

第3章 令牌环和源路由桥接

虽然大多数网络的介质都是 3 种可用的以太网形式中的一种，但令牌环在当今仍然占有一席之地。不过，它不寻常的传输方式和非常规的 MAC 地址表示法经常使许多工程师感到棘手。

IEEE（电力和电子工程师协会）曾经采纳过最初的令牌环规范，而对这个规范只是做了稍微的修改。修改后的规范称为 IEEE 802.5，它于 1985 年发表。它主要在 IBM 作为主要供应商的环境中使用，这使令牌环在全世界风靡了一阵。80 年代，IBM 公司在计算机产业中相当流行，许多客户都使用了这个特殊的介质。直到现在，金融协会、保险公司、组织机构和政府仍然是令牌环网的主要客户。虽然有许多客户正以其他介质来取代令牌环网络，但是仍有一些客户因令牌环网已成熟的程序和过渡到以太网的种种不便不得不放弃这种打算。

3.1 令牌环的结构

在 70 年代中期，由于 LAN（局域网）越来越流行，IBM 感到需要发展它自己的 LAN 介质。那时，以太网并不适合于 IBM 公司的实际情况。在 60 年代和 70 年代，IBM 公司是一个非常严格的组织，它的男性雇员要穿着白衬衫和蓝裤子，而不能是灰白色或浅红色。当然，这么严格的公司不会赞成这样一种介质，这种介质让工作站任何时候都能进行传送，而根本不考虑其他的工作站是否在进行传送。我不知道 IBM 开发令牌环的真实故事，但是这一点确实帮助我认识到了令牌环的结构。

令牌环不是将工作站放置在导线或网段上，而是将工作站设置成环形。通常的情况下，创建令牌环时都要用到一个称作 MAU（multiaccess unit，多访问单元）的集线器。图 3-1 给出了工作站与 MAU 相连来创建令牌环的例子。图中的网络从逻辑的角度看是一个环，但从物理的角度看，它像一个星形拓扑。令牌环使用的是 Normal Category 5 电缆。Cisco Catalyst 令牌环的交换产品全部使用 RJ-45 连接器。

以太网在传送数据时使用的是一种非确定性的方法。也就是说，只要在其他工作站没有准备使用导线的情况下，工作站随时都可以对数据进行传送。令牌环使用一种非确定性的方式。在令牌环中，一个令牌围绕环形网络进行传送时，当工作站有这个令牌时，它就可以对帧进行传送。帧向四周传送至所有的工作站，其中包括目标工作站（见图 3-2），目标工作站对帧进行复制，然后在令牌环的帧报头中生成一个字节，以表明它已经接收到了这个数据。然后，这个帧继续向环形网络的四周传送，直至源工作站。源工作站便知道帧已经被目标工作站接收到，所以，它就重新生成令牌，并将令牌传送至环形网络中第二个工作站。需要知道的是，令牌环仍然是一个共享介质，因为工作站不得不对令牌的返回进行等待，但是，由于它的非确定性，令牌环可以更加有效地利用它的带宽。在令牌环工作站中，可以通过令牌来确认传输信息的返回，但在以太网中，工作站不会对介质的访问进行确认。要注意的是，令牌环上放置的工作站越多，工作站必须等待令牌返回的时间越长。

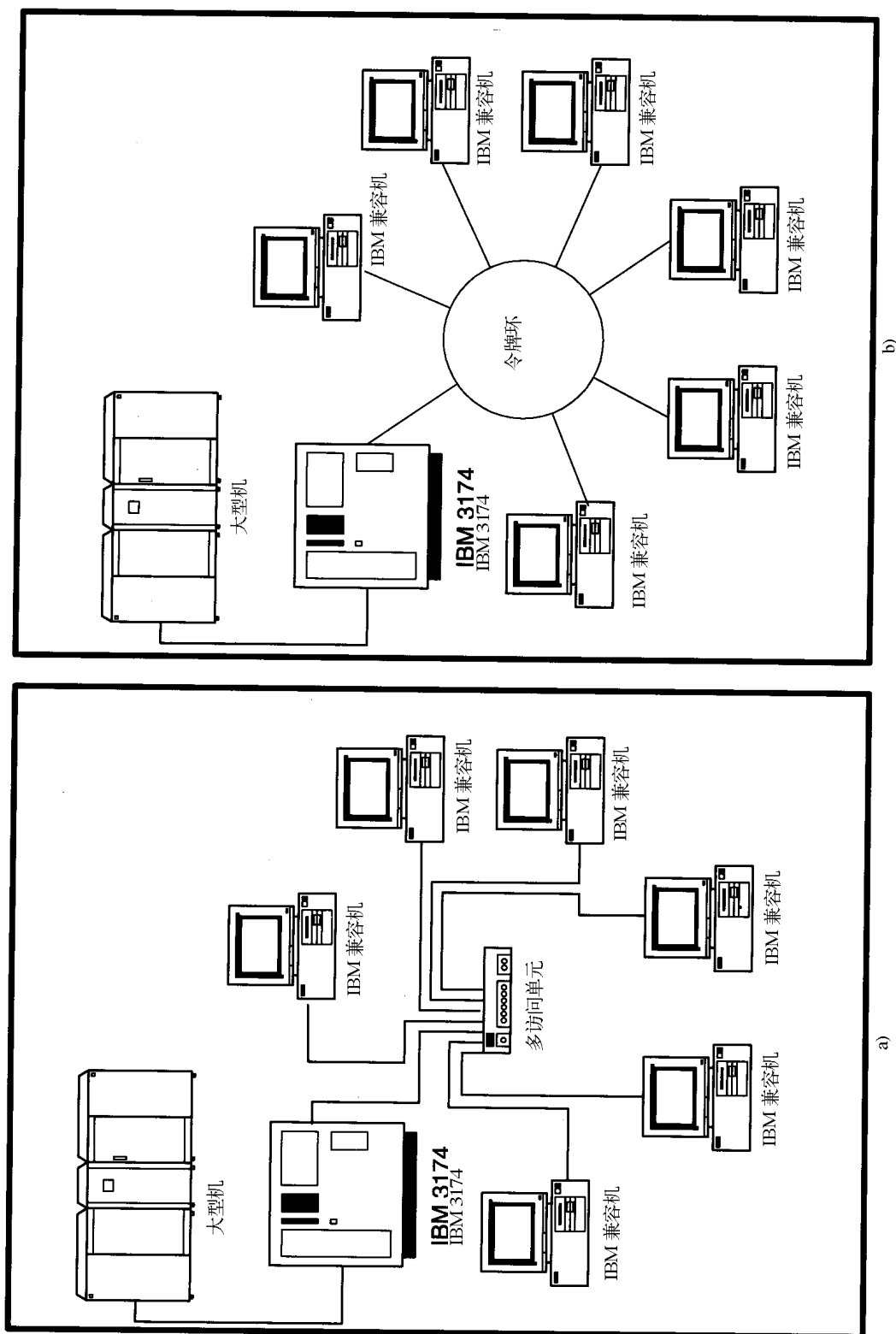


图3-1 物理令牌环 a) 和逻辑令牌环 b) 的比较

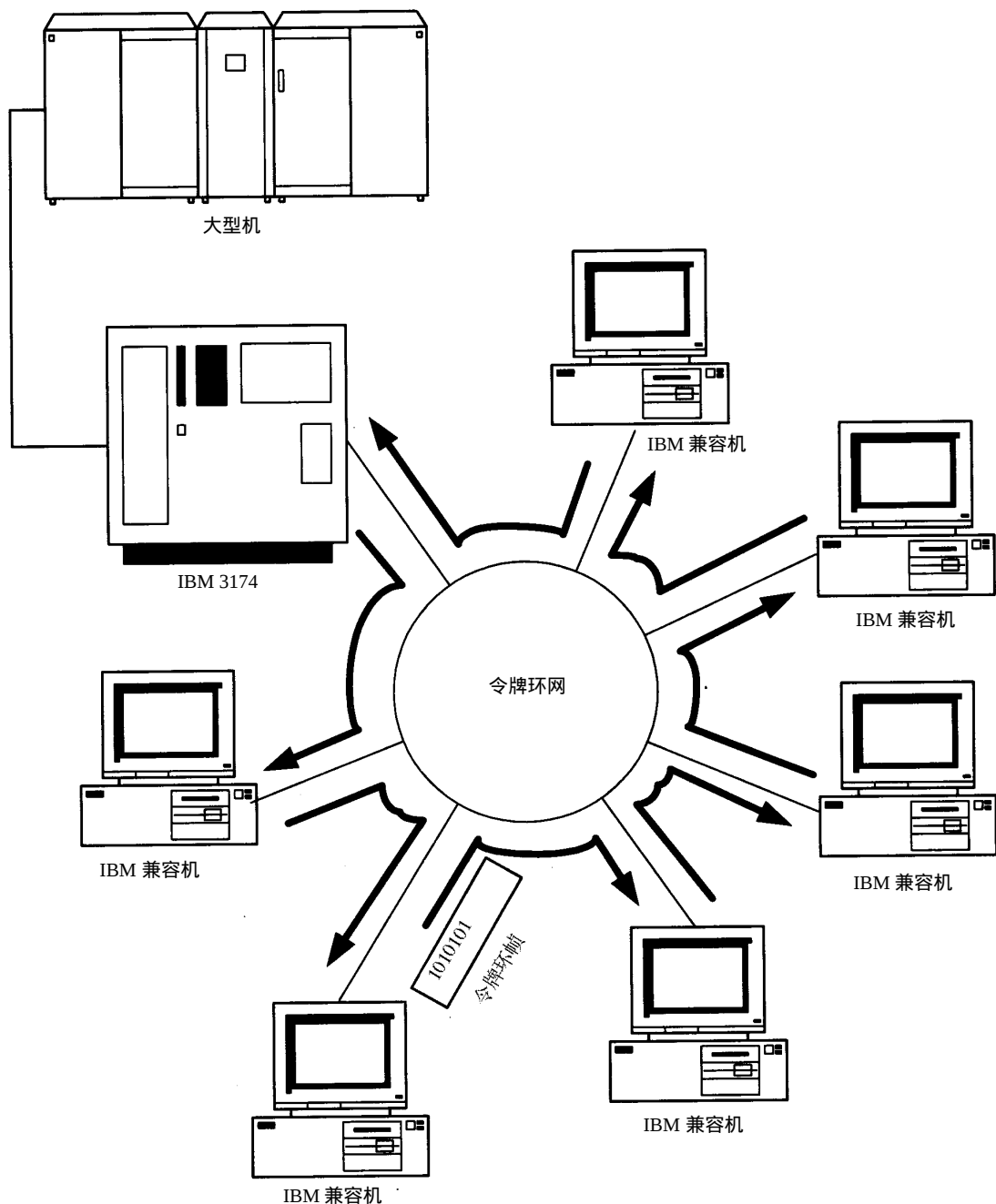


图3-2 令牌环的传送方式

有一个称作活动监视器的特殊工作站将对环形网络进行维护。活动监视器可以确保令牌在环形网络上进行传输。如果带有令牌的工作站出现故障，活动监视器将重新生成令牌，并将它传送至环形网络中的第二个工作站。

令牌环传送数据的速度有两种，分别是 16Mb/s 和 4Mb/s。但是，4Mb/s 的速度今天已经很少使用，而且许多产品上都不支持。另外需要注意的是，令牌环的工作速度如果不同，会出

现很多问题。大多数令牌环的 NIC（网卡）都支持两种速度，但是在自动检测前，它们并不支持 4Mb/s 的速度。如果一个工作站带有令牌环 NIC，但没有进行配置，便以 4Mb/s 的速度设法接入环形网络。但不幸的是，环形网络通常都是 16Mb/s。出现这种情况时，整个环形网络可能会在短时间内失去连接，这样将导致工作站锁定，并出现其他一系列问题。所以在允许工作站接入环形网络之前，必须对它的速度进行测试，这是非常重要的。

3.2 令牌环分段

像以太网一样，令牌环也是一种共享介质。如果在环形网络上放置的工作站太多，网络的工作性能会降低，有可能产生网络中断。显而易见的解决办法是创建更多的环形网络。类似于以太网，对环形网络进行分段的方法有两种，分别是物理方法和逻辑方法，而物理方法将在不影响第 3 层协议的前提下创建更多的环形分段。同时，物理分段可以形成多重令牌，允许同时进行对话。不过，广播仍将在所有的环形网络上传播，不会使 IP、IPX 或 Appletalk 寻址受到干扰。

图 3-3 和图 3-4 给出了一个大型的令牌环，这个令牌环被分成能带有更多令牌的 3 个较小的

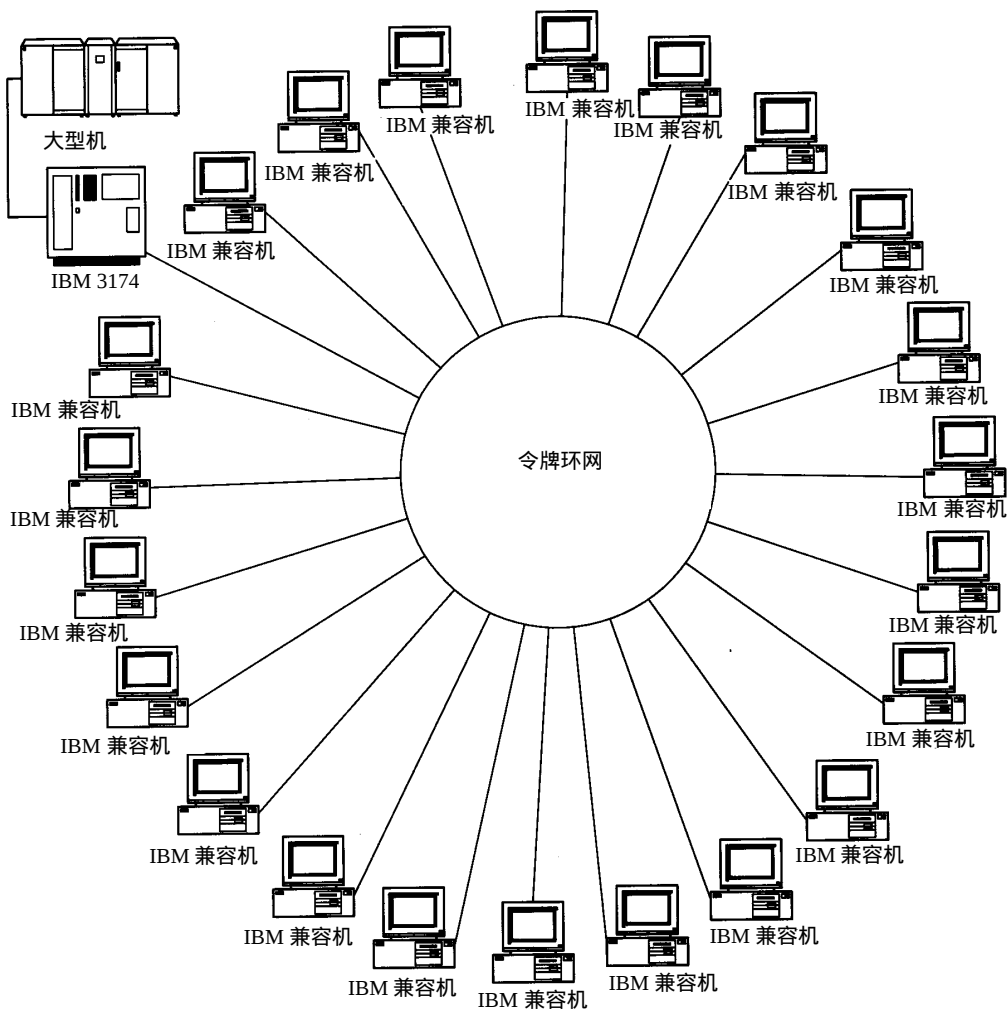


图3-3 单环

环形网络。这种配置可以使总通信量增大。如图 3-3，总的通信量为 16Mb/s（假定一个环形网络的通信量为 16Mb/s）。而在图 3-4 中，单一环形网络分成 3 个独立的环形网络，并在整个网络中生成了 3 个令牌，使总的通信量达到 48Mb/s。在图中，3 个环形网络都与 IBM3174 相连，使它们仍然是同一个 IP 子网、IPX 网和 Appletalk 电缆范围中一部分，并使广播域没有受到物理分

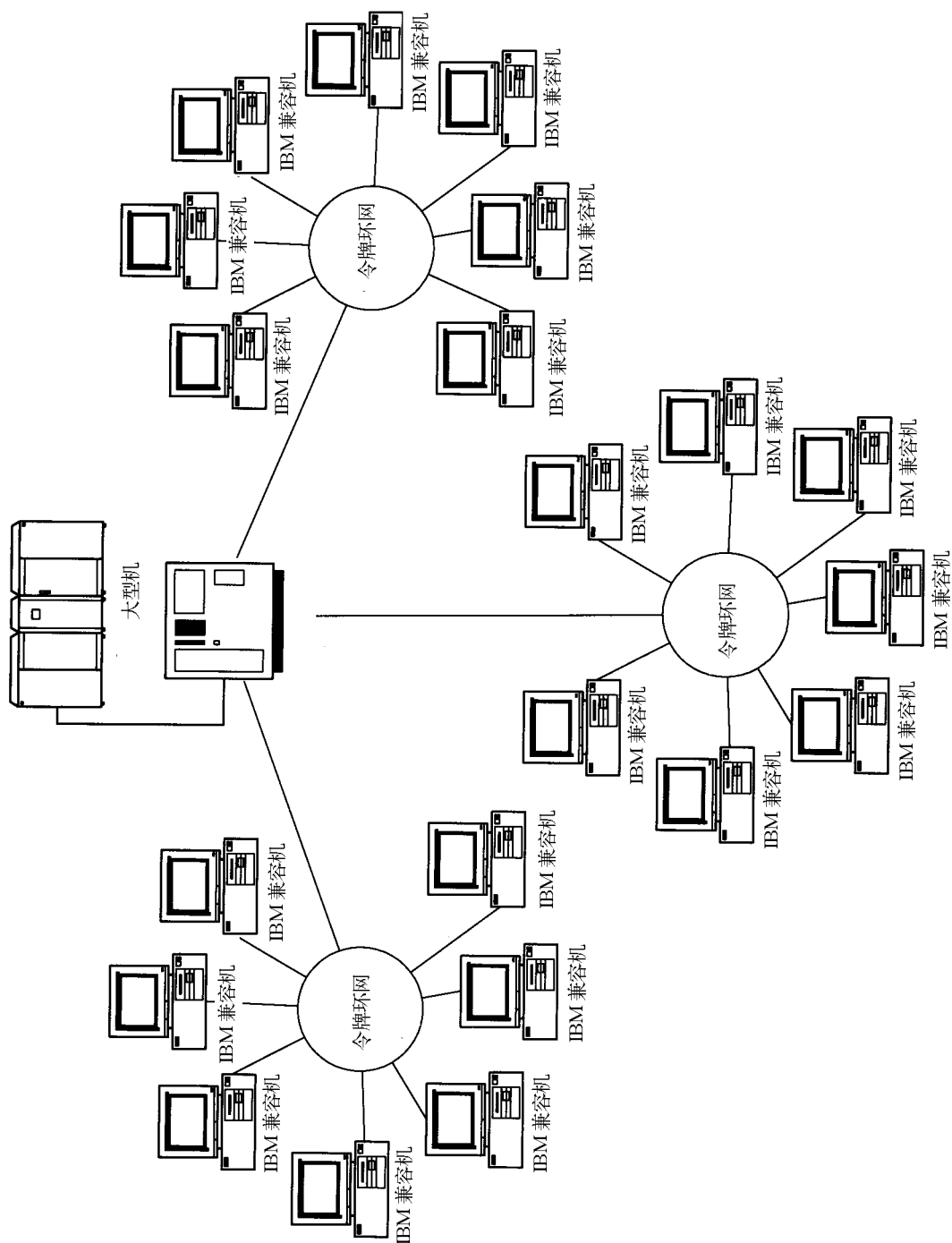


图3-4 3个物理环

段的影响。

令牌环的物理分段可以通过网桥、交换机或带有令牌环接口的路由器来进行。如第 1 章中所讨论的那样，这 3 种设备都用同一种方式进行分段。以太网和令牌环桥接之间的主要不同点是以太网网桥使用透明网桥，而令牌环网桥在大多数情况下只使用源路由桥接。不过，令牌环的网桥或交换机也可以进行透明桥接，这一部分将在后面加以讨论。

令牌环的逻辑分段必须通过路由器进行，这和以太网一样。另外，用 Catalyst 令牌环交换机实现桌面型的交换令牌环已成为现实，但这仍然没有解决第 1 章中讨论过的与广播相关的问题。正像以太网一样，在逻辑的环形网络或平面网络上设置太多的节点将使广播通信量过多，严重降低网络的处理能力。

3.3 源路由桥接

源路由桥接是令牌环交换机或网桥在大多数的情况下使用的一种桥接方法。它和第 3 层路由方法非常相似，第 3 层路由方法是每个物理环形网络都将接受一个数字来标识它自己，这个数字和带有第 3 层协议的网络数字相似。这样，源路由环境下的每个网桥都赋予一个网桥号。图 3-5 给出了 6 个与源路由网桥相连的物理令牌环。在图中，末端节点已省去，以使说明更加清楚。图中的每个环形网络赋予了一个环形网络号，每个网桥都赋予了一个网桥号。

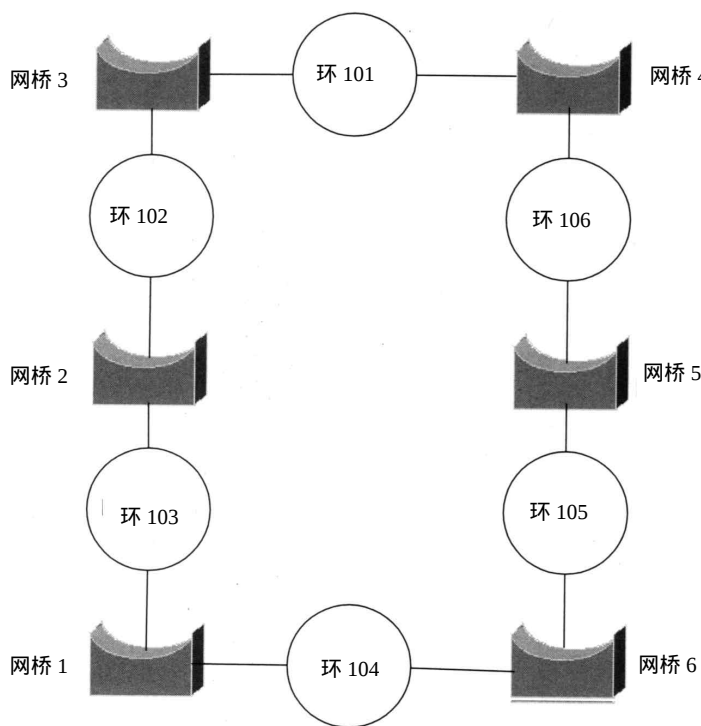


图 3-5 源路由桥接的环境

组成令牌环帧报头是一个称为 RIF（路由信息字段）的字段，RIF 包括一个路由，这个路由是由帧必须经过源路由桥接环境达到目的地的路径。源工作站将 RIF 放置在它传送的每一个数据包中。源工作站实际上是将帧通过源路由桥接环境进行发送的一种设备。它需要末端节点

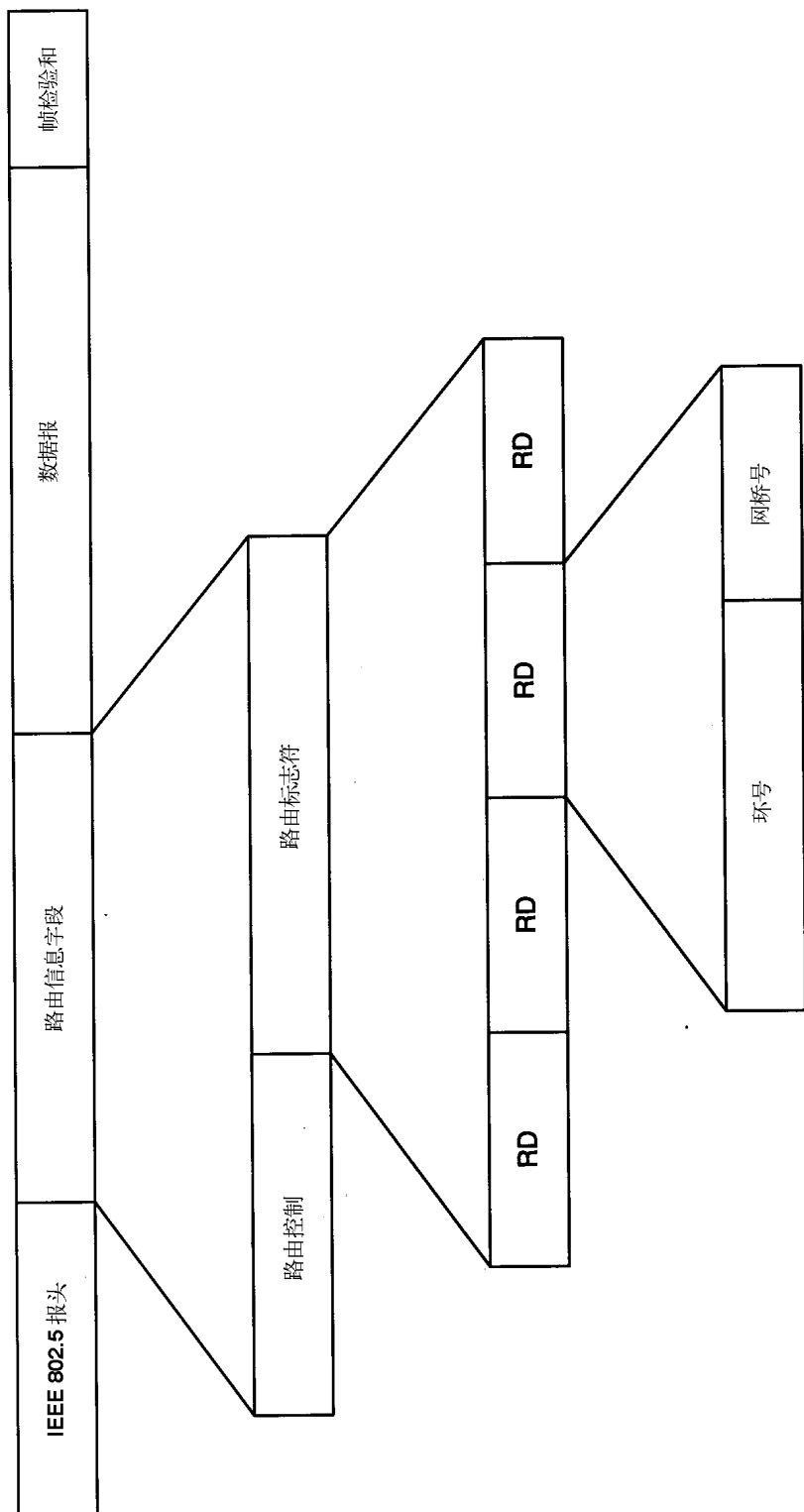


图3-6 分成RD（路由标识符）的令牌环帧

有生成 RIF 的软件。源路由网桥读取这个 RIF 后，就确定是否将帧发往邻近的环形网络。在这种情况下，源路由网桥不如透明网桥那么聪明。透明网桥能够识别出来所有节点都驻留在它的端口上的哪个位置，而源路由网桥只做分配给它的事情，不会对末端节点的地址进行识别。

RIF 包括两个部分，第 1 部分是 RC（路由控制）字段，它占 16 个字节。第 2 部分是称为 RD（路由标识符）的 16 个字节的字段。RD 数由网桥数和帧必须达到它的目的需要通过的环形网络数而定。RD 的开始 12 个字节表示环形网络号，最后的 4 个字节表示网桥号（见图 3-6）。RD 是网桥读取的对帧进行适当路由的实际字段。在 RIF 中，RD 的最大为 14，这样可以限制源路由环境下网桥转发次数为 13。

如果工作站想与图 3-7 中网络上的服务器交换信息，它的 RIF 必须包含一个 RD，每一个网桥转发都会使 RD 数加 1。最后的 RD 将由目标环形网络号和为 0 的网桥号构成，这表明帧不需进行进一步发送。图 3-7 使用 10 进制来表示环形网络和网桥号，但是当使用信息包分析工具时，这些字段将以 16 进制表示。

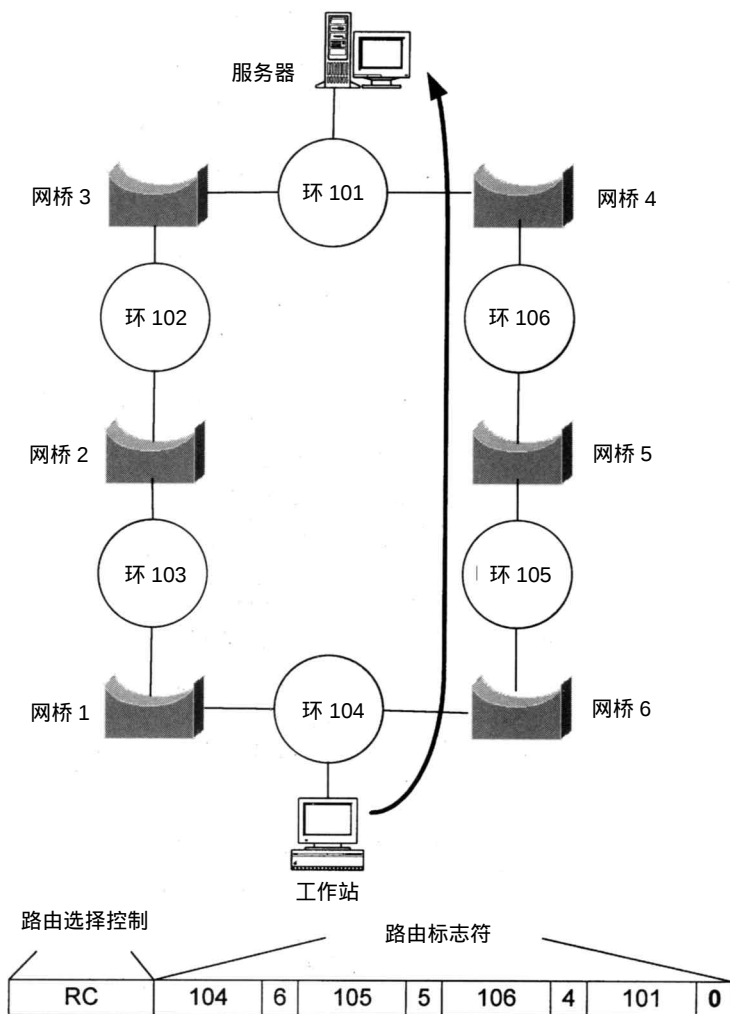


图3-7 RIF示例

图3-8 在转发探测信息包时，增加RD

址反过来，这样信息包将返回工作站，工作站收到这个返回信息包后，便将这个信息包的路由存在缓存中，而将其他的信息删除。

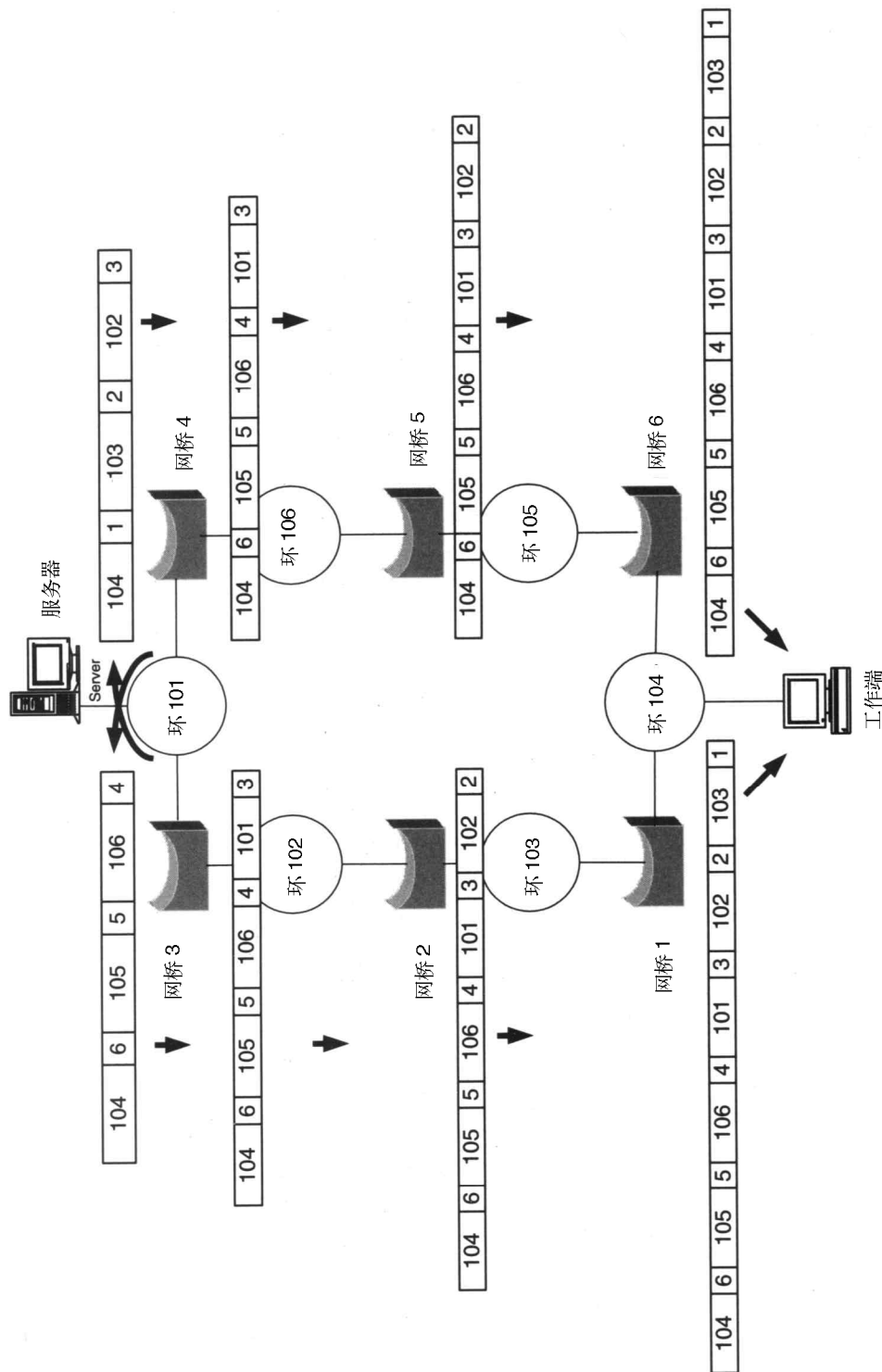


图3-9 到了目标环后，ARP将继续，从而产生过多的通信量

存在多重路由时，ARE信息包会产生多余的通信量。信息包达到目标环时继续转发，直到生成最大的RD数或网桥意识到它自己已进入RD。图3-9中，ARE信息包沿两个方向（除了101环）进行传送，这个过程一直持续到ARE包回到104环。这个例子中，网络上进行传送的ARE包有两个，一个信息包按逆时针方向传送，另外一个信息包按顺时针方向传送。其中第1个ARE包的传送顺序如下：网桥1、网桥2、网桥3、网桥4、网桥5、网桥6（环已忽略掉）。当第1个ARE包以全路径返回网桥1时，网桥1便会检测到自己已进入RD，这样它就不会再转发信息包。第2个ARE信息包将按与前面相反的顺序传送，同样，ARE包返回网桥6时，网桥不会再转发信息包。

3.3.3 生成树探测信息包

ARE信息包可以使多重信息包到达目的地，并形成过多的通信量。为了消除探测信息包，可以使用STE（spanning tree explorer，生成树探测）或SRE（single-route explorer，单路由探测）信息包。源路由网桥按照生成树算法进行运算后，只将STE信息包从指定为“转发”的端口进行转发。这样，可以保证探测信息包只找到达到目的地的唯一一条路由。

这种方式也可以消除给探测信息包的多重回应。在图3-8中，服务器对它收到的每个探测信息包作出回应。在这种情况下，有两种回应。如果已经使用STE信息包，服务器只收到一个探测信息包，这样就只可能产生一个回应。在大型的网络环境下，这些回应达到每秒钟数千次，所以STE信息包可以大大减少探测信息包所占的带宽。

源路由网桥所使用的生成树算法在很多情况下都使用IBM版本，而不是标准的IEEE或DEC版本。Cisco Catalyst交换机只使用IBM版本。

3.4 源路由透明桥接

在有些环境中，末端节点可能没有生成RIF所必须的软件，在这种情况下，可以用源路由网桥来配置两种类型的桥接，即源路由桥接和透明桥接。这种网桥通常称为源路由透明网桥（SRT）。SRT网桥在工作时利用令牌环帧报头中的一个特殊字节，这个字节称为RII（routing information indicator，路由信息指示符）。RII实际上是目标MAC地址的第1个字段。进行RII设置后，表明在帧中有1个RIF，这时帧进行源路由桥接。相反，当没有设置RII时，SRT网桥将进行透明桥接。

3.5 源路由转换桥接

在同种环境中实现令牌环和以太网时，通常使用路由器。不过，使用路由器时，以太网和令牌环的工作站都在不同的逻辑网段上。如果觉得这样不太理想，可以使用SRT/LB（源路由转换网桥）。SRT/LB是一个非常忙碌的网桥。它必须既可以作为令牌环端口上的源路由桥接，又可以作为以太网端口上的透明桥接。它也必须需要在需要的时候能够将以太网帧转换成令牌环帧，反之亦然。需要注意的是，在没有使用外部路由器或路由-交换模块的Catalyst交换机上不支持SRT/LB。

3.6 小结

令牌环和一般的介质不同，而且也比较难以控制，但是，在今天的市场上，它和许多流

传下来的应用程序仍然得到使用。令牌环是由 IBM 开发的介质，它是确定性的。在这种介质中，一小组位（称为令牌）游走于环形网络上的各个节点。带有令牌的节点可以进行信息的传送，当传送结束后，它便将令牌传递到环上的下一个节点。

在令牌环中可以使用源路由网桥来生成桥接。这种桥接需要末端节点配置有能够寻找通往目标的路由，并将路由信息字段（RIF）记入帧报头中的软件。源路由网桥读取帧报头中的 RIF 后就可以适当地路由帧。

在末端节点没有配置源路由桥接的情况下，可以使用 SRT（源路由透明）网桥。在这种情况下，一个源路由透明网桥将查看 RII（路由信息指示符）来确定是否有 RIF 存在。如果不存在 RIF，SRT 网桥将以透明桥接的方式对帧进行传送。如果存在 RIF，SRT 网桥将以源路由桥接的方式对帧进行传送。

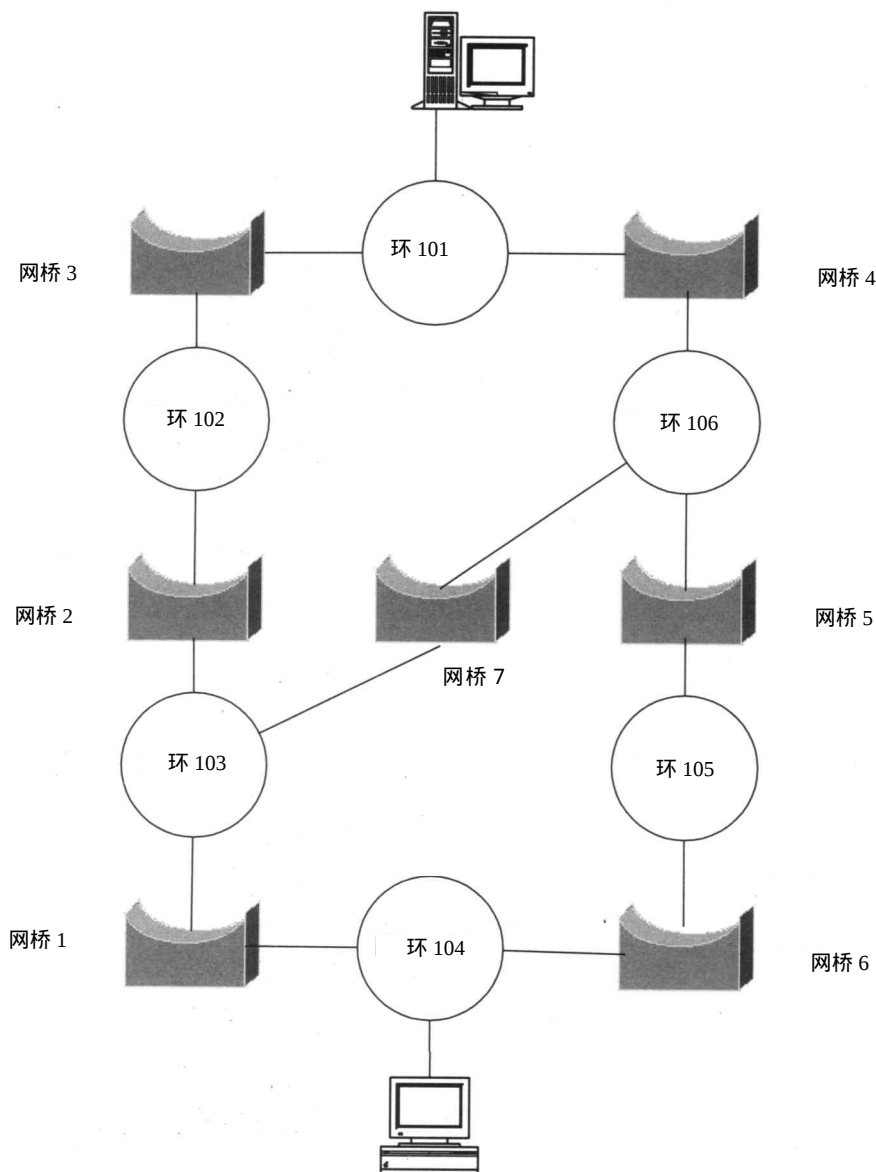


图3-10 问题9-11

在以太网和令牌环两种介质同时使用的情况下，可以在这两种不同的介质之间使用 SRT/LB（源路由转换桥接）。SRT/LB可以将以太网帧转换成令牌环帧，而且可以执行源路由桥接和透明桥接。

3.7 练习题

- 1) 列出令牌环和以太网之间的主要差别。
- 2) 描述令牌环的优点和缺点，描述以太网的优点和缺点。
- 3) 为什么令牌环能够处理大量的通信？为什么以太网可以保持带宽的高利用率？
- 4) 为什么在将令牌环 NIC接入MAU之前必须对它的速度进行测试？
- 5) 使用源路由桥接对网络进行物理分段时，对广播有什么影响？为什么？以透明网桥代替源路由网桥时，又会有什么样的影响？
- 6) 对令牌环网络进行逻辑分段时，应该使用什么样的设备？为什么？
- 7) 第3层协议和源路由桥接之间的相似点是什么？
- 8) 为什么源路由桥接会称作“源路由桥接”？请描述一下它的作用。
- 9) 图3-10中，如果工作站使用 ARE（全路由探测）信息包，那么服务器接收到多少个信息包？这些信息包中的RIF与什么相似？
- 10) 图3-10中，如果使用STE信息包，服务器接收到多少个信息包？为什么？
- 11) 图3-10中，工作站与服务器进行通信时，必须使用什么类型的桥接？如果令牌环网段不需要与以太网网段进行连接，可以使用什么样的桥接？