

团体标准

T/XXXX XX-202X

城市道路交通信号平台与现场设备 通信系统标准

Standard for Urban Road Traffic Signal Platform and Field Equipment
Communication System

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

北京软件和信息服务业协会 发布

目 次

前 言	II
城市道路交通信号平台与现场设备通信系统标准	3
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
3.1 信号机 road traffic signal controller	3
3.2 信号控制系统 urban traffic control	3
3.3 边缘计算 multi-access edge computing	3
4 缩略语	3
5 城市道路交通信号平台与现场设备通信架构	4
5.1 整体架构	4
5.2 城市道路交通信号平台划分	5
5.3 城市道路现场硬件设备划分	5
5.4 城市道路交通信号平台与现场设备通信系统划分	6
6 通信系统的技术规范和要求	6
6.1 统一信控平台与信号机通信	7
6.2 智能网联云控平台与现场设备通信	8
6.3 第三方平台与车端设备通信	9
参考文献	12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020 《标准化工作原则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由北京软件和信息服务业协会提出。

本文件由北京软件和信息服务业协会归口。

本文件起草单位：[北京公安局公安交通管理局](#)、北京博研智通科技有限公司、北京航空航天大学、中关村科技园区管理委员会、北京交通发展研究院、腾讯云计算(北京)有限责任公司。

[本文件主要起草人:解丹、丛涛、张奇。](#)

城市道路交通信号平台与现场设备通信系统标准

1 范围

本文件规定了交通信号平台系统与现场设备通信系统的通信协议、通信接口、数据访问和数据类型。

本文件适用于有关城市道路交通信号平台系统与现场设备通信的标准化要求。其目的是为了确保各个城市道路交通信号平台系统及相关设备之间的互操作性和一致性,以实现高效、安全和可靠的通信。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 14887-2011 道路交通信号灯

GB 25280-2016 道路交通信号控制机

GB/T 20609-2023 交通信息采集 微波交通流检测器

GB/T 20999-2017 交通信号控制机与上位机间的数据通信协议

GB/T 29012-2012 道路交通信息服务 通过调频数据广播发布的交通信息

GB/T 29103-2012 道路交通信息服务 通过可变情报板发布的交通信息

GB/T 29109-2012 道路交通信息服务 通过无线电台发布的交通信息

GB/T 29111-2012 道路交通信息服务 通过蜂窝网络发布的交通信息

GB/T 34064-2017 通用自动化设备行规导则

GB/T 51431-2020 移动通信基站工程技术标准

GA/T 1743-2020 道路交通信号控制机信息发布接口规范

T/ITS 0173-2021 智能交通 路侧激光雷达 接口技术要求

3 术语和定义

GB/T 31418界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 信号机 road traffic signal controller

能够改变道路交通信号顺序、调节配时并能控制道路交通信号灯运行的装置。

3.2 信号控制系统 urban traffic control

在交通信号控制系统中,能和多台信号机通信并对其运行控制和监视的上端设备。

3.3 边缘计算 multi-access edge computing

在道路交通领域,安装位置靠近路侧数据源头的网络边缘侧,融合网络、计算、存储等应用核心能力的开放平台,就近提供边缘智能服务的计算设备。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- OBU：车载单元(On board Unit)
- RSU：路侧单元(Road Side Unit)
- MEC：边缘计算(Multi-access Edge Computing)
- DSRC：专用短程通信(Dedicated Short-Range Communications)
- GPS：全球定位系统(Global Positioning System)
- V2X：车联网(Vehicle to Everything)
- IP：网络协议(Internet Protocol)
- UDP：用户数据报协议 (User Datagram Protocol)

5 城市道路交通信号平台与现场设备通信架构

5.1 整体架构

城市道路交通信号平台与现场设备整体架构如图1所示，主要包括平台软件、现场设备和通信方式三部分。其中，平台软件包括统一信控平台、第三方平台和智能网联云控平台；现场设备包括交通信号机（以下简称“信号机”）、车端设备、路侧设备；平台与现场设备通信方式包括无线通信和互联网通信。本文件主要包括图1中的实线箭头部分。

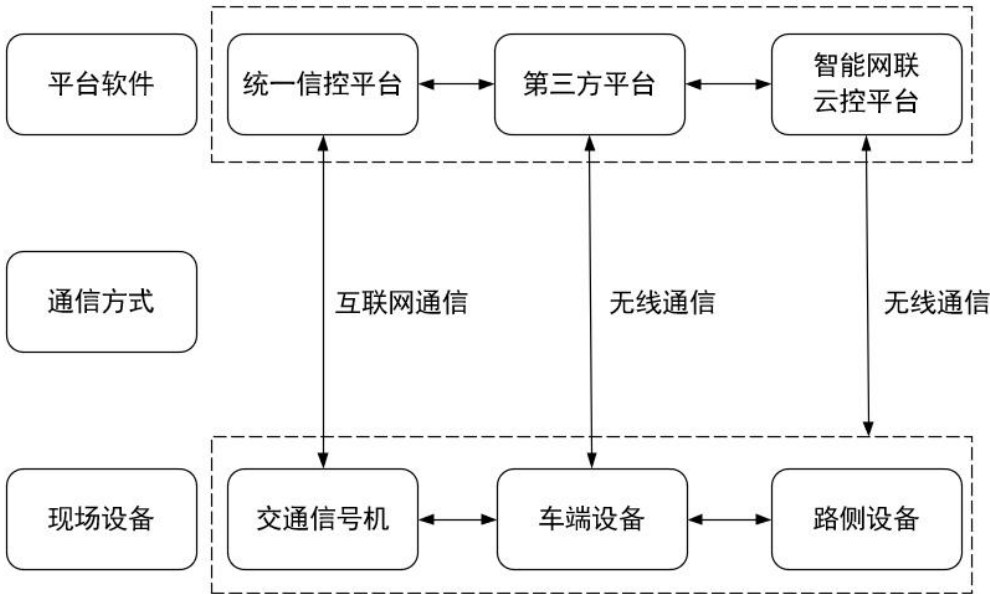


图1 城市道路交通信号平台与现场设备架构示意图

- (1) 平台系统：包括统一信控平台、第三方平台和智能网联云控平台。
 - 统一信控平台：支持与1台或多台交通信号机通信，能够实时控制、监视交通信号机的运行状态，可发送信号控制方案。
 - 第三方平台：提供高精地图、定位、气象预警等服务。
 - 智能网联云控平台：负责全局数据的汇总、处理，支持交通安全类、效率类、信息服务类等多种应用。
- (2) 现场设备：包括信号机、车端设备、路侧设备。
 - 信号机：控制信号灯运行情况，发送信号灯运行状态，并根据统一信控平台的控制指令，改变信号灯顺序、配时方案。信号机技术要求应符合GB 25280中的规定。

- 车端设备：其中包括车载单元OBU，支持PC5（直连通信）和Uu（蜂窝通信）两种接口，通过车载单元OBU向路端和/或平台系统发送行驶状态信息，接收来自路端和/或平台系统提供的决策、控制以及基础服务等信息。
- 路侧设备：包括路侧感知设备（摄像机、毫米波雷达等）、路侧单元RSU以及边缘计算MEC。其中路侧单元RSU是一种负责通信的业务实体，采用DSRC技术，与车载单元OBU进行无线通信。

(3) 通信方式：包括无线通信和互联网通信。

- 无线通信：包括智能网联云控平台与现场设备的通信、第三方平台利用GPS/北斗与车端设备通信。
- 互联网通信：支持城市道路交通信号平台系统与1台或多台信号机通信，能够实时控制、监视交通信号机的运行状态，可发送信号控制方案。统一信控平台与信号机通信应符合GB/T 20999中的规定。

5.2 城市道路交通信号平台划分

城市道路交通信号平台包括统一信控平台、智能网联云控平台和第三方平台，具体定义及划分见表1。

表 1 城市道路交通信号平台划分

平台名称	平台能力定位	平台管理范围
统一信控平台	统一信控平台包含在上位机中，其与信号机通信应符合 GB/T 20999 中的规定，是城市道路信号控制的核心	支持与 1 台或多台交通信号机通信，能够实时控制、监视交通信号机的运行状态，可发送信号控制方案
智能网联云控平台	智能网联云控平台可以为各方提供数据共享和开放接口，是支撑智能交通应用的重要基础设施，促进智能交通应用的创新和发展	负责现场设备多源数据的的汇总、处理和分析，支持交通流量管理、安全性能评估、环境效益分析、通行能力界定等多种应用
第三方平台	第三方平台主要指可以提供高精度地图和导航信息的外接平台，是车端设备获取高精定位不可或缺的部分	为高精度地图数据和导航信息提供必要的的数据支持；获取最新的如交通拥堵情况、施工路段、事故等突发事件；与信号控制系统进行协同工作可实现车辆导航与信号灯控制的配合

5.3 城市道路现场硬件设备划分

城市道路现场硬件设备包括信号机、车端设备、路侧设备，具体定义及划分见表2。

表 2 城市道路现场硬件设备划分

名称	物理/数字化设施设备	交通控制能力
信号机	属于交通管控设施	用于控制交通流量的设备，安装在交叉口或道路上，并通过信号灯的不同颜色来指示车辆和行人何时可以通行或停止。信号机通常由红绿灯组成，可以根据交通状况自动调整信号时间

车端设备	感知设施：视觉传感器、雷达传感器； 通信设施：车载单元 OBU，通信方式有无线通信网络广播、V2X 有线/有线通信； 定位设施：高精度导航卫星定位设施、高精度地图	感知设备可识别交通参与者的类别（机动车、非机动车、行人），并根据城市区域内的实时交通信息进行动态信号配时等交通控制； 通信设备采用 DSRC 技术，可与路侧单元 RSU 进行微波通信，实现数据交互与信息传递； 定位设备利用 GPS/北斗技术提供高精度导航和地图
路侧设备	感知设施：视觉传感器、雷达传感器； 通信设施：路侧单元 RSU，支持无线微波通信网络广播； 计算设施：边缘计算 MEC，利用无线接入网络提供服务和云端计算功能，创造一个具备高性能、低延迟与高带宽的服务环境	感知设备可收集各种交通数据和监测路况，与信号控制系统集成后可进一步帮助调整信号灯的时间，优化交通信号控制； 通信设备采用 DSRC 技术与车载单元进行通讯，设计遵循国家标准为 GB20851，通讯频率为 5.8GHz； 边缘计算设备可根据感知融合后的共享交通数据进行车路信息交互，利用融合信息对车辆进行车速引导控制和自适应优化控制决策

5.4 城市道路交通信号平台与现场设备通信系统划分

城市道路交通信号平台与现场设备通信系统包括包括无线通信和互联网通信，具体定义及划分见表3。

表 3 城市道路交通信号平台与现场设备通信系统划分

通信方式	通信主体	通信技术支持
无线通信	第三方平台——车端设备； 智能网联云控平台——现场设备	使用 Wi-Fi、蓝牙、Zigbee 或者专用的车联网通信技术，实现智能网联云控平台与车端设备及现场其他设备之间的通信。无线通信具有安装方便、成本较低的特点，适用于一些无法铺设有线通信线路的场景
互联网通信	统一信控平台——信号机	城市道路交通信号平台系统可以通过信号控制系统UTC进行互联网远程通信。通过统一信控平台与 1 台或多台信号机通信，能够实现平台与信号机的数据交换和控制指令传输，便于远程监控和管理
有线通信	本架构未涉及	传统的方法是使用有线通信方式，通过铺设光纤、电缆或者其他通信线路，将交通信号控制中心与各个交通信号灯控制器相连。这种通信方式稳定可靠，但需要进行线路的铺设和维护，成本较高

6 通信系统的技术规范和要求的

6.1 统一信控平台与信号机通信

6.1.1 通信协议和标准

6.1.1.1 通信协议功能

信号控制系统UTC主要用于交通信号灯的控制和管理，包括信号灯的时序调度、相位切换、优化调整等。通过与统一信控平台进行通信，可以实现对信号控制系统的远程监控、参数设置和实时优化等功能。

6.1.1.2 通信接口要求

通信接口是统一信控平台与信号机之间进行数据交换和通信的接口。

- a) 接口要求：连接方式为无线连接，接口标准支持 Ethernet、RS-232 等；
- b) 数据格式要求：应采用基于信息帧封装的数据表交换方式，信息格式应符合第 6 章的规定；
- c) 通信协议要求：明确通信双方之间的通信规则和约定，包括通信命令的格式、通信流程、错误处理机制等。宜采用 Modbus、CAN（Controller Area Network）、TCP/IP 等。

6.1.1.3 通信起始条件

通信起始条件指的是统一信控平台与信号机开始进行通信的前提条件。

- a) 网络配置：采用互联网通信，需要进行网络配置，网络层宜采用 IP 协议，传输层宜采用 UDP 协议；
- b) 认证与授权：根据系统要求，对统一信控平台进行认证和授权，确保只有经过授权后才能与信号机进行通信。

6.1.1.4 通信终止条件

通信终止条件指的是统一信控平台与信号机结束通信的条件。

- a) 主动断开连接：统一信控平台或信号机可以主动发起断开连接的请求，即通信结束；
- b) 超时或通信异常：如果在一定时间内未收到对方的响应，或者发生通信异常（如通信丢包），则可以认为通信结束。

6.1.2 数据交换和消息传递

- a) 数据交换格式：通常情况下，数据交换格式可以选择常见的标准格式，如 JSON、XML 或者二进制格式。宜采用二进制格式，具有高效的序列化和反序列化速度，生成的数据包比 JSON 和 XML 更小，有较高的传输效率；

- b) 消息编码规则：在进行数据交换时，需要定义消息的编码规则，包括消息头部信息、消息体内容、校验位等。编码规则可以基于特定的协议进行定义，确保发送的消息能够被接收方正确解析，这里与数据交换格式保持一致，选用二进制编码规则；

- c) 消息解码规则：接收方在接收到消息后，需要按照预先约定的消息解码规则对消息进行解析，提取出消息中的各个字段信息，并进行相应的处理和响应。解码规则支持二进制解码；

- d) 错误处理机制：在通信过程中可能会出现各种错误，例如数据丢失、数据损坏、超时等，因此需要定义错误处理机制来应对这些情况。这里采用重传机制来确保通信的可靠性和稳定性。

6.1.3 通信安全性和保密性

对统一信控平台所在的网络进行合理的隔离设置，防止未经授权的访问和攻击。信号机设备信息的交互接口可采用数字签名方式，防止信息被篡改。

6.1.4 网络拓扑和传输要求

a) 网络架构：统一信控平台的网络架构采用分布式架构或云架构。分布式架构可以将不同模块部署在不同的物理或虚拟服务器上，提高系统的可伸缩性和容错性。云架构则可以基于云服务提供商的资源进行部署，实现弹性扩展和灵活性；

b) 设备连接方式：信号机与统一信控平台之间的连接方式通常采用以太网或无线通信技术，例如以太网接口、Wi-Fi、4G/5G 等。这些连接方式能够提供稳定的数据传输通道，确保信号机与统一信控平台之间的通信畅通无阻；

c) 带宽要求：对于信号机通信，带宽要求一般不会很高，主要取决于信号机传输的数据量和频率。一般来说，每个信号机的带宽需求通常在几千比特每秒（bps）到几兆比特每秒（Mbps）之间；

d) 延迟要求：信号机通信对于延迟的要求较高，因为信号机需要实时响应交通状况，并及时调整信号灯的状态。通常，信号机与统一信控平台之间的通信延迟应尽量控制在几百毫秒以内，以确保信号机能够及时响应中心指令。

6.2 智能网联云控平台与现场设备通信

6.2.1 通信协议和标准

6.2.1.1 通信协议功能

a) 远程监控与管理：可以实时监控和管理现场设备的状态和运行情况，包括设备的连接状态、工作状态、报警信息等；

b) 参数配置与更新：可以对现场设备的参数进行远程配置和更新，包括设备的工作模式、阈值设置、策略调整等；

c) 故障诊断与维护：可以进行故障诊断和维护操作，远程获取设备的日志信息、执行故障排查和修复操作等；

d) 数据采集与分析：可以从现场设备中采集数据，并进行数据分析和处理，包括实时数据监测、历史数据统计等。

6.2.1.2 通信接口要求

通信接口是智能网联云控平台与现场设备之间进行数据交换和通信的接口。

a) 无线通信方式：使用无线通信技术（如 4G/5G、NB-IoT、LoRa 等）与现场设备进行远程通信；

b) 数据格式要求：为实现高效的传输效率，宜采用二进制格式表示数据；

c) 通信协议要求：明确通信双方之间的通信规则和约定，包括通信命令的格式、通信流程、错误处理机制等。宜采用通信协议 MQTT、CoAP 等。

6.2.1.3 通信起始条件

通信起始条件指的是智能网联云控平台与现场设备开始进行通信的前提条件。

a) 建立无线连接：确保智能网联云控平台和现场设备之间建立稳定的无线连接，保证双方可以互相传输数据；

b) 身份认证与授权：根据系统要求，对现场设备进行身份认证和授权，确保只有经过授权的设备才能与云控平台进行通信；

c) 网络配置：配置现场设备的网络参数，选择手动分配或使用动态主机配置协议（DHCP）自动获取。手动分配 IP 地址时，确保设备的 IP 地址与其他设备在同一局域网中的地址不冲突。此外需要为接入点设置一个易于识别且具有辨识度的名称。

6.2.1.4 通信终止条件

通信终止条件指的是智能网联云控平台与现场设备结束通信的条件。

- a) 主动断开连接：云控平台或现场设备可以主动发起断开连接的请求，即通信结束；
- b) 超时或通信异常：如果在一定时间内未收到对方的响应，或者发生通信异常（如通信丢包），则可以认为通信结束。

6.2.2 数据交换和信息传递

a) 数据交换格式：在无线通信中，常用的数据交换格式可以选择二进制格式或者特定的协议格式，如 Protobuf 等。二进制格式可以提高传输效率和数据安全性，而协议格式则可以定义更丰富的数据结构和字段，这里采用协议格式；

b) 消息编码规则：消息编码规则定义了将消息转换为二进制形式的规则，通常使用特定的编码库或者自定义的编码方式。在 Protobuf 中，采用基于长度的编码方式，将消息字段按照一定规则编码为字节流；

c) 消息解码规则：消息解码规则是对接收到的二进制数据进行解析的规则，将二进制数据还原为可读的消息格式。解码规则需要和编码规则相对应，确保消息可以正确地被解析和处理；

d) 错误处理机制：在通信过程中，可能会出现各种错误情况，例如数据丢失、数据损坏、通信中断等。针对这些错误，可以采用校验和校验机制，验证数据的完整性。

6.2.3 通信安全性和保密性

智能网联云控平台信息交互接口的运行环境应符合GB/T 22239中网络安全等级保护第三级的规定，支持通过“公安信息通信网边界接入平台”与车联网应用与服务平台通信，应支持登记注册、安全加密、基于地址白名单的权限访问控制等安全管理措施。信号机与其他路侧设备信息的交互接口可采用数字签名方式，防止信息被篡改。车端设备信息可通过构建集成加密算法库，调用加密算法确保数据在传输过程中的安全性和保密性，同时要确保对密钥的生成、交换和管理进行严格控制。

6.2.4 网络拓扑和传输要求

a) 网络架构：智能网联云控平台通常采用分布式架构，包括云端服务器和现场设备。云端服务器负责管理和处理数据，而现场设备则负责采集和传输数据。这种架构可以实现大规模设备的连接和集中管理；

b) 设备连接方式：现场设备通信一般采用无线通信方式，常见的技术包括 Wi-Fi、蓝牙、Zigbee 等。这些无线通信技术可以实现设备之间的远程连接，方便数据的传输和控制；

c) 带宽要求：智能网联云控平台通常需要较高的带宽来支持大量设备之间的数据传输。具体的带宽要求取决于系统中设备的数量和数据传输的频率；

d) 延迟要求：智能网联云控平台对延迟要求较为敏感，特别是在实时应用场景下。例如，在自动驾驶车辆系统中，对于传感器数据的采集和处理需要保证低延迟，以确保车辆能够及时做出反应。因此，通常要求平台的延迟控制在毫秒级别。

6.3 第三方平台与车端设备通信

6.3.1 通信协议和标准

6.3.1.1 通信协议功能

a) 实时位置监测与导航信息传输：第三方平台可以实时监测车辆的位置信息，并向车端设备传输导航信息，包括路况、道路限速、交通事件等；

b) 远程配置与更新：可对车端设备的参数进行远程配置和更新，例如导航算法、地图数据等；

c) 故障诊断与维护：可以进行故障诊断和维护操作，远程获取车辆的状态信息、执行故障排查和修复操作等；

d) 数据采集与分析：从车端设备中采集数据，并进行数据分析和处理，例如行驶轨迹记录、车辆健康状况监测等。

6.3.1.2 通信接口要求

通信接口是第三方平台与车端设备之间进行数据交换和通信的接口。

a) 无线通信技术：使用高精度地图和导航的平台，通常采用 GPS、4G/5G、或者其他定位和通信技术与车端设备进行通信；

b) 数据格式要求：为实现高效的传输效率，宜采用二进制格式表示数据；

c) 通信协议要求：明确通信双方之间的通信规则和约定，包括通信命令的格式、通信流程、错误处理机制等。宜采用通信协议 TCP/IP、UDP、NMEA 等。

6.3.1.3 通信起始条件

通信起始条件指的是第三方平台与车端设备开始进行通信的前提条件。

a) 建立无线连接：确保第三方平台与车端设备之间建立稳定的无线连接，以便进行数据交换和通信；

b) 身份认证与授权：根据系统要求，对车端设备进行身份认证和授权，确保只有经过授权的设备才能与第三方平台进行通信；

c) 定位信息准确：确保车端设备已获取足够准确的定位信息，以便第三方平台可以获得车辆的实时位置。

6.3.1.4 通信终止条件

通信终止条件指的是第三方平台与车端设备结束通信的条件。

a) 主动断开连接：第三方平台或车端设备可以主动发起断开连接的请求，即通信结束；

b) 超时或通信异常：如果在一定时间内未收到对方的响应，或者发生通信异常（如通信丢包），则可以认为通信结束。

6.3.2 数据交换和消息传递

a) 数据交换格式：在无线通信中，常用的数据交换格式可以选择二进制格式或者特定的协议格式，如 Protobuf 等。二进制格式可以提高传输效率和数据安全性，而协议格式则可以定义更丰富的数据结构和字段，这里采用协议格式；

b) 消息编码规则：消息编码规则定义了将消息转换为二进制形式的规则，以便在无线通信中传输。宜采用的编码规则有字节流编码、TLV（Type-Length-Value）编码等。字节流编码将消息按照一定规则转换为字节流，而 TLV 编码则将消息按照类型、长度和值的格式进行编码；

c) 消息解码规则：消息解码规则是对接收到的二进制数据进行解析的规则，将二进制数据还原为可读的消息格式。解码规则需要和编码规则相对应，确保消息可以正确地被解析和处理；

d) 错误处理机制：在通信过程中可能会出现各种错误，例如数据丢失、数据损坏、超时等，因此需要定义错误处理机制来应对这些情况。宜采用确认应答机制，可以确保数据的正确接收。

6.3.3 通信安全性和保密性

第三方平台在通信建立阶段应当进行双向身份认证，确保第三方平台和车端设备的身份合法可靠。可以使用数字证书、令牌或其他身份验证机制来验证通信双方的身份，并防止伪

造或未授权的设备接入。车端设备信息可通过构建集成加密算法库，调用加密算法确保数据在传输过程中的安全性和保密性，同时要确保对密钥的生成、交换和管理进行严格控制。

6.3.4 网络拓扑和传输要求

a) **网络架构：**第三方平台的网络架构一般采用分布式架构或云架构。分布式架构可以将不同模块部署在不同的物理或虚拟服务器上，提高系统的可伸缩性和容错性。云架构则可以基于云服务提供商的资源进行部署，实现弹性扩展和灵活性；

b) **设备连接方式：**车端设备与第三方平台之间的连接方式通常采用无线通信技术，例如车载通信设备使用的 4G/5G 网络、Wi-Fi 或蓝牙等。这些无线连接方式能够提供车辆与第三方平台之间灵活的数据传输通道；

c) **带宽要求：**对于车端设备通信，带宽要求可能会相对较高，特别是在需要传输高精度地图数据、实时导航信息等情况下。带宽需求取决于数据量和传输频率，需要几十兆比特每秒（Mbps）甚至更高的带宽支持；

d) **延迟要求：**车端设备通信对于延迟的要求也较高，特别是在实时导航和交通信息更新方面。通常，车端设备与第三方平台之间的通信延迟应尽量控制在几百毫秒以内，以确保车辆能够及时获取最新的地图和导航数据。

参考文献

- [1] GB 14887-2011 道路交通信号灯
- [2] GB 25280-2016 道路交通信号控制机
- [3] GB 51456-2023 建筑物移动通信基础设施工程技术标准
- [4] GB/T 20609-2023 交通信息采集 微波交通流检测器
- [5] GB/T 20999-2017 交通信号控制机与上位机间的数据通信协议
- [6] GB/T 29012-2012 道路交通信息服务 通过调频数据广播发布的交通信息
- [7] GB/T 29103-2012 道路交通信息服务 通过可变情报板发布的交通信息
- [8] GB/T 29109-2012 道路交通信息服务 通过无线电台发布的交通信息
- [9] GB/T 29111-2012 道路交通信息服务 通过蜂窝网络发布的交通信息
- [10] GB/T 34064-2017 通用自动化设备行规导则
- [11] GB/T 51431-2020 移动通信基站工程技术标准
- [12] GA/T 1743-2020 道路交通信号控制机信息发布接口规范
- [13] T/ITS 0173-2021 智能交通 路侧激光雷达 接口技术要求
- [14] 国标委联[2019]1 号, 关于印发《团体标准管理规定》的通知
- [15] 《中国电信业务网络接口协议技术规范管理接口协议规范》(征求意见稿)
- [16] 《智能网联道路智能化建设规范(总则)》
- [17] 《粤港澳大湾区城市道路智能网联设施技术规范》
- [18] 《工业现场设备互联互通问题分析及解决思路》(新工业网)
- [19] 《道路基础设施数字化研究进展与展望》(中国公路学报 第 33 卷 第 11 期)
- [20] 《基于 C-V2X 的交通信号采集系统设计及测试研究》(交通与运输 第 38 卷 第 2 期)
- [21] 《基于云平台及数据共享模式的线网及线路层融合调度指挥系统》(都市轨道交通 第 36 卷 第 3 期)