

文章编号: 2095-2163(2019)01-0119-03

中图分类号: TP393.0

文献标志码: A

# 基于 POWERLINK 的油田网络拓扑结构建模与仿真

孟开元, 郑宇, 曹庆年

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

**摘要:** 为了将 POWERLINK 通信协议应用在油田的数据传输中, 在研究现有的油田网络拓扑的基础上, 使用 OPNET (Optimized Network Engineering Tools) 建立星型、树型和总线型 3 种拓扑结构的模型, 并对其性能进行仿真。通过分析仿真数据, 对 3 种拓扑结构的延时、通信量和负载进行比较, 并根据油田的实际情况, 给出了适合油田的网络拓扑。

**关键词:** POWERLINK 协议; OPNET; 拓扑结构; 油田

## Modeling and simulation of oilfield network topology structure based on POWERLINK

MENG Kaiyuan, ZHENG Yu, CAO Qingnian

(School of Computer Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

**[Abstract]** In order to apply POWERLINK communication protocol to data transmission in oilfield, on the basis of studying the existing network topology of oilfield, the OPNET is used to build model of star, tree and bus topologies, and the performance is simulated. By analyzing the simulation data, the delay, traffic and load of the three topologies are compared, and the network topology suitable for the oilfield is given according to the actual situation of the oilfield.

**[Key words]** POWERLINK protocol; OPNET; topology structure; oilfields

## 0 引言

随着网络与计算机通信技术的快速发展, 油田行业的数字化、智能化成为了目前石油行业最为关心的问题。工业以太网技术凭借着实时性强、确定性强、开放性好、通信速率高等特点在工业控制领域越来越受到关注。随着工业以太网的快速发展, POWERLINK 凭借其实时性好、确定性强、协议开源、无需任何授权费用成为工业以太网的代表<sup>[1]</sup>。POWERLINK 基于标准以太网, 有多种组网方式, 可以根据油田现场情况来选择一套合适的方案进行组网设计, 本文在对现有油田中网络拓扑结构的研究基础之上, 使用 OPNET 建模仿真工具对 POWERLINK 协议所支持的拓扑结构进行建模仿真。根据对 3 种拓扑结构的仿真结果进行分析和对比油田现场情况对网络拓扑的要求, 给出了合适的组网方案。

## 1 POWERLINK 概述

POWERLINK 基于软件方案实现, 兼容标准以太网 IEEE802.3 所定义的所有特性并且其在物理层、数据链路层和应用层中重新添加了一些属于自

己的实现方案<sup>[2]</sup>。其物理层基于标准以太网, 这意味着用户可以在标准以太网上实现自己的方案, 无需 ASIC 芯片, 为了解决 IEEE802.3 定义使用的载波侦听多路访问/碰撞检测 (CSMA/CD) 机制具有数据不可预知的堵塞的特点, POWERLINK 采用时间槽通信管理机制 (SCNM), 并遵循 IEEE1588 标准, 使传输的数据具有实时性、确定性。在应用层, POWERLINK 使用的是 CANopen 标准。该标准是一个在工业控制领域中非常易用的应用层协议。其优点在于标准化设备描述文件, 为应用程序提供了统一的接口, 使得不同的设备与应用程序之间有统一的访问方式。

### 1.1 POWERLINK 节点

POWERLINK 网络中的节点按照功能可以分为 2 类: 管理节点 (Management Node, MN) 和受控节点 (Controlled Node, CN), MN 负责管理总线的使用权, 只有当 MN 允许时 CN 才可以在网络上发送数据帧<sup>[3]</sup>。POWERLINK 网络会为每一个设备分配 1 个唯一的 ID 号作为标识, 最多支持 250 个节点, 受控节点的 ID 号分布为 1-249, 管理节点 ID 号为 240。241-250 的 ID 号作为备用节点支持系统实现冗余功能。

**作者简介:** 孟开元(1968-), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向: 计算机网络与通信; 郑宇(1994-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机系统工程与通信; 曹庆年(1963-), 男, 教授, 主要研究方向: 计算机网络与通信。

收稿日期: 2018-10-19

## 1.2 POWERLINK 周期

POWERLINK 的通信周期如图 1 所示。通信周期分为 4 个阶段:起始阶段、同步阶段、异步阶段和空闲阶段。1 个 POWERLINK 的周期从本次的 SoC 起始到下次 SoC,1 个周期的时间是确定的,但是 1 个周期内部所包含的 4 个阶段是可以根据应用的实际情况自主选择。在 SoC 阶段 MN 节点会发送 1 个广播报文来同步整个网络中所有节点的时间。在同步阶段 MN 会以轮询的方式依次访问每一个 CN 节点,处于同步阶段的 CN 节点在每个周期都可以被 MN 节点所访问到,所以同步阶段一般用来传递每个周期都需要的数据。异步阶段用来传输非周期性的数据,MN 广播发送的 SoA 数据帧携带的信息包含了指定哪个 CN 节点上报自己的信息,图 1 中的 AsyncData 数据帧就是 CN 节点传输给 MN 节点的数据。空闲阶段是异步阶段和下一周期的 SoC 阶段的缓冲,可以动态的增加或删减。

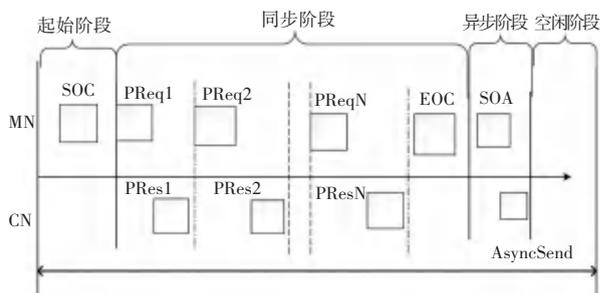


图 1 POWERLINK 周期

Fig. 1 POWERLINK cycle

## 2 基于 OPNET 的拓扑建模

油气田生产物联网的系统架构主要由 3 部分组成,最上层为生产管理子系统,中间层数据传输子系统,最下层数据采集与监控子系统。数据传输子系统主要传输实时采集的生产数据、视频图像和一些控制信息,数据采集与监控子系统主要采集井和站库的数据,对井和站库进行监控。由前文所述可知,POWERLINK 的同步周期可以用来传输实时采集的生产数据和视频图像信息,而一些控制信息可以通过异步周期传输。数据传输与监控子系统主要涉及对各个油气站点的数据采集,这就涉及到如何选用合适的网络拓扑结构进行组网。

OPNET 是一款网络仿真软件,其能够在实际的网络部署之前让用户对所部署的网络进行建模仿真,并且用户可以在建立好的网络模型中监测网络所关注的的数据并进行统计,在仿真完毕后这些数据可以以图表的形式展现出来供用户分析。OPNET

能快速方便地建立起网络的模型,也可以很容易地进行模型的修改与仿真,可以为用户在具体网络部署之前提供数据的参考<sup>[4]</sup>。

由于 POWERLINK 的物理层采用标准的以太网,所以 POWERLINK 兼容所有的以太网拓扑结构,而且可以使用 HUB 和 SWITCH 等标准的网络设备对网络进行扩充,这使得用户在应用 POWERLINK 协议时在组网方面非常灵活。考虑到组网的性价比和应用范围,所以本文选择典型的 3 种拓扑结构,星型、树型、总线型在 OPNET 中建模仿真。拓扑结构如图 2-图 4 所示。

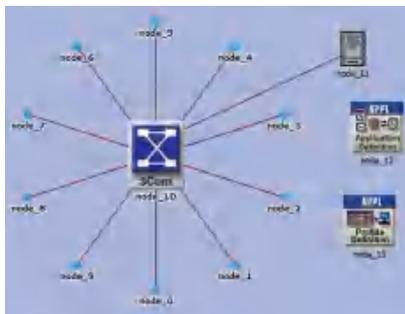


图 2 星型拓扑

Fig. 2 Star topology



图 3 树型拓扑

Fig. 3 Tree topology



图 4 总线型拓扑

Fig. 4 Bus topology

## 3 仿真与结果分析

基于上文给出的拓扑结构图,选择数量相同的节点来模拟油田现场需要给服务器传输数据的节点,设置 FTP 应用业务模拟实时传输数据,设置 Video Conference 应用业务模拟非实时传输的数据。图 5~图 8 给出了仿真结果,分别收集了服务器接受通信量、服务器延时、服务器负载、以太网延时<sup>[5]</sup>。

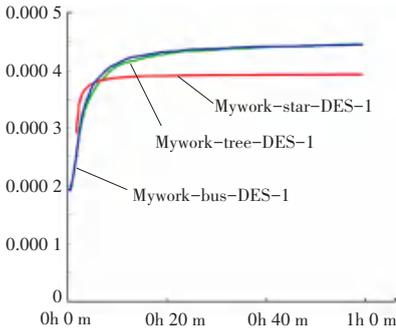


图 5 以太网延时

Fig. 5 Internet delay

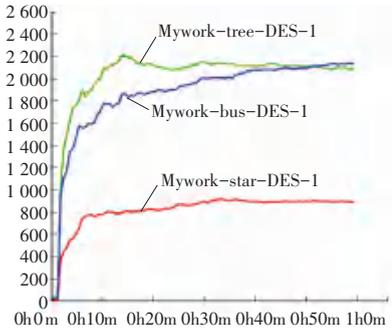


图 6 3 种结构的通信量

Fig. 6 Three topologies's traffic

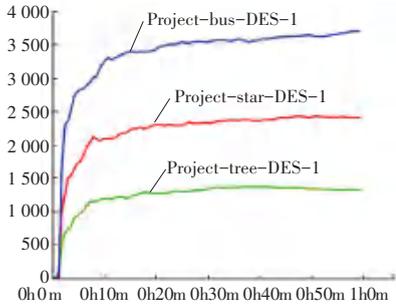


图 7 3 种拓扑结构的负载

Fig. 7 Three topologies's load

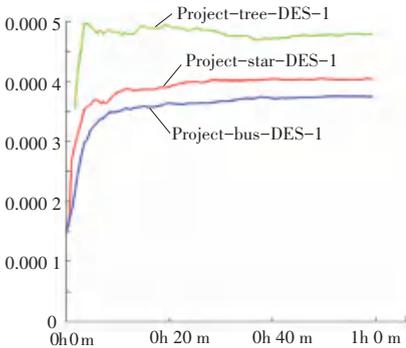


图 8 3 种结构的延时

Fig. 8 Three topologies' delay

图 5 所示是 3 种拓扑的以太网延时星型最小, 树型最差。图 6 所示是 3 种拓扑的通信量, 树型最低总线型最高。图 7 所示是 3 种拓扑的负载, 树型最小, 总线型最大<sup>[6]</sup>。图 8 所示是 3 种结构的延时, 总线型最小, 树型最高。由于这 3 种拓扑结构自身存在的优缺点, 和得出的仿真结果来看, 星型拓扑结构的平均性能是最稳定的<sup>[7]</sup>。

结合油田现场情况和星型拓扑自身的优点, 得出星型拓扑适合油田进行组网。原因在于:

- (1) 各个工作节点通过交换机或者集线器连接在一起, 易于上传数据, 而且中心节点可以很方便地给任何一个节点传输数据;
- (2) 当需要移除或者增加节点的时候不会对整个网络造成任何影响, 仅仅只影响需要改变的节点;
- (3) 在实现星型网络的时候, 所要求的传输介质一般为双绞线, 成本非常低, 性价比很高<sup>[8]</sup>。

#### 4 结束语

本文在对 POWERLINK 协议研究的基础之上, 选取应用广泛的 3 种拓扑结构在 OPNET 中进行建模仿真, 并分析了仿真结果, 最后结合油田现场情况, 得出星型拓扑适合油田组网。本文对 3 种拓扑结构进行了对比分析, 选出了适合油田的网络拓扑结构, 未来主要工作是将 POWERLINK 协议应用在星型拓扑结构的油田数据传输网络中。

#### 参考文献

[1] CENA G, SENO L, VALENZANO A, et al. Performance analysis of Ethernet Powerlink networks for distributed control and automation systems[J]. Computer Standards & Interfaces, 2008, 31(3): 566-572.

[2] 孟庆潘. 基于 Powerlink 的实时以太网协议分析及其应用研究[D]. 上海: 东华理工大学, 2016.

[3] 耿晓晗. 基于实时以太网 PowerLink 的列车网络的实现研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.

[4] 贾鸿莉, 于森. 实时以太网 Powerlink 技术的研究[J]. 中国科技信息, 2016(21): 37-38.

[5] 张静. 基于 OPNET 的校园网建模与仿真[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010.

[6] PANA F, PUT F. Performance evaluation of RSVP using OPNET modeler[J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2014, 49: 85-97.

[7] 陈敏. OPNET 网络仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[8] 于子涵. 数字化油田网络的组网方式分析[J]. 通讯世界, 2016(20): 36.