



(21) 申请号 202211422753.2

(22) 申请日 2022.11.14

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115865773 A

(43) 申请公布日 2023.03.28

(73) 专利权人 国网北京市电力公司  
地址 100031 北京市西城区前门西大街41号

专利权人 国家电网有限公司  
北京邮电大学

(72) 发明人 高鹏 金明 郝佳恺 张伍伟  
官丽 刘晓宸 张宝忠 王萍萍  
李宇婷 王申 董峥 宋志鸿  
陈小宇 张力元 邵苏杰 郭少勇  
元峰

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

专利代理师 薛芸

(51) Int.Cl.  
H04L 45/02 (2022.01)  
H04L 45/30 (2022.01)

(56) 对比文件  
CN 106789646 A, 2017.05.31  
CN 109038794 A, 2018.12.18

审查员 王亚东

权利要求书2页 说明书12页 附图1页

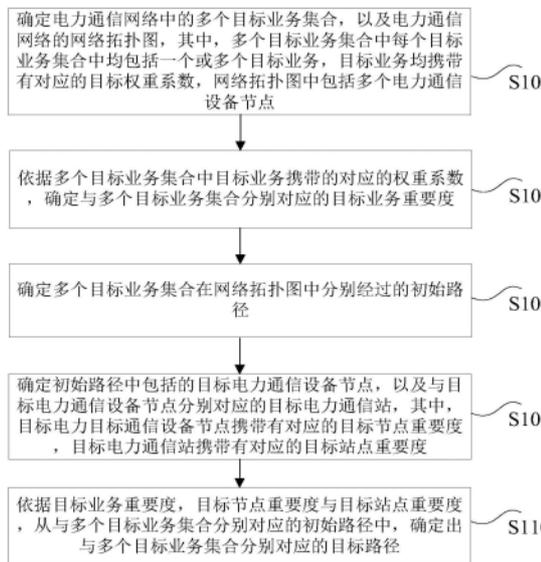
(54) 发明名称

业务传输的路径确定方法、装置及电子设备

(57) 摘要

本发明公开了一种业务传输的路径确定方法、装置及电子设备。其中,该方法包括:确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及电力通信网络的网络拓扑图;依据多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;确定多个目标业务集合在网络拓扑图中分别经过的初始路径;确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站;依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,确定与多个目标业务集合分别对应的目标路径。本发明解决了相关技术中在电力通信网络中确定业务传输路径时,难以依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题。

CN 115865773 B



1. 一种业务传输的路径确定方法,其特征在于,包括:

确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及所述电力通信网络的网络拓扑图,其中,所述多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,所述目标业务均携带有对应的目标权重系数,所述网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;

依据所述多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与所述多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;

确定所述多个目标业务集合在所述网络拓扑图中分别经过的初始路径;

确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,所述目标电力通信设备节点携带有对应的目标节点重要度,所述目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;

依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径;

其中,所述依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径,包括:

依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,采用Q学习算法从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站之前,包括:

依据所述网络拓扑图,从所述目标电力通信设备节点中确定出割点电力通信设备节点与非割点电力通信设备节点;

确定所述割点电力通信设备节点的第一节点度与第一介数,并确定所述非割点电力通信设备节点的第二节点数与第二介数;

依据割点总数,所述第一节点度与所述第一介数,确定与所述割点电力通信设备节点对应的节点重要度,并依据所述第二节点数与所述第二介数,确定与所述非割点电力通信设备节点对应的节点重要度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站之前,包括:

确定所述电力通信网络中包括的多个电力通信站;

确定与所述多个电力通信站分别对应的站点级别,以及与所述多个电力通信站分别对应的电压值;

依据与所述多个电力通信站分别对应的站点级别,以及与所述多个电力通信站分别对应的电压值,确定与所述多个电力通信站分别对应的站点重要度。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及所述电力通信网络的网络拓扑图之前,包括:

确定所述电力通信网络中涉及的多个业务;

依据层次分析法,确定与所述多个业务分别对应的权重系数。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,依据层次分析法,确定与所述多个业务分别对应的权重系数,包括:

依据所述层次分析法,确定与所述多个业务对应的判断矩阵;

确定所述判断矩阵的特征值;

依据所述特征值,确定所述判断矩阵的随机一致性指数;

在所述随机一致性指数低于预定阈值的情况下,确定与所述多个业务分别对应的权重系数。

6. 根据权利要求1至5中任意一项所述的方法,其特征在于,所述目标业务包括以下至少之一:继电保护设备通信业务、安全稳定装置通信业务、调度自动化业务和调度电话业务。

7. 一种业务传输的路径确定装置,其特征在于,包括:

第一确定模块,用于确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及所述电力通信网络的网络拓扑图,其中,所述多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,所述目标业务均携带有对应的目标权重系数,所述网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;

第二确定模块,用于依据所述多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与所述多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;

第三确定模块,用于确定所述多个目标业务集合在所述网络拓扑图中分别经过的初始路径;

第四确定模块,用于确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,所述目标电力通信站携带有对应的目标节点重要度,所述目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;

第五确定模块,用于依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径;

其中,所述第五确定模块,还用于依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,采用Q学习算法从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径。

8. 一种电子设备,其特征在于,包括:

处理器;

用于存储所述处理器可执行指令的存储器;

其中,所述处理器被配置为执行所述指令,以实现如权利要求1至6中任一项所述的业务传输的路径确定方法。

9. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,当所述计算机可读存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行如权利要求1至6中任一项所述的业务传输的路径确定方法。

## 业务传输的路径确定方法、装置及电子设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力通信领域,具体而言,涉及一种业务传输的路径确定方法、装置及电子设备。

### 背景技术

[0002] 电力通信网是智能电网的支撑网络。智能电网在信息化、智能化、自动化等方面不断发展的同时,更加依赖电力通信网的安全、高效运行。我国的智能电网通信网被分为骨干通信网和配、用电通信网。其中,骨干通信网主要覆盖220kV及以上变电站点、发电厂、国调、省际(级)供电公司、市级供电公司等通信节点。电力骨干通信网覆盖范围广、承载业务重、施工难度大,因此通过探索新技术新方法提高网络健壮性,降低网络风险是重要的研究方向。

[0003] 电力通信网区别于一般通信网络的一个显著特征是,电力通信网承载着确保电力生产及电力企业信息化的关键业务传输,而不同业务对通信时延、可靠性、安全性等指标的要求差异明显。相关技术中在电力通信网络中确定业务传输路径时,存在难以依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题。

[0004] 针对上述的问题,目前尚未提出有效的解决方案。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种业务传输的路径确定方法、装置及电子设备,以至少解决相关技术中在电力通信网络中确定业务传输路径时,难以依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题。

[0006] 根据本发明实施例的一个方面,提供了一种业务传输的路径确定方法,包括:确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及所述电力通信网络的网络拓扑图,其中,所述多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,所述目标业务均携带有对应的目标权重系数,所述网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;依据所述多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与所述多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;确定所述多个目标业务集合在所述网络拓扑图中分别经过的初始路径;确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,所述目标电力通信设备节点携带有对应的目标节点重要度,所述目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0007] 可选地,所述确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站之前,包括:依据所述网络拓扑图,从所述目标电力通信设备节点中确定出割点电力通信设备节点与非割点电力通信设备节点;确定所述割点电力通信设备节点的第一节点度与第一介数,并确定所述非割点电力通信设备节

点的第二节点数与第二介数;依据割点总数,所述第一节点度与所述第一介数,确定与所述割点电力通信设备节点对应的节点重要度,并依据所述第二节点数与所述第二介数,确定与所述非割点电力通信设备节点对应的节点重要度。

[0008] 可选地,所述确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站之前,包括:确定所述电力通信网络中包括的多个电力通信站;确定与所述多个电力通信站分别对应的站点级别,以及与所述多个电力通信站分别对应的电压值;依据与所述多个电力通信站分别对应的站点级别,以及与所述多个电力通信站分别对应的电压值,确定与所述多个电力通信站分别对应的站点重要度。

[0009] 可选地,所述确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及所述电力通信网络的网络拓扑图之前,包括:确定所述电力通信网络中涉及的多个业务;依据层次分析法,确定与所述多个业务分别对应的权重系数。

[0010] 可选地,依据层次分析法,确定与所述多个业务分别对应的权重系数,包括:依据所述层次分析法,确定与所述多个业务对应的判断矩阵;确定所述判断矩阵的特征值;依据所述特征值,确定所述判断矩阵的随机一致性指数;在所述随机一致性指数低于预定阈值的情况下,确定与所述多个业务分别对应的权重系数。

[0011] 可选地,所述依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径,包括:依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,采用Q学习算法从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0012] 可选地,所述目标业务包括以下至少之一:继电保护设备通信业务、安全稳定装置通信业务、调度自动化业务和调度电话业务。

[0013] 根据本发明实施例的一个方面,提供了一种业务传输的路径确定装置,包括:第一确定模块,用于确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及所述电力通信网络的网络拓扑图,其中,所述多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,所述目标业务均携带有对应的目标权重系数,所述网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;第二确定模块,用于依据所述多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与所述多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;第三确定模块,用于确定所述多个目标业务集合在所述网络拓扑图中分别经过的初始路径;第四确定模块,用于确定所述初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与所述目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,所述目标电力通信设备节点携带有对应的目标节点重要度,所述目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;第五确定模块,用于依据所述目标业务重要度,所述目标节点重要度与所述目标站点重要度,从与所述多个目标业务集合分别对应的所述初始路径中,确定出与所述多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0014] 根据本发明实施例的一个方面,提供了一种电子设备,包括:处理器;用于存储所述处理器可执行指令的存储器;其中,所述处理器被配置为执行所述指令,以实现上述任一项所述的业务传输的路径确定方法。

[0015] 根据本发明实施例的一个方面,提供了一种计算机可读存储介质,当所述计算机

可读存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行上述任一项所述的业务传输的路径确定方法。

[0016] 在本发明实施例中,通过确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及电力通信网络的网络拓扑图,其中,多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,目标业务均携带有对应的目标权重系数,网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;再依据多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;然后确定多个目标业务集合在网络拓扑图中分别经过的初始路径;确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,目标电力通信站携带有对应的目标节点重要度,目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。由于不同的目标业务集合对应不同的目标业务重要度,因此依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,确定出的与多个目标业务集合分别对应的目标路径考虑了不同业务需求,从而实现了依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题,进而解决了相关技术中在电力通信网络中确定业务传输路径时,难以依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题。

## 附图说明

[0017] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0018] 图1是根据本发明实施例的业务传输的路径确定方法的流程图;

[0019] 图2是根据本发明实施例的业务传输的路径确定装置的结构框图。

## 具体实施方式

[0020] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0021] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0022] 实施例1

[0023] 根据本发明实施例,提供了一种业务传输的路径确定方法的实施例,需要说明的是,在附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行,

并且,虽然在流程图中示出了逻辑顺序,但是在某些情况下,可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0024] 图1是根据本发明实施例的业务传输的路径确定方法的流程图,如图1所示,该方法包括如下步骤:

[0025] 步骤S102,确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及电力通信网络的网络拓扑图,其中,多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,目标业务均携带有对应的目标权重系数,网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;

[0026] 在本发明上述步骤S102提供的技术方案中,可以将电力通信网络的网络拓扑图建模为静态有权无向图 $G=(V,E)$ ,顶点集合 $V$ 表包含物理节点,即电力通信设备,边集合 $E$ 包含物理链路,即电力通信通道,通过这种方式确定出电力通信网络的网络拓扑图。确定出多个目标业务集合,即,将目标业务按照业务需求分成多类,每个目标业务集合中的目标业务的业务需求相同,通过这种方式,可以依据不同业务需求,准确排布传输路径。

[0027] 步骤S104,依据多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;

[0028] 在本发明上述步骤S104提供的技术方案中,由于多个目标业务集合之间的业务需求不同,因此多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数不同,依据权重系数,可以确定出与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度。

[0029] 步骤S106,确定多个目标业务集合在网络拓扑图中分别经过的初始路径;

[0030] 在本发明上述步骤S106提供的技术方案中,多个目标业务集合在网络拓扑图中分别经过的初始路径有多条,确定出初始路径,可以从初始路径中选出最合适的目标路径,并可以依据不同业务需求,准确地确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0031] 步骤S108,确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,目标电力通信设备节点携带有对应的目标节点重要度,目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;

[0032] 在本发明上述步骤S108提供的技术方案中,确定出携带有对应的目标节点重要度的目标电力通信设备节点以及携带有对应的目标站点重要度的目标电力通信站,可以准确地确定出初始路径分别对应的重要度,从而从初始路径中确定出目标路径。

[0033] 步骤S110,依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0034] 在本发明上述步骤S110提供的技术方案中,由于依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,确定出的目标路径,因此目标路径综合了业务需求和路线情况,目标路径是准确的,且目标路径的依据不同业务需求确定出的。由于目标路径是从初始路径中确定出的,并且可以快速确定出初始路径,因此可以快速确定出目标路径。

[0035] 通过上述步骤S102至上述步骤S110,通过确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及电力通信网络的网络拓扑图,其中,多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,目标业务均携带有对应的目标权重系数,网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;再依据多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;然后确定多个目标业务集合在网络拓扑图中分别经过的初始路径;确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力

通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,目标电力通信站携带有对应的目标节点重要度,目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。由于不同的目标业务集合对应不同的目标业务重要度,因此依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,确定出的与多个目标业务集合分别对应的目标路径考虑了不同业务需求,从而实现了依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题,进而解决了相关技术中在电力通信网络中确定业务传输路径时,难以依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题。

[0036] 作为一种可选的实施例,确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站之前,包括:依据网络拓扑图,从目标电力通信设备节点中确定出割点电力通信设备节点与非割点电力通信设备节点;确定割点电力通信设备节点的第一节点度与第一介数,并确定非割点电力通信设备节点的第二节点数与第二介数;依据割点总数,第一节点度与第一介数,确定与割点电力通信设备节点对应的节点重要度,并依据第二节点数与第二介数,确定与非割点电力通信设备节点对应的节点重要度。

[0037] 在该实施例中,可以将电力通信网络的网络拓扑图建模为静态有权无向图 $G=(V, E)$ ,顶点集合 $V$ 表包含物理节点,即电力通信设备;边集合 $E$ 包含物理链路,即电力通信通道。在一个无向图中,如果有一个顶点集合,删除这个顶点集合以及这个集合中所有顶点相关联的边以后,图的连通分量增多,就称这个点为割点。节点度是指和该节点相关联的边的条数,又称关联度。特别地,对于无向图,节点的度是指通过该节点的边的条数。节点介数为无向图中所有最短路径中经过该节点的路径的数目占最短路径总数的比例。依据割点总数,第一节点度与第一介数,可以准确地确定出与割点电力通信设备节点对应的节点重要度。依据第二节点数与第二介数,可以准确地确定出与非割点电力通信设备节点对应的节点重要度。

[0038] 作为一种可选的实施例,确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站之前,包括:确定电力通信网络中包括的多个电力通信站;确定与多个电力通信站分别对应的站点的级别,以及与多个电力通信站分别对应的电压值;依据与多个电力通信站分别对应的站点的级别,以及与多个电力通信站分别对应的电压值,确定与多个电力通信站分别对应的站点重要度。

[0039] 在该实施例中,多个电力通信站可分为调度中心和变电站,其中,调度中心包括国家级、省级和地区三级调度;骨干通信网中变电站通常为220kV以上变电站。当电力通信站为调度中心时,依据该电力通信站的站点的级别,确定对应的站点重要度,例如,当站点的级别越高时,站点重要度越高。当电力通信站为变电站时,依据该电力通信站对应的电压值,确定对应的站点重要度,例如,当电压值越高时,站点重要度越高。通过这种方式,可以快速、准确地、有针对性地确定出与多个电力通信站分别对应的站点重要度。

[0040] 作为一种可选的实施例,确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及电力通信网络的网络拓扑图之前,包括:确定电力通信网络中涉及的多个业务;依据层次分析法,确定与多个业务分别对应的权重系数。

[0041] 在该实施例中,多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度可以通过多个特征

指标进行度量,各特征指标用 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ 表示。其中,  $I$ 表示电力通信网业务特征指标集合,  $i$ 表示电力通信网业务特征指标,  $n$ 表示集合 $I$ 中特征指标的总数,  $n = |I|$ 。为提高业务重要度评价的客观性,通过多属性权重决策分析方法层次分析法确定业务指标权重系数 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。其中,  $w_m$ 表示特征指标集合 $I$ 中指标 $i_m$ 的权重系数。

[0042] 利用层次分析法确定权重系数的具体步骤如下:

[0043] 构造两两判断矩阵 $X_{n \times n}$ ,其中 $n$ 表示待分析的特征指标数量。对比指标 $i_j, i_k$ 的影响,表1是判断矩阵标度定义的表,如表1所示:

[0044] 表1

$x_{jk}$	含义
1	指标 $i_j, i_k$ 相比,重要性相同
3	指标 $i_j, i_k$ 相比,前者比后者稍重要
5	指标 $i_j, i_k$ 相比,前者比后者明显重要
7	指标 $i_j, i_k$ 相比,前者比后者强烈重要
9	指标 $i_j, i_k$ 相比,前者比后者极度重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值

[0046] 按照表1可确定 $x_{jk}$ 和 $x_{kj}$ ,需要注意的是,  $x_{jk} \in (0, 9], x_{kj} \in (0, 9]$ ,且需要满足条件 $x_{jk} \cdot x_{kj} = 1$ 。依据判断矩阵 $X_{n \times n}$ ,利用方根法计算权重系数 $w$ :

[0047] 
$$w_j = \frac{(\prod_{k=1}^n x_{jk})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{j=1}^n (\prod_{k=1}^n x_{jk})^{\frac{1}{n}}};$$

[0048] 其中,  $w_j$ 为特征指标 $i_j$ 的权重系数。通过这种方式,可以快速地、准确地确定出与多个业务分别对应的权重系数。

[0049] 作为一种可选的实施例,依据层次分析法,确定与多个业务分别对应的权重系数,包括:依据层次分析法,确定与多个业务对应的判断矩阵;确定判断矩阵的特征值;依据特征值,确定判断矩阵的随机一致性指数;在随机一致性指数低于预定阈值的情况下,确定与多个业务分别对应的权重系数。

[0050] 在该实施例中,判断矩阵即为上文中的判断矩阵 $X_{n \times n}$ 。为保证评价的客观性需进行一致性检验。记判断矩阵 $X$ 的一致性指数为 $C_I$ ,用以衡量判断矩阵 $X$ 中的误差大小。 $C_I$ 可表示为:

[0051] 
$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1};$$

[0052] 其中,  $\lambda_{\max}$ 为最大特征值。 $C_I$ 越小表示判断矩阵 $X$ 中的误差越小,判断矩阵 $X$ 的一致程度越高。记平均随机一致性比例为 $C_R = \frac{C_I}{RI}$ ,其中 $RI$ 为随机一致性指标,表2是平均随机一致性指标,如表2所示:

[0053] 表2

n	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.52	0.89	1.12	1.24	1.36	1.41	1.46

[0055] 若 $C_R < 0.10$ ,则意味着判断矩阵的一致性在允许范围内,通过一致性检验;否则必须重新检查和构造判断矩阵。

[0056] 经过求解和检验,典型的电力通信网业务中时延、误码率、通信通道、安全区、实时性和可靠性的权重系数为 $w = (0.16, 0.12, 0.10, 0.10, 0.25, 0.27)$ 。

[0057] 假设多个目标业务集合为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ , $K$ 为需要规划路由的目标业务集合总数。其中, $s_k$ 表示网络中需要规划路由的第 $k$ 个目标业务集合,其对应的特征指标值为 $I(k)$ ,相应的业务性质重要度可记为 $\xi_s(k)$  :

$$[0058] \quad \xi_s(k) = \sum_{i=1}^{|I|} I(k)_i * w_i ;$$

[0059] 为消除指标之间量纲影响,对各个业务性质重要度进行Min-Max归一化处理并得到业务 $s_k$ 的业务性质重要度的标准值 $\xi_s^*(k)$  :

$$[0060] \quad \xi_s^*(k) = \frac{\xi_s(k) - \xi_{s_{\min}}}{\xi_{s_{\max}} - \xi_{s_{\min}}} ;$$

[0061] 其中, $\xi_{s_{\min}}$ ,  $\xi_{s_{\max}}$ 分别是 $\xi_s(k)$ 的最小值和最大值。通过这种方式,可以消除指标之间的量纲影响,确定出准确的、不受影响的与多个业务分别对应的权重系数。

[0062] 作为一种可选的实施例,依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径,包括:依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,采用Q学习算法从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0063] 在该实施例中,采用Q学习算法,可以更快速地、更准确地从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0064] 作为一种可选的实施例,目标业务包括以下至少之一:继电保护设备通信业务、安全稳定装置通信业务、调度自动化业务和调度电话业务。

[0065] 在该实施例中,由于继电保护设备通信业务直接作用于电力一次系统,对可靠性、实时性与安全性指标要求极高;而保护信息管理业务对实时性、可靠性要求相对较低,端到端通信时延要求不超过15分钟。电力通信网承担的业务可以包括继电保护设备通信业务、安全稳定装置通信业务、调度自动化业务、调度电话业务等。对不同等级业务的实现差异化服务,进而在复杂通信网络中实现业务的实现可靠传输。

[0066] 基于上述实施例及可选实施例,提供了一种可选实施方式,下面具体说明。

[0067] 在相关技术中,在电力通信网络中确定业务传输路径时,难以依据不同业务需求,准确排布传输路径的技术问题。

[0068] 鉴于此,本发明可选实施方式中提供了一种业务传输的路径确定方法,其能够依

据不同业务需求,准确排布传输路径。

[0069] 1) 确定与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度:

[0070] 多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度可以通过多个特征指标进行度量,各特征指标用  $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$  表示。其中,  $I$  表示电力通信网业务特征指标集合,  $i$  表示电力通信网业务特征指标,  $n$  表示集合  $I$  中特征指标的总数,  $n = |I|$ 。为提高业务重要度评价的客观性,通过多属性权重决策分析方法层次分析法确定业务指标权重系数  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 。其中,  $w_m$  表示特征指标集合  $I$  中指标  $i_m$  的权重系数。

[0071] 利用层次分析法确定权重系数的具体步骤如下:

[0072] 构造两两判断矩阵  $X_{n \times n}$ , 其中  $n$  表示待分析的特征指标数量。对比指标  $i_j, i_k$  的影响, 如可选实施例中的表1所示:

[0073] 表1

$x_{jk}$	含义
1	指标 $i_j, i_k$ 相比, 重要性相同
3	指标 $i_j, i_k$ 相比, 前者比后者稍重要
[0074] 5	指标 $i_j, i_k$ 相比, 前者比后者明显重要
7	指标 $i_j, i_k$ 相比, 前者比后者强烈重要
9	指标 $i_j, i_k$ 相比, 前者比后者极度重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值

[0075] 按照表1可确定  $x_{jk}$  和  $x_{kj}$ , 需要注意的是,  $x_{jk} \in (0, 9], x_{kj} \in (0, 9]$ , 且需要满足条件  $x_{jk} \cdot x_{kj} = 1$ 。依据判断矩阵  $X_{n \times n}$ , 利用方根法计算权重系数  $w$ :

$$[0076] \quad w_j = \frac{(\prod_{k=1}^n x_{jk})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{j=1}^n (\prod_{k=1}^n x_{jk})^{\frac{1}{n}}};$$

[0077] 其中,  $w_j$  为特征指标  $i_j$  的权重系数。

[0078] 为保证评价的客观性需进行一致性检验。记判断矩阵  $X$  的一致性指数为  $C_I$ , 用以衡量判断矩阵  $X$  中的误差大小。  $C_I$  可表示为:

$$[0079] \quad C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1};$$

[0080] 其中,  $\lambda_{\max}$  为最大特征值。  $C_I$  越小表示判断矩阵  $X$  中的误差越小, 判断矩阵  $X$  的一致程度越高。记平均随机一致性比例为  $C_R = \frac{C_I}{RI}$ , 其中  $RI$  为随机一致性指标, 如可选实施例中的表2所示:

[0081] 表2

[0082]	n	3	4	5	6	7	8	9
	RI	0.52	0.89	1.12	1.24	1.36	1.41	1.46

[0083] 若 $C_R < 0.10$ , 则意味着判断矩阵的一致性在允许范围内, 通过一致性检验; 否则必须重新检查和构造判断矩阵。

[0084] 经过求解和检验, 典型的电力通信网业务中时延、误码率、通信通道、安全区、实时性和可靠性的权重系数为 $w = (0.16, 0.12, 0.10, 0.10, 0.25, 0.27)$ 。

[0085] 假设多个目标业务集合为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ ,  $K$ 为需要规划路由的目标业务集合总数。其中,  $s_k$ 表示网络中需要规划路由的第 $k$ 个目标业务集合, 其对应的特征指标值为 $I(k)$ , 相应的业务性质重要度可记为 $\xi_s(k)$ :

$$[0086] \quad \xi_s(k) = \sum_{i=1}^{|I|} I(k)_i * w_i;$$

[0087] 为消除指标之间量纲影响, 对各个业务性质重要度进行Min-Max归一化处理并得到业务 $s_k$ 的业务性质重要度的标准值 $\xi_s^*(k)$ :

$$[0088] \quad \xi_s^*(k) = \frac{\xi_s(k) - \xi_{s_{\min}}}{\xi_{s_{\max}} - \xi_{s_{\min}}};$$

[0089] 其中,  $\xi_{s_{\min}}$ ,  $\xi_{s_{\max}}$ 分别是 $\xi_s(k)$ 的最小值和最大值。

[0090] 2) 确定目标节点重要度:

[0091] 将电力通信网络的网络拓扑图建模为静态有权无向图 $G = (V, E)$ , 顶点集合 $V$ 表包含物理节点, 即电力通信设备; 边集合 $E$ 包含物理链路, 即电力通信通道。定义路径集合 $P$ 包含初始路径, 路径 $p_x$ 表示集合 $P$ 中第 $x$ 条路径, 其对应的节点集合 $V_{p(x)} \subseteq V$ ; 其对应的边集合为 $E_{p(x)} \subseteq E$ , 且满足条件 $|V_{p(x)}| = |E_{p(x)}| + 1$ 。

[0092] 定义图中割点集合为 $C$ , 拓扑层面考虑第 $i$ 个节点 $v_i$ 的重要度为:

$$[0093] \quad \xi_v(i) = \begin{cases} \left(1 + \frac{1}{|C|}\right) * \delta_{v_i} * e^{\beta_{v_i}} & v_i \in C \\ \delta_{v_i} * e^{\beta_{v_i}} & v_i \notin C \end{cases};$$

[0094] 其中,  $\xi_v(i)$ 表示第 $i$ 个节点的拓扑重要度,  $\delta_{v_i}$ 和 $\beta_{v_i}$ 分别为节点 $v_i$ 的节点度和介数。

[0095] 为消除指标之间量纲影响, 对节点的拓扑重要度进行Min-Max归一化处理并得到第 $i$ 个节点的拓扑重要度的标准值 $\xi_v^*(i)$ :

$$[0096] \quad \xi_v^*(i) = \frac{\xi_v(i) - \xi_{v_{\min}}}{\xi_{v_{\max}} - \xi_{v_{\min}}};$$

[0097] 其中,  $\xi_{v_{\min}}$ 和 $\xi_{v_{\max}}$ 分别是 $\xi_v(i)$ 的最小值和最大值。约束条件为每个业务的路径均无环。

[0098] 3) 确定目标站点重要度:

[0099] 假设网络中节点与物理电网中站点为一一映射关系。多个电力通信站可分为调度中心和变电站,其中,调度中心包括国家级、省级和地区三级调度;骨干通信网中变电站通常为220kV以上变电站。当电力通信站为调度中心时,依据该电力通信站的站点级别,确定对应的站点重要度,例如,当站点级别越高时,站点重要度越高。当电力通信站为变电站时,依据该电力通信站对应的电压值,确定对应的站点重要度,例如,当电压值越高时,站点重要度越高。假设集合L表示调度中心级别,级别自上至下从国家到地区依次记为一级、二级和三级。定义电压值集合为 $\tilde{U} = \{u_1, u_2, \dots, u_\mu\}$  (单位:kV),其中 $u_i$ 是节点 $v_i$ 对应的站点正常工作时的电压值。路径 $r_x$ 中节点对应的电压值集合为 $\tilde{U}_{r(x)} \subseteq \tilde{U}$ 。对节点 $v_i$ 所处站点电压值进行Min-Max归一化处理,得到电压标准值 $u_i^*$ :

$$[0100] \quad u_i^* = \frac{u_i - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}}, \quad \forall v_i \in V, \quad u_i \in \tilde{U};$$

[0101] 其中, $u_i$ 是节点 $v_i$ 对应站点电压值, $u_{\min}$ 和 $u_{\max}$ 分别是 $\tilde{U}$ 中的最小值和最大值。

[0102] 节点 $v_i$ 所处站点的等级重要度 $\xi_u(i)$ 可由如下公式计算得到:

$$[0103] \quad \xi_u(i) = u_i^* + l_i^{-1}, \quad \xi_u(i) \in [0,1];$$

[0104] 其中, $l_i$ 表示该站点对应的调度中心级别。

[0105] 4) 依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径:

[0106] S1,假设目标业务集合 $s_k$ 对应的路径为 $p_x$ ,则其联合重要度评价结果可通过如下公式计算:

$$[0107] \quad \xi(k) = \xi_s^*(k) * \frac{\sum_{i=1}^{|V_{p(x)}|} \xi_v^*(i)}{|V_{p(x)}|} * \frac{\sum_{i=1}^{|\tilde{U}_{p(x)}|} \xi_u(i)}{|\tilde{U}_{p(x)}|};$$

[0108] 其中, $\xi_s^*(k)$ 为业务 $s_k$ 的业务重要度标准值, $\xi_v^*(i)$ 为节点 $v_i$ 的拓扑重要度的标准值, $\xi_u(i)$ 为节点 $v_i$ 所处站点的等级重要度。

[0109] S2,观测时间为t时,假设电力通信网单位时间失效的条件概率为失效率 $\mu(t)$ ,则可靠性函数G(t)为:

$$[0110] \quad G(t) = e^{-\int_0^t \mu(t) dt};$$

[0111] 通信网中路径可视为由节点和链路集合成的串联系统,初始路径中任何节点或链路失效都会导致业务无法正常进行。路径p的可靠性 $G_p$ 为节点可靠性与链路可靠性的乘积:

$$[0112] \quad G_p = \prod_{i=1}^{|E_p|} G_{e,i} * \prod_{j=1}^{|V_p|} G_{v,j};$$

[0113] S3,路由规划模块利用Q学习算法,结合目标业务集合的联合重要度和路径的可靠性生成路由策略作为知识,规划电力通信网业务路由,进而确定出目标路径。

[0114] 通过上述可选实施方式,可以达到至少以下有益效果:依据不同业务需求,准确排布传输路径。

[0115] 需要说明的是,对于前述的各方法实施例,为了简单描述,故将其都表述为一系列

的动作组合,但是本领域技术人员应该知悉,本发明并不受所描述的动作顺序的限制,因为依据本发明,某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。其次,本领域技术人员也应该知悉,说明书中所描述的实施例均属于优选实施例,所涉及的动作和模块并不一定是本发明所必须的。

[0116] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到根据上述实施例的方法可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件,但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质(如ROM/RAM、磁碟、光盘)中,包括若干指令用以使得一台终端设备(可以是手机,计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例的方法。

[0117] 实施例2

[0118] 根据本发明实施例,还提供了一种用于实施上述业务传输的路径确定方法的装置,图2是根据本发明实施例的业务传输的路径确定装置的结构框图,如图2所示,该装置包括:第一确定模块202,第二确定模块204,第三确定模块206,第四确定模块208和第五确定模块210,下面对该装置进行详细说明。

[0119] 第一确定模块202,用于确定电力通信网络中的多个目标业务集合,以及电力通信网络的网络拓扑图,其中,多个目标业务集合中每个目标业务集合中均包括一个或多个目标业务,目标业务均携带有对应的目标权重系数,网络拓扑图中包括多个电力通信设备节点;第二确定模块204,连接于上述第一确定模块202,用于依据多个目标业务集合中目标业务携带的对应的权重系数,确定与多个目标业务集合分别对应的目标业务重要度;第三确定模块206,连接于上述第二确定模块204,用于确定多个目标业务集合在网络拓扑图中分别经过的初始路径;第四确定模块208,连接于上述第三确定模块206,用于确定初始路径中包括的目标电力通信设备节点,以及与目标电力通信设备节点分别对应的目标电力通信站,其中,目标电力通信设备节点携带有对应的目标节点重要度,目标电力通信站携带有对应的目标站点重要度;第五确定模块210,连接于上述第四确定模块208,用于依据目标业务重要度,目标节点重要度与目标站点重要度,从与多个目标业务集合分别对应的初始路径中,确定出与多个目标业务集合分别对应的目标路径。

[0120] 此处需要说明的是,上述第一确定模块202,第二确定模块204,第三确定模块206,第四确定模块208和第五确定模块210对应于实施业务传输的路径确定方法中的步骤S102至步骤S110,多个模块与对应的步骤所实现的实例和应用场景相同,但不限于上述实施例1所公开的内容。

[0121] 实施例3

[0122] 根据本发明实施例的另外一个方面,还提供了一种电子设备,包括:处理器;用于存储处理器可执行指令的存储器,其中,处理器被配置为执行指令,以实现上述任一项的业务传输的路径确定方法。

[0123] 实施例4

[0124] 根据本发明实施例的另外一个方面,还提供了一种计算机可读存储介质,当计算机可读存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行上述任一项的业务传输的路径确定方法。

[0125] 上述本发明实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0126] 在本发明的上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中沒有详述的部分,可以参见其他实施例的相关描述。

[0127] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的技术内容,可通过其它的方式实现。其中,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如所述单元的划分,可以为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,单元或模块的间接耦合或通信连接,可以是电性或其它的形式。

[0128] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0129] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0130] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可为个人计算机、服务器或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0131] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

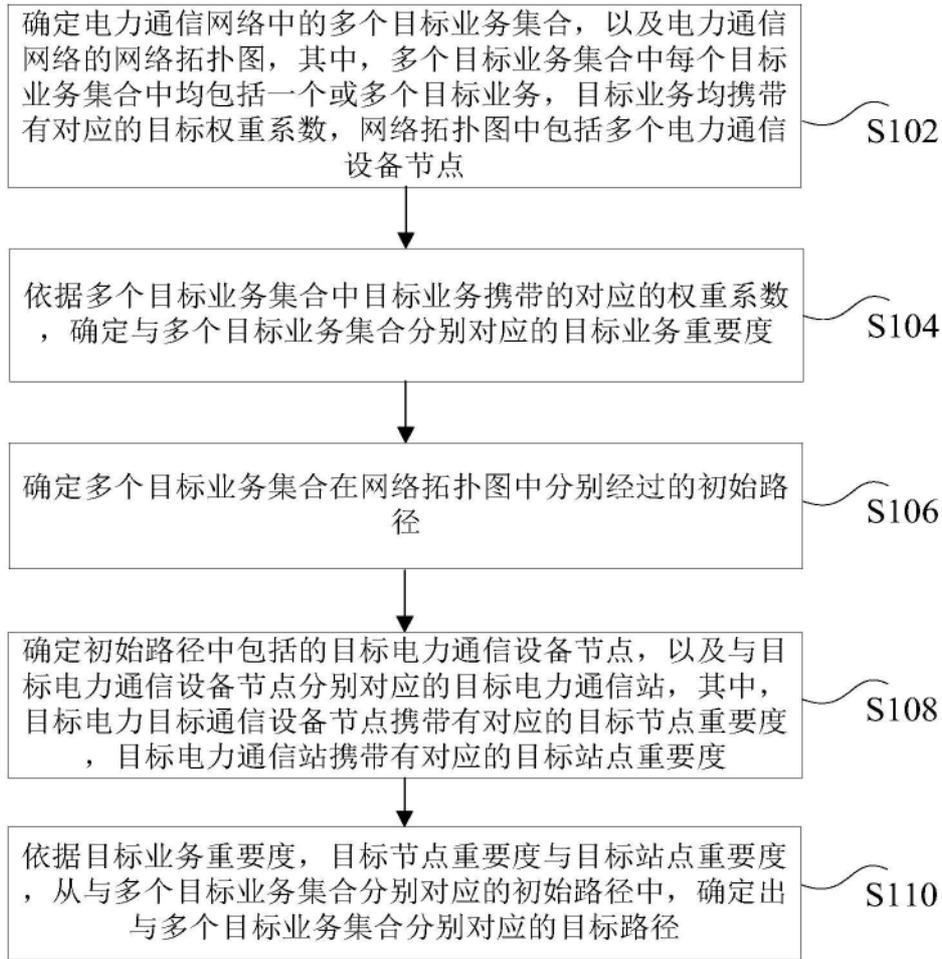


图1



图2