

文章编号:1671-251X(2018)05-0081-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2017080060

矿用软件定义簇形无线传感网络架构

陈婀娜

(贵州师范大学 机械与电气工程学院, 贵州 贵阳 550001)

摘要:针对传统煤矿无线传感网络因采用固定路由协议、不能根据网络状况改变路由而无法保证突发事故情况下通信可靠性的问题,基于软件定义网络体系及煤矿无线传感网络簇形拓扑结构特点,通过在煤矿无线传感网络簇内增加网关节点,设计了一种矿用软件定义簇形无线传感网络架构。在该网络架构中,每一个域内的网关节点采集传感节点数据并进行域内或域间通信,控制器管理域内的流量、路由和安全,可根据网络状况改变路由,适用于煤矿安全监测领域。

关键词:煤矿安全监测;无线传感网络;软件定义网络;OpenFlow协议;簇形网络;流量管理;路由管理;安全管理

中图分类号:TD67 文献标志码:A

网络出版地址:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180403.0915.002.html>

Architecture of software defined cluster wireless sensor network of coal mine

CHEN Enuo

(College of Electrical and Mechanical Engineering, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: For no guarantee of communication reliability of traditional coal mine wireless sensor network under accident condition because static route protocol cannot change route according to network states, an architecture of software defined cluster wireless sensor network of coal mine was designed by adding gateway nodes in cluster of coal mine wireless sensor network based on software defined network system and characteristic of the cluster topology. In the architecture, the gateway nodes in each domain collect data of sensor nodes for intra-domain or inter-domain communication, and controller manages flow, route and safety of the domain. Wireless sensor network based on the architecture can change route according to network states, which is suitable for coal mine safety monitoring.

Key words: coal mine safety monitoring; wireless sensor network; software defined network; OpenFlow protocol; cluster network; flow management; route management; safety management

0 引言

无线传感网络(Wireless Sensor Network, WSN)是一类无线自组织网络,广泛应用于工业控制、环境监测和救生等领域,在煤矿安全监测领域也得到普遍关注^[1-3]。现有的煤矿 WSN 采用固定路

由协议,不能根据网络状况改变通信策略,无法保障煤矿突发事故情况下的通信可靠性。

软件定义网络(Software Defined Network, SDN)^[4]采用数据转发平面和控制平面分离的思想,大大提高了网络可扩展性和可靠性^[5]。将 WSN 集成到 SDN 是新一代信息技术发展的必然趋势,该方

收稿日期:2017-08-24;修回日期:2018-03-22;责任编辑:李明。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61064014)。

作者简介:陈婀娜(1972—),女,贵州贵阳人,副教授,研究方向为网络与信息化制造,E-mail:sukong2005@163.com。

引用格式:陈婀娜.矿用软件定义簇形无线传感网络架构[J].工矿自动化,2018,44(5):81-84.

CHEN Enuo. Architecture of software defined cluster wireless sensor network of coal mine[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(5): 81-84.

面的研究正受到广泛关注^[6]。Luo T 等^[7]提出了软件定义无线传感网络(Software Defined Wireless Sensor Network,SD-WSN)概念,开展了采用 SDN 管理 WSN 的研究。Zeng D Z 等^[8]进行了 SD-WSN 演化研究,采用感知即服务(Sensing as a Services,SaaS)方式,将传感节点集成到云计算中。A. D. Gante 等^[9]提出了一种基于 SDN 的 WSN 基站架构,并将 SDN 中的控制器作为基站,但没有分析传感节点间如何通信。上述研究并没有考虑适合煤矿安全监测的网络拓扑结构。

针对煤矿 WSN 特点,集成 SDN 的应用很少。本文在论述 SDN 体系基础上,通过分析煤矿 WSN 簇模型,提出一种矿用软件定义簇形 WSN 架构,以期对矿用 SD-WSN 设计提供参考。

1 SDN 体系

随着 OpenFlow 协议的出现,特别是 2008 年 McKeown 在 Sigcomm 会议上展示的 OpenFlow 实验网络^[10],SDN 体系逐渐明晰。2011 年,德国电信、Google、Microsoft、Facebook、Verizon 等企业联合成立了开放网络基金会(Open Networking Foundation,ONF),旨在通过产业联盟方式推动以 OpenFlow 协议为代表的 SDN 技术发展。基于 OpenFolw 协议的 SDN 架构如图 1 所示。

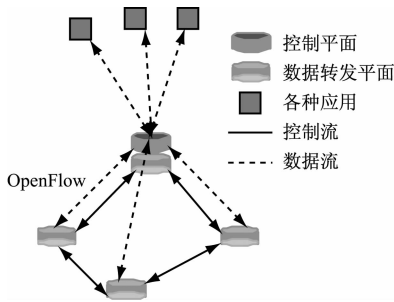


图 1 基于 OpenFlow 协议的 SDN 架构
Fig. 1 SDN architecture based on OpenFlow protocol

图 1 中,每个数据转发平面相当于 1 个站点,并运行 OpenFlow 控制器(OpenFlow Controller,OFC)和网络控制应用(Network Control Application,NCA)。控制平面由逻辑上集中的应用(如 SDN 网关、全局流量工程服务器等)组成,并通过各站点的 NCA 集中控制整个网络。

OFC 上部署流量工程代理(Traffic Engineering Agent,TEA)程序。每台 OpenFlow 交换机(由控制平面和数据转发平面组成)的链路状态信息通过 TEA 发送给 SDN 网关,经 SDN 网关汇总后发送至全局流量工程服务器。全局流量工程

服务器将每条流映射到 IP-IP 隧道中,并将分配的带宽通过 SDN 网关发送给 OFC,由 OFC 安装到 OpenFlow 交换机转发表中,从而实现网络流量的路径规划。

采用 SDN 技术后,流量工程完全依靠 SDN/OpenFlow 实现,网络资源利用率大幅提升,平均带宽使用率可达 95%。

可见,SDN 将控制平面从网络交换机和路由器中的数据转发平面分离出来,SDN 控制器——OFC 实现网络拓扑收集、路由计算、流量表生成及下发、网络管理与控制等功能,网络层设备仅负责转发流量及执行策略。通过 SDN 控制器实现网络资源的统一管理、整合及虚拟化后,采用规范化接口为上层应用提供所需的网络资源及服务,实现了网络能力开放。

2 矿用软件定义簇形 WSN 体系

2.1 煤矿 WSN 拓扑和簇模型

如何在煤矿中高效、灵活部署 WSN 实际上还没有完全解决。文献^[11]在宽 8 m、高 4 m 的巷道内部署传感节点,节点数据经 1 个中继节点传回地面。煤矿一般由多个巷道组成。考虑到井下结构复杂、环境恶劣,为提高 WSN 的覆盖度和连通度,结合文献^[11],可将 1 个巷道分成若干个簇,采用簇形(分层)网络拓扑结构描述煤矿 WSN^[12-13],如图 2 所示。

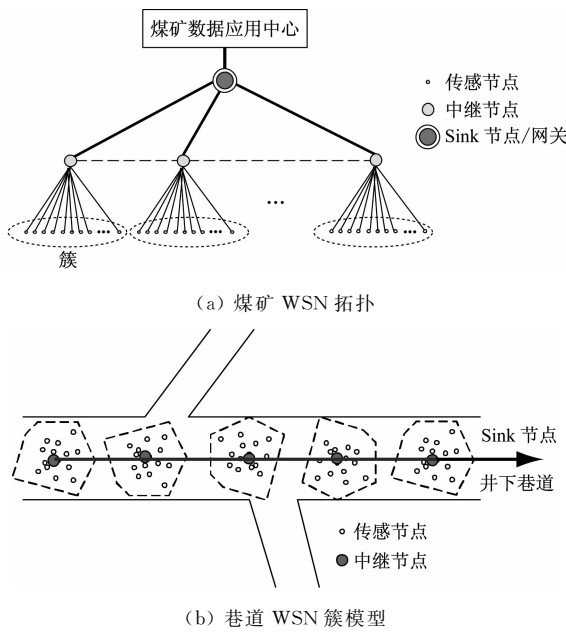


图 2 煤矿簇形 WSN 拓扑
Fig. 2 Topology of coal mine cluster WSN

簇形 WSN 由传感节点、中继节点和 Sink 节点

组成。传感节点在巷道内随机部署(可呈泊松分布或其他分布),中继节点和 Sink 节点的空间位置固定部署。传感节点自动采集数据,按传感节点覆盖范围,由多个传感节点形成 1 个簇,中继节点即为该簇的簇头。簇中传感节点采集的数据经对应的中继节点传递到 Sink 节点。中继节点间可相互通信,形成多跳路由,也可直接与 Sink 节点连接。Sink 节点进行数据处理,并将处理后的数据经煤矿综合信息网络传送到数据应用中心。

2.2 巷道软件定义簇形 WSN

从图 2 可看出,每一簇由 1 个中继节点和若干单一传感节点组成。在此基础上,增加网关节点,构成煤矿巷道软件定义簇形 WSN,如图 3 所示。每一簇形成 SDN 的域,域由簇头、域内网关节点和传感节点组成。每个中继节点即为所在域的簇头。簇头即控制器,负责管理域内网关节点及传感节点,并组织数据流路由路径。簇头间地位平等,可完全对等接入和通信,路由规则也相同。在巷道软件定义簇形 WSN 中,可通过簇头在域内配置参数、存储数据和汇聚采集数据,并将数据传送到 Sink 节点或其他域。网关节点是簇头与传感节点之间的桥节点,负责采集周边传感节点数据,并根据簇头制定的规则进行域内或域间通信。

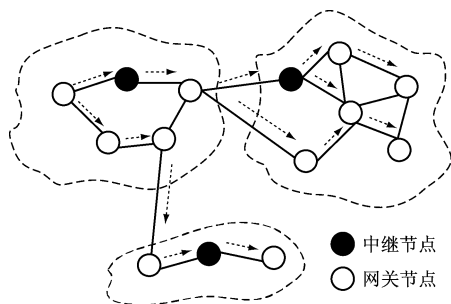


图 3 巷道软件定义簇形 WSN

Fig. 3 Software defined cluster WSN of tunnel

簇头一旦出现故障,则所在域内传感节点暂时不能接入,需组织路由,重新选择簇头。网关节点负责域间通信,其一旦出现故障,则域间通信中断,相关域将成为信息孤岛。

在 A. D. Gante 提出的基于 SDN 的 WSN 基站架构中,SDN 控制器知道整个网络的拓扑,有利于降低网络资源消耗,做出最佳路由判断。采用该架构,不仅可以很好地管理整个域,还能有效监控来自内外网络的攻击,这也是下一代网络需要关注的。

2.3 软件定义簇形 WSN 间的可靠性

每一个软件定义簇形 WSN 域在某一时刻下有唯一的 SDN 簇头作为域控制器,该控制器拥有自己

的安全策略和管理策略,并对每个边界网关(即每个簇的中继节点)分配安全规则和路由规则。通过对边界网关的控制,可高效管理域间数据流的传输,通过域一级的安全防护有效提高网络整体安全性能。

当某一个 SDN 簇头出现故障时,需要配置新的簇头作为域控制器,以避免发生系统性故障,提高 WSN 的可信度和容错能力。本文中矿用软件定义簇形 WSN 采用对等互操作模式,所有 SDN 簇头地位对等,均可监测整个网络,且作为簇控制器可以平等交换网络路由信息和状态信息,有助于提高网络整体平衡性和可扩展性。

3 结语

在论述 SDN 体系和煤矿 WSN 簇形拓扑结构基础上,引入域的概念,通过在巷道 WSN 簇模型中增加网关节点,提出了一种矿用软件定义簇形 WSN 架构。该架构中控制器(簇头)不仅要管理域内流量和路由,还要管理所在域的安全。另外,该架构既能实现网络分布式安全管理,也可以协作方式管理流量,有助于解决传统 WSN 采用单一协议、不能根据网络状况改变路由的问题,适用于煤矿安全监测领域。

参考文献(References):

- [1] 周坚和. 煤矿安全监测系统无线传感器网络网关设计[J]. 工矿自动化, 2013, 39(3): 26-30.
ZHOU Jianhe. Design of WSN gateway for coal mine safety monitoring system[J]. Industry and Mine Automation, 2013, 39(3): 26-30.
- [2] 温阳东, 张玉凤, 朱敏. 基于无线传感网络的温度监测节点设计[J]. 工矿自动化, 2011, 37(7): 89-92.
WEN Yangdong, ZHANG Yufeng, ZHU min. Design of temperature monitoring node based on wireless sensor network[J]. Industry and Mine Automation, 2011, 37(7): 89-92.
- [3] 刘志高, 李春文, 耿少博, 等. 带盲区巷道网络人员全局定位系统[J]. 煤炭学报, 2010, 35(增刊 1): 236-242.
LIU Zhigao, LI Chunwen, GENG Shaobo, et al. A three-dimensional personnel positioning method in underground tunnel environment based on wireless sensor networks[J]. Journal of China Coal Society, 2010, 35(S1): 236-242.
- [4] NUNES B A A, MENDONCA M, NGUYEN X N, et al. A survey of software-defined networking: past, present, and future of programmable networks[J].

- IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2014, 16 (3):1617-1634.
- [5] CHOI T, LEE B, KANG S, et al. IRIS-CoMan: scalable and reliable control and management architecture for SDN-enabled large-scale networks [J]. Journal of Network & Systems Management, 2015, 23(2):252-279.
- [6] 董玮, 陈共龙, 曹晨红, 等. 面向软件定义架构的无线传感器网络 [J]. 计算机学报, 2017, 40 (8): 1779-1797.
- DONG Wei, CHEN Gonglong, CAO Chenhong, et al. Towards a software-defined architecture for wireless sensor networks [J]. Chinese Journal of Computers, 2017, 40(8):1779-1797.
- [7] LUO T, TAN H P, QUEK T Q S. Sensor OpenFlow: enabling software-defined wireless sensor networks [J]. IEEE Communications Letters, 2012, 16 (11): 1896-1899.
- [8] ZENG D Z, MIYAZAKI T, GUO S, et al. Evolution of software-defined sensor network [C]//The 9th IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Network, Dalian, 2013:410-413.
- [9] GANTE A D, ASLAN M, MATRWY A. Smart wireless sensor network management based on software-defined networking [C]//The 24th Biennial Symposium on QBSC, Kingston, 2014:71-75.
- [10] MCKEOWN N, ANDERSON T, BALAKRISHAN H, et al. OpenFlow: enabling innovation in campus networks [J]. ACM Sigcomm Computer Communication Review, 2008, 38(2):69-74.
- [11] LI M, LIU Y. Underground coal mine monitoring with wireless sensor networks [J]. ACM Transactions on Sensor Networks, 2009, 5(2):10-12.
- [12] DAN P. Open networking foundation foresees open-source software as route to network standards in 2015 [J]. Software World, 2014(45):1.
- [13] XU Y, HELAL S, THAI M, et al. Optimizing push/pull envelopes for energy-efficient cloud-sensor systems [C]// International Symposium on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Miami, 2011:17-26.