



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 00810631.2

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 1148918C

[22] 申请日 2000.7.19 [21] 申请号 00810631.2

[30] 优先权

[32] 1999.7.19 [33] EP [31] 99305687.8

[86] 国际申请 PCT/GB2000/002768 2000.7.19

[87] 国际公布 WO01/006717 英 2001.1.25

[85] 进入国家阶段日期 2002.1.21

[71] 专利权人 英国电讯有限公司

地址 英国伦敦

[72] 发明人 阿兰·威廉·奥尼尔

马修·斯科特·考森

审查员 李振华

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李 辉

权利要求书 4 页 说明书 24 页 附图 26 页

[54] 发明名称 电信路由选择方法

[57] 摘要

一种在分组交换网络中对把分组路由选择到一个移动节点进行控制的方法，该分组交换网络包括分组交换节点的基础结构，所述分组交换节点包括多个固定核心节点和多个接入节点，在所述基础结构中可以为一个给定网络地址把路由选择路径指向所述接入节点，其中该路由选择路径由下一跳点转发来定义，所述方法包括：通过一个路由选择定义过程，响应所述移动主机从一个第一接入节点到一个第二接入节点的移动性，在至少一个所述分组交换节点中改变所述下一跳点转发，使得在所述路由选择定义过程结束后：第一路由选择协议数据被保持在第一组分组交换节点中，和第二路由选择协议数据被保持在第二组分组交换节点中。

主机IP地址 (或前缀)	自己的 高度	邻居ID	邻居高度	链路ID	链路状态
IP1	Hi (IP1)	w	H Niw (IP1)	L1	u
		x	H Nix (IP1)	L2	D
		y	H Niy (IP1)	L3	D
		z	H Niz (IP1)	L4	—
IP2	Hi (IP2)	w	H Niw (IP2)	L1	D
		x	H Nix (IP2)	L2	u
		y	H Niy (IP2)	L3	u
		z	H Niz (IP2)	L4	—
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

1. 一种在分组交换网络中对把分组路由选择到一个移动节点进行控制的方法，该分组交换网络包括由分组传输链路互连的分组交换节点的基础结构，所述分组交换节点包括多个固定核心节点和多个接入节点，在所述基础结构中
5 可以为一个给定网络地址把路由选择路径指向所述接入节点，其中该路由选择路由由沿着其设置的分组交换节点中提供的下一跳点转发来定义，响应于路由选择定义过程定义所述下一跳点转发，在路由选择定义过程中在分组交换节点之间发送路由选择协议控制消息，并且把用于规定经过一个接入节点的路由的特性的路由选择协议数据存储在所述分组交换节点中，所述方法包括：

10 通过一个涉及把路由选择控制消息传送到有限数量的所述分组交换节点的路由选择定义过程，响应所述移动主机从一个第一接入节点到一个第二接入节点的移动性，在至少一个所述分组交换节点中为所述移动节点使用的第一网络地址改变所述下一跳点转发，以允许通过所述第二接入节点把分组路由选择到所述移动主机，使得在所述路由选择定义过程结束后：

15 用于所述第一网络地址的第一路由选择协议数据被保持在第一组分组交换节点中，所述第一路由选择协议数据规定了经过所述第一接入节点的第一路由的特性；和

用于所述第一网络地址的第二路由选择协议数据被保持在不同于所述第一组分组交换节点的第二组分组交换节点中，所述第二路由选择协议数据规定了
20 经过所述第二接入节点的第二路由的特性。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述第一路由特性不适用于所述第二路由。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中所述第二路由特性不适用于所述第一路由。

25 4. 根据权利要求 3 所述的方法，包括在所述移动节点从所述第一接入节点到所述第二接入节点的移动性发生之前，产生所述第一路由选择协议数据。

5. 根据权利要求 3 所述的方法, 其中所述第二协议数据包括用于指示所述第二协议数据来自于所述移动节点的移动性的数据。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其中所述移动性指示数据指示从所述第一接入节点到所述第二接入节点的移动性的顺序。

5 7. 根据权利要求 3 所述的方法, 包括把所述第二协议数据的存储实质上限制在位于所述第二接入节点和所述第一接入节点之间的路由选择路径附近的分组交换节点。

8. 根据权利要求 3 所述的方法, 包括响应从第二接入节点注入的路由选择协议控制消息产生所述第二路由选择协议数据。

10 9. 根据权利要求 3 所述的方法, 其中所述路由选择协议数据涉及沿着一个到所述移动节点并经过一个接入节点的路由上的多个跳点。

10. 根据权利要求 3 所述的方法, 其中所述第二组分组交换节点包括所述第一分组交换节点的一个子集, 并且优先于所述第一路由选择协议数据、使用所述第二路由选择协议数据来确定一个同时保持有所述第一路由选择协议数据和所述第二路由选择协议数据的分组交换节点中的下一跳点判定。

11. 根据权利要求 3 所述的方法, 包括, 当路由选择一个指向所述第一网络地址的分组时, 从一个具有多个相邻分组交换节点的分组交换节点, 其中这多个相邻分组交换节点包括所述第一组分组交换节点中的至少一个节点和所述第二组分组交换节点中的仅一个节点, 把所述分组优先于所述第一组分组交换节点中的所述至少一个节点路由选择到所述第二组分组交换节点中的所述一个节点。

12. 根据权利要求 3 所述的方法, 包括通过所述第一组分组交换节点中的至少一个节点和所述第二组分组交换节点中的至少一个节点路由选择指向所述第一网络地址的分组。

25 13. 根据权利要求 3 所述的方法, 其中所述第一和第二路由选择协议数据涉及到与保持有路由选择协议数据的分组交换节点相邻的分组交换节点的下一

跳点路由选择, 所述第一路由选择协议数据涉及到第一多个分组交换节点的下一跳点路由选择, 所述第二路由选择协议数据涉及到第二多个分组交换节点的下一跳点路由选择, 所述第一和所述第二多个节点互不相容。

14. 根据权利要求 3 所述的方法, 包括同时为所述第一网络地址保持所述
5 第一和第二、和第三路由选择协议数据, 所述第三路由选择协议数据涉及不同于所述第一和第二组分组交换节点的第三组分组交换节点中的第三接入节点, 其中当前要通过该第三接入节点把分组发送到使用所述第一网络地址的所述移动节点。

15. 根据权利要求 14 所述的方法, 其中所述第三路由选择协议数据涉及到
10 到与保持有路由选择协议数据的分组交换节点相邻的分组交换节点的下一跳点路由选择, 所述第三路由选择协议数据涉及到第三多个分组交换节点的下一跳点路由选择, 所述第一、所述第二和所述第三多个节点互不相容。

16. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中所述第三路由选择协议数据包括涉及所述第三接入节点而不涉及所述第一和第二接入节点的数据。

15 17. 根据权利要求 16 所述的方法, 其中所述第一、第二和第三路由选择协议数据包括用于指示从所述第一接入节点到所述第二接入节点和从所述第二接入节点到所述第三接入节点的移动性的顺序的数据。

18. 根据权利要求 17 所述的方法, 包括, 当路由选择一个指向所述第一网络地址的分组时, 从一个具有多个相邻分组交换节点的分组交换节点, 该多
20 个相邻分组交换节点包括所述第一组和/或所述第二组分组交换节点中的至少一个节点和所述第三组分组交换节点中的仅一个节点, 把所述分组优先于所述第一组和/或所述第二组分组交换节点中的所述至少一个节点路由选择到所述第三组分组交换节点中的所述一个节点。

19. 根据权利要求 18 所述的方法, 包括通过所述第一组分组交换节点中的
25 的至少一个节点、所述第二组分组交换节点中的至少一个节点、和所述第三组分组交换节点中的至少一个节点路由选择指向所述第一网络地址的分组。

20. 根据权利要求 19 所述的方法, 其中所述移动节点可通过一无线链路连接到一个接入节点, 所述移动性涉及移动节点在无线电链路层的越区切换。

21. 根据权利要求 20 所述的方法, 其中所述移动节点是一个移动主机。

22. 根据权利要求 21 所述的方法, 其中所述网络地址是一个因特网协议
5 (IP) 地址。

23. 根据权利要求 22 所述的方法, 其中所述路由选择协议是一个链路反转路由选择协议。

24. 根据权利要求 23 所述的方法, 其中把所述路由选择协议数据与下一跳点转发表相分离地保持在所述分组交换节点中。

电信路由选择方法

技术领域

5 本发明涉及电信信号的路由选择。具体地说，本发明涉及一种把电信信号路由选择到固定和移动通信介质的方法，使得用户可以在任何一种介质上以相同方式使用类似的服务，并通过交换设备和其他基于网络的设备的更大的通用性来允许系统运营商降低成本。本发明关注于基于分组的通信的路由选择（例如使用所谓的“因特网协议”（IP）在“因特网”中使用的路由选择）。

10

背景技术

当前的移动介质系统的设计结构是，移动用户和相关的系统在网络接口（通常是无线电基站）合作以使得一个移动节点能够从与一个基站通信改变为与另一个基站通信，并使得网络能够更新该新位置的智能点。在蜂窝网络中，这些
15 智能点是本地位置寄存器和访问者位置寄存器（HLR 和 VLR），而在“移动 IP”中这些位置被称为本地代理和外部代理。在两种情况下，“访问者”位置寄存器或“外部”代理都保持一个只与那些正在与在它们的监管下的基站合作的
20 用户有关的记录，而它们对应的“本地”位置寄存器或“本地”代理则保持一个有关它们的相关用户的永久记录，其中包括一个有关每个“本地”单元正与哪个 VLR 或外部代理合作的记录。一个入局消息中的地址标识出相关的 HLR/本地代理，参考该信息来识别适当的 VLR/外部代理以得到更具体的路由选择细节。这允许在靠近用户当前位置的 VLR/外部代理内实现微小的位置变化，而无需通知距离较远的 HLR/本地代理，从而显著减少了信令开销。

移动性的其他成本是提供该本地代理/外部代理接口，尤其是对于分组系
25 统，还包括隧穿（把消息从一个地址转发到另一个地址）的成本，地址用尽（无

法重新使用一个正发生转发的地址), 和三角路由选择。

在固定介质系统中, IP 路由选择基于从潜在目的地到潜在发送者的 IP 地址块或前缀的分配 (具有相关的度量或路由成本), 使得发送者和中间路由器可以确定到目的地的最好的下一个跳点 (相邻路由器)。为网络中的所有目的地预先计算这些路由, 使得发送者可以在产生信息时立即发送。当源和目的地具有固定位置, 并且通信带宽足以满足路由的穷尽交换时, 路由的预先计算和所配置的路由选择交换技术是可能的。但是, 随着漫游比例的增加, 这种模型趋于失败, 需要一个更动态的路由选择方法。

R. Ramjee, T. La Por, S. Thuel, K. Varadh 在 1999 年 2 月 19 日公开了一个作为因特网草案的称为 “HAWAII” 的提议, 名称是 “使用 HAWAII 的 IP 微移动性支持”, 刊登在因特网工程工作组网站 [HTTP://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ramjee-micro-mobility-hawaii-00.txt](http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ramjee-micro-mobility-hawaii-00.txt)。HAWAII 使用专门的路径建立方案, 当在一个路由选择域中时在特定的路由器中安装基于主机的转发记录, 以支持域内微移动性, 并且默认使用 “移动 IP” 用于域间微移动性。在 HAWAII 中, 当移动主机在域内移动的同时其保留自己的网络地址。HAWAII 体系结构依赖于域中的一个网关路由器 (称为域根路由器), 该域中的默认路由被指向该域根路由器。基于每个移动主机的永久 IP 地址为其分配一个本地域。路径建立方案更新一个域中的单个路由选择路径, 使得在无线电链路层的越区切换之前和之后到移动主机的接续都是可能的。只有那些沿着域根路由器和当前服务于移动主机的基站之间的单个路由选择路径设置的路由器具有用于移动主机 IP 地址的路由选择表记录。该域中的其余路由器把任何寻址到移动主机的分组沿着依赖于路由选择域的树型性质的默认路由 (以域根路由器为根) 上行路由选择, 以提供与沿着该单个路由选择路径 (对于该单个路由选择路径, 路由器具有用于移动主机 IP 地址的单独主机记录) 向移动主机进行的下行路由选择的交叉。

在 HAWAII 中, 域之间的移动性由 “移动 IP 机制” 支持。本地域根路由器

被指定为本地代理，通过外部域根路由器转发被封装的 IP 分组。

HAWAII 提议的缺陷包括移动 IP 隧道集中在网络的核心中的很少几个节点（域根路由器）中，使得任何这些节点的故障都可能导致由故障节点处理的所有移动 IP 状态和相关话路的大规模故障。此外，由于从本地域外部到本地域内以及相反方向的所有路由选择都必须通过本地域根路由器发生，因此本地域根路由器的故障也可能导致大规模故障。

发明内容

根据本发明的一个方面，提供一种在分组交换网络中对把分组路由选择到一个移动节点进行控制的方法，该分组交换网络包括由分组传输链路互连的分组交换节点的基础结构，所述分组交换节点包括多个固定核心节点和多个接入节点，在所述基础结构中可以为一个给定网络地址把路由选择路径指向所述接入节点，其中该路由选择路径由沿着其设置的分组交换节点中提供的下一跳点转发来定义，响应于路由选择定义过程定义所述下一跳点转发，在路由选择定义过程中在分组交换节点之间发送路由选择协议控制消息，并且把用于规定经过一个接入节点的路由的特性的路由选择协议数据存储在所述分组交换节点中，所述方法包括：

通过一个涉及把路由选择控制消息传送到有限数量的所述分组交换节点的路由选择定义过程，响应所述移动主机从一个第一接入节点到一个第二接入节点的移动性，在至少一个所述分组交换节点中为所述移动节点使用的第一网络地址改变所述下一跳点转发，以允许通过所述第二接入节点把分组路由选择到所述移动主机，使得在所述路由选择定义过程结束后：

用于所述第一网络地址的第一路由选择协议数据被保持在第一组分组交换节点中，所述第一路由选择协议数据规定了经过所述第一接入节点的第一路由的特性；和

用于所述第一网络地址的第二路由选择协议数据被保持在不同于所述第一

组分组交换节点的第二组分组交换节点中，所述第二路由选择协议数据规定了经过所述第二接入节点的第二路由的特性。

通过限制路由选择控制消息的传播和允许与“旧”路由和“新”路由有关的路由选择协议数据同时存在于分组交换网络中，可以使移动性具有减小的网络信令负载。此外，还可以减少分组交换节点中的路由选择协议数据更新处理。

附图说明

本发明的其他方面和优点将从下面参考附图以示例方式描述的实施例中得到更好的理解，其中：

10 图 1 示意性表示根据本发明一个实施例的固定/移动拓扑结构的示例；

图 2 到 11 示意性表示根据本发明一个实施例的基站间越区切换和伴随的路由选择更新；

图 12 到 16 表示根据本发明另一个实施例的基站间越区切换和伴随的路由选择更新；

15 图 17 到 25 表示根据本发明一个实施例把路由选择恢复到一个本地基站；

图 26 示意性表示根据本发明一个实施例在路由选择节点中保持的一个路由选择协议数据表；和

图 27 表示根据本发明一个实施例在路由选择节点中保持的一个下一跳点转发表。

20

具体实施方式

现在参见图 1，示出了根据本发明一个实施例的固定/移动拓扑结构的示例。举例来说，该拓扑结构包括形成了一个自主系统（AS）的三个分组交换网络 2，4，6，其范围由图 1 中的深阴影部分示意性表示。对术语“自主系统”的一个定义是“在相同管理下的一组路由器和网络”（“因特网中的路由选择”，Christian Huitema, Prentice-Hall, 1995, page 158）。此处，术语“自主系

统”还表示本领域中的一个路由选择域，并且还表示一个网络，或一组网络，该网络具有运行相同路由选择协议的路由器。一个自主系统可以连接到其他自主系统，形成一个全球互连网络，例如因特网（下面以此为例）。路由选择协议是内部网关协议，并且与其他自主系统的通信是通过诸如边界网关协议（BGP）之类的外部网关协议实现的。已知的内部网关协议的例子是路由选择信息协议（RIP）和最短路径优先开放（OSPF）。

形成自主系统的固定基础结构的网络 2, 4, 6 包括多个因特网协议（IP）分组交换节点，其形式是在 AS 中把不同网络 2, 4, 6 互连的多个核心路由器（CR），多个边沿路由器（ER）和桥式路由器（BR）。所有这些分组交换节点运行单个 IP 路由选择协议，在下面将更详细地描述其一个实施例。

一个或多个外部网关路由器（EGR）把自主系统连接到全球因特网的其他自主系统。

图 1 所示的自主系统同时为移动主机和固定主机（即静止主机）执行路由选择，对移动主机来说，根据移动主机的移动性的结果改变 AS 内的路由选择，对固定主机来说，没有这种路由选择改变。

可以通过无线链路把移动节点连接到边沿路由器，在所示例子中，无线链路是一个使用由移动网络运营商提供的基站（BS）路由器的蜂窝无线电链路（另一个可能类型的无线链路是红外链路）。蜂窝无线电链路可以是时分多址（TDMA）系统链路，例如 GSM，或码分多址（CDMA）系统链路，例如“CDMA 2000”。移动节点的形式是单独的移动主机 14，和/或具有连接到其上的多个主机的移动路由器 16，它们在任何给定时间分别与一个或多个（例如，在 CDMA “软越区切换” 情况下）BS 路由器进行无线电通信。BS 路由器可以控制与无线电天线同处一地的多个基地收发信台（BTS），在无线电天线周围形成蜂窝系统的各个“小区”。

移动节点 14, 16 在蜂窝无线电通信网络的小区间移动。如果一个 BS 路由器服务于多个小区，一个在小区间越区切换的移动节点可以继续通过相同的 BS

路由器接收分组数据。但是，一旦一个移动节点移动到它接收服务所用的 BS 路由器的范围之外，越区切换到一个新小区可能需要改变 AS 内的路由选择。从所述移动节点始发和指向所述移动节点的、并且在越区切换前通过一个给定 BS 路由器使用该节点的 IP 地址的标识符进行路由选择的数据分组，可能需要在越区切换后通过一个不同的 BS 路由器为相同的 IP 地址进行路由选择。一个移动节点可以在从一个 BS 路由器到另一个 BS 路由器的越区切换期间通过 AS 加入与一个不同的主机的通信话路。因为在传输层的连接（例如，在 TCP/IP 连接中）是部分地由移动节点的 IP 地址定义的，当一个移动节点接收来自一个不同 BS 路由器的服务时，希望这种路由选择中的变化能允许使用相同的 IP 地址使这种连接继续。

固定主机可以通过局域网（LAN）10 连接到边沿路由器，局域网 10 运行诸如以太网协议的局域网协议。固定主机也可以使用由因特网接入提供商提供的网络接入服务器（NAS）20 通过公共服务电话网络（PSTN）12 连接到边沿路由器。NAS 20 使用诸如 PPP 或 SLIP 的协议，在拨号的基础上动态地把固定 IP 地址分配给连接到 NAS 20 的固定主机，并通过一个相关的边沿路由器对从每个固定主机始发或指向每个固定主机的 IP 分组进行路由选择。虽然 NAS 20 在动态基础上分配 IP 地址，在一个接入话路期间或一个较长时段期间，为所分配的 IP 地址对分组进行路由选择所用的边沿路由器并不改变。因此，除非是由于 AS 内部的因素（例如链路故障或业务量管理），在自主系统内的路由选择不需要为每个固定主机改变。

内部网关协议，即本发明的该实施例中在 AS 中使用的单个 IP 路由选择协议，是时间定序路由选择算法（TORA）路由选择协议的修订版本，该协议在以下参考文献中描述：Vincent D Park 和 M Scott Corson 在 INFOCOM' 97 会议论文中发表的“用于移动无线网络的高度自适应分布式路由选择算法”，四月 7-11, Kobe, 日本；Vincent D Park 和 M Scott Corson 在 ISCC' 98 会议论文中发表的“时间定序路由选择算法和理想链路状态路由选择的性能比较”，1999

年6月30至7月2日，雅典，希腊。

TORA 路由选择算法分布地执行，提供无循环路由器（loop-free routers），提供多路由选择（以缓解拥塞），快速建立路由（使得可以在拓扑结构改变前使用该路由），并通过在可能的情况下把算法对拓扑结构变化的反应局部化来使通信开销最小（保存可用带宽并提高可升级性）。

把算法分布在那些只需要有关邻近节点的维护信息（即，一个跳点知识）的节点中。这确保所有路由是无循环的，并且通常为需要一个路由的任何源/目的地提供多径路由选择。由于通常建立多个路由，很多拓扑结构的变化不需要 AS 内的路由选择更新，因为有单个路由就足够了。在需要反应的拓扑结构的变化之后，协议重新建立有效的路由。

TORA 协议把一个网络建模为一个图形 $G=(N, L)$ ，其中 N 是一个有限的节点集合， L 是一个初始未定向链路的集合。每个节点 $i \in N$ 具有一个唯一节点标识符（ID），并且每个链路 $(i, j) \in L$ 允许双向通信（即，由一个链路连接的节点可以在两个方向中任何一个方向相互通信）。可以随后对每个初始未定向的链路 $(i, j) \in L$ 指定下面三个状态之一：（1）未定向，（2）从节点 i 指向节点 j ，或（3）从节点 j 指向节点 i 。如果链路 $(i, j) \in L$ 从节点 i 指向节点 j ，可以说节点 i 来自节点 j 的“上游”，而节点 j 来自节点 i 的“下游”。对于每个节点 i ， i 的“邻居” $N_i \in N$ 被定义为节点 j 的集合，使得 $(i, j) \in L$ 。每个节点 i 总是知道集合 N_i 中的它的邻居。

为需要路由选择的每个目的地（例如，由一个主机 IP 地址标识）运行该协议的一个逻辑上分离的版本。

TORA 协议可以分离为三个基本功能：产生路由，保持路由，和删除路由。产生从一个给定节点到目的地的路由需要建立从该节点导向该目的地的定向链路的序列。产生路由实质上对应于把方向指定给一个未定向网络或网络部分中的链路。用于完成该任务的方法是一个询问/答复过程，其建立一个以该目的地为根的定向非循环图形（DAG）（即，该目的地是唯一不具有下游链路的节

点)。这种 DAG 可以称为“面向目的地的”DAG。保持路由涉及到以一定方式对网络中的拓扑结构变化作出反应,使得在一个有限时间内重新建立到该目的地的路由。在检测到一个网络分区时,把(在已经与目的地分隔的网络部分中的)所有链路标记为未定向以删除无效路由。

- 5 该协议通过使用以下三个不同的控制分组来完成这三个功能:询问(QRY),更新(UPD),和清除(CLR)。QRY 分组用于产生路由,UPD 分组同时用于产生和保持路由,CLR 分组用于删除路由。

在任何给定时间,把一个称为“高度” $H_i = (\tau_i, oid_i, r_i, \delta_i, i)$ 的定序五元组与每个节点 $i \in N$ 相关联。概念上,与每个节点相关联的五元组代表由以下
10 两个参数定义的节点高度:一个参考水平和一个相对于该参考水平的增量。参考水平由五元组中的前三个值代表,而增量由后两个值代表。每当一个节点由于链路故障丢失了它的最后一个下游链路时,定义一个新参考水平。代表参考水平的第一个值 τ_i ,是一个被设置为该链路故障的“时间”的时间标记。第二个值 oid_i ,是始发者 ID(即,定义该新参考水平的节点的唯一 ID)。这确保可
15 以完全按照字典顺序对参考水平排序。第三个值 r_i ,是一单个位,用于把每个唯一参考水平划分为两个唯一子水平。该位用于区分原始的参考水平和它的对应的、较高反射的参考水平。代表增量的第一个值 δ_i ,是一个整数,用于相对于一个公共参考水平对节点排序。这个值有助于参考水平的传播。最后,代表增量的第二个值 i 是该节点自身的唯一 ID。这确保具有公共参考水平和相同 δ_i
20 值的节点(和实际上所有节点)总可以完全按照字典顺序排序。

每个节点 i (除了目的地)保持它的高度 H_i 。最初,网络中每个节点(除了目的地)的高度被设置为 NULL, $H_i = (-, -, -, -, i)$ 。随后,可以根据协议的规则修改每个节点 i 的高度。除了它自己的高度外,每个节点在一个路由选择协议数据表中保持有针对具有网络中的一个现有 DAG 的主机 IP 地址的记录,
25 这些记录包括一个高度阵列,其中每个邻居 $j \in N_i$ 有一个记录 HN_{ij} 。

每个节点 i (除了目的地)还在路由选择协议数据表中保持一个链路状态

阵列, 其中每个链路 $(i, j) \in L$ 有一个记录 LS_{ij} 。链路的状态由高度 H_i 和 HN_{ij} 确定, 并从较高节点指向较低节点。如果一个邻居 j 高于节点 i , 那么把该链路标记为上游。如果一个邻居 j 低于节点 i , 那么把该链路标记为下游。

TORA 协议最初被设计用于移动 Ad-Hoc 网络 (MANET), 其中路由器是移动的并且通过无线链路互连。但是, 在本发明的该实施例中, 在一个包括由固定链路互连的固定路由器的固定基础结构的自主系统 (例如图 1 所示系统) 中使用一个改进的 TORA 协议, 以便在一个移动主机改变它到基础结构的连接点时提供固定基础结构中的路由选择改变。

图 26 示意性地表示根据该实施例可以在路由器中保持的一个路由选择协议数据表的例子。

对于具有网络中的 DAG 的每个主机 IP 地址 (或者, 在下面将要详细描述的情况下, 对于每个地址前缀) IP_1, IP_2 等等, 存储该存储节点 $H_i(IP_1), H_i(IP_2)$ 等等的高度。而且, 存储每个邻近邻居 (例如 w, x, y, z) 的身份和该邻居的高度 $HN_{iw}(IP_1, IP_2, \dots), HN_{ix}(IP_1, IP_2, \dots), HN_{iy}(IP_1, IP_2, \dots)$ 和 $HN_{iz}(IP_1, IP_2, \dots)$ 。最后, 可以针对对应于每个邻居的每个链路身份 (L_1, L_2, L_3, L_4) 把每个 IP 地址 (或前缀) 的链路状态阵列存储为多个标记的形式, 这些标记用于表示一个上游链路 (U), 一个下游链路 (D), 或一个未定向链路 (-)。

在路由选择协议数据表中保持的链路状态阵列允许在保持该数据的路由器中本地地进行下一跳点转发判定。对于一个充分互连的网络, 每个路由器应该具有至少一个下游链路。如果只存在一个下游链路, 则选择该链路作为下一跳点转发链路。如果存在多于一个的下游链路, 可以例如根据两个链路上的当前业务量负载来选择一个最佳下游链路。在任何情况下, 把所选择的链路输入到按 IP 地址列出的下一跳点转发数据表中。例如图 17 所示的下一跳点转发表被保持在高速缓存存储器中, 以便在需要路由选择的 IP 分组到达该路由器时进行快速访问。该表按每个 IP 地址 (或前缀) IP_1, IP_2 等等存储所选择的下一跳点转发链路 ($L_2, L_1, \dots$)。

对路由器的固定基础结构以及下面将描述的本发明其他方面的使用可以允许 AS 内的路由选择聚集,特别是对于移动主机的 IP 地址。下面将给出 IP 定址的一个简单描述,特别是如何使用可变长度前缀来提供 IP 路由选择网络中的路由选择聚集。

5 IP 地址目前由预定数量(32)的位组成。在过去,IP 地址是在非结构化基础上分配的(称为“平面”定址方案)。类定址通过把地址拆分为网络前缀和主机字段引入了两级路由选择分层结构的概念。用户被分配 A 类, B 类或 C 类 IP 地址以简化路由选择和管理。

10 在 A 类中,位 0 标识 A 类,位 1-7 标识网络(126 个网络),位 8-31 标识主机(16 百万个主机)。

在 B 类中,位 0-1 标识 B 类,位 2-15 标识网络(16,382 个网络),位 16-31 标识主机(64,000 个主机)。

在 C 类中,位 0-2 标识 C 类,位 3-23 标识网络(2,097,152 个网络),位 24-31 标识主机(256 个主机)。

15 一个两级分层结构仍然在网络中的主机之间留下一个平面路由选择分层结构。例如, A 类地址块具有 16 百万个主机,这将导致网络中的所有路由器包含 16 百万个路由选择表记录。已经开发了子网划分来允许一个主机地址块被拆分为一个可变长度子网字段和主机字段。这允许 AS 中的路由器仅保持子网的路由选择表记录(为每个子网上的所有主机提供路由选择聚集)。使用子网掩码
20 来使路由器能够识别地址的子网部分。

根据本发明的该实施例,通过把一个主机 IP 地址块(即,共享一个或多个前缀的 IP 地址的邻接序列)分配给一个接入节点(例如一个 BS 路由器),并在移动主机的接入话路期间动态地把来自该块内的 IP 地址分配给移动主机,可以提供路由选择聚集。当一个移动主机在加电后向蜂窝网络登记时,该服务
25 BS 路由器分配一个 IP 地址并高速缓存移动主机的无线链路标识符与所分配的 IP 地址之间的绑定关系(binding)。一个聚集路由选择方案(在本实施例中的

一个聚集 DAG)是在把移动主机要在它的接入话路期间使用的 IP 地址分配给它之前,在 AS 内预先计算的。在移动主机断电之后,IP 地址被返回到其 BS 路由器,该 BS 路由器可以把该 IP 地址分配给另一个移动主机。由一个 BS 路由器分配的移动主机 IP 地址将具有一个聚集 DAG,直到至少一个移动主机远离,在此情况下,聚集 DAG 将保留在原位,但是在受一个移动性专用路由选择更新程序影响的5 路由器上将产生一个主机特定异常(该更新仅改变已经远离的单个移动主机的路由选择)。

在 AS 中为由一个 BS 路由器拥有的地址前缀进行的路由预先计算是由注入每个前缀的一个更新消息(此处称为“优化”(OPT)分组)并建立聚集 DAG 的该拥有 BS 路由器实现的,该更新消息跨越 AS 溢出并有效地作为一个前缀通告。10 OPT 分组由拥有该 IP 地址前缀并控制聚集 DAG 的 BS 路由器发送。OPT 分组传播到网络中的所有其它节点(不管它们的当前高度(如果设置的话)),并把这些高度设置(重新设置)为“全零”参考水平,即 TORA 高度的前三个值(τ_i , oid_i , r_i)都被设置为零。第四个高度值 δ_i ,被设置为该 OPT 分组自 BS 路由器发送开始所经历的跳点数目(这类似于已知的 TORA 源启动的 DAG 产生机制中的 UPD 15 分组传播)。可以增加一个 1 的增量以表示从 BS 路由器到移动节点的跳越。第五个高度值 i 被设置为节点 ID。

一旦 AS 中存在一个聚集 DAG,AS 中的每个分组交换节点具有用于所关注的 IP 地址前缀的下一跳点转发表记录。当一个分组到达一个需要路由选择的节点时,该节点在它的下一跳点转发表中搜索最长的匹配地址记录,下一个路由20 选择判定就基于该最长匹配地址记录,如果使用该 IP 地址的移动节点还没有远离该拥有 BS 路由器,那么该最长匹配地址记录就将是该 IP 地址前缀。通过提供 AS 内的聚集 DAG,可以使每个分组交换节点上的路由选择表大小和路由选择处理最小。

25 但是,当一个移动节点在无线电链路层从它首先接收网络中服务的 BS 路由器越区切换时,在由移动节点的移动性造成的路由选择更新影响的(有限数

目的) 分组交换节点中的路由选择协议数据表和下一跳点转发表中产生一个单独的主机地址记录。这些节点继续存储对应的聚集地址记录, 但是根据最长匹配搜索、使用主机地址记录来把分组路由选择到移动节点的 IP 地址。

TORA 高度保持算法属于由 E Gafni 和 D Bertsekas 在 1991 年 1 月在 IEEE 通信学报中发表的“用于在具有频繁改变的拓扑结构的网络中产生无循环路由的分布式算法”中最初定义的不同算法类别。在该类别内, 一个节点可以仅“增加”它的高度; 它可以从不降低它的高度。但是, 在本发明的该实施例中, 提供一个算法改进以确保在一个 BS 路由器间的越区切换后, 一个节点的转发行为是: 当存在相邻节点的多个路由选择接口时, 它通过一个路由选择接口把分组转发到一个相邻节点, 其中从该相邻节点最后接收到了一个有关移动性的路由选择更新。路由器的路由选择协议数据表中存储的高度五元组中 (τ_i , oid_i , r_i , δ_i , i) 的 τ 时间值 (作为一个按移动节点的 IP 地址和邻居列出的记录) 被允许变成“负的”, 即小于零, 以表示一个有关移动性的更新已经发生, 并且负 τ 时间值的数值随着一个给定 IP 地址的每个有关移动性的路由选择更新的发生而增加。因此, 最近的有关移动性的更新由较大的负 τ 时间值指示。应注意, 虽然有关移动性的路由选择更新由一个负 τ 时间值区分, 也可以使用其它指示符, 例如一个一位标记来代替该负标记。

当一个移动节点改变 BS 路由器联属时, 它通过把 τ 时间值降低例如一个整数来降低它的高度值, 并且把该新值作为一个与移动节点的 IP 地址相关的 DAG 的由移动站启动的更新的一部分传播到 AS 中的有限数量的节点, 这将在下面进一步描述。一个具有多个下游邻居的节点向最近激活的下游链路进行路由选择。高度仍然被全部排序 (因此保护了路由选择循环自由)。

本发明的再一个方面是, 在无线电链路层进行的移动节点的越区切换期间, 提供一个临时的短期隧穿机制, 从而使到达移动节点所越区切换离开的 BS 路由器的数据分组可以被转发到移动节点被越区切换到的 BS 路由器。IP 分组交换网络中的隧穿可以通过利用一个新 IP 首部 (寻址到新 BS 路由器的 IP 地

址)封装该数据分组来实现,称为“IP-in-IP 隧穿”。在新 BS 路由器,把分组解封装并通过无线链路转发到该移动节点。隧道设置、信令和验证机制可以是那些在 C Perkins 等人在 1996 年 10 月的 IETF RFC 2002 中发表的“IP 移动性支持”中描述的“移动 IP”中使用的机制。在利用“移动 IP”使能所有 BS 路由器的情况下,“移动 IP”还可以用于允许把分组转发到移动到一个不同 AS 的移动节点。其它可能的隧穿协议包括 UDP 隧穿(其中把一个 UDP 首部添加到一个入局分组),GRE 隧穿(一个 CISCO (TM) 协议),第二层隧穿协议(L2TP),和协商或配置 IPSEC 隧道模式。

当一个移动节点要从一个 BS 路由器越区切换时,该 BS 路由器与该移动节点被越区切换到的新 BS 路由器进行交互,以进行以下步骤:

(a) 准备一个到新 BS 路由器的单向隧道,使得可以在旧 BS 路由器和移动节点之间的无线链路丢失后把分组转发到移动节点。可以通过映射到一个预先存在的 BS 路由器间的隧道或一个主机专用隧道来准备隧道,并通过移动 IP 机制动态地协商。

(b) 在无线电链路层对移动节点进行越区切换。

(c) 从新 BS 路由器注入一个用于移动节点的 IP 地址(或多个地址,在移动路由器的情况下)的路由选择更新。

(d) 通过一个到新 BS 路由器的隧道链路转发指向移动节点的 IP 地址和到达旧 BS 路由器的数据分组。

(e) 更新到旧 BS 路由器的无效路由选择。

(f) 如果是主机专用的,则解除该隧道,或者在路由选择的会聚之后,去除一个预先存在的隧道中的主机专用状态。

在越区切换前,通过在经过旧 BS 路由器的基础结构中的一个或多个路由把所有分组直接路由选择到移动节点。在路由选择的会聚之后,通过经过新 BS 路由器的基础结构中的一个或多个路由把所有分组直接路由选择到移动节点。

当(或者作为隧道建立的一部分从旧 BS 路由器,或者通过一个移动站辅

助的越区切换从移动节点)把越区切换通知给新 BS 路由器时,新 BS 路由器产生一个定向路由选择更新消息,该消息被单点传送到使用现有 DAG 的旧 BS 路由器用于移动节点的 IP 地址(其仍保持指向旧 BS 路由器)。该更新沿着到旧 BS 路由器的反向最低邻居路径(一个近似最短路径)选择性地修改移动站的 DAG。

- 5 在该更新的结尾,在移动节点在无线电链路层越区切换后,旧 BS 路由器将具有 DAG 中的一个新下游链路用于移动节点的 IP 地址。一个跨越路由器将在更新过程期间接收单点传送的定向更新,此时一个现有数据流被重新定向到移动节点的新 BS 路由器。

该更新程序不依赖于拓扑结构,并且在使用时可以不考虑新和旧 BS 路由器之间的拓扑距离(这可以根据 BS 路由器的相对位置而实质性变化)。

在到旧 BS 路由器的无线链路丢失时没有建立到新 BS 路由器的路由选择,和或者在旧 BS 路由器中没有进行有效数量的高速缓存的情况下,该短期隧道避免了分组丢失。

但是,短期隧道的使用不必总是必须的,这取决于以下两个事件的相对排
15 序:

(i) 在旧 BS 路由器的 BS 路由器到移动节点无线链路的丢失

(ii) 定向路由选择更新到达旧 BS 路由器。

如果路由选择更新在旧无线链路丢失前到达,就无需隧道,因为由于重新路由选择将不会有进一步的数据分组到达旧 BS 路由器(提供具有相同排队优先级和处理的控制和数据分组;如果不是,那么已经排队的数据分组仍将在路由选择更新之后到达),并且所有过去的的数据分组将通过旧无线链路被转发到移动站。如果不需要隧道,通过在旧 BS 路由器标记一个虚拟下游链路直到路由选择会聚,可以防止由于在丢失旧无线链路时所有下游链路的丢失而导致的在旧 BS 路由器的一个 TORA 更新的过早触发。因此,仅仅通过信令就可以实现
25 在旧 BS 路由器的路由选择抑制。

仅通过信令实现的路由选择抑制也可以在旧 BS 路由器用作一个高速缓存

(例如一个透明高速缓存)的情况下使用,允许旧 BS 路由器存储相对大量的数据直到路由选择会聚,并且一旦路由选择会聚就重新发送该数据。

如上所述,当一个移动节点结束它的接入话路时,该移动节点的 IP 地址的路由选择可以被返回到始发该路由选择的 BS 路由器,即 IP 地址的本地 BS 路由器。提供一种机制来有效地把 DAG 的目的地恢复到本地 BS 路由器,这仅需要 AS 中有限数量的节点的加入。

当一个移动节点结束它的接入话路时,当前 BS 路由器联系该 IP 地址的本地 BS 路由器,并启动 DAG 的目的地到本地 BS 路由器的传送。同样,也可以把一个隧道链路用作一个抑制机制来抑制在当前 BS 路由器的路由选择更新的启动,或更简单地,如果不转发任何数据,可以使用一个虚拟链路(一个在当前 BS 路由器标记的无作用的下游链路)。当前 BS 路由器建立一个指向本地 BS 路由器的隧道链路或虚拟下游链路。作为响应,本地 BS 路由器产生一个定向“恢复”更新,该更新被发送到使用现有 DAG 的当前 BS 路由器用于移动节点的 IP 地址(其仍保持为指向当前 BS 路由器)。该更新删除了由移动节点的先前移动性产生的所有主机专用路由选择协议数据表记录和下一跳点转发表记录,以把预先计算的聚集 DAG 恢复为用于移动节点的 IP 地址的有效路由选择方案。该更新行进经过由移动节点的过去移动性造成的路由选择更新先前所产生的路径。因此,删除了移动性专用更新产生的负高度值的集合,并且具有“全零”参考水平的聚集 DAG(假设网络中没有造成新高度产生和反转的故障)被重新激活。隧道链路或虚拟链路可以被保持直到在当前 BS 路由器接收到恢复更新,此时把隧道解除或者把虚拟链路去除。

周期性地,或者在检测到一个触发事件时,移动节点或一个用作移动节点的 BS 路由器可以利用“全零”参考水平、使用 TORA 更新机制来为一个 IP 地址重新初始化 DAG,从而消除 DAG 的任何有关移动性的路由选择表记录。以此方式传播的“全零”参考水平优先于所有其它高度值(正和负),并可以在整个 AS 中传播(一个全 AS 的 DAG 重新优化)。这提供了一个用于软状态路由维

护的机制，其越控于有关移动性的更新机制。

下面参考图 2 到 11 对在无线电链路层的 BS 间越区切换和 AS 的固定基础结构内的路由选择更新的一个详细示例进行说明。另一个示例参考图 12 到 16 进行说明。最后，参考图 17 到 25 对在移动主机接入话路结束后把路由选择恢复到本地 BS 的一个详细示例进行说明。在图 2 到 25 所示的每个 TORA 高度五元组中，为简单起见，使用符号 i 表示节点 ID。但是，应该理解，这个值对于每个节点是不同的，以便唯一地标识 AS 内的节点。还应该注意，为简单起见，只显示了 AS 的一部分。

在所有下面的示例中，AS 包括多个固定核心路由器 (CR1, CR2...), 多个固定中间路由器 (IR1, IR2, ...), 和多个固定边沿路由器 (ER1, ER2, ...), 根据它们对固定基础结构的拓扑结构“边沿”的相对接近性来分类。核心路由器适于处理比中间路由器更大量的业务量，中间路由器适于处理比边沿路由器更大量的业务量。例如，核心路由器可以处理全国业务量，中间路由器可以处理区域业务量，边沿路由器可以处理子区域业务量。

分组交换路由器同处一地并在功能上与无线基站组合，该组合实体此处被称为一个接入节点 (BS1, BS2, ...), 尽管可以理解，术语“接入节点”不是为了限制为一个包括无线 BS 功能的路由选择节点。例如，可以在一个在拓扑结构上远离一个 BS 的节点提供一个“接入节点”。

在下面所述的所有示例的情况下，在接口处的逐跳点路由选择方向性由沿着网络的节点之间和接入节点与移动节点之间的链路（这些链路包括无线链路）标记的箭头表示。分布式路由选择方案的形式是一个指向单个接收移动主机 MH2 的 TORA DAG。在移动主机 MH2 开始一个接入话路并被动态分配一个 IP 地址之前，AS 内存在用于该 IP 地址的一个预先计算和聚集 DAG，其是作为一个全 AS 的更新从分配该 IP 地址的接入节点（节点 BS2）注入的。在图 2 到 25 中，涉及路由选择更新或分组转发的节点被标记了它们的 TORA 高度五元组 (τ_i , oid_i , r_i , δ_i , i)。如前所述，该 TORA 高度还被存储在每个相邻节点的路由选

择协议数据表中，已经从应用该高度的节点通告过来。

当移动节点 MH2 向本地接入节点 BS2 登记时，本地接入节点按所分配的 IP 地址在无线电链路层高速缓存移动主机的身份，因此在节点 BS2 中保持的一个路由选择表中形成一个移动站专用记录。

5 图 2 表示在移动节点 MH2 和另一个主机（在此情况下是一个移动主机 MH1）之间发生的示例通信话路（例如，一个 TCP/IP 连接）。在下面的示例中，不发生对应移动主机 MH1 的移动性，尽管使用要关于节点 MH2 的移动性描述的相同功能时这种移动性是可能的。也可以利用一个对应的固定主机进行类似的通信话路。应注意，在 AS 中存在一个指向节点 MH1 的单独 DAG，因而从节点 MH2 始
10 发的数据分组被路由选择到节点 MH1。由于该指向节点 MH1 的 DAG 不改变，并且存在从节点 MH2 所联属的每个接入节点到节点 MH1 的路由选择，因此将不再提供到节点 MH1 的路由选择的进一步说明。

如图 2 所示，从节点 MH1 始发并指向节点 MH2 的数据分组最初通过其聚集 DAG（例如，通过固定节点 BS1，ER1，IR1 和 ER2）被路由选择到本地接入节点
15 BS2。

现在参见图 3，可以由节点 MH2 自己或节点 BS2 进行无线电链路层 BS 间越区切换判定。在一个移动节点启动的越区切换的情况下，可以根据从节点 BS2 和 BS3 接收的信号之间的无线链路质量的比较来进行该判定。在移动节点 MH2 移动时，从接入节点 BS3 接收的信号可能改善，而从接入节点 BS2 接收的信号
20 变差，并且在一个阈值判定事件，移动主机通过启动节点 BS2 和 BS3 之间的越区切换来响应。如果在节点 BS2 进行越区切换判定，可以根据其他因素（例如业务量负载）来进行判定。在此情况下，接入节点 BS2 把越区切换指令发送到节点 MH2。

不管 BS 间越区切换是由移动节点 MH2 还是本地接入节点 BS2 启动的，移
25 动节点 MH2 都选择一个新接入节点 BS3 并把一个隧道启动（TIN）分组发送到本地接入节点 BS2。该 TIN 分组包括新接入节点 BS3 的 IP 地址，该 IP 地址是由

移动节点从接入节点 BS3 所广播的一个信标信道读取的。移动节点 MH2 还通过把其高度的 τ 时间值减小到一个负值, -1 (表示远离本地接入节点 BS2 的第一个有关移动性的路由选择更新), 来计算一个新高度, 并将其包括在 TIN 分组中。

5 现在参见图 4, 当本地接入节点 BS2 接收到来自移动节点 MH2 的 TIN 分组时, 本地接入节点 BS2 建立一个到新接入节点 BS3 的短期 IP-in-IP 隧道链路。本地接入节点 BS2 把到 BS3 的隧道接口输入到它的路由选择表中, 新接入节点 BS3 的 TORA 高度被设置为等于 $(-1, 0, 0, 1, i)$ 以确保隧道接口被标记为下游链路以用于越区切换程序的剩余部分期间的数据分组转发。

10 当已经从本地接入节点 BS2 到新接入节点 BS3 建立了短期隧道链路时, 本地接入节点 BS2 通过隧道接口把从移动节点 MH2 接收的 TIN 分组转发到新接入节点 BS3。

在本示例中, 所使用的无线链路系统的性质使得, 移动节点 MH2 能够 (如同一个允许软越区切换的 CDMA 蜂窝无线电系统中一样) 在越区切换期间通过到每个接入节点 BS2 和 BS3 的两个无线链路进行通信。因此, 接下来, 移动节点 MH2 建立与新接入节点 BS3 的一个第二无线链路, 并在节点 BS3 中建立一个路由选择表记录以表示一个到移动节点 MH2 的下游链路。

15 新接入节点 BS3 产生一个单点传送定向更新 (UUPD) 分组并把该分组发送到它在固定基础结构中的相邻节点, 节点 ER3。UUPD 分组要沿着新接入节点 BS3 和本地接入节点 BS2 之间的单点传送路径行进, 更新沿着更新路径的所有节点以及与沿着路径的节点紧邻的所有节点的路由选择协议数据表和至少一些下一跳点转发表中的记录 (沿着路径的节点把它们的新高度通告给每个紧邻的节点, 该通告的传播被限制为一个跳点)。

25 现在参见图 6, 在移动主机 MH2 建立了与新接入节点 BS3 的新无线链路后, 到本地接入节点 BS2 的旧无线链路被取消。指向移动节点 MH2 的数据分组在到达本地接入节点 BS2 后通过短期隧道被转发到新接入节点 BS3, 并通过新无线

链路向前转发到移动节点 MH2。

尽管旧无线链路现在丢失了，在本地接入节点 BS2 还没有触发路由选择更新（而根据 TORA 协议，会发生触发），这是因为沿着已经在本地接入节点 BS2 和新接入节点 BS3 之间建立的隧道存在一个剩余的下游链路。因此，到本地接入节点 BS2 的路由选择仍保留原位直到从新接入节点 BS3 启动的路由选择更新到达本地接入节点 BS2。如图 6 所示，从接收 UUPD 分组的第一节点 ER3 把 UUPD 分组转发到节点 IR2，第一节点 ER3 还路由一个与移动性更新相关联的负 τ 时间值（-1）来更新它的高度。节点 IR2 进而利用与有关移动性的更新相关的负 τ 时间值来更新它的高度。

沿着该路由选择更新单点传送路由的每个节点还针对路由选择更新 UUPD 分组的每一跳点把其 TORA 高度五元组中的 δ 值递增 1，使得 δ 值代表通过新接入节点 BS3 到移动节点的跳点数目，以代替先前的路由选择表记录的 δ 值（表示通过本地接入节点 BS2 到移动节点的跳点数目）。因此，沿着单点传送定向更新路由的每个链路依次被指向新接入节点 BS3。

现在参见图 7，接着把 UUPD 分组转发到沿着单点传送更新路由的下一个节点，节点 ER2。节点 ER2 是一个路由器，它标记出从发送节点 MH1 到本地接入节点 BS2 的路由选择路径与从节点 MH1 发送到新接入节点 BS3 的分组所要经过的路由选择路径（当前建立的路由选择路径）之间的交叉点。如图 8 所示，一旦在接收到 UUPD 分组时更新了节点 ER2 中的路由选择协议数据表记录，交叉节点 ER2 就具有两个下游链路，一个下游链路指向本地接入节点 ER2，一个下游链路指向新接入节点 BS3。但是，因为指向新接入节点 BS3 的下游链路包括一个负 τ 时间值，该时间值表示一个（最近的）有关移动性的更新，因此最好选择指向新接入节点 BS3 的下游链路作为下一跳点转发链路。沿着到新接入节点 BS3 的路由选择路径，把到达节点 ER2 的、指向移动主机 MH2 的数据分组转发到节点 IR2。在交叉路由器 ER2 处路由选择路径的转向之后，不再有数据分组被转发到 BS2，并且不再通过节点 BS2 和节点 BS3 之间的隧道接口转发数据

分组。但是，隧道接口此时仍在本地接入节点 BS2 保留原位，以便确保不（由于所有它的下游链路的丢失）从本地接入节点 BS2 产生路由选择更新，直到 UUPD 分组到达本地接入节点 BS2。在 UUPD 分组到达本地接入节点 BS2 时，删除 BS2 的路由选择表中的隧道状态记录，从而解除 MH2 的隧道接口。

- 5 现在参见图 9，注意到，由于本地接入节点 BS2 形成了单点传送更新路径的结尾，在接收到 UUPD 分组时不重新定义本地接入节点 BS2 的高度（但是，因为节点 ER2 的高度中定义了负 τ 时间值，节点 BS2 和 ER2 之间的链路方向被反转，因此允许其他通过 BS2 接收服务的移动主机把分组发送到 MH2）。

最后，在接收到 UUPD 消息时，本地接入节点 BS2 可以把一个更新完成确
10 认（UUPD-Ack）发送到新接入节点 BS3。UUPD-Ack 分组沿着 DAG 中建立的单点传送更新路由选择路径到达新接入节点 BS3。在发送 UUPD-Ack 分组时，旧接入节点 BS3 放弃为它最初分配给移动节点 MH2 的 IP 地址而对 DAG 进行的试验性控制。在接收到 UUPD-Ack 分组时，新接入节点 BS3 开始为移动节点的 IP 地址对 DAG 进行试验性控制。

- 15 现在完成了在无线电链路层进行的与移动站的 BS 间越区切换相关的路由选择更新，涉及到沿着单点传送更新路径的仅有限数量节点（在图 9 所示例子中，仅 5 个节点）的高度的重新定义。此外，也限制了路由选择协议数据表记录的更新，这种更新仅在接收 UUPD 消息的节点及其每个紧邻节点（接收新高度的通告并把新高度存储在它们的路由选择表中）中是需要的。在图 9 所示的
20 例子中，还在节点 IR1，CR1，CR2，和 CR3 中进行路由选择协议数据表更新。

图 10 和 11 显示在一个随后的有关移动性的更新之前和之后 AS 内的 DAG 的状态。在此情况下，把移动节点 MH2 从接入节点 BS3 越区切换到另一个接入节点 BS4，移动节点之前是从接入节点 BS2 越区切换到接入节点 BS3 的。这里所采用的程序与在关于由移动节点从接入节点 BS2 到接入节点 BS3 的第一次越
25 区切换造成的有关移动性的更新的描述中的程序基本相同，其差别在于，由从新接入节点 BS4 发送的单点传送更新所产生的新高度包括负 τ 时间值中的再一

个增量 (τ 时间值被增加到-2), 以便把由移动性的第二次发生导致的有关移动性的更新高度, 移动性的第一次发生的有关移动性的更新高度 (具有 τ 时间值-1), 和在预先计算的 DAG 中指定的高度的有关移动性的更新高度 (具有 τ 时间值 0) 相区别。如图 1 所示, 新更新中涉及的节点最初具有包括 τ 时间值 0 的高度, 表示高度与预先计算的 DAG 中定义的相同。

下面参考图 12 到 16 说明有关移动性的路由选择更新的另一个示例, 其中移动节点 (与 GSM 蜂窝无线电系统中一样) 能够在任何特定时间仅通过单个无线链路进行通信。在此情况下, 在前面的例子中参考图 2 到 4 说明的步骤相同。如图 12 所示, 响应沿着隧道接口接收到的 TIN 分组, 产生从新接入节点 BS3 发送的 UUPD 分组。

现在参见图 13, 移动节点 MH2 首先丢失它与本地接入节点 BS2 的无线链路的该时间段期间, 并且在经过一个短时间段后 (以允许在无线电链路层与新接入节点 BS3 重新同步, ETC), 可以建立与新接入节点 BS3 的新无线链路。在移动节点 MH2 没有无线链路, 到达本地接入节点 BS2 的分组被从本地接入节点 BS2 的隧道接口转发, 并在新接入节点 BS3 排队, 直到建立新无线链路。接着, 建立新无线链路, 或者是 UUPD 分组到达本地接入节点 BS2。如果首先建立了新无线链路, 那么新接入节点 BS3 立即为移动节点的 IP 地址采取对 DAG 的试验性控制。否则, 新接入节点 BS3 将一直等待, 直到它接收到来自本地接入节点 BS2 的 UUPD-Ack 消息。在前面的例子中描述的其余步骤 (隧道解除, 随后的移动性, 等等) 也适用于本示例。

图 17 到 25 表示一个程序, 当一个移动节点结束一个接入话路时, 进行路由选择更新以把具有移动节点的 IP 地址的 DAG 恢复到最初把 IP 地址分配给移动节点之前 DAG 的状态。该路由选择更新程序涉及把路由选择更新仅发送到 AS 中有限数量的节点 (沿着先前单点传送有关移动性的更新的路径), 并且仅在有限数量的节点 (恢复的定向路由选择更新消息所经过的节点以及每个紧邻节点) 的路由选择协议数据表中需要更新。

参见图 17，当移动节点 MH2 结束接入话路时，当前接入节点 BS4 把一个恢复请求（RR）发送到用于该 IP 地址的本地接入节点 BS2。这可以通过在当前接入节点获知用于该 IP 地址的“本地”接入节点的身份来实现。通过使用 OPT 分组更新机制产生聚集 DAG 时发送该拥有 BS 的身份，并把该身份作为路由选择协议数据（除了接入节点中保持的其他路由选择协议数据以外）存储，可以提供这种知识。另选地，通过移动节点在最初分配其 IP 地址时存储本地 BS 的身份，并把该身份发送到每个接入节点（移动节点在其接入话路期间从接入节点接收服务）以在其中临时存储，也可以提供这种知识。因此，当移动节点 MH2 结束该接入话路时，当前接入节点 BS4 沿着到本地接入节点 BS2 的 IP-in-IP 隧道链路发送 RR 分组，该 RR 分组最初用移动节点的 IP 地址定址并用本地接入节点 BS2 的 IP 地址封装。

作为需要用于一个 IP 地址的本地 BS 的身份知识的替代，可以利用移动节点的 IP 地址作为目的地地址来发送 RR 分组，但是，在其首部中有一个标识符，用于向每个转发节点指示要沿着聚集 DAG 路由选择路径对该分组进行路由选择，该聚集 DAG 路由选择路径在整个接入话路期间保持指向本地 BS。

响应 RR 分组的接收，本地接入节点 BS2 在它的路由选择表中标记一个到移动主机 MH2 的下游链路。该下游链路是一个虚拟链路，这是因为该移动主机当前并没有与任何接入节点进行无线通信并且实际上位于一个不同的接入节点（接入节点 BS4）的服务区中。任何在移动节点 MH2 结束它的接入话路之后到达 BS4 的分组可以沿着到本地接入节点 BS2 的隧道被转发，并可以被存储以在将来移动节点 MH2 开始一个新接入话路时被转发到移动节点 MH2。

如图 18 所示，在接收到 RR 分组时，本地接入节点 BS2 还把（目前虚拟的）移动节点 MH2 的高度重置为“全零”参考水平，并通过 AS 的固定基础结构把一个单点传送定向恢复更新（UDRU）分组发送到当前接入节点 BS4。沿着一个单点传送路由转发 UDRU 分组，该单点传送路由仅包括其高度由于有关移动性的更新而在以前被重新定义的节点。在图 18 的示例中，这些节点是节点 ER2，

IR2, ER3, IR3, CR4, IR4, ER4 和 BS4。

当在沿着单点传送路径的每个节点接收到 UDRU 分组时, 每个节点的 TORA 高度被重置为“全零”参考水平, 并且高度的 δ 值被重新定义以便代表经过本地接入节点到达 (现在虚拟的) 移动节点的跳点数量, 从而代替表示经过当前接入节点到达移动节点的跳点数量的先前记录值。该过程在图 18 到 22 的每个图中表示。

除了沿着单点传送更新路由更新高度, 还把更新的高度通告给每个紧邻节点。任何在其自己的高度中具有负 τ 时间值的节点在接收到一个指示把负 τ 时间值重置为 0 的通告时 (如图 20 所示接入节点 BS3 的情况), 也把它自己的高度重置为“全零”参考水平, 定义它的 δ 值以指示经过本地接入节点到达 (现在虚拟的) 移动站的跳点数量, 并产生一个它自己的新高度的通告, 并将其发送到它所有的邻居。任何接收到一个通告的新高度并且不重置它们自己的高度的邻居不进一步传播该通告。

如图 23 所示, 一旦在当前接入节点 BS4 接收到 UDRU 分组, 当前接入节点删除在它的路由选择表中与移动节点 MH2 相关的状态, 并沿着刚刚由单点传送更新产生的路由选择路径把一个 UDRU-Ack 消息发送到本地接入节点 BS2, 从而放弃为移动节点 MH2 先前使用的 IP 地址而对 DAG 进行的试验性控制。

如图 24 所示, UDRU-Ack 分组最终传播到本地接入节点 BS2。在接收时, 本地接入节点 BS2 删除所有与移动节点 MH2 相关的状态, 并为 IP 地址采取 DAG 的控制。然后, 如图 25 所示, 可以再次把该 IP 地址动态地分配给一个不同的移动节点 MH3, 该移动节点 MH3 在接入节点 BS2 的服务区中开始一个接入话路。

总之, 对本发明提供的路由选择协议可以单独或以任何组合形式进行以下改进:

1. 存储作为移动性的结果产生的不同路由选择协议数据 (在 TORA 协议的情况下, “负”高度参考水平), 从而把分组转发到最近指定的下游邻居。

2. 结合单点传送定向移动性更新, 以便通过仅改变存储在 AS 的一个有限

节点集中的路由选择协议数据来调节越区切换时的路由选择。

3. 结合单点传送定向恢复更新，以消除基于越区切换的移动性的影响（在 TORA 的情况下，“负”高度参考水平）。

应该理解，上述实施例不用于限制，本领域技术人员可以构想出改进和变
5 型。

上述实施例描述了一个基于 TORA 路由选择协议的改进的路由选择协议。但是，可以使用本发明的方面来改进其他已知的路由选择协议，例如 OSPF，RIP 等等。

此外，尽管在上述实施例中自主系统的基础结构是固定的，应该理解，基
10 础结构中的一个或多个路由器可以是移动路由器，例如在卫星通信领域和其他系统（其中的基础结构中的一个或多个路由器表现出长期移动性）中使用的移动路由器。此外，还可以通过一个可移动非无线通信链路（例如插入式电缆连接）把移动节点连接到一个接入节点。

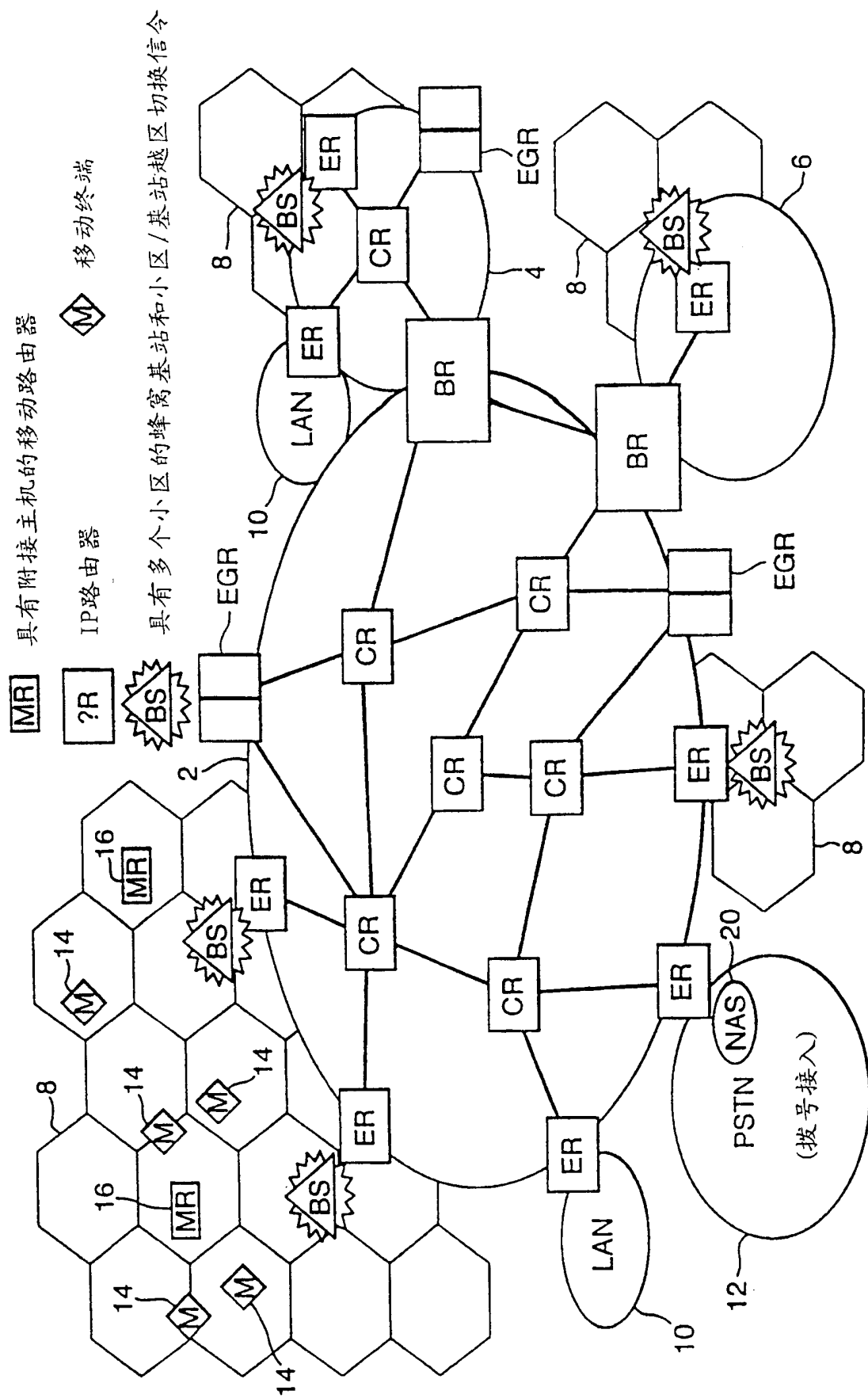


图1

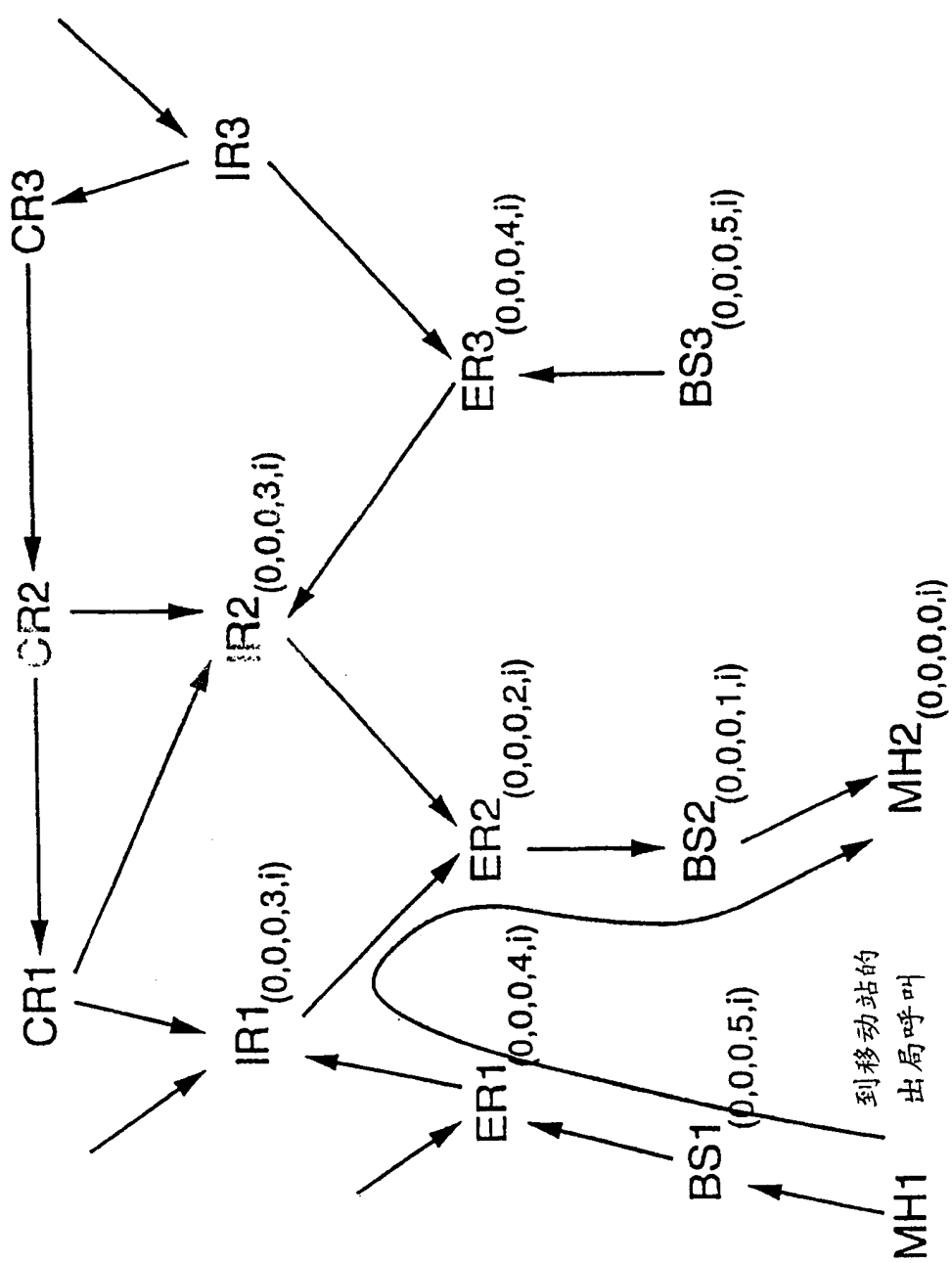


图2

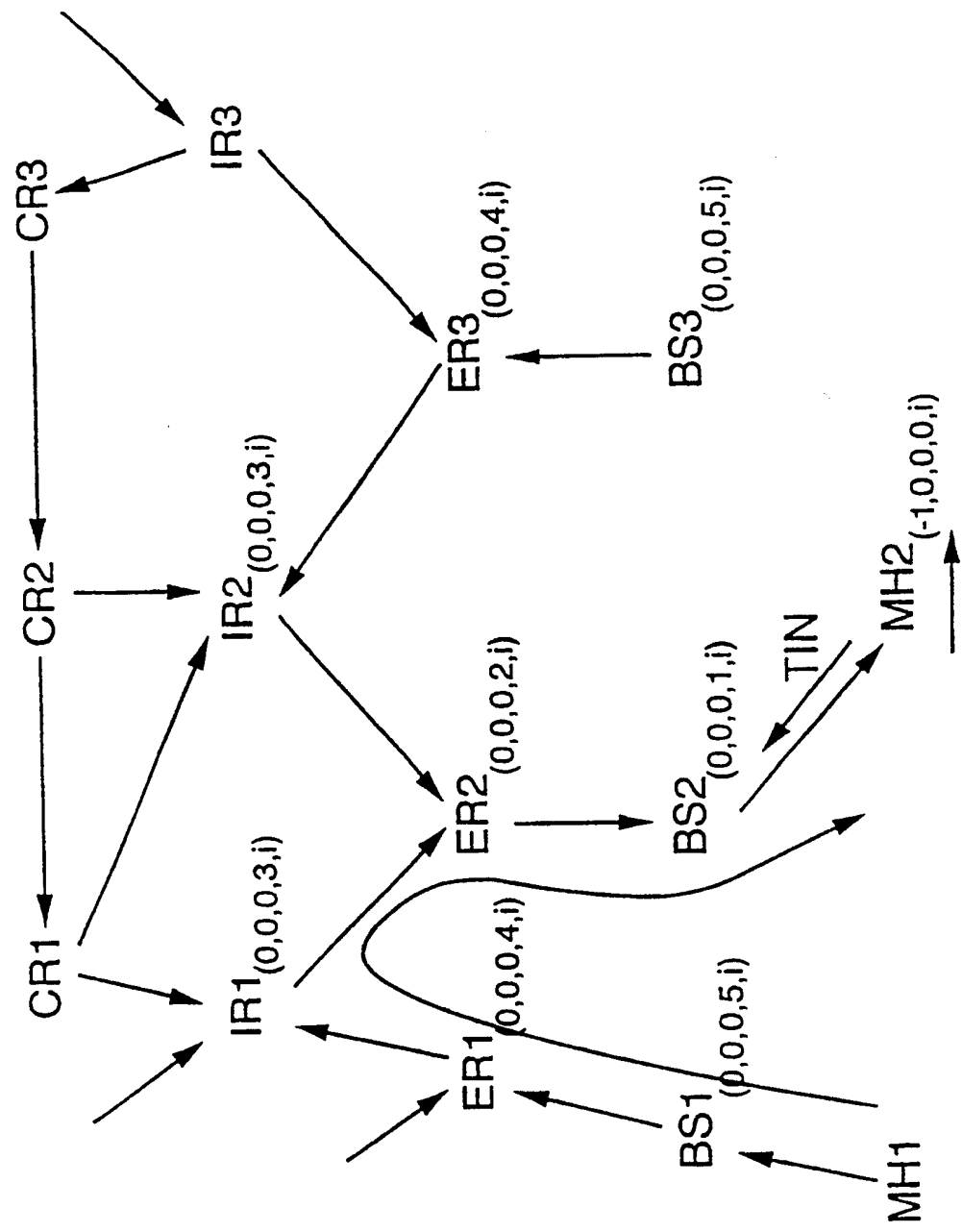


图 3

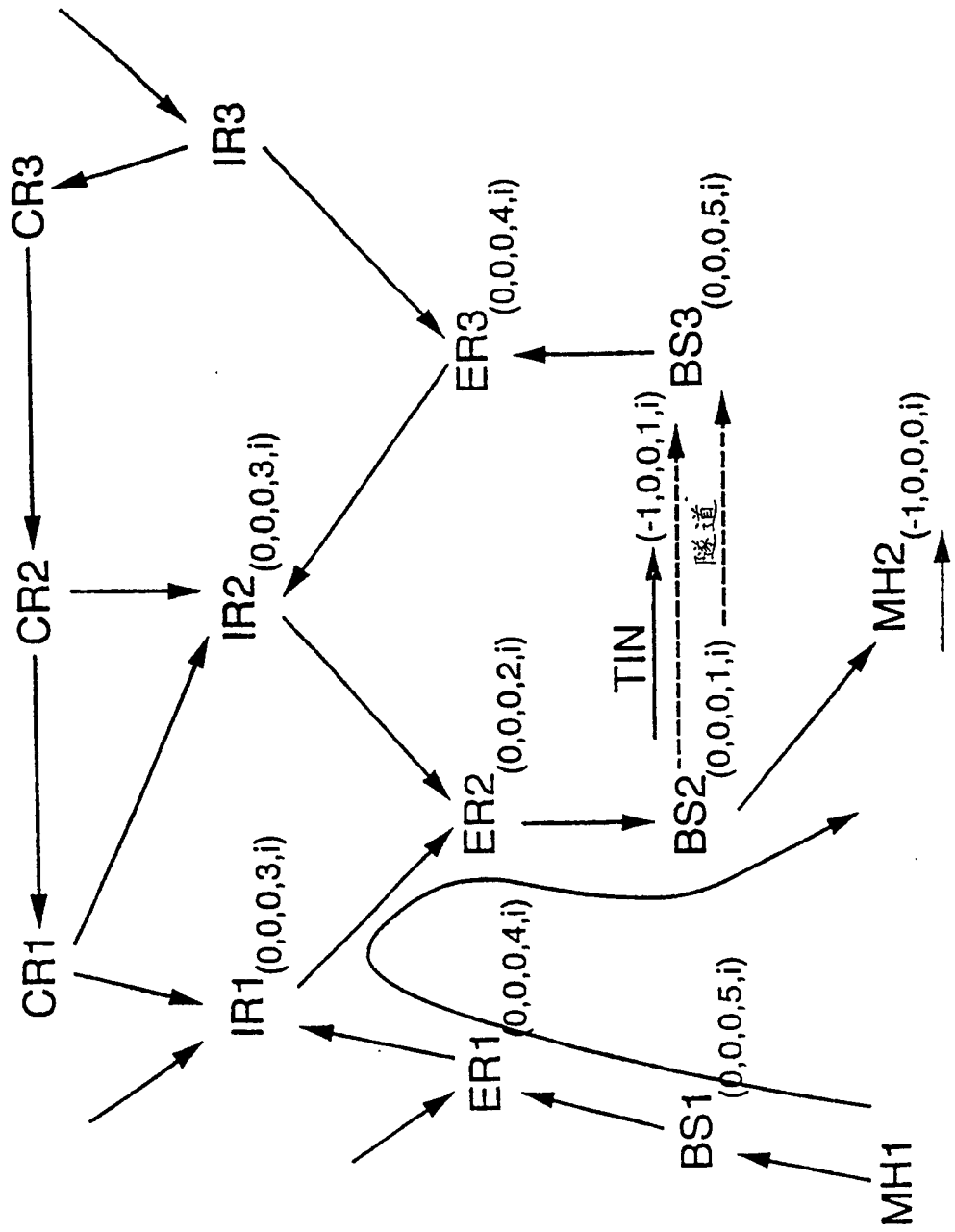


图 4

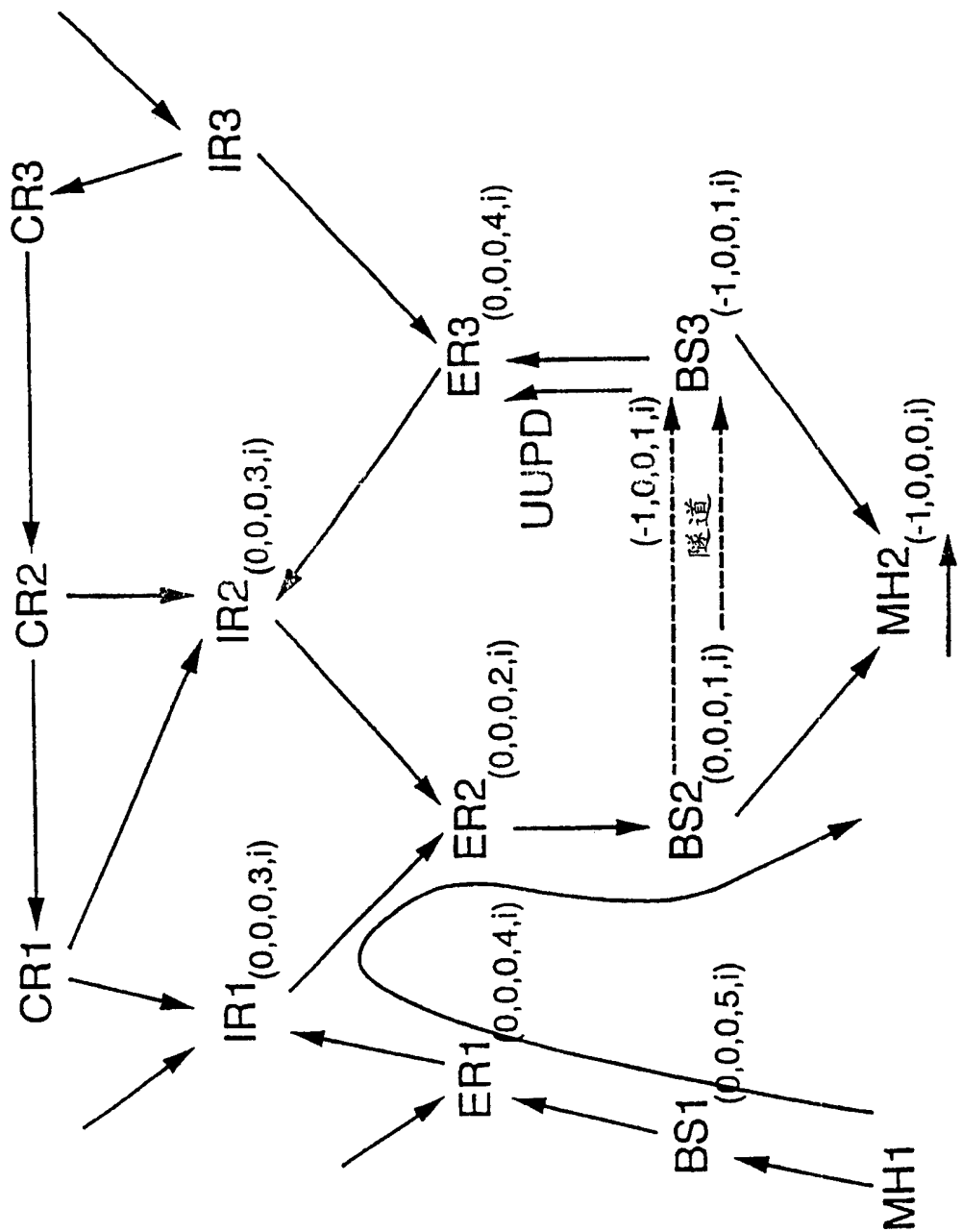


图 5

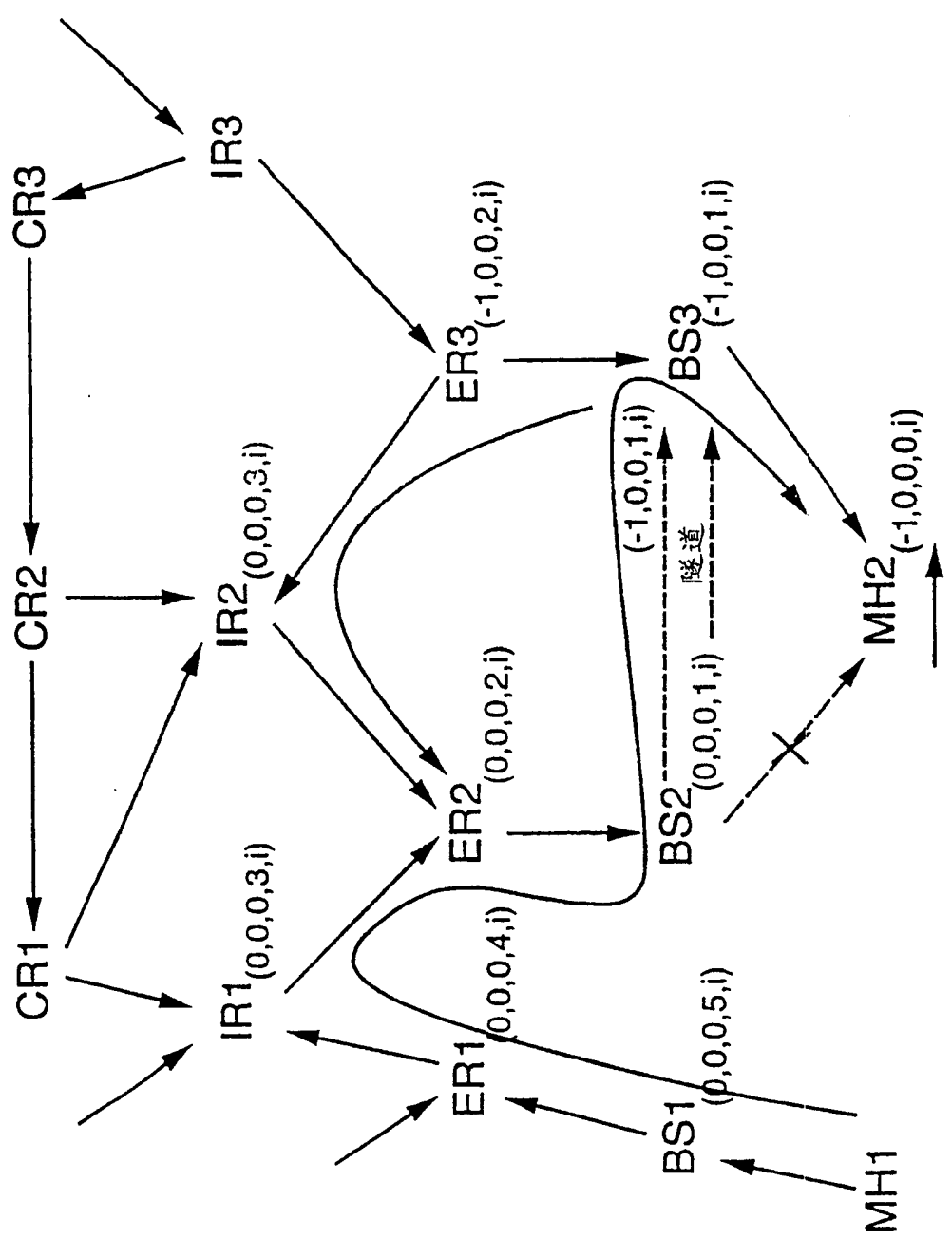


图7

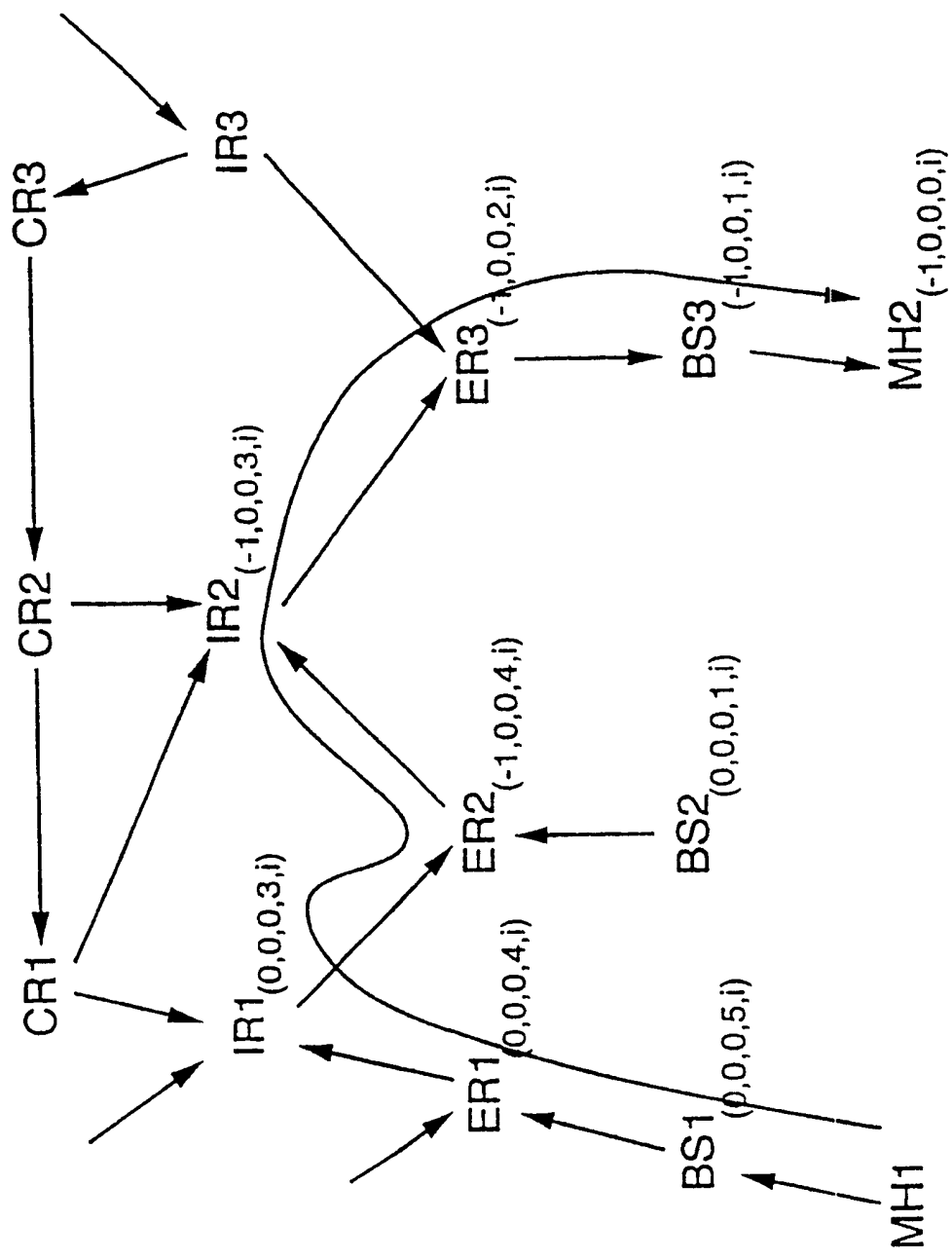


图9

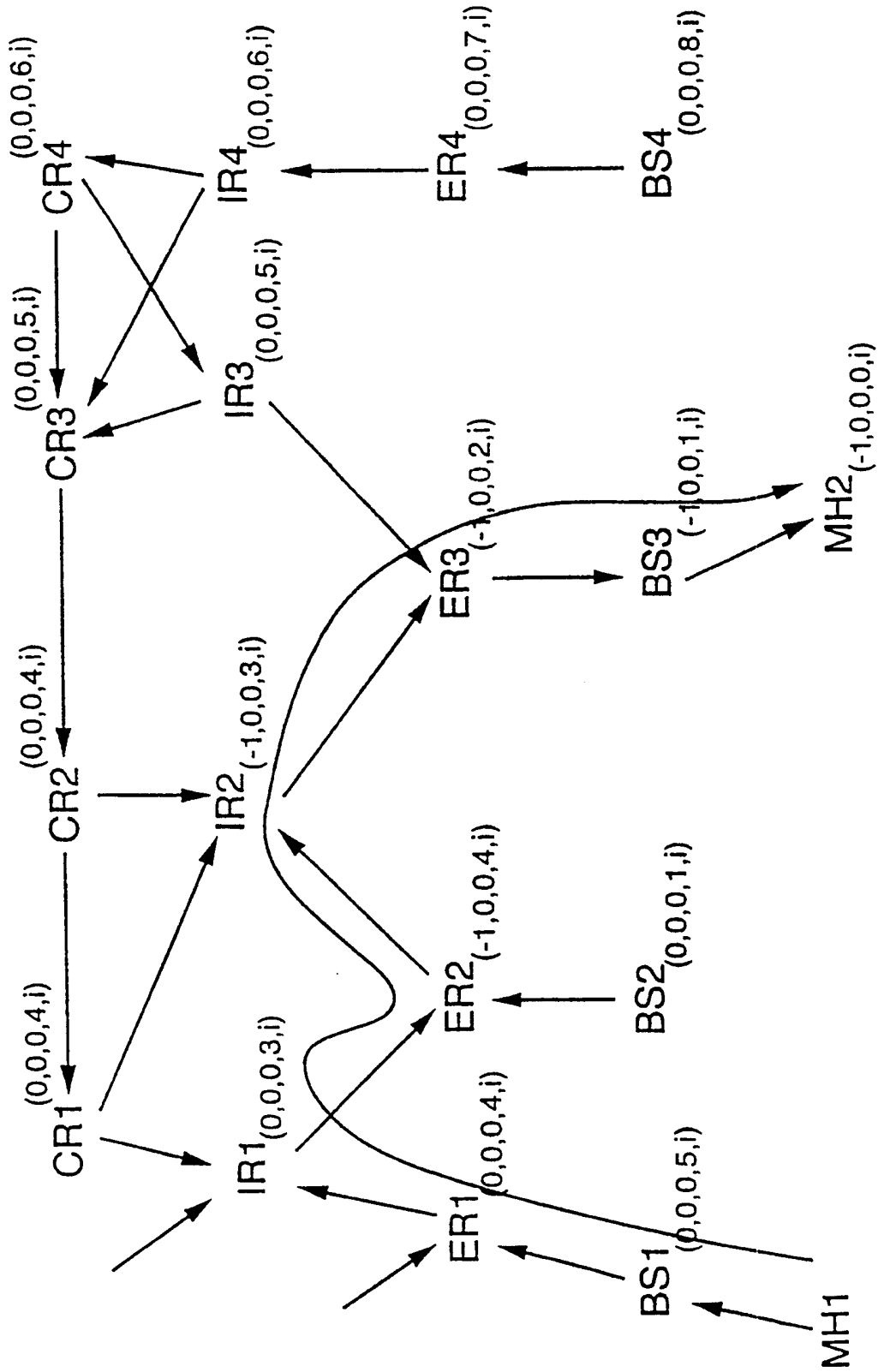


图10

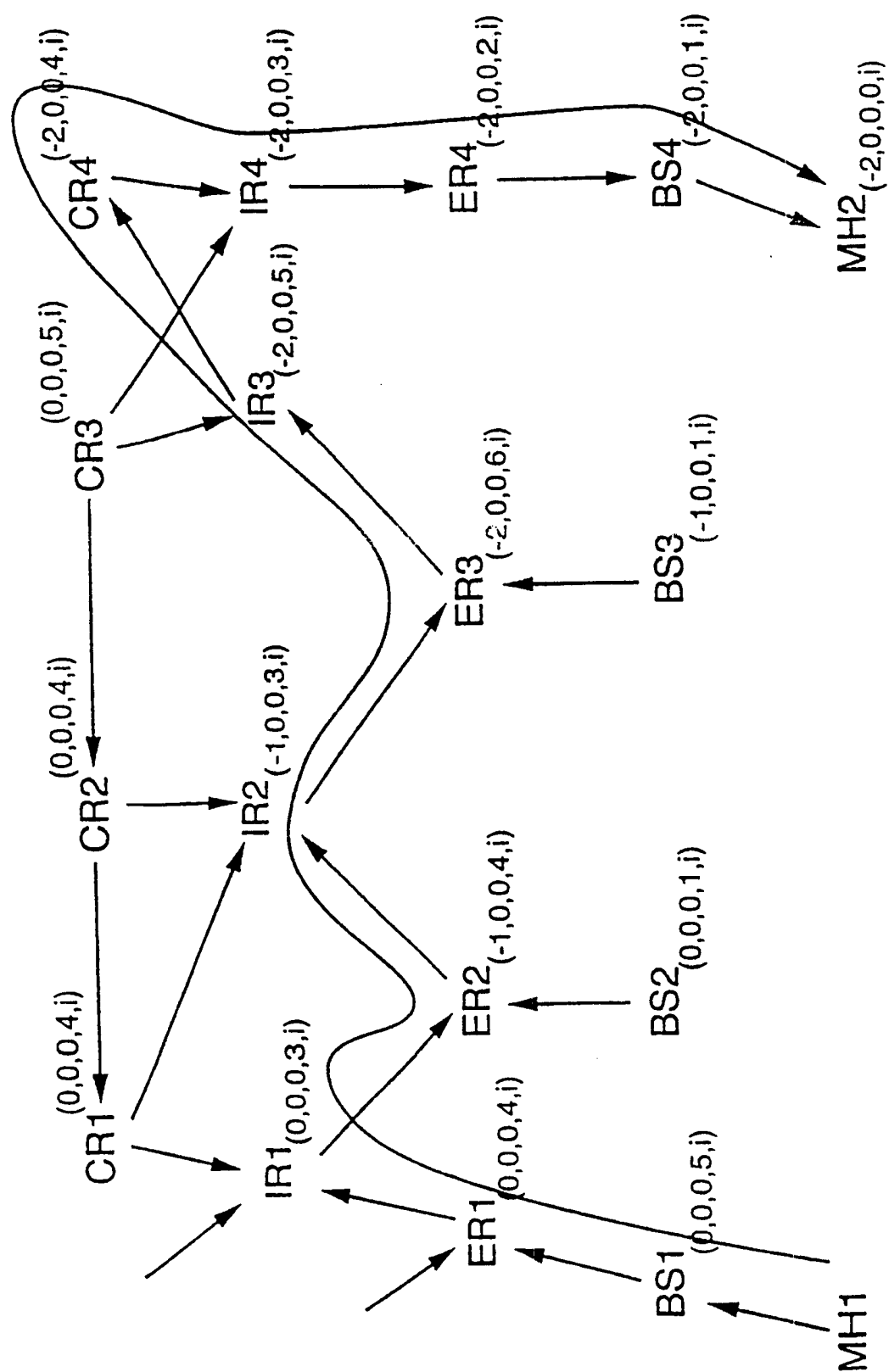


圖 11

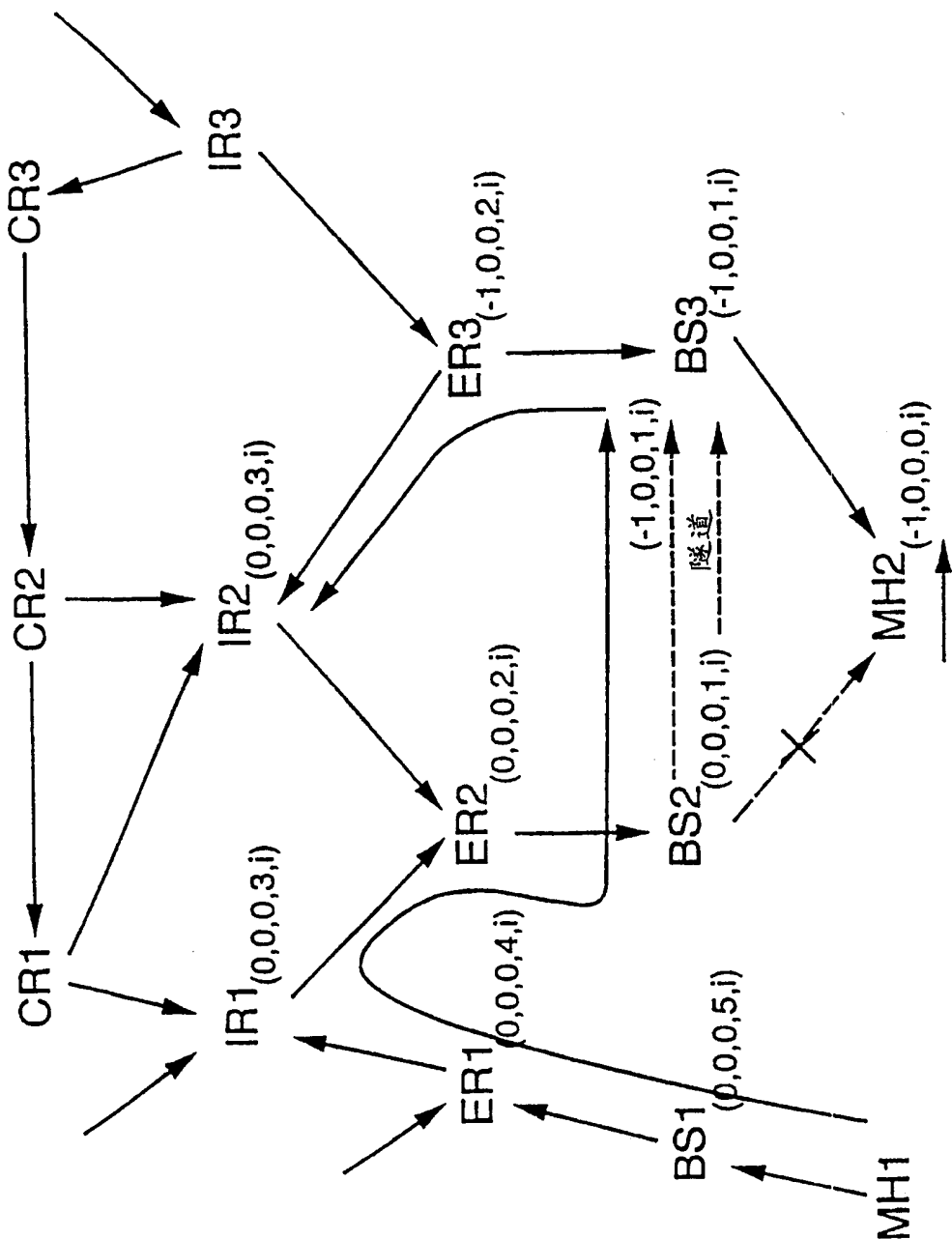


图13

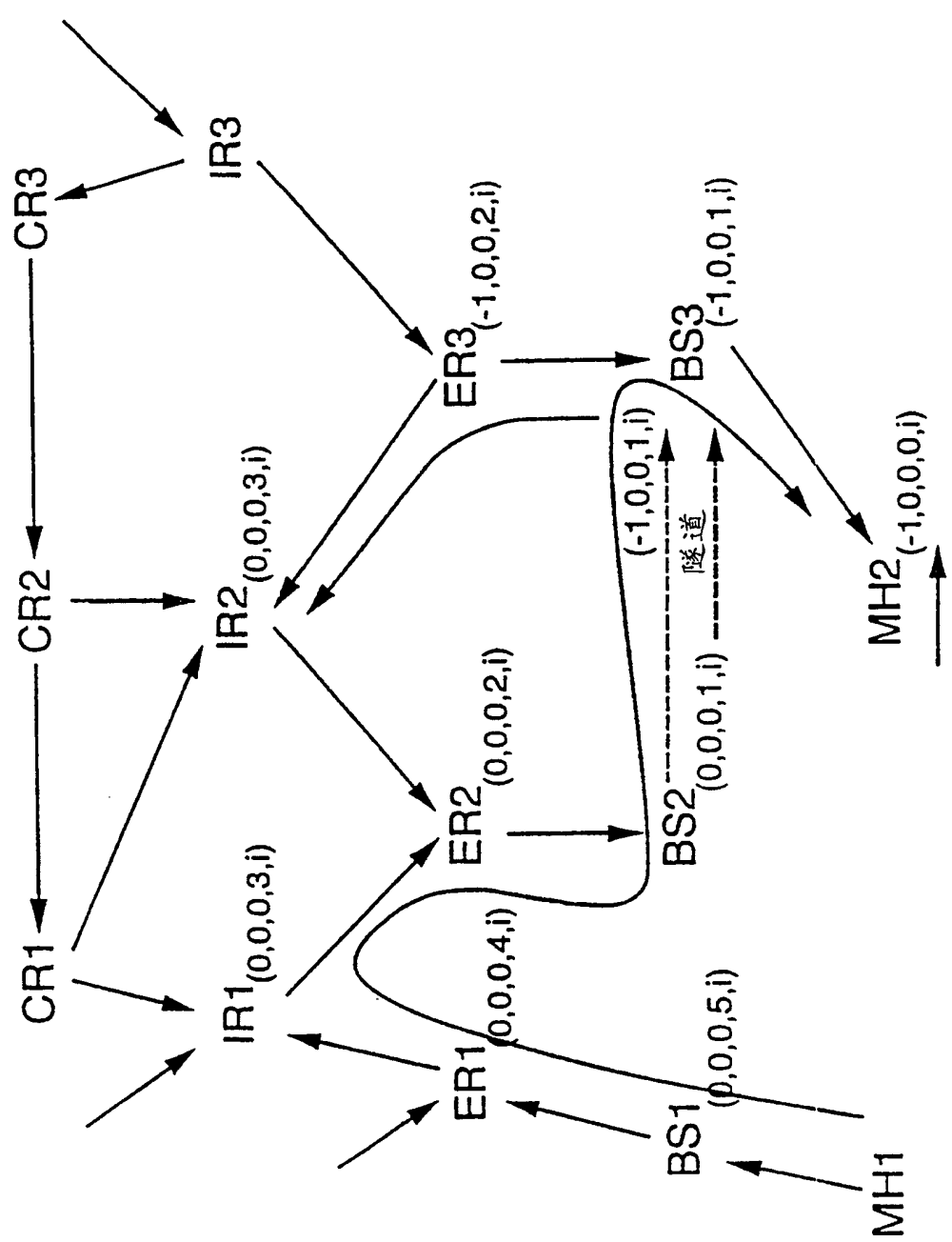


图14

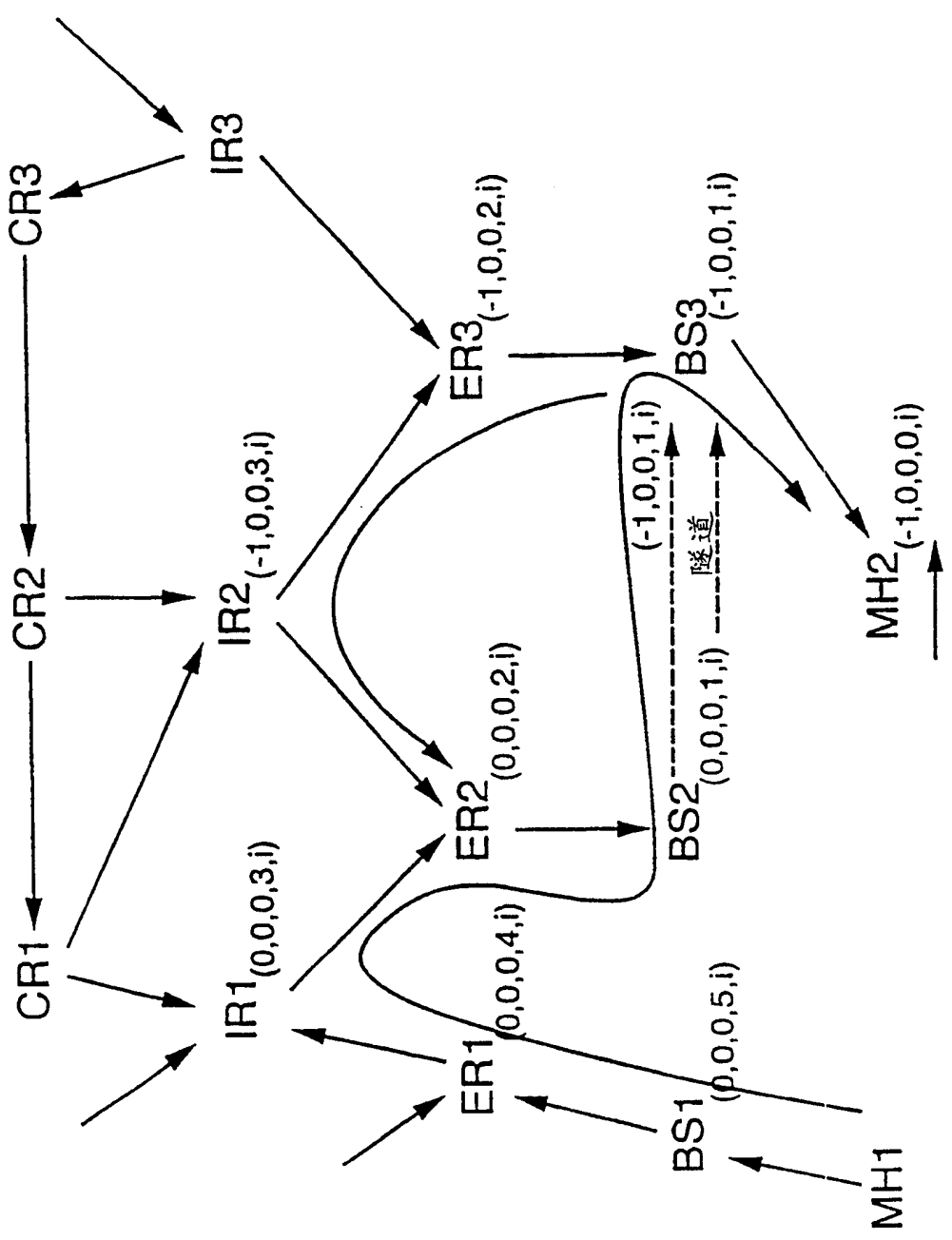


图15

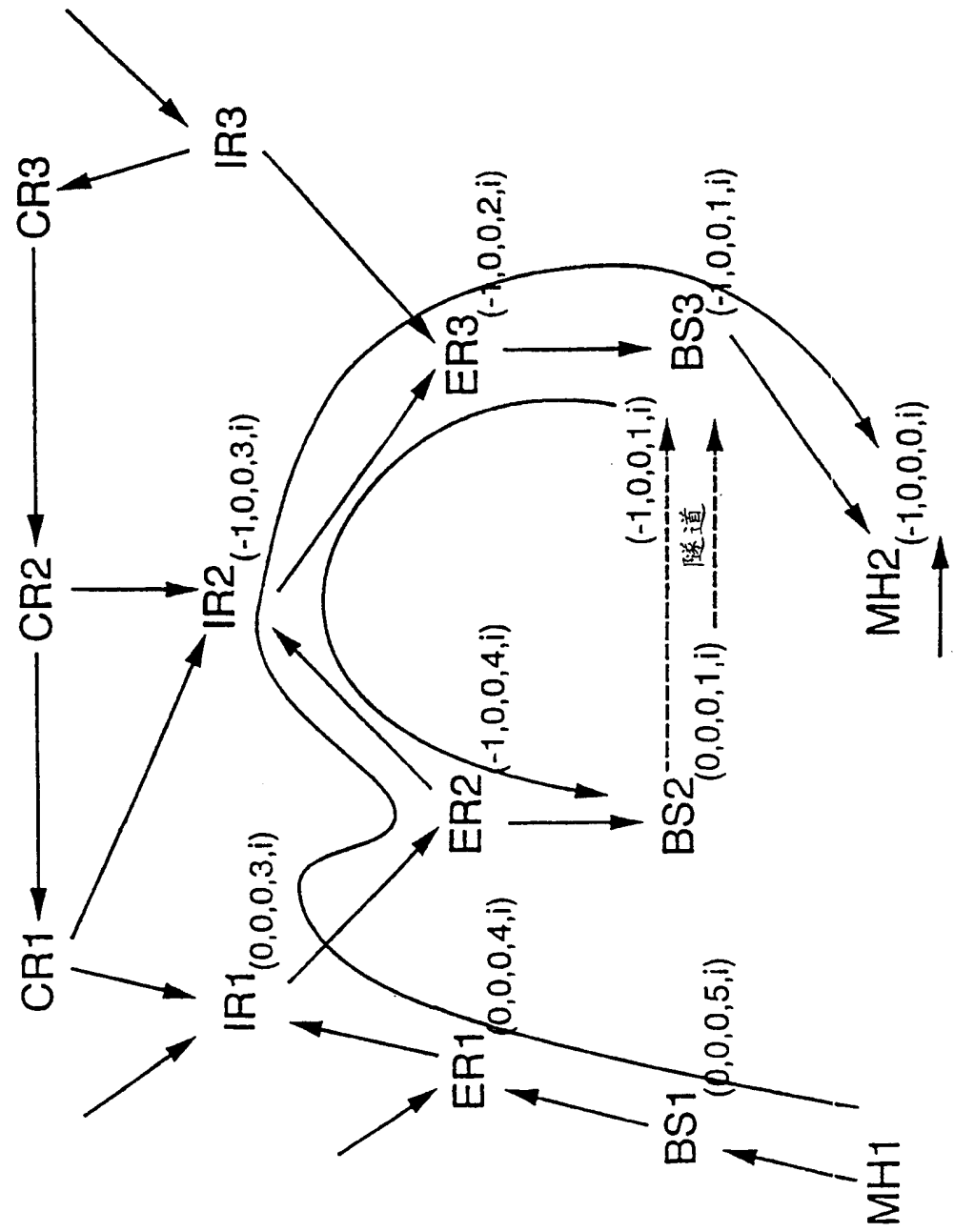


图16

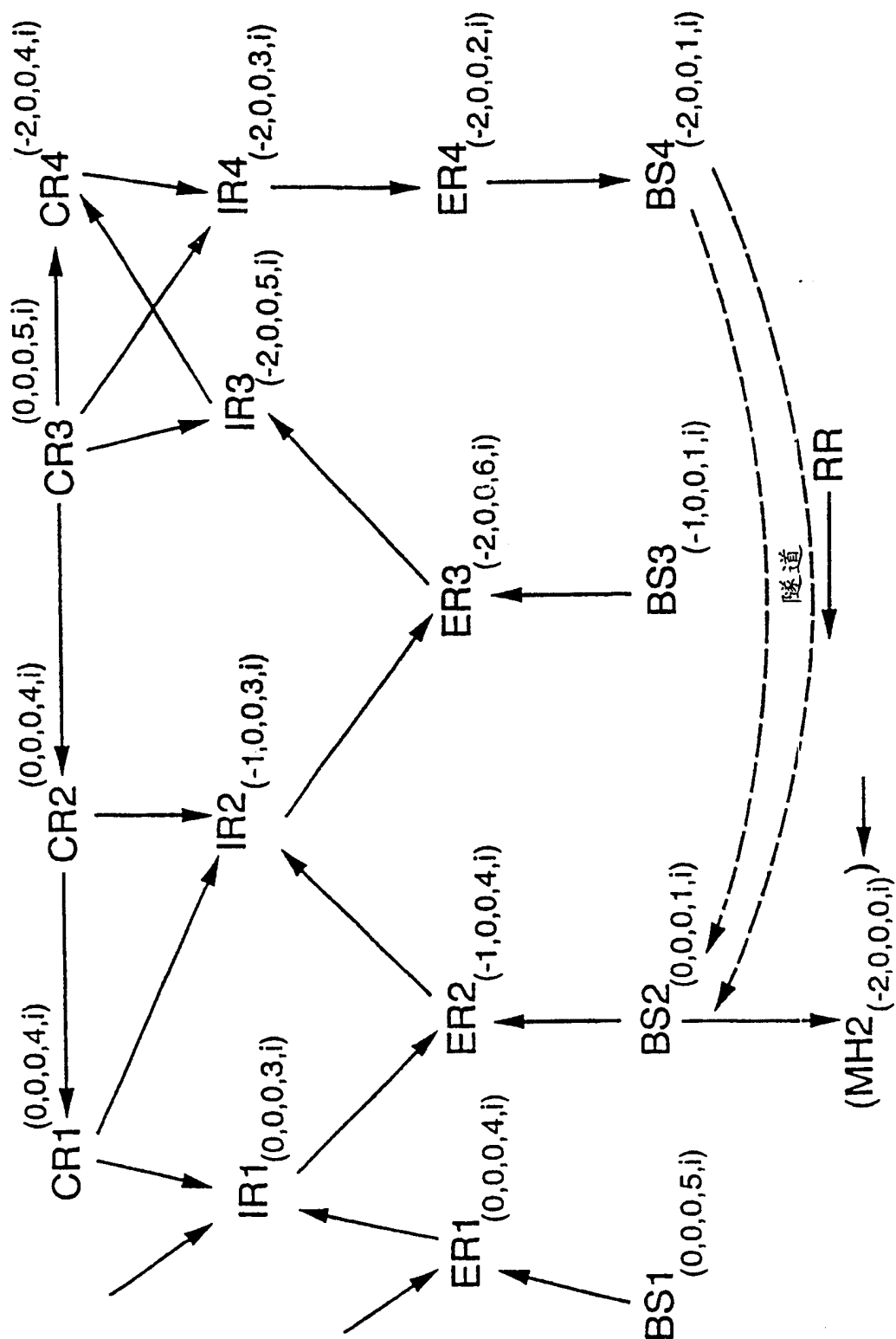


圖 17

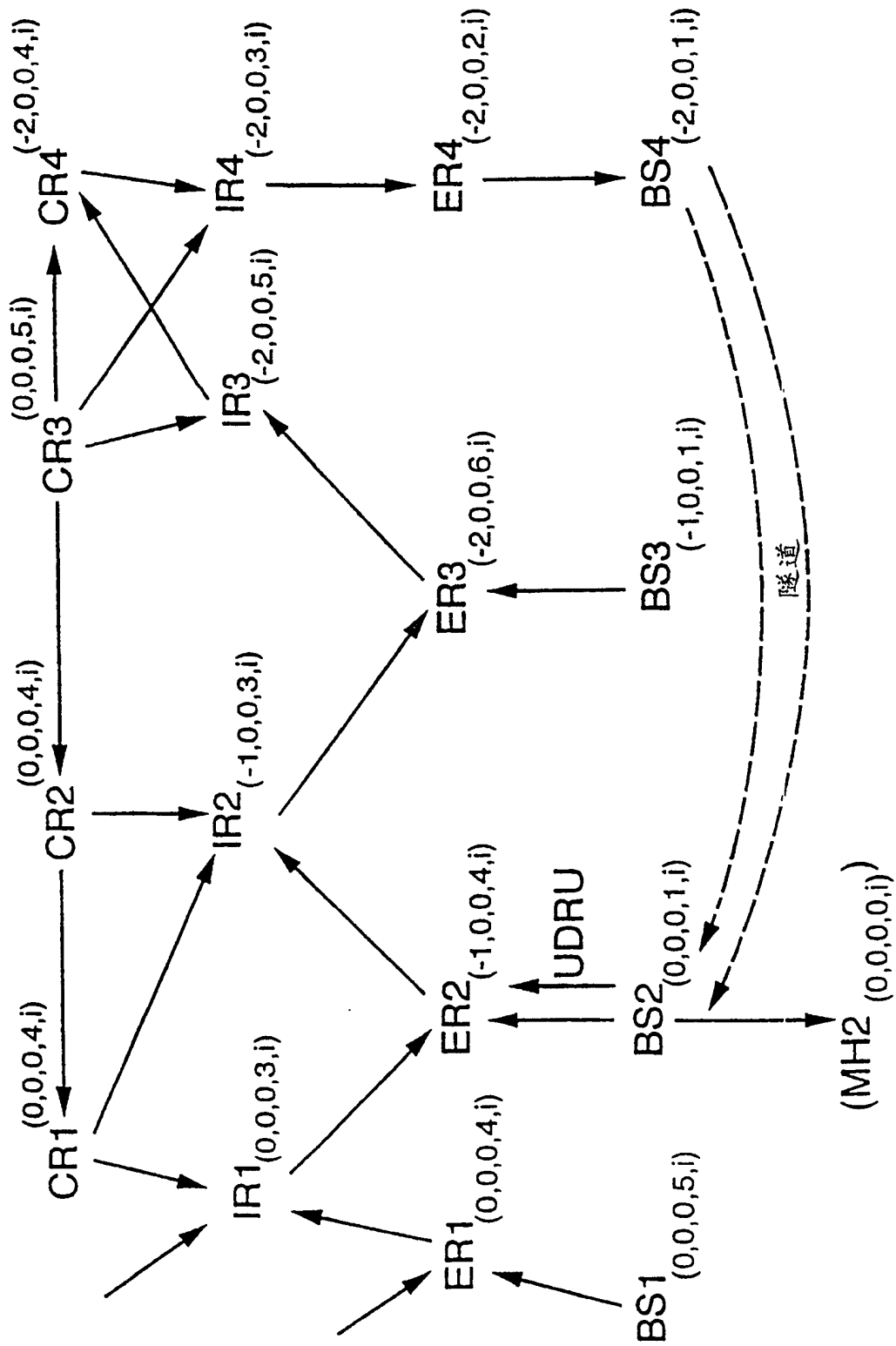


图18

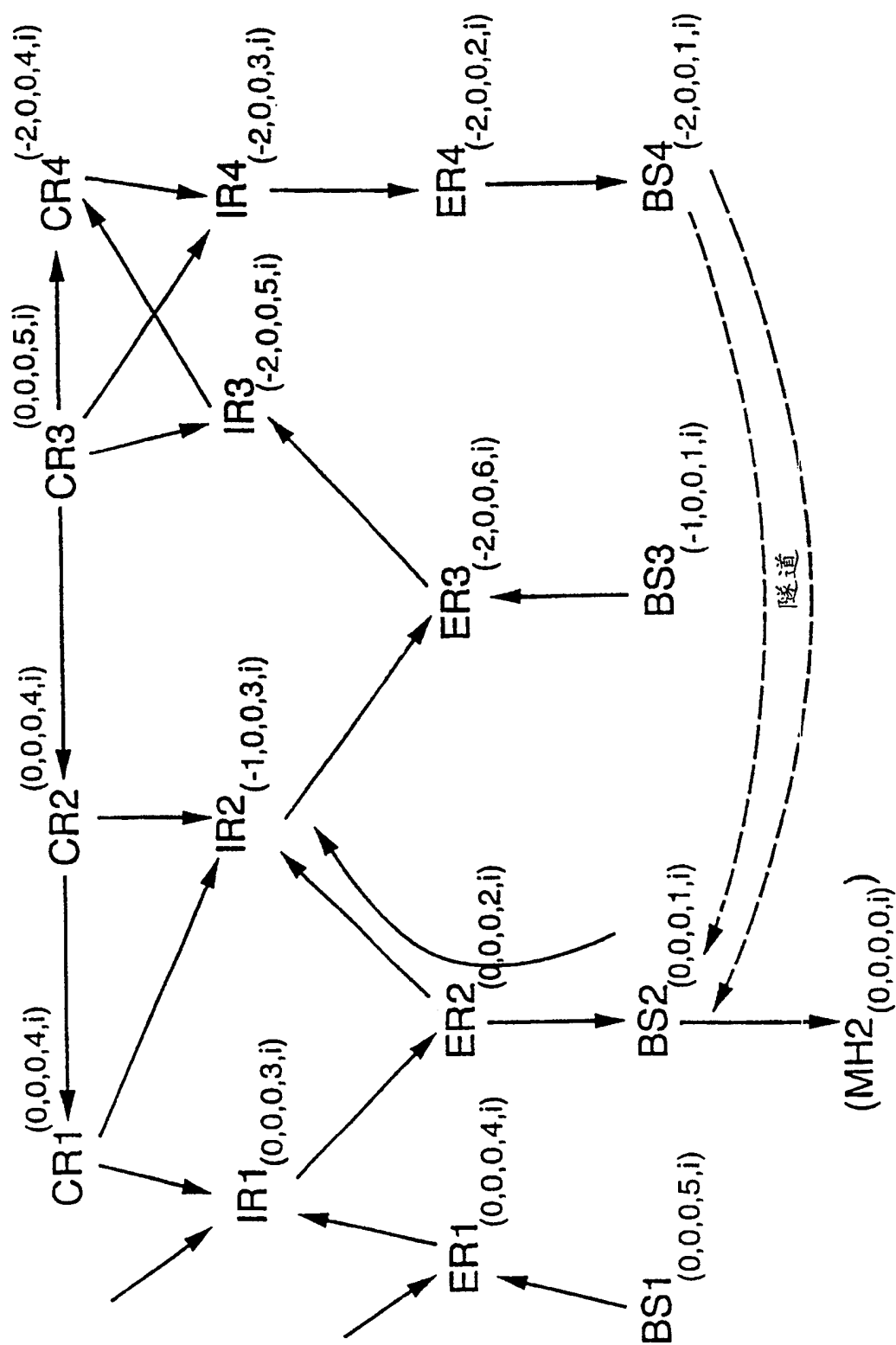


图19

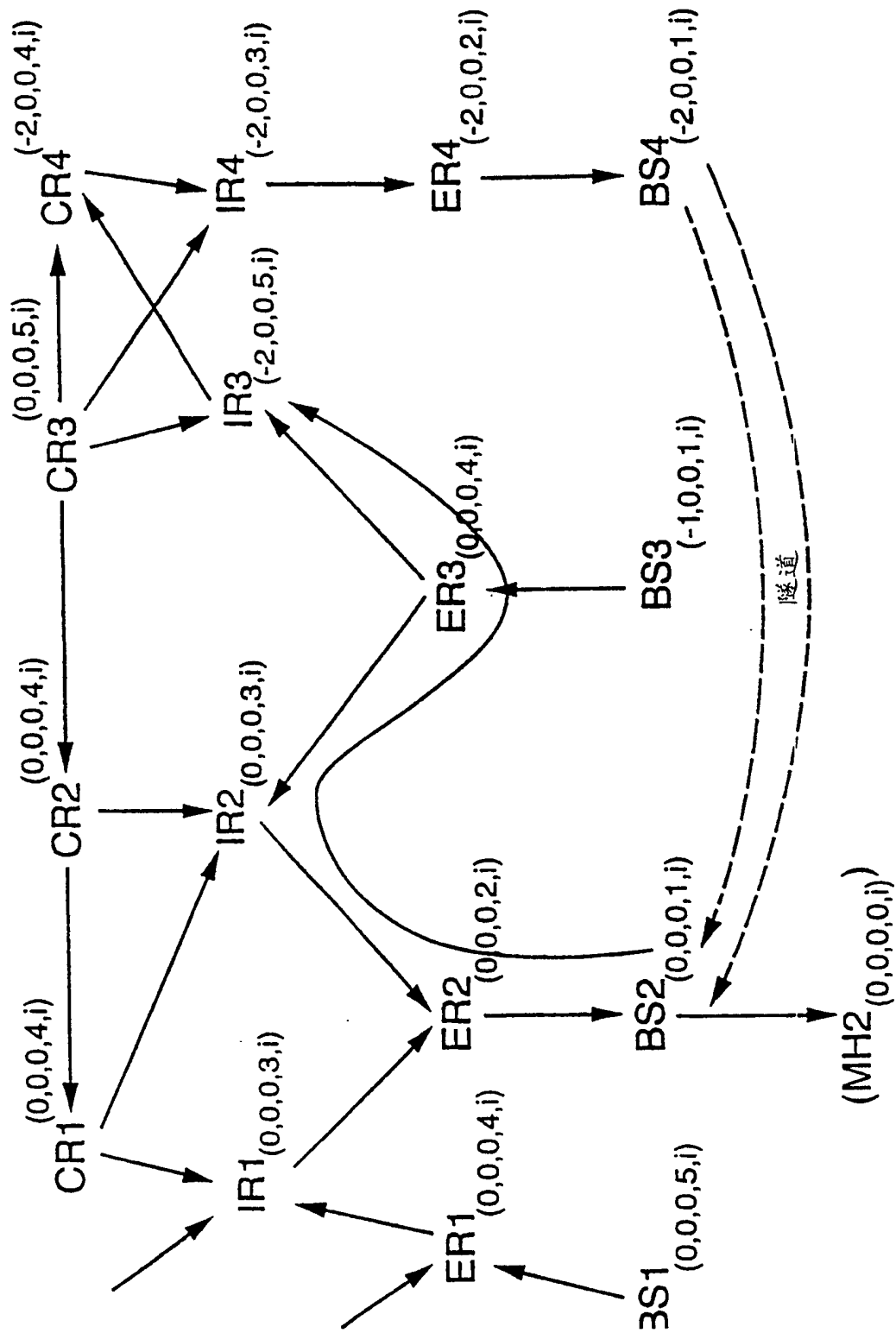


图 20

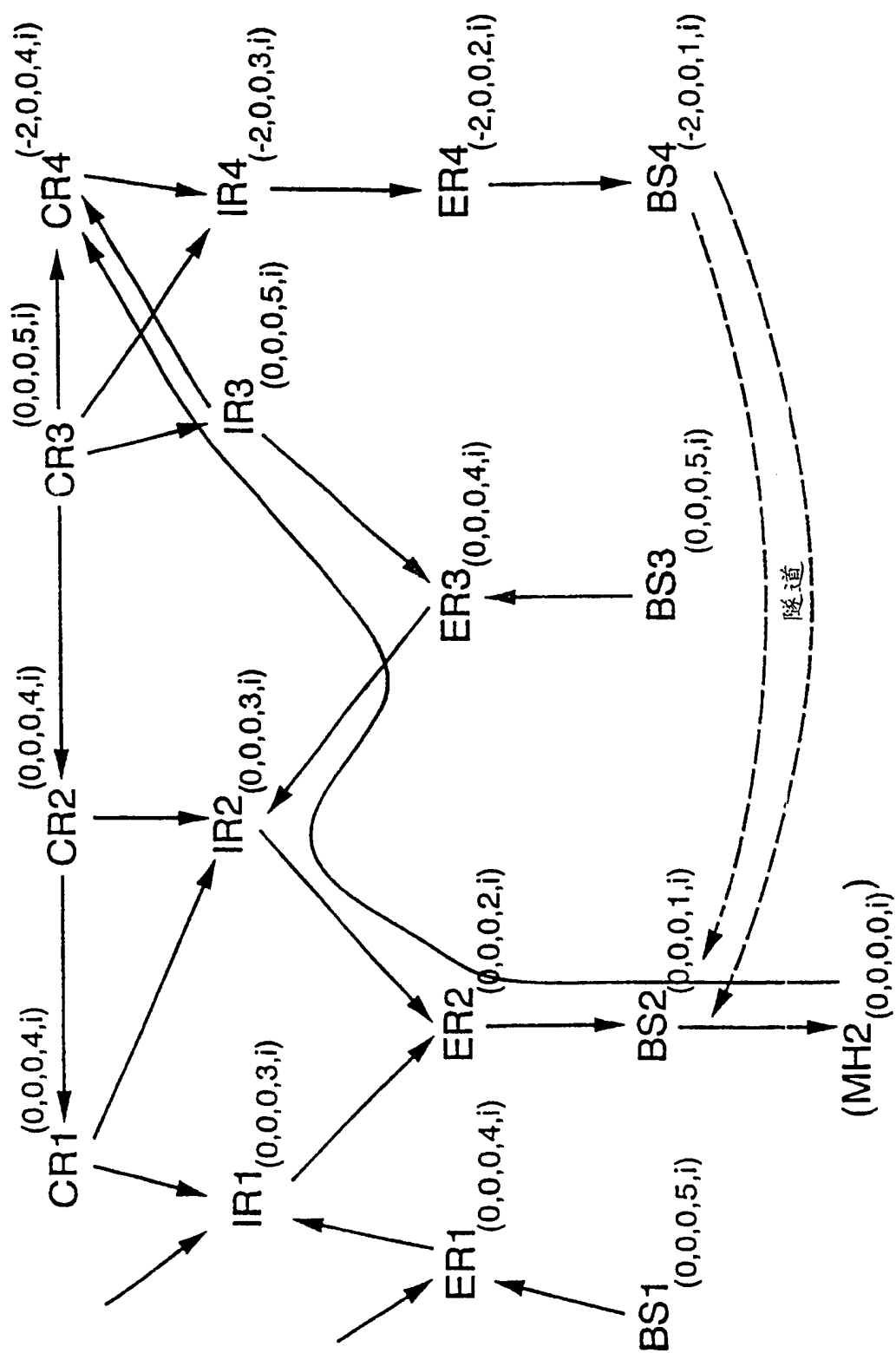


图 21

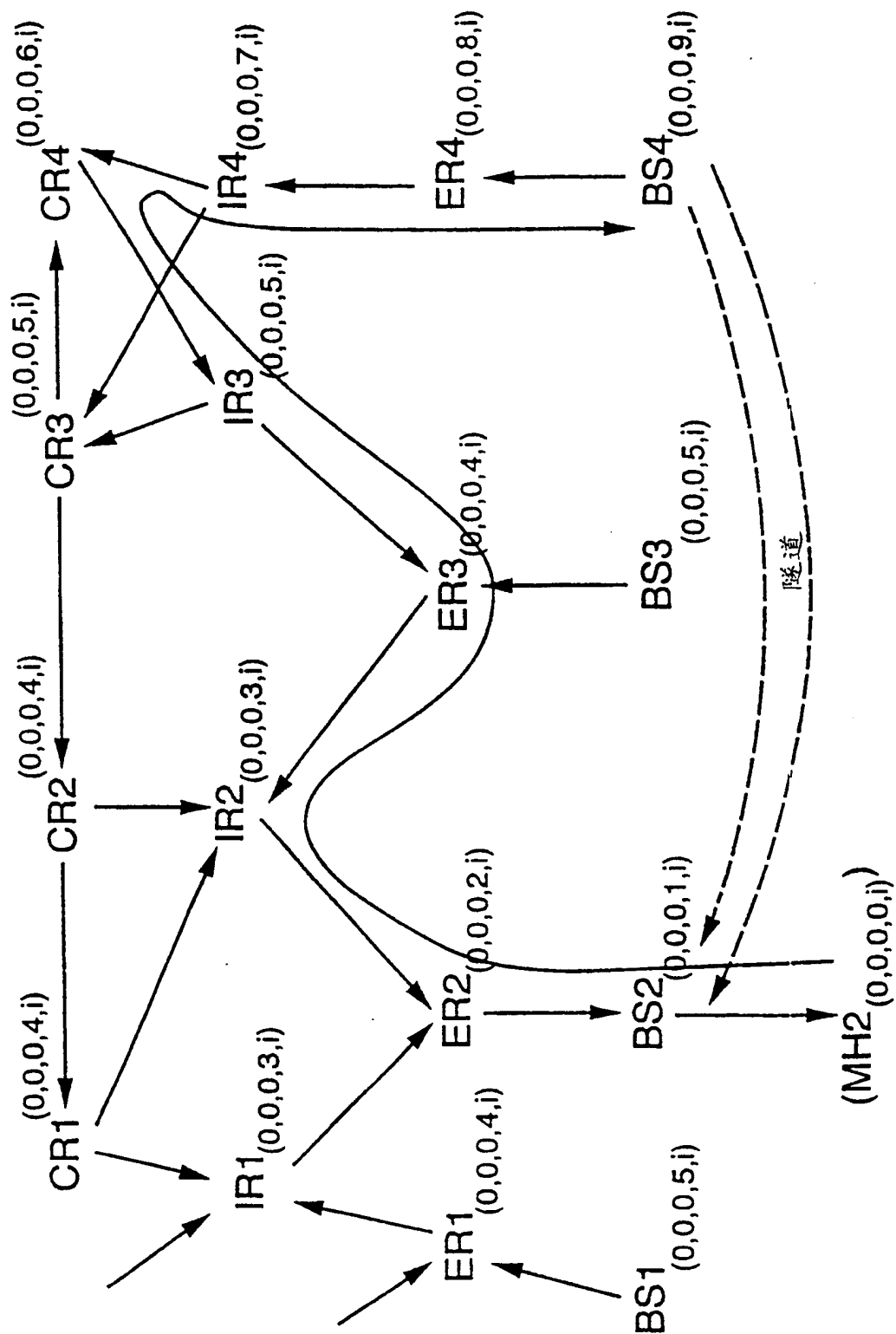


图 22

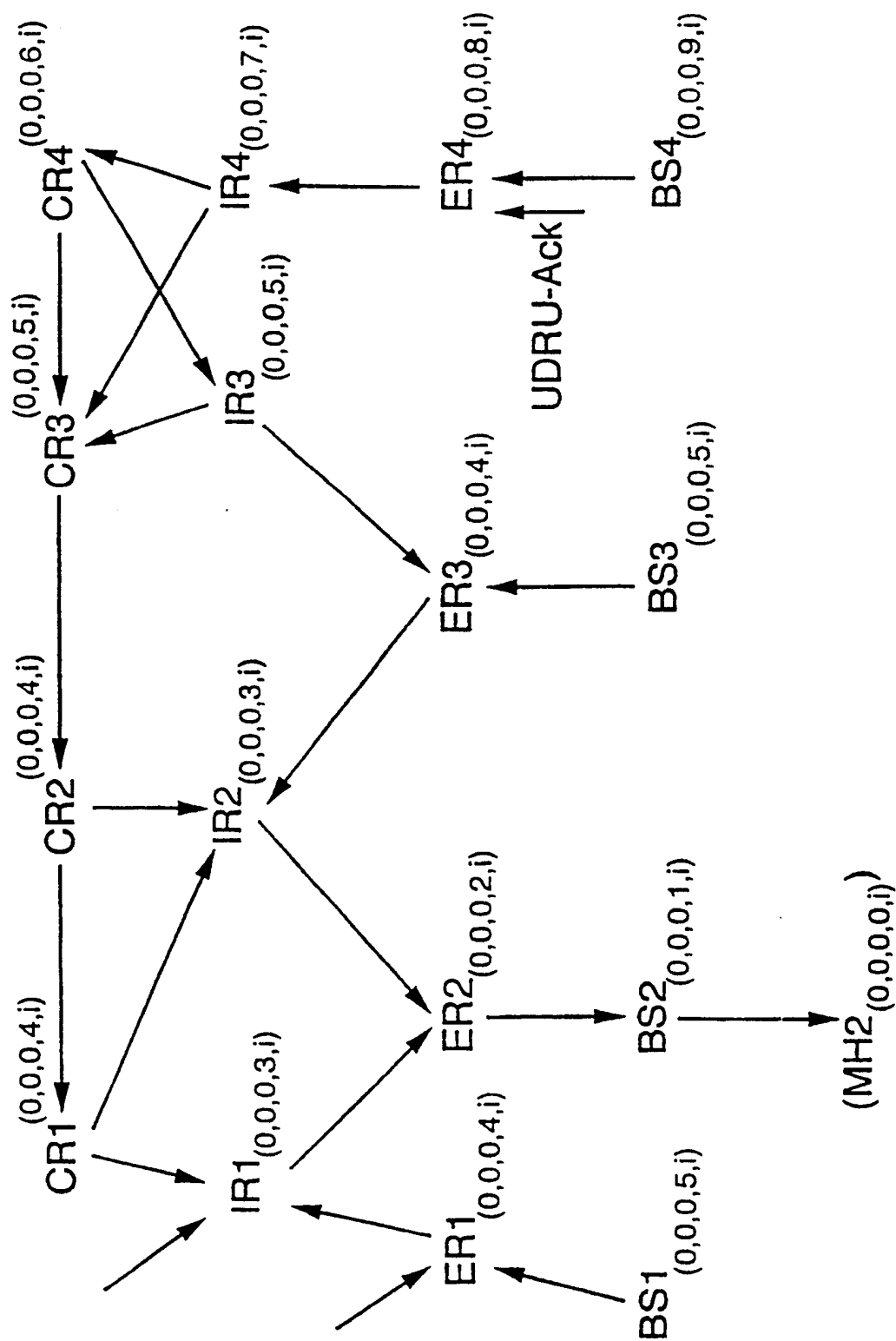


图 2.3

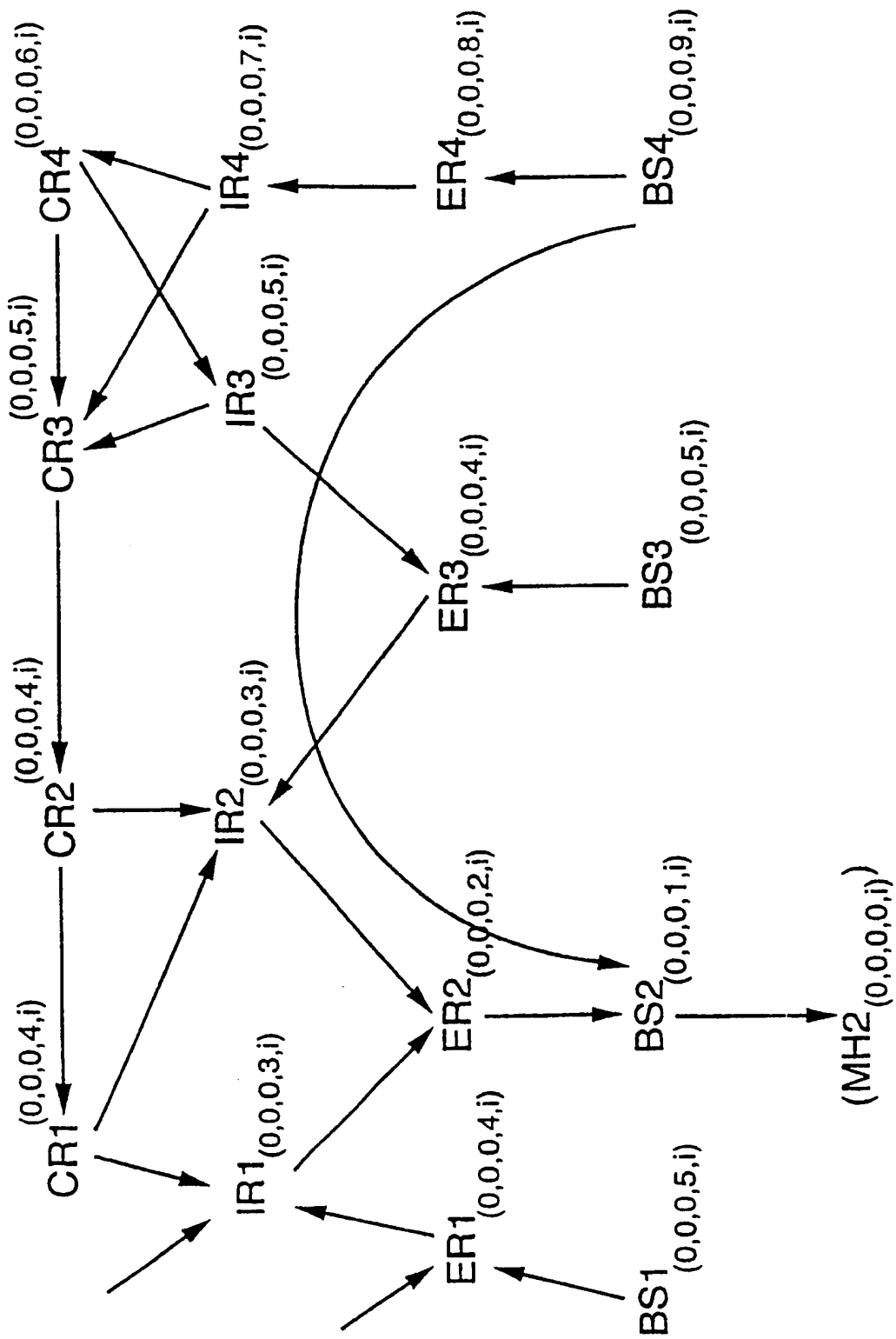


图 24

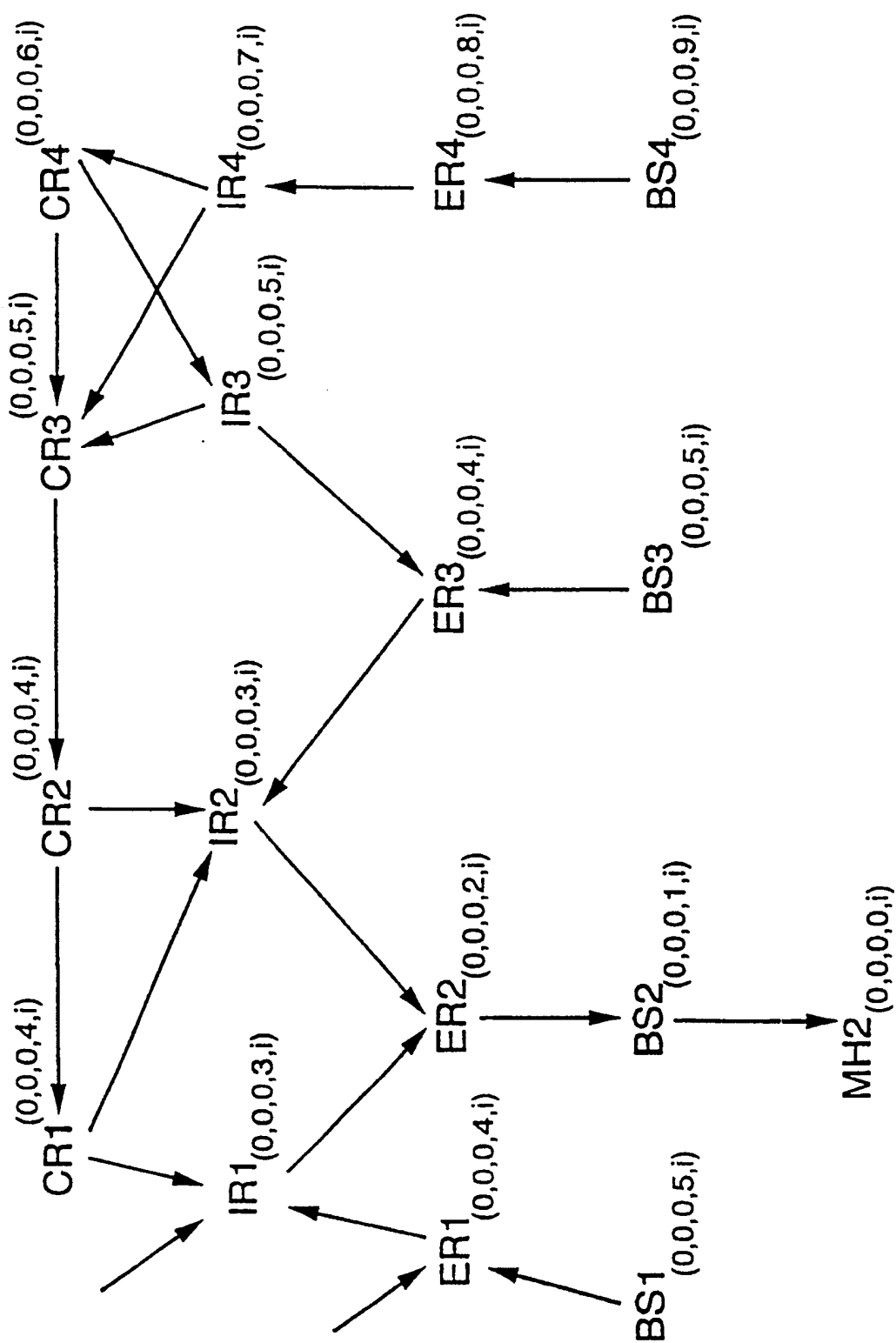


图 25

主机IP地址 (或前缀)	自己的 高度	邻居ID	邻居高度	链路ID	链路状态
IP1	Hi (IP1)	w	H Niw (IP1)	L1	u
		x	H Nix (IP1)	L2	D
		y	H Niy (IP1)	L3	D
		z	H Niz (IP1)	L4	—
IP2	Hi (IP2)	w	H Niw (IP2)	L1	D
		x	H Nix (IP2)	L2	u
		y	H Niy (IP2)	L3	u
		z	H Niz (IP2)	L4	—
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

图 26

主机IP地址 (或前缀)	链路ID
IP1	L2
IP2	L1
⋮	⋮

图 27