

# 运营商级边缘路由器 平滑切换方案

## A Smooth Cutover Scheme for Operator-level Edge Routers

康琳<sup>1</sup>, 张帆<sup>2</sup> (1. 中国移动通信集团河南有限公司, 河南 郑州 450000; 2. 山东管理学院, 山东 济南 250357)

Kang Lin<sup>1</sup>, Zhang Fan<sup>2</sup> (1. China Mobile Group Henan Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China; 2. Shandong Management University, Jinan 250357, China)

### 摘要:

对于通信运营商来说,一部分边缘路由器的入网时间较长,性能老旧,故障率高,影响了业务承载的可靠性和可扩展性,急需升级替换。在实际应用中,一对边缘路由器通常使用热备份机制来提供冗余,更换时需要同时更换2台热备份路由器,并将对下联业务的影响降至最低。针对思科品牌边缘路由器提出了一种异厂家替换方案。通过备份路由器协议转换,在工程上可以实现不同厂家路由器的平滑割接,在不影响下联业务的前提下减少割接次数,降低施工成本。

### 关键词:

边缘路由器;热备份;备份路由协议;平滑割接

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.11.012

文章编号:1007-3043(2024)11-0070-05

中图分类号:TN915.1

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

For communication operators, some customer edge routers have outdated performance and high failure rates, which affect the reliability and scalability of business carrying, and urgently need to be upgraded and replaced. A pair of routers usually use a hot-backup mechanism to provide redundancy in practical applications. When replacing, it is necessary to replace both hot-backup routers simultaneously and minimize the impact on downstream services. It proposes a novel replacement solution for edge routers from Cisco brand. By converting backup routing protocols, smooth cutover of routers from different manufacturers can be achieved in engineering, reducing the number of cutovers and construction costs without affecting downstream services.

### Keywords:

Customer edge routers; Hot-backup; Backup routing protocol; Smooth cutover

引用格式:康琳,张帆. 运营商级边缘路由器平滑切换方案[J]. 邮电设计技术, 2024(11): 70-74.

## 0 引言

5G时代高带宽、大连接、低延迟的特点,不仅带来了更多的创新服务,也给网络承载能力带来了新的挑战。近年来,随着互联网应用的发展和数据业务的快速增长,网络访问的需求量大大增加。对于通信运营商来说,更大的网络负载意味着对通信设备性能的更高要求。目前,国内的区域级通信运营商大多采用四层网络架构,在较大区域范围内提供数据交换和传输<sup>[1]</sup>。接入层通过边缘路由器(Customer Edge, CE)完

成业务数据的接入,汇聚层通过远程访问路由器(Access Router, AR)完成数据的汇聚与整合。汇聚层是网络接入层和核心层的“中介”,其在工作站接入核心层前先进行汇聚,以减轻核心层设备的负荷。核心层使用边界路由器(Border Router, BR)实现骨干网络之间的优化传输。骨干层则建有跨地(市)的IP专用承载网,其主要任务是提供具备冗余能力、可靠性和高速的数据传输,如OTN专网。运营商网络四层总体架构如图1所示。

在图1中,网管和计费网元接入支撑CE,一对支撑CE之间采用内部边界网关协议(Internal Border Gateway Protocol, IBGP<sup>[2]</sup>)互联,支撑CE与上联远程访

收稿日期:2024-10-25

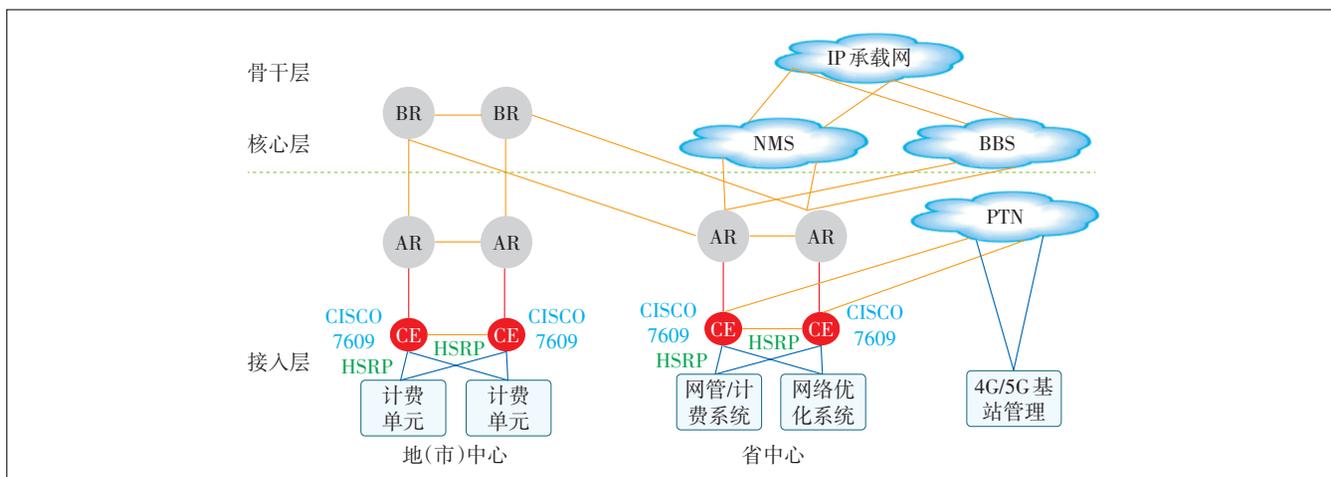


图1 运营高级四层网络架构

间路由器(Access Router, AR)之间采用外部边界网关协议(External Border Gateway Protocol, EBGP<sup>[3]</sup>)互联,同对AR之间和AR与上联BR之间的内部网关协议均采用IS-IS(Intermediate System to Intermediate System<sup>[4]</sup>)路由协议,外部网关协议采用BGP-4(Border Gateway Protocol-4<sup>[5]</sup>)路由协议。省内AR采用EBGP与网管系统(NMS)、业务支撑系统(BBS)互联,NMS与BBS及省内IP承载网均有互联出口。各地(市)网元的4A管理、告警监控、数据采集、流量监测及计费互通等业务通过地(市)机房部署的支撑CE上联到省中心IP承载网并与其他地(市)或业务系统实现互通。可以看出,支撑CE在四层网络架构中起着关键作用。

### 1 CE双机热备方案介绍

CE路由器汇接移动核心网网元和业务系统,并实现与IP承载网的隔离,减小两者的耦合度。同时,管理域和业务域也得到有效区分,IP承载网设备和CE设备分别单独管理,维护界面变得更加清晰<sup>[6]</sup>。随着业务的快速发展,移动网络的调整不可避免。通过改变CE路由器的设置,可在CE路由器上完成移动网络业务的部署、扩容和链路调整等操作,能够有效减少对IP承载骨干网络的影响,提高可扩展性。从业务流向的角度来看,CE路由器还要疏通移动软交换中大量的本地业务,提升网络的性能和效率。除此之外,CE路由器还需要具备电信级的业务承载能力,以及适配不同厂家业务系统的能力<sup>[7]</sup>。在实际组网中,基于边缘路由器的重要性,通信运营商通常采用双机热备的方式部署边缘路由器,这样可以保证当网元与CE的链路发生单边中断时,备份路由器立即生效并转发数

据,业务不中断<sup>[8]</sup>。通过大量调研发现,当前的通信运营商大量采用思科(Cisco)品牌路由器作为CE,思科路由器采用私有的HSRP(Hot Standby Router Protocol)协议作为热备份协议<sup>[9]</sup>。如图1所示,下联设备网元一般采用“V字形”组网方式接入一对支撑CE。同时,思科路由器上配置热备份路由器协议HSRP与下联设备网元对接,支撑CE将与网元的互联地址和业务地址发布进IP承载网,由此达到全网互通的效果<sup>[10]</sup>。

然而,其他厂家的CE(例如华为、中兴)大都只支持标准的虚拟路由冗余协议(Virtual Router Redundancy Protocol, VRRP<sup>[11]</sup>)作为热备协议,与思科品牌的HSRP不兼容。这样,当现网思科主备CE路由器因为设备老旧或承载能力不足需要替换为其他厂家的路由器时,工程上无法实现平滑割接(见图2)<sup>[12]</sup>。

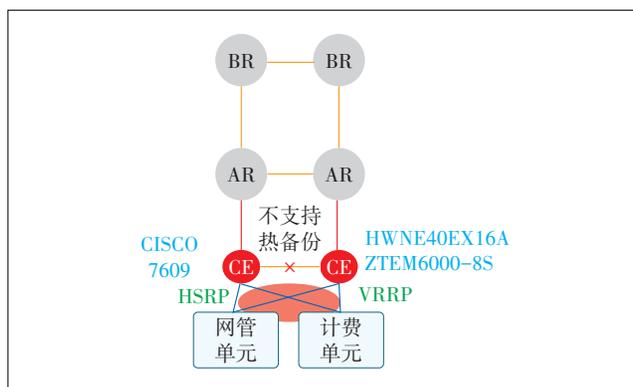


图2 异厂家CE路由器不兼容示意

针对这种情况,根据厂家的建议,目前运营商多采用“先新建再割接”的方案,但是该方案工程实施时间较长,对业务影响较大,且耗费人力物力较多。基于此,提出一种新型的工程上的解决方案,即在思科

CE路由器上将热备份协议转换为VRRP协议,再逐步割接替换成其他厂家的CE路由器。提出的方案可以实现CE路由器的平滑替换,在保持业务不中断的前提下降低割接复杂度,显著提高工程效率。

## 2 “先新建再割接”替换方案

VRRP协议是由IETF提出的解决局域网中配置静态网关出现单点失效现象的路由协议,在1998年已推出正式的RFC2338协议标准,它可以把一个虚拟路由器的责任动态分配到局域网上的VRRP路由器中的一台。控制虚拟路由器IP地址的VRRP路由器被称为主路由器,它负责转发数据包到这些虚拟IP地址。一旦主路由器不可用,这种选择过程就提供了动态的故障转移机制,允许虚拟路由器的IP地址可以作为终端主机的默认第一跳路由器。HSRP协议是Cisco平台一种特有的技术,是Cisco的私有协议,该协议中含有多台路由器,对应一个HSRP组。该组中只有一个路由器承担转发用户流量的职责,即活动路由器。当活动路由器失效后,备份路由器将承担该职责,成为新的活动路由器。

由于Cisco路由器的主备协议采用HSRP协议,与其他路由器厂家(如华为、中兴等)采用的VRRP协议并不兼容。因此,目前通信运营商在对Cisco主备路由器进行异厂家割接时,通常采用“先新建再割接”的方案,即一对新设备先入网,然后将一对老设备下联业务分批次进行割接<sup>[13]</sup>,具体如图3所示。

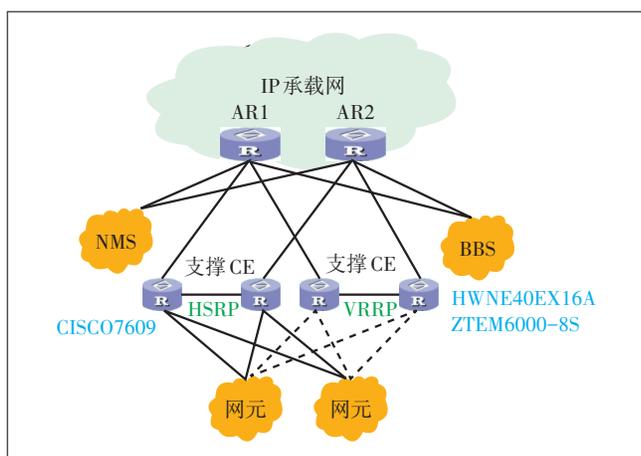


图3 “先新建再割接”方案示意

具体来说,采用该方案进行割接势必会影响下挂相关设备的网络管理<sup>[14]</sup>,主要涉及BSC、核心网(SERVER、MGW)、SBC、DC、BITS等设备网管。在设

备替换操作过程中,涉及的下联设备网元均会出现脱管现象,该过程中下联设备将无法登录。此外,该过程中数据不可提前制作,需要在原思科设备上删除现网配置,然后在新建路由器设备上重新配置。操作过程中下联业务会产生中断,替换完成后新入网设备需要重新纳入管控及数据网管等系统。因此,原方案涉及及相关业务中断及相关资料变更,需要至少4个操作窗口。

## 3 改进后的CE割接方案

基于协议转换的思想,本文提出了一种适用于工程的CE平滑割接方案。本方案将思科设备的私有HSRP协议平滑转换为标准VRRP协议的思路,可实现思科设备与异厂家设备的互通备份。由此,双台整体替换方案可以转变为逐台平滑替换,避免了业务中断,减小了割接隐患,降低了割接复杂度。其中,协议调整操作在设备替换前的单独操作窗口进行,不会影响下联业务。同时,调整前后均安排了严格的测试工作,以确保业务及各项指标正常,保障替换工作的顺利进行。

### 3.1 协议转换

经过前期调研,目前通信运营商广泛使用的Cisco 7600系列路由器同时支持HSRP和VRRP协议<sup>[15]</sup>。因此,该解决方案的关键点是在Cisco热备份设备上平稳地将HSRP切换到VRRP协议。实施之前,首先对单台设备进行协议转换,并且利用原有IP地址,先关闭单边互联端口,测试正常后再对该平面进行配置,配置完成后打开端口并立即对另外一个平面进行操作配置,配置完成后观察状态,状态正常后进行业务测试。Cisco私有HSRP协议到VRRP的转换脚本和状态示例如图4和图5所示。

从图4和图5可以看出,Cisco路由器的热备份协议已经过渡到VRRP协议,路由器状态正常。

### 3.2 方案实施流程

本方案严格按照割接流程实施(见图6),具体如下。

#### 3.2.1 割接前准备

- 制定更换计划。
- 新设备安装并通电。
- 旧设备中断并测试。
- 协议转换(HSRP到VRRP)。
- 业务测试。

```

)3F#show running-config interface Gi 1/9
Building configuration...

Current configuration :317 bytes
!
interface GigabitEthernet 1/9
description (^~)TO-
ip address 10.9 .210 255.255.255.248
storm-control broadcast level 1.00
storm-control multicast level 1.00
standby 43 ip 10.9 .209
standby 43 priority 150
standby 43 preempt delay minimum 120
standby 43 authentication NMC@mdcn
end

)3F#show standby brief
          P indicates configured to preempt.
          |
Interface Grp Pri P State Active Standby Virtual IP
Gi 1/9    43  150 P Active local 10. .211 10. .209
    
```

图4 协议转换前的路由器状态

```

-03F#show running-config interface Gi 1/9
Building configuration...

Current configuration :317 bytes
!
interface GigabitEthernet 1/9
description (^~)TO-
ip address 10.9 .210 255.255.255.248
storm-control broadcast level 1.00
storm-control multicast level 1.00
vrrp 43 ip 10.5 .209
vrrp 43 preempt delay minimum 120
vrrp 43 priority 150
vrrp 43 authentication text
end

)3F#show vrrp brief
          P indicates configured to preempt.
          |
Interface Grp Pri Time Own Pre State Master addr Group addr
Gi 1/9    43  150 3414          Y Master 10. .210 10. .209
    
```

图5 协议转换后的路由器状态

### 3.2.2 设备更换操作

- a) 替换备份平面上的单台设备。
- b) 替换主平面上的单台设备。
- c) 业务测试。

## 4 方案实施后的效果验证

本文所提出的方法并不影响运营过程中的所有业务。在更换完成后,VRRP将被配置为下游设备的网关,扮演与之前HSRP相同的角色。同时,来自不同品牌的2个CE路由器可以使用VRRP协议形成热备份关系。为了验证所提出的方案的有效性,本文完成

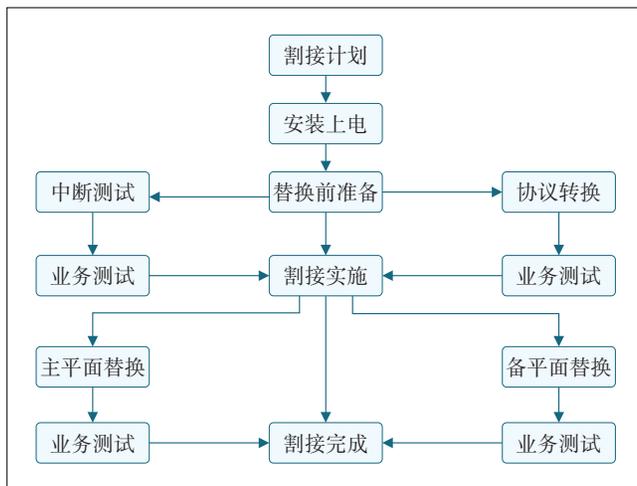


图6 割接实施总体流程

了一个割接实验。在实验中,分别用华为和中兴品牌的的路由器顺利地取代了思科的热备份路由器。经过实验测试,发现它们可以与思科设备配对,2台热备份设备的VRRP状态和状态切换均正常。更换单个设备后的网络结构如图7所示。

在实验中,Cisco 7609和ZTE M6000-8S形成热备份时VRRP状态如图8所示,和HUAWEI NE40E-

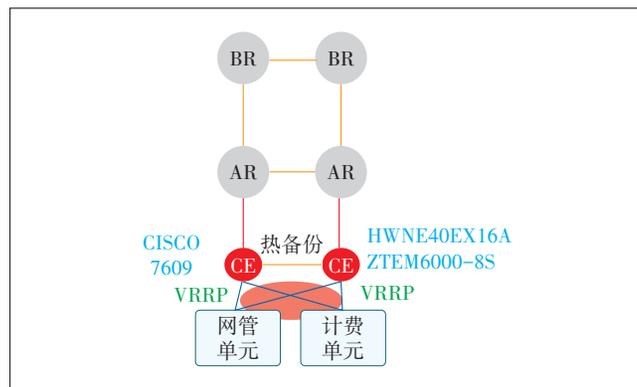


图7 割接后的网络结构示意图

```

Cisco 7609 状态示例
)1- )3F#show vrrp brief
          P indicates configured to preempt.
          |
Interface Grp Pri Time Own Pre State Master addr Group addr
Gi 1/9    43  150 3414          Y Master 10. .210 10. .209

ZTE M6000-8S 状态示例
)2- )03F#show vrrp ipv4 brief
Interface vrID Pri Time A P L State Master addr VRouter addr
gei-0/2/0/8 43  100 1000  P Backup 10. .210 10. .209
    
```

图8 Cisco 7609和ZTE M6000-8S的VRRP状态示例

X16A 形成热备份时 VRRP 状态如图 9 所示。

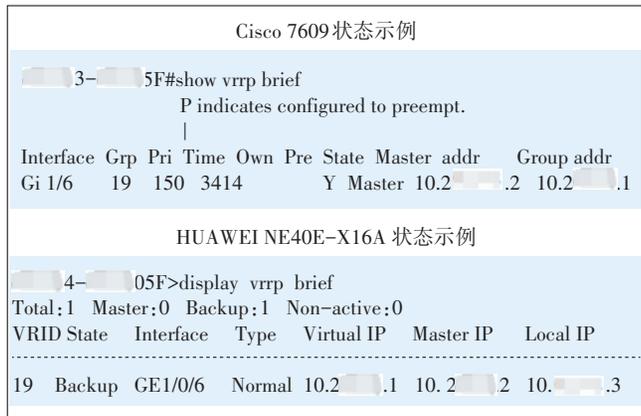


图 9 Cisco 7609 和 HUAWEI NE40E-X16A 的 VRRP 状态示例

与“先建后割接”的更换策略相比,通过协议转换来完成割接的方案更可靠,在运营过程中对业务没有影响。该提案中的割接次数从 4 次减少到 2 次,大大减少了割接的隐患,确保了相关业务的安全,大大降低了项目实施的总工期和成本。

## 5 结语

对于通信运营商来说,路由器设备的升级是为了更好地适应当前不断增长的业务需求。在更新设备时,如果 CE 热备份路由器来自 Cisco 品牌,由于其使用了 Cisco 的专用备份路由协议 HSRP,则无法顺利地将其替换为其他品牌的设备。然而,如果采用“先新建后割接”的替换方法,将会浪费大量的资源。基于此,提出了一种可以实现 CE 路由器平滑切换的解决方案。在该方案中,首先将 Cisco 路由器的热备份协议转换为 VRRP 协议,然后使用“一个接一个”的替换方法来实现平滑割接。所提出的解决方案不会影响下游服务,并且需要较少的资源。这样的机制可以帮助通信运营商处理类似的问题。未来,计划与区域运营商合作,实施所提出的解决方案。

### 参考文献:

[1] LAN J L, HU Y X, ZHANG Z, et al. Future network architectures and core technologies[M]. Hackensack: World Scientific, 2022.

[2] MAYR C, RISSO C, GRAMPÍN E. Crafting optimal and resilient iBGP-IP/MPLS overlays for transit backbone networks[J]. Optical Switching and Networking, 2021(42): 100635.

[3] SHUKLA S, KUMAR M. Optimized MRAI timers for border gateway protocol in large networks[J]. International Journal of Distributed Systems and Technologies, 2019, 10(4): 31-44.

[4] AZIZ Z, LIU J, MARTEY A, et al. Troubleshooting IP routing proto-

cols[M]. Indianapolis: Cisco Press, 2012.

[5] HASSAN M, GREGORY M, LI S. Blockchain enhanced BGP4 security for an SDN based federation[C]//2022 32nd International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC). Manhattan: IEEE, 2022: 1-7.

[6] PATEL N D, MEHTRE B M, WANKAR R. A snort-based secure edge router for smart home[J]. International Journal of Sensor Networks, 2023, 41(1): 42-59.

[7] GONT F, ŽORŽ J, PATTERSON R, et al. Improving the reaction of customer edge routers to IPv6 renumbering events: RFC 9096[S/OL]. [2024-01-04]. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9096.html>.

[8] PALKOPOULOU E, SCHUPKE D A, BAUSCHERT T. Shared backup router resources: realizing virtualized network resilience[J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(5): 140-146.

[9] LI T, COLE B, MORTON P, et al. Cisco hot standby router protocol (HSRP): RFC 2281[S/OL]. [2024-01-04]. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2281>.

[10] ZHANG X, FENG Y M, SONG X H. Research and construction of the full-service IP high-speed intelligent bearer network for the digital oil field[C]//Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems. Cham: Springer, 2017: 508-515.

[11] YANG Q W, WEI Z K, KIM J H. A hot backup sip server system based on VRRP[C]//The 6th International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management. Manhattan: IEEE, 2010: 17-20.

[12] YAN Z W, ZHOU H C, ZHANG H K, et al. Advanced handover management framework for mobile router based on MCoA[J]. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 2012, 10(1): 49-59.

[13] SALEEM H M, HASSAN M F, BUHARI S M. Router redundancy with enhanced VRRP for intelligent message routing[C]//Recent Advances on Soft Computing and Data Mining. Cham: Springer, 2014: 581-590.

[14] ZHANG S Z, WANG X W, LV J H, et al. Routing and content delivery for in-network caching enabled IP network[J]. Multimedia Tools and Applications, 2022, 81(1): 715-735.

[15] BAROLLI A, BYLYKBASHI K, QAFZEZI E, et al. Implementation of roulette wheel and random selection methods in a hybrid intelligent system: a comparison study for two islands and subway distributions considering different router replacement methods[J]. Applied Soft Computing, 2022(131): 109805.

### 作者简介:

康琳,毕业于山东大学,高级工程师,硕士,主要从事移动互联网维护工作;张帆,毕业于山东大学,副教授,博士,主要从事网络优化及网络安全研发工作。

