

修订记录

本页不打印

课程编码	适用产品	产品版本	课程版本

作者/工号	时间	审核人/工号	新开发/优化
丁毅/dwx66270	2020.03.03	何军建/HWX580230	
	2020.06.13	朱仕耿/00261992	





ICMPv6和NDP



前言

- 在IPv4中，ICMP允许主机或设备报告差错情况。ICMP报文作为IP报文的数据部分，再封装上IP报文首部，组成完整的IP报文发送出去。常用的Ping、Tracert等命令都是基于ICMP实现的。
- IPv6定义了ICMPv6（Internet Control Message Protocol for IPv6），除了提供类似ICMP的功能外，还有诸多扩展。邻居发现协议（Neighbor Discovery Protocol，以下简称NDP）便是基于ICMPv6实现的，作为IPv6的关键协议，NDP提供了如前缀发现、重复地址检测、地址解析、重定向等功能。
- 本课程详细介绍ICMPv6和NDP。



目标

- 学完本课程后，您将能够：
 - 描述ICMPv6的功能
 - 描述ICMPv6的报文格式
 - 描述ICMPv6的报文类型
 - 描述NDP的功能



目录

1. ICMPv6介绍

- ICMPv6概述

- ICMPv6报文格式

- ICMPv6报文类型及作用

2. NDP介绍

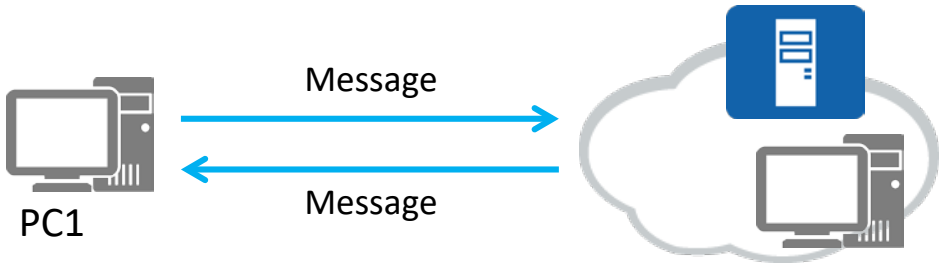


ICMP

Internet控制消息协议ICMP (Internet Control Message Protocol)是IP协议的辅助协议。

ICMP协议用来在网络设备间传递各种差错和控制信息，对于收集各种网络信息、诊断和排除各种网络故障等方面起着至关重要的作用。

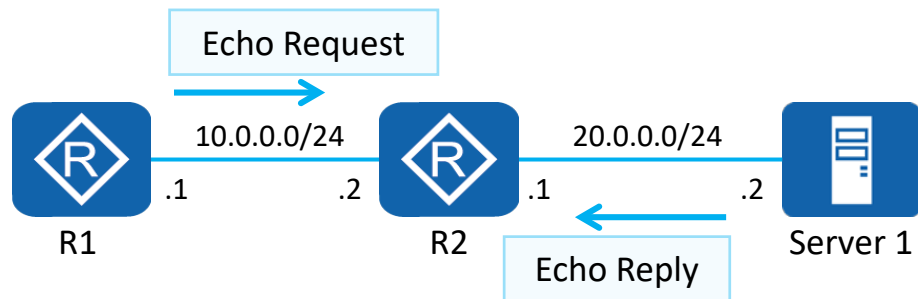
以太网头部	IP头部	ICMP报文	以太网尾部
Type	Code	Checksum	
ICMP的报文内容			
Type	Code	描述	
0	0	Echo Reply	
3	0	网络不可达	
3	1	主机不可达	
3	2	协议不可达	
3	3	端口不可达	
5	0	重定向	
8	0	Echo Request	





ICMP差错检测

ICMP Echo消息常用于诊断源和目的地之间的网络连通性，同时还可以提供其他信息，如报文往返时间等。



功能：Ping

Ping是网络设备、Windows、Unix和Linux平台上的一个命令，其实是一个小巧而实用的应用程序，该应用基于ICMP协议。Ping常用于探测到达目的节点的网络可达性。

```
[R1]ping 20.0.0.2
```

```
PING 20.0.0.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=70 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=30 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=30 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=40 ms
```

```
Reply from 20.0.0.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=30 ms
```

```
--- 20.0.0.2 ping statistics ---
```

```
5 packet(s) transmitted
```

```
5 packet(s) received
```

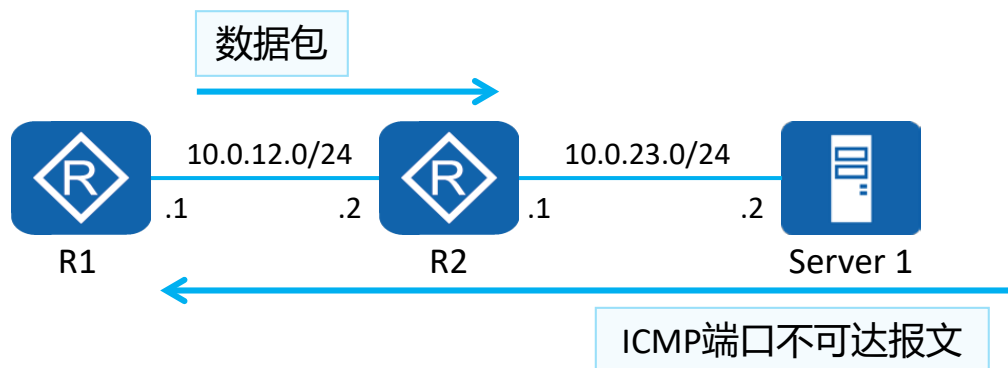
```
0.00% packet loss
```

```
round-trip min/avg/max = 30/40/70 ms
```



ICMP错误报告

ICMP定义了各种错误消息，用于诊断网络连接性问题；根据这些错误消息，源设备可以判断出数据传输失败的原因。



功能：Tracert

Tracert基于报文头中的TTL值来逐跳跟踪报文的转发路径。Tracert是检测网络丢包和时延的有效手段，同时可以帮助管理员发现网络中的路由环路。

```
[R1]tracert 10.0.23.2
```

```
tracert to 10.0.23.2, max hops: 30 ,packet length: 40,press  
CTRL_C to break
```

1	10.0.12.2	80 ms	10 ms	10 ms
2	10.0.23.2	30 ms	30 ms	20 ms



ICMPv6概述

- ICMPv6是IPv6的基础协议之一。
- 在IPv6报文头部中，Next Header字段值为58则对应为ICMPv6报文。
- ICMPv6报文用于通告相关信息或错误。
- ICMPv6报文被广泛应用于其它协议中，包括NDP、Path MTU发现机制等。
- ICMPv6控制着IPv6中的地址自动配置、地址解析、地址冲突检测、路由选择、以及差错控制等关键环节。



目录

1. ICMPv6介绍

- ICMPv6概述
- **ICMPv6报文格式**
- ICMPv6报文类型及作用

2. NDP介绍



ICMPv6报文格式

Version	Traffic Class	Flow Label	
Payload Length		Next Header (58)	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			
ICMPv6报头			
ICMPv6报文载荷			

Type	Code	Checksum
------	------	----------

消息类型	Type	名称	Code
差错消息	1	目的不可达	0 无路由
			1 因管理原因禁止访问
			2 未指定
			3 地址不可达
			4 端口不可达
	2	数据包过长	0
	3	超时	0 跳数到0 1 分片重组超时
	4	参数错误	0 错误的包头字段 1 无法识别的下一包头类型 2 无法识别的IPv6选项
信息消息	128	Echo Request	0
	129	Echo Reply	0



目录

1. ICMPv6介绍

- ICMPv6概述
- ICMPv6报文格式
- **ICMPv6报文类型及作用**

2. NDP介绍



ICMPv6报文类型

ICMPv6报文分为两类：差错报文和信息报文。

差错报文

- 差错报文 (Error Messages) , 也称为差错消息, Type字段最高bit为0, 也就是ICMPv6 Type=[0, 127]
- 差错消息用于报告在转发IPv6数据包过程中出现的错误, 如常见的目的不可达、超时等等。

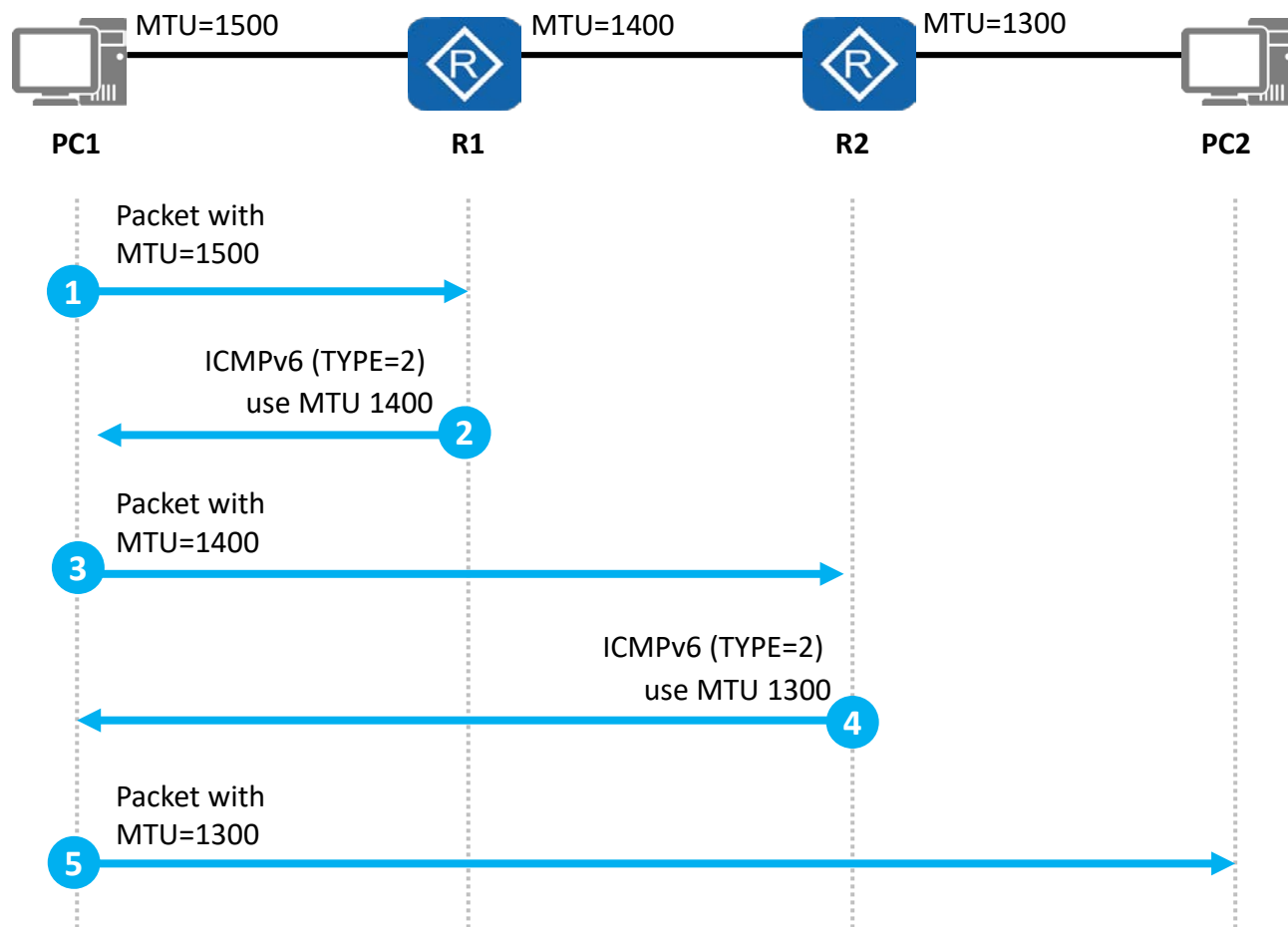
信息报文

- 信息报文 (Information Messages) , 也称为信息消息, Type字段最高bit为1, 也就是ICMPv6 Type=[128, 255]
- 信息报文可以用来实现同一链路上节点间的通信和子网内的组播成员管理等。



ICMPv6差错报文应用 - Path MTU发现

- 在IPv6中，中间转发设备不对IPv6报文进行分片，报文的分片将在源节点进行。
- PMTU（Path MTU）就是路径上的最小接口MTU。
- PMTUD（Path MTU发现机制）的主要目的是发现路径上的MTU，当数据包被从源转发到目的地的过程中避免分段。
- 依赖PMTUD，数据的发送方可以使用所发现到的最优PMTU与目的地节点进行通信，这样可以避免数据包在从源传输到目的地的过程之中，被中途的路由器分片而导致性能的下降。

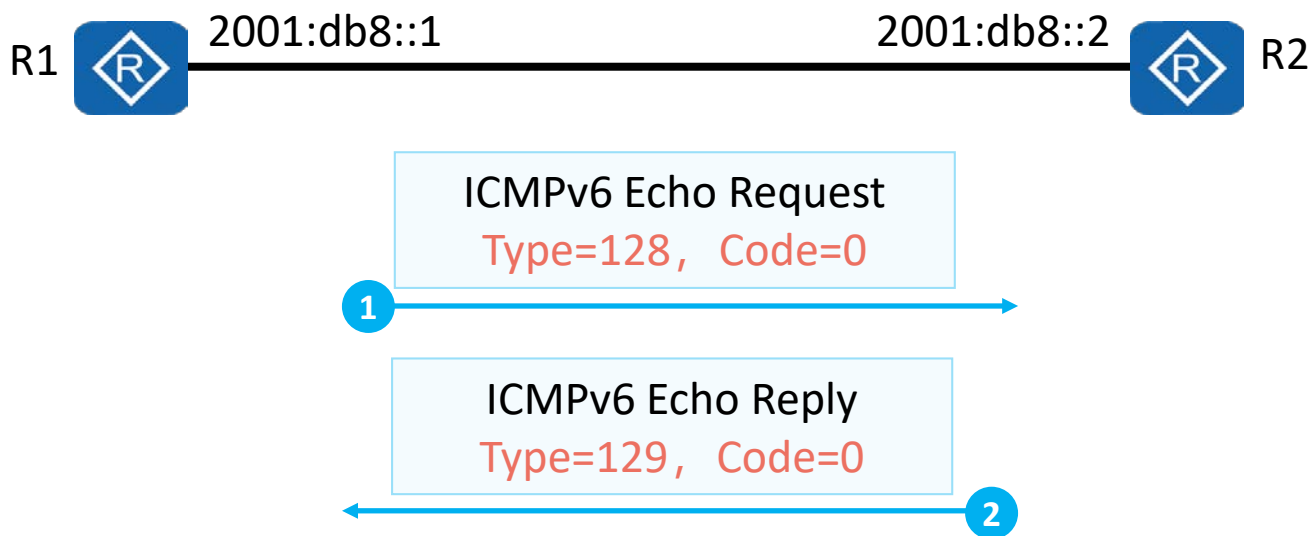




ICMPv6信息报文应用 - Ping

Ping基于ICMPv6信息报文实现

- Echo Request: 用于发送到目标节点, 以使目标节点立即发回一个Echo Reply应答报文。Echo Request报文的Type字段值为128, Code字段的值为0。
- Echo Reply: 当收到一个Echo Request报文时, ICMPv6会用Echo Reply报文响应。Echo Reply报文的Type字段的值为129, Code字段的值为0。





ICMPv6其它常用的报文

- 邻居发现 (RFC2461和RFC4861)
 - Type=133 路由器请求 (Router Solicitation)
 - Type=134 路由器公告 (Router Advertisement)
 - Type=135 邻居请求 (Neighbor Solicitation)
 - Type=136 邻居公告 (Neighbor Advertisement)
 - Type=137 重定向 (Redirect)
- 组播侦听者发现协议 (RFC2710和RFC3810)
 - Type=130 查询消息
 - Type=131 报告消息
 - Type=132 离开消息
 - Type=143 MLDv2报告消息



目录

1. ICMPv6介绍

2. NDP介绍

- **NDP概述**

- 路由器发现
- 地址解析
- 邻居状态跟踪
- 重复地址检测
- 重定向



NDP概述

RFC2461定义了IPv6邻居发现协议NDP。NDP是IPv6中非常核心的组件。其主要功能如下：

NDP	路由器发现	发现链路上的路由器，获得路由器通告的信息。
	无状态自动配置	通过路由器通告的地址前缀，终端自动生成IPv6地址。
	重复地址检测	获得地址后，进行地址重复检测，确保地址不存在冲突。
	地址解析	请求目的网络地址对应的数据链路层地址，类似IPv4的ARP。
	邻居状态跟踪	通过NDP发现链路上的邻居并跟踪邻居状态。
	前缀重编址	路由器对所通告的地址前缀进行灵活设置，实现网络重编址。
	重定向	告知其他设备，到达目标网络的更优下一跳。



NDP报文类型及功能

NDP使用以下几种ICMPv6报文：

- RS（Router Solicitation）：路由器请求报文
- RA（Router Advertisement）：路由器通告报文
- NS（Neighbor Solicitation）：邻居请求报文
- NA（Neighbor Advertisement）：邻居通告报文

ICMPv6 报文 功能	RS 133	RA 134	NS 135	NA 136	重定向 137
地址解析			●	●	
路由器发现	●	●			
前缀重编址	●	●			
重复地址检测			●	●	
重定向					●



目录

1. ICMPv6介绍

2. NDP介绍

- NDP概述
- **路由器发现**
- 地址解析
- 邻居状态跟踪
- 重复地址检测
- 重定向



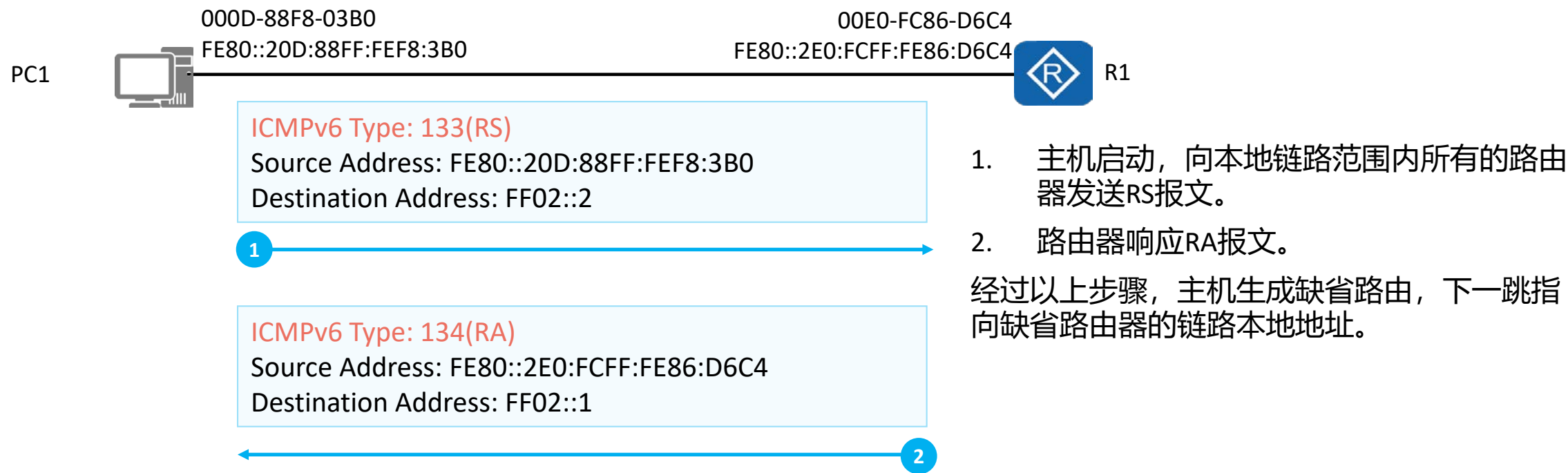
路由器发现

- 路由器发现是指主机发现本地链路上路由器和确定其配置信息的过程。
- 路由器发现可以同时实现以下三个功能：
 - 路由器发现（Router Discovery）：主机定位邻居路由器以及选择哪一个路由器作为缺省网关的过程。
 - 前缀发现（Prefix Discovery）：主机发现本地链路上的一组IPv6前缀的过程，用于主机的地址自动配置。
 - 参数发现（Parameter Discovery）：主机发现相关操作参数的过程，如输出报文的缺省跳数限制、地址配置方式等信息。
- 使用报文：
 - RS 路由器请求
 - RA 路由器通告
- 协议交互主要有两种情况：
 - 主机发送RS触发路由器回应RA
 - 路由器周期发送RA



路由器发现流程 - 主机请求触发

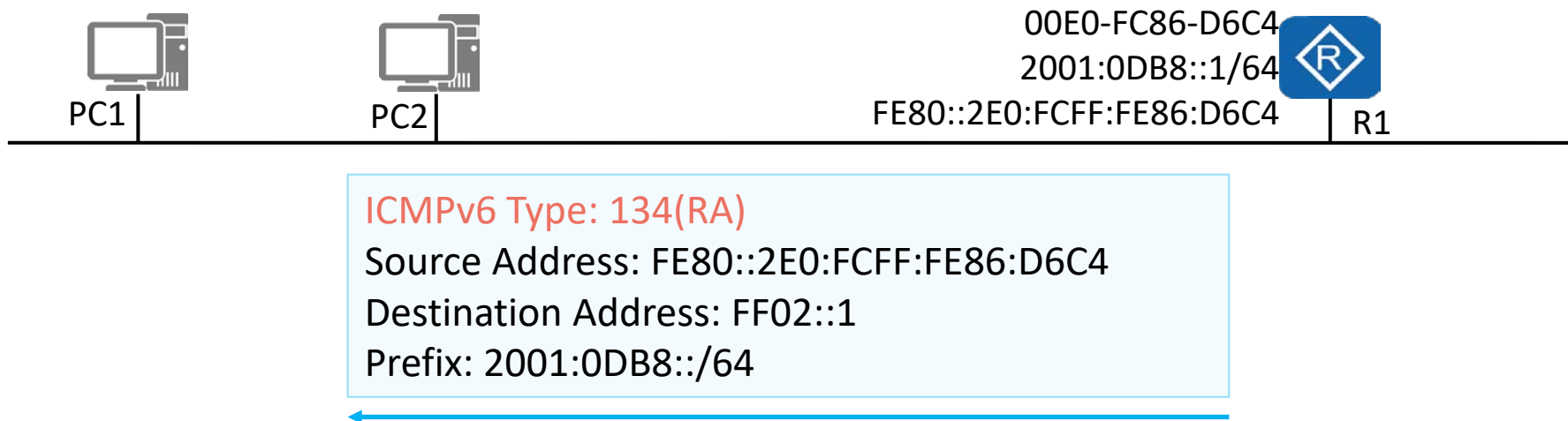
当主机启动时，主机会向本地链路范围内所有的路由器发送RS报文，触发路由器响应RA报文。主机发现本地链路上的路由器后，自动配置缺省路由器，建立缺省路由表、前缀列表和设置其它的配置参数。





路由器发现流程 - 路由器周期性发送

- 路由器周期性的发送RA报文，RA发送间隔是一个有范围的随机值，缺省的最大时间间隔是600秒，最小时间间隔是200秒。
- 对于定期发送的RA报文，其地址有如下要求：
 - Source Address：必须是发送接口的链路本地地址。
 - Destination Address：FF02::1。





目录

1. ICMPv6介绍

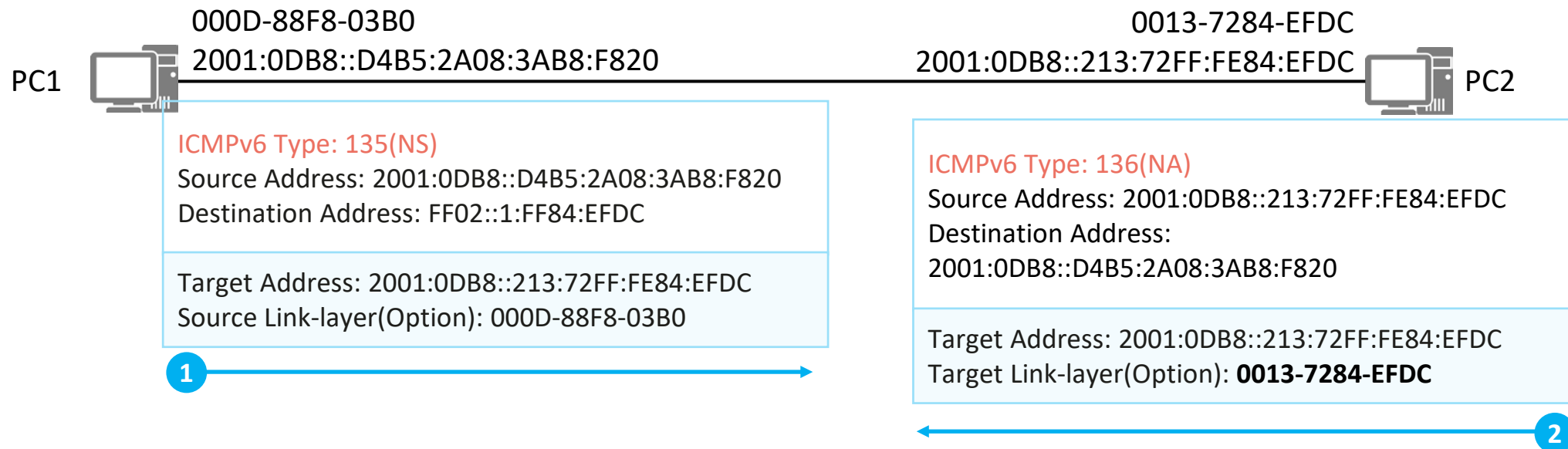
2. NDP介绍

- NDP概述
- 路由器发现
- **地址解析**
- 邻居状态跟踪
- 重复地址检测
- 重定向



地址解析

- IPv6地址解析通过ICMPv6（NS和NA报文）来实现。
- 在三层完成地址解析，主要带来以下几个好处：
 - 地址解析在三层完成，不同的二层介质可以采用相同的地址解析协议。
 - 可以使用三层的安全机制避免地址解析攻击。
 - 使用组播方式发送请求报文，减少了二层网络的性能压力。





目录

1. ICMPv6介绍

2. NDP介绍

- NDP概述
- 路由器发现
- 地址解析
- **邻居状态跟踪**
- 重复地址检测
- 重定向



IPv6邻居状态表

IPv6邻居状态表中缓存了IPv6地址与MAC地址的映射，可以通过display ipv6 neighbors命令来查看IPv6邻居状态表。

```
<Huawei>display ipv6 neighbors
```

```
-----  
IPv6 Address   : 2001:DB8::2  
Link-layer     : 00e0-fc23-26e3          State : REACH  
Interface      : GE0/0/0                Age   : 0  
VLAN           : -                      CEVLAN: -  
VPN name       :                        Is Router: TRUE  
Secure FLAG    : UN-SECURE
```

```
IPv6 Address   : FE80::2E0:FCFF:FE23:26E3  
Link-layer     : 00e0-fc23-26e3          State : REACH  
Interface      : GE0/0/0                Age   : 0  
VLAN           : -                      CEVLAN: -  
VPN name       :                        Is Router: TRUE  
Secure FLAG    : UN-SECURE
```

```
-----  
Total: 2    Dynamic: 2    Static: 0
```



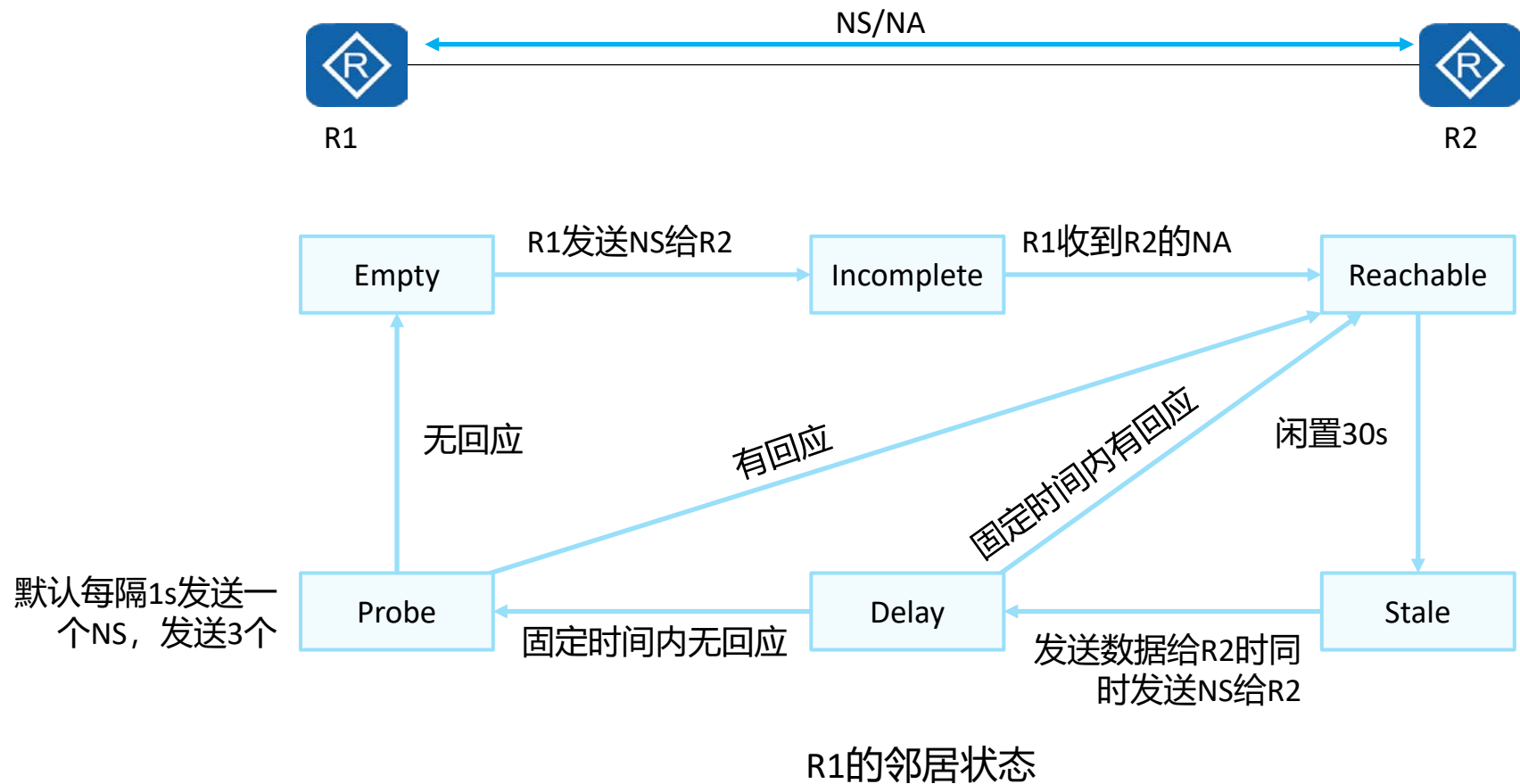
IPv6邻居状态

IPv6节点需要维护一张邻居表，每个邻居都有相应的状态，状态之间可以迁移。5种邻居状态分别是：未完成（Incomplete）、可达（Reachable）、陈旧（Stale）、延迟（Delay）、探查（Probe）。

状态	描述
Incomplete	邻居不可达。正在进行地址解析，邻居的链路层地址未探测到，如果解析成功，则进入Reachable状态。
Reachable	邻居可达。表示在规定时间内（邻居可达时间，缺省情况下是30秒）内邻居可达。如果超过规定时间，该表项没有被使用，则表项进入Stale状态。
Stale	邻居是否可达未知。表明该表项在规定时间内（邻居可达时间，缺省情况下是30秒）内没有被使用。此时除非有发送到邻居的报文，否则不对邻居是否可达进行探测。
Delay	邻居是否可达未知。已向邻居发送报文，如果在指定时间内没有收到响应，则进入Probe状态。
Probe	邻居是否可达未知。已向邻居发送NS报文，探测邻居是否可达。在规定时间内收到NA报文回复，则进入Reachable状态；否则进入Incomplete状态。



邻居状态迁移





目录

1. ICMPv6介绍

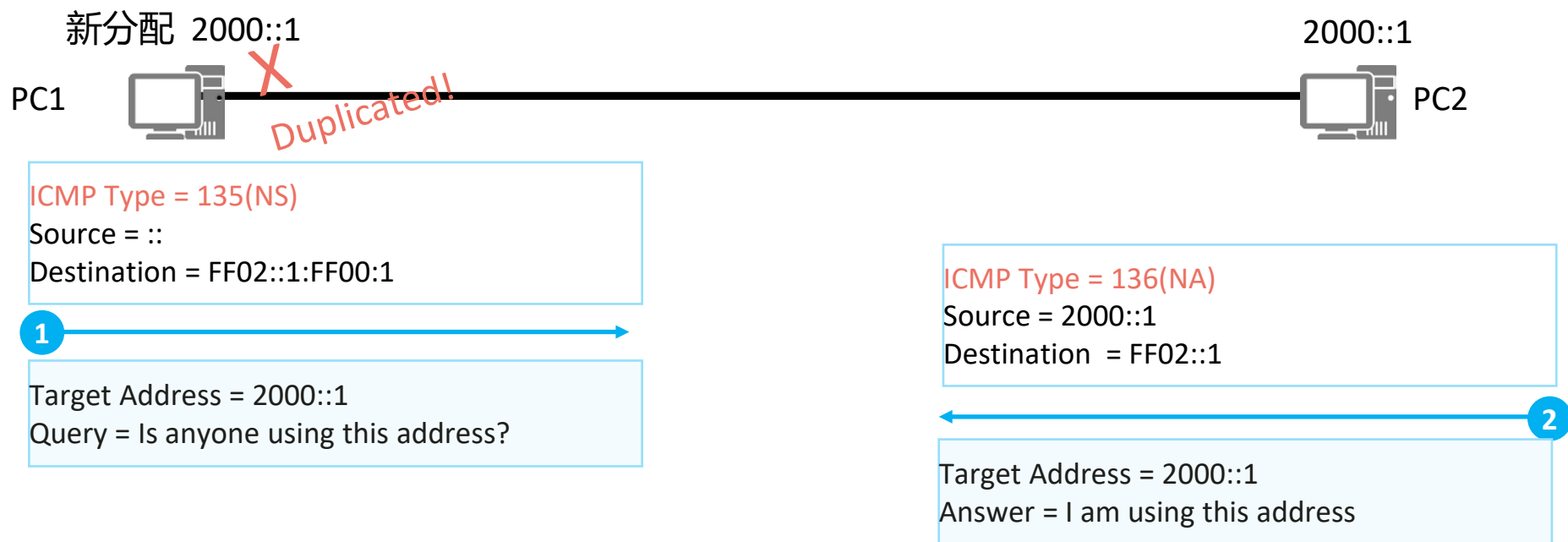
2. NDP介绍

- NDP概述
- 路由器发现
- 地址解析
- 邻居状态跟踪
- **重复地址检测**
- 重定向



重复地址检测 (1)

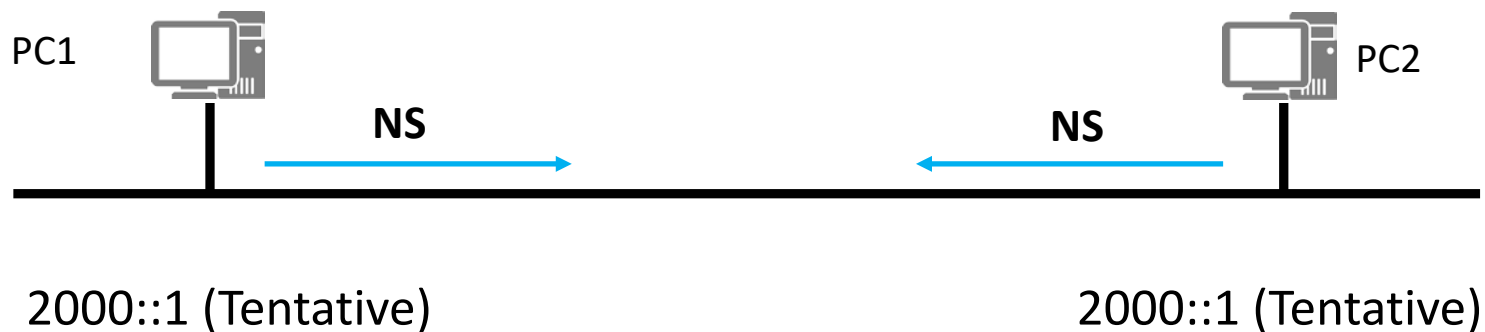
- 重复地址检测(Duplicate Address Detect, DAD)是指接口在使用某个IPv6地址之前, 需要先探测是否有其它的节点使用了该地址, 从而确保网络中没有两个相同的单播地址。
- 接口在启用任何一个单播IPv6地址前都需要先进行DAD, 包括Link-Local地址。





重复地址检测 (2)

- 一个地址在通过重复地址检测之前称为“tentative地址”，即“试验地址”。此时该接口不能使用这个试验地址进行单播通讯。
- 若2个节点配置相同地址，同时作重复地址检测时，当一方收到对方发出的DAD NS报文，则接收方将不启用该地址。





目录

1. ICMPv6介绍

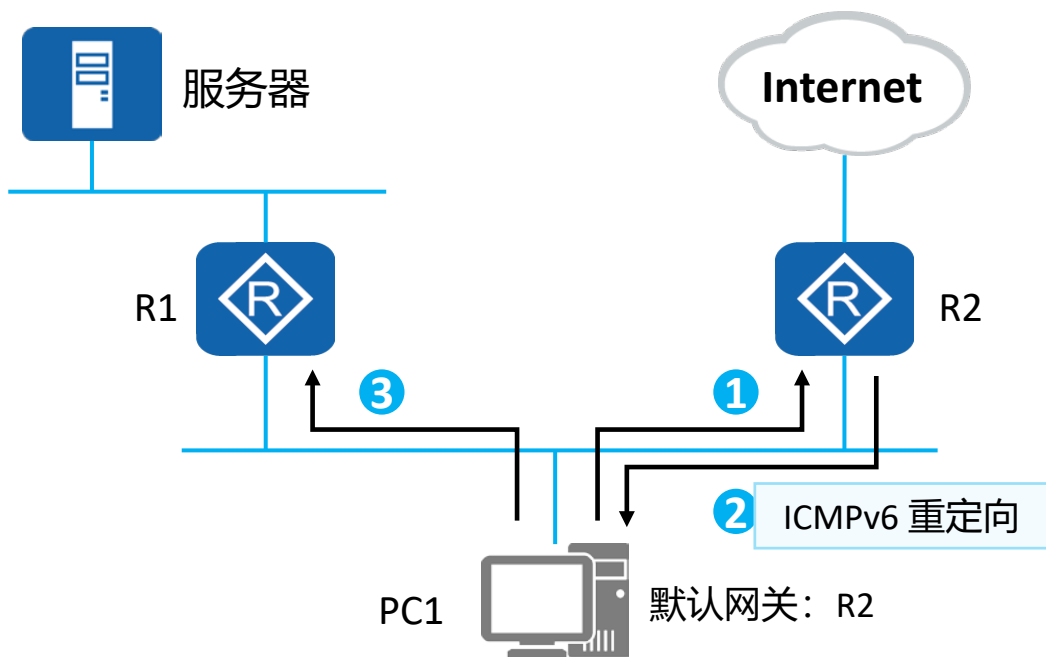
2. NDP介绍

- NDP概述
- 路由器发现
- 地址解析
- 邻居状态跟踪
- 重复地址检测
- **重定向**



重定向

重定向是指网关设备发现报文从其它网关设备转发更优，它就会发送重定向报文告知报文的发送者，让报文发送者选择另一个网关设备。



1. PC1希望发送报文到服务器，于是根据配置的默认网关地址向网关R2发送报文。
2. 网关R2收到报文后，检查报文信息，发现报文应该转发到与PC1在同一网段的另一个网关设备R1，此转发路径是更优的路径，于是R2会向PC1发送一个重定向消息，通知PC1去往服务器的报文应直接发给R1。
3. PC1收到重定向消息后，会向R1发送报文，R1再将该报文转发至服务器。



思考题

1. （多选题） ICMPv6报文类型分为哪几大类？
 - A. 差错报文
 - B. 信息报文
 - C. 其他报文
 - D. 参数报文
2. （多选题） IPv6地址解析通过以下哪种报文实现？
 - A. RS
 - B. RA
 - C. NS
 - D. NA



本章总结

- ICMPv6是IPv6的基础协议之一，具有差错报文和信息报文两种，用于IPv6节点报告报文处理过程中的错误和信息。其中，差错报文用于报告在转发IPv6数据包过程中出现的错误，如常见的目的不可达、超时等等；信息报文则可以实现路由器发现，重复地址检测，组播成员管理等等。
- NDP是5个ICMPv6信息报文的“打包”，Type133、134为RS、RA报文，可以实现路由器发现，实现主机的网关发现，地址的自动配置；Type135、136为NS、NA报文，可以实现邻居链路层地址解析，重复地址检测；Type137为重定向报文，可以实现重定向。

The background of the slide features a blue-tinted image of several business professionals in a modern office environment. They are standing on a highly reflective floor, and their silhouettes are clearly visible. The overall aesthetic is professional and corporate.

谢谢

www.huawei.com