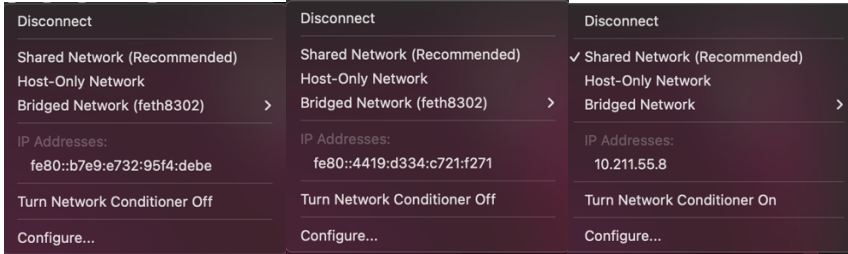
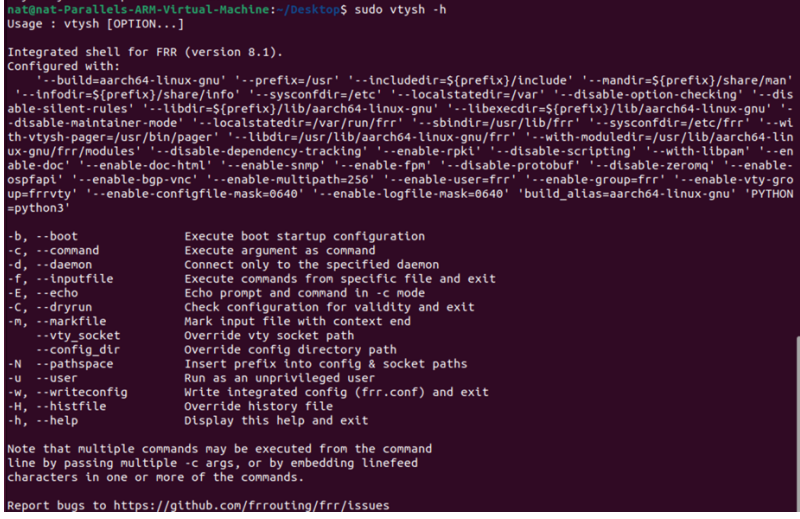


实验名称	OSPF 协议		
姓名	刘培源	学号	2023214278
实验步骤	<p>实验环境：Mac Parallel Desktop 19; Ubuntu 22.04</p> <p>注：由于 Ubuntu 22.04 上已经不支持 quagga，因此本实验采用 FRRouting 实现；同时，FRRouting 的安装以及配置部分参考了夏润民同学的方法，并针对 Mac 的 Parallel Desktop 进行了适配</p>		
	<p>1. 配置网卡，在 host1 上配置三个网卡，其中两个分别采用桥接模式（Bridge Network: feth8302），用于配置 OSPF，另一个采用共享网络的方式，用于下载 FRRouting 等必要的包。三个网卡配置截图如下：</p>		
			
	<p>2. 安装 FRRouting (frr)。在终端通过以下的命令安装 frr:</p> <p>(1) curl -s https://deb.frrouting.org/frr/keys.asc sudo apt-key add -</p> <p>(2) echo deb https://deb.frrouting.org/frr \$(lsb_release -s -c) frr-stable sudo tee -a /etc/apt/sources.list.d/frr.list</p> <p>(3) sudo apt update && sudo apt install frr frr-pythontools</p> <p>(4) 通过 sudo vtysh -h 验证安装是否成功:</p>		
			
	<p>3. 配置 frr。首先要修改/etc/frr/daemons 文件。通过 sudo gedit /etc/frr/daemons 将 ospfd=no 修改成 ospfd=yes，同时确保其中 vtysh_enable 为 yes，这是为了开启命令行的配置功能。配置的截图如下：</p>		

```

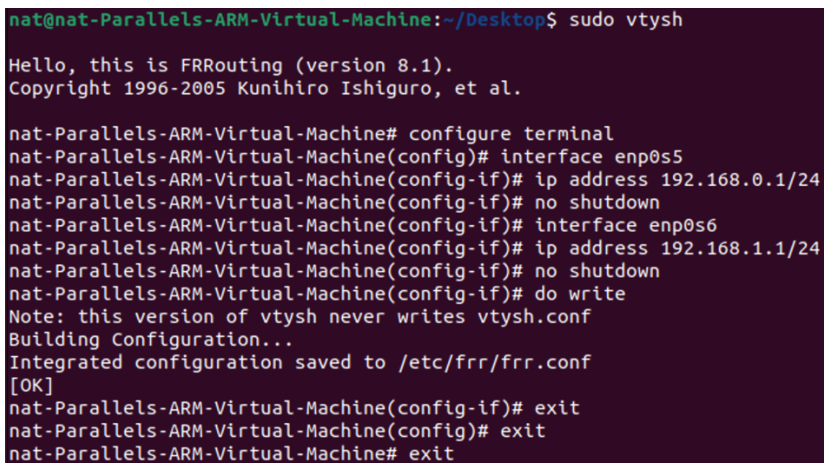
15 # The watchfrr, zebra and staticd daemons are always started.
16 #
17 bgpd=no
18 ospfd=yes
19 ospf6d=no
20 ripd=no
21 ripngd=no
22 isisd=no
23 pimd=no
24 ldpd=no
25 nhrpd=no
26 eigrpd=no
27 babeld=no
28 sharpd=no
29 pbrd=no
30 bfdd=no
31 fabricd=no
32 vrrpd=no
33 pathd=no
34
35 #
36 # If this option is set the /etc/init.d/frr script automatically loads
37 # the config via "vtysh -b" when the servers are started.
38 # Check /etc/pam.d/frr if you intend to use "vtysh"!
39 #
40 vtysh_enable=yes

```

4. 配置网卡参数。执行如下命令来配置桥接模式的两个网卡（enp0s5 和 enp0s6）。

- (1) sudo vtysh
- (2) configure terminal
- (3) interface enp0s5
- (4) ip address 192.168.0.1/24
- (5) no shutdown
- (6) interface enp0s6
- (7) ip address 192.168.1.1/24
- (8) no shutdown
- (9) do write
- (10) exit
- (11) exit
- (12) exit

配置过程的截图如下：



```

nat@nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo vtysh
Hello, this is FRRouting (version 8.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine# configure terminal
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config)# interface enp0s5
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# ip address 192.168.0.1/24
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# no shutdown
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# interface enp0s6
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# ip address 192.168.1.1/24
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# no shutdown
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# do write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-if)# exit
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config)# exit
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine# exit

```

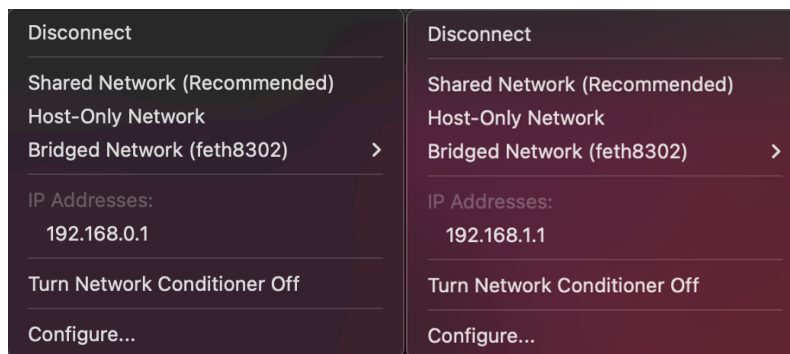
通过 sudo cat /etc/frr/frr.conf 查看配置结果如下：

```

nat@nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo cat /etc/frr/frr.conf
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname zebra
no ipv6 forwarding
hostname nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine
service integrated-vtysh-config
!
password zebra
enable password zebra
password bgp
!
interface enp0s5
 ip address 192.168.0.1/24
exit
!
interface enp0s6
 ip address 192.168.1.1/24
exit
!

```

同时查看两张桥接模式网卡的 ip 地址是否被正确设置：



5. 配置 OSPF 参数。执行如下命令来配置所需的参数：

- (1) sudo vtysh
- (2) configure terminal
- (3) router ospf （这一步如果显示 ospfd is not running 的话就重启虚拟机即可）
- (4) network 192.168.0.0/24 area 0.0.0.0
- (5) network 192.168.0.1/24 area 0.0.0.1
- (6) do write
- (7) exit
- (8) exit
- (9) exit

配置的过程截图如下：

```

nat@nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo vtysh
Hello, this is FRRouting (version 8.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine# configure terminal
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config)# router ospf
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-router)# network 192.168.0.0/24 area 0.0.0.0
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-router)# network 192.168.1.0/24 area 0.0.0.1
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-router)# do write
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config-router)# exit
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine(config)# exit
nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine# exit

```

通过 sudo cat /etc/frr/frr.conf 查看配置结果如下：

```

nat@nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo cat /etc/frr/frr.conf
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname zebra
no ipv6 forwarding
hostname nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine
service integrated-vtysh-config
!
password zebra
enable password zebra
password bgp
!
interface enp0s5
 ip address 192.168.0.1/24
exit
!
interface enp0s6
 ip address 192.168.1.1/24
exit
!
router ospf
 network 192.168.0.0/24 area 0.0.0.0
 network 192.168.1.0/24 area 0.0.0.1
exit
!

```

6. 至此，host1 全部设置完毕。对于 host2 的设置与 host1 除了 ip 地址意外，其他是一摸一样的，这里展示 host2 设置完毕之后的/etc/frr/frr.conf 的截图：

```

host@host-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo cat /etc/frr/frr.conf
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname host-Parallels-ARM-Virtual-Machine
log syslog informational
no ip forwarding
no ipv6 forwarding
service integrated-vtysh-config
!
interface enp0s5
 ip address 192.168.0.2/24
exit
!
interface enp0s6
 ip address 192.168.2.1/24
exit
!
router ospf
 network 192.168.0.0/24 area 0.0.0.0
 network 192.168.2.0/24 area 0.0.0.2
exit
!

```

同时验证两张网卡的 ip 地址设置是否正确：

Disconnect	Disconnect
Shared Network (Recommended)	Shared Network (Recommended)
Host-Only Network	Host-Only Network
Bridged Network (feth8302) >	Bridged Network (feth8302) >
IP Addresses:	IP Addresses:
192.168.0.2	192.168.2.1
Turn Network Conditioner On	Turn Network Conditioner Off
Configure...	Configure...

7. 在配置完成后，分别在 host1 和 host2 上输入 `sudo /etc/init.d/frr restart` 来重启 frr 服务，随后过一段时间分别在两台机器上通过 `sudo route` 来看路由表是否正确：
- (1) Host1 的路由表

```

nat@nat-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo route
Kernel IP routing table

```

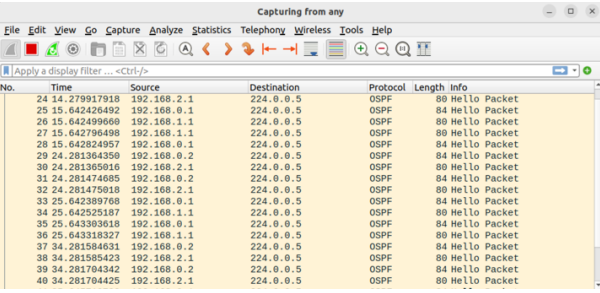
Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Ref	Use	Iface
192.168.0.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s5
192.168.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	0	0	0	enp0s6
192.168.2.0	192.168.0.2	255.255.255.0	UG	20	0	0	enp0s5

(2) Host2 的路由表

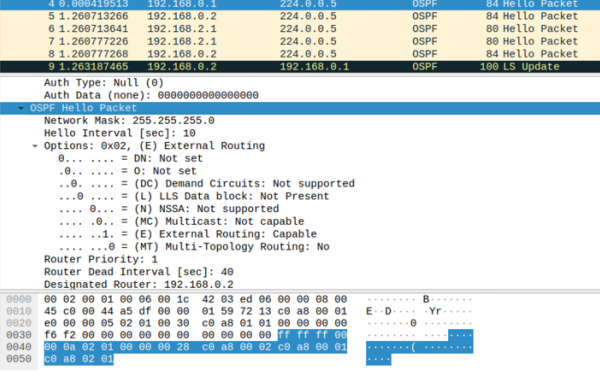
```
host@host-Parallels-ARM-Virtual-Machine:~/Desktop$ sudo route
Kernel IP routing table
Destination    Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
link-local     0.0.0.0         255.255.0.0     U         1000   0      0 enp0s5
192.168.0.0    0.0.0.0         255.255.255.0   U         0      0      0 enp0s5
192.168.1.0    192.168.0.1    255.255.255.0   UG        20     0      0 enp0s5
192.168.2.0    0.0.0.0         255.255.255.0   U         0      0      0 enp0s6
```

8. 至此 OSPF 已经配置完成，wireshark 的数据分析在后面给出。

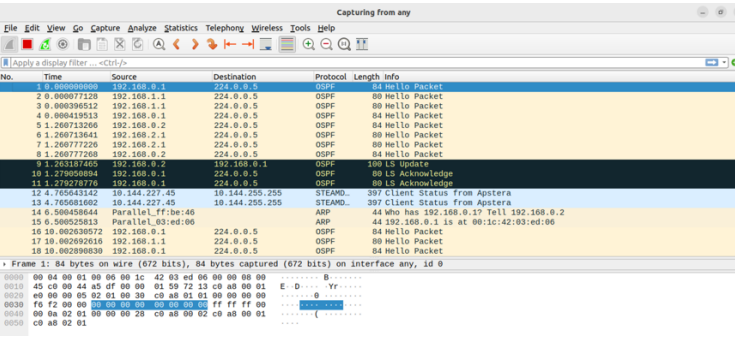
在 wireshark 中，观察到 OSPF 的 Hello Packet 如下图所示：



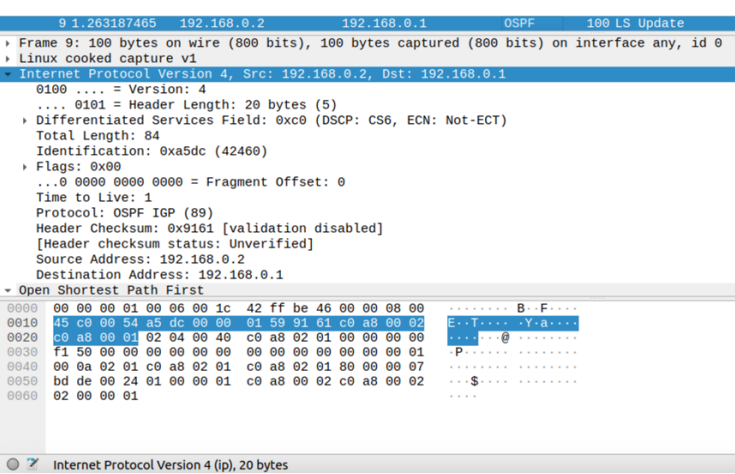
其具体的包的内容如下图：



链路状态更新新组如下图所示：



下面仔细分析 Frame 9，LS update 中包的内容。首先是 IP 的报文字段如下：



其中，source IP address 和 destination IP address 对应的字段如下：

9 1.263187465	192.168.0.2	192.168.0.1	OSPF	100 LS Update
▶ Frame 9: 100 bytes on wire (800 bits), 100 bytes captured (800 bits) on interface any, id 0 ▶ Linux cooked capture v1 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.2, Dst: 192.168.0.1 0100 = Version: 4 0101 = Header Length: 20 bytes (5) ▶ Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT) Total Length: 84 Identification: 0xa5dc (42460) ▶ Flags: 0x00 ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0 Time to Live: 1 Protocol: OSPF IGP (89) Header Checksum: 0x9161 [validation disabled] [Header checksum status: Unverified] Source Address: 192.168.0.2 Destination Address: 192.168.0.1 Open Shortest Path First				
0000	00 00 00 01 00 06 00 1c	42 ff be 46 00 00 08 00 B..F....	
0010	45 c0 00 54 a5 dc 00 00	01 59 91 61 c0 a8 00 02	E..T.....Y.a....	
0020	c0 a8 00 01 02 04 00 40	c0 a8 02 01 00 00 00 00@.....	
0030	f1 50 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 01P.....	
0040	00 0a 02 01 c0 a8 02 01	c0 a8 02 01 80 00 00 07\$.....	
0050	bd de 00 24 01 00 00 01	c0 a8 00 02 c0 a8 00 02\$.....	
0060	02 00 00 01		
Source Address (ip.src), 4 bytes				
9 1.263187465	192.168.0.2	192.168.0.1	OSPF	100 LS Update
▶ Frame 9: 100 bytes on wire (800 bits), 100 bytes captured (800 bits) on interface any, id 0 ▶ Linux cooked capture v1 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.2, Dst: 192.168.0.1 0100 = Version: 4 0101 = Header Length: 20 bytes (5) ▶ Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT) Total Length: 84 Identification: 0xa5dc (42460) ▶ Flags: 0x00 ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0 Time to Live: 1 Protocol: OSPF IGP (89) Header Checksum: 0x9161 [validation disabled] [Header checksum status: Unverified] Source Address: 192.168.0.2 Destination Address: 192.168.0.1 Open Shortest Path First				
0000	00 00 00 01 00 06 00 1c	42 ff be 46 00 00 08 00 B..F....	
0010	45 c0 00 54 a5 dc 00 00	01 59 91 61 c0 a8 00 02	E..T.....Y.a....	
0020	c0 a8 00 01 02 04 00 40	c0 a8 02 01 00 00 00 00@.....	
0030	f1 50 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 01P.....	
0040	00 0a 02 01 c0 a8 02 01	c0 a8 02 01 80 00 00 07\$.....	
0050	bd de 00 24 01 00 00 01	c0 a8 00 02 c0 a8 00 02\$.....	
0060	02 00 00 01		
Destination Address (ip.dst), 4 bytes				

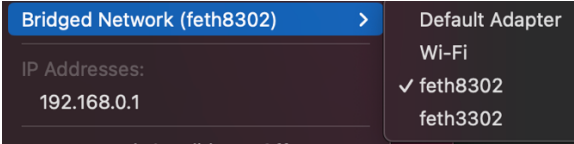
进一步观察 LSA 的报文如下：

9 1.263187465	192.168.0.2	192.168.0.1	OSPF	100 LS Update
Total Length: 84 Identification: 0xa5dc (42460) ▶ Flags: 0x00 ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0 Time to Live: 1 Protocol: OSPF IGP (89) Header Checksum: 0x9161 [validation disabled] [Header checksum status: Unverified] Source Address: 192.168.0.2 Destination Address: 192.168.0.1 Open Shortest Path First				
▶ OSPF Header ▶ LS Update Packet Number of LSAs: 1 ▶ LSA-type 1 (Router-LSA), len 36 ...000 0000 0000 1010 = LS Age (seconds): 10 0... .. = Do Not Age Flag: 0				
0000	00 00 00 01 00 06 00 1c	42 ff be 46 00 00 08 00 B..F....	
0010	45 c0 00 54 a5 dc 00 00	01 59 91 61 c0 a8 00 02	E..T.....Y.a....	
0020	c0 a8 00 01 02 04 00 40	c0 a8 02 01 00 00 00 00@.....	
0030	f1 50 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 01P.....	
0040	00 0a 02 01 c0 a8 02 01	c0 a8 02 01 80 00 00 07\$.....	
0050	bd de 00 24 01 00 00 01	c0 a8 00 02 c0 a8 00 02\$.....	
0060	02 00 00 01		
Open Shortest Path First (ospf), 64 bytes				

我们对 02 04 00 40 c0 a8 02 01 00 00 00 00 f1 50 00 00 00 00 00 00
（图中红线部分进行拆解）：

- (1) 02 代表OSPF是version 2
- (2) 04 表示Type=4，表示的是LSA报文类型
- (3) 00 40 表示OSPF的报文总长度是0x40
- (4) c0 a8 02 01 表示Router ID，为192.168.0.1（host1对应的IP地址）
- (5) 00 00 00 00 表示Area ID，为0.0.0.0（host1的enp0s5网卡对应的Area ID）

	(6) 00 00 00 00 00 00 00 是验证字段，为0表示不需要验证。
--	---

思考题	<p>1. 改变 OSPF Area 类型时，OSPF 的邻居关系会发生震荡么？</p> <p>改变 OSPF 区域类型会导致邻居关系震荡，因为这改变了 Hello 数据包的 Options 字段的某些比特位（例如 E 位或 N/P 位）。如果两端的 Options 字段不匹配，OSPF 会认为邻居关系无效。因此，在一个设备上修改区域类型后，邻居关系可能在 Dead 时间后失效。为快速恢复网络稳定，软件通常在变更时直接清除邻居关系，这虽然直接，但却是一种有效的策略。</p> <p>2. 两条“等价”路径存在时，OSPF 如何处理在网络中建立几条路径？</p> <p>当 OSPF 遇到两条“等价”路径时，即这些路径具有相同的 Cost，它会采用负载均衡的策略。这意味着 OSPF 会同时使用这些等价路径来传输数据，从而优化网络利用率和提高传输效率。例如，假设在一个网络中，从路由器 A 到路由器 B 有两条路径。第一条路径通过路由器 C，第二条路径通过路由器 D。如果这两条路径的成本相同，即它们的跳数、带宽或其他用于计算成本的指标相等，OSPF 将这两条路径视为等价的。在这种情况下，OSPF 不会仅仅选择其中一条路径来传输所有数据，而是将流量在这两条路径之间分配，从而实现负载均衡。</p>
经验总结	<p>1. 在使用 Mac 的 Parallel Desktop 设置桥接模式（Bridge Network）网卡的时候，一共有四种模式可以选择（如下图）：</p>  <p>经过我的实验，前两个都无法配置成功，且由于使用 Parallel Desktop 配置网卡的人太少了，因此我并不清楚原因，在这里作为一个 trick，给后面用 Mac 的人一个参考。</p> <p>2. frr 相比于 quagga 会自动启动 zebra，且同时自动读取集成配置文件 /etc/frr/frr.conf，因此在下一个实验的时候，在配置 zebra.conf 之前，需要手动把 /etc/frr/frr.conf 给删了，并且重启 frr，否则 frr 不会读取 zebra.conf 的信息。</p>