

“5G+智慧交通”系列白皮书



中国联通

智能路侧单元白皮书

中国联合网络通信有限公司

2019.10



目录

摘要	2
1 背景介绍	3
2 RSU 架构及功能	4
2.1 基本功能和架构	4
2.2 业务功能	5
2.3 管理功能	7
3 基本要求	8
3.1 安全要求	8
3.2 通信要求	8
3.3 软件要求	9
3.4 硬件要求	9
3.5 性能要求	11
3.6 可扩展性	11
4 RSU 应用案例和解决方案	11
4.1 智慧路况监测	11
4.2 车路协同自动驾驶	12
4.3 辅助车辆进行高精度定位导航	12
5 展望	13

摘要

交通运输是国民经济的基础性、先导性、战略性产业和重要服务性行业。以 5G 和 C-V2X 为代表的车联网技术正逐渐渗透到交通运输行业中，促进行业变革和产业升级，实现智慧交通，满足人们对于安全出行、高效出行以及绿色出行的美好愿望。目前基于车联网的技术标准规范已基本制定完成，产业链条初步完善，各地也涌现出一批车联网测试和示范基地，并开始探索车联网的运营和商业模式。

中国联通深度布局基于 5G+C-V2X 的智慧交通产业发展，聚焦“智慧道路+智能驾驶+智能管控”的车路协同一体化交通体系，通过技术创新、产品研发、业务推广以及产业合作，打造面向智能交通的车联网落地应用。在此背景下，中国联通制定“车路+智慧交通”系列白皮书。此白皮书为中国联通针对智能路侧单元制定的技术规范，期望能对车联网产业发展提供参考。

1 背景介绍

随着车联网业务的普及，V2X 的车联网业务模式已经被广大车主所接受；通过运营商网络，车辆用户的基础通信、在线导航和在线娱乐的需求已经得到极大的满足；在此基础之上，对于车辆的自动控制驾驶能力的提升，道路交通环境的优化和节能减排的需求逐步上升为车辆用户当前急迫的行车需求。

目前车辆主要通过 ADAS 系统提升自身的感知能力，以适应行车道路的变化；但是受成本技术等限制，ADAS 系统在恶劣天气等极端情况下的有效性将大幅下降。基于无线通信技术发展而来的 LTE-V2X 技术，增强了车与车之间以及车与道路基础设施之间的交互能力，可以提供比 ADAS 技术更为广阔的行车业务场景，并能配合 ADAS 技术提升行车道路感知的可靠性。

3GPP 作为国际的通信标准组织，从 2015 年便开始了 LTE-V2X 的标准研究。2015 年 2 月，3GPP SA1 小组开启了关于 LTE-V2X 业务需求的研究，3GPP 对 LTE-V2X 的标准化工作正式启动。此后，3GPP 分别在网络架构（SA2）、安全（SA3）以及无线接入（RAN）各小组立项开展 V2X 标准化研究。3GPP V2X 研究主要分为三个阶段，如图 1-3 所示。第一阶段在 R14 完成，主要实现 LTE-V2X 的标准化以支持 TR 22.885 中的业务场景；第二阶段是在 R15 中完成对 LTE-V2X 技术增强，进一步提升 V2X 的时延、速率以及可靠性等性能，以进一步满足更高级的 V2X 业务需求，即 TR 22.886。其中的增强技术主要包括载波聚合、高阶调制、发送分集、低时延研究和资源池共享等。第三阶段是 NR-V2X 标准技术研究，主要是在 R15 中完成了对 NR-V2X 技术研究（SI 阶段），并在 R16 中完成对 NR-V2X 的标准化（WI 阶段），预计在 2020 年 6 月份完成。

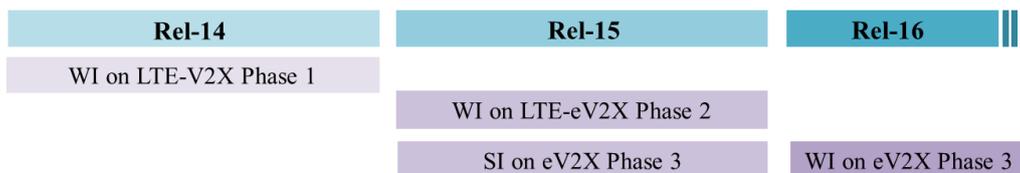


图 1 3GPP C-V2X 标准演进

在频谱方面，2018 年工信部印发的《车联网（智能网联汽车）直连通信使

用 5905-5925MHz 频段管理规定》中，指明“规划 5905-5925MHz 频段作为基于 LTE-V2X 技术的车联网（智能网联汽车）直连通信的工作频段”。

在技术研究方面，各行业标准组织针对技术规范、设备规范以及测试规范等推出相关的行业/团体标准。其中，针对 RSU 已完成《基于 LTE 的车联网无线通信技术 支持直连通信的路侧设备设备技术要求》以及《基于 LTE 的车联网无线通信技术 支持直连通信的路侧设备测试方法》。

2018 年，工信部组织并完成了“三跨”（跨通信模组、跨终端提供商、跨整车厂）V2X 互联互通测试，共有 20 余家企业参与，其中包括 3 家通信模组厂家以及 8 家 LTE-V2X 终端提供商。2019 年 10 月份，工信部将安全认证纳入互联互通测试的重点，并完成了国内首次“四跨”互联互通应用示范活动，本次测试共有 60 多家公司参与。目前国家各部委正在积极推动 C-V2X 商业化，提出“车联网先导区”概念，鼓励开展城市级的智慧交通应用落地。目前通信企业、主机厂、互联网企业均在大力推动智慧交通相关产品，已逐步形成相关的芯片、终端、平台及应用，完成多个安全、效率及信息类的应用验证。

智能路侧设备（Road Side Unit, RSU）作为道路基础设施网络化、智能化的关键基础设备，将承担道路与车辆之间通信的重任，为 L5 级自动驾驶的终极目标铺平道路。

2 RSU 架构及功能

2.1 基本功能和架构

RSU 产品构架可以分层业务功能部分和设备管理部分两大部分：

业务功能部分用于实现 RSU 的主体业务场景需求，分为交通信息收发，交通设备接入，交通场景分析和定位授时等业务模块。

管理功能部分用于维护 RSU 日常运行时候的维护管理，安全管理，配置管理和升级管理。

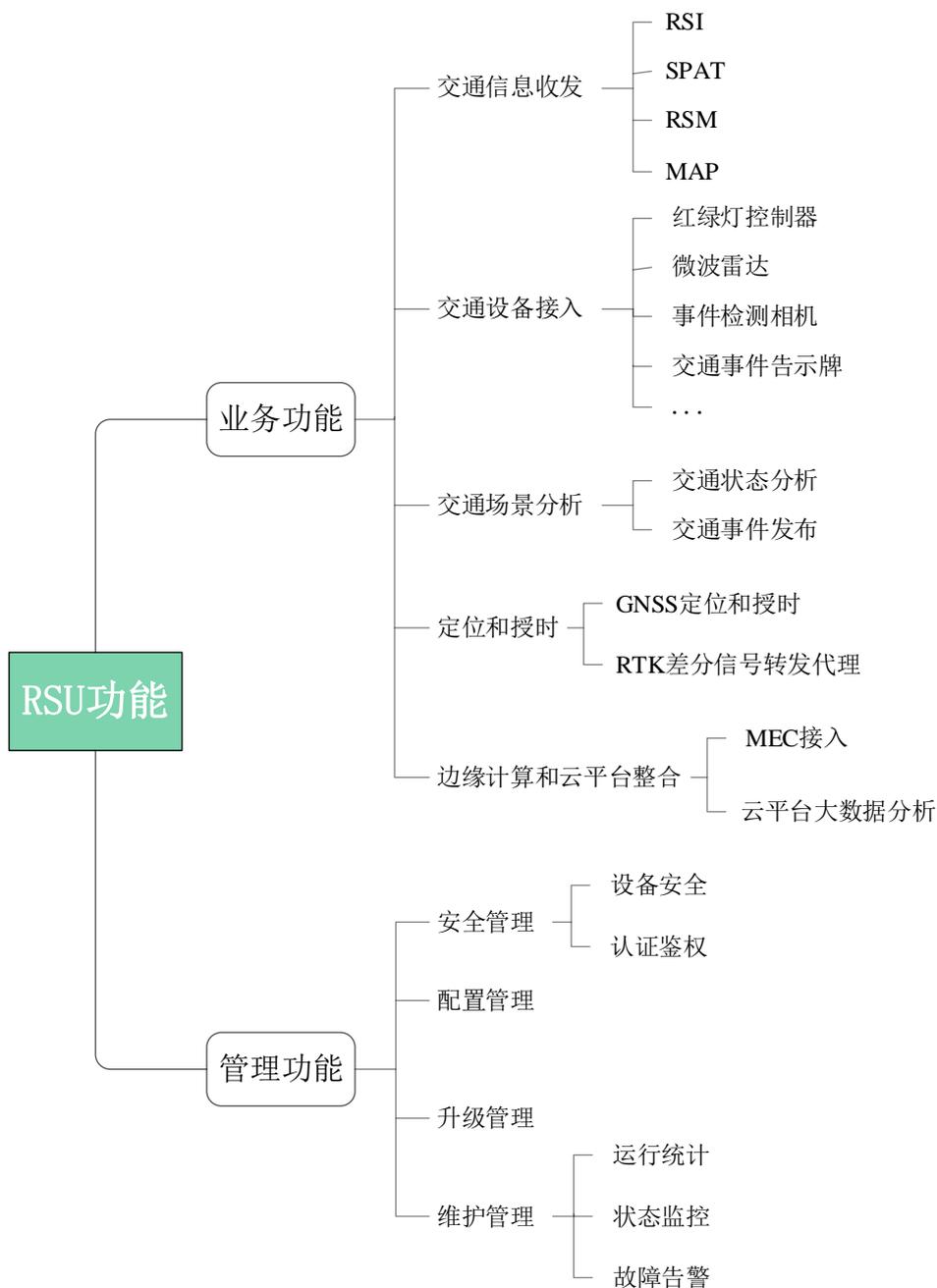


图 2 RSU 功能架构

2.2 业务功能

(1) 交通信息收发

接收来自车辆 OBU 和路侧设施产生的交通信息，根据交通场景需要，通过 PC5 或者 Uu 接口，以标准化的形式发送给相应的交通实体中；目前主要涉及 4

类消息：

RSI (Road Side Information) 路侧事件消息：由 RSU 向所覆盖范围内的车辆 OBU 广播当前区域内发布的交通事件信息和交通标志牌信息。

RSM (Basic Safety Message) 路侧安全消息：由 RSU 向所覆盖范围内的车辆 OBU 广播当前区域，通过各种检测手段（雷达，事件检测摄像机等）获取到的参与交通场景的各种物体（包括车辆，非机动车，行人等）的实时状态信息。

SPAT (Signal Phase and Timing Message) 信号灯消息：由 RSU 向所覆盖范围内的车辆 OBU 广播当前道路路口的信号灯当前状态信息，作为车辆是否被允许通行的依据。

MAP 地图消息：由 RSU 向所覆盖范围内的车辆 OBU 广播当前区域内路网信息，包含路口信息，路段信息，车道信息和道路连接关系等。

(2) 交通设备接入

为了达到更好的交换交通场景信息的目的，通过各种硬件和软件结合的方式，将交通场景中所需的信息源产生的交通数据汇集到 RSU 后，通过标准化的协议发送到车辆 OBU 使用。常用的交通设备包括信号灯控制器，微波雷达，AI 事件检测相机和交通信息告示牌。由于交通设备与 RSU 之间的接口基本以厂家私有为主，因此 RSU 的需要提供对各种接口协议适配的能力。

(3) 交通场景分析

RSU 对于收到的来自车辆 OBU 和路侧各种交通设备的信息，通过分析，可以提炼出路况状态的实时报告，进而可以以交通事件的形式，发送给与之相关的其他 RSU 和 OBU，从而改善后续交通通行效率。

(4) 定位和授时

RSU 本身可以通过 GNSS 系统进行高精度定位，以用于各类消息中。RSU 可以把接收到的来自 RTCM 数据源的消息广播给车载 OBU 设备，实现车载 OBU 的高精度定位。

(5) 边缘计算和云平台整合

MEC 作为 RSU 的能力扩展单元，除了能提升 RSU 的计算和存储能力外，也能引入更多的本地应用，丰富交通场景的业务需求。同时，在 RSU 上应用分布式的业务应用设计模型，通过 MEC 数据汇聚后接入核心云平台集中处理展现，能够实现整个城市或者地区的交通路网动态规划调节能力。

2.3 管理功能

(1) 安全管理

(a) 设备安全管理

RSU 配置专用的硬件加密模块，作为安全管理的基础器件提供本地的加解密功能。存储于 RSU 的本地配置数据和业务数据，需要采用 Trustzone 方式安全存储，防止不必要的泄露和删改。

为防范入侵和网络攻击，RSU 设备需要从设备系统和网络环境等多方面考虑安全问题，除了对系统固件进行必要的加固防范，对于设备暴露的硬件通信接口也要通过软件系统进行锁定和禁用。

对于本地和远端的管理维护行为，除了必要的双向账号验证外，还要求对全过程实施通信承载加密，防止第三方截取。

(b) 对 PC5 接口上的 C-V2X 消息认证鉴权

C-V2X 业务运行安全机制中，要求通过 PKI 数字证书认证体系来对 RSU 收发消息进行签名和验签操作，以达到验证消息发送端是否合法有效。具体执行标准参见《GB/T 37376-2019 交通运输 数字证书格式》

(2) 配置管理

提供对 RSU 业务运行所需的各种硬件和软件资源的参数设置。

(3) 维护管理

提供网络维护管理方式，对 RSU 资源的使用情况和状态进行实时监控。

(4) 运行统计

提供对 RSU 在业务使用过程中，各个接口上发送和接收消息种类和数量的统计。

(5) 状态监控

提供对 RSU 自身资源的使用状态进行监控，防止异常的资源占用情况发生。

(6) 故障告警

针对业务使用的异常情况（例如 GNSS 定位同步失败），通过消息告警的方式反馈。

(7) 升级管理

针对业务功能和安全需求的改进，RSU 可以通过 OTA 方式远程升级系统固件，满足业务需求。

3 基本要求

3.1 安全要求

满足《基于 LTE 的车联通信安全技术要求》和《智能网联汽车车载端信息安全技术要求》。

3.2 通信要求

满足《基于 LTE 的车联网无线通信技术 总体技术要求》，《基于 LTE 的车联网无线通信技术 空中接口技术要求》和《基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层技术要求》。

3.3 软件要求

RSU 软件构架如图 3 所示，其中：

设备业务功能包含：硬件与接口适配，协议适配，信息分发和定位与时钟功能功能。业务功能采用模块化设计，可以根据业务发展需要，开发和加载新的业务功能，满足实际业务场景的需求。

管理功能包含：安全管理，配置管理，升级管理，运行统计，状态监控和告警管理。基本的系统管理可以通过自检和日志等手段进行系统状态分析；支持本地端口和通过网络远程接入的方式进行维护管理。

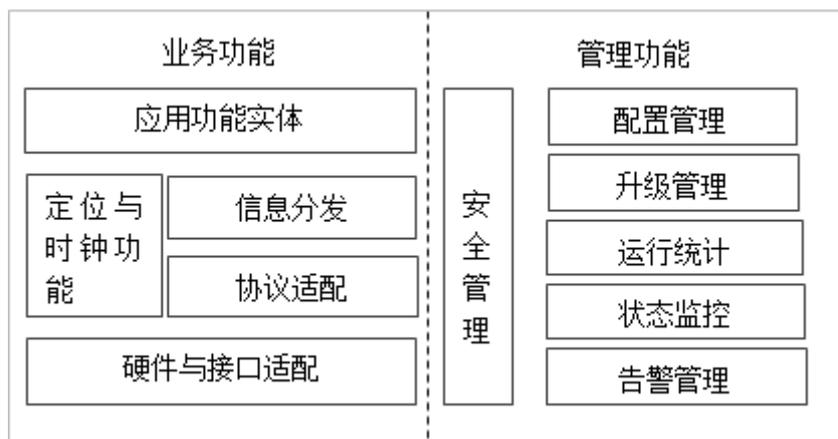


图 3 RSU 软件要求

整体 RSU 软件基于开放式的 Linux 系统，可根据系统硬件需要和软件协议进行相应裁剪和二次开发，以满足适配各种外围接口设备的需求。

3.4 硬件要求

RSU 硬件构架如图 4 所示。其中：

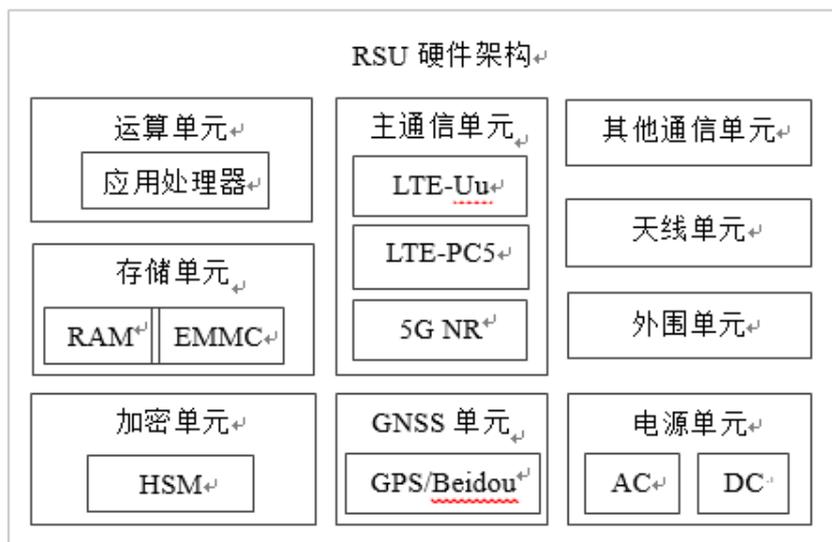


图 4 RSU 硬件架构

运算单元：通用构架的应用处理器；

存储单元：承载运算单元运行所需的实时数据（RAM），和通过文件系统形式存储非易失性数据（EMMC）；

加密单元：实时的硬件加密和验签的物理实体；

主通信单元：支持 V2N 通信 LTE-Uu 口和 5GNR 口，以及支持 V2I 通信的 LTE-PC5 口；

其他通信单元：根据业务需要，可以在 RSU 提供以太网，光纤，WIFI/BT，USB 和串口满足不同类型设备的本地接入需求；

天线单元：针对不同的无线通信单元，提供相应的天线接口用于信号收发；

GNSS 单元：提供 GPS 和 Biedou 的卫星定位系统，用于 RSU 定位和授时；

电源单元：RSU 内部采用直流供电，外围供电可以接入 220V 市电和-48V 直流供电，亦可根据环境需要，采用 POE 或者提供光伏/电瓶方式提供电源；

外围单元：提供运行状态和电源状态指示所需的 LED 指示，以及针对告警所需的声光指示器件。

3.5 性能要求

(1) 故障指标

商用 RSU 设备可用度为 99.99%，MTBF（平均无故障运行时间）为 10 年，系统年平均中断时间小于 3 分钟。

(2) 温度湿度

RSU 应适应以下环境温度范围内正常工作及存储要求：

支持在 $-35^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 温度内正常工作；

支持在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 温度内正常存储；

防护等级：IP67。

(3) 射频通信指标

射频发射功率 $<23\text{dbm}$ ，通信范围 >500 米。

3.6 可扩展性

RSU 设备需要提供可扩展性能力，通过其内置的接口，方便的接入第三方交通设施，实现整体的交通应用功能。

4 RSU 应用案例和解决方案

4.1 智慧路况监测

针对交通流量的实时监测上，RSU 产品能提供比传统方案更为丰富的数据。

传统方案通过地磁检测方式减速车流密度，或者通过车主移动 APP 提供车速和定位信息进行数据分析推算道路通信状态。RSU 可以获取比传统方式更为丰富的车流数据信息。

RSU 直接接收来自车辆 OBU 的 BSM 消息，能直接获取车辆上报的车速信息；通过接入的运动检测相机，RSU 能对路口车流量进行数据分析和密度估算。另外，对于到处出现到异常事故等信息，可以通过 OBU 上报等形式直接被 RSU 捕捉和上传至数据中心处理。这些信息又可以作为交通信号灯调整的直接数据，以达到优化车流的目的。

4.2 车路协同自动驾驶

传统自动驾驶 ADAS 系统，主要通过雷达和 AI 摄像机来感知道路状况，进而通过分析决策来控制车辆行驶。但是道路情况往往是复杂的，在高速和一些非视距场景（路口，急弯和驼峰桥等）下，ADAS 的解决方案将无法发挥左右；而且，ADAS 系统受天气因素影响也很明显，大雨和夏季高温将导致 ADAS 系统效果非常难于稳定有效。

基于 C-V2X 技术的 RSU 产品对自动驾驶车辆在这些场景中，起到了很好补充效果。RSU 通过接收解析来自 RSU 的 RSI 和 RSM 消息，自动驾驶车辆能够“看见”路口遮蔽物后的车辆和行人，并完全不受到天气因素的影响。相反，RSU 可以提供前方路段的实时天气信息和道路积水情况，避免不必要的安全事故。车辆通过解析来自 RSU 的 SPAT 消息，获得路口交通信号灯的相位信息，从而调整车速，提高行驶效率。对于特殊的路段（例如：可变车道），通过 RSU 实时下发本地高精度地图，能引导车辆安全有效通过。

4.3 辅助车辆进行高精度定位导航

传统车辆的 GNSS 导航在城市峡谷等路段，因为收到高楼遮挡而使得卫星信号恶化，进而影响定位导航。RSU 设备可以在这些地区提供广播转发基于 CORS 参考站的差分定位信号，从而为车辆提高定位的能力。并且，RSU 可以通过 MAP 消息发送本地路网的实时信息，进而引导车辆进行合理的行驶。

5 展望

伴随着新一代信息技术的发展和应用，车路协同成为实现智慧交通和智能驾驶的重要手段之一。智能路侧单元 **RSU** 作为智能交通应用场景中极为重要的组成部分，承担着道路智能化的关键角色。通过 **RSU** 收集路侧信息并将其广播给车端，实现车路之间的信息交互，从而提高车辆的可靠性、提升交通效率。与此同时，智能 **RSU** 具备简单的业务处理能力，实现业务的本地化处理，降低网络传输以及核心云平台的压力。

中国联通结合 **5G** 优势与合作伙伴一起深入开展 **RSU** 产品研发、测试验证和产品推广，加快推进联通相关标准制定，与交通基础设施融合实现产业链落地。

主要贡献单位

- 中国联合网络通信有限公司
- 北京星云互联科技有限公司
- 大唐高鸿数据网络技术股份有限公司

欢迎您对白皮书及智慧交通建设提出宝贵意见！

联系人： 邱佳慧，18612968363，qiujh21@chinaunicom.cn

许幸荣，18611691220，xuxr10@chinaunicom.cn

刘琪，18601106706，liuqi49@chinaunicom.cn