

第17章 网络时间协议

本章主题

- NTP技术概述
- 配置Cisco路由器为NTP时间服务器
- 配置NTP对等体
- Cisco NTP身份验证
- 配置Cisco NTP用于局域网广播

17.1 引言

网络时间协议（NTP）是用来在整个网络内发布精确时间的 TCP/IP 协议，其本身的传输基于 UDP。本章将探讨 Cisco IOS 的 NTP 特性。

17.1.1 NTP技术概述

所有 Cisco 路由器都有自己的系统时钟，能够保存当前的日期和时间。NTP 主要解决网络内所有路由器的时钟同步问题，除此之外，它也能用于在给定网络内所有系统时钟的同步，包括工作站或其它具有时钟的系统。对于各种各样的工作站和服务器的来讲，都有相应的 NTP 客户端软件。对于一个网络内所有的路由器，使其时钟同步是非常重要的，因为：

- 调试与事件时间戳（timestamps）：从不同路由器采集的调试与事件时间戳是没有什么意义的，除非这些路由器是以同一公共时间为参考。
- 事物处理：事物处理需要精确的时间戳（timestamps）。
- 仿真：复杂的事物往往需细分，由多个系统来处理，为保证事件的正确顺序，多个系统必须参考同一时钟。
- 系统维护：完成某些功能如同时重装（reload）网络内的所有路由器，整个网络必须拥有公共时钟。

NTP 通常能够使广域网内的所有系统时钟在 10 毫秒内同步。

17.1.2 NTP的工作原理

本节将给出 NTP 工作原理的简要介绍，有关 NTP 的详细描述在 RFC1305 中给出。

NTP 所针对的基本问题如图 17-1 所示。两台路由器 A 和 B 通过串口相连，它们都有自己独立的系统时钟，问题是怎么样来实现各自系统时钟的自动同步？

我们假设：

- 在路由器 A 和 B 的系统时钟同步之前，路由器 A 的时钟设定为 10:00 a.m.，路由器 B 的时钟设定为 11:00 a.m.。
- 以路由器 B 为时间服务器（time server），即路由器 A 将使自己的时钟与路由器 B 同步。
- 数据包在路由器 A 和 B 之间单向传输所需的时间为 1 秒。

- 数据包在路由器B内部进行处理的时延为1秒。

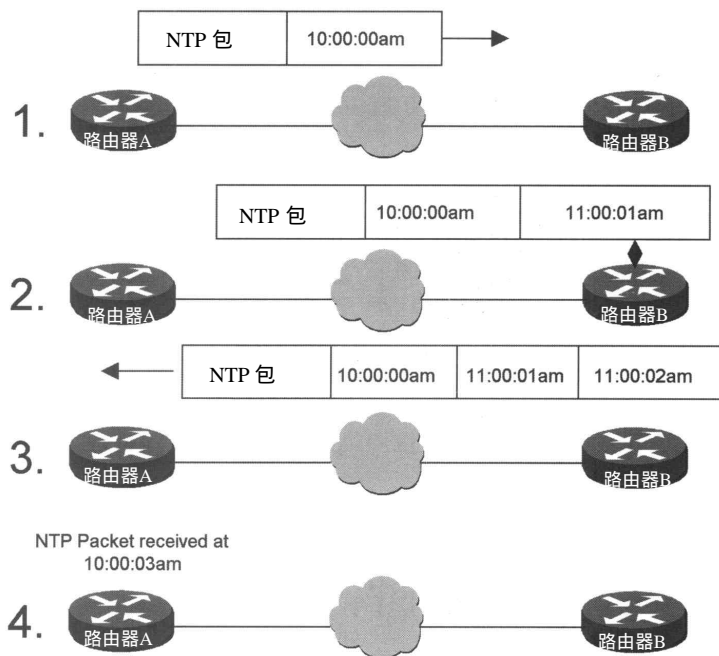


图17-1 NTP 功能概览

系统时钟同步的工作过程如下：

- 1) 路由器A发送一个NTP包给路由器B，该包带有它离开路由器A的时间戳，该时间戳为10:00:00 a.m.。
- 2) 当此NTP包到达路由器B时，路由器B加上自己的时间戳，该时间戳为11:00:01a.m.。
- 3) 当此NTP包离开路由器B时，路由器B再次加上自己的时间戳，该时间戳为11:00:02 a.m.。
- 4) 当路由器A接收到该响应包时，加上一个新的时间戳，该时间戳为10:00:03 a.m.。

至此，路由器A已拥有足够的信息以计算两个重要的参数：

- NTP数据包来回一个周期的时延。
- 路由器A和路由器B的时钟差。

于是路由器A能够设定自己的时钟与路由器B同步。

应当注意这只是NTP工作原理的一个粗略描述，在RFC1305规范中，NTP使用复杂的算法来确保时钟同步的精确性。

17.1.3 NTP实现

在实际应用中，通常不会采用路由器来作为NTP服务器，使用商业时钟产品可以获得更高的时钟精确度。一类该产品如DATUM Tymserve 2000网络时间服务器，该设备综合了GPS接收器和NTP服务器的功能，它能够接收GPS网络第1层的时钟信号，以及与以太网相连，响应来自同位体和客户端的NTP请求。由于这类设备的费用低，也可以用于分布时钟系统（在本地如大学校园里安放Tymserve 2000）——无需跨过广域网进行时钟同步。

17.2 本章所讨论的命令

- **ntp access-group** {query-only | serve-only | serve | peer }
access-list number
- **ntp authenticate**
- **ntp authentication-key** *number* **md5** *value*
- **ntp broadcast** [*version number*]
- **ntp broadcast client**
- **ntp broadcast delay** *microseconds*
- **ntp clock period** *value*
- **ntp disable**
- **ntp master** [*stratum*]
- **ntp peer** *ip-address* [*version number*] [**key** *keyid*]
[*source interface*] [**prefer**]
- **ntp server** *ip-address* [*version number*] [**key** *keyid*]
[*source interface*] [**prefer**]
- **ntp source** *type number*
- **ntp trusted-key** *key-number*
- **ntp update-calendar**
- **show ntp status**
- **show ntp association**
- **show ntp association detail**

命令的定义

- **ntp access-group**: 该全局命令用于路由器 NTP 服务的访问控制。
- **ntp authenticate**: 是一个全局命令，它启用 NTP 身份验证。
- **ntp authentication-key**: 该全局命令用于定义 NTP 身份验证的键值。
- **ntp broadcast**: 是一个接口命令，用于指定一特定接口来发送 NTP 广播包。
- **ntp broadcast client**: 是一个接口命令，使路由器通过特定接口来接收 NTP 广播包。
- **ntp broadcast delay**: 是一个全局命令，它用于设定数据包在路由器和 NTP 服务器之间一个回程所需时间的估计值。
- **ntp clock-period**: 这条全局命令不必输入，当使用 NTP 进行系统时钟同步时，路由器将自动产生这条命令。
- **ntp disable**: 这条接口命令使特定接口不接收 NTP 包。
- **ntp master**: 这条全局命令用来配置路由器为 NTP 主时钟，只有当没有可用的外部 NTP 源或者为测试用途才使用该命令。
- **ntp peer**: 该全局命令使路由器的系统时钟与其对等体的时钟同步（或对对等体的时钟进行同步）。
- **ntp server**: 该全局命令使路由器的系统时钟由时间服务器进行同步。
- **ntp source**: 该全局命令强制路由器在其 NTP 包中使用特定的源地址。
- **ntp trusted-key**: 该全局命令用于确认路由器的特定身份验证键值。

- ntp update-calendar: 该全局命令使NTP周期性地更新Cisco 7XXX 系列路由器的日历。
- show ntp status: 是一执行模式命令，用于显示路由器的NTP信息，它可以表明该路由器是通过NTP对等体进行时钟同步还是通过NTP服务器进行同步。
- show ntp association[detail]: 这条执行模式命令显示与NTP有关的信息，如轮询周期等。

17.3 IOS需求

本章的实验使用的是IOS 11.2版，这里所讨论的NTP功能大部分可以用IOS 10.0或以后版本进行测试。读者可以到Cisco网站上查看所拥有的特定IOS版本的相应NTP报告。某些版本的IOS还有专门针对NTP功能的特殊版本。

17.4 实验66：使用时间服务器的Cisco NTP

17.4.1 所需设备

为完成本实验需要下列设备：

- 1) 三台Cisco路由器，其中一台有两个串口；
- 2) Cisco IOS 10.0或更高；
- 3) 运行终端仿真程序的PC一台；
- 4) 两根Cisco DTE/DCE交叉电缆，如果没有可用的交叉电缆，可以将标准的Cisco DTE电缆与标准的Cisco DCE电缆相连接做成一条交叉电缆。

17.4.2 配置概述

本实验将演示两台Cisco路由器与作为NTP时间服务器的另外一台路由器进行同步，三台路由器通过串口进行连接，路由器A和B之间、路由器B和C之间都是通过交叉电缆连接。

路由器B作为DCE，为路由器A和C提供时钟，IP地址的分配如图17-2所示，运行终端仿真程序的PC与路由器A的控制端口相连。



图17-2 NTP时间服务器实验

路由器A被设为NTP主时钟，路由器B和C都被配置成根据路由器A来同步时钟。

注意 NTP的会聚(convergence)可能需要长达半个小时，这意味着在修改NTP主系统时钟之后，再过半个小时其它的时钟才进行同步。这是因为NTP将时钟的改变视为时钟系统的不稳定。NTP需在等待系统稳定后才会进行同步和传递时钟的改变。

Cisco路由器在加电启动后没有一个有效的日期和时间设置，加电后其时钟被设定为1993年3月1日，在NTP生效之前必须为路由器设定一个有效的时钟，设定时钟的命令语法如下：

clock set 时:分:秒 日 月 年

17.4.3 路由器配置

本例中三台路由器的配置情况如下：

1. 路由器A

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterA
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.10.3.100 255.255.255.0
!
interface Serial0/0
 ip address 192.1.1.1 255.255.255.0
 encapsulation ppp
!
router rip
 network 10.0.0.0
 network 192.1.1.0
!
ip classless
!
line con 0
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
!
ntp master 1
end
```

2. 路由器B

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterB
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Serial0/0
 ip address 192.1.1.2 255.255.255.0
 encapsulation ppp
 clockrate 500000
!
```

```
interface Serial0/1
 ip address 196.1.1.2 255.255.255.0
 encapsulation ppp
 clockrate 19200
!
router rip
 network 192.1.1.0
 network 196.1.1.0
!
ip classless
!
line con 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
!
ntp clock-period 17179866
ntp server 192.1.1.1
end
```

3. 路由器C

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterC
!
!
no ip domain-lookup
!
interface Serial0/0
 ip address 196.1.1.3 255.255.255.0
 encapsulation ppp
!
router rip
 network 196.1.1.0
!
no ip classless
!
line con 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 30 0
 password cisco
 login
!
ntp clock-period 17179864
ntp server 192.1.1.1
end
```

17.4.4 监测配置

在路由器A会聚和新设定的时钟稳定之后，它将开始传播其时钟设定值。可以用 `show ntp status` 命令来监测各路由器时钟同步的情况。

在路由器A上执行show ntp status的结果说明它处于同步状态，注意到其参考点显示为“本地”，因为该路由器被设置为主时钟。由于在路由器A中配置有ntp master 1命令项，该路由器将自身定为第1层时钟源。

```
RouterA#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 1, reference is .LOCL.
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA879B74.9051655D (11:28:52.563 UTC Wed Mar 3 1999)
clock offset is 0.0000 msec, root delay is 0.00 msec
root dispersion is 0.02 msec, peer dispersion is 0.02 msec
RouterA#
```

在路由器B和C上执行show ntp status，其输出结果是完全相同的。从显示信息我们看到这两台路由器都处于同步状态，各自的时钟均属于第2层，这是由于它们都是根据第1层的时钟源进行同步。另外，它们的时钟参考点为192.1.1.1，这是NTP主时钟路由器A的串口地址。

```
RouterB#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 2, reference is 192.1.1.1
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA879BA3.91C82791 (11:29:39.569 UTC Wed Mar 3 1999)
clock offset is -2.0598 msec, root delay is 1.97 msec
root dispersion is 3.02 msec, peer dispersion is 0.93 msec
```

```
RouterC#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 2, reference is 192.1.1.1
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA879B9C.90A0FB53 (11:29:32.564 UTC Wed Mar 3 1999)
clock offset is -0.7317 msec, root delay is 74.55 msec
root dispersion is 2.52 msec, peer dispersion is 1.75 msec
```

另外一个有用的命令是show ntp associations，三台路由器上分别运行该命令的执行结果如下所示。该命令显示路由器发送和接收NTP更新信息的频度，以及接收到最后一个更新信息的时间。例如，路由器B在14秒钟之前收到最后一个NTP更新信息。

```
RouterA#sh ntp associations
```

address	ref clock	st	when	poll	reach	delay	offset	disp
*~127.127.7.1	.LOCL	0	43	64	377	0.0	0.00	0.0

* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured

```
RouterB#sh ntp associations
```

address	ref clock	st	when	poll	reach	delay	offset	disp
*~192.1.1.1	LOCL	1	14	64	377	2.0	-2.06	0.9

* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured

```
RouterC#sh ntp assoc
```

address	ref clock	st	when	poll	reach	delay	offset	disp
*~192.1.1.1	LOCL	1	39	64	377	74.6	-0.73	1.8

* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured

17.5 实验67：使用时间服务器和对等体的Cisco NTP

17.5.1 所需设备

为完成本实验需要下列设备：

- 1) 三台Cisco路由器，其中一台有两个串口；
- 2) Cisco IOS 10.0或更高；

- 3) 运行终端仿真程序的PC一台；
- 4) 两根Cisco DTE/DCE交叉电缆，如果没有可用的交叉电缆，可以将标准的 Cisco DTE电缆与标准的 Cisco DCE电缆相连接做成一根交叉电缆。

17.5.2 配置概述

本实验将演示一台Cisco路由器与作为NTP时间服务器的路由器进行同步，而另外一台路由器则通过与Cisco NTP时间服务器之间对等连接来进行时钟同步。三台路由器通过串口进行连接，路由器A和B之间、路由器B和C之间的连接都使用交叉电缆。路由器B作为DCE，为路由器A和C提供时钟，IP地址的分配如图17-3所示，运行终端仿真程序的PC与路由器A的控制端口相连。

路由器A被设置为NTP主时钟，路由器B被配置成通过NTP服务器与路由器A进行时钟同步，路由器C则被配置成路由器B的对等体，与B的时钟同步。由于路由器B已经与路由器A处于同步态，路由器C将一直保持与B的时钟同步。



图17-3 NTP服务器与对等体实验

注意 NTP的会聚(convergence)可能需要长达半个小时，这意味着在修改NTP主系统时钟之后，再过半个小时其它的时钟才进行同步。这是因为NTP将时钟的改变视为时钟系统的不稳定。NTP需在等待系统稳定后才会进行同步和传递时钟的改变。

Cisco路由器在加电启动后没有一个有效的日期和时间设置，加电后其时钟被设定为993年3月1日，在NTP生效之前必须为路由器设定一个有效的时钟，设定时钟的命令语法如下：

```
clock set 时:分:秒 日 月 年
```

17.5.3 路由器配置

本实验中三台路由器的配置情况如下（关键NTP命令以加粗字体显示）：

1. 路由器A

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterA
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.10.3.100 255.255.255.0
!
interface Serial0/0
 ip address 192.1.1.1 255.255.255.0
 encapsulation ppp
```



```
!  
router rip  
  network 10.0.0.0  
  network 192.1.1.0  
!  
ip classless  
!  
line con 0  
  exec-timeout 120 0  
  password cisco  
  login  
line aux 0  
  password cisco  
  login  
line vty 0 4  
  exec-timeout 120 0  
  password cisco  
  login  
!  
ntp master 1  
end
```

2. 路由器B

Current configuration:

```
!  
version 11.2  
no service udp-small-servers  
no service tcp-small-servers  
!  
hostname RouterB  
!  
enable password cisco  
!  
no ip domain-lookup  
!  
interface Serial0/0  
  ip address 192.1.1.2 255.255.255.0  
  encapsulation ppp  
  clockrate 500000  
!  
interface Serial0/1  
  ip address 196.1.1.2 255.255.255.0  
  encapsulation ppp  
  clockrate 19200  
!  
router rip  
  network 192.1.1.0  
  network 196.1.1.0  
!  
ip classless  
!  
line con 0  
  password cisco  
  login  
line aux 0  
  password cisco  
  login  
line vty 0 4  
  exec-timeout 120 0  
  password cisco  
  login  
!  
ntp clock-period 17179854  
ntp server 192.1.1.1  
end
```

3. 路由器C

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterC
!
!
no ip domain-lookup
!
interface Serial0/0
 ip address 196.1.1.3 255.255.255.0
 encapsulation ppp
!
router rip
 network 196.1.1.0
!
no ip classless
!
line con 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 30 0
 password cisco
 login
!
ntp clock-period 17179866
ntp peer 196.1.1.2
end
```

17.5.4 监测配置

在路由器A会聚和新设定的时钟稳定之后，它将开始传播其时钟设定值。可以用 `show ntp status` 命令来监测各路由器时钟同步的情况。

在路由器A上执行 `show ntp status` 的结果说明它处于同步状态，注意到其参考点显示为“本地”，因为该路由器被设置为主时钟。由于在路由器A中配置有 `ntp master 1` 命令项，该路由器将自身定为第1层时钟源。

```
RouterA#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 1, reference is .LOCL.
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA879FA0.8FD33F2F (11:47:00.563 UTC Wed Mar 3 1999)
clock offset is 0.0000 msec, root delay is 0.00 msec
root dispersion is 0.02 msec, peer dispersion is 0.02 msec
```

可以看到，在路由器B和C上执行 `show ntp status`，其结果显示是不完全相同的。路由器B与路由器A同步，它被列为第2层时钟源，其参考点为 192.1.1.1（路由器A）。路由器C被列为第3层时钟源，因为它是根据路由器B进行时钟同步的，其参考点为 196.1.1.2。

```
RouterB#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 2, reference is 192.1.1.1
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0002 Hz, precision is 2**24
reference time is BA879FA0.8FD33F2F (11:46:40.561 UTC Wed Mar 3 1999)
clock offset is -2.7416 msec, root delay is 1.94 msec
root dispersion is 4.50 msec, peer dispersion is 1.72 msec
```

```
RouterC#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 3, reference is 196.1.1.2
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA879FE4.8DF8FEFE (11:47:48.554 UTC Wed Mar 3 1999)
clock offset is -0.8742 msec, root delay is 70.74 msec
root dispersion is 4.84 msec, peer dispersion is 0.31 msec
```

下面为执行show ntp associations命令所显示的输出结果，该命令说明路由器收/发NTP更新包的频率及收到最后一个更新数据包的时间。以路由器 C为例，它在10秒前收到最后一个NTP更新包。

```
RouterA#sh ntp associations
```

address	ref clock	st	when	poll	reach	delay	offset	disp
*~127.127.7.1	LOCL	0	25	64	377	0.0	0.00	0.0
* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured								

```
RouterB#sh ntp associations
```

address	ref clock	st	when	poll	reach	delay	offset	disp
*~192.1.1.1	LOCL	1	61	64	377	1.9	-2.74	1.7
* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured								

```
RouterC#sh ntp associations
```

address	ref clock	st	when	poll	reach	delay	offset	disp
*~196.1.1.2	.192.1.1.1	2	10	64	377	68.8	-0.87	0.3
* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured								

17.6 实验68：带身份验证的Cisco NTP

17.6.1 所需设备

为完成本实验需要下列设备：

- 1) 两台Cisco路由器，各有一个串口；
- 2) Cisco IOS 10.0或更高；
- 3) 运行终端仿真程序的PC一台；
- 4) 两根Cisco DTE/DCE交叉电缆，如果没有可用的交叉电缆，可以将标准的 Cisco DTE电缆与标准的Cisco DCE电缆相连接做成一条交叉电缆。

17.6.2 配置概述

本实验将说明NTP的身份验证功能。Cisco NTP的应用中包括了强大的身份验证能力，确保NTP更新包是来自可靠的时钟源。

两台Cisco路由器通过串口使用交叉电缆进行连接，路由器 B作为DCE，为路由器A提供时钟信息，IP地址的分配如图 17-4所示，运行终端仿真程序的PC与路由器A的控制口相连。

路由器A被设置为NTP主时钟，路由器 B通过NTP服务器被配置成与路由器 A同步，路由器A和B都配置了NTP身份验证，其身份验证使用 MD5加密算法以确保NTP包在两台路由器之间传输的有效性。

注意 NTP的会聚(convergence)可能需要长达半个小时，这意味着在修改NTP主系统时钟之后，再过半个小时其它的时钟才进行同步。这是因为NTP将时钟的改变视为时钟系统

的不稳定。NTP需在等待系统稳定后才会进行同步和传递时钟的改变。其次，将两台路由器的身份验证键值设为相同的值，证实两台路由器是通过NTP进行时间同步的。

该练习可以分两步来进行。首先，在路由器 A 和 B 的配置中为它们分别设定不同的身份验证键值，该命令的语法为：

```
ntp authentication-key number md5 value
```

譬如，在路由器 A 中输入：ntp authentication-key 1 md5 cisco；在路由器 B 中输入：ntp authentication-key 1 md5 bay，这种配置将使得两路由器之间的身份验证不能正常工作，实验结果将证明身份验证的失败将导致两路由器之间的 NTP 不能实现。身份验证键值在输入之后立即被加密，在通过 show run 命令来查看路由器配置时，身份验证键值的明文例如 cisco 将以如下形式显示：

```
ntp authentication-key 1 md5 045802150C2E 7
```

Cisco 路由器在加电启动后没有一个有效的日期和时间设置，加电后其时钟被设定为 1993 年 3 月 1 日，在 NTP 生效之前必须为路由器设定一个有效的时钟，设定时钟的命令语法如下：

```
clock set hh:mm:ss day month year
```

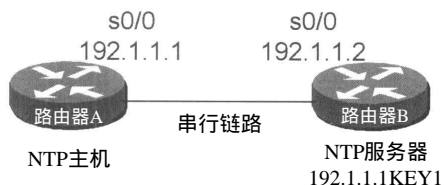


图17-4 NTP身份验证

17.6.3 路由器配置

本实验中两台路由器的配置情况如下：

1. 路由器 A

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterA
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.10.3.100 255.255.255.0
!
interface Serial0/0
 ip address 192.1.1.1 255.255.255.0
 encapsulation ppp
!
router rip
 network 192.1.1.0
!
ip classless
!
line con 0
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
```

```
line vty 0 4
  exec-timeout 120 0
  password cisco
  login
!
ntp authentication-key 1 md5 045802150C2E 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp master
end
```

2. 路由器B

Current configuration:

```
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterB
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
  ip address 10.10.3.101 255.255.255.0
!
interface Serial0/0
  ip address 192.1.1.2 255.255.255.0
  encapsulation ppp
  clockrate 500000
!
interface Serial0/1
  ip address 196.1.1.2 255.255.255.0
  encapsulation ppp
  clockrate 19200
!
router rip
  network 192.1.1.0
  network 196.1.1.0
!
ip classless
!
line con 0
  password cisco
  login
line aux 0
  password cisco
  login
line vty 0 4
  exec-timeout 120 0
  password cisco
  login
!
ntp authentication-key 1 md5 121A0C041104 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp clock-period 17179827
ntp server 192.1.1.1 key 1
end
```

17.6.4 监测配置

在路由器 A 会聚和新设定的时钟稳定之后，它将开始传播其时钟设定值。可以用 `show ntp status` 命令来监测各路由器时钟同步的情况。

在路由器 A 上执行 show ntp status 的结果说明它处于同步状态，注意到其参考点显示为“本地”，因为该路由器被设置为主时钟。由于在路由器 A 的配置中 ntp master 命令项没有明确指定其时钟层次号，该路由器将自身视为第 8 层时钟源。

```
RouterA#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 8, reference is 127.127.7.1
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA2DE8FD.D1BC0A57 (10:35:41.819 UTC Fri Dec 25 1998)
clock offset is 0.0000 msec, root delay is 0.00 msec
root dispersion is 0.02 msec, peer dispersion is 0.02 msec
```

路由器 B 的时钟也已同步，为第 9 层时钟源，因为它是与路由器 A 同步的，而路由器 A 为第 8 层时钟源。

```
RouterB#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 9, reference is 192.1.1.1
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0006 Hz, precision is 2**24
reference time is BA2DE912.F26F9533 (10:36:02.947 UTC Fri Dec 25 1998)
clock offset is 0.1931 msec, root delay is 0.73 msec
root dispersion is 1.79 msec, peer dispersion is 1.57 msec
```

我们再来看一下如下所显示的 show ntp associations 命令，该命令说明路由器收/发 NTP 更新包的频率及收到最后一个更新数据包的时间。以路由器 B 为例，它在 27 秒前收到最后一个 NTP 更新包。

```
RouterA#sh ntp assoc

      address      ref clock      st      when      poll      reach      delay      offset      disp
*~127.127.7.1    127.127.7.1    7        20        64       377        0.0        0.00        0.0
* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured
```

```
RouterB#sh ntp assoc

      address      ref clock      st      when      poll      reach      delay      offset      disp
*~192.1.1.1      127.127.7.1    8        27       128       377        0.0        0.19        1.6
* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured
```

ntp association detail 命令包含了关于当前 NTP 状态的其它重要信息。如下面的显示中表明了向其它系统进行广播所发生的时间(黑体高亮)。

```
RouterA#sh ntp assoc detail
127.127.7.1 configured, our_master, sane, valid, stratum 7
ref ID 127.127.7.1, time BA2DE8FD.D1BC0A57 (10:35:41.819 UTC Fri Dec 25 1998)
our mode active, peer mode passive, our poll intvl 64, peer poll intvl 64
root delay 0.00 msec, root disp 0.00, reach 377, sync dist 0.015
delay 0.00 msec, offset 0.0000 msec, dispersion 0.02
precision 2**24, version 3
org time BA2DE8FD.D1BC0A57 (10:35:41.819 UTC Fri Dec 25 1998)
rcv time BA2DE8FD.D1BC0A57 (10:35:41.819 UTC Fri Dec 25 1998)
xmt time BA2DE8FD.D1BDEB65 (10:35:41.819 UTC Fri Dec 25 1998)
filtdelay =      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
filtoffset =      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00      0.00
filterror =      0.02      0.99      1.97      2.94      3.92      4.90      5.87      6.85
Reference clock status: Running normally
Timecode:
```

17.7 实验69：使用局域网广播的Cisco NTP

17.7.1 所需设备

为完成本实验需要下列设备：

- 1) 三台Cisco路由器，各有一个以太网端口；
- 2) Cisco IOS 10.0或更高；
- 3) 运行终端仿真程序的PC一台；
- 4) 一台以太网集线器；
- 5) 三根以太网电缆，用于连接路由器与集线器；
- 6) (可选) 局域网网络监视器，与集线器相连，利用它可以进行跟踪，显示在网络上发送的NTP包。

17.7.2 配置概述

本实验演示NTP的广播能力，NTP更新包将在局域网中向另外两台路由器进行广播。该实验的配置比以前要简单，因为不需要配置NTP同位体和服务器IP地址。

三台路由器都位于同一以太网局域网中，其IP地址属于同一网段，地址分配如图17-5所示。运行终端仿真程序的PC与路由器A的控制口相连，可选的网络监视器可以与局域网相连以捕获和分析NTP包。

注意 NTP的会聚(convergence)可能需要长达半个小时，这意味着在修改NTP主系统时钟之后，再过半个小时其它的时钟才进行同步。这是因为NTP将时钟的改变视为时钟系统的不稳定。NTP需在等待系统稳定后才会进行同步和传递时钟的改变。

Cisco路由器在加电启动后没有一个有效的日期和时间设置，加电后其时钟被设定为1993年3月1日，在NTP生效之前必须为路由器设定一个有效的时钟，设定时钟的命令语法如下：

```
clock set hh:mm:ss day month year
```

由于IOS的关系，对系统时钟做了修改之后，路由器A以太网接口的NTP广播命令项必须重新输入。

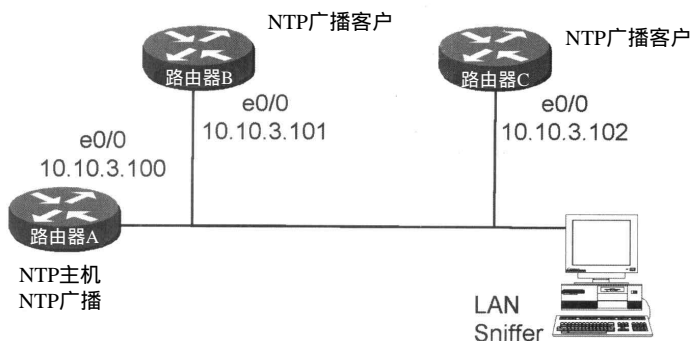


图17-5 NTP 局域网广播实验

NTP 包捕获

下面为使用Network Associates分析仪进行跟踪的结果，显示的是本实验中在局域网上发送的一个完整NTP包信息。

```
Packet 5 captured at 11/28/1998 11:35:30 PM; Packet size is 90(0x5a)bytes
Relative time: 000:00:49.927
Delta time: 37.671.943
Ethernet Version II
```

```

Address: 00-E0-1E-5B-0A-81 -->FF-FF-FF-FF-FF-FF
Ethernet II Protocol Type: IP
Internet Protocol
  Version(MSB 4 bits): 4
  Header length(LSB 4 bits): 5 (32-bit word)
  Service type: 0x00
    000. .... = 0 - Routine
    ...0 .... = Normal delay
    .... 0... = Normal throughput
    .... .0.. = Normal reliability
  Total length: 76 (Octets)
  Fragment ID: 1278
  Flags summary: 0x00
    0... .... = Reserved
    .0.. .... = May be fragmented
    ..0. .... = Last fragment
  Fragment offset(LSB 13 bits): 0 (0x00)
  Time to live: 255 seconds/hops
  IP protocol type: UDP (0x11)
  Checksum: 0xA935
  IP address 10.10.3.100 ->BROADCAST
  No option
User Datagram Protocol
  Port Network Time Protocol --> Network Time Protocol
  Total length: 56 (Octets)
  Checksum: 0xF9EF
Network Time Protocol
  Leap Indicator: 0 - No Warning
  Version Number: 3
  Mode: 5 - Broadcast
  Stratum: 8 - Secondary Reference
  Poll Interval: 6 (Sec)
  Precision: 232 (Sec)
  Root Delay: 0.0 (Sec.200PicoSec)
  Root Dispersion: 0.2 (Sec.200PicoSec)
  Reference Source Address: 127.127.7.1
  Reference Timestamp: 3121240502.2318470671 (Sec.200PicoSec)
  Originate Timestamp: 0.0 (Sec.200PicoSec)
  Receive Timestamp: 0.0 (Sec.200PicoSec)
  Transit Timestamp: 3121240534.2318467748 (Sec.200PicoSec)

```

17.7.3 路由器配置

本实验中三台路由器的配置情况如下：

1. 路由器A

```

Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterA
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.10.3.100 255.255.255.0
 ntp broadcast
!
interface Serial0/0
 ip address 192.1.1.1 255.255.255.0
 encapsulation ppp
!

```



```
router rip
 network 10.0.0.0
 network 192.1.1.0
!
ip classless
!
line con 0
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
!
ntp master
end
```

2. 路由器B

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterB
!
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.10.3.101 255.255.255.0
 ntp broadcast client
!
interface Serial0/0
 ip address 192.1.1.2 255.255.255.0
 encapsulation ppp
 clockrate 500000
!
interface Serial0/1
 ip address 196.1.1.2 255.255.255.0
 encapsulation ppp
 clockrate 19200
!
router rip
 network 192.1.1.0
 network 196.1.1.0
!
ip classless
!
line con 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 120 0
 password cisco
 login
!
end
```

3. 路由器C

```
Current configuration:
!
version 11.2
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname RouterC
!
!
no ip domain-lookup
!
interface Ethernet0/0
 ip address 10.10.3.102 255.255.255.0
 ntp broadcast client
!
interface Serial0/0
 ip address 196.1.1.3 255.255.255.0
 encapsulation ppp
!
router rip
 network 196.1.1.0
!
no ip classless
!
line con 0
 password cisco
 login
line aux 0
 password cisco
 login
line vty 0 4
 exec-timeout 30 0
 password cisco
 login
!
end
```

17.7.4 监测配置

在路由器A会聚和新设定的时钟稳定之后，它将开始传播其时钟设定值。可以用 `show ntp status` 命令来监测各路由器时钟同步的情况。

在路由器A上执行 `show ntp status` 的输出结果说明它处于同步状态。

```
RouterA#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 8, reference is 127.127.7.1
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA374A04.95680411 (13:20:04.583 UTC Fri Jan 1 1999)
clock offset is 0.0000 msec, root delay is 0.00 msec
root dispersion is 0.02 msec, peer dispersion is 0.02 msec
```

```
RouterB#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 9, reference is 10.10.3.100
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA374A2B.9511C731 (13:20:43.582 UTC Fri Jan 1 1999)
clock offset is 3.4407 msec, root delay is 0.93 msec
root dispersion is 382.71 msec, peer dispersion is 379.24 msec
```

```
RouterC#sh ntp status
Clock is synchronized, stratum 9, reference is 10.10.3.100
nominal freq is 250.0000 Hz, actual freq is 250.0000 Hz, precision is 2**24
reference time is BA374A2B.96B65B60 (13:20:43.588 UTC Fri Jan 1 1999)
clock offset is -4.7316 msec, root delay is 0.78 msec
root dispersion is 134.98 msec, peer dispersion is 130.20 msec
```

下面为执行show ntp associations命令所显示的输出结果，该命令说明路由器收/发NTP更新包的频率及收到最后一个更新数据包的时间。以路由器 C为例，它在52秒前收到最后一个NTP更新包。

```
RouterC#sh ntp assoc
```

```

address ref clock st when poll reach delay offset disp
* 10.10.3.100 127.127.7.1 8 52 64 376 0.8 -4.73 130.2
* master (syncd), # master (unsyncd), + selected, - candidate, ~ configured
```

show ntp association detail 命令包含了关于当前NTP状态的其它重要信息。如下面的显示中表明了向其它系统进行广播所发生的时间。

```

RouterC#sh ntp assoc detail
10.10.3.100 dynamic, our_master, sane, valid, stratum 8
ref ID 127.127.7.1, time BA374A04.95680411 (13:20:04.583 UTC Fri Jan 1 1999)
our mode bdcast client, peer mode bdcast, our poll intvl 64, peer poll intvl 64
root delay 0.00 msec, root disp 0.03, reach 376, sync dist 130.615
delay 0.78 msec, offset -4.7316 msec, dispersion 130.20
precision 2**24, version 3
org time BA374A2B.9562442A (13:20:43.583 UTC Fri Jan 1 1999)
rcv time BA374A2B.96B65B60 (13:20:43.588 UTC Fri Jan 1 1999)
xmt time BA374983.F15A0680 (13:17:55.942 UTC Fri Jan 1 1999)
filtdelay = 0.78 0.78 2.43 0.78 2.73 1.17 3.08 0.00
filtoffset = -4.73 -0.25 -7.38 -0.27 -7.28 -0.11 -7.15 0.00
filtererror = 0.99 1.97 2.58 2.59 2.61 2.62 2.64 16000.0
```

17.8 结论

本章讨论了网络时间协议 (NTP)，NTP用于使同一网络内的系统时钟同步。时钟同步是非常重要的，例如使网络内所有系统的调试与事件时间戳基于同一时间。

NTP的规范由RFC 1305给出，它使用一种简单的方法来确定两个系统间的往返延迟和时间差。

本章包含了许多使用Cisco路由器作为NTP服务器的实验，另外一些实验包括NTP对等体、身份验证和广播等。

在实际应用中，可以使用独立的、以GPS为参考的NTP服务器来提供网络同步时钟。