

基于5G网络的远程遥控业务

Practice and Exploration of Remote Control
Service Based on 5G

实践及探索

马丹,陈文,张勇,柏龙(中国联通山东分公司,山东济南250001)

Ma Dan, Chen Wen, Zhang Yong, Bai Long (China Unicom Shandong Branch, Jinan 250001, China)

摘要:

随着经济建设的发展,大型工程机械使用更加普遍,使用场景更加复杂危险,大型工程机械的远程控制技术被广泛采用。但传统无线传输技术易受干扰、传输距离受限、传输数据量小、时延大等缺点严重制约着现代机械远程控制的稳定性和及时性。5G网络作为下一代移动通信技术,完全满足现代远程控制对无线传输的需求。基于5G网络的远程遥控业务展开探讨与研究,并结合具体项目证明5G技术应用于现代机械远程控制的可行性和必要性。

关键词:

5G;远程遥控;MEC;NSA;CAN;远程控制系统
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.01.004
文章编号:1007-3043(2020)01-0015-05
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

With the development of economic construction, large construction machinery is more commonly used, and the application scenarios are more complex and dangerous. As a result, the remote control technology of large construction machinery is widely used. However, the traditional wireless transmission technology has a lot of defects, like it is easy to be interfered, the transmission distance is limited, the transmission data quantity is small, and the delay is large, which seriously restricts the stability and timeliness of modern mechanical remote control. 5G, as the next generation mobile communication technology, can fully meet the needs of modern remote control technology for wireless transmission. The remote control business of 5G network is discussed and studied. Combined with the remote control excavator project, the necessity of applying 5G technology to remote control of modern machinery is proved.

Keywords:

5G; Remote control; MEC; NSA; CAN; Remote control system

引用格式:马丹,陈文,张勇,等. 基于5G网络的远程遥控业务实践及探索[J]. 邮电设计技术,2020(1):15-19.

1 概述

1.1 远程遥控技术广泛应用

经济建设的快速推进,推动大型工程机械的普遍使用。复杂多变的使用场景,尤其是高危险性场景对机械操控人员提出更高技术要求和安全考验。而操控人员在封闭的驾驶室内对控制面板进行操作,视野狭小,很难对整个施工现场的状况有清楚的全局把握,容易降低施工效率,严重时甚至导致施工事故的发生。

发生。

生命是无价的,要使操控人员既能完成施工救援作业,又能够保障他们的人身不受到威胁,远程遥控技术得到广泛的推广应用。

1.2 远程遥控技术亟需高速网络传输

采用视频图像进行辅助操控成为了新一代远程机械操控的基本要求,随着图像分辨率不断提高以及VR等新技术的引入,对于无线控制带宽的要求也在不断提升。

另外远程控制的距离需尽量提高,以便操作人员能够远离风险区域,距离的提升对于数据传输的稳定

收稿日期:2019-11-05

性和及时性提出了更高的要求。

现有的几种无线传输技术的弱点越来越显现:比如ZIGBEE、433技术传输数据量小,无法传送视频图像,Wi-Fi技术在2.4 GHz非授权频段,易受干扰,且传输距离受限,无线蜂窝技术(GSM、LTE等)带宽难以保证VR信号的有效传输。

1.3 5G技术“添翼”远程遥控

5G网络是下一代移动通信技术,可提供eMBB、mMTC、uRLLC业务,系统设计目标要达到体验速率100 Mbit/s,峰值速率20 Gbit/s,时延1 ms。采用5G技术作为远程遥控工程机械系统的无线通信子系统有如下特点。

a) 系统带宽大。远程机械操作的感知体验需要高清图象的支持,才能使驾驶员有身临其境的感觉而随着图像清晰度的提高以及VR等技术的引入,使得系统带宽要求不断提升。5G eMBB业务能够保证100 Mbit/s的下载速率,峰值速率可达Gbit级,完全能够支持4K以上的高清VR显示,提升了远程操控的真实性体验。

b) 支持范围广。现有点对点远程技术只能支持有限范围或者视距范围的操作,而采用5G等蜂窝移动通讯作为通信子系统的话可大大扩展操作的范围,真正可以做到千里之外进行控制,增加了机械的环境适用性,充分保障了驾驶员的人身安全。蜂窝技术采用授权频谱,能够保证信号不受干扰,只要有无线信号即可进行机械操作。

c) 操作时延低。远程操作时延需要控制在一定的范围内才能保证操控指令下达到机器执行的实时

性和准确性,5G通信系统设计最小时延可到1 ms,完全能够满足实时性操控的要求。

2 基于5G网络的远程遥控挖掘机实践

2019年3月,山东联通与山东临工集团合作打造了5G远程遥控挖掘机项目。通过5G网络与100 km以外的挖掘机相连,操作人员实时控制位于矿场的无人驾驶挖掘机,同步回传真实作业场景及全景视频实况。

2.1 整体组网架构

基于5G网络的远程遥控挖掘机方案架构如图1所示,包括无人驾驶挖掘机、远程控制室、5G通信网络、5G通信终端(或模块)、摄像头及相关控制设备。

远程控制室:位于临沂市临工集团总部。

矿场:位于平邑县临工集团智能矿山综合实验基地,两者相距100 km,矿场内放置一辆无人驾驶挖掘机,挖掘机内外共安装4台高清摄像头和1台VR摄像头。

5G通信终端:使用CPE设备。

5G网络:采用NSA组网和边缘计算技术。

2.1.1 视频流传输原理

在挖掘机内外安装高清摄像头和VR全景摄像头,实时采集挖掘机现场图像,经过拼接和编码压缩后,通过5G网络传输到远端控制室。远端控制室收到视频信号后经过解码,在VR一体化头盔及大屏上显示,远端控制室的驾驶员通过VR头盔就可以看到挖掘机作业现场不同角度的全景视频,使远程遥控的体验更接近现场操作的感觉。同时,通过设置多个摄像

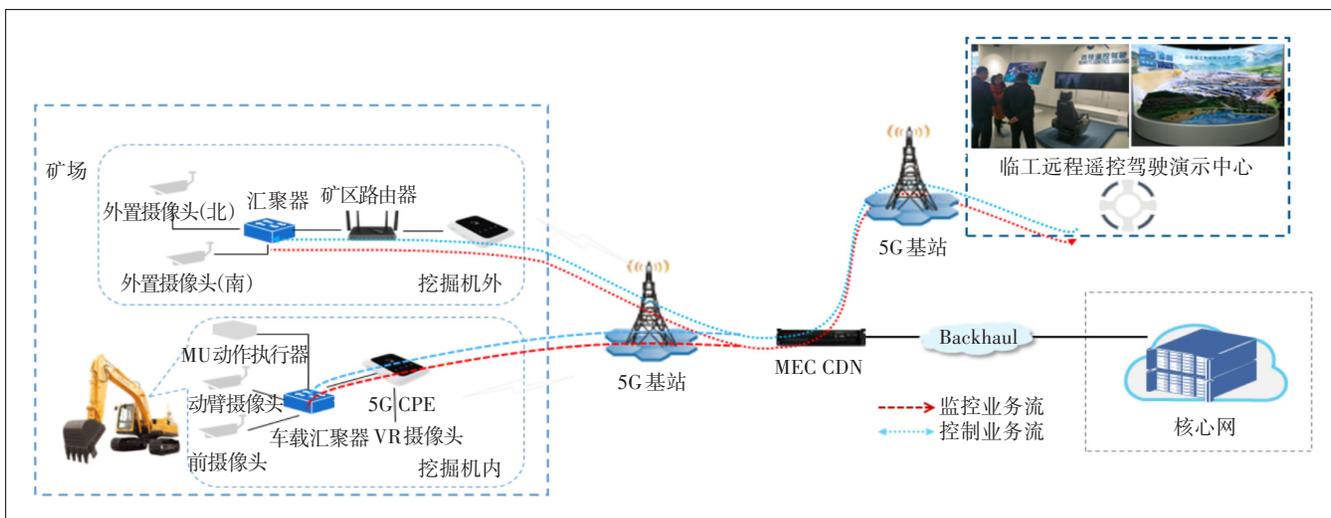


图1 远程控制挖掘机组网图

头,还可以在不同摄像头之间切换,观察不同方位的现场视频。

2.1.2 控制信号传输原理

根据现场回传的图像,驾驶员在远端控制室里操控方向盘等机械电子设备,控制信号经由5G终端(CPE)通过5G网络发送给远端现场作业的挖掘机。挖掘机上同样安装有5G通信终端或模块,通过5G网络接收远端控制室的控制信号,通过MU动作执行单元,将IP信号转换为挖掘机的现场总线信号(CAN信号),通过挖掘机现场总线控制挖掘机进行作业操作(包括前进、后退、停止、转向、挖掘动作、灯光、鸣笛等)。同时,挖掘机的状态信息通过传感器和5G网络上传给远端控制室,远端控制室收到状态信号后在控制室的显示屏上进行显示。

2.2 主要功能模块

2.2.1 远程控制系统

一般的工程机械都必须包括动力系统、传动系统、底盘行走系统、操作控制系统和执行系统这五大基本系统(见图2)。

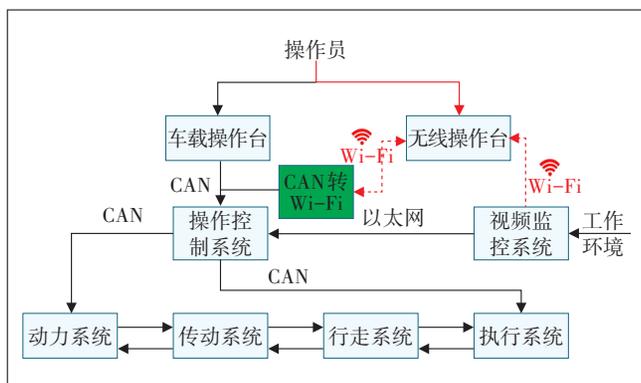


图2 工程机械远程控制系统

在五大基本系统中,最关键的是操作控制系统,是工程车辆的“大脑”。传统的工程车辆操作台与操作控制系统之间采用CAN通信,一般的控制器都有CAN接口,控制信息通过有线方式进行传输。因此,要实现工程车辆的无线遥控,只要将CAN通信转为无线通信即可(如图2中红色部分),本项目无线通信方式采用5G技术。

2.2.2 各功能模块实现

整个系统可以分成三大部分(见图3)。

a) 挖掘机及其上的视频、控制设备,包括挖掘机、摄像机、视频编码器、总线控制器、传感器、GPS等。此项目中所使用的挖掘机除具备传统挖掘机的各种功

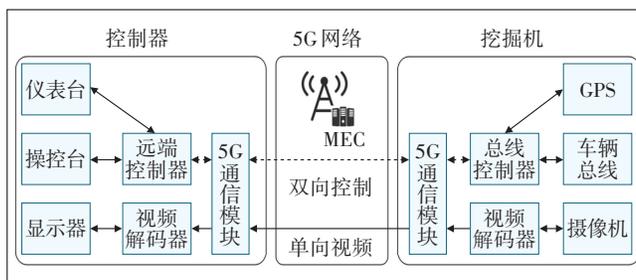


图3 功能模块图

能外,还支持电控,能够通过远端控制信号进行遥控操作。挖掘机内安装一个全景摄像头,挖掘机机身上安装2个摄像头(动臂摄像头和前摄像头),通过视频编码器连接至5G CPE设备。挖掘机及其上的视频、控制设备由山东临工集团提供,全景摄像头和5G通信终端由山东联通提供,并配合完成IP协议及CAN协议的转换。

b) 远端控制室内的相关控制设备,包括操控座椅、仪表台、显示器、视频编码器、远端控制器、VR头盔等。其中,操控座椅包括手柄、方向盘、油门、刹车、电气开关等,远端控制器将控制信号通过5G网络传送到现场挖掘机。远端控制室及相关控制设备由山东临工集团提供,VR头盔和5G通信终端由山东联通提供。

c) 5G通信网络。

(a) 本项目共建设2套NSA 5G基站,矿场和远程控制室的信号分别通过5G网络进行通信。同时,为了降低挖掘机控制信号及图像在5G网络的传输时延,本项目采用移动边缘计算MEC服务器(见图4),将核心网用户面(GW-U)下沉,挖掘机控制信号和视频信号不用绕行至核心机房,直接在MEC转发,从而降低了端到端传输时延。

(b) 无线网建设方案:在矿场和远端控制室各建设1套5G宏站,采用NSA option3X组网,新建4G/5G基站,对接现网核心网(EPC+);锚点采用1 800 MHz频段,采用1 835~1 840(5 MHz带宽)作为锚点频率选择,5G采用3.5 GHz。BBU采用4G/5G共框模式,配置4G和5G射频模块,其中5G为射频和天线一体化模块AAU5613;4G采用1 800 MHz RRU5909,配套建设1副天线。

(c) MEC建设方案:在下沉的园区机房建设MEC,包括3套服务器、3套交换机和2套防火墙(见表1),可支持15G流量并发,用户数不限。

核心网GW-U功能下沉到边缘机房,实现本地分

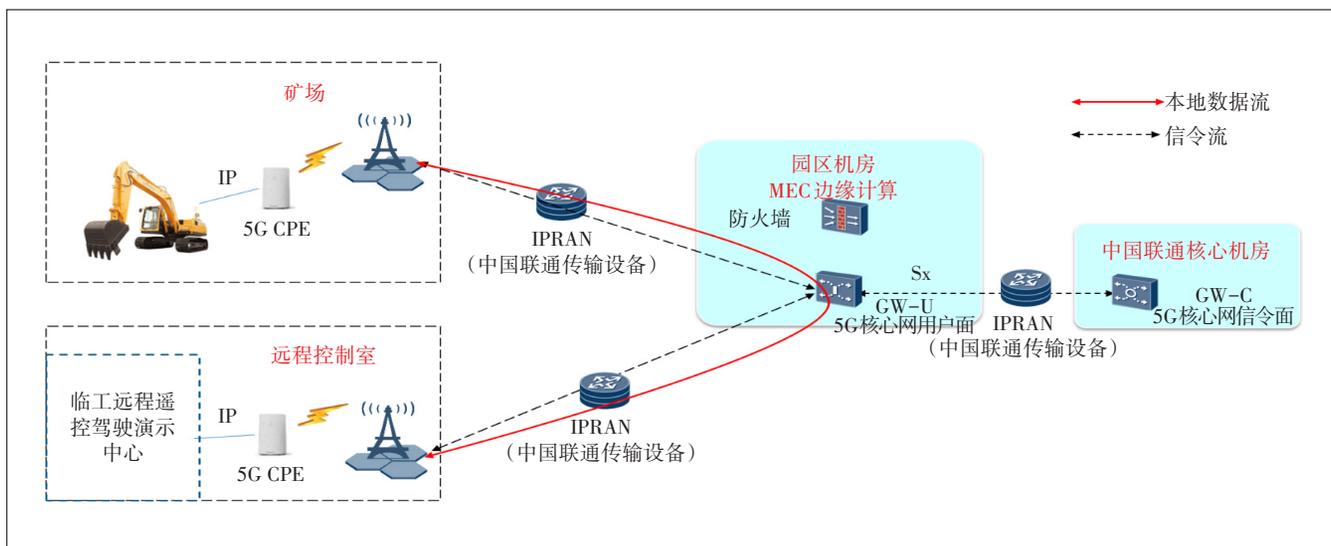


图4 MEC组网图

表1 MEC配置表

网元	数量	供电/W	空间	备注
DGW+(NSA组网)	3	AC:6×500	3×2U	需新建,网关,本地分流
交换机	3	AC:×250	2×2U	需新建,DGW+需要3台
防火墙	1	AC:×300	1×2U	需新建,安全防护

流功能,满足大带宽、低时延业务诉求,同时配置防火墙确保业务安全;核心网GW-C放置于核心机房,与控制面连接,对用户进行鉴权、计费、策略控制等。

2.3 主要性能指标

2.3.1 通信带宽

普通视频:2K视频需要5.8 Mbit/s传输带宽,4K视频需要22 Mbit/s传输带宽。

VR全景视频:采用目前普通VR分辨率2K视频,每路VR视频需要传输带宽22 Mbit/s。

经测试,上行速率为163 Mbit/s,下行速率为1 030 Mbit/s,满足通信带宽的需求。

2.3.2 通信时延

通过MEC的建设,端到端整体时延在15 ms内,满足远程遥控的要求。

2.3.3 图像稳定性

整体远程遥控过程中,图像传输稳定、画面清晰、无卡顿,满足了远程遥控的要求。

总之,5G网络在带宽、时延、稳定性等方面远远优于4G网络,保证了高清视频信号和控制信号的传输质量和速度。

2.4 效益分析

2.4.1 实用性分析

一是采用5G+MEC技术替代原有工业无线方案,不仅可以降低客户的网络成本,提高远程遥控的范围,而且扩展了远程遥控挖掘机的应用场景和商业模式。原有工业无线方案专用的数传电台和图传电台的成本在10万元人民币以上,而5G通信终端或模块的成本在千元人民币级别,算上通信费用,总成本降低了2个数量级。

二是引入VR全景视频技术,利用5G高带宽能力传输挖掘机现场全景视频,提高了远程遥控操作的体验和精准性。

2.4.2 业务拓展

一是达成战略合作协议。通过此次合作,山东联通已与山东临工集团达成战略合作协议,下一步将深入探讨5G在远程故障诊断、远程教学、AR、VR等业务中的应用,共同打造合作共赢的生态圈。

二是本方案采用模块化设计,控制模块、视频模块、通信模块都采用通用模块,并且控制信号采用通用车载CAN总线,可以方便移植到其他远程控制场景,如远程驾驶无人车(见图5)。

2019年4月14日,山东联通与北京智行者科技有限公司合作,成功实现了基于5G技术的室内远程精准遥控无人车,并在CCTV1《挑战不可能》节目中播出。节目现场,对单边桥、限宽车阵、突发状况、紧急测试轮胎阵、停车入库等多个关卡进行挑战,难度远超驾校考试,不仅对快速反应能力及驾驶技术有着极高的要求,也极大考验了5G网络的传输能力。

整个过程,5G网络速率和信号持续保持稳定,现

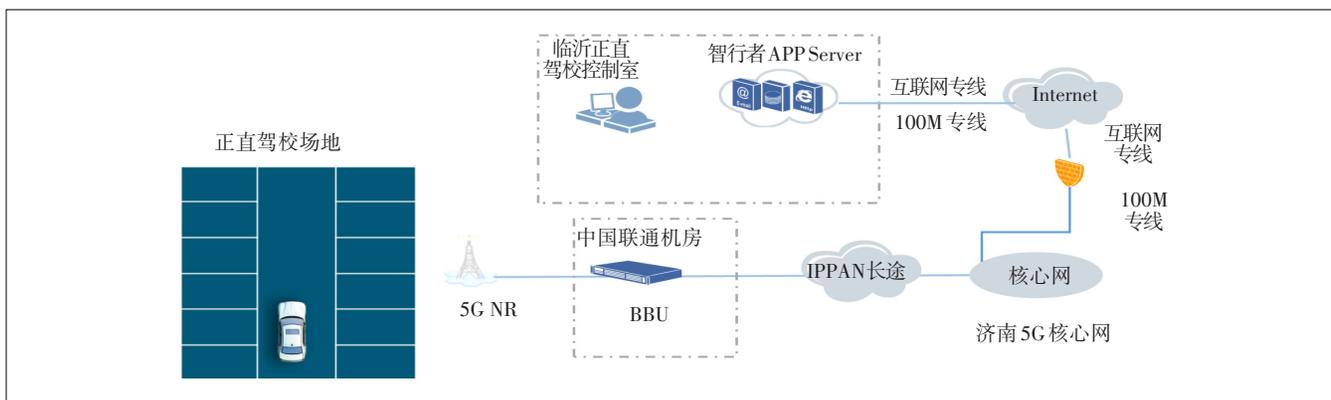


图5 远程驾驶无人车组网图

场测试实时上行速率高达百兆,端到端时延在12 ms以内;车速40 km/h因时延造成的刹车误差不到10 cm,挑战中车辆在遇到突发状况时紧急制动仍可最大限度保证安全并成功避障;低速时误差在1~2 cm,完美通过限宽车阵和极窄车位入库考验。

2.4.3 社会效益

山东联通与山东临工集团联合打造的5G远程遥控挖掘机项目,在国内机械企业尚属首次,不仅实现了恶劣环境下的挖掘机作业,也为未来无人工地的实现提供了可能。操控员可以足不出户地实时操控百里甚至千里之外的挖掘机,可以不受时间、气候、环境的影响推进工程进度,为未来无人工地的实现提供了可能。

2.4.4 品牌效应

一是培养行业潜在客户。通过和垂直行业伙伴合作,取得行业伙伴信任,这些垂直行业伙伴都是后续运营商5G垂直行业的潜在客户和业务拓展对象,也是目前阶段各运营商已经开始争取和抢夺的对象。

二是提升运营品牌。通过5G试验网和业务探索,推动5G产业链和商业模式不断走向成熟,并把这种模式加以包装、宣传和推广,提升在产业链的话语权和公司的品牌效应。

3 结束语

国家已正式发布5G牌照,5G将以全新的网络架构,提供数十倍于4G的峰值速率、毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力,开启万物广泛互联、人机深度交互的新时代。山东联通基于5G+MEC技术的远程遥控实践证明了5G技术对于现代机械远程控制的必要性,为5G在智能制造和车联网领域的应用提供了参考和借鉴意义。

参考文献:

- [1] 杨傲. 5G移动通信基站建设关键技术研究[J]. 科学技术创新, 2018(15):88-89.
- [2] 朱红军,葛安林. 电子控制机械式自动变速器[J]. 汽车电器, 2000(1):11-13.
- [3] 吴昌林,徐造坤,范青荣,等. 多工具联动控制机械加工技术[J]. 机械设计与制造, 2012(8):190-192.
- [4] 刘宜茹. PLC控制机械手在生产自动化中的应用[J]. 职业, 2011(14):96-97.
- [5] 张大伟. 5G最大应用之一在无人驾驶[J]. 邮电设计技术, 2015(3):5-5.
- [6] 王园园. 基于无线传感器的交通灯的远程控制[J]. 物联网技术, 2018(1):89-89.
- [7] 朱忠攀,吴宪,李刚,等. 低速无人清扫车远程监控系统架构及控制模型[J]. 机电一体化, 2017(12):46-50.
- [8] 曹国浩. 无人驾驶智能车远程监控系统的设计[D]. 西安:西安工业大学, 2016.
- [9] 谭宝成,曹国浩. 4G网络在无人驾驶智能车远程监控系统上的应用[J]. 电子设计工程, 2015(15):30-32.
- [10] 张长青. 基于5G环境下的工业互联网应用探讨[J]. 电信网技术, 2017(1):29-34.
- [11] 王琪. 一种调车机无人驾驶控制装置[J]. 中国新技术新产品, 2017, 355(21):16-17.
- [12] 张铭扬. 大延迟条件下无人机远程控制技术研究[D]. 成都:电子科技大学, 2018.
- [13] 黄鹏飞. 基于临场感知与信息交互技术的汽车远程代驾系统研究[D]. 长春:长春理工大学, 2018.

作者简介:

马丹,毕业于北京邮电大学,主要从事5G网络建设及2B行业应用项目管理工作;陈文,毕业于南京邮电大学,山东联通网络发展部副总经理,负责全省移动网络建设管理工作;张勇,毕业于北京邮电大学,山东联通网络发展部总经理,统筹管理全省网络规划、发展及建设工作;柏龙,毕业于海军航空工程学院,主要从事移动网络建设与维护管理工作。