



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103198429 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201210395559.X

US 7469279 B1,2008.12.23,

(22)申请日 2012.10.18

US 7496650 B1,2009.02.24,

(30)优先权数据

US 2009135717 A1,2009.05.28,

13/275,609 2011.10.18 US

审查员 张莹

(73)专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

(72)发明人 C·J·埃尔波特 P·费尔德曼

李卓 刘颖 S·R·纳西夫

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 高青

(51)Int.Cl.

G06Q 50/00(2012.01)

(56)对比文件

US 2007053342 A1,2007.03.08,

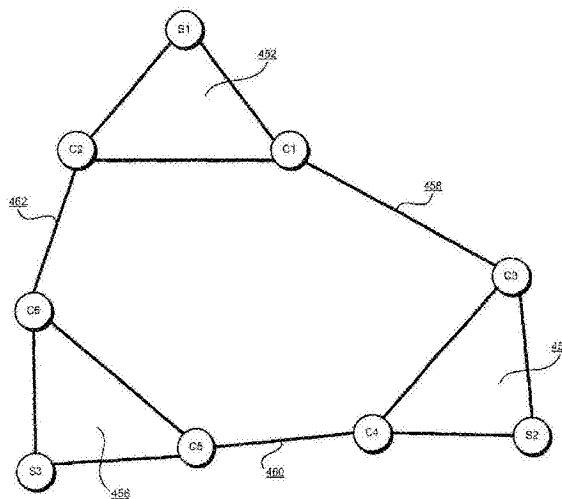
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

成本高效并且可靠的公用事业分配网络的方法和系统

(57)摘要

公开了成本高效并且可靠的公用事业分配网络。在例示实施例中提供了用于设计公用事业的成本高效并且可靠的分配网络的方法、系统和计算机程序产品。缩减连接公用事业的消费者集合和公用事业的供给者集合的图形以形成多个集群。改善所述多个集群中的第一集群中的供给者和消费者子集之间的第一网络,所述改善在第一网络中增加第一连接,以在第一网络中的预定数目的故障之后向消费者子集提供公用事业的连续供给。产生把所述供给者集合连接到所述消费者集合的第二网络的设计,所述第二网络包括改善后的第一网络,其中,第二网络具有在下限阈值和上限阈值内的成本。



1. 一种用于设计公用事业的成本高效并且可靠的分配网络的计算机实现的方法,所述方法包括:

缩减连接公用事业的消费者集合和公用事业的供给者集合的图形以形成多个集群;

改善所述多个集群中的第一集群中的供给者和消费者子集之间的第一网络,所述改善在第一网络中增加第一连接,以在第一网络中的预定数目的故障之后向所述消费者子集提供公用事业的连续供给;以及

产生把所述供给者集合连接到所述消费者集合的第二网络的设计,所述第二网络包括改善后的第一网络,其中,第二网络具有在下限阈值和上限阈值内的成本。

2. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,在网络中增加连接将在网络中形成环路,所述环路提供到集群中的所述消费者子集中的每个消费者的双重供给路径。

3. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,进一步包括:

通过增加从第一网络到第三网络的第二连接来进一步改善第一网络,所述第三网络形成于所述多个集群中的第二集群中的第二供给者和第二消费者子集之间,所述第二连接向第一和第三网络提供供给者冗余。

4. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,进一步包括:

把消费者从所述多个集群中的第一集群移动到第二集群,所述移动减小第一集群的成本。

5. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,进一步包括:

合并第一集群和第二集群,所述合并减小第一和第二集群的总成本。

6. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,进一步包括:

合并第一集群和第二集群,所述合并向第一和第二集群提供供给者冗余。

7. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述第二网络具有在预定数目的故障之后继续公用事业的供给的可靠性。

8. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述第二网络的成本是第二网络中的所有连接的总长度。

9. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述第二网络的成本的下限阈值是为了连接所述消费者集合中的每个消费者和所述供给者集合中的供给者而形成的Hamilton圈的总长度,以及其中,第二网络的成本的上限阈值是为了连接所述消费者集合中的每个消费者和所述供给者集合中的供给者而形成的Steiner树的总长度的倍数。

10. 按照权利要求9所述的计算机实现的方法,其中,所述倍数为2倍,2倍的倍数在第二网络中提供对抗单个故障的可靠性。

11. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述网络中的故障是网络中的连接故障。

12. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述图形中的连接具有能力约束,所述供给者集合中的供给者具有极限供给能力,以及其中,所述缩减不违反所述能力约束和极限供给能力。

13. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述缩减利用最小成本最大流量算法来缩减所述图形。

14. 按照权利要求1所述的计算机实现的方法,其中,所述公用事业是电力,以及所述公

用事业的分配网络是配电网。

15. 一种用于设计公用事业的成本高效并且可靠的分配网络的数据处理系统, 所述数据处理系统包括:

用于缩减连接公用事业的消费者集合和公用事业的供给者集合的图形以形成多个集群的装置;

用于改善所述多个集群中的第一集群中的供给者和消费者子集之间的第一网络的装置, 所述改善在第一网络中增加第一连接, 以在第一网络中的预定数目的故障之后向所述消费者子集提供公用事业的连续供给; 以及

用于产生把所述供给者集合连接到所述消费者集合的第二网络的设计的装置, 所述第二网络包括改善后的第一网络, 其中, 所述第二网络具有在下限阈值和上限阈值内的成本。

16. 按照权利要求15所述的数据处理系统, 其中, 用于在网络中增加连接的装置在网络中形成环路, 所述环路提供到集群中的所述消费者子集中的每个消费者的双重供给路径。

17. 按照权利要求15所述的数据处理系统, 进一步包括:

用于通过增加从第一网络到第三网络的第二连接来进一步改善第一网络的装置, 所述第三网络形成于所述多个集群中的第二集群中的第二供给者和第二消费者子集之间, 所述第二连接向第一和第三网络提供供给者冗余。

成本高效并且可靠的公用事业分配网络的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明一般涉及创建或更改公用事业分配网络的方法、系统和计算机程序产品。更具体地说,本发明涉及创建或更改公用事业分配网络,使得所述网络成本高效并且可靠的方法、系统和计算机程序产品。

背景技术

[0002] 诸如电、水和天然气之类的公用事业从若干供给者供给若干消费者。公用事业分配是通过这些公用事业的适当传送装置的网络进行的。例如,电力是通过电缆和输电线路网分配的;而水和天然气是通过管道网分配的。

[0003] 当例如规划新的城市或分区时,设计新的公用事业分配网络。当分配需求变化时,例如,当新的供给者上线、旧的供给者停止运营时、或者当消费者或需求模式变化时,现有网络被更改。

[0004] 公用事业分配网络是花费高的基础设施。建造一个公用事业分配网络需要相当大的基建投资。网络的维护需要相当大的时间和费用。更改现有网络很复杂-涉及成本、时间和公用事业服务的停工期。

[0005] 公用事业分配网络必须可靠。例如,理想的是网络中的故障不会使公用事业的供给中断。

发明内容

[0006] 例示实施例提供成本高效并且可靠的公用事业分配网络的方法、系统和计算机程序产品。实施例缩减连接公用事业的消费者集合和公用事业的供给者集合的图形以形成多个集群。实施例改善所述多个集群中的第一集群中的供给者和消费者子集之间的第一网络,所述改善在第一网络中增加第一连接,以在第一网络中的预定数目的故障之后向所述消费者子集提供公用事业的连续供给。实施例产生把所述供给者集合连接到所述消费者集合的第二网络的设计,所述第二网络包括改善后的第一网络,其中,所述第二网络具有在下限阈值和上限阈值内的成本。

附图说明

[0007] 附加权利要求中记载了本发明特有的新特征。然而,结合附图,参考例证实施例的以下详细说明,将更好地理解发明本身及其优选使用模式、其它目的和优点,附图中:

[0008] 图1描述了其中可以实现例证实施例的例证配电网络的图形表示;

[0009] 图2描述了其中可以实现例证实施例的数据处理系统的方框图;

[0010] 图3描述了按照例证实施例,用于设计成本高效的网络的图形缩减处理;

[0011] 图4A描述了按照例证实施例的可靠性的简化环形图;

[0012] 图4B描述了按照例证实施例,改善公用事业分配网络中的可靠性的第二种形式;

[0013] 图5描述了按照例证实施例的设计成本高效并且可靠的公用事业分配网络的处理

的流程图;以及

[0014] 图6描述了按照例证实施例的进一步优化成本高效并且可靠的公用事业分配网络的例证处理的流程图。

具体实施方式

[0015] 本发明认识到公用事业分配网络必须建造成本高效并且运行可靠。例如,建造网络的一种过于简单的方法是把公用事业的每个消费者(消费者)连接到公用事业的供给者(供给者)。然而,这种过于简单的方法没有考虑建造网络以从第一供给者和从第二供给者为消费者服务的比较成本。例如,从更靠近消费者的第一供给者进行供给比从更远离第一供给者的第二供给者供给消费者更加成本高效,因为就第一供给者来说,需要的线路或电缆的长度更短。

[0016] 这种过于简单的方法也不具有连续服务的可靠性。例如,当第一供给者不能供给公用事业,或者第一供给者和消费者之间的网络中断时,不能向消费者提供公用事业。

[0017] 建造具有一定可靠性的网络的另一种过于简单的方法是任意地从两个或更多个供给者为消费者服务。同样,这种方法也没有考虑建造从不同的供给者为消费者服务的网络的比较成本。

[0018] 已知几种选择两点之间,比如消费者和供给者之间的最短距离的最短路径算法。本发明认识到:仅仅由于一对消费者和供给者之间的距离最短而使所述消费者和供给者配对并不是足够成本高效或可靠的解决方案。例如,离消费者最近的供给者可能是不定时供给的供给者,比如把风能转换成电力的供给者。

[0019] 例如可以通过使网络中的线路加倍来实现可靠性。然而,这样的可靠性并不是成本高效的,因为这种方法浪费了网络资源,比如线路长度。

[0020] 本发明认识到:即使从成本效率和可靠性的观点出发为给定消费者集合和给定供给者集合设计网络时,这样的设计处理也不是自动化处理的结果,因此不易复制。关于特定供给者和消费者的特定网络设计可能成本高效并且可靠,但通常需要通过反复试验来无遗漏地搜索可能的连网选项。

[0021] 用于描述本发明的例示实施例一般致力于并且解决了与公用事业分配网络设计相关的上述问题。例示实施例提供了用于设计成本高效并且可靠的公用事业分配网络的方法、系统和计算机程序产品。

[0022] 仅仅考虑到公开的清晰性,这里主要关于例证的公用事业-电力的有限数目的消费者和供给者之间的简化关系说明了本发明及其各个实施例。这里关于设计公用事业分配网络说明的概念、方法、产品、系统、操作、动作、结构或操纵类似地适用于其它种类的公用事业分配网络及任意数目的消费者和供给者而没有限制。

[0023] 只是作为例子,利用特定算法和工具说明了例证实施例,并不是对例证实施例的限制。在本发明的范围内,例证实施例可与其它可比的或者类似提议的算法和工具一起使用。例证实施例可以用硬件、软件或它们的组合来实现。

[0024] 这里列举的任何优点仅仅是例子,并不意图限制例证实施例。具体的例证实施例可以实现另外或者不同的优点。此外,特定的例证实施例可以具有一些、全部或者毫无上面列举的优点。

[0025] 参考附图,尤其是参考图1和2,图1和2是其中可以实现例示实施例的数据处理环境的例证示图。图1和2只是例子,并不意图声明或暗示对其中可以实现不同实施例的环境的任何限制。特定的实现可以做出对基于以下说明的所述环境的许多更改。

[0026] 图1描述了其中可以实现例证实施例的例证配电网络的图形表示。配电网络100包括例证供给者102和104。例如,供给者102可以是利用煤、石油或核能发电的供给者。例如,供给者104可以是不太可靠的供给者,比如利用风能或太阳能发电的供给者。

[0027] 网络100还包括消费者106和108。线路110是把例证的电力从供给者102和104输送给消费者106和108的网络100的基础设施的一部分。线路/电网112是把电力从若干供给者输送到若干消费者的例证电网的一部分。为了举例说明的清楚性,从说明中省略了典型配电网络的开关电路、变压器和其它组件。

[0028] 线路110、112和网络的其它省略的组件是花费一定成本构建的。假定网络100的两种设计能够以相同的可靠度把电力从公共供给者集合输送给公共消费者集合。网络100的能够利用小于阈值线路长度的线路110和112把电力从所述供给者集合分配给所述消费者集合的设计比利用超过阈值线路长度的线路把电力从所述供给者集合分配给所述消费者集合的设计更加成本高效。

[0029] 参见图2,图2描述了其中可实现例证实施例的数据处理系统的方框图。数据处理系统200是能够被用于实现按照实施例的方法的例证计算机、按照实施例的计算机可用程序产品、或者按照实施例的系统。

[0030] 在描述的例子中,数据处理系统200采用包括北桥和存储控制集线器(NB/MCH)202以及南桥和输入/输出(I/O)控制集线器(SB/ICH)204的集线器架构。处理单元206、主存储器208和图形处理器210耦接到北桥和存储控制集线器(NB/MCH)202。处理单元206可包含一个或多个处理器,并且可以利用一个或多个异构处理器系统来实现。在一些实现中,图形处理器210可通过加速图形端口(AGP)耦接到NB/MCH。

[0031] 在描述的例子中,局域网(LAN)适配器212耦接到南桥和I/O控制集线器(SB/ICH)204。音频适配器216、键盘和鼠标适配器220、调制解调器222、只读存储器(ROM)224、通用串行总线(uSB)和其它端口232、以及PCI/PCIe装置234通过总线238耦接到南桥和I/O控制集线器204。硬盘驱动器(HDD)226和CD-ROM 230通过总线240耦接到南桥和I/O控制集线器204。PCI/PCIe装置可包括例如以太网适配器、插接卡、和笔记本电脑的PC卡。PCI使用卡总线控制器,而PCIe不使用卡总线控制器。ROM 224可以是例如闪速二进制输入/输出系统(BIOS)。硬盘驱动器226和CD-ROM 230可以使用例如集成驱动电子设备(IDE)或串行高级技术附件(SATA)接口。超级I/O(SIO)装置236可被耦接到南桥和I/O控制集线器(SB/ICH)204。

[0032] 操作系统运行于处理单元206上。操作系统协调和提供图2中的数据处理系统200内的各个组件的控制。操作系统可以是可从市场获得的操作系统,比如**Microsoft® Windows®**(Microsoft和Windows是微软公司在美国和/或其它国家的商标),或者**Linux®**(Linux是LinusTorvalds在美国和/或其它国家的商标)。面向对象的编程系统,比如Java™编程系统可以与操作系统一起运行,并提供从运行于数据处理系统200上的Java™程序或应用对操作系统的调用(Java和所有基于Java的商标和标识是Oracle和/或其分支机构商标或注册商标)。

[0033] 操作系统、面向对象的编程系统、例证实施例的处理、和应用或程序的程序指令位

于诸如硬盘驱动器226的存储装置上,并且可被载入诸如主存储器208、只读存储器224的存储器或一个或多个外设中,以便由处理单元206执行。程序指令也可被永久保存在非易失性存储器中,然后从非易失性存储器加载或者被原地执行。例如,按照实施例的合成程序可被保存在非易失性存储器中并从非易失性存储器加载到DRAM中。

[0034] 图1-2中的硬件可随实现而变化。除了图1-2中描述的硬件之外,或者代替图1-2中描述的硬件,可以使用其它内部硬件或外设,比如闪速存储器、等效非易失性存储器、或者光盘驱动器等等。另外,例证实施例的处理可被应用于多处理器数据处理系统。

[0035] 在一些说明性的例子中,数据处理系统200可以是个人数字助理(PDA),PDA通常配置有闪速存储器,以提供用于保存操作系统文件和/或用户生成数据的非易失性存储器。总线系统可包括一条或多条总线,比如系统总线、I/O总线和PCI总线。当然,可以利用任意种类的通信结构或架构来实现总线系统,所述任意种类的通信结构或架构提供附接于所述结构或架构的不同组件之间的数据传送。

[0036] 通信单元可包括用于发送和接收数据的一个或多个装置,比如调制解调器或网络适配器。存储器可以是例如主存储器208或高速缓冲存储器,比如存在于北桥和存储控制集线器202中的高速缓冲存储器。处理单元可包括一个或多个处理器或CPU。

[0037] 图1-2中描述的例子和上述例子并不意图意味架构限制。例如,除了采取PDA的形式之外,数据处理系统200也可以是平板电脑、膝上型计算机或电话装置。

[0038] 参见图3,图3描述了按照例证实施例,用于设计成本高效的网络的图形缩减处理。在设计图的初始图形300中,供给者302、304和306是与图1中的供给者102和104类似的任意数目的供给者。供给者302-306一起具有总供给能力308。

[0039] 总需求310包括消费者312、314、316和318的需求。消费者312-318可以是与图1中的消费者106和108类似的任意数目的消费者。

[0040] 作为图3的设计处理中的第一步骤,利用与如图所示的连接320 类似的连接,把每个供给者302-306与每个消费者312-318连接。注意连接320不是供给者302-306和消费者312-318之间的实际线路连接,而只是用于设计处理的概念连接。

[0041] 每条连接320还配置有最大能力限制。例如,供给者302和消费者318之间的连接可被限制成只输送100千瓦的电力。

[0042] 在该设计的图形350中,供给者352、354和356与供给者302、304和306相同;能力358与能力308相同;需求360和需求310相同;以及消费者362、364、366和368分别与消费者312、314、316和318相同。

[0043] 在设计处理的图形350中,一些连接320被去除,而其它连接320被保留。连接370是剩余的连接,连接372是被去除的连接。通过利用最小成本最大流量算法,从图形350中去除连接372。最小成本最大流量算法是一种在诸如集成电路设计之类的其它领域中应用的已知算法,试图从供给者节点满足消费者节点的需求,而不违反对于满足所述需求的连接的约束。

[0044] 该算法还试图最大化连接上的流量直到该连接的约束为止,因此某些连接,比如连接372可被去除。该算法还试图创建各对供给者和消费者,使得供给者,比如供给者352被使用直到极限能力。

[0045] 例如,假定供给者352具有100兆瓦的生产能力,其中的80%的极限供给能力可被所

述算法分配给各个消费者。所述算法使消费者362-368的子集与供给者352配对,使得供给者352高达极限供给能力进行供给,但不超过极限供给能力。

[0046] 图形350因此是群集消费者在可用供给者周围的成本最低的网络。最小成本最大流量算法从图形350中去除连接372。通过关于供给者352-356之一群集消费者363-368的子集,与图形300相比,在图形350中节省了被去除的连接372的线路长度。图形350节省了连接372的线路长度,同时维持了连接370的约束,供给者352-356的极限供给能力,并且满足了消费者362-368的需求。

[0047] 参考图4A,图4A描述了按照例证实施例的可靠性的简化环形图。标记为“S1”的供给者402类似于图3中的供给者352。标记为“C1”的消费者404和标记为“C2”的消费者406是图3中的消费者362-368的子集。

[0048] 环形结构的网络是在单点故障的情况下可靠地运行网络的最低成本网络。如图4A中所示,供给者402可通过连接408供给消费者404、通过连接410供给消费者406。然而,连接408的故障使对消费者404的供给受到破坏,以及连接410的故障使对消费者406的供给受到破坏。利用连接412形成的环路提供了供给消费者404和406的每一个的两条路径。

[0049] 按照这种方式假定任意数目的消费者,通过利用按照实施例的环形网络,能够提高网络的可靠性,以经得住单点故障,而不中断服务。排序环路内的节点(例如供给者和消费者的子集)以使成本(比如线路长度)最小化被称为Hamilton圈问题。

[0050] 对于节点的任意大小的集合来说,Hamilton圈问题是NP完全问题。然而,实施例应用于定义的有限节点集合,即,如在关于图3说明的群集中选择的定义的供给者和定义的消费者的子集。因此,对公用事业分配网络优化问题来说,实施例可在有限时间内找出成本最低的环形网络解决方案。例如,实施例可以简单地枚举通过给定供给者和消费者子集的所有可能的环路、评估它们的成本、比较所述成本、并选择成本最低的环路。

[0051] 在这样选择了成本最低,例如,配电网络中的线路长度最短的环路的情况下,实施例提供成本高效的网络,因为从图3中的被去除连接372实现了线路长度缩短;由于按照图4A计算的环路,所述成本高效的网络还具有改善的单点故障可靠性。

[0052] 注意仅仅为了举例说明的清楚起见,而不是对实施例的限制,仅仅关于3个节点-1个供给者和2个消费者-描述了图4A。任何大小的节点集合,比如通过利用1个供给者和任何大小的消费者子集形成的节点集合可类似地被用于计算环形网络,以改善单点故障可靠性。此外,当节点的集合超过一定大小时,可以采用某些已知的试探法来实现成本低于阈值成本的环路。

[0053] 此外,仅仅作为例子,图4A中描述和这里说明的环路改善了环路中的单点故障可靠性。利用本公开,本领域的技术人员能够计算能够经得住环路中的2点故障、3点故障或更多点故障,并且不中断地继续公用事业分配的环形网络。在例示实施例的范围内,可构思这样的环路。

[0054] 参见图4B,图4B描述了按照例示实施例,改善公用事业分配网络中的可靠性的第二种形式。每个环路452、454和456都是如上参考图4A说明的关于1个供给者和消费者子集计算的环路。

[0055] 例如,环路452代表供给者S1与消费者C1和C2之间的成本高效的网络,在环路452中的单点故障的情况下,该网络能够可靠地不中断供给公用事业。类似地,环路454代表供

给者S2与消费者C3和C4之间的成本高效的可靠网络。环路456代表供给者S3与消费者C5和C6之间的成本高效的可靠网络。

[0056] 除了通过引入环形结构来改善网络的可靠性之外,实施例能够通过通过对公用事业分配网络赋予供给者冗余来进一步提高可靠性。如图4B中所示,借助连接458、460和462,进一步使环路452、454、456相互连接。

[0057] 例如,如果环路454中的供给者S2停止供给,那么连接458用于从环路452中的供给者S1供给环路454中的消费者C3和C4。当供给者S1不能提供公用事业供给时,连接458类似地用于从供给者S2供给消费者C1和C2。

[0058] 连接460和462分别按照类似的方式,在环路454和456之间、环路456和452之间起作用。因此,按照实施例,图4B中描述的网络是成本高效的(由于图3的线路长度缩短)、对单点故障来说是可靠的(由于图4A的环形结构)、以及由于供给者冗余而更加可靠(由于环路之间的互连,如图4B中所示)。

[0059] 注意按照相似的方式,利用实施例的组合,可以重构现有网络。例如,可以按照图3中的图形350的方式来重构现有网络,以去除某些连接,从而降低网络的维护成本。再例如,可以按照关于图4A说明的实施例的方式来重构现有网络,以包括环路,从而提高可靠性。又例如,可以按照关于图4B说明的实施例的方式来重构现有网络,以通过提供供给者冗余来改善可靠性。

[0060] 又例如,可以类似的方式,按照关于图3、4A和4B说明的一个或多个实施例来扩展现有网络。因此,实施例不仅能够帮助从头开始设计成本高效并且可靠的公用事业分配网络,比如当规划新的供给区时,而且能够改善或扩展现有网络,比如当现有供给区扩大或者计划新的建筑物或者分区时。

[0061] 参见图5,图5描述了按照例示实施例,设计成本高效并且可靠的公用事业分配网络的处理的流程图。处理500可以用软件应用来实现,包括能够在诸如图2中的数据管理系统200的计算机上运行的计算机可用代码。

[0062] 通过接收供给者集合来开始处理500(步骤502)。处理500接收消费者集合(步骤504)。

[0063] 处理500把每个消费者连接到每个供给者,像图3中的图形300中那样(步骤506)。处理500利用最小成本最大流量算法来减少连接的数目,像在图3中的图形350中那样(步骤508)。

[0064] 处理500识别步骤508的缩减图形中的一个或多个供给者-消费者集群,一个集群构成一个网络(步骤510)。处理500通过计算集群的环形拓扑,改善所述一个或多个识别的集群的鲁棒性(可靠性)(步骤512)。可选地,处理500可通过如上关于图4B所述计算用于供给者冗余的连接,在步骤512中进一步改善集群的鲁棒性。之后,处理500可以结束,或者经标记为“A”的出口点进入图6中的结合处理600。

[0065] 参考图6,图6描述了按照例示实施例,进一步优化成本高效的可靠公用事业分配网络的例证处理的流程图。类似于图5中的处理500的实现,可以用软件应用来实现处理600。

[0066] 一旦如这里所述计算了有或没有供给者冗余的成本高效的可靠网络,就可进一步优化网络用于进一步的成本降低、供给效率、维护减少、以及其它有形和无形的优点。例

如,给定供给者集合和消费者集合,可如上所述实现具有由Hamilton圈下限定义的许多连接的网络。如果可靠性改善要求到每个消费者的双重供给路径,那么连接的数目的上限可被设定成网络图的Steiner树长度的两倍。

[0067] 此外,在集群形成阶段期间,如在图3中的图形350中,一个降低成本的考虑是供给者到消费者的距离。例如,除了该考虑之外,按照实施例的优化处理还在图4A的环路计算的准备过程中考虑消费者到消费者的距离,以便比如通过把集群中的消费者到消费者的距离限制成低于阈值来计算集群。

[0068] 再例如,对现有网络来说,实施例在优化网络计算以便扩展时考虑现有供给者-消费者连接成本。又例如,实施例可更改来自图形缩减的先前迭代的群集,比如通过放置某些消费者与某些供给者或某些其它消费者,并重新计算缩减图形。集群的这种操作会导致两个或者更多个集群合并成更大的集群,在某些情况下,这会引入线路长度节省的增加。

[0069] 作为另一个例子,实施例比较基于环路的可靠性改善的成本和基于冗余供给者的可靠性改善的成本,选择基于环路的可靠性改善或者基于冗余供给者的可靠性改善,而不是选择两者,以更好地节省成本。图6中的处理600是按照实施例进行这些优化步骤中的一些步骤的例证处理。

[0070] 通过选择集群开始处理600(步骤602)。诸如图5中的处理500的另一个处理可在标记为“A”的入口点进入处理600,然后前进到步骤602。

[0071] 处理600把消费者从一个集群移动到另一个集群以减小集群成本(步骤604)。例如,当从一个网络中去除消费者时,可以去除用于向该集群中的该消费者进行供给的线路长度,从而减小了集群成本。例如,当该集群中的供给者被利用超过极限供给能力时,这样的移动是有用的。

[0072] 另一方面,或者与步骤604结合,处理600合并一个集群和另一个集群(步骤606)。把两个或者更多个集群合并在一起可减小组合图中的总线路长度,从而减小组合集群的成本。

[0073] 处理600重新计算源自步骤604和/或606的集群的成本(步骤608)。处理600确定解决方案-图形或者作为结果的集群或网络是否满足某些限制(步骤610)。例如,如上关于单个故障可靠性所述,解决方案的上限可被设定成就集群中的供给者和消费者节点来说可能的Steiner树的Steiner树长度的两倍。

[0074] 如果解决方案成本不在限制内(步骤610的“否”路径),比如当解决方案成本超过在上面的例子中由 $2 * \text{Steiner树长度}$ 定义的阈值时,处理600返回进行步骤604和/或606的另一次迭代。如果解决方案成本在限制内(步骤610的“是”路径),那么处理600前进到步骤612。当然,在例示实施例的范围内,在步骤610中可以指定任何适当的条件。

[0075] 处理600以迭代方式进行步骤604、606、608和610,直到如同这里所述,一些条件被满足为止。在这样的迭代中,处理600枚举因执行步骤604和/或606而产生的各种可能的解决方案;在步骤608中评估枚举的解决方案;根据步骤608的计算来选择期望的解决方案;如果步骤610中的指定条件未被满足,那么重复步骤604、606和608。

[0076] 处理600输出解决方案-提议的成本高效并且可靠的网络(步骤612)。之后,处理600结束。

[0077] 附图中的流程图和方框图图解说明了按照本发明的各个实施例的系统、方法和计

计算机程序产品的可能实现的架构、功能和操作。在这方面,流程图或方框图中的每个方框可代表包含实现指定逻辑功能的一个或多个可执行指令的模块、程序段或一部分代码。另外应注意,在一些备选实现中,在方框中表示的功能可不按照附图中所示的顺序发生。例如,接连表示的两个方框事实上可以基本同时地执行,或者各个方框有时可按照相反的顺序执行,取决于所涉及的功能。另外要注意方框图和/或流程图的每个方框,以及方框图和/或流程图中的各个方框的组合可用实现指定功能或动作的基于专用硬件的系统,或者专用硬件和计算机指令的组合实现。

[0078] 从而,在例示实施例中提供了用于创建或更改成本高效并且可靠的公用事业分配网络的计算机实现的方法、系统和计算机程序产品。利用本发明的实施例,可以设计新的或现有的网络,以减小网络中的成本,比如线路长度或管道长度。虽然关于作为成本函数的节点之间的距离说明了一些实施例,然而这样的成本函数只是用作例子,而不是对本发明的限制。在本发明的范围内,也可按照类似的方式,结合实施例使用其它成本函数,比如线路或管道的类型、关于某个供给者或连接的负载均衡的成本、集群成本的上限或下限。

[0079] 实施例可被用于设计可靠地容纳不定时供给的供给者和未来的增长需求的网络。实施例产生满足设计时的成本标准,然而允许网络设计中的成长路径,以便在成长时维持网络的可靠性或鲁棒性的网络。

[0080] 本领域的技术人员会理解,本发明的各个方面可被具体体现成系统、方法或计算机程序产品。因而,本发明的各个方面可以采取纯硬件实施例、纯软件实施例(包括固件、驻留软件、微代码等)、或者结合这里通常都可被称为“电路”、“装置”、“模块”或“系统”的软件和硬件特征的实施例的形式。此外,本发明的各个方面可以采取包含在一个或多个计算机可读存储装置或计算机可读介质中的计算机程序产品的形式,所述一个或多个计算机可读存储装置或计算机可读介质具有包含于其中的计算机可读程序代码。

[0081] 可以利用一个或多个计算机可读存储装置或计算机可读介质的任意组合。计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。计算机可读存储装置可以是例如(但不限于)电、磁、光、电磁、红外或半导体系统、设备或装置,或者它们的任意适当组合。计算机可读存储装置的更具体例子(非穷举列表)可包括:具有一条或多条导线的电连接、可移植计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器)、光纤、可移植光盘只读存储器(CD-ROM)、光存储装置、磁存储装置,或者它们的任意适当组合。在本文的上下文中,计算机可读存储装置可以是能够包含或保存供指令执行系统、设备或装置使用的,或者结合指令执行系统、设备或装置使用的程序的任何有形装置或介质。

[0082] 包含在计算机可读存储装置或计算机可读介质上的程序代码可利用任何适当的媒体传送,包括(但不限于)无线、有线、光缆、RF等,或者它们的任何适当组合。

[0083] 可用一种或多种编程语言,包括诸如Java、Smalltalk、C++之类的面向对象编程语言,和诸如“C”编程语言或类似编程语言之类的常规过程编程语言的任意组合,编写执行本发明的各个方面的操作的计算机程序代码。程序代码可完全在用户的计算机上运行,部分在用户的计算机上运行,作为独立的软件包,部分在用户的计算机上运行并且部分在远程计算机上运行,或者完全在远程计算机或服务器上运行。在后一情况下,远程计算机可通过任意类型的网络,包括局域网(LAN)或广域网(WAN),连接到用户的计算机,或者可实现与外

部计算机的连接(例如,利用因特网服务提供商,经因特网实现与外部计算机的连接)。

[0084] 这里,参考按照本发明的各个实施例的方法、设备(系统)和计算机程序产品的流程图和/或方框图,说明了本发明的各个方面。要明白流程图和/或方框图的每个方框,以及流程图和/或方框图中的各个方框的组合可用计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可被提供给通用计算机,专用计算机或者其它可编程数据处理设备的一个或多个处理器,从而产生机器,以致借助计算机或其它可编程数据处理设备的一个或多个处理器运行的指令产生实现在流程图和/或方框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的装置。

[0085] 这些计算机程序指令也可被保存在一个或多个计算机可读存储装置或计算机可读介质中,所述计算机可读存储装置或计算机可读介质能够指令一个或多个计算机、一个或多个其它可编程数据处理设备或者一个或多个其它装置按特定方式运行,以致保存在一个或多个计算机可读存储装置或计算机可读介质中的指令产生制成品,所述制成品包括实现在示意流程图和/或示意方框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的指令。

[0086] 计算机程序指令也可被加载到一个或多个计算机,一个或多个其它可编程数据处理设备或一个或多个其它装置上,使得在所述一个或多个计算机,一个或多个其它可编程设备或一个或多个其它装置上执行一系列的操作步骤,从而产生计算机实现的处理,以致在所述一个或多个计算机,一个或多个其它可编程设备或一个或多个其它装置上执行的指令提供实现在流程图和/或方框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的处理。

[0087] 这里使用的术语只是用于说明特定的实施例,并不意图限制本发明。这里使用的单数形式意图还包括复数形式,除非上下文明确地另有所示。另外要明白当用在说明书中时,术语“包括”和/或“包含”指定陈述的特征、整数、步骤、操作、元件和/或组件的存在,但不排除一个或多个其它特征、整数、步骤、操作、元件、组件和/或它们的群体的存在或增加。

[0088] 以下的权利要求中的所有装置或步骤加功能要素的对应结构、材料、动作和等同物意图包括与明确主张的其它要求保护的要素结合地实现功能的任何结构、材料或动作。本发明的说明只是出于举例说明的目的给出的,而不是穷尽的,也不意图把本发明局限于公开的形式。对本领域的普通技术人员来说,许多修改和变化是显而易见的,而不脱离本发明的范围和精神。选择和说明实施例是为了更好地解释本发明的原理和实际应用,和使本领域的其他普通技术人员能够关于具有适合于预期的特定应用的各种修改的各个实施例,理解本发明。

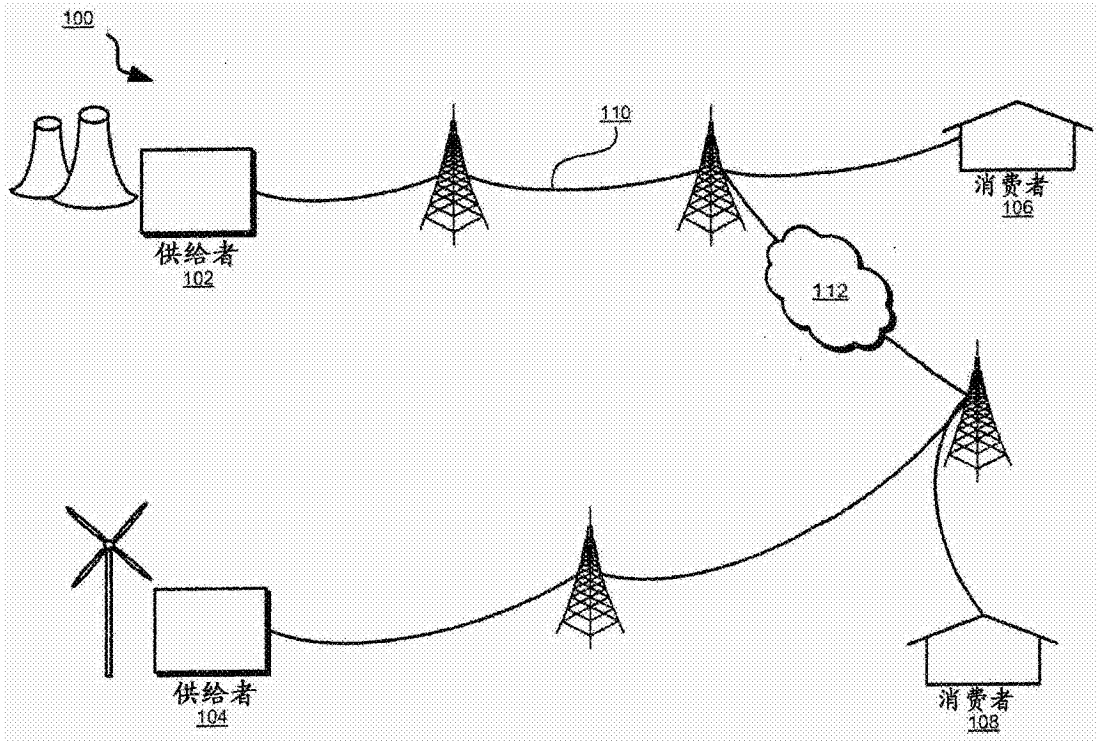


图1

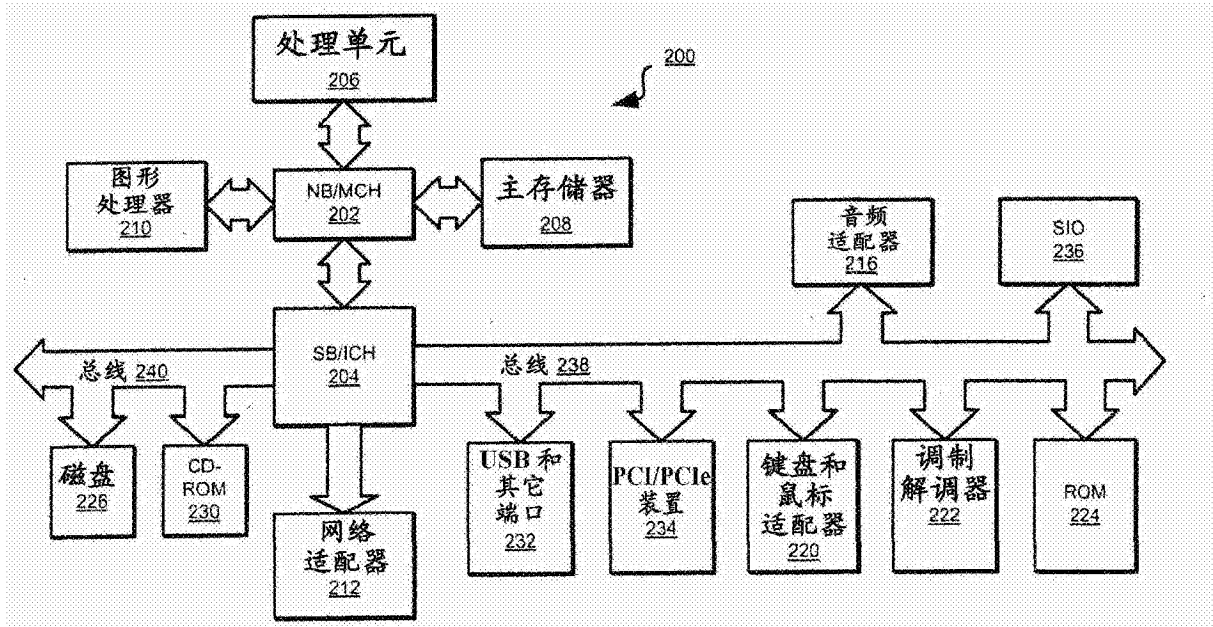


图2

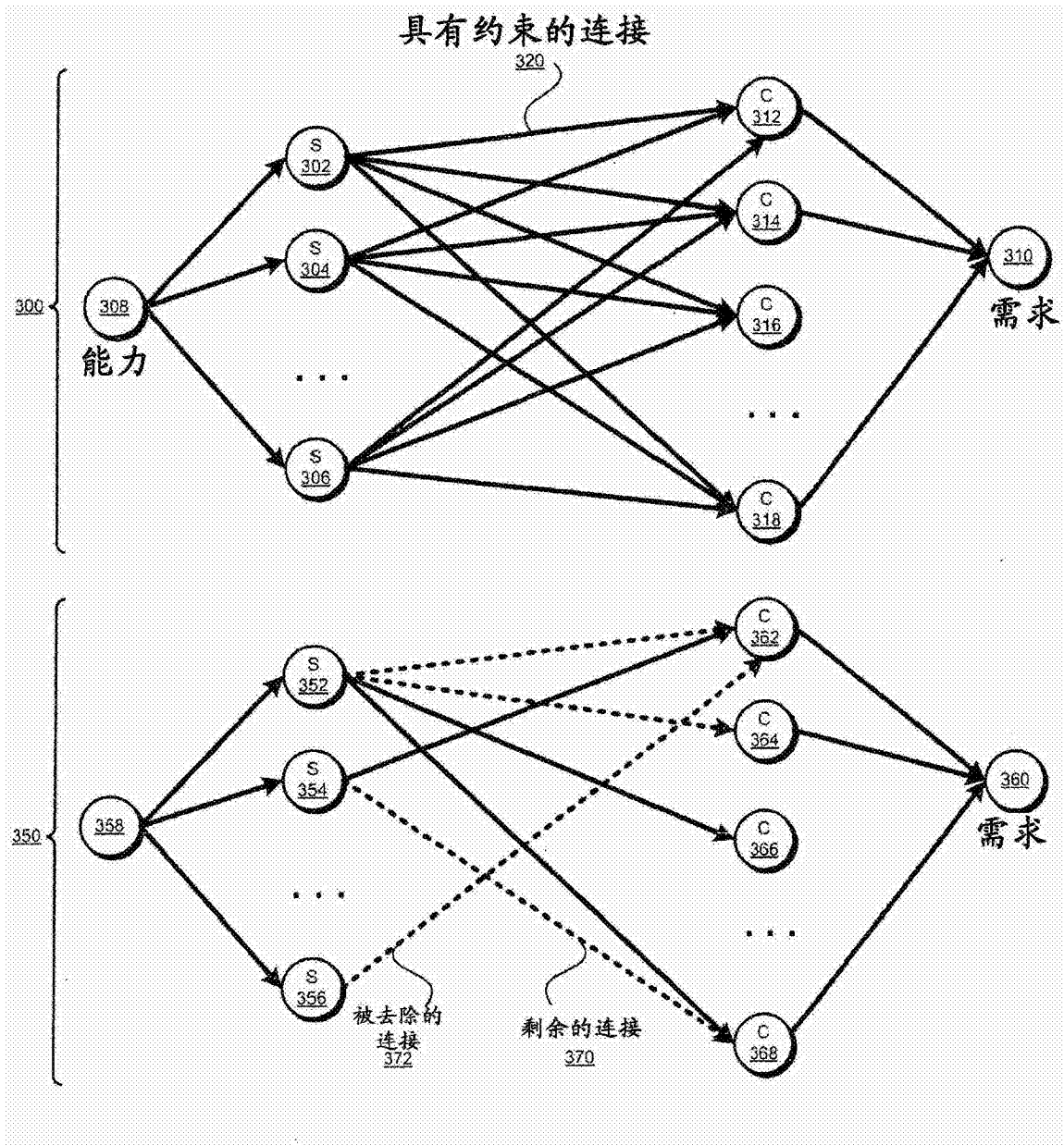


图3

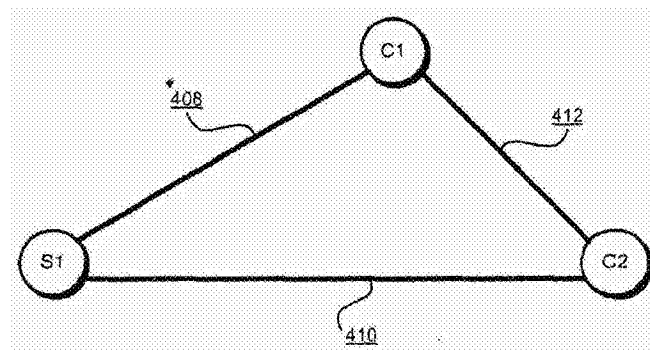


图4A

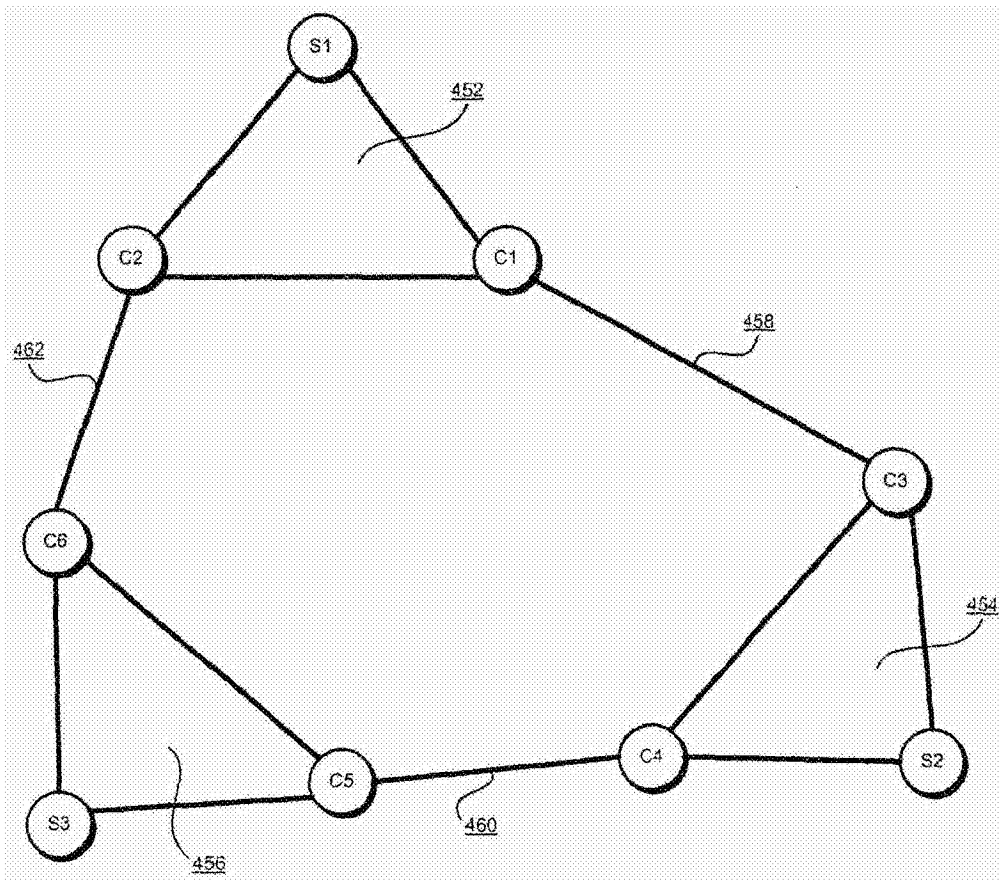


图4B

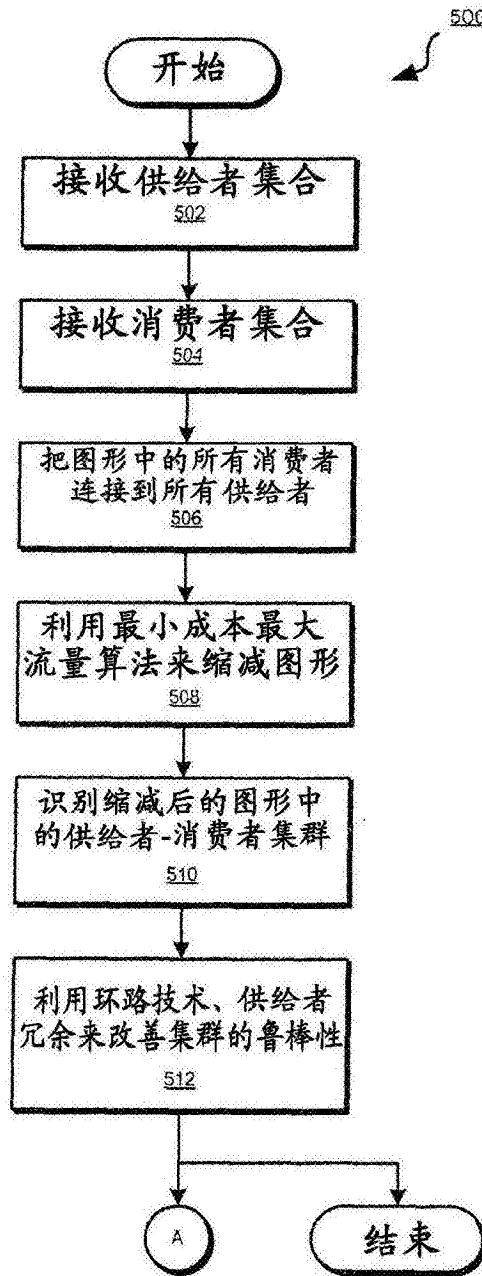


图5

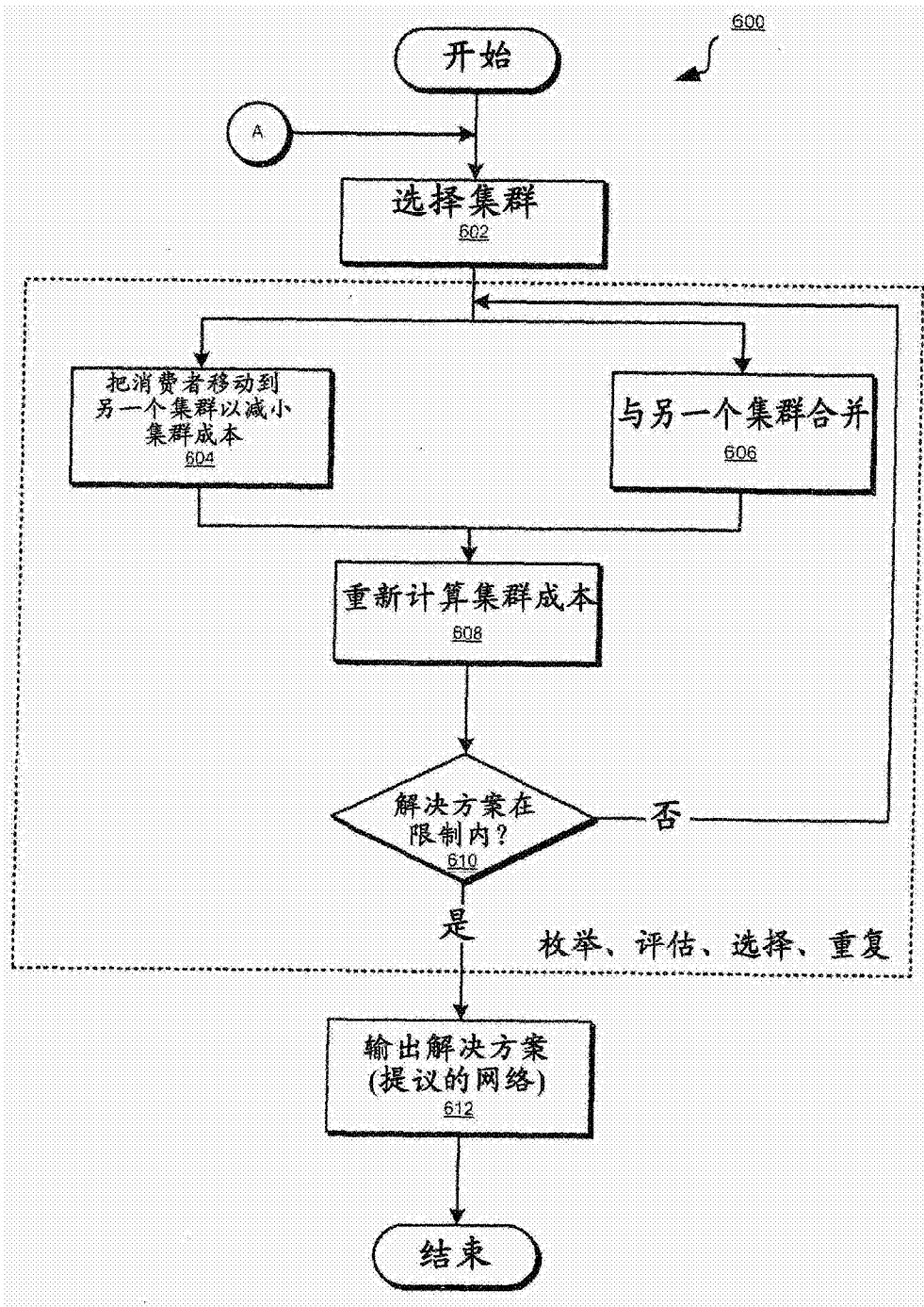


图6