



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107438983 B

(45)授权公告日 2020.09.29

(21)申请号 201580063364.7

(22)申请日 2015.09.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107438983 A

(43)申请公布日 2017.12.05

(30)优先权数据

14185828.2 2014.09.22 EP

14185824.1 2014.09.22 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.05.22

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/NL2015/050657 2015.09.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/048143 EN 2016.03.31

(73)专利权人 沃尔廷控股公司

地址 荷兰赫伊曾

(72)发明人 西蒙·沃尔廷

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204

代理人 王达佐 王艳春

(51)Int.Cl.

H04L 12/751(2013.01)

(56)对比文件

CN 102405418 A, 2012.04.04

CN 103703845 A, 2014.04.02

CN 1985525 A, 2007.06.20

US 2002062385 A1, 2002.05.23

US 2002052965 A1, 2002.05.02

审查员 余力耕

权利要求书6页 说明书59页 附图64页

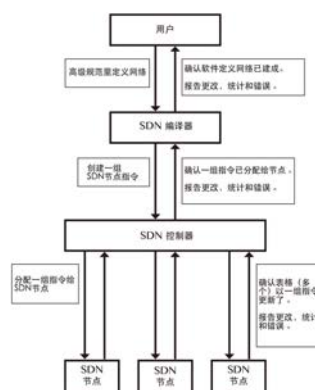
(54)发明名称

确定软件定义网络,存储和计算的物理和虚拟资源的编译器和方法

(57)摘要

基于一个逻辑网络模型,用于控制网络的方法和编译器。针对编译器确定的物理和/或虚拟资源,包括物理节点和物理链路,一个逻辑模型可被编译。该网络具有已知物理节点,未知物理节点和逻辑节点。已知物理节点是“物理节点”,是现有的或是还要在网络中设置的(虚拟)节点。已知物理节点是根据一个物理网络布局通过物理链路互连的。逻辑网络模型具有以逻辑节点命名表示的逻辑节点其至少涉及网络中一个已知物理节点或一个未知物理节点。该方法使用一个深度-映射关系定义逻辑节点是如何映射到已知物理节点和未知物理节点的。术语“未知物理节点”是用来定义一个虚构的物理节点其可以被逻辑节点通过深度-映射映射到以及将被网络的物理节点命名已被存储的一个物理节点替换。该方法包括创建逻辑节点之间的逻辑通路依赖于已

知的物理节点和/或未知物理节点之间的链路,以及深度-映射的关系。通过执行一个搜索为未知物理节点确定已知物理节点和为未知物理节点之间的未知物理通路确定已知物理通路。该方法使用在逻辑链路,逻辑通路,物理链路,物理通路和深度映射关系之间的边-关系。逻辑网络中的逻辑通路被变换成一个物理通路包括物理节点之间通过递推计算和创建转发指令为物理节点创建的物理通路,依赖于边-关系和物理链路与物理节点之间的附着点(PoA)的命名。



1. 基于一个逻辑网络模型,由编译器控制一个整体网络的方法,整体网络包括两个或更多个物理节点,按照物理网络布局,物理节点被物理链接互连,逻辑网络模型包括逻辑节点,每个逻辑节点由一个逻辑节点命名表示,由编译器执行的方法,包括以下行动:

a) 存储物理节点命名,每个物理节点命名是一个物理节点的独特识别符,存储物理拓扑-映射,每个物理拓扑-映射为一个方向的一个物理链路,所述物理拓扑-映射是基于有向图表示法,以及存储所述物理节点的附着点(PoA)的命名,每个有关物理节点的附着点(PoA)的命名是有关物理节点和连接有关物理节点与另一个物理节点的物理链路之间的附着点(PoA)的一个独特标识符,

b) 创建和存储一个或更多个未知-物理-节点的命名,每个未知-物理-节点的命名是一个未知-物理-节点的一个独特标识符,

c) 存储所述逻辑节点的逻辑节点命名,每个逻辑节点命名是一个逻辑节点的一个独特标识符,以及存储深度-映射,所述深度-映射至少定义逻辑节点如何映射到已知/未知物理节点,所述深度-映射是基于一个有向图表示法,

d) 创建和存储一个或更多个逻辑拓扑-映射,从一个第一个逻辑节点到一个第二个逻辑节点的每个逻辑拓扑-映射作为一个有向图表示,被计算为一个级联其由从第一个逻辑节点到一个第一个已知/未知物理节点的一个第一个深度-映射,从第一个已知/未知物理节点到一个第二个已知/未知物理节点的一个已知/未知物理拓扑-通路和从第二个已知/未知物理节点到第二个逻辑节点的一个第二个深度-映射所组成,其中,所述已知/未知物理拓扑-通路是一个物理拓扑-通路或一个未知的,创建的和存储的物理拓扑-通路,两者任一,所述物理拓扑-通路为一个或更多个物理拓扑-映射的级联,

e) 通过执行一个搜索包括使每个未知物理拓扑-通路匹配与一组合适的物理拓扑-通路里之一,和使每个未知物理节点匹配与一组的合适的物理节点里之一,为每个未知物理节点确定在整体网络中的一个合适的物理节点和为每个未知物理拓扑-通路确定在整体网络中的一个合适的物理拓扑-通路,以及根据搜索结果更换和存储每个未知物理拓扑-通路与所述一组合适的物理拓扑-通路里所述之一,所述一组合适的物理拓扑-通路里之一是一个或更多个层-映射的级联,和更换和存储每个未知物理节点与所述一组合适的物理节点里所述之一,

f) 创建并存储一个请求的-拓扑-通路为一个或更多个逻辑拓扑-映射的一个级联,

g) 为所述请求的-拓扑-通路,通过递归计算并存储一个递归-通路,包括所述逻辑节点命名所示的逻辑节点,深度-映射,所述物理节点命名所示的物理节点,物理拓扑-映射,物理附着点(PoA)的命名所示的物理附着点(PoA),所述递归-通路是基于一个有向图表示法,

h) 为在递归-通路里的物理节点从所述递归通路创建转发表项,

i) 发送所述转发表项,无论直接或间接地到在所述递归通路中的物理节点。

2. 根据权利要求1所述的方法,包括以下操作:

-在权利要求1的行动d)为每个所述逻辑拓扑-映射存储边-关系包括一个第一个边-关系其为第一个深度-映射和所述逻辑拓扑-映射之间的一个关系,一个或更多个第二个边-关系每个第二个边-关系是所述物理拓扑-通路里所述一个或更多个物理拓扑-映射里之一和所述逻辑拓扑-映射之间的一个关系或一个第二个边-关系是所述已知/未知物理拓扑-通路和所述逻辑拓扑-映射之间的一个关系,一个第三个边-关系其为第二个深度-映射和

所述逻辑拓扑-映射之间的关系,和一个或更多个第四个边-关系每个第四个边-关系其为所述一个或更多个所述物理拓扑-映射里之一和所述物理拓扑-通路之间的一个关系,

-在权利要求1的行动e)根据所述搜索结果,为每个所述合适的物理拓扑-通路存储一个或更多个第五个边-关系,每个第五个边-关系是所述一个或更多个物理拓扑-映射和所述合适的物理拓扑-通路之间的一个关系,

-在权利要求1的行动e)根据所述搜索的所述结果,为每个所述逻辑拓扑-映射存储边-关系包括一个第六个边-关系是第一个深度-映射和所述逻辑拓扑-映射之间的关系,一个第七个边-关系是所述合适的物理拓扑-通路和所述逻辑拓扑-映射之间的关系,一个第八个边-关系是第二个深度-映射和所述逻辑拓扑-映射之间的关系,

-在权利要求1的行动f)存储一个或更多个进一步的边-关系,每个进一步的有关边-关系是一个请求的-拓扑-通路里的逻辑拓扑-映射和所述请求的-拓扑-通路之间的一个关系。

3. 根据权利要求2所述的方法,包括以下行动:

-在权利要求1的行动g)计算和存储嵌套的边-关系。

4. 根据权利要求1、权利要求2或权利要求3所述的方法,

在其中所述整体网络包括多个网络,所述多个网络包括一个第一组网络包括一个或更多个网络(KA,KB,KC,KD)和所述逻辑网络模型包括一个第二组网络包括一个或更多个网络(LA,LB,LC,LD),所述第一组网络被编组为一个或更多个层(n)和所述第二组网络(LA,LB,LC,LD)被编组为一个或更多个层n和在离所述第一组网络(KA,KB,KC,KD)一个或更多个的深度d,在其中所述第一组的网络(KA,KB,KC,KD)的每个其在一个相同的层n相关与另一个通过拓扑-映射,所述第一组的网络(KC,KD)的每个其在一个层高于一个最低层 $n=n_{\min}(d)$, $n_{\min}(d)$ 是在特定深度d的最低层并 $n_{\min}(d) \geq 0$,相关与所述第一组在一个前一层 $n-y$ 的零个或更多个网络,其中 $0 < y \leq n - n_{\min}(d)$,通过一个层-映射,所述第二组(KA,KB,KC,KD)的网络的每个其在离所述第一组网络(KA,KB,KC,KD)一个第一个深度 $d=1$ 相关与所述第一组网络(KA,KB,KC,KD)的所述一个或更多个网络,通过一个第一个深度-映射,所述第二组的网络(LC,LD)的每个其在一个层高与最低层 $n=n_{\min}$ 相关与所述第二组网络在一个前一层 $n-y$ 的零个或更多个网络,通过一个层-映射,这里 $0 < y \leq n - n_{\min}$, $n_{\min}$ 是在特定深度d的最低层,以及所述第二组的网络的每个其在离所述第一组网络(KA,KB,KC,KD)一个第二个或更高深度 $d \geq 2$,相关与所述第二组网络在一个前一深度 $d-x$ 的零个或更多个网络,通过一个深度-映射,这里x大于零和小于或等于d,和/或相关与所述第一组网络(KA,KB,KC,KD)的一个或更多个网络通过一个深度-映射,其中所述第一组网络的每个网络包括一个或更多个物理节点以及所述第二组网络的每个网络包括逻辑节点。

5. 根据权利要求4所述的方法,在其中所述第一组网络里至少一个网络被安排为在一个或更多个的级别h通过第一个级别-映射相互关联的一个或更多个网络的一个第一个嵌套配置,所述第一组网络里在一个最低级别 $h=h_{\min}$ 的网络是一个物理节点或一个虚拟节点,所述第一组网络里在高于一个最低级别 $h=h_{\min}$ 的网络可能是一个物理节点或一个虚拟节点,其中 $h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$, $h_{\max}$ 是最高级别。

6. 根据权利要求4所述的方法,在其中所述第二组网络的至少一个网络被安排为在一个或更多个的级别h通过第二个级别-映射相关与一个或更多个网络的一个第二个嵌套配

置,所述第二组网络在一个最低级别 $h=h_{\min}$ 的网络是一个逻辑节点,以及在高于最低级别 $h=h_{\min}$ 的网络可能是一个逻辑节点,其中 $h_{\min}=\langle h=\langle h_{\max}, h_{\max}$ 是最高级别。

7. 根据权利要求4所述的方法,包括以下行动:

计算和存储从在 (d, n_1, h_1) 的一个第一个网络到在 (d, n_1, h_1) 的一个第二个网络的一个拓扑-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d-x, n_2, h_2)$ 的一个第三个网络的一个深度-映射,从所述第三个网络到在 $(d-x, n_2, h_2)$ 的一个第四个网络的一个拓扑-级别-通路和从所述第四个网络到所述第二个网络的一个深度-映射所组成,其中 x 是大于零和小于或等于 d 。

8. 根据权利要求4所述的方法,包括以下行动:

计算和存储从在 (d, n, h_1) 的一个第一个网络到在 (d, n, h_1) 的一个第二个网络的一个拓扑-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d, n-y, h_2)$ 的一个第三个网络的一个层-映射,从所述第三个网络到在 $(d, n-y, h_2)$ 的一个第四个网络的一个拓扑-级别-通路以及从所述第四个网络到所述第二个网络的一个层-映射所组成,其中 y 是大于零和小于或等于 $n-n_{\min}(d)$ 。

9. 根据该方法权利要求4所述的方法,包括以下行动:

计算和存储从在 $(d+x, n_1, h_1)$ 的一个第一个网络到在 $(d+x, n_1-y, h_2)$ 的一个第二个网络的一个层-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d=0, n_2, h_3)$ 的一个第三个网络的一个深度-映射,从所述第三个网络到在 $(d=0, n_2-y, h_4)$ 的一个第四个网络的零或更多个已知/未知物理层-映射以及从所述第四个网络到所述第二个网络的一个深度-映射所组成,其中 x 大于零,其中 y 大于零和小于或等于 $n_1-n_{1\min}$ 和小于或等于 $n_2-n_{2\min}$, $n_{1\min}$ 是在深度 $d+x$ 的最低层, $n_{2\min}$ 是在深度 $d=0$ 的最低层。

10. 根据权利要求4所述的方法,包括以下动作:

计算和存储从在 $(d+x, n_1, h_1)$ 的一个第一个网络到在 $(d+x, n_1+y, h_2)$ 的一个第二个网络的一个层-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d=0, n_2, h_3)$ 的一个第三个网络的一个深度-映射,从所述第三个网络到在 $(d=0, n_2-y, h_4)$ 的一个第四个网络的零或更多个已知/未知物理层-映射以及从所述第四个网络到所述第二个网络的一个深度-映射所组成,其中 x 大于零,其中 y 大于零和小于或等于 $n_{1\max}-n_1$ 和小于或等于 $n_{2\max}-n_2$, $n_{1\max}$ 是在深度 $d+x$ 的最高层, $n_{2\max}$ 是在深度 $d=0$ 的最高层。

11. 根据权利要求9所述的方法,包括以下行动:

-在权利要求1)的行动e),通过包括在所述搜索使每个未知物理层-映射匹配与一组合适的物理层-映射里之一以及更换并存储每个未知物理层-映射与所述一组合适的物理层-映射里所述之一,为每个在整体网络中的未知物理层-映射确定一个合适的物理层-映射。

12. 根据权利要求1所述的方法,包括以下动作:

-在权利要求1)的行动a) 存储一个或更多个所述物理节点的属性,
-在权利要求1)的行动c) 存储一个或更多个所述逻辑节点的要求,
-在权利要求1)的行动e) 复制每个所述逻辑节点的要求到通过一个或多个深度-映射映射到所述逻辑节点的未知物理节点,以及匹配每个所述未知物理节点的所述要求与所述搜索里所述物理节点的所述属性。

13. 根据权利要求1所述的方法,包括以下动作:

-在权利要求1)的行动a)存储一个或更多个所述在一个方向的物理链路的属性和所述物理拓扑-映射,

-在权利要求1)的行动d)存储所述逻辑拓扑-映射的要求,

-在权利要求1)的行动e)复制每个所述逻辑拓扑-映射的所述要求到用于计算所述逻辑拓扑-映射的所述未知物理拓扑-通路,以及匹配每个所述未知物理拓扑-通路的要求与所述搜索中所述有关物理拓扑-通路的属性,所述物理拓扑-通路的所述属性是通过所述物理拓扑-映射,从其计算出所述物理拓扑-通路的所述属性确定的。

14.根据权利要求12所述的方法,在其中物理节点的属性是所述物理节点的节点类型,和/或一个或多个所述物理节点的交换-特性,和/或所述物理节点的容量,和/或所述物理节点的延迟,和/或所述物理节点的可用性,和/或一个可能由所述物理节点执行的附加操作。

15.根据权利要求13所述的方法,在其中在一个方向的一个物理链路的属性是所述物理链路在一个方向的容量,和/或所述物理链路在一个方向上的延迟,和/或所述物理链路在一个方向的可用性。

16.根据权利要求12所述的方法,在其中一个逻辑节点的要求是所述逻辑节点的节点类型,和/或所述逻辑节点的一个或多个交换-特性,和/或所述逻辑节点的容量,和/或所述逻辑节点的等待时间,和/或所述逻辑节点的可用性量,和/或一个由所述逻辑节点执行的附加操作。

17.根据权利要求13所述的方法,在其中逻辑拓扑映射的要求是所述逻辑拓扑-映射的容量,和/或所述逻辑拓扑映射的延迟,和/或所述逻辑拓扑映射的可用性。

18.根据权利要求1所述的方法,包括以下行动:

由一个物理节点在分组执行一个附加操作如果一个递归-通路包含从所述物理节点到一个逻辑节点的一个第一个深度映射,其次直接是从所述逻辑节点到所述物理节点一个第二个深度映射。

19.根据权利要求1、权利要求2或权利要求3所述的方法,在其中一个物理节点通过一个深度映射到多于一个的逻辑节点,导致多播。

20.根据权利要求1、权利要求2或权利要求3所述的方法,在其中i.如果所述节点的递归-通路不包含一个传入拓扑一个第一个物理节点和一个第二物理节点之间的一个第一个拓扑-映射被删除以及一个第二个物理节点被删除,所述第二个物理节点和一个第三个物理节点之间的一个第二个拓扑-映射被创建导致所述第二个物理节点的移动性。

21.根据权利要求1所述的方法,在其中在深度 $d>0$ 的一个或更多个网络表示用户要求,在其中一个或更多个拓扑-映射和/或层-映射和/或级别-映射表示用户要求,在其中零或更多个策略表示用户要求,在其中在深度 $d>0$ 的一个或更多个网络的命名空间不被物理或虚拟节点在转发决定中使用。

22.根据权利要求4所述的方法,在其中一个在最高层的逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算,并且一个请求的-拓扑-通路表示一个逻辑消息-流。

23.根据权利要求1所述的方法,在其中网络,映射和拓扑-级别-通路被存储在一个图数据库,所述网络以一个有命名的顶点被存储在所述图数据库,所述映射以一个有命名的有向边被存储在所述图数据库,所述拓扑-级别-通路以一个有命名的有向边被存储在所述

图数据库,所述网络的属性以顶点的属性被存储在所述图数据库,所述映射的属性以边的属性被存储在所述图数据库,所述拓扑-级别-通路的属性以边的属性被存储在所述图数据库,映射的类型以边的类型被存储在所述图数据库,和拓扑-级别-通路的类型以边的类型被存储在所述图数据库,其中映射和拓扑-级别-通路的创建和重新计算是通过查询一个图数据库实现的。

24. 根据权利要求23所述的方法,在其中在权利要求1)的行动e)所述搜索是通过查询一个图数据库执行的。

25. 根据权利要求1、权利要求2或权利要求3所述的方法,包括:

计算转发表项用于物理分组交换节点,在以下方法称为节点,在一个请求-通路的递归-通路里通过执行以下方法,包括以下行动:

i. 如果一个递归-通路为所述物理分组-交换节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到递归通路的一个源网络,则为在所述递归通路的所述物理分组交换节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述物理分组交换节点创建一个分组带有一个分组开销包含传出拓扑-映射或传出层-映射的一组传出边-关系的交换标识符并发送所述分出于一个输出端口,所述输出端口是所述物理分组交换节点和传出拓扑-映射或传出层-映射之间的一个附着点(PoA),

ii. 否则,如果一个递归-通路为所述物理分组-交换节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到递归通路的一个目的网络,则为在所述递归通路的所述物理分组-交换节点的每个传入拓扑-映射和每个传入层-映射创建一个转发项指令所述物理分组-交换节点,根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换标识符,在一个输入端口接收一个分组,所述输入端口是所述物理分组-交换节点和所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点(PoA),

iii. 否则,如果一个递归-通路为所述物理分组-交换节点包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及递归通路为所述物理分组-交换节点包含一个或更多个传出拓扑-映射或传出层-映射,则为在所述递归通路的所述物理分组-交换节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述物理分组-交换节点在一个输入端口接收一个分组,所述输入端口是所述物理分组-交换节点和递归-通路指定的所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点(PoA),所述分组根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换-标识符,以及根据所述传出拓扑-映射或所述传出层-映射的一组传出边-关系的交换-标识符修改所述分组,并转发所述分出于一个输出端口,所述输出端口是所述物理分组-交换节点和传出拓扑-映射或传出层-映射之间的一个附着点(PoA)。

26. 根据权利要求1、权利要求2或权利要求3所述的方法,包括:

通过执行以下方法,包括以下操作行动,计算转发表项用于请求-通路的递归-通路里一个物理非分组交换节点:

i. 如果一个递归-通路为所述物理非-分组-交换节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理非-分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到

递归通路的一个源网络,则为在所述递归通路的物理非-分组-交换节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述物理非-分组-交换节点创建一个信号,根据传出拓扑-映射或传出层-映射的一组传出边-关系的交换-标识符并发送所述信号出于一个输出端口,所述输出端口是所述物理非-分组-交换节点和传出拓扑-映射或传出层-映射之间的一个附着点(PoA),

ii. 否则,如果一个递归-通路为所述物理非-分组-交换节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理非-分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到递归通路的一个目的网络,则为在所述递归通路的物理非-分组-交换节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述物理非-分组-交换节点在一个输入端口接收一个信号,根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换-标识符,所述输入端口是所述物理非-分组-交换节点和所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点(PoA),

iii. 否则,如果一个递归-通路为所述物理非-分组-交换节点包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及递归通路为所述物理非-分组-交换节点包含一个或更多个传出拓扑-映射或传出层-映射,则为在所述递归通路的所述物理非-分组-交换节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射,创建一个转发项指令所述物理非-分组-交换节点在一个输入端口接收一个信号,根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换-标识符,所述输入端口是所述物理非-分组-交换节点和由递归-通路指定的所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点(PoA),以及根据传出拓扑-映射或传出层-映射的一组传出边-关系的交换-标识符修改所述信号,并转发所述信号出于一个输出端口,所述输出端口是所述物理非-分组-交换节点和所述传出拓扑-映射或所述传出层-映射之间的一个附着点(PoA)。

27. 一个编译器,包括处理器和存储计算机程序的非暂时性存储器,布置成执行根据前述任何一项权利要求的方法。

28. 一个计算机可读存储介质,存储包括指令和数据的计算机程序,所述计算机程序布置成通过根据权利要求27的编译器的装载,然后,允许所述编译器执行权利要求1-26任何一项里定义的方法。

29. 一种网络,包括如权利要求27所述的编译器。

确定软件定义网络,存储和计算的物理和虚拟资源的编译器 和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及通信网络,存储设备和计算设备。网络可以是分组交换或电路交换。本发明特别涉及用于物理和虚拟网络里分组转发设备,计算设备,存储设备,虚拟交换机,虚拟机器和容器的配置方法。

[0002] 背景资料

[0003] 分组交换网络 (PSN) 和计算领域的最新发展导致了软件定义网络 (SDN) 的概念。在本发明的内容里,我们把软件定义网络 (SDN) 当作为定义网络的高级规范 (如,但不限于,高级编程语言或脚本语言) 的能力和按此规范,通过一个自动过程指示相应的物理和虚拟网络,存储和计算资源。

[0004] 最近的发展可以在 W02010115060 “管理虚拟交换机的方法和设备”,和 W02012082988 “网络交换机的配置方法”里找到。

[0005] 最近已经可能,使用一个开放式接口,通过一个标准化协议,根据所需要的转发表为,指示分组转发装置。目前领先的协议是 OpenFlow,但本发明并不限制或约束于 OpenFlow 协议,而是本质上与其通用,并可以与提供给分组转发装置转发表的编程介入的未来协议共同工作。转发表包含的信息与传入分组和输入端口的信息匹配时,提供将分组转发出所需要的输出端口。

[0006] 我们将称‘分组转发设备’为‘交换机’遍及本文档的其余部分,用于任何执行分组转发设备,不限于开放系统互连 (OSI) 的第2层。除了转发功能,交换机可能对分组提供额外的 (多个) 操作,例如,但不限于,在转发分组到它一个或多个输出端口前,进行监控和/或记录,和/或缓冲,和/或修改传入分组的包头和/或有效载荷。该交换机还可能不转发 (阻止) 分组。这些在除分组交换外,在分组上执行 (多个) 附加操作的器件,通常称为中间匣子,包括在本文档中使用的交换机定义。

[0007] 最近,对在虚拟物理服务器上或容器里运行的虚拟机里执行交换和中间匣子功能的兴趣在增长,典型地被称为网络功能虚拟化 (NFV),允许更大的灵活性和敏捷性部署网络功能和降低成本的潜力。在本发明描述和专利要求的 SDN 编译器,应该有创建这些虚拟机或容器转发指令的能力。

[0008] 往交换机分布这些转发表,通常是由所谓的“SDN控制器”完成的。SDN控制器功能是在一个集中的地方 (实施通常冗余),由此中央指定的转发表分布到,网络中的典型地理分布的交换机间。此外,在 SDN 控制器在其北行接口提供了物理和/或虚拟网络资源的集中视图,例如交换机在网络中,他们的拓扑结构,各个链接的状态。

[0009] 以上所述 SDN 和传统的网络之间的一个重要区别在于:对于在网络中的交换机的转发表是以集中的方式来计算的,而不是传统的网络以分布式方式操作,这是基于大量不同的网络控制协议。这允许 SDN 网络用户 (用户在最广泛的意义上:例如,但不限于网络运营商,IT 运营商,操作系统,应用程序,其他网络,其它 SDN 编译器) 可以集中指定网络的期望行为,大大增强对网络的控制。此外,随着云计算的引入,计算,存储和网络资源之间的紧密集

成和集中控制,已经成为一个强制性要求。

[0010] 目前,网络产业的重点是编程介入分组转发设备的转发表。为了创建网络,存储和计算之间的紧密集成,也有必要为物理主机,虚拟主机和物理网络接口卡(NIC)提供指令。例如,一台主机可以被指令在其哪个接口发送分组到特定目的节点。例如,一台主机可以被指令接受哪个分组和丢弃哪个。例如,一个网络接口卡(NIC)可以被指令转发接受哪个分组和丢弃哪个。对软件定义网络,包括物理和虚拟网络,存储和计算资源需要一个全面的方法。

[0011] 在计算领域已成为普遍的做法来虚拟物理服务器到一个或多个虚拟机,从而导致上述的云计算。服务器虚拟化过程中产生物理计算资源的逻辑抽象。鉴于当今的计算机和网络之间的紧密集成,有必要开发一种用于物理和虚拟网络资源的逻辑抽象。

[0012] US 2013/058215公开了一个虚拟器,用于管理通过一个网络转发数据的多个被管理的交换元件。虚拟器包括用于存储输入逻辑转发平面数据的一个第一组表和用于存储输出物理控制平面数据的一个第二组表。它还包括一个表映射引擎,用于通过在第一组表中的输入逻辑转发平面数据上执行一组数据库连接操作来将第一组表中的输入逻辑转发平面数据映射到第二组表中的物理控制平面数据。在一些实施例中,物理控制平面数据随后被转换成物理转发行为,其指导被管理的交换元件转发数据。在该现有技术文献中,被管理的交换机将该物理控制平面数据转换成物理转发平面数据指定被管理交换机的转发行为(参照[0197]),其缺点是对物理节点加于要求执行转换并在所述物理节点中使用资源。在US2013/044641提出的现有技术,是创建一个覆盖虚拟网络,在本申请中的术语一个逻辑网络,基于底层里的隧道,通常是基于IP的网络。这个方法的缺点是操作虚拟重叠网络和底层网络,使操作复杂。此外,现有技术的缺点,根据US2013/044641一个虚拟节点的模型,在本申请的术语一个逻辑节点,在一个物理节点之后,是基于网络元件的连续性配置操作和管理网络,而不是基于网络服务。

发明概要

[0013] 本专利申请要求来自未预先公布的EP14185824.1,但已在2014年9月22日提出。

[0014] 本专利申请要求来自未预先公布的EP14185828.2,但已在2014年9月22日提出。

[0015] 与本申请同一发明者未预先公开的专利申请PCT/EP2014/055640描述了用于上述计算和网络之间的紧密集成的方法和编译器,以及逻辑抽象物理和虚拟网络资源的需要。

[0016] 因此,PCT/EP2014/055640描述了用于翻译或编译一个高层次的网络规范到一组指令用于适当的物理和/或虚拟网络和/或计算资源的方法。这些指令陈述对传入的分组要执行的操作,如转发,接收,丢弃传入分组,以及如何从源节点发送分组。

[0017] 在PCT/EP2014/055640中所述的发明还涉及用于执行这个方法的SDN编译器的布置。

[0018] 为了完成这一任务,SDN编译器保留了每个逻辑网络通过高层次的网络规范定义的模型。另外,在SDN编译保留了物理和/或虚拟网络和/或计算资源的模型。这两个模型以及它们之间的关系表示于一组关系,如矩阵。逻辑网络包括逻辑节点。每个逻辑源和逻辑目的节点之间的转发通路是通过执行于这些矩阵的操作,产生一个物理和虚拟资源附着点(Points-of-Attachments,PoA)列表,确定的,(例如,但不限于以太网媒体接入控制(MAC)

地址))。上述相应的指令是从这些转发通路存储在矩阵导出的。上述方法允许在相同的物理和虚拟资源上定义和建立多个同时逻辑网络。

[0019] 在PCT/EP2014/055640中描述的方法可以适用于目前可用的基于OpenFlow的产品,但并不限于OpenFlow,并可能与提供分组转发装置转发表介入编程访问未来协议共同使用。所描述的方法可以用于目前广泛使用的附着点(PoA)的识别符,如以太网MAC地址。所描述的方法可以用于IPv4和IPv6的命名和分组的格式。

[0020] 发明描述在PCT/EP2014/055640里,不需要任何物理节点转换,创建可直接用于对传入分组作出转发决定的转发项,允许实现较不复杂的转发硬件和软件转发。所描述的发明不需要底层网络,简化了操作,通过使用逻辑名称空间到物理网络资源编译逻辑网络。所描述的发明使用基于有向图的网络抽象,允许SDN编译器用户,基于声明性请求指定的网络服务,及容可一个实施和维护所述网络服务,简化操作,并允许指定,实施和维护复杂的网络服务的SDN编译器。

[0021] 一个基于云的IT(信息技术)环境中的目标是部署逻辑存储和逻辑计算,以及对物理和/或虚拟资源的最佳方式和要求从逻辑存储和逻辑计算构建的应用程序。目前,网络是在这个过程当中的瓶颈,而理想的逻辑网络是对物理和/或虚拟资源以最佳方式和需要的部署,并是与逻辑存储和逻辑计算结合的。

[0022] PCT/EP2014/055640描述了一个用于翻译或编译的高级别网络规范到一组指令用于适当的物理和/或虚拟网络和/或计算资源的方法。该方法中描述于

[0023] PCT/EP2014/055640可应用于一个整体网络,其中最高层的逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算,并其一个请求-拓扑-级别-通路表示一个逻辑消息-流。

[0024] 本发明的一个目的是对于物理和/或虚拟资源以最佳方式编译逻辑计算,存储和网络,从而根据逻辑计算,存储和网络要求选择的物理和/或虚拟资源。

[0025] 为此目的,本发明提供了一个方法,即权利要求1。

[0026] 在PCT/EP2014/055640中描述的SDN编译方法扩展到,根据SDN编译器的用户指定的逻辑节点,逻辑拓扑映射和任选逻辑第一层-映射的要求,通过一个SDN编译器,确定深度映射,涉及不同的深度的节点。所述扩展允许SDN编译器的用户指定的逻辑节点,及逻辑节点,逻辑拓扑-映射的要求,和逻辑拓扑-映射,和任选逻辑层-映射和逻辑层-映射的要求,并且已经所述SDN编译确定物理和/或虚拟资源,包括物理节点和物理链路,针对所述逻辑规范可被编译,从而确定逻辑节点和物理节点之间的关系作为由深度-映射,物理拓扑-通路,以及任选物理表示层-映射。

[0027] 附图简述

[0028] 本发明将参考一些附图详细地进行说明是仅旨在表明本发明的实施方案,而不是限制范围。本发明的范围在所附权利要求和其技术等同限定。即,本领域技术人员将理解的用于解释本发明的特征,部件,元件等,除非另有说明,可以用技术上的同等代替。此外,不同实施方案的单独的特征可以组合,即使在附图中没有明确表明或说明书中没有明确解释,除非这种组合在物理上是不可能的。

[0029] 附图示出:

[0030] 图1是一个软件定义网络的各种组件的描绘图

[0031] 图2A是一个表示图示出了物理节点BA,BB,BC和BD功能

[0032] 图2B是一个示出物理网络BAA功能的表示图,包括通过链路互连的物理节点BA, BB, BC和BD。

[0033] 图2C是一个示出物理网络BAA功能的表示图,包括通过链路互连的物理节点BA, BB, BC和BD,其中一个物理节点和一个物理链路之间的互连是由一个物理附着点(PoA)来表示, p101至p108,其中示出了物理链路在每个方向上的物理通路的成本。

[0034] 图2D是一个图示出了一个加权有向图表示的物理网络BAA,包括由边互连的顶点(节点)BA, BB, BC和BD,其中一个顶点和一个边之间的互连是由一个物理附着点(PoA)表示的, p101至p108,其中示出了各个边的成本

[0035] 图3A是一个图示出了网络KA和KB和它们拓扑-映射的关系

[0036] 图3B是一个图示出了网络KA, KB, KC, KD和其映射的关系,为一个拓扑-映射或一个层-映射。

[0037] 图3C是示出网络KA, KB, KC, KD, LA, LB, LC, LD和其映射的关系,其为一个拓扑-映射,一个层-映射或一个深度-映射。

[0038] 图3D是一个图示出了在深度h的网络的KA, KB, KC, KD, LA, LB, LC, LD和它们的映射关系,以及在深度h+1的网络KAA, KCC, LAA, LCC。在 $(d, n, h+1)$ 的网络KAA包含两个在 (d, n, h) 的网络KA和KB。在 $(d, n+1, h+1)$ 的网络KCC包含两个在 $(d, n+1, h)$ 的网络KC和KD。在 $(d+1, n+1, h+1)$ 的网络LCC包含两个在 $(d+1, n+1, h)$ 的网络LC和LD。在图3C中所示出的节点KA和KD, KB和KC, LA和LD, LB和LC之间的对角线层-映射在该图中被省略,以简化图。在图3C中所示出的节点KA和LA, KB和LA, KC和LD, KD和LC, KA和LC, KC和LA, KB和LD, KD和LB的对角线层-映射在该图中被省略,以简化图。

[0039] 图4A是一个图示出了在 $(d, n, h+2)$ 的NAAA网络包括在 $(d, n, h+1)$ 的网络NAA, NCC和NEE。网络NAA包括在 (d, n, h) 的网络NA和NB。网络NCC包括在 (d, n, h) 的网络NC和ND。网络NEE包括在 (d, n, h) 的网络NE和NF。图4A还示出了在 (d, n, h) 的网络之间的拓扑-映射。

[0040] 图4B是一个图示出了在 $(d, n, h+2)$ 的NAAA网络包括在 $(d, n, h+1)$ 的网络NAA, NCC和NEE。网络NAA包括在 (d, n, h) 的网络NA和NB。网络NCC包括在 (d, n, h) 的网络NC和ND。网络NEE包括在 (d, n, h) 的网络NE和NF。图4B还示出了在 $(d, n,)$ 的网络之间的层-映射以及在 (d, n, h) 的网络之间的拓扑-映射。

[0041] 图5A是一个图示出了网络KA, KB, KC, KD, LA, LB, LC, LD和网络KA和网络KB之间的拓扑-映射,网络KA和网络KC之间的一个层-映射,网络的KB和网络KD之间的一个层-映射,网络KA和网络LA之间的一个深度-映射,网络KB和网络的LB之间的一个深度-映射,网络KC和网络的LC之间的一个深度-映射之间的一个深度-映射,以及网络KD和网络LD之间的一个深度-映射。另外,示出了拓扑-映射和层-映射的附着点(PoA)。

[0042] 图5B是一个图示出了网络KA, KB, KC, KD, LA, LB, LC, LD和拓扑-映射,层-映射和深度-映射的命名。另外,示出了拓扑-映射和层-映射的附着点(PoA)。

[0043] 图5C是一个图示出了网络KA, KB, KC, KD, LA, LB, LC, LD和计算并存储从网络的LA到网络LB命名为L14的一个拓扑-映射为一个级联其由从网络LA到网络KA命名为L12的一个深度-映射,从网络KA到网络KB命名为L11的一个拓扑-映射,从网络KB到网络LB命名为L13的深度-映射所组成,命名为L11拓扑-通路是从网络KA到网络KB命名为L11的一个单个拓扑-映射

[0044] 图5D是一个图示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD和附加于图5C的是计算并存储从网络LC到网络LA命名为L19的一个层-映射为一个级联其由从网络LC到网络KC命名为L17的一个深度-映射,从网络KC和网络KA命名为L7的一个层-映射,以及从网络KA和网络LA命名为L15的一个深度-映射所组成和计算并存储从网络LB到网络LD命名为L20的一个层-映射为一个级联其由从网络LB到网络KB命名为L16的一个深度-映射,从网络KB和网络LD命名为L10的一个层-映射,以及从网络KD和网络LD命名为L18的一个深度-映射所组成。

[0045] 图5E是一个图示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD和附加于图5D的是计算并存储从网络LC到网络LD命名为L22的一个拓扑-映射为一个级联其由从网络LC到网络LA命名为L19的一个层-映射,从网络LA和网络LB命名为L21的一个拓扑-通路,以及从网络LB和网络LD命名为L20的一个层-映射所组成,命名为L21的拓扑-通路是从网络LA到网络LB命名为L14的一个单个拓扑-映射。

[0046] 图5F是一个图示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD和附加于图5E的是计算并存储从网络LC到网络LD命名为L22的一个拓扑-通路为从网络LC到网络LD命名为L22的一个单个拓扑-映射。

[0047] 图6A是一个图示出了用于从一个第一个网络到一个第二个网络的一个第一个映射-类型的一个第一个映射与一个第一个映射的命名的表示法。

[0048] 图6B是一个图示出了用于从一个第二个网络到一个第三个网络的一个第二个映射-类型的一个第二个映射与一个第二个映射的命名的表示法。

[0049] 图6C是一个图示出了用于一个第三个边-类型的一个第三个边与一个第三个边的命名,其为一个级联其由一个第一个边与一个第一个边的命名和一个第一个边与一个第一个边的命名所组成的表示法。

[0050] 图6D是一个图示出了用于一个第三个边-类型的一个第三个边与一个第三个边的命名,其为一个级联其由一个第一个映射与一个第一组边-关系和一个第二个映射与一个第二组边-关系所组成的表示法。

[0051] 图7A是一个图示出了拓扑-映射L5和L6,层-映射L7,L8,L9和L10以及深度-映射L12,L13,L15,L16,L17,L18,L24和L25。

[0052] 图7B是一个图示出了拓扑-映射L14和L22,层-映射L19和L20和拓扑-通路L11,L21和L23。

[0053] 图7C是一个图示出了在步骤1中的从网络LC到网络LD命名为L23的拓扑-通路和在步骤6中从网络的LC到网络LD命名为L23的拓扑-通路的递归-通路,步骤2至步骤5是计算的中间步骤。

[0054] 图8是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=2)$ 的逻辑网络NAAA包含在 $(d=1, n=0, h=1)$ 的逻辑网络NAA,NCC和NEE。逻辑网络NAA包含在 $(d=1, n=0, h=1)$ 的逻辑网络NA和NB。网络NCC包含在 $(d=1, n=0, h=1)$ 的逻辑网络NC和ND。逻辑网络NEE包含在 $(d=1, n=0, h=1)$ 的网络NE和NF。图8还示出了在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的物理网络QA,QB,QC,QD,QE和QF。图8还示出了拓扑-映射,深度-映射,级-映射和网络之间的拓扑-通路,以及每个拓扑-映射的名称,平映射和拓扑-通路和边-关系。

[0055] 图9是一个图示出了SDN编译器装置的一个例子,包括一个数据库,一个事件处理程序和一个指令程序。图9还示出了一个用户和SDN控制器和一个SDN节点和51至61的消息

流。

[0056] 图10是计算机装置的概要

[0057] 图11A是一个图示出了一个逻辑节点FE,一个逻辑节点FF和一个逻辑节点FG。图11A还示出了从逻辑节点FE到逻辑节点FF的拓扑-映射和从逻辑节点FF到逻辑节点FG的拓扑-映射,表示为一个图里的有向边。

[0058] 图11B是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点的FE,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FF和在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FG,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X1,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X2的和在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X3。图11B还示出了命名为K1和K2的拓扑-映射,命名为K3至K8的深度-映射,和命名为?K9和K10的未知物理拓扑-通路,在一个图里表示为有向边。在

[0059] 图11B的问号表示未知物理节点和未知物理拓扑-通路。

[0060] 图11C是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K8至K3的深度-映射。

[0061] 图11D是一个图示出了根据图6C的表示法,拓扑-映射K1和K2。在图11D“?K9[拓扑-通路]”表示K9是一个未知拓扑-通路,以及“?K10[拓扑-通路]”表示K10是一个未知拓扑-通路。

[0062] 图11E是一个图示出了命名为K1拓扑-映射。

[0063] 图11F是一个图示出了命名为K2的拓扑-映射。

[0064] 图11G是一个图示出了命名为K1的拓扑-映射的物理实体,命名为K2的拓扑-映射的物理实体图,和一个搜索声明。

[0065] 图11H是一个图示出了一个逻辑拓扑-映射的要求如何相关与一个未知物理拓扑-通路的要求。

[0066] 图11I是一个图示出了一个逻辑节点的要求如何相关与一个未知物理节点的要求。

[0067] 图12A是一个图示出了由物理节点KP表示的一个第一个计算设备,由物理节点KQ表示的一个第一个分组转发系统,由物理节点KR表示的一个第二个分组转发系统,由物理节点KS表示的一个第二个计算设备,和由物理节点KT表示的一个第三个计算设备,由拓扑-映射连接为物理链路。图12A还示出了P211至P218的附着点(PoA)。

[0068] 图12B是一个图示出了在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KP,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KQ,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KS和在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KT。图12B还示出了命名为K11至K18的拓扑-映射,表示为一个图里的有向边。

[0069] 图12C是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K11至K18的拓扑-映射。

[0070] 图12D是一个图示出了一个未知物理节点是如何相关与一个物理节点的。

[0071] 图12E是一个图示出了未知物理拓扑-通路是如何相关与一个物理拓扑-通路的。

[0072] 图12F是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FF,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FG,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KP,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KQ,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KR,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KS,和在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KT。图12F还示出命名为K1, K2, K11至K18的拓扑-映射,还示出命名为K3至K8的深度-映射,命名为K9和K10的物理拓扑-通路,和命名为K19的一个逻辑拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。

[0073] 图12G是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K3至K8的深度-映射。

[0074] 图12H是一个图示出了根据图6C的表示法,拓扑-映射K1和K2。

[0075] 图12I是一个图示出了根据图6C的表示法,拓扑-通路K19。

[0076] 图12J是一个图示出了在步骤1里从节点FE到节点FG命名为K19的拓扑-通路和步骤里命名为K19的拓扑-通路的递归-通路,步骤2至步骤4为计算的中间步骤。

[0077] 图12K是一个图示出了交换-标识符用于命名为K11至K19的边。

[0078] 图12L是一个图示出了在($d=0, h=0$)的网络,其为物理节点KP,KQ,KR,KS和KT,是在递归-通路里从命名为K19的请求的拓扑-通路的转发指令计算出的,包含一个输入端口,一个输出端口,一组传入边-关系,以及一组传入边-关系里每个边的交换-标识符,和一组传出边-关系,以及一组传出边-关系里的每个边的交换-标识符。

[0079] 图13A是一个图示出了一个逻辑节点的FE,一个逻辑节点FF,一个逻辑节点FG,和一个物理节点KP。图13A还示出了从逻辑节点FE到逻辑节点FF的一个拓扑-映射,从逻辑节点FF到逻辑节点FG的一个拓扑-映射,并从逻辑节点FE到物理节点KP的一个深度映射,表示为一个图里的有向边。

[0080] 图13B是一个图示出了在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FE,在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FF和在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FG,在($d=1, n=0, h=0$)的一个物理节点KP,在($d=1, n=0, h=0$)的一个未知物理节点?X2和在($d=1, n=0, h=0$)的一个未知物理节点?X3。图13B还示出了命名为K1和K2的拓扑-映射,命名为K4至K8的深度-映射和命名为?K9和K10的未知物理拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。在图13B里问号表示未知物理节点和未知物理拓扑-通路。

[0081] 图13C是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K4至K8的深度-映射。

[0082] 图13D是一个图示出了命名为K1的拓扑-映射。

[0083] 图13E是一个图示出了命名为K1的拓扑-映射的物理实体,命名为K2的拓扑-映射的物理实体图,和一个搜索声明。

[0084] 图14A是一个图示出了一个逻辑节点FE,一个逻辑节点FF,一个逻辑节点FG,和一个物理节点KP。图14A还示出逻辑节点FE到逻辑节点FF的一个拓扑-映射,逻辑节点FF到逻辑节点FE的一个拓扑-映射,逻辑节点FF到逻辑节点FG的一个拓扑-映射,逻辑节点FG到逻辑节点FF的一个拓扑-映射,表示为一个图里的有向边。

[0085] 图14B是一个图示出了在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FE,在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FF和在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FG,在($d=0, n=0, h=0$)的一个未知物理节点?X1,在($d=0, n=0, h=0$)的一个未知物理节点?X2和在($d=0, n=0, h=0$)的一个未知物理节点?X3。图14B还示出了命名为K1,K2,K21和K22的映射-拓扑,命名为K3至K8的深度-映射,和命名为?K9,K10,K23和K24的未知物理拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。在图14B里的问号表示未知物理节点和未知物理拓扑-通路。

[0086] 图14C是一个图示出了根据图6C的表示法,拓扑-映射K21和K22。在图14C中“?K23[拓扑-通路]”表示K23是一个未知拓扑-通路,“?K24[拓扑-通路]”表示K24是一个未知拓扑-通路。

[0087] 图14D是一个图示出了命名为K21的一个拓扑-映射。

[0088] 图14E是一个图示出了命名为K22的一个拓扑-映射。

[0089] 图14F是一个图示出了命名为K1的拓扑-映射的物理实体,命名为K2的拓扑-映射的物理实体,命名为K21的拓扑-映射的物理实体,命名为K22的拓扑-映射的物理实体,和搜索声明。

[0090] 图15A是一个图示出了逻辑节点FE,FF,FG,FH和FJ,拓扑-映射,层-映射和拓扑-通路。

[0091] 图15B是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=0)$,的逻辑节点FE,FF和FG,和在 $(d=1, n=1, h=0)$ 的逻辑节点FH和FJ,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X1,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X2,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X 3,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X4和在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X5。图15B还示出了命名为K1和K2的拓扑-映射,命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射,命名为K25和K26的逻辑层-映射,命名为?K32和?K33的未知物理层-映射和命名为?K9和K10的未知物理拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。在图15B里的问号表示未知物理节点,未知物理层-映射和未知物理拓扑-通路。

[0092] 图15C是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K3至K8,和K28至K31的深度-映射。

[0093] 图15D是一个图示出了根据图6C的表示法,拓扑-映射K1,K2和K34,层-映射K25和K26,和拓扑-通路K27和K35。在图15D“?K9[拓扑-通路]”表示K9是一个未知拓扑-通路,“?K10[拓扑-通路]”表示K10是一个未知拓扑-通路,“?K32[层-映射]”表示?K32是一个未知层-映射,以及“?K33[层-映射]”表示?K33是一个未知层-映射。

[0094] 图15E是一个图示出了命名为K25的层-映射。

[0095] 图15F是一个图示出了命名为K26的层-映射。

[0096] 图15G是一个图示出了了一个命名为K1的拓扑-映射的物理实体,命名为K2的拓扑-映射的物理实体图,命名为K25的层-映射的物理实体,命名为K26的层-映射的物理实体,和一个搜索声明。

[0097] 图16A是一个图示出了由物理节点KE和KK表示的一个第一个计算设备,由物理节点KF表示的一个第一个分组转发系统,由物理节点KH和KL表示的一个第二个计算设备和由物理节点KJ和KM表示的一个第三个计算设备,通过为物理链路的拓扑-映射和层-映射链接。图16A还示出了p211至p218和p221至p226附着点(PoA)。

[0098] 图16B是一个图示出了在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的物理节点KE,KF,KG,KH和KJ,和在 $(d=0, n=1, h=0)$ 的物理节点KK,KL和KM。图16B还示出了命名为K41至K48的拓扑-映射和K49至K54的层-映射,表示为一个图里的有向边。

[0099] 图16C是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K41至K48的拓扑-映射,和命名为K49至K54的层-映射。

[0100] 图16D是一个图示出了一个未知物理节点是如何相关与一个物理节点。

[0101] 图16E是一个图示出了一个未知物理拓扑-通路是如何相关与一个物理拓扑-通路。

[0102] 图16F是一个图示出了一个未知物理层-映射是如何相关与一个物理层-映射。

[0103] 图16G是一个图示出了根据图6A的表示法,命名为K3至K8,和K28至31的深度映射。

[0104] 图16H是一个图示出了根据图6C的表示法,拓扑-映射K1和K2和层-映射K25和K26。

[0105] 图16I是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的逻辑节点FE, FF和FGD, 在 $(d=1, n=1, h=0)$ 的逻辑节点FH和FJ, 在 $(d=0, n=1, h=0)$ 的物理节点KE, KF, KG, KH, KJ, 和在 $(d=0, n=1, h=0)$ 的物理节点KK, KL和KM。图16I还示出了命名为K1, K2, K41至K48的拓扑-映射, 命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射, 命名为K25, K26和K49至K54的层-映射, 和命名为K9和K10的物理拓扑-通路, 表示为一个图里的有向边。

[0106] 图16J是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的逻辑节点FE, FF和FG, 在 $(d=1, n=1, h=0)$ 的逻辑节点FH和FJ, 在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的物理节点KE, KF, KG, KH, KJ, 和在 $(d=0, n=1, h=0)$ 的物理节点KK, KL和KM。图16J还示出了命名为K1, K2, K41至K48的拓扑-映射, 命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射, 命名为K25, K26和K49至K54的层-映射, 和命名为K9, K10, K27和K35的拓扑-通路, 表示为一个图里的有向边。

[0107] 图17A是一个图示出了示出在步骤1里的命名为K35的一个请求的拓扑-通路, 并且在步骤6里的命名为K35请求的拓扑-通路中的递归-通路, 步骤2至步骤5是计算的中间步骤。

[0108] 图17B是一个图示出了从命名为K35的请求的拓扑-通路计算出在递归-通路里的物理节点KE, KF, KG, KJ, KK和KM的转发指令包括一个输入端口, 一个输出端口, 一组传入边-关系和一组传出边-关系。

[0109] 图17C是一个图示出了交换-标识符, 用于命名为K41至K48, K27和K35的边。

[0110] 图17D是一个图示出了从命名为K35的请求的拓扑-通路计算出在递归-通路里的物理节点KE, KF, KG, KJ, KK和KM的转发指令包括一个输入端口, 一个输出端口, 一组传入边-关系和一组传入边-关系里的每个边的交换-标识符, 以及一组传出边-关系和一组传出边-关系里的每个边的交换-标识符。

[0111] 图17E是一个图示出了交换-标识符, 用于命名为K41至K48, K27和K35的边。

[0112] 图17F是一个图示出了是具有逻辑名URI-1的用户代理的逻辑节点FH, 具有逻辑名URI-2的源服务器的逻辑节点FJ, 命名为K34的拓扑-映射, 和命名为K35的拓扑-映射表示“HTTP请求1”。

[0113] 图17G是一个图示出了物理节点KE, KF, KG, KH, KJ, KK, KL和KM, 在递归-通路里从命名为K35的请求的拓扑-通路的转发指令计算出的, 包含一个输入端口, 一个输出端口, 一组传入边-关系, 以及一组传入边-关系里每个边的交换-标识符, 和一组传出边-关系, 以及一组传出边-关系里的每个边的交换-标识符。

[0114] 图18A是一个图示出了在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的物理节点KP, KQ, KR, KS, KT, 命名为K11至K18的拓扑-映射, 和命名为K55至K60的层-映射, 表示为一个图里的有向边。

[0115] 图18B是根据图6A的表示法, 命名为K55至K60的层-映射的一个图。

[0116] 图18C是一个图示出了一个未知物理节点是如何相关与一个物理节点。

[0117] 图18D是一个图示出了一个未知物理拓扑-通路是如何相关与一个物理拓扑-通路。

[0118] 图18E是一个图示出了一个未知物理层-映射是如何相关与一个物理层-映射。

[0119] 图19A是一个图示出了在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的逻辑节点FE, FF和FG, 在 $(d=1, n=1, h=0)$ 的逻辑节点FH和FJ和在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的未知物理节点?X1, ?X2, ?X3。图19A还示出了命名为K1和K2的拓扑-映射, 命名为K3至K8, K37至K38的深度-映射, 命名为K25K26的

逻辑层-映射,命名为?K39和?K40的未知物理层-映射和命名为?K9和K10的未知物理拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。在图19A里的问号表示未知物理节点,未知物理层-映射和未知物理拓扑-通路。

[0120] 图19B是一个图示出了根据图6A中的表示法,命名为K3至K8,和K37至K38的深度映射。

[0121] 图19C是一个图示出了根据图6C的表示法,命名为K1和K2的拓扑-映射,命名为K25在层降低的一个层-映射,命名为K26在层增加的一个层-映射。

[0122] 图19D是一个图示出了命名为K25的层-映射。

[0123] 图19E是一个图示出了命名为K26的层-映射。

[0124] 图19F是一个图示出了一个搜索声明。

[0125] 图20是一个图示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD和命名为L5,L14和L22的拓扑-映射,命名为L12,L13,L15,L16,L17和L18的深度-映射,命名为L7,L10,L19和L20层-映射和命名为L11,L21和L23的拓扑-通路,和边-关系。

[0126] 图21A是一个图示出了物理节点KX,KY和逻辑节点LA,LB,LC,LD和命名的拓扑-映射,层-映射和深度-映射。

[0127] 图21B是一个图示出了物理节点KX,KY和逻辑节点LA,LB,LC,LD和命名的拓扑-映射,层-映射和深度-映射。

[0128] 发明的优选实施例的详细描述

[0129] 非预公布的现有技术的PCT/EP2014/055640描述了一个软件定义网络(SDN)的编译器的方法。以下所述方法的主要元件的概要说明。然而,应该注意的是在PCT/EP2014/0055640已描述的所有特征也可在本发明中应用。还有PCT/EP2014/0055640里描述的特征/实施例的组合,没有在此被明确描述,也是在本发明的范围内可能的实施例。因此,PCT/EP2014/0055640的所有段落在下文通过参照的方式在本文件中并入。

[0130] 如在上面给出的介绍中SDN的定义,导致了本发明至一个系统包含以下组件如图1里描述(参照PCT/EP2014/055640图1,35页)。

[0131] 1. 一个用户在一个高层次网络规范里定义一个网络。

[0132] 2. 一个SDN编译器转换高层次网络规范成一组物理和虚拟网络以及计算资源的指令。

[0133] 3. 一个SDN控制器分配这组指令与物理和虚拟网络以及计算资源。

[0134] 4. 物理和虚拟联网以及计算资源在一个传入分组上按照收到的一组指令执行行动。在图1中,它们用术语“SDN节点”被表示。

[0135] 在上面第1点提到的一个用户可能是,但不限于,一个人,一个网络管理系统,云计算管理系统,应用程序,另一个SDN编译器。这样,一个用户可以指“用户设备”,即,任何合适的计算机设备,如计算机工作站,可能是独立的或更大的网络的一部分。这样的计算机设备的一个例子示于图10和将在以下描述。

[0136] 在图1中,从底部到顶部的方向,各个部件在北向接口上报告已执行的特定任务以及报告变化,统计信息和差错。

[0137] 在第4点所提到的资源包括典型的组网和计算资源,但不限于:

[0138] • 物理分组转发装置(如,但不限于,第2层交换机,第3层路由器,防火墙,深度分

组检测设备,缓存节点,或其他类型的中间组件)。

[0139] • 充当网络主机的物理设备,例如但不限于物理服务器,个人计算机,笔记本电脑,平板电脑,移动电话,

[0140] • 物理网络接口卡 (NIC),

[0141] • 虚拟物理服务器里的虚拟交换机,

[0142] • 虚拟物理服务器里的虚拟机,

[0143] • 虚拟网络接口卡 (NIC),

[0144] • 支持IPv4的路由器,支持IPv6的路由器,MPLS-交换机[MPLS=多协议标签交换],应用程序过程提供的分组-交换,

[0145] • 电路-交换节点作为一个例子,但不限于,光纤交叉-连接交叉连接光纤,远程光分/插多路复用器 (ROADM) 或光交叉连接交叉连接光波长,同步数字系列 (SDH) 多路复用器或同步光网络 (SONET) 多路复用交叉连接时隙,

[0146] • OS (操作系统) 内核,

[0147] • 应用过程,

[0148] • 物理或虚拟节点的输入缓冲器和输出缓冲器,

[0149] • 存储设备,作为一个例子,但不限于,支持通过以太网的光纤通道 (FCoE) 支持通过IP的光纤通道 (FCIP) 的存储设备,

[0150] • 一个波分多路复用 (WDM) 的多路复用器,

[0151] 在每个上述层次中的物理和/或虚拟节点是分组-交换或电路-交换节点,两者任一。对于这两者分组-交换节点以及电路-交换节点的一组指令是由SDN编译器创建的。在分组-交换节点的情况下,这些指令包括转发表项。在电路-交换节点的情况下,这些指令包括交叉连接的设置。

[0152] 注意,以上提到的资源包括物理设备的组件,例如但不限于一个物理网络接口卡 (NIC) 和整个物理设备,例如但不限于一个物理分组转发设备。因此,在第4点所指一组指令,可为一个物理设备的一个组件或为整个物理设备创建的。

[0153] 注意,虚拟节点,代表虚拟资源诸如虚拟机在方法里表示为物理节点 (参见PCT/EP2014/055640 186页)。

[0154] 一个逻辑网络抽象的规范是由用户输入的“高层次网络规范“,并在上述第1点提及。理想的是,这规范指定任意的逻辑网络,其中包括在任意拓扑里任意数量的逻辑节点,被映射到任意物理以及虚拟网络和计算资源的逻辑节点。多个逻辑网络可以被定义并在相同的物理以及虚拟网络和计算资源上同时创建。

[0155] 上述第2点指的是“高层次网络规范翻译成一组网络和计算资源的指令”。在一个分组转发交换机的情况下,这些指令是交换机根据转发分组的转发表项。在一台主机的情况下,这些指令是哪些分组应该被接受或丢弃根据的过滤表项和到哪个输出端口发送始于该主机节点到特定目的节点的分组的指令。在一个网络接口卡 (NIC) 的情况下,这些指令是哪些分组应该被转发或丢弃根据的过滤器表项。上面提到的第2点提供了从一个高层次的网络规范到适当的物理和虚拟网络和计算资源的一组指令的翻译或编译。我们称这个过程为一个“SDN编译器“过程,类似计算中使用的编译器,翻译一个高层次的语言到层次指令。请注意,上述过程应当对两者物理以及虚拟网络和计算资源提供指令,而相比与所谓

“重叠”虚拟网络(如提出的例如Nicira/VMWare),其基本上在物理网络之上创建一个虚拟隧道,除了在隧道入口和出口交换机外,没有配置物理交换机。所希望的SDN编译器的方法应该提供一个整体的方式既包括两者虚拟和物理资源,包括整个物理网络。此外,所希望的SDN编译方法还应该指示非交换网络设备,与上面提到的,所需的指令。此外,由于当前的OpenFlow的实现提供在软件(例如Open vSwitch提供在虚拟物理服务器中运行的虚拟交换机),以及在硬件(例如NEC ProgrammableFlow PF5240交换机),有必要确定跨越虚拟和物理网络和计算资源的前述指令。在一个实现中,“SDN编译器”的功能,或至少一部分功能,和“SDN控制器”的功能,或至少一部分功能,可以合并成一个单个的系统。

[0156] 现在,我们首先将描述物理和虚拟资源,为其SDN编译器使用功能表示法创建相应的指令。图2A,2B,2C和2D(参照PCT/EP2014/055640 37页图2A,2B,2F,2G)描绘了一个物理网络的组成部分。物理节点的例子在图2A示出和其被认为在其上创建逻辑网络的物理资源。作为物理节点(在图2A BD至BA)的命名是只是用于识别物理资源,而不是用于在决策任何转发。如在图2B中所描述的,我们定义一个物理网络(在图2B标识为BAA)是物理节点的集合。物理节点通过物理链路(由实线表示)相互连接的。

[0157] 一个物理链路是双向的情况下,一个物理链路在一对物理节点之间创建一对邻接,每个方向一个邻接。一个物理链路是单向的情况下,一个物理链路在一对物理节点之间创建一个邻接,一个方向的一个邻接。该物理链路可以是任何物理介质,包括但不限于,光纤电缆,铜电缆,空气。物理链路也可以是由其他的网络技术提供的通路,例如但不限于光波长,时分多路复用(TDM)电路,多协议标签交换(MPLS)。一组物理节点与一组物理链路的组合确定网络的物理拓扑。物理网络可以包含任意数量的节点,具有任意链路,导致于一个任意拓扑。

[0158] 一个典型的物理网络示出在图2C,示出了物理网络BAA以及BA至BD的物理节点。如在图2C中所描述,物理节点和物理链路之间的接口被称为物理附着点(PoA),为p101至p108表示。一个典型的附着点(PoA)的标识符的例子是在目前部署的网络的以太网媒体接入控制(MAC)的地址,但我们的发明并不限于此。附着点(PoA)的标识符在SDN的控制下的网络集合里必须是独特的。附着点(PoA)识别两者,一个节点的“输入端口”当节点接收分组或信号时以及一个节点的“输出端口”当节点发送分组或信号时。如在图2C中所描绘的,每个物理链路具有一个或更多个成本类型和在每个方向的每个成本类型相关的(多个)成本值。在物理网络中使用的一个典型的成本类型是链路延迟,其中通常以毫秒表示的成本值,但任何类型的成本,可以使用表示所述链路的属性。每个双向物理链路具有两个成本值,每个方向一个。每个单向物理链路的成本类型具有一个成本值。在特定方向的物理链路的成本值示出了起源分组在那个特定方向最靠近的物理节点。例如,从BA至BB的链路有一个为1的成本值。从BB到B A的链路有一个为3的成本值。当一个物理链路表示一对物理节点之间的邻接-关系(多个),一个物理通路表示从一个物理源节点到一个物理目的节点,一个分组或信号的一个物理路线,这在单播网络的情况下。在多播或广播网络的情况下,单个的物理源节点和多个物理目的节点之间有一个物理-通路的关系。然后,一个物理节点通过一个深度-映射映射到多于一个的逻辑节点导致多播。物理-通路可以在每个方向有多个成本类型,通常一个成本值等于在特定的方向的物理-链路包括的特定成本类型的成本值的总和。一个物理-通路是分组从源节点到目的节点通过的物理附着点(PoA)的序列。“通路”另一选择术语

是“流”，例如在OpenFlow的规范使用术语“流”(Flow)。

[0159] 我们也可以用一个有向图作为网络代表。所述有向图可被加权。图2D给出网络BAA的有向图，示出顶点(节点)BA到BD与连接顶点的有向边。在图2D中，“边”，是用箭头连接一个顶点与另外一个顶点来表示，其中箭头方向表示数据流的方向。当作为一个有向图来表示，两个顶点之间的双向物理链路是由两个边来表示的。每个边对应于一个邻接。

[0160] PCT/EP2014/055640 (39, 41, 42页) 根据术语通常用法描述了属性属于一个物理交换节点，一个物理主机节点，一个物理网络接口卡(NIC)，一个虚拟交换节点和一个虚拟主机节点。一个例子是，但不限于，一个主节点是计算设备或一个存储设备(参照PCT/EP2014/055640 155和204页)。

[0161] 到现在为止，我们提供了物理和虚拟网络以及计算资源的功能模型。现在，以说明本发明，我们认为，一个高层次规范可以定义一个逻辑网络并且独立于物理和虚拟资源。

[0162] 逻辑网络是通过指定定义的：

[0163] 1. 逻辑网络的命名

[0164] 2. 其中逻辑网络包括的逻辑节点命名

[0165] 3. 逻辑节点之间的邻接

[0166] 4. 逻辑网络中的一个或多个成本类型

[0167] 5. 逻辑节点之间的逻辑邻接的每个成本类型的成本(多数)

[0168] 6. 逻辑网络的转发策略

[0169] 7. 从物理和/或虚拟节点到逻辑节点的映射

[0170] 成本类型和值表示链接的属性，并且可以被用为确定一个转发策略。

[0171] 如上所述的物理和/或虚拟节点被映射到逻辑节点，使用一个1:1, 1:N或N:1映射，如下：

[0172] -1:1物理到逻辑映射

[0173] -1:N物理到逻辑映射

[0174] -N:1物理到逻辑映射

[0175] -1:1虚拟到逻辑映射

[0176] -1:N虚拟逻辑映射

[0177] -N:1虚拟到逻辑映射

[0178] -N:1物理和虚拟到逻辑映射

[0179] 如上所述，在这方法虚拟节点被表示为物理节点(参见PCT/EP2014/055640 186页)，以减少上面的映射：

[0180] -1:1物理到逻辑映射

[0181] -1:N物理到逻辑映射

[0182] -N:1物理到逻辑映射

[0183] 逻辑节点的功能表示为虚线圆圈，如图3C中描绘。一个物理/虚拟到逻辑映射可以具有一个可选成本值用于映射的每个方向。

[0184] SDN编译器的用户定义逻辑网络。用户可以是，但不限于，一个人，一个网络管理系统，一个云管理系统，一个应用程序，另一个SDN编译器。逻辑网络可以包含任意数量的逻辑节点，具有任意逻辑邻接，导致任意的逻辑拓扑。作为一个例子逻辑网络可以被指定为在一

个高层次编程语言里的一个图,其中逻辑节点映射与物理和/或虚拟节点为每个逻辑节点的属性。

[0185] 对于逻辑节点,我们使用一个独立于物理和虚拟资源的命名空间的逻辑命名空间。逻辑网络现在可以被定义在逻辑节点方面,其可以以任何适当的形式的任何适当的数目的独特字符来表示,并根据需要被映射到相应的虚拟和物理资源。通过改变该映射,逻辑网络可以重新映射到其他虚拟和物理资源。

[0186] 1:N物理到逻辑映射允许命名一个物理资源为多个逻辑命名。

[0187] 1:N虚拟到逻辑映射允许命名一个虚拟资源与多个逻辑命名。请注意,逻辑网络是独立于物理网络和虚拟资源,当然具有物理和虚拟资源之间存在一个通路的约束,因此提供了物理网络和虚拟资源的抽象。

[0188] 逻辑节点命名被使用于转发决定(参见PCT/EP2014/055640 47页)。请注意,逻辑节点是本身被命名,而不是它的接口。在与物理网络类比,我们定义一个逻辑网络是逻辑节点的集合。逻辑节点通过逻辑链接(由实线表示)相互连接的。在一个逻辑链路是双向的情况下,一个逻辑链路创建一对逻辑节点之间的一对邻接。在一个逻辑链路是单向的情况下,逻辑链路创建一对物理节点之间的单个邻接。一组逻辑节点与一组逻辑链路的组合确定网络的逻辑拓扑。在单播网络的情况下,当逻辑链路表示一对逻辑节点之间的邻接-关系(多个),一个逻辑通路表示一个分组跟随的从逻辑源节点到逻辑目的节点的逻辑路线。在多播或广播网络的情况下,单个的逻辑源节点和多个逻辑目的节点之间有一个逻辑通路的关系。一个逻辑通路是分组从逻辑源节点到逻辑目的节点通过的物理附着点(PoA)和/或虚拟附着点(PoA)的一个序列。在这里,我们到达一个重要的关系:逻辑源和逻辑目的节点与用于在物理和虚拟附着点(PoA)方面描写的一个通路的关系。这将允许我们用逻辑节点命名定义一个网络和翻译(编译)所定义的网络到为物理和/或虚拟网络和/或计算资源的在物理和/或虚拟附着点(PoA)方面的指令。

[0189] 一个逻辑网络可以创建于一个物理网络,一个虚拟网络或一个物理/虚拟网络的组合(参照PCT/EP2014/055640 93页)。另外,一个逻辑网络可以创建于另一个逻辑网络。为了避免任何含糊,以下我们将指在深度d的一个网络是创建于在深度(d-1)的一个网络。我们指在一个特定深度为深度d,其中d是一个从0(零)开始的正整数。到目前为止,称深度d=0是等于一个物理或虚拟网络。到目前为止称深度d>=1等于一个逻辑网络。组合的物理和虚拟网络是由一个或更多个层组成(参照PCT/EP2014/055640 91页)。在每一层的节点可以通过物理和/或虚拟链路互连。物理链路可以是任何物理介质,包括但不限于,光纤电缆,铜电缆,空气。物理链路也可以是由其他的网络技术提供的通路,例如但不限于光波长,时分多路复用(TDM)电路,一个多协议标签交换(MPLS)。物理链路也可以是由其他的网络技术提供的一个隧道,例如但限于一个GRE隧道[GRE=通用路由封装],NVGRE-隧道[NVGRE=网络虚拟化使用通用路由封装],VXLAN隧道[VXLAN=虚拟可扩展局域网]。虚拟链路可以是一个虚拟连接,包括但不限于虚拟交换机和虚拟机之间的虚拟链路,虚拟机之间的虚拟链路,网络套接字之间的虚拟链路。一个层可能提供服务到一个更高层,并可能从一个低层消费服务。最低分组-交换层提供用于媒体-访问控制(MAC)。一个逻辑网络包括一个或更多个层。

[0190] 我们指一个特定的层作为层n,其中n是一个从n_min开始的正整数并可具有0(零)值。我们指层n=n_min(d)为在深度d的“最低层”。(参照PCT/EP2014/055640 93页和141

页)。层在当前的网络的实例是,但不限于,物理介质层,频率或波长-分割多路复用层,时分多路复用层,数据链路层,网络层,传输层,应用层。在一个整体网络内一个层 n 为层 $(n+1)$ 提供服务和 $(n+1)$ 消耗由层 n 所提供的服务。

[0191] 每一层是由具有层次结构的任意数量级别的任意数量网络组成的。一个网络可以被抽象为一个节点,以及可以成为另一个网络中的一个节点。作为一个例子,但不限于,网络BAA,如图2C中所示,可以被抽象到在一个网络的网络中的一个节点。为了避免任何混淆,此后我们将引用一个网络在级别 h 包括在级别 $(h-1)$ 的网络,并考虑在深度 d 和层 n 的最低级别为 $h_{\min}(d,n)$ (参照PCT/EP2014/055640 93页和146页)。一个在级别 $h_{\min}(d,n)$ 的网络是一个节点。这适用于物理网络和逻辑网络。使用此术语,在级别 h 的物理网络BAA,如图2D所示,由物理网络BA,BB,BC,BD在级别 $(h-1)$ 组成。

[0192] 以上是在图3A至3D所示 (参照PCT/EP2014/055640图33A,33B,33C,34A,94页)。图3A描绘了网络KA和网络KB是在同个级别 h ,并通过一个链路互连。如在图3A所示,网络KA和网络KB也可以相互连接到其他网络。网络之间的关系被称为映射。为了对将要被介绍的各种映射一致的命名,我们将参照一个拓扑-映射,而不是以下造型里的一个链接的一个邻接。在链路是双向的情况下,一个链接创建在一对网络之间的一对拓扑映射。在链接是单向的情况下,一个链接创建一对网络之间的单个拓扑-映射。拓扑-映射是从一个第一个网络到一个第二个网络的映射,第一个和第二个网络是在相同深度 d 和相同层 n 和相同级别 h (参照PCT/EP2014/055640图49,179页)

[0193] 图3B描述了网络KA,KB,KC,KD处于相同级别 h 。网络KA和KB通过链路被互连,表示为一个拓扑-映射。网络KA和KC通过链路被互连,表示为一个层-映射。网络的KB和KC通过链路被互连,表示为一个层-映射。一个层-映射是从一个第一个网络到第二个网络的映射,第一个和第二个网络在不同的层 n 。

[0194] 在图3C里网络KA、KB、KC、KD,LA、LB、LC、LD被示出。在这图中每个网络具有相同的级别 h ,假如层次结构级别在 $h=0$ 开始,图3C中一个网络在 $h=0$ 相当于到目前为止称的一个“节点”,假如 $h=1$ 图3C中一个网络相当于一个“一个用户在一个高层”参见于下文,假如 $h=2$ 图3中网络相当于一个“节点的网络的网络”参见于下文,等等。每个网络位于一个特定的深度 d 和层 n 。当网络KA和KB在深度 d ,层 n ,网络KC和KD在深度 d 层 $(n+1)$,网络LA和LB在深度 $(d+1)$,层 n ,网络LC和LD在深度 $(d+1)$ 、层 $(n+1)$ 。

[0195] 一个用户在一个高层我们区分3个类型网络之间的映射 (参见PCT/EP2014/055640 94,128和129页) :

[0196] -拓扑-映射是具有相同深度 d 和层 n 网络之间的一个邻接。注意,邻接是一个映射。我们定义拓扑-映射为从在 (d,n,h) 的一个网络到在 (d,n,h) 的另一个网络的映射。图3A仅示出两个网络(KA和KB,KC和KD,LA和LB,LC和LD)之间的拓扑映射,因我们的例证限制在3-维。一般来说拓扑映射可以存在任意数量网络之间,并且通常呈现为2-维布局并被这里介绍的SDN编译方法支持。拓扑-映射被示为实线。物理到虚拟映射是物理和虚拟节点之间的一种特殊类型的拓扑映射。

[0197] -层-映射是在不同的层 n 和相同的深度 d 网络之间的关系。我们定义层-映射为从在 (d,n,h) 的一个网络到在 $(d,n-y,h)$ 的另一个网络的映射,或从在 $(d,n-y,h)$ 的一个网络到在 (d,n,h) 的另一个网络的映射,其中 y 是大于零和小于或等于 $n-n_{\min}(d)$, $n_{\min}(d)$ 作

为在深度 d 处的最下层。层-映射被示出为条纹。

[0198] -深度-映射是在不同的深度 d 的网络之间的关系。我们定义一个深度-映射为从在 (d, n_1, h) 的一个网络到在 $(d-x, n_2, h)$ 的另一个网络的映射,或从在 $(d-x, n_1, h)$ 的一个网络到在 (d, n_2, h) 的另一个网络的映射,其中 x 是大于零和小于或等于 d ,其中 n_1 可以等于 n_2 。深度-映射被示出为虚线。

[0199] 一个物理节点的功能的表示为带有实心圆的圆圈,如图3A所描绘。一个逻辑节点的功能的表示为虚线圆,如图3A所描绘。图3A中没有示出在网络KA和网络LD之间,网络的KB和网络的LC之间,网络KC和网络的LB之间,网络KD和网络的LA之间的深度-映射,以保持该图比较简单。图3A示出了只连接到一个网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC或LD以及在另一端是与‘...’为开放式的拓扑-,层-,深度-映射。这些层-映射说明了层-映射可以扩展到一个任意数字的层(次)。仅连接到单个网络的深度-映射说明深度-映射可以扩展到一个任意数字的深(处)。在级别 h 仅连接到单个网络的拓扑-映射描绘了在级别 $(h+1)$ 的拓扑-映射,如将要在以下解释。

[0200] 在不同级别的网络之间我们认为级别-映射是:

[0201] -级别-映射是在同一深度 d 和同一层 n 但不同级别的网络之间的关系。我们定义一个级别-映射为从在 (d, n, h) 的一个网络到在 $(d, n, h-z)$ 的一个网络的映射或从在 $(d, n, h-z)$ 的一个网络到在 (d, n, h) 的一个网络的映射,其中 z 大于零和小于或等于 $h-h_{\min}(d, n)$, $h_{\min}(d, n)$ 是在深度 d 和层 n 的最低级别。我们将参照在深度 $d=0$,层 n ,级别 $h=h_{\min}(d, n)$,为一个网络,而不是一个物理节点。我们将参照在深度 $d>=1$,层 n ,级别 $h=h_{\min}(d, n)$ 为一个网络,而不是一个逻辑节点。

[0202] 图3D示出了一个级别-映射。图3D示出了在级别 h 的网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD和它们的拓扑-映射,层-映射和深度-映射的关系。被示于图3C里节点KA和KD,KB和KC,LA和LD,LB和LC之间的对角线层-映射在此图中被省略,以简化该图。在图3C示出的节点KA和LA,KB和LA,KC和LD,KD和LC,KA和LC,KC和LA,KB和LD,KD和LB之间的对角线深度-映射在此图中被省略,以简化该图。图3D还示出了在级别 $(h+1)$ 的网络KAA,KCC,LAA,LCC。在 $(d, n, h+1)$ 的网络KAA包含两个都在 (d, n, h) 的网络KA和KB,换句话说,网络KAA是通过一个级别-映射映射到网络KA和KB的。在 $(d, n+1, h+1)$ 的网络KCC中包含两个都在 $(d, n+1, h)$ 的网络KC和KD,换句话说,KCC是通过级别-映射映射到网络KC和KD的。在 $(d+1, n, h+1)$ 的网络LAA包含两个都在 $(d+1, n, h)$ 的网络LA和LB,换句话说,网络LAA是通过级别-映射映射到网络LA和LB的,在 $(d+1, n+1, h+1)$ 的网络LCC包含两个都在 $(d+1, n+1, h)$ 的网络LC和LD的,换句话说,网络LCC是通过级别-映射映射到网络LC和LD的。

[0203] 图4A示出了一个级别-映射(参照PCT/EP2014/055640图42A和42,146页)。图4A示出在 $(d, n, h+2)$ 包括在 $(d, n, h+1)$ 的网络NAA,NCC和NEE的网络NAAA。网络NAA包括在 (d, n, h) 的网络NA和NB。网络NCC包括在 (d, n, h) 的网络NC和ND。网络NEE包括在 (d, n, h) 的网络NE和NF。图4A还示出了在 (d, n, h) 的网络之间的拓扑-映射。图4B示出了图4A的网络NAAA,NAA,NCC,NEE,NA,NB,NC,ND,NE和NF通过在 $(d=1, n=0)$ 的网络之间的级别映射为另一选择的表示。作为一个例子,在 $(d=1, n=0, h=2)$ 的网络NAAA包括在 $(d=1, n=0, h=1)$ 的网络NAA,NCC和NEE。因此,示出了一个网络NAAA和网络NAA之间的级别-映射,一个网络NAAA和网络NCC之间的级别-映射并且一个网络NAAA和网络NEE之间的级别-映射。注意,在这个方式里

一个作为层次图的层次网,被表示为一个非层次图。从一个第一个网络到一个第二个网络的拓扑-映射,层-映射,深度-映射或级别-映射可以是1:1,1:N或N:1映射(第一网络:第二网络),(参照PCT/EP2014/055640 96页)。

[0204] 为了使提出的方法可扩展,我们在网络和以下形式节点的逻辑命名引进层次(参照PCT/EP2014/055640 80页):

[0205] 网络-的-网络-的-网络.网络-的-网络.网络.节点。“.”

[0206] 符号分隔包括的不同元素的逻辑命名。我们指网络-的-网络-的-网络为NoNoN以及网络-的-网络为NoN。以上命名结构引入以递归方式的层次:

[0207] -一个网络是节点的一个集合

[0208] -一个NoN是网络的一个集合

[0209] -一个NoNoN是NoN的一个集合

[0210] -等等,如由在以上“.....”定义的命名形式使用。

[0211] 这在网络中创建的层次等级是任意数量的,显然在部署是限于实际约束。

[0212] 使用上述结构的一个节点是由位于:

[0213] 网络-的-网络-的-网络.网络-的-网络.网络.节点

[0214] 同样,一个网络位于:

[0215] 网络-的-网络-的-网络.网络-的-网络.网络

[0216] 同样,NoNs位于由:

[0217] 网络-的-网络-的-网络.网络-的-网络 (NoN)

[0218] 等等,为层次结构中各个层次。

[0219] 注意,每个点的符号“.”表示一个级别-映射(参照PCT/EP2014/055640119页),因此地址结构完全遵循一个网络的层次结构,按级别-映射的表示。

[0220] 注意,一个物理网络里可以使用层次命名。

[0221] 我们现在扩展地址到以下形式:

[0222] 网络-的-网络-的-网络.网络-的-网络.网络.节点.子-识别符1.子-识别符2.....

[0223] “.....网络-的-网络-的-网络.网络-的-网络.网络”里的每个点符号“.”表示一个级别-映射和,“子-识别符1.子-识别符2.....”里的每个点符号“.”表示一个层-映射。在“网络-的-网络-的-网络”之前的“.....”识别了层次命名可扩展到任意数字的级别。在“子-识别符2”之后的“.....”识别了地址可包括到任意数字的层。一个子-标识符是一个节点。在层n的一个子-标识符提供一个服务到层(n+1)。一个例子,但不限于这样一个服务是一个多路复用的服务。使用这个方法各种层的逻辑命名可以组合成一个单个的逻辑地址空间。这使得有可能使用逻辑地址-空间跨越多个层实行转发。这提供了一个层次网络里通过它的地址定位节点的办法。此外,上述方法抽象每个网络到在命名层次里它特定的级别的一个节点。例如。一个NoN包括一个有网络与网络之间的邻接关系的网络的集合,以同样的方式,一个网络包含有节点之间邻接关系的节点的一个集合。

[0224] 一个拓扑-通路是拓扑-映射的一个级联(参见PCT/EP2014/055640 174页)。

[0225] 一个第一个拓扑-通路可以包括一个第二个拓扑-通路,创建一个第一个拓扑-通路的嵌套和第二个拓扑-通路。一个拓扑-通路可以使用以下方法创建:创建并存储从在(d,

(d, n, h) 的一个第一个网络到在 (d, n, h) 的一个第二个网络的拓扑-映射为一个级联其由在 (d, n, h) 的零或更多个拓扑-映射和在 (d, n, h) 的零或更多个拓扑-通路所组成, 所述拓扑-映射的数量和所述拓扑-通路的数量是这样的, 它们的总和至少是一。这个方法被称为计算拓扑-通路的方法, (参照PCT/EP2014/055640181, 182页)。注意, 一个级联其由一个拓扑-映射所组成是指一种情况, 其中, 所述从在 (d, n, h) 的一个第一个网络到在 (d, n, h) 的一个第二个网络的所述拓扑-通路包括一个单个的拓扑-映射。术语“一个级联其由一个所组成”用于避免或-声明以保持描述相对简单。我们定义一个级别-通路为一个级联其由级别-映射所组成 (参照PCT/EP2014/055640 146页), 一个第一个级别-通路可以包括一个第二个级别-通路, 创建由第一个级别-通路和第二个级别-通路所组成的一个嵌套 (参照PCT/EP2014/055640 174页)。以下方法可以使用创建级别-通路: 计算并存储从在 (d, n, h_1) 的一个第一个到在 (d, n, h_2) 的一个第二个网络的级别-通路为一个级联其由在 (d, n) 的零或更多个级别-映射和在 (d, n) 的零或更多个级别-通路所组成, 所述级别-映射的数量和所述级别-通路数量的总和是至少一。这个方法被称为计算级别-通路的方法。我们指一个级别-通路为其转发项作为被一个用户请求的一个请求的级别-通路。

[0226] 作为一个或更多个拓扑-通路和一个或更多个级别-通路可以级联, 我们指一个从在 (d, n, h_1) 的一个第一个到在 (d, n, h_2) 的一个第二个网络的拓扑-级别-通路为一个级联其由在 (d, n) 的零或更多个拓扑-通路的和在 (d, n) 的零或更多个拓扑-级别-通路所组成, 所述拓扑-通路数量和所述的零或更多个拓扑-级别-通路数量的总和是至少一。这种方法被称为计算拓扑-级别-通路的方法。注意, 一个第一个拓扑-级别-通路可包含一个第二个拓扑-级别-通路, 创建所述第一个拓扑-级别-通路的嵌套和第二个拓扑-级别-通路。注意, 一个第一个拓扑-级别-通路可以是一个单个的拓扑-通路拓扑或一个单个的级别。

[0227] 我们指的一个拓扑-通路, 级别-通路和拓扑-级别-通路是为其请求的转发条目分别作为请求的拓扑-通路, 请求的级别-通路和请求的拓扑-级别-通路 (参照PCT/EP2014/055640 182页)。作为一个例子, 但不限于, 一个请求的拓扑-通路可能是由一个SDN控制器, 一个物理节点, 一个SDN编译的用户请求的。这样的要求可能是一个主动的通路-实例或一个反应的通路-实例。我们指一个拓扑-映射, 深度-映射, 层-映射, 级别-映射, 拓扑-通路, 级别-通路和拓扑-级别-通路为边。

[0228] 注意, 作为一个例子, 但不限于, 一个拓扑-级别-通路可以包括一个单个拓扑-通路, 一个单个级别-通路, 一个单个拓扑-映射或一个单个级别-映射。

[0229] 一个1拓扑-映射可以使用下列任何方法创建:

[0230] 一个第一个用于计算一个拓扑-映射的方法, 包括以下行动:

[0231] 计算和存储从在 (d, n_1, h) 的一个第一个网络到在 (d, n_1, h) 的一个第二个网络的一个拓扑-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d-x, n_2, h)$ 的一个第三个网络的一个深度-映射, 从所述第三个网络到在 $(d-x, n_2, h)$ 的一个第四个网络的一个拓扑-级别-通路和从所述第四个网络到所述第二个网络的一个深度-映射所组成, 其中 x 是大于零和小于或等于 d , 其中 n_1 也许等于 n_2 ,

[0232] 一个第二个用于计算一个拓扑-映射的方法, 包括以下行动:

[0233] 计算和存储从在 (d, n, h) 的一个第一个网络到在 (d, n, h) 的一个第二个网络的一个拓扑-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d, n-y, h)$ 的一个第三个网络的一个

层-映射,从所述第三个网络到在 $(d, n-y, h)$ 的一个第四个网络的一个拓扑-级别-通路以及从所述第四个网络到所述第二个网络的一个层-映射所组成,其中 y 是大于零和小于或等于 $n-n_{\min}(d)$, $n_{\min}(d)$ 是在特定深度 d 的一个最低层和 $n_{\min}(d)$ 是 ≥ 0 。

[0234] 第三个用于计算一个拓扑-映射的方法,包括以下行动:

[0235] 计算和存储从在 (d, n, h) 的一个第一个网络到在 (d, n, h) 的一个第二个网络的拓扑-映射为一个级联,由从第一个网络到在 $(d, n, h-z)$ 一个第三个网络的一个或更多个级别降低的级别-映射,从第三个网络到在 $(d, n, h-z)$ 的一个第四个网络的拓扑-通路以及从第四个网络到第二个网络的级别增高的一个或更多个级别-映射所组成,其中 z 是大于零和小于或等于 $h-h_{\min}$, $h_{\min}$ 是在深度的和层 n 的最低级别。

[0236] 第一个方法和第二个方法使用的拓扑-级别-通路用于计算一个拓扑-映射可以是一个拓扑-级别-通路,一个拓扑-通路或一个级别-通路,作为一个拓扑-级别-通路可以包括一个单个拓扑-通路和一个拓扑-级别-通路可以包括一个单个级别-通路。当创建一个拓扑-映射在计算拓扑-映射使用的拓扑-级别-通路可以是一个明确创建的拓扑-级别-通路或者可以是由拓扑-映射和级别-映射所组成的级联。

[0237] 一个层-映射可以使用任何以下方法来创建:

[0238] 一个第一个用于计算一个层-映射的方法,包括以下行动:

[0239] 计算和存储从在 (d, n_1, h) 的一个第一个网络到在 (d, n_1-y, h) 的一个第二个网络的一个层-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d-x, n_2, h)$ 的一个第三个网络的一个深度-映射,从所述第三个网络到在 $(d=0, n_2-y, h_4)$ 的一个第四个网络的零或更多个层-映射以及从所述第四个网络到所述第二个网络的一个深度-映射,其中 x 大于零和小于或等于 d ,其中 y 大于零和小于或等于 $n_1-n_{1\min}$ 和小于或等于 $n_2-n_{2\min}$ 和小于或等于 $n_2-n_{2\min}$, $n_{1\min}$ 是在深度 d 的最低层,

[0240] $n_{2\min}$ 是在深度 $d-x$ 的最低层,

[0241] 第二个用于计算一个层-映射的方法,包括以下行动:

[0242] 计算和存储从在 (d, n_1, h) 的一个第一个网络到在 (d, n_1+y, h) 的一个第二个网络的一个层-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d-x, n_2, h)$ 的一个第三个网络的一个深度-映射,从所述第三个网络到在 $(d-x, n_2+y, h)$ 的一个第四个网络的零或更多个层-映射以及从所述第四个网络到所述第二个网络的一个深度-映射所组成,其中 x 大于零和小于或等于 d ,其中 y 大于零和小于或等于 $n_{1\max}-n_1$ 并且小于或等于 $n_{2\max}-n_2$, $n_{1\max}$ 是在深度 d 的最高层, $n_{2\max}$ 是在深度 $d-x$ 的最高层,

[0243] 注意,在计算层-映射的第一个方法里,在第三个和第四个网络可以是在 $(d-x, n_2, h)$ 或在 $(d-x, n_2-y, h)$ 的同一个网络。注意,在计算层-映射的第一个方法里,第三个和第四个网络可以是在 $(d-x, n_2, h)$ 或在 $(d-x, n_2+y, h)$ 的同一个网络。注意,从在层 n 的一个第一个节点到在层 $(n-1)$ 的一个第二节点的层-映射其次是一个拓扑-映射的结果是一个多路复用行动,诸如例如但不限于在节点KA(参照PCT/EP2014/055640 236页)。因此,当提供在组件层次而不是设备层次的转发项时,SDN编译器应该注意物理节点的多路复用和解多路复用功能。作为一个例子,但不限于,多路复用和解多路复用功能可以由一个网元管理系统(EMS)提供给SDN编译器。

[0244] 我们命名每个边以及我们使用在图6A到6D所示表示法来表示映射和拓扑-级别-

通路(参照PCT/EP2014/055640的图51A到51D,182页)。图6A示出了用于一个第一个映射的表示法是具有一个第一个边命名,第一个映射是一个第一个映射-类型,第一个映射-类型是一个从一个第一个网络到一个第二个网络的拓扑-映射,深度-映射,层-映射或级别-映射。在第一个附着点(PoA)的第一个网络和第一个映射接口,在第二个附着点(PoA)的第二个网络和第二个映射接口。所述第一个的附着点(PoA)和第二个的附着点(PoA)是可选的。符号'-()'→“表示的映射的方向。

[0245] 我们用于图5A的例子描绘如以上图3C所示的边的命名和符号,其示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD,网络KA和网络KB之间的拓扑-映射,网络KA和网络KC之间的层-映射以及网络KB和网络KD之间的层-映射。图5A也示出了p706至p701的附着点(PoA)。如网络KA,KB,KC和KD是物理网络,网络KA和网络的KB之间的拓扑-映射表示为一个物理链路,网络KA和网络KC之间的层-映射是表示为一个物理链路以及网络的KB和网络KD的层-映射是表示为一个物理链路。因为物理链路可以是单向或双向的,我们表示从一个第一个网络到一个第二个网络的一个拓扑-映射,深度-映射,层-映射,级别-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路为一个图里的一个有向边。

[0246] 这示于图5B,其示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD,拓扑映射,层-映射和深度-映射。图7A示出了图6A里的符号的映射的图5B。

[0247] 作为一个例子,从网络KA到网络KB命名为L5的拓扑-映射由表示:L5=KA-(拓扑-映射P701::P702)→KB,其中“拓扑-映射”指的是“拓扑-映射”。同样地,“深度-映射”指的是“深度-映射”,“层-映射”指的是“层-映射”,“级别-映射”是指“级别-映射”,“拓扑-通路”指的是“拓扑-通路”和“级别-通路”指的是“级别-通路”使用在符号。可选地,一个深度-映射的方向,一个层-映射和一个级别-映射的方向可以被包括在映射类型里(参照PCT/EP2014/055640 180页)。

[0248] 使用根据图6A相同的表示法,图6B示出了一个第二个映射与一个第二个边命名,第二个映射是一个从第二个网络到一个第三个网络的一个第二个映射-类型。如在图5C中所示,通过应用第一个方法用于计算上述拓扑-映射,我们计算和存储一个从网络LA到网络LB命名为L14的拓扑-映射为一个级联其由从网络LA到网络KA命名为L12的一个深度-映射,从网络KA到网络KB命名为L11的一个拓扑-通路和从网络KB到网络LB命名为L13的一个深度-映射所组成,从网络KA到网络KB的拓扑-通路L11包括从网络KA到网络KB命名为L5的一个拓扑-通路。另一选择,创建命名为L11的拓扑-通路也可以被省略,并一个命名为L14的拓扑-映射可能直接从拓扑-映射L5被创建了。在图5C中,从网络KA到网络KB命名为L5拓扑-映射被标记为L5/L11表示拓扑-映射L5被用于计算拓扑-通路L11或换句话说该拓扑-通路L11被映射到拓扑-映射L5。

[0249] 我们指两个边之间的关系为一个边-关系,其中一个第二个边被多路复用或映射到一个第一个边,我们用“第一个边/第二个边”一个正斜杠符号表示“这样的边-关系。作为一个例子,我们指的L5/L11如图5C所示由边命名L5表示的一个拓扑-映射之间的一个边-关系和由边命名L11表示的一个拓扑-通路,其中命名为L11的拓扑-通路被映射到命名为L5的拓扑-映射,或换句话说,拓扑-映射L5被用于计算拓扑-通路L11。在图5C中在标记这种边时一个边的命名是以粗体示出的。

[0250] 图6C示出了一个第三个边与一个第三个边命名的符号,所述第三个边是第三边类

型和作为由一个第一个边和一个第二个边所组成的级联,加号表示级联和正斜杠符号表示一个边-关系。如图7B所示的一个例子,创建一个命名为L14的拓扑-映射是“拓扑-映射 $L14 = L12/L14 + L11/L14 + L13/L14$ ”和一个命名为L11的拓扑-通路是“拓扑-通路 $L11 = L5/L11$ ”,使用图6C表示法。

[0251] 如在图5D中所示,通过应用第一个方法和第二个方法,用于计算一个层-映射,我们计算和存储一个从网络LC到网络LA命名为L19的层-映射为一个级联其由从网络LC到网络KC命名为L17的一个深度-映射,一个从网络KC到网络KA命名为L7的层-映射和一个从网络KA到网络LA命名为L15的深度-映射所组成,以及我们计算和存储一个从网络LB到网络LD命名为L20的层-映射为一个级联其由从网络LB到网络KB命名为L16的一个深度-映射,一个从网络KB到网络KD命名为L10的层-映射和一个从网络KD到网络LD命名为L18的深度-映射所组成。

[0252] 如图5E所示,通过应用第二个方法,用于计算一个拓扑-映射,我们计算和存储从网络LC到网络LD名为L22的一个拓扑-映射为一个级联其由从网络LC到网络LA命名为L19的一个层-映射,从网络LA到网络LB命名为L21的一个拓扑-通路和一个从网络LB到网络LD命名为L20的一个层-映射所组成,从网络LA到网络LB命名为L21的拓扑-通路包括从网络LA到网络LB命名为L14的一个单个拓扑-映射。

[0253] 如图5F所示,我们计算和存储从网络LC到网络LD命名为L23的一个拓扑-映射为从网络LC到网络LD的命名为L22的一个单个拓扑-映射。

[0254] 图7B示出使用图6C的表示法创建的拓扑-通路L11, L21和L23,拓扑-映射L14和L22以及层-映射L19和L20。在图5F中所示的边-关系可以用于通过递归计算一个一组边-关系。在这里,“递归”术语指的是一个数学递归操作。所述一组边-关系包括嵌套的边-关系。在这里,“嵌套的边-关系”中的“嵌套”这个词指的边有一个数学嵌套格式关系。

[0255] 作为例子但不限于,从网络KA到网络KB的拓扑-映射具有边-关系 $L5/L11$,从网络KA到网络KB的拓扑-通路具有边-关系 $L11/L14$,从网络LA到网络LB的拓扑-映射具有边-关系 $L14/L21$,从网络LA到网络LB的拓扑-通路具有边-关系 $L21/L22$,从网络LC到网络LD的拓扑-映射具有边-关系 $L22/L23$ 和从网络LC到网络LD的拓扑-通路命名为L23,因此从网络KA到网络KB的拓扑映射L11有一个一组边-关系 $L5/L11/L14/L21/L22/L23$ 的一个例子。我们指一个单个的边-关系和两个或更多个边的关系通过递归组合为一个一组边-关系。第一个例子,但不限于:一组命名为L5的拓扑-映射的边-关系的是 $L5/L11/L14/L21/L22/L23$ 。第二个例子,但不限于,一个命名为L5的一组拓扑-映射的边-关系的是 $L5/L14/L23$ 。

[0256] 注意,在一个一组边-关系里的第一个边命名是所述边的命名。我们通过递归计算所请求的拓扑-通路L23的递归-通路,并为每个边-关系在一个一组边-关系里存储嵌套的边-关系。这里,一个递归-通路被定义为一个使用递归作为一个数学技术计算出的通路。一个递归-通路的一个例子是在图5F的L23。

[0257] 图7C示出了从网络LC到网络LD名为L23的拓扑-通路的递归-通路的计算。如图5F中所示,上面我们计算和存储从网络LC到网络LD一个名为L23的拓扑-通路为从网络LC到网络LD名为L22的单-拓扑-映射,并表示在图7B为L23“拓扑-通路 $L23 = L22/L23$ ”的拓扑-通路,步骤1示出上述表示法。使用图7B示出的关系我们递归地计算出递归-通路和一个一组包括用于每个边的嵌套的边-关系,如图7C所示的步骤5。图7C步骤2到的4是计算的中间步

骤。使用图6A,6B和6C的表示法,图6D示出了一个表示法用于一个拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级-通路,图7C的步骤6通过7C的步骤5与图7A的组合,使用图6D的表示法示出了步骤5的递归-通路。

[0258] 我们现在包括一组层次网络里的边的命名。图8示出网络NAAA,NAA,NCC,NEE,NA,NB,NC,ND,NE,NF,QA,QB,QC,QD,QE,QF和在 $(d=0,n=0,h=0)$ 的拓扑映射,在 $(d=1,n=0,h=0)$ 的拓扑-映射和深度-映射,作为一个有向边的表示法用于图4A和4B中所示的网络。注意,图4B中的每个级别-映射是在级别h的一个第一个网络和一个在级别h+1的第二个网络之间的级别-映射,例如但不限于,网络NAA和网络NAAA之间的级别-映射被表示为一对有向边的级别-映射,例如但不限于,从网络NAA到网路NAAA的级别-映射和从网络NAAA到网路NAA的级别-映射。从网络NAA到网络NAAA的级别-映射被命名为J22并在图8中示出。从网络NAA到网络NAAA的级别-映射被命名为J47并在图8中示出。PCT/EP2014/055640(图53E)描述物理拓扑-映射,深度-映射和级别-映射,根据图6A的表示法。如在图8中所示,我们计算和存储一个从网络NAA到网络NCC命名J30的拓扑-映射作为一个级联其由从网络NAA到网络NB的级别-映射命名为J17,从网络NB到网络NC命名为J29的一个拓扑-通路,从网络NC到网络NCC命名为J18的一个级别-映射所组成,从网络NB到网络NC命名为J29的拓扑-通路包括从网络NB到网络NC命名为J25的一个单个拓扑-映射,以上描写了计算拓扑-映射采用的第三个方法。我们计算和存储一个从网络NCC到网络NEE命名为J31的拓扑-映射为一个级联其由从网络NCC到网络ND命名为J19的级别-映射,一个从网络ND网络NE称为J27的拓扑-映射和一个从网络NE到网络NEE称为J20级别-映射所组成,上述描写了用于计算拓扑-映射的第三个方法。通过创建一个命名为J30和J31拓扑-映射我们可以指定节点网络NAA,NCC和NEE之间的转发行为。如本领域技术人员将理解的,拓扑-映射的创建可以重复在任意数量结构层次。PCT/EP2014/055640(213页)描述了一个级别-通路如何更改为成拓扑-通路。

[0259] 为了允许在一个包括转发或分组交换节点的分组交换网络(PSN)里转发或交换分组或在非-分组-交换网络里中继或交换物理信号,上述我们分配零或一个交换-标识符与拓扑-映射,拓扑-通路,级别-通路和拓扑-级别-通路,(参照PCT/EP2014/055640 188页)。一个交换-标识符取决于一个创建的拓扑包括网络和拓扑-映射的深度d和层n。在一个特定的深度d和层n的网络是全分组-交换网络或全非-分组-交换网络,两者之一。在一个特定的深度d和层n的节点是全分组-交换节点或全非-分组-交换节点,两者之一。我们区分,但不限于,以下交换-标识符类型:

[0260] i. 在深度 $d=0$ 和在任意层n包括一个物理信号的交换-标识符,在深度d和层n的节点是非-分组-交换节点。

[0261] ii. 在深度 $d=0$ 和一个执行媒体访问控制(MAC)的层的交换-标识符,在深度d和层n的节点是分组-交换节点。

[0262] iii. 在任意深度d和在任意层n的交换-标识符包括逻辑标识符,在深度d和层n的节点是分组-交换节点。

[0263] PCT/EP2014/055640(189页至192页)描述了交换-标识符类型i),类型ii)和类型iii)的例子。

[0264] 之前或在创建在一个深度d,层n的一个第一个网络SDN编译器应该被用户指示,例如,但不限于一个网络管理员PCT/EP2014/055640页191):

[0265] i.网络是否在所述深度d和所述层n的分组-交换网络或非-分组-交换网络

[0266] ii.如何为所述深度d和所述层n构建交换-标识符。PCT/EP2014/055640 (192页, 201至203页),描写了如何构建交换-标识符的例子。

[0267] 这是在所述深度d和所述层n的初始化完成的,因为这是相同与在所述深度d和所述层n的每个网络的信息。这是在所述深度d和所述n层的初始化完成,因此一个SDN编译器的用户将不必指定这信息与所创建的每个网络。在上面i)的信息被SDN编译器用于选择创建一个物理分组-交换节点的转发项或一个物理非-分组-交换节点的转发项的方法。

[0268] 在该方法中,我们为一个请求的拓扑-级别-通路从所述循环-通路计算转发项。在 $d=0, h=h_{\min}$ 是一个物理节点时,递归-通路为每个节点包含以下信息(参照PCT/EP2014/055640 192页和193页):

[0269] -作为物理或虚拟节点与一个拓扑-映射或一个层-映射之间的附着点(PoA)的一个输入端口,例外是在递归-通路的第一个节点不具有一个输入端口因为分组或信号是由在递归路径的第一个节点创建的。

[0270] -作为物理或虚拟节点与拓扑-映射或一个层-映射之间的附着点(PoA)的一个输出端口,例外是在递归-通路的最后一个节点不具有一个输出端口因为分组或信号是被在递归-通路的最后一个节点接收的,

[0271] 另外,当为每个边计算一组边时,递归-通路还包含:

[0272] -在输入拓扑-映射的一组输入边-关系或层-映射,例外是在递归-通路的第一个节点其不具有输入拓扑-映射或一个层-映射

[0273] -在传出拓扑-映射的一组传出边-关系或层-映射,例外是在递归-通路的最后一个节点其不具有传出拓扑-映射或一个层-映射

[0274] 上述输入端口,输出端口,一组输入边-关系,一组传出边-关系,以及导致物理节点的转发项,也被称为转发指令的交换-标识符的组合,将进一步在下面的例子里说明。每个在递归-通路的物理节点的转发项包括一个输入端口,一个输出端口,一组输入边-关系的交换-标识符和一组传出边-关系的交换-标识符。上述转发项,无论是直接或间接地,被发送到递归-通路的物理节点,例如,但不限于,通过一个SDN控制器。PCT/EP2014/055640 (第197页)描述了对于一个节点,一组输入边-关系里的边数量或许可以通过确定相关的一组输入边-关系减少。对于一个节点,相关的一组输入边-关系是一组所述节点在深度,层和级别的一个输入拓扑-映射或一个输入深度-映射或一个输入层-映射的边-关系,以及递归-通路里在深度,层和级别的所有网络的通过一个或更多个深度-映射映射到所述节点。PCT/EP2014/055640 (第197页)描述了对于一个节点,一组传出边-关系里的边数量或许可以通过确定相关的一组传出边-关系减少。对于一个节点,相关的一组传出边-关系是一组所述节点在深度,层和级别的一个传出拓扑-映射或一个传出深度-映射或一个传出层-映射的边-关系,以及递归-通路里在深度,层和级别的所有网络的通过一个或更多个深度-映射映射到所述节点。

[0275] 为了创间适当的转发指令我们区分一个分组-交换网络(PSN)的一个物理节点,和在一个非PSN的一个物理节点。一个在PSN的物理节点,称为物理分组-交换节点,执行转发和分组的统计多路复用。一个在非PSN的物理节点,称为物理非-分组-交换节点,执行中继和物理信号的多路复用。一个例子,但不限于,是非-PSN的一个电路-交换节点(CSN)。一个

例子,但不限于,是非-PSN的是一个无线网络中执行多路复用物理信号的节点。PCT/EP2014/055640 (193和194页) 描述了物理分组交换节点的转发项的计算。PCT/EP2014/055640 (195和196页) 描述了物理非分组交换节点的转发项的计算。PCT/EP2014/055640 (198至200页) 描述了一个用于创建包括两个或更多的物理节点的物理设备的一个单个转发项。

[0276] 当根据上述方法创建一个拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路,或拓扑-级别-通路时,当创建一个拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路,或拓扑-级别-通路时可选的一个或更多个要求被考虑在内(参照PCT/EP2014/055640 221页)。只有如果所述拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路与所述一个或更多个要求符合,所述拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路被创建。换言之,一个拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路只有被创建如果所述拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的要求被计算的所述拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路满足。请求的拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通可以被认为是给一个用户的一个服务(参照PCT/EP2014/055640 222页)。一个例子,但不限于,所述用户的是一个人,一个组织,一个应用程序。通常情况下,所述服务的要求被存储在一个合同,作为所述用户和所述服务的提供者之间的服务级别-协议(SLA)。如将在本领域的技术人员可以理解,上述方法允许所述服务的所述的提供者的提供更丰富的服务,基于可以在建立所述服务时使用的更复杂的要求。边-关系被用于确定任何变化对一组网络的影响。作为一个例子,但不限于,如图50C所示从网络KA到网络KB命名为L5的拓扑-映射是与边-关系L5/L11的,因此,如果命名为L5第一个边被改变时,第二个边命名为L11将受到影响。在命名为L5的拓扑-映射被删除的情况下,例如但不限于,拓扑-映射L5是被切断的物理光纤链路,根据边-关系L5/L11影响了命名为L11的拓扑-映射,并且将要由SDN编译器重新计算。在拓扑-通路L23是一个请求的拓扑-通路和命名L23拓扑-通路不能被重新计算的情况下,如在图50F的例子中,所述请求的拓扑-通路的服务-级别-协议(SLA)被违反了。

[0277] 注意,所描述的方法允许在一组网络里多层次的生存能力。另外,注意,所描述的方法允许对SLA的一个更深层次的分析。作为一个例子,但不限于,一个大量的故障情形可能由方法所存储的信息进行模拟以及可能确定对一个或更多个SLA的影响。作为一个例子,但并不限于,这允许用于检查违反SLA的概率与所述违反SLA所招致的处罚。注意,所描述的方法允许存储每个违反SLA,因此说述SLA建立一个记录。

[0278] 在非分组交换网的情况下也参考了转发项,由于SDN编译器提供了一个对两者统一的方法来创建分组-交换节点和非-分组-交换节点的指令。在非-分组-交换网络的情况下转发项是一个指定输入端口的输入信号,可选修改后,所述输入信号应如何中继到一个输出端口的指令。

[0279] 作为一个例子,但不限于,在一个WDM ROADM的情况下,SDN编译器创建一个指令指定在一个输入端口的输入波长应在所述输入波长可选修改,例如改变输入波长的频率之后,如何中继也被称为交叉连接,到一个输出端口。转发项,被无论是直接或间接地发送到递归-通路里的物理节点,例如,但不限于,通过一个SDN控制器。

[0280] 以上描述的方法可使用一个图数据库来实现,其中网络,映射,拓扑-通路,级别-

通路和拓扑-通路被存储在图数据库,其中一个网络是以顶点命名被存储在图数据库,其中一个拓扑-映射,深度-映射,层-映射或级别-映射的映射是以有向边以及其命名被存储在图数据库,其中所述网络的属性是以顶点属性被存储在所述图数据库,其中所述映射属性是以边属性被存储在所述图数据库,其中所述拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的属性是以边的属性被存储在所述图数据库(参照PCT/EP2014/055640图57,145和230页)。所述映射的类型和方向可以以边类型被存储在所述图数据库。作为拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的拓扑-级别-通路的类型可以以边的类型被存储在所述图数据库。一个所述映射的一个映射类型和一个方向的例子是一个递增的深度-映射。一个支持一个以上的边类型的图数据库通常被称为一个支持图的属性的图数据库。一个图数据库通常,但不限于,是基于一个图的属性的模型包含具有属性的顶点和具有属性的有向边。在SDN编译方法内的网络属性可以存储为顶点的属性。这样顶点属性,也称为顶点属性,可以包括上述的SDN编译方法的网络相关输入以及附加的网络信息,例如但不限于物理或虚拟节点的地理经度,物理节点或虚拟节点的地理纬度的和节点的正常运行时间。在SDN编译方法内的拓扑-映射,层-映射和深度-映射的属性可以存储为边属性。用于创建或重新计算一个映射或一个拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的计算一个拓扑-映射的第一个方法,计算一个拓扑-映射的第二个方法,计算一个拓扑-映射的第三个方法,计算一个层-映射的第一个方法,计算一个层-映射的第二个方法,计算一个拓扑-通路的方法,计算一个级别-通路的方法以及计算一个拓扑-级别-通路的方法,可被实现为在一个图数据库的一个查询。以上所述的附加要求可以包括在这样的查询。作为一个例子,但不限于,计算一个拓扑-通路的一个查询可以是一个从一个第一个节点到一个匹配与一个从所述第一个节点到一个第三个节点的在深度减少的深度=映射的第二个节点的通路的一个图数据库查询。可选的附加要求可以在所述查询里指定。

[0281] 我们现在考虑一个SDN编译器设备的例子,包括一个数据库,一个事件处理程序和一个指令程序,如图9所示(参照PCT/EP2014/055640图57,232页)。图9还示出了SDN编译器的用户(USER),一个或多个SDN控制器和一个或多个SDN物理节点。所有网络,拓扑-映射,深度-映射,层-映射,级别-映射,拓扑-通路,级别-通路,拓扑-级别-通路的信息被存储在数据库中。一个例子,但不限于,这样的数据库是一个图数据库。事件处理程序处理全部从用户(USER),从一个或多个SDN控制器,并从数据库的输入事件。另外,该数据库可直接查询自己,但为了允许事件处理和优先从数据库的数据库请求,(数据库请求)流是通过事件处理程序。事件处理程序允许事件的优先并防护查询攻击数据库。

[0282] 指令程序(INSTRUCTOR)负责创建一个用户请求的拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的转发项,这是在这拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路在数据库被创建之后。一个或多个SDN控制器可以发送请求到事件处理程序(EVENT HANDLER)。另外,一个附加的显示器可以用来轮询一个或多个SDN控制器。

[0283] 图9示出下面的消息流

[0284] 51用户(USER)到事件处理程序(EVENT HANDLER),例如,对于索取(GET)请求,脚本,命令接口,图形用户界面(GUI)。

[0285] 52SDN控制器(CONTROLLER)到事件处理程序(EVENT HANDLER)

[0286] 53数据库(DATABASE)到事件处理程序(EVENT HANDLER),例如,对于违反要求触发

重新计算和错误报告。

[0287] 54数据库 (DATABASE) 查询+行动 (QUERY+ACTION) 从事件处理程序 (EVENT HANDLER) 到数据库 (DATABASE)

[0288] 55数据库 (DATABASE) 到指令程序 (INSTRUCTOR), 包括拓扑-通路, 级别-通路或拓扑-级别-通路的信息

[0289] 56指令程序 (INSTRUCTOR) 到控制器 (CONTROLLER), 包括转发指令

[0290] 57事件处理程序 (EVENT HANDLER) 到用户 (USER), 例如错误报告

[0291] 58数据库 (DATABASE) 到用户 (USER), 例如查看错误报告

[0292] 59指令程序 (INSTRUCTOR) 到用户 (USER), 例如错误报告, 统计

[0293] 60节点 (NODE) 到控制器 (CONTROLLER), 例如错误报告, 状态报告

[0294] 61SDN控制器 (CONTROLLER) 到节点 (NODE), 包括转发指令

[0295] 注意, 所述事件处理程序使用任何一个创建逻辑网络规范的方法, 翻译一个SDN编译器的一个用户指定的逻辑网络规范成为一个数据库查询, 例如但不限于创建拓扑-映射的第一个方法。

[0296] 在非分组交换网络的情况下, 由于SDN编译器提供了为对两者分组交换节点以及非分组交换节点创建指令的一个统一方法, 也参考了转发项, (参照PCT/EP2014/055640 196页)。在非分组交换网的情况下的转发项是指定如何在输入端口的传入信号应所述传入信号的可选修改后中继到一个输出端口的指令。注意, 在一个非分组交换网络, 其中没有逻辑节点和网络存在, 向其中上述方法适用, 一个或多个拓扑映射可以使用第二种方法来创建拓扑映射来创建转发表项可以使用计算的方法来计算用于非包交换节点的转发表项, 边可以被重新计算, 服务可以根据一组要求来请求。作为一个例子, 但不限于, 上述方法可以使用一个图数据库来实现。

[0297] PCT/EP2014/055640 (207至211页, 图52N) 描述了作为创建逻辑节点的另一选择, 一个逻辑命名可以被分配给一个物理节点和/或一个物理拓扑-映射和/或物理附着点 (PoA)。

[0298] PCT/EP2014/055640 (234至240页, 图59B) 描述了一个包括或不包括逻辑节点的非分组-交换网络的一个例子。

[0299] 为了支持多租户, 并提供每个租户自己的地址空间, 隔离于其他租户, 每个租户的命名空间的最高层次的网络应该是全球独特的, 以确保隔离于其他租户。作为一个例子, 但不限于, 最高层次可以是IPv6流标签或可以重新利用的一个IPv4识别字段来表示一个租户。

[0300] 如将被本领域的技术人员理解, 比上面的例子中使用的用于描述SDN编译方法的比较简单的拓扑结构, 更复杂的拓扑被SDN编译器支撑。如将被本领域的技术人员理解, 上述的各种方法落本发明的范围内, 如例但不限于, 多播, 隧道, 标签-交换。

[0301] 在PCT/EP2014/055640描述的SDN编译方法被扩展到, 通过一个SDN编译器的一个用户指定的, 基于逻辑节点, 逻辑-拓扑-映射, 以及可选的逻辑层-映射的要求的一个SDN编译器, 确定深度-映射, 相关在不同深度的节点。所述扩展允许一个SDN编译器的一个用户指定逻辑节点, 逻辑节点的要求, 逻辑拓扑-映射和逻辑拓扑-映射的要求, 以及可选的逻辑层-映射和逻辑层-映射的要求, 并使所述SDN编译器确定物理和/或虚拟资源, 包括物理节

点和物理链路,针对其所述逻辑规范可被编译,从而确定逻辑节点和物理节点之间的关系如被深度-映射,物理拓扑-通路,以及可选的物理层-映射所表示。

[0302] 作为一个例子,但不限于,一个SDN编译器的一个用户可以指定一个表示为逻辑计算的一个第一个逻辑节点和一个表示为逻辑计算的第二个逻辑节点以及从所述第一个逻辑节点到所述第二个逻辑节点的一个拓扑-映射,以及节点,在一个或多个低层次的拓扑-映射和层-映射并使所述SDN编译器确定物理和/或虚拟资源,针对其所述逻辑规范可被编译,从而确定逻辑节点和物理节点之间的关系如被深度-映射,物理拓扑-通路,以及可选的物理层-映射所表示。

[0303] 该方法是使用在一个第一个示例,在图11A至11I和图12A至12J里说明。注意,该方法可以应用于任意一个整体网络,并且不限于所呈现的例子。我们考虑命名三个逻辑节点为FE,FF和FG,如图11A所示。逻辑节点FE和FG是逻辑主机节点和逻辑节点FF是一个逻辑交换节点。图11A也示出了从逻辑节点FE到逻辑节点FF的一个拓扑-映射和从逻辑节点FF到逻辑节点FG,在一个图里表示为一个有向边的拓扑-映射。一个SDN编译器的一个用户将会指定在图11A中所示的逻辑节点FE,FF和FG以及拓扑-映射。

[0304] 我们的目标是有一个SDN编译器确定物理和/或虚拟资源,包括物理节点和物理的链路,针对其在图11A所示的逻辑规范可被编译。

[0305] 要做到这一点,我们定义“已知物理节点”和“未知物理节点”。在网络模型,逻辑节点可通过深度-映射来映射到“已知”和/或“未知”物理节点。“已知物理节点”是“物理节点”,是现有的或要在网络中设置的(虚拟)的节点和其物理节点命名被存储在一个或多个,可以直接或间接地由编译器访问的数据库。以下,如果内容不需要“已知”的标签将不总是如此使用。术语“未知物理节点”是用来定义一个被逻辑节点可以通过深度-映射映射到的并且可以由一个网络的物理节点其命名被存储在所述(多个)数据库里更换的虚构物理节点。如将在以下更详细地解释,这种未知物理节点可以有利地被使用在云计算里建造网络模型的一个方法中。

[0306] 另外,我们定义“已知物理拓扑-通路”和“未知物理拓扑-通路”。“已知物理拓扑-通路”是“物理拓扑-通路”,它是网络里现有的或任然要设置的两个物理节点之间的拓扑-通路,其物理拓扑-通路的命名被存储在一个或多个数据库,可以直接或间接被编译器访问。以下,如内容不需要“已知”的标签将不总是被使用。术语“未知物理拓扑-通路”是用来定义任两个“未知物理节点”之间或者一个“未知物理节点”和一个“已知物理节点”之间,两者任一,的一个虚构物理拓扑-通路。这样一个“未知物理拓扑-通路”是可以由网络的一个物理拓扑-通路,其命名被存储在所述(多个)数据库里而更换的,所述物理拓扑-通路是由一个或多个现有的或还是要建立的物理拓扑-映射所组成的一个级联。如将在以下更详细地解释,这种未知物理层-映射可以有利地被使用在建造网络模型的一个方法中。

[0307] 另外,我们定义“已知物理层-映射”和“未知物理层-映射”。“已知物理层-映射”是“物理层-映射”,它是网络里现有的或任然要设置的两个物理节点之间的层-映射,其物理层-映射的命名被存储在一个或多个数据库,可以直接或间接被编译器访问。以下,如内容不需要“已知”的标签将不总是被使用。术语“未知物理层-映射”用于定义两个“未知物理节点之间或者一个未知物理节点”和一个“已知物理节点之间的一个虚构的物理层-映射。这种一个“未知物理层-映射是(还)没有连接于一个物理层-映射为其物理层-映射命名被

存储在所述(多个)数据库。这种未知物理层-映射可以有利地用在建造网络模型的方法中使用,如将在以下更详细地说明。

[0308] 据观察,为了提高效率起见,除了以上所定义的术语“物理节点”,“已知物理节点”,以及“未知物理节点”,使用术语“已知/未知物理节点”。这后一个术语指一组包含所有已知和未知物理节点和此组每个成员既可以是一个已知或一个未知物理节点。“已知/未知物理节点命名”是这些“已知/未知物理节点”的命名。

[0309] 同样地,为了提高效率起见,除了以上所定义的术语“物理拓扑-通路”,“已知物理拓扑-通路”,以及“未知物理拓扑-通路”,使用术语“已知/未知物理拓扑-通路”。这后一个术语指一组包含所有已知和未知物理拓扑-通路和此组每个成员既可以是一个已知或一个未知物理拓扑-通路。“已知/未知物理拓扑-通路命名”是这些“已知/未知物理拓扑-通路”的命名。

[0310] 执行以下操作:

[0311] a) 为每个通过一个或更多个深度-映射没有映射到一个已知物理节点的逻辑节点,创建至少一个未知物理节点以及存储所述未知物理节点的一个未知物理节点命名。这个行动是相关与权利要求1的行动b)。

[0312] b) 为每个通过一个或更多个深度-映射没有映射到一个物理节点的逻辑节点,创建从所述没有映射到一个未知物理节点的逻辑节点到一个已知物理节点的一个深度-映射,以及创建从所述未知物理节点到所述没有映射到一个未知物理节点的逻辑节点的一个深度-映射,所述深度-映射是基于有向图表示法。这个行动是相关与权利要求1的行动c)。

[0313] c) 创建和存储一个或更多个逻辑拓扑-映射,每个从一个第一个逻辑节点到一个第二个逻辑节点是一个有向图表示的逻辑拓扑-映射,被计算为一个级联其由从第一个逻辑节点到一个第一个已知/未知物理节点的一个第一个深度-映射,从第一个已知/未知物理节点到一个第二个已知/未知物理节点的一个已知/未知物理拓扑-通路和从第二个已知/未知物理节点到第二个逻辑节点的一个第二个深度-映射所组成,所述已知物理拓扑-通路是一个或更多个物理拓扑-映射的一个级联,未知所述物理拓扑-通路被创建并存储了。注意,所述一个或更多个逻辑拓扑-映射是使用第一个方法来计算拓扑-映射,这个行动相关与权利要求1的行动d)。

[0314] d) 通过执行一个搜索包括使每个未知物理拓扑-通路匹配与一组合适的物理拓扑-通路里之一,和使每个未知物理节点匹配与一组的合适的物理节点里之一,为每个未知物理节点确定在整体网络中的一个合适的物理节点和为每个未知物理拓扑-通路确定在整体网络中的一个合适的物理拓扑-通路,以及根据搜索结果更换和存储每个未知物理拓扑-通路与所述一组合适的物理拓扑-通路里所述之一,所述一组合适的物理拓扑-通路里之一是一个或更多个层-映射的级联,和更换和存储每个未知物理节点与所述一组合适的物理节点里所述之一。在这里,“物理节点”和“物理拓扑-通路”是分别可供使用的实体。它们可以是已存在或待按需建立:例如,一个节点可以由一个尚不存在的,但必要时可以被SDN编译器(或其他部件)请求设置的虚拟机来实施。这个行动相关与权利要求1的行动e)。

[0315] 图11B示出行动a), b) 和c)。图11B示出在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FE,在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FF和在($d=1, n=0, h=0$)的一个逻辑节点FG。所述逻辑节点FE, FF和FG由图11A示出。跟据上述行动a), 由于逻辑节点FE没有映射到一个已知物理

节点,我们创建了 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X1。在图11B里的“?X1”里在X1前的问号表示X1是一个未知物理节点。由于逻辑节点FF没有映射到一个已知物理节点,我们创建了 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X2。在图11B里的“?X2”里在X2前的问号表示X2是一个未知物理节点。由于逻辑节点FG没有映射到一个已知物理节点,我们创建了 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个未知物理节点?X3。在图11B里的“?X3”里在X3前的问号表示X3是一个未知物理节点。注意,在这个例子中未知物理节点是在 $d=0$ 创建的并且与所述未知物理节点通过一个深度-映射映射到的逻辑节点在相同的层 n ,以及与所述未知物理节点通过一个深度-映射映射到的逻辑节点在相同的级别 h 。在一般情况下,为 (d, n_1, h_1) 的一个逻辑节点,可以创建在 $(d-x, n_2, h_2)$ 的一个未知物理节点, x 是大于零和小于或等于 d ,其中 n_1 可以等于 n_2 和其中 h_1 可以等于 h_2 。根据以上行动b),命名为K3的一个深度-映射是创建于从未知物理节点?X1到逻辑节点FE,命名为K4的一个深度-映射是创建于从逻辑节点FE到未知物理节点?X1,命名为K5的一个深度-映射是创建于从未知物理节点?X2到逻辑节点FF,命名为K6的一个深度-映射是创建于从逻辑节点FF到未知物理节点?X2,命名为K7的一个深度-映射是创建于从未知物理节点?X3到逻辑节点FG,命名为K8的一个深度-映射是创建于从逻辑节点FG到未知物理节点?X3。图11B示出了命名为K3至K8的深度映射。图11C示出了,根据图6A的表示法命名为K3至K8的深度-映射。因此,行动a)和b)对上述的例子是:

[0316] a) 为每个不被通过一个或更多个深度-映射映射到一个已知物理节点的逻辑节点(FE;FF;FG)创建至少一个未知物理节点(?X1;?X2;?X3)和存储所述未知物理节点的未知-物理-节点的命名(参照图11B),

[0317] b) 为每个不被通过一个或更多个深度-映射映射到一个已知物理节点的逻辑节点创建从未映射到已知物理节点的所述逻辑节点(FE;FF;FG)到未知物理节点(?X1;?X2;?X3)的一个深度-映射(K4;K6;K8),和创建一个从所述未知物理节点(?X1;?X2;?X3)到未映射到已知物理节点的所述逻辑节点(FE;FF;FG)的一个深度-映射(K3;K5;K7),所述深度-映射是基于一个有向图表示法(参照图11B),

[0318] 根据以上行动c),如图11B所示,使用第一个方法计算拓扑-映射所创建的一个命名为K1的拓扑-映射,包括一个级联其由命名为K4的深度-映射,一个命名为?K9的未知拓扑-通路和命名为K5的深度-映射所组成。在图11B中在“?K9/K1”里的K9前的问号表示K9是一个未知物理拓扑-通路。注意,命名为?K9的未知物理拓扑-通路是在此步骤中被创建并储存。此外,使用第一个方法计算拓扑-映射所创建的一个命名为K2的拓扑-映射,包括一个级联其由命名为K6的深度-映射,一个命名为?K10的未知拓扑-通路和命名为K7的深度-映射所组成,如图11B所示。在图11B中在“?K10/K2”里的K10前的问号表示K10是一个未知物理拓扑-通路。注意,命名为?K10的未知物理拓扑-通路是在此步骤中被创建并储存。图11D示出了根据图6C的表示法,拓扑-映射K1和K2,如上所述。在图11D中标识的问号表示其边命名为?K9和?K10是未知拓扑-通路,而不是拓扑-通路。因此,对于上述的示例行动c)是:

[0319] c) 创建和存储一个或更多个逻辑拓扑-映射(KL;K2),每个的逻辑拓扑-映射(KL;K2)是一个从一个第一个逻辑节点(FE;FF)到一个第二个逻辑节点(FF;FG)的有向图表示,被计算为一个级联其由从第一个逻辑节点(FE;FF)到一个第一个的已知/未知物理节点(?X1;?X2)的一个第一个深度-映射(K4;K6),从第一个已知/未知物理节点(?X1;?X2)到一个第二个已知/未知物理节点(?X2;?X3)的一个已知/未知物理拓扑-通路(?K9;?K10),以及从

第二个已知/未知物理节点(?X2;?X3)到第二个逻辑节点(FF;FG)的一个第二个深度-映射(K5;K7)所组成,所述已知物理拓扑-通路是一个或多个物理拓扑-映射的一个级联,所述未知物理拓扑-通路(?K9;?K10)被创建和存储了。注意,所述一个或多个逻辑拓扑-映射(KL;K2)是使用的第一个方法来计算一个拓扑-映射(参照图11B)。

[0320] 如图11E和11F所示出,我们现在分别确定拓扑-映射K1和K2的物理实体,这将在行动的d)使用于一个搜索。图11E的步骤1)示出了一个根据图11D命名为K1的拓扑-映射。图11E的步骤2)里,图11E的步骤1)里命名为K4和K5的深度-映射的值被在图11C中所示命名为深度-映射K4和K5的定义更换。注意,命名为K1的拓扑-映射包含命名为FE和FF的逻辑节点,命名为K4和K5的深度-映射,零物理节点,两个命名为?X1和?X2的未知物理节点,一个命名为?K9的已知物理拓扑-通路,零物理拓扑-映射和零物理附着点(PoA)。图11F的步骤1)示出了一个根据图11D命名为K2的拓扑-映射。在图11F的步骤2),图11F的步骤1)中命名为K6和K7的深度-映射的值被在图11C里所示命名为深度-映射K6和K7的定义更换。注意,命名为K2的拓扑-映射包含命名为FF和FG的逻辑节点,命名为K6和K7的深度-映射,零物理节点,两个命名为?X2和?X3的未知物理节点,命名为?K10的一个未知物理拓扑-通路,零物理拓扑-映射和零物理附着点(PoA)。

[0321] 根据以上行动d),我们通过执行一个搜索包括使每个未知物理拓扑-通路匹配与一组合适的物理拓扑-通路里之一,以及使每个未知物理节点匹配与一组合适的物理节点里之一,为每个未知物理拓扑-通路确定了一个合适的物理拓扑-通路,并为每个未知物理节点确定了一个合适的物理节点。如图11G里所示出,我们使用未知物理节点和未知物理拓扑-映射之间的相关命名为K1的拓扑-映射,以“?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2”作为一个第一个搜索声明,并且我们使用未知物理节点和未知物理拓扑-通路之间的相关命名为K2的拓扑-映射,以“?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3”作为一个第二个搜索声明。我们创建一个第三个搜索声明包括所述第一个搜索声明,一个逻辑AND,和所述第二个搜索声明:“(X1-?K9[拓扑-通路]/K1->X2) AND (X2-?K10[拓扑-通路]/K2->X3)”。所述第三个搜索声明被使用在所述搜索。

[0322] 注意,所述第三个搜索声明包括:所述第一个搜索声明和所述第二个搜索声明的一个“逻辑AND”是所述搜索目的,即根据所述SDN编译器的用户定义的逻辑节点和逻辑拓扑-映射,为每个未知物理节点确定一个物理节点,为每个未知物理拓扑-通路确定一个物理拓扑-通路。注意,所述的搜索声明包括物理实体包括节点和拓扑-通路其包含拓扑-映射,其为一个在单个方向上(包括无线链路)的链路和它们从多个递归通路的关系,在本例子里的未知物理节点?X1,?X2和?X3以及命名为?K9和?K10的未知物理拓扑-通路。所述搜索是针对一个物理网络布局,包括被物理拓扑-映射互联的物理节点,所述物理拓扑-映射是基于一个有向图表示法,如下所述。

[0323] PCT/EP2014/055640 (230页)描述了计算一个拓扑-映射的第一个方法,计算一个拓扑-映射的第二个方法,计算一个拓扑-映射的第三个方法,计算一个拓扑-映射的第四个方法,计算一个拓扑-映射的第五个方法,计算一个层-映射的第一个方法,计算一个层-映射的第二个方法,计算一个拓扑-通路的方法,计算一个级别-通路的方法,和计算一个拓扑-级别-通路的方法,使用于创建或重新计算一个映射或一个拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路,可以由一个图数据库的一个查询被实现。如上所述的附加要求可以包括在

这样的查询。作为一个例子,但不限于,所述上述第三个搜索声明可以由一个图数据库的一个查询被实现。

[0324] 在所述搜索里可以考虑可选要求。作为可选,在以上行动c)所述逻辑拓扑-映射的要求可能被存储。可选地,在行动d)每个所述逻辑拓扑-映射的所述要求可能被复制到用于计算所述未知逻辑拓扑-映射的所述未知物理拓扑-通路,以及每个所述未知物理拓扑-通路的所述要求可能匹配与在所述搜索里的一个物理拓扑-通路的属性,所述物理拓扑-通路的所述属性是通过物理拓扑-映射的属性,从其计算所述物理拓扑-通路,确定的。

[0325] 作为一个例子,但不限于,我们考虑一个命名为K1的逻辑拓扑-映射的要求是‘要求A’和存储‘要求A’在以上行动c)为命名为K1的拓扑-映射的要求。在行动d)命名为K1的逻辑拓扑-映射的要求被复制到命名为?K9的未知物理拓扑-通路,按照在11D示出的边-关系‘?K9/K1’使用与逻辑拓扑-映射K1的计算,并且命名为?K9的未知物理拓扑-通路的要求是匹配与所述搜索里的一个物理拓扑-通路的属性。图11H示出了命名为K1的逻辑拓扑-映射的要求如何根据如图11D所示边-关系‘?K9/K1’相关与一个命名为?K9的未知物理拓扑-通路的要求。

[0326] 图11H还示出了命名为K2的逻辑拓扑-映射的要求如何根据如图11D所示边-关系‘?K10/K2’,相关与一个命名为?K10的未知物理拓扑-通路的要求。

[0327] 可选地,在以上行动b)一个或多个逻辑节点的要求可能被存储。可选地,在权利要求1)的行动d)所述每个所述逻辑节点的所述要求可能被复制到所述未知物理节点通过一个或多个深度-映射映射到所述逻辑节点,以及每个所述未知物理节点的所述要求在所述搜索里可能与所述物理节点的属性匹配。作为一个例子,但不限于,我们考虑逻辑节点FE的一个要求是‘主机类型’和在上述行动b)存储‘主机类型’作为命名为FE的逻辑节点的要求,因为逻辑节点FE是一个主机节点。如图11E所示,在行动d)逻辑节点FE的要求被复制到命名为?X1的未知物理节点通过命名为K1的拓扑-映射里命名为K4的深度-映射映射到逻辑节点FE,以及每个所述未知物理节点的所述要求在所述搜索里可能与所述物理节点的属性匹配。

[0328] 图11I示出了命名为FE的逻辑节点的要求如何根据命名为K1的拓扑-映射里命名为K4的深度-映射,如图11E所示,与命名为?X1的一个未知物理节点的要求相关。图11I示出了命名为FF的逻辑节点的要求如何根据命名为K1的拓扑-映射里命名为K5的深度-映射,如图11E所示,以及根据命名为K2的拓扑-映射里命名为K6的深度-映射,如图11F所示与命名为?X2的一个未知物理节点的要求相关。图11I示出了命名为FG的逻辑节点的要求如何根据命名为K2的拓扑-映射里命名为K7的深度-映射,如图11F所示,与命名为?X3的一个未知物理节点的要求相关。

[0329] 一个物理节点的典型属性包括,但不限于:

[0330] -所述物理节点的节点类型。作为一个例子,但不限于,一个节点是一个分组交换网络 (PSN) 内的一个分组-交换节点,或是一个非分组交换网络 (non-PSN) 内的一个非分组-交换节点。作为一个例子,但不限于,一个节点是一个主机类型节点,一个交换类型节点,一个多路复用类型的节点执行多路复用或者解多路复用。作为一个例子,但不限于,一个节点作为一个发送主机,一个接收主机,一个多路复用的多路复用器,一个解多路复用的多路复用器。

[0331] -所述物理节点的交换-特点。作为一个例子,但不限于,这样的交换-特点可以是如在IEEE 802.3定义的以太网交换,互联网协议第4版(IPv4)的路由,Internet协议版本6(IPv6)的路由,或Internet协议版本6(IPv6)基于3元组的路由,IPv6的源地址以及IPv6目标地址字段。如本领域技术人员将理解的交换-标识符可以从交换-特点导出。

[0332] -所述物理节点的容量。

[0333] -所述物理节点的延迟。

[0334] -所述物理节点的可用性。

[0335] 一个物理链路的典型属性包括,但不限于:

[0336] -所述物理链路在一个方向的容量,

[0337] -所述物理链路在一个方向的延迟,

[0338] -所述物理链路在一个方向的可用性。

[0339] 物理拓扑-映射的属性是在一个方向的物理链路的属性。如本领域技术人员将理解的一个物理拓扑-映射的所述属性确定一个物理拓扑-通路的属性,所述物理拓扑-通路是一个级联其由零或更多个物理拓扑-映射以及零或更多个物理拓扑-通路所组成,所述拓扑-映射的数量和所述的拓扑-通路的数量是它们的总和是至少一。

[0340] 一个逻辑节点的典型要求包括,但不限于:

[0341] -所述逻辑节点的类型,

[0342] -所述逻辑节点的交换-特点,

[0343] -所述逻辑节点的容量,

[0344] -所述逻辑节点的延迟,

[0345] -所述逻辑节点的可用性,

[0346] 一个逻辑拓扑-映射的典型属性包括,但不限于:

[0347] -所述逻辑拓扑-映射的容量,

[0348] -所述逻辑拓扑-映射的延迟,

[0349] -所述逻辑拓扑-映射的可用性,

[0350] 我们现在考虑执行所述搜索针对的一个物理网络的布局,如图12A所示,所述物理网络的布局,包括可使用的节点和链接。图12A示出了通过为拓扑映射的物理链路连接的,一个第一个计算设备,表示为物理节点KP,一个第一个分组转发系统,表示为物理节点KQ,一个第二个分组转发系统,表示为物理节点KR,一个第二个计算设备,表示为物理节点KS,一个第一个计算设备,表示为物理节点KT。图12A还示出了p218至p211的附着点(PoA)。

[0351] 如图12B示出,我们表示拓扑-映射为一个图里的有向边。图12B示出了在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的所述物理节点KP,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的所述物理节点KQ,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的所述物理节点KR,在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的所述物理节点KS,并且在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的所述物理节点KT。图12B还示出命名为K11至K18的拓扑-映射,表示为一个图里的有向边。

[0352] 图12C示出了根据图6A的表示法命名为K11至K18的拓扑-映射。作为一个例子,但不限于,如物理节点KP,KS和KT分别表示一个第一个,第二个和第三个计算设备,我们为节点KP,KS和KT“存储一个节点的类型属性的值为“主机”。作为一个例子,但不限于,如物理节点KQ和KR分别表示一个第一个和第二个分组转发系统,我们为节点KQ和KR“存储一个节点的类型属性的值为“交换机”。针对图12B所示的物理网络布局,我们执行一个搜索包括上述

描写的第三个搜索声明“(X1-?K9[拓扑-通路]/K1->X2) AND (X2-?K10[拓扑-通路]/K2->X3)”，以及包括要求的逻辑节点的FE和FG是逻辑主机节点和逻辑节点FF是一个逻辑交换节点。如图11I所示和上述行动d)中所述，逻辑节点FE,FF,FG的要求分别被复制到命名为X1, X2, X3的未知物理节点。我们不考虑命名为K1和K2的逻辑拓扑-映射的任何要求，因此搜索声明可以被减少到“(X1-?K9[拓扑-通路]->X2) AND (X2-?K10[拓扑-通路]->X3)”，省略了“/K1”和“/K2”。

[0353] 搜索声明包括要求，写为伪代码：

[0354] MATCH (X1-?K9[拓扑-通路]->X2)

[0355] AND

[0356] MATCH (X2-?K10[拓扑-通路]->X3)

[0357] WHERE 节点-类型X1等于“主机”

[0358] AND 节点-类型X2等于“交换”

[0359] AND 节点类型X3等于“主机”

[0360] RETURN X1, X2, X3, K9, K10

[0361] 上述搜索声明将返回一定数量的匹配包括图12D和12E所示的匹配。图12D示出了未知物理节点X1是如何匹配与物理节点KP的，未知物理节点X2是如何匹配与物理节点KQ的，以及未知物理节点X3是如何匹配与物理节点KS的。图12E示出了命名为K9的未知物理拓扑-通路匹配与一个物理拓扑-通路，为了一致性其被命名为K9，包括命名为K11的物理拓扑-映射，如图12E根据图6C的表示法所示。

[0362] 图12E示出了命名为K10的未知物理拓扑-通路匹配与一个物理拓扑-通路，为了一致性其被命名为K10，包括命名为K13和K15的物理拓扑-映射，如图12E根据图6C的表示法所示。

[0363] 根据以上行动d)我们更换并存储每个未知物理拓扑-通路与一个物理拓扑-通路，所述物理拓扑-通路为一个或多个物理拓扑-映射的一个级联，以及我们按照所述搜索的结果更换每个未知物理节点与一个物理节点。在上述的例子中，我们更换并存储命名为K9的未知物理拓扑-通路命名为K9的物理拓扑-通路，所述命名为K9的物理拓扑-通路包括一个命名为K11物理拓扑-映射，以及我们更换和存储命名为K10的未知物理拓扑-通路命名为K10的物理拓扑-通路，所述命名为K10的物理拓扑-通路是一个级联其由命名为K13和K15物理拓扑-映射所组成，以及按照上述搜索的结果，我们分别更换未知物理节点X1, X2, X3与物理节点KP, KQ, KS。如图12G所示，作为一个结果，命名为K3至K8的深度-映射分别成为逻辑节点FE, FF, FG和物理节点之间的深度映射KP, KQ, KR，相比与图11C，其中命名为K3至K8的深度-映射是逻辑节点FE, FF, FG映射和未知物理节点X1, X2, X3之间的深度-映射。

[0364] 如图12H所示，作为一个结果，拓扑-映射K1和K2分别成为“拓扑-映射K1=

[0365] K4/K1+K9/K1+K5/K1“和”拓扑-映射K2=K6/K2+K10/K2+K7/K2“，相比与图11D，其中拓扑-映射K1和K2分别为“拓扑-映射K1=K4/K1+?K9[未知拓扑-通路]/K1+K5/K1”和“拓扑-映射K2=K6/K2+?K10[未知拓扑-通路]/K2+K7/K2”。这在图12F中所示。

[0366] 图12F示出了在(d=1, n=0, h=0)的一个逻辑节点FE，在(d=1, n=0, h=0)的一个逻辑节点FF，在(d=1, n=0, h=0)的一个逻辑节点FG，在(d=0, n=0, h=0)的一个物理

节点KP,在($d=0, n=0, h=0$)的一个物理节点KQ,在($d=0, n=0, h=0$)的一个物理节点KR,在($d=0, n=0, h=0$)的一个物理节点KS,并且在($d=0, n=0, h=0$)的一个物理节点KT。图12F还示出了命名为K1,K2,K11至K18的拓扑-映射,命名为K3至K8的深度-映射,命名为K9和K10的物理拓扑-通路,以及命名为K19的一个逻辑拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。因此,上述例子的行动d)为:

[0367] d)通过执行一个搜索包括使每个未知物理拓扑-通路(?K9;?K10)匹配与一组合适的物理拓扑-通路里之一,和使每个未知物理节点匹配与一组的合适的物理节点(KP;KQ;KS)里之一,为每个未知物理节点(?X1;?X2;?X3)确定在整体网络中的一个合适的物理节点(KP;KQ;KS)和为每个未知物理拓扑-通路(?K9;?K10)确定在整体网络中的一个合适的物理拓扑-通路(K9;K10),以及根据搜索结果更换和存储每个未知物理拓扑-通路(?K9;?K10)与所述一组合适的物理拓扑-通路里所述之一(K9;K10),所述的一个合适的物理拓扑-通路(K9;K10)是一个或多个物理拓扑-映射(K11;K13,K15)的一个级联,并更换每个未知物理节点(?X1;?X2;?X3)与一组的合适的物理节点(KP;KQ;KS)里所属之一。(参照图12F)。

[0368] 作为一个例子,但不限于,如图12F所示和图12I所示,我们根据图6C的表示法,为拓扑-映射K1和K2的一个级联,创建命名为K19的一个请求的拓扑-通路。

[0369] 我们计算如上所述命名为K19的拓扑-通路的递归-通路。命名为K19的拓扑-通路的递归-通路示于图12J的步骤5中,步骤2至步骤4是计算的中间步骤。命名为K19的拓扑-通路的递归-通路为每个在所述递归-通路的物理网络,其为物理节点KP,KQ,KR和KS包括了以下信息:

[0370] -一个输入端口,

[0371] -一个输出端口,

[0372] -一组传入边-关系,

[0373] -一组传出边-关系。

[0374] 注意,以上输入端口,输出端口,一个一组传入边-关系,和一个一组传出边-关系是包含在名为K11,K13和K15的拓扑-映射的信息。上述输入端口,输出端口,一个一组传入边-关系,一个一组传出边-关系,以及一组传入边-关系的交换-标识符和以及一组传出边-关系的交换-标识符的组合的结果是物理节点KP,KQ,KR和KS的转发项。边K11至K19的交换-标识符在图12K示出。边K11至K18的交换-标识符表示在数据链路层执行媒体访问控制(MAC)的物理附着点(PoA)。名为K19边交换-标识符是“源FE,目的FG”,使用拓扑-通路K19的源节点的命名FE作为源,并使用拓扑-通路K19的目的节点的命名FG作为目的。图12L示出了用于是在($d=0, h=0$)的网络里在递归-通路的物理节点KP,KQ,KR,KS和KT,计算于命名为K19请求的拓扑-通路转发指令包括一个输入端口,一个输出端口,一组传入边-关系和每个在所述一组传入边-关系里的边的交换-标识符,以及一组传出边-关系和每个在所述一组传出边-关系里的边的交换-标识符。

[0375] 图11A所示例子里的图和以上所述一个逻辑节点和物理节点之间没有深度-映射被指定。如将被本领域的技术人员所理解的,一个SDN编译器的一个用户可能指定一个逻辑节点和一个物理节点之间的一个或多个深度-映射,这将导致一个搜索声明其可能包括所述物理节点被使用在上述行动d)的搜索里。

[0376] 作为一个例子,但不限于,当一个已知物理节点提供到其他网络的连接,也称为一

个网关,一个逻辑节点可能通过一个深度-映射映射到所述物理节点。图13A至13E示出应用于上述方法及从一个逻辑节点到一个已知物理节点的一个单个深度-映射。

[0377] 图13A示出了按照图11A的逻辑节点FE,逻辑节点FF,逻辑节点FG。图13A也示出了按照图11A一个从逻辑节点FE逻辑节点FF的一个拓扑-映射,一个从逻辑节点FF逻辑节点FG的一个拓扑-映射,按照图11A。图13A也示出了一个物理节点KP和一个从逻辑节点FE到物理节点KP的一个深度-映射,在图中表示为一个有向边。

[0378] 图13B示出在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FE,在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FF和在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的一个逻辑节点FG并在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的一个物理节点KP。根据上述行动a),作为逻辑节点FE被映射到物理节点KP,而没有为通过一个或更多个深度-映射映射到逻辑节点FE创建未知物理节点。

[0379] 根据上述行动a),由于逻辑节点FF未映射到一个物理节点,我们创建在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的未知物理节点?X2。图13B里的“?X2”里在X2在之前的问号表示X2是一个未知物理节点。由于逻辑节点FG没有映射到一个物理节点,我们在 $(d=0, n=0, h=0)$ 创建未知物理节点?X3。图13B里的“?X3”里在X3在之前的问号表示X3是一个未知物理节点。

[0380] 根据以上行动b),一个命名为K5的深度-映射是创建于从未知物理节点?X2到逻辑节点FF,一个命名为K6的深度-映射是创建于从逻辑节点FF到未知物理节点?X2,一个命名为K7的深度-映射是创建于从未知物理节点?X3到逻辑节点FG,一个命名为K8的深度-映射是创建于从逻辑节点FG到未知物理节点?X3。图13B示出了命名名为K4至K8的深度-映射。图13C示出了,根据图6A的表示法,命名为K4至K8的深度-映射。

[0381] 根据以上行动c),命名为K1的拓扑-映射的创建是用第一个方法计算的一个拓扑-映射,包括一个级联其由命名为K4的深度-映射,命名为?K9的未知拓扑-通路和命名为K5的深度-映射所组成,如图13B所示。在图13B“?K9/K1”里K9之前的问号中表示K9是一个未知物理拓扑-通路。注意,命名为?K9的未知物理拓扑-通路在此步骤中被创建并被储存。此外,创建命名为K2的拓扑-映射,是使用第一个方法来计算拓扑-映射,包括一个级联其由命名为K6的深度-映射,命名为K10的未知拓扑-通路和命名为K7的未知深度-映射所组成,如图11B所示。在图11B在“?K10/K2”里K10之前的问号表示K10是一个未知物理拓扑路。注意,命名为K10未知物理拓扑-通路是在此步骤中创建并存储的。图11D根据如上所述6C的表示法示出了拓扑-映射K1和K2。

[0382] 如图13D和11F所示我们现在分别确定拓扑-映射K1和K2的物理实体,这将被在一个搜索方式d)中使用。图13D的步骤1)示出了根据图11D一个命名为K1的拓扑-映射。在图13D的步骤2)中,图13D步骤1)中命名K4和K5的深度-映射的值被更换与在图13C所示命名为K4和K5的深度-映射的定义。拓扑-映射K2,如图11F所示,是如上所述的。

[0383] 根据以上行动d),我们为每个未知物理节点确定一个合适的物理节点,并通过执行一个包括匹配每个未知物理拓扑-通路与一组合适的物理拓扑-通路中的一个物理拓扑-通路的搜索,为每个未知物理拓扑-通路确定一个合适的物理拓扑-通路,以及匹配每个未知物理节点与一组合适的物理节点中的一个合适的物理。如图13E所示,我们使用未知物理节点和拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间,为“KP-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2”命名为K1的关系,作为一个第一个搜索声明,并且我们使用未知物理节点和拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间为“?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3”命名为K2的关系,作为一个第二个搜索声

明,创建一个第三个搜索声明”(? X_1 -? K_9 [拓扑-通路]/ K_1 ->? X_2) AND (? X_2 -? K_{10} [拓扑-通路]/ K_2 ->? X_3)“。所述第三个搜索声明在所述搜索中使用,如上所述。注意,所述搜索声明包括未知物理节点? X_2 和? X_3 和未知物理拓扑-通路命名为? K_9 和 K_{10} 。所述搜索是针对物理网络布局包括被物理拓扑-映射互连的物理节点执行的,所述物理拓扑-映射是基于有向图表示法。

[0384] 如上所述在所述搜索可以考虑可选要求。作为一个例子,但不限于,所述搜索可针对物理网络布局来执行,如上所述在图12B中所示。所述搜索将返回一些匹配,包括未知物理节点? X_2 与物理节点KQ的匹配,未知物理节点? X_3 与物理节点KS的匹配,命名为? K_9 的未知物理拓扑-通路针对与一个命名为 K_9 的物理拓扑-通路,其包括命名为 K_{11} 的物理拓扑-映射,的匹配,如图12E根据图6C的表示法所示出的,以及命名为 K_{10} 的未知物理拓扑-通路针对与命名为 K_{10} 的一个物理拓扑-通路,其包括一个级联其由命名为 K_{13} 和 K_{15} 的物理拓扑-映射所组成,的匹配,如图12E根据图6C的表示法所示出的。

[0385] 根据以上行动d),我们更换和存储命名为? K_9 未知物理拓扑-通路由命名为 K_9 的物理拓扑-通路,所述命名为 K_9 的物理拓扑-通路包括命名为 K_{11} 的物理拓扑-映射,并且我们更换和存储一个命名为 K_{10} 的未知物理拓扑-通路有命名为 K_{10} 未知物理拓扑-通路,所述命名为 K_{10} 的物理拓扑-通路是一个级联其由命名为 K_{13} 和 K_{15} 的物理拓扑-映射所组成,以及我们分别更换未知物理节点? X_2 和? X_3 由物理节点KQ和KS,按照上述搜索的一个结果。作为一个结果,命名为 K_5 的深度-映射已成为从物理节点KQ至逻辑节点FF的一个深度-映射,命名为 K_6 深度-映射已成为从逻辑节点FF到物理节点KQ的深度-映射,命名为 K_7 的深度-映射已成为从物理节点KS到逻辑节点FG的一个深度-映射,并且命名为 K_8 的深度-映射已成为从逻辑节点FG到物理节点KS的一个深度-映射。作为结果,拓扑-映射 K_1 和 K_2 分别成为“拓扑-映射 $K_1 = K_4/K_1 + K_9/K_1 + K_5/K_1$ ”和“拓扑-映射 $K_2 = K_6/K_2 + K_{10}/K_2 + K_7/K_2$ ”,如图12H所示,如图12F所示和如上所述。

[0386] 作为一个例子,但不限于,我们创建一个命名为 K_{19} 请求的拓扑-通路作为拓扑-映射 K_1 和 K_2 的一个级联,如图12F所示,以及如图12I根据图6C的表示法所示。如上所述,我们计算命名为 K_{19} 的拓扑-通路的递归-通路。命名为 K_{19} 的拓扑-通路的递归-通路在图12J的步骤5示出,从其可以如上所述创建转发项。

[0387] 在图11A中所示例子以及如以上所述逻辑节点FE到逻辑节点FF的拓扑-映射和从逻辑节点FF到逻辑节点FG的拓扑-映射是被考虑的。如将被本领域技术人员所理解的,一个SDN编译器的一个用户将通常指定从一个第一个逻辑节点的方向到一个第二个逻辑节点在两个方向的拓扑-映射:,从一个第一逻辑节点到一个第二逻辑节点的方向和从一个第二逻辑节点到一个第一逻辑节点的方向。图14A至14F示出一个上述的方法被应用的例子以及其中逻辑节点之间的拓扑-映射在两个方向被指定。

[0388] 图14A示出了逻辑节点FE,逻辑节点FF,逻辑节点FG。图14A还示出了一个从逻辑节点FE到逻辑节点FF的拓扑-映射,一个从逻辑节点FF到逻辑节点FE的拓扑-映射,并从逻辑节点FF到逻辑节点FG的拓扑-映射,一个从逻辑节点FG到逻辑节点FF的拓扑-映射,被表示为在一个图里的有向边。

[0389] 图14B示出了在($d=1, n=0, h=0$)的逻辑节点FE,在($d=1, n=0, h=0$)的逻辑节点FF,在($d=1, n=0, h=0$)的逻辑节点FG,在($d=0, n=0, h=0$)的未知物理节点? X_1 在($d=$

0, $n=0$, $h=0$) 的未知物理节点?X2和在 ($d=0$, $n=0$, $h=0$) 的未知物理节点?X3。图14B还示出命名为K1, K2, K21和K22的拓扑-映射, 命名为K3至K8的深度-映射, 和命名为?K9, ?K10, ?K23和?K24的未知物理拓扑-通路, 表示为一个图里有向边。在图14B里问号表示未知物理节点和未知物理拓扑-通路。

[0390] 行动a), b) 和c) 如图14B描述, 与如上所述的图11B相比具有以下差别。

[0391] 根据以上行动c), 命名为K1, K2, K21和K22的拓扑-映射是使用第一个方法来计算一个拓扑-映射创建的。命名为K21的拓扑映射包含一个级联其由命名为K6的深度-映射的一个级联, 一个命名为?K23的未知拓扑-通路和命名为K3的深度-映射所组成, 如图14B和14C所示。图14B“?K23/K21”里在K23之前的问号表示K23是一个未知物理拓扑-通路。命名为K22的拓扑-映射包含一个级联其由命名为K8深度-映射, 一个命名为?K24的未知拓扑-通路和命名为K5的深度-映射所组成, 如图14B和14C所示。图14B“?K24/K22”里在K24之前的问号表示K24是一个未知物理拓扑-通路。

[0392] 如图11E, 11F, 14D和14E所示, 我们现在分别确定拓扑-映射K1, K2和K21K22的物理实体, 这将在行动d) 的一个搜索中使用的。根据以上行动d), 我们为每个未知物理节点确定一个合适的物理节点, 以及为每个未知物理拓扑-通路通过执行一个包括匹配每个未知物理拓扑-通路与一组合适的物理拓扑-通路的搜索, 确定一个合适的物理拓扑-通路, 并匹配每个未知物理与一组合适的物理节点里的一个物理节点。如图14F所示, 我们使用未知物理节点和命名为K1的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系“?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2”作为一个第一个搜索声明, 我们使用未知物理节点和命名为K2的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系“?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3”作为一个第二个搜索声明, 我们使用未知物理节点和命名为K21的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系“?X2-?K23[拓扑-通路]/K21->?X1”作为一个第三个搜索声明, 以及我们使用未知物理节点和命名为K22的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系“?X3-?K24[拓扑-通路]/K22->?X2”作为一个第四个搜索声明, 创建一个第五个搜索声明“(X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2) AND (?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3) AND (?X2-?K23[拓扑-通路]/K21->?X1) AND (?X3-?K24[拓扑-通路]/K22->?X2)”。所述第五个搜索声明在所述搜索中使用。注意, 所述搜索声明包含未知物理节点?X1, ?X2和?X3和命名为?K9, ?K10, ?K23和?K24未知物理拓扑-通路。

[0393] 所述搜索是针对一个物理网络的布局包括通过所述物理拓扑-映射, 基于有向图表示法所述物理拓扑-映射互联的物理节点执行的。如上所述在所述搜索可选的要求可以被考虑。作为一个例子, 但不限于, 所述搜索可针对上述图12B中所示的物理网络布局来执行。所述搜索将返回一些匹配包括与未知物理节点的?X1匹配的物理节点KP, 与未知物理节点?X2匹配的物理节点KQ, 与未知物理节点?X3匹配的物理节点KS, 与命名为?K9的未知物理拓扑-通路匹配的一个命名为K9的物理拓扑-通路, 包括命名为K11的物理拓扑-映射, 以及与命名为?K10的未知物理拓扑-通路匹配的一个命名为K10的物理拓扑-通路, 包括命名为K13和K15的物理拓扑-映射的一个级联, 与命名为?K23的未知物理拓扑-通路匹配的一个命名为K23的物理拓扑-通路, 包括命名为K12的物理拓扑-映射, 与命名为?K24的未知物理拓扑-通路匹配的一个命名为K24的物理拓扑-通路, 包括命名为K16和K14的物理拓扑-映射的一个级联组成的匹配。

[0394] 根据以上行动d), 我们更换和存储命名?K9的未知物理拓扑-通路由一个命名为K9

的物理拓扑-通路,我们更换和存储命名?K10的未知物理拓扑-通路由一个命名为K10的物理拓扑-通路,我们更换和存储命名?K23的未知物理拓扑-通路由一个命名为K23的物理拓扑-通路,我们更换和存储命名?K24的未知物理拓扑-通路由一个命名为K24的物理拓扑-通路,以及我们分别更换未知物理节点?X1,?X2和?X3由物理节点KP,KQ和KS按照与上述一个搜索的结果。

[0395] 作为结果,深度-映射命名K3至K8分别已成为逻辑节点FE,FF FG和物理节点KP,KQ,KR如在图12G中所示。作为结果,拓扑-映射K1和K2分别成为“拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + K9/K1 + K5/K1$ ”,“拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + K10/K2 + K7/K2$ ”,“拓扑-映射 $K21 = K6/K21 + K23/K21 + K3/K21$ ”和“拓扑-映射 $K22 = K8/K22 + K24/K22 + K5/K22$ ”。

[0396] 我们现在将上述方法扩展到一个包括多个层次的网络布局:

[0397] e) 创建和存储一个或更多个逻辑层-映射,每个逻辑层-映射是从一个第三个逻辑节点到第四个逻辑节点的一个有向图的表示,被计算为一个级联其由从第三个逻辑节点到一个第三个已知/未知物理节点的一个第三个深度-映射,从所述第三个已知/未知物理节点到一个第四个已知/未知物理节点的一个第一个已知/未知物理层-映射,以及从第四个已知/未知物理节点到第四个逻辑节点的一个第四个深度-映射所组成。

[0398] 注意,所述一个或更多个逻辑层-映射是使用第一个或第二个方法计算出一个层-映射。

[0399] 所述逻辑层-映射可以用于创建和存储一个或更多个第二个逻辑拓扑-映射,使用第二个方法来计算一个拓扑-映射,每个从一个第五个逻辑节点到一个第二个第六个逻辑节点是一个有向图表示的第二个逻辑拓扑-映射,被计算为一个级联其由从第五个逻辑节点到一个第七个逻辑节点的在层次里增加的第二个层-映射,从第七个逻辑节点到一个第八个逻辑节点的一个第一个逻辑拓扑-通路以及从第八个逻辑节点到第六个逻辑节点的在层次里增加的一个第三个层-映射所组成,所述第一个逻辑拓扑-通路是一个或更多个第三个逻辑拓扑-映射的一个级联。

[0400] 据观察,为了提高效率起见,除了术语“物理层-映射”,“已知物理层-映射”,以及“未知物理层-映射”,如上所定义的,术语“已知/未知物理层-映射”被使用。这后一个术语指的是一个一组包括所有已知和未知物理层-映射和这组每个成员可以是一个已知或未知物理层-映射。“已知/未知物理层-映射的·命名”是这些“已知/未知物理层-映射”的命名。

[0401] 在行动d)中的搜索,现在通过包括层-映射被扩展:

[0402] d) (扩展) [通过执行一个搜索包括使每个未知物理拓扑-通路匹配与一组合适的物理拓扑-通路里之一,使每个未知物理层-映射匹配与一组合适的物理层-映射里之一,每个未知物理节点匹配与一组合适的物理节点里之一,为每个未知物理节点在整体网络中确定了一个合适的物理节点和为每个未知物理拓扑-通路在整体网络中确定了一个合适的物理拓扑-通路和为每个未知物理层-映射在整体网络中确定了一个合适的物理层-映射,以及根据所述搜索的一个结果更换和存储每个未知物理拓扑-通路与所述一组合适的物理拓扑-通路里所述之一,所述一个合适的物理拓扑-通路是一个或更多个物理拓扑-映射的一个级联,更换和存储每个未知物理层-映射与所述一组合适的物理层-映射里所述之一,更换和存储每个未知物理节点在整体网络中与所述一组合适的物理节点里所述之一。在这里,“物理节点”和“物理拓扑-通路”和“物理层-映射”是分别可供使用的实体。它们可以是

已存在或待按需建立:例如,一个节点可以由一个尚不存在的,但必要时可以被SDN编译器(或其他部件)请求设置的虚拟机来实施。这个行动相关与权利要求1)的行动d]和权利要求11]。

[0403] 图15A至16J示出了应用上述附加行动的例子。注意,该方法可以适用于一个任意的整体网络,并不限于所呈现的实施例。我们考虑一个逻辑网络规范,如图15所示。图15A示出了命名为FE,FF,FG,FH和FJ的逻辑节点。逻辑节点FE,FF和FG是在一个深度 $d=1$,一个第一个层 $n=0$ 和级别 $h=0$,逻辑节点FH和FJ是在深度 $d=1$,一个第二个层 $n=1$ 和级别 $h=0$,所述第二个层比所述第一个层更高。图15A还示出了表示为一个图里的有向边的从逻辑节点FE到逻辑节点FF命名为K1的一个拓扑-映射,从逻辑节点FF到逻辑节点FG命名为K2的一个拓扑-映射,从逻辑节点FH到逻辑节点FJ命名为K34的一个拓扑映射,从逻辑节点FH到逻辑节点FE命名为K25的层-映射,从逻辑节点FG到逻辑节点FJ命名为K26的一个层-映射,从逻辑节点FE到逻辑节点FG命名为K27的一个拓扑-通路,以及从逻辑节点FH到逻辑节点FJ命名为K35的一个拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。一个SDN编译器的一个用户将指定如图15A所示的逻辑节点FE,FF和FG和拓扑-映射,层-映射和拓扑-通路。

[0404] 逻辑节点FH和FJ是逻辑主机节点,逻辑节点FF是一个逻辑交换机节点。如将被本领域的技术人员所理解的,命名为K25在层次里减少的层-映射其次是命名为K27的拓扑-通路,包括命名为K1和K2的拓扑-映射,结果是一个在逻辑节点的FE的多路复用的行动,因此,逻辑节点FE是一个多路复用的多路复用器节点。命名为K27的一个拓扑-通路,包括命名为K1和K2拓扑-映射,其次是命名为K26在层次里增加的一个层-映射结果是在逻辑节点FG的一个解多路复用行动,因此逻辑节点FG是一个解多路复用多路复用转换器节点。作为一个多路复用转换器节点通常提供多路复用和解多路复用,我们指的是逻辑节点FE和FG作为多路复用节点。这是我们的目标有一个SDN编译器确定物理和/或虚拟资源,包括物理节点和物理链路,针对其在图15A所示的逻辑规范的可被编译。

[0405] 我们应用行动a)和用于每个不通过一个或更多个深度的映射映射到物理节点的逻辑节点,我们创建一个未知物理节点和存储所述未知物理节点的物理节点命名。如图15B中所示,我们创建了命名?X1,?X2,?X3,?X4和?X5的未知物理节点作为逻辑节点FE,FF,FG,FH和FJ分别不通过一个或更多个深度-映射映射到的物理节点。

[0406] 我们应用行动b)并为每一个通过一个或更多个深度的映射未映射到一个物理节点的逻辑节点我们创建从所述未映射到物理节点的一个逻辑节点到所述未知物理节点的一个深度-映射,和创建从所述未知物理节点到所述未映射到物理节点的逻辑节点的一个深度-映射。如图15B和15C所示,命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射被创建。图15C示出了根据图6A的表示法,命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射。

[0407] 我们应用行动c),并创建和存储命名为K1和K2拓扑-映射,使用第一个方法计算一个拓扑-映射,如示于图15B和15D,以及解释以上。在图15D“?K9[拓扑-通路]”是表示K9是一个未知拓扑-通路“?K10[拓扑-通路]”是表示K10是一个未知拓扑-通路。

[0408] 如上所述,在行动e)我们附加创建和存储命名为K25和K26逻辑层-映射。命名为K25是一个有向图表示的从逻辑节点FH到逻辑节点FE的逻辑层-映射并是使用第一个方法计算出的,是计算一个层-映射为一个级联由从逻辑节点FH到未知物理节点?X4命名为K29的一个深度-映射,从未知物理节点?X4到未知物理节点?X1命名为?K32的一个未知物理层-

映射和从未知物理节点?X1到逻辑节点FE命名为K3的深度-映射由所组成,以及创建和存储命名为?K32的所述未知物理层-映射。命名为K26是一个有向图表示的从逻辑节点FG到逻辑节点FJ的逻辑层-映射并是使用第二个方法计算出的,是计算一个层-映射为一个级联由从逻辑节点FG到未知物理节点?X3命名为K8的一个深度-映射,从未知物理节点?X3到未知物理节点?X5命名为?K33的一个未知物理层-映射和从未知物理节点?X5到逻辑节点FJ命名为K30的深度-映射由所组成,以及创建和存储命名为?K33的所述未知物理层-映射。命名为K25和K26的逻辑层-映射分别示出于图15B和15D。

[0409] 在图15D“?K32[层-映射]”表示?K32是一个未知层-映射,以及“?K33[层-映射]”表示?K33是一个未知层-映射。

[0410] 如图11E, 11F, 15E和15F所示出,我们现在分别确定拓扑-映射K1和K2和层-映射K25和K26的物理实体,其将在在行动d)的一个搜索中使用。图15E的步骤1)示出了根据图15D命名为K25的层-映射。图15E的步骤2)里,图15E的步骤1)的命名K3和K29的深度-映射的值已被更换为在图15C中所示的命名为K3和K29的深度-映射的定义。图15F的步骤1)示出了根据图15D命名为K26的层-映射。在图15F的步骤2)里,图15F的步骤1)的命名K8和K30的深度-映射的值已被更换为在图15C中所示的命名为K8和K30的深度-映射的定义。

[0411] 根据行动d),我们为每个未知物理节点确定一个合适的物理节点,为每个未知物理拓扑-通路确定一个合适的物理拓扑-通路并为每个未知物理层-映射,通过执行一个搜索包括使每个未知物理层-映射匹配与一组合适的物理层-映射里的一个物理层-映射确定一个合适的物理层-映射,以及使每个未知物理节点匹配与一组合适的物理节点里的一个物理节点。

[0412] 如图15G所示出,我们使用未知物理节点与命名为K1的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2“作为一个第一个搜索声明,我们使用未知物理节点与命名为K2的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系”?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3“作为一个第二个搜索声明中,我们使用未知物理节点与命名为K25的层-映射的未知物理层-映射的关系”?X4-?K32[层-映射]/K25->?X1“作为一个第三个搜索声明,以及我们使用未知物理节点与命名为K26的层-映射的未知物理层-映射之间的关系”?X3-?K33[层-映射]/K26->?X5“作为一个第四个搜索声明,创建一个第五个搜索声明”(X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2) AND (?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3) AND (?X4-?K32[层-映射]/K25->?X1) AND (?X3-?K33[层-映射]/K26->?X5)“。所述第五个搜索声明在所述搜索中使用。注意,所述搜索声明包含未知物理节点?X1, ?X2, ?X3, ?X4和?X5和命名为?K9, ?K10的未知物理拓扑-通路和命名为?K32和?K33未知物理层-映射。所述搜索是针对一个物理网络布局包括被物理拓扑-映射互连的物理节点,所述物理拓扑-映射是基于一个有向图的表示。在所述搜索里如上所述可选要求可被考虑。

[0413] 可选地,以下行动可能应用与在权利要求1)的行动d)之后和在权利要求1)的行动e)之前:

[0414] -为每个在最高层 $n=n_{\max}$ 的一个或更多个逻辑拓扑-映射通过递归计算并存储一个递归-通路。

[0415] 作为例子但不限于,我们使用图15D所示的关系,计算命名为K34的拓扑-映射的递归-通路,导致:

[0416] “K29/K25/K34/K35+?K32[层-映射]/K25/K34/K35+K3/K25/K34/K35+K4/K1/K27/K34/K35+?K9[拓扑-通路]/K1/K27/K34/K35+K5/K1/K27/K34/K35+K6/K2/K27/K34/K35+?K10[拓扑-通路]/K2/K27/K34/K35+K7/K2/K27/K34/K35+K8/K26/K34/K35+?K33[层-映射]/K26/K34/K35+K30/K26/K34/K35”

[0417] 根据如上所述我们现在确定物理实体,其将使用在权利要求1行动e)的一个搜索声明,从而从命名为K34的拓扑-映射的递归-通路删除深度-映射,导致:

[0418] “?X4-?K32[层-映射]/K25/K34/K35->

[0419] ?X1-?K9[拓扑-通路]/K1/K27/K34/K35->

[0420] ?X2-?K10[拓扑-通路]/K2/K27/K34/K35->

[0421] ?X3-?K33[层-映射]/K26/K34/K35->?X5”

[0422] 注意,这个搜索声明是于图15G中所示的搜索声明相同。

[0423] 作为一个例子,但不限于,所述搜索可以针对图16A示出的物理网络布局执行。图16A示出了由物理节点KE和KK表示的一个第一个计算设备,由物理节点KF表示的一个第一个分组转发系统,由物理节点KG表示的一个第二个分组转发系统,由物理节点KH和KL表示的一个第二个计算设备,由物理节点KJ和KM表示的一个第三个计算设备,由物理链路的拓扑-映射和层-映射连接。图16A还示出了p211至p226和p218至p221的附着点(PoA)。

[0424] 如图16B所示,我们表示拓扑-映射和层-映射为一个图里的有向边。图16B示出在(d=0,n=0,h=0)的物理节点KE,KF,KG,KH和KJ和在(d=0,n=1,h=0)的物理节点KK,KL和KM。图16B还示出命名为K41至K48的拓扑-映射和K49至K54层-映射,表示为一个图里的有向边。

[0425] 如将被本领域的技术人员所理解,一个信号在一个节点可被交换,多路复用,解多路复用,发送或接收,这取决于一个所述节点的传入边的类型和一个所述节点传出边的类型的组合如下(参照图16J):

[0426] -IF一个节点(KG;FF)的传入边(K43;K1)是一个拓扑-映射AND所述节点的传出边(K45;K2)是一个拓扑-映射,执行一个交换操作,

[0427] -IF一个节点的传入边是一个在层次里增加的层-映射AND所述节点的一个传出边是一个在层次里减少的层-映射,执行一个交换操作,

[0428] -IF一个节点的传入边是一个拓扑-映射AND所述节点的一个传出边是一个在层次里减少的层-映射,执行一个交换操作,

[0429] -IF一个节点的一个传入边是一个在层次里增加的层-映射AND所述节点的一个传出边是一个拓扑-映射,执行一个交换操作,

[0430] -IF一个节点(KE;FE)的传入边(K50;K25)是一个层-映射AND所述节点的传出边(K41;K1)是一个拓扑-映射,执行一个多路复用操作,

[0431] -IF一个节点的传入边是一个在层次里减少的层-映射AND所述节点的一个传出边是一个在层次里减少的层-映射,执行一个多路复用操作,

[0432] -IF一个节点(KJ;FG)的传入边(K47;K2)是一个拓扑-映射AND所述节点的一个传出边(K53;K26)是一个在层次里增加的层-映射,执行一个解多路复用操作,

[0433] -IF一个节点的一个传入边是一个在层次里增加的层-映射AND所述节点的一个传出边是一个在层次里增加的层-映射,执行一个解多路复用操作,

[0434] -IF一个节点没有传入边AND所述节点(KK;FH)的传出边(K50;K25)是一个拓扑-映射OR一个在层次里减少的层-映射(K50;K25),执行一个发送操作,

[0435] -IF一个节点(KM;FJ)的传入边(K53;K26)是一个拓扑-映射OR一个在层次里增加的层-映射(K53;K26)AND所述节点没有传出边,执行一个接收操作,

[0436] 我们指交换操作,多路复用操作,解多路复用操作,发送操作和接收操作为“网络操作”。由一个物理节点在一个递归-通路里执行的一个网络操作可以通过从所述递归-通路删除深度-映射,并使用上述的IF声明,确定通过所述物理节点执行的一个网络操作。

[0437] 一个逻辑节点执行的一个网络操作可以使用上述IF-声明确定所述逻辑节点所执行的一个网络操作。一个或多个所述网络操作,其为交换操作,多路复用操作,解多路复用操作中,发送操作和接收操作,可以被存储为在上述方法的一个物理节点的一个能力。一个或一个以上的所述网络操作,作为交换操作,多路复用操作,解多路复用操作中,发送操作和接收操作,可以被存储为一个逻辑节点的一个要求,并且可以被包括作为在上述方法的一个搜索声明的一个要求。我们指执行发射和/或接收的操作的一个节点作为一个“主机”节点。我们指执行交换操作的节点作为一个“交换”节点。我们指执行多路复用和/或解多路复用操作的节点作为一个“多路复用”节点。

[0438] 图16C示出了根据图6A的表示法命名为K41至K48的拓扑-映射,和命名为K49至K54的层-映射。作为一个例子,但不限于,如物理节点KK,KL和KM分别是在第一个,第二个和第三个计算设备的最高层,我们为节点KK,KL和KM”存储一个节点类型的属性的值为“主机”。作为一个例子,但不限于,如物理节点KE,KH和KJ分别都不在第一个,第二个和第三个计算设备的最高层,我们为节点KE,KH和KJ存储一个节点类型的属性的值为“多路复用器”。作为一个例子,但不限于,如物理节点的KF和KG分别表示一个第一个和第二个分组转发系统,我们为节点KF和KG存储节点类型的属性的值为‘交换机’。

[0439] 我们执行一个搜索包括上述描述的第五个搜索声明“(X1-K9[拓扑-通路]/K1->X2) AND (X2-K10[拓扑-通路]/K2->X3) AND (X4-K32[层-映射]/K25->X1) AND (X3-K33[层-映射]/K26->X5)“针对在图16B中示出的物理网络布局,并且包括要求该逻辑节点FH和FJ是逻辑主机节点,逻辑节点FF为一个逻辑交换机节点,逻辑节点的FE和FG是多路复用器节点。

[0440] 如在以上行动d)中所述,逻辑节点的FE,FF,FG.FH,FJ的要求被分别复制到命名为X1,X2,X3,X4,X5的未知物理节点。我们不考虑命名为K1和K2的逻辑拓扑-映射的任何要求,我们不考虑命名为K25和K26逻辑层-映射的任何要求,因此,搜索声明可以降低到“(X1-K9[拓扑-通路]->X2) AND (X2-K10[拓扑-通路]->X3) AND (X4-K32[层-映射]->X1) AND (X3-K33[层-映射]->X5)“,省略了/K1“和”/K2“和”/K25“和”/K26“。搜索声明包括要求,写成伪代码:

[0441] MATCH (X1-K9[拓扑-通路]->X2)

[0442] AND

[0443] MATCH (X2-K10[拓扑-通路]->X3)

[0444] AND

[0445] MATCH (X4-K32[层-映射]->X1)

[0446] AND

[0447] MATCH(?X3-?K33[层-映射]->?X5)

[0448] WHERE节点类型?X1等于“多路”

[0449] AND节点类型?X2等于“开关”

[0450] AND节点类型?X3等于“多路”

[0451] AND节点类型?X4等于“主机”

[0452] AND节点类型?X5等于“主机”

[0453] RETURN?X1,?X2,?X3,?X4,?X5,?K9,?K10,?K32,?

[0454] K33

[0455] 注意,上述的未知物理节点?X1至?X5的节点类型可以通过上述的IF-声明确定的由所述未知物理节点执行的网络操作确定的。作为例子但不限于,未知物理节点?X4没有传入边AND所述未知物理节点(?X4)的一个传出边(?K32)是一个拓扑-映射OR在层次里减少的层-映射(?K32)因此一个发送操作是未知物理节点?X4执行的,并因此未知物理节点?X4具有节点-类型“主机”。

[0456] 以上搜索声明将返回一些匹配包括图16D,16E,16F的所示的匹配。图16D示出了未知物理节点?X1,?X2,?X3,?X4,?X5是如何分别针对物理节点KE,KG,KJ,KK,KM匹配的。图16E示出了命名为?K9的未知物理拓扑-通路匹配与一个物理拓扑-通路,为一致性其被命名K9,包括命名为K41和K43的物理拓扑-映射的一个级联。图16E示出了命名为?K10的未知物理拓扑-通路匹配与一个物理拓扑-通路,为一致性其被命名K10,包括命名为K47的物理拓扑-映射。图16F示出命名为?K32和?K33未知物理层-映射如何分别匹配与命名为K50和K53物理层-映射。

[0457] 根据以上行动d)(扩展)根据所述搜索结果,我们更换并存储每个未知物理拓扑-通路由一个物理拓扑-通路,所述物理拓扑-通路是一个或更多个物理拓扑-映射的级联,以及我们更换并存储每个未知物理层-映射由一个物理层-映射,以及我们更换并存储每个未知物理节点由一个物理节点。在上述的例子中,我们更换并存储命名为?K9的未知物理拓扑-通路由命名为K9的物理拓扑-通路,我们更换和存储命名为?K10的未知物理拓扑-通路由命名为K10物理拓扑-通路,我们更换和存储命名为?K32未知物理-层-映射由命名为K50的物理层-映射,我们更换和存储命名为?K33的未知物理层-映射由命名为K53的物理层-映射,和我们分别更换未知物理节点?X1,?X2,?X3,?X4,?X5由物理节点KE,KG,KJ,KK,KM按照与上述搜索的结果。

[0458] 其一个结果是,命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射分别成为逻辑节点FE,FF,FG,FH,FJ和物理节点KE,KG,KJ,KK,KM之间的深度-映射如图16G所示,比较于图15C,其中命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射分别是逻辑节点的FE,FF,FG,FH,FJ和未知物理节点?X1,?X2,?X3,?X4,?X5之间的深度-映射。其结果是,拓扑-映射K1和K2分别成为“拓扑-映射 $K1=K4/K1+K9/K1+K5/K1$ ”和“拓扑-映射 $K2=K6/K2+K10/K2+K7/K2$ ”如图16H所示,比较于图15D“。

[0459] 其一个结果是,该层-映射K25和K26分别成为“层-映射 $K25=$

[0460] $K29/K25+K50/K25+K3/K25$ “和”层-映射 $K26=K8/K26+K53/K26+K30/K26$ ”如图16H所示,比较于图15D。这图16I中示出。图16I示出了在($d=1, n=0, h=0$)的逻辑节点FE,FF和FG,在($d=1, n=1, h=0$)的逻辑节点FH和FJ,在($d=0, n=0, h=0$)的物理节点KE,KF,KG,

KH,KJ,和在 $(d=0,n=1,h=0)$ 的物理节点KK,KL和KM。图16I还示出了命名为K1,K2,K41至K48的拓扑-映射,命名为K3至K8和K28至K31的深度-映射,命名为K25,K26和K49至K54的层-映射,和命名为K9和K10的物理拓扑-通路,表示为一个图里的有向边。

[0461] PCT/EP2014/055640 (175页)描述了一个用于计算一个拓扑-映射的第二个方法,,包括以下行动(稍微修改的措词):

[0462] 计算与存储从在 $(d,n,h1)$ 的一个第一个网络到在 $(d,n,h1)$ 的一个第二个网络的拓扑-映射为一个级联其由从所述第一个网络到在 $(d,n-y,h2)$ 的一个第三个网络的一个第一个层-映射,从所述第三个网络到在 $(d,n-y,h2)$ 的一个第四个网络的一个拓扑-通路和从第四个网络到所述第二个网络的一个第二个层-映射所组成,其中 y 大于零和小于或等于 $n-n_{\min}(d)$, $n_{\min}(d)$ 作为在特定的深度 d 的一个最低层以及 $n_{\min}(d) \geq 0$,所述拓扑-通路是一个或更多个第二个拓扑-映射的一个级联,

[0463] 可选地存储所述拓扑-映射的边-关系包括一个第一个边-关系其为第一个层-映射与所述第一个拓扑-映射之间的一个关系,一个或更多个第二个边-关系其为在所述拓扑-通路里的所述一个或更多个第二个拓扑-映射里的一个与所述第一个拓扑-映射的一个关系或一个第二个边-关系其为所述拓扑-通路与所述第一个拓扑-映射之间的一个关系以及一个或更多个第四个边-关系其为一个或更多个第二个拓扑-映射里的一个与所述拓扑-通路之间的一个关系,以及一个第三个边-关系其为第二个层-映射与所述第一个拓扑-映射之间的一个关系,

[0464] 注意,在以上的描述中所述第二个方法为计算一个拓扑-映射使用了一个拓扑-通路而不是一个拓扑-级别-通路,以帮助解释。所描述的方法也可以应用于当第二个方法计算一个拓扑-映射使用一个拓扑-级别-通路。

[0465] 如上所述,我们另外创建和存储命名为K34的一个逻辑拓扑-映射,根据图15A中所示的逻辑网络,使用第二个方法来计算的拓扑-映射,命名为K34的拓扑-映射被计算为一个级联其由命名为K25的一个层-映射,命名为K27的一个拓扑-通路和命名为K26的一个层-映射所组成的。命名为K27的拓扑-通路包括一个级联有命名K1和K2的拓扑-映射所组成的,如示于图15A,15D和16J。图15D使用了图6C的表示法。

[0466] 根据图15A所示的逻辑网络,我们考虑一个拓扑-通路K35,成为一个请求的拓扑-通路为其要创建转发项。如上所述,我们计算命名为K35的请求的拓扑-通路的递归-通路。采用边K1,K2,K25,K6,在图16H里所示,边K27,K34,K35,在图15D里所示,和边K9和K10,在图16E里所示,我们递归地计算所述递归-通路和一个一组边-关系,包括每个边-关系的嵌套的边-关系,如图17A所示。PCT/EP2014/055640 (197页)描述了如仅使用交换-标识符的一个子集时,不是所有的嵌套的边-关系必须被计算。

[0467] 在该方法中,我们为一个请求的拓扑-级别-通路从所述递归-通路计算转发项。递归-通路包含在 $d=0,h=h_{\min}$ 是一个物理节点的每个节点以下信息(参照PCT/EP2014/055640 192和193页):

[0468] -一个输入端口,作为物理或虚拟节点与拓扑-映射或一个层-映射之间的附着点(PoA),除了在递归-通路里的第一个节点,其为没有一个输入端口因为分组或信号是递归-通路里的第一个节点创建的。

[0469] -一个输出端口,作为物理或虚拟节点与拓扑-映射或一个层-映射之间的附着点

(PoA),除了在递归-通路里的最后一个节点,其为没有一个输出端口因为分组或信号是递归-通路里的最后一个节点接收的。

[0470] 此外,当为每个边的一组边-关系已被计算时,递归-通路还包括:

[0471] -在传入拓扑-映射的一组传入边-关系或层-映射除了在递归-通路的第一个节点其不具有一个传入拓扑-映射或一个层-映射

[0472] -在传出拓扑-映射的一组传出边-关系或层-映射除了在递归-通路的最后一个节点其不具有一个传出拓扑-映射或一个层-映射。

[0473] 通过确定一个相关的一组传入和/或传出边-关系,如上所述,一组传入和/或传出边-关系里的边数量可能被减少。(参照PCT/EP2014/055640,197页)。

[0474] 上述输入端口,输出端口,一组传入边-关系,一组传出边-关系,和一组传入边-关系的交换-标识符和一组传出边-关系的交换-标识符的组合的结果是物理节点KE,KF,KG,KJ,KK,KM的转发项。作为例子但不限于,图17C所示的边K27,K35和K41至K48的交换-标识符也许被使用。

[0475] 我们提出在另一选择方法里创建转发项,其中,递归计算和存储的嵌套边-关系的数量减少了。如本领域技术人员将理解的,典型地不同的层使用不同的识别符和转发或交换是基于所述层的所述标识符来执行的。我们执行下列操作:

[0476] a) 为请求的-拓扑-通路(K35),通过递归计算和存储一个递归-通路,计算和存储嵌套的边-关系,除了所述第二个边-关系(K27/K34)为计算拓扑-映射,以及任何随后的边-关系(K34/35)的计算使用第二个方法。」

[0477] 注意,第一个边-关系的任何随后的第二个边-关系表示任何第二个边-关系多路复用或映射到所述第一个边-关系。例如,但不限于,在边的关系“x/y/z”里,边-关系“y/z”是边-关系“x/y”的随后的边-关系。

[0478] 这在图15D和图17A示出。在图15D,命名为K34的拓扑-映射是使用用于计算拓扑-映射的第二个方法计算的。如在图17A步骤2所示,在命名为K35请求的-拓扑-通路的一个递归-通路的计算里,为拓扑-映射K34是使用计算拓扑-映射的第二个方法计算的,没有计算和存储嵌套的命名为K27的拓扑-通路和任何进一步的边-关系,表示为划掉“/K34/K35”。注意,拓扑-级别-通路可以是一个单个拓扑-通路,或者可以是一个单个级别-通路。注意,当创建一个拓扑-映射时,在拓扑-映射的计算中使用的拓扑-级别-通路可以是一个被特别明确地创建的拓扑-级别-通路,或者可以是一个拓扑-映射和级映射的级联。注意,使用上述方法减少了递归计算和存储的嵌套的边-关系的数量,具有加快计算过程的优点。图17A的步骤6是图17A的步骤5与图16C和16G的边的组合的结果。

[0479] 图17B示出了从命名为K35请求拓扑-通路计算的,在递归-通路里的每个物理节点的一个输入端口,一个输出端口,一组传入边-关系和一组传出边-关系。

[0480] 我们执行以下操作:

[0481] b) 计算请求的-通路的一个递归-通路后,从在所述递归-通路里的所有物理节点的所有在层次里减少的传入层-映射的一组传入边-关系删除所述第一个使用用于计算拓扑-映射的第二个的方法计算出的边-关系,以及任何随后的边-关系。

[0482] c) 计算请求的-通路的一个递归-通路后,从在所述递归-通路里的所有物理节点的所有在层次里增加的传出层-映射的一组传出边-关系删除所述第三个使用计算拓扑-映

射的第二个的方法计算出的边-关系,以及任何随后的边-关系。

[0483] 这在图17B里示出。

[0484] 根据行动b) 在物理节点KE从命名为K50在层次里减少的传入层-映射的一个一组传入边-关系里删除使用计算拓扑-映射“K25/K34”的第二个的方法计算出的边-关系,以及任何随后如“K34/K35”表示的边-关系,通过划线删除“/K34/K35”。

[0485] 根据行动c) 在物理节点KJ从命名为K53在层次里增加的传入层-映射的一组传入边-关系里删除使用计算拓扑-映射“K26/K34”的第二个的方法计算出的嵌套的边-关系,如图17B第六行所示,以及任何随后如“K34/K35”,表示的边-关系,通过划线删除“/K34/K35”。

[0486] 图17B里的边,为其存在交换-标识符,根据17C,17B的,以粗体示出。作为一个第一个例子,但不限于,我们考虑命名为KE,KF,KG,KH,KJ的物理节点具有物理数据链路层(OSI第2层)的媒体访问控制(MAC)和网络层(OSI层3)功能。另外,我们考虑一个SDN编译器的一个用户指定,结合与在图15A中所示的逻辑网络图的规范,在特定深度 $d>0$ 和层 n 应用的交换特性。作为一个例子,但不限于,这样的交换-特性可能是考虑到的在特定深度 $d>0$,层 n 的一个网络层(OSI第3层),转发于IPv4源和IPv6目的地址。作为一个例子,但不限于,这样的交换-特性可能是考虑到的特定深度 $d>0$,层 n 的一个网络层(OSI第3层),使用一个IPv6源地址的3元组,一个IPv6目的地址和一个IPv6的一个流标签,提供IPv6的流量分类。作为一个例子,但不限于,这样的交换-特性可能是考虑到的特定深度 $d>0$,层 n 是传输层协议(OSI第4层)使用一个协议号码。作为一个例子,但不限于,这样的交换-可能是考虑到的特定深度 $d>0$,层 n 是一个传输层(OSI第4层)和应用层(OSI第7层)的组合,使用的一个协议号码,一个众所周知的源的端口和一个众所周知的目的的端口。如将被本领域的技术人员所理解的,所述交换-特征应用于在特定的深度 $d>0$ 和层 n 的所有节点和网络。说交换-特征可能包括命名和地址,一个分组的格式和预期的转发行为。如本领域技术人员将理解的,交换-标识符是通过应用交换-特性于特定网络和节点来确定的。作为一个例子,交换-特征在一个特定的深度 $d>0$,层 n 是一个使用IPv4源和IPv6目的地址转发的网络层(OSI层3)的情况下,一个第一个IPv4地址也许例如但不限于由一个动态主机控制协议(DHCP)的服务器被分配于一个第一个节点,和一个第二个IPv4地址也许例如但不限于由一个DHCP的服务器被分配于一个第二个节点。现在,例如但不限于从所述第一节点到所述第二节点的一个拓扑-通路的一个交换-标识符现在可以包括所述第一个地址作为源节点和所述第二个地址作为目的节点。

[0487] 如上所述,逻辑节点的要求可以复制到,通过一个或更多个深度-映射映射到所述逻辑节点一个未知物理节点。所述要求可能包括交换-特点。

[0488] 作为一个第一个例子,但不限于,我们考虑命名为KK和KM的物理节点具有传输层(OSI第4层)和应用层(OSI第7层)的功能。我们考虑在 $(d=1, n=0, h=0)$ 的节点来表示网络层在(OSI层3)的逻辑节点。以及考虑在 $(d=1, n=1, h=0)$ 的节点来表示传输层在(OSI第4层)和应用层(OSI第7层)的逻辑节点。图17C示出了作为一个例子,但不限于,边K41至K48, K27和K35的交换-标识符。在 $(d=0, n=0, h=0)$ 的边K41的交换-标识符是“源P211,目的P212”,表示在数据链路层的物理附着点(PoA),执行媒体访问控制(MAC)。如本领域技术人员将理解的,在一个实施里一个以太网MAC地址可被用为附着点(PoA),而不是在本例中使用的p211至P212的PoA。边K42至K48的交换-标识符也表示在数据链路层的物理PoA,执行

MAC。在($d=1, n=0, h=0$)我们使用一个IPv6源地址的3元组,一个IPv6的目的地址和IPv6的流标签的,提供IPv6流的分类。我们使用一个IPv6地址表示一个的附着点(PoA),其作为逻辑节点FE与命名为K1具有值‘1:2:3:4:11:11:11:10’的拓扑-映射的一个接口。我们使用IPv6地址表示一个附着点(PoA),其作为逻辑节点FG与命名为K2具有值‘1:2:3:5:11:11:11:13’的拓扑-映射的一个接口。边K27的交换-标识符为‘源1:2:3:4:11:11:11:10,目的1:2:3:5:11:11:11:13,FLOW-LABEL 100’,如图17C所示。注意,在源的和目标IPv6地址的表示里前导零被省略了。一个值‘100’是用于IPv6的流标签。可更换地,如在PCT/EP2014/055640(245页)中所述,在IPv6地址中的IPv6地址的接口标识符可用于识别逻辑节点,而该地址的剩余部分,包括不是节点的网络,可以通过IPv6的(Global Routing Prefix)全局路由前缀(Global Routing Prefix)的子网和/或子网标识符的地址来表示。

[0489] 为了允许移动性,一般而言,一个第一个物理节点与一个第二个物理节点之间的一个第一个拓扑-映射被删除以及所述第二个物理节点和一个第三个物理节点之间的一个第二个拓扑-映射被创建导致所述第二个物理节点的移动性。例如,一个节点作为其IPv6地址可用一个IPv6接口标识符标识节点和一个特殊的值表示“未指定”作为IPv6的全局路由前缀或子网标识符。换句话说,地址唯一指定节点,而不是节点在于的网络。因此,高层次的协议,例如但不限于,TCP以及应用程序不被节点迁移到另一个网络的情况下手影响。另外,如在PCT/EP2014/055640(250页)中描述,一个IPv6地址可用于识别一个节点和一个IPv6地址可用于识别不是一个节点的一个网络,允许了移动性。在($d=1, n=1, h=0$)我们使用了一个协议的3元组(即一个传输标识符),一个源端口和一个目的端口。边K35的交换-标识符是“TCP,源端口80,目的端口80’的3元组表示的”传输控制协议“和众所周知的HTTP使用的端口80,作为源和目标,的组合。另外,’PROTOCOL=6’是用来替代“TCP”,表示TCP协议。

[0490] 注意,边除了边K41至K48,K27和K35,其它没有分配一个交换-标识符。

[0491] 所得的转发项示出在图17D。图17D示出了为递归-通路里的每个物理节点KE,KF,KG,KJ,KK,KM从命名为K35的请求的拓扑-通路计算了一个输入端口,一个输出端口,一组传入边-关系与交换-标识符和一组传出边-关系与交换-标识符。注意,根据图17C,只有一组传入组边-关系的边和一组传出边-关系的边被示出并具有一个分配的交换-标识符。

[0492] 注意,作为上述行动a)的替代,以下操作可以被执行,所有嵌套的边的关系可被计算和存储,并且以下行动可以被操作:

[0493] a) 在一个请求-通路的递归-通路的计算之后,从所有一组边-关系含有使用用于计算所有在递归-通路(KE;KF;KG;KJ;KK;KM)的物理节点的拓扑-映射的所述第二个方法计算出的所述第二个边-关系第二个边-关系删除所述第二个边-关系(K27/K34)以及任何随后的边-关系(K34/K35),

[0494] 我们提出一个方法用于计算在一个分组-交换网络(PSN)里一个物理节点的转发指令,并用于计算在一个非-PSN里一个物理节点的转发指令。我们区分一个在分组-交换网络(PSN)里的物理节点和一个在非-PSN里的物理节点。在一个PSN的一个物理节点,称为一个物理分组-交换节点,执行分组的转发和统计多路复用。在一个非PSN的一个物理节点,称为物理非-分组-交换节点,执行物理信号的中继和多路复用。一个,但不限于,非-PSN的例子是电路-交换节点(CSN)。一个,但不限于,非PSN的例子是在无线网络中执行物理信号多路复用的节点。通过执行以下方法,包括以下行动,为一个在一个请求的拓扑-通路里的递归-

通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的物理分组-交换节点,在以下方法称为节点计算了转发项:

[0495] i. 如果一个递归-通路为所述物理分组-交换节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到递归通路的一个源网络,则为在所述递归通路的所述物理分组交换节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述物理分组交换节点创建一个分组带有一个分组开销包含传出拓扑-映射或传出层-映射的一组传出边-关系的交换标识符并发送所述分组出于一个输出端口,所述输出端口是所述物理分组交换节点和传出拓扑-映射或传出层-映射之间的一个附着点(PoA),

[0496] ii. 否则,如果一个递归-通路为所述节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到递归通路的一个目的网络,则为在所述递归通路的所述节点的每个传入拓扑-映射和每个传入层-映射创建一个转发项指令所述节点,根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换标识符,在一个输入端口接收一个分组,所述输入端口是所述节点和所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点(PoA),

[0497] iii. 否则,如果一个递归-通路为所述节点包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及递归通路为所述节点包含一个或更多个传出拓扑-映射或传出层-映射,则为在所述递归通路的所述节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述节点在一个输入端口接收一个分组,所述输入端口是所述节点和递归-通路指定的所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点(PoA),所述分组根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换-标识符,以及根据所述传出拓扑-映射或所述传出层-映射的一组传出边-关系的交换-标识符修改所述分组,并转发所述分组出于一个输出端口,所述输出端口是所述节点和传出拓扑-映射或传出层-映射之间的一个附着点(PoA)。

[0498] 我们指一个物理分组交换-节点在以上行动i)作为一个发送主机节点。我们指一个物理分组-交换节点在以上行动ii)作为一个接收主机节点。我们指一个物理分组-交换节点在以上行动iii)作为一个交换节点。对于一个从一个第一个网络到一个第二个网络的拓扑-映射,我们指的所述拓扑-映射为一个第一个网络的一个传出拓扑-映射和我们是指所述拓扑-映射为一个第二个网络的传入拓扑-映射。对于一个从第一个网络到一个第二个网络的层-映射,我们指所述层-映射为第一个网络的传出层-映射和我们是指所述层-映射为第二个网络的传入层-映射。

[0499] 通过执行以下方法,包括以下行动,为一个在一个请求的拓扑-通路里的递归-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路的一个非-物理-分组-交换节点,在以下方法称为节点计算了转发项:

[0500] i. 如果一个递归-通路为所述节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射,以及所述物理非-分组-交换节点是通过一个或更多个深度-映射被映射到递归通路的一个源网络,则为在所述递归通路的节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述节点创建一个信号,根据传出拓扑-映射或传出层-映射的一组传出边-关系的交换-标识符并发送所述信号出于一个输出端口,所述输出端口是所述节点和传出

拓扑-映射或传出层-映射之间的一个附着点 (PoA) ,

[0501] ii. 否则, 如果一个递归-通路为所述节点不包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射, 以及所述节点是通过一个或多个深度-映射被映射到递归通路的一个目的网络, 则为在所述递归通路的节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射创建一个转发项指令所述节点在一个输入端口接收一个信号, 根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换-标识符, 所述输入端口是所述节点和所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点 (PoA) ,

[0502] iii. 否则如果一个递归-通路为所述节点包含一个传入拓扑-映射或一个传入层-映射, 以及递归通路为所述节点包含一个或多个传出拓扑-映射或传出层-映射, 则为在所述递归通路的所述节点的每个传出拓扑-映射和每个传出层-映射, 创建一个转发项指令所述节点在一个输入端口接收一个信号, 根据所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射的一组传入边-关系的交换-标识符, 所述输入端口是所述节点和由递归-通路指定的所述传入拓扑-映射或所述传入层-映射之间的一个附着点 (PoA) , 以及根据传出拓扑-映射或传出层-映射的一组传出边-关系的交换-标识符修改所述信号, 并转发所述信号出于一个输出端口, 所述输出端口是所述节点和所述传出拓扑-映射或所述传出层-映射之间的一个附着点 (PoA) 。

[0503] 在非-分组-交换网络的情况下也参考了转发项, 因为SDN编译器提供一个统一的方法来为分组-交换节点和非-分组-交换节点创建指令。在非-分组-交换网络的情况下的转发项是一个指令指定如何将一个输入端口处的一个传入信号, 在可选地修改所述传入信号之后, 中继到一个输出端口。

[0504] 作为一个例子, 但不限于, 在WDM ROADM的情况下, 在SDN编译器创建一个指令指定在一个输入端口的一个传入波长应该如何被中继, 也被称为交叉连接, 可选修改所述传入波长后, 例如改变传入波长的频率, 到一个输出端口的。

[0505] 注意, 在行动iii) 和多于一个的输出端口的情况下, 传入信号被复制和发送到一个以上的输出端口。在上述为一个物理非分组交换节点创建转发项的方法的步骤i) 和步骤iii) 里, 在两个或多个传出拓扑-映射或传出层-映射的情况下, 为每个传出拓扑-映射或传出层-映射创建了一个指令。如将被本领域的技术人员可以理解的, 另外, 一个单个指令可以被创建指定输出端口和两个或多个传出拓扑-映射或传出层-映射的交换-标识符。

[0506] 如图17D所示, 我们为创建所示的到物理节点的KE, KF, KG, KJ, KK和KM的一个物理分组的交换转发表项应用上述方法。上述转发项无论是直接或间接地, 被发送到在递归-通路里的物理节点, 例如, 但不限于, 通过一个SDN控制器。

[0507] 在目前IT (信息技术) 部署有一方面的联网, 以及另一方面的存储和计算之间的松耦合。作为结果, 网络对应用具有有限的可见性和应用对网络具有有限的可见性, 导致IT资源的次优性能。还有, 网络运营商对应用具有有限的可见性以及他们的要求和应用程序开发人员对网络功能具有有限的可见性, 导致次优的软件开发, 以及应用程序和网络操作。PCT/EP2014/055640描述了SDN编译器的方法。通过所述SDN编译器的方法用于一个整体网络, 其中一个最高层的一个逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算, 并且其中一个请求的拓扑级别-通路表示一个逻辑消息流, 将创建网络, 存储和计算之间的更紧密的耦合。注意, 所述

最高层是包括逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算,而不是(OSI层7)'应用层'。

[0508] 在PCT/EP2014/055640中描述的方法被应用到一个整体网络其中一个最高层的一个逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算和其中一个请求的-拓扑-级别-通路表示一个逻辑消息流。这在图20示出。图20示出了网络KA,KB,KC,KD,LA,LB,LC,LD和命名为L5,L14和L22的拓扑-映射,命名为L12,L13,L15,L16,L17和L18的深度-映射,命名为L7,L10,L19和L20的层-映射,命名为L11,L21和L23的拓扑-通路和边-关系。注意,除了以下词句,图20是与图5F相同。图20示出了表示一个逻辑消息流的一个命名为L23的拓扑-通路。如本领域技术人员将理解的,一个逻辑消息流是创建于从一个第一个物理存储或计算资源的一个第一个逻辑抽象,到一个第二个物理存储或计算资源的一个第二个逻辑抽象。图20中的例子,但不限于,所述第一个物理存储或计算资源的所述第一个逻辑抽象是逻辑节点LC,所述第二个物理存储或计算资源的所述第二个逻辑抽象是逻辑节点LD,所述第一个物理存储或计算资源是物理节点KC,并且所述第二个物理存储或计算资源是物理节点KD。如本领域技术人员将理解的,通过所述消息流所交换的消息是由表示存储或计算的一个第一个逻辑节点创建的和由表示存储或计算的一个第二个逻辑节点在其采取行动的。由表示存储或计算的一个逻辑节点在一个消息采取行动的的例子包括,但不限于,存储(部分)所述消息,回应所述消息,执行一个功能

[0509] (计算)基于(部分)所述消息,并在本地存储计算结果,执行一个功能

[0510] (计算)基于(部分)所述消息,并将计算结果发送到发送者,可选的修改和转发(部分)所述消息时,执行一个功能(计算)基于(部分)所述消息,并将计算结果转发到不是该消息的发送者的表示存储或计算的另一个逻辑节点。一个例子,但不限于,存储(部分)所述消息是一个RESTful HTTP PUT的方法[REST=代表传输状态],[HTTP=HyperText Transfer Protocol]。一个例子,但不限于,回应所述消息,是一个HTTP的回应,回应于一个HTTP请求。一个例子,但不限于,执行功能(计算)基于(部分)所述消息,并发送回所述的结果计算给发件人是一个SOAP RPC[SOAP=Simple Object Access Protocol],[RPC=REMOTE PROCEDURE CALL]。一个例子,但不限于,执行功能(计算)基于(部分)所述消息,并发送所述计算的结果到一个逻辑节点表示的存储或计算,所述逻辑节点不是所述消息的发送者是一个分布式计算。在图20中,命名为L23的拓扑-通路,表示一个逻辑消息-流,是一个的请求的拓扑-通路导致了物理网络的转发指令,根据SDN编译方法的计算和存储资源,描写在PCT/EP2014/055640。图20示出了是一个逻辑分组流的命名为L21的拓扑-通路。是一个逻辑消息流的命名为L23的拓扑-通路,被多路复用到命名为L21的一个逻辑分组流。一个消息-流是典型地被运载在分组流的分组的有效载荷里。图20示出了命名为L11的拓扑-通路是一个使用从物理节点KA到物理节点KB的方向里的命名为L5的拓扑-映射表示的物理链路的一个物理分组流。

[0511] 通过应用上述方法与一个整体网络,其中在一个最高层的逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算和其中所请求的拓扑-级别-通路表示逻辑消息-流,创建了网络,存储和计算之间的更紧密的耦合。作为一个例子,但不限于,我们考虑在($d=0, n=1, h=0$)的物理节点KK和KM表示物理存储或计算,并考虑在($d=1, n=1, h=0$)的逻辑节点FH和FJ表示逻辑存储或计算。如图17F里所示,命名为K35的请求拓扑-通路现在表示为“HTTP请求1”的一个HTTP请求,从逻辑节点FH,作为一个用户代理,到逻辑节点FJ,作为一个原始服务器。我们考虑在(d

=1, n=0, h=0) 的逻辑节点FE, FF和FG转发到一个IPv4源地址的一个5元组, 一个IPv4目的地址, 一个协议, 一个源端口和一个目的端口。如本领域技术人员将理解的, 典型地, 这样的5元组会在一个以上的层分布, 但我们的例子在(d=1, n=0, h=0) 使用一个5元组服务器。边K41至K48的, K27和K35的交换-标识符在图17E里示出。我们应用上述方法导致一些匹配包括在图16D, 16E和16F中所示的匹配。如上所述, 转发指令是从命名为K35请求拓扑-通路计算的, 在递归-通路里的每个物理节点的一个输入端口, 一个输出端口, 一组传入边-关系和一组传出边-关系, 如图17B所示, 以及交换-标识符的组合, 如图17E所示。导致的转发指令示于图17G。

[0512] 如本领域技术人员将理解的, 命名为K27的交换-标识符确定一个分组的报头, 而命名为K35的交换-标识符确定一个分组的有效负载。注意, 所请求的拓扑-级别-通路可以是一个单个消息-流, 如在图17F里所示单个HTTP请求“HTTP请求”。更实际的, 一个请求的拓扑-级别-通路可以是一组消息-流, 诸如多个HTTP请求。注意, 在SDN编译器的用户定义, 或请求, 一个请求的拓扑-级别-通路表示的消息-流可以是一个人, 例如, 但不限于, 软件开发人员, IT架构师, IT运营商。注意, SDN编译器的用户定义, 或请求, 一个请求的拓扑-级别-通路表示的消息-流可以是一个程序, 诸如例如但不限于一个编译器或一个云编排系统。注意, 拓扑-级别-通路可以包括一个单个拓扑-通路。注意, 在这个例子命名为K35拓扑-通路的交换-标识符是“源IP地址, 目的IP地址, TCP源端口80, 目的端口80的5元组。如本领域技术人员将理解的, 用于的所谓的端口80是“公知的TCP端口”, 表示的HTTP。除了使用公知的端口, 可以使用公知的端口范围之外的一个端口的号码, 按上述方法产生的指令包括在应用层标识符之间的关系(OSI层7), 在这个例子中“源端口80, 目的端口80”和消息-流的识别符, 在该实施例”的HTTP请求1“。注意, 代替应用程序和由公知的端口提供的应用程序层(OSI层7)之间的松耦合, 应用程序和应用层之间的更紧密的耦合是利用上述的方法产生的。此外, 当前的做法是使用公知的TCP端口80(HTTP)用于许多应用, 使得不可能基于应用层的标识符在这些应用之间进行区分。在多个应用使用相同的IPv4或IPv6地址和相同的公知的端口(例如公知的TCP端口80), 这并不罕见, 这是不可能根据分组的报头信息, 在所述应用之间进行区分, 导致在分组的有效载荷的检查更耗费资源。使用公知的端口范围外的端口号码允许对使用在基于IP的网络相同的IPv4或IPv6地址的应用的区别。注意, 以上描述中提到了“转发项”也在主机节点的情况下, 用作物理设备指令的单个术语。如本领域技术人员将理解的, 一个主机节点不转发, 而只发送和接收分组或信号。

[0513] PCT/EP2014/055640 (222页) 描述了对可以被认为是对于一个用户的一个服务的一个请求的拓扑-通路, 级别-通路或拓扑-级别-通路。一个例子, 但不限于, 所述用户的是一个人, 一个组织, 或一个应用程序。通常, 所述服务的要求被存储在合同, 作为所述用户和所述服务提供者之间的服务-级别-协议(SLA)。当一个请求的拓扑-级别-通路, 其包括通过定义的一个拓扑-通路和包括通过定义的一个级别-通路, 是一个消息-流, 作为SDN编译器一个SLA可以在应用程序和所述服务的提供者之间创建。

[0514] PCT/EP2014/055640 (222页) 描述了SDN编译器的方法使用边-关系用于确定任何变化对一组网络的影响, 并将重新计算边以保持所请求的拓扑-级别-通路表示的服务。当所请求的拓扑-级别-通路是一个消息-流时, SLA现在可以由SDN编译器保持。如描述在PCT/EP2014/055640 (153页) 拓扑-通路特性的典型要求包括, 但不限于, 容量(吞吐量), 延迟, 抖

动,分组丢失,可用性和分组序列保存,是用于一个消息流的重要特征。

[0515] PCT/EP2014/055640 (221页)描述了根据上述方法创建一个拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路时,可选的一个或多个要求被考虑到创建所述拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或拓扑-级别-通路。如本领域技术人员将理解的,通过存储网络属性和边,通过使用该信息在创建拓扑-映射,层-映射,拓扑-通路,级别-通路或创建,通过具有在任何时间计算递归-通路的能力,通过具有集中存储此信息,可以创建比当前的网络实施更复杂的要求。当一个所请求的拓扑-级别-通路是一个消息流,创建所述拓扑-级别-通路时一个或多个要求可被考虑。

[0516] 如将被本领域技术人员所理解的,应用上面的方法于一个整体的网络其中在最高层的一个逻辑节点表示逻辑存储或逻辑计算的和其中所请求的拓扑-级别-通路表示逻辑消息-流是有一个面向服务的架构(Service Oriented Architecture,SOA)的例子。一个SOA的例子是基于SOAP的Web服务。

[0517] PCT/EP2014/055640 (222页)描述了SDN编译器的方法使用边-关系用于确定任何变化对一组网络的影响,并将重新计算边以保持所请求的拓扑-级别-通路表示的服务。在不可能重新计算一个或多个边的情况下,上述方法可用于根据权利要求1)行动e)对的一个(部分)的整体网络执行一个搜索。

[0518] 如本领域技术人员将理解的,上述方法可以通过确定新的合适的物理节点,合适的物理拓扑-通路和多层网络的情况下,合适的物理层-映射,使用于逻辑存储,逻辑计算和逻辑网络资源的流动性。“新”是比较与目前的物理节点,物理拓扑-通路和物理层-映射。

[0519] PCT/EP2014/055640 (39,42,245页)描述了一个可选地由物理或虚拟节点对分组执行(多个)操作的方法,例如但不限于传入分组的监测和/或记录和/或缓冲剂和/或转发分组到一个或多个输出端口之前修改传入分组的包头和/或有效载荷,或阻止传入分组。所述附加的可选的操作可以由SDN编译器的用户来指定。所述附加的操作可以在一个虚拟节点来执行,例如但不限于一个虚拟机,从而导致网络功能虚拟化(NFV),其中一个虚拟节点执行可选的操作,例如但不限于传入分组的监测和/或记录和/或缓冲剂和/或转发分组到一个或多个输出端口之前修改传入分组的包头和/或有效载荷,或阻止传入分组。

[0520] 如果一个递归-通路包含所述物理节点到一个逻辑节点的一个第一个深度-映射其次直接是从逻辑节点到所述物理节点一个第二深度-映射,换一种说法,如果一个逻辑节点的一个执行附加操作的要求匹配与一个物理节点执行所述附加操作的能力在一个分组上的附加操作可能由一个物理节点执行。因此,一个物理节点的一个属性可包括一个或多个可通过所述物理节点来执行的附加操作。因此,一个逻辑节点的要求可能包括一个或多个要被执行的附加操作。所述附加操作可以在传入分组或传入信号上来执行。

[0521] 注意,上述方法允许一个用户定义一个逻辑存储,计算和网络规范与一组要求并使用一个SDN编译器针对物理或虚拟资源编译所述规范,包括确定哪些物理或虚拟资源是合适的规范。作为一个例子,但不限于,一个用户可以是软件开发指定逻辑存储和逻辑计算,并与特定的存储,计算和网络要求,并使一个SDN编译器确定哪些物理或虚拟资源是合适的。在一个物理位置的一个要求是无关紧要的情况下,一个软件开发可以不在这样的规范包括任何物理位置的要求。注意,所述方法可以使用在创建分布式逻辑存储和计算资源的逻辑规范,从而构建分布式应用程序。

[0522] 如将被本领域的技术人员所理解的,一个SDN编译器的一个用户可能指定一个逻辑节点和一个物理节点之间的一个或更多个深度-映射,这将导致一个搜索声明其可能包括在以上行动d)的搜索里使用的所述物理节点,如在图13A至图13E所示的例子。

[0523] 如将被本领域的技术人员所理解的,当执行一个搜索确定物理节点和物理拓扑-通路,物理资源可能可用,但不为SDN编译器可见,因为它们可能必须作为虚拟资源,诸如例如,但不限于一个虚拟机 (VM) 或一个容器。因此,这将是有益于SDN编译器有看到可能的虚拟资源的能力,并有请求另一个设备启动所述虚拟资源的能力,或具有本身启动虚拟资源的能力。其结果是SDN编译器成为基础设施管理器确定虚拟资源的启动或停机。

[0524] 如将被本领域的技术人员所理解的,由一个单个物理节点来表示一个物理设备,而不是由多个物理节点来表示一个物理设备可以是有益的,由于转移指令是通常被发送到一个物理设备的,而不是到所述物理设备的各个组件。当多个物理节点来表示一个物理设备,以及一个物理设备需要为它的整体转移指令用于所述物理设备,而不是为它的组件,多个转移指令将必须被SDN编译器相结合,如在PCT/EP2014/055640 (198页) 里描述,需要在计算里的一个附加步骤。

[0525] 此外,当通过一个单个的物理节点表示一个物理设备时,减少了例如在但不限于数据库里所存储的物理节点的数量。通过多个物理节点表示一个物理设备允许SDN编译器的用户对物理系统的子组件进行控制,并且可能降低硬件复杂性,因为创建了用于各个组件的指令。可以使用以下方法将多个物理组件表示为一个单个的物理节点。图5B示出了物理节点KA,KB,KC和KD。我们认为物理节点KA和KC为一个第一个物理设备的物理组件。如图21A所示,我们重新命名物理组件KA和KC到KX。我们认为物理节点KB和KD成为一个第二个物理设备的物理组件。我们重新命名物理组件KB和KD到KY。我们现在减少在图21A里的命名为KX的两个物理节点成为命名为KX的一个单个物理节点在图21B所示,从而命名为L7的层里的层-映射和命名为L8的层里的层-映射现在成为从物理节点KX到物理节点KX的层-映射,并且也许可被省略(参照PCT/EP2014/055640图33C和60B)。我们现在减少在图21A命名为KY的两个物理节点成为命名为KY的单个物理节点,在图21B所示,从而命名为L9的层里的层-映射和命名为L10的层里的层-映射现在成为从物理节点KY到物理节点KY的层-映射并且也许可被省略。我们在图18A里使用这方法于物理节点KP,代表一个第一个计算设备,物理节点KS,代表一个第二个计算设备,以及物理节点KT,代表一个第三个计算设备。

[0526] 我们考虑在图12A中所示的物理资源,如上所述,包括一个第一个计算设备,有物理节点KP表示,一个第一个分组转发系统,由物理节点KQ表示,一个第二个分组转发系统,由物理节点KR表示,一个第二个计算设备,由物理节点KS表示,以及一个第三个计算设备,由物理节点KT表示,由为物理链路的拓扑-映射相连。图12B示出了在($d=0, n=0, h=0$)的物理节点KP,KQ,KR,KS,KT和命名为K11至K18的拓扑-映射,表示为一个图里的有向边,如上所述。可选地,我们添加从物理节点KP到物理节点KP命名为K55在层次里减少的一个物理层-映射,从物理节点KP到物理节点KP命名为K56在层次增加里的一个物理层-映射,从物理节点KS到物理节点KS命名为K57在层次里减少的一个物理层-映射,从物理节点KS到物理节点KS命名为K58在层次增加里的一个物理层-映射,从物理节点KT到物理节点KT命名为K59在层次里减少的一个物理层-映射,从物理节点KT到物理节点KT命名为K60在层次增加里的一个物理层-映射,如图18A所示。图18A示出了在($d=0, n=0, h=0$)的物理节点KP,KQ,KR,

KS,KT,命名为K11至K18的拓扑-映射,和命名为K55至K60的层-映射,表示为一个图里的有向边。图18B示出了根据图6A的表示法命名为K55至K60的层-映射。

[0527] 我们考虑图15A所示以上描述的逻辑网络图以及图15G所示以上描述的搜索声明。我们不考虑命名为K1和K2的逻辑拓扑-映射的任何要求,我们不考虑命名为K25和K26的逻辑层-映射的任何要求,因此,搜索声明可以减少到“(X1-K9[拓扑-通路]->X2) AND (X2-K10[拓扑-通路]->X3) AND (X4-K32[层-映射]->X1) AND (X3-K33[层-映射]->X5)”,省略了“/K1“和”/K2“和”/K25“和”/26“。假如,我们考虑命名为K1和K2的逻辑拓扑-映射的任何要求,搜索声明包括要求,写成伪代码:

```
[0528] MATCH (X1-K9[拓扑-通路]->X2)
[0529] AND
[0530] MATCH (X2-K10[拓扑-通路]->X3)
[0531] AND
[0532] MATCH (X4-K32[层-映射]->X1)
[0533] AND
[0534] MATCH (X3-K33[层-映射]->X5)
[0535] WHERE “K9“的要求”等于”K1的要求“
[0536] AND “K10“的要求”等于”K2的要求“
[0537] RETURN X1,X2,X3,X4,X5,K9,K10,K32,K33
```

[0538] 图15G所示的搜索声明将返回一些匹配,包括图18C,18D和18E所示的匹配。图18C示出了未知物理节点X1是如何匹配与物理节点KP,未知物理节点X2是如何匹配与物理节点KR,未知物理节点X3是如何匹配与物理节点KT。图18D示出了命名为K9的未知物理拓扑-通路是如何匹配与一个物理拓扑-通路,为一致性它被命名为K9,包括名为K11和K13的物理拓扑-映射的级联。图18D示出了命名为K10的未知物理拓扑-通路是如何匹配与一个物理拓扑-通路,为一致性命名为K10,包括命名为K17的物理拓扑-映射。图18E示出了命名为K32的未知物理层-映射是如何匹配与命名为K55的物理层-映射,以及命名为K33的未知物理层-映射是如何与匹配与命名为K60的物理层-映射。

[0539] 引入一个逻辑设备类似物理设备是有利的。我们将逻辑设备定义为:

[0540] -通过一个第一个层-映射未连接到一个第二个逻辑节点的一个单个第一逻辑节点 (FF)

[0541] -一组第三个逻辑节点 (FE,FH;FG,FJ),所述第三个逻辑节点 (FE,FH;FG,FJ) 是通过一个或更多第二个层-映射 (K25;K26) 连接的。

[0542] 在图15A里所示的逻辑网络图,根据上述定义,一个第一个逻辑设备包括逻辑节点FE和FH,作为逻辑节点FE和FH是通过层-映射K25连接的,一个第二个逻辑设备包括逻辑节点FF,作为一个逻辑节点FF未通过层-映射连接到另一个逻辑节点,一个第三个逻辑设备包括逻辑节点FG和FJ,作为逻辑节点FG和FJ是通过层-映射K26连接的。

[0543] 根据上述逻辑设备的定义可能来搜索一个数据库,从一组逻辑节点确定一个或更多逻辑设备。

[0544] 一个SDN编译器可能被指示编译在一个逻辑设备里的x个逻辑节点的到在一个物理设备里的y物理节点,其中x>0,其中y>0和其中y<x,从而减少了搜索选项的数量,加快搜

索过程。

[0545] 在执行一个搜索之前,一个SDN编译器的一个用户可能知道在两个或更多层的两个或更多个逻辑节点应该匹配与相同的已知物理节点。例如但不限于,一个SDN编译器的一个用户可以指定在层n的一个第一个逻辑节点作为数据链路层,以及层(n+1)一个第二个逻辑节点是网络层,并且期待第一个逻辑节点以及第二个逻辑节点将要编译与单个物理节点表示的单个物理设备。

[0546] 在所述第一个逻辑节点是通过一个第一个深度-映射映射与一个第一个未知物理节点并且所述第二个逻辑节点是通过第二个深度-映射映射与第二未知物理节点的情况下,一个SDN编译器的一个用户可以在执行搜索之前知道两个或更多个未知物理节点要与相同的已知物理节点匹配。例如但不限于,一个SDN编译器的一个用户可以知道未知物理节点?X1和未知物理节点?X4应该匹配与一个第一个已知物理节点,换句话说,未知物理节点?X1和未知物理节点物理节点?X4相同的。一个SDN编译器的一个用户可以将该认识输入到SDN编译器中,从而通过限制“?X1等于?X4”的搜索来限制搜索,从而减少搜索选项的数量并加快搜索过程。

[0547] 可选地,上述逻辑设备的定义可被用于确定执行一个搜索之前,在两个或更多个层中的两个或更多个逻辑节点应该匹配与同一个已知物理节点,并且所述两个或更多个逻辑节点可针对被映射到单个未知物理节点,如图由但不限于,在19F在图19A所示的例子。我们考虑在图15A所示的一个逻辑网络图,如上所述。根据上述定义,在图15A中所示的逻辑网络图,一个第一个逻辑设备包括逻辑节点FE和FH,作为逻辑节点FE和FH是通过层-映射K25连接的,一个第二个逻辑设备包括逻辑节点FF的作为一个逻辑节点FF未通过层-映射连接到另一个逻辑节点,一个第三个逻辑设备包括逻辑节点FG和FJ,作为逻辑节点FG和FJ通过层-映射K26连接。

[0548] 我们执行一个方法,包括以下操作:

[0549] a) 创建和存储一个或更多个逻辑设备的命名(第一个逻辑设备;第二个逻辑设备;第三个逻辑设备),每个逻辑设备的命名(第一个逻辑设备;第二个逻辑设备;第三个逻辑设备)是一组一个或更多个逻辑节点(FE,FH;FF;FG,FJ)的一个独特的标识符,所述一个或更多的逻辑节点(FE,FH;FF;FG,FJ)是通过零个或更多个层-映射(;无K25;无;K26)连接的,

[0550] b) 为每个逻辑设备的命名(第一个逻辑设备;第二个逻辑设备;第三逻辑设备)创建并存储一个或更多个未知物理节点命名(?X1;?X2;?X3),每个未知物理节点命名(?X1;?X2;?X3)是一个未知物理节点的一个独特的标识符,

[0551] c) 存储至少一个在所述一个或更多个所述一组所述逻辑节点(FE,FH;FF;FG,FJ)里的每个所述逻辑节点(FE,FH;FF;FG,FJ)之间的深度-映射(K3,K4,K37;K5,K6;K7,K8,K38)识别与所述逻辑设备的命名(第一个逻辑设备;第二个逻辑设备;第三个逻辑设备))以及所述一个或更多个未知物理节点命名(?X1;?X2;?X3)。

[0552] 如图19A所示,根据要求1) 行动b),我们创建了命名为?X1的一个未知物理节点为所述第一个逻辑设备,其中包括逻辑节点FE和FH,我们创建一个命名为?X2的一个未知物理节点为所述第二个逻辑设备,其中包括逻辑节点FF,我们创建命名为?X3的一个未知物理节点为所述第三个逻辑设备,其中包括逻辑节点FG和FJ。如图19A和19B所示,根据权利要求1) 的行动c),命名为K3至K8,K37和K38深度-映射被创建。请注意,可选地,一个深度映射可能

从命名为?X1的未知物理节点到命名为FH的逻辑节点被创建,并且可选地,一个深度-映射可能从命名为FJ的逻辑节点到命名为?X3的未知物理节点被创建。图19B示出了根据图6A的表示法命名为K3至K8,K37和K38的深度映射。我们应用权利要求1)的行动d),并使用第一个方法计算一个拓扑-映射和创建并存储命名为K1和K2的拓扑-映射,,如图19A和19C所示,并在以上说明。权利要求1)的动作d)表示“所述物理拓扑-通路是一个或多个物理拓扑-映射的一个级联”。注意,“一个的一个级联”是指这样的情况,其中所述物理拓扑-通路包括单个物理拓扑-映射。因此,“所述物理拓扑-通路是一个或多个物理拓扑映射的级联”被读取为“所述物理拓扑路径是单个物理拓扑映射或两个或多个物理拓扑映射的一个级联”。术语“一个的一个级联”用于避免或-声明,以便使描述相对简单。

[0553] 如上所述,另外我们创建和存储命名为K25和K26的逻辑层-映射。命名为K25在层次里减少的逻辑层-映射是用从逻辑节点FH到逻辑节点FE的有向图表示的,并且是使用计算层-映射的方法(参照权利要求9)计算出的,作为一个级联其由从逻辑节点FH到未知物理节点?X1命名为K37的一个深度-映射,从未知物理节点?X1到未知物理节点?X1命名为?K39在层次里减少的一个未知物理层-映射,和从未知物理节点?X1到逻辑节点FE命名为K3的一个深度映射所组成的,以及创建和存储命名为?K39的所述未知物理层-映射。从逻辑节点FG到逻辑节点FJ命名为K26的逻辑层-映射是以一个有向图表示的和是使用第二个方法来计算的层-映射(参照权利要求10)为一个级联其由从逻辑节点FG到未知物理节点?X3命名为K8的深度-映射,从未知物理节点?X3到未知物理节点?X3命名为?K40在层次里增加的一个未知物理层-映射和从未知物理节点?X3到逻辑节点FJ命名为K38的一个深度-映射所组成,以及创建和存储命名为?K40所述未知物理层-映射。命名为K25和K26的逻辑层-映射示于图19A和19C里。

[0554] 如图11E,11F,19D和19E所示,我们现在分别确定拓扑-映射K1和K2和层-映射K25和K26的物理实体,这将在权利要求1)的行动e)的搜索中使用。图19D的步骤1)示出了根据图19C命名为K25的层-映射。在图19D的步骤2)里,图19D步骤1)里命名为K3和K37的深度-映射的值已被更换为在图19B中所示的命名K3和K37的深度-映射的定义。图19E的步骤1)示出了根据图19C命名为K26的层-映射。图19E的步骤2)里,图19E步骤1里命名为K8和K38的深度-映射的值被更换为在图19B中所示的命名为K8和K38的深度-映射的定义。

[0555] 根据权利要求1)的行动e),我们为每个未知物理节点确定一个合适的物理节点,并为每个未知物理拓扑-通路和确定一个合适的物理拓扑-通路和根据权利要求11)可选地为每个未知物理拓扑-通路确定一个合适的物理层-映射通过执行一个搜索,包括将每个未知物理拓扑-通路与一组合适的物理拓扑-通路中的一个匹配,并且可选地使每个未知物理层-映射与一组合适的物理层-映射匹配,并且匹配每个未知物理节点与一组合适的物理节点里的一个。

[0556] 我们使用未知物理节点与未知物理拓扑-通路之间的关系命名为K1的“?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2“,在图11E里所示,作为一个第一个搜索声明,我们使用未知物理节点与命名为K2的拓扑-映射的未知物理拓扑-通路之间的关系”?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3“,在图11F里所示,作为第二个搜索声明,我们使用未知物理节点和命名为K25的层-映射的未知物理层-映射之间的关系”?X1-?K39[层-映射减少]/K25->?X1“作为第三个搜索声明,和我们使用未知物理节点与命名为K26的层-映射的未知物理层-映射之间的关系”?

X3-?K40[层-映射增加]/K26->?X3“作为第四个搜索声明,创建图19F所示的第五个搜索声明。所述第五个的搜索声明被使用于在所述搜索里。注意,所述搜索声明包含未知物理节点?X1,?X2,?X3和命名为?K9,?K10的未知物理拓扑-通路和命名为?K39和?K40的未知物理层-映射。作为一个例子,但不限于,可针对在图18A中所示的物理网络布局,如上所述来执行搜索。图19F所示的搜索声明将返回一些匹配,包括未知物理节点?X1与物理节点KP的匹配,未知物理节点?X2与物理节点KR的匹配,未知物理节点?X3与物理节点KT的匹配,未知物理层-映射?K39映射与物理层-映射K55,未知的物理层-映射?K40映射与物理层-映射K60,命名为?K9的未知物理拓扑-通路与一个物理拓扑-通路匹配,为一致性其名命为K9,,包括命名为K11和K13的物理拓扑-映射的一个级联,以及命名为?K10的未知物理拓扑-通路与一个物理拓扑-通路匹配,为一致性其名命为K10,包括命名为K17的物理拓扑-映射。

[0557] 如上所述,一个或更多个逻辑节点的可选的要求可以被存储。可选的每个逻辑节点的所述要求可能被复制到未知物理节点通过一个或更多个深度-映射映射到逻辑节点,和每个所述未知物理节点的所述要求在所述搜索里可能与所述物理节点的属性的匹配。作为例子但不限于:每个所述逻辑节点(FE,FH;FG,FJ)的要求可能被复制到所述未知物理节点(?X1;?X3)通过一个或更多个深度-映射(K3,K37;K8,K38)映射到所述逻辑节点(FE,FH;K8,K38),和每个所述未知物理节点(?X1;?X3)的所述要求在所属搜索可能与所述物理节点(KP;KT)的属性匹配。

[0558] 注意,在物理节点表示的物理或虚拟设备内部的内部链接和/或其功能不相关的情况下,搜索声明中的层-映射是可选的,因为它们被抽象出而存在设备内部,并且可能被忽略。作为示例,但不限于,命名为?K39在层次里减少的一个未知层-映射(如图19A所示)在一个搜索声明中可能被省略,如一个内部链路由命名为K55(如图18A所示)在层次里减少的层-映射来表示,在一个第一个计算设备里由物理节点KP来表示是不相关的并且可以被忽略。作为一个例子,但不限于,命名为?K40在层次里增加的一个层-映射可能在一个搜索声明被省略的情况下,在一个由命名为K60在层次里增加的层-映射表示的内部链路,其在一个物理节点KT表示的一个第三个计算设备是不相关的,并且可以被忽略。其结果是,在图19F所示和以上所述的搜索声明被减小到搜索声明:

[0559] “(?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2) AND (?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3) “。

[0560] 注意,层-映射可能被省略当在由物理节点表示的物理或虚拟设备内的内部链路不相关的情况下表示物理或虚拟设备时,因为它们被抽象化了被内部的设备。作为一个例子,但不限于名为K55和K56表示由一个物理节点表示的一个第一个计算设备内的内部链路KP可能不相关,因为它们被抽象化了被内部的装置中,层-映射,并且可以被忽略。作为一个例子,但不限于,命名为K57和K58的层-映射表示的由一个物理节点KS所表示的第二个计算设备里的内部链路可能不相关,因为它们被抽象化了其为设备的内部,并且也许被忽略。作为一个例子,但不限于名,命名为K59和K60的层-映射表示的由一个物理节点KT所表示的第三个计算设备里的内部链路可能不相关,因为它们被抽象化了其为设备的内部,并且也许被忽略,如图12B所示。

[0561] 注意,当层-映射表示一个未知物理节点时若未知物理节点里的内部链路是不相关的并且可能被忽略,可能被省略。作为一个例子,但不限于,表示未知物理节点?X1里内部链路命名为?K39(图19A所示)的未知层-映射可能被省略。作为一个例子,但不限于,表示未

知物理节点?X3里内部链路命名为?K40的未知层-映射可能被省略。

[0562] PCT/EP2014/055640 (178页)描述了用于计算层-映射的第一个方法,第三个和第四个网络可以是在(d-x,n2,h)或在(d-x,n2-y,h)的相同网络。命名为K25的层-映射被计算为一个级联其由命名为K37的深度-映射和命名为K3的深度-映射所组成的,使用第一个方法来计算一个与第三个和第四网络相同的未知物理节点的层-映射?X1。根据图6C的表示法,命名为K25的层-映射是“层-映射减少 $K25 = K37/K25 + K3/K25$ ”。命名为K26的层-映射被计算为一个级联其由命名为K8的深度-映射和命名为K38的深度-映射所组成,使用第二个方法来计算与第三个和第四个网络相同的未知物理节点的层-映射?X3。根据图6C的表示法,命名为K26的层-映射是“层-映射 $K26 = K8/K26 + K38/K26$ ”。应用上述方法将产生以下搜索声明:

[0563] “(?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2) AND (?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3) “.

[0564] 如上所述,可选地,一个或更多个逻辑节点的要求可能被存储。可选地,每个所述逻辑节点的所述要求可能被复制到通过一个或更多个深度-映射映射到所述逻辑节点的所述未知物理节点,并且在所述搜索里,每个所述未知物理节点的所述要求可能与所述物理节点的属性匹配。作为一个例子,但不限于,在图19A所示的例子中,每个所述逻辑节点(FE, FH;FG,FJ)的要求可以被复制到映射到所述逻辑的所述未知物理节点(?X1;?X3)通过一个或多个深度-映射(K3,K37;K8,K38)的逻辑节点(FE,FH;FG,FJ)和每个所述未知物理节点(?X1;?X3)的所述要求在所述搜索里可能与所述物理节点(KP;KT)的属性匹配。

[0565] 注意,若边被给了一个可用于转发的命名,交换-标识符可以被省略,并且可以直接从所述边的命名创建转发表项。在一个实现中,典型的边使用了不同的命名空间而不是用于转发的命名空间存储。

[0566] 据观察,本申请的内容,包括其权利要求,可以与EP14185825.8的教义(代理人文件P6053230EP)组合,其是未预先公布的,但已在2014年9月22日提交。

[0567] 据观察,本申请的内容,包括其权利要求,可以与EP14186045.2的教义(代理人文件P6053233EP)组合,其是未预先公布的,但已在2014年9月23日提交。

[0568] 据观察,本申请的内容,包括其权利要求,可以与EP14196330.6的教义(代理人文件P6054266EP)组合,其是未预先公布的,但已在2014年12月4日提交。

[0569] 在上述规范里,参考了许多不同种类的单元,如控制器,编译器,节点,虚拟机,网络接口卡(NIC)等(参照PCT/EP2014/055640 89页)。如本领域技术人员显而易见的,这样的单元的功能是由至少一个硬件和软件的处理单元上运行执行的。这样的硬件可以是任何已知类型的硬件(在现在和将来)的配置来执行所要求的权利的功能。图10示出了可以执行这样的功能的计算机布置的示意图。图10示出了一种“完全”的图象:这将是明显的是,一些组件(如打印机)可能不被用于许多本文档中指定的单元。

[0570] 在图10中所示的布置包括用于实施算术运算的处理器1。

[0571] 处理器1被连接到多个存储组件,包括硬盘5,只读存储器(ROM)7,电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)9,和随机存取存储器(RAM)11。不是所有这些存储器类型的一定需要提供。此外,这些存储器组件不需要物理位于接近的处理器1,但也可以在远程处理器1的位置。处理器1还连接到单元,用于由用户输入指令,数据等,如键盘13和鼠标15。其他输入单元,诸如触摸屏,跟踪球和/或语音转换器,公知的本领域的技术人员可以提供。

[0572] 一个连接到处理器1的读取单元17被提供。读取单元17被布置为读取数据和可能写在数据载体上软盘19或CDROM 21的数据。其它数据载体可以是磁带,DVD,蓝光光盘,紧凑型闪存(CF),安全数字(SD),Mini SD,MicroSD,,极端数码(xD),和记忆棒(Memory Sticks)等已知为本领域技术人员。数据载体可能是由一个计算机程序产品提供,包括指令和数据的布置将由处理器1读取,并且被读出后,允许处理器1执行根据本发明的一个方法。这样一个计算机程序产品可能随后装载于存储器组件5,7,9,11之一。然而,这样的计算机程序产品可能另外地,经过电信网络27下载。

[0573] 处理器1可被连接到一个打印机23在纸张上打印输出数据,以及一个显示器3,例如,显示器或LCD(液晶显示器)屏幕,等离子显示面板,有机发光二极管(OLED)的有源矩阵OLED(AMOLED)或本领域的技术人员已知任何其它类型的显示器。处理器1可由I/O装置单元25连接到通信网络27,例如公共交换电话网(PSTN),局域网(LAN),广域网(WAN),因特网(Internet)等。处理器1可以被布置为通过网络27与其它通信布置通信。

[0574] 处理器1可以被实施为独立系统,或作为多个并行操作的处理器每个布置为执行一个更大的计算机程序里的子任务,或者作为一个或多个主处理器与若干子处理器。本发明的部分功甚至可能通过网络27与处理器1进行通信的远程处理器实施。

[0575] 应当理解,这发明仅仅受所附权利要求及其技术同等的限制。在本文件及其权利要求中,动词“包括”及其变形是在其非限制性意义使用,意味着以下的单词项都包括在内,但不排除未特别提及的名目。另外,参照由不定冠词一个元素“一”或“一个”并不该元件的一个以上的存在时,除非上下文清楚地要求有且仅有的元素之一排除这种可能性。不定冠词“一”或“一个”因此通常是指“至少一个”。

[0576] 据观察,在权利要求中,为了提高效率起见,除了术语“物理节点”和“未知物理节点”如上述所定义的,术语“已知/未知物理节点”一词。这后一种术语指的是一组包括所有已知和未知物理节点,这组每个成员既可以已知或未知物理节点。“已知/未知物理节点命名”这些“已知/未知物理节点”的命名。

[0577] 同样地,为了提高效率起见,除了术语“物理拓扑-通路”,并如上述定义的“未知物理拓扑-通路”,“已知/未知物理拓扑-通路”一词在权利要求中使用。这后一种术语指包含一组所有已知和未知物理拓扑-通路和此组每个成员既可以一个已知或未知物理拓扑-通路。“已知/未知物理拓扑-通路命名”是这些“已知/未知物理拓扑-通路”的命名。

[0578] 据观察,为了提高效率起见,除了术语“物理层-映射”和“未知物理层-映射”如上所定义,术语“已知/未知物理层-映射”在权利要求中使用。这后一个术语指的是包括一组所有已知和未知物理层-映射和这组每个成员既可以已知或未知物理层-映射。“已知/未知物理层-映射命名”是“已知/未知物理层-映射”的命名。

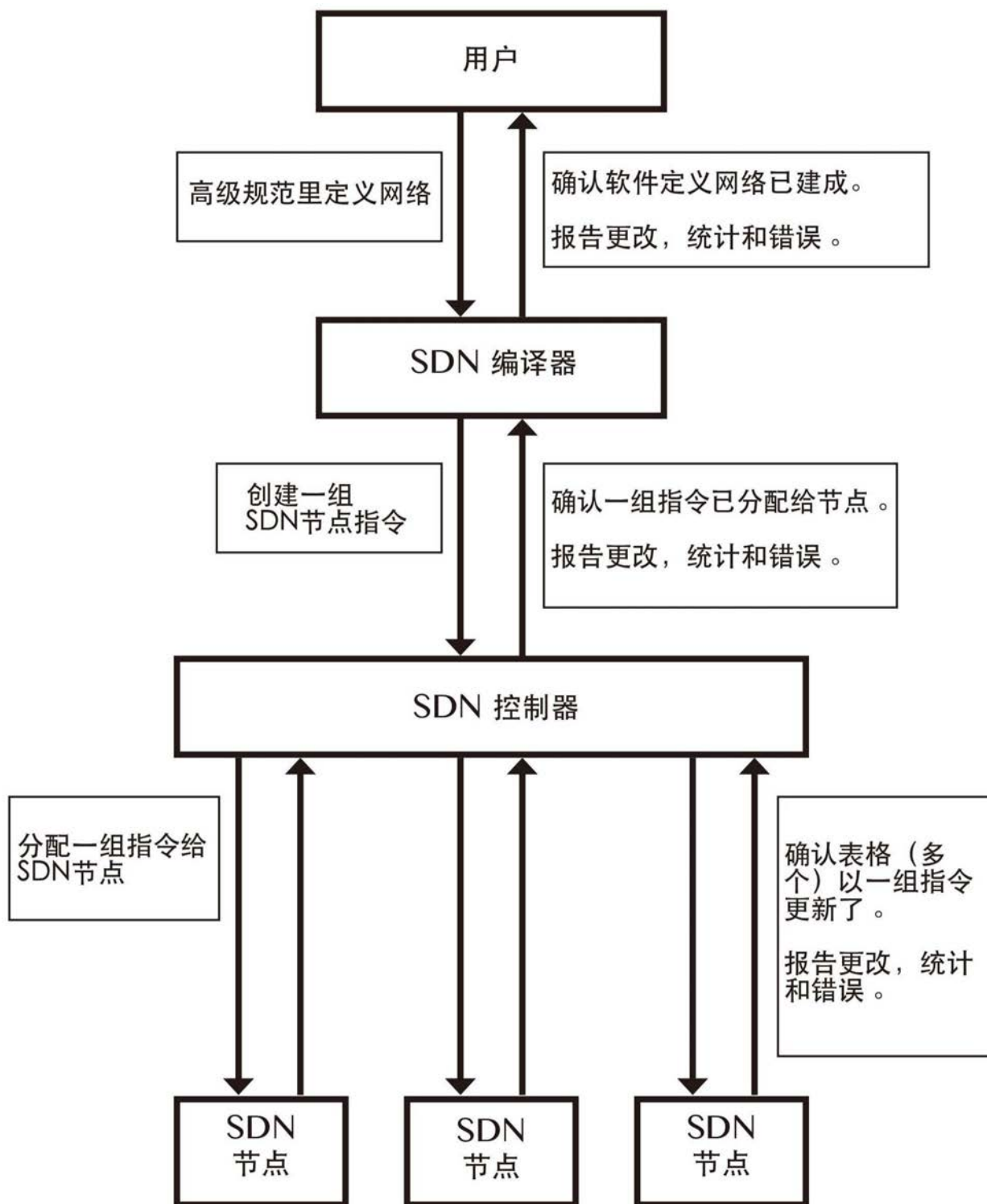


图1



图2A

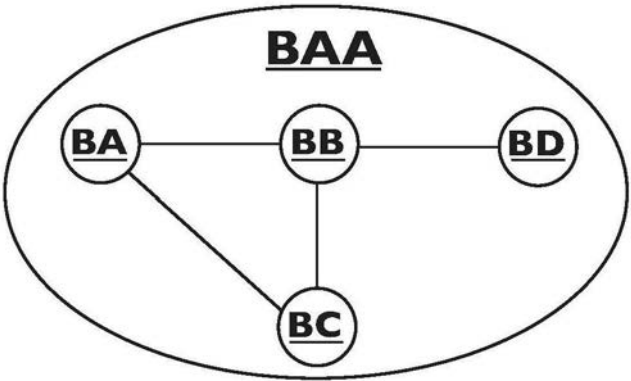


图2B

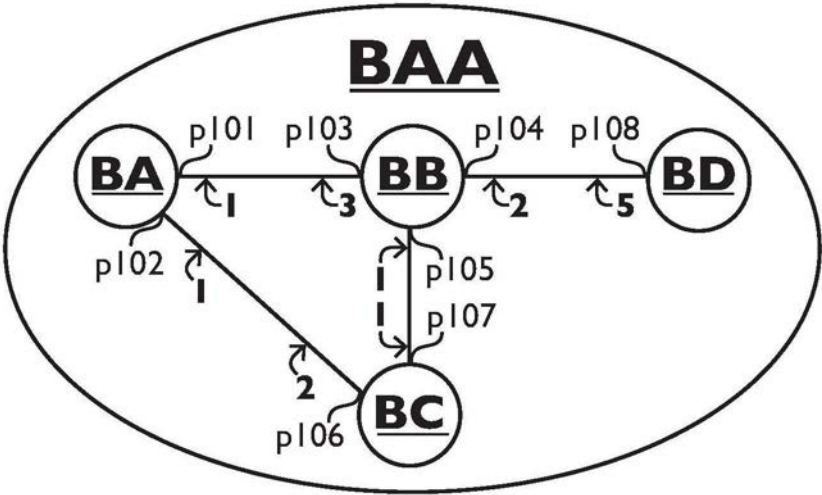


图2C

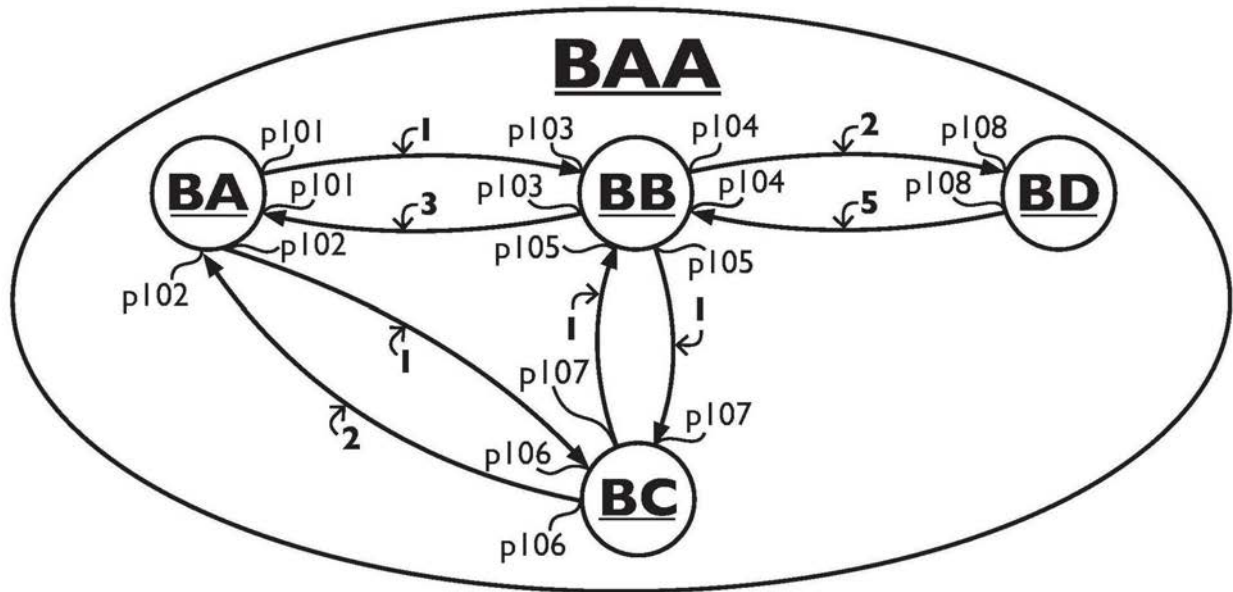


图2D

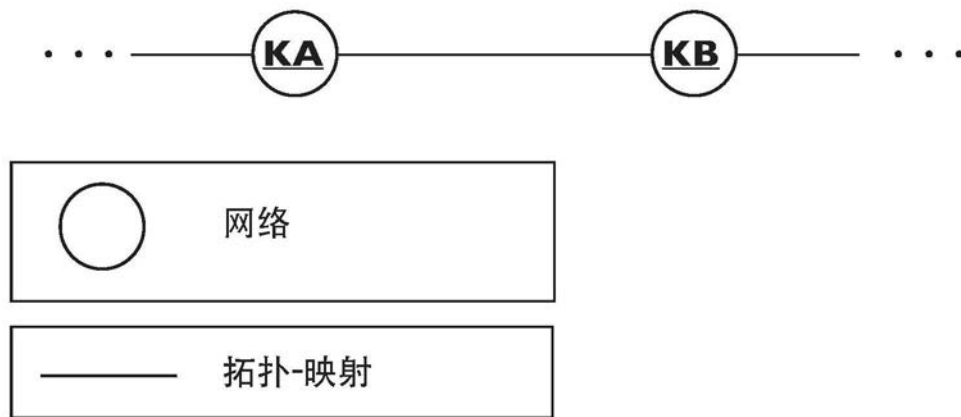


图3A

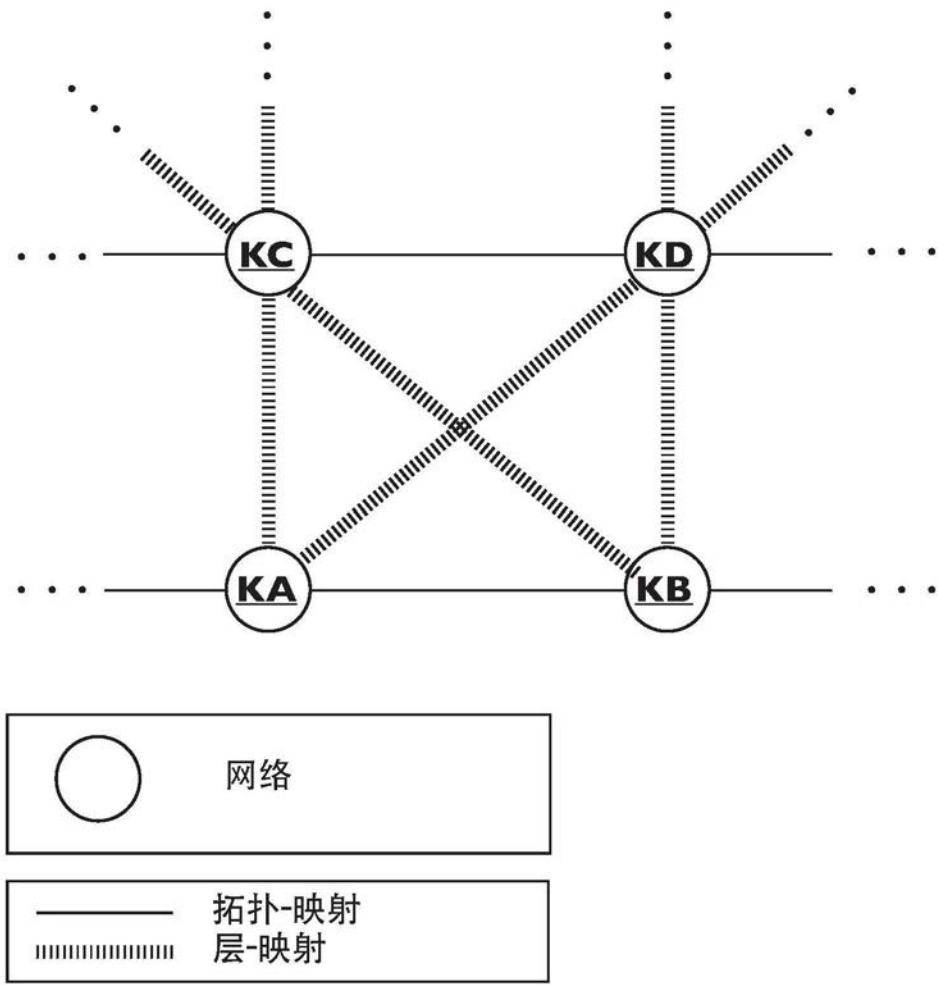


图3B

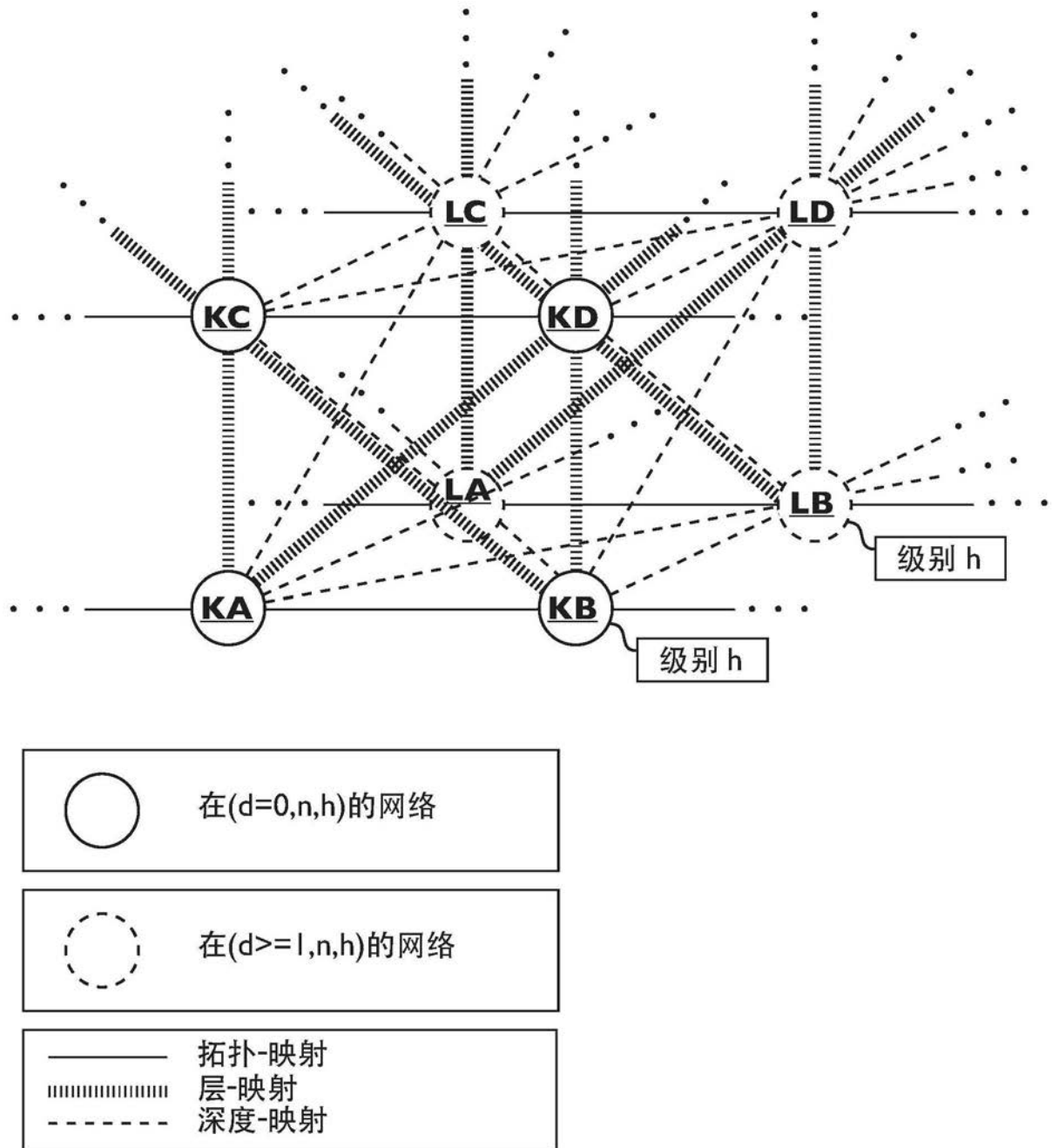


图3C

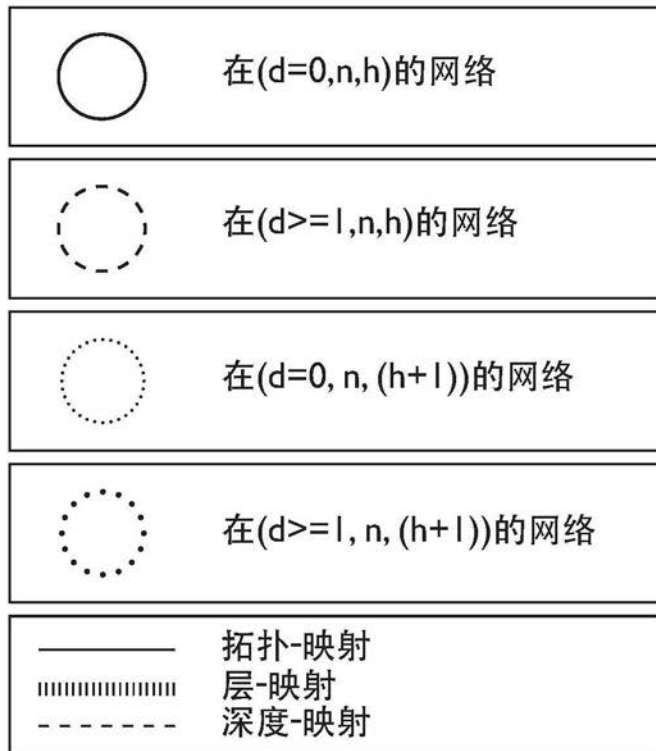
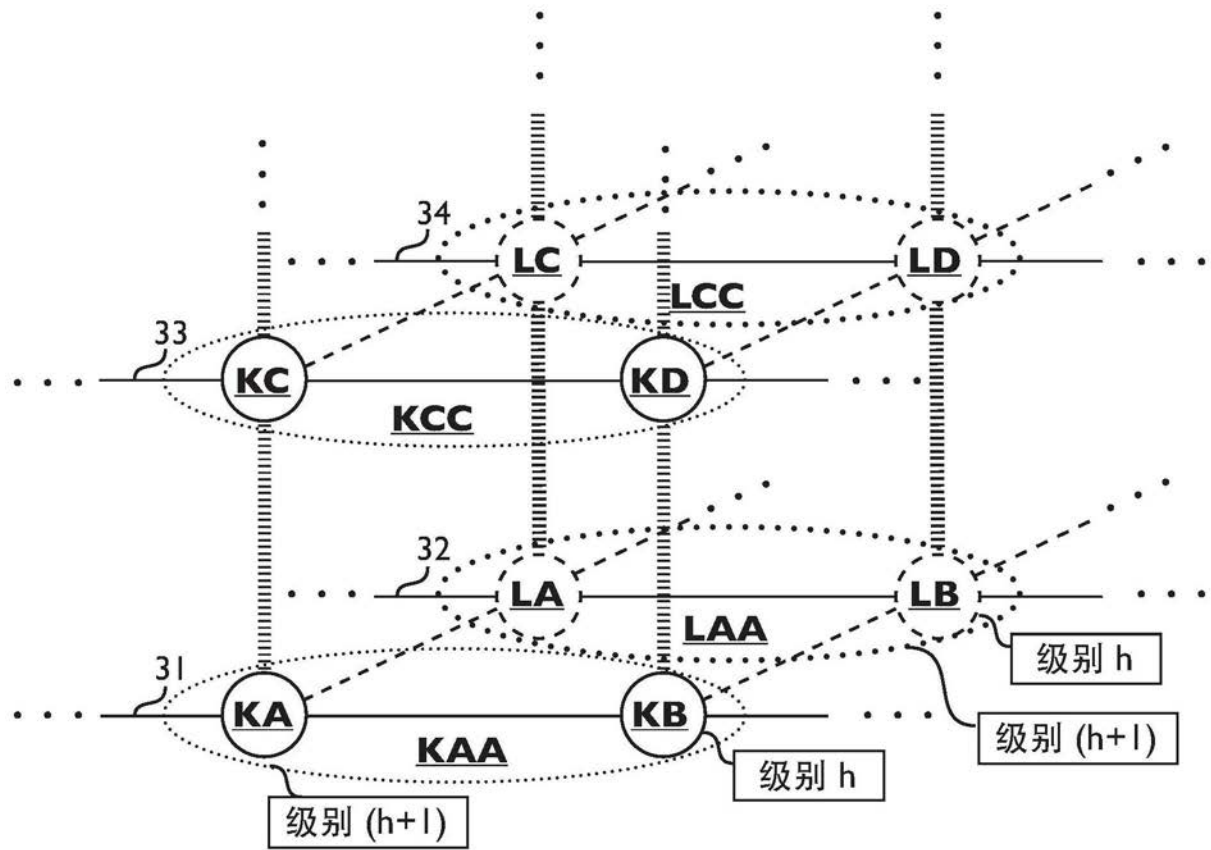


图3D

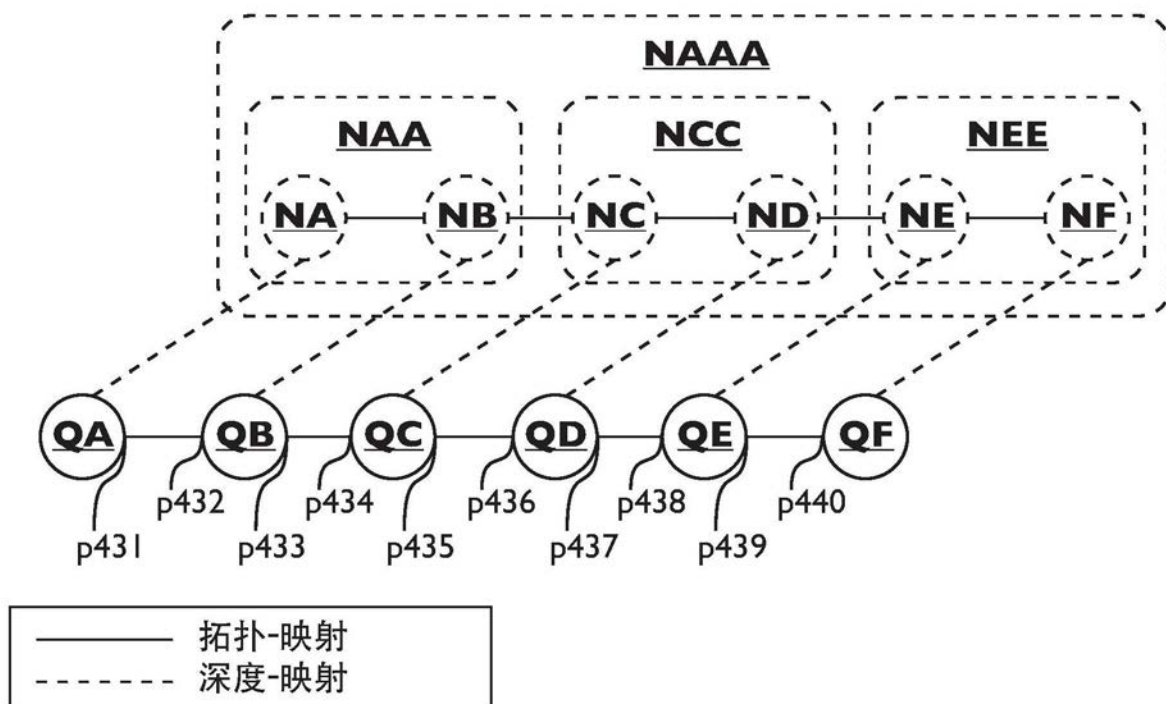


图4A

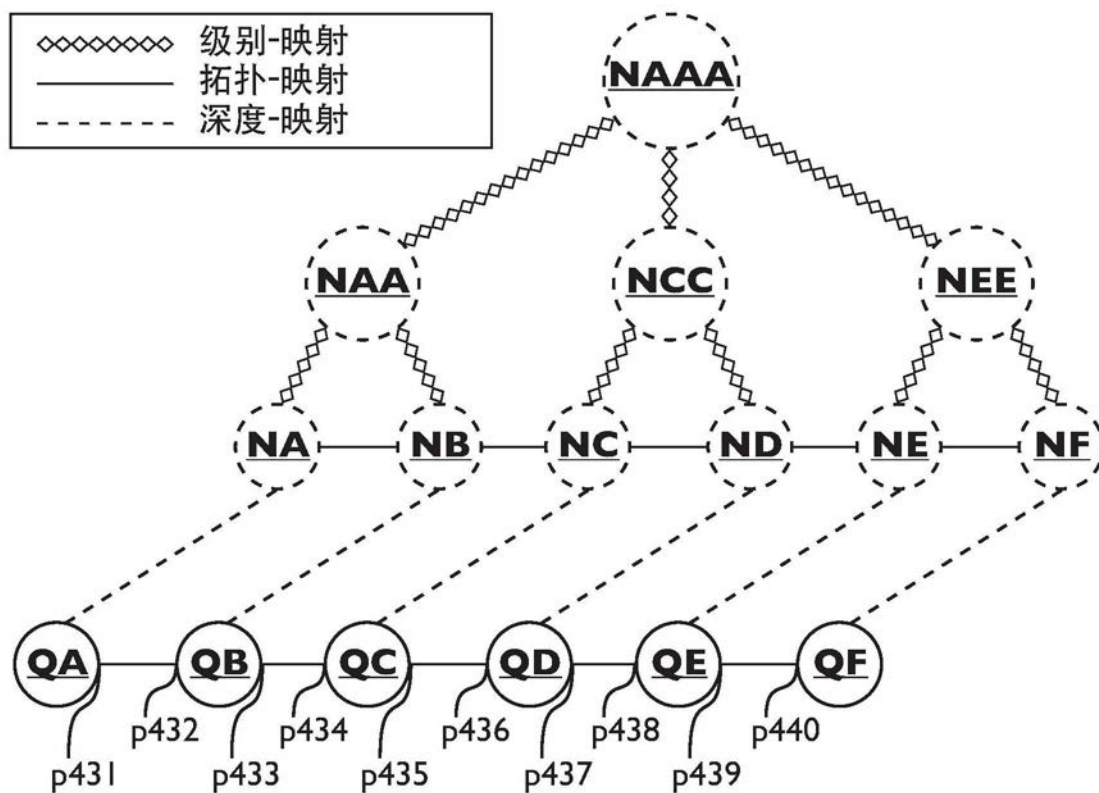


图4B

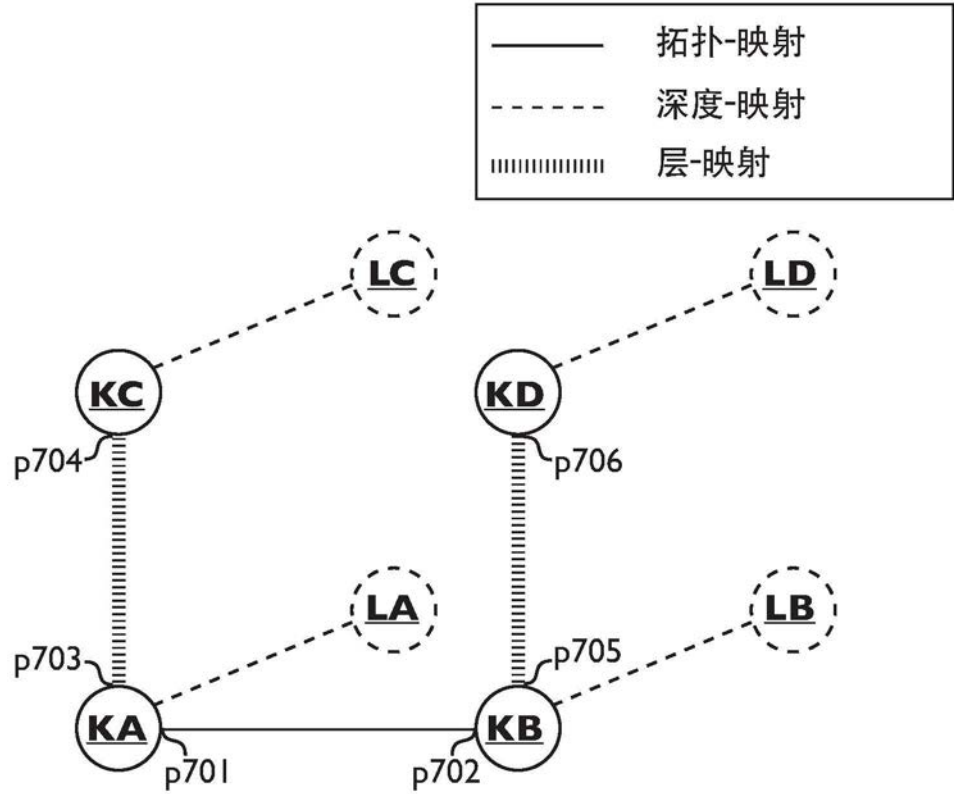


图5A

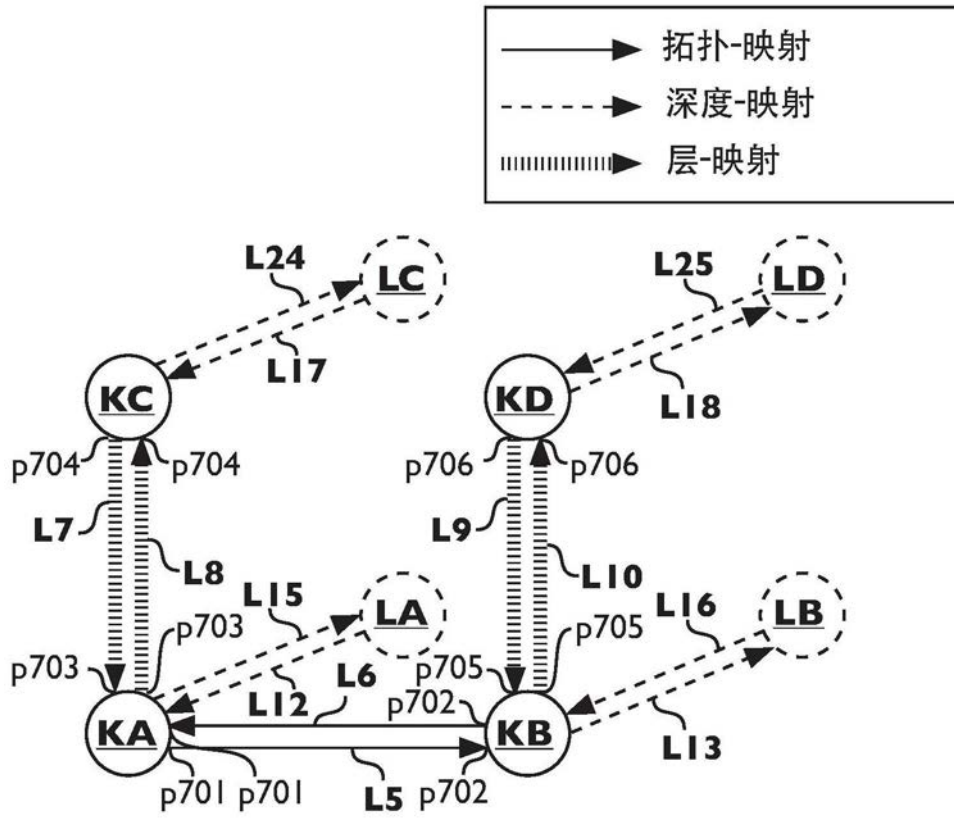


图5B

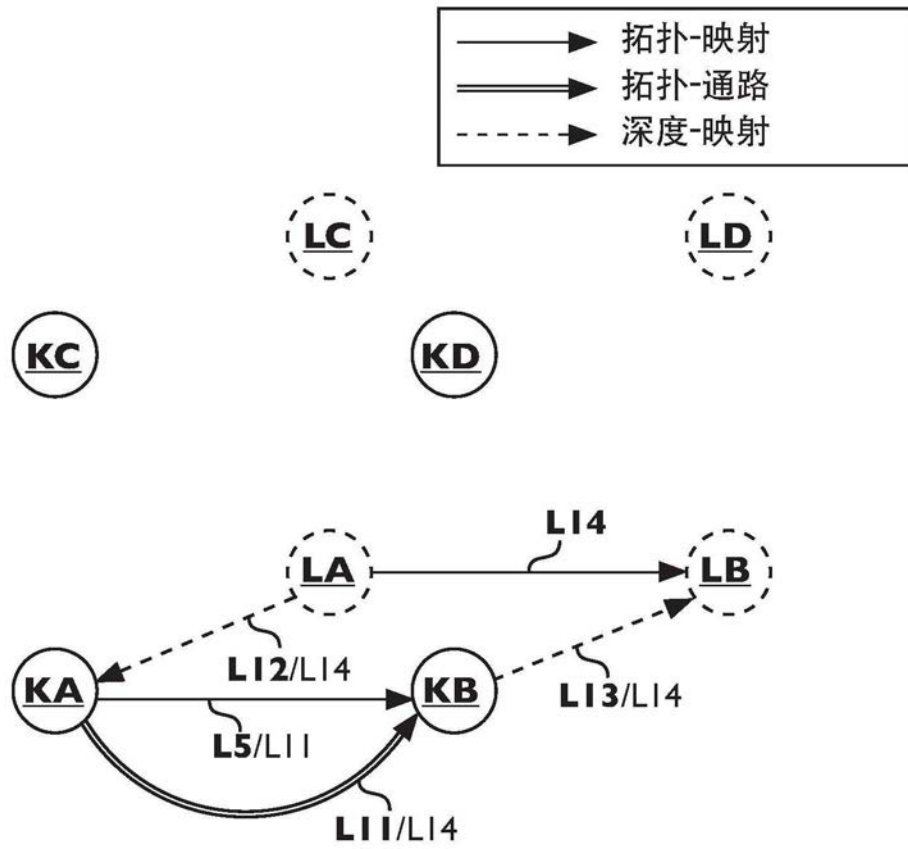


图5C

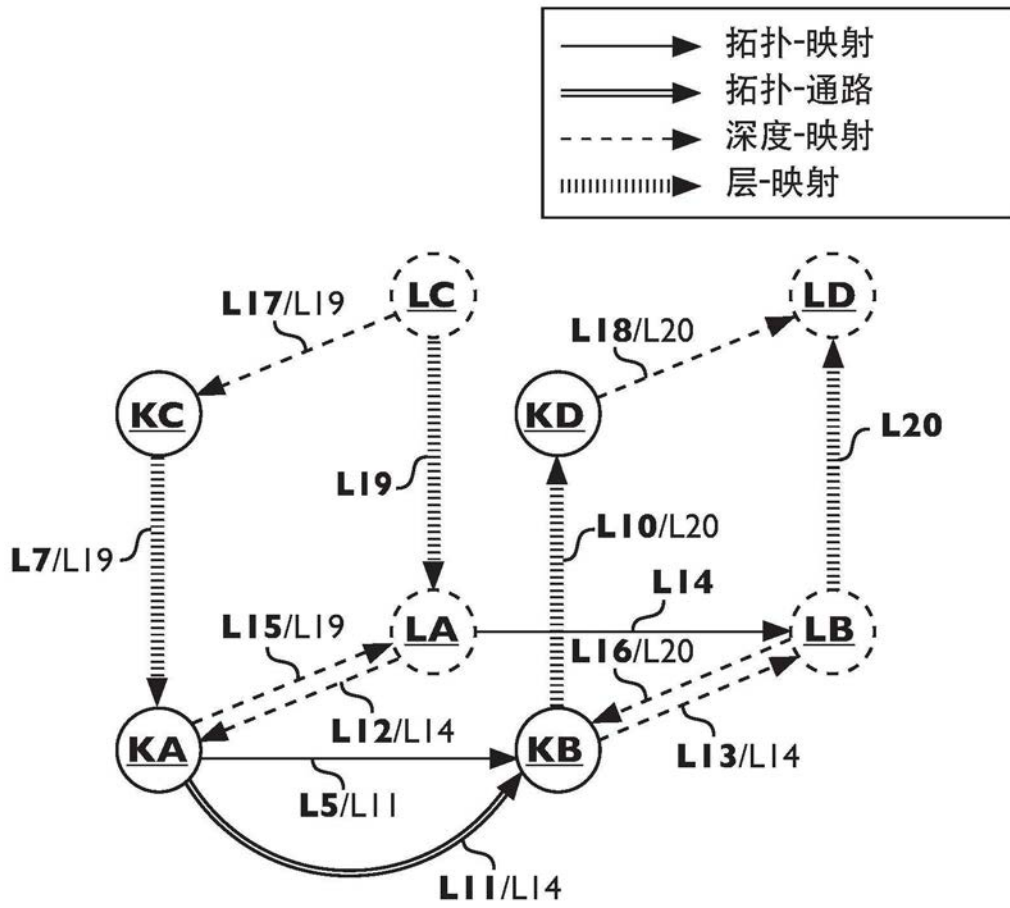


图5D

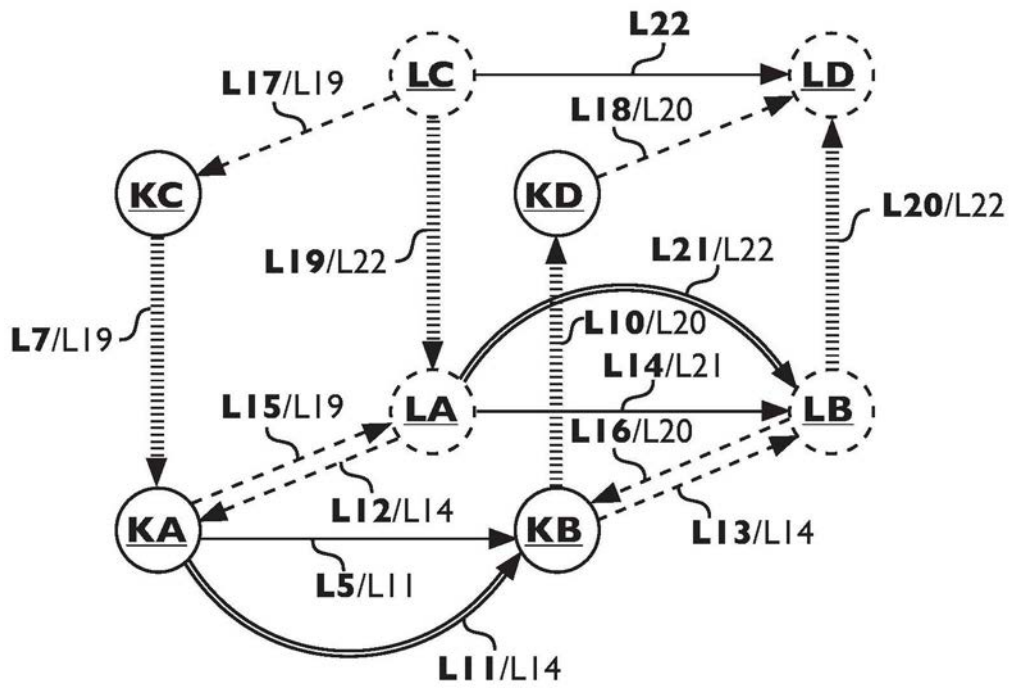


图5E

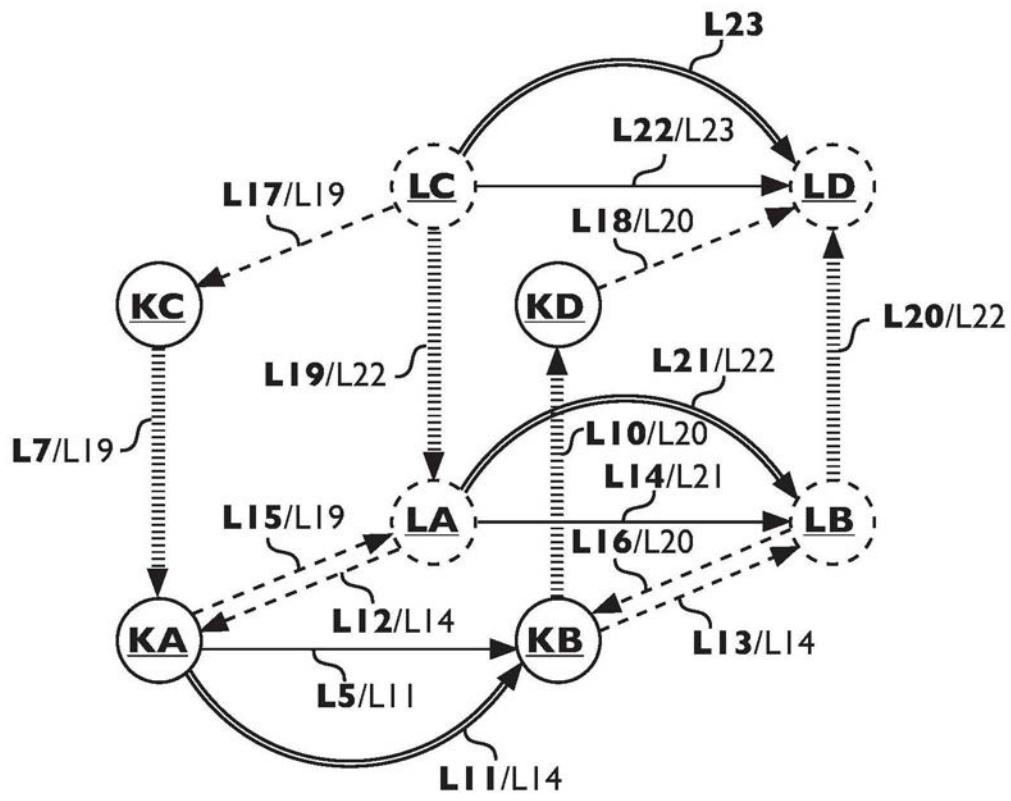


图5F



图6A

第二个边缘-命名 = 第二个网络 - (第二个映射-类型 第三个附着点::第四个附着点) -> 第三个网络

图6B

第三个边缘-类型 第三个边缘-命名 = 第一个边缘-命名 / 第三个边缘-命名 + 第二个边缘-命名 / 第三个边缘-命名

图6C



图6D

$L5 = KA-(\text{拓扑-映射 } p701::p702) \rightarrow KB$
 $L6 = KB-(\text{拓扑-映射 } p702::p701) \rightarrow KA$

$L7 = KC-(\text{层-映射 } p704::p703) \rightarrow KA$
 $L8 = KA-(\text{层-映射 } p703::p704) \rightarrow KC$
 $L9 = KD-(\text{层-映射 } p706::p705) \rightarrow KB$
 $L10 = KB-(\text{层-映射 } p705::p706) \rightarrow KD$

$L12 = LA-(\text{深度-映射}) \rightarrow KA$
 $L13 = KB-(\text{深度-映射}) \rightarrow LB$
 $L15 = KA-(\text{深度-映射}) \rightarrow LA$
 $L16 = LB-(\text{深度-映射}) \rightarrow KB$
 $L17 = LC-(\text{深度-映射}) \rightarrow KC$
 $L18 = KD-(\text{深度-映射}) \rightarrow LD$
 $L24 = KC-(\text{深度-映射}) \rightarrow LC$
 $L25 = LD-(\text{深度-映射}) \rightarrow KD$

图7A

拓扑-通路 $L11 = L5/L11$
 拓扑-映射 $L14 = L12/L14 + L11/L14 + L13/L14$
 层-映射 $L19 = L17/L19 + L7/L19 + L15/L19$
 层-映射 $L20 = L16/L20 + L10/L20 + L18/L20$
 拓扑-通路 $L21 = L14/L21$
 拓扑-映射 $L22 = L19/L22 + L21/L22 + L20/L22$
 拓扑-通路 $L23 = L22/L23$

图7B

步骤 1	拓扑-通路 $L23 = L22/L23 =$
步骤 2	$L19/L22/L23 + L21/L22/L23 + L20/L22/L23 =$
步骤 3	$L19/L22/L23 + L14/L21/L22/L23 + L20/L22/L23 =$
步骤 4	$L17/L19/L22/L23 + L7/L19/L22/L23 + L15/L19/L22/L23 +$ $L12/L14/L21/L22/L23 + L11/L14/L21/L22/L23 +$ $L13/L14/L21/L22/L23 + L16/L20/L22/L23 + L10/L20/L22/L23 +$ $L18/L20/L22/L23 =$
步骤 5	$L17/L19/L22/L23 + L7/L19/L22/L23 + L15/L19/L22/L23 +$ $L12/L14/L21/L22/L23 + L5/L11/L14/L21/L22/L23 +$ $L13/L14/L21/L22/L23 + L16/L20/L22/L23 + L10/L20/L22/L23 +$ $L18/L20/L22/L23 =$
步骤 6	LC-(深度-映射 $L17/L19/L22/L23$)-> KC-(层-映射 $p204:L7/L19/L22/L23;p203$)-> KA-(深度-映射 $L15/L19/L22/L23$)-> LA-(深度-映射 $L12/L14/L21/L22/L23$)-> KA-(拓扑-映射 $p201:L5/L11/L14/L21/L22/L23;p202$)-> KB-(深度-映射 $L13/L14/L21/L22/L23$)-> LB-(深度-映射 $L16/L20/L22/L23$)-> KB-(层-映射 $p205:L10/L20/L22/L23;p206$)-> KD-(深度-映射 $L18/L20/L22/L23$)->LD

图7C

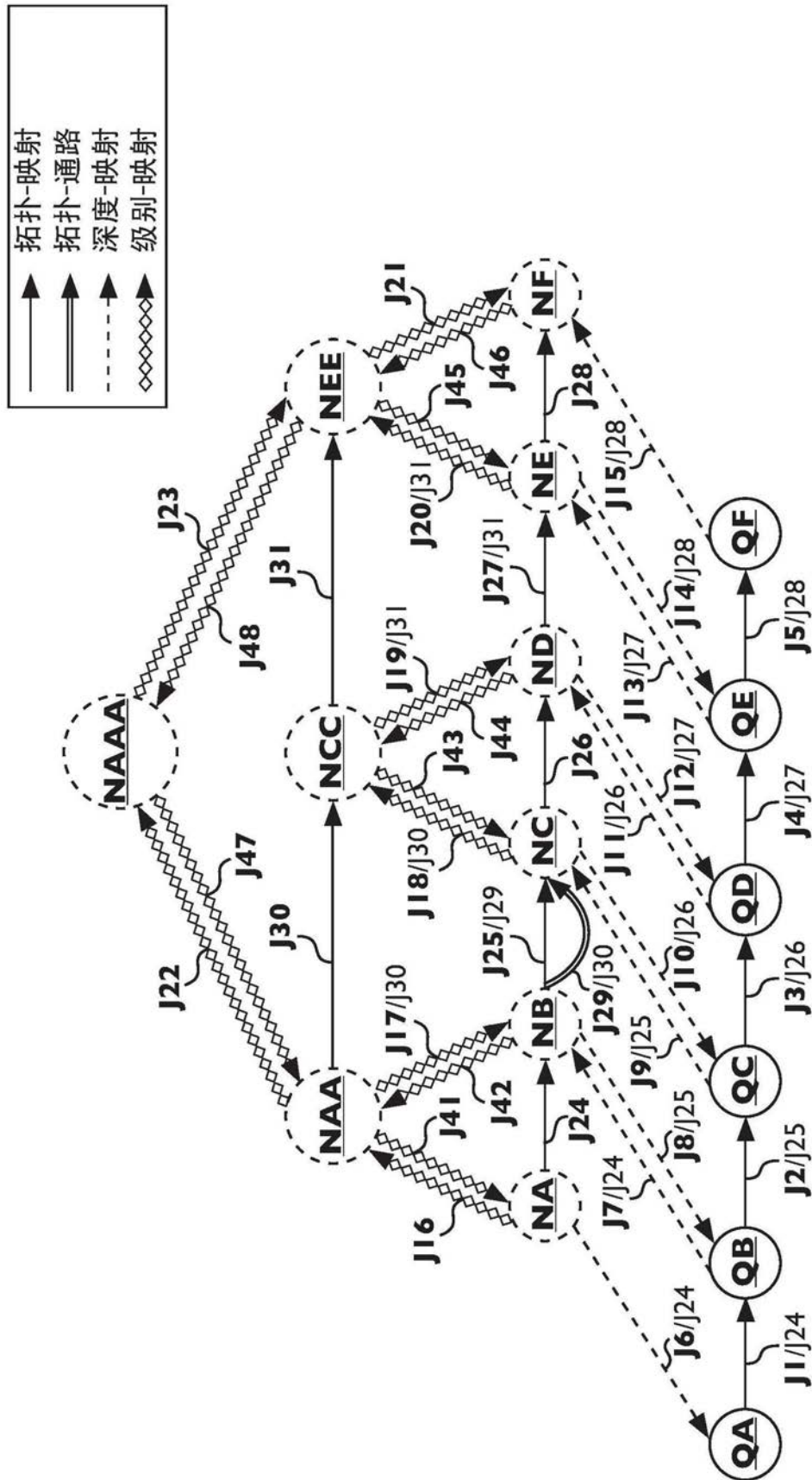


图8

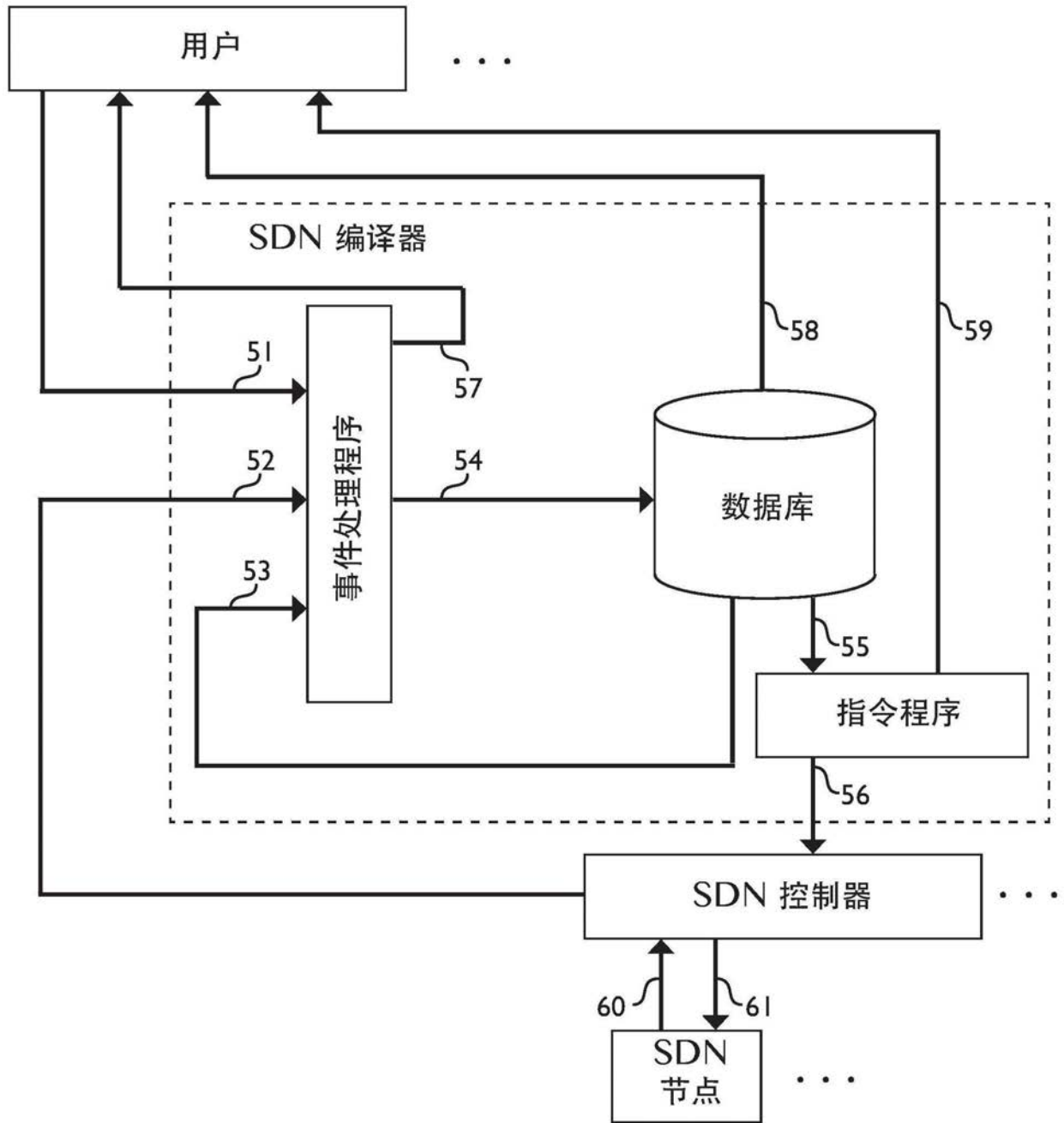


图9

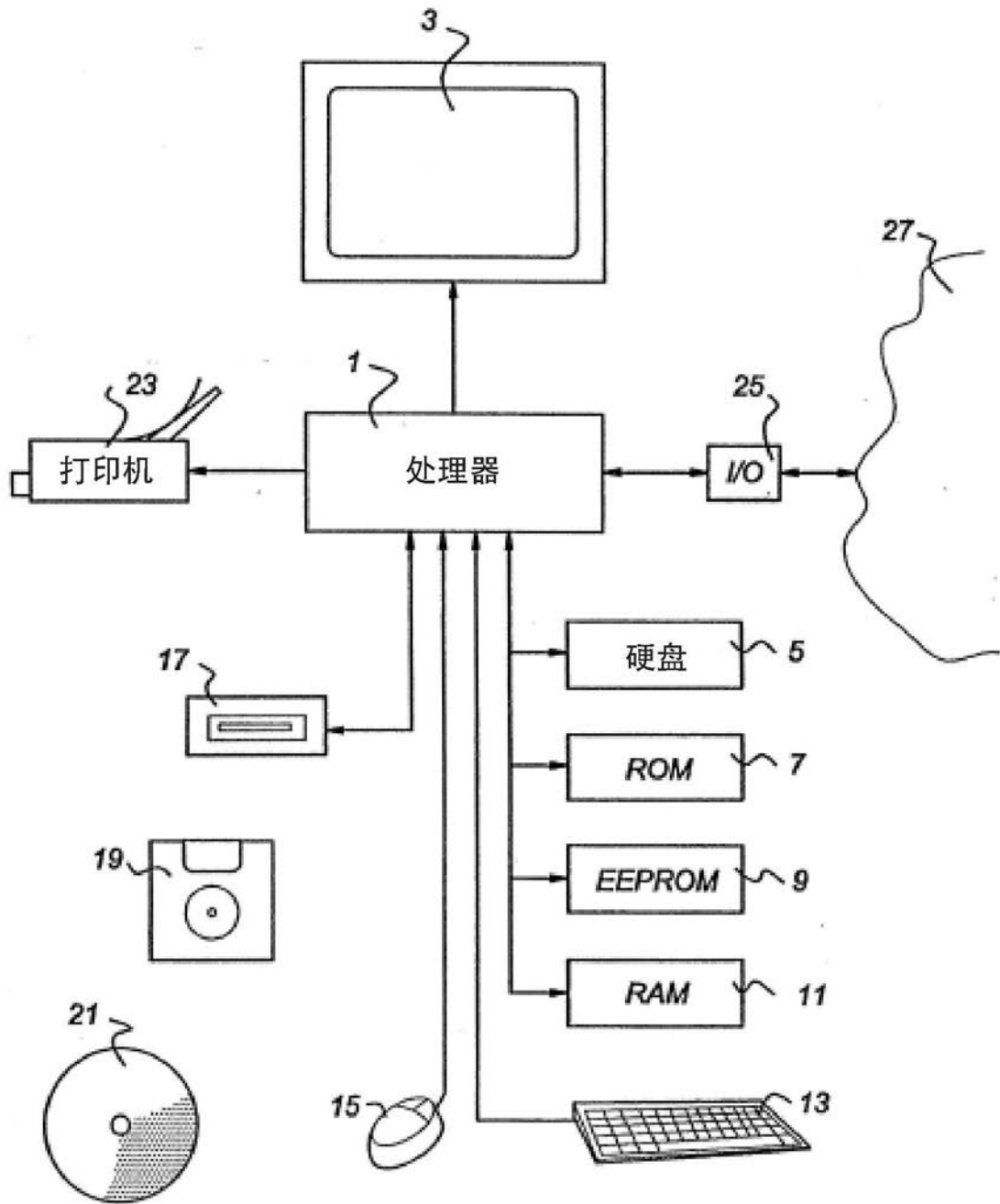


图10

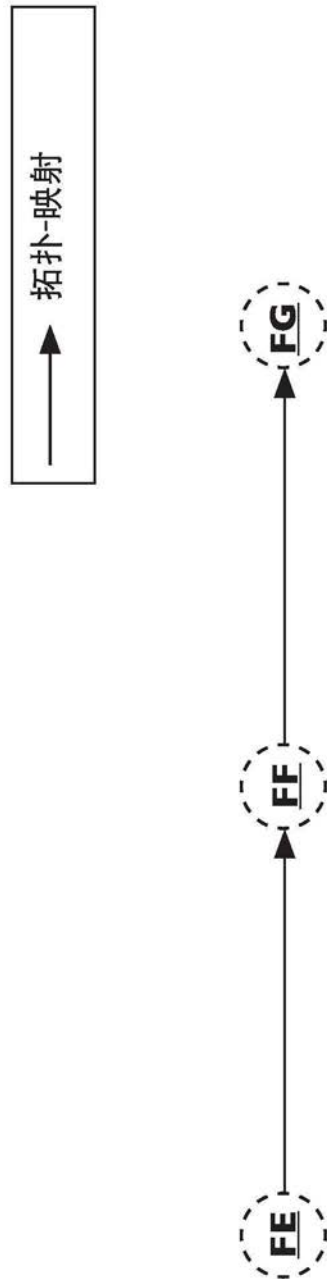


图11A

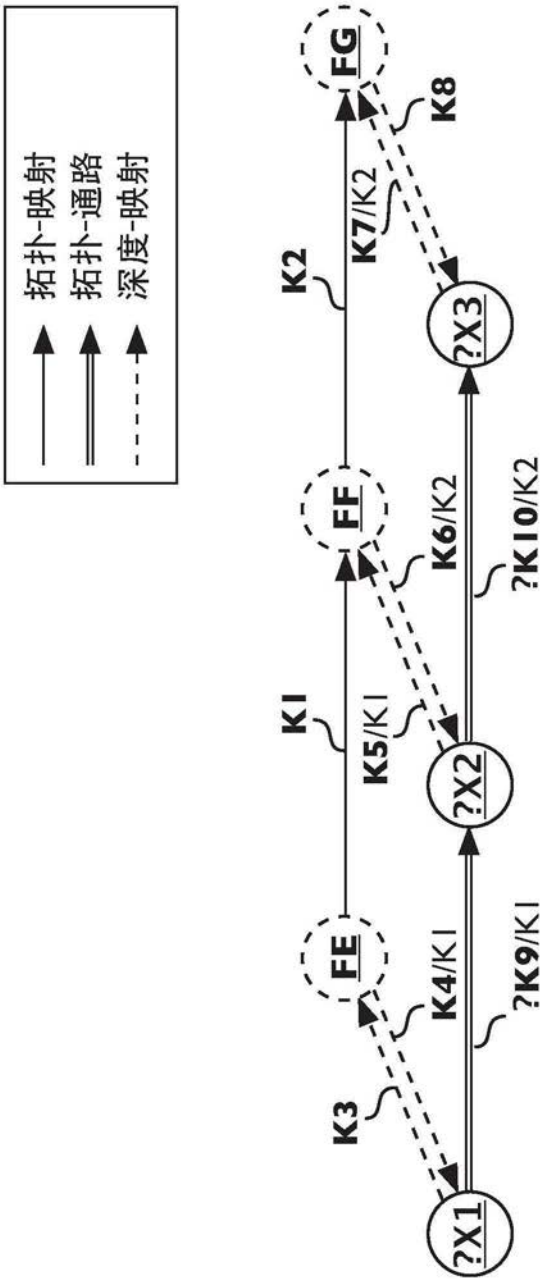


图11B

$K3 = ?X1 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FE$
 $K4 = FE - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X1$
 $K5 = ?X2 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FF$
 $K6 = FF - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X2$
 $K7 = ?X3 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FG$
 $K8 = FG - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X3$

图11C

拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 + K5/K1$
 拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 + K7/K2$

图11D

步骤 1	拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 + K5/K1 =$
步骤 2	$FE - (\text{深度-映射 } K4/K1) \rightarrow$ $?X1 - ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 \rightarrow ?X2 - (\text{深度-映射 } K5/K1) \rightarrow FF$

图11E

步骤 1	拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 + K7/K2 =$
步骤 2	$FF - (\text{深度-映射 } K6/K2) \rightarrow$ $?X2 - ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 \rightarrow ?X3 - (\text{深度-映射 } K7/K2) \rightarrow FG$

图11F

拓扑-映射 K1的物理实体	?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2
拓扑-映射 K2的物理实体	?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3
搜索声明	(?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2) AND (?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3)

图11G

逻辑拓扑映射的需求	未知物理拓扑通路的需求
K1	?K9
K2	?K10

图11H

逻辑节点的需求	未知物理节点的需求
FE	?X1
FF	?X2
FG	?X3

图11I

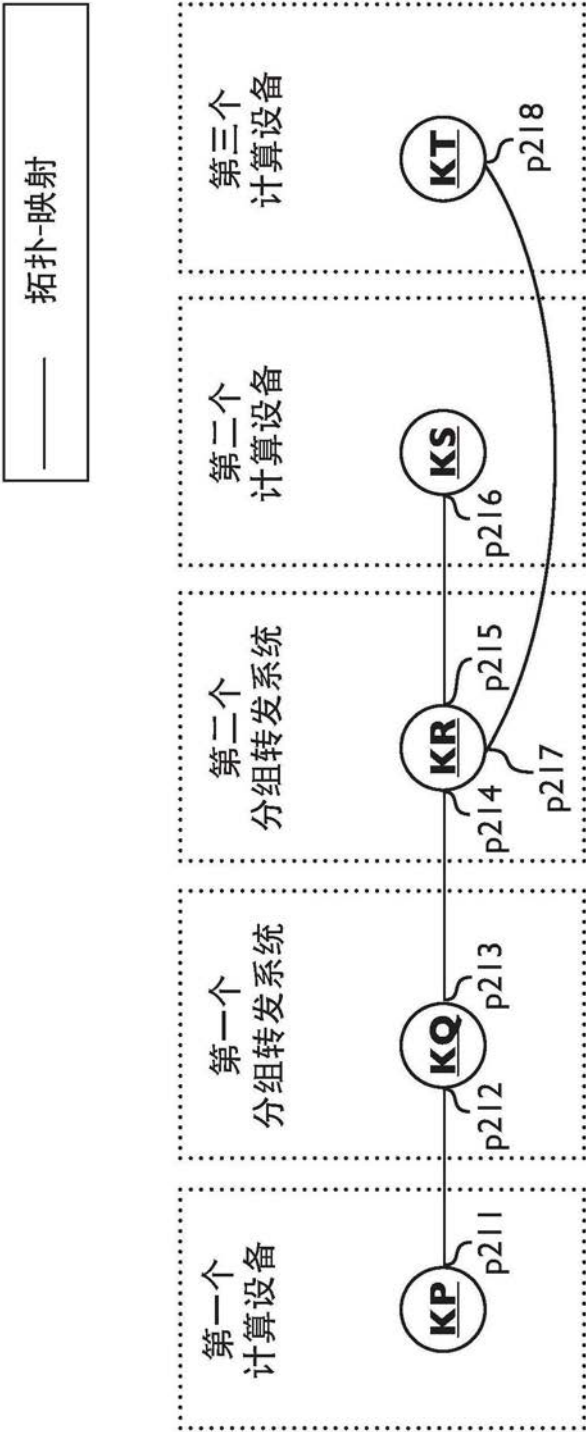


图12A

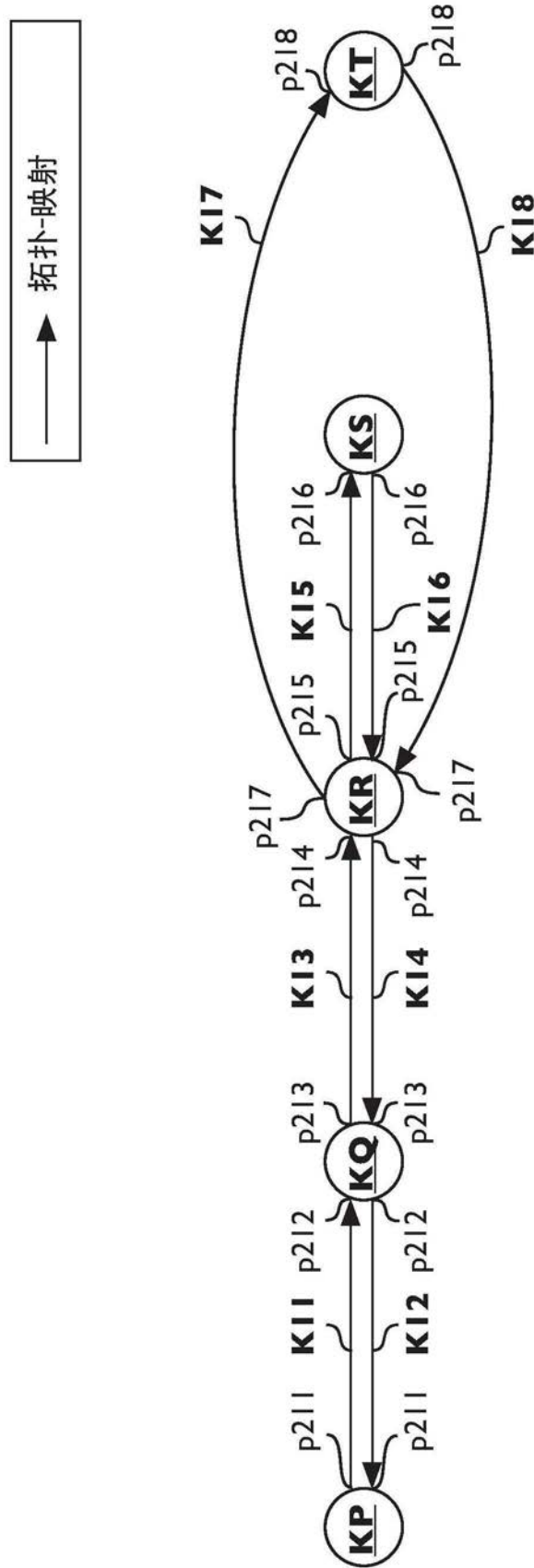


图12B

$K11 = KP - (\text{拓扑-映射 } p211::p212) \rightarrow KQ$
 $K12 = KQ - (\text{拓扑-映射 } p212::p211) \rightarrow KP$
 $K13 = KQ - (\text{拓扑-映射 } p213::p214) \rightarrow KR$
 $K14 = KR - (\text{拓扑-映射 } p214::p213) \rightarrow KQ$
 $K15 = KR - (\text{拓扑-映射 } p215::p216) \rightarrow KS$
 $K16 = KS - (\text{拓扑-映射 } p216::p215) \rightarrow KR$
 $K17 = KR - (\text{拓扑-映射 } p217::p218) \rightarrow KT$
 $K18 = KT - (\text{拓扑-映射 } p218::p217) \rightarrow KR$

图12C

未知物理节点	物理节点
?X1	KP
?X2	KQ
?X3	KS

图12D

未知物理拓扑通路	物理拓扑通路
?K9[拓扑-通路]	拓扑-通路 $K9 = K11/K9$
?K10[拓扑-通路]	拓扑-通路 $K10 = K13/K10 + K15/K10$

图12E

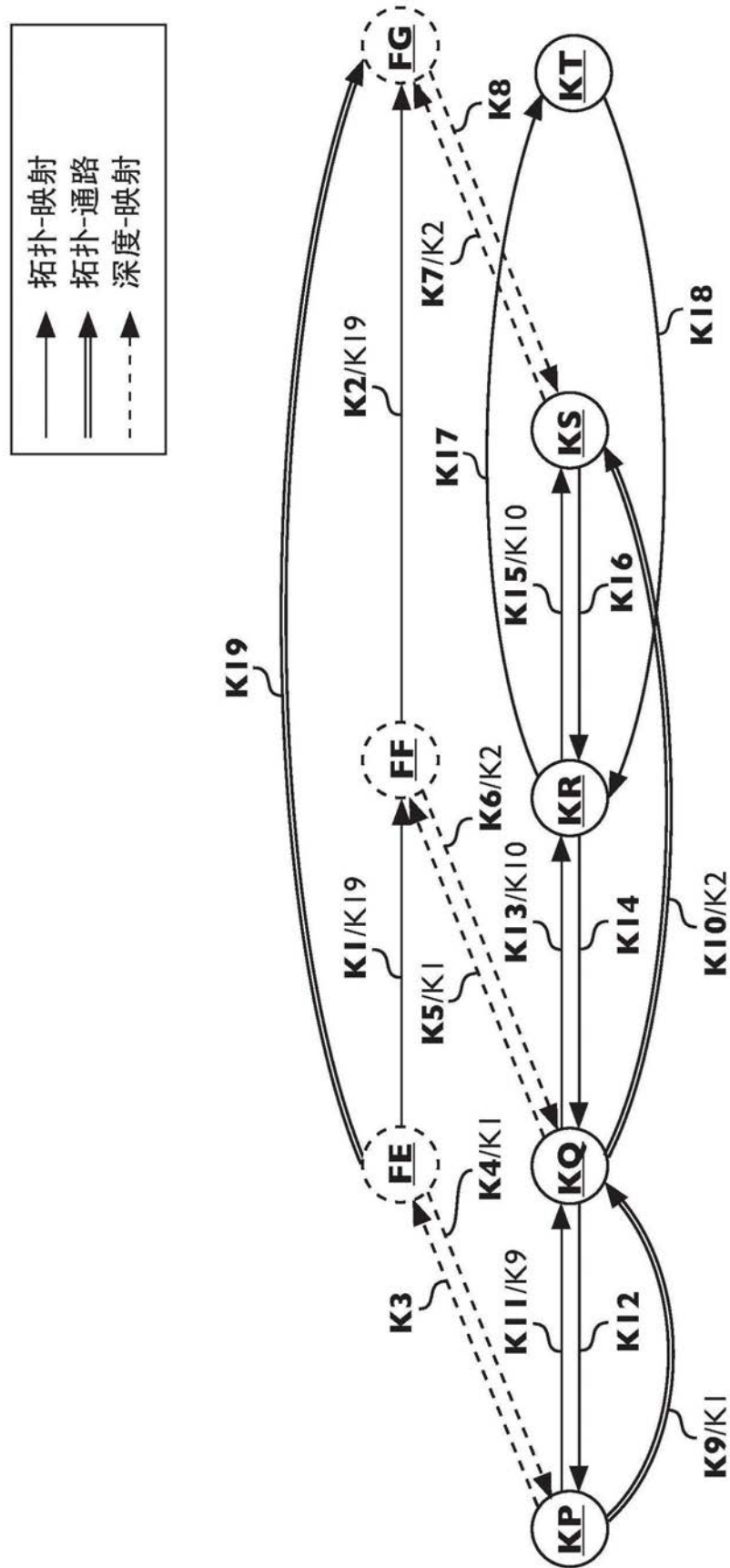


图12F

$K3 = KP - (\text{深度-映射}) \rightarrow FE$
 $K4 = FE - (\text{深度-映射}) \rightarrow KP$
 $K5 = KQ - (\text{深度-映射}) \rightarrow FF$
 $K6 = FF - (\text{深度-映射}) \rightarrow KQ$
 $K7 = KS - (\text{深度-映射}) \rightarrow FG$
 $K8 = FG - (\text{深度-映射}) \rightarrow KS$

图12G

拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + K9/K1 + K5/K1$
拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + K10/K2 + K7/K2$

图12H

拓扑-通路 $K19 = K1/K19 + K2/K19$

图12I

步骤 1	拓扑-通路 $K19 = K1/K19 + K2/K19 =$
步骤 2	$(K4/K1 + K9/K1 + K5/K1)/K19 + (K6/K2 + K10/K2 + K7/K2)/K19 =$
步骤 3	$(K4/K1 + (K11/K9)/K1 + K5/K1)/K19 +$ $(K6/K2 + (K13/K10 + K15/K10)/K2 + K7/K2)/K19 =$
步骤 4	$K4/K1/K19 + K11/K9/K1/K19 + K5/K1/K19 +$ $K6/K2/K19 + K13/K10/K2/K19 + K15/K10/K2/K19 + K7/K2/K19 =$
步骤 5	FE-(深度-映射 $K4/K1/K19$)-> KP-(拓扑-映射 $p211:K11/K9/K1/K19:p212$)-> KQ-(深度-映射 $K5/K1/K19$)-> FF-(深度-映射 $K6/K2/K19$)-> KQ-(拓扑-映射 $p213:K13/K10/K2/K19:p214$)-> KR-(拓扑-映射 $p215: K15/K10/K2/K19:p216$)-> KS-(深度-映射 $K7/K2/K19$)->FG

图12J

边缘-命名	交换-识别符
K11	源 p211, 目的 p212
K12	源 p212, 目的 p211
K13	源 p213, 目的 p214
K14	源 p214, 目的 p213
K15	源 p215, 目的 p216
K16	源 p216, 目的 p215
K17	源 p217, 目的 p218
K18	源 p218, 目的 p217
K19	源 FE, 目的 FG

图12K

节点	输入端口	输出端口	一组传入边缘关系	一组传出边缘关系
KP	无	p211	无	K11 (源 p211, 目的 p212) / K19 (源 FE, 目的 FG)
KQ	p212	p213	K11 (源 p211, 目的 p212) / K19 (源 FE, 目的 FG)	K13 (源 p213, 目的 p214) / K19 (源 FE, 目的 FG)
KR	p214	p215	K13 (源 p213, 目的 p214) / K19 (源 FE, 目的 FG)	K15 (源 p215, 目的 p216) / K19 (源 FE, 目的 FG)
KS	p216	无	K15 (源 p215, 目的 p216) / K19 (源 FE, 目的 FG)	无

图12L

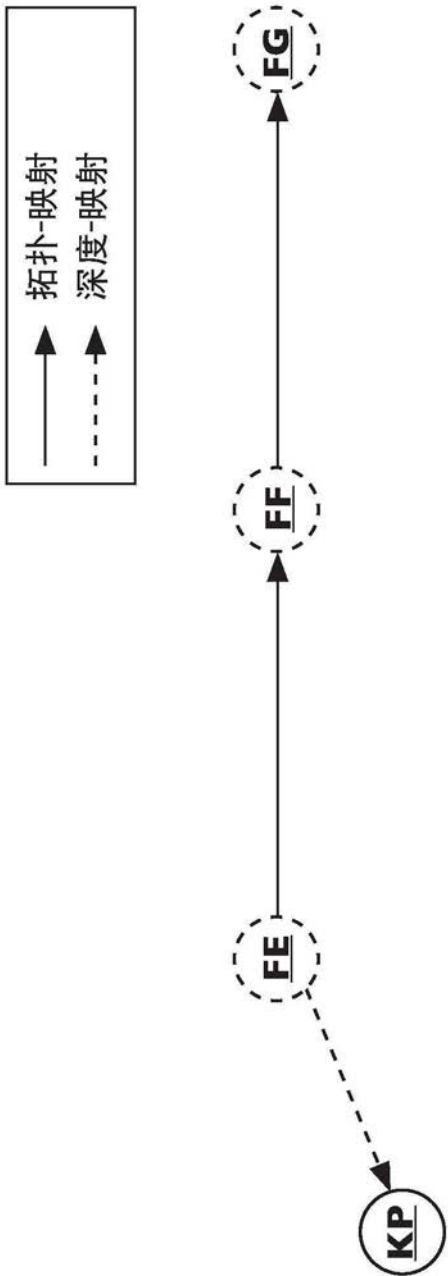


图13A

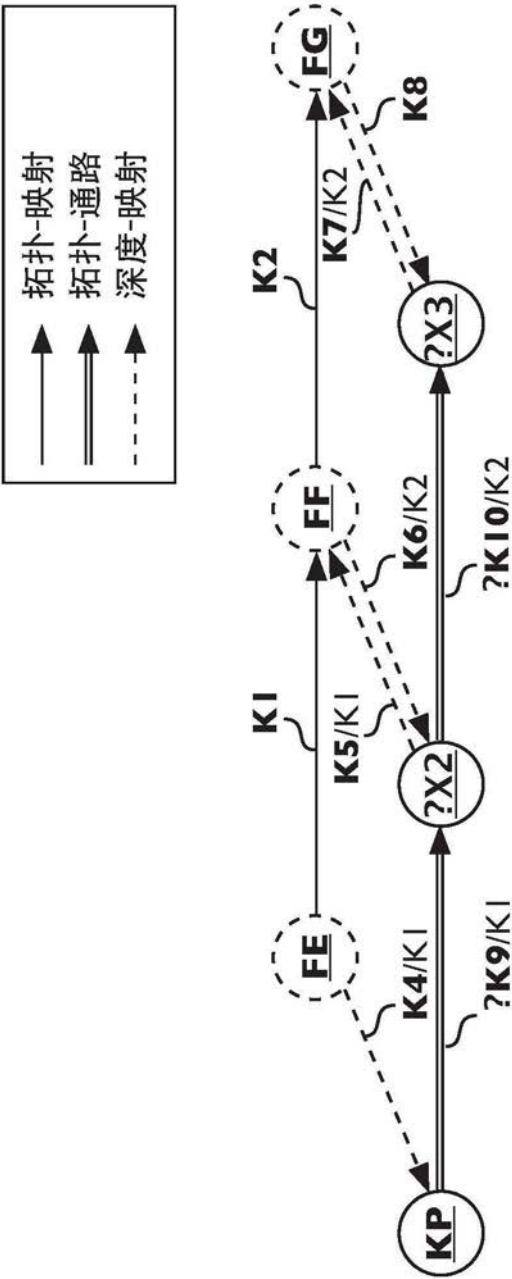


图13B

K4 = FE-(深度-映射)->KP
K5 = ?X2-(深度-映射)->FF
K6 = FF-(深度-映射)->?X2
K7 = ?X3-(深度-映射)->FG
K8 = FG-(深度-映射)->?X3

图13C

步骤 1	拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 + K5/K1 =$
步骤 2	FE-(深度-映射 $K4/K1$)-> KP- $?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 \rightarrow ?X2$ -(深度-映射 $K5/K1$)->FF

图13D

拓扑-映射 K1的 物理实体	KP- $?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 \rightarrow ?X2$
拓扑-映射 K2的 物理实体	$?X2 - ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 \rightarrow ?X3$
搜索声明	(KP- $?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 \rightarrow ?X2$) AND ($?X2 - ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 \rightarrow ?X3$)

图13E

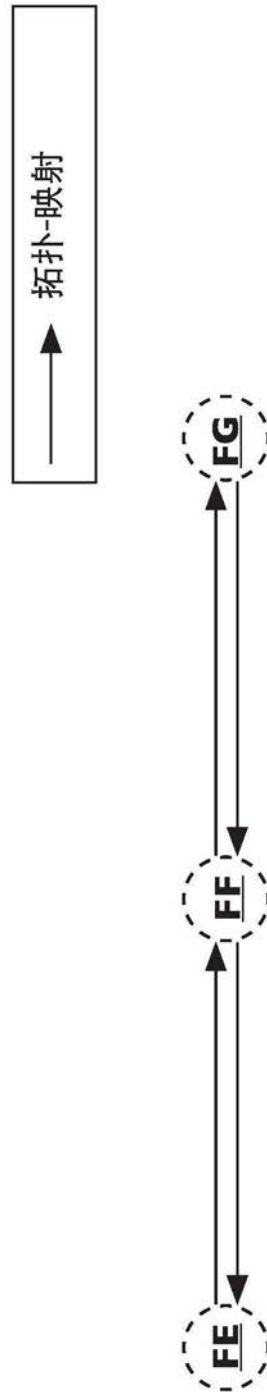


图14A

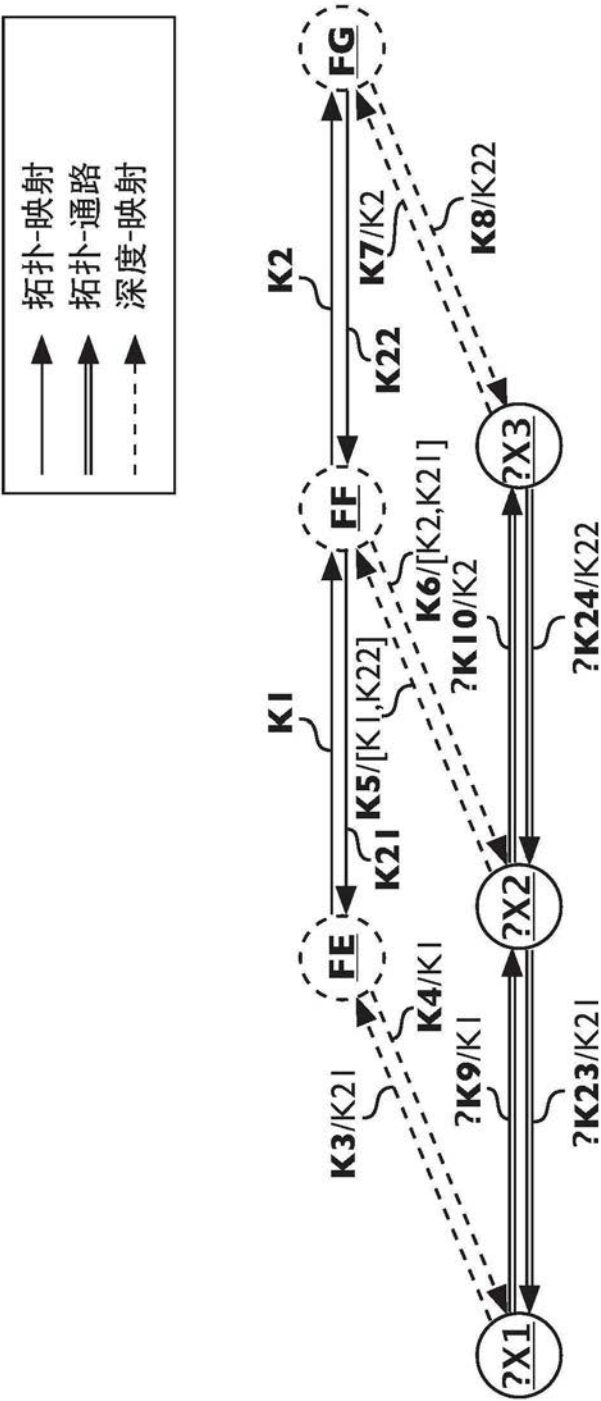


图14B

拓扑-映射 $K_{21} = K_6/K_{21} + ?K_{23}[\text{拓扑-通路}]/K_{21} + K_3/K_{21}$
拓扑-映射 $K_{22} = K_8/K_{22} + ?K_{24}[\text{拓扑-通路}]/K_{22} + K_5/K_{22}$

图14C

步骤 1	拓扑-映射 $K21 = K6/K21 + ?K23[\text{拓扑-通路}]/K21 + K3/K21 =$
步骤 2	FF-(深度-映射 $K6/K21$)-> $?X2 - ?K23[\text{拓扑-通路}]/K21 \rightarrow ?X1 - (\text{深度-映射 } K3/K21) \rightarrow FE$

图14D

步骤 1	拓扑-映射 $K22 = K8/K22 + ?K24[\text{拓扑-通路}]/K22 + K5/K22 =$
步骤 2	FG-(深度-映射 $K8/K22$)-> $?X3 - ?K24[\text{拓扑-通路}]/K22 \rightarrow ?X2 - (\text{深度-映射 } K5/K22) \rightarrow FF$

图14E

拓扑-映射 K1的 物理实体	$?X1 - ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 \rightarrow ?X2$
拓扑-映射 K2的 物理实体	$?X2 - ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 \rightarrow ?X3$
拓扑-映射 K21的 物理实体	$?X2 - ?K23[\text{拓扑-通路}]/K21 \rightarrow ?X1$
拓扑-映射 K22的 物理实体	$?X3 - ?K24[\text{拓扑-通路}]/K22 \rightarrow ?X2$
搜索声明	$(?X1 - ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 \rightarrow ?X2)$ AND $(?X2 - ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 \rightarrow ?X3)$ AND $(?X2 - ?K23[\text{拓扑-通路}]/K21 \rightarrow ?X1)$ AND $(?X3 - ?K24[\text{拓扑-通路}]/K22 \rightarrow ?X2)$

图14F

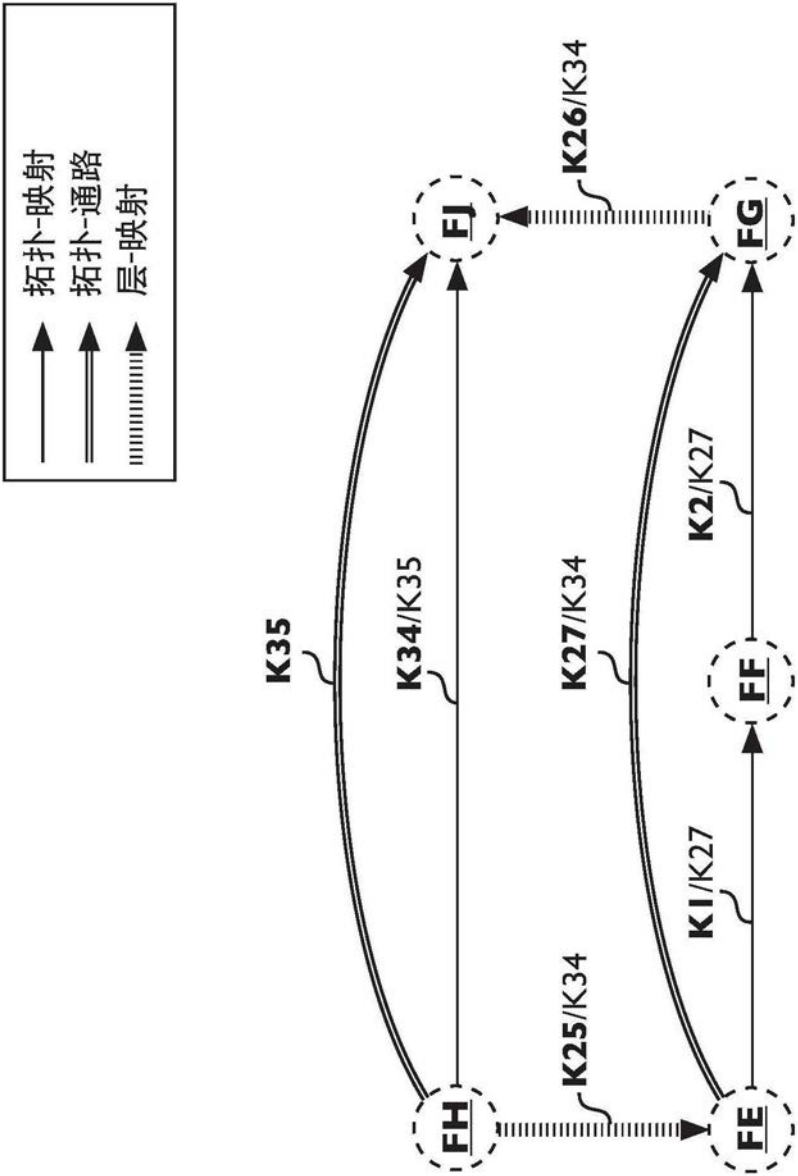


图15A

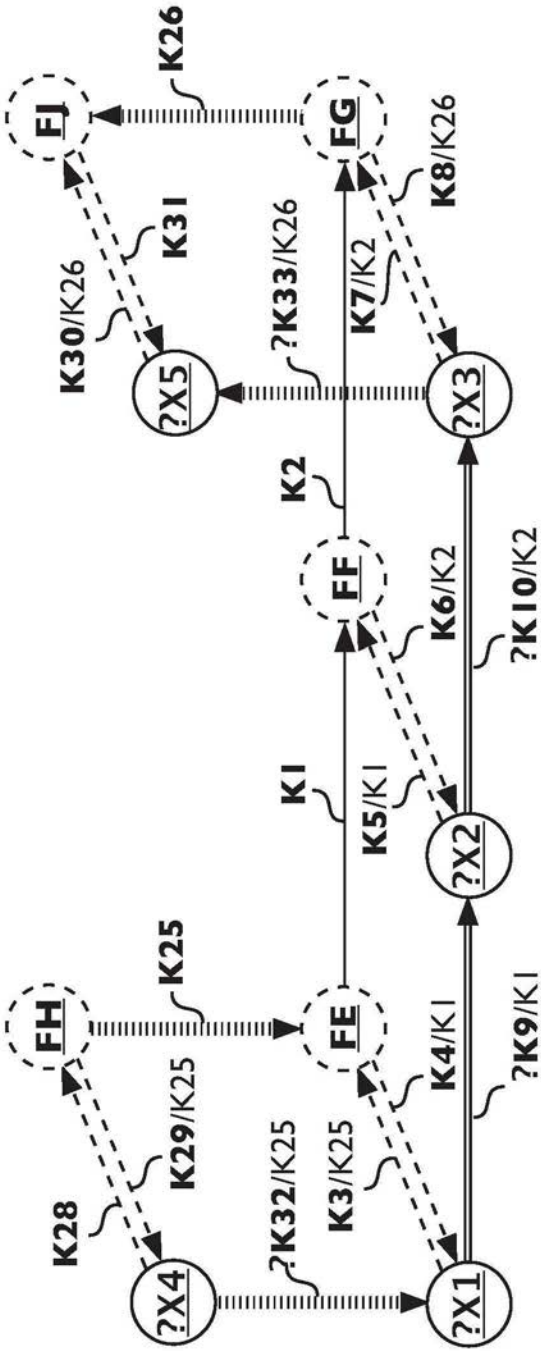


图15B

$K3 = ?X1 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FE$
 $K4 = FE - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X1$
 $K5 = ?X2 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FF$
 $K6 = FF - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X2$
 $K7 = ?X3 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FG$
 $K8 = FG - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X3$
 $K28 = ?X4 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FH$
 $K29 = FH - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X4$
 $K30 = ?X5 - (\text{深度-映射}) \rightarrow FJ$
 $K31 = FJ - (\text{深度-映射}) \rightarrow ?X5$

图15C

拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + ?K9[\text{拓扑-通路}]/K1 + K5/K1$
 拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + ?K10[\text{拓扑-通路}]/K2 + K7/K2$
 层-映射 $K25 = K29/K25 + ?K32[\text{层-映射}]/K25 + K3/K25$
 层-映射 $K26 = K8/K26 + ?K33[\text{层-映射}]/K26 + K30/K26$
 拓扑-通路 $K27 = K1/K27 + K2/K27$
 拓扑-映射 $K34 = K25/K34 + K27/K34 + K26/K34$
 拓扑-通路 $K35 = K34/K35$

图15D

步骤 1	层-映射 $K25 = K29/K25 + ?K32[\text{层-映射}]/K25 + K3/K25 =$
步骤 2	$FH - (\text{深度-映射 } K29/K25) \rightarrow$ $?X4 - ?K32[\text{层-映射}]/K25 \rightarrow ?X1 - (\text{深度-映射 } K3/K25) \rightarrow FE$

图15E

步骤 1	层-映射 K26 = K8/K26+?K33[层-映射]/K26+K30/K26
步骤 2	FG-(深度-映射 K8/K26)-> ?X3-?K33[层-映射]/K26->?X5-(深度-映射 K30/K26)->FJ

图15F

拓扑-映射 K1的 物理实体	?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2
拓扑-映射 K2的 物理实体	?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3
层-映射 K25的 物理实体	?X4-?K32[层-映射]/K25->?X1
层-映射 K26的 物理实体	?X3-?K33[层-映射]/K26->?X5
搜索声明	(?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2) AND (?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3) AND (?X4-?K32[层-映射]/K25->?X1) AND (?X3-?K33[层-映射]/K26->?X5)

图15G

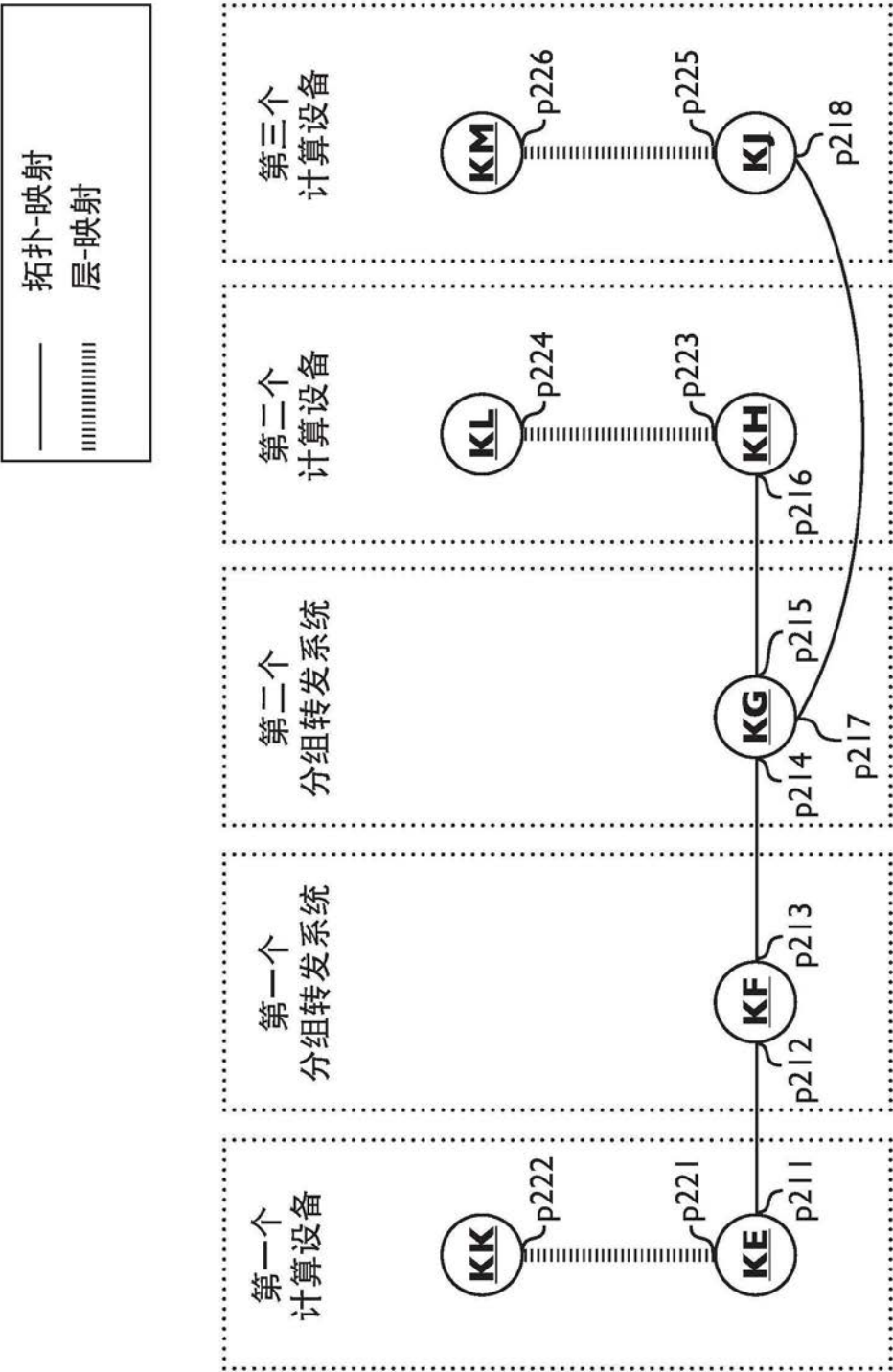


图16A

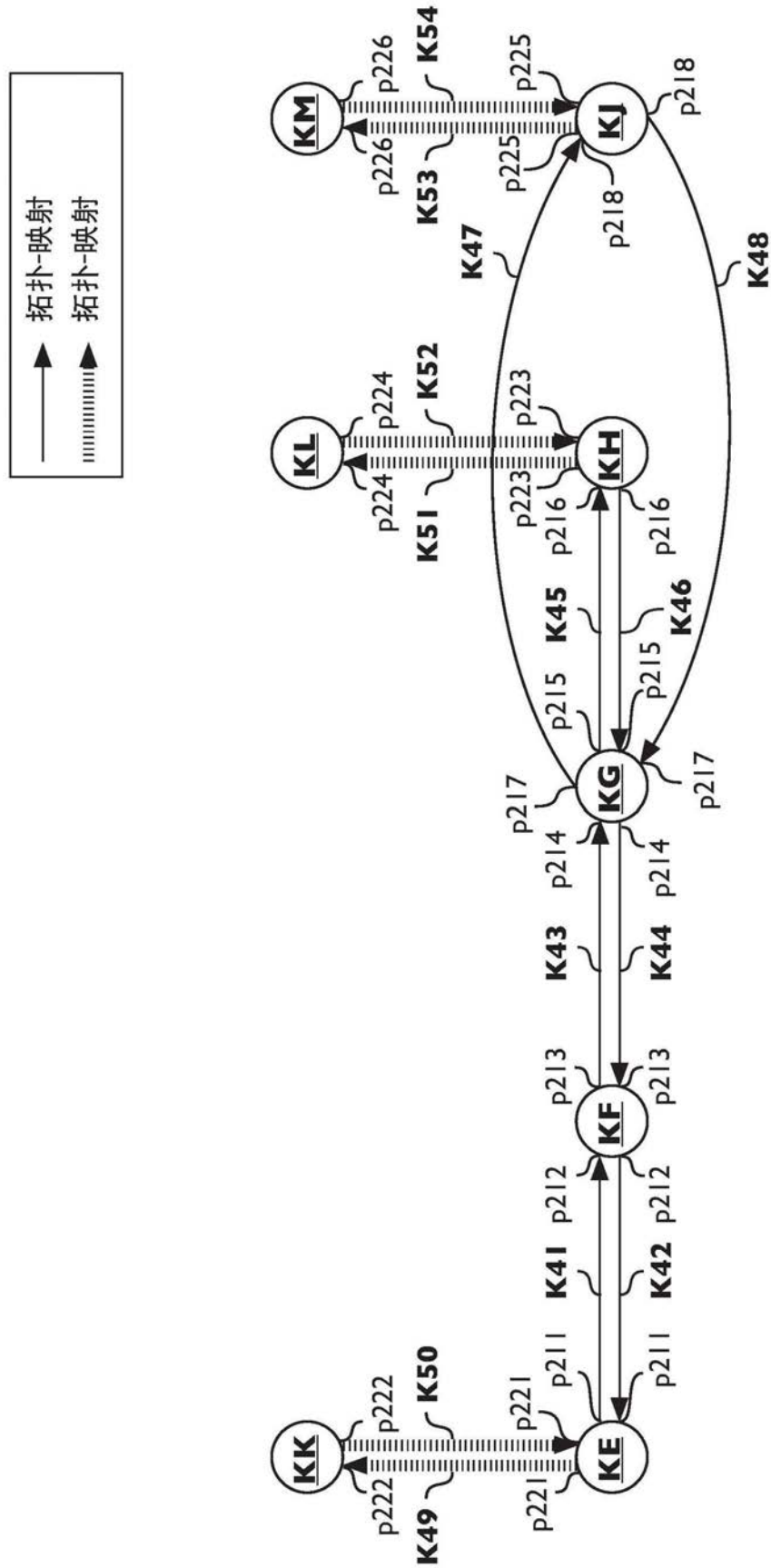


图16B

K41 = KE-(拓扑-映射 p211::p212)->KF
K42 = KF-(拓扑-映射 p212::p211)->KE
K43 = KF-(拓扑-映射 p213::p214)->KG
K44 = KG-(拓扑-映射 p214::p213)->KF
K45 = KG-(拓扑-映射 p215::p216)->KH
K46 = KH-(拓扑-映射 p216::p215)->KG
K47 = KG-(拓扑-映射 p217::p218)->KJ
K48 = KJ-(拓扑-映射 p218::p217)->KG

K49 = KE-(层-映射 p221::p222)->KK
K50 = KK-(层-映射 p222::p221)->KE
K51 = KH-(层-映射 p223::p224)->KL
K52 = KL-(层-映射 p224::p223)->KH
K53 = KJ-(层-映射 p225::p226)->KM
K54 = KM-(层-映射 p226::p225)->KJ

图16C

未知物理节点	物理节点
?X1	KE
?X2	KG
?X3	KJ
?X4	KK
?X5	KM

图16D

未知物理拓扑通路	物理拓扑通路
?K9[拓扑-通路]	拓扑-通路 $K9=K41/K9+K43/K9$
?K10[拓扑-通路]	拓扑-通路 $K10=K47/K10$

图16E

未知物理层映射	物理层-映射
?K32[层-映射]	层-映射 K50
?K33[层-映射]	层-映射 K53

图16F

K3 = KE-(深度-映射)->FE K4 = FE-(深度-映射)->KE K5 = KG-(深度-映射)->FF K6 = FF-(深度-映射)->KG K7 = KJ-(深度-映射)->FG K8 = FG-(深度-映射)->KJ K28 = KK-(深度-映射)->FH K29 = FH-(深度-映射)->KK K30 = KM-(深度-映射)->FJ K31 = FJ-(深度-映射)->KM

图16G

拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + K9/K1 + K5/K1$
拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + K10/K2 + K7/K2$
层-映射 $K25 = K29/K25 + K50/K25 + K3/K25$
层-映射 $K26 = K8/K26 + K53/K26 + K30/K26$

图16H

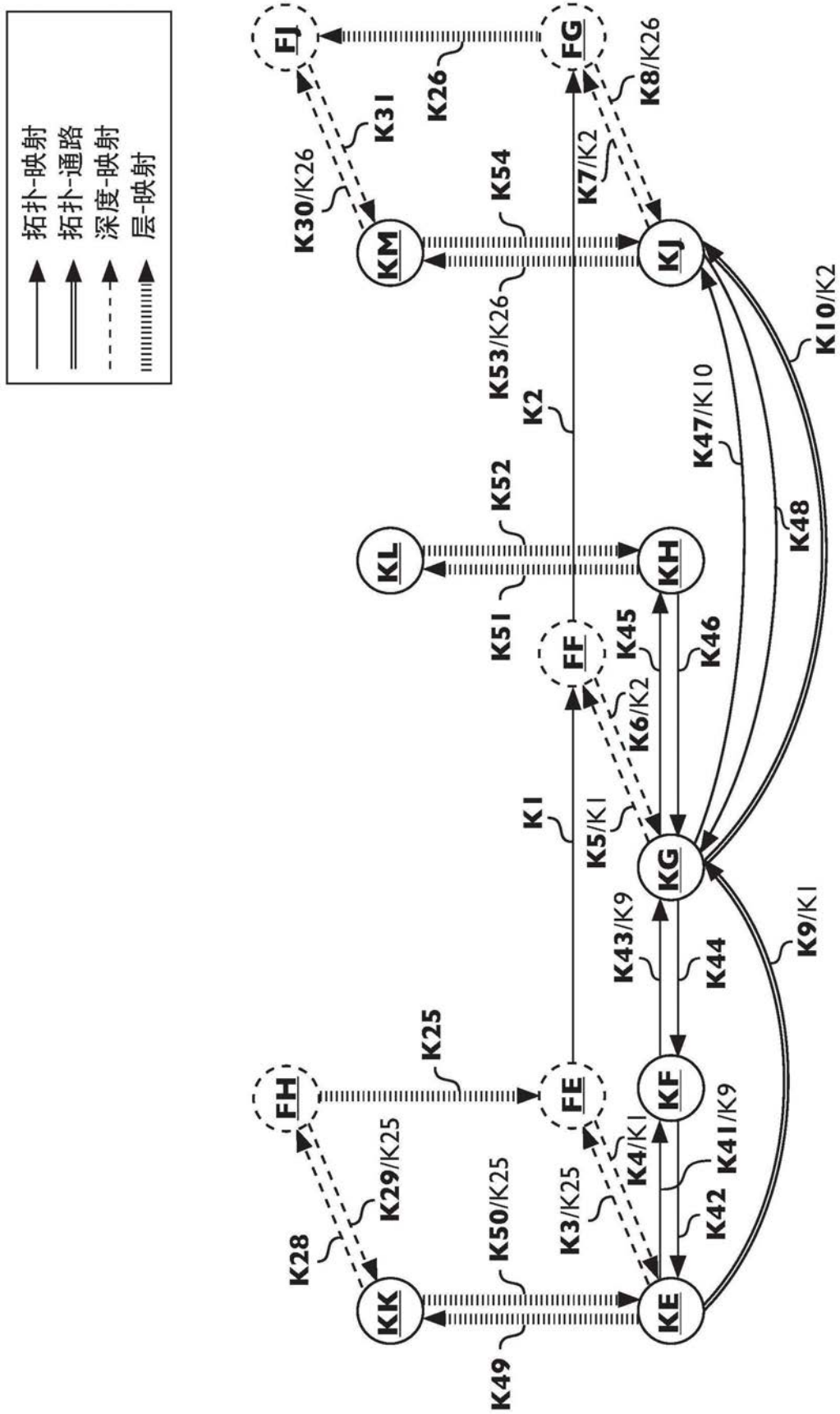


图16I

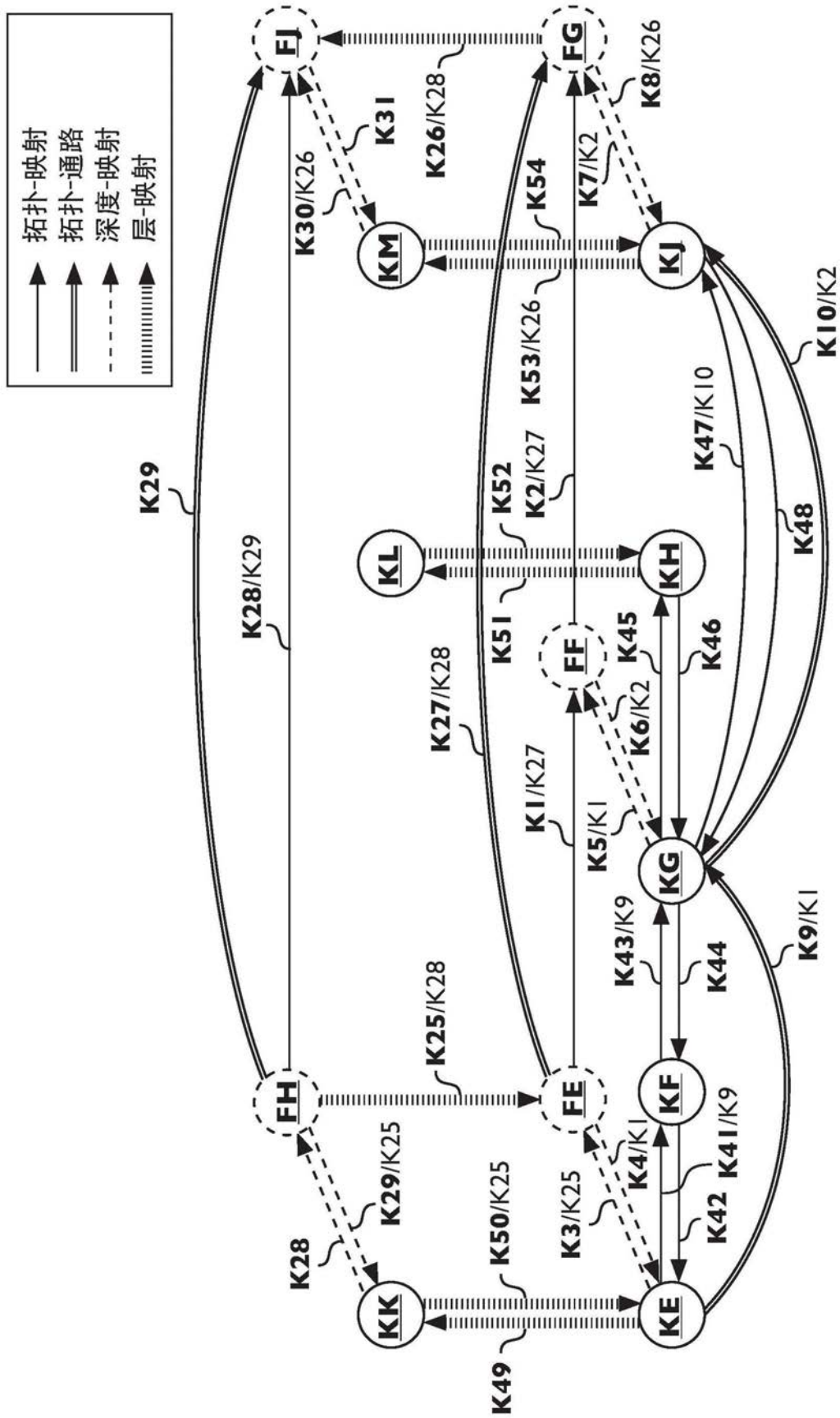


图16J

步骤 1	拓扑-通路 $K35 = K34/K35 =$
步骤 2	$K25/K34/K35 + K27/K34/K35 + K26/K34/K35 =$
步骤 3	$K29/K25/K34/K35 + K50/K25/K34/K35 + K3/K25/K34/K35 +$ $K1/K27 + K2/K27 + K8/K26/K34/K35 + K53/K26/K34/K35 +$ $K30/K26/K34/K35 =$
步骤 4	$K29/K25/K34/K35 + K50/K25/K34/K35 + K3/K25/K34/K35 +$ $K4/K1/K27 + K9/K1/K27 + K5/K1/K27 + K6/K2/K27 + K10/K2/K27 +$ $K7/K2/K27 + K8/K26/K34/K35 + K53/K26/K34/K35 +$ $K30/K26/K34/K35 =$
步骤 5	$K29/K25/K34/K35 + K50/K25/K34/K35 + K3/K25/K34/K35 +$ $K4/K1/K27 + K41/K9/K1/K27 + K43/K9/K1/K27 + K5/K1/K27 +$ $K6/K2/K27 + K47/K10/K2/K27 + K7/K2/K27 + K8/K26/K34/K35 +$ $K53/K26/K34/K35 + K30/K26/K34/K35 =$
步骤 6	FH-(深度-映射 $K29/K25/K34/K35$)-> KK-(层-映射 $p222: K50/K25/K34/K35:p221$)-> KE-(深度-映射 $K3/K25/K34/K35$)-> FE-(深度-映射 $K4/K1/K27$)-> KE-(拓扑-映射 $p211: K41/K9/K1/K27:p212$)-> KF-(拓扑-映射 $p213: K43/K9/K1/K27:p214$)-> KG-(深度-映射 $K5/K1/K27$)-> FF-(深度-映射 $K6/K2/K27$)-> KG-(拓扑-映射 $p217: K47/K10/K2/K27:p218$)-> KJ-(深度-映射 $K7/K2/K27$)-> FG-(深度-映射 $K8/K26/K34/K35$)-> KJ-(层-映射 $p225: K53/K26/K34/K35:p226$)-> KM-(深度-映射 $K30/K26/K34/K35$)->FJ

图17A

节点	输入端口	输出端口	一组传入边缘关系	一组传出边缘关系
KK	无	p222	无	K50/K25/K34/ K35
KE	p221	p211	K50/K25/K34/K35—	K41 /K9/K1/ K27
KF	p212	p213	K41 /K9/K1/ K27	K43 /K9/K1/ K27
KG	p214	p217	K43 /K9/K1/ K27	K47 /K10/K2/ K27
KJ	p218	p225	K47 /K10/K2/ K27	K53/K26/K34/K35
KM	p226	无	K53/K26/K34/ K35	无

图17B

边缘-命名	交换-识别符
K41	源 p211, 目的 p212
K42	源 p212, 目的 p211
K43	源 p213, 目的 p214
K44	源 p214, 目的 p213
K45	源 p215, 目的 p216
K46	源 p216, 目的 p215
K47	源 p217, 目的 p218
K48	源 p218, 目的 p217
K27	源 1:2:3:4:11:11:11:10, 目的 1:2:3:5:11:11:11:13, 流-标签 100
K35	TCP, 源 端口 80, 目的 端口 80

图17C

设备	节点	输入端口	输出端口	一组传入边缘关系	一组传出边缘关系
第一个 计算设备	KK	无	p222	无	K35 (TCP, 无 源 端口 80, 目的 端口 80)
	KE	p221	p211	无	K41 (源 p211, 目的 p212) /
					K27 (源 1:2:3:4:1:1:1:1:1:10, 目的 1:2:3:5:1:1:1:1:1:13, 流-标签 100)
第一个 分组转发系统	KF	p212	p213	K41 (源 p211, 目的 p212) / K27 (源 1:2:3:4:1:1:1:1:1:10, 目的 1:2:3:5:1:1:1:1:1:13, 流-标签 100)	K43 (源 p213, 目的 p214) / K27 (源 1:2:3:4:1:1:1:1:1:10, 目的 1:2:3:5:1:1:1:1:1:13, 流-标签 100)
第二个 分组转发系统	KG	p214	p217	K43 (源 p213, 目的 p214) / K27 (源 1:2:3:4:1:1:1:1:1:10, 目的 1:2:3:5:1:1:1:1:1:13, 流-标签 100)	K47 (源 p217, 目的 p218) / K27 (源 1:2:3:4:1:1:1:1:1:10, 目的 1:2:3:5:1:1:1:1:1:13, 流-标签 100)
第三个 计算设备	KJ	p218	p225	K47 (源 p217, 目的 p218) / K27 (源 1:2:3:4:1:1:1:1:1:10, 目的 1:2:3:5:1:1:1:1:1:13, 流-标签 100)	无
	KM	p226	无	K35 (TCP, 源 端口 80, 目的 端口 80)	无

图17D

边缘-命名	交换-识别符
K41	源 p211, 目的 p212
K42	源 p212, 目的 p211
K43	源 p213, 目的 p214
K44	源 p214, 目的 p213
K45	源 p215, 目的 p216
K46	源 p216, 目的 p215
K47	源 p217, 目的 p218
K48	源 p218, 目的 p217
K27	源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源 端口 80, 目的 端口 80
K35	HTTP 请求 1

图17E

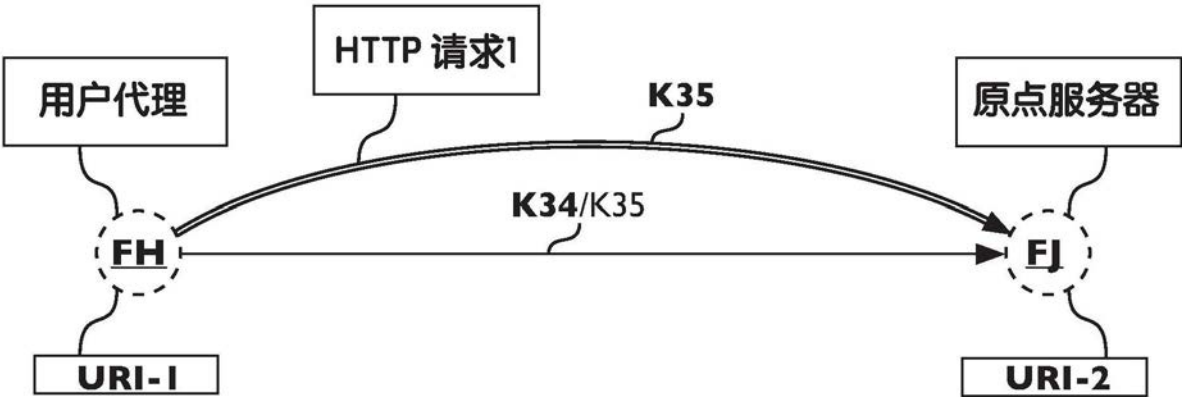


图17F

设备	节点	输入端口	输出端口	一组传入边缘关系	一组传出边缘关系
第一个 计算设备	KK	无	p222	无	K35 (HTTP 请求 1)
	KE	p221	p211	无	K41 (源 p211, 目的 p212) / K27 (源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源端口 80, 目的端口 80)
第一个 分组转发系统	KF	p212	p213	K41 (源 p211, 目的 p212) / K27 (源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源端口 80, 目的端口 80)	K43 (源 p213, 目的 p214) / K27 (源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源端口 80, 目的端口 80)
第二个 分组转发系统	KG	p214	p217	K43 (源 p213, 目的 p214) / K27 (源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源端口 80, 目的端口 80)	K47 (源 p217, 目的 p218) / K27 (源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源端口 80, 目的端口 80)
第三个 计算设备	KJ	p218	p225	K47 (源 p217, 目的 p218) / K27 (源 100.100.100.100, 目的 100.100.100.200, TCP, 源端口 80, 目的端口 80)	无
	KM	p226	无	K35 (HTTP 请求 1)	无

图17G

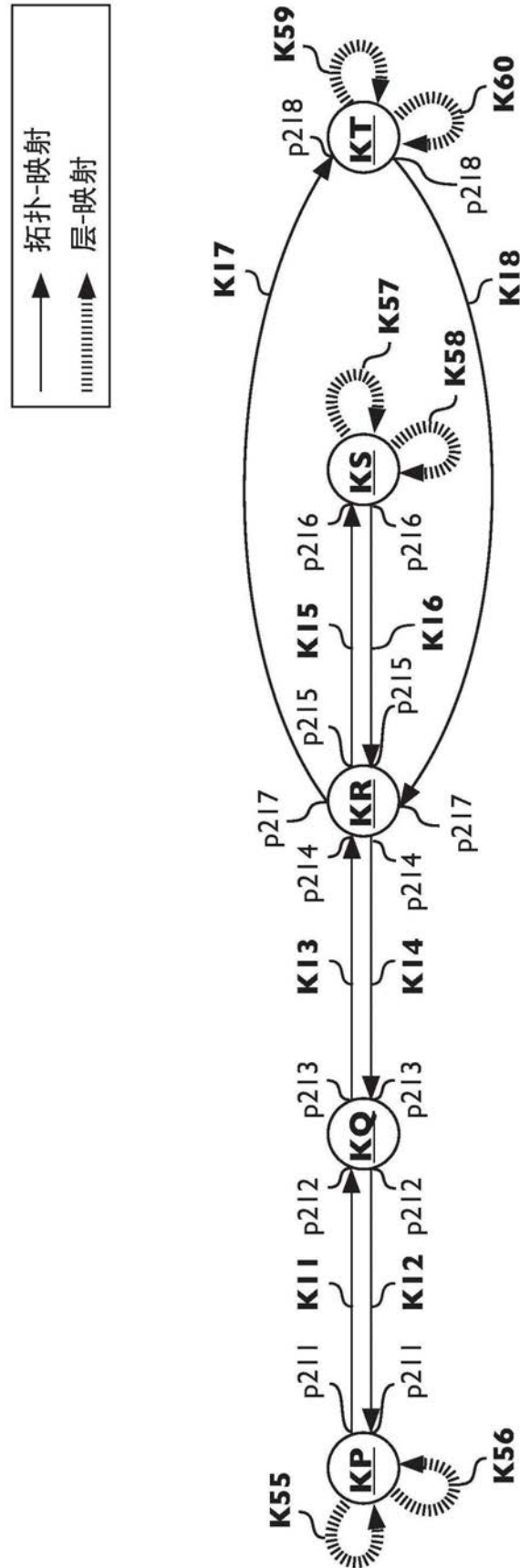


图18A

K55 = KP-(减少的层映射)->KP
K56 = KP-(增加的层-映射)->KP
K57 = KS-(减少的层映射)->KS
K58 = KS-(增加的层-映射)->KS
K59 = KT-(减少的层映射)->KT
K60 = KT-(增加的层-映射)->KT

图18B

未知物理节点	物理节点
?X1	KP
?X2	KR
?X3	KT

图18C

未知物理拓扑通路	物理拓扑通路
?K9[拓扑-通路]	拓扑-通路 $K9=K11/K9+K13/K9$
?K10[拓扑-通路]	拓扑-通路 $K10=K17/K10$

图18D

未知物理层映射	物理层-映射
?K32[减少的层映射]	减少的层映射 K55
?K33[增加的层-映射]	增加的层-映射 K60

图18E

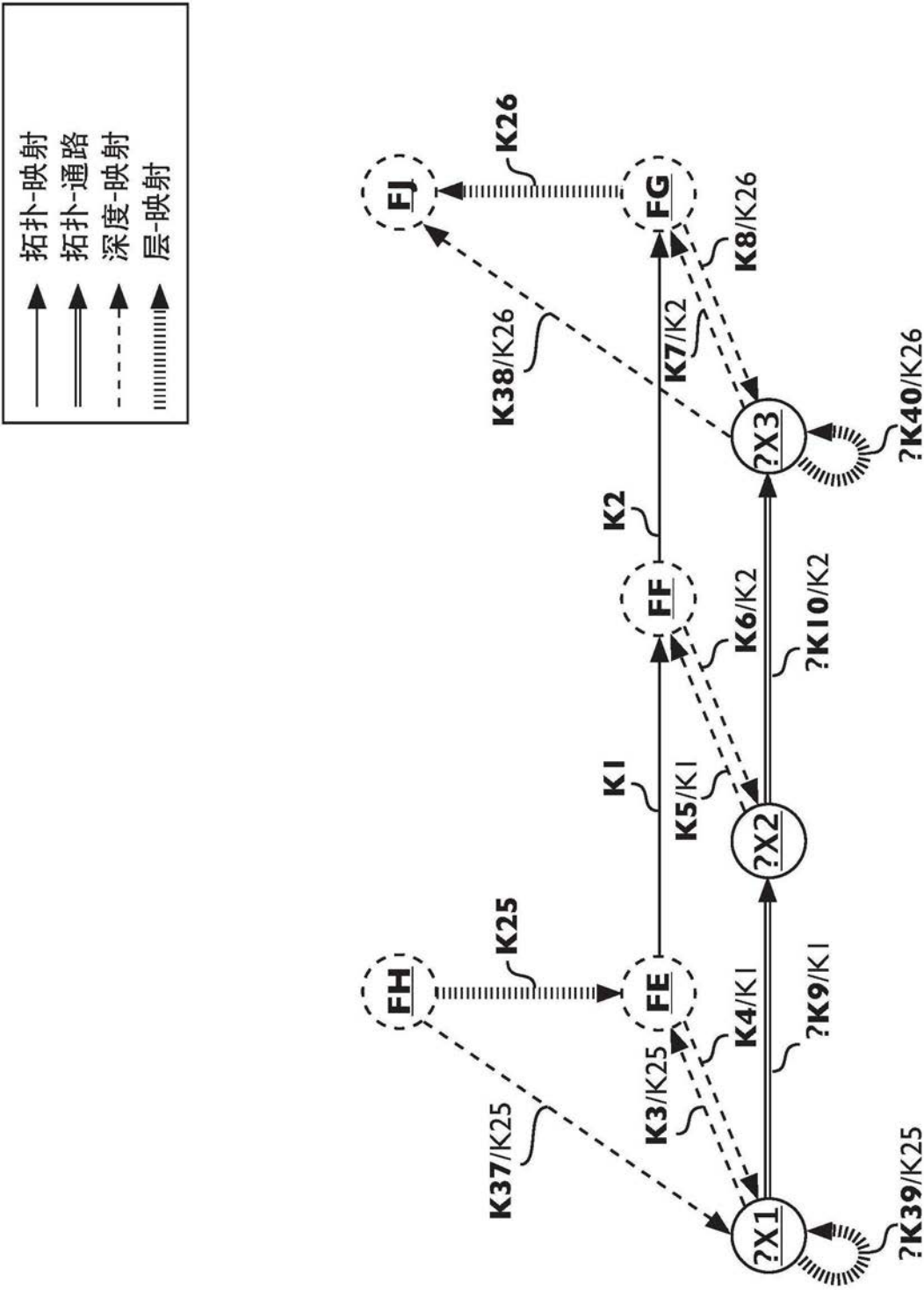


图19A

$K3 = ?X1-(深度-映射) \rightarrow FE$
 $K4 = FE-(深度-映射) \rightarrow ?X1$
 $K5 = ?X2-(深度-映射) \rightarrow FF$
 $K6 = FF-(深度-映射) \rightarrow ?X2$
 $K7 = ?X3-(深度-映射) \rightarrow FG$
 $K8 = FG-(深度-映射) \rightarrow ?X3$
 $K37 = FH-(深度-映射) \rightarrow ?X1$
 $K38 = ?X3-(深度-映射) \rightarrow FJ$

图19B

拓扑-映射 $K1 = K4/K1 + ?K9[拓扑-通路]/K1 + K5/K1$
 拓扑-映射 $K2 = K6/K2 + ?K10[拓扑-通路]/K2 + K7/K2$
 减少的层映射 $K25 = K37/K25 + ?K39[减少的层映射]/K25 + K3/K25$
 增加的层-映射 $K26 = K8/K26 + ?K40[增加的层-映射]/K26 + K38/K26$

图19C

步骤 1	减少的层映射 $K25 = K37/K25 + ?K39[减少的层映射]/K25 + K3/K25 =$
步骤 2	$FH-(深度-映射 K37/K25) \rightarrow$ $?X1-?K39[减少的层映射]/K25 \rightarrow ?X1-(深度-映射 K3/K25) \rightarrow FE$

图19D

步骤 1	增加的层-映射 $K26 = K8/K26 + ?K40[增加的层-映射]/K26 + K38/K26 =$
步骤 2	$FG-(深度-映射 K8/K26) \rightarrow$ $?X3-?K40[增加的层-映射]/K26 \rightarrow ?X3-(深度-映射 K38/K26) \rightarrow FJ$

图19E

(?X1-?K9[拓扑-通路]/K1->?X2)
AND
(?X2-?K10[拓扑-通路]/K2->?X3)
AND
(?X1-?K39[减少的层映射]/K25->?X1)
AND
(?X3-?K40[增加的层-映射]/K26->?X3)

图19F

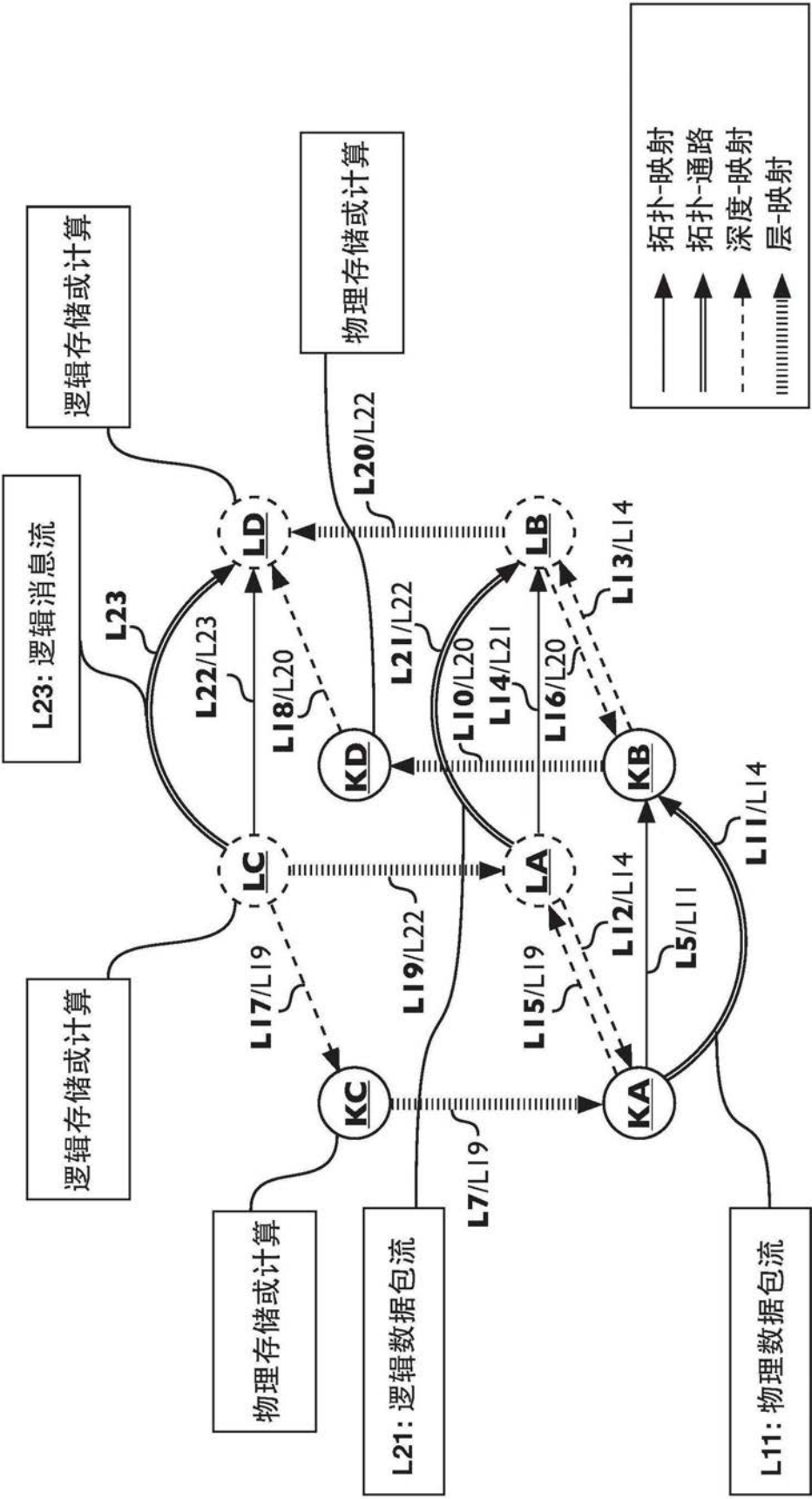


图20

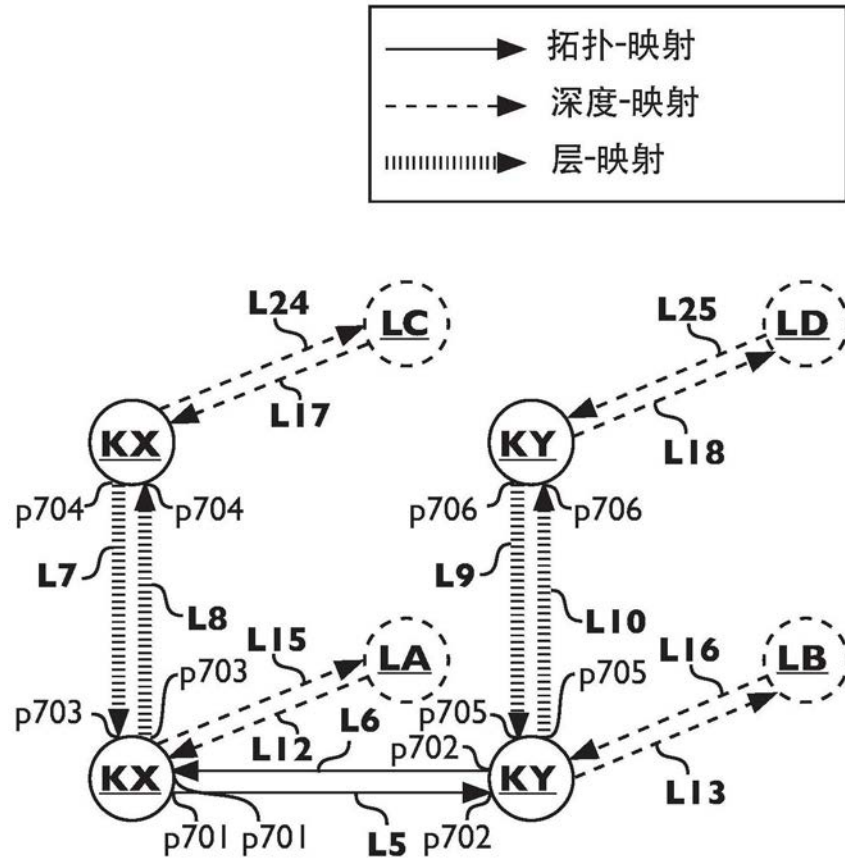


图21A

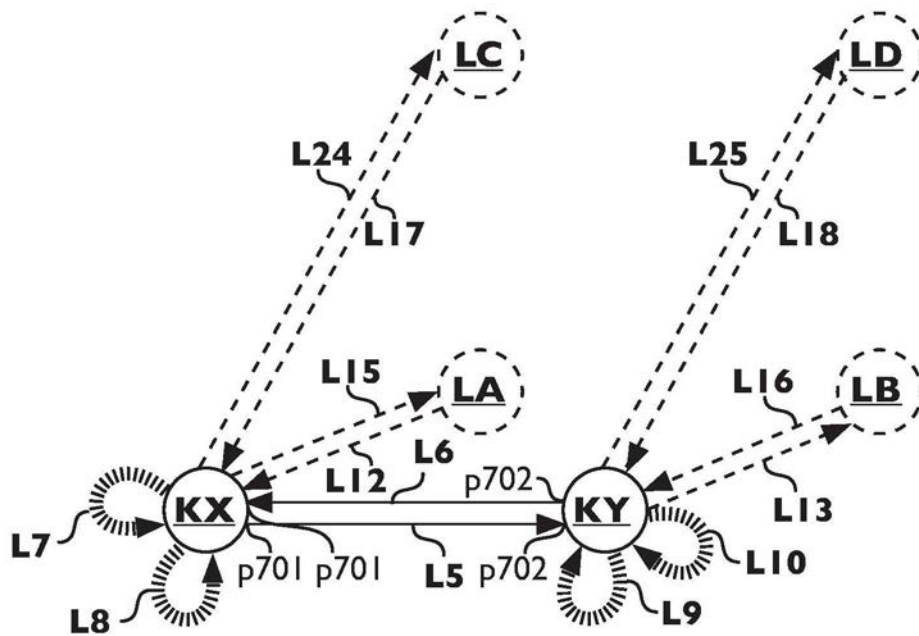


图21B