

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 12/26 (2006.01)

H04L 12/42 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510132266.2

[45] 授权公告日 2009年2月18日

[11] 授权公告号 CN 100463419C

[22] 申请日 2005.12.22

[21] 申请号 200510132266.2

[30] 优先权

[32] 2004.12.22 [33] US [31] 11/022,196

[73] 专利权人 阿尔卡特公司

地址 法国巴黎市

[72] 发明人 戴维·伊利·迪·科萨魁

卡马克希·斯里德哈

[56] 参考文献

US6023455A 2000.2.8

US2003/0037162A1 2003.2.20

US2004/0165595A1 2004.8.26

CN1132493C 2003.12.24

US5636260A 1997.6.3

WO00/75962A2 2000.12.14

审查员 阎洁

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

代理人 冯谱

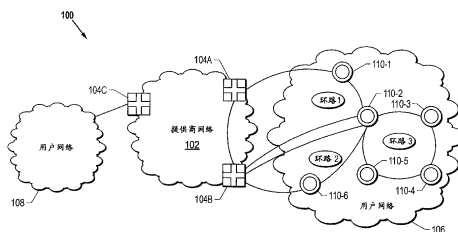
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

[54] 发明名称

在用户—提供商网桥域中检测环路的系统和  
方法

[57] 摘要

一种可用于具有提供商网络 and 用户网络的以太网网络的环路检测系统和方法。在一个实施例中，提供商边缘 (PE) 实体可用于生成带有用户网络未知的目的地址 (DA) 和源地址 (SA) 中的至少一个的测试帧。该测试帧被广播到与 PE 实体相连接的用户网络。当确定 PE 实体在第一个时间周期中回收到该测试帧或者它的副本时，推导出网络中的环路位置以作为对该确定的响应。



1. 一种用于以太网网络的环路检测方法，包括：

由置于提供商网络中的提供商边缘实体生成具有源地址和目的地址至少之一的测试帧，所述源地址和目的地址对于用户网络为未知；

将所述测试帧广播到连接到所述提供商边缘实体的所述用户网络；

确定所述测试帧是否在第一个时间周期由所述提供商边缘实体回收，如果是，则推导环路的存在。

2. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络中的环路检测方法，还包括，确定在面向所述用户网络的所述提供商边缘实体的端口上是否回收到所述测试帧和所述测试帧的副本中的至少一个，如果是，则推导出一个环路位于所述用户网络中。

3. 根据权利要求 2 所述的用于以太网网络中的环路检测方法，其中，所述环路达到位于所述提供商网络和所述用户网络之间的边缘上的提供商网桥实体。

4. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络中的环路检测方法，还包括，确定在面向所述提供商边缘实体位于其中的所述提供商网络的所述提供商边缘实体的端口上，是否回收到所述测试帧和所述测试帧的副本中的至少一个，如果是，则推导出存在一个环路穿过所述用户网络和所述提供商网络。

5. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络的环路检测方法，还包括，确定是否所述测试帧和所述测试帧的副本中的至少一个由所述提供商边缘实体在所述第一个定时周期之后第二个定时周期之内被接收，如果是，则推导出在所述网络内存在一个带有拥塞指示的环路。

6. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络的环路检测方法，其中，所述测试帧包括净荷部分，所述净荷部分包括时间戳字段、唯一标识符字段、指示所述测试帧的所述源地址和所述目的地址至少之一

上的时间限制的期限字段以及指示所述测试帧最后穿过的网桥实体的介质访问控制地址的地址字段中的至少一个。

7. 根据权利要求 6 所述的用于以太网网络的环路检测方法，其中，所述唯一的标识符字段包括仅对于所述提供商边缘实体为已知的随机数据。

8. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络的环路检测方法，其中，所述源地址包含由所述提供商边缘实体随机生成的临时介质访问控制地址。

9. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络的环路检测方法，其中，所述目的地址包含由所述提供商边缘实体随机生成的临时介质访问控制地址。

10. 根据权利要求 1 所述的用于以太网网络的环路检测方法，还包括：

在将所述测试帧广播到所述用户网络之前，将提供商信息帧多播到所述提供商网络的其它提供商网桥实体，其中，所述提供商信息帧包括所述测试帧的源地址和目的地址；

当所述提供商网络的提供商网桥接收到所述测试帧和所述测试帧的副本中的至少之一时，将所述提供商网桥的身份插入到所述测试帧或它的副本的特定部分中；以及

将所述测试帧或它的副本转发给所述提供商边缘实体。

## 在用户—提供商网桥域中检测环路的系统和方法

### 技术领域

本发明一般涉及以太网网络。更具体地且不是以限制方式地，本发明涉及一种用于在以太网的用户—提供商网桥域中检测环路的系统和方法。

### 背景技术

终端用户和公众网之间的链路，是将宽带应用传送到住宅用户和商务用户过程中的关键，它已知有许多名称，例如，第一英里、最后一英里、本地环路、城域接入、用户接入网等，并且使用多种不同的传输技术和不同物理连接上的协议进行实施。例如，现在大部分用户使用同步光纤网络及其相伴的同步数字序列（SONET/SDH）、帧中继和异步传输模式（ATM）通过数字用户线（DSL）、综合服务数字网（ISDN）、有线电视、T1/E1 或 T3/E3 线连接到公众网络上。不管术语或实际的实施，所有接入网络都需要操作、管理和维护（OAM）支持特征，以保证可维护性以及提供宽带服务所需要的正常运行时间。

从用户的角度来看，当前的第一英里/最后一英里方案具有很大的缺陷，例如，性能瓶颈、固定的带宽供应、有限的可伸缩性、缺少灵活性、规定了端到端服务质量（QoS）问题的复杂性问题以及高成本结构。第一英里方案中使用的鲁棒性和简单以太网技术承诺对接入网进行改革，正如它在企业网中所进行的。以太网是一种局域网（LAN）传输技术，无所不在地用于住宅和企业以便在计算机和网络之间进行通信。正如接入技术，以太网在遗留的第一英里技术上提供了三个重要的优点：(i) 用于数据、视频和音频应用的未来保证（future-proof）传输；(ii) 数据服务的成本有效构造；以及 (iii)

将保证互用性的简单的全球接受标准。

正如已经知道的，正在规定各种标准来增强服务传输技术，允许在层 2 (L2) 以太网的上面规定虚拟 LAN (VLAN)，以便提高网络的灵活性、可伸缩性和安全性。VLAN 可以在不同的级别上进行定义，例如，用户级别或服务商级别，并且可以包括任何数量的非交叉域。以“C-”开头的服务帧字段，例如，C-VLAN ID，是指用户创建的字段。同样，以“P-”开头的服务帧字段（例如，P-VLAN ID），是指提供商增加的字段。通过实施 VLAN，端到端以太网络可以被分割为多个服务实例，而保留多个用户的 C-VLAN，其中，给定 VLAN 中的业务对于属于不同 VLAN 的终端主机是不可见的，从而减少了广播域。

为了有利于避免数据环路（可能由于浪费带宽而导致没有效率），以及从包含网状拓扑结构的各种网桥的以太网网络的失败中恢复，已经可以使用例如生成树协议（STP）或快速生成树协议（RSTP）的协议，从而允许通过网桥动态发现拓扑结构。实际上，当传输具体的配置网桥协议数据单元（或配置 BPDU）时，从以太网拓扑结构中选择出单个根网桥，并在每个网桥上选择一个给出从每个网桥到根的最佳路径的根端口。而且，选择的端口被选择作为对每个单个 VLAN 的指定端口，该端口将帧从根方向转发到具体的 VLAN 以及将帧从该 VLAN 转发到根。根网桥周期性地在每个“问候时间”发送配置 BPDU，于是其它接收到它们的网桥在为它们指定的每个端口上发送配置回复消息。在任何网桥注意到 STP 算法已经使其将一个端口转换为阻塞状态或脱离阻塞状态的情况下，它重复地生成拓扑变化通知（TCN）消息到根网桥，通常直到接收到确定为止。

RSTP 的增强功能提供了生成树的快速汇聚，并允许进行对于承载延时敏感业务的网络十分重要的快速再配置。另外，多生成树协议（MSTP）允许将几个 VLAN 映射到称为 MST-实例（MSTI）的单个生成树实例中，其中，每个实例独立于其它的生成树实例。在这个方法中，可以为数据业务提供多转发路径，从而可以达到负载平衡。同

样，它减少了支持大量 VLAN 所需要的生成树实例的数量。

在以太网实施的环境中，例如，城域以太网，通常提供商网络与多个用户 VLAN 相互连接。但是，已经知道，如果连接的用户网络没有正确地操作它自己的实例或生成树的实例，则数据环路会增加，而这可能会将网络的性能降低到不可接受的程度。

### 发明内容

一方面，本发明涉及一种可用于具有提供商网络 and 用户网络的以太网网络的环路检测系统和方法。在一个实施例中，提供商边缘（PE）实体可用于生成带有用户网络未知的目的地址（DA）或源地址（SA）中的至少一个的测试帧。测试帧被广播到连接到 PE 实体的用户网络。当确定在第一个时间周期中 PE 实体回收到测试帧或它的副本时，响应于该确定推导出网络中环路位置。在另一个实施例中，环路检测方案可以包括与用于将提供商信息帧多播到提供商网络的其它提供商网桥实体的 PE 实体相关的逻辑结构，其中，提供商信息至少包括测试帧的 SA 和 DA 中的一个，并且在广播测试帧之前被发送。当提供商网桥接收到测试帧或一个或多个它的副本时，提供商网桥的 ID（例如，它的 MAC 地址或基于 STP 的 ID）被插入到测试帧的数据净荷字段的特定部分中。之后，修改后的测试帧或它的副本被转发到 PE 实体，用于推导出网络中的环路位置。

### 附图说明

将附图引入形成说明书的一部分，以描述一个或多个本发明的当前优选的示例性的实施例。参考附图，从下面的描述及所附的权利要求书中将理解本发明的各个优点和特征，其中：

图 1 表示可能出现一个或多个环路的示例的提供商—用户网络配置；

图 2 表示根据本发明的一个实施例用于检测环路的示例的测试帧；

图 3 为根据本发明的一个实施例在以太网网络中可执行的环路检测方法的流程图；

图 4 表示根据本发明的另一个实施例可以检测环路的示例的提供商—用户网络配置。

图 5 表示图 4 中所示的网络配置可操作的提供商信息帧的实施例；

图 6 为根据本发明的另一个实施例在以太网网络中可操作的环路检测方法的流程图。

### 具体实施方式

现在参照各种如何最好地形成和使用本发明的例子对本发明的实施例进行描述。在整个说明及附图的几个视图中使用相同的标号表示相同或对应的部分，其中，无须按比例对各个部件进行绘制。现在参照附图，具体地参照图 1，这里描述的是示例的可能出现一个或多个环路的提供商—用户网络配置 100。如图所示，网络配置 100 包括提供商网络 102，服务商边缘（PE）网桥实体 104A-104C 代表性地被置于其中。一个或多个用户 VLAN（C-VLAN）或它的一些部分经过各个 PE 实体连接到服务商网络。例如，用户 VLAN 网络 106 经过 PE 104A 和 104B 连接到服务商网络，而用户 VLAN 网络 108 经过 PE 104C 连接到服务商网络 102。本领域的技术人员应当认识到，在一个实施例中，用户 VLAN 106 和 108 也可以表示单个多站点用户网络的单独部分。

在网络配置 100 中举了三个可能的环路情节的例子，其中，如果连接的用户网络或者它的部分没有正确地操作其自己的生成树协议的一个或多个实例，那么就会出现数据环路。对于用网桥设备 110-1 到 110-6 表示的 C-VLAN 106，显示了三个数据环路。环路 1 表示经过服务商网络 102 的数据网络，包括至少一个穿过服务商网络的环路段。例如，环路 1 包括一条穿过 PE 104A、用户网桥 110-1 及 110-2 以及 PE 104B 的路径。环路 2 表示达到 PE 实体但不在提供商域里的

数据环路。因此，环路 2 包括一条通过 PE 104B 和用户网桥 110-2 及 110-6 的路径。环路 3 表示整体位于用户域网络的数据环路，包括一条通过用户网桥 110-2、110-3、110-4 和 110-5 的路径。正如将在后面要进行详细描述，本专利申请的环路检测方案能够在示例的以太网网络中检测任何这些类型的数据环路。

图 2 表示根据本发明的一个实施例用于检测环路的示例测试帧 200。为了对环路检测和定位进行测试，向 PE 实体提供合适的逻辑结构，以生成具有未知 MAC 地址的测试帧 200，即，具有对于 PE 实体通过接口连接的用户网络未知的 MAC 地址的 DA 或 SA。DA/SA MAC 地址对于用户网络未知，这是因为 DA/SA MAC 地址信息不在用户设备（CE）节点的转发/过滤数据库中规定。另外，测试帧 200 包括具有规则数据帧格式的帧，但是还带有编码的净荷以有利于环路检测。因此，适合规则的数据帧格式，测试帧包括前文字段 202 和后文字段 214、DA 字段 204 和 SA 字段 206、以太类型字段 208（例如 IP）和 CRC 字段 212。在一个实施例中，编码的净荷字段 220 包括多个具有下述信息的子字段：DF1 220，包括测试帧已经穿过的最后的提供商网桥的 MAC 地址；DF2 222，包括作为测试帧的 DA 或 SA 提供的唯一 MAC 地址的期限限制；DF3 223，包括时间戳；DF4 226，包括唯一的标识符（ID）以便检测测试帧的副本。可以以任何已知的到目前为止未知的方式对每个子字段进行加密。

在一个实施例中，SA 和/或 DA 字段的未知的 MAC 地址可以随机生成。在一个进一步的实施例中，可以从保留给可用来生成环路检测测试帧的 PE 实体的唯一地址集合中选择出未知的 MAC。另外，SA 和/或 DA 字段的未知的 MAC 地址可以作为仅在限定时间周期存在的临时的地址提供，例如，如果网络环境中没有环路并且不拥塞，则该限定的时间周期为几秒钟。在进一步的变形方案中，测试 PE 可以将某个随机数据插入到加密的净荷 210 中（例如，在唯一 ID 字段 226），以便使得仅有测试/发起 PE 知道它。

一旦生成测试帧 200，则将测试帧 200 提供到用户网络，在用户

网络中接收节点将会将该测试帧在所有的端口上（而不是在接收测试帧的端口上）进行广播，因为 SA/DA MAC 信息没有在过滤/转发数据库中规定。所有保留的 CE 节点也将相应地将测试帧或它的副本在网络内进行广播。如果在用户网络中存在数据环路，则另一个通过提供商—用户网桥域连接的另一个 PE 实体将可能最终接收到测试帧或它的副本。因为测试帧具有规则的数据帧格式，所以接收 PE 实体/节点将会在一个或多个跳中使其通过提供商网络，直到测试帧最终被发送回发起 PE 节点。因此，如果测试帧或它的副本由发起 PE 节点回收，则它可以通过审查接收到的测试帧或它的副本的 SA/DA MAC 信息以及编码的唯一 ID 信息，推导出存在通过提供商/用户网络的环路以及该环路的位置。

图 3 为根据前面所述的方案在以太网网络中可以进行环路检测的方法的流程图。在步骤 302，提供商网络的测试 PE 实体生成具有源 MAC 地址（SA）或目的地 MAC 地址（DA）至少之一的测试帧（即，环路检测帧），所述的源 MAC 地址（SA）或目的地 MAC 地址（DA）对于目标用户网络为未知。环路检测帧可以周期性地发送（例如，每小时），或者根据网络内发布的拓扑变化通知（TCN）的出现而发送。如前所述，测试帧的未知的 SA 和/或 DA MAC 地址可以用多种方式生成，其中，测试帧也可以包括其净荷中的其它加密信息。之后，将测试帧通过用户—提供商网桥域广播到用户网络中，在用户网络中，将测试帧转发到所有的实体（步骤 304）。如果测试帧（或它的副本）在第一个定时期间（例如，几分钟的时间）中在面向用户网络的端口上在测试 PE 实体上被回收，则该测试 PE 实体的环路检测逻辑可以用来推导出存在图 1 中所示的环路 2 或环路 3 的类型的环路。另一方面，如果测试 PE 实体在第一个定时期间中在面向提供商网络的端口上回收到该测试帧（表示在提供商网络中测试帧的遍历），则测试 PE 的环路检测逻辑可用来推导出在网络中存在环路 1 的类型的环路。在步骤 306 中对这些处理进行了整理。作为一个进一步的变形方案，在环路检测方案中也可以连同第一个定时期

间使用第二个定时（大约一个小时左右），其中，确定是否在第一和第二定时期限定的窗口内在测试 PE 实体上回收到测试帧或它的副本。如果是，则环路检测逻辑可用于相应地推导出环路的位置，包括可能的网络阻塞的指示（步骤 308）。参照这里的说明，对于本领域的技术人员而言，很明显，各种环路检测操作和相关的逻辑可以用软件、固件、硬件或者它们的组合的方式实施。另外，这种逻辑结构和功能可以以多种方式作为 PE 网桥逻辑的一部分进行分割、模块化或集成化。

当将多个用户位置作为单个用户网络的一部分进行规定时，提供进一步的变形方案，以便对返回测试帧的该用户网络部分进行标识，从而表示数据环路路径的位置。图 4 表示根据另一个实施例的有可能检测到环路的多个用户站点的示例的提供商—用户网络配置 400。提供商网络 402 用三个 PE 实体 404A-404C 进行示例，每个 PE 实体通过接口与相应的用户 VLAN 站点连接。如图所示，PE 实体 404A 通过接口与 C-VLAN 站点 A 406A 连接，PE 实体 404B 通过接口与 C-VLAN 站点 B 406B 连接，PE 实体 404C 通过接口与 C-VLAN 站点 C 406C 连接。实际上，在这个实施例中，使得与测试 PE 实体相关的环路检测逻辑能够在环路检测帧被回收之前确定环路检测帧穿过的最后一个 PE 实体。为了有助于这样的处理，使提供商网络的 PE 实体顾及测试，即，向每个 PE 实体提供这样的逻辑，使得它将在环路检测期间传播的测试帧或它的副本从规则的数据帧业务中区分出来。在发送测试帧之前，生成以下将要详细描述提供商信息帧（PIF），并且由测试实体对之进行转发，例如，以示例方式的，PE 实体 404B。当测试帧被广播到某个位置上的用户网络中时，如果通过接口与另一个用户网络位置连接的顾及测试的 PE 实体，例如 PE 实体 404A，接收到测试帧或它的副本（由于网络中的“后门”数据环路），其逻辑可以将接收 PE 实体的身份，例如，它的 MAC 地址或 R/STP ID 插入到测试帧中并将其单播到测试 PE 实体 404B。然后，测试实体的环路检测逻辑可以继续推导网络中的数据环路的位置和属性。

图 5 表示可用于图 4 中所示的实施例的提供商信息帧 500 的一个实施例。与前面所述的测试帧格式相似，提供商信息帧 500 包括前文字段 502 和后文字段 514、DA 字段 504 和 SA 字段 506、以太类型字段 508（例如 IP）和 CRC 字段 512。净荷字段 520 包括多个具有以下信息的子字段：子字段 520，包括测试帧的 SA/DA MAC 地址；子字段 522，包括提供给顾及测试的提供商网桥的附加的期限限制；子段 524，具有唯一的 ID 以便检测副本帧。正如前面所示的，测试帧的 SA/DA MAC 地址可以由测试 PE 实体随机生成，或者从具有临时生命期限的保留的地址池中选择出来。在一个实施例中，散列技术可以用于生成随机 MAC 地址。例如，对于 MAC 地址字段的每个比特，可以生成 1 到 10 之间的数字，其中，如果数字  $\leq 5$ ，则对具体比特进行翻转（即，如果该比特原先为 0，则将翻转为 1，反之亦然）。

作为规定的一部分，将前面所述的可以适用的测试帧信息装入与网络环境的提供商网桥相关的数据库中。因此，网络中的提供商网桥将能够确定用于执行环路检测测试的测试帧的身份。另一方面，不具有测试帧 SA/DA MAC 地址的网桥将丢弃它们。

提供商信息帧 500 可以在通过提供商—用户网桥域广播测试帧之前被多播到网络中的所有提供商网桥上。当提供商网桥在它的返回路径上检测到测试帧时，它将其 ID 插入到为了进行环路检测而被单播到测试 PE 的测试帧的 DF1 子字段中。

上述的各种操作概括在图 6 的流程图中，图 6 表示在以太网网络中可用的环路检测实施例，这里的以太网网络例如前面针对图 4 所述的提供商—用户网络环境 400。如前所述，测试 PE 实体可用于周期性地或根据 TCN 的出现而生成测试帧，测试帧包括对包括一个或多个站点的目标用户网络未知的 DA 或 SA MAC 地址中的至少之一（步骤 602）。包括测试帧的 DA/SA 信息的提供商信息帧由测试 PE 实体的逻辑生成，该提供商信息帧被广播到提供商网络的所有提供商网桥上（步骤 604）。之后，测试帧通过用户—服务商网桥域被广播到用户网络，用于检测其中的数据环路的位置和属性（步骤 606）。当顾

及测试的 PE 实体接收到测试帧或它的副本时，它将其自己的 ID 插入到测试帧的特定字段中，并将该经修改的测试帧单播到测试 PE 实体（步骤 608）。当接收到经修改的测试帧（或它的副本）时，测试 PE 实体根据修改测试帧的顾及测试的 PE 的 ID/地址和位置，确定环路位置（步骤 610）。通过一个实施例的方式，当在除测试网桥之外的网桥中测试帧的 SA 或 DA 地址超时，测试 MAC 地址可能被清除。参照这里的说明，对于本领域的技术人员而言，明显地，这些操作和相关的逻辑可以包含在软件、固件、硬件或者它们的组合中，并且这种结构和功能可以作为提供商网桥的环路检测逻辑的一部分以多种方式进行分割、模块化和集成处理。

根据前面所述的详细描述，应当理解，本发明有利地提供了可用于以太网环境中的环路检测机制，其中，提供商能够以不明显的方式在用户 VLAN 中检测可能的环路。然后可以向用户网络进行适当的通知，从而通过重新配置消除降低效率的环路。

虽然本发明已经参照某些示例的实施例进行了描述，但是应当理解，前面显示及描述本发明的形式应当仅作为示例的实施例。因此，各种可以实现的改变、替代和修改都没有脱离由所附的权利要求书所限定的本发明的精神和范围。

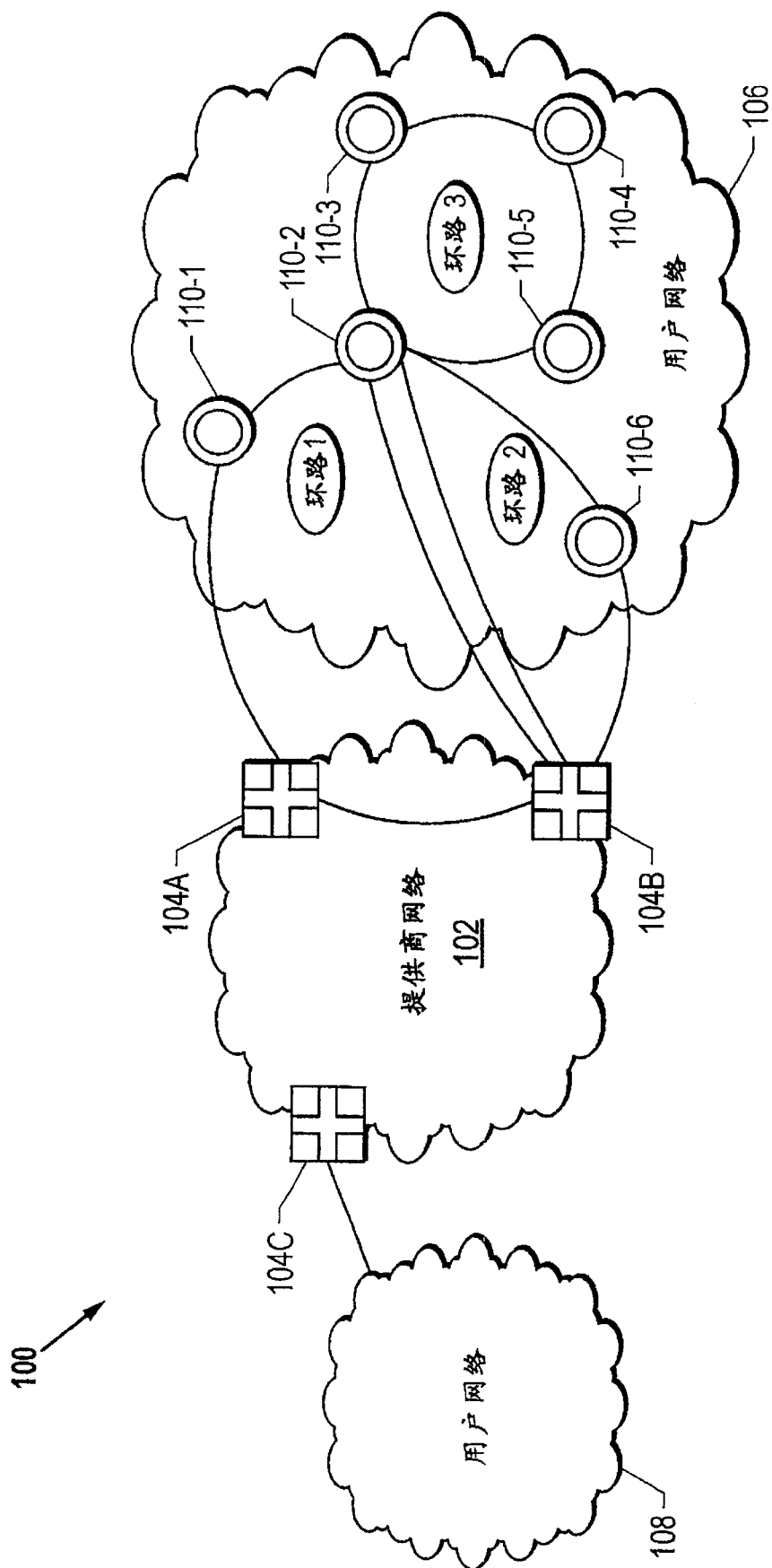


图 1

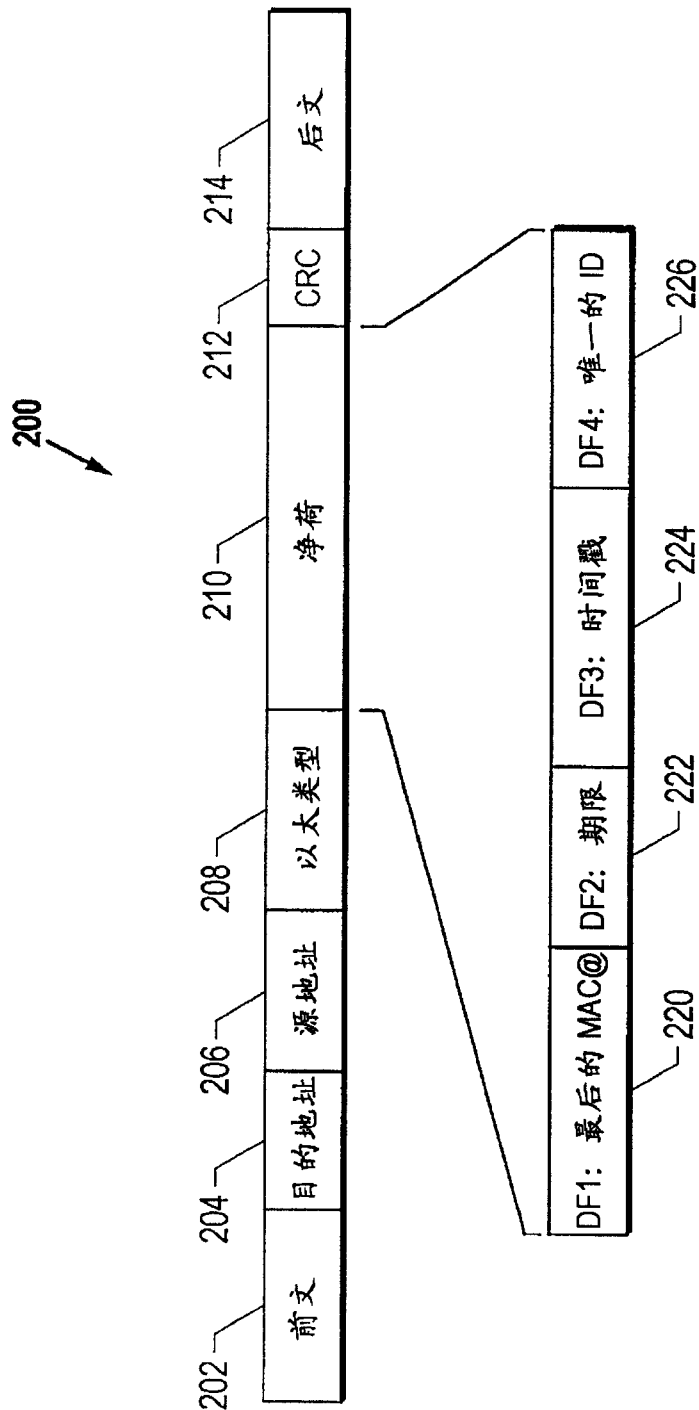


图 2

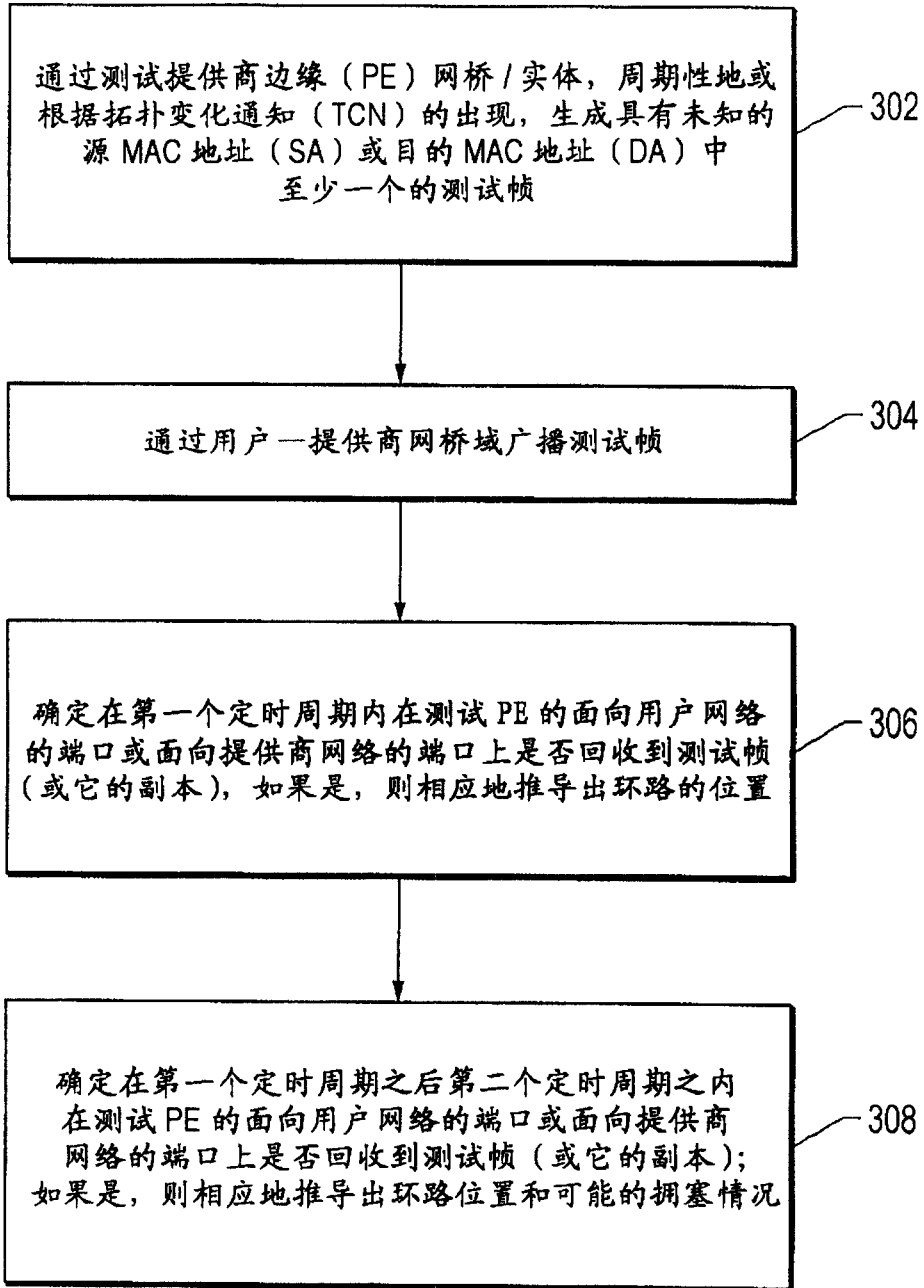


图 3

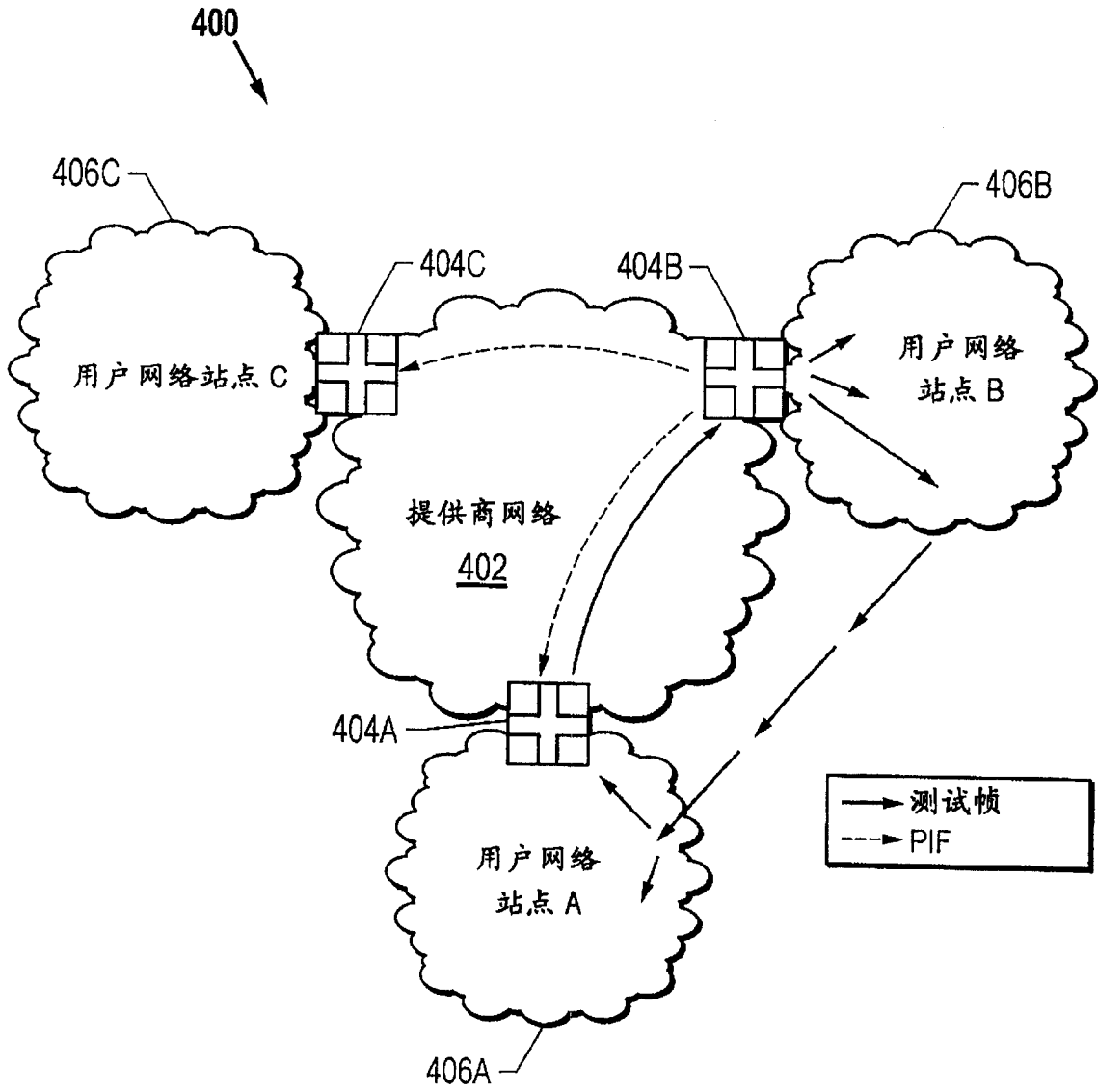


图 4

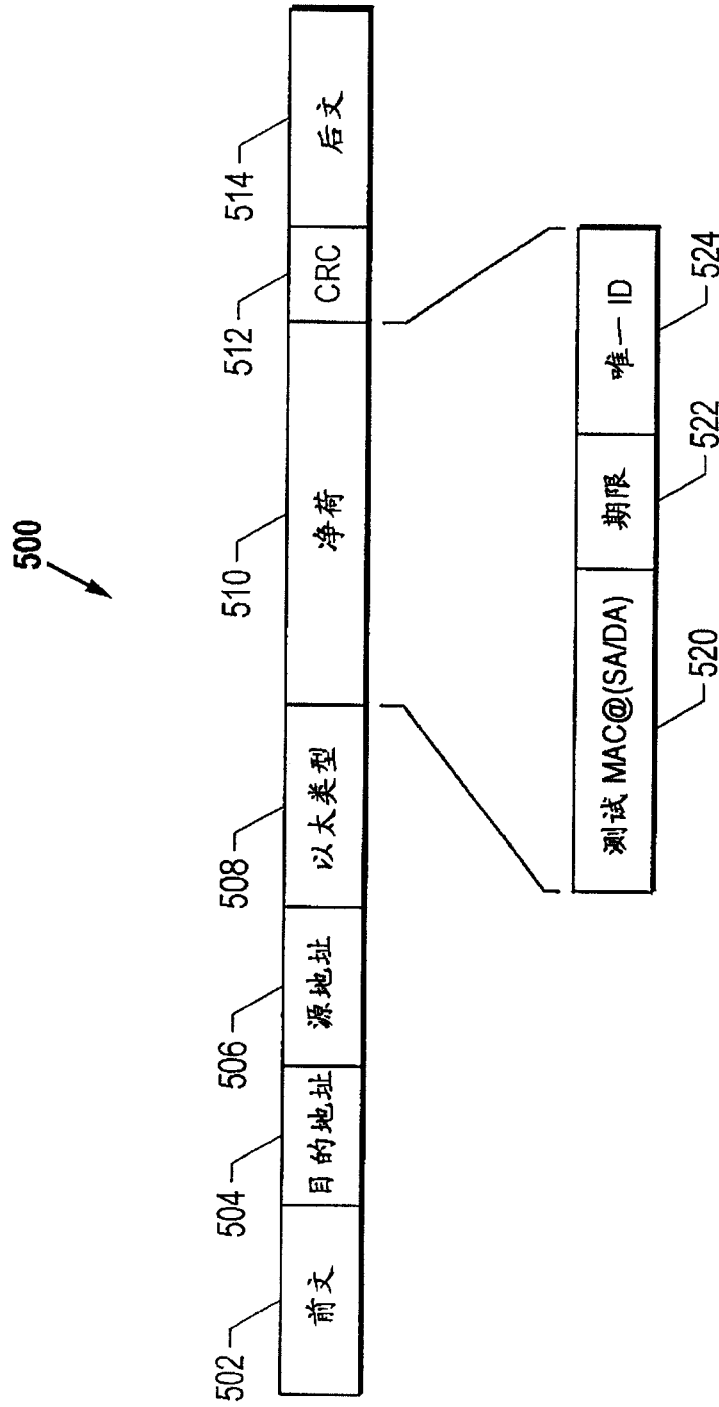


图 5

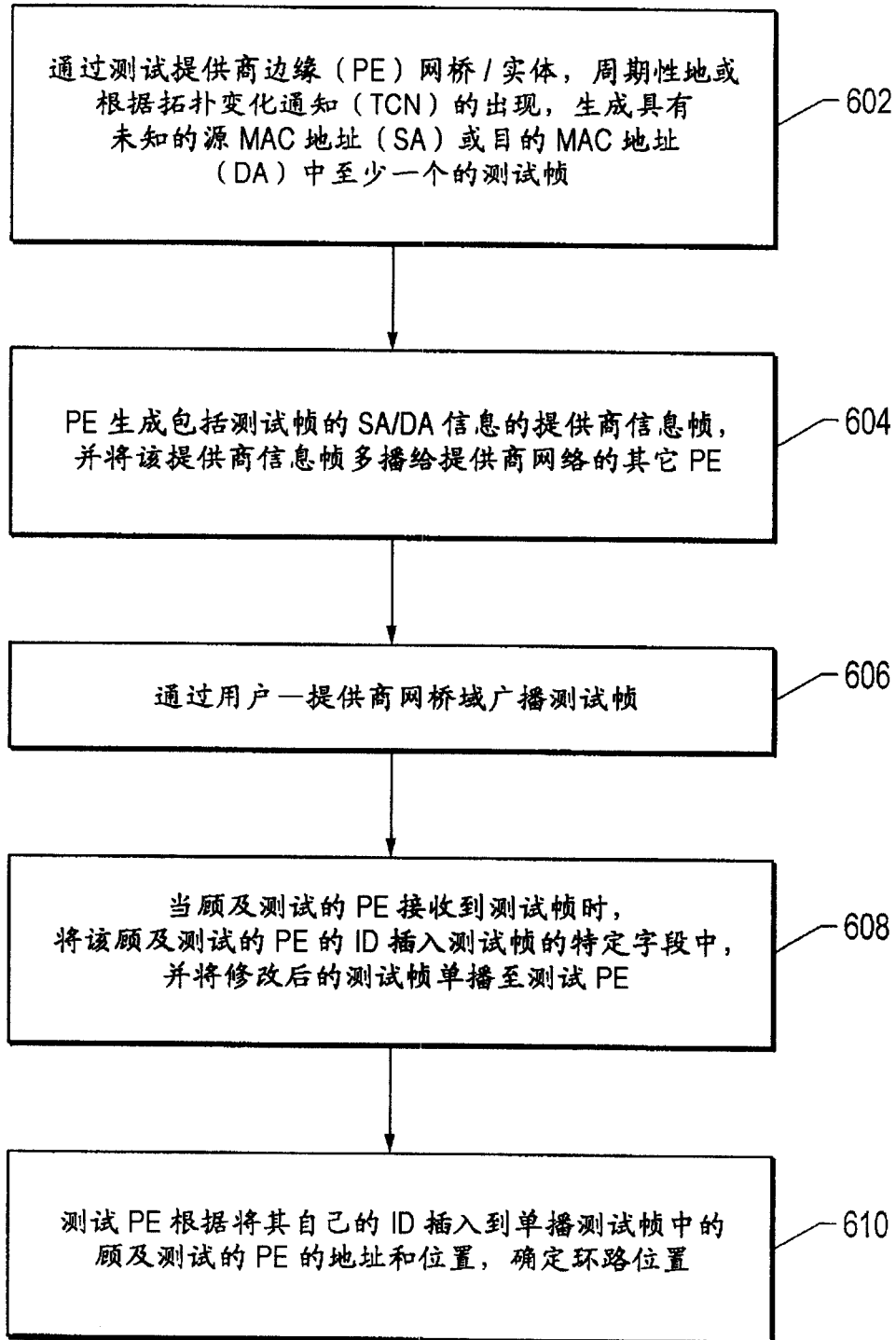


图 6