(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107735986 B
(45)授权公告日 2019.02.05

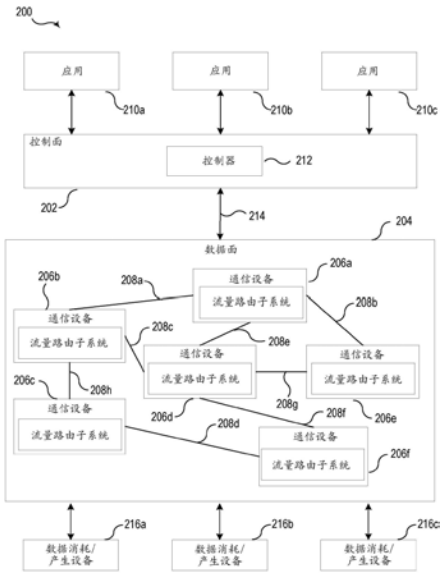
(21)申请号 201680033567.6
(22)申请日 2016.06.20
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107735986 A
(43)申请公布日 2018.02.23
(30)优先权数据
14/803,733 2015.07.20 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.12.08
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/038419 2016.06.20
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2017/014891 EN 2017.01.26
(73)专利权人 施瓦哲工程实验有限公司
地址 美国华盛顿州
(72)发明人 贾森·A·迪里恩 马克·赖安·伯纳 乔什·鲍尔斯
(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
代理人 陆建萍 杨明钊
(51)Int.Cl.
H04L 12/26(2006.01)
H04L 12/28(2006.01)
H04L 12/725(2006.01)
(56)对比文件
US 2003125924 A1,2003.07.03,
US 2003133443 A1,2003.07.17,
US 2005025141 A1,2005.02.03,
US 2009313189 A1,2009.12.17,
US 2013159865 A1,2013.06.20,
CN 104734954 A,2015.06.24,
CN 104283786 A,2015.01.14,
审查员 李倩
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54)发明名称

评估软件定义网络中的流量流的系统和方法

(57)摘要

本公开涉及用于模拟软件定义网络(“SDN”)内的数据分组路由、可视化模拟的结果并准许用户搜索所得到的模拟的系统和方法。在一个指定的实施例中,系统可以从用户接收与待在SDN中进行模拟的分组相关联的模拟参数。可以基于至少一个模拟参数生成分组。SDN对分组的响应可以通过识别可应用的流量路由规则并基于可应用的流量路由规则识别后续目的地来进行模拟。后续目的地的记录可以被添加到模拟结果,并且过程可以继续直到满足终止条件。



CN 107735986 B

1.一种被配置为评估软件定义网络SDN中的流量流的系统,所述系统包括:

用户接口子系统,所述用户接口子系统被配置为从用户接收与待在所述SDN中进行模拟的至少一个分组相关联的至少一个模拟参数;

模拟子系统,所述模拟子系统被配置为:

基于所述至少一个模拟参数来生成所述至少一个分组;

基于迭代过程来模拟对所述至少一个模拟参数的响应,所述迭代过程被配置为:

基于所述至少一个分组的至少一个属性来识别至少一个可应用的流量路由规则;

基于所述可应用的流量路由规则来识别后续目的地;

基于所述后续目的地将记录添加到模拟结果;

继续所述迭代过程直到满足终止条件;

表示子系统,所述表示子系统被配置为生成所述模拟结果的表示;以及

控制器,所述控制器被配置为将流量路由规则传送给所述SDN中的多个通信设备。

2.如权利要求1所述的系统,其中,所述用户接口子系统还被配置为基于用户动作显示与在所述SDN中的设备相关联的流表,并接收对所述流表的改变。

3.如权利要求1所述的系统,其中,所述表示包括所述至少一个分组的每个后续目的地的图形表示。

4.如权利要求3所述的系统,其中,所述图形表示包括覆盖在网络图上的所述模拟结果。

5.如权利要求1所述的系统,其中,所述模拟子系统还被配置为生成与所述至少一个分组相关联的故障转移路径,并且所述表示子系统还被配置为在所述表示中呈现所述故障转移路径。

6.如权利要求1所述的系统,其中,所述模拟参数包括满足多个可应用的流量路由规则的部分分组,并且所述表示反映所述部分分组的多个潜在路由。

7.如权利要求1所述的系统,其中,所述属性包括以下中的一个:目的地、优先级、数据类型、数据协议、MAC地址、源和VLAN标识符。

8.如权利要求1所述的系统,还包括查询子系统,所述查询子系统被配置为从用户接收查询,并且其中所述模拟子系统还被配置为识别所述模拟结果中的满足所述查询的子集。

9.如权利要求1所述的系统,其中,所述终止条件包括以下中的一个:所述至少一个分组到达最终目的地以及所述至少一个分组被丢弃。

10.如权利要求1所述的系统,其中,所述用户接口子系统还被配置为接收限制,以限定对在所述SDN中的单个通信流的响应。

11.一种用于评估软件定义网络SDN中的流量流的方法,所述方法包括:

从用户接收与待在所述SDN中进行模拟的至少一个分组相关联的至少一个模拟参数;

基于所述至少一个模拟参数来生成所述至少一个分组;

使用迭代过程来模拟对所述至少一个模拟参数的响应,包括:

基于所述至少一个分组的至少一个属性来识别至少一个可应用的流量路由规则;

基于所述可应用的流量路由规则来识别后续目的地;

基于所述后续目的地将记录添加到模拟结果;以及

继续所述迭代过程直到满足终止条件;

生成所述模拟结果的表示；

接收对至少一个流量路由规则的改变；

更新所述至少一个流量路由规则；以及

指定对所述SDN中的多个通信设备的流量路由规则。

12.如权利要求11所述的方法，其中，所述表示包括所述至少一个分组的每个后续目的地的图形表示。

13.如权利要求11所述的方法，还包括：生成与所述至少一个分组相关联的故障转移路径；并且其中，所述表示还包括所述故障转移路径。

14.如权利要求11所述的方法，其中，所述模拟参数包括满足多个可应用的流量路由规则的部分分组，并且所述表示反映所述部分分组的多个潜在路由。

15.如权利要求11所述的方法，包括：

接收来自用户的查询；

识别所述模拟结果中的满足所述查询的子集。

16.如权利要求15所述的方法，其中，所述查询包括与在所述SDN中的通信流相关联的属性。

17.如权利要求11所述的方法，其中，所述终止条件包括以下中的一个：所述至少一个分组到达最终目的地以及所述至少一个分组被丢弃。

18.如权利要求11所述的方法，还包括限定对在所述SDN中的单个通信流的响应。

19.如权利要求11所述的方法，还包括显示与用户动作相关联并且基于用户动作的流表。

评估软件定义网络中的流量流的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及用于模拟在软件定义网络(“SDN”)内的数据分组路由并且可视化模拟结果的系统和方法。

[0002] 附图简述

[0003] 参照附图对本公开的非限制性和非穷举性实施例进行了描述,包括本公开的各个实施例,在附图中:

[0004] 图1图示了与本公开的实施例一致的电力传输和配电系统的简化的单线图,其中多个通信设备可以促进软件定义网络中的通信。

[0005] 图2图示了与本公开的实施例一致的包括可以部署在电力输送和配电系统中的控制面、数据面以及多个数据消耗者/产生者设备的SDN架构的概念表示。

[0006] 图3A图示了与本公开的实施例一致的SDN中的预测流量流的概念性表示。

[0007] 图3B图示了与本公开的实施例一致的其中流量流导致流量重复的 SDN中的预测流量流的概念性表示。

[0008] 图3C图示了与本公开的实施例一致的其中流量流被阻塞的SDN中的预测流量流的概念性表示。

[0009] 图3D图示了与本公开的实施例一致的SDN中的预测主流量流和预测备用流量流的概念性表示。

[0010] 图4A图示了与本公开的实施例一致的用于模拟可视化并搜索在SDN 中的流量的方法的流程图。

[0011] 图4B图示了与本公开的实施例一致的基于用户指定的查询来搜索模拟结果的方法。

[0012] 图5图示了与本公开的实施例一致的被配置为模拟、可视化和搜索在 SDN中的流量的系统的框图。

[0013] 详细描述

[0014] 现代的配电和传输系统可以纳入可用于监视和保护系统的各种通信技术。通信装备可以被配置成和用于促进对电力系统上的状况进行监视并实施控制动作以维持电力系统的稳定性的各种设备之间的数据交换。通信网络携带用于对电力系统状况进行适当评估并用于基于这些状况实施控制动作的信息。由于电力传输和配电系统中的状况可能发生快速变化,这些消息可能受时间限制。换句话说,如果消息被延迟,消息中的数据可能对接收设备来说不再是准确的或不再有用。

[0015] 一些电力传输和配电系统可以纳入利用控制器在网络上进行配置和监视的软件定义网络(“SDN”)技术。SDN技术提供了在电力系统中可能是有利的各种功能(例如,默认拒绝安全、较好的延迟控制、对称传输能力、冗余和故障转移计划等)。

[0016] SDN允许程序化的变更控制平台,其允许将整个通信网络作为单一资产进行管理,简化对网络的理解,并能够对网络进行持续监视。在SDN 中,决定将流量发送到哪里的系统(即,控制面)与执行流量在网络中的转发的系统(即,数据面)是分开的。

[0017] 控制面可以用于创建通过通信网络的特定的流量流来实现网络资源的最佳使用。本文使用的术语“流量流”是指用于基于网络分组内容匹配和采取动作的一组参数。流量流可以准许基于各种标准的特定路径，这些标准为网络运营商提供显著的控制和精确性。相比之下，在大型传统网络中，尝试使网络发现路径与应用期望的数据路径匹配可能是涉及改变许多设备中的配置的具有挑战性的任务。为了解决这个问题，很多设备上使用的管理接口和功能集都不是标准化的。更进一步，网络管理员经常需要重新配置网络以避免循环，获得路由收敛速度，并优先考虑某一类应用。

[0018] 在电力传输和配电系统的背景下管理传统网络的明显的复杂性是由于每个网络设备(例如，交换机或路由器)具有集成在一起的控制逻辑和数据转发逻辑的事实。例如，在传统的网络路由器中，诸如路由信息协议 (RIP)或开放式最短路径优先(OSPF)的路由协议构成确定应该如何转发分组的控制逻辑。由路由协议确定的路径被编码在路由表中，其然后用于转发分组。类似地，在诸如网桥(或网络交换机)的第2层设备中，配置参数和/或生成树算法(STA)构成确定分组路径的控制逻辑。因此，传统网络中的控制面被分布在交换结构(网络设备)中，因而，改变网络的转发行为涉及改变许多(也许是全部)网络设备的配置。

[0019] 在SDN中，控制器体现控制面并确定分组(或帧)应该如何在网络中流动(或转发)。控制器通过在设备中设置转发表，将该信息传送给构成数据面的网络设备。这实现了对网络的集中化配置和管理。这样，SDN 中的数据面由相对简单的分组转发设备组成，该分组转发设备具有到控制器的通信接口以接收转发信息。除了简化网络的管理之外，SDN架构还可以实现可能有益于在配电系统中使用的监视和故障排除功能，包括但不限于：镜像选定的流量流而不是镜像整个端口；当接近饱和时，在带宽上报警；为指定流提供度量(例如，用于服务质量、分组计数、误差、丢弃或超限等的计数器和计量表)；准许监视指定的应用，而不是基于VLAN或 MAC地址进行监视。

[0020] 在大型网络中确定流量流的目的地和对分组进行跟踪可能是具有挑战性的。特别地，利用多播消息的网络可能对在管理网络内的数据传输进行管理以及确保这样的流量被正确路由提出了挑战。本公开的发明人已经认识到，模拟和可视化网络中的数据流的能力对于网络的设计、测试和故障排除可能是有用的。例如，当设计新的网络时，本公开的系统和方法可以用于验证网络是否将按照设计运做。此外，本公开的发明人已经认识到，搜索具有某些属性的数据流的能力可以有助于数据网络的设计、操作和故障排除。例如，与本公开一致的模拟可以有助于识别确定数据流未到达预期目的地的原因。

[0021] 与本公开一致的系统和方法可以准许网络工程师或其他用户针对网络的现有的或建议的流来模拟分组或分组的一部分，并且找出分组在哪里将会或将不会遍历网络。模拟可以以图形的方式呈现给用户，其中数据流以可视化表示的形式示出。此外，可以允许用户使用各种标准来搜索数据流。在一些实施例中，搜索标准可以包括源、目的地、优先级、数据类型、数据协议、MAC地址、源、VLAN标识符等。

[0022] 在一些实施例中，可以描述单个分组或者甚至是部分分组，然后在网络图上对其进行模拟。模拟可以作为具有该签名的分组可能采取的所有路径的可视化表示呈现给用户。在一些实施例中，可视化表示可以包括指示分组在两个交换机之间将采取的方向的箭头。在一些实施例中，可以利用不同的颜色来识别分组可能跟随的多个路径(例如，可替代的路径或备用路径)。路径的可视化可以允许用户确认数据流被正确配置(例如，数据流到

达指定目的地、数据流没有遍历网络的某些部分等)。

[0023] 在一些实施例中,可以针对具有影响分组的路由的通配符(wild card) 信息的分组或者其中流量流规则可能导致多个路由路径的分组来识别多个数据路径。可视化多个路径可以帮助用户识别到达网络的非预期区域的数据流。在一些情况下,对导致多个路径的设备的识别可以帮助用户消除到达数据网络的非预期部分的流量。

[0024] 在一些实施例中,模拟系统可以能够显示任何网络交换机的流表(flow table)并且识别适用于特定场景的特定处理规则。模拟系统也可以被配置为处理部分分组。如果搜索分组是部分分组描述,则可以应用多个流量路由规则。例如,源MAC地址可以被表示为通配符,如果规则匹配另一个字段(例如,IP地址),但是也具有源MAC地址的标准,则该流可以被识别为可能匹配,但不是完全匹配。

[0025] 通过参照附图将最好地理解本公开的实施例,其中通篇相似的部分由相似的数字来标记。将容易理解的是,如在本文中的附图中一般性地描述和图示的,所公开的实施例的组件可以以各种各样不同的配置来布置和设计。因此,本公开的系统和方法的实施例的以下详细的描述不旨在限制本公开所要求保护的范围,而是仅代表本公开的可能实施例。另外,除非另有说明,方法的步骤不一定需要按照任何特定的顺序或甚至依次序地执行,也不需要步骤仅执行一次。

[0026] 在一些情况下,众所周知的特征、结构或操作没有被详细示出或描述。此外,所描述的特征、结构或操作可以以任何合适的方式组合在一个或更多个实施例中。还将容易理解的是,如在本文中的附图中一般性地描述和图示的实施例的组件可以以各种各样不同的配置来布置和设计。

[0027] 所描述的实施例的几个方面可作为软件模块或组件来实施。如本文中所使用的,软件模块或组件可包括位于存储设备内和/或作为电子信号通过系统总线或者有线或无线网络传输的任何类型的计算机指令或计算机可执行代码。例如,软件模块或组件可包括计算机指令的一个或更多个物理块或逻辑块,其可被组织为执行一个或更多个任务或实现特定的抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等。

[0028] 在某些实施例中,特定的软件模块或组件可包括被储存在存储器设备的不同位置中的不同指令,其共同实现所描述的模块的功能。事实上,模块或组件可包括单一指令或许多指令,并且可以分布在几个不同的代码段上、分布在不同的程序之间以及跨几个存储器设备分布。一些实施例可在分布式计算环境中实践,其中任务由通过通信网络链接的远程处理设备执行。在分布式计算环境中,软件模块或组件可位于本地存储器储存设备和 /或远程存储器储存设备中。另外,在数据库记录中绑定或呈现在一起的数据可驻留在相同的存储器设备中或跨几个存储设备驻留,并且可以跨网络在数据库中的记录字段中链接在一起。

[0029] 实施例可作为计算机程序产品来被提供,包括具有在其上所储存的指令的非暂时性计算机和/或机器可读介质,该指令可用于对计算机(或其他电子设备)进行编程以执行本文中所描述的过程。例如,非暂时性计算机可读介质可储存指令,当该指令由计算机系统的处理器执行时,使处理器执行本文中所公开的某些方法。非暂时性计算机可读介质可包括但不限于硬盘、软盘、光盘、CD-ROM、DVD-ROM、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、磁卡或光卡、固态存储器设备、或适用于储存电子指令和/或处理器可执行指令的其他类型的机器可读介质。

[0030] 图1图示了与本公开的实施例一致的电力传输和配电系统100的简化的单线图，其中多个通信设备可以促进软件定义网络中的通信。电力输送系统100可被配置为生成、传输电能，并将电能分配给负载。电力输送系统可包括装备，诸如电力发电机(例如，发电机110、112、114和116)、电力变压器(例如，变压器117、120、122、130、142、144和150)、电力传输和输送线(例如，线124、134和158)、电路断路器(例如，断路器152、160、176)、总线(例如，总线118、126、132和148)、负载(例如，负载140和138)等等。各种其他类型的装备也可被包括在电力输送系统100中，诸如电压调节器、电容器组合以及各种其他类型的装备。

[0031] 变电站119可包括发电机114，其可以是分布式发电机，并且其可通过升压变压器117连接到总线126。总线126可经由降压变压器130连接到配电总线132。各个配电线136和134可连接到配电总线132。配电线 136可通向变电站141，其中使用IED 106来监视和/或控制该线，该IED 106 可选择性地断开和闭合断路器152。负载140可从配电线136馈电。此外，经由配电线136与配电总线132进行通信的降压变压器144可用于降低由负载140消耗的电压。

[0032] 配电线134可通向变电站151，并向总线148输送电力。总线148也可经由变压器150接收来自分布式发电机116的电力。配电线158可将电力从总线148输送到负载138，并且还可包括降压变压器142。电路断路器160可用于选择性地将总线148连接到配电线134。IED 108可用于监视和/或控制电路断路器160以及配电线158。

[0033] 电力输送系统100可使用智能电子设备(IED)(诸如IED 104、106、 108、115和170)以及中央监视系统172来监视、控制、自动化和/或保护。通常，电力的生成和传输系统中的IED可用于在系统中的装备的保护、控制、自动化和/或监视。例如，IED可用于监视许多类型的装备，包括输电线、配电线、电流变压器、总线、开关、电路断路器、自动开关、变压器、自耦变压器、抽头变换器、电压调节器、电容器组合、发电机、电动机、泵、压缩机、阀以及各种其他类型的受监控的装备。

[0034] 如本文中所使用的，IED(诸如IED 104、106、108、115和170)可指监视、控制、自动化和/或保护系统100内的受监视的装备的任何基于微处理器的设备。例如，这样的设备可包括远程终端单元、差动继电器、距离继电器、方向继电器、馈电继电器、过电流继电器、电压调节器控制、电压继电器、断路器故障继电器、发电机继电器、电动机继电器、自动化控制器、间隔控制器、计量表、自动开关控制、通信处理器、计算平台、可编程逻辑控制器(PLC)、可编程自动化控制器、输入和输出模块等等。术语IED可用于描述单个IED或包括多个IED的系统。

[0035] 常见的时间信号可分配在整个系统100中。利用共同或通用的时间源可确保IED具有可用于生成时间同步数据(诸如同步相量)的同步时间信号。在各个实施例中，IED 104、106、108、115和170可接收共同的时间信号168。时间信号可使用通信网络162或使用共同的时间源(诸如全球导航卫星系统(“GNSS”)等)分配在系统100中。

[0036] 根据各个实施例，中央监视系统172可包括各种类型的系统中的一个或多个。例如，中央监视系统172可包括监控与数据采集(SCADA)系统和/或广域控制与态势感知(WACSA)系统。中央IED 170可与IED 104、 106、108和115进行通信。IED 104、106、108和115可远离中央IED 170，并且可通过各种介质进行通信(诸如来自IED 106的直接通信)或通过广域通信网络162进行通信。根据各个实施例，某些IED可与其他IED直接进行通信(例如，

IED 104与中央IED 170进行直接通信),或可经由通信网络162进行通信(例如,IED 108经由通信网络162与中央IED 170进行通信)。

[0037] 经由网络162的通信可通过包括但不限于多路复用器、路由器、集线器、网关、防火墙和交换机的联网设备来促进。在一些实施例中,IED和网络设备可包括物理上不同的设备。在其他实施例中,IED和网络设备可以是复合设备,或可被配置为用多种方式来执行重叠的功能。IED和网络设备可包括多功能硬件(例如,处理器、计算机可读储存介质、通信接口等),其可被利用以便执行关于系统100内的装备的操作和/或网络通信的各种任务。

[0038] SDN控制器180可以被配置为与网络162中的装备对接以创建有助于 IED170、115、108和监视系统172之间的通信的SDN。在各种实施例中, SDN控制器180可以被配置为与网络162中的控制面(未示出)对接。使用控制面,控制器180可以被配置为引导网络162内的数据流。

[0039] 与电力传输和配电系统结合使用的诸如系统100的系统可能涉及大量的设备。这些设备可能各自都需要启用特定的通信流以允许通信能够通过网络162从源行进到目的地。为了有助于网络162的设计、调试和故障排除,本文公开的各种系统和方法可以模拟通过162的通信流并以图形方式向用户呈现结果。此外,可以允许用户使用各种标准来搜索数据流。在一些实施例中,搜索标准可以包括目的地、优先级、数据类型、数据协议、 MAC地址、源、VLAN标识符等。

[0040] 图2图示了与本公开的实施例一致的包括控制面202、数据面204以及多个数据消耗者/产生者设备216a-216c的SDN架构的概念表示200,该 SDN架构可以部署在电力传输和配电系统中。控制面202引导数据流通过数据面204。更具体地说,控制器212可以经由接口214与多个通信设备 206a-206f进行通信以建立流量流。控制器可以基于各种标准来指定用于通过数据面204路由流量的规则。

[0041] 如图所示,数据面204包括经由多个物理通信链路208a-208h彼此进行通信的多个通信设备206a-206f。在各种实施例中,通信设备206a-206f 可以体现为被配置成与控制器212进行通信且在数据面204中进行操作的各种设备。当然,并不是SDN中的全部设备都需要能够与控制器通信。物理通信链路208a-208h可以实施为以太网、光纤以及其他形式的数据通信信道。如图所示,通信设备206a-206f之间的物理通信链路208a-208h 可以提供冗余连接,使得物理通信链路208a-208h之一的故障不能完全阻断与受影响的通信设备的通信。在一些实施例中,物理通信链路208a-208h 可以提供N-1冗余或更好的冗余。

[0042] 多个应用210a-210c可以表示在应用面中操作的各种应用210a-210c。在图2所示的SDN架构中,控制器212可以公开服务210a-210c可以用来配置数据面204的应用编程接口(API)。在这种情况下,当控制逻辑驻留在应用210a-210c中时,控制器212可以充当与数据面204的接口。控制器212和应用210a-210c的配置可以被定制以满足各种各样的特定需求。

[0043] 数据消耗/产生设备216a-216c可以表示产生或消费数据的电力传输和配电系统内的各种设备。例如,数据消耗/产生设备可以实施为配置为监视电力传输线的一对传输线继电器。传输线继电器可以监视流过传输线的电力的各个方面(例如,电压测量结果、电流测量结果、相位测量结果等),并且可以传送测量结果以实现对传输线的保护策略。传输线继电器之间的流量可以使用由控制器212实现的多个流量流来路由通过数据面204。当然,数据消耗/产生设备216a-216c可以通过与本公开的实施例一致的各种各样的设备来实施。

[0044] 多个通信设备206a-206f可以各自包括被配置为通过数据面204路由流量的流量路由系统。流量路由子系统可以被配置为实现用于通过通信链路208a-208h路由数据流量的一系列规则。

[0045] 图3A图示了与本公开的实施例一致的SDN中的预测流量流的概念性表示。在所示的实施例中，多个交换机1-8可以构成连接多个主机1-16的数据面。主机分为四个站点1-4。图示了交换机和主机之间的物理连接。

[0046] 可以使用被配置为模拟SDN对指定的用户参数的响应的模拟系统来确定预测的流。指定的参数可足以生成可以通过SDN传送的一个或更多个数据分组。可以分析适应于模拟的初始起点的多个流量路由规则。后续目的地可以基于可应用的流量路由规则和初始位置来识别。在后续目的地处可以重复相同的过程以确定另一个目的地。类似地，当消息通过网络中的任意数量的目的地传播时，该过程可以被重复。当每个目的地被识别时，可以在模拟中生成相关联的记录。当终止条件被满足时，模拟可以被终止。各种模拟可以终止于各种条件。例如，终止条件可以包括网络分组到达目的地、网络分组被丢弃或被阻止进一步传输、模拟完成指定数量的迭代等。

[0047] 在图3A中，模拟的流量流源自主机_2，并被传送到交换机_5，从交换机_5传送到交换机_1，从交换机_1传送到交换机_7，并从交换机_7传送到主机_9。模拟的流量流由虚线示出的多个箭头图示。交换机_1、交换机_5和交换机_7中的每一个可以包括用于处理流量的多个规则。在模拟中，可以分析这些规则以确定图3A中所示的数据流。

[0048] 图3B图示了与根据本公开的实施例一致的流量流导致流量重复的 SDN中的预测流量流的概念性表示。在所示的实施例中，数据分组源自主机_2，该数据分组被传送到交换机_5并从交换机_5传送到交换机_1。在交换机_1处，数据分组被路由到交换机_2和交换机_7。流量流可能意图从交换机_7传送到主机_9。重复的流量可以从交换机_2传送到交换机_8并从交换机_8传送到交换机_7。在交换机_8处，可以丢弃重复的流量流。模拟结果可以准许用户在视觉上识别流量重复的来源。

[0049] 图3C图示了与本公开的实施例一致的流量流被阻塞的SDN中的预测流量流的概念性表示。在所示的实施例中，数据分组源自主机_2，该数据分组经由交换机_5传送给交换机_1。分组从交换机_1路由到交换机_7。在交换机_7处，数据分组被交换机_7丢弃。本公开的各种实施例可以帮助确定为什么分组未在网络上从源正确地路由到目的地。在一个示例中，用户可以通过进行与感兴趣区域相关联的模拟来排除这种情况。模拟可以评估网络上的流量流，并将流量流可视化为使用虚线示出的一系列箭头。

[0050] 用户可以识别流量流在交换机_7处被丢弃。在各种实施例中，用户可以能够显示与网络设备相关联的流表。用户可以通过点击待显示的交换机来使流表显示。在一些实施例中，可以识别适用于模拟的一个或更多个规则。在所示的实施例中，规则2和3是可应用的；然而，规则可以按顺序进行评估。这样，作为执行规则2的结果，数据流量可以被丢弃。因此，即使规则3的标准满足并适用于模拟，流量也不按照规则3进行路由。因此，用户可以改变规则2和规则3的优先级，使得流量被转发到主机_9。

[0051] 图3D图示了与本公开的实施例一致的SDN中的预测主流量流和预测故障转移流量流的概念性表示。在所示实施例中，源自主机_2的分组的主路径包括到交换机_5、从交换机_5到交换机_1、从交换机_1到交换机_7 并从交换机_7到主机_9的通信。在主路径中的任

何通信路径或设备发生中断的情况下，可以利用故障转移路径。源自主机_2的分组的故障转移路径包括到交换机_5、从交换机_5到交换机_3、从交换机_3到交换机_7并从交换机7到主机_9的通信。图示的主路径、故障转移路径可以允许用户确保与流关联的流量(无论是通过主路径还是故障转移路径)可以保持在网络的指定部分。

[0052] 图4A图示了与本公开的实施例一致的用于模拟可视化和搜索SDN中的流量的方法的流程图。在402处，可以接收模拟参数。模拟参数可以以各种方式来体现，包括其通过网络的路径待被模拟的网络分组、可以反映具有不同值的各种分组可如何路由通过网络的部分网络分组、多个数据分组的模拟等。模拟参数可以表示相对小规模的模拟(例如，确定通过网络的单个网络分组的路由)，或者可以表示大规模模拟(例如，模拟在延长的时间段内的大量的网络流量)。

[0053] 在404处，可以确定模拟的初始起点。在一些示例中，可以容易地确定起点(例如，在模拟单个网络分组的情况下，模拟的起点可以是分组的源)。在其他示例中，可能需要指定模拟应在哪开始，使得规则的评估开始于感兴趣的区域(例如，经历需要排除故障的问题的特定IED)。

[0054] 在406处，可以生成待模拟的分组。在一些示例中，可以容易地确定分组(例如，在模拟单个网络分组的情况下)，而在其他情况下，可以利用模拟参数来生成待模拟的一系列分组。

[0055] 在406生成分组并且在404识别初始起点之后，可以在408识别可应用的流量路由规则。更具体地，在SDN中，与每个设备相关联的流量路由规则可以由SDN控制器来指定。该配置信息可以用来对每个设备和整个网络进行离线模拟。在410，可以参照由特定设备应用的流量路由规则来分析模拟的分组，以基于可应用的流量路由规则来识别下一个动作。模拟结果420可以在412用在410识别的下一个动作来更新。

[0056] 在414处，方法400可确定分组路由是否完成。分组路由是否完成的确定可以基于分组到指定的目的地的输送、该分组被丢弃等。一旦通过网络的分组的路由完成，则方法400可以在416处确定模拟是否完成。

[0057] 在418处，可以生成模拟结果的表示。该表示可以以图形方式呈现给用户，其中模拟的数据流以可视化的表示来图示。例如，可以使用模拟结果420来生成与图3A至图3D中所示的那些类似的可视化表示。

[0058] 当终止条件被满足时，模拟可以被终止。各种模拟可以终止于各种条件。例如，终止条件可以包括将模拟中的所有分组路由到目的地、模拟中的所有分组被丢弃或被阻止进一步传输、模拟完成指定数量的迭代等。

[0059] 在422处，在一些实施例中可以接收对可应用的流量路由规则的改变。该改变可以反映用户在分析模拟结果的表示之后所做的改变。如结合图3C 所讨论的，可以允许用户访问与各种设备相关联的流表，并且可以更改流表以纠正与网络的操作有关的问题。流量路由规则可以在424更新。

[0060] 图4B图示了与本公开的实施例一致的基于用户指定的查询来搜索模拟结果的方法450。在452，可以提供模拟结果。在各种实施例中，可以使用图4A中所示的方法400来创建模拟结果。返回到图4B的讨论，方法 450可以在454接收来自用户的查询。查询可以基于各种标准，包括源、目的地、优先级、数据类型、数据协议、MAC地址、VLAN标识符等。

[0061] 在456处，可以识别满足查询的模拟结果并在458处将其提供给用户。在一些实施例中，所识别的模拟结果可以以图形的方式提供给用户。在一些实施例中，这样的表示可以包括覆盖在与图3A-图3D中所示的图示类似的网络图上的流量流。在其他实施例中，表示可以采取各种其他形式。

[0062] 图5图示了与本公开的实施例一致的被配置成模拟、可视化和搜索 SDN中的流量的系统500的框图。在一些实施例中，系统500可使用硬件、软件、固件和/或它们的任意组合来实现。此外，这里描述的某些组件或功能可以与其他设备相关联或由其他设备执行。具体图示的配置仅代表与本公开一致的一个实施例。

[0063] 系统500包括被配置为与设备和/或IED进行通信的通信接口504。通信接口504可便于通过网络进行通信。系统500还可包括时间输入端502，其可用于接收时间信号(例如，公共时间参考)，允许系统500将时间戳施加到所接收的样本。在某些实施例中，公共时间参考可经由通信接口504 接收，因此，对于时间戳和/或同步操作来说，可能不需要单独的时间输入端。一个这样的实施例可采用IEEE1588协议。数据总线524可以便于系统500的各个组件之间的通信。

[0064] 处理器506可被配置为对经由通信接口504、时间输入端502和/或受监控的装备接口500接收的通信进行处理。处理器506可使用任意数量的处理速率和架构来操作。处理器506可被配置为执行本文中所描述的各种算法和计算。处理器506可被实施为通用集成电路、专用集成电路、现场可编程门阵列和/或任何其他合适的可编程逻辑设备。

[0065] 待由处理器506执行的指令可以存储在随机存取存储器514(RAM) 中。这样的指令可以包括用于基于多个流量流来处理路由和处理经由通信接口504接收的数据分组的信息。用户接口子系统528可以被配置为从用户接收各种类型的信息。这样的信息可以包括对来自模拟结果的信息的查询、与待执行的模拟相关联的数据参数、对流量路由规则的改变等。

[0066] 在一些实施例中，与本文公开的模拟系统相关联的特征可以由SDN 控制器执行或者结合SDN控制器来执行。SDN控制器可以被配置为执行与SDN相关联的各种功能。SDN控制器子系统530可以直接实现各种SDN 控制器功能，或者SDN控制器子系统530可以被配置为协调系统500与 SDN控制器(未示出)的操作。SDN控制器子系统530可以被配置为指定与流量流相关联的各种设备的配置。

[0067] 模拟子系统532可以被配置为进行与本公开一致的模拟。在一些实施例中，模拟系统可以被配置为实现如图4A所示的方法400。在其他实施例中，模拟子系统532可以被配置为实现比图4A所示的特征更多或更少的特征。返回到图5的讨论，可以通过分析适用于网络中的指定设备处的数据分组的多个流量路由规则来进行模拟。后续目的地可以基于可应用的流量路由规则和当前位置来识别。可以在后续目的地重复相同的过程以确定另一个目的地。类似地，当消息传播通过网络中的任意数量的目的地时，该过程可以被重复。当每个目的地被识别时，可以在模拟中生成相关的记录。

[0068] 在一些实施例中，模拟子系统532还可以被配置为结合模拟来生成故障转移路径的表示。故障转移路径的确定可以以与确定主路径类似的方式执行。

[0069] 表示子系统526可以被配置为生成模拟结果的表示。表示子系统526 可以在各种实施例中被配置成可视化覆盖在网络图上的多个流量流或以各种其他方式来展示流量流。

在模拟故障转移路径的实施例中，表示子系统526还可以被配置为表示被模拟的故障转移路径。

[0070] 流量路由子系统536可以结合模拟系统操作以识别通过网络的数据分组的路径。流量路由子系统536可以识别与特定数据分组相关联的特定路径。在一些实施例中，流量路由子系统536可以指定每个中间设备的配置。流量路由子系统536可以被配置为生成某些流量流(诸如高优先级流量流) 的物理上不同的路径。

[0071] 流量路由子系统536还可以包括被配置为生成故障转移路径的故障转移路径子系统538。由故障转移路径子系统538生成的故障转移流量流可以在主流路径中断的情况下被利用。特定的故障转移流量流可以在物理上与主流路径不同，使得主流路径和故障转移流量流不都易受到单个故障点的影响。在一些实施例中，故障转移路径子系统538还可以被配置为获得自动生成的故障转移通信路径的用户确认。这样，用户可以检查自动生成的故障转移流量流，并在实施故障转移流量流之前根据需要进行调整。

[0072] 查询子系统534可以被配置为从用户接收查询，查询可以允许用户选择与模拟相关联的结果的子集。查询可以基于各种标准，包括源、目的地、优先级、数据类型、数据协议、MAC地址、VLAN标识符等。

[0073] 虽然已经图示并描述了本公开的特定实施例和应用，但是应理解的是，本公开不限于本文中所公开的明确的配置和组件。因此，在不脱离本公开的基本原理的情况下，可以对上述实施例的细节做出许多改变。因此，本发明的范围仅由随附的权利要求限定。

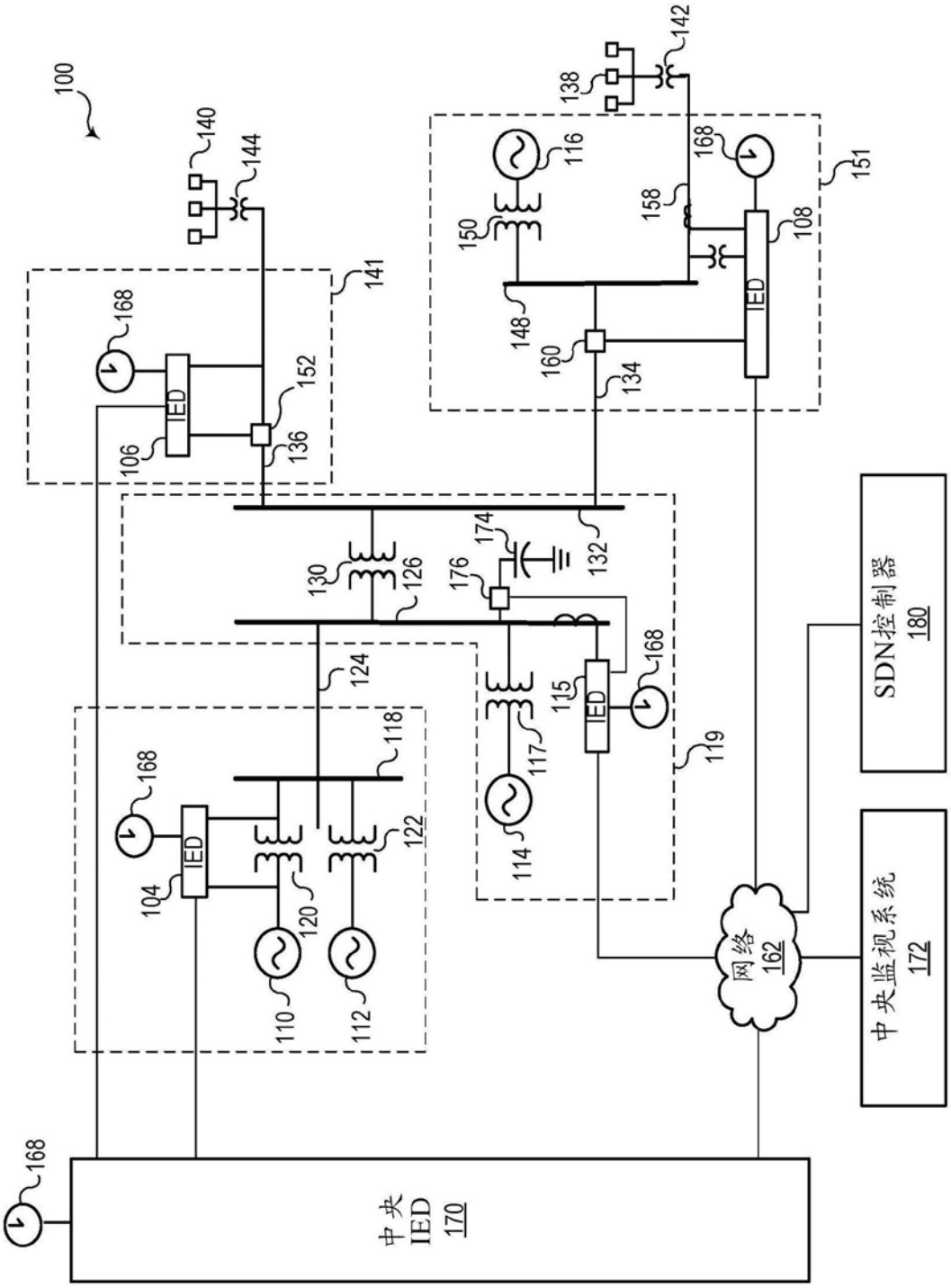

100
140
144
141
168
IED
152
106
136
142
138
116
168
151
150
158
108
148
160
134
174
132
130
126
176
124
118
115
168
117
119
SDN控制器
180
104
120
122
114
110
112
网络
162
中央监视系统
172
168
中央
IED
170

图1

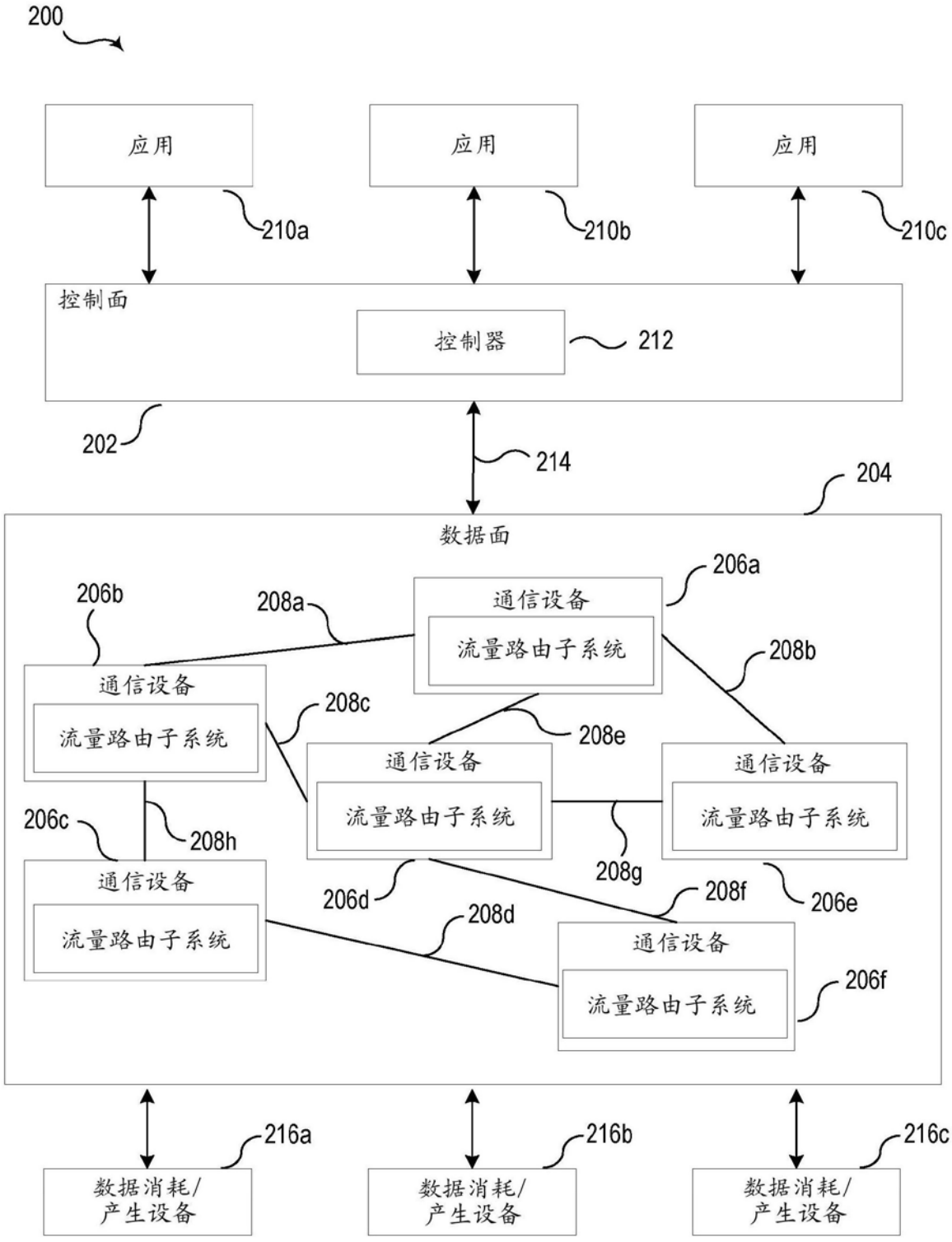

200
应用
应用
应用
210a
210b
210c
控制面
控制器
212
202
214
204
数据面
206a
206b
208a
通信设备
流量路由子系统
208b
通信设备
流量路由子系统
208c
208e
通信设备
流量路由子系统
通信设备
流量路由子系统
206c
208h
208g
通信设备
流量路由子系统
206d
208f
206e
208d
通信设备
流量路由子系统
206f
216a
216b
216c
数据消耗/
产生设备
数据消耗/
产生设备
数据消耗/
产生设备

图2

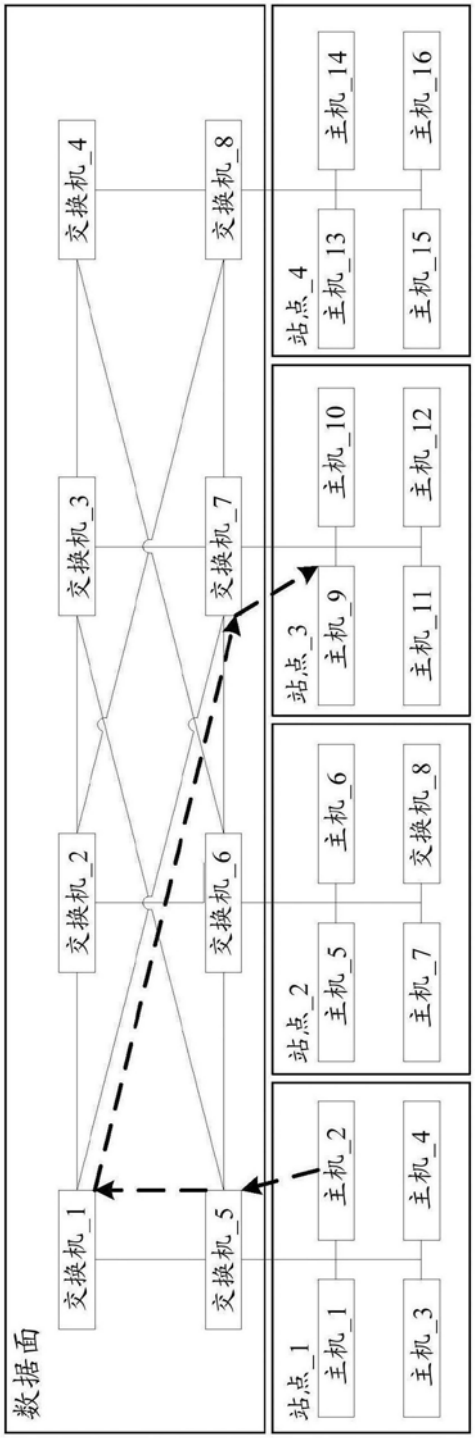

数据面
交换机_1
交换机_2
交换机_3
交换机_4
交换机_5
交换机_6
交换机_7
交换机_8
站点_1
主机_1
主机_2
主机_3
主机_4
站点_2
主机_5
主机_6
主机_7
交换机_8
站点_3
主机_9
主机_10
主机_11
主机_12
站点_4
主机_13
主机_14
主机_15
主机_16

图3A

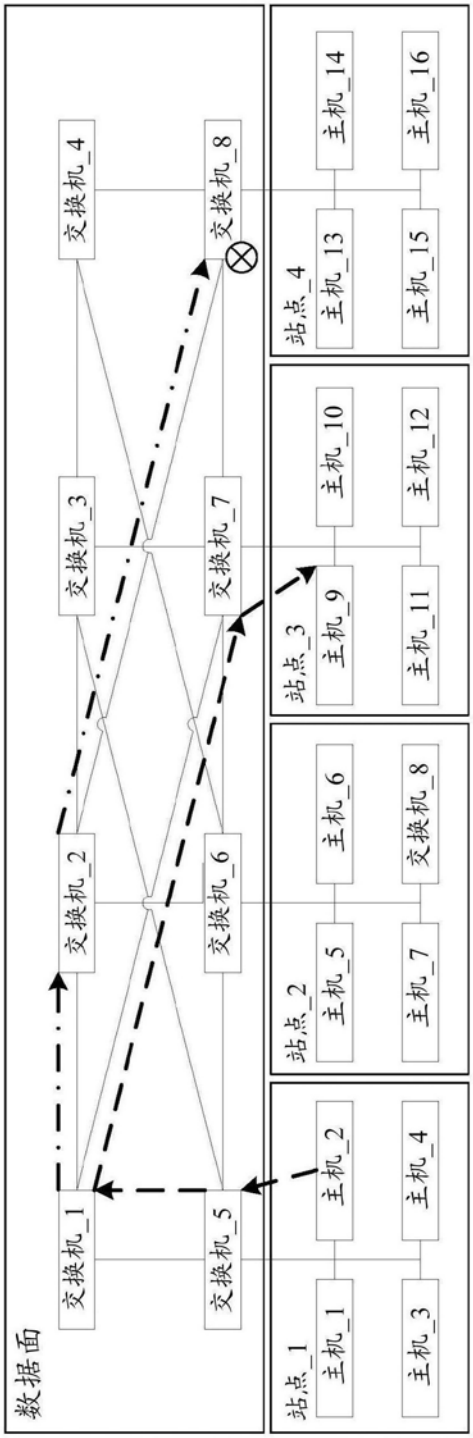
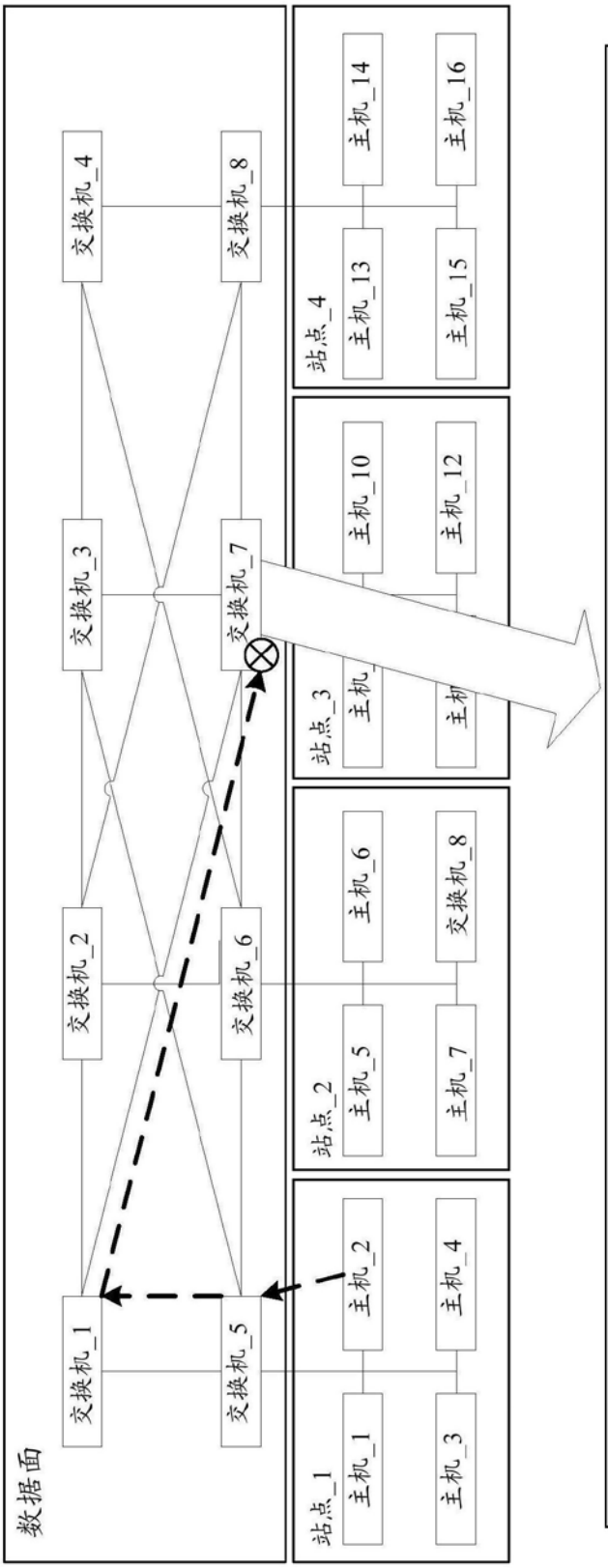

数据面
交换机_1
交换机_2
交换机_3
交换机_4
交换机_5
交换机_6
交换机_7
交换机_8
站点_1
主机_1
主机_3
主机_2
主机_4
站点_2
主机_5
主机_7
主机_6
交换机_8
站点_3
主机_9
主机_11
主机_10
主机_12
站点_4
主机_13
主机_15
主机_14
主机_16

图3B



流表

规则	可应用的规则	进入端口	MAC 源地址	MAC 目的地	IP 源地址	IP 目的地	源端口	目的地端口	动作
1		1	::03B2:1426	*	*	*	*	*	转发到交换机_8
2		*	*	*	*	*	*	*	丢弃分组
3		*	::02A1:032B	*	*	*	*	*	转发到主机_9

图3C

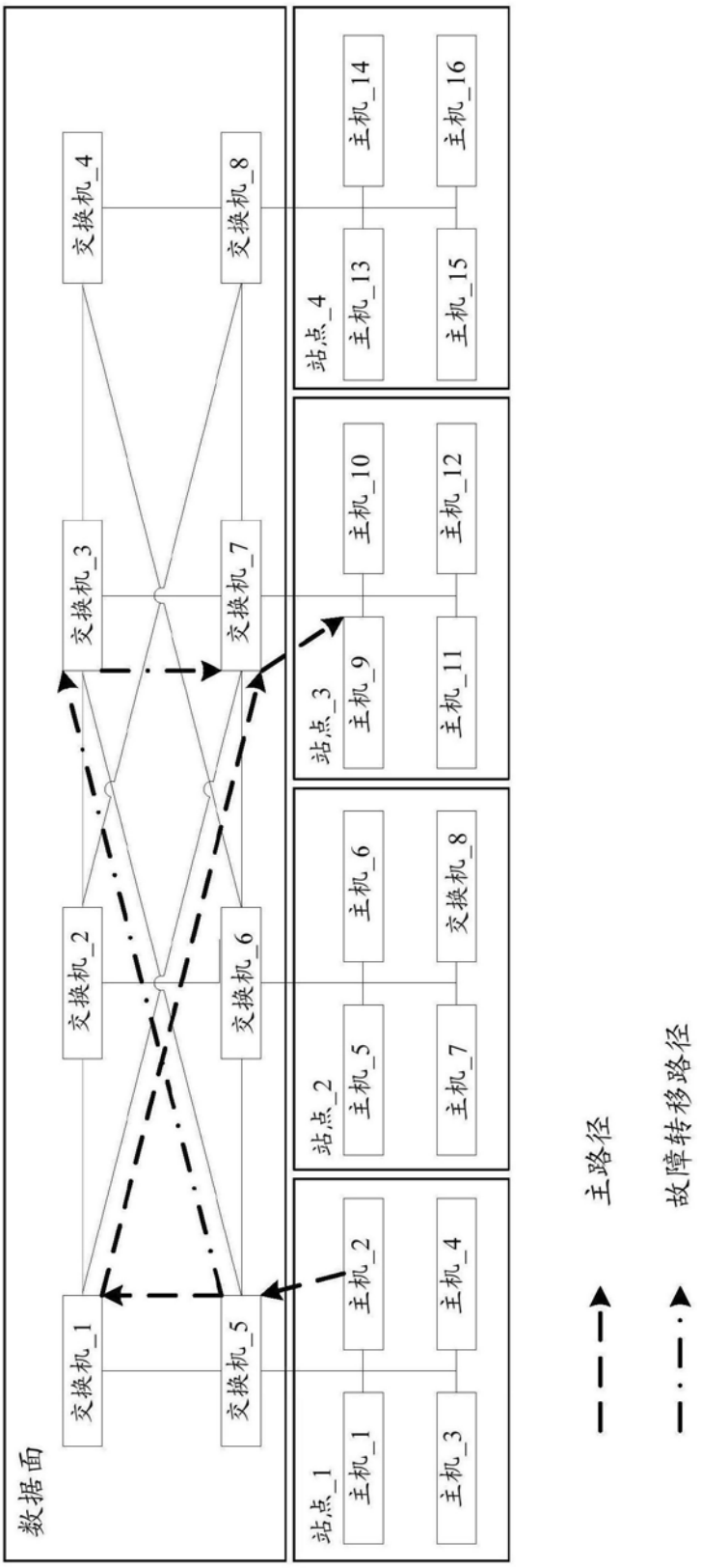

数据面
交换机_1
交换机_2
交换机_3
交换机_4
交换机_5
交换机_6
交换机_7
交换机_8
站点_1
主机_1
主机_2
主机_3
主机_4
站点_2
主机_5
主机_6
主机_7
交换机_8
站点_3
主机_9
主机_10
主机_11
主机_12
站点_4
主机_13
主机_14
主机_15
主机_16
主路径
故障转移路径

图3D

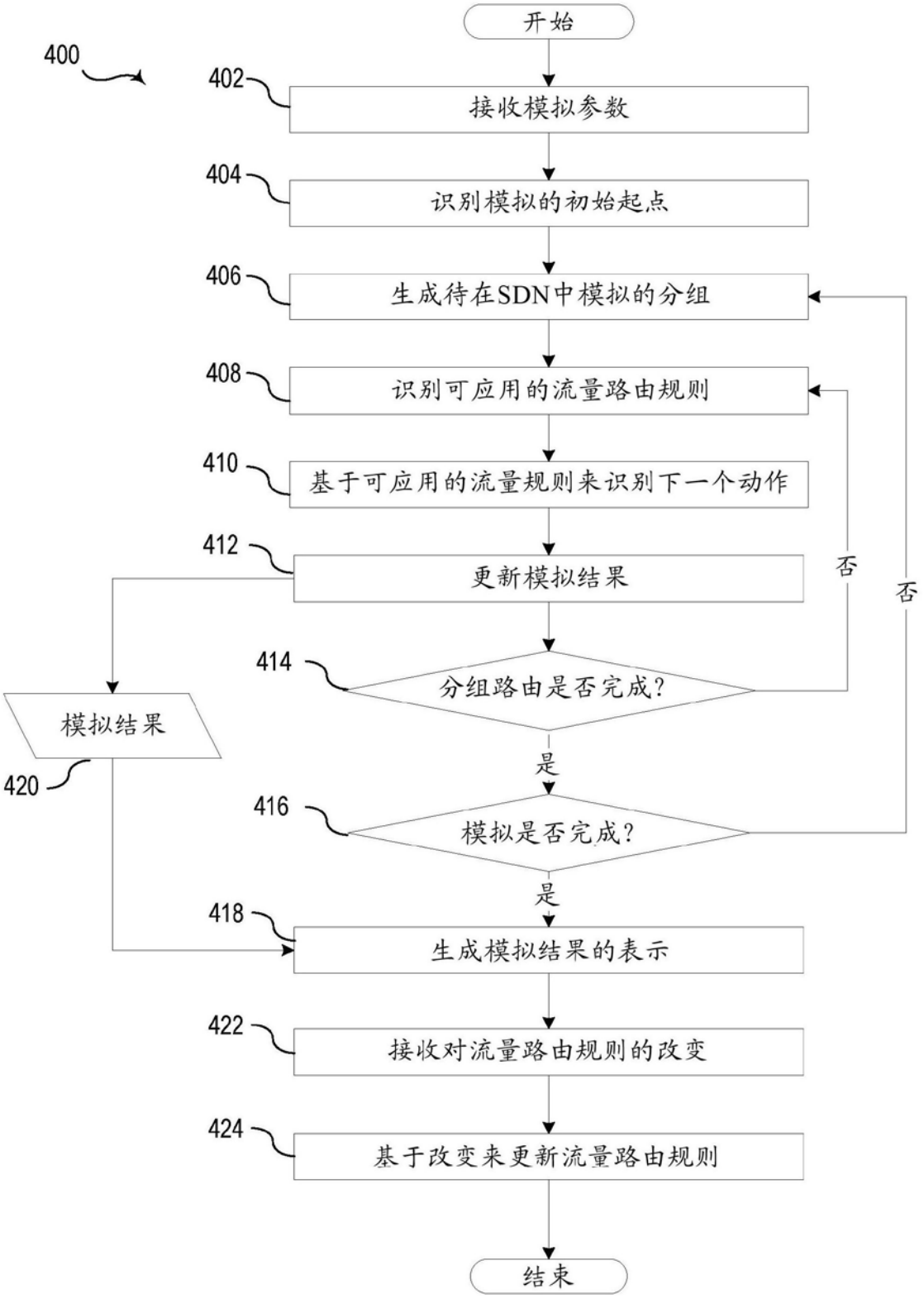

开始
400
402
接收模拟参数
404
识别模拟的初始起点
406
生成待在SDN中模拟的分组
408
识别可应用的流量路由规则
410
基于可应用的流量规则来识别下一个动作
412
更新模拟结果
否
否
414
分组路由是否完成?
模拟结果
420
是
416
模拟是否完成?
是
418
生成模拟结果的表示
422
接收对流量路由规则的改变
424
基于改变来更新流量路由规则
结束

图4A

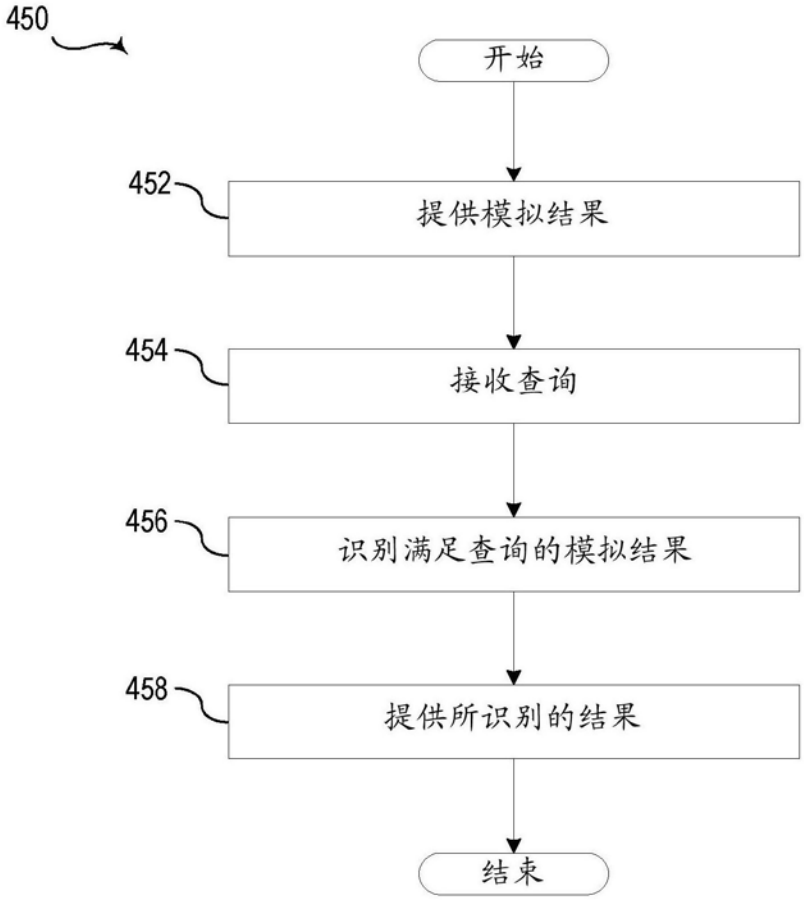


图4B

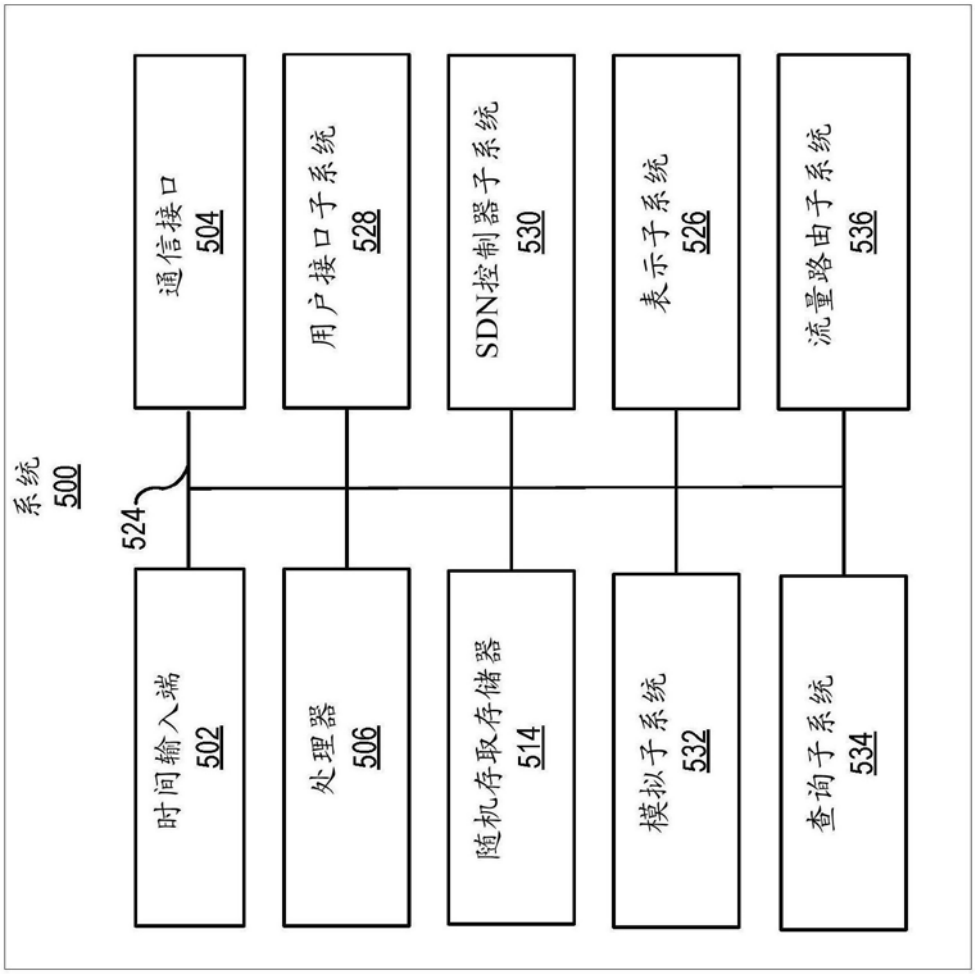

系统
500
524
通信接口
504
用户接口子系统
528
SDN控制器子系统
530
表示子系统
526
流量路由子系统
536
时间输入端
502
处理器
506
随机存取存储器
514
模拟子系统
532
查询子系统
534

图5