

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017年8月3日 (03.08.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/128112 A1

(51) 国际专利分类号:
H04L 12/721 (2013.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/072353

(22) 国际申请日: 2016年1月27日 (27.01.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 中国科学院计算技术研究所 (INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY OF THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国北京市海淀区中关村科学院南路6号, Beijing 100190 (CN)。

(72) 发明人: 潘恒 (PAN, Heng); 中国北京市海淀区中关村科学院南路6号, Beijing 100190 (CN)。 贺鹏 (HE, Peng); 中国北京市海淀区中关村科学院南路6号, Beijing 100190 (CN)。 关洪涛 (GUAN, Hongtao); 中国北京市海淀区中关村科学院南路6号, Beijing 100190 (CN)。 李振宇 (LI, Zhenyu); 中国北京市海淀区中关村科学院南路6号, Beijing 100190 (CN)。

谢高岗 (XIE, Gaogang); 中国北京市海淀区中关村科学院南路6号, Beijing 100190 (CN)。

(74) 代理人: 北京律诚同业知识产权代理有限公司 (LECOME INTELLECTUAL PROPERTY AGENT LTD.); 中国北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦B16层, Beijing 100098 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: CALCULATION METHOD, SYSTEM, DEVICE, AND CHIP FOR COMBINED PROGRAMMING ACTION IN SOFTWARE-DEFINED NETWORK

(54) 发明名称: 软件定义网络组合编程动作计算方法、系统、装置及芯片

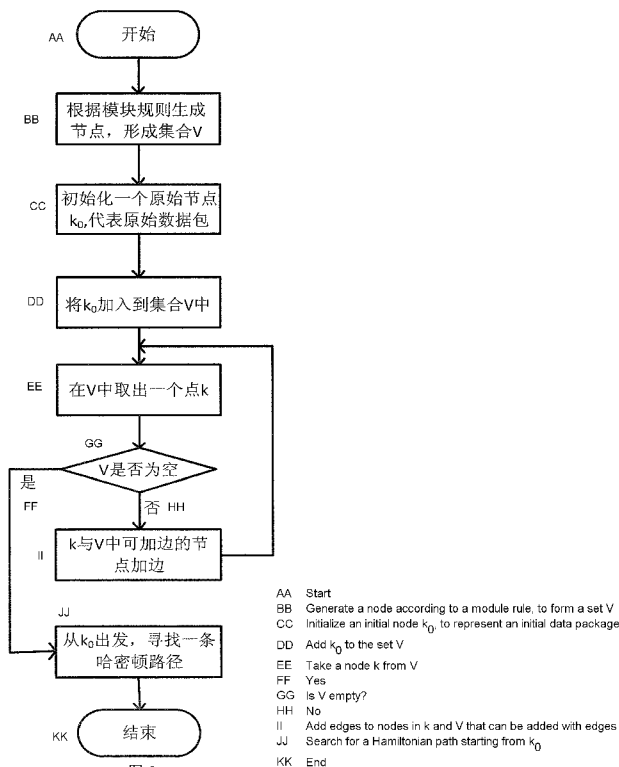


图6

(57) Abstract: Provided are a calculation method, system, device, and chip for combined programming action in a software-defined network, relating to the technical field of software-defined networking. The method comprises: abstracting a rule-action linked list in a software-defined network, and generating one or more nodes, wherein the nodes form a node set V; and adding directed edges to all nodes in the node set V to generate directed graphs, and generating Hamiltonian paths for the directed graphs, wherein a sum of weights of all edges in the directed graphs is a minimum. The method ensures, by means of a series of theoretical models, the semantic equivalence of an action list of a combination rule in SDN combined programming, and one Hamiltonian path is searched for in an abstracted directed graph to calculate an action list of a final combination rule, and therefore, the action list can guarantee that the number of actions of the combination rule are at a minimum.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2017/128112 A1



BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种软件定义网络组合编程动作计算方法、系统、装置及芯片，涉及软件定义网络技术领域，该方法包括将所述软件定义网络中的规则动作链表进行抽象，生成一个或多个节点，所述节点组成节点集合 V ；向所述节点集合 V 中的所有所述节点添加有向边，生成有向图，为所述有向图生成汉密尔顿路径，其中所述有向图中每条边的权重之和最小。本方法经过一系列的理论建模，能够保证 SDN 组合编程中合成规则 action list 的语义等价性，通过在抽象有向图中搜寻一条哈密顿路径来计算出最终合成规则的 action list，因此，该 action list 能保证其 action 的数目能最小。

软件定义网络组合编程动作计算方法、系统、装置及芯片

技术领域

- 5 本发明涉及软件定义网络技术领域，尤其涉及软件定义网络组合编程动作计算方法、系统、装置及芯片。

背景技术

- 10 随着信息技术的不断发展，互联网已经成为现代社会不可或缺的信息基础设施，然而，当前网络瘦腰型架构已经无法承载用户越来越多的网络需求，因此，一种新型的网络架构——软件定义网络（Software-defined networking, SDN）受到了广泛地关注，SDN 的主要思想是将传统网络设备中的控制逻辑从数据平面进行分离，通过集中化的控制来进行整个网络的管理。

- 15 灵活可编程性是 SDN 提供的重要特性之一，因此，SDN 网络编程模型成为一个热点的研究技术领域，其中，模块化组合编程已经成为网络编程模型中最为重要的编程特性。模块化组合编程中，主要分为并行编程和串行编程。并行编程主要是实现多个模块按照各自的逻辑并行处理同一个数据包，而串行处理是指一个数据包经过一个模块逻辑处理之后然后再经过下一个模块处理，在模块化组合编程中，并行模块和串行模块产生的 SDN 交换机规则需要编译成逻辑
20 上等价的一套规则下发到底层交换机，现有的规则编译算法主要是根据多个子模块的规则表空间的相交情况来产生新的规则集，具体来说：

- 25 （1）并行模块编译时，各个模块首先生成各自的规则表，然后，每两个模块按照各自规则表进行叉乘，即将来自两个规则表的每两条规则的匹配域空间进行求交，若求交的结果不为空，则根据该两条规则的交集来生成一条新的规则，如图 1-1 所示。

- （2）串行模块编译时，各个模块仍然是首先生成各自的规则表，然后，让需要先处理数据包的模块所对应的规则表进行预处理，即让规则表的每条规则用其所对应的动作先作用于规则的匹配域，最后再让两个模块的规则表进行叉乘，叉乘形成规则表的过程与并行模块编译类似，如图 1-2 所示。

- 30 现有的 SDN 组合编程编译算法根据不同子模块的规则空间的相交情况来

构造进行合并后的规则，同时为合并后的规则计算其优先级大小，然而，当前的编译算法针对合并后规则的 action list（规则动作链表）的计算只是将子模块的两条规则的 action list 简单地串接在一起，如图 2-1 所示。

这种简单串接 action list 的方法会导致合成后的规则与之前规则的语义不等价或者产生冗余的动作，产生这种问题最根本的原因是多个并行模块可能需要对数据包的包头同时进行读写然后再转发到不同的端口，而这种串接 action list 的方法使得两段子 action list 无法形成对数据包独立地操作，因此，从根本上无法保证逻辑上的并行操作，如图 2-2 所示，规则 1 的要求是将原数据包的 F_2 匹配域进行修改后转发到端口 1，而规则 2 是将原数据包修改其匹配域 F_1 后转发到端口 2。但是，合并后的规则转发到端口 2 的数据包是被同时修改了 F_1 和 F_2 ，其与原规则 2 的语义并不等价。

除此之外，虽然这种转接方式可以保证串行方式的模块化编译，但多个子 action list 可能对数据包的包头重复进行操作，从而产生冗余的动作，如图 2-3 所示，合并规则的 action list 中第一个对数据包 F_1 的修改是冗余的。

发明公开

针对现有技术不足，本发明提出了软件定义网络组合编程动作计算方法、系统、装置及芯片。

本发明提出一种软件定义网络组合编程动作计算方法，包括：

步骤 1，将所述软件定义网络中的规则动作链表进行抽象，生成一个或多个节点，所述节点组成节点集合 V ；

步骤 2，向所述节点集合 V 中的所有所述节点添加有向边，生成有向图，为所述有向图生成汉密尔顿路径，其中所述有向图中每条边的权重之和最小。

所述步骤 1 包括步骤 101，获取原始数据 p ，为所述原始数据 p 生成初始节点 n_0 ，其中将所述原始数据 p 的数据包头进行复制，并与所述初始节点 n_0 进行关联，顺序执行所述规则动作链表；

步骤 102，若所述规则动作链表中的规则为空，则结束操作，否则执行步骤 103；

步骤 103，将所述规则动作链表将要执行的动作记为 act ，若所述 act 为 $modify$ ，则修改所述原始数据 p 的数据包头，若所述 act 为 $forward$ ，则生成

一个新的节点 n_i ，并将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并将所述原始数据 p 与所述节点 n_i 进行关联，跳转到步骤 102，直到所述规则动作链表中的规则为空。

所述步骤 2 包括步骤 201，若所述节点集合 V 为空或者只有 1 个节点，则
5 结束操作，否则执行步骤 202；

步骤 202，从所述节点集合 V 中任取 1 个节点 v ，将所述节点 v 与集合中剩余的节点依次进行如下操作，其中所述剩余的节点记为 v_i ：若所述节点 v 关联的所述原始数据 p 的数据包头部通过添加 modify action 的方式转变成 v_i 所关联的所述原始数据 p 的数据包头部，则添加一条有向边，由所述节点 v 指向
10 所述节点 v_i ，反之亦然；

步骤 203，计算添加的有向边的权重，所述权重的数值为添加的 modify action 的数据，转向步骤 201。

每个所述节点为一个 $\langle \text{packet}, \text{port} \rangle$ 对。

本发明还提出一种软件定义网络组合编程动作计算系统，包括：

15 生成节点集合 V 模块，用于将所述软件定义网络中的规则动作链表进行抽象，生成一个或多个节点，所述节点组成节点集合 V ；

生成汉密尔顿路径模块，用于向所述节点集合 V 中的所有所述节点添加有向边，生成有向图，为所述有向图生成汉密尔顿路径，其中所述有向图中每条边的权重之和最小。

20 所述生成节点集合 V 模块包括关联 n_0 模块，用于获取原始数据 p ，为所述原始数据 p 生成初始节点 n_0 ，其中将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并与所述初始节点 n_0 进行关联，顺序执行所述规则动作链表；

判断模块，用于若所述规则动作链表中的规则为空，则结束操作，否则执行关联 n_i 模块；

25 关联 n_i 模块，用于将所述规则动作链表将要执行的动作记为 act ，若所述 act 为 modify，则修改所述原始数据 p 的数据包头部，若所述 act 为 forward，则生成一个新的节点 n_i ，并将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并将所述原始数据 p 与所述节点 n_i 进行关联，跳转到判断模块，直到所述规则动作链表中的规则为空。

所述生成汉密尔顿路径模块包括判断节点数量模块,用于若所述节点集合 V 为空或者只有 1 个节点,则结束操作,否则执行添加有向边模块;

添加有向边模块,用于从所述节点集合 V 中任取 1 个节点 v ,将所述节点 v 与集合中剩余的节点依次进行如下操作,其中所述剩余的节点记为 v_i : 若所述节点 v 关联的所述原始数据 p 的数据包头部通过添加 modify action 的方式转变成 v_i 所关联的所述原始数据 p 的数据包头部,则添加一条有向边,由所述节点 v 指向所述节点 v_i ,反之亦然;

计算权重模块,用于计算添加的有向边的权重,所述权重的数值为添加的 modify action 的数据,转向判断节点数量模块。

10 每个所述节点为一个<packet, port>对。

本发明还提出一种软件定义网络组合编程动作计算系统的装置。

本发明还提出一种软件定义网络组合编程动作计算方法的芯片。

附图简要说明

15 图 1-1 为并行模块编译流程图;
图 1-2 为串行模块编译流程图;
图 2-1 为编译 action list 流程图;
图 2-2 为语义不等价图;
图 2-3 为动作冗余图;
20 图 3 为对规则 action list 的抽象图;
图 4 为有向图的构建图;
图 5 为汉密尔顿路径图;
图 6 为本发明流程图;
图 7 为本发明示例图。

25

实现本发明的最佳方式

本发明将 action list 进行抽象,使其产生多个节点(每个节点为一个<packet, port>对)。假设一个原始数据 p 命中规则 r ,命中之后,执行 r 所关联的 action list,记为 $r.a$,具体抽象的过程如下:

步骤一：对应原始数据 p ，产生初始节点 n_0 ，即将 p 的数据包头部进行复制，然后关联于 n_0 ，之后顺序执行 $r.a$ ；

步骤二：若 $r.a$ 中规则为空，则跳转到步骤四，否则执行步骤三；

步骤三：记 $r.a$ 将要执行的 action 为 act ，若 act 为 `modify`（即修改数据包指令），则修改数据包 p 的数据包头部，若 act 为 `forward`（即转发数据包指令），则产生一个新的节点 n_i ，并数据包 p 的数据包头部进行复制，并关联于节点 n_i 。跳转到步骤二；

步骤四：结束。

整个过程，如附图 3 所示。

10 多个 action list 经过上述步骤后，可以产生一个或者多个节点，这些节点能形成一个节点集合 V 。然后，在这些节点之间添加有向边，最后构成一个有向图，其具体步骤如下所示。

步骤一：若集合 V 为空或者只有 1 个节点，则跳转到步骤四，否则进行步骤二；

15 步骤二：从集合 V 中任取 1 个节点 v ，然后将 v 与集合中剩余的节点（设为 v_i ）依次进行如下操作：若 v 关联的数据包包头能够通过添加 `modify action`（即修改数据包包头指令）的方式转变成 v_i 所关联的数据包包头，则添加一条有向边，由 v 指向 v_i ；反之，亦然。跳转到步骤三；

步骤三：计算添加的有向边的权重，大小为添加的 `modify action` 的数据，并转向步骤一；

步骤四：结束

整个过程如附图 4 所示。

经过上述步骤之后，1 个有向图可以构成。然后，从关联原始数据包 p 的节点 n_0 出发，寻找一条哈密顿路径，该路径遍历图中所有的节点，其边的权重之和最小，如附图 5 所示。

25 通过找出的一条哈密顿路径，可以重构回一条组合后的 action list，这个 action list 的主要由路径中边上的 `modify action` 以及每个节点上派生出的

forward action（即转发数据包指令）按路径的顺序所构成。

综上所述，整个流程图如附图 6 所示。

具体事例如附图 7 所示。

本发明还提出一种软件定义网络组合编程动作计算系统，包括：

- 5 生成节点集合 V 模块，用于将所述软件定义网络中的规则动作链表进行抽象，生成一个或多个节点，所述节点组成节点集合 V ；

生成汉密尔顿路径模块，用于向所述节点集合 V 中的所有所述节点添加有向边，生成有向图，为所述有向图生成汉密尔顿路径，其中所述有向图中每条边的权重之和最小。

- 10 所述生成节点集合 V 模块包括关联 n_0 模块，用于获取原始数据 p ，为所述原始数据 p 生成初始节点 n_0 ，其中将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并与所述初始节点 n_0 进行关联，顺序执行所述规则动作链表；

判断模块，用于若所述规则动作链表中的规则为空，则结束操作，否则执行关联 n_i 模块；

- 15 关联 n_i 模块，用于将所述规则动作链表将要执行的动作记为 act ，若所述 act 为 $modify$ ，则修改所述原始数据 p 的数据包头部，若所述 act 为 $forward$ ，则生成一个新的节点 n_i ，并将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并将所述原始数据 p 与所述节点 n_i 进行关联，跳转到判断模块，直到所述规则动作链表中的规则为空。

- 20 所述生成汉密尔顿路径模块包括判断节点数量模块，用于若所述节点集合 V 为空或者只有 1 个节点，则结束操作，否则执行添加有向边模块；

- 添加有向边模块，用于从所述节点集合 V 中任取 1 个节点 v ，将所述节点 v 与集合中剩余的节点依次进行如下操作，其中所述剩余的节点记为 v_i ：若所述节点 v 关联的所述原始数据 p 的数据包头部通过添加 $modify$ action 的方式转
25 变成 v_i 所关联的所述原始数据 p 的数据包头部，则添加一条有向边，由所述节点 v 指向所述节点 v_i ，反之亦然；

计算权重模块，用于计算添加的有向边的权重，所述权重的数值为添加的 $modify$ action 的数据，转向判断节点数量模块。

每个所述节点为一个<packet, port>对。

本发明还提出一种包括软件定义网络组合编程动作计算系统的装置。

本发明还提出一种利用软件定义网络组合编程动作计算方法的芯片。

5 工业应用性

本发明所提出软件定义网络组合编程动作计算方法、系统、装置及芯片，具有如下优点和应用性：

10 本发明经过一系列的建模，能够保证 SDN 组合编程中合成规则 action list 的语义等价性，通过在抽象有向图中搜寻一条哈密顿路径来计算出最终合成规则的 action list，因此，该 action list 能保证其 action 的数目能最小。

权利要求书

1. 一种软件定义网络组合编程动作计算方法，其特征在于，包括：

5 步骤 1，将所述软件定义网络中的规则动作链表进行抽象，生成一个或多个节点，所述节点组成节点集合 V ；

 步骤 2，向所述节点集合 V 中的所有所述节点添加有向边，生成有向图，为所述有向图生成汉密尔顿路径，其中所述有向图中每条边的权重之和最小。

2. 如权利要求 1 所述的软件定义网络组合编程动作计算方法，其特征在于，所述步骤 1 包括步骤 101，获取原始数据 p ，为所述原始数据 p 生成初始节点 n_0 ，其中将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并与所述初始节点 n_0 进行关联，顺序执行所述规则动作链表；

10

 步骤 102，若所述规则动作链表中的规则为空，则结束操作，否则执行步骤 103；

15 步骤 103，将所述规则动作链表将要执行的动作记为 act ，若所述 act 为 $modify$ ，则修改所述原始数据 p 的数据包头部，若所述 act 为 $forward$ ，则生成一个新的节点 n_i ，并将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制，并将所述原始数据 p 与所述节点 n_i 进行关联，跳转到步骤 102，直到所述规则动作链表中的规则为空。

20 3. 如权利要求 1 所述的软件定义网络组合编程动作计算方法，其特征在于，所述步骤 2 包括步骤 201，若所述节点集合 V 为空或者只有 1 个节点，则结束操作，否则执行步骤 202；

 步骤 202，从所述节点集合 V 中任取 1 个节点 v ，将所述节点 v 与集合中剩余的节点依次进行如下操作，其中所述剩余的节点记为 v_i ：若所述节点 v 关联的所述原始数据 p 的数据包头部通过添加 $modify$ action 的方式转变成 v_i 所关联的所述原始数据 p 的数据包头部，则添加一条有向边，由所述节点 v 指向所述节点 v_i ，反之亦然；

25

 步骤 203，计算添加的有向边的权重，所述权重的数值为添加的 $modify$ action 的数据，转向步骤 201。

4. 如权利要求 1 所述的软件定义网络组合编程动作计算方法, 其特征在于, 每个所述节点为一个<packet, port>对。

5. 一种软件定义网络组合编程动作计算系统, 其特征在于, 包括:

生成节点集合 V 模块, 用于将所述软件定义网络中的规则动作链表进行抽

5 象, 生成一个或多个节点, 所述节点组成节点集合 V ;

生成汉密尔顿路径模块, 用于向所述节点集合 V 中的所有所述节点添加有向边, 生成有向图, 为所述有向图生成汉密尔顿路径, 其中所述有向图中每条边的权重之和最小。

6. 如权利要求 5 所述的软件定义网络组合编程动作计算系统, 其特征在于, 所述生成节点集合 V 模块包括关联 n_0 模块, 用于获取原始数据 p , 为所述原始数据 p 生成初始节点 n_0 , 其中将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制, 并与所述初始节点 n_0 进行关联, 顺序执行所述规则动作链表;

判断模块, 用于若所述规则动作链表中的规则为空, 则结束操作, 否则执行关联 n_i 模块;

15 关联 n_i 模块, 用于将所述规则动作链表将要执行的动作记为 act , 若所述 act 为 $modify$, 则修改所述原始数据 p 的数据包头部, 若所述 act 为 $forward$, 则生成一个新的节点 n_i , 并将所述原始数据 p 的数据包头部进行复制, 并将所述原始数据 p 与所述节点 n_i 进行关联, 跳转到判断模块, 直到所述规则动作链表中的规则为空。

20 7. 如权利要求 5 所述的软件定义网络组合编程动作计算系统, 其特征在于, 所述生成汉密尔顿路径模块包括判断节点数量模块, 用于若所述节点集合 V 为空或者只有 1 个节点, 则结束操作, 否则执行添加有向边模块;

添加有向边模块, 用于从所述节点集合 V 中任取 1 个节点 v , 将所述节点 v 与集合中剩余的节点依次进行如下操作, 其中所述剩余的节点记为 v_i : 若所述节点 v 关联的所述原始数据 p 的数据包头部通过添加 $modify$ action 的方式转变成 v_i 所关联的所述原始数据 p 的数据包头部, 则添加一条有向边, 由所述节点 v 指向所述节点 v_i , 反之亦然;

计算权重模块, 用于计算添加的有向边的权重, 所述权重的数值为添加的 $modify$ action 的数据, 转向判断节点数量模块。

8. 如权利要求 5 所述的软件定义网络组合编程动作计算系统，其特征在于，每个所述节点为一个<packet, port>对。
9. 一种包括如权利要求 5-8 任意一项系统的装置。
10. 一种利用如权利要求 1-4 任意一项方法的芯片。

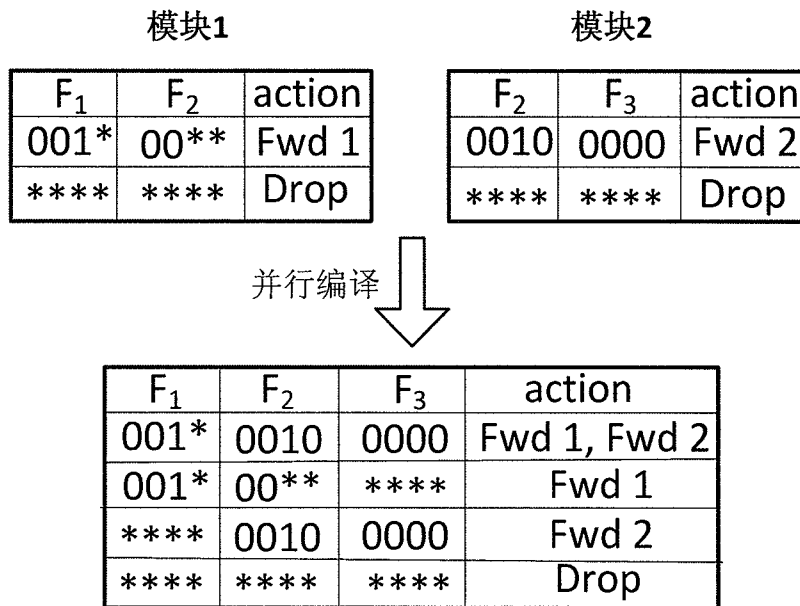


图 1-1

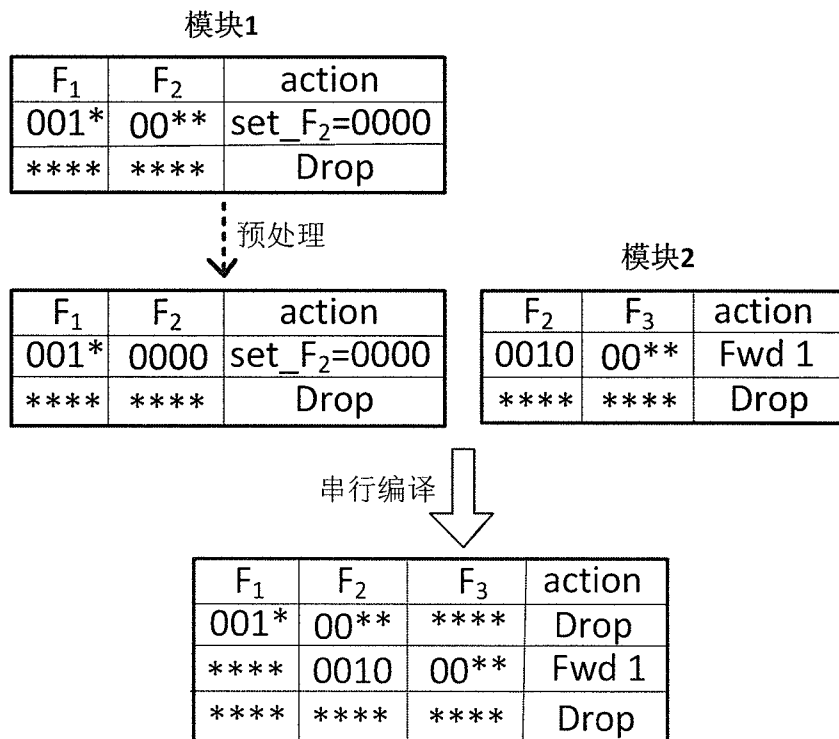


图 1-2

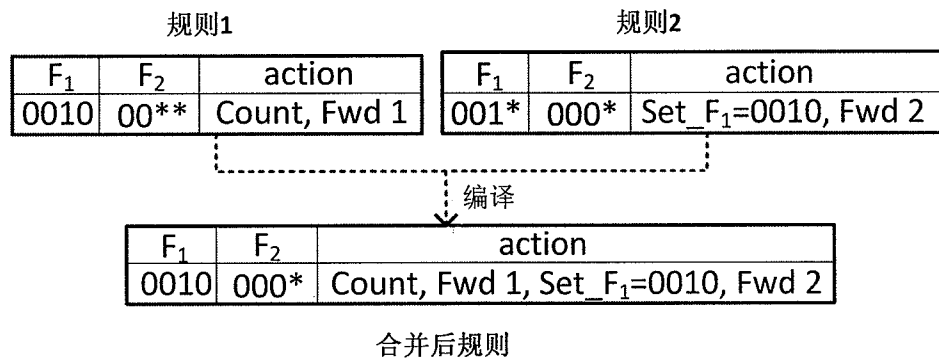


图 2-1

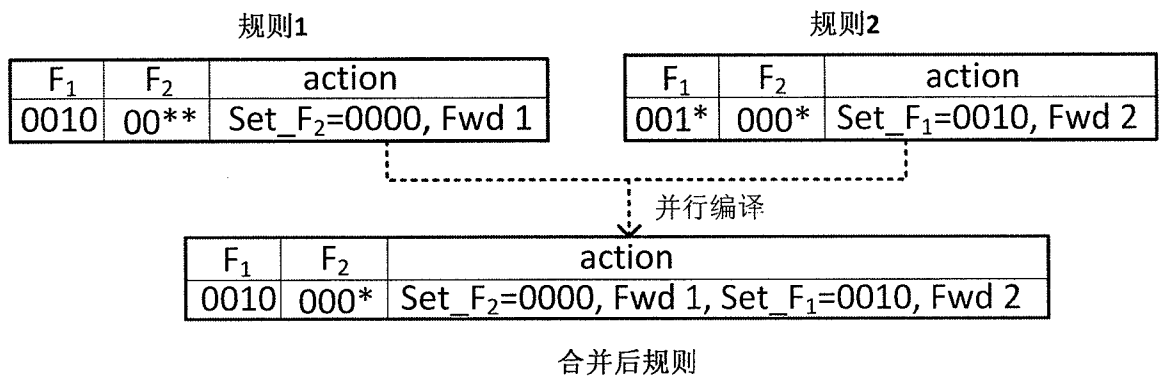


图 2-2

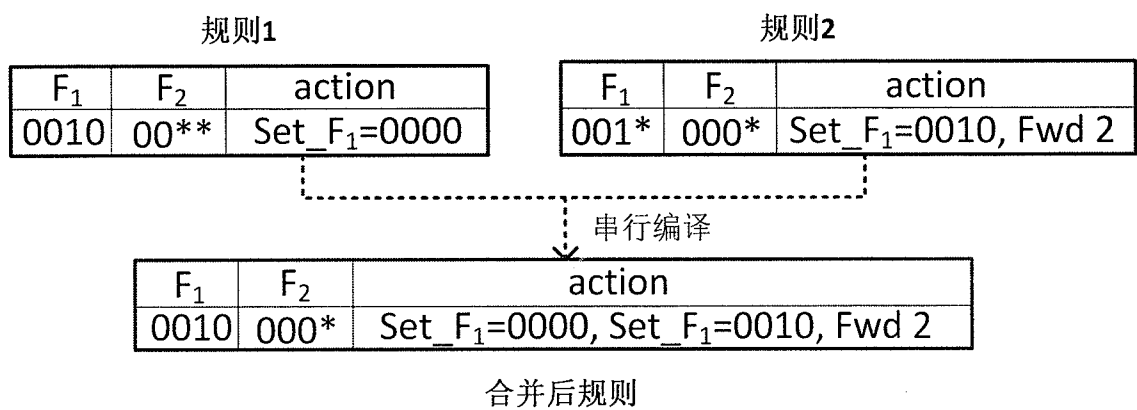


图 2-3

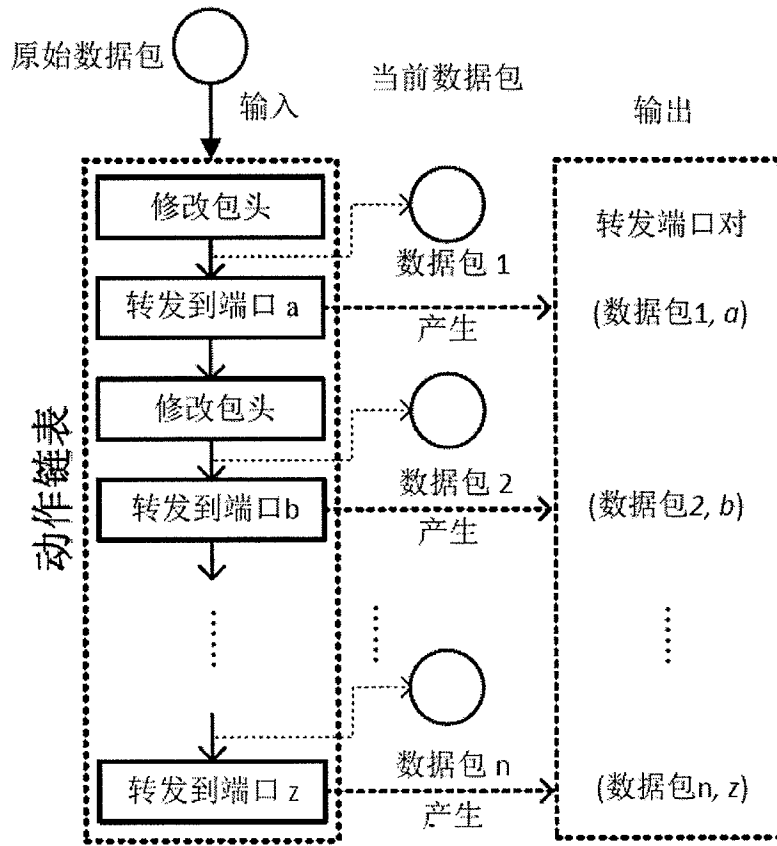


图 3

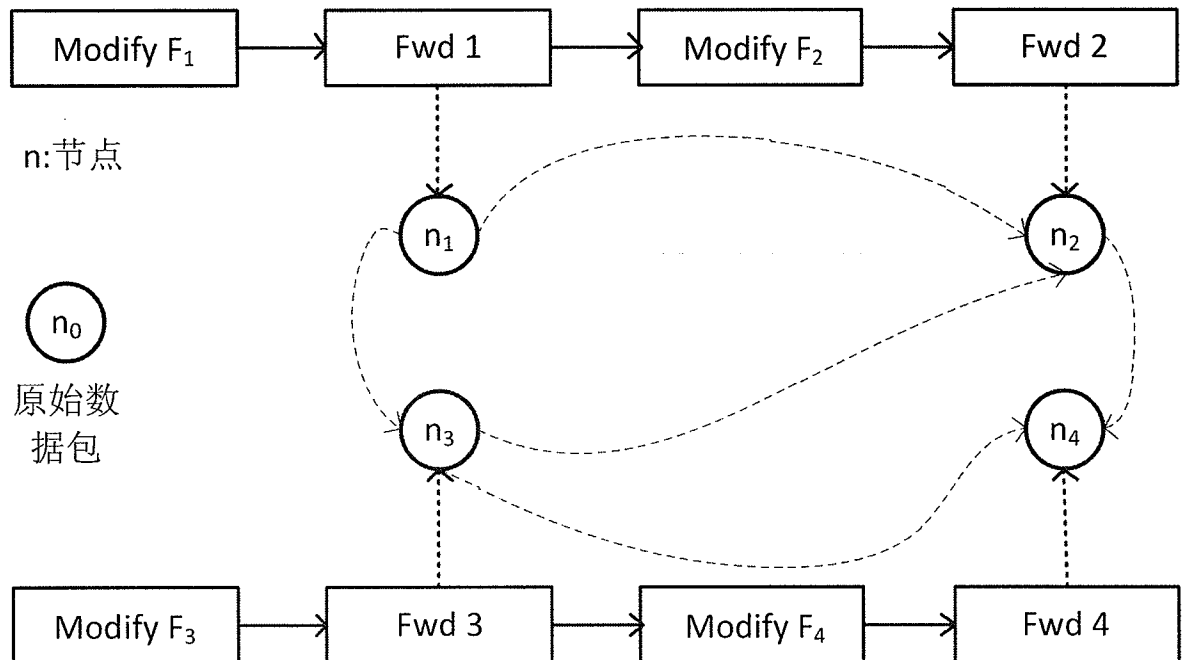


图 4

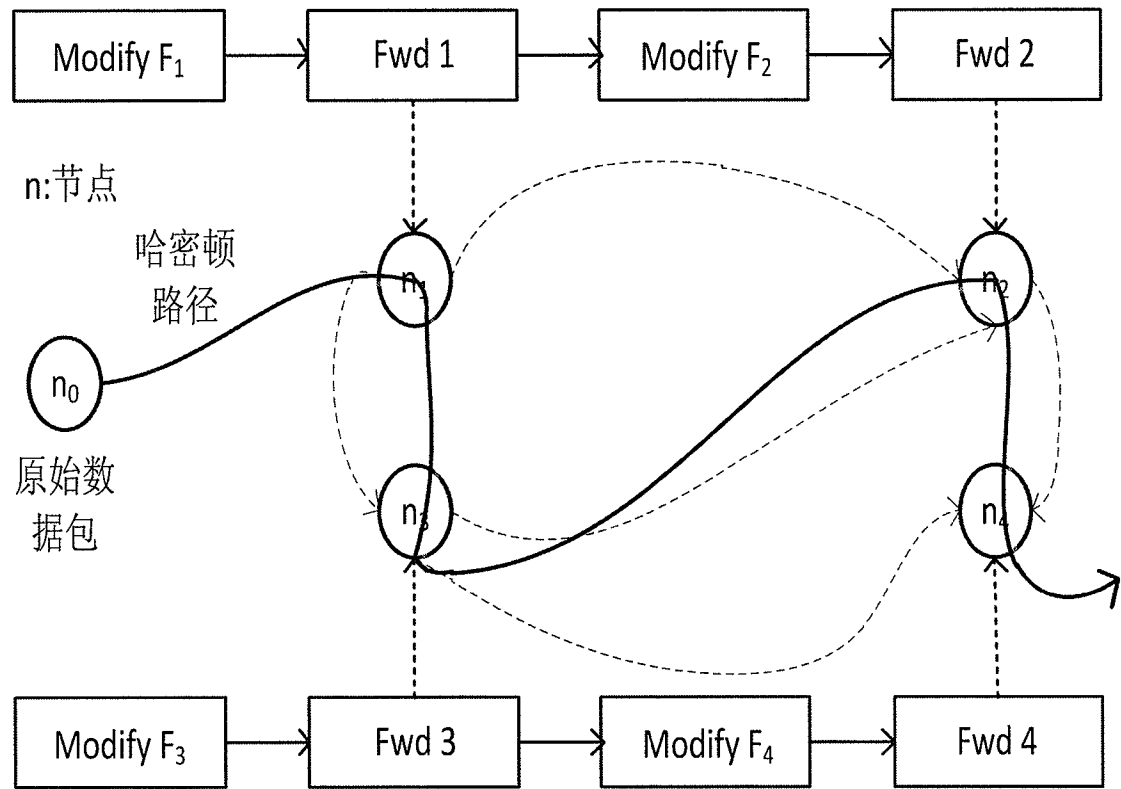


图 5

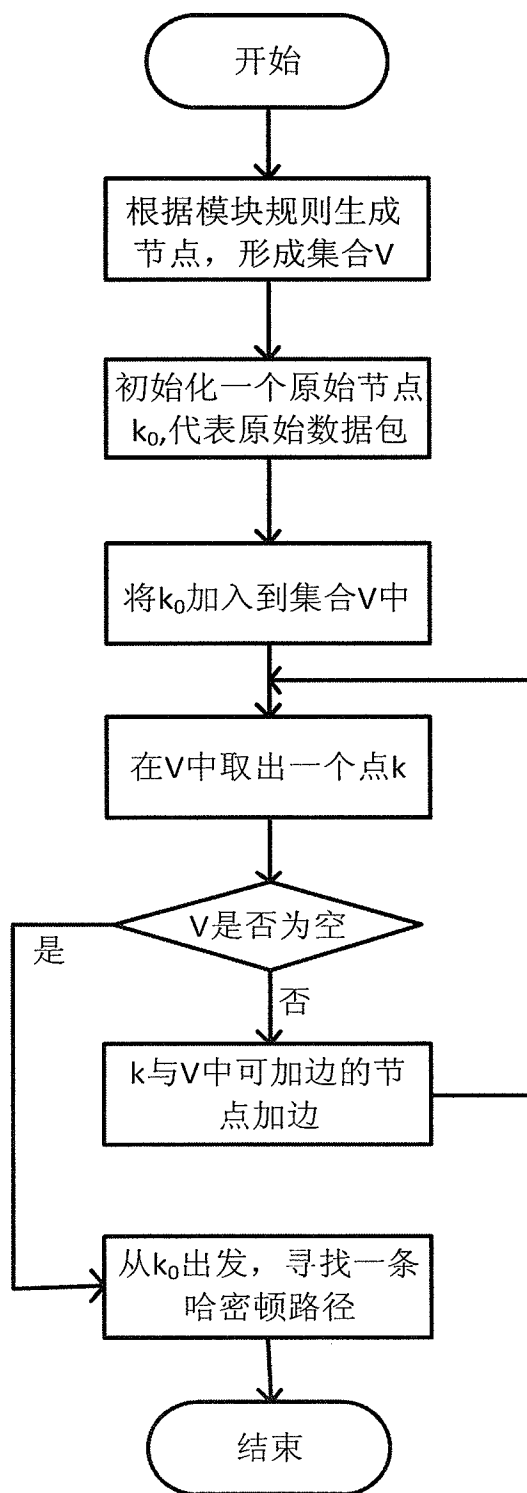


图 6

F: 匹配域 W: 权重 $\leftarrow$: 修改包头
V: 值 N: 节点

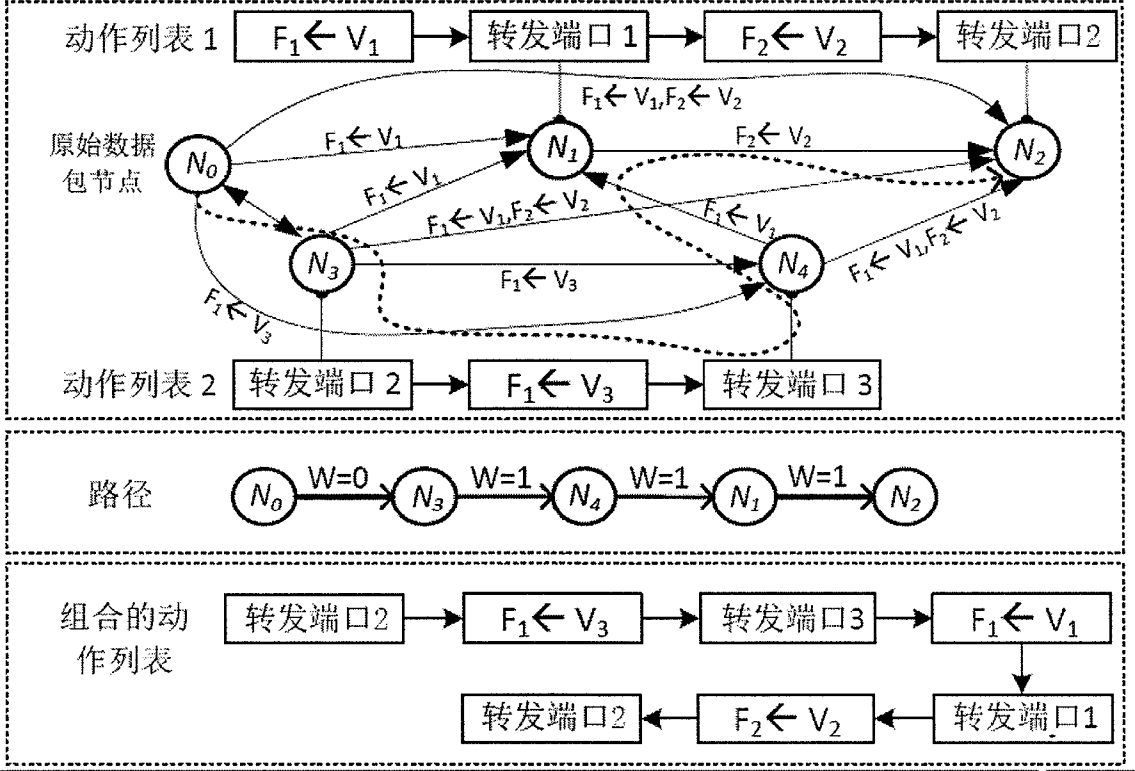


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/072353

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 12/721 (2013.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT, IEEE: software defined network, act, SDN, flow table, data stream, data package, rule, action, node, digraph, DAG, Hamilton, program, parallel

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105207912 A (JIANGSU FUTURE NETWORKS INNOVATION INSTITUTE), 30 December 2015 (30.12.2015), description, paragraph [0009]	1-10
A	CN 104715019 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 17 June 2015 (17.06.2015), the whole document	1-10
A	CN 104954271 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION), 30 September 2015 (30.09.2015), the whole document	1-10
A	CN 105245400 A (JIANGSU FUTURE NETWORKS INNOVATION INSTITUTE), 13 January 2016 (13.01.2016), the whole document	1-10
A	US 2014177634 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 26 June 2014 (26.06.2014), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 21 March 2016 (21.03.2016)	Date of mailing of the international search report 12 April 2016 (12.04.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer MA, Chunli Telephone No.: (86-10) 62413712

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/072353

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105207912 A	30 December 2015	None	
CN 104715019 A	17 June 2015	None	
CN 104954271 A	30 September 2015	US 2015281127 A1	01 October 2015
CN 105245400 A	13 January 2016	None	
US 2014177634 A1	26 June 2014	CN 103051629 A	17 April 2013
		EP 2765751 A1	13 August 2014
		WO 2014101398 A1	03 July 2014
		KR 20140111939 A	22 September 2014
		JP 2015508622 A	19 March 2015
		US 2016065468 A1	03 March 2016

A. 主题的分类 H04L 12/721 (2013. 01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H04L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT, IEEE: 软件定义网络, 流表, 数据流, 数据包, 规则, 动作, 行为, 节点, 有向图, 汉密尔顿, 哈密尔顿, 哈密顿, 编程, 并行, SDN, flow table, data stream, data package, rule, action, node, digraph, DAG, Hamilton, program, parallel																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 105207912 A (江苏省未来网络创新研究院) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 说明书第[0009]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104715019 A (清华大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104954271 A (国际商业机器公司) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105245400 A (江苏省未来网络创新研究院) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2014177634 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2014年 6月 26日 (2014 - 06 - 26) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 105207912 A (江苏省未来网络创新研究院) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 说明书第[0009]段	1-10	A	CN 104715019 A (清华大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文	1-10	A	CN 104954271 A (国际商业机器公司) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 全文	1-10	A	CN 105245400 A (江苏省未来网络创新研究院) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-10	A	US 2014177634 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2014年 6月 26日 (2014 - 06 - 26) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 105207912 A (江苏省未来网络创新研究院) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 说明书第[0009]段	1-10																		
A	CN 104715019 A (清华大学) 2015年 6月 17日 (2015 - 06 - 17) 全文	1-10																		
A	CN 104954271 A (国际商业机器公司) 2015年 9月 30日 (2015 - 09 - 30) 全文	1-10																		
A	CN 105245400 A (江苏省未来网络创新研究院) 2016年 1月 13日 (2016 - 01 - 13) 全文	1-10																		
A	US 2014177634 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 2014年 6月 26日 (2014 - 06 - 26) 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2016年 3月 21日		国际检索报告邮寄日期 2016年 4月 12日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 马春黎 电话号码 (86-10)62413712																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/072353

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105207912	A	2015年 12月 30日	无			
CN	104715019	A	2015年 6月 17日	无			
CN	104954271	A	2015年 9月 30日	US	2015281127	A1	2015年 10月 1日
CN	105245400	A	2016年 1月 13日	无			
US	2014177634	A1	2014年 6月 26日	CN	103051629	A	2013年 4月 17日
				EP	2765751	A1	2014年 8月 13日
				WO	2014101398	A1	2014年 7月 3日
				KR	20140111939	A	2014年 9月 22日
				JP	2015508622	A	2015年 3月 19日
				US	2016065468	A1	2016年 3月 3日