



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109639484 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(21)申请号 201811519692.5

(22)申请日 2018.12.12

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所  
地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区南塔街  
114号

(72)发明人 杨明 李栋 刘金娣 曾鹏  
于海斌

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限  
公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.

H04L 12/24(2006.01)

H04L 29/06(2006.01)

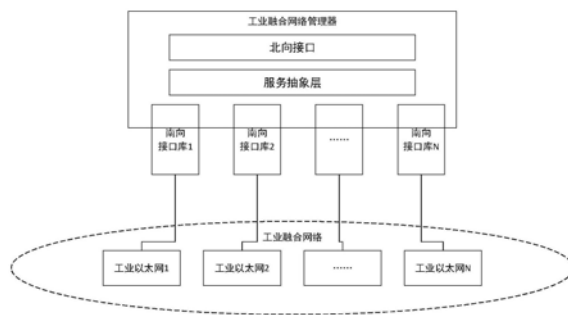
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

基于软件定义的工业融合网络管理方法及其网络管理器

(57)摘要

本发明涉及基于软件定义的工业融合网络管理方法及其网络管理器,包括工业以太网协议报文处理过程和工业以太网设备接入处理过程。在工业融合网络中,具有多样性和异构性的工业以太网设备组网都将会接入到融合网络架构中,通过软件定义的方式,结合北向网络配置管理服务,以南向接口库的方式,完成工业以太网协议识别,解析,处理以及网络配置策略下发。本发明针对工业融合网络中,难以解决具有多样性和异构性的工业以太网协议在融合网络架构下的识别,解析以及处理的问题,采用软件定义的方式,结合北向接口的网络配置管理服务,通过定义针对不同工业以太网协议的南向接口库的方法,丰富工业融合网络的功能,提升工业融合网络的性能。



1. 基于软件定义的工业融合网络管理方法,其特征在于,用于接入工业以太网设备,包括以下步骤:

1) 工业融合网络管理器周期性向融合网络发送拓扑发现数据报文,当发现新接入的工业以太网设备时,接收该设备发送的接入请求报文;

2) 工业融合网络管理器对该接入请求报文进行识别和解析;如果该工业以太网协议设备不是已配置的网络协议,那么对该设备进行告警;如果是,执行步骤3);

3) 工业融合网络管理器根据网络配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理策略,并将其定位到南向接口库中;

4) 工业融合网络管理器给在该网络配置管理策略中涉及到的所有网元设备发送数据报文,改变当前网元设备中的转发策略,完成接入。

2. 根据权利要求1所述的基于软件定义的工业融合网络管理方法,其特征在于,所述融合网络管理器对该接入请求报文进行识别和解析包括以下步骤:

融合网络管理器通过内部的服务抽象层,调用工业以太网协议所对应的南向接口库中的协议识别函数,对该接入请求报文进行识别和解析。

3. 根据权利要求1所述的基于软件定义的工业融合网络管理方法,其特征在于,所述工业融合网络管理器根据网络配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理策略,并将其定位到南向接口库中包括以下步骤:

1) 由用户根据自身需求,建立网络配置管理模型;

2) 融合网络管理器根据组网过程中通信的需求,套用网络配置管理模型的建模格式,形成网络配置管理策略;

3) 选取对应网元设备所支持的南向接口协议,通过调用融合管理器南向接口库中的配置管理消息封装,将网络配置管理策略以南向接口协议消息下发的方式,改变当前网元设备中的转发策略。

4. 基于软件定义的工业融合网络管理方法,其特征在于,用于配置工业以太网设备的请求与回复,包括以下步骤:

工业融合网络管理器接收工业以太网设备通过网元设备的服务请求,并将其反序列化;

工业融合网络管理器对该服务请求进行解析并生成服务请求回复信息;

工业融合网络管理器将服务请求回复信息定位在接收请求服务的端口中,将服务请求回复信息发送给网元设备。

5. 根据权利要求4所述的基于软件定义的工业融合网络管理方法,其特征在于,

在工业融合网络管理器收到服务请求并完成请求解析后,生成相应网络管理配置策略,数据库中网络配置管理数据发生相应变化;

工业融合网络管理器建立的网络配置管理模型监听到数据库的变化后,对数据库中的网络配置管理数据进行读取,将该服务请求所需的网络通信资源以网络配置管理模型的建模形式进行构建;

网络配置管理模型下发网络管理配置策略给请求网元设备,使请求网元设备把该网络管理配置策略与涉及到的南向接口库进行定位;

工业融合网络管理器南向接口对网络管理策略信息进行序列化操作,并将网络配置管

理策略发送到网络中涉及到的网元设备。

6. 根据权利要求4或5所述的基于软件定义的工业融合网络管理方法,其特征在于,工业融合网络管理器对该服务请求进行解析并生成服务请求回复信息或网络配置管理策略包括以下步骤:

工业融合网络管理器调用南向接口库,对该服务请求进行解析并上报到内部的服务抽象层,服务抽象层通知服务对应的网络设备管理服务模型,该模型生成相应服务请求回复信息或网络配置管理策略。

7. 基于软件定义的工业融合网络管理器,其特征在于,用于接入工业以太网设备,执行:

周期性向融合网络发送拓扑发现数据报文,当发现新接入的工业以太网设备时,接收该设备发送的接入请求报文;

对该接入请求报文进行识别和解析;如果该工业以太网协议设备不是已配置的网络协议,那么对该设备进行告警;如果是,执行步骤3);

根据网络配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理策略,并将其定位到南向接口库中;

4) 融合网络管理器给在该网络配置管理策略中涉及到的所有网元设备发送数据报文,改变当前网元设备中的转发策略,完成接入。

8. 基于软件定义的工业融合网络管理器,其特征在于,用于配置工业以太网设备的请求与回复,执行:

接收工业以太网设备通过网元设备的服务请求,并将其反序列化;

对该服务请求进行解析并生成服务请求回复信息;

将服务请求回复信息定位在接收请求服务的端口中,将服务请求回复信息发送给网元设备。

9. 基于软件定义的工业融合网络管理器,其特征在于,包括:

一个用于各类工业以太网网元设备接入的南向接口库,南向接口库受服务抽象层调用;

一个服务抽象层,用于对各类工业以太网网元设备进行数据采集、网络配置、设备发现;

一个应用程序接口,用于通过远程调用或者本地调用,为应用层提供服务抽象层的各种功能;

一个北向接口,用于通过北向接口,应用程序实现对工业融合网络的配置、管理。

## 基于软件定义的工业融合网络管理方法及其网络管理器

### 技术领域

[0001] 本发明属于工业融合网络领域,是对工业融合网络管理器的设计和发明,具体涉及的是一种用于基于软件定义的工业融合网络管理器系统的设计与应用。

### 背景技术

[0002] 为了解决工业互连转型过程中,工业网络设备接口异构,互联互通难,生产流程固化调整难,产线定期检测运维难等问题,基于软件定义的工业融合网络具有高灵活性,高性能,高可靠性和高兼容性,能够满足当前智能制造转型中,异构工业以太网融合通信的需求。基于软件定义的工业融合网络,将网络控制平面和数据传输平面解耦,网元设备只负责数据的转发。随着工业设备相关技术的发展进步,以及工业生产的要求,目前,工业生产相关设备,特别是应用于工业以太网,工业互联网条件下的总线层设备的内部通信协议种类繁多。异构的工业以太网通信关系的建立,由网络管理器通过配置信息或设备上传通信请求的方式完成,因此,具有协议自适应能力的工业融合网络管理其,通过更加灵活、定制化、可拓展的软件定义模式,自动适配总线层设备所选用的工业以太网协议,实现了多种工业以太网协议相互兼容,同时支持当前工业生产中的大部分工业以太网通信协议,实现了多厂商、多协议设备的信息兼容接入。

### 发明内容

[0003] 本发明将针对基于软件定义的工业融合网络对于异构工业以太网网络通信管理和配置的需求,设计一种基于软件定义的工业融合网络管理器,设备接入以及报文处理方法,能够实现多种工业以太网协议相互兼容,同时支持当前工业生产中的大部分工业以太网通信协议设备接入,实现了多厂商、多协议设备的信息兼容接入。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:基于软件定义的工业融合网络管理方法,用于接入工业以太网设备,包括以下步骤:

[0005] 1) 工业融合网络管理器周期性向融合网络发送拓扑发现数据报文,当发现新接入的工业以太网设备时,接收该设备发送的接入请求报文;

[0006] 2) 工业融合网络管理器对该接入请求报文进行识别和解析;如果该工业以太网协议设备不是已配置的网络协议,那么对该设备进行告警;如果是,执行步骤3);

[0007] 3) 工业融合网络管理器根据网络配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理策略,并将其定位到南向接口库中;

[0008] 4) 工业融合网络管理器给在该网络配置管理策略中涉及到的所有网元设备发送数据报文,改变当前网元设备中的转发策略,完成接入。

[0009] 所述融合网络管理器对该接入请求报文进行识别和解析包括以下步骤:

[0010] 融合网络管理器通过内部的服务抽象层,调用工业以太网协议所对应的南向接口库中的协议识别函数,对该接入请求报文进行识别和解析。

[0011] 所述工业融合网络管理器根据网络配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理

策略,并将其定位到南向接口库中包括以下步骤:

[0012] 1) 由用户根据自身需求,建立网络配置管理模型;

[0013] 2) 融合网络管理器根据组网过程中通信的需求,套用网络配置管理模型的建模格式,形成网络配置管理策略;

[0014] 3) 选取对应网元设备所支持的南向接口协议,通过调用融合管理器南向接口库中的配置管理消息封装,将网络配置管理策略以南向接口协议消息下发的方式,改变当前网元设备中的转发策略。

[0015] 基于软件定义的工业融合网络管理方法,用于配置工业以太网设备的请求与回复,包括以下步骤:

[0016] 工业融合网络管理器接收工业以太网设备通过网元设备的服务请求,并将其反序列化;

[0017] 工业融合网络管理器对该服务请求进行解析并生成服务请求回复信息;

[0018] 工业融合网络管理器将服务请求回复信息定位在接收请求服务的端口中,将服务请求回复信息发送给网元设备。

[0019] 在工业融合网络管理器收到服务请求并完成请求解析后,生成相应网络管理配置策略,数据库中网络配置管理数据发生相应变化;

[0020] 工业融合网络管理器建立的网络配置管理模型即工业融合网络管理器根据服务请求的内容更新的网络配置管理模型监听到数据库的变化后,对数据库中的网络配置管理数据进行读取,将该服务请求所需的网络通信资源以网络配置管理模型的建模形式进行构建;

[0021] 网络配置管理模型下发网络管理配置策略给请求网元设备,使请求网元设备把该网络管理配置策略与涉及到的南向接口库进行定位;

[0022] 工业融合网络管理器南向接口对网络管理策略信息进行序列化操作,并将网络配置管理策略发送到网络中涉及到的网元设备。

[0023] 工业融合网络管理器对该服务请求进行解析并生成服务请求回复信息或网络配置管理策略包括以下步骤:

[0024] 工业融合网络管理器调用南向接口库,对该服务请求进行解析并上报到内部的服务抽象层,服务抽象层通知服务对应的网络设备管理服务模型,该模型生成相应服务请求回复信息或网络配置管理策略。

[0025] 基于软件定义的工业融合网络管理器,用于接入工业以太网设备,执行:

[0026] 周期性向融合网络发送拓扑发现数据报文,当发现新接入的工业以太网设备时,接收该设备发送的接入请求报文;

[0027] 对该接入请求报文进行识别和解析;如果该工业以太网协议设备不是已配置的网络协议,那么对该设备进行告警;如果是,执行步骤3);

[0028] 根据网络配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理策略,并将其定位到南向接口库中;

[0029] 4) 融合网络管理器给在该网络配置管理策略中涉及到的所有网元设备发送数据报文,改变当前网元设备中的转发策略,完成接入。

[0030] 基于软件定义的工业融合网络管理器,用于配置工业以太网设备的请求与回复,

执行：

[0031] 接收工业以太网设备通过网元设备的服务请求，并将其反序列化；

[0032] 对该服务请求进行解析并生成服务请求回复信息；

[0033] 将服务请求回复信息定位在接收请求服务的端口中，将服务请求回复信息发送给网元设备。

[0034] 基于软件定义的工业融合网络管理器，包括：

[0035] 一个用于各类工业以太网网元设备接入的南向接口库，南向接口库受服务抽象层调用；

[0036] 一个服务抽象层，用于对各类工业以太网网元设备进行数据采集、网络配置、设备发现；

[0037] 一个应用程序接口，用于通过远程调用或者本地调用，为应用层提供服务抽象层的各种功能；

[0038] 一个北向接口，用于通过北向接口，应用程序实现对工业融合网络的配置、管理。

[0039] 本发明具有以下有益效果及优点：

[0040] 1、给出基于软件定义工业融合网络管理器系统的设计架构，该系统具备一个用于各类工业以太网网元设备接入的南向接口库，南向接口库受上次服务抽象层调用；一个服务抽象层，具有对底层工业以太网网元设备进行数据采集，网络配置，设备发现以及能力抽象的功能；一个应用程序接口，能够通过远程调用或者本地调用，为上层提供服务抽象层的各种功能；一个北向接口，通过北向接口，网络管理应用程序能够完成对工业融合网络的配置、管理，实现对于网络基础管理配置功能，以及个性化定制化的网络功能开发。

[0041] 2、给出基于软件定义的工业以太网通信请求报文的解析过程，本发明基于软件定义的方式，通过调用南向接口库的方式，满足异构工业以太网设备的通信需求。在这一过程中，网元设备将工业以太网设备的服务请求发送到网络管理器，在管理器的服务抽象层一方面会声场请求回复信息，并由南向接口将请求回复信息通过上报端口回复给请求网元设备；与此同步进行的网络管理器服务抽象层将会根据网络配置信息，生成网络配置策略，并将该网络配置策略写入网络配置数据库，进而生成网络配置策略模型，根据请求设备的工业网络类型，利用所对应的南向接口库将网络配置策略模型发送给策略能够涉及到的网元设备，进而满足工业以太网设备的通信需求。

[0042] 3、对于异构工业以太网设备接入工业融合网络的过程，本发明能够通过网络管理器，对设备通信协议进行识别，结合网络配置管理模块，完成接入过程。在这一过程中，某工业以太网通信设备接入，由工业融合网络管理器拓扑发现协议发现该设备，触发设备上报设备通信协议信息，由网络管理器对工业以太网协议进行识别；判定该通信协议是否为已配置网络协议，根据网络配置信息调用相应的南向接口库函数对该类工业以太网设备进行通信关系建立等操作，由网络配置管理模块向网元设备下发网络配置指令。

## 附图说明

[0043] 图1是本发明应用部署的示意图；

[0044] 图2是本发明基于软件定义工业融合网络管理器系统结构示意图；

[0045] 图3是工业融合网络管理器网络配置请求与回复方法实现流程示意图；

[0046] 图4是本发明在工业融合网络管理器处理异构工业以太网设备接入的实现流程示例图；

[0047] 图5是本发明工业融合网络管理器网络配置管理服务抽象模型示例图。

### 具体实施方式

[0048] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0049] 本发明公开了一种用于工业信息技术 (IT) 网络和操作技术 (OT) 网络融合的基于软件定义的工业融合网络管理器系统,包括工业以太网协议报文处理过程和工业以太网设备接入处理过程。在工业融合网络中,具有多样性和异构性的工业以太网设备组网都将会接入到融合网络架构中,通过软件定义的方式,结合北向网络配置管理服务,以南向接口库的方式,完成工业以太网协议识别,解析,处理以及网络配置策略下发。本发明针对工业融合网络中,难以解决具有多样性和异构性的工业以太网协议在融合网络架构下的识别,解析以及处理的问题,解决融合网络架构下,异构工业以太网组网通信策略配置的复杂度较高的问题,采用软件定义的方式,结合北向接口的网络配置管理服务,通过定义针对不同工业以太网协议的南向接口库的方法,进一步丰富工业融合网络的功能,提升工业融合网络的性能。

[0050] 一种用于工业融合网络的基于软件定义的工业融合网络管理器,由以下的部分组成:

[0051] 一个用于各类工业以太网网元设备接入的南向接口库,南向接口库受上次服务抽象层调用;一个服务抽象层,具有对底层工业以太网网元设备进行数据采集,网络配置,设备发现以及能力抽象的功能;一个应用程序接口,能够通过远程调用或者本地调用,为上层提供服务抽象层的各种功能;一个北向接口,通过北向接口,网络管理应用程序能够完成对工业融合网络的配置、管理,实现对于网络基础管理配置功能,以及个性化定制化的网络功能开发。

[0052] 管理器能够完成工业融合网络中涉及到的工业以太网协议报文的解析过程,包括以下步骤:

[0053] 网元设备将工业以太网设备的服务请求发送到网络管理器,在管理器的服务抽象层一方面会声场请求回复信息,并由南向接口将请求回复信息通过上报端口回复给请求网元设备;与此同步进行的网络管理器服务抽象层将会根据网络配置信息,生成网络配置策略,并将该网络配置策略写入网络配置数据库,进而生成网络配置策略模型,根据请求设备的工业网络类型,利用所对应的南向接口库将网络配置策略模型发送给策略能够涉及到的网元设备,进而满足工业以太网设备的通信需求。

[0054] 管理器能够完成工业融合网络中涉及到的工业以太网设备接入过程,包括以下步骤:

[0055] 某工业以太网通信设备接入,由工业融合网络管理器拓扑发现协议发现该设备,触发设备上报设备通信协议信息,由网络管理器对工业以太网协议进行识别;判定该通信协议是否为己配置网络协议,根据网络配置信息调用相应的南向接口库函数对该类工业以太网设备进行通信关系建立等操作,由网络配置管理模块向网元设备下发网络配置指令。

[0056] 图1所示为本发明基于软件定义的工业融合网络系统应用部署的场景架构。本发

明网络管理器系统应用于工业融合网络,网络中的通信进行配置和管理。网络管理器针对工业融合网络中,异构工业以太网设备组网,如PROFINET,ETHERCAT,POWERLINK,MODBUS等等。异构工业以太网设备统一接入由软件定义的工业融合网络网元设备中,每一种类型的工业以太网在网络管理器的南向接口中,都存在用于满足该类型工业以太网通信特性的南向接口库。南向接口库中建立了针对常见工业以太网协议进行识别、解析、封装、配置等方面的接口函数,能够被上层服务抽象层调用。工业融合网络管理器服务抽象层能够完成拓扑发现、通信请求回复,通信模型构建,网络安全策略模型构建等功能,是网络管理器的核心功能模块,服务抽象层能够调用南向接口库中的接口函数,利用这些函数,处理相应的工业以太网协议数据,并针对相应工业以太网的通信特性,完成需求的网络服务。对于服务抽象层来说,由于南向接口库的存在,使得数据平面异构的工业以太网组成的融合网络对于IT层的网络管理应用来说是解耦的。在这样的条件下,服务抽象层就能够通过网络管理器的北向接口,向IT层应用,比如工业现场的MES系统,ERP系统提供网络层面的应用接口,使得工业融合网络中的通信策略能够与生产控制信息相互结合,解决异构工业以太网设备之间的通信、管理、配置等方面的瓶颈问题,进而满足智能制造、柔性生产、个性化、定制化生产的对于工业网络的需求。

[0057] 图2所示为本发明基于软件定义的工业融合网络管理器系统架构。软件定义的工业融合网络管理器提供网络配置业务抽象,拓扑管理,设备管理,流量管理等基础功能。在南向接口中,管理器支持多协议,所支持的协议通过系统调用南向接口库的方式实现,并且这些南向接口库作为网络管理器的基础函数库,随管理器启动而启动。启动后所有南向接口以动态链接库的方式连接到管理器服务抽象层。服务抽象层能够屏蔽底层协议的内容差异,直接向上层提供服务。在北向接口中,网络管理器一方面通过API的本地调用,为融合网络终端用户提供网络配置服务;另一方面通过API远程调用,为应用层提供路由管理,统计管理,终端管理,拓扑管理,交换管理以及流量管理等网络服务功能。融合网络终端用户通过北向接口以网络配置请求协议与管理器进行通信,管理器通过实现各种业务逻辑和算法,并使用管理器采集到的网络信息进行分析和管控,在通过南向接口向整个融合网络下发网络配置规则。服务抽象层使得融合网络管理器能够支持多种不同南向协议,也能够向北向终端用户以及远程服务调用提供相应的接口。服务抽象层提供网络数据信息搜集、网络编程服务、网络设备发现、网络能力抽象等基础功能,负责衔接南向接口协议与北向用户网络请求。服务抽象层能够提供数据报文服务,能够提供数据接收发送等基础功能;拓扑服务功能,提供网络拓扑结构以及节点更新服务;网络设备管理服务,提供管理网络设备(如交换机等)的功能;流量编程服务,提供网络流量控制编程功能;统计服务,提供网络信息统计功能。

[0058] 图3所示为本发明在工业融合网络管理器处理异构工业以太网设备通信请求协议报文的实现流程示例图,方法300中涉及到的服务请求协议报文能够向管理器传递网络信息,进而实现网络管理对网络配置业务抽象,对网络拓扑、网络设备以及通信流量进行管理的基础功能。方法300由步骤301开始,网元设备将工业以太网设备的服务请求通过PacketIn数据包发送到工业融合网络管理器,方法300进入步骤302,管理器南向接口将请求报文反序列化。在步骤303中,管理器调用相应南向接口库,对该服务请求进行解析并上报到服务抽象层的通知传递模块,该模块将通知服务对应的网络设备管理服务模型,不同



的业务功能将对应不同的服务模型,该模型将会生成相应服务请求回复信息和网络配置管理策略。请求回复信息在步骤304生成,到步骤308,请求回复信息将会进行接口定位,接口将会定位在于上报请求端口相同的端口中,在步骤311中,管理器将请求回复信息发送给网元设备。另一方面,步骤306,被请求的网络设备配置管理服务模型将会把新的网络管理配置策略写入网络管理器的DataStore中。接下来在步骤307,网络配置管理服务模型将会监听到DataStore的变化,对相关数据进行读取,进而将模型与网络需求相结合。步骤309,网络配置管理服务模型将会下发相应的网络管理配置策略给请求路由,请求路由将会把该网络管理配置策略与涉及到的南向接口库进行定位。步骤310中,管理器南向接口将会对网络管理策略信息进行序列化操作。最终,在步骤312中,通过PacketOut数据包将网络配置管理策略发送到网络中涉及到的网元设备上。

[0059] 图4所示为本发明在工业融合网络管理器处理异构工业以太网设备接入的实现流程示例图。方法400由步骤401开始,工业以太网a组网协议下的设备1接入工业融合网络。在步骤402中,融合网络管理器将会周期性向融合网络发送拓扑发现数据报文,因此,发现新接入的工业以太网a设备1。设备1发送接入请求报文,在步骤403中,工业融合网络管理器通过服务抽象层,调用工业以太网协议a所对应的南向接口库a中的协议识别函数对该请求报文进行识别和解析。如果该工业以太网协议a设备1不是已配置的网络协议,那么进入步骤404,融合网络管理器将会对未知的网络设备接入进行告警,以确保融合网络的安全性。如果该工业以太网协议a设备是已经配置的网络协议,那么在步骤405中,融合网络管理器将会根据配置管理模型,生成与此对应的网络配置管理策略,并将其定位到南向接口库中。在步骤406中,管理器将会给在该网络配置管理策略中涉及到的所有网元设备发送PackOut数据报文,改变当前网元设备中的转发策略,进而满足工业以太网a协议设备1的通信需求,完成接入操作。

[0060] 图5所示为本发明工业融合网络管理器网络配置管理服务抽象模型示例图。工业融合网络配置管理服务抽象模型是针对异构工业以太网组网所组成的融合网络通信配置和管理设计的策略模型。抽象服务模型针对融合网络中涉及到的不同的工业以太网协议类型,在每一种涉及到的工业以太网协议下的每一组具有通信关系的节点进行了建模设计。工业融合网络配置管理服务模型由1~N个工业以太网协议框架构成,在每个框架下,具有1~N个具有该通信协议通信关系的网络节点组。对于每个网络节点组来说,模型规定了网络节点组之间的通信关系,比如节点1与节点2之间建立双向的通信关系,节点1和节点3建立单向的通信关系等等。在通信关系的基础框架下,对于每个网络节点组模型,还对通信关系中节点之间的时间同步,数据传输优先级,通信链路的QoS保障等其他配置进行建模管理和配置。

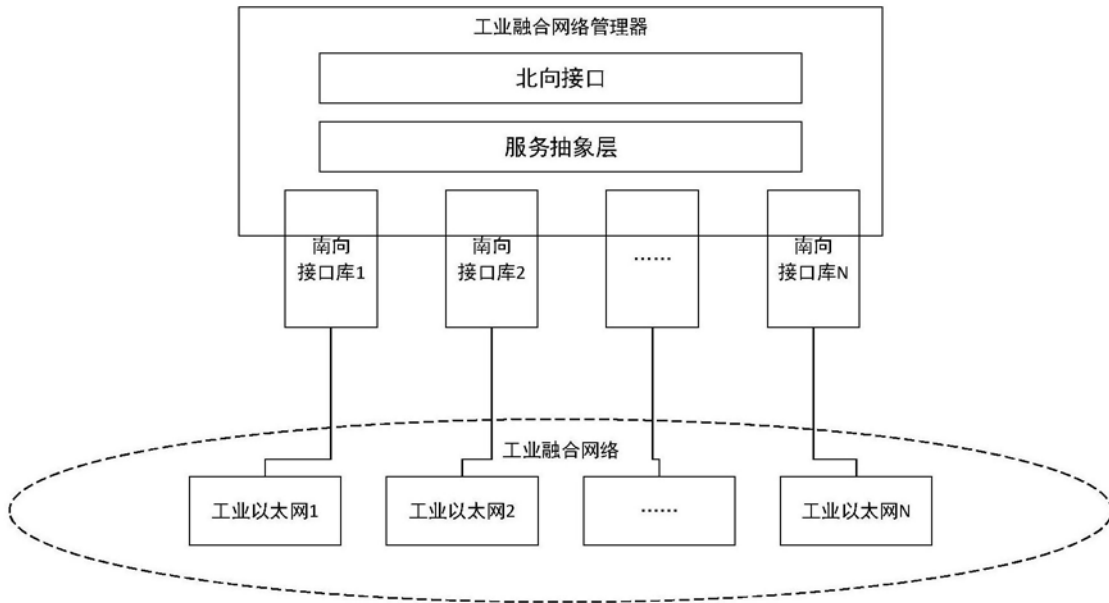


图1

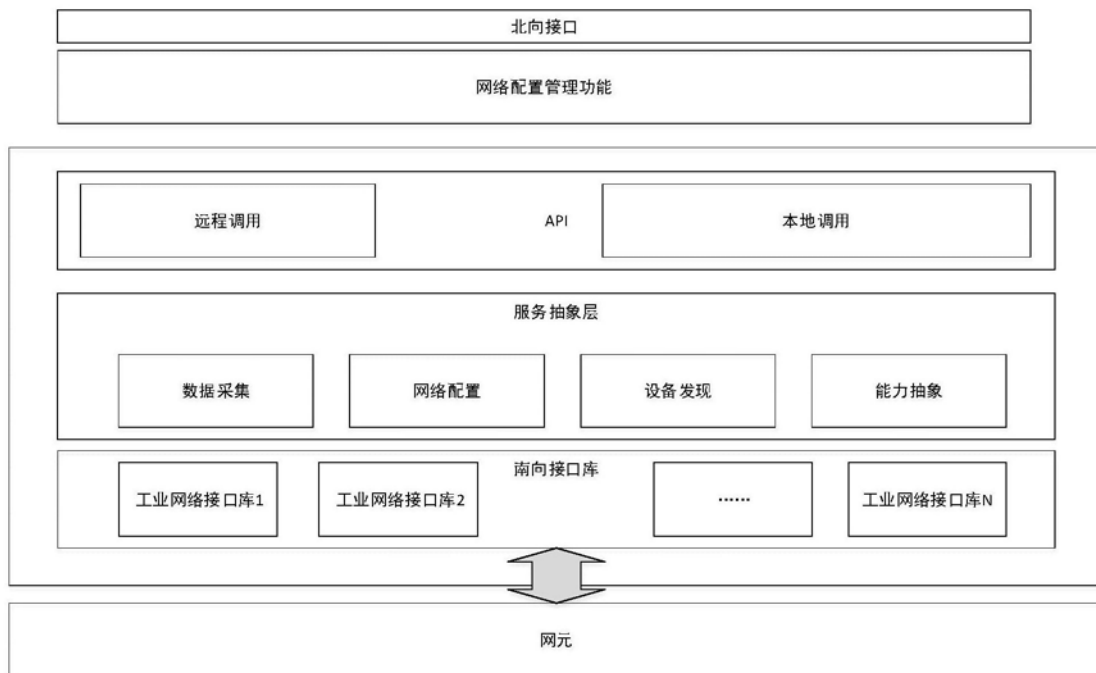


图2

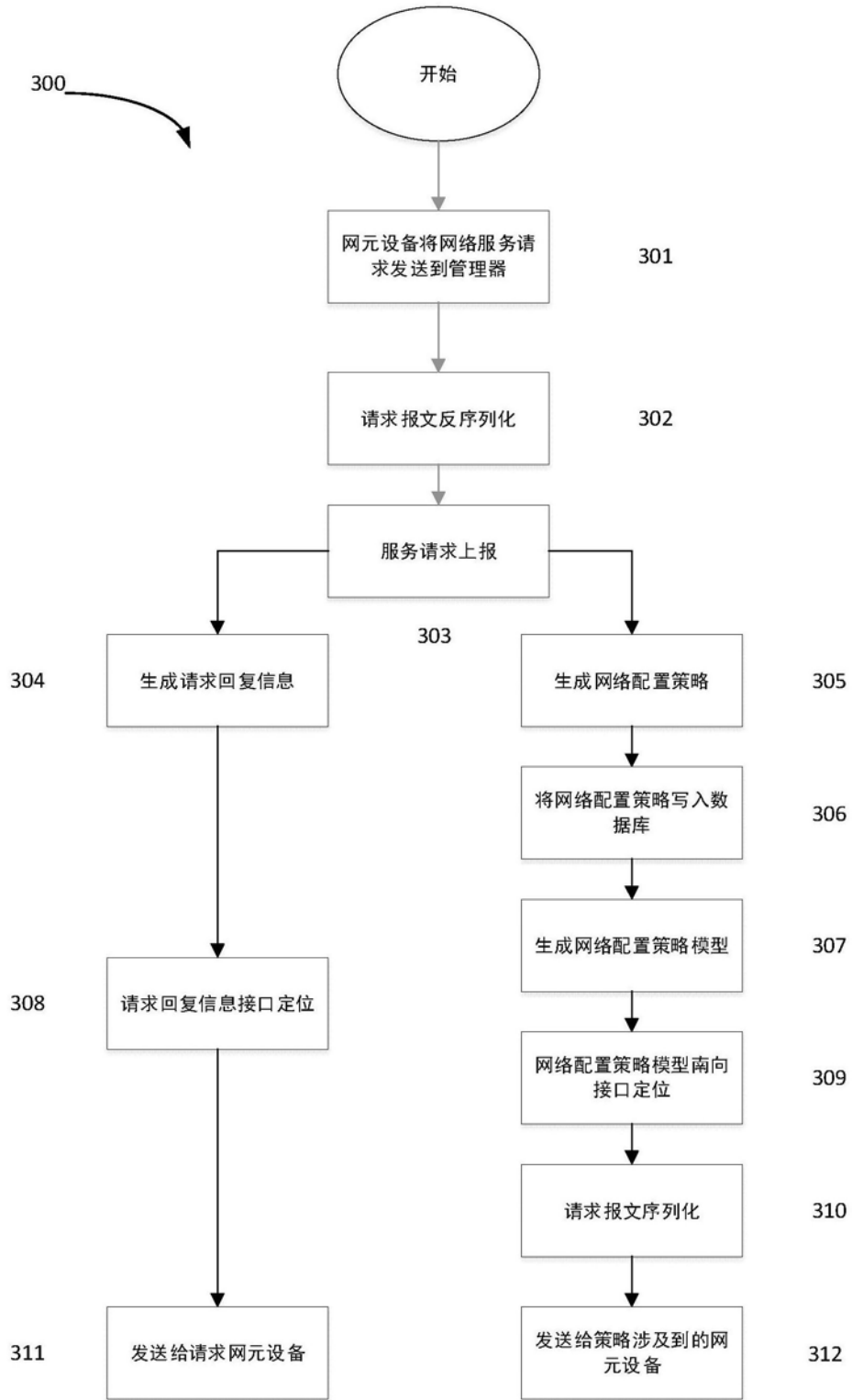


图3

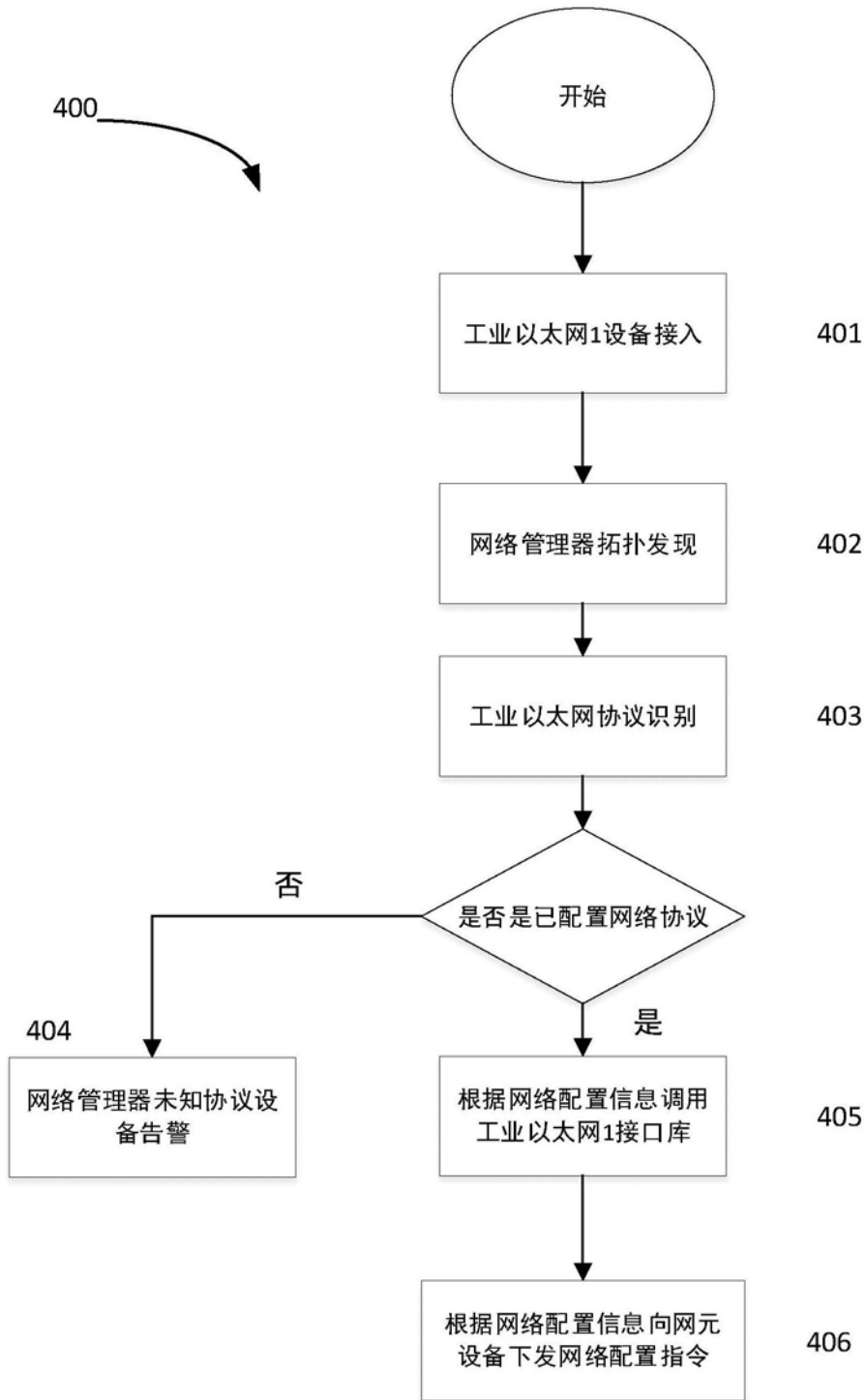


图4

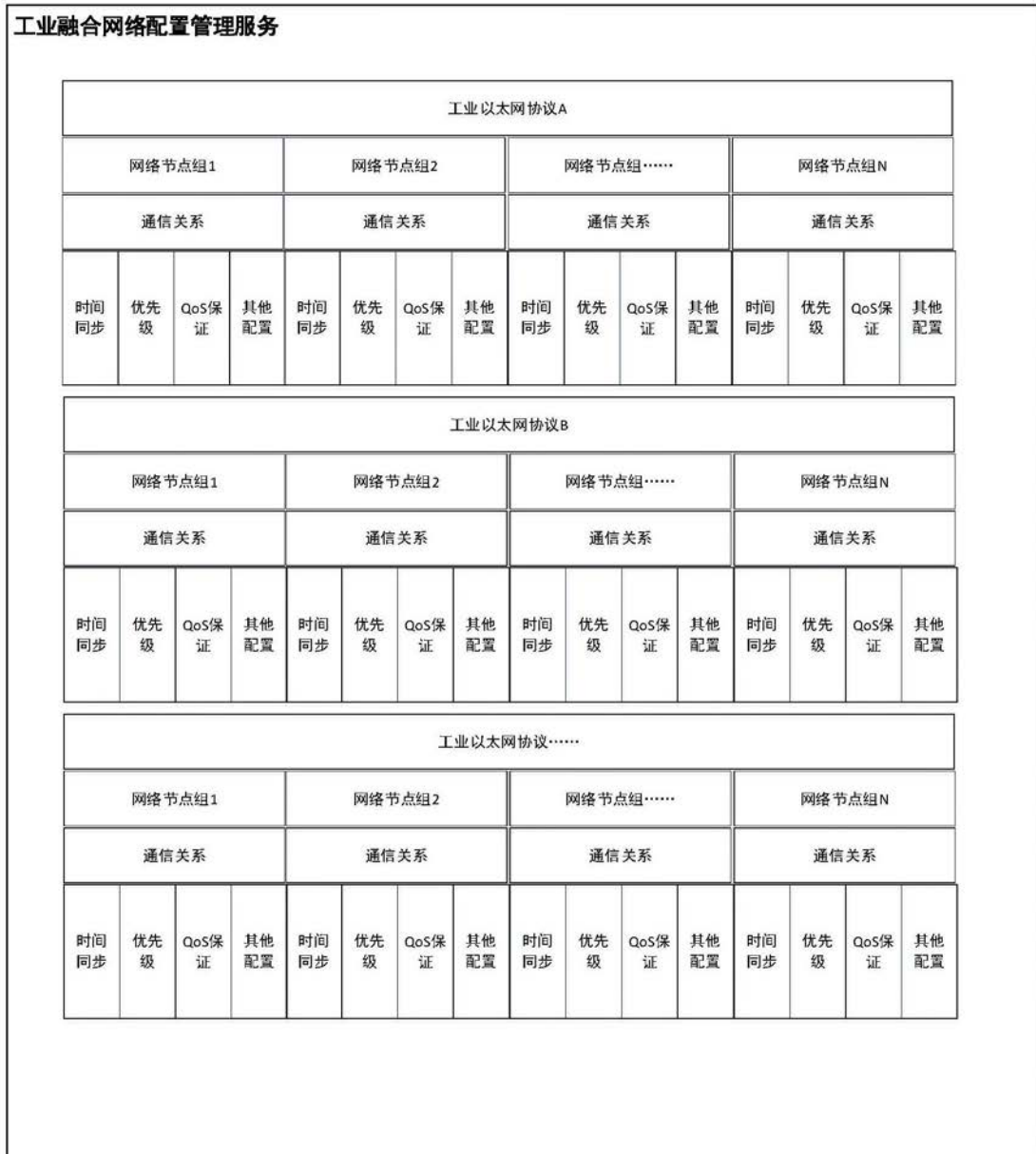


图5