



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110012559 A

(43)申请公布日 2019.07.12

(21)申请号 201910156508.3

(22)申请日 2019.03.01

(71)申请人 北京农业信息技术研究中心

地址 100097 北京市海淀区曙光花园中路
11号农科大厦A座1107

(72)发明人 吴华瑞 张丽红 朱华吉 缪祎晟
顾静秋

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王庆龙 周永君

(51)Int.Cl.

H04W 84/18(2009.01)

H04W 24/08(2009.01)

H04L 12/24(2006.01)

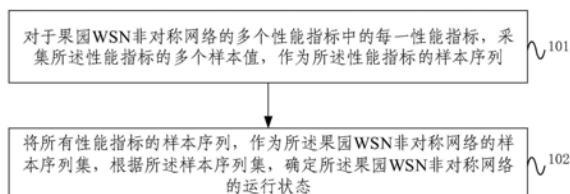
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法及系统

(57)摘要

本发明实施例提供一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法及系统。其中,方法包括:对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集性能指标的多个样本值,作为性能指标的样本序列;将所有性能指标的样本序列,作为该网络的样本序列集,根据样本序列集,确定该网络的运行状态。本发明实施例提供的方法及系统,通过确定果园WSN非对称网络的多个性能指标,并采集每一性能指标的多个样本值,得到样本序列集,进而确定该网络的运行状态,能够从不同维度分别挖掘网络的性能特征,有效利用不同性能指标间的互补性,避免单一性能指标评估网络性能的片面性和局限性,能够提高网络性能评估的容错能力。



1. 一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法,其特征在于,包括:

对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列;

将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

获取所述果园WSN非对称网络的多个物理层参数;

根据所述多个物理层参数,确定所述果园WSN非对称网络的干扰程度。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态,包括:

对于所述样本序列集中的每一样本序列,依次对所述样本序列进行时空配准和量纲消除,得到所述样本序列对应的无量纲化样本序列;

将所有样本序列对应的无量纲化样本序列,组成无量纲化决策矩阵,根据所述无量纲化决策矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,依次对所述样本序列进行时空配准和量纲消除,得到所述样本序列对应的无量纲化样本序列,包括:

基于加权校正算法,计算得到所述样本序列的归一化值;

基于所述归一化值,对所述样本序列进行时空配准,得到所述样本序列对应的时滞同步耦合值序列;

对所述时滞同步耦合值序列进行量纲消除,得到所述样本序列对应的无量纲化样本序列。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,根据所述无量纲化决策矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态,包括:

对于所述无量纲化决策矩阵中的每一无量纲化样本序列,对所述无量纲化样本序列进行相关性计算,得到所述无量纲化样本序列的相关系数序列;

将所有无量纲化样本序列的相关系数序列,组成相关矩阵;

依次对所述相关矩阵进行分块、相关性计算和去模糊化处理,得到模糊矩阵;

基于所述模糊矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,基于所述模糊矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态,包括:

基于预设的模糊规则,根据所述模糊矩阵,生成目标模糊矩阵;

根据所述目标模糊矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的关联序;

将所述关联序与预设门限值进行比较,根据比较结果确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述预设门限值包括数据完整性值、数据抗扰性值和通信压缩比值;

相应地,将所述关联序与预设门限值进行比较,根据比较结果确定所述果园WSN非对称网络的运行状态,包括:

若所述关联序大于所述数据完整性值、所述数据抗扰性值和所述通信压缩比值,则确

定所述果园WSN非对称网络的运行状态为优；

若所述关联序仅大于所述数据完整性值、所述数据抗扰性值和所述通信压缩比值中的任意两者，则确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为良；

若所述关联序仅大于所述数据完整性值、所述数据抗扰性值和所述通信压缩比值中的任意一者，则确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为中；

否则，确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为差。

8. 一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控系统，其特征在于，包括：

采集模块，用于对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标，采集所述性能指标的多个样本值，作为所述性能指标的样本序列；

状态确定模块，用于将所有性能指标的样本序列，作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集，根据所述样本序列集，确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

9. 一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1至7任一项所述方法的步骤。

10. 一种非暂态计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，该计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述方法的步骤。

果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法及系统

技术领域

[0001] 本发明实施例涉及无线传感器网络技术领域,尤其涉及一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法及系统。

背景技术

[0002] 在种植产业中,果品产业是继粮食产业和蔬菜产业之后的第三大农业种植产业。随着人们生活水平的提高,对高品质水果的需求急剧增长。为了提高水果品质,及时有效地采集果园的环境参数非常必要。随着无线传感器网络(Wireless Sensor Networks,WSN)技术的迅猛发展,以及人们对果品产业提出的更高要求,越来越多的研究致力于将WSN技术应用于果园环境监测。其中,将WSN技术应用于果园环境监测,也即,为果园布置WSN,WSN在运行过程中可采集果园的环境参数,进而为种植高品质水果提供科学的种植依据。

[0003] 但WSN在运行过程中对单个节点工作的依赖性强,一旦某一或某些节点出现问题,WSN的运行就会出现异常甚至不能使用,因此,对WSN的运行状态进行监测从而评估WSN的性能至关重要。

[0004] 由于果园环境通常为具有多径信道的多尺度衰落环境,WSN中任一节点采集的环境参数以无线传输方式在该网络中的传播具有时变性、非对称性和有损性,因此,传统的性能测控方法在此不再适用,提出一种新的性能测控方法是目前业界亟待解决的课题。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的技术问题,本发明实施例提供一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法及系统。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法,包括:

[0007] 对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列;

[0008] 将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0009] 第二方面,本发明实施例提供一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控系统,包括:

[0010] 采集模块,用于对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列;

[0011] 状态确定模块,用于将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0012] 第三方面,本发明实施例提供一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现如第一方面所提供的方法的步骤。

[0013] 第四方面,本发明实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现如第一方面所提供的方法的步骤。

[0014] 本发明实施例提供的一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法及系统,通过确定果园WSN非对称网络的多个性能指标,例如路由可靠性、网络寿命和端到端时延,并采集每一性能指标的多个样本值作为该性能指标的样本序列,并将所有性能指标的样本序列作为样本序列集,进而根据样本序列集确定果园WSN非对称网络的运行状态,由于样本序列集中包含了多个性能指标,因此,该方法能够从不同维度分别挖掘网络的性能特征,有效利用不同性能指标间的互补性,避免单一性能指标评估网络性能的片面性和局限性,能够提高网络性能评估的容错能力。

附图说明

[0015] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0016] 图1为本发明实施例提供的一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法流程图;

[0017] 图2为本发明实施例提供的一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控系统的结构示意图;

[0018] 图3为本发明实施例提供的一种电子设备的实体结构示意图。

具体实施方式

[0019] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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,所描述的实施例是本发明一部分实施例,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作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0020] 为了更好地说明本发明实施例,将本发明实施例提供的方法应用于果园环境中。需要说明的是,果园环境中已布置有无线传感器网络,将果园中布置的无线传感器网络称为果园WSN非对称网络,通过该网络可以及时有效地采集果园环境中的各种环境参数,进而为种植高品质水果提供科学的种植依据。可以理解的是,为了种植高品质水果,需要保障果园WSN非对称网络正常稳定运行,而为了保障该网络正常稳定运行,有效监测该网络的运行状态至关重要。

[0021] 由于果园环境通常为具有多径信道的多尺度衰落环境,果园WSN非对称网络中任一节点采集的环境参数以无线传输方式在该网络中的传播具有时变性、非对称性和有损性,因此,传统的性能测控方法在此不再适用。本发明实施例为了解决该问题,提出了一种新的性能测控方法,以下将进行具体说明。

[0022] 图1为本发明实施例提供的一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控方法流程图,如图1所示,该方法包括:

[0023] 步骤101,对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述

性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列。

[0024] 具体地,果园WSN非对称网络的多个性能指标至少包括:路由可靠性、网络寿命和端到端时延。需要说明的是,多个性能指标也可称为多元因子。

[0025] 其中,路由可靠性指的是在规定的时间内和规定的条件下,网络完成路由功能的能力;网络寿命指的是从第一次网络构建开始,直到网络分离或所有节点耗尽能量所经历的时间;端到端时延指的是数据包从离开源节点时算起,一直到抵达目的节点时一共经历了多长时间的时延。

[0026] 为了便于描述,本发明实施例及以下实施例中均将果园WSN非对称网络的多个性能指标优选为路由可靠性、网络寿命和端到端时延这三个性能指标。

[0027] 对于路由可靠性,采集其多个样本值,需要说明的是,样本数量根据采样时间和采样频率而定。在此,将采样时间优选为时刻 t 这1s,采样频率优选为nHz,即,在时刻 t 这1s内,采集了n个样本值。将这n个样本值,作为路由可靠性的样本序列。

[0028] 同理,对于网络寿命和端到端时延,按照同样的采样时间和采样频率,可得到网络寿命的样本序列和端到端时延的样本序列。

[0029] 步骤102,将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0030] 具体地,将路由可靠性的样本序列、网络寿命的样本序列和端到端时延的样本序列作为果园WSN非对称网络的样本序列集。举个例子,将路由可靠性的样本序列表示为 $X_1 = \{x_{1_1}, \dots, x_{1_i}, \dots, x_{1_n}\}$,其中, x_{1_i} 表示路由可靠性的第 i 个样本值, $1 \leq i \leq n$;将网络寿命的样本序列表示为 $X_2 = \{x_{2_1}, \dots, x_{2_i}, \dots, x_{2_n}\}$,其中, x_{2_i} 表示网络寿命的第 i 个样本值, $1 \leq i \leq n$;将端到端时延的样本序列表示为 $X_3 = \{x_{3_1}, \dots, x_{3_i}, \dots, x_{3_n}\}$,其中, x_{3_i} 表示端到端时延的第 i 个样本值, $1 \leq i \leq n$ 。则,样本序列集可以表示为 $X = \{X_1, X_2, X_3\}^T$ 。进而,根据样本序列集,确定果园WSN非对称网络的运行状态。

[0031] 需要说明的是,果园WSN非对称网络的运行状态指的是果园WSN非对称网络的性能优劣程度,例如,运行状态可以分为优、良、中、差等四个等级。可以理解的是,当运行状态为优、良时,可以认为该网络的性能较好,其采集到的果园环境的环境参数准确有效,因此,无需对该网络进行调整;而当运行状态为中、差时,则认为该网络的性能较差,其采集到的果园环境的环境参数误差较大,因此,急需对该网络进行调整。

[0032] 本发明实施例提供的方法,通过确定果园WSN非对称网络的多个性能指标,例如路由可靠性、网络寿命和端到端时延,并采集每一性能指标的多个样本值作为该性能指标的样本序列,并将所有性能指标的样本序列作为样本序列集,进而根据样本序列集确定果园WSN非对称网络的运行状态,由于样本序列集中包含了多个性能指标,因此,该方法能够从不同维度分别挖掘网络的性能特征,有效利用不同性能指标间的互补性,避免单一性能指标评估网络性能的片面性和局限性,能够提高网络性能评估的容错能力。

[0033] 需要说明的是,由于果园WSN非对称网络布置于果园环境中,而果园环境通常为具有多径信道的多尺度衰落环境,在此种复杂环境中,果园WSN非对称网络中无线信号的传输非对称性较为严重,也即,果园WSN非对称网络遭受到的非对称干扰较为严重。此时,获知果园WSN非对称网络所遭受的非对称干扰程度对于果园WSN非对称网络的性能评估也有一定

帮助。

[0034] 在上述各实施例的基础上,本发明实施例还提供一种方法用于帮助评估果园WSN非对称网络性能,即:

[0035] 获取所述果园WSN非对称网络的多个物理层参数。

[0036] 具体地,从体系结构上来讲,果园WSN非对称网络至少包括:物理层、数据链路层、网络层和传输层这四个层级,在本发明实施例中,获取果园WSN非对称网络的物理层参数,其中,多个物理层参数可以包括:上行接收信号强度RSSI_U、下行接收信号强度RSSI_D、上行链路质量指示LQI_U、下行链路质量指示LQI_D、上行信噪比SNR_U和下行信噪比SNR_D中的任意一种或多种。

[0037] 根据所述多个物理层参数,确定所述果园WSN非对称网络的干扰程度。

[0038] 为了便于描述,将多个物理层参数优选为RSSI_U、RSSI_D、LQI_U、LQI_D、SNR_U和SNR_D这六个物理层参数,来对干扰程度的确定过程进行说明。

[0039] 首先,分别对RSSI_U、RSSI_D采用卡尔曼滤波算法进行融合,得到融合后的RSSI_{UD};对LQI_U、LQI_D采用卡尔曼滤波算法进行融合,得到融合后的LQI_{UD};对SNR_U、SNR_D采用卡尔曼滤波算法进行融合,得到融合后的SNR_{UD}。

[0040] 然后,对得到的RSSI_{UD}、LQI_{UD}和SNR_{UD}进一步采用卡尔曼滤波算法进行融合,得到果园WSN非对称网络的干扰值。例如,干扰值为10、30、80等,可以理解的是,干扰值越大,干扰程度相应地也越高,可以将处于0~10区间内干扰值对应的干扰程度定为无干扰,将处于11~30区间内干扰值对应的干扰程度定为轻度干扰,将处于31~60区间内干扰值对应的干扰程度定为中度干扰,将处于61~+∞区间内干扰值对应的干扰程度定为重度干扰。需要说明的是,无干扰、轻度干扰、中度干扰和重度干扰均为干扰程度的等级,而该种分级方法仅为一种示例,本发明实施例对根据干扰值确定干扰程度的具体分级方法不作具体限定。

[0041] 本发明实施例提供的方法,通过卡尔曼滤波算法,将果园WSN非对称网络的多个物理层参数进行特征融合,从而确定果园WSN非对称网络所遭受的非对称干扰程度,从非对称视角量化果园WSN非对称网络性能的评估,提高了网络性能评估的准确性。

[0042] 在上述各实施例的基础上,本发明实施例对上述实施例中“根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态”进行说明:

[0043] 对于所述样本序列集中的每一样本序列,依次对所述样本序列进行时空配准和量纲消除,得到所述样本序列对应的无量纲化样本序列。

[0044] 具体地,样本序列集 $X = \{X_1, X_2, X_3\}^T$ 中包含路由可靠性的样本序列 X_1 、网络寿命的样本序列 X_2 和端到端时延的样本序列 X_3 。分别对 X_1 进行时空配准和量纲消除,得到 X_1 对应的无量纲化样本序列,对 X_2 进行时空配准和量纲消除,得到 X_2 对应的无量纲化样本序列,对 X_3 进行时空配准和量纲消除,得到 X_3 对应的无量纲化样本序列。

[0045] 需要说明的是,对上述三个样本序列进行时空配准和量纲消除的方法相同,以下,仅以对 X_1 进行时空配准和量纲消除的方法进行具体说明。

[0046] 对 X_1 进行时空配准是指,将 X_1 中各样本值统一到同一参考时间和空间。对时空配准后的 X_1 进行量纲消除是指,将时空配准后的 X_1 中各样本值进行量纲消除,得到 X_1 对应的无量纲化样本序列 $\hat{Y}_1$ 。

[0047] 同理,对于 X_2 和 X_3 ,按照同样的时空配准和量纲消除方法,得到 X_2 对应的无量纲化

样本序列 $\hat{Y}_2$,得到 X_3 对应的无量纲化样本序列 $\hat{Y}_3$ 。

[0048] 将所有样本序列对应的无量纲化样本序列,组成无量纲化决策矩阵,根据所述无量纲化决策矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0049] 具体地,本发明实施例中构建的无量纲化决策矩阵 $\hat{Y}$ 为:

$$[0050] \quad \hat{Y} = \{\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \hat{Y}_3\}^T = \begin{bmatrix} \hat{Y}_{11}, \dots, \hat{Y}_{1i}, \dots, \hat{Y}_{1n} \\ \hat{Y}_{21}, \dots, \hat{Y}_{2i}, \dots, \hat{Y}_{2n} \\ \hat{Y}_{31}, \dots, \hat{Y}_{3i}, \dots, \hat{Y}_{3n} \end{bmatrix}$$

[0051] 其中, $\hat{Y}_{1i}$ 表示路由可靠性第 i 个样本值的无量纲化数值, $\hat{Y}_{2i}$ 表示网络寿命第 i 个样本值的无量纲化数值, $\hat{Y}_{3i}$ 表示端到端时延第 i 个样本值的无量纲化数值。

[0052] 根据无量纲化决策矩阵,确定果园WSN非对称网络的运行状态。

[0053] 本发明实施例提供的方法,通过对多个性能指标的样本序列进行时空配准和量纲消除,确保将多个性能指标的各样本值统一到同一参考时间和空间,简化计算量,降低算法复杂度,从而提高了网络性能评估的实时性。

[0054] 在上述各实施例的基础上,本发明实施例对上述实施例中的“依次对所述样本序列进行时空配准和量纲消除,得到所述样本序列对应的无量纲化样本序列”进行说明:

[0055] 基于加权校正算法,计算得到所述样本序列的归一化值。

[0056] 需要说明的是,由于对上述三个样本序列进行时空配准和量纲消除的方法相同,以下仅以对 X_1 进行时空配准和量纲消除的方法进行进一步具体说明。

[0057] 对 X_1 进行归一化是指,将 X_1 中各样本值进行统计处理后表示为一个值,作为 X_1 的归一化值。

[0058] 对 X_1 进行归一化,得到 X_1 的归一化值 $\bar{X}_1$,归一化的公式如下:

$$[0059] \quad \bar{X}_1 = \sum_{i \in [1, n]} (X_{1i} * \frac{\Delta \bar{D}_{l_i}}{\sum_{i \in [1, n]} \Delta \bar{D}_{l_i}})$$

[0060] 其中, X_{1i} 为 X_1 中第 i 个样本值, $\Delta \bar{D}_{l_i}$ 为 X_{1i} 的权重。

[0061] 基于所述归一化值,对所述样本序列进行时空配准,得到所述样本序列对应的时滞同步耦合值序列。

[0062] 基于 $\bar{X}_1$ 对 X_1 进行时空配准,得到 X_1 对应的时滞同步耦合值序列 $\dot{Y}_1(t)$,时空配准的公式如下:

$$[0063] \quad \dot{Y}_1(t) = A_1 \dot{X}_1(t) + g_1(\dot{X}_1(t)) + \sum_{j=1}^m \gamma_{1j} \Gamma_1(t - \tau_j) + u_1(t), j = 1, 2, \dots, m$$

[0064] 其中, A_1 为调节系数, $\dot{X}_1(t)$ 为 X_1 对应的时滞同步值序列, $g_1(\cdot)$ 为非线性函数, $(\gamma_{1j})_{m \times m} \in \mathbb{R}^{m \times m}$ 表示耦合结构矩阵, m 为空间维数, $\Gamma_1 \in \mathbb{R}^{m \times m}$ 为内部耦合矩阵, τ_j 为耦合时滞, $u_1(t)$ 为时滞同步控制调节系数。其中,计算 $\dot{X}_1(t)$ 的公式为:

$$[0065] \quad \dot{\bar{X}}_1(t) = f_1(\bar{X}_1) + \sum_{j=1}^m \gamma_{1j} \Gamma_1 X_1(t - \tau_j), j = 1, 2, \dots, m$$

[0066] 其中, $f_1: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$ 为一个光滑的向量值函数, m 为空间维数, $\bar{X}_1$ 为 X_1 的归一化值, $(\gamma_{1j})_{m \times m} \in \mathbb{R}^{m \times m}$ 表示耦合结构矩阵, $\Gamma_1 \in \mathbb{R}^{m \times m}$ 为内部耦合矩阵, $X_1(t) = (X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t))^T \in \mathbb{R}^n$ 为路由可靠性对应的状态向量。

[0067] 对所述时滞同步耦合值序列进行量纲消除, 得到所述样本序列对应的无量纲化样本序列。

[0068] 将 $\dot{\bar{Y}}_1(t)$ 进行量纲消除, 得到 X_1 对应的无量纲化样本序列 $\hat{Y}_1$:

$$[0069] \quad \hat{Y}_1 = \frac{\dot{\bar{Y}}_1(t) - \bar{\dot{Y}}_1(t)}{\sigma}$$

[0070] 其中, $\dot{\bar{Y}}_1(t)$ 为 X_1 对应的时滞同步耦合值序列, $\bar{\dot{Y}}_1(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{Y}_{1i}(t)}{n}$,

$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\dot{Y}_{1i}(t) - \bar{\dot{Y}}_1(t) \right)^2}$; $\dot{Y}_{1i}(t)$ 表示 X_1 第 i 个样本值的时滞同步耦合值。 $\bar{\dot{Y}}_1(t)$ 表示 X_1 第 i 个样本值的时滞同步耦合平均值。

[0071] 在上述各实施例的基础上, 本发明实施例对上述实施例中的“根据所述无量纲化决策矩阵, 确定所述果园WSN非对称网络的运行状态”, 进行说明:

[0072] 对于所述无量纲化决策矩阵中的每一无量纲化样本序列, 对所述无量纲化样本序列进行相关性计算, 得到所述无量纲化样本序列的相关系数序列。

[0073] 具体地, 对无量纲化决策矩阵 $\hat{Y}$ 中 $\hat{Y}_1$, 进行相关性计算得到 $\hat{Y}_1$ 的相关系数序列 λ_1 , 对 $\hat{Y}_2$ 进行相关性计算得到 $\hat{Y}_2$ 的相关系数序列 λ_2 , 对 $\hat{Y}_3$ 进行相关性计算得到 $\hat{Y}_3$ 的相关系数序列 λ_3 。需要说明的是, 对上述三个无量纲化样本序列进行相关性计算的方法相同, 以下仅对 $\hat{Y}_1$ 进行相关性计算的方法进行说明:

[0074] 对 $\hat{Y}_1$ 进行相关性计算, 即, 计算 $\hat{Y}_1$ 中每两个不同元素间的相关系数, 将得到的所有相关系数组成相关系数序列 $\lambda_1 = \{\lambda_{112}, \lambda_{113}, \dots, \lambda_{11g}, \dots, \lambda_{1(n-1)n}\}$, 具体公式为:

$$[0075] \quad \lambda_{1lg} = \frac{\text{cov}(\hat{Y}_{1l}, \hat{Y}_{1g})}{\sqrt{D(\hat{Y}_{1l})} \sqrt{D(\hat{Y}_{1g})}} \quad 1 \leq l \leq n-1, 2 \leq g \leq n, l \neq g$$

[0076] 其中, $D(\hat{Y}_{1l})$ 为 $\hat{Y}_{1l}$ 的方差, $D(\hat{Y}_{1g})$ 为 $\hat{Y}_{1g}$ 的方差。而协方差 $\text{cov}(\hat{Y}_{1l}, \hat{Y}_{1g})$ 可用下式计算:

$$[0077] \quad \text{cov}(\hat{Y}_{1l}, \hat{Y}_{1g}) = E \left[(\hat{Y}_{1l} - E(\hat{Y}_{1l})) (\hat{Y}_{1g} - E(\hat{Y}_{1g})) \right] = E(\hat{Y}_{1l} \hat{Y}_{1g}) - E(\hat{Y}_{1l}) * E(\hat{Y}_{1g})$$

[0078] 将所有无量纲化样本序列的相关系数序列, 组成相关矩阵。

[0079] 即, 将 λ_1 、 λ_2 和 λ_3 组成相关矩阵 C , 如下:

$$[0080] \quad C = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}^T = \begin{bmatrix} \lambda_{112} & \lambda_{113} & \cdots & \lambda_{1lg} & \cdots & \lambda_{1(n-1)n} \\ \lambda_{212} & \lambda_{213} & \cdots & \lambda_{2lg} & \cdots & \lambda_{2(n-1)n} \\ \lambda_{312} & \lambda_{313} & \cdots & \lambda_{3lg} & \cdots & \lambda_{3(n-1)n} \end{bmatrix}$$

[0081] 其中, λ_{112} 表示 $\hat{Y}_{11}$ 、 $\hat{Y}_{12}$ 的相关系数, λ_{113} 表示 $\hat{Y}_{11}$ 、 $\hat{Y}_{13}$ 的相关系数, $\lambda_{1(n-1)n}$ 表示 $\hat{Y}_{1(n-1)}$ 、 $\hat{Y}_{1n}$ 的相关系数。

[0082] 依次对所述相关矩阵进行分块、相关性计算和去模糊化处理, 得到模糊矩阵。

[0083] 具体地, 对相关矩阵C构造分块矩阵P:

$$[0084] \quad P = \begin{bmatrix} \lambda_{112} & \lambda_{113} & \cdots & \lambda_{1(n-1)n} \\ \lambda_{212} & \lambda_{213} & \cdots & \lambda_{2(n-1)n} \\ \lambda_{312} & \lambda_{313} & \cdots & \lambda_{3(n-1)n} \end{bmatrix}$$

[0085] 其中, 矩阵中的横线与竖线用于表示对分块矩阵P进行分块。

[0086] 对分块矩阵P进行相关性计算, 得到多元相关矩阵 M_c :

$$[0087] \quad M_c = \begin{bmatrix} \chi_1 & \chi_3 & \cdots & \chi_{s-1} \\ \chi_2 & \chi_4 & \cdots & \chi_s \end{bmatrix}$$

[0088] 其中, 分块后得到的每一个子矩阵对应一个x, 例如, 计算 x_1 的公式为:

$$[0089] \quad \chi_1 = \frac{2(\lambda_{112}\lambda_{113} + \lambda_{212}\lambda_{213}) - (\lambda_{112} + \lambda_{212})(\lambda_{113} + \lambda_{213})}{\sqrt{2(\lambda_{112}^2 + \lambda_{212}^2) - (\lambda_{112} + \lambda_{212})^2} \sqrt{2(\lambda_{113}^2 + \lambda_{213}^2) - (\lambda_{113} + \lambda_{213})^2}}$$

[0090] 对多元相关矩阵 M_c 进行去模糊化处理, 得到模糊矩阵F:

$$[0091] \quad F = \begin{bmatrix} \chi_{13} & \chi_{15} & \cdots & \chi_{(s-3)(s-1)} \\ \chi_{24} & \chi_{26} & \cdots & \chi_{(s-2)s} \end{bmatrix}$$

[0092] 其中, $\chi_{s-3s-1} = \frac{\text{cov}(\chi_{s-3}, \chi_{s-1})}{\sqrt{D(\chi_{s-3})}\sqrt{D(\chi_{s-1})}}$, $1 < s < n$ 。D(x_{s-3}) 为 x_{s-3} 的方差, D(x_{s-1}) 为 x_{s-1} 的方差。

而协方差 $\text{cov}(x_{s-3}, x_{s-1})$ 可用下式计算:

$$[0093] \quad \text{cov}(x_{s-3}, x_{s-1}) = E[(x_{s-3} - E(x_{s-3}))(x_{s-1} - E(x_{s-1}))] = E(x_{s-3}x_{s-1}) - E(x_{s-3}) * E(x_{s-1})$$

[0094] 其中, $E(x_{s-3})$ 和 $E(x_{s-1})$ 分别是 x_{s-3} 和 x_{s-1} 的期望值。

[0095] 同上面类似, x_{13} 是由 x_1, x_3 的相关系数计算所得。

[0096] 基于所述模糊矩阵, 确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0097] 在上述各实施例的基础上, 本发明实施例对上述实施例中的“基于所述模糊矩阵, 确定所述果园WSN非对称网络的运行状态”进行说明:

[0098] 基于预设的模糊规则, 根据所述模糊矩阵, 生成目标模糊矩阵。

[0099] 具体地, 对于模糊矩阵F, 将每一行向量通过如下预设的模糊规则进行转换, 生成该行向量对应的目标模糊行向量, 例如, 对于第一行向量, 生成目标模糊行向量 y_1 :

$$[0100] \quad y_1 = f(\chi_{13}, \chi_{15}, \cdots, \chi_{(s-3)(s-1)}) = (a_{13}, a_{15}, \cdots, a_{(s-3)(s-1)}) \circ \begin{pmatrix} \chi_{13} \\ \chi_{15} \\ \vdots \\ \chi_{(s-3)(s-1)} \end{pmatrix} = (a_{13}', a_{15}', \cdots, a_{(s-3)(s-1)}')$$

[0101] 其中, $f()$ 为预设的模糊规则, $(a_{13}, a_{15}, \cdots, a_{(s-3)(s-1)})$ 为模糊系数, $\circ$ 为模糊算子。

[0102] 根据同样的方法, 对于第二行向量, 生成目标模糊行向量 y_2 。

[0103] 则,目标模糊矩阵A为:

$$[0104] \quad A = (y_1, y_2)^T = \begin{Bmatrix} a_{113}', a_{115}', \dots, a_{1(s-3)(s-1)}' \\ a_{213}', a_{215}', \dots, a_{2(s-3)(s-1)}' \end{Bmatrix}$$

[0105] 根据所述目标模糊矩阵,确定所述果园WSN非对称网络的关联序。

[0106] 具体地,计算关联序的公式为:

$$[0107] \quad \varpi = \sqrt[q]{\sum_{k=1}^s |x_{1k} - x_{2k}|^q}, \quad q \geq 1$$

[0108] 其中,q是变参数,s是目标模糊矩阵A中列向量的个数, x_{11} 对应目标模糊矩阵A中 a_{113}' , x_{1s} 对应目标模糊矩阵A中 $a_{1(s-3)(s-1)}'$, x_{21} 对应目标模糊矩阵A中 a_{213}' , x_{2s} 对应目标模糊矩阵A中 $a_{2(s-3)(s-1)}'$ 。

[0109] 将所述关联序与预设门限值进行比较,根据比较结果确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0110] 具体地,关联序为表征果园WSN非对称网络性能的一个值,预设门限值通常为一个值或多个值,通过将关联序与预设门限值进行大小比较,可以判断果园WSN非对称网络的运行状态为优、良、中或差。

[0111] 在上述各实施例的基础上,本发明实施例对上述实施例中的预设门限值进行进一步说明:预设门限值包括数据完整性值、数据抗扰性值和通信压缩比值,那么,此时,将所述关联序与预设门限值进行比较,根据比较结果确定所述果园WSN非对称网络的运行状态,包括:

[0112] 若所述关联序大于所述数据完整性值、大于所述数据抗扰性值且大于所述通信压缩比值,则确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为优;

[0113] 若所述关联序仅大于所述数据完整性值、所述数据抗扰性值和所述通信压缩比值中的任意两者,则确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为良;

[0114] 若所述关联序仅大于所述数据完整性值、所述数据抗扰性值和所述通信压缩比值中的任意一者,则确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为中;

[0115] 否则,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态为差。

[0116] 具体地,此处将数据完整性值优选为0.9、数据抗扰性值优选为0.95,将通信压缩比值优选为0.95。

[0117] 若关联序为0.92,则其仅大于上述三个值中的一个,因此,判定果园WSN非对称网络的运行状态为中。

[0118] 图2为本发明实施例提供的一种果园WSN非对称网络多元因子耦合性能测控系统的结构示意图,如图2所示,该系统包括:

[0119] 采集模块201,用于对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列。

[0120] 具体地,多个性能指标至少包括:路由可靠性、网络寿命和端到端时延。对于上述三个性能指标的具体定义已在上述方法实施例中详细说明,此处不再赘述。采集模块201用于采集每一性能指标的多个样本值,例如,采集路由可靠性的多个样本值,作为路由可靠性的样本序列,采集网络寿命的多个样本值,作为网络寿命的样本序列,采集端到端时延的多个样本值,作为端到端时延的样本序列。

[0121] 状态确定模块202,用于将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0122] 具体地,状态确定模块202将路由可靠性的样本序列、网络寿命的样本序列和端到端时延的样本序列作为果园WSN非对称网络的样本序列集,并根据该样本序列集,确定果园WSN非对称网络的运行状态。需要说明的是,果园WSN非对称网络的运行状态已在上述方法实施例详细说明,此处不再赘述。

[0123] 本发明实施例提供的系统,具体执行上述各方法实施例流程,具体请详见上述各方法实施例的内容,此处不再赘述。本发明实施例提供的系统,通过确定果园WSN非对称网络的多个性能指标,例如路由可靠性、网络寿命和端到端时延,并采集每一性能指标的多个样本值作为该性能指标的样本序列,并将所有性能指标的样本序列作为样本序列集,进而根据样本序列集确定果园WSN非对称网络的运行状态,由于样本序列集中包含了多个性能指标,因此,该系统能够从不同维度分别挖掘网络的性能特征,有效利用不同性能指标间的互补性,避免单一性能指标评估网络性能的片面性和局限性,能够提高网络性能评估的容错能力。

[0124] 图3为本发明实施例提供的一种电子设备的实体结构示意图,如图3所示,该电子设备可以包括:处理器(processor) 301、通信接口(Communications Interface) 302、存储器(memory) 303和通信总线304,其中,处理器301,通信接口302,存储器303通过通信总线304完成相互间的通信。处理器301可以调用存储在存储器303上并可在处理器301上运行的计算机程序,以执行上述各实施例提供的方法,例如包括:对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列;将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0125] 此外,上述的存储器303中的逻辑指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,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,本发明实施例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(可以是个人计算机,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、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0126] 本发明实施例还提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现以执行上述各实施例提供的传输方法,例如包括:对于果园WSN非对称网络的多个性能指标中的每一性能指标,采集所述性能指标的多个样本值,作为所述性能指标的样本序列;将所有性能指标的样本序列,作为所述果园WSN非对称网络的样本序列集,根据所述样本序列集,确定所述果园WSN非对称网络的运行状态。

[0127] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中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网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性

的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0128] 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各实施方式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。基于这样的理解,上述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,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0129] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

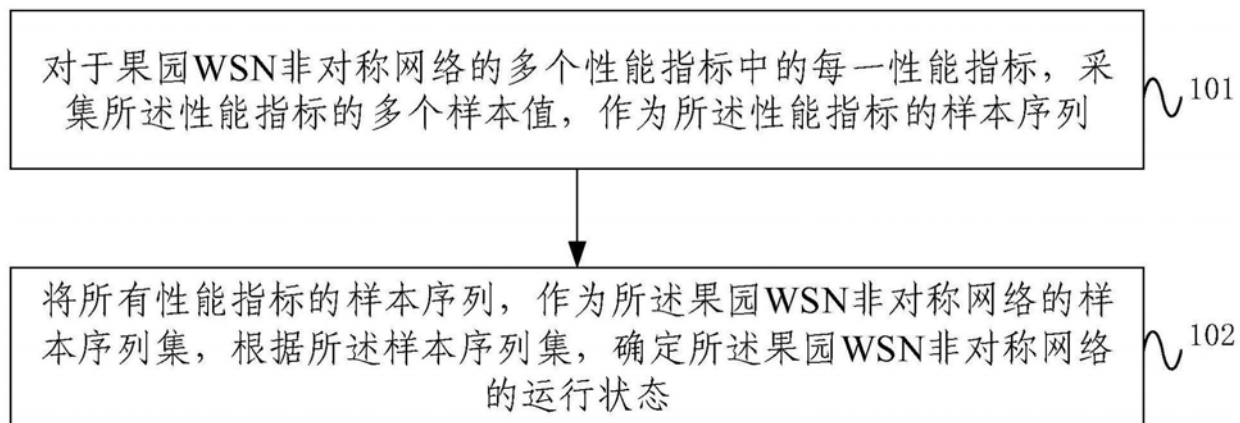


图1

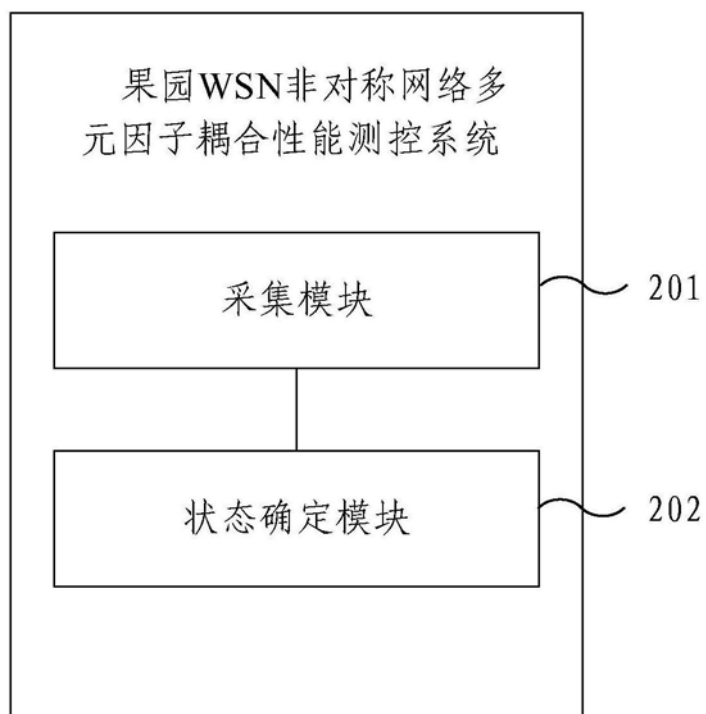


图2

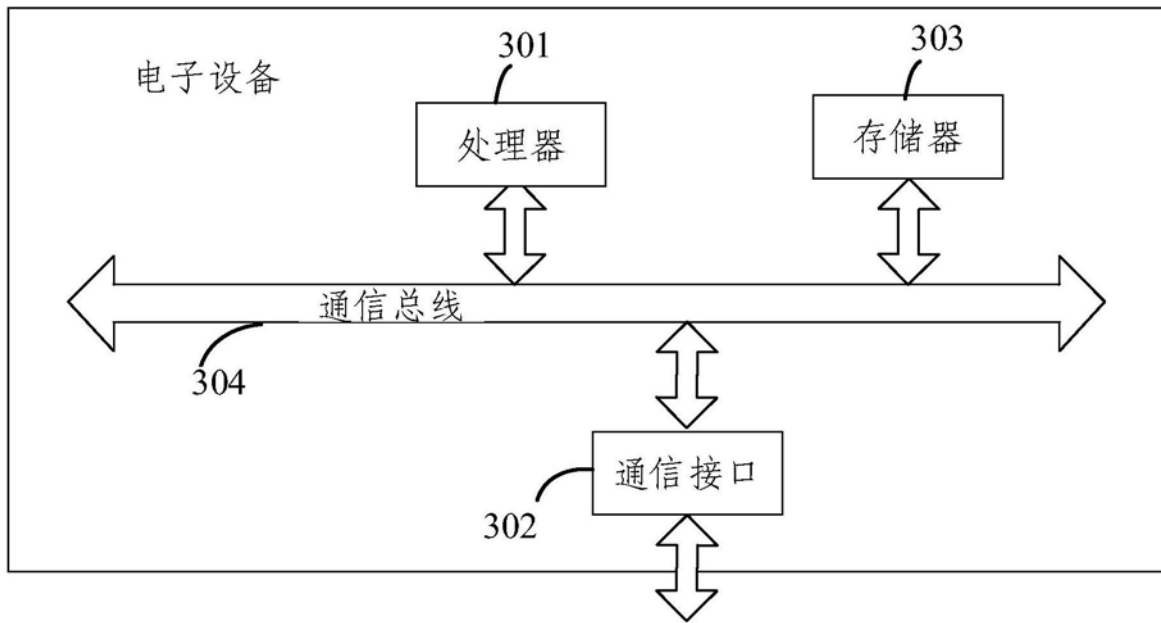


图3