

5GtoB 模型化方案构建方法

Research and Practice on Construction
Method of 5GtoB Modeling Scheme

研究与实践

宋鑫¹, 陈静², 张蕾¹ (1. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033; 2. 中国联通河北分公司, 河北石家庄 050011)
Song Xin¹, Chen Jing², Zhang Lei¹ (1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. China Unicom Hebei Branch, Shijiazhuang 050011, China)

摘要:

研究了5GtoB模型化方案构建方法,通过行业画像适配整体业务场景设计网络指标需求,将用户业务、体验与网络指标建立关联,为用户的5GtoB建网规划提供参考。最后通过具体案例对该方法进行了验证。

关键词:

5GtoB; 行业画像; 业务建模; 网络建模; 精准网络 SLA 指标

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2024.04.008

文章编号: 1007-3043(2024)04-0046-08

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:

It studies the construction method of 5GtoB modeling scheme, and designs network indicator requirements by adapting industry portraits to the overall business scenario, which links user business, experience, and network indicators to provide reference to users in their 5GtoB network planning. Finally, the method is validated through specific cases.

Keywords:

5GtoB; Industry portrait; Business modeling; Network modeling; Accurate network SLA indicators

引用格式: 宋鑫, 陈静, 张蕾. 5GtoB 模型化方案构建方法研究与实践[J]. 邮电设计技术, 2024(4): 46-53.

1 概述

近年来,5GtoB行业应用不断增加,但在项目实施中,一直存在需求难以掌握、规划实施困难、项目建设粗放、验收维护延后、网络优化困难等问题。迫切需要一种模式,建立网络与业务的共同语言,确保项目顺利实施,达到验收标准。网随业动,精确的网络指标满足业务最小化需求,避免不合理的规划建网,从而节省费用,提高收益。

本文基于行业画像,适配整体业务场景设计网络指标,将用户业务、体验与网络指标进行关联,形成5GtoB模型化方案构建方法,解决5GtoB项目复杂、业务场景需求理解困难、网络与业务语言不一致等问

题,为用户的5GtoB建网规划提供参考。

2 整体思路

首先对客户业务进行调研,将客户业务需求模型化,形成行业画像,基于客户业务需求匹配网络建模,规划网络设计与部署参数。整体结构如图1所示。

通过与客户技术负责人、技术使用人、流程负责人、设备集成商等进行沟通与交流,按照现有的具体行业模板进行业务建模分析,确定行业场景、业务流程、业务上下游关系、业务点位数量、业务应用需求等,形成完整的客户业务画像。

网络建模包括原子建模、设备建模、画像建模、网络建模。原子建模对各业务类型、设备与组件映射,确定5G带宽、时延、抖动、丢包、保障优先级、可靠性、体验要求等原子需求。设备建模对业务抓包分析结

收稿日期: 2024-02-27

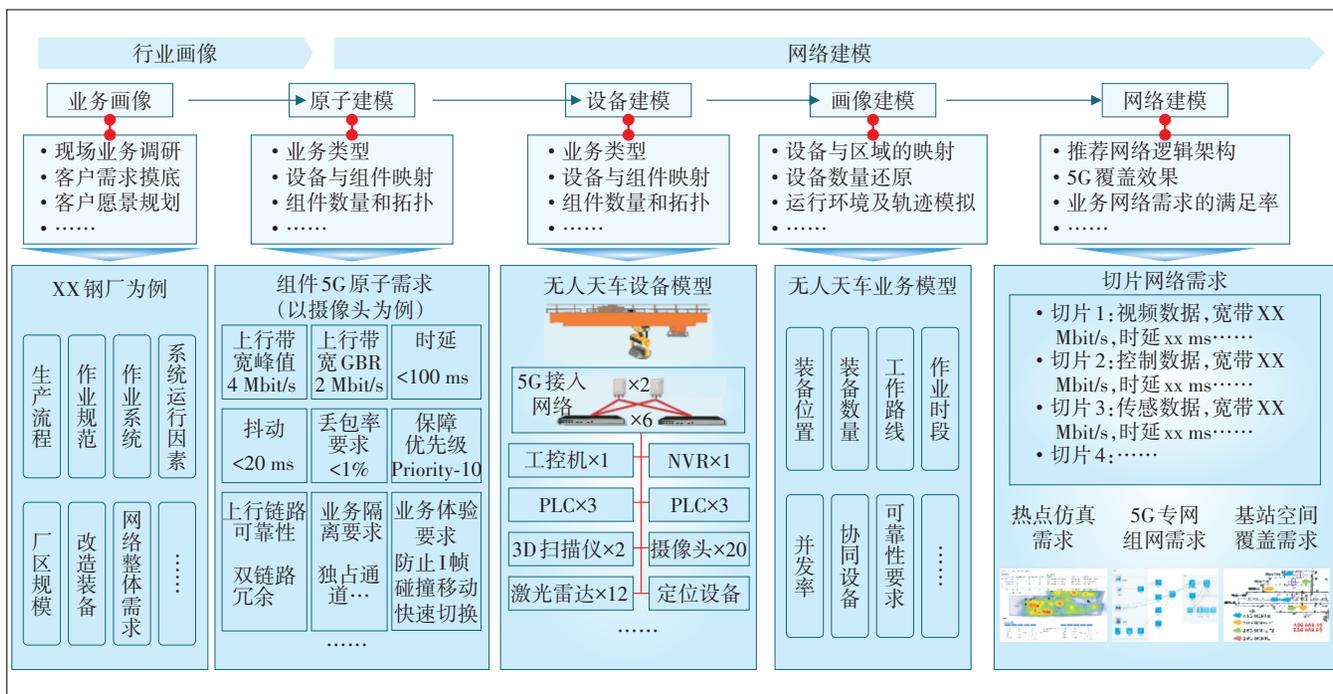


图1 行业画像与网络建模总体结构

果与过程件进行确认,工业控制场景下与客户集成商、电气工程师、设备提供商进行分析方法与指标的确认。画像建模明确客户使用场景、业务流程、业务上下游关系、业务点位数量、业务应用需求等5G业务需求。网络建模确定需要构建什么样的网络来满足应用点位的要求(覆盖、容量、时延、可靠性等),指导确定性SLA的网络建设;明确与支撑业务匹配需要满足和关注的网络关键指标、关键特征、关键事件,设计规划相应的监控和测试手段,使业务连接可视可管。

2.1 行业画像

行业画像就是要将OT语言转换为ICT语言,构筑OT业务到ICT技术的桥梁,沉淀可复制的行业画像资产,支撑高效、规模应用。行业画像以toB业务信息调研为基础(见图2),将设备系统拆分成部件,梳理部件业务类型,并明确业务特征参数,形成各个业务场景的详细需求调研表。根据需求调研表进行客户场景需求调研,获取全量调研信息,同时获取关键的需求信息,抽取与业务建模测试相关的最小化需求信息,作为后续业务建模模型套用的关键需求指标。

需求调研表模块化设计分为业务场景基本信息和特性信息。基本信息主要包括业务场景名称、业务场景基本信息介绍、应用子场景、业务涉及摄像头数量、业务上线5GtoB真实摄像头数量、期望开通时间、覆盖行政区域、业务覆盖范围、覆盖类型、行业终端是

否移动、行业终端移动速度、行业终端运动轨迹、行业终端位置信息、业务数据是否被允许出园区、视频存储、大屏监控、智能AI、高清/超高清、高密/低密、高频/低频、实时交互/非实时交互、视频协议、交互模型等信息。特性信息主要包括行业UC名称、应用场景、5G终端、码流类型、主码流数、辅码流数、主/辅码流分辨率、主/辅码流码率类型/视频码率/编码帧率/I帧间隔、业务消息包长度(应用层)、业务方向、传输协议、业务体验SLA、摄像头厂商、摄像头型号、视频平台缓存时延、视频平台缓存帧数等。调研表针对每一项列出参数含义、取值范围、需求最小化网络建模关键参数,按表格逐项填写项目实际参数,形成客户业务信息。需求评估表将涉及本次5G网络改造承载的相关应用场景(如无人天车、龙门吊远控等)列入该表,并对各应用场景按照业务数据流进行拆分,如电铲远控可以拆分为视频回传、远程控制、数采数传,每一个应用场景对应一个表单,将该应用场景涉及的业务流信息按照后面页签模板要求填入,需要在“场景网络信息汇总”页签中的区域图纸中标注设备位置信息(固定设备标注其点位经纬度,移动设备标注其移动轨迹及轨迹上关键点位的经纬度,可通过谷歌地图等方式制作)。

2.2 网络建模

网络建模通过业务详细分析与模型套用,最终指导确定性网络SLA的建设。网络建模要对齐下三路

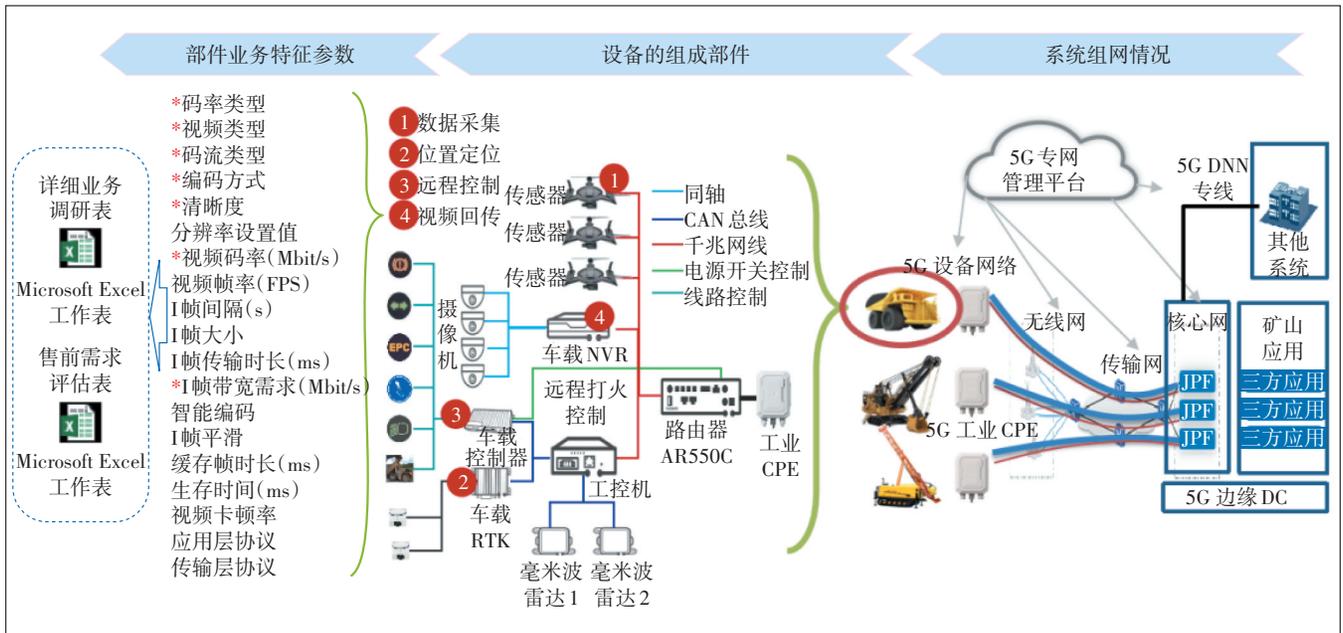


图2 toB业务信息调研

网络,根据整体业务场景设计网络指标需求,获取业务模型与体验模型关键参数,将用户业务、体验与网络指标建立关联关系,最终为用户的5GtoB建网规划提供参考。完成业务场景的业务建模和设备建模后(业务模型包括该场景的业务描述、业务活动范围、应用工作特性、空间时间分布等,设备模型包括设备的活动覆盖范围、对网络的SLA诉求、设备的功能特性等),下一步将对此场景进行网络建模,包括网络SLA

需求建模、网络容量覆盖建模、网络资源建模(见图3)。

网络建模总体步骤如下。

a) 确定业务场景原始KQI。工业控制场景下,将客户对业务的最本质诉求形成业务场景原始KQI,主要包括工业控制精度要求、安全要求、效率要求、体验要求等。其中工业控制精度要求是指工业控制中业务的精细化操作对控制精度的要求。工业控制安全

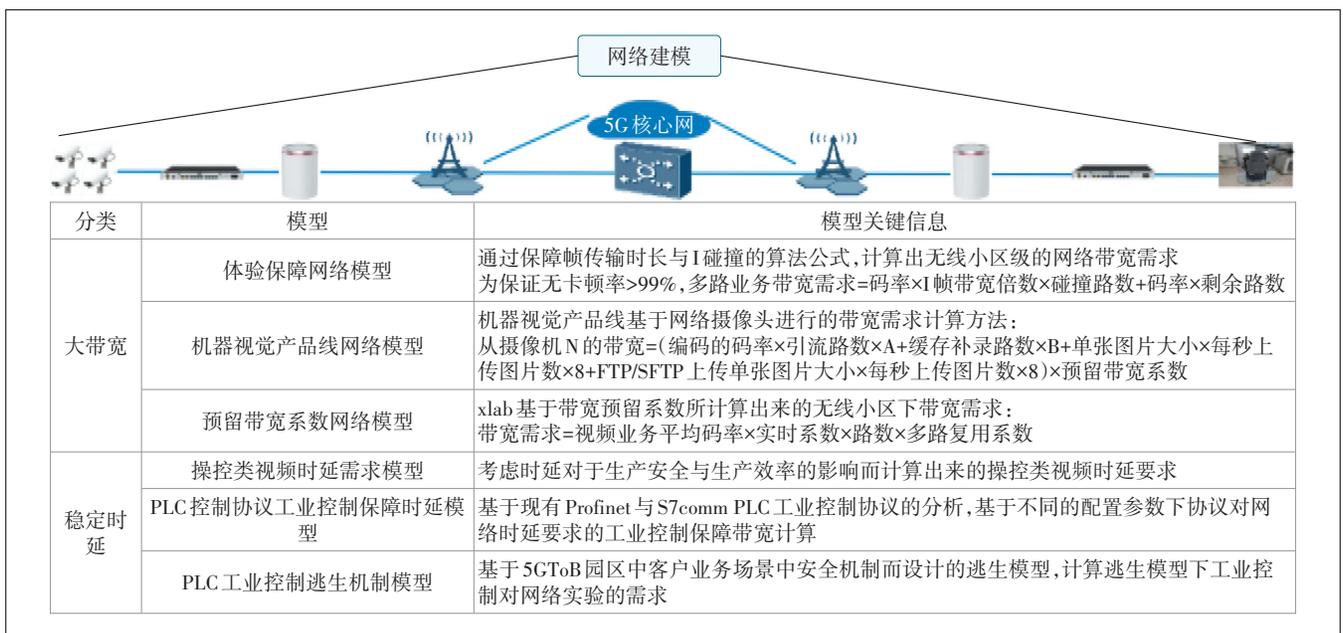


图3 网络建模方法示意

的要求是园区客户业务最敏感的要求。工业生产效率要求是客户对生产业务可用度指标的要求。工业控制体验要求是指客户对工业控制中监控质量、操作体验等的要求。

b) 确定业务场景网络 KPI 指标。单业务场景下,业务场景 KQI 被转换成网络 KPI 指标,主要包括时延指标、带宽指标、设备指标、网络指标。时延指标是指 RTT 时延、单向时延、稳定时延、时延抖动等。带宽指标是指上行速率、下行速率。设备指标是指设备 pps 转发、设备特性规格。网络指标是指丢包率、网络可用度。

c) 确定混合业务场景下指标。多 UC 混合,对应到无线网络区域规划中的指标需求,业务场景在业务区域、无线覆盖、设备聚合等维度的指标规划。

d) 网络规划设计与部署。将建模结果转化成网络规划设计与部署,主要包括网络规划设计、网络优化设计、业务组网方案规划设计、无线小区规划设计、5GtoB 网络特性场景应用等。

3 应用实践

某客户主营业务为煤炭等大宗散货的装卸、堆存。卸车系统采用翻车机工艺,配备有 3 翻式翻车机 2 台、2 翻式翻车机 1 台,单台额定卸车能力为 7 500 t/h,日均可接卸 C80 万吨大列 24 列以上。装船系统采用移动式装船机,配有 4 台装船机,单台额定装船能力为 6 500 t/h,日均装船可达 20 万 t 以上。堆场面积 54 万 m²,堆存能力可达 280 万 t 以上,配有 6 台堆取料机和 2 台取料机。客户要求厂区内 1 台装船机/堆取料机上 1 个 PLC 控制和 4 个视频监控业务上线。

客户网络结构如图 4 所示,客户每台大机携带数量不等的摄像头,视频图像汇聚到大机汇聚交换机后统一上行到前场核心交换机。大机摄像头 IP 地址网关位于前场核心交换机,大机交换机到前场核心交换机之间是二层网络,前场核心交换机到视频服务器之间是三层网络。

如图 5 所示,大机设备上 13 个摄像头的视频图像通过 NVR 汇总后,通过海康的推流协议将视频推送到大机控制台监控器与视频监控中心。大机下位机 PLC 控制器与上位机 PLC 控制器通信,并由大机控制台实现远程控制业务。大机上位机与下位机 PLC 控制器均通过网闸映射与管控应用中心通信。

3.1 港口大机业务画像

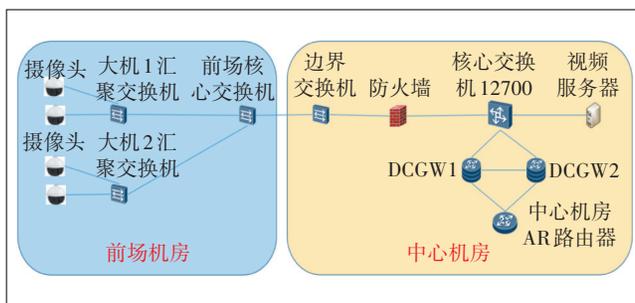


图 4 客户现有网络情况

根据需求调研表、需求评估表对客户业务信息调研,形成业务画像。如图 6 所示,港口大机控制、视频数据分为 6 个部分。

a) 视频监控(控制监控)流量。大机控制台中 5 个监控器的视频回传流量。

b) 视频监控(监控中心)流量。视频监控中心对所有的视频监控显示的业务流。

c) Ethernet/IP CIP 流量。大机控制器下位机北向流量,为非实时 CIP 控制协议。

d) Ethernet/IP CIP I/O 流量。大机控制器下位机南向流量,为实时 CIP I/O 控制协议流量,包括组播控制交互流量、GNSS、远程 I/O 站、洒水 PLC 等。

e) UDP(悬臂防碰撞)流量。悬臂防碰撞与大机控制器之间的周期性流量。

f) TCP(生产调度中心)流量。工控机与 PLC 下位机与生产调度中心三维应用的业务流量。

港口大机业务画像如表 1 所示。

3.2 网络建模

确定业务场景原始 KQI,主要包括控制精度要求达到 20 cm、客户急停指令下发、客户业务可用度(年停机时长)、客户体验(天车监控不花屏、不卡顿)等。

确定业务场景网络 KPI 指标,主要包括控制精度对网络时延的指标需求,急停指令下发对网络时延、稳定时延等指标的需求,客户业务可用度对稳定时延、网络可用度需求,业务体验对带宽、丢包率等网络指标的需求等。

确定混合业务场景下指标,包括控制精度(根据抓包分析中组态更新周期可以初步得出业务场景的 RTT 时延指标需求)、业务可用度(由业务场景中稳定时延与网络可用度的指标要求和业务体验得出)和天车几个摄像头的保障带宽需求等。

网络规划设计与部署。根据业务可用性进行业务组网方案的选择和无线小区级的规划设计,引入

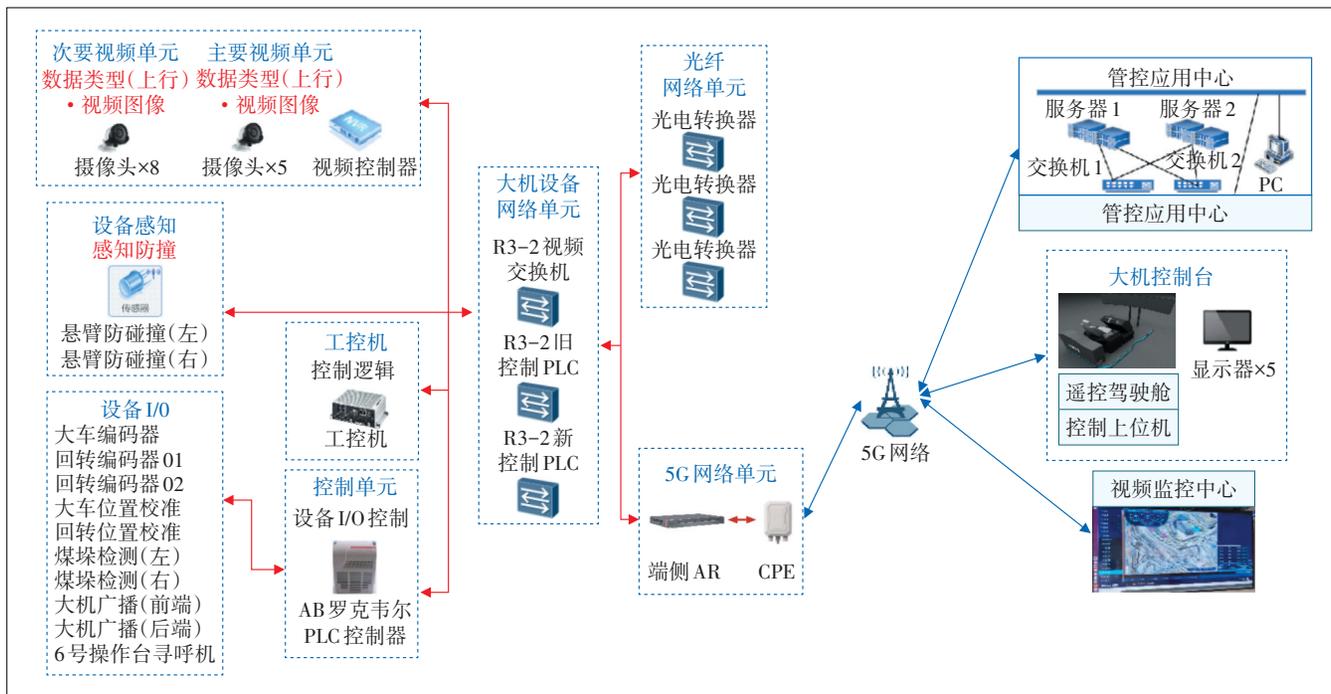


图5 大机系统逻辑架构

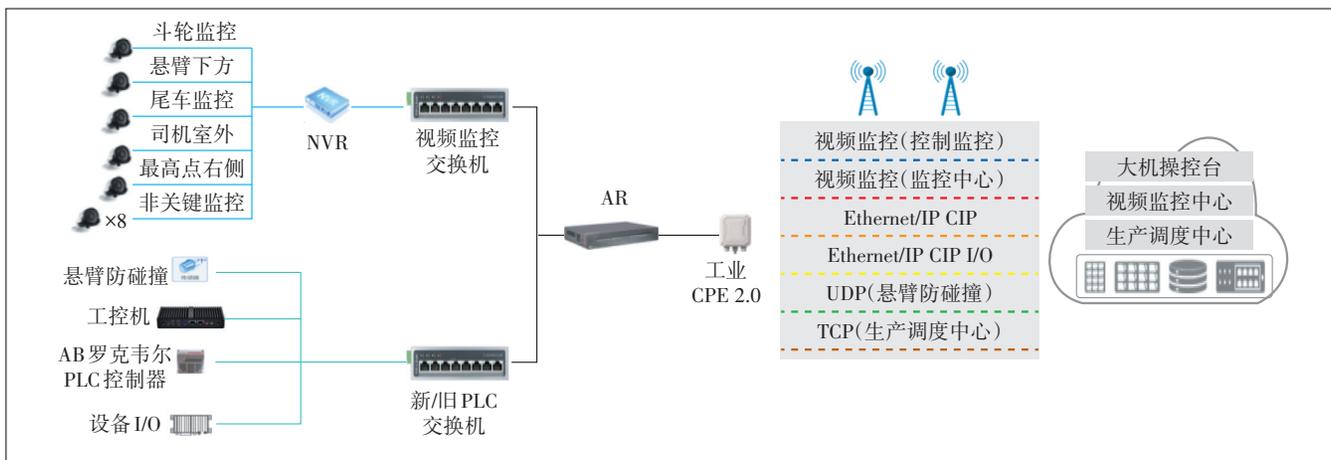


图6 大机整体业务流

表1 港口大机业务画像

业务流	数据流方向	源端	目的端	流量详情
视频流控制台	上行	NVR 服务器	大机控制台 Client	视频回传到控制台流量
视频流视频监控中心	上行	大机上 13 个摄像头	视频监控中心 Client	视频回传到监控中心流量
大机控制业务流 (Ethernet/IP CIP)	上下行	PLC 北向应用 192.168.6.101/192.168.6.12/192.168.6.34/192.168.6.35/ 192.168.6.36/192.168.6.37/192.168.6.38/192.168.6.66	大机下位机 PLC 控制器 EN2T_01 192.168.6.156	HMI/服务器、设备状态监控、数据采集等
大机控制业务流 (CIP I/O)	组播	GPS 移动站 IP, 远程 I/O 站, PLC 控制器 IP (洒水) 等设备的组播交互		传感器数采、I/O 控制等
大机 UDP (悬臂防撞) 业务流	上下行	悬臂防撞 192.168.6.162/192.168.6.163	悬臂防撞检测应用 192.168.6.10	大机悬臂防撞检测业务流
大机 TCP (生产调度中心) 业务流	上下行	生产调度中心三维 2 192.168.6.87 生产调度中心三维 5 192.168.6.91	EN2T_01 192.168.6.156 工控机 192.168.6.166	大机到生产调度中心的应用业务流

MEC 下沉、端到端切片方案的规划落地等。

a) 大机视频回传网络建模关键参数获取。

Netlive工具提取大机视频监控中典型的回传流量,进行码流提取,获取关键指标。I帧帧长与I帧带宽需求均为网络建模关键指标,均传递到后面参与多路视频I帧碰撞带宽需求的计算。关键参数如表2所示。

表2 网络建模关键参数

获取指标	指标值	指标含义
预计占用带宽	11.62	视频回传占用的平均带宽需求
分辨率	1 920×1 080P	视频回传中IPC分辨率配置
码率	6M	视频回传中IPC码率配置
帧率	25	视频回传中IPC帧率配置
I帧帧长/KB	最大	184.96
	最小	0.51
	平均	154.71
		I帧大小

b) 视频回传网络SLA指标需求。按照港口堆取料机场景业务需求,单大机设备视频5+8个摄像头,每路摄像头按照2路拉流计算,5G网络管道中共26个摄像头的带宽需求为222.8 Mbit/s。操控类视频回传场景,由于操控及时性要求,对时延的需求为100 ms。

c) 大机远程控制网络建模数据报文获取。汇总所有控制端口的全部带宽需求为18 Mbit/s,大机远程控制报文采用Ethernet/IP协议,北向传输采用CIP协议,承载参数下发、数据采集等业务;南向传输采用CIP I/O组播协议,承载下层I/O模块的通信。控制业务流中平均pps为3 737,pps数量较大主要由于Ethernet/IP控制协议采用了组播的CIP I/O方式传输。网络时延需求主要取决于Ethernet/IP协议的具体要求,以及悬臂防碰撞检测与业务时延需求决定。

d) 大机远程控制网络建模Ethernet/IP协议分析。

(a) 显式报文传输高可靠、低及时性数据。数据包较大,典型值为104~594 B,包含需解析的服务指令。常用于HMI/服务器,协议双方无须一直保持通信、设备状态监控等。采用请求-应答通信模式连接,基于TCP协议,常用于北向通信,对网络时延可靠性无较高要求。

(b) 隐式报文传输高及时性数据。通常以固定周期发送,数据包较小,取值范围为(70 B, 202 B],只传预设属性应用数据。常用于传感器数采、I/O控制等。采用生产者-消费者模式(组播),在同一链接下,基于UDP协议,常用于南向通信,对网络要求高。

e) 远程控制网络SLA业务指标获取。隐式报文传输之前需要通过TCP链接建立CIP链接并配置参数。通常由PLC指定参数下发给I/O。大机上位机

PLC控制器RPI配置为65 ms,大机下位机PLC控制器RPI配置为50 ms。发包周期RPI、超时乘数、发包方式是网络相关的3个关键参数(见图7)。

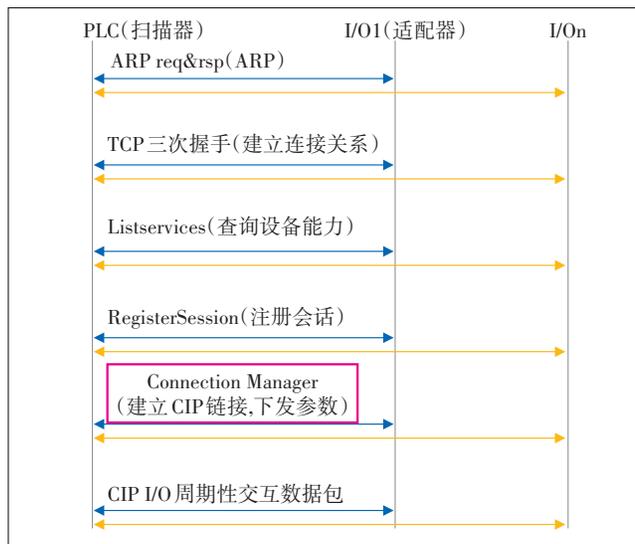


图7 远程控制网络SLA业务指标获取

f) 远程控制业务协议超时判断门限。超时乘数取值一般为 $4 \times 2n$,最小值为4,最大值为512。由于未抓取到大机控制Connection Manager报文,客户无法提供明确的超时乘数,本次采用最小超时乘数4。EIP以 $RPI \times$ 超时乘数作为WDT,通常情况下 $WDT \geq 100$ ms。最小断链延时= $RPI \times$ 超时乘数= 50 ms $\times 4=200$ ms。

通过以上分析,港口大机网络建模如表3所示。

大机13个摄像头的视频回传,供视频监控与大机控制台监控器使用,每一路摄像头均拉流2路。

大机上位机与下位机之间采用AB罗克韦尔PLC控制器通信,工业控制协议为Ethernet/IP,其中包括了显示报文CIP与隐式报文组播CIP I/O。

大机业务层由集成商定义了断链门限,断链门限当前配置为4 s。

大机上有一个主要的通信部件悬臂防碰撞组件,采用ping包与UDP周期心跳报文通信。

3.3 测试验证

3.3.1 港口大机远程控制业务加扰测试

在测试组网中,将网络加扰测试工具串接到控制网络中,由于操作受限,将加扰测试工具串连到核心AR与控制核心交换机之间,对控制业务流进行网络指标加扰(见图8)。加扰之后,观察客户的大机业务是否正常,并抓取业务报文,查看是否有异常业务报文出现。

表3 港口大机网络建模示意

业务类型	典型应用实例	业务特征	影响因素		时延需求 (RTT)/ms	带宽需求/ (Mbit/s)	丢包率	可靠性要求
			典型配置	无线小区				
大机 (堆取料机)	视频监控	大机 13 个摄像头的视频回传, 供视频监控与大机控制台监控器使用, 每一路摄像头均拉流 2 路	分辨率为 1 080P, 码率为 6 Mbit/s, 编解码协议 H.265	未锁小区	<100	>222.8	10 ⁻⁵	超高可靠性
	Ethernet/IP 协议	大机上位机与下位机之间采用 AB 罗克韦尔 PLC 控制器通信, 工业控制协议为 Ethernet/IP, 其中包括了显示报文 CIP 与隐式报文组播 CIP I/O	4 对 CIP TCP 协议交互, 10 对 CIP I/O 交互 RPI 为 50 ms, 超时系数为 4	未锁小区	<200	>18	10 ⁻⁵	超高可靠性
	大机业务断链门限	大机业务层由集成商定义了断链门限, 断链门限当前配置为 4 s	业务需求调研获取	未锁小区	<4 000		10 ⁻⁵	超高可靠性
	悬臂防撞检测	大机_上有一个主要的通信部件悬臂防撞组件, 采用 ping 包与 UDP 周期心跳报文通信	未调研	未锁小区	-		10 ⁻⁵	超高可靠性

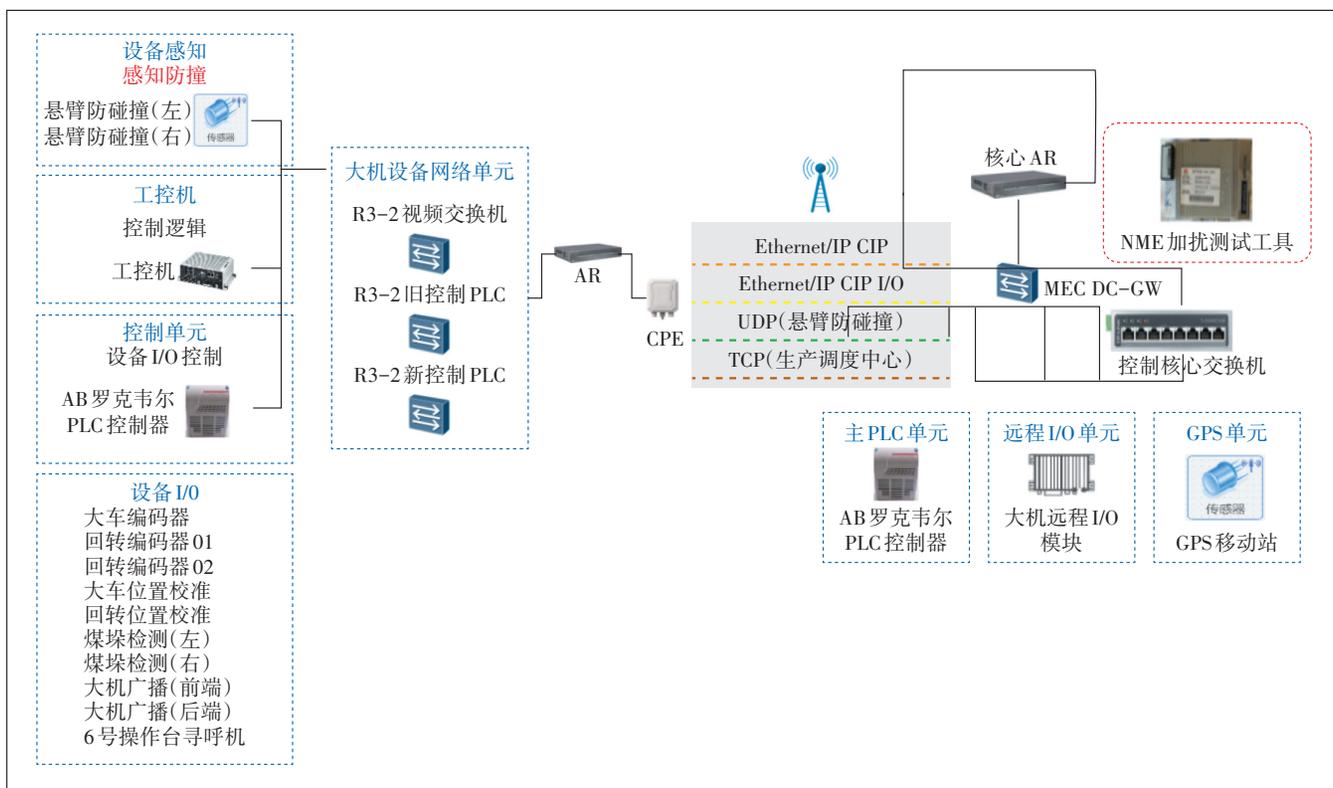


图8 港口大机远程控制业务加扰测试

3.3.2 港口大机远程控制业务加扰测试内容

远控时延 SLA 阈值测试, 定义控制业务最大允许时延, 加扰时延从小到大, 判断大机业务断链门限与协议断链门限。在控制核心侧串接加扰测试工具, 对网络上行时延进行单向加扰, 增加基础网络时延指标。在时延增加后, 判断大机控制业务协议层是否有异常, 并与客户确认大机实际业务是否可以正常使用。测试用例如表 4 所示, 执行过程如图 9 所示。

4 结束语

5GtoB 模型化构建方法创新与实践, 建立了客户

业务需求与网络指标精确转换的规划建设方法, 取得了良好的经济效益和社会效益。通过模型可以精准计算网络 SLA 指标需求, 算法偏差度小于 10%, 可以避免不合理的超量建网。网络建模成为业务场景与 5GtoB 网络之间的桥梁 (见图 10), 可复制推广, 以此为模型, 已在多家客户方案中得到有效应用。通过智能改造生产设备替代人工操作, 实现自动化、集成化、智能化、节能减排, 提高资源利用效率和优质产品率。通过实现无人化作业执行、在线检测、高性能闭环控制, 可提高控制精度, 提升产线质量水平。以市场需求为导向, 汇聚产业链企业、运营商、通信设备商、终

表4 测试用例

测试编号	时延加扰值/ms	协议层异常情况	业务应用异常情况
1	上行0	无异常	大机正常
2	上行150	无异常	大机正常
3	上行200	CIP CM重新建链	大机正常
4	上行500	CIP CM重新建链	大机正常
5	上行1000	CIP CM重新建链	大机正常
6	上行大于1000(未测试)	CIP CM重新建链	大机异常

端设备等,整合各方资源,开展标准制定和技术积累工作,同时强化智能制造先进模式的应用与推广,构建企业实践经验的交流机制,有效推动行业智能制造的协同发展,共同推进5GtoB面向应用的智能制造相关理论研究、技术研发、数据共享、应用推广,形成开发合作、协同发展的大数据技术、产业和应用生态体系。

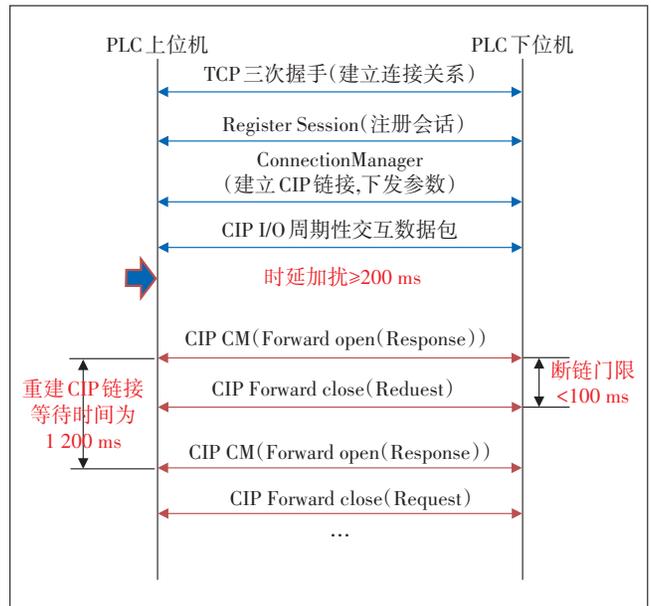


图9 港口大机远程控制业务加扰测试执行过程



图10 业务建模指导业务规划与网络优化

参考文献:

- [1] 孙鹏飞,林立,司哲. 5GtoB 规模复制方法论及标准化能力构建[J]. 电信科学,2022,38(z1):3-10.
- [2] 曹亚平,孙颖,张会肖. 基于5GtoB定制网的数据分流方案研究[J]. 电信科学,2022,38(9):161-168.
- [3] 李博,沈澈. 基于5G ToB定制网的电网应用及组网方案研究[J]. 通信与信息技术,2023(3):97-102.
- [4] 成晓东. 5G ToB 高可用边缘网关方案在智慧煤矿中的容灾探究

[J]. 中国新通信,2021,23(15):22-23.

作者简介:

宋鑫,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事网络队伍建设、专业技术资格培训及认证等工作;陈静,毕业于电子科技大学,高级工程师,硕士,主要从事政企交付运营管理、网络产品运营交付、智慧运营等工作;张蕾,毕业于南京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事政企交付运营管理、数字化交付队伍建设、智慧运营等工作。