



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102801552 B

(45) 授权公告日 2015.09.30

(21) 申请号 201210161547.0

(22) 申请日 2012.05.23

(30) 优先权数据

13/113835 2011.05.23 US

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72)发明人 Y. 张 A. 尼贾姆金 D.L. 艾伦
H. 蒙 M.A. 萨尔曼 T-C. 卢

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 原绍辉 杨楷

(51) Int. Cl.

H04L 12/24(2006.01)

H04L 12/26(2006.01)

H04L 12/40(2006.01)

(56) 对比文件

US 2010274639 A1, 2010. 10. 28, 全文.

CN 101661482 A, 2010. 03. 03, 全文.

US 2008091672 A1, 2008. 04. 17, 全文.

审查员 夏彩杰

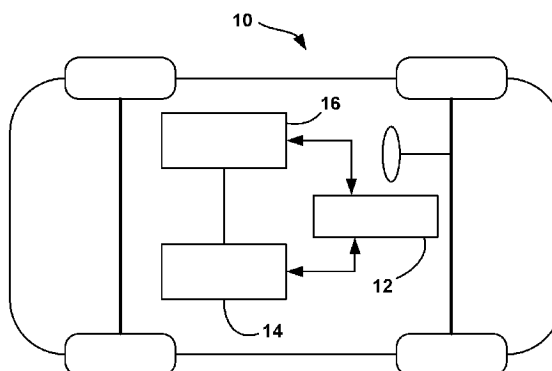
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

基于网络建模的用于错误隔离和错误减轻的系统和方法

(57) 摘要

本发明涉及基于网络建模的用于错误隔离和错误减轻的系统和方法。一种用于识别车辆内的电气和电子系统 (EES) 中的监测点的系统和方法。所述方法包括定义 EES 的网络模型, 其中模型内的潜在监测点位置被识别为目标, 例如节点。所述方法随后将模型内每一个目标的中介中心度量度计算为每一对目标之间的最短路径总数与经过其中介中心度量度正被确定的目标的最短路径数量的比值之和。所述方法识别出哪些中介中心度量度大于定义了最小可接受量度的阈值并且确定目标中有哪些满足预定的模型覆盖范围。监测点被选择为最佳地满足了最小量度和期望覆盖范围的目标。



1. 一种用于识别车辆上的电气和电子系统 (EES) 内的信息监测点的方法, 所述方法包括:

定义 EES 的网络模型, 其中模型内的潜在监测点被识别为目标;

将模型内每一个目标的中介中心度量度确定为模型内每一对目标之间的经过中介中心度量度正被确定的目标的那些最短路径数量与模型内每一对目标之间的最短路径总数的比值之和;

选择最小中介中心度量度阈值;

识别出所确定的每一个目标的中介中心度量度中有哪些大于阈值;

定义最小近邻因子等级, 最小近邻因子等级定义了一个目标相对于所有其他目标的预定覆盖范围;

确定其中介中心度量度大于阈值的目标中有哪些具有大于最小近邻因子等级的近邻因子等级; 然后

将具有高于阈值的最高中介中心度量度并且具有满足预定覆盖范围的近邻因子等级的目标识别为监测点。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中模型包括从由电控单元、软件部件和传输路径构成的群组中选出的节点以及作为节点间连接的边。

3. 如权利要求 2 所述的方法, 其中目标包括网络模型中的边。

4. 如权利要求 2 所述的方法, 其中目标包括网络模型中的节点。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中网络模型是分层模型。

6. 如权利要求 5 所述的方法, 其中网络模型包括数据流网络层、报文网络层、功能网络层、物理网络层和电气网络层。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 中介中心度量度是均匀多部分中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度、指定多部分中介中心度量度、均匀多属性中介中心度量度、逆多属性中介中心度量度或者边中介中心度量度。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 其中最小近邻因子等级是第二近邻因子等级, 在第二近邻因子等级中特定目标位于另一个目标的两个连接以内。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括: 如果没有目标满足由最小近邻因子等级提供的预定覆盖范围, 那么就降低最小中介中心度量度阈值。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括对每一个目标执行目标故障模拟以确定目标是否已经故障。

11. 一种用于识别车辆上的电气和电子系统 (EES) 内的信息监测点的方法, 所述方法包括:

定义 EES 的分层网络模型, 该模型包括识别 EES 内的电控单元、软件部件和传输路径中的一种或多种的节点;

将模型内每一个节点的中介中心度量度确定为模型内每一对节点之间的经过中介中心度量度正被确定的节点的那些最短路径数量与模型内每一对节点之间的最短路径总数的比值之和;

选择最小中介中心度量度阈值;

定义最小近邻因子等级, 最小近邻因子等级定义了一个节点相对于所有其他节点的预

定覆盖范围；然后确定其中介中心度量度大于阈值的节点中有哪些具有大于最小近邻因子等级的近邻因子等级，识别出所确定的中介中心度量度大于阈值并且近邻因子等级满足预定覆盖范围的那些节点作为定义的潜在监测点。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中最小近邻因子等级是第二近邻因子等级，在第二近邻因子等级中特定节点位于另一个节点的两个连接以内。

13. 如权利要求 11 所述的方法，其中，中介中心度量度是均匀多部分中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度、指定多部分中介中心度量度、均匀多属性中介中心度量度、逆多属性中介中心度量度或者边中介中心度量度。

14. 一种用于识别车辆上的电气和电子系统 (EES) 内的信息监测点的系统，所述系统包括：

用于定义 EES 网络模型的装置，其中模型内的潜在监测点被识别为目标；

用于将模型内每一个目标的中介中心度量度确定为模型内每一对目标之间的经过中介中心度量度正被确定的目标的那些最短路径数量与模型内每一对目标之间的最短路径总数的比值之和的装置；

用于选择最小中介中心度量度阈值的装置；

用于识别出所确定的每一个目标的中介中心度量度中有哪些大于阈值的装置；

用于定义最小近邻因子等级的装置，最小近邻因子等级定义了一个目标相对于所有其他目标的预定覆盖范围；

用于确定其中介中心度量度大于阈值的目标中有哪些具有大于最小近邻因子等级的近邻因子等级的装置；以及

用于将具有高于阈值的最高中介中心度量度并且具有满足预定覆盖范围的近邻因子等级的目标识别为监测点的装置。

15. 如权利要求 14 所述的系统，其中用于定义 EES 网络模型的装置定义的模型包括从由电控单元、软件部件和传输路径构成的群组中选出的节点以及作为节点间连接的边。

16. 如权利要求 15 所述的系统，其中目标包括网络模型中的边。

17. 如权利要求 15 所述的系统，其中目标包括网络模型中的节点。

18. 如权利要求 14 所述的系统，其中用于确定中介中心度量度的装置将中介中心度量度选择为均匀多部分中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度、指定多部分中介中心度量度、均匀多属性中介中心度量度、逆多属性中介中心度量度或者边中介中心度量度。

19. 如权利要求 14 所述的系统，其中用于定义最小近邻因子等级的装置将最小近邻因子等级定义为第二近邻因子等级，在第二近邻因子等级中特定目标位于另一个目标的两个连接以内。

基于网络建模的用于错误隔离和错误减轻的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及定义系统内的数据监测点以实现对车辆内嵌入的电气和电子系统 (EES) 的综合错误隔离和容错分析,并且更具体地涉及用于定义数据监测点以实现车辆内嵌入的 EES 的综合错误隔离和容错分析的系统和方法,其包括将 EES 定义为网络模型,针对模型中每一个潜在监测点计算中介中心度量度,将中介中心度量度排序,并且如果具有最高中介中心度量度的潜在监测点满足由近邻因子等级定义的预定覆盖范围,那么就选择该点作为实际监测点。

背景技术

[0002] 现代车辆是复杂的电气和机械系统,使用了很多的部件、设备、模块、子系统等,例如嵌入式电气和电子系统 (EES),它们利用高级算法和数据总线在彼此之间传输电气信息。车辆的 EES 由于它们已经响应对于将电气和电子控制单元 (ECU) 装入车辆内的不断增长的需求而完善,正在变得越来越复杂。例如,现代的高端车辆可以包括七十个或者更多个 ECU 来为车辆上的 EES 提供控制和指令操作。这些控制单元带来了更高的安全性、便捷性和舒适性的特点,并且满足了新的排放和燃料经济性标准。但是,车辆上 ECU 及其外围设备数量的快速增加将导致复杂的相互作用,这有时会造成无法预料的行为例如新出现的故障或级联故障。

[0003] 与其他系统一样,EES 和 ECU 对能够影响车辆运行的差错、故障和错误很敏感。在 ECU 中运行的算法根据存储器内储存的数据生成信息和计算。而且,信号可以沿线路在 ECU 之间传输以促使执行某些操作例如致动致动器。所有这些信息都可能会以某种方式例如由于线路松动、存储器故障、计算不准确等而被破坏。因此,在系统内不同元件之间无论是沿物理线路还是在软件内的数据或报文传输均可被用于确定错误。而且,在综合车辆健康管理 (IVHM) 和主动安全系统中使用的现有技术仍然缺乏针对解决对于改进和量化 EES 中可维护性和复杂性的需求的标准化和量度。

[0004] 当这样的差错和错误发生时,受影响的设备或部件经常要发出错误码,例如诊断事故码 (DTC),错误码由一个或多个系统控制器接收,从而识别该错误,或者集成部件的一些附随错误。为了能够检测和分析 DTC 及其他错误,必须要收集识别和隔离这些错误所需的数据,并且要在正确的位置收集数据。一旦数据已收集,就使用诊断算法来分析和处理数据并以能够被分析的格式提供数据。一旦数据已被处理,随后即可识别出错误的根本原因。例如,可以由维护的技术人员和工程师来分析 DTC 以识别问题和 / 或进行系统校正和升级。诊断建模包括确定已经发生的问题的根本原因。已知的用于诊断部件和子系统错误的错误建模方法可以使用贝叶斯网络、动态贝叶斯网络、隐马尔科夫模型、模糊逻辑、信念网络、Petri 网等。

[0005] 有时传感器被设置用于收集 EES 和 / 或 ECU 内期望位置处的数据以提供由诊断算法用来识别问题原因的必要信息。而且,特别是在高级车辆中,数据收集经常包括监测在 ECU 之间传递的报文和其他信息。正被收集的数据和信息可以是在 ECU 之间传输的报文或

者是 ECU 内特定存储器中的可用数据。尽管在某种程度上说可能希望在每一个可能的位置都设置监测点以收集足够的数据来清楚地识别问题,但是这样的方案是不实际的,并且最终成本太高。

[0006] 因此,有必要识别可以提供最有效信息的最佳监测点。用于识别 EES 和 / 或 ECU 内部和其间的最佳监测点的现有技术迄今为止仍然受限。

发明内容

[0007] 根据本发明的教导,公开了一种用于识别车辆内的电气和电子系统 (EES) 中的监测点的系统和方法,其是用于提供 EES 的错误隔离和减轻分析的系统的一部分。所述方法包括定义 EES 的网络模型,其中模型内的潜在监测点位置作为目标被识别,例如节点。所述方法随后将模型内每一个目标的中介中心度量度计算为每一对目标之间的最短路径总数与经过其中介中心度量度正被确定的目标的最短路径数量的比值之和。所述方法识别出哪些中介中心度量度大于定义了最小可接受量度的阈值并且确定目标中有哪些满足预定的模型覆盖范围。监测点被选择为最佳满足最小量度和期望覆盖范围的目标。

[0008] 本发明提供了如下方案:

[0009] 方案 1. 一种用于识别车辆上的电气和电子系统 (EES) 内的信息监测点的方法,所述方法包括:

[0010] 定义 EES 的网络模型,其中模型内的潜在监测点被识别为目标;

[0011] 将模型内每一个目标的中介中心度量度确定为模型内每一对目标之间的经过中介中心度量度正被确定的目标的那些最短路径数量与模型内每一对目标之间的最短路径总数的比值之和;

[0012] 选择最小中介中心度量度阈值;

[0013] 识别出所确定的每一个目标的中介中心度量度中有哪些大于阈值;

[0014] 定义最小近邻因子等级,最小近邻因子等级定义了一个目标相对于所有其他目标的预定覆盖范围;

[0015] 确定其中介中心度量度大于阈值的目标中有哪些具有大于最小近邻因子等级的近邻因子等级;然后

[0016] 将具有高于阈值的最高中介中心度量度并且具有满足预定覆盖范围的近邻因子等级的目标识别为监测点。

[0017] 方案 2. 如方案 1 所述的方法,其中模型包括从由电控单元、软件部件和传输路径构成的群组中选出的节点以及作为节点间连接的边。

[0018] 方案 3. 如方案 2 所述的方法,其中目标包括网络模型中的边。

[0019] 方案 4. 如方案 2 所述的方法,其中目标包括网络模型中的节点。

[0020] 方案 5. 如方案 1 所述的方法,其中网络模型是分层模型。

[0021] 方案 6. 如方案 5 所述的方法,其中网络模型包括数据流网络层、报文网络层、功能网络层、物理网络层和电气网络层。

[0022] 方案 7. 如方案 1 所述的方法,其中,中介中心度量度是均匀多部分中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度、指定多部分中介中心度量度、均匀多属性中介中心度量度、逆多属性中介中心度量度或者边中介中心度量度。

[0023] 方案 8. 如方案 1 所述的方法,其中最小近邻因子等级是第二近邻因子等级,其中特定目标位于另一个目标的两个连接以内。

[0024] 方案 9. 如方案 1 所述的方法,进一步包括:如果没有目标满足由最小近邻因子等级提供的预定覆盖范围,那么就降低最小中介中心度量度阈值。

[0025] 方案 10. 如方案 1 所述的方法,进一步包括对每一个目标执行目标故障模拟以确定目标是否已经故障。

[0026] 方案 11. 一种用于识别车辆上的电气和电子系统 (EES) 内的信息监测点的方法,所述方法包括:

[0027] 定义 EES 的分层网络模型,该模型包括识别 EES 内的电控单元、软件部件和传输路径中的一种或多种的节点;

[0028] 将模型内每一个节点的中介中心度量度确定为模型内每一对节点之间的经过中介中心度量度正被确定的节点的那些最短路径数量与模型内每一对节点之间的最短路径总数的比值之和;

[0029] 选择最小中介中心度量度阈值;

[0030] 定义最小近邻因子等级,最小近邻因子等级定义了一个节点相对于所有其他节点的预定覆盖范围;然后确定其中介中心度量度大于阈值的节点中有哪些具有大于最小近邻因子等级的近邻因子等级,识别出所确定的中介中心度量度大于阈值并且近邻因子等级满足预定覆盖范围的那些节点作为定义的潜在监测点。

[0031] 方案 12. 如方案 11 所述的方法,进一步包括:定义最小近邻因子等级,最小近邻因子等级定义了一个节点相对于所有其他节点的预定覆盖范围;然后确定其中介中心度量度大于阈值的节点中有哪些具有大于最小近邻因子等级的近邻因子等级,其中识别所确定的中介中心度量度大于阈值的那些节点包括识别出所确定的中介中心度量度大于阈值并且近邻因子等级满足预定覆盖范围的那些节点作为定义的潜在监测点。

[0032] 方案 13. 如方案 12 所述的方法,其中最小近邻因子等级是第二近邻因子等级,其中特定节点位于另一个节点的两个连接以内。

[0033] 方案 14. 如方案 11 所述的方法,其中,中介中心度量度是均匀多部分中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度、指定多部分中介中心度量度、均匀多属性中介中心度量度、逆多属性中介中心度量度或者边中介中心度量度。

[0034] 方案 15. 一种用于识别车辆上的电气和电子系统 (EES) 内的信息监测点的系统,所述系统包括:

[0035] 用于定义 EES 网络模型的装置,其中模型内的潜在监测点被识别为目标;

[0036] 用于将模型内每一个目标的中介中心度量度确定为模型内每一对目标之间的经过中介中心度量度正被确定的目标的那些最短路径数量与模型内每一对目标之间的最短路径总数的比值之和的装置;

[0037] 用于选择最小中介中心度量度阈值的装置;

[0038] 用于识别出所确定的每一个目标的中介中心度量度中有哪些大于阈值的装置;

[0039] 用于定义最小近邻因子等级的装置,最小近邻因子等级定义了一个目标相对于所有其他目标的预定覆盖范围;

[0040] 用于确定其中介中心度量度大于阈值的目标中有哪些具有大于最小近邻因子等

级的近邻因子等级的装置 ; 以及

[0041] 用于将具有高于阈值的最高中介中心度量度并且具有满足预定覆盖范围的近邻因子等级的目标识别为监测点的装置。

[0042] 方案 16. 如方案 15 所述的系统, 其中用于定义 EES 网络模型的装置定义的模型包括从由电控单元、软件部件和传输路径构成的群组中选出的节点以及作为节点间连接的边。

[0043] 方案 17. 如方案 16 所述的系统, 其中目标包括网络模型中的边。

[0044] 方案 18. 如方案 16 所述的系统, 其中目标包括网络模型中的节点。

[0045] 方案 19. 如方案 15 所述的系统, 其中用于确定中介中心度量度的装置将中介中心度量度选择为均匀多部分中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度、指定多部分中介中心度量度、均匀多属性中介中心度量度、逆多属性中介中心度量度或者边中介中心度量度。

[0046] 方案 20. 如方案 15 所述的系统, 其中用于定义最小近邻因子等级的装置将最小近邻因子等级定义为第二近邻因子等级, 其中特定目标位于另一个目标的两个连接以内。

[0047] 本发明的附加特征将根据以下结合附图的说明内容和所附权利要求而变得显而易见。

附图说明

[0048] 图 1 是包括 EES 和 ECU 的车辆简化示意图 ;

[0049] 图 2 是 EES 分层网络模型的透视图 ;

[0050] 图 3 是识别分层网络模型内各个节点之间数据流的节点结构示例 ; 以及

[0051] 图 4 是示出了用于根据每一个节点的中介中心度量度识别节点结构中合适的监测点的过程流程图。

具体实施方式

[0052] 以下对利用中介中心度量度在车辆 EES 的网络模型中选择数据监测点的系统和方法的说明在本质上仅仅是示范性的, 而不是为了以任何方式限制本发明或者其应用或用途。例如, 如上所述, 本发明具有用于车辆上的 EES 的特定应用。但是, 正如本领域技术人员应该意识到的那样, 本发明的系统和方法可以具有用于除车辆系统以外的其他系统的应用。

[0053] 本发明提出了在用于车辆 EES 的网络模型中选择数据监测点供综合错误隔离和减轻分析 (FIMA) 系统使用的系统和方法。系统输入是网络模型, 网络模型可以是表示 EES 的物理特征、结构特征、功能特征和数据流特征的分层网络。网络中的每一层都提供了 EES 的一个方面, 例如, 物理网络层表示 ECU 的物理线路连接, 功能网络层表示 ECU 和虚拟网络内的虚拟设备之间的关系等。网络内的节点可以用节点属性注释, 例如, ECU 可以表示为两个节点, 其中一个节点与节点属性“发送”相关联, 而另一个则与报文网络内的“接收”相关联。节点例如在报文网络内可以用节点类型注释。ECU 被表示为具有节点类型“ECU”的节点, 而报文则被表示为具有节点类型“报文”的节点。指定节点类型导致节点划分, 其中相同分区内的节点没有边, 例如, 一个 ECU 节点不是被直接连接至另一个 ECU 节点, 而是通过

报文网络内的报文节点连接。边可以用边属性注释,其中属性值通常表示节点之间的信息流。网络内的边可以跨越不同的层连接节点。

[0054] 系统使用多部分和 / 或多属性的中介中心度量度以量化分层网络内节点的重要性分布方面的复杂性和可维护性,这样对 EES 内的电源层、布线层、测量层、控制层和通信层之间复杂的相互作用进行整体建模。中介中心度量度是来自新兴的网络科技领域的一种已知特征并且被用于识别网络内的节点和边的重要性,其中将重要性排序以确定哪些节点和边可以是监测点。系统利用中介中心度量度提供随机故障策略和基于使用情况的故障策略以模拟新出现的故障和级联故障的场景,并针对期望的诊断覆盖范围推荐错误检测点和隔离监测点。

[0055] 用于选择数据监测点的系统和方法的目的是要解决对 EES 中增长的复杂相互作用的复杂性和可维护性进行量化的需求以及提高错误隔离和错误减轻分析的能力。车辆 EES 已经响应对于将 ECU 装入车辆内的不断增长的需求而变得非常复杂。EES 故障的根本原因很可能会跨越 EES 的网络层造成影响,这些网络层范围涵盖电源、物理线路连接、软件部件之间的功能关系、报文、测量、控制和网络上的数据流。现有技术中的分析技术通常是集中在一个单一应用领域上的单层系统,例如用于 CAN 的端到端时延分析,它因其优点而重要,但是不足以解决源于 EES 网络其他层的问题。

[0056] 系统对节点或边在控制位于 EES 的相同或不同部分内的其他节点或边之间成对连接方面的重要性进行量化。换句话说,中介中心度量度对节点或边控制具有相同或不同属性的其他节点之间成对连接方面的重要性进行量化。系统使用多部分和 / 或多属性的中介中心度量度以排序并推荐错误隔离和监测点,这些错误隔离和监测点无法通过单层分析技术以常规的中介中心度量度被发现。系统提供基于使用情况的故障模拟策略和随机的故障模拟策略用于推荐供期望诊断覆盖范围使用的错误检测点、隔离点和减轻点。系统将 EES 视为视错误检测、隔离和减轻设计而定的嵌入式和分布式复杂系统。系统使用逼近故障模拟,其带有一族新的中介中心度量度来解决 EES 中基于使用情况的故障和随机故障。系统能够推荐用于不同的故障情景的错误隔离和可能的实施错误减轻的监测点。

[0057] 图 1 是包括在彼此间传输数据、报文和其他信息的 EES 12 以及 ECU 14 和 16 的车辆 10 的示意图。ECU 14 和 16 可以是 EES 12 的一部分或者也可以与 EES 12 分开。每一个车辆都可以具有不同的 EES 和 ECU 构造,其中 EES 可以在彼此之间以及与各种 ECU 来回地传递报文,并且其中每一个 EES 和 ECU 都可以运行不同的算法以使车辆系统能够彼此通信并且促成以需要的方式执行某些操作。用于收集存储的和在 EES 12 以及 ECU 14 和 16 之间传输的报文和数据的监测点将被确定为完成错误识别的诊断分析算法的一部分。每一个 ECU 14 和 16、EES 12 或者 ECU 14 和 16 或 EES 12 内的一些软件元件在本文中被定义为节点,而 ECU 14 和 16 以及 EES 12 之间的通信或连接被定义为边,其中监测点可以是这些节点或边中的特定一个,并且经过该节点或边的数据和信息被收集作为诊断事故靶向的一部分。具体地,节点可以是物理 ECU 或 ECU 内特定的软件部件,而边可以是 EES 12 和 / 或 EES 14 和 16 之间的物理线路或者软件部件之间的函数调用。

[0058] 图 2 是 EES 12 的包括多个网络层的代表性网络模型 20,其中每一层都对应于供 EES 12 使用的电气、线路、通信和数据流中的一个方面。用于 EES 12 的网络模型 20 包括表示功率分配关系的较低的电气网络层 22,表示 ECU 14 和 16 中布线关系的物理网络层 24,

表示 ECU 虚拟网络关系的功能网络层 26, 表示 ECU 报文关系的报文网络层 28 以及表示任务、特征、报文和信号序列的数据流网络层 30。分层的车辆内 EES 网络模型 20 如本文中所述具有几种独特的产生新的中介中心度量度的特征以量化 EES 12 内复杂的相互作用。

[0059] 正如以下要详细介绍的那样, 每一层 22-30 都输出推荐的错误检测和隔离监测点以及 EES12 的错误隔离和减轻分析的模拟结果的排序表。上文中所述的中介中心度量度被用于识别模型 20 内的节点和 / 或边的重要性, 并且将重要性排序以确定哪些节点和 / 或边可以是监测点。中介中心度量度能够跨越各层 22-30 地被使用, 并且可能有助于每一层 22-30 的推荐错误检测和隔离监测点与模拟结果的排序表以及用于将所有的层 22-30 一起考虑的排序表。

[0060] 本文中在无向图的背景下讨论中介中心度量度。但是, 中介中心度量度也可以通过考虑遵循图中有向边的最短路径而应用于有向图例如 ECU 软件中的函数调用。无向图 $G=(N, E)$ 由非空的可数节点集合 N 和边集合 $E \subseteq N \times N$ 构成。无向图 G 是其中节点 N 被分为非空不相交子集的图, 其中同一子集内的任何两个节点 N 都没有连接它们的边。图 G 内的节点 N 可以与节点属性矢量 A_N 相关联, 并且类似地边可以与边属性矢量 A_E 相关联。部分由拓扑结构赋予, 而属性则主要是被增加以用于节点的语义方面。对于分层的 EES 网络模型 20, 节点类型通常对应于部分。

[0061] 图 3 是节点结构 40 的示意图, 其作为可以表示在 EES 12 和 / 或 ECU 14 和 16 中定义的节点和边或者是这些部件中的节点结构的一部分的一种类型的无向图。节点结构 40 包括多个节点 42, 其中每一个节点 42 由字母 a-j 表示。每一个节点 42 都可能是如上所述用于收集供错误检测使用的数据和 / 或报文的监测点。节点结构 40 包括节点 42 之间的多条连接或边 44, 表示在结构 40 中的节点 42 之间的信息流和数据流。边 44 是两个节点 42 之间的直接连接。从一个节点 42 到另一个节点 42 的路径可以包括单条边 44, 或者可以包括多条边 44。正如以下要详细介绍的那样, 中介中心度量度被用于识别或量化结构 40 中节点 42 和边 44 中每一个的重要性以确定特定的一个或多个节点 42 或者一条或多条边 44 是否可以是监测点。

[0062] 对于以下的讨论内容, 可以确定节点 42 的中介中心度量度以确定哪个节点 42 具有最高的量度并且最适合成为监测点。但是, 正如本领域技术人员应该意识到的那样, 边 44 也可以是监测点并且可以用相同的方式确定边 44 的中介中心度量度。中介中心度量度可以是均在以下介绍的多部分量度或多属性量度之一或二者兼备。中介中心度量度被确定为节点 42 中两个节点之间的最短路径总数与经过中介中心度量度正被确定的特定节点 42 的那些最短路径数量的比值之和, 这将在下文中更加详细地介绍。在为节点结构 40 示出的示例中, 可能看起来节点 g 是结构 40 中的重要节点, 原因在于它从很多个其他节点 42 具体是从节点 b, c, h 和 e 接收信息。但是, 节点 i 实际上是结构 40 中最重要的节点, 原因在于经过结构 40 的信息必然总是要通过节点 i 而并非必须要通过节点 g。换句话说, 如果将节点 i 从结构 40 中去除, 那么在结构 40 中的节点 j 和节点 a-h 之间就会完全断开, 而如果去除节点 g, 这一点却未必会出现。

[0063] 确定结构 40 中每一个节点 42 的中介中心度量度, 并且将这些值比较或排序以确定节点 42 的最高中介中心度量度, 这些节点可以被用作结构 40 中监测点。基于本文中讨论的中介中心度量度应该在节点 i 时最高, 并且节点 i 应该是最适合用于结构 40 的监测点。

[0064] 一旦识别出其中介中心度量度高于某一最小中介中心度阈值的节点 42, 就计算这些节点 42 在结构 40 中的覆盖范围, 也就是特定节点与最大数量的其他节点的接近程度, 这定义为近邻因子等级, 从而基于该节点与结构 40 中所有其他节点 42 的接近度来确定它是否适合用作监测点的备选。例如, 算法可以将近邻因子等级定义为 2 级等级, 也就是在其中介中心度量度正被计算的潜在监测点节点的两条边 44 内的节点 42 的数量。参见结构 40, 节点 a, d, e, f, g, h 和 j 都在节点 i 的两节点 42 内, 并且因此节点 i 的覆盖范围或近邻等级值为 7。通过识别近邻因子等级即可根据节点 i 是否不是过于远离太多的节点 42 来确定节点 i 是不是结构 40 中合适的监测点。结构 40 中的每一个节点 42 都具有识别其与结构 40 中所有其他节点 42 接近性的近邻因子等级, 并且使用中介中心度量度和近邻因子等级的组合来确定特定的节点 42 是不是会成为监测点。

[0065] 中介中心度量度被设计用于根据连接重要性在每一对节点的所有最短路径中被等分的假设来对节点控制其他节点之间成对连接的重要性进行量化。例如用于节点 $i \in M$ 的中介中心度量度 $BC(n_i)$ 可以是节点 i 的中介中心度量度 $BC(i)$, 并且定义为:

$$[0066] \quad BC(i) = \sum_{x \neq i \neq y} \frac{\sigma_{xy}(i)}{\sigma_{xy}} \quad (1)$$

[0067] 其中 σ_{xy} 是节点 x 和 y 之间的路径总数, 而 $\sigma_{xy}(i)$ 则是经过节点 i 的最短路径的数量。中介中心度量度 $BC(i)$ 可以在 0 到 1 之间被归一化为 $\frac{BC(i)}{(|M|-1)}$, 其中 $|M|$ 是图 G 内的节点数量。

[0068] 公式 (1) 和下文中用于节点的指定 x 和 y 是节点索引指定, 并且可以是上述示例的结构 40 中的节点 42 中的任一个。具体地, 对于结构 44 中的每对节点 42 的值 σ_{xy} , 确定这两个节点之间的路径数量, 并且根据这些路径确定构成该路径的边 44 的最小数量。一旦确定了两个节点 42 之间的边 44 的最小数量, 那么计算就确定有多少条不同的最短路径。类似地, 对于同样的两个节点 42, 对于值 $\sigma_{xy}(z)$, 确定经过其中介中心度量度正被计算的特定节点 42 的那些最短路径的数量。随后对于所有不同的节点对组合的最短路径计算, 将这些最短路径值之间的除商进行求和以得到该特定节点 42 的中介中心度量度。对每一个节点 42 执行计算, 并且具有最高中介中心度量度的节点 42 根据其是否满足所需的近邻因子等级而很可能成为用于结构 40 的监测点。对于图 3 中所示的示例, 所有节点 a-j 的中介中心度量度可以被计算为: a=0, b=2.333, c=2.333, d=0, e=9.833, f=0, g=0.667, h=9.833, i=14 和 j=8。

[0069] 相应地, 用于边 $e \in E$ 的中介中心度量度 $BC(e)$ 被定义为经过边 e 的最短路径数量:

$$[0070] \quad BC(e) = \sum_{x \neq y} \frac{\sigma_{xy}(e)}{\sigma_{xy}} \quad (2)。$$

[0071] 中介中心度量度 $BC(e)$ 可以在 0 到 1 之间被归一化为:

$$[0072] \quad \frac{BC(e)}{[(|M|-1)(|M|-2)]/2} \quad (3)。$$

[0073] 认识了分层 EES 网络模型 20 中的丰富语义后,研发出多部分中介中心度量度和多属性中介中心度量度以说明分层 EES 网络模型 20 中节点 42 的类型和属性 / 角色。

[0074] 节点 $i \in N_p$ 的均匀多部分中介中心度 $BC_p(i)$, 其中 N_p 是部分并且其中 $N_p \subset N$, 被定义为:

$$[0075] \quad BC_p(i) = \sum_{x, y \in N_p, x \neq i \neq y} \frac{\sigma_{xy}(i)}{\sigma_{xy}} \quad (4)$$

[0076] 其中 σ_{xy} 是节点 x 和 y 之间的最短路径数量, 已知节点 x 和 y 都在同一部分 N_p 内, 而 $\sigma_{xy}(i)$ 则是经过节点 i 的最短路径的数量。

[0077] 这是为了限制最短路径以使起始节点和终止节点都位于与其中的一个中间节点相同的部分内。例如, 一个 ECU 节点通过网关 ECU 连接到另一个 ECU 节点, 沿着路径有一些报文节点。

[0078] 定义了有逆语义的限制, 其中起始节点和终止节点应该与中间节点的部分不同。节点 i 的逆多部分中介中心度量度 $BC_{\bar{p}}(i)$ 被定义为:

$$[0079] \quad BC_{\bar{p}}(i) = \sum_{x, y \in N_{\bar{p}}, i \in N_p} \frac{\sigma_{xy}(i)}{\sigma_{xy}} \quad (5)$$

[0080] 其中 σ_{xy} 是位于节点 i 的不同部分内的节点 x 和 y 之间的最短路径总数, 而 $\sigma_{xy}(i)$ 则是经过节点 i 的最短路径的数量。使用该量度的一个示例是考虑在不同 ECU 节点之间的通信路径上的报文节点 i 。

[0081] 指定的多部分中介中心度量度 $BC_p(i)$ 被定义为:

$$[0082] \quad BC_p(i) = \sum_{x \in N_Q, i \in N_p, y \in N_Q} \frac{\sigma_{xy}(i)}{\sigma_{xy}} \quad (6)$$

[0083] 其中 σ_{hj} 是位于不同部分内且不与节点 i 在同一部分内 ($N_Q \neq N_p \neq N_R$) 的节点 x 和 y 之间的最短路径数量, 而 $\sigma_{xy}(i)$ 则是经过节点 i 的最短路径的数量。这假定在网络模型 20 中至少定义有三个部分。使用这种量度的一个示例可以是求出功能层 26 中的节点的中介中心度量度, 并且起始节点和终止节点在报文层 28 和物理网络层 24 中。

[0084] 为了说明与部分的拓扑定义正交的属性, 均匀多属性中介中心度量度 $BC_A(i, a)$ 和逆多属性中介中心度量度 $BC_{\bar{A}}(i, a)$ 针对节点 $i \in N$ 和属性 $a \in A_N$ 被定义为:

$$[0085] \quad BC_A(i, a) = \sum_{x, i \neq y, a(x) = a(i) = a(y)} \frac{\sigma_{xy}(i)}{\sigma_{xy}} \quad (7)$$

[0086] 其中 σ_{xy} 是位于节点 x 和 y 之间的最短路径总数, 约定节点 x, i 和 y 对于属性 a 具有相同的值 (也就是 $a(x) = a(i) = a(y)$), 而 $\sigma_{hj}(i)$ 则是经过节点 i 的最短路径的数量, 并且:

$$[0087] \quad BC_{\bar{A}}(i, a) = \sum_{x, i \neq y, a(x) \neq a(i) \neq a(y)} \frac{\sigma_{xy}(i)}{\sigma_{xy}} \quad (8)$$

[0088] 其中 σ_{xy} 是位于节点 x 和 y 之间的最短路径总数, 约定节点 x 和 y 对于属性 a 具

有相同的值（也就是 $a(x) = a(y)$ ），但是它们与节点 i 具有不同的值（也就是 $a(i) \neq a(y)$ ），而 $\sigma_{hj}(i)$ 则是经过节点 i 的最短路径的数量。

[0089] 类似地，对于边 $e \in E$ 和属性 $a \in A_e$ 的多属性中介中心度量 $BC_A(e, a)$ 和 $BC_{\bar{A}}(e, a)$ 可以像用于节点 42 的那样定义。使用多属性中介中心度量度的一个示例是 ECU 的属性例如能够对不同报文拥有属性值“接收”和“发送”的“角色”。

[0090] 除了利用中介中心度量度来量化网络模型 20 内的节点或边的重要性以外，还要计算用于网络模型 20 内每一个目标的中介中心度量度以得出中介中心度量度的分布。计算描述性统计例如平均值、百分比、方差、偏斜性等以表征中介中心度量度分布。这种表征能够有助于量化分层 EES 网络模型 20 的复杂性。例如，EES 12 的集中化设计可能具有与带有分布式涉及的 EES 完全不同的中介中心度量度分布。

[0091] 为了改进系统的可维护性，更多资源可以被潜在地放入系统内以提高具有高中介中心度量度的目标的可靠性或者增加具有低中介中心度量度的目标的诊断覆盖范围。这样的用于改进可维护性设计的权衡分析可以潜在地通过中介中心度量度的分布实现。

[0092] 所述的错误检测和隔离过程需要主动监测系统及其操作。由于分层的 EES 网络模型 20 提供了 EES 12 的物理、结构、功能和行为方面，因此 EES 12 的工作状态可以被视为分层 EES 网络模型 20 上的功率 / 信号 / 信息流。分层 EES 网络模型 20 可以被视为用于模拟 EES 12 操作的平台。但是，模拟 EES 12 的所有可能的输入信号组合是不太可能的，特别是在实际应用中广泛的不同且不可预见的工作环境下。

[0093] 与希望穷举地 EES 12 模拟不同，本发明提出使用中介中心度量度的分布作为设置用于错误检测和隔离的监测点的基础。给定中介中心度量度的分布，FIMA 系统执行以下步骤：计算所有节点的中介中心度量度；将所有节点根据其中介中心度量度以降序排序；添加在其所有对被访问集合有效的第一和第二等级邻近因子内具有最高中介中心度量度的节点；向子集映射表中加入新条目，其中线索是编辑节点，而值是其添加的近邻的列表；如果被访问集合的大小小于给定的覆盖范围标准和百分比，那么就返回到添加具有最高中介中心度的节点的步骤；然后将那些作为子集映射表的线索的节点用作错误检测和隔离的监测点。

[0094] 车辆内的 EES 12 基本上是视错误减轻设计而定的嵌入式和分布式计算平台。为了支持错误减轻分析，介绍模拟选定目标故障的两种顺序故障策略来示出分层 EES 网络模型 20 如何被破裂。根据中介中心度量度，将故障响应量化并且就关于存留目标如何能够潜在地实施故障目标的功能以及用于错误检测和隔离的监测点应该如何响应于这样的顺序故障而改变给出建议。

[0095] 在载入分层 EES 网络模型 20 后，系统执行以下步骤用于错误减轻分析：(1) 用户选择要使用的期望中介中心度量度、目标类型和故障策略；(2) 算法计算所有目标的中介中心度量度并将其排序；(3) 算法利用选定的故障策略选择下面使哪些目标发生故障；(4) 算法通过去除选中的目标来模拟故障；(5) 算法计算存留目标的中介中心度量度并将其排序；(6) 对于每一个存留目标，算法计算模拟故障前后的中介中心度量度的差异并将其排序；(7) 算法检验模拟是否达到完成标准；并且如果尚未达标，那么在步骤 (8) 算法就返回步骤 3，并且如果达标，那么算法就计算输出错误检测、隔离减轻分析结果。

[0096] 对于步骤 (1) 中的故障策略, 本发明提出了两种选择, 也就是基于使用情况的策略和随机故障策略。对基于使用情况的故障策略而言, 本发明通过假定最常用的目标就最有可能故障来确定性地使具有中介中心度量度最高排序的目标发生故障。可选地, 通过根据分布及其中介中心度量度使目标发生故障而将随机性引入基于使用情况的故障策略。对随机故障策略而言, 根据均匀分布随机性地使目标发生故障。

[0097] 在步骤 (6) 中, 系统将故障目标对存留目标控制成对连接的重要性的影响程度进行量化。计算、排序并记录每个故障模拟的中介中心度量度的改变。这可以用作步骤 (8) 中的顺序错误隔离分析的基础。

[0098] 在步骤 (7) 中, 系统使用不同的标准来判定模拟是否完成。例如, 模拟在所有的中介中心度量度得分均为零时终止, 或者在网络初次破裂后例如在图变为不连续时终止。

[0099] 在故障模拟完成之后, 步骤 (8) 获取由模拟的顺序故障所产生的中介中心度量度分布来给出用于错误检测、隔离和减轻分析的建议。可以执行三种不同的用于错误检测和隔离的分析。第一, 对基于使用情况的故障策略而言, 选定的目标可以被用于顺序故障作为用于错误隔离的监测点, 原因在于根据基于使用情况的故障策略的假定, 这些目标接着就要发生故障。第二, 在使用以上描述程序的每一次模拟故障之后, 都有新的 FDI 监测点应用于系统中。第三, 使用在每一次故障模拟前后的中介中心度量度的正向和负向变化对存留的目标进行分组。具有中介中心度量度正向变化的组表明它们具有增益了的重要性, 而具有中介中心度量度负向变化的组则表明其重要性损失了。可以计算分布中的变化平均值和方差以量化模拟故障的影响。

[0100] 在错误减轻分析中, 希望能将分层 EES 网络模型 20 对于故障类型的脆弱程度进行量化。本发明提出使用两种措施来量化这样的脆弱性, 包括量化可能导致执行错误减轻操作能力的损失的网络破裂的分解性大型部件的阈值。此外, 归一化中介中心度量度的平均值可以被用于量化中介中心度量度的渐变及其顺序故障。

[0101] 大型部件是包括整个网络节点中大多数节点的连接子网。由于大型部件内的节点能够彼此通达, 因此这就保证了用于执行错误减轻操作的可能。但是, 在引发故障时, 边被从故障节点去除。这可能导致网络破裂从而进而分解大型部件。因此, 错误减轻操作就无法被执行以到达网络内的那些故障节点。因此, 分层 EES 网络模型 20 的脆弱性可以通过考虑对于基于使用情况或随机的给定故障策略需要多少次故障才能达到分解大型部件的阈值, 例如在大型部件中保留有 75% 的节点, 来进行评估。

[0102] 然后, 顺序故障的渐进影响可以利用归一化中介中心度量度的平均值来进行量化。这种措施即使在大型部件达到其分解阈值之前也是有用的。根据定义, 在两个不同的破裂子集内的节点在其间没有最短路径。这将导致整个网络的归一化中介中心度量度的平均值随着顺序故障的发展而减小。

[0103] 最后, 由于 FIMA 系统已经针对每一次模拟的顺序故障记录了所有存留的网络片断, 因此可以对哪些节点可能潜在地成为实施故障节点的错误减轻功能的负担给出更多的建议。最简单的试探法就是使用目标故障节点的近邻来实现该功能。由于故障节点是对成对连接最重要的节点, 因此这样的试探法对基于使用情况的策略来说可能并不可行。该试探法可能适用于由存留网络片断中每个第二最高重要性的节点来实现故障节点的功能。这种试探法可以避免直接的顺序故障并且与此同时实现需要在多条最短路径上被设置的故

障节点的功能。

[0104] 图 4 是示出了用于实现如上所述使用中介中心度量度来识别监测点的方法的流程图 50。在该讨论中,目标是节点例如 ECU、报文或其他实体,或者是边,例如在 EES 分层网络例如网络模型 20 中节点之间的关系。算法在块 52 处载入 EES 分层网络。用户在块 54 处选择要使用的具体中介中心度量度。中介中心度量度可以是多部分中介中心度量度、多属性中介中心度量度、边的中介中心度量度、逆多部分中介中心度量度和逆多属性中介中心度量度中的任何一种。算法随后在块 56 处针对已载入的特定网络内的每一个目标计算选定的中介中心度量度。算法随后在块 58 处识别出哪些目标具有比标定用于特定网络的预定最小中介中心度阈值更高的中介中心度量度。算法随后在块 60 处确定哪些识别出的中介中心度量度高于阈值的最高排序目标具有提供整个网络的所需覆盖范围的近邻因子等级。如果没有最高排序目标满足近邻因子等级,那么算法就返回到块 58 以降低阈值从而在排序中获取更多的目标。一旦确定了具有所需近邻因子等级的最高排序目标,算法就在块 62 处推荐该目标作为监测点。

[0105] 对于错误减轻分析来说,FIMA 算法利用基于使用情况故障或随机故障的选定故障策略来执行故障模拟。在块 54 处选择了中介中心度量度之后,算法在块 64 处选择故障分析策略,并在块 66 处计算和排序目标的中介中心度量度。算法随后在块 68 处执行选定的目标故障模拟。在每一个节点的目标故障模拟之后,算法在块 70 处识别出存留的目标并重新计算和重新排序目标的中介中心度量度。算法在块 72 处计算并排序中介中心度量度以及将目标排序。算法随后在决策菱形 74 处判定模拟是否已经完成,并且如果已完成,那么 FIMA 算法就在块 76 处模拟完成标准得到满足之后输出最终的错误隔离和错误减轻分析结果。否则,算法就返回到块 68 以继续模拟。

[0106] 上述讨论仅仅公开和介绍了本发明的示范性实施例。本领域技术人员根据这些讨论内容以及根据附图和权利要求应该很容易意识到可以在其中进行各种改变、修正和变形而并不背离本发明由所附权利要求所定义的实质和保护范围。

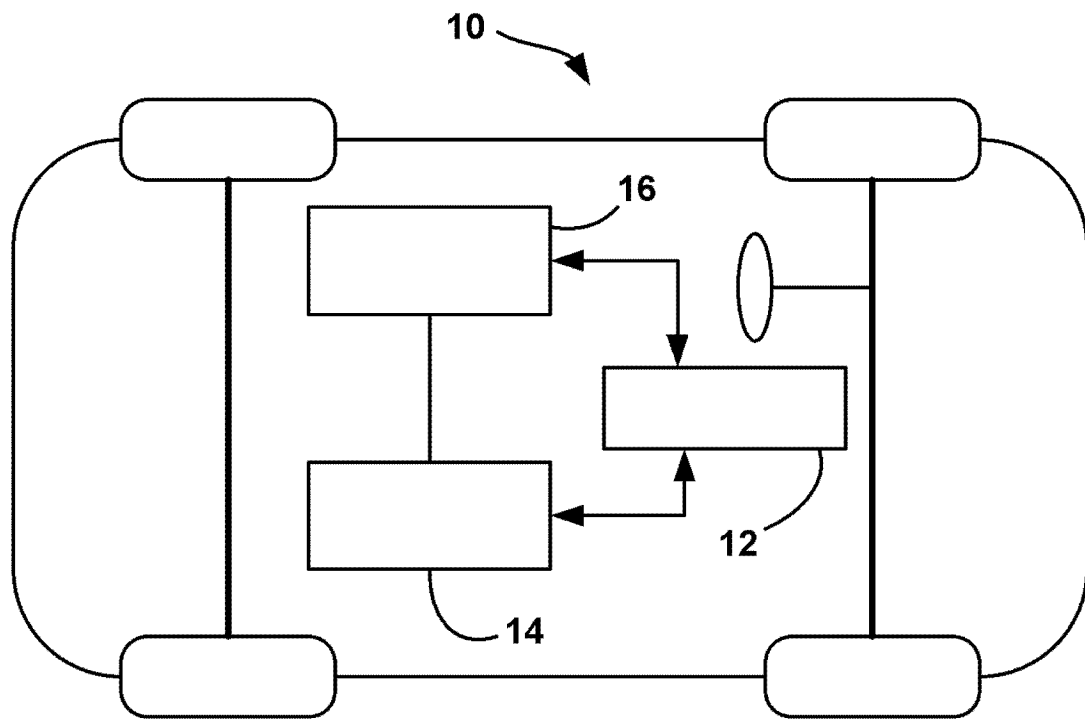


图 1

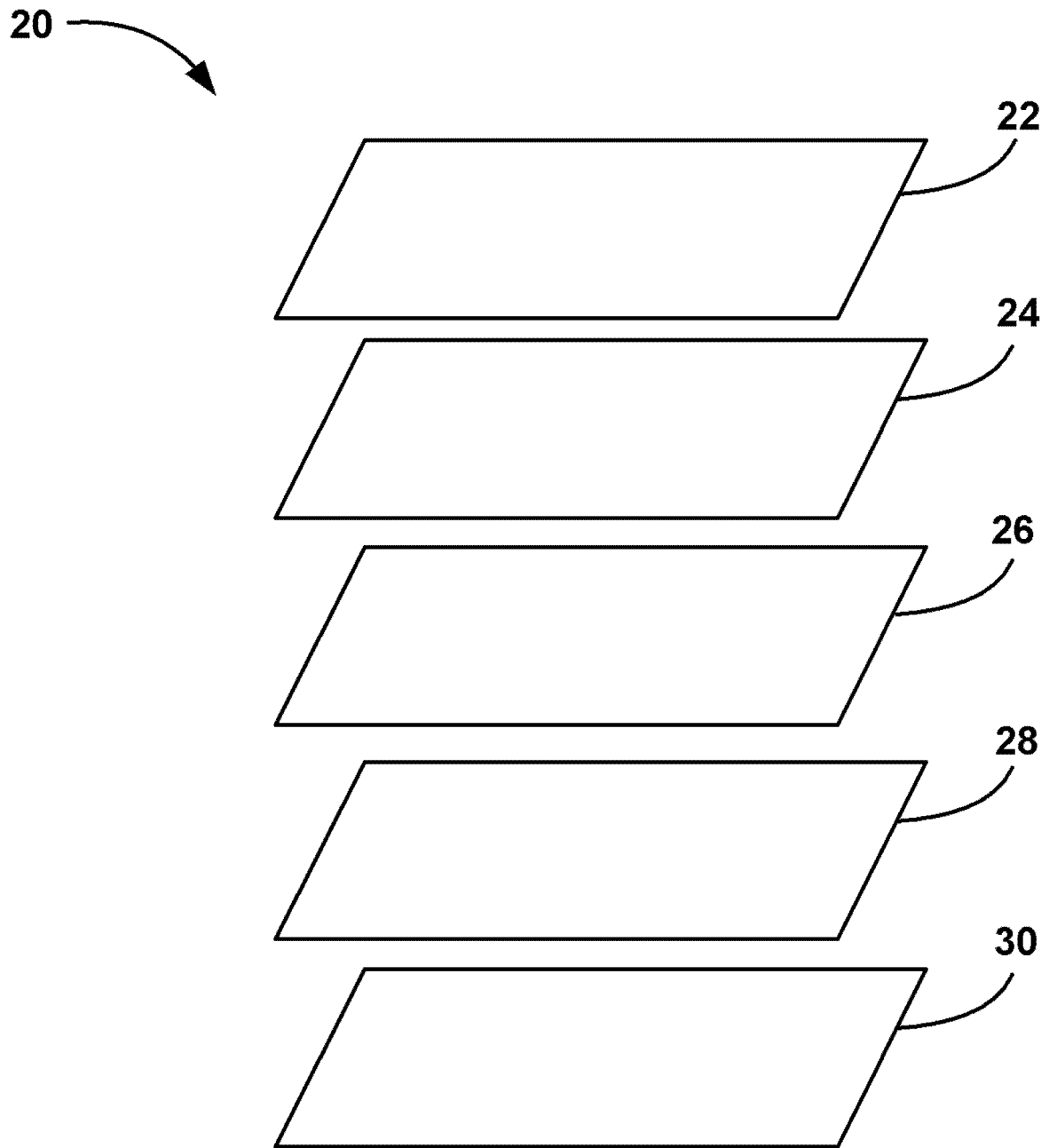


图 2

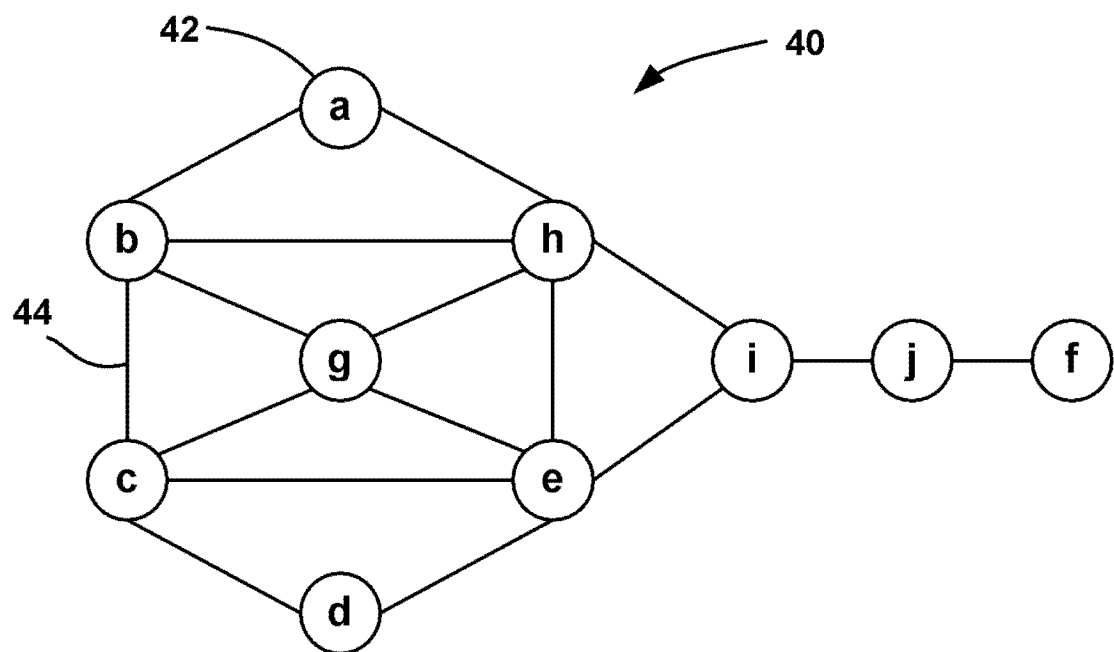


图 3

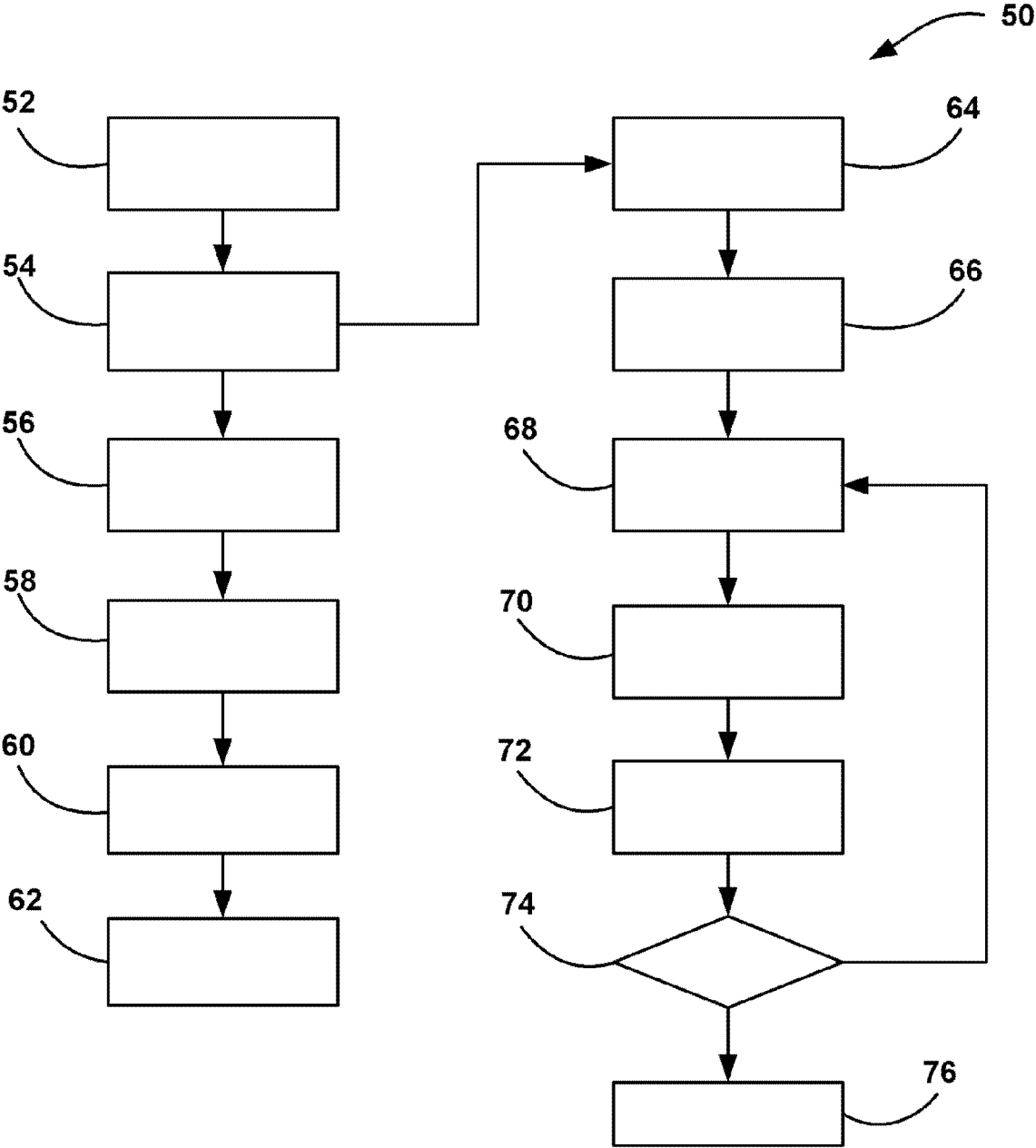


图 4