



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108322320 B

(45)授权公告日 2020.04.28

(21)申请号 201710035513.X

审查员 李嵩

(22)申请日 2017.01.18

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108322320 A

(43)申请公布日 2018.07.24

(73)专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72)发明人 陈志堂 吴奇彬 耿彦辉

(74)专利代理机构 北京中博世达专利商标代理有限公司 11274

代理人 申健

(51)Int.Cl.

H04L 12/24(2006.01)

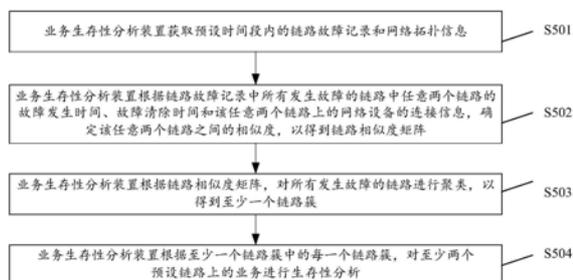
权利要求书7页 说明书20页 附图8页

(54)发明名称

业务生存性分析方法及装置

(57)摘要

本申请实施例提供业务生存性分析方法及装置,涉及通信技术领域,能够降低业务生存性分析的时长,提高业务生存性分析的效率。该方法包括:获取预设时间段内的链路故障记录和网络拓扑信息;根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵;根据该链路相似度矩阵,对该所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇;根据该至少一个链路簇中的每一个链路簇,对该至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。



1. 一种业务生存性分析方法,其特征在于,所述方法包括:

获取预设时间段内的链路故障记录和网络拓扑信息,其中,所述链路故障记录包括所述预设时间段内至少两个预设链路中所有发生故障的链路的故障发生时间和故障清除时间,所述网络拓扑信息包括所述所有发生故障的链路上的所有网络设备的连接信息;

根据所述链路故障记录中所述所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵;

根据所述链路相似度矩阵,对所述所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇;

根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述链路故障记录中所述所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵,包括:

根据所述链路故障记录中所述所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间;

根据所述任意两个链路的故障持续时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;

根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;

根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;

根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述任意两个链路的故障持续时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵,包括:

基于第一预设公式,根据所述任意两个链路的故障持续时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;

$$\text{其中,所述第一预设公式包括: } S_{\text{duration},ij} = \frac{|T_i \cap T_j|}{|T_i \cup T_j|};$$

其中, $S_{\text{duration},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*的故障持续时间的相似度, T_i 表示所述链路*i*的故障持续时间, T_j 表示所述链路*j*的故障持续时间, $|T_i \cap T_j|$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的交集时长, $|T_i \cup T_j|$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的并集时长。

4. 根据权利要求2或3所述的方法,其特征在于,所述根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵,包括:

基于第二预设公式,根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意

两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;

其中,所述第二预设公式包括:

$$S_{\text{topology},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{dst}} \text{ 且 } L_{j,\text{src}} = L_{i,\text{dst}} \\ 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{src}} \text{ 或 } L_{i,\text{dst}} = L_{j,\text{dst}}; \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $S_{\text{topology},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $L_{i,\text{src}}$ 表示所述链路*i*的源端, $L_{i,\text{dst}}$ 表示所述链路*i*的目的端, $L_{j,\text{src}}$ 表示所述链路*j*的源端, $L_{j,\text{dst}}$ 表示所述链路*j*的目的端。

5. 根据权利要求2或3所述的方法,其特征在于,所述根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵,包括:

基于第三预设公式,根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;

$$\text{其中,所述第三预设公式包括: } S_{\text{importance},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L; \\ 0, & \text{其他} \end{cases};$$

其中, $S_{\text{importance},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*在重要性层面的相似度, L_i 表示所述链路*i*, L_j 表示所述链路*j*, B_L 为桥链路的集合,所述桥链路集合 B_L 是根据所述网络拓扑信息确定的。

6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵,包括:

基于第三预设公式,根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;

$$\text{其中,所述第三预设公式包括: } S_{\text{importance},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L; \\ 0, & \text{其他} \end{cases};$$

其中, $S_{\text{importance},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*在重要性层面的相似度, L_i 表示所述链路*i*, L_j 表示所述链路*j*, B_L 为桥链路的集合,所述桥链路集合 B_L 是根据所述网络拓扑信息确定的。

7. 根据权利要求2或3所述的方法,其特征在于,所述根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵,包括:

基于第四预设公式,根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;

其中,所述第四预设公式包括:

$$S_{ij} = 0.5 \times \left(S_{\text{duration},ij} \right)^{(1-c \times S_{\text{topology},ij})} + \left(S_{\text{importance},ij} \right)^{(1-c \times S_{\text{duration},ij})};$$

其中, S_{ij} 表示链路*i*和链路*j*的链路相似度, $S_{\text{duration},ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的相似度, $S_{\text{topology},ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在网络拓扑层面的相似度,

$S_{importance,ij}$ 表示所述链路i和所述链路j在重要性层面的相似度,c表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

8. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵,包括:

基于第四预设公式,根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;

其中,所述第四预设公式包括:

$$S_{ij} = 0.5 \times \left(S_{duration,ij} \right)^{(1-c \times S_{topology,ij})} + \left(S_{importance,ij} \right)^{(1-c \times S_{duration,ij})};$$

其中, S_{ij} 表示链路i和链路j的链路相似度, $S_{duration,ij}$ 表示所述链路i和所述链路j的故障持续时间的相似度, $S_{topology,ij}$ 表示所述链路i和所述链路j在网络拓扑层面的相似度, $S_{importance,ij}$ 表示所述链路i和所述链路j在重要性层面的相似度,c表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

9. 根据权利要求1-3任一项所述的方法,其特征在于,所述根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,包括:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

10. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,包括:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

11. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,包括:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

12. 根据权利要求6或8所述的方法,其特征在于,所述根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,包括:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

13. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,包括:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个

链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

14. 一种业务生存性分析装置,其特征在于,所述装置包括:收集模块、链路相似度矩阵计算模块、链路聚类模块和业务生存性分析模块;

所述收集模块,用于获取预设时间段内的链路故障记录和网络拓扑信息,其中,所述链路故障记录包括所述预设时间段内至少两个预设链路中所有发生故障的链路的故障发生时间和故障清除时间,所述网络拓扑信息包括所述所有发生故障的链路上的所有网络设备的连接信息;

所述链路相似度矩阵计算模块,用于根据所述链路故障记录中所述所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵;

所述链路聚类模块,用于根据所述链路相似度矩阵,对所述所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇;

所述业务生存性分析模块,用于根据所述至少一个链路簇中的每一个链路簇,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

15. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

根据所述链路故障记录中所述所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间;

根据所述任意两个链路的故障持续时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;

根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;

根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;

根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。

16. 根据权利要求15所述的装置,其特征在于,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第一预设公式,根据所述任意两个链路的故障持续时间,确定所述任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;

$$\text{其中,所述第一预设公式包括: } S_{\text{duration},ij} = \frac{|T_i \cap T_j|}{|T_i \cup T_j|};$$

其中, $S_{\text{duration},ij}$ 表示链路i和链路j的故障持续时间的相似度, T_i 表示所述链路i的故障持续时间, T_j 表示所述链路j的故障持续时间, $|T_i \cap T_j|$ 表示所述链路i和所述链路j的故障持续时间的交集时长, $|T_i \cup T_j|$ 表示所述链路i和所述链路j的故障持续时间的并集时长。

17. 根据权利要求15或16所述的装置,其特征在于,所述链路相似度矩阵计算模块具体

用于:

基于第二预设公式,根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;

其中,所述第二预设公式包括:

$$S_{\text{topology},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{dst}} \text{ 且 } L_{j,\text{src}} = L_{i,\text{dst}} \\ 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{src}} \text{ 或 } L_{i,\text{dst}} = L_{j,\text{dst}}; \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $S_{\text{topology},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $L_{i,\text{src}}$ 表示所述链路*i*的源端, $L_{i,\text{dst}}$ 表示所述链路*i*的目的端, $L_{j,\text{src}}$ 表示所述链路*j*的源端, $L_{j,\text{dst}}$ 表示所述链路*j*的目的端。

18.根据权利要求15或16所述的装置,其特征在于,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第三预设公式,根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;

$$\text{其中,所述第三预设公式包括: } S_{\text{importance},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L; \\ 0, & \text{其他} \end{cases};$$

其中, $S_{\text{importance},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*在重要性层面的相似度, L_i 表示所述链路*i*, L_j 表示所述链路*j*, B_L 为桥链路的集合,所述桥链路集合 B_L 是根据所述网络拓扑信息确定的。

19.根据权利要求17所述的装置,其特征在于,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第三预设公式,根据所述任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定所述任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;

$$\text{其中,所述第三预设公式包括: } S_{\text{importance},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L; \\ 0, & \text{其他} \end{cases};$$

其中, $S_{\text{importance},ij}$ 表示链路*i*和链路*j*在重要性层面的相似度, L_i 表示所述链路*i*, L_j 表示所述链路*j*, B_L 为桥链路的集合,所述桥链路集合 B_L 是根据所述网络拓扑信息确定的。

20.根据权利要求15或16所述的装置,其特征在于,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第四预设公式,根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;

其中,所述第四预设公式包括:

$$S_{ij} = 0.5 \times \left(S_{\text{duration},ij} \right)^{(1-c \times S_{\text{topology},ij})} + \left(S_{\text{importance},ij} \right)^{(1-c \times S_{\text{duration},ij})};$$

其中, S_{ij} 表示链路*i*和链路*j*的链路相似度, $S_{\text{duration},ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的相似度, $S_{\text{topology},ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $S_{\text{importance},ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在重要性层面的相似度, c 表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

21. 根据权利要求17所述的装置,其特征在於,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第四预设公式,根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;

其中,所述第四预设公式包括:

$$S_{ij} = 0.5 \times (S_{duration,ij})^{(1-c \times S_{topology,ij})} + (S_{duration,ij})^{(1-c \times S_{importance,ij})};$$

其中, S_{ij} 表示链路*i*和链路*j*的链路相似度, $S_{duration,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的相似度, $S_{topology,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $S_{importance,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在重要性层面的相似度, c 表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

22. 根据权利要求18所述的装置,其特征在於,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第四预设公式,根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;

其中,所述第四预设公式包括:

$$S_{ij} = 0.5 \times (S_{duration,ij})^{(1-c \times S_{topology,ij})} + (S_{duration,ij})^{(1-c \times S_{importance,ij})};$$

其中, S_{ij} 表示链路*i*和链路*j*的链路相似度, $S_{duration,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的相似度, $S_{topology,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $S_{importance,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在重要性层面的相似度, c 表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

23. 根据权利要求19所述的装置,其特征在於,所述链路相似度矩阵计算模块具体用于:

基于第四预设公式,根据所述基于故障持续时间的链路相似度矩阵、所述基于网络拓扑的链路相似度矩阵和所述基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;

其中,所述第四预设公式包括:

$$S_{ij} = 0.5 \times (S_{duration,ij})^{(1-c \times S_{topology,ij})} + (S_{duration,ij})^{(1-c \times S_{importance,ij})};$$

其中, S_{ij} 表示链路*i*和链路*j*的链路相似度, $S_{duration,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*的故障持续时间的相似度, $S_{topology,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $S_{importance,ij}$ 表示所述链路*i*和所述链路*j*在重要性层面的相似度, c 表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

24. 根据权利要求14-16、19、21-23任一项所述的装置,其特征在於,业务生存性分析模块具体用于:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

25. 根据权利要求17所述的装置,其特征在於,业务生存性分析模块具体用于:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个

链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

26. 根据权利要求18所述的装置,其特征在于,业务生存性分析模块具体用于:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

27. 根据权利要求20所述的装置,其特征在于,业务生存性分析模块具体用于:

将所述至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到所述每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;

根据所述每一个链路簇内的链路组合结果,对所述至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

业务生存性分析方法及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及通信技术领域,尤其涉及业务生存性分析方法及装置。

背景技术

[0002] 光传输网络为不同地域之间传输海量数据的重要途径。然而,由于器件失效、电力故障、路面施工或极端天气等因素影响,光传输网络中经常发生链路故障,例如光纤断纤。链路故障会对网络数据的传输造成严重的影响,及时的故障恢复以及预防式的业务生存性分析对于挽救以及预防链路故障的影响尤为重要。其中,业务生存性分析是指,在发生链路故障之前,通过仿真模拟链路故障,分析链路故障对现有业务的影响。

[0003] 业务生存性分析包括单一业务生存性分析和全量业务生存性分析。其中,单一业务生存性分析是指通过模拟传输网络中某一业务所在链路上的所有单一链路故障或者链路故障的组合,分析链路故障对该业务的影响。全量业务生存性分析是指通过模拟传输网络中的所有单一链路故障或者链路故障的组合,分析链路故障对全传输网络业务的影响。

[0004] 目前,全量业务生存性分析主要通过遍历传输网络中每一个链路故障或者链路故障的组合,分析链路故障对全传输网络业务的影响。由于传输网络中存在大量的链路,因此一次生存性分析耗时非常长,特别是对于链路故障的高阶组合,更会因为高阶组合数随着传输网络中链路数据呈超指数级增长而导致在有限时间内无法完成。比如,在一个链路数仅为20983的传输网络中,使用28个处理器并行计算的情况下,模拟一次两两组合的链路故障,分析所需要的时间就长达5小时28分,分析效率较低。

[0005] 因此,如何降低业务生存性分析的时长,提高业务生存性分析的效率,是目前亟待解决的问题。

发明内容

[0006] 本申请的实施例提供业务生存性分析方法及装置,解决了现有技术中业务生存性分析的时间长,分析效率较低的问题。

[0007] 为达到上述目的,本申请的实施例采用如下技术方案:

[0008] 一方面,提供一种业务生存性分析方法,该方法包括:获取预设时间段内的链路故障记录和网络拓扑信息,其中,该链路故障记录包括该预设时间段内至少两个预设链路中所有发生故障的链路的故障发生时间和故障清除时间,该网络拓扑信息包括该所有发生故障的链路上的所有网络设备的连接信息;根据该链路故障记录中该所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵;根据该链路相似度矩阵,对该所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇;根据该至少一个链路簇中的每一个链路簇,对该至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。本申请实施例所提供的业务生存性分析方法,通过链路故障记录和网络拓扑信息生成链路相似度矩阵,进而根据链路相似度矩阵对所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇,并根据至少一

个链路簇中的每一个链路簇,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。由通过链路故障记录和网络拓扑信息生成链路相似度矩阵可知,本申请实施例通过挖掘链路在时间和空间上的规律,确定链路相似度矩阵,因此,在根据链路相似度矩阵对所有发生故障的链路进行聚类分析时,可以仅对在时间和空间上存在相似性的链路进行聚类分析,避免了现有技术在进行全量业务生存性分析时需要遍历传输网络中每一个链路故障或者链路故障的组合的缺陷,极大的降低全量业务生存性分析需要的时间和计算资源开销,提高了业务生存性分析的效率。

[0009] 一种可能的实现方式中,该根据该链路故障记录中该所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵,包括:根据该链路故障记录中该所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定该任意两个链路的故障持续时间;根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;根据该基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。本申请实施例给出一种通过挖掘链路在时间和空间上的规律来确定链路相似度矩阵的具体实现,其中,根据任意两个链路的故障持续时间确定基于故障持续时间的链路相似度矩阵考虑了相似链路可能在链路故障持续时间上相似的情况;根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定基于网络拓扑的链路相似度矩阵,考虑了相似链路可能在网络拓扑上相似的情况;根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定基于重要性的链路相似度矩阵,考虑了相似链路对于网络的连接的重要性可能相似的情况。进而,基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵,可以得到更为准确的链路相似度矩阵。进而,根据该链路相似度矩阵进行聚类分析,可以进一步降低将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0010] 一种可能的实现方式中,该根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵,包括:基于第一预设公式,根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;其中,该第一预设公式包括:

$$S_{\text{duration},ij} = \frac{|T_i \cap T_j|}{|T_i \cup T_j|};$$

其中, $S_{\text{duration},ij}$ 表示链路 i 和链路 j 的故障持续时间的相似度, T_i 表示

该链路 i 的故障持续时间, T_j 表示该链路 j 的故障持续时间, $|T_i \cap T_j|$ 表示该链路 i 和该链路 j 的故障持续时间的交集时长, $|T_i \cup T_j|$ 表示该链路 i 和该链路 j 的故障持续时间的并集时长。本申请实施例提供了一种根据任意两个链路的故障持续时间确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度的具体实现。其中根据任意两个链路的故障持续时间的交集时长和故障持续时间的并集时长的比值获得任意两个链路在时间层面的相似度,可以得到更为准确的

基于故障持续时间的链路相似度矩阵,进而,得到更为准确的链路相似度矩阵,进而,可以提高根据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,可以进一步降低将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0011] 一种可能的实现方式中,该根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵,包括:基于第二预设公式,根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;其中,该第二预设公式

$$\text{包括: } S_{\text{topology},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{dst}} \text{ 且 } L_{j,\text{src}} = L_{i,\text{dst}} \\ 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{src}} \text{ 或 } L_{i,\text{dst}} = L_{j,\text{dst}} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}; \text{其中, } S_{\text{topology},ij} \text{ 表示链路 } i \text{ 和链路 } j \text{ 在}$$

网络拓扑层面的相似度, $L_{i,\text{src}}$ 表示该链路*i*的源端, $L_{i,\text{dst}}$ 表示该链路*i*的目的端, $L_{j,\text{src}}$ 表示该链路*j*的源端, $L_{j,\text{dst}}$ 表示该链路*j*的目的端。本申请实施例提供了一种根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度的具体实现。其中, $L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{dst}}$ 且 $L_{j,\text{src}} = L_{i,\text{dst}}$ 考虑了物理环境因素, $L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{src}}$ 或 $L_{i,\text{dst}} = L_{j,\text{dst}}$ 考虑了设备因素。由于综合考虑了物理环境因素和设备因素对链路相似度的影响,因此可以更准确的确定基于网络拓扑的链路相似度矩阵,进一步可以更准确的确定链路相似度矩阵,进一步可以提高根据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,从而减少了将关联性低的链路进行组合分析的概率,提高了业务生存性分析的效率。

[0012] 一种可能的实现方式中,该根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵,包括:基于第三预设公式,根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;其中,该第三预设公式包括:

$$S_{\text{importance},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L \\ 0, & \text{其他} \end{cases}; \text{其中, } S_{\text{importance},ij} \text{ 表示链路 } i \text{ 和链路 } j \text{ 在重要性层面}$$

的相似度, L_i 表示该链路*i*, L_j 表示该链路*j*, B_L 为桥链路的集合,该桥链路集合 B_L 是根据该网络拓扑信息确定的。本申请实施例提供了一种根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的具体实现。其中 $L_i \in B_L$ 且 $L_j \in B_L$ 考虑了任意两个链路都为桥链路的情况,由于考虑了桥链路对链路相似度的影响,因此可以更准确的确定基于重要性的链路相似度矩阵,进一步可以更准确的确定链路相似度矩阵,进一步可以提高根据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,从而减少了将关联性低的链路进行组合分析的概率,提高了业务生存性分析的效率。

[0013] 一种可能的实现方式中,该根据该基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵,包括:基于第四预设公式,根据该基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵;其中,该第四预设

公式包括: $S_{ij} = 0.5 \times (S_{\text{duration},ij})^{(1-c \times S_{\text{topology},ij})} + (S_{\text{duration},ij})^{(1-c \times S_{\text{importance},ij})}$; 其中, S_{ij} 表

示链路*i*和链路*j*的链路相似度, $S_{duration,ij}$ 表示该链路*i*和该链路*j*的故障持续时间的相似度, $S_{topology,ij}$ 表示该链路*i*和该链路*j*在网络拓扑层面的相似度, $S_{importance,ij}$ 表示该链路*i*和该链路*j*在重要性层面的相似度, c 表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。本申请实施例提供了一种基于故障持续时间的链路相似度矩阵、基于网络拓扑的链路相似度矩阵和基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵的具体实现。其中,基于上述实现,当 $S_{topology,ij}$ 和 $S_{importance,ij}$ 都为0时,链路*i*和链路*j*在网络拓扑层面的相似度与链路*i*和链路*j*在重要性层面的相似度没有关联性,即没有拉伸,当 $S_{topology,ij}$ 与 $S_{importance,ij}$ 都为1时,则拉伸程度和 c 相关, c 越小,拉伸程度越大,这与现实网络状况相符,因此,可以得到更为准确的链路相似度矩阵,进而提高了据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,进一步降低了将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0014] 一种可能的实现方式中,该根据该至少一个链路簇中的每一个链路簇,对该至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,包括:将该至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到该每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;根据该每一个链路簇内的链路组合结果,对该至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。根据本申请实施例提供的业务生存性分析方法,由于每个链路簇中的链路关联性较强,因此对至少一个链路簇中的链路进行高阶组合可以降低将没有关联关系的链路进行组合的概率,进而减少了高阶组合的链路上的业务生存性分析所用的时间,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0015] 另一方面,提供一种业务生存性分析装置,该装置包括:收集模块、链路相似度矩阵计算模块、链路聚类模块和业务生存性分析模块;该收集模块,用于获取预设时间段内的链路故障记录和网络拓扑信息,其中,该链路故障记录包括该预设时间段内至少两个预设链路中所有发生故障的链路的故障发生时间和故障清除时间,该网络拓扑信息包括该所有发生故障的链路上的所有网络设备的连接信息;该链路相似度矩阵计算模块,用于根据该链路故障记录中该所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵;该链路聚类模块,用于根据该链路相似度矩阵,对该所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇;该业务生存性分析模块,用于根据该至少一个链路簇中的每一个链路簇,对该至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

[0016] 一种可能的实现方式中,该链路相似度矩阵计算模块具体用于:根据该链路故障记录中该所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定该任意两个链路的故障持续时间;根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵;根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵;根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵;根据该基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。

[0017] 一种可能的实现方式中,该链路相似度矩阵计算模块具体用于:基于第一预设公式,根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,

以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵；其中，该第一预设公式包括：

$$S_{\text{duration},ij} = \frac{|T_i \cap T_j|}{|T_i \cup T_j|};$$

其中， $S_{\text{duration},ij}$ 表示链路i和链路j的故障持续时间的相似度， T_i 表示

该链路i的故障持续时间， T_j 表示该链路j的故障持续时间， $|T_i \cap T_j|$ 表示该链路i和该链路j的故障持续时间的交集时长， $|T_i \cup T_j|$ 表示该链路i和该链路j的故障持续时间的并集时长。

[0018] 一种可能的实现方式中，该链路相似度矩阵计算模块具体用于：基于第二预设公式，根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息，确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度，以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵；其中，该第二预设公式包括：

$$S_{\text{topology},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{dst}} \text{ 且 } L_{j,\text{src}} = L_{i,\text{dst}} \\ 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{src}} \text{ 或 } L_{i,\text{dst}} = L_{j,\text{dst}} \\ 0, & \text{其他} \end{cases};$$

其中， $S_{\text{topology},ij}$ 表示链路i和链路j在网络

拓扑层面的相似度， $L_{i,\text{src}}$ 表示该链路i的源端， $L_{i,\text{dst}}$ 表示该链路i的目的端， $L_{j,\text{src}}$ 表示该链路j的源端， $L_{j,\text{dst}}$ 表示该链路j的目的端。

[0019] 一种可能的实现方式中，该链路相似度矩阵计算模块具体用于：基于第三预设公式，根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息，确定该任意两个链路在重要性层面的相似度，以得到基于重要性的链路相似度矩阵；其中，该第三预设公式包括：

$$S_{\text{importance},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L \\ 0, & \text{其他} \end{cases};$$

其中， $S_{\text{importance},ij}$ 表示链路i和链路j在重要性层面

的相似度， L_i 表示该链路i， L_j 表示该链路j， B_L 为桥链路的集合，该桥链路集合 B_L 是根据该网络拓扑信息确定的。

[0020] 一种可能的实现方式中，该链路相似度矩阵计算模块具体用于：基于第四预设公式，根据该基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵，生成链路相似度矩阵；其中，该第四预设公式包括：

$$S_{ij} = 0.5 \times \left(S_{\text{duration},ij} \right)^{(1-c \times S_{\text{topology},ij})} + \left(S_{\text{importance},ij} \right)^{(1-c \times S_{\text{importance},ij})};$$

其中， S_{ij} 表示链路i和

链路j的链路相似度， $S_{\text{duration},ij}$ 表示该链路i和该链路j的故障持续时间的相似度， $S_{\text{topology},ij}$ 表示该链路i和该链路j在网络拓扑层面的相似度， $S_{\text{importance},ij}$ 表示该链路i和该链路j在重要性层面的相似度， c 表示拉伸程度， $0 < c < 1$ 。

[0021] 一种可能的实现方式中，该业务生存性分析模块具体用于：将该至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合，以得到该每一个链路簇内的链路组合结果，其中M为正整数；根据该每一个链路簇内的链路组合结果，对该至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

[0022] 又一方面，本申请实施例提供一种业务生存性分析装置，包括：处理器、存储器、总线和通信接口；该存储器用于存储计算机执行指令，该处理器与该存储器通过该总线连接，当该业务生存性分析装置运行时，该处理器执行该存储器存储的该计算机执行指令，以使

该业务生存性分析装置执行如上述任意一项业务生存性分析方法。

[0023] 又一方面,本申请实施例提供一种计算机存储介质,用于储存为上述任意一项业务生存性分析方法所用的计算机软件指令,其包含用于执行上述为上述任意一项业务生存性分析方法所设计的程序。

[0024] 又一方面,本申请实施例一种计算机程序,该计算机程序包括指令,当该计算机程序被计算机执行时,使得计算机执行如上述任意一项业务生存性分析方法中的流程。

[0025] 另外,上述业务生存性分析装置实施例中任一种设计方式所带来的技术效果可参见上述业务生存性分析方法实施例中不同设计方式所带来的技术效果,此处不再赘述。

[0026] 本申请的这些方面或其他方面在以下实施例的描述中会更加简明易懂。

附图说明

[0027] 图1为本申请实施例提供的一种传输网络的架构示意图;

[0028] 图2为本申请实施例提供的一种业务生存性分析装置的结构示意图;

[0029] 图3为本申请实施例提供的一种网络拓扑示意图;

[0030] 图4为本申请实施例提供的一种计算机设备示意图;

[0031] 图5为本申请实施例提供的一种业务生存性分析方法流程示意图;

[0032] 图6为本申请实施例提供的又一种业务生存性分析方法流程示意图;

[0033] 图7为本申请实施例提供的一种确定基于故障持续时间的链路相似度矩阵示意图;

[0034] 图8为本申请实施例提供的一种生成链路相似度矩阵的逻辑示意图;

[0035] 图9为本申请实施例提供的一种链路相似度曲线示意图;

[0036] 图10为本申请实施例提供的一种业务生存性分析所用时间复杂度对比曲线示意图;

[0037] 图11为本申请实施例提供的一种光纤聚类效果示意图;

[0038] 图12为本申请实施例提供的一种业务生存性分析过程示意图。

具体实施方式

[0039] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行描述。

[0040] 需要说明的是,本文中的“/”表示或的意思,例如,A/B可以表示A或B;本文中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况。“多个”是指两个或两个以上。

[0041] 如本申请所使用的术语“组件”、“模块”、“系统”等等旨在指代计算机相关实体,该计算机相关实体可以是硬件、固件、硬件和软件的结合、软件或者运行中的软件。例如,组件可以是,但不限于是:在处理器上运行的处理、处理器、对象、可执行文件、执行中的线程、程序和/或计算机。作为示例,在计算设备上运行的应用和该计算设备都可以是组件。一个或多个组件可以存在于执行中的过程和/或线程中,并且组件可以位于一个计算机中以及/或者分布在两个或更多个计算机之间。此外,这些组件能够从在其上具有各种数据结构的各种计算机可读介质中执行。这些组件可以通过诸如根据具有一个或多个数据分组(例如,来自一个组件的数据,该组件与本地系统、分布式系统中的另一个组件进行交互和/或以信号

的方式通过诸如互联网之类的网络与其它系统进行交互)的信号,以本地和/或远程过程的方式进行通信。

[0042] 需要说明的是,本申请实施例中,“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请实施例中描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言,使用“示例性的”或者“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念。

[0043] 需要说明的是,本申请实施例中,“的(of)”,“相应的(corresponding, relevant)”和“对应的(corresponding)”有时可以混用,应当指出的是,在不强调其区别时,其所要表达的含义是一致的。

[0044] 如图1所示,为本申请实施例提供的传输网络的架构示意图。该传输网络包括:网络设备和连接不同网络设备的链路。网络设备包括:路由器、交换机、服务器和/或计算机等。连接不同网络设备的链路包括:光纤、同轴电缆和/或双绞线等。其中,网络设备用于转发和/或处理业务数据,链路用于传输业务数据。

[0045] 如图2所示,为本申请实施例提供的业务生存性分析装置的结构示意图。该业务生存性分析装置200包括:收集模块210、链路相似度矩阵计算模块220、链路聚类模块230和业务生存性分析模块240。其中,可选的,收集模块210包括:链路故障记录收集模块211和网络拓扑信息收集模块212;链路相似度矩阵计算模块220包括:基于链路故障持续时间的链路相似度矩阵计算模块221,基于网络拓扑的链路相似度计算模块222、基于重要性的链路相似度矩阵计算模块223和链路相似度矩阵生成模块224。

[0046] 下面对业务生存性分析装置中的每个模块进行具体介绍,如下:

[0047] 链路故障记录收集模块211,主要负责周期性地收集传输网络中的链路故障记录。

[0048] 链路故障记录中的历史数据是对链路故障进行数据挖掘的重要基础,本申请实施例中,链路故障记录可以包括以下参数:

[0049] 告警源(Alarm Source):主要描述发生告警的链路所连接的接收端站点信息。

[0050] 定位信息(Location Information):主要描述发生告警的链路所在站点的具体设备号,槽号,端口号。

[0051] 告警名称(Alarm Name):链路会出现若干不同类型的告警,比如,链路的传输速率低于阈值的告警,链路的传输噪声高于阈值的告警,或者链路故障的告警等,本申请实施例的链路故障记录主要描述针对链路故障的告警的类别,只关注链路故障的告警,比如链路断路或者链路不连通。

[0052] 告警级别(Alarm Level):主要描述链路故障告警的紧急程度。其中,紧急程度包括:次要,重要和紧急三个等级。

[0053] 发生时间(Occur Time):主要描述链路故障告警的发生时间。

[0054] 清除时间(Clear Time):主要描述链路故障告警的清除时间。

[0055] 网络拓扑信息收集模块212,主要负责周期性地收集传输网络中的网络拓扑信息。其中,网络拓扑信息包括所有发生故障的链路上的所有网络设备(比如交换机,路由器等)的连接信息。

[0056] 示例性的,如图3所示,为本申请实施例提供的一个网络拓扑的示意图。该网络拓扑由三个子网络组成,分别为子网络1、子网络2和子网络3。其中,子网络1包括4个网络设

备,分别为网络设备A、网络设备E、网络设备F和网络设备G,任意两个网络设备之间都通过链路连接,其中,网络设备E和网络设备F之间的两条链路为成对出现的链路。子网络2包括4个网络设备,分别为网络设备B、网络设备C、网络设备I、网络设备H,任意两个网络设备都通过链路连接,其中,子网络2的网络设备B和子网络1的网络设备A之间的链路为子网络2和子网络1的唯一通道,称为桥链路。子网络3包括4个网络设备,分别为网络设备D、网络设备L、网络设备J、网络设备K,其中,子网络3中的网络设备J、网络设备K和网络设备L及子网络2中的网络设备C都属于与源端设备D连接的网络设备。

[0057] 链路相似度矩阵计算模块220,主要负责根据链路故障记录收集模块211和网络拓扑信息收集模块212周期性收集得到的链路故障记录和网络拓扑信息,确定链路故障记录中任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵。

[0058] 基于链路故障持续时间的链路相似度矩阵计算模块221:主要用于根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定该任意两个链路的故障持续时间,并根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵。

[0059] 基于网络拓扑的链路相似度矩阵计算模块222:主要用于根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵。

[0060] 基于重要性的链路相似度矩阵计算模块223:主要用于根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵。

[0061] 链路相似度矩阵生成模块224:主要用于根据上述的基于链路故障持续时间的链路相似度矩阵,基于网络拓扑的链路相似度矩阵,基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。

[0062] 其中,任意两个链路的故障持续时间的相似度的确定方式,任意两个链路在网络拓扑层面的相似度的确定方式,任意两个链路在重要性层面的相似度的确定方式,以及链路相似度矩阵的生成方式将在下述方法实施例在具体阐述,此处不再赘述。

[0063] 链路聚类模块230,主要用于根据链路相似度矩阵,对链路故障记录中所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇。

[0064] 具体的聚类方式将在下述方法实施例中阐述,此处不再赘述。

[0065] 业务生存性分析模块240,主要用于根据链路聚类模块230聚类得到的至少一个链路簇中的每一个链路簇,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

[0066] 如图4所示,本申请实施例中的业务生存性分析装置可以通过图4中的计算机设备(或系统)来实现。

[0067] 图4所示为本申请实施例提供的计算机设备示意图。计算机设备300包括至少一个处理器401,通信总线402,存储器403以及至少一个通信接口304。

[0068] 处理器401可以是一个通用中央处理器(Central Processing Unit,CPU),微处理器,特定应用集成电路(Application-Specific Integrated Circuit,ASIC),或一个或多个用于控制本申请方案程序执行的集成电路。

[0069] 通信总线402可包括一通路,在上述组件之间传送信息。

[0070] 通信接口404,使用任何收发器一类的装置,用于与其他设备或通信网络通信,如以太网,无线接入网(Radio Access Network,RAN),无线局域网(Wireless Local Area Networks,WLAN)等。

[0071] 存储器403可以是只读存储器(Read-Only Memory,ROM)或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备,随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备,也可以是电可擦可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory,EEPROM)、只读光盘(Compact Disc Read-Only Memory,CD-ROM)或其他光盘存储、光碟存储(包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质,但不限于此。存储器可以是独立存在,通过总线与处理器相连接。存储器也可以和处理器集成在一起。

[0072] 其中,存储器403用于存储执行本申请方案的应用程序代码,并由处理器401来控制执行。处理器401用于执行存储器403中存储的应用程序代码,从而实现本申请实施例中的业务生存性分析方法。

[0073] 在具体实现中,作为一种实施例,处理器401可以包括一个或多个CPU,例如图4中的CPU0和CPU1。

[0074] 在具体实现中,作为一种实施例,计算机设备400可以包括多个处理器,例如图4中的处理器401和处理器408。这些处理器中的每一个可以是一个单核(single-CPU)处理器,也可以是一个多核(multi-CPU)处理器。这里的处理器可以指一个或多个设备、电路、和/或用于处理数据(例如计算机程序指令)的处理核。

[0075] 在具体实现中,作为一种实施例,计算机设备400还可以包括输出设备405和输入设备406。输出设备405和处理器401通信,可以以多种方式来显示信息。例如,输出设备405可以是液晶显示器(Liquid Crystal Display,LCD),发光二极管(Light Emitting Diode,LED)显示设备,阴极射线管(Cathode Ray Tube,CRT)显示设备,或投影仪(projector)等。输入设备406和处理器401通信,可以以多种方式接受用户的输入。例如,输入设备406可以是鼠标、键盘、触摸屏设备或传感设备等。

[0076] 上述的计算机设备400可以是一个通用计算机设备或者是一个专用计算机设备。在具体实现中,计算机设备400可以是台式机、便携式电脑、网络服务器、掌上电脑(Personal Digital Assistant,PDA)、移动手机、平板电脑、无线终端设备、通信设备、嵌入式设备或有图3中类似结构的设备。本申请实施例不限定计算机设备400的类型。

[0077] 如图5所示,为本申请实施例提供的一种业务生存性分析方法流程示意图,包括步骤S501-步骤S504:

[0078] S501、业务生存性分析装置获取预设时间段内的链路故障记录和网络拓扑信息。

[0079] 其中,链路故障记录包括预设时间段内至少两个预设链路中所有发生故障的链路的故障发生时间和故障清除时间,网络拓扑信息包括所有发生故障的链路上的所有网络设备的连接信息。

[0080] 需要说明的是,本申请实施例中的至少两个预设链路可以为全传输网络中的所有链路,也可以为某一个业务所在的链路,还可以为根据其他需求用户自定义的链路,本申请实施例对此不作具体限定。

[0081] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的收集模块210用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S501。

[0082] S502、业务生存性分析装置根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间、故障清除时间和该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路之间的相似度,以得到链路相似度矩阵。

[0083] 考虑到在传输网络中,由于某些原因,多个链路可能同时发生故障,因此可以通过分析链路故障记录和网络拓扑信息,确定任意两个链路之间的相似度。

[0084] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的链路相似度矩阵计算模块220用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S502。

[0085] S503、业务生存性分析装置根据链路相似度矩阵,对所有发生故障的链路进行聚类,以得到至少一个链路簇。

[0086] 具体的,聚类通常采用聚类算法实现。本申请实施例中聚类算法需要具有如下特点:

[0087] 由于无法预先获得动态变化的传输网络中故障链路簇的数量,因此在动态变化的传输网络中,聚类算法需要满足不用预先设定聚类数量的特点。

[0088] 由于传输网络庞大,获取每一个故障的绝对位置坐标效率较低,因此聚类算法需要满足不需要特征的绝对位置坐标的特点,比如只需要特征之间的相对距离即可。该相对距离例如可以是链路相似度。

[0089] 由于传输网络中很多链路故障是独立存在,不属于任何链路簇,因此聚类算法需要满足允许噪声存在的特点,从而将这些独立存在的故障链路当作噪声点不归类于任何链路簇中。

[0090] 可选的,本申请实施例所应用的聚类算法可以为谱聚类算法,也可以为具有噪声的基于密度的聚类(Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise, DBSCAN)算法,本申请实施例对此不作具体限定。

[0091] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的链路聚类模块230用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S503。

[0092] S504、业务生存性分析装置根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

[0093] 具体的,业务生存性分析装置根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析,具体可以包括:

[0094] 当至少两个预设链路为某一个业务所在的链路时,可以根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,进行单一业务生存性分析,当至少两个预设链路为全传输网络中的所有链路时,可以根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,进行全量业务生存性分析,当至少两个预设链路为用户自定义的链路时,可以根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,对用户自定义的链路上的业务进行生存性分析,本申请实施例对此不作具体限定。

[0095] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的业务生存性分析模块240用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S504。

[0096] 本申请实施例所提供的业务生存性分析方法,通过链路故障记录和网络拓扑信息生成链路相似度矩阵,进而根据链路相似度矩阵对所有发生故障的链路进行聚类,得到至

少一个链路簇,并根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。由通过链路故障记录和网络拓扑信息生成链路相似度矩阵可知,本申请实施例通过挖掘链路在时间和空间上的规律,确定链路相似度矩阵,因此,在根据链路相似度矩阵对所有发生故障的链路进行聚类分析时,可以仅对在时间和空间上存在相似性的链路进行聚类分析,避免了现有技术在进行全量业务生存性分析时需要遍历传输网络中每一个链路故障或者链路故障的组合的缺陷,极大的降低全量业务生存性分析需要的时间和计算资源开销,提高了业务生存性分析的效率。

[0097] 一种可能的实现方式,如图6所示,步骤S502包括步骤S5021-S5024:

[0098] S5021、业务生存性分析装置根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定该任意两个链路的故障持续时间,根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵。

[0099] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的基于链路故障持续时间的链路相似度矩阵计算模块221用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S5021。

[0100] S5022、业务生存性分析装置根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵。

[0101] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的基于网络拓扑的链路相似度计算模块222用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S5022。

[0102] S5023、业务生存性分析装置根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵。

[0103] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的基于重要性的链路相似度矩阵计算模块223用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S5023。

[0104] S5024、业务生存性分析装置根据基于故障持续时间的链路相似度矩阵、基于网络拓扑的链路相似度矩阵和基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。

[0105] 具体的,结合图2,业务生存性分析装置200中的链路相似度矩阵生成模块224用于支持业务生存性分析装置200执行本申请实施例中的步骤S5024。

[0106] 需要说明的是,在图6所示的实施例中,步骤S5021中链路的故障持续时间只是在时间层面反应了链路发生故障的关联性,而两个链路存在可能完全没有任何关系,只是恰巧在故障持续时间有重叠的情况,因此,本申请实施例中,可以按照步骤S5022中链路在网络拓扑层中的位置,完善链路相似度;同时考虑到在网络拓扑层中,许多链路对网络的连接非常重要,因此,本申请实施例中,可以按照步骤S5023中链路对于网络的连接的重要性,进一步完善链路相似度。最后,通过步骤S5024将时间层面和拓扑层面的相似度进行融合,可以得到更为准确的链路相似度矩阵。进而,根据该链路相似度矩阵进行聚类分析,可以进一步降低将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0107] 综上,本申请实施例给出一种通过挖掘链路在时间和空间上的规律来确定链路相似度矩阵的具体实现,其中,根据任意两个链路的故障持续时间确定基于故障持续时间的链路相似度矩阵考虑了相似链路可能在链路故障持续时间上相似的情况;根据任意两个链

路上的网络设备的连接信息,确定基于网络拓扑的链路相似度矩阵,考虑了相似链路可能在网络拓扑上相似的情况;根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定基于重要性的链路相似度矩阵,考虑了相似链路对于网络的连接的重要性可能相似的情况。进而,基于故障持续时间的链路相似度矩阵、该基于网络拓扑的链路相似度矩阵和该基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵,可以得到更为准确的链路相似度矩阵。进而,根据该链路相似度矩阵进行聚类分析,可以进一步降低将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0108] 一种可能的实现方式,步骤S5021具体包括:业务生存性分析装置根据链路故障记录中所有发生故障的链路中任意两个链路的故障发生时间和故障清除时间,确定该任意两个链路的故障持续时间,进而,基于公式(1),根据该任意两个链路的故障持续时间,确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度,以得到基于故障持续时间的链路相似度矩阵。

$$[0109] \quad S_{\text{duration},ij} = \frac{|T_i \cap T_j|}{|T_i \cup T_j|} \quad \text{公式 (1)}$$

[0110] 其中, $S_{\text{duration},ij}$ 表示链路i和链路j的故障持续时间的相似度, T_i 表示链路i的故障持续时间, T_j 表示链路j的故障持续时间, $|T_i \cap T_j|$ 表示链路i和链路j的故障持续时间的交集时长, $|T_i \cup T_j|$ 表示链路i和链路j的故障持续时间的并集时长。

[0111] 示例性的,如图7所示,假设预设时间段内链路i的故障持续时间对应时间轴上的ac段,预设时间段内链路j的故障持续时间对应时间轴上的bd段,则链路i和链路j的故障持续时间的交集为bc段,链路i和链路的j故障持续时间的并集为ad段,进而,根据公式(1)可计算得到链路i和链路j的故障持续时间的相似度。

[0112] 综上,本申请实施例提供了一种根据任意两个链路的故障持续时间确定该任意两个链路的故障持续时间的相似度的具体实现。其中根据任意两个链路的故障持续时间的交集时长和故障持续时间的并集时长的比值获得任意两个链路在时间层面的相似度,可以得到更为准确的基于故障持续时间的链路相似度矩阵,进而,得到更为准确的链路相似度矩阵,进而,可以提高根据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,可以进一步降低将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0113] 一种可能的实现方式,步骤S5022具体包括:业务生存性分析装置基于公式(2),根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度,以得到基于网络拓扑的链路相似度矩阵。

$$[0114] \quad S_{\text{topology},ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{dst}} \text{ 且 } L_{j,\text{src}} = L_{i,\text{dst}} \\ 1, & \text{若 } L_{i,\text{src}} = L_{j,\text{src}} \text{ 或 } L_{i,\text{dst}} = L_{j,\text{src}} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad \text{公式 (2)}$$

[0115] 其中, $S_{\text{topology},ij}$ 表示链路i和链路j在网络拓扑层面的相似度, $L_{i,\text{src}}$ 表示链路i的源端, $L_{i,\text{dst}}$ 表示链路i的目的端, $L_{j,\text{src}}$ 表示链路j的源端, $L_{j,\text{dst}}$ 表示链路j的目的端。

[0116] 一方面,考虑到物理环境因素可能导致链路故障,例如,路面施工导致了光纤发生断纤引起的链路故障,而光纤经常成对存在,因此经常出现光纤成对断纤的现象,即对应的两个链路成对出现故障,因此上述公式(2)在确定任意两个链路在网络拓扑层面的相似度

时,考虑了物理环境因素,其中, $L_{i,src}=L_{j,dst}$ 且 $L_{j,src}=L_{i,dst}$ 表示两个链路成对出现。另一方面,考虑到设备因素可能导致链路故障,例如,某一个源端设备或者目的端的设备发生故障,则连接到该源端设备或者该目的端设备的链路可能出现传输功率不在检测的阈值范围内的故障,即,连接该源端设备或者该目的端设备的链路往往同时发生故障,因此上述公式(2)在确定任意两个链路在网络拓扑层面的相似度时,也考虑了设备因素,其中, $L_{i,src}=L_{j,src}$ 或 $L_{i,dst}=L_{j,dst}$ 表示链路连接在同一个源端或同一个目的端。

[0117] 综上,本申请实施例提供了一种根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在网络拓扑层面的相似度的具体实现。其中, $L_{i,src}=L_{j,dst}$ 且 $L_{j,src}=L_{i,dst}$ 考虑了物理环境因素, $L_{i,src}=L_{j,src}$ 或 $L_{i,dst}=L_{j,dst}$ 考虑了设备因素。由于综合考虑了物理环境因素和设备因素对链路相似度的影响,因此可以更准确的确定基于网络拓扑的链路相似度矩阵,进一步可以更准确的确定链路相似度矩阵,进一步提高根据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,从而减少了将关联性低的链路进行组合分析的概率,提高了业务生存性分析的效率。

[0118] 一种可能的实现方式,步骤S5023具体包括:业务生存性分析装置基于公式(3),根据该任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的相似度,以得到基于重要性的链路相似度矩阵。

$$[0119] \quad S_{importance,ij} = \begin{cases} 1, & \text{若 } L_i \in B_L \text{ 且 } L_j \in B_L \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad \text{公式 (3)}$$

[0120] 其中, $S_{importance,ij}$ 表示链路i和链路j在重要性层面的相似度, L_i 表示链路i, L_j 表示链路j, B_L 为桥链路的集合,桥链路集合 B_L 根据网络拓扑信息确定的。

[0121] 可选的,可以根据网络拓扑信息和现有的网络拓扑桥发现算法,获得传输网络中所有桥链路的集合 B_L 。

[0122] 需要说明的是,桥链路为连通传输网络中不同子网的唯一通道,若这些链路发生故障,则子网之间的流量都会中断。

[0123] 综上,本申请实施例提供了一种根据任意两个链路上的网络设备的连接信息,确定该任意两个链路在重要性层面的具体实现。其中 $L_i \in B_L$ 且 $L_j \in B_L$ 考虑了任意两个链路都为桥链路的情况,由于考虑了桥链路对链路相似度的影响,因此可以更准确的确定基于重要性的链路相似度矩阵,进一步可以更准确的确定链路相似度矩阵,进一步提高根据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,从而减少了将关联性低的链路进行组合分析的概率,提高了业务生存性分析的效率。

[0124] 一种可能的实现方式,步骤S5024具体包括:业务生存性分析装置基于公式(4),根据基于故障持续时间的链路相似度矩阵、基于网络拓扑的链路相似度矩阵和基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵。

$$[0125] \quad S_{ij} = 0.5 \times \left(S_{duration,ij} \right)^{(1-c \times S_{topology,ij})} + \left(S_{duration,ij} \right)^{(1-c \times S_{importance,ij})} \quad \text{公式 (4)}$$

[0126] 其中, S_{ij} 表示链路i和链路j的链路相似度, $S_{duration,ij}$ 表示链路i和链路j的故障持续时间的相似度, $S_{topology,ij}$ 表示链路i和链路j在网络拓扑层面的相似度, $S_{importance,ij}$ 表示

链路i和链路j在重要性层面的相似度,c表示拉伸程度, $0 < c < 1$ 。

[0127] 需要说明的是,本申请实施中的参数c可以由用户自定义大小,本申请实施例对此不作具体限定。

[0128] 如图8所示,为基于图6所示的实施例生成链路相似度矩阵的逻辑示意图,具体可参考上述图6所示的实施例,在此不再赘述。

[0129] 如图9所示,为本申请实施例提供的一种链路相似度曲线示意图。其中,图中坐标系的横坐标轴表示链路i和链路j的故障持续时间的相似度,纵坐标轴表示链路i和链路j的链路相似度, $0 < c_3 < c_2 < c_1 < 1$,由图9中可以看出,当基于网络拓扑的链路i和链路j的相似度和基于重要性的链路i和链路j的相似度都为0时,链路i和链路j在网络拓扑层面的相似度与链路i和链路j在重要性层面的相似度没有关联性,即没有拉伸,当链路i和链路j在网络拓扑层面的相似度与链路i和链路j在重要性层面的相似度都为1时,则拉伸程度和c相关,c越小,拉伸程度越大。

[0130] 综上,本申请实施例提供了一种基于故障持续时间的链路相似度矩阵、基于网络拓扑的链路相似度矩阵和基于重要性的链路相似度矩阵,生成链路相似度矩阵的具体实现。其中,基于上述实现,当 $S_{topology,ij}$ 和 $S_{importance,ij}$ 都为0时,链路i和链路j在网络拓扑层面的相似度与链路i和链路j在重要性层面的相似度没有关联性,即没有拉伸,当 $S_{topology,ij}$ 与 $S_{importance,ij}$ 都为1时,则拉伸程度和c相关,c越小,拉伸程度越大,这与现实网络状况相符,因此,可以得到更为准确的链路相似度矩阵,进而提高了据链路相似度矩阵进行聚类的准确性,进一步降低了将没有关联关系的链路进行组合分析的概率,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0131] 一种可能的实现方式,步骤S504具体包括:将至少一个链路簇中的每一个链路簇内的链路进行M级组合,以得到每一个链路簇内的链路组合结果,其中M为正整数;根据每一个链路簇内的链路组合结果,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。

[0132] 例如,假设对于图3中的子网络2,一级链路故障包括:(BC)、(BH)、(BI)、(CH)、(CI)、(HI)。二级链路故障组合包括:(BC,BH)、(BC,BI)、(BC,CH)、(BC,IC)、(BC,HI)、(BH,BI)、(BH,CH)、(BH,CI)、(BH,HI)、(BI,CH)、(BI,CI)、(BI,HI)、(CH,CI)、(CH,HI)、(CI,HI)。三级链路故障组合包括:(BC,BH,BI)、(BC,BH,CH)、(BC,BH,CI)、(BC,BH,HI)……,等。

[0133] 由上述链路故障的组合可以看出,仅仅4个网络设备之间的一级链路为6条,二级链路组合为15个,三级链路的组合为20个(未全部列出)。当然,在实际应用中传输网络的一级链路数和链路组合数将更多,本申请实施例仅是示例性的说明,对此不作具体限定。

[0134] 综上,根据本申请实施例提供的业务生存性分析方法,由于每个链路簇中的链路关联性较强,因此对至少一个链路簇中的链路进行高阶组合可以降低将没有关联关系的链路进行组合的概率,进而减少了高阶组合的链路上的业务生存性分析所用的时间,进一步提高了业务生存性分析的效率。

[0135] 下面给出采用现有技术和本申请实施例提供的业务生存性分析方法得出的时间复杂度理论对比结果。

[0136] 假设传输网络中的链路为光纤,光纤总个数为n,并且假设当光纤的传输功率为0时即为光纤断纤。

[0137] 则采用现有技术对传输网络中的光纤做m级断纤的全量业务生存性分析需要的时

间复杂度为： $T_m = C_n^m$ 。

[0138] 根据本申请实施例中的业务生存性分析方法，首先对n个光纤进行聚类，假设得到的每一个链路簇中光纤的数量为K。则对聚类得到的链路簇中的K个光纤做m级断纤的业务生存性分析需要的时间复杂度为： $T'_{m,K} = \frac{n}{K} C_K^m$ ；效率相对现有技术提升倍数为：

$$C_{m,K} = \frac{T_m}{T'_{m,K}} = \frac{K * C_n^m}{n C_K^m}。$$

[0139] 如图10所示，为生存性分析所用时间复杂度的对比曲线示意图。图中为采用现有技术和本申请实施例的业务生存性分析方法中当链路簇中的光纤数量分别为K=50和K=100时业务生存性分析所用时间复杂度的对比曲线。

[0140] 以n=10000为例，分别计算当进行二级断纤业务生存性分析和三级断纤业务生存性分析时，采用现有技术需要的时间复杂度、当链路簇中的光纤数量K=50时和当链路簇中的光纤数量K=100时采用本申请实施例的业务生存性分析方法需要的时间复杂度及效率相对现有技术提升倍数。

[0141] 图10A为二级断纤的业务生存性分析所用时间复杂度的对比曲线。

[0142] 其中，采用现有技术需要的时间复杂度为： $T_2 = C_{10000}^2$ ；链路簇中的光纤数量K=50时：采用本申请实施例的业务生存性分析方法进行二级断纤的业务生存性分析需要的时间

复杂度 $T'_{2,50} = \frac{10000}{50} C_{50}^2$ ，效率相对现有技术提升倍数为 $C_{2,50} = \frac{T_2}{T'_{2,50}} = \frac{50 * C_{10000}^2}{10000 C_{50}^2}$ ；链路簇

中的光纤数量K=100时：采用本申请实施例的业务生存性分析方法进行二级断纤的业务生存性分析需要的时间复杂度 $T'_{2,100} = \frac{10000}{100} C_{100}^2$ ，效率相对现有技术提升倍数为

$$C_{2,100} = \frac{T_2}{T'_{2,100}} = \frac{100 * C_{10000}^2}{10000 C_{100}^2}。$$

[0143] 图10B为三级断纤的业务生存性分析所用时间复杂度的对比曲线。

[0144] 其中，采用现有技术需要的时间复杂度为： $T_3 = C_{10000}^3$ ；链路簇中的光纤数量K=50时：采用本申请实施例的业务生存性分析方法进行三级断纤的业务生存性分析需要的时

间复杂度， $T'_{3,50} = \frac{10000}{50} C_{50}^3$ ；效率相对现有技术提升倍数为 $C_{3,50} = \frac{T_3}{T'_{3,50}} = \frac{50 * C_{10000}^3}{10000 C_{50}^3}$ ；链路

簇中的光纤数量K=100时：采用本申请实施例的业务生存性分析方法进行三级断纤的业务生存性分析需要的时间复杂度， $T'_{3,100} = \frac{10000}{100} C_{100}^3$ ；效率相对现有技术提升倍数为

$$C_{3,100} = \frac{T_3}{T'_{3,100}} = \frac{100 * C_{10000}^3}{10000 C_{100}^3}。$$

[0145] 从图10和上述分析可以看出,本申请实施例中提供的业务生存性分析方法的效率比现有的全量业务生存性分析方法的效率有明显的提升。

[0146] 上述分析仅为理论分析,下面将进一步使用现实网络数据给出采用现有技术和本申请实施例提供的业务生存性分析方法得出的时间复杂度实验对比结果。

[0147] 假设基于收集到光纤断纤记录和网络拓扑信息,对断纤进行聚类得到的光纤聚类效果图如图11所示,图中的每一个黑色圆点表示一个光纤,如果两个光纤同时发生断纤,则两个黑色圆点之间连接一条线段,根据本申请实施例提供的方法,对光纤断纤记录中的光纤聚类,得到至少一个链路簇,每个簇内的光纤同时发生断纤的个数越多,连接线段的密越大,形成如图中的多个黑色阴影。则由图11可以看出,光纤发生断纤具有很明显的关联性。

[0148] 根据光纤聚类结果,分别采用现有技术和本申请实施例提供的业务生存性分析方法对传输网络中的光纤做二级断纤、三级断纤、四级断纤和五级断纤的业务生存性分析,可以得到如表1所示的时间复杂度和速率提升倍数。

[0149] 表1

	二级断纤	三级断纤	四级断纤	五级断纤
现有技术	3646350.0	3280499550.0	2.21269694648e+12	1.19352873293e+15
本申请方法	71777.0	3606318.0	191162856.0	9006882500.0
速率提升(倍)	50.8011	909.6534	11574.9314	132512.9680

[0151] 从表1可以看出,相对于现有技术,采用本申请实施例提供的业务生存性分析方法进行业务生存性分析,可以得到非常明显的加速。比如,二级断纤分析可以加速接近51倍,而五级断纤分析可以加速超过13000倍。

[0152] 综上,本申请实施例所提供的业务生存性分析方法,通过链路故障记录和网络拓扑信息生成链路相似度矩阵,进而根据链路相似度矩阵对所有发生故障的链路进行聚类,得到至少一个链路簇,并根据至少一个链路簇中的每一个链路簇,对至少两个预设链路上的业务进行生存性分析。由通过链路故障记录和网络拓扑信息生成链路相似度矩阵可知,本申请实施例通过挖掘链路在时间和空间上的规律,确定链路相似度矩阵,因此,在根据链路相似度矩阵对所有发生故障的链路进行聚类分析时,可以仅对在时间和空间上存在相似性的链路进行聚类分析,避免了现有技术在进行全量业务生存性分析时需要遍历传输网络中每一个链路故障或者链路故障的组合的缺陷,极大的降低全量业务生存性分析需要的时间和计算资源开销,提高了业务生存性分析的效率。

[0153] 下面以链路故障具体为光纤断纤为例,对本申请上述实施例提供的业务生存性分析方法示例性说明。

[0154] 假设业务生存性分析装置获取的预设时间段内的光纤断纤记录如表2所示,网络拓扑信息如图12A所示。

[0155] 表2

序号	源端	宿端	告警发生时间	告警清除时间	告警级别
1	A	B	2016/12/10 19: 00: 00	2016/12/10 20: 00: 00	Critical
2	A	C	2016/12/10 19: 15: 00	2016/12/10 20: 00: 00	Critical
3	D	C	2016/12/10 19: 55: 00	2016/12/10 20: 30: 00	Critical

[0157]	4	D	B	2016/12/10 20: 00: 00	2016/12/10 20: 40: 00	Critical
	5	E	A	2016/12/11 9: 00: 00	2016/12/11 9: 30: 00	Critical
	6	E	D	2016/12/11 9: 15: 00	2016/12/11 9: 35: 00	Critical

[0158] 则,首先,业务生存性分析装置基于公式(1),根据表1中的告警发生时间和告警清除时间,确定表2中任意两个光纤的断纤持续时间的相似度,结果如表3所示。

[0159] 表3

[0160]		A-B	A-C	D-C	D-B	E-A	E-D
	A-B	1	0.75	0.056	0	0	0
	A-C	0.75	1	0.067	0	0	0
	D-C	0.056	0.067	1	0.667	0	0
	D-B	0	0	0.667	1	0	0
	E-A	0	0	0	0	1	0.429
	E-D	0	0	0	0	0.429	1

[0161] 将表3的数据存入矩阵 S_T 中,则基于断纤持续时间的光纤相似度矩阵为:

$$[0162] \quad S_T = \begin{bmatrix} 1 & 0.75 & 0.056 & 0 & 0 & 0 \\ 0.75 & 1 & 0.067 & 0 & 0 & 0 \\ 0.056 & 0.067 & 1 & 0.667 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.667 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0.429 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.429 & 1 \end{bmatrix}$$

[0163] 业务生存性分析装置基于公式(2),根据图12A中的网络设备的连接信息,确定表2中任意两个光纤在网络拓扑层面的相似度,结果如表4所示。

[0164] 表4

[0165]		A-B	A-C	D-C	D-B	E-A	E-D
	A-B	1	1	0	1	1	0
	A-C	1	1	1	0	1	0
	D-C	0	1	1	1	0	1
	D-B	1	0	1	1	0	1
	E-A	1	1	0	0	1	1
	E-D	0	0	1	1	1	1

[0166] 将表4的数据存入矩阵 S_D 中,则基于网络拓扑的光纤相似度矩阵为:

[0167]
$$S_D = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

[0168] 业务生存性分析装置基于公式(3),根据图12A中的网络设备的连接信息,确定表2中任意两个光纤的在重要性层面的相似度,结果如表5所示。

[0169] 表5

[0170]

	A-B	A-C	D-C	D-B	E-A	E-D
A-B	1	0	0	0	0	0
A-C	1	1	0	0	0	0
D-C	0	0	1	0	0	0
D-B	0	0	0	1	0	0
E-A	0	0	0	0	1	0
E-D	0	0	0	0	0	1

[0171] 将表5的数据存入矩阵 S_I 中,则基于重要性的光纤相似度矩阵为:

[0172]
$$S_I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0173] 业务生存性分析装置基于公式(4),当拉伸程度 $c=0.5$ 时,根据表3中的基于断纤持续时间的光纤相似度、表4中的基于网络拓扑的光纤相似度和表5中的基于重要性的光纤相似度确定表2中任意两个光纤的光纤相似度,结果如表6所示。

[0174] 表6

[0175]

	A-B	A-C	D-C	D-B	E-A	E-D
A-B	1	0.8080127	0.056	0	0	0
A-C	0.8080127	1	0.16292179	0	0	0
D-C	0.056	0.16292179	1	0.74185034	0	0
D-B	0	0	0.74185034	1	0	0
E-A	0	0	0	0	1	0.54199046
E-D	0	0	0	0	0.54199046	1

[0176] 将表6的数据存入矩阵 S 中,则光纤相似度矩阵为:

$$[0177] \quad S = \begin{bmatrix} 1 & 0.8080127 & 0.056 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8080127 & 1 & 0.16292179 & 0 & 0 & 0 \\ 0.056 & 0.16292179 & 1 & 0.74185034 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.74185034 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0.54199046 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.54199046 & 1 \end{bmatrix}$$

[0178] 其次,业务生存性分析装置根据光纤相似度矩阵S,采用谱聚类算法聚类得到3个光纤簇,结果如图12B所示,3个光纤簇分别为:簇1:A-B和A-C;簇2:D-B和D-C;簇3:E-D和E-A。

[0179] 最后,业务生存性分析装置对光纤簇中的每一个光纤簇中光纤上的业务进行生存性分析。

[0180] 如图12C所示,以传输网络中A到D的业务为例进行业务生存性分析。

[0181] 步骤1:针对簇1,对簇内的A-B和A-C光纤组合模拟断纤,分析对传输网络中A到D的业务的影响;发现该组合断纤对传输网络中A到D的业务有严重影响。

[0182] 步骤2:针对簇2,对簇内的D-B和D-C光纤组合模拟断纤,分析对传输网络中A到D的业务的影响;发现该组合断纤对传输网络中A到D的业务有严重影响。

[0183] 步骤3:针对簇3,对簇内的E-A和E-D光纤组合模拟断纤,分析对传输网络中A到D的业务的影响;发现该组合断纤对传输网络中A到D的业务无影响。

[0184] 通过业务生存性分析的结果,得出由于A-B的和A-C的光纤组合或D-B和D-C光纤组合同时发生断纤可能导致A到D的业务中断,因此可以根据业务生存性分析结果为A到D的业务规划新的备用路径,当规划备用路径时不再选择业务生存性分析结果中曾经同时发生断纤的光纤组合。

[0185] 需要说明的是,本示例中每个簇内链路的个数恰巧相同,实际传输网络中,每个链路簇中的链路数可能相同,也可能不同,本申请实施例对此不作具体限定。另外,在进行业务生存性分析时,在链路簇内还可以进行更高阶的组合分析,本申请实施例对此不作具体限定。

[0186] 在上述实施例中,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者任意组合来实现。当使用软件实现时,可以全部或部分地以计算机程序产品的形式来实现。

[0187] 计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行计算机程序指令时,全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。计算机指令可以存储在计算机可读介质中,或者从一个计算机可读介质向另一个计算机可读介质传输,例如,计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或者数据中心通过有线(例如同轴电缆、光纤、数字用户线(Digital Subscriber Line,DSL))或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。计算机可读介质可以是计算机能够存储的任何可用介质或者是包含一个或多个可以用介质集成的服务器、数据中心等存储设备。可用介质可以是磁性介质(例如,软盘、硬盘、磁带),光介质(例如,DVD)、或者半导体介质(例如固态硬盘(Solid State Disk,SSD))等。

[0188] 尽管在此结合各实施例对本申请进行了描述,然而,在实施所要求保护的本申请

过程中,本领域技术人员通过查看所述附图、公开内容、以及所附权利要求书,可理解并实现所述公开实施例的其他变化。在权利要求中,“包括”(comprising)一词不排除其他组成部分或步骤,“一”或“一个”不排除多个的情况。单个处理器或其他单元可以实现权利要求中列举的若干项功能。相互不同的从属权利要求中记载了某些措施,但这并不表示这些措施不能组合起来产生良好的效果。

[0189] 尽管结合具体特征及其实施例对本申请进行了描述,显而易见的,在不脱离本申请的精神和范围的情况下,可对其进行各种修改和组合。相应地,本说明书和附图仅仅是所附权利要求所界定的本申请的示例性说明,且视为已覆盖本申请范围内的任意和所有修改、变化、组合或等同物。显然,本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样,倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内,则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

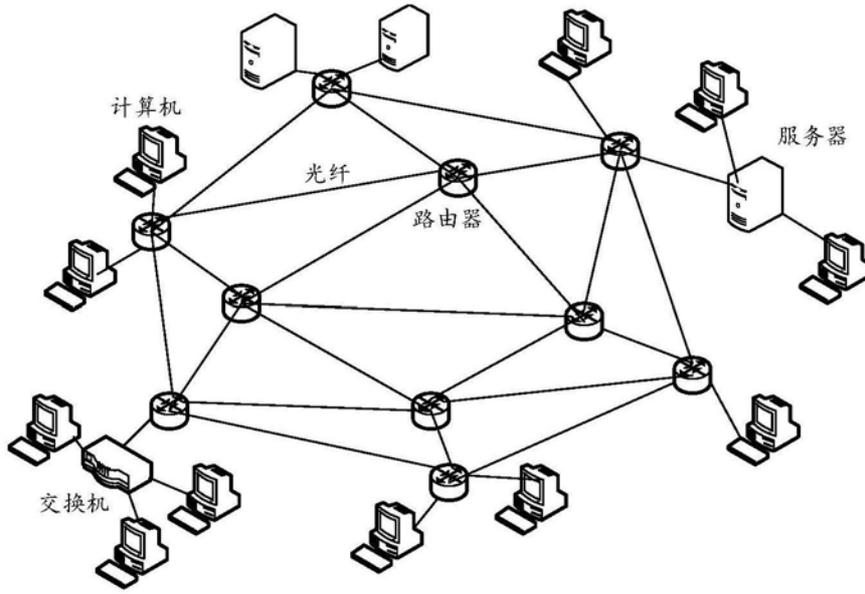


图1

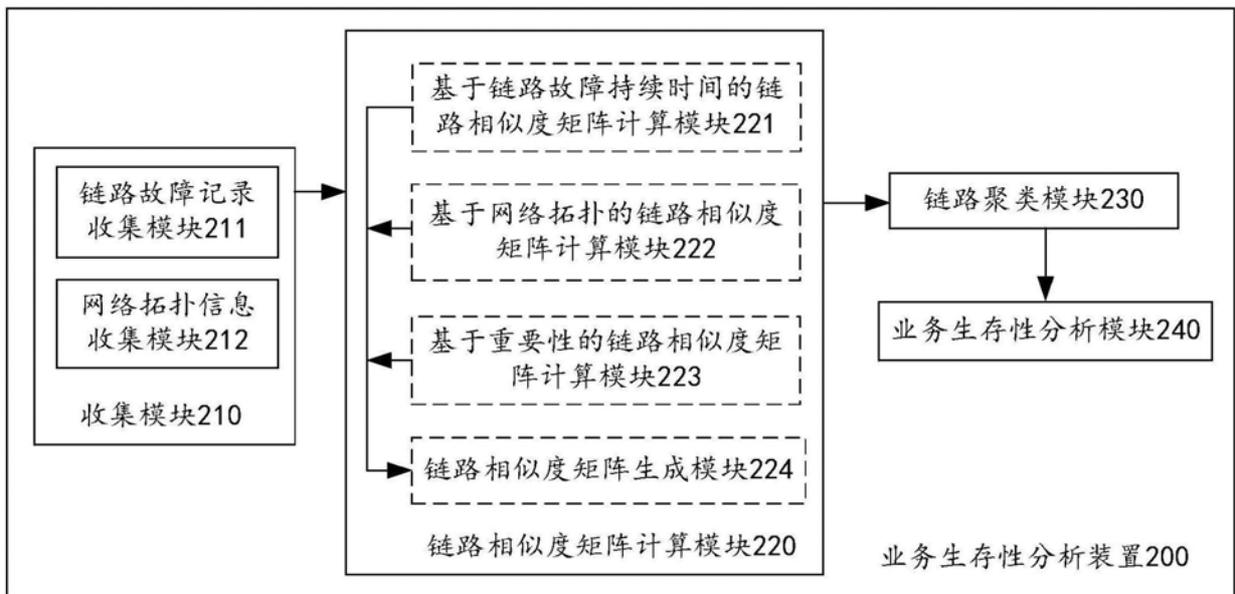


图2

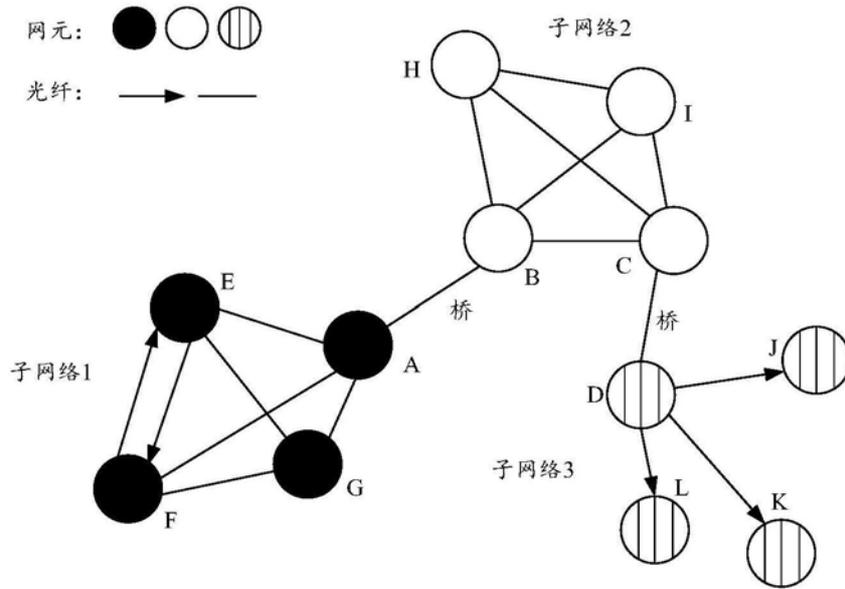


图3

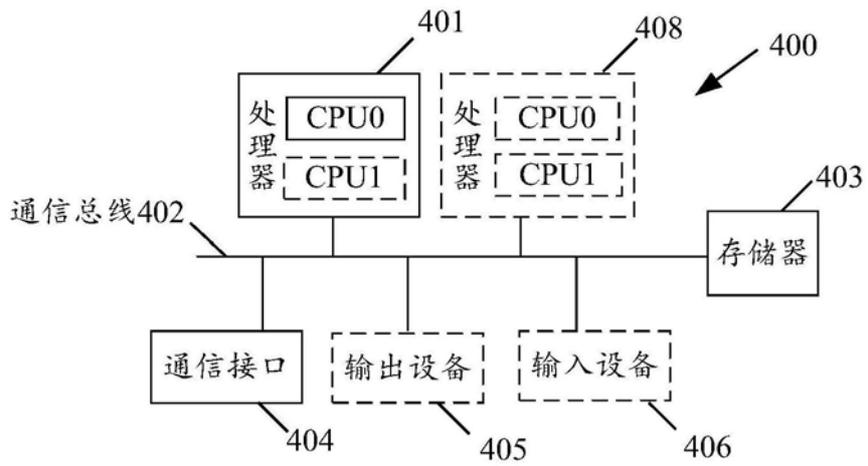


图4

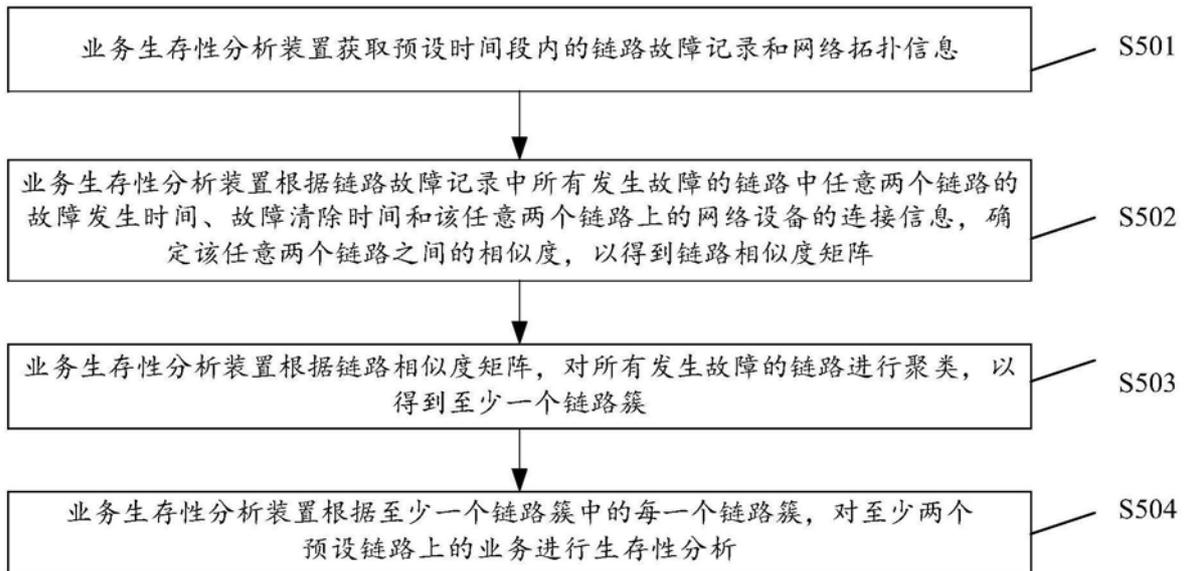


图5

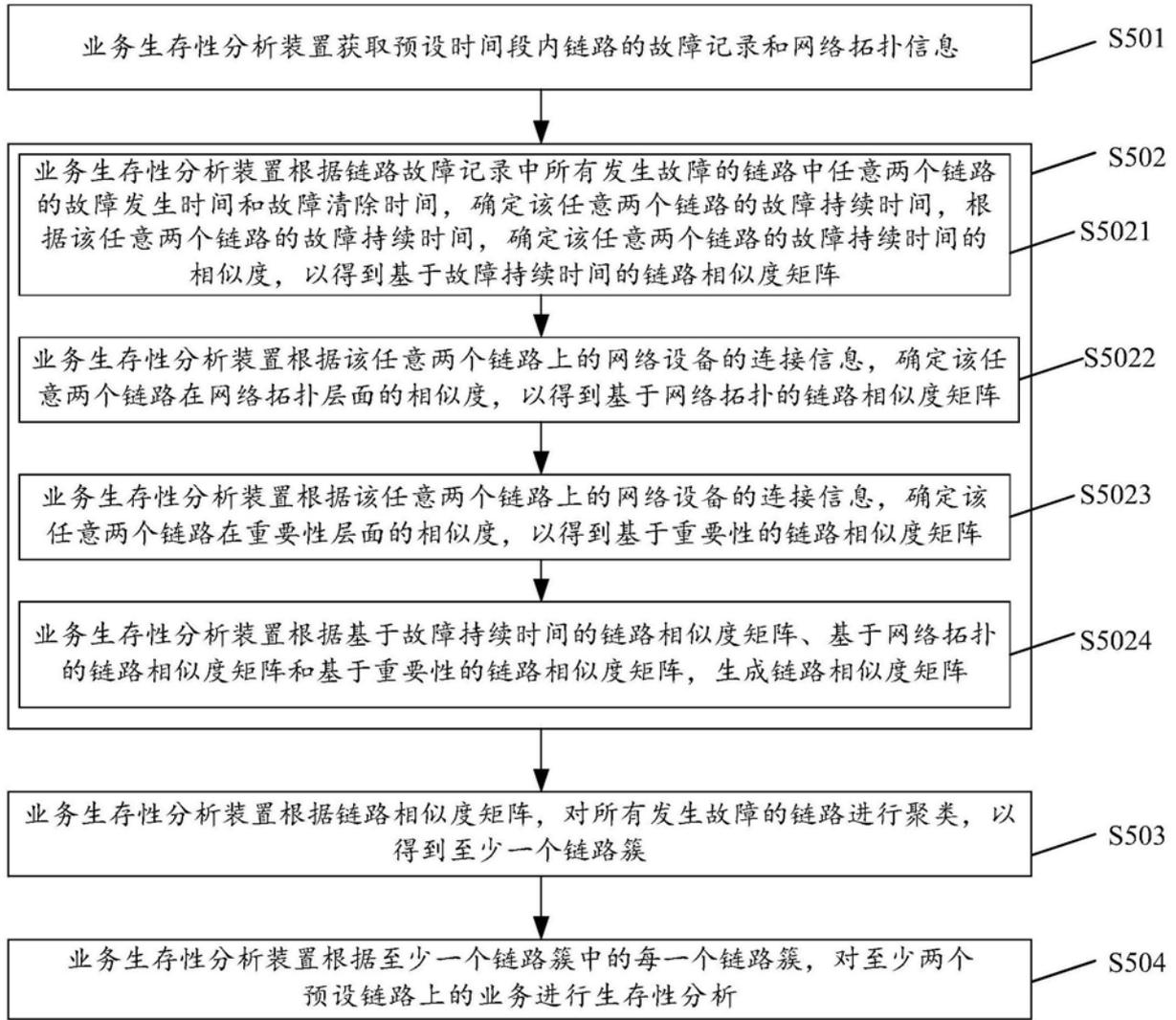
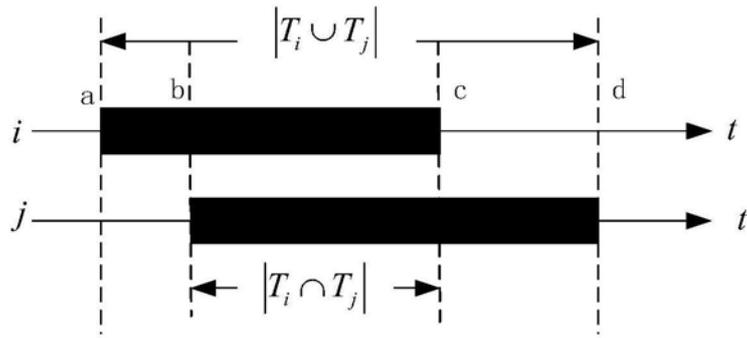


图6



$$S_{duration} = \begin{bmatrix} S_{duration,ij} \end{bmatrix}$$

图7

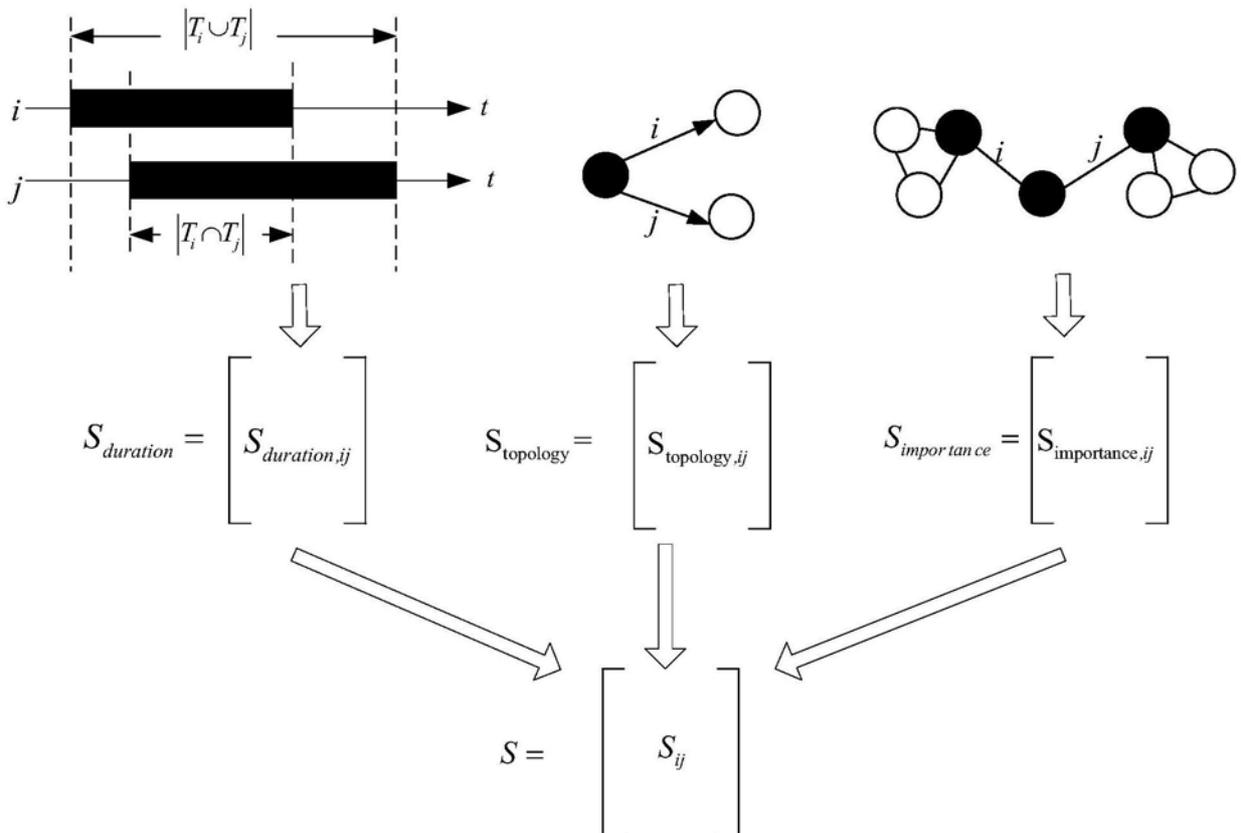


图8

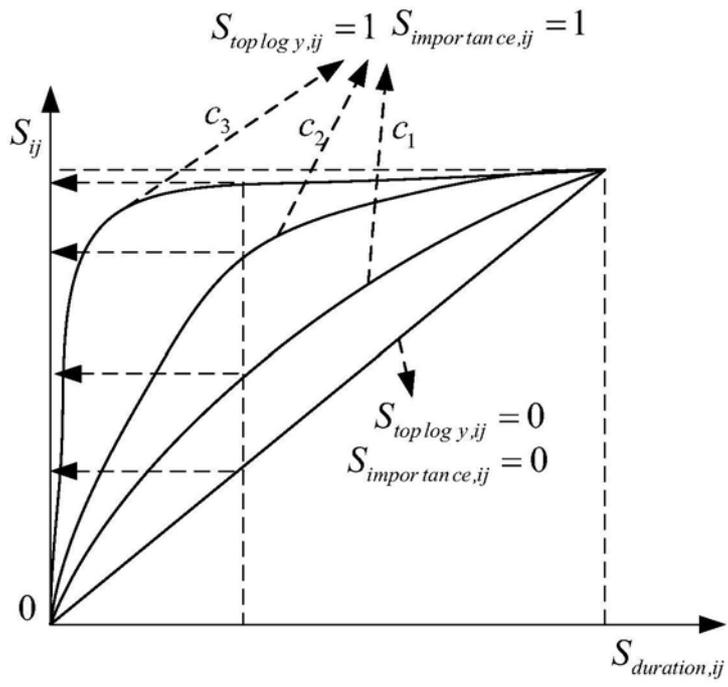


图9

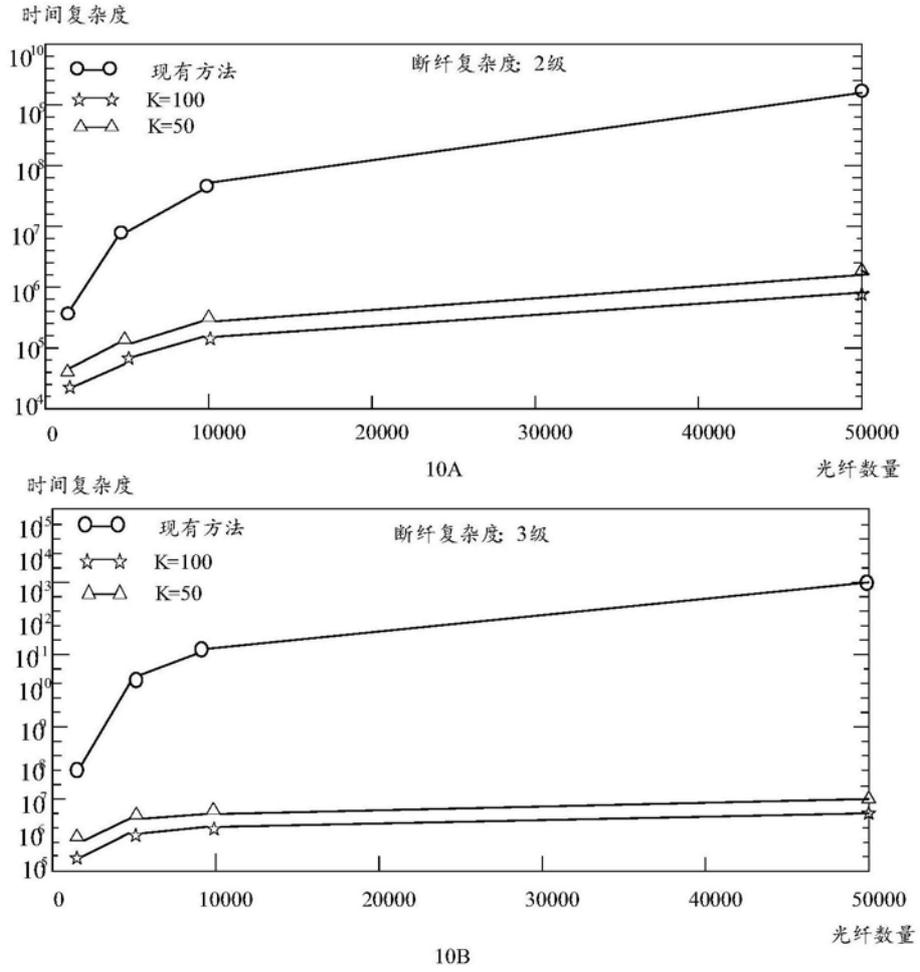


图10

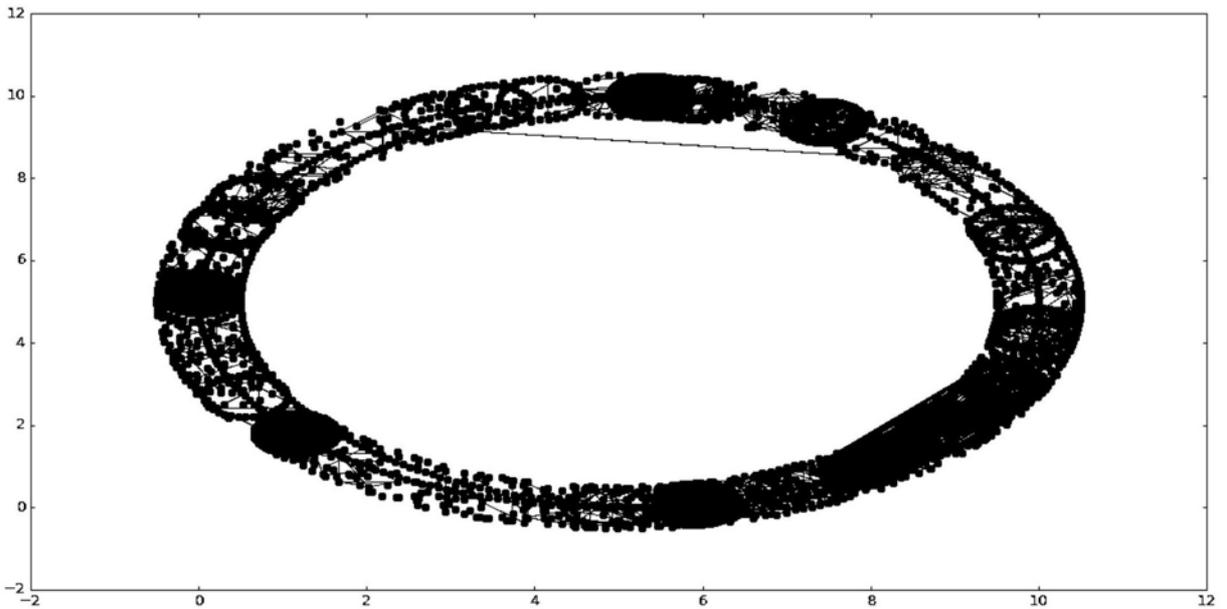


图11

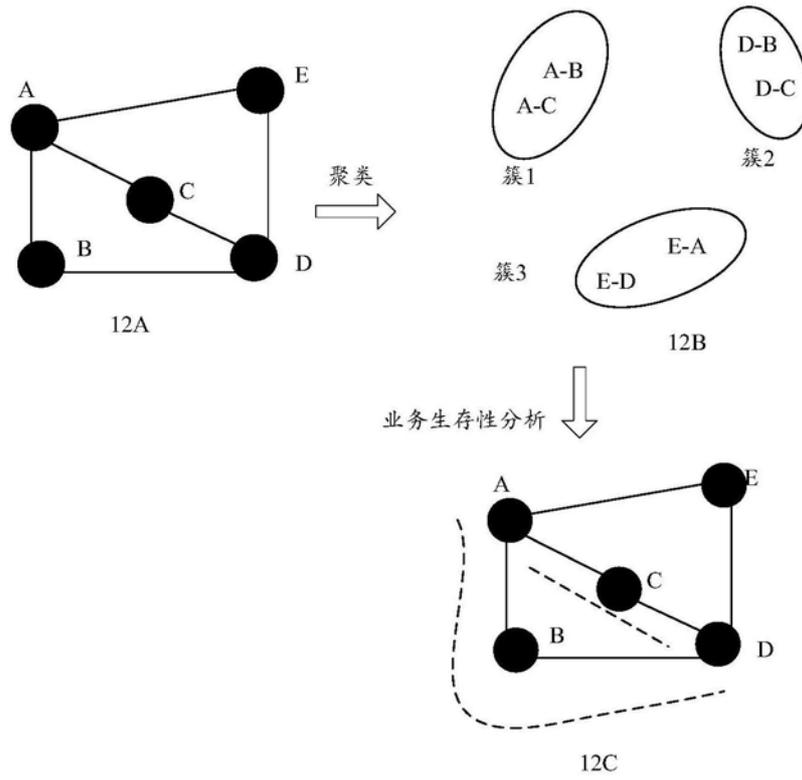


图12