们看一下一个被打上tag的数据帧什么时候脱去这个tag，在定义上，它是从access端口发出时脱去的，然而在语义上，只要能保证access端口发出的数据帧不带有tag即可，因此对于何时脱去tag并没有什么严格的要求。在Linux的VLAN实现上，packet_type的func作为一个第三层的处理函数来单独处理802.1q数据帧，802.1q此时和IP协议处于一个同等的位置，VLAN的func函数vlan_skb_recv正如IP的处理函数ip_rcv一样。在Linux实现的VLAN中，只有当一个端口收到了一个数据帧，并且该数据帧是发往本地的时候，才会到达第三层的packet_type的func处理，否则只会被第二层处理，也就是Bridge逻辑处理，Linux的原生Bridge实现并不能处理802.1q数据帧，甚至都不能识别它。整个trunk口收发数据帧，IEEE 802.1q帧处理，以及VLAN间通信的示意图如下：



到此为止，Linux的VLAN要点基本已经说完了，有了这些理解，我想设计一个单臂Linux Box就不是什么难事了，单臂设备最大的优势就是节省物理设备，同时还能实现隔离。这个配置不复杂，如果不想用VLAN实现的话也可以用ip addr add dev ...

增加虚拟IP的方式来实现，然而用VLAN实现的好处在于可以和既有的三层交换机进行联动，也可以直接插在支持标准的IEEE 802.1q的设备的trunk口上。

机制搭台，策略唱戏。既然VLAN的实现机制已经了然于胸了，那么它的缺点估计你也看到了，如何去克服呢？PVLAN说实在的是一个VLAN的替代方案。解决了VLAN间的IP网段隔离问题，我们在Linux上如何实现它呢？这倒也不难，无非就是在LAN上添加一些访问控制策略罢了，完全可以用纯软件的方式来实现，甚至都可以用ebtables/arptables/iptables来实现一个PVLAN。如果说VLAN是一个硬实现的VLAN的话，那么PVLAN纯粹是一个软实现的VLAN，甚至都不需要划分什么VLAN，大家都处于一个IP网段，只需要配置好访问控制策略即可，使得同一IP子网的Host只能和默认网关通信，而之间不能通信，所以说，即使你不知道“隔离VLAN”，“团体VLAN”之类的术语，实际上你已经实现了一个PVLAN了。